

C. WYNIKI OBLICZEŃ

ZEBRANIE OBCIĄŻEŃ

ŚNIEG – strefa 3

$$S = \mu_i \cdot C_e \cdot C_t \cdot S_k \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Śnieg strefa 3} \quad S_k = 1,2 \text{ kN/m}^2$$

Dla dachu o spadku $\alpha=30^\circ$ można przyjąć:

$$\mu_i = 0,8; \quad \mu_2 = 1,6; \quad C_e = 1,0; \quad C_t = 1,0 \quad A=91,5 \text{ m}$$

$$S = 0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,2 = 0,96 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Obciążenie obliczeniowe śniegiem dachu: } S_o = S \cdot \gamma_f \text{ kN/m}^2 \quad \gamma_f = 1,5 \quad S_o = 0,96 \cdot 1,5 = 1,44 \text{ kN/m}^2$$

Dla dachu płaskiego o spadku $\alpha=3^\circ$ (dach niższy – zalegający śnieg) można przyjąć:

$$\mu_w = (b_1 + b_2)/2h = (2,9 + 23,5)/2 \cdot 3,9 = 3,5; \quad S_k = 2,0 \text{ kN/m}^2$$

$$\mu_w \leq \gamma^* h / S_k \quad \mu_w \leq 2 \cdot 3,9 / 1,2 = 6,5; \quad 0,8 \leq \mu_w \leq 4 \quad \text{przyjęto } \mu_w = 4;$$

$$S = \mu_w \cdot S_k = 4 \cdot 1,2 = 4,8 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Obciążenie obliczeniowe śniegiem dachu: } S_o = S \cdot \gamma_f \text{ kN/m}^2 \quad \gamma_f = 1,5 \quad S_o = 4,8 \cdot 1,5 = 7,20 \text{ kN/m}^2$$

WIATR – strefa II

$$w_e = q_p(z_e) \cdot c_{pe} \text{ kN/m}^2$$

$$v_b = 26 \text{ m/s} - \text{bazowa prędkość wiatru – strefa II}$$

$$q_b = 0,42 \text{ kN/m}^2 - \text{prędkość ciśnienia wiatru – strefa II}$$

$$Z = 8,0 \text{ m} \quad A = 91,5 \text{ m n.p.m.}$$

$$c_e = 1,79 - \text{współczynnik ekspozycji (kategoria terenu II)}$$

$$Q_p = 0,75 \text{ kN/m}^2 - \text{szczytowe ciśnienie prędkości wiatru – wartość charakterystyczna}$$

$$\gamma_f = 1,5 \quad Q_o = 0,75 \cdot 1,5 = 1,125 \text{ kN/m}^2 - \text{wartość obliczeniowa}$$

Dach dwuspadowy $\alpha=30^\circ$:

Lp.	Rodzaj obciążenia	Obciążenie charakterystyk [kN/m ²]	Współczynnik obciążenia γ_f	Obciążenie obliczeniowe [kN/m ²]
Obciążenie stałe				
Pas górny więzara kratowego				
1	Blacha płaska na rąbek stojący	0,08	1,35	0,11
2	Łaty 4/5 cm rozstaw co 0,16 m [(0,04 · 0,05) : 0,16] · 5,5 kN/m ³	0,07	1,35	0,09
3	Papa podkładowa na masie bitumicznej	0,05	1,35	0,07
4	Płyta OSB 3 gr. 22mm	0,14	1,35	0,19
5	Płatew 5/6cm co 0,8 m [(0,05 · 0,06) : 0,8] · 5,5 kN/m ³	0,02	1,35	0,03
RAZEM		0,36	1,35	0,49
Dźwigar kratowy				
5	Dźwigar kratowy	2,5	1,35	3,38
		2,5	1,35	3,38
Pas dolny dźwigara kratowego				
6	Podłoga ażurowa z desek [(0,04 · 0,25) : 0,5] · 5,5 kN/m ³	0,11	1,35	0,15
7	Legary 8/10 rozstaw co 0,8 m [(0,08 · 0,10) : 0,8] · 5,5 kN/m ³	0,06	1,35	0,08
8	Wełna kamienna Paroc Ultra gr. 30 cm 0,90 kN/m ³ · 0,30 m	0,27	1,35	0,36
9	Płyty G-K Nida Gips Ogień gr. 1,5 cm na ruszcie systemowym	0,35	1,35	0,47
10	Instalacje podwieszane	0,40	1,35	0,54
RAZEM		1,19	1,35	1,61
Obciążenie zmienne/technologiczne				
1	Obciążenie użytkowe – montażowe	1,50	1,50	2,25
RAZEM		1,50	1,50	2,25

Obciążenie na dach (bez ciężaru więźarów) rozstaw więźarów $L_{max} = 1,25$ m:

Ciężar własny – pas górny	$g_k = 0,36 \cdot 1,25 = 0,45$ kN/m	$\gamma_f = 1,35$
Ciężar własny – pas dolny	$g_k = 1,19 \cdot 1,25 = 1,49$ kN/m	$\gamma_f = 1,35$
Obciążenia zmienne technologiczne	$p_k = 0,50 \cdot 1,25 = 0,63$ kN/m	$\gamma_f = 1,5$
Obciążenia zmienne technologiczne	$p_k = 1,50 \cdot 1,25 = 1,88$ kN/m	$\gamma_f = 1,5$
Obciążenie śniegiem	$S_k = 0,96 \cdot 1,25 = 1,20$ kN/m	$\gamma_f = 1,5$
Obciążenie wiatrem	$Q_o = 0,75 \cdot 1,25 = 0,94$ kN/m	$\gamma_f = 1,5$

Stropodach płaski: (rozpiętość stropu $L_{max} = 4,4$ m)

Lp.	Rodzaj obciążenia	Obciążenie charakterystyk [kN/m ²]	Współczynnik obciążenia γ_f	Obciążenie obliczeniowe [kN/m ²]
Obciążenie stałe				
1	Papa wierzchniego krycia z posypką	0,05	1,35	0,07
2	Papa podkładowa na masie bitumicznej	0,05	1,35	0,07
3	Izolacja termiczna płyty z wełny kamiennej Paroc ROB 60 gr. 4 cm $1,60 \text{ kN/m}^3 \cdot 0,04 \text{ m}$	0,07	1,35	0,09
4	Izolacja termiczna płyty z wełny kamiennej Paroc ROS 30 gr. 18 cm $0,97 \text{ kN/m}^3 \cdot 0,18 \text{ m}$	0,18	1,35	0,24
5	Izolacja termiczna płyty z wełny kamiennej Paroc ROS 30 gr. 5 - 12 cm $0,97 \text{ kN/m}^3 \cdot 0,12 \text{ m}$	0,12	1,35	0,16
6	Folia Paroc - paroizolacja	0,01	1,35	0,02
7	Strop żelbetowy monolityczny gr. 20 cm $25,0 \text{ kN/m}^3 \cdot 0,20 \text{ m}$	5,00	1,35	6,75
8	Tynk wewnętrzny cem.-wap. Gr. 1,5 cm $19,0 \text{ kN/m}^3 \cdot 0,015 \text{ m}$	0,29	1,35	0,39
RAZEM		5,77	1,35	7,79
Obciążenia zmienne – śnieg zalegający; technologiczne				
1	Śnieg zalegający na dachu - worek śnieżny	4,80	1,50	7,20
2	Obciążenie użytkowe zmienne	0,50	1,50	0,75
RAZEM		5,30	1,50	7,95

Ściana zewnętrzna gr. 42 cm: ($H=3,27$ m)

Lp.	Rodzaj obciążenia	Obciążenie charakterystyk [kN/m ²]	Współczynnik obciążenia γ_f	Obciążenie obliczeniowe [kN/m ²]
1	Tynk mineralny cienkowarstwowy 3 mm $14,0 \text{ kN/m}^3 \cdot 0,003 \text{ m}$	0,04	1,35	0,05
2	Styropian EPS 70-040 gr. 18 cm $0,45 \text{ kN/m}^3 \cdot 0,18 \text{ m}$	0,08	1,35	0,11
3	Błoczki gazobeton odm. 700 gr. 24 cm $7,0 \text{ kN/m}^3 \cdot 0,24 \text{ m}$	1,68	1,35	2,27
4	Tynk cementowo-wapienny gr. 1,5 cm $19,0 \text{ kN/m}^3 \cdot 0,015 \text{ m}$	0,29	1,35	0,39
RAZEM		2,09	1,35	2,82

Wieniec zewnętrzny dla ściany gr. 42 cm: ($H=0,24$ m)

Lp.	Rodzaj obciążenia	Obciążenie charakterystyk [kN/m ²]	Współczynnik obciążenia γ_f	Obciążenie obliczeniowe [kN/m ²]
1	Tynk mineralny cienkowarstwowy 3 mm $14,0 \text{ kN/m}^3 \cdot 0,003 \text{ m}$	0,04	1,35	0,05
2	Styropian EPS 70-040 gr. 18 cm $0,45 \text{ kN/m}^3 \cdot 0,18 \text{ m}$	0,08	1,35	0,11
3	Wieniec żelbetowy gr. 24 cm $25 \text{ kN/m}^3 \cdot 0,24 \text{ m}$	6,00	1,35	8,10
4	Tynk cementowo-wapienny gr. 1,5 cm $19,0 \text{ kN/m}^3 \cdot 0,015 \text{ m}$	0,29	1,35	0,39
RAZEM		6,41	1,35	8,65

Ściana wewnętrzna gr. 24 cm: (H=3,27 m)

Lp.	Rodzaj obciążenia	Obciążenie charakterystyk [kN/m ²]	Współczynnik obciążenia γ_f	Obciążenie obliczeniowe [kN/m ²]
1	Tynk cementowo-wapienny gr. 1,5 cm 19,0 kN/m ³ · 0,015 m	0,29	1,35	0,39
2	Błoczki gazobeton odm. 700 gr. 24 cm 7,0 kN/m ³ · 0,24 m	1,68	1,35	2,27
3	Tynk cementowo-wapienny gr. 1,5 cm 19,0 kN/m ³ · 0,015 m	0,29	1,35	0,39
RAZEM		2,26	1,35	3,05

Wieniec wewnętrzny dla ściany gr. 24 cm: (H=0,24 m)

Lp.	Rodzaj obciążenia	Obciążenie charakterystyk [kN/m ²]	Współczynnik obciążenia γ_f	Obciążenie obliczeniowe [kN/m ²]
1	Tynk cementowo-wapienny gr. 1,5 cm 19,0 kN/m ³ · 0,015 m	0,29	1,35	0,39
2	Wieniec żelbetowy gr. 24 cm 25 kN/m ³ · 0,24 m	6,00	1,35	8,10
3	Tynk cementowo-wapienny gr. 1,5 cm 19,0 kN/m ³ · 0,015 m	0,29	1,35	0,39
RAZEM		6,58	1,35	8,88

Ściana wewnętrzna gr. 18 cm: (H=3,27 m)

Lp.	Rodzaj obciążenia	Obciążenie charakterystyk [kN/m ²]	Współczynnik obciążenia γ_f	Obciążenie obliczeniowe [kN/m ²]
1	Tynk cementowo-wapienny gr. 1,5 cm 19,0 kN/m ³ · 0,015 m	0,29	1,35	0,39
2	Błoczki gazobeton odm. 700 gr. 18 cm 7,0 kN/m ³ · 0,18 m	1,26	1,35	1,70
3	Tynk cementowo-wapienny gr. 1,5 cm 19,0 kN/m ³ · 0,015 m	0,29	1,35	0,39
RAZEM		1,84	1,35	2,48

Wieniec wewnętrzny dla ściany gr. 18 cm: (H=0,24 m)

Lp.	Rodzaj obciążenia	Obciążenie charakterystyk [kN/m ²]	Współczynnik obciążenia γ_f	Obciążenie obliczeniowe [kN/m ²]
1	Tynk cementowo-wapienny gr. 1,5 cm 19,0 kN/m ³ · 0,015 m	0,29	1,35	0,39
2	Wieniec żelbetowy gr. 18 cm 25 kN/m ³ · 0,18 m	4,50	1,35	6,08
3	Tynk cementowo-wapienny gr. 1,5 cm 19,0 kN/m ³ · 0,015 m	0,29	1,35	0,39
RAZEM		5,08	1,35	6,86

Podłoga na gruncie

Lp.	Rodzaj obciążenia	Obciążenie charakterystyk [kN/m ²]	Współczynnik obciążenia γ_f	Obciążenie obliczeniowe [kN/m ²]
Obciążenie stałe				
1	Wykładzina rulonowa PVC	0,01	1,35	0,01
2	Wylewka cementowa gr. 6 cm 24,0 kN/m ³ · 0,06 m	1,44	1,35	1,94
3	Folia PE	0,01	1,35	0,02
4	Styrodur XPS-036 gr. 12 cm 0,45 kN/m ³ · 0,12m	0,05	1,35	0,07
5	Folia budowlana x2	0,01	1,35	0,02
6	Płyta żelbetowa gr. 15 cm 25,0 kN/m ³ · 0,15 m	5,00	1,35	6,75
RAZEM		5,77	1,35	7,79

Ściana fundamentowa zewnętrzna: (H=0,36 m)

Lp.	Rodzaj obciążenia	Obciążenie charakterystyk [kN/m ²]	Współczynnik obciążenia γ_f	Obciążenie obliczeniowe [kN/m ²]
1	Styrodur XPS-036 gr. 12 cm 0,45 kN/m ³ · 0,12m	0,06	1,35	0,08
2	Ściana żelbetowa gr. 24 cm 25,0 kN/m ³ · 0,24 m	6,00	1,35	8,10
RAZEM		6,06	1,35	8,18

Ściana fundamentowa wewnętrzna: (H=0,24 m)

Lp.	Rodzaj obciążenia	Obciążenie charakterystyk [kN/m ²]	Współczynnik obciążenia γ_f	Obciążenie obliczeniowe [kN/m ²]
1	Ściana żelbetowa gr. 24 cm 25,0 kN/m ³ · 0,24 m	6,00	1,35	8,10
RAZEM		6,00	1,35	8,10

Fundamenty – ściana zewnętrzna (dach główny): cos 30°=0,866

Rodzaj obciążenia		Obciążenie charakterystyk [kN/m]	Współczynnik obciążenia γ_f	Obciążenie obliczeniowe [kN/m]
1	Śnieg 0,96 · 6,65m /cos 30°	7,37	1,50	11,06
2	Dach 4,05 kN/m ² · 6,65m	26,93	1,35	36,36
3	Wieniec pod dźwigary kratowe 6,41 kg/m ² · 0,24 m	1,54	1,35	2,08
4	Ściana parteru 2,09 kg/m ² · 3,25 m	6,79	1,35	9,17
5	Ściana fundamentowa 6,06 kg/m ² · 0,52 m	3,15	1,35	4,25
RAZEM		45,75	1,37	62,92
6	Ława fundamentowa 25 kg/m ³ · 0,40 m · 3,0m	30,00	1,35	40,50
7	Grunt na odsadzkach 19 kg/m ³ · (1,26m-0,58m+1,38m-0,27m)	20,96	1,35	28,30
RAZEM		96,71	1,35	131,72

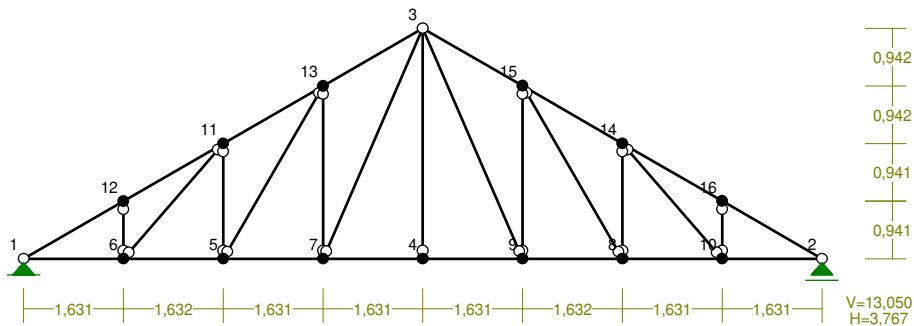
Fundamenty – ściana zewnętrzna (dach płaski): cos 30°=0,866

Rodzaj obciążenia		Obciążenie charakterystyk [kN/m]	Współczynnik obciążenia γ_f	Obciążenie obliczeniowe [kN/m]
1	Śnieg 4,80 · 2,20m	10,56	1,50	15,84
2	Dach 5,77 kN/m ² · 2,20m	12,69	1,35	17,13
3	Wieniec pod płytę stropową 6,41 kg/m ² · 0,24 m	1,54	1,35	2,08
4	Ściana parteru 2,09 kg/m ² · 3,22 m	6,73	1,35	9,09
5	Ściana fundamentowa 6,06 kg/m ² · 0,52 m	3,15	1,35	4,25
RAZEM		34,67	1,37	48,39
6	Ława fundamentowa 25 kg/m ³ · 0,40 m · 1,0m	10,00	1,35	13,50
7	Grunt na odsadzkach 19 kg/m ³ · (0,76m-0,58m+0,88m-0,27m)	12,92	1,35	17,44
RAZEM		57,59	1,35	79,33

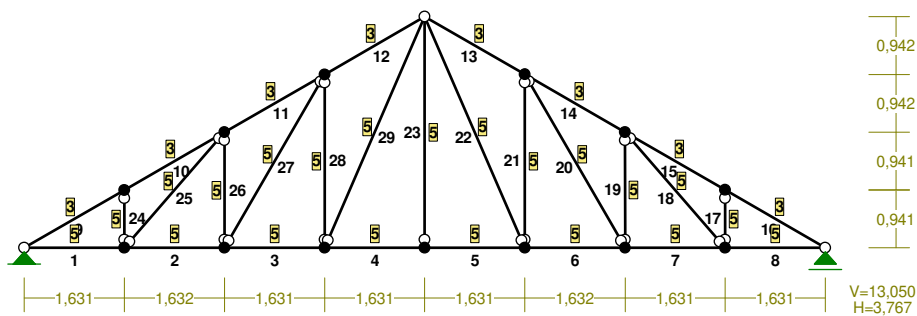
PODSTAWOWE WYNIKI OBLICZEŃ

DŹWIGAR KRATOWY - Obliczenia RM_Win v. 11.113 licencja nr 45751

WĘZŁY:



PRĘTY I PRZEKROJE PRĘTÓW:



PRĘTY UKŁADU:

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

Pręt:	Typ:	A:	B:	Lx[m]:	Ly[m]:	L[m]:	Red.EJ:	Przekrój:
1	10	0	5	1,631	0,000	1,631	1,000	5 B 200x100
2	00	5	4	1,632	0,000	1,632	1,000	5 B 200x100
3	00	4	6	1,631	0,000	1,631	1,000	5 B 200x100
4	00	6	3	1,631	0,000	1,631	1,000	5 B 200x100
5	00	3	8	1,631	0,000	1,631	1,000	5 B 200x100
6	00	8	7	1,632	0,000	1,632	1,000	5 B 200x100
7	00	7	9	1,631	0,000	1,631	1,000	5 B 200x100
8	01	9	1	1,631	0,000	1,631	1,000	5 B 200x100
9	10	0	11	1,631	0,941	1,883	1,000	3 B 240x100
10	00	11	10	1,631	0,942	1,883	1,000	3 B 240x100
11	00	10	12	1,632	0,942	1,884	1,000	3 B 240x100
12	01	12	2	1,631	0,942	1,883	1,000	3 B 240x100
13	10	2	14	1,631	-0,941	1,883	1,000	3 B 240x100
14	00	14	13	1,631	-0,942	1,883	1,000	3 B 240x100
15	00	13	15	1,632	-0,942	1,884	1,000	3 B 240x100
16	01	15	1	1,631	-0,942	1,883	1,000	3 B 240x100
17	11	15	9	0,000	-0,942	0,942	1,000	5 B 200x100
18	11	13	9	1,632	-1,884	2,493	1,000	5 B 200x100
19	11	13	7	0,001	-1,884	1,884	1,000	5 B 200x100
20	11	14	7	1,632	-2,826	3,263	1,000	5 B 200x100
21	11	14	8	0,000	-2,826	2,826	1,000	5 B 200x100
22	11	2	8	1,631	-3,767	4,105	1,000	5 B 200x100
23	11	2	3	0,000	-3,767	3,767	1,000	5 B 200x100
24	11	5	11	0,000	0,941	0,941	1,000	5 B 200x100
25	11	5	10	1,631	1,883	2,491	1,000	5 B 200x100
26	11	4	10	-0,001	1,883	1,883	1,000	5 B 200x100

27	11	4	12	1,631	2,825	3,262	1,000	5 B 200x100
28	11	6	12	0,000	2,825	2,825	1,000	5 B 200x100
29	11	6	2	1,631	3,767	4,105	1,000	5 B 200x100

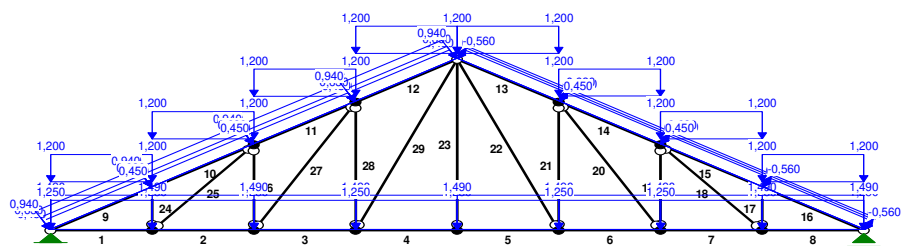
WIELKOŚCI PRZEKROJOWE:

Nr.	A[cm ²]	Ix[cm ⁴]	Iy[cm ⁴]	Wg[cm ³]	Wd[cm ³]	h[cm]	Materiał:
3	240,0	11520	2000	960	960	24,0	1,3E+2 Drewno C24
5	200,0	6667	1667	667	667	20,0	1,3E+2 Drewno C24

STAŁE MATERIAŁOWE:

Materiał:	Moduł E: [kN/mm ²]	Napręż.gr.: [N/mm ²]	AlfaT: [1/K]
133 Drewno C24	11	24,000	5,0E-6

OBCIĄŻENIA:



OBCIĄŻENIA: ([kN], [kNm], [kN/m])

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

Grupa: CW "Ciężar własny" Stałe $\gamma_G = 1,35/1,00$

Grupa:	A	"Stałe"	Stałe	$\gamma_G = 1,35/1,00$		
1	Liniowe	0,0	1,490	1,490	0,00	1,63
2	Liniowe	0,0	1,490	1,490	0,00	1,63
3	Liniowe	0,0	1,490	1,490	0,00	1,63
4	Liniowe	0,0	1,490	1,490	0,00	1,63
5	Liniowe	0,0	1,490	1,490	0,00	1,63
6	Liniowe	0,0	1,490	1,490	0,00	1,63
7	Liniowe	0,0	1,490	1,490	0,00	1,63
8	Liniowe	0,0	1,490	1,490	0,00	1,63
9	Liniowe	30,0	0,450	0,450	0,00	1,88
10	Liniowe	30,0	0,450	0,450	0,00	1,88
11	Liniowe	30,0	0,450	0,450	0,00	1,88
12	Liniowe	30,0	0,450	0,450	0,00	1,88
13	Liniowe	-30,0	0,450	0,450	0,00	1,88
14	Liniowe	-30,0	0,450	0,450	0,00	1,88
15	Liniowe	-30,0	0,450	0,450	0,00	1,88
16	Liniowe	-30,0	0,450	0,450	0,00	1,88

Grupa: B "Śnieg"			Zmienne	$\gamma_0 = 1,50$		
9	Liniowe-Y	0,0	1,200	1,200	0,00	1,88
10	Liniowe-Y	0,0	1,200	1,200	0,00	1,88
11	Liniowe-Y	0,0	1,200	1,200	0,00	1,88
12	Liniowe-Y	0,0	1,200	1,200	0,00	1,88
13	Liniowe-Y	0,0	1,200	1,200	0,00	1,88
14	Liniowe-Y	0,0	1,200	1,200	0,00	1,88
15	Liniowe-Y	0,0	1,200	1,200	0,00	1,88
16	Liniowe-Y	0,0	1,200	1,200	0,00	1,88

Grupa:	C	"Technologiczne"		Zmienne	$\gamma_0 = 1,50$	
1	Liniowe	0,0	1,250	1,250	0,00	1,63
2	Liniowe	0,0	1,250	1,250	0,00	1,63
3	Liniowe	0,0	1,250	1,250	0,00	1,63
4	Liniowe	0,0	1,250	1,250	0,00	1,63
5	Liniowe	0,0	1,250	1,250	0,00	1,63
6	Liniowe	0,0	1,250	1,250	0,00	1,63
7	Liniowe	0,0	1,250	1,250	0,00	1,63
8	Liniowe	0,0	1,250	1,250	0,00	1,63
9	Liniowe	30,0	0,630	0,630	0,00	1,88
10	Liniowe	30,0	0,630	0,630	0,00	1,88
11	Liniowe	30,0	0,630	0,630	0,00	1,88
12	Liniowe	30,0	0,630	0,630	0,00	1,88
13	Liniowe	-30,0	0,630	0,630	0,00	1,88
14	Liniowe	-30,0	0,630	0,630	0,00	1,88

15	Liniove	-30,0	0,630	0,630	0,00	1,88
16	Liniove	-30,0	0,630	0,630	0,00	1,88
Grupa: D "Wiatr" Zmienne $\gamma_0 = 1,50$						
9	Liniove	30,0	0,940	0,940	0,00	1,88
10	Liniove	30,0	0,940	0,940	0,00	1,88
11	Liniove	30,0	0,940	0,940	0,00	1,88
12	Liniove	30,0	0,940	0,940	0,00	1,88
13	Liniove	-30,0	-0,560	-0,560	0,00	1,88
14	Liniove	-30,0	-0,560	-0,560	0,00	1,88
15	Liniove	-30,0	-0,560	-0,560	0,00	1,88
16	Liniove	-30,0	-0,560	-0,560	0,00	1,88

W Y N I K I wg PN-EN 1990

SIŁY PRZEKROJOWE: T.I rzędu
Obciążenia obl.: CW ABCD

Pręt:	x/L:	x[m]:	M[kNm]:	Q[kN]:	N[kN]:
1	a 0,00	0,000	0,000	3,689	88,451
	b 0,00	0,000	0,000	3,424	83,813
	a 0,57	0,924	1,701*	-0,006	88,451
	b 0,57	0,930	1,592	0,000	83,813*
	a 1,00	1,631	0,697	-2,835	88,451
	b 1,00	1,631	0,688	-2,580	83,813
2	a 0,00	0,000	0,697	2,473	76,830
	b 0,00	0,000	0,688	2,251	72,724
	a 0,38	0,618	1,461*	-0,001	76,830
	b 0,38	0,612	1,376	-0,002	72,724*
	a 1,00	1,632	-0,594	-4,055	76,830
	b 1,00	1,632	-0,540	-3,756	72,724
3	a 0,00	0,000	-0,594	3,297	62,147
	b 0,00	0,000	-0,540	3,036	58,772
	a 0,50	0,822	0,765*	0,010	62,147
	b 0,50	0,822	0,712	0,011	58,772*
	a 1,00	1,631	-0,537	-3,227	62,147
	b 1,00	1,631	-0,484	-2,968	58,772
4	a 0,00	0,000	-0,537	2,767	47,489
	b 0,00	0,000	-0,484	2,533	44,840
	a 0,43	0,694	0,420*	-0,011	47,489
	b 0,42	0,688	0,387	0,000	44,840*
	a 1,00	1,631	-1,344	-3,757	47,489
	b 1,00	1,631	-1,249	-3,471	44,840
5	a 0,00	0,000	-1,344	3,738	47,489
	b 0,00	0,000	-1,249	3,452	44,840
	a 0,57	0,937	0,402*	-0,008	47,489
	b 0,57	0,937	0,369	0,004	44,840*
	a 1,00	1,631	-0,568	-2,786	47,489
	b 1,00	1,631	-0,515	-2,552	44,840
6	a 0,00	0,000	-0,568	3,209	57,661
	b 0,00	0,000	-0,515	2,950	54,288
	a 0,49	0,803	0,719*	-0,004	57,661
	b 0,49	0,803	0,666	-0,007	54,288*
	a 1,00	1,632	-0,658	-3,319	57,661
	b 1,00	1,632	-0,604	-3,058	54,288
7	a 0,00	0,000	-0,658	3,939	68,082
	b 0,00	0,000	-0,604	3,641	63,977
	a 0,61	0,988	1,282*	-0,011	68,082
	b 0,61	0,988	1,197	0,006	63,977*
	a 1,00	1,631	0,447	-2,585	68,082
	b 1,00	1,631	0,438	-2,363	63,977
8	a 0,00	0,000	0,447	2,988	75,421
	b 0,00	0,000	0,438	2,733	70,787
	a 0,46	0,745	1,563*	0,006	75,421
	b 0,45	0,739	1,453	0,013	70,787*
	a 1,00	1,631	0,000	-3,536	75,421
	b 1,00	1,631	0,000	-3,271	70,787
9	a 0,00	0,000	0,000	4,719	-95,054
	b 0,00	0,000	0,000	4,561	-89,607
	a 0,57	1,067	2,513*	-0,007	-94,151
	a 1,00	1,883	1,030	-3,624	-93,460
	b 1,00	1,883	0,926	-3,578	-88,033
10	a 0,00	0,000	1,030	3,140	-97,390
	b 0,00	0,000	0,926	3,102	-91,913
	a 0,37	0,706	2,143*	0,011	-96,791
	a 1,00	1,883	-0,914	-5,204	-95,793
	b 1,00	1,883	-0,897	-5,037	-90,334

11	a	0,00	0,000	-0,914	4,192	-87,774
	b	0,00	0,000	-0,897	4,081	-82,771
	a	0,50	0,950	1,070*	-0,015	-86,970
	a	1,00	1,884	-0,880	-4,157	-86,178
	b	1,00	1,884	-0,879	-4,062	-81,194
12	a	0,00	0,000	-0,880	4,639	-74,325
	b	0,00	0,000	-0,879	4,536	-70,071
	a	0,55	1,045	1,549*	0,011	-73,439
	a	1,00	1,883	0,000	-3,705	-72,728
	b	1,00	1,883	0,000	-3,603	-68,493
13	a	0,00	0,000	0,000	1,943	-68,548
	b	0,00	0,000	0,000	1,841	-64,315
	a	0,47	0,890	0,866*	0,002	-69,302
	a	1,00	1,883	-0,208	-2,163	-70,143
	b	1,00	1,883	-0,207	-2,060	-65,891
14	a	0,00	0,000	-0,208	1,964	-79,819
	b	0,00	0,000	-0,207	1,870	-74,835
	a	0,48	0,905	0,677*	-0,009	-80,586
	a	0,48	0,898	0,677*	0,007	-80,580
	a	1,00	1,883	-0,375	-2,142	-81,415
15	b	1,00	1,883	-0,359	-2,032	-76,412
	a	0,00	0,000	-0,375	3,048	-86,875
	b	0,00	0,000	-0,359	2,881	-81,422
	a	0,74	1,399	1,755*	-0,002	-88,059
	a	1,00	1,884	1,497	-1,061	-88,471
16	b	1,00	1,884	1,392	-1,023	-82,999
	a	0,00	0,000	1,497	1,258	-87,145
	b	0,00	0,000	1,392	1,211	-81,722
	a	0,31	0,581	1,860*	-0,009	-87,638
	a	0,30	0,574	1,860*	0,007	-87,632
17	a	1,00	1,883	0,000	-2,848	-88,742
	b	1,00	1,883	0,000	-2,690	-83,299
	a	0,00	0,000	0,000	0,000	-2,652
	b	0,00	0,000	0,000	0,000	-2,554
	a	1,00	0,942	0,000	0,000	-2,759
18	b	1,00	0,942	0,000	0,000	-2,645
	a	0,00	0,000	0,000	0,093	11,316
	b	0,00	0,000	0,000	0,079	10,492
	a	0,50	1,237	0,058*	0,001	11,210
	a	0,50	1,256	0,058*	-0,001	11,208
19	a	1,00	2,493	0,000	-0,093	11,102
	b	1,00	2,493	0,000	-0,079	10,311
	a	0,00	0,000	0,000	0,000	-10,398
	b	0,00	0,000	0,000	0,000	-9,750
	a	0,84	1,575	0,000*	0,000	-10,576
20	b	0,13	0,250	0,000*	0,000	-9,774
	a	0,89	1,678	0,000*	0,000	-10,588
	a	0,09	0,162	0,000	0,000*	-10,416
	a	0,99	1,862	0,000	0,000*	-10,609
	b	0,97	1,832	0,000	0,000*	-9,927
21	a	1,00	1,884	0,000	0,000	-10,611
	b	1,00	1,884	0,000	0,000	-9,932
	a	0,00	0,000	0,000	0,093	21,009
	b	0,00	0,000	0,000	0,079	19,522
	a	0,50	1,619	0,075*	0,001	20,850
22	a	0,50	1,644	0,075*	-0,001	20,848
	a	1,00	3,263	0,000	-0,093	20,689
	b	1,00	3,263	0,000	-0,079	19,250
	a	0,00	0,000	0,000	0,000	-16,947
	b	0,00	0,000	0,000	0,000	-15,849
23	a	1,00	2,826	0,000	0,000	-17,268
	b	1,00	2,826	0,000	0,000	-16,122
	a	0,00	0,000	0,000	0,092	25,817
	b	0,00	0,000	0,000	0,079	23,960
	a	0,50	2,036	0,095*	0,001	25,605
24	a	0,50	2,068	0,095*	-0,001	25,601
	a	1,00	4,105	0,000	-0,092	25,389
	b	1,00	4,105	0,000	-0,079	23,597
	a	0,00	0,000	0,000	0,000	7,922
	b	0,00	0,000	0,000	0,000	7,286
25	a	1,00	3,767	0,000	0,000	7,495
	b	1,00	3,767	0,000	0,000	6,923
	a	0,00	0,000	0,000	0,000	-7,968
	b	0,00	0,000	0,000	0,000	-7,851
	a	1,00	0,941	0,000	0,000	-7,861
26	b	1,00	0,941	0,000	0,000	-7,760
	a	0,00	0,000	0,000	0,092	17,643
	b	0,00	0,000	0,000	0,079	16,847
	a	0,50	1,236	0,058*	0,001	17,749

	a	0,50	1,255	0,058*	-0,001	17,751
	a	1,00	2,491	0,000	-0,092	17,856
	b	1,00	2,491	0,000	-0,079	17,028
26	a	0,00	0,000	0,000	0,000	-17,878
	b	0,00	0,000	0,000	0,000	-17,199
	a	0,84	1,574	0,000*	0,000	-17,699
	b	0,87	1,633	0,000*	0,000	-17,042
	a	0,25	0,478	0,000*	0,000	-17,824
	a	0,99	1,861	0,000	0,000*	-17,667
	b	0,01	0,022	0,000	0,000*	-17,197
	a	1,00	1,883	0,000	0,000	-17,664
	b	1,00	1,883	0,000	0,000	-17,018
27	a	0,00	0,000	0,000	0,092	29,187
	b	0,00	0,000	0,000	0,079	27,749
	a	0,50	1,618	0,075*	0,001	29,346
	a	0,50	1,644	0,075*	-0,001	29,348
	a	1,00	3,262	0,000	-0,092	29,507
	b	1,00	3,262	0,000	-0,079	28,021
28	a	0,00	0,000	0,000	0,000	-27,630
	b	0,00	0,000	0,000	0,000	-26,481
	a	1,00	2,825	0,000	0,000	-27,309
	b	1,00	2,825	0,000	0,000	-26,208
29	a	0,00	0,000	0,000	0,092	36,680
	b	0,00	0,000	0,000	0,079	34,884
	a	0,50	2,036	0,095*	0,001	36,892
	a	0,50	2,068	0,095*	-0,001	36,895
	a	1,00	4,105	0,000	-0,092	37,107
	b	1,00	4,105	0,000	-0,079	35,247

* = Wartości ekstremalne

NAPRĘŻENIA: T.I rzędu Obciążenia obl.: CW ABCD

Pręt: x/L: x[m]: SigmaG: SigmaD: SigmaMax/Ro:
[MPa]

133 Drewno C24

1	a	0,00	0,000	4,423	4,423	0,184
	b	0,00	0,000	4,191	4,191	0,175
	a	0,57	0,924	1,871	6,974	0,291*
	a	1,00	1,631	3,377	5,468	0,228
	b	1,00	1,631	3,159	5,222	0,218
2	a	0,00	0,000	2,796	4,887	0,204
	b	0,00	0,000	2,604	4,668	0,194
	a	0,38	0,618	1,650	6,033	0,251*
	a	1,00	1,632	4,733	2,950	0,197
	b	1,00	1,632	4,446	2,826	0,185
3	a	0,00	0,000	3,999	2,216	0,167
	b	0,00	0,000	3,749	2,128	0,156
	a	0,50	0,822	1,960	4,254	0,177*
	a	1,00	1,631	3,913	2,302	0,163
	b	1,00	1,631	3,665	2,212	0,153
4	a	0,00	0,000	3,180	1,569	0,132
	b	0,00	0,000	2,968	1,516	0,124
	a	1,00	1,631	4,391	0,358	0,183*
	b	1,00	1,631	4,116	0,368	0,171
5	a	0,00	0,000	4,391	0,358	0,183*
	b	0,00	0,000	4,116	0,368	0,171
	a	1,00	1,631	3,226	1,523	0,134
	b	1,00	1,631	3,015	1,469	0,126
6	a	0,00	0,000	3,735	2,031	0,156
	b	0,00	0,000	3,487	1,941	0,145
	a	0,49	0,797	1,804	3,962	0,165*
	a	1,00	1,632	3,870	1,896	0,161
	b	1,00	1,632	3,620	1,809	0,151
7	a	0,00	0,000	4,391	2,417	0,183
	b	0,00	0,000	4,104	2,293	0,171
	a	0,61	0,988	1,481	5,327	0,222*
	a	1,00	1,631	2,734	4,074	0,170
	b	1,00	1,631	2,542	3,856	0,161
8	a	0,00	0,000	3,101	4,441	0,185
	b	0,00	0,000	2,882	4,196	0,175
	a	0,46	0,752	1,427	6,115	0,255*
	a	1,00	1,631	3,771	3,771	0,157
	b	1,00	1,631	3,539	3,539	0,147
9	a	0,00	0,000	-3,961	-3,961	0,165
	b	0,00	0,000	-3,734	-3,734	0,156
	a	0,56	1,059	-6,541	-1,306	0,273*
	a	1,00	1,883	-4,967	-2,821	0,207
	b	1,00	1,883	-4,632	-2,704	0,193

10	a	0,00	0,000	-5,131	-2,985	0,214
	b	0,00	0,000	-4,794	-2,866	0,200
	a	0,37	0,699	-6,265	-1,801	0,261*
	a	1,00	1,883	-3,040	-4,943	0,206
	b	1,00	1,883	-2,829	-4,699	0,196
11	a	0,00	0,000	-2,706	-4,609	0,192
	b	0,00	0,000	-2,514	-4,384	0,183
	a	0,50	0,942	-4,738	-2,510	0,197*
	a	1,00	1,884	-2,674	-4,508	0,188
	b	1,00	1,884	-2,467	-4,299	0,179
12	a	0,00	0,000	-2,180	-4,014	0,167
	b	0,00	0,000	-2,004	-3,836	0,160
	a	0,55	1,045	-4,674	-1,446	0,195*
	a	1,00	1,883	-3,030	-3,030	0,126
	b	1,00	1,883	-2,854	-2,854	0,119
13	a	0,00	0,000	-2,856	-2,856	0,119
	b	0,00	0,000	-2,680	-2,680	0,112
	a	0,48	0,905	-3,790	-1,987	0,158*
	a	1,00	1,883	-2,706	-3,139	0,131
	b	1,00	1,883	-2,530	-2,961	0,123
14	a	0,00	0,000	-3,110	-3,542	0,148
	b	0,00	0,000	-2,903	-3,333	0,139
	a	0,49	0,920	-4,063	-2,653	0,169*
	a	1,00	1,883	-3,002	-3,783	0,158
	b	1,00	1,883	-2,810	-3,558	0,148
15	a	0,00	0,000	-3,229	-4,010	0,167
	b	0,00	0,000	-3,019	-3,766	0,157
	a	0,75	1,413	-5,497	-1,842	0,229*
	a	1,00	1,884	-5,245	-2,127	0,219
	b	1,00	1,884	-4,909	-2,008	0,205
16	a	0,00	0,000	-5,190	-2,072	0,216
	b	0,00	0,000	-4,855	-1,955	0,202
	a	0,32	0,596	-5,589	-1,715	0,233*
	a	1,00	1,883	-3,698	-3,698	0,154
	b	1,00	1,883	-3,471	-3,471	0,145
17	a	0,00	0,000	-0,133	-0,133	0,006*
	b	0,00	0,000	-0,128	-0,128	0,005*
	a	1,00	0,942	-0,138	-0,138	0,006*
	b	1,00	0,942	-0,132	-0,132	0,006*
18	a	0,00	0,000	0,566	0,566	0,024
	b	0,00	0,000	0,525	0,525	0,022
	a	0,48	1,207	0,474	0,647	0,027*
	a	1,00	2,493	0,555	0,555	0,023
	b	1,00	2,493	0,516	0,516	0,021
19	a	0,00	0,000	-0,520	-0,520	0,022*
	b	0,00	0,000	-0,487	-0,487	0,020
	a	1,00	1,884	-0,531	-0,531	0,022*
	b	1,00	1,884	-0,497	-0,497	0,021
20	a	0,00	0,000	1,050	1,050	0,044
	b	0,00	0,000	0,976	0,976	0,041
	a	0,48	1,568	0,930	1,156	0,048*
	a	1,00	3,263	1,034	1,034	0,043
	b	1,00	3,263	0,962	0,962	0,040
21	a	0,00	0,000	-0,847	-0,847	0,035*
	b	0,00	0,000	-0,792	-0,792	0,033
	a	1,00	2,826	-0,863	-0,863	0,036*
	b	1,00	2,826	-0,806	-0,806	0,034
22	a	0,00	0,000	1,291	1,291	0,054
	b	0,00	0,000	1,198	1,198	0,050
	a	0,48	1,972	1,138	1,423	0,059*
	a	1,00	4,105	1,269	1,269	0,053
	b	1,00	4,105	1,180	1,180	0,049
23	a	0,00	0,000	0,396	0,396	0,017*
	b	0,00	0,000	0,364	0,364	0,015
	a	1,00	3,767	0,375	0,375	0,016*
	b	1,00	3,767	0,346	0,346	0,014
24	a	0,00	0,000	-0,398	-0,398	0,017*
	b	0,00	0,000	-0,393	-0,393	0,016*
	a	1,00	0,941	-0,393	-0,393	0,016*
	b	1,00	0,941	-0,388	-0,388	0,016*
25	a	0,00	0,000	0,882	0,882	0,037
	b	0,00	0,000	0,842	0,842	0,035
	a	0,51	1,275	0,801	0,974	0,041*
	a	1,00	2,491	0,893	0,893	0,037
	b	1,00	2,491	0,851	0,851	0,035
26	a	0,00	0,000	-0,894	-0,894	0,037*
	b	0,00	0,000	-0,860	-0,860	0,036
	a	1,00	1,883	-0,883	-0,883	0,037*

	b	1,00	1,883	-0,851	-0,851	0,035
27	a	0,00	0,000	1,459	1,459	0,061
	b	0,00	0,000	1,387	1,387	0,058
	a	0,52	1,707	1,355	1,581	0,066*
	a	1,00	3,262	1,475	1,475	0,061
	b	1,00	3,262	1,401	1,401	0,058
28	a	0,00	0,000	-1,381	-1,381	0,058*
	b	0,00	0,000	-1,324	-1,324	0,055
	a	1,00	2,825	-1,365	-1,365	0,057*
	b	1,00	2,825	-1,310	-1,310	0,055
29	a	0,00	0,000	1,834	1,834	0,076
	b	0,00	0,000	1,744	1,744	0,073
	a	0,52	2,149	1,703	1,987	0,083*
	a	1,00	4,105	1,855	1,855	0,077
	b	1,00	4,105	1,762	1,762	0,073

* = Wartości ekstremalne

REAKCJE PODPOROWE: T.I rzędu
Obciążenia obl.: CW ABCD

Węzeł:		H [kN]:	V [kN]:	Wypadkowa [kN]:	M [kNm]:
1	a	-8,476	55,278	55,924	
	b	-8,476	52,154	52,839	
2	a	0,000	50,385	50,385	
	b	0,000	47,261	47,261	

REAKCJE PODPOROWE: T.I rzędu
Obciążenia char.: CW ABCD

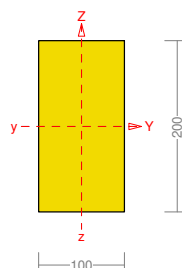
Węzeł:		H [kN]:	V [kN]:	Wypadkowa [kN]:	M [kNm]:
1		-5,651	38,395	38,808	
2		0,000	35,133	35,133	

PRZEMIESZCZENIA WĘZŁÓW: T.I rzędu
Obciążenia char.: CW ABCD

Węzeł:	Ux [m]:	Uy [m]:	Wypadkowe [m]:	Fi [rad] ([deg]):
1	0,00000	0,00000	0,00000	
2	0,00270	0,00000	0,00270	
3	0,00128	-0,00570	0,00584	
4	0,00141	-0,00579	0,00596	0,00009 (0,005)
5	0,00085	-0,00603	0,00609	-0,00032 (-0,019)
6	0,00045	-0,00459	0,00461	-0,00177 (-0,101)
7	0,00117	-0,00617	0,00628	0,00017 (0,010)
8	0,00195	-0,00556	0,00590	0,00041 (0,023)
9	0,00166	-0,00590	0,00613	-0,00002 (-0,001)
10	0,00231	-0,00414	0,00474	0,00162 (0,093)
11	0,00245	-0,00613	0,00660	-0,00025 (-0,014)
12	0,00212	-0,00461	0,00508	-0,00166 (-0,095)
13	0,00211	-0,00641	0,00675	0,00018 (0,010)
14	0,00046	-0,00563	0,00564	0,00031 (0,018)
15	0,00067	-0,00605	0,00609	-0,00006 (-0,003)
16	0,00081	-0,00415	0,00423	0,00156 (0,089)

Pręt nr 1 – Pas dolny dźwigara

Wyniki wymiarowania elementów drewnianych wg PN-EN 1995 (Drew1995_3d v. 1.20 licencja nr 45751)



Przekrój: 5 „B 200x100”

Wymiary przekroju:

$h=200,0$ mm $b=100,0$ mm.

Charakterystyka geometryczna przekroju:

$J_y=6666,7$; $J_z=1666,7$ cm⁴; $A=200,00$ cm²; $i_y=5,8$; $i_z=2,9$ cm; $W_y=666,7$; $W_z=333,3$ cm³.

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: **Stałe** (więcej niż 10 lat, np. ciężar własny).

$$K_{mod} = 0,60 \quad \gamma_M = 1,3$$
$$k_{h,t} = \min [(150/100)^{0,2}; 1,3] = 1,084$$

Cechy drewna: **Drewno C24.**

$f_{m,k} = 1,000 \times 24,00 = 24,00$	$f_{m,d} = 11,077 \text{ MPa}$
$f_{t,0,k} = 1,084 \times 14,50 = 15,72$	$f_{t,0,d} = 7,258 \text{ MPa}$
$f_{t,90,k} = 0,40$	$f_{t,90,d} = 0,185 \text{ MPa}$
$f_{c,0,k} = 21,00$	$f_{c,0,d} = 9,692 \text{ MPa}$
$f_{c,90,k} = 2,50$	$f_{c,90,d} = 1,154 \text{ MPa}$
$f_{v,k} = 4,00$	$f_{v,d} = 1,846 \text{ MPa}$
$E_{0,mean} = 11000 \text{ MPa}$	
$E_{90,mean} = 370 \text{ MPa}$	
$E_{0,05} = 7400 \text{ MPa}$	
$G_{mean} = 690 \text{ MPa}$	
$\rho_k = 350 \text{ kg/m}^3$	

Sprawdzenie nośności pręta nr 1

Sprawdzenie nośności przeprowadzono wg PN-EN 1995. W obliczeniach uwzględniono ekstremalne wartości wielkości statycznych.

Nośność na rozciąganie:

Wyniki dla $x_a = 1,631 \text{ m}$; $x_b = 0,000 \text{ m}$; przęsło nr: 1, 1, 1, przy obciążeniach „1,35·(CW+A)+1,5·(B+C+D) (a)”. Pole powierzchni przekroju netto $A_n = 200,00 \text{ cm}^2$.

$$\sigma_{t,0,d} = N / A_n = 88,451 / 200,00 \times 10 = \mathbf{4,423} < \mathbf{7,258} = f_{t,0,d} \quad (6.1)$$

Nośność na zginanie:

Wyniki dla $x_a = 0,917 \text{ m}$; $x_b = 0,714 \text{ m}$; przęsło nr: 1, 1, 1, przy obciążeniach „1,35·(CW+A)+1,5·(B+C+D) (a)”. Długość obliczeniowa dla **pręta swobodnie podpartego ze stałym momentem zginającym**, przy obciążeniu przyłożonym do powierzchni górnej, wynosi:

$$l_{ef} = 1,0 \times 1631,0 + 200 + 200 = 2031,0 \text{ mm}$$

$$\sigma_{m,crit} = \frac{0,78 b^2}{h l_{ef}} E_{0,05} = \frac{0,78 \times 100^2}{200 \times 2031,0} \times 7400 = 142,097 \text{ MPa} \quad (6.32)$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{f_{m,k} / \sigma_{m,crit}} = \sqrt{24,00 / 142,097} = 0,411 \quad (6.30)$$

Wartość współczynnika zwichrzenia:

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

Warunek stateczności:

$$\sigma_{m,d} = M / W = 1,701 / 666,67 \times 10^3 = \mathbf{2,552} < \mathbf{11,077} = 1,000 \times 11,077 = k_{crit} f_{m,d} \quad (6.33)$$

Nośność dla $x_a = 0,917 \text{ m}$; $x_b = 0,714 \text{ m}$; przęsło nr: 1, 1, 1, przy obciążeniach „1,35·(CW+A)+1,5·(B+C+D) (a)”:

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{4,423}{7,258} + \frac{2,552}{11,077} + 0,7 \times \frac{0,000}{11,077} = \mathbf{0,840} < \mathbf{1} \quad (6.17)$$

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{4,423}{7,258} + 0,7 \times \frac{2,552}{11,077} + \frac{0,000}{11,077} = \mathbf{0,771} < \mathbf{1} \quad (6.18)$$

Nośność na ścinanie:

Wyniki dla $x_a = 0,000 \text{ m}$; $x_b = 1,631 \text{ m}$; przęsło nr: 1, 1, 1, przy obciążeniach „1,35·(CW+A)+1,5·(B+C+D) (a)”. Naprężenia tnące:

$$\tau_{z,d} = 1,5 V_z / (k_{cr} A) = 1,5 \times 3,689 / (1,00 \times 200,00) \times 10 = 0,277 \text{ MPa}$$

$$\tau_{y,d} = 1,5 V_y / (k_{cr} A) = 1,5 \times 0 / (1,00 \times 200,00) \times 10 = 0,000 \text{ MPa}$$

Przyjęto $k_v = 1,000$.

Warunek nośności

$$\tau_d = \sqrt{\tau_{z,d}^2 + \tau_{y,d}^2} = \sqrt{0,277^2 + 0,000^2} = \mathbf{0,277} < \mathbf{1,846} = 1,000 \times 1,846 = k_v f_{v,d}$$

Nośność na skręcanie:

Wyniki dla $x_a = 1,631 \text{ m}$; $x_b = 0,000 \text{ m}$; przęsło nr: 1, 1, 1, przy obciążeniach „1,35·0,85·(CW+A)+1,5·(B+C+D) (b)”.

$$\tau_{tor,d} = \frac{M_{tor}}{\eta b^2 h} = \frac{0}{0,245 \times 10,0^2 \times 20,0} \times 10^3 = \mathbf{0,000} < \mathbf{2,400} = 1,300 \times 1,846 = k_{shape} f_{v,d} \quad (6.14)$$

Stan graniczny użytkowania:

Wyniki dla $x_a=0,816$ m; $x_b=0,816$ m; pręśło nr: 1, 1, 1, przy obciążeniach „Char: CW+A+B+C+D; Q-S: CW+A+B+C+D” liczone od cięciwy pręta.

Wartości graniczne ugięć końcowych:

$$u_{z,fin,gr} = l / 150 = 1631,0 / 150 = 10,9 \text{ mm}$$

$$u_{y,fin,gr} = l / 150 = 1631,0 / 150 = 10,9 \text{ mm}$$

Ugięcia chwilowe wyznaczone dla charakterystycznej kombinacji obciążeń:

$$u_{z,inst} = u_z [1 + \eta_1 (h/L)^2] = 0,46 \times [1 + 19,20 \times (200,0/1631,0)^2] = 0,59 \text{ mm}$$

$$u_{y,inst} = u_y [1 + \eta_1 (h/L)^2] = 0,00 \times [1 + 19,20 \times (100,0/1631,0)^2] = 0,00 \text{ mm}$$

Ugięcia końcowe obliczone dla quasi-stałej kombinacji obciążeń:

$$u_{z,fin} = u_z [1 + \eta_1 (h/L)^2] (1 + k_{def}) = 0,46 \times [1 + 19,20 \times (200,0/1631,0)^2] (1 + 0,60) = 0,95 \text{ mm}$$

$$u_{y,fin} = u_y [1 + \eta_1 (h/L)^2] (1 + k_{def}) = 0,00 \times [1 + 19,20 \times (100,0/1631,0)^2] (1 + 0,60) = 0,00 \text{ mm}$$

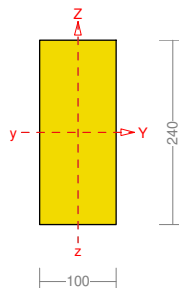
Warunki SGU:

$$u_{z,inst} = 0,6$$

$$u_{z,fin} = 1,0 < 10,9 = u_{z,fin,gr}$$

Pręt nr 9 – Pas górny dźwigara

Wyniki wymiarowania elementów drewnianych wg PN-EN 1995 (Drew1995_3d v. 1.20 licencja nr 45751)

**Przekrój: 3 „B 240x100”**

Wymiary przekroju:

$$h=240,0 \text{ mm} \quad b=100,0 \text{ mm}.$$

Charakterystyka geometryczna przekroju:

$$J_{yg}=11520,0; \quad J_{zg}=2000,0 \text{ cm}^4; \quad A=240,00 \text{ cm}^2; \quad i_y=6,9; \quad i_z=2,9 \text{ cm}; \quad W_y=960,0; \quad W_z=400,0 \text{ cm}^3.$$

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: **Stałe** (więcej niż 10 lat, np. ciężar własny).

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

$$k_{h,t} = \min [(150/100)^{0,2}; 1,3] = 1,084$$

Cechy drewna: **Drewno C24.**

$$f_{m,k} = 1,000 \times 24,00 = 24,00$$

$$f_{t,0,k} = 1,084 \times 14,50 = 15,72$$

$$f_{t,90,k} = 0,40$$

$$f_{c,0,k} = 21,00$$

$$f_{c,90,k} = 2,50$$

$$f_{v,k} = 4,00$$

$$E_{0,mean} = 11000 \text{ MPa}$$

$$E_{90,mean} = 370 \text{ MPa}$$

$$E_{0,05} = 7400 \text{ MPa}$$

$$G_{mean} = 690 \text{ MPa}$$

$$\rho_k = 350 \text{ kg/m}^3$$

$$f_{m,d} = 11,077 \text{ MPa}$$

$$f_{t,0,d} = 7,258 \text{ MPa}$$

$$f_{t,90,d} = 0,185 \text{ MPa}$$

$$f_{c,0,d} = 9,692 \text{ MPa}$$

$$f_{c,90,d} = 1,154 \text{ MPa}$$

$$f_{v,d} = 1,846 \text{ MPa}$$

Sprawdzenie nośności pręta nr 9

Sprawdzenie nośności przeprowadzono wg PN-EN 1995. W obliczeniach uwzględniono ekstremalne wartości wielkości statycznych.

Nośność na ściskanie:

Wyniki dla $x_a=1,059$ m; $x_b=0,824$ m; pręśło nr: 1, 1, 1, przy obciążeniach „1,35·(CW+A)+1,5·(B+C+D) (a)”.

- długość wyboczeniowa w płaszczyźnie Y (wyznaczona w sposób uproszczony):

$$l_c = \mu l = 0,820 \times 1,883 = 1,544 \text{ m}$$

- długość wyboczeniowa w płaszczyźnie Z:

$$l_c = \mu l = 1,000 \times 1,883 = 1,883 \text{ m}$$

Współczynniki wyboczeniowe:

$$\lambda_y = l_{c,y} / i_y = 1,544 / 6,9282 \times 10^2 = 22,29$$

$$\lambda_z = l_{c,z} / i_z = 1,883 / 2,8868 \times 10^2 = 65,23$$

$$\lambda_{rel,y} = \lambda_y / \pi \sqrt{f_{c,0,k} / E_{0,05}} = 22,29 / \pi \times \sqrt{21/7400} = 0,378 \quad (6.21)$$

$$\lambda_{rel,z} = \lambda_z / \pi \sqrt{f_{c,0,k} / E_{0,05}} = 65,23 / \pi \times \sqrt{21/7400} = 1,106 \quad (6.22)$$

$$k_y = 0,5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel,y} - 0,3) + \lambda_{rel,y}^2] = 0,5 \times [1 + 0,2 \times (0,378 - 0,3) + (0,378)^2] = 0,579 \quad (6.27)$$

$$k_z = 0,5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel,z} - 0,3) + \lambda_{rel,z}^2] = 0,5 \times [1 + 0,2 \times (1,106 - 0,3) + (1,106)^2] = 1,192 \quad (6.28)$$

$$k_{c,y} = 1 / (k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}) = 1 / (0,579 + \sqrt{0,579^2 - 0,378^2}) = 0,982 \quad (6.25)$$

$$k_{c,z} = 1 / (k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}) = 1 / (1,192 + \sqrt{1,192^2 - 1,106^2}) = 0,611 \quad (6.26)$$

Powierzchnia obliczeniowa przekroju $A_d = 240,00 \text{ cm}^2$.

Nośność na ściskanie:

$$\sigma_{c,0,d} = N / A_d = 94,157 / 240,00 \times 10 = \mathbf{3,923 < 5,919} = 0,611 \times 9,692 = k_{c,f_{c,0,d}}$$

Ściskanie ze zginaniem

dla $x_a=1,059 \text{ m}$; $x_b=0,824 \text{ m}$; przęsło nr: 1, 1, 1, przy obciążeniach „1,35·(CW+A)+1,5·(B+C+D) (a)”:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{3,923}{0,982 \times 9,692} + \frac{2,617}{11,077} + 0,7 \times \frac{0,000}{11,077} = \mathbf{0,648 < 1} \quad (6.23)$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} f_{c,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{3,923}{0,611 \times 9,692} + 0,7 \times \frac{2,617}{11,077} + \frac{0,000}{11,077} = \mathbf{0,828 < 1} \quad (6.24)$$

Nośność na zginanie:

Wyniki dla $x_a=1,059 \text{ m}$; $x_b=0,824 \text{ m}$; przęsło nr: 1, 1, 1, przy obciążeniach „1,35·(CW+A)+1,5·(B+C+D) (a)”.

Długość obliczeniowa dla **pręta swobodnie podpartego ze stałym momentem zginającym**, przy obciążeniu przyłożonym do powierzchni **górnej**, wynosi:

$$l_{ef} = 1,0 \times 1883,0 + 240 + 240 = 2363,0 \text{ mm}$$

$$\sigma_{m,crit} = \frac{0,78 b^2}{h l_{ef}} E_{0,05} = \frac{0,78 \times 100^2}{240 \times 2363,0} \times 7400 = 101,777 \text{ MPa} \quad (6.32)$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{f_{m,k} / \sigma_{m,crit}} = \sqrt{24,00 / 101,777} = 0,486 \quad (6.30)$$

Wartość współczynnika zwichrzenia:

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

Warunek stateczności:

$$\left(\frac{\sigma_{m,d}}{k_{crit} f_{m,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} f_{c,0,d}} = \frac{2,617^2}{1,000^2 \times 11,077^2} + \frac{3,923}{0,611 \times 9,692} = \mathbf{0,719 < 1} \quad (6.35)$$

Nośność dla $x_a=1,059 \text{ m}$; $x_b=0,824 \text{ m}$; przęsło nr: 1, 1, 1, przy obciążeniach „1,35·(CW+A)+1,5·(B+C+D) (a)”:

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{2,617}{11,077} + 0,7 \times \frac{0,000}{11,077} = \mathbf{0,236 < 1} \quad (6.17)$$

$$k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = 0,7 \times \frac{2,617}{11,077} + \frac{0,000}{11,077} = \mathbf{0,165 < 1} \quad (6.18)$$

Nośność ze ściskaniem dla $x_a=1,059 \text{ m}$; $x_b=0,824 \text{ m}$; przęsło nr: 1, 1, 1, przy obciążeniach

„1,35·(CW+A)+1,5·(B+C+D) (a)”:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}^2}{f_{c,0,d}^2} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{3,923^2}{9,692^2} + \frac{2,617}{11,077} + 0,7 \times \frac{0,000}{11,077} = \mathbf{0,400 < 1} \quad (6.19)$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}^2}{f_{c,0,d}^2} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{3,923^2}{9,692^2} + 0,7 \times \frac{2,617}{11,077} + \frac{0,000}{11,077} = \mathbf{0,329 < 1} \quad (6.20)$$

Nośność na ścinanie:

Wyniki dla $x_a=0,000 \text{ m}$; $x_b=1,883 \text{ m}$; przęsło nr: 1, 1, 1, przy obciążeniach „1,35·(CW+A)+1,5·(B+C+D) (a)”.

Naprężenia tnące:

$$\tau_{z,d} = 1,5 V_z / (k_{cr} A) = 1,5 \times 4,719 / (1,00 \times 240,00) \times 10 = 0,295 \text{ MPa}$$

$$\tau_{y,d} = 1,5 V_y / (k_{cr} A) = 1,5 \times 0 / (1,00 \times 240,00) \times 10 = 0,000 \text{ MPa}$$

Przyjęto $k_v = 1,000$.

Warunek nośności

$$\tau_d = \sqrt{\tau_{z,d}^2 + \tau_{y,d}^2} = \sqrt{0,295^2 + 0,000^2} = \mathbf{0,295} < \mathbf{1,846} = 1,000 \times 1,846 = k_v f_{v,d}$$

Nośność na skręcanie:

Wyniki dla $x_a=1,883$ m; $x_b=0,000$ m; przęsło nr: 1, 1, 1, przy obciążeniach „1,35·0,85·(CW+A)+1,5·(B+C+D) (b)”.

$$\tau_{\text{tor,d}} = \frac{M_{\text{tor}}}{\eta b^2 h} = \frac{0}{0,253 \times 10,0^2 \times 24,0} \times 10^3 = \mathbf{0,000} < \mathbf{2,511} = 1,360 \times 1,846 = k_{\text{shape}} f_{v,d} \quad (6.14)$$

Stan graniczny użytkowania:

Wyniki dla $x_a=0,941$ m; $x_b=0,941$ m; przęsło nr: 1, 1, 1, przy obciążeniach „Char: CW+A+B+C+D; Q-S: CW+A+B+C+D” liczone od cięciwy pręta.

Wartości graniczne ugięć końcowych:

$$u_{z,\text{fin,gr}} = l / 150 = 1883,0 / 150 = 12,6 \text{ mm}$$

$$u_{y,\text{fin,gr}} = l / 150 = 1883,0 / 150 = 12,6 \text{ mm}$$

Ugięcia chwilowe wyznaczone dla charakterystycznej kombinacji obciążeń:

$$u_{z,\text{inst}} = u_z [1 + \eta_1 (h/L)^2] = 0,52 \times [1 + 19,20 \times (240,0/1883,0)^2] = 0,68 \text{ mm}$$

$$u_{y,\text{inst}} = u_y [1 + \eta_1 (h/L)^2] = 0,00 \times [1 + 19,20 \times (100,0/1883,0)^2] = 0,00 \text{ mm}$$

Ugięcia końcowe obliczone dla quasi-stałej kombinacji obciążeń:

$$u_{z,\text{fin}} = u_z [1 + \eta_1 (h/L)^2] (1 + k_{\text{def}}) = 0,52 \times [1 + 19,20 \times (240,0/1883,0)^2] (1 + 0,60) = 1,09 \text{ mm}$$

$$u_{y,\text{fin}} = u_y [1 + \eta_1 (h/L)^2] (1 + k_{\text{def}}) = 0,00 \times [1 + 19,20 \times (100,0/1883,0)^2] (1 + 0,60) = 0,00 \text{ mm}$$

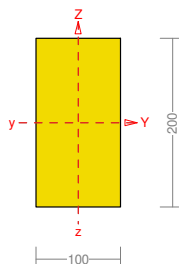
Warunki SGU:

$$u_{z,\text{inst}} = \mathbf{0,7}$$

$$u_{z,\text{fin}} = \mathbf{1,1} < \mathbf{12,6} = u_{z,\text{fin,gr}}$$

Pręt nr 28 - słupek

Wyniki wymiarowania elementów drewnianych wg PN-EN 1995 (Drew1995_3d v. 1.20 licencja nr 45751)



Przekrój: 5 „B 200x100”

Wymiary przekroju:

$$h=200,0 \text{ mm} \quad b=100,0 \text{ mm}.$$

Charakterystyka geometryczna przekroju:

$$J_y=6666,7; J_z=1666,7 \text{ cm}^4; A=200,00 \text{ cm}^2; i_y=5,8; i_z=2,9 \text{ cm}; W_y=666,7; W_z=333,3 \text{ cm}^3.$$

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).

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

$$k_{h,t} = \min [(150/100)^{0,2}; 1,3] = 1,084$$

Cechy drewna: **Drewno C24.**

$$f_{m,k} = 1,000 \times 24,00 = 24,00$$

$$f_{t,0,k} = 1,084 \times 14,50 = 15,72$$

$$f_{t,90,k} = 0,40$$

$$f_{c,0,k} = 21,00$$

$$f_{c,90,k} = 2,50$$

$$f_{v,k} = 4,00$$

$$E_{0,\text{mean}} = 11000 \text{ MPa}$$

$$E_{90,\text{mean}} = 370 \text{ MPa}$$

$$E_{0,05} = 7400 \text{ MPa}$$

$$G_{\text{mean}} = 690 \text{ MPa}$$

$$\rho_k = 350 \text{ kg/m}^3$$

$$f_{m,d} = 11,077 \text{ MPa}$$

$$f_{t,0,d} = 7,258 \text{ MPa}$$

$$f_{t,90,d} = 0,185 \text{ MPa}$$

$$f_{c,0,d} = 9,692 \text{ MPa}$$

$$f_{c,90,d} = 1,154 \text{ MPa}$$

$$f_{v,d} = 1,846 \text{ MPa}$$

Sprawdzenie nośności pręta nr 28

Sprawdzenie nośności przeprowadzono wg PN-EN 1995. W obliczeniach uwzględniono ekstremalne wartości wielkości statycznych.

Nośność na ściskanie:

Wyniki dla $x_a=0,000$ m; $x_b=2,825$ m; przęsło nr: 1, 1, 1, przy obciążeniach „1,35·(CW+A)+1,5·(B+C+D) (a)”.

- długość wyboczeniowa w płaszczyźnie Y (wyznaczona w sposób uproszczony):

$$l_c = \mu l = 1,000 \times 2,825 = 2,825 \text{ m}$$

- długość wyboczeniowa w płaszczyźnie Z:

$$l_c = \mu l = 1,000 \times 2,825 = 2,825 \text{ m}$$

Współczynniki wyboczeniowe:

$$\lambda_y = l_{c,y} / i_y = 2,825 / 5,7735 \times 10^2 = 48,93$$

$$\lambda_z = l_{c,z} / i_z = 2,825 / 2,8868 \times 10^2 = 97,86$$

$$\lambda_{rel,y} = \lambda_y / \pi \sqrt{f_{c,0,k} / E_{0,05}} = 48,93 / \pi \times \sqrt{21/7400} = 0,830 \quad (6.21)$$

$$\lambda_{rel,z} = \lambda_z / \pi \sqrt{f_{c,0,k} / E_{0,05}} = 97,86 / \pi \times \sqrt{21/7400} = 1,659 \quad (6.22)$$

$$k_y = 0,5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel,y} - 0,3) + \lambda_{rel,y}^2] = 0,5 [1 + 0,2 \times (0,830 - 0,3) + (0,830)^2] = 0,897 \quad (6.27)$$

$$k_z = 0,5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel,z} - 0,3) + \lambda_{rel,z}^2] = 0,5 [1 + 0,2 \times (1,659 - 0,3) + (1,659)^2] = 2,013 \quad (6.28)$$

$$k_{c,y} = 1 / (k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}) = 1 / (0,897 + \sqrt{0,897^2 - 0,830^2}) = 0,807 \quad (6.25)$$

$$k_{c,z} = 1 / (k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}) = 1 / (2,013 + \sqrt{2,013^2 - 1,659^2}) = 0,317 \quad (6.26)$$

Powierzchnia obliczeniowa przekroju $A_d = 200,00 \text{ cm}^2$.

Nośność na ściskanie:

$$\sigma_{c,0,d} = N / A_d = 27,63 / 200,00 \times 10 = \mathbf{1,381} < \mathbf{3,075} = 0,317 \times 9,692 = k_c f_{c,0,d}$$

Nośność na skręcanie:

Wyniki dla $x_a=2,825$ m; $x_b=0,00$ m; przęsło nr: 1, 1, 1, przy obciążeniach „1,35·0,85·(CW+A)+1,5·(B+C+D) (b)”.

$$\tau_{tor,d} = \frac{M_{tor}}{\eta b^2 h} = \frac{0}{0,245 \times 10,0^2 \times 20,0} \times 10^3 = \mathbf{0,000} < \mathbf{2,400} = 1,300 \times 1,846 = k_{shape} f_{v,d} \quad (6.14)$$

Stan graniczny użytkowania:

Wyniki dla $x_a=1,413$ m; $x_b=1,413$ m; przęsło nr: 1, 1, 1, przy obciążeniach „Char: CW+A+B+C+D; Q-S: CW+A+B+C+D” liczone od cięciwy pręta.

Wartości graniczne ugięć końcowych:

$$u_{z,fin,gr} = l / 150 = 2825,0 / 150 = 18,8 \text{ mm}$$

$$u_{y,fin,gr} = l / 150 = 2825,0 / 150 = 18,8 \text{ mm}$$

Ugięcia chwilowe wyznaczone dla charakterystycznej kombinacji obciążeń:

$$u_{z,inst} = u_z [1 + \eta_1 (h/L)^2] = 0,00 \times [1 + 19,20 \times (200,0/2825,0)^2] = 0,00 \text{ mm}$$

$$u_{y,inst} = u_y = 0,00 \times = 0,00 \text{ mm}$$

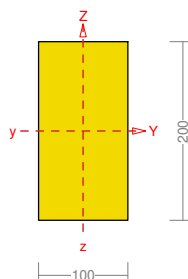
Ugięcia końcowe obliczone dla quasi-stałej kombinacji obciążeń:

$$u_{z,fin} = u_z [1 + \eta_1 (h/L)^2] (1 + k_{def}) = 0,00 \times [1 + 19,20 \times (200,0/2825,0)^2] (1 + 0,60) = 0,00 \text{ mm}$$

$$u_{y,fin} = u_y (1 + k_{def}) = 0,00 \times (1 + 0,60) = 0,00 \text{ mm}$$

Pręt nr 29 - krzyżulec

Wyniki wymiarowania elementów drewnianych wg PN-EN 1995 (Drew1995_3d v. 1.20 licencja nr 45751)



Przekrój: 5 „B 200x100”

Wymiary przekroju: $h=200,0$ mm $b=100,0$ mm.

Charakterystyka geometryczna przekroju:

$$J_y = 6666,7; J_z = 1666,7 \text{ cm}^4; A = 200,00 \text{ cm}^2; i_y = 5,8; i_z = 2,9 \text{ cm}; W_y = 666,7; W_z = 333,3 \text{ cm}^3.$$

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: **Stałe** (więcej niż 10 lat, np. ciężar własny).

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

$$k_{ht} = \min [(150/100)^{0,2}; 1,3] = 1,084$$

Cechy drewna: **Drewno C24.**

$$f_{m,k} = 1,000 \times 24,00 = 24,00$$

$$f_{t,0,k} = 1,084 \times 14,50 = 15,72$$

$$f_{t,90,k} = 0,40$$

$$f_{c,0,k} = 21,00$$

$$f_{c,90,k} = 2,50$$

$$f_{v,k} = 4,00$$

$$E_{0,mean} = 11000 \text{ MPa}$$

$$E_{90,mean} = 370 \text{ MPa}$$

$$E_{0,05} = 7400 \text{ MPa}$$

$$G_{mean} = 690 \text{ MPa}$$

$$\rho_k = 350 \text{ kg/m}^3$$

$$f_{m,d} = 11,077 \text{ MPa}$$

$$f_{t,0,d} = 7,258 \text{ MPa}$$

$$f_{t,90,d} = 0,185 \text{ MPa}$$

$$f_{c,0,d} = 9,692 \text{ MPa}$$

$$f_{c,90,d} = 1,154 \text{ MPa}$$

$$f_{v,d} = 1,846 \text{ MPa}$$

Sprawdzenie nośności pręta nr 29

Sprawdzenie nośności przeprowadzono wg PN-EN 1995. W obliczeniach uwzględniono ekstremalne wartości wielkości statycznych.

Nośność na rozciąganie:

Wyniki dla $x_a = 4,105 \text{ m}$; $x_b = 0,000 \text{ m}$; przęsło nr: 1, 1, 1, przy obciążeniach „1,35·(CW+A)+1,5·(B+C+D) (a)”. Pole powierzchni przekroju netto $A_n = 200,00 \text{ cm}^2$.

$$\sigma_{t,0,d} = N / A_n = 37,107 / 200,00 \times 10 = \mathbf{1,855} < \mathbf{7,258} = f_{t,0,d} \quad (6.1)$$

Nośność na zginanie:

Wyniki dla $x_a = 2,052 \text{ m}$; $x_b = 2,052 \text{ m}$; przęsło nr: 1, 1, 1, przy obciążeniach „1,35·(CW+A)+1,5·(B+C+D) (a)”. Długość obliczeniowa dla pręta swobodnie podpartego ze stałym momentem zginającym, przy obciążeniu przyłożonym do powierzchni górnej, wynosi:

$$l_{ef} = 1,0 \times 4104,9 + 200 + 200 = 4504,9 \text{ mm}$$

$$\sigma_{m,crit} = \frac{0,78 b^2}{h l_{ef}} E_{0,05} = \frac{0,78 \times 100^2}{200 \times 4504,9} \times 7400 = 64,064 \text{ MPa} \quad (6.32)$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{f_{m,k} / \sigma_{m,crit}} = \sqrt{24,00 / 64,064} = 0,612 \quad (6.30)$$

Wartość współczynnika zwichrzenia:

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

Warunek stateczności:

$$\sigma_{m,d} = M / W = 0,095 / 666,67 \times 10^3 = \mathbf{0,142} < \mathbf{11,077} = 1,000 \times 11,077 = k_{crit} f_{m,d} \quad (6.33)$$

Nośność dla $x_a = 2,052 \text{ m}$; $x_b = 2,052 \text{ m}$; przęsło nr: 1, 1, 1, przy obciążeniach „1,35·(CW+A)+1,5·(B+C+D) (a)”:

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{1,845}{7,258} + \frac{0,142}{11,077} + 0,7 \times \frac{0,000}{11,077} = \mathbf{0,267} < \mathbf{1} \quad (6.17)$$

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{1,845}{7,258} + 0,7 \times \frac{0,142}{11,077} + \frac{0,000}{11,077} = \mathbf{0,263} < \mathbf{1} \quad (6.18)$$

Nośność na ścinanie:

Wyniki dla $x_a = 4,105 \text{ m}$; $x_b = 0,000 \text{ m}$; przęsło nr: 1, 1, 1, przy obciążeniach „1,35·(CW+A)+1,5·(B+C+D) (a)”. Naprężenia tnące:

$$\tau_{z,d} = 1,5 V_z / (k_{cr} A) = 1,5 \times 0,092 / (1,00 \times 200,00) \times 10 = 0,007 \text{ MPa}$$

$$\tau_{y,d} = 1,5 V_y / (k_{cr} A) = 1,5 \times 0 / (1,00 \times 200,00) \times 10 = 0,000 \text{ MPa}$$

Przyjęto $k_v = 1,000$.

Warunek nośności

$$\tau_d = \sqrt{\tau_{z,d}^2 + \tau_{y,d}^2} = \sqrt{0,007^2 + 0,000^2} = \mathbf{0,007} < \mathbf{1,846} = 1,000 \times 1,846 = k_v f_{v,d}$$

Nośność na skręcanie:

Wyniki dla $x_a = 4,105 \text{ m}$; $x_b = 0,000 \text{ m}$; przęsło nr: 1, przy obciążeniach „1,35·0,85·(CW+A)+1,5·(B+C+D) (b)”.

$$\tau_{tor,d} = \frac{M_{tor}}{\eta b^2 h} = \frac{0}{0,245 \times 10,0^2 \times 20,0} \times 10^3 = \mathbf{0,000} < \mathbf{2,400} = 1,300 \times 1,846 = k_{shape} f_{v,d} \quad (6.14)$$

Stan graniczny użytkowania:

Wyniki dla $x_a=2,052$ m; $x_b=2,052$ m; pręsto nr: 1, 1, 1, przy obciążeniach „Char: CW+A+B+C+D; Q-S: CW+A+B+C+D” liczone od cięciwy pręta.

Wartości graniczne ugięć końcowych:

$$u_{z,fin,gr} = l / 150 = 4104,9 / 150 = 27,4 \text{ mm}$$

$$u_{y,fin,gr} = l / 150 = 4104,9 / 150 = 27,4 \text{ mm}$$

Ugięcia chwilowe wyznaczone dla charakterystycznej kombinacji obciążeń:

$$u_{z,inst} = u_z = 0,17 \times = 0,17 \text{ mm}$$

$$u_{y,inst} = u_y = 0,00 \times = 0,00 \text{ mm}$$

Ugięcia końcowe obliczone dla quasi-stałej kombinacji obciążeń:

$$u_{z,fin} = u_z (1 + k_{def}) = 0,17 \times (1 + 0,60) = 0,27 \text{ mm}$$

$$u_{y,fin} = u_y (1 + k_{def}) = 0,00 \times (1 + 0,60) = 0,00 \text{ mm}$$

Warunki SGU:

$$u_{z,inst} = 0,2$$

$$u_{z,fin} = 0,3 < 27,4 = u_{z,fin,gr}$$

Wyniki wymiarowania elementów żelbetowych wg PN-EN-1992

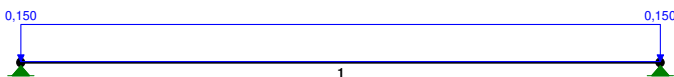
Obliczenia RM_Zb1992 v. 1.41 licencja nr 45751

Podciąg Poz. P.1

SCHEMAT:



OBCIĄŻENIA:



OBCIĄŻENIA: ([kN], [kNm], [kN/m])

Pręt:	Rodzaj:	Kąt:	P1 (Tg):	P2 (Td):	a [m]:	b [m]:
Grupa:	CW "Ciężar własny"			Stałe	$\gamma_c = 1,35/1,00$	
Grupa:	A "stałe"			Stałe	$\gamma_c = 1,35/1,00$	
1	Liniowe	0,0	0,150	0,150	0,00	1,60

W Y N I K I wg PN-EN 1990

SIŁY PRZEKROJOWE: T.I rzędu

Obciążenia obl.: CW A

Pręt:	x/L:	x [m]:	M [kNm]:	Q [kN]:	N [kN]:
1	a 0,00	0,000	0,000	1,328	0,000
	b 0,00	0,000	0,000	1,129	0,000
	a 0,50	0,800	0,531*	0,000	0,000
	a 1,00	1,600	0,000	-1,328	0,000
	b 1,00	1,600	0,000	-1,129	0,000

* = Wartości ekstremalne

NAPRĘŻENIA: T.I rzędu

Obciążenia obl.: CW A

Pręt:	x/L:	x [m]:	SigmaG:	SigmaD:	SigmaMax/Ro:
			[MPa]		

45 C25/30

1	a	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000
	b	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000
	a	0,50	0,800	-0,308	0,308	0,017*
	a	1,00	1,600	0,000	0,000	0,000
	b	1,00	1,600	0,000	0,000	0,000

* = Wartości ekstremalne

REAKCJE PODPOROWE:

T.I rzędu

Obciążenia obl.: CW A

Węzeł:		H [kN]:	V [kN]:	Wypadkowa [kN]:	M [kNm]:
1	a	0,000	1,328	1,328	
	b	0,000	1,129	1,129	
2	a	0,000	1,328	1,328	
	b	0,000	1,129	1,129	

REAKCJE PODPOROWE:

T.I rzędu

Obciążenia char.: CW A

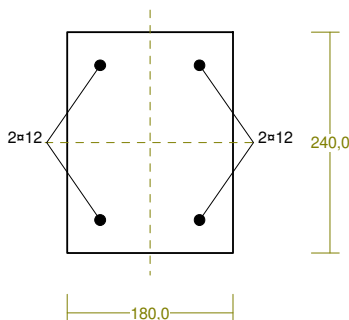
Węzeł:		H [kN]:	V [kN]:	Wypadkowa [kN]:	M [kNm]:
1		0,000	0,984	0,984	
2		0,000	0,984	0,984	

PRZEMIESZCZENIA WĘZŁÓW:

T.I rzędu

Obciążenia char.: CW A

Węzeł:	Ux [m]:	Uy [m]:	Wypadkowe [m]:	Fi [rad] ([deg]):
1	0,00000	0,00000	0,00000	-0,00003 (-0,002)
2	0,00000	0,00000	0,00000	0,00003 (0,002)

Cechy przekroju:przekrój: $x_a=0,80$ m, $x_b=0,80$ mWymiary przekroju [cm]: $h=24,0$, $b=18,0$,

Cechy materiałowe dla sytuacji stałej lub przejściowej

BETON: C25/30 $f_{ck}=25,0$ MPa, $f_{cd}=\alpha \cdot f_{ck} / \gamma_c = 1,00 \times 25,0 / 1,40 = 17,9$ MPa

Cechy geometryczne przekroju betonowego:

 $A_c=432$ cm², $J_{cy}=20736$ cm⁴, $J_{cz}=11664$ cm⁴**STAL: fyk=500** $f_{yk}=500$ MPa, $\gamma_s=1,15$, $f_{yd}=435$ MPa $\xi_{lim}=0,0035 / (0,0035 + f_{yd} / E_s) = 0,0035 / (0,0035 + 435 / 200000) = 0,617$,

Zbrojenie główne:

 $A_{s1} + A_{s2} = 4,52$ cm², $\rho = 100 (A_{s1} + A_{s2}) / A_c = 100 \times 4,52 / 432 = 1,05$ %, $J_{sy}=319$ cm⁴, $J_{sz}=132$ cm⁴,**Siły przekrojowe:**

Obciążenia działające w płaszczyźnie układu: CW A (a)

Momenty zginające: $M_y = -0,531$ kNm, $M_z = 0,000$ kNm,Siły poprzeczne: $V_z = 0,000$ kN, $V_y = 0,000$ kN,Siła osiowa: $N = 0,000$ kN = N_{Ed} .**Zbrojenie wymagane:**

- dla kombinacji [CW A (a)] grup obciążeń, dla której suma zbrojenia wymaganego jest największa

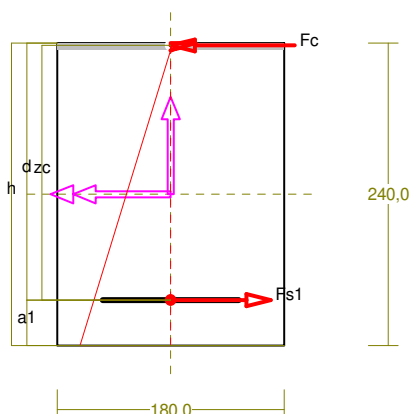
Wielkości obliczeniowe:

 $N_{Ed}=0,000$ kN, $M_{Ed} = \sqrt{(M_{Edy})^2 + (M_{Edz})^2} = \sqrt{(-0,530)^2 + 0,000^2} = 0,530$ kNm $f_{cd}=17,9$ MPa, $f_{yd}=435$ MPa $= f_{td}$,Zbrojenie rozciągane ($\epsilon_{s1}=10,00$ ‰): $A_{s1}=0,06$ cm² < min $A_{s1}=0,55$ cm², przyjęto $A_{s1}=0,55$ cm², $\Rightarrow (1 \times 12 = 1,13$ cm²),

Dodatkowe zbrojenie ściskane nie jest obliczeniowo wymagane.

 $A_s = A_{s1} + A_{s2} = 0,06$ cm², $\rho = 100 \times A_s / A_c =$ $100 \times 0,06 / 432 = 0,01$ %

Wielkości geometryczne [cm]:

 $h=24,0$, $d=20,4$, $x=0,6$ ($\xi=0,029$), $a_1=3,6$, $a_c=0,2$, $z_c=20,2$, $A_{cc}=10$ cm²,

$$\varepsilon_c = -0,29 \text{ ‰}, \varepsilon_{s1} = 10,00 \text{ ‰},$$

Wielkości statyczne [kN, kNm]:

$$F_c = -2,623, F_{s1} = 2,623,$$

$$M_c = 0,310, M_{s1} = 0,220,$$

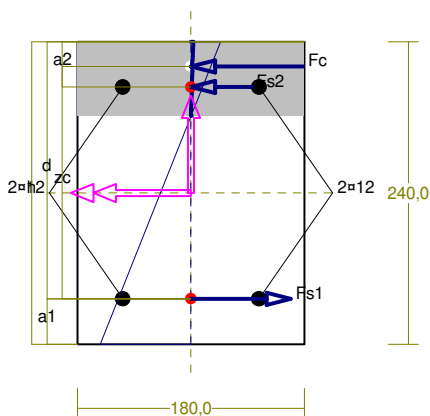
Warunki równowagi wewnętrznej:

$$F_c + F_{s1} = -2,623 + (2,623) = 0,000 \text{ kN } (N_{Ed} = 0,000 \text{ kN})$$

$$M_c + M_{s1} = 0,310 + (0,220) = 0,530 \text{ kNm } (M_{Ed} = 0,530 \text{ kNm})$$

Nośność przekroju prostopadłego:

Obliczenia wykonano dla kombinacji [CW A (a)] grup obciążeń, dla której warunek stanu granicznego nośności przekroju jest najniekorzystniejszy



Wielkości obliczeniowe:

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

$$M_{Ed} = \sqrt{(M_{Edy})^2 + (M_{Edz})^2} = \sqrt{(-0,530^2 + 0,000^2)} = 0,530 \text{ kNm}$$

$$f_{cd} = 17,9 \text{ MPa}, f_{yd} = 435 \text{ MPa} = f_{td},$$

$$\text{Zbrojenie rozciągane: } A_{s1} = 2,26 \text{ cm}^2,$$

$$\text{Zbrojenie ściskane: } A_{s2} = 2,26 \text{ cm}^2,$$

$$A_s = A_{s1} + A_{s2} = 4,52 \text{ cm}^2, \rho = 100 \times A_s / A_c = 100 \times 4,52 / 432 = 1,05 \%$$

Wielkości geometryczne [cm]:

$$h = 24,0, d = 20,4, x = 5,9 (\xi = 0,288),$$

$$a_1 = 3,6, a_2 = 3,6, a_c = 2,0, z_c = 18,4, A_{cc} = 106 \text{ cm}^2,$$

$$\varepsilon_c = -0,03 \text{ ‰}, \varepsilon_{s2} = -0,01 \text{ ‰}, \varepsilon_{s1} = 0,06 \text{ ‰},$$

Wielkości statyczne [kN, kNm]:

$$F_c = -2,457, F_{s1} = 2,914, F_{s2} = -0,457,$$

$$M_c = 0,247, M_{s1} = 0,245, M_{s2} = 0,038,$$

Warunek stanu granicznego nośności:

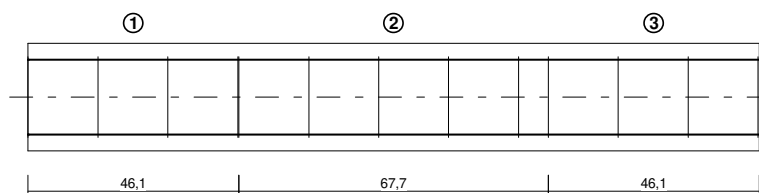
$$M_{Rd} = 18,506 \text{ kNm} > M_{Ed} = M_c + M_{s1} + M_{s2} = 0,247 + (0,245) + (0,038) = 0,530 \text{ kNm}$$

Zbrojenie poprzeczne (strzemiona)

Na całej długości pręta przyjęto strzemiona o śred. $\phi = 8 \text{ mm}$ ze stali $f_{yk} = 240 (265)$, dla której $f_{ywd} = 209 \text{ MPa}$.

Minimalny stopień zbrojenia na ścinanie:

$$\rho_{w,min} = 0,08 \sqrt{f_{ck}} / f_{yk} = 0,08 \times \sqrt{25} / 500 = 0,00080$$



Rozstaw strzemion:

Strefa nr 1

$$\text{Początek i koniec strefy: } x_a = 0,0 \quad x_b = 46,1 \text{ cm}$$

Maksymalny podłużny rozstaw strzemion dla belek:

$$s_{l,max} = 0,75 d (1 + \cot \alpha) = 0,75 \times 204 \times (1 + 0,000) = 153$$

$$\text{przyjęto } s_{l,max} = 153 \text{ mm.}$$

Maksymalny poprzeczny rozstaw ramion strzemion dla belek:

$$s_{b,max} = 0,75 d = 0,75 \times 204 = 153 \quad s_{b,max} \leq 600 \text{ mm}$$

$$\text{przyjęto } s_{b,max} = 153 \text{ mm.}$$

Maksymalny rozstaw strzemion dla słupów:

$$s_{cl,max} = 20 \phi = 20 \times 12,0 = 240,0 \text{ mm.}$$

$$s_{cl,max} = \min\{h; b\} = \min\{180,0; 240,0\} = 180,0$$

$$s_{cl,max} \leq 400 \text{ mm}$$

$$\text{przyjęto } s_{cl,max} = 180,0 \text{ mm.}$$

Na odcinkach w pobliżu połączeń z belkami lub płytami oraz połączeń na zakład należy zastosować mniejszy rozstaw strzemion 0,6 $s_{cl,max} = 108,0 \text{ mm}$.

Przyjęto strzemiona 3-cięte, prostopadłe do osi pręta o rozstawie **15,3 cm**, dla których stopień zbrojenia na ścinanie wynosi:

$$\rho_w = A_{sw} / (s b_w \sin \alpha) = 1,51 / (15,3 \times 18,0 \times 1,000) = 0,00548$$

$$\rho_w = 0,00548 > 0,00080 = \rho_{w \min}$$

Strefa nr 2

Początek i koniec strefy: $x_a = 46,1$ $x_b = 113,9$ cm

Maksymalny podłużny rozstawy strzemion dla belek:

$$s_{l,max} = 0,75 d (1 + \cot \alpha) = 0,75 \times 204 \times (1 + 0,000) = 153$$

przyjęto $s_{l,max} = 153$ mm.

Maksymalny poprzeczny rozstawy ramion strzemion dla belek:

$$s_{b,max} = 0,75 d = 0,75 \times 204 = 153 \quad s_{b,max} \leq 600 \text{ mm}$$

przyjęto $s_{b,max} = 153$ mm.

Maksymalny rozstawy strzemion dla słupów:

$$s_{cl,max} = 20 \phi = 20 \times 12,0 = 240,0 \text{ mm.}$$

$$s_{cl,max} = \min\{h; b\} = \min\{180,0; 240,0\} = 180,0$$

$$s_{cl,max} \leq 400 \text{ mm}$$

przyjęto $s_{cl,max} = 180,0$ mm.

Na odcinkach w pobliżu połączeń z belkami lub płytami oraz połączeń na zakład należy zastosować mniejszy rozstaw strzemion 0,6 $s_{cl,max} = 108,0$ mm.

Przyjęto strzemiona 3-cięte, prostopadłe do osi pręta o rozstawie **15,3** cm, dla których stopień zbrojenia na ścinanie wynosi:

$$\rho_w = A_{sw} / (s b_w \sin \alpha) = 1,51 / (15,3 \times 18,0 \times 1,000) = 0,00548$$

$$\rho_w = 0,00548 > 0,00080 = \rho_{w \min}$$

Strefa nr 3

Początek i koniec strefy: $x_a = 113,9$ $x_b = 160,0$ cm

Maksymalny podłużny rozstawy strzemion dla belek:

$$s_{l,max} = 0,75 d (1 + \cot \alpha) = 0,75 \times 204 \times (1 + 0,000) = 153$$

przyjęto $s_{l,max} = 153$ mm.

Maksymalny poprzeczny rozstawy ramion strzemion dla belek:

$$s_{b,max} = 0,75 d = 0,75 \times 204 = 153 \quad s_{b,max} \leq 600 \text{ mm}$$

przyjęto $s_{b,max} = 153$ mm.

Maksymalny rozstawy strzemion dla słupów:

$$s_{cl,max} = 20 \phi = 20 \times 12,0 = 240,0 \text{ mm.}$$

$$s_{cl,max} = \min\{h; b\} = \min\{180,0; 240,0\} = 180,0$$

$$s_{cl,max} \leq 400 \text{ mm}$$

przyjęto $s_{cl,max} = 180,0$ mm.

Na odcinkach w pobliżu połączeń z belkami lub płytami oraz połączeń na zakład należy zastosować mniejszy rozstaw strzemion 0,6 $s_{cl,max} = 108,0$ mm.

Przyjęto strzemiona 3-cięte, prostopadłe do osi pręta o rozstawie **15,3** cm, dla których stopień zbrojenia na ścinanie wynosi:

$$\rho_w = A_{sw} / (s b_w \sin \alpha) = 1,51 / (15,3 \times 18,0 \times 1,000) = 0,00548$$

$$\rho_w = 0,00548 > 0,00080 = \rho_{w \min}$$

Ścinanie

Siły przekrojowe:

$$N_{Ed} = 0,000;$$

$$V_{Ed} = 1,328 \text{ kN}$$

Nośność elementów niewymagających zbrojenia na ścinanie:

$$\rho_l = \frac{A_{sl}}{b_w d} = \frac{2,26}{18,0 \times 20,4} = 0,00616; \quad \rho_l \leq 0,02$$

Przyjęto $\rho_l = 0,00616$.

$$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_C = 0,000 / 432,00 \times 10 = 0,00 \text{ MPa} \quad \sigma_{cp} \leq 0,2 f_{cd} = 3,58 \text{ MPa}$$

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

$$k = 1 + \sqrt{200/d} = 1 + \sqrt{200/204,0} = 1,990 \quad k \leq 2,0$$

Przyjęto $k = 1,990$

$$C_{Rd,c} = 0,18 / \gamma_c = 0,18 / 1,4 = 0,129$$

$$v_{min} = 0,035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2} = 0,035 \times 1,990^{3/2} \times 25^{1/2} = 0,491$$

$$V_{Rd,c} = [C_{Rd,c} k (100 \rho_l f_{ck})^{1/3} + k_1 \sigma_{cp}] b_w d =$$

$$= [0,129 \times 1,990 \times (100 \times 0,00616 \times 25)^{1/3} + 0,15 \times 0,00] \times 18,0 \times 20,4 \times 10^{-1} = 23,376 \text{ kN}$$

lecz nie mniej niż

$$V_{Rd,c} = (v_{min} + k_1 \sigma_{cp}) b_w d = (0,491 + 0,15 \times 0,00) \times 18,0 \times 20,4 \times 10^{-1} = 18,041 \text{ kN}$$

Przyjęto $V_{Rd,c} = 23,376 \text{ kN}$

$$V_{Ed} = 1,328 < 23,376 = V_{Rd,c}$$

Nośność zbrojenia podłużnego

Sprawdzenie siły przenoszanej przez zbrojenie rozciągane dla $x = 0,450 \text{ m}$:

$$\Delta F_{td} = 0,5 |V_{Ed}| (\cot \theta - \cot \alpha) = 0,5 \times 0,581 \times (1,000 - 0,000) = 0,581 \text{ kN}$$

Sumaryczna siła w zbrojeniu rozciągającym:

$$F_{td} = F_{td,m} + \Delta F_{td} = 2,363 + 0,581 = 2,944 \text{ kN};$$

$$F_{td} \leq F_{td,max} = 2,922 \text{ kN}$$

Przyjęto $F_{td} = 2,922 \text{ kN}$

$$F_{td} = 2,922 < 98,346 = 2,26 \times 435 \times 10^{-1} = A_s f_{yd}$$

Ograniczenie naprężeń (SGU)

Ograniczenie naprężeń w betonie od charakterystycznej kombinacji obciążeń ze względu na możliwość wystąpienia rys podłużnych, mikrorys i wysokiego pełzania:

$$\sigma_{ck} = 0,360 < 25,000 = 1,00 \times 25,0 = k_1 f_{ck}$$

Ograniczenie naprężeń w betonie od quasi-stałej kombinacji obciążeń ze względu na możliwość wystąpienia pełzania nieliniowego:

$$\sigma_{cqs} = 0,360 < 11,250 = 0,45 \times 25,0 = k_2 f_{ck}$$

Ograniczenie naprężeń rozciągających w zbrojeniu od charakterystycznej kombinacji obciążeń ze względu na możliwość wystąpienia niedopuszczalnego zarysowania lub deformacji:

$$\sigma_{sk} = 9,338 < 400,000 = 0,80 \times 500 = k_3 f_{yk}$$

Zarysowanie

Położenie przekroju:

$$x = 0,800 \text{ m}$$

Siły przekrojowe od obc. quasi-stałych:

$$M_{Ed} = 0,394 \text{ kNm}$$

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

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

Wymiary przekroju:

$$b_w = 18,0 \text{ cm}$$

$$d = h - a_1 = 24,0 - 3,6 = 20,4 \text{ cm}$$

$$A_c = 432 \text{ cm}^2$$

$$W_c = 1728 \text{ cm}^3$$

Minimalne zbrojenie:

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

$$\sigma_c = N_{Ed} / bh = 0,000 / (18,0 \times 24,0) \times 10 = 0,000 \text{ Mpa}$$

$$k_c = 0,4 \left(1 - \frac{\sigma_c}{k_1 h / h^* f_{ct,eff}} \right) = 0,4 \times [1 - 0,000 / (0,800 \times 24,0 / 24,0 \times 2,60)] = 0,400; \quad k_c \leq 1,0$$

$$A_{s,min} = k_c k f_{ct,eff} A_{ct} / \sigma_s = \\ = 0,400 \times 1,0 \times 2,60 \times 216 / 500 = 0,45 \text{ cm}^2$$

$$A_s = 2,26 > 0,45 = A_{s,min}$$

Zarysowanie:

$$M_{cr} = f_{ctm} W_c = 2,6 \times 1728 \times 10^{-3} = 4,493 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed} = 0,394 < 4,493 = M_{cr}$$

Przekrój niezarysowany.

Ugięcia

Ugięcia wyznaczono dla obciążeń quasi-stałych.

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

$$E_{c,eff} = \frac{E_{cm}}{1 + \phi(\infty, t_0)} = \frac{31000}{1 + 2,000} = 10333 \text{ MPa}$$

Moment rysujący:

$$M_{cr} = f_{ctm} W_c = 2,6 \times 1728 \times 10^{-3} = 4,493 \text{ kNm}$$

Całkowity moment zginający $M_{Ed} = 0,394 \text{ kN}$ nie powoduje zarysowania przekroju.

Sztywność elementu z uwzględnieniem pełzania betonu:

Sztywność na zginanie wyznaczona dla momentu $M = 0,394 \text{ kNm}$.

Wielkości geometryczne przekroju:

$$x_I = 12,0 \text{ cm} \quad I_I = 26914 \text{ cm}^4$$

$$x_{II} = 7,0 \text{ cm} \quad I_{II} = 10425 \text{ cm}^4$$

Sztywność elementu niezarysowanego:

$$B_I = E_{c,eff} I_I = 10333 \times 26914 \times 10^{-5} = 2781 \text{ kNm}^2$$

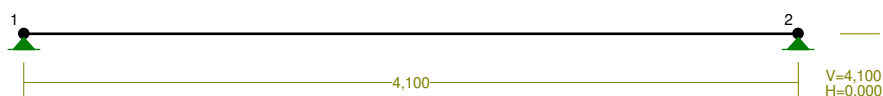
Ugięcie w punkcie o współrzędnej $x = 0,800 \text{ m}$, wyznaczone poprzez całkowanie funkcji krzywizny osi pręta ($1/\rho$) z uwzględnieniem zmiany sztywności wzdłuż osi elementu, wynosi:

$$a = a_{\infty,d} = 0,0 \text{ mm}$$

$$a = 0,0 < 6,4 = a_{lim}$$

Nadproże Poz. N.1

SCHEMAT:



OBCIĄŻENIA:



OBCIĄŻENIA:

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

Pręt:	Rodzaj:	Kąt:	P1 (Tg):	P2 (Td):	a [m]:	b [m]:
Grupa:	CW "Ciężar własny"			Stałe	$\gamma_G = 1,35/1,00$	
Grupa:	A "stałe"			Stałe	$\gamma_G = 1,35/1,00$	
1	Liniowe	0,0	29,220	29,220	0,00	4,10
Grupa:	B "śnieg"			Zmienne	$\gamma_Q = 1,50$	
1	Liniowe	0,0	7,230	7,230	0,00	4,10
Grupa:	C "użytkowe"			Zmienne	$\gamma_Q = 1,50$	
1	Liniowe	0,0	9,790	9,790	0,00	4,10

W Y N I K I wg PN-EN 1990

SIŁY PRZEKROJOWE:

T.I rzędu

Obciążenia obl.: CW ABC

Pręt:	x/L:	x [m]:	M [kNm]:	Q [kN]:	N [kN]:
1	a 0,00	0,000	0,000	140,841	0,000
	b 0,00	0,000	0,000	127,565	0,000
	a 0,50	2,050	144,362*	0,000	0,000
	a 1,00	4,100	0,000	-140,841	0,000
	b 1,00	4,100	0,000	-127,565	0,000

* = Wartości ekstremalne

NAPRĘŻENIA:

T.I rzędu

Obciążenia obl.: CW ABC

Pręt:	x/L:	x [m]:	SigmaG:	SigmaD:	SigmaMax/Ro:
			[MPa]		

1	a	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000
	b	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000
	a	0,50	2,050	-17,056	17,056	0,953*
	a	1,00	4,100	0,000	0,000	0,000
	b	1,00	4,100	0,000	0,000	0,000

* = Wartości ekstremalne

REAKCJE PODPOROWE: T.I rzędu
Obciążenia obl.: CW ABC

Węzeł:		H [kN]:	V [kN]:	Wypadkowa [kN]:	M [kNm]:
1	a	0,000	140,841	140,841	
	b	0,000	127,565	127,565	
2	a	0,000	140,841	140,841	
	b	0,000	127,565	127,565	

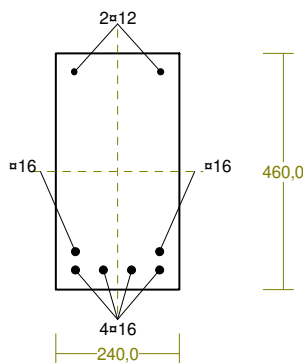
REAKCJE PODPOROWE: T.I rzędu
Obciążenia char.: CW ABC

Węzeł:		H [kN]:	V [kN]:	Wypadkowa [kN]:	M [kNm]:
1		0,000	100,450	100,450	
2		0,000	100,450	100,450	

PRZEMIESZCZENIA WĘZŁÓW: T.I rzędu
Obciążenia char.: CW ABC

Węzeł:		Ux [m]:	Uy [m]:	Wypadkowe [m]:	Fi [rad] ([deg]):
1		0,00000	0,00000	0,00000	-0,00233 (-0,134)
2		0,00000	0,00000	0,00000	0,00233 (0,134)

Cechy przekroju: przekrój: $x_a=2,05$ m, $x_b=2,05$ m



Wymiary przekroju [cm]:

$h=46,0$, $b=24,0$,

Cechy materiałowe dla sytuacji stałej lub przejściowej

BETON: C25/30

$f_{ck}=25,0$ MPa, $f_{cd}=a \cdot f_{ck} / \gamma_c = 1,00 \times 25,0 / 1,40 = 17,9$ MPa

Cechy geometryczne przekroju betonowego:

$A_c=1104$ cm², $J_{cy}=194672$ cm⁴, $J_{cz}=52992$ cm⁴

STAL: fyk=500

$f_{yk}=500$ MPa, $\gamma_s=1,15$, $f_{yd}=435$ MPa

$\xi_{lim}=0,0035 / (0,0035 + f_{yd} / E_s) = 0,0035 / (0,0035 + 435 / 200000) = 0,617$,

Zbrojenie główne:

$A_{s1}+A_{s2}=14,33$ cm², $\rho=100 (A_{s1}+A_{s2}) / A_c = 100 \times 14,33 / 1104 = 1,30$ %,

$J_{sy}=4795$ cm⁴, $J_{sz}=730$ cm⁴,

Siły przekrojowe:

Obciążenia działające w płaszczyźnie układu: **CW ABC (a)**

Momenty zginające: $M_y = -144,362$ kNm,

$M_z = 0,000$ kNm,

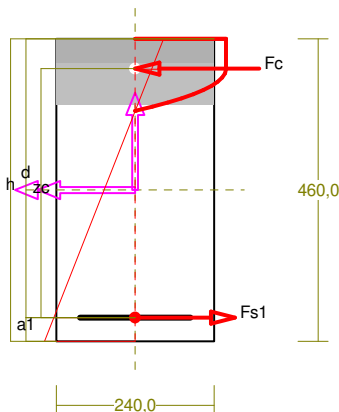
Siły poprzeczne: $V_z = 0,000$ kN,

$V_y = 0,000$ kN,

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

Zbrojenie wymagane:

- dla kombinacji [CW ABC (a)] grup obciążeń, dla której suma zbrojenia wymaganego jest największa



Wielkości obliczeniowe:

$N_{Ed}=0,000$ kN,

$M_{Ed}=\sqrt{(M_{Edy}^2 + M_{Edz}^2)} = \sqrt{(-143,962^2 + 0,000^2)}$
 $=143,962$ kNm

$f_{cd}=17,9$ MPa, $f_{yd}=435$ MPa = f_{td} ,

Zbrojenie rozciągane ($\varepsilon_{s1}=9,90$ ‰):

$A_{s1}=8,75$ cm² $\Rightarrow$ (8 $\nlessgtr$ 12 = 9,05 cm²),

Dodatkowe zbrojenie ściskane nie jest obliczeniowo wymagane.

$A_s=A_{s1}+A_{s2}=8,75$ cm², $\rho=100 \times A_s / A_c =$
 $100 \times 8,75 / 1104 = 0,79$ %

Wielkości geometryczne [cm]:

$h=46,0$, $d=42,4$, $x=11,0$ ($\xi=0,259$),

$a_1=3,6$, $a_c=4,6$, $z_c=37,8$, $A_{cc}=263$ cm²,

$$\varepsilon_c = -3,46 \text{ ‰}, \varepsilon_{s1} = 9,90 \text{ ‰},$$

Wielkości statyczne [kN, kNm]:

$$F_c = -380,430, F_{s1} = 380,391,$$

$$M_c = 70,174, M_{s1} = 73,796,$$

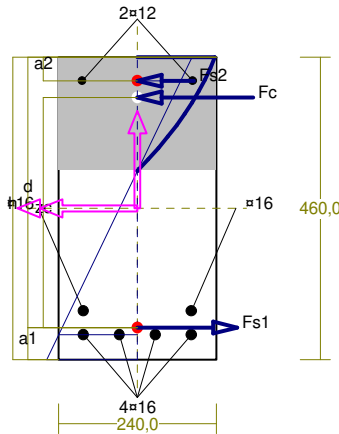
Warunki równowagi wewnętrznej:

$$F_c + F_{s1} = -380,430 + (380,391) = -0,039 \text{ kN } (N_{Ed} = 0,000 \text{ kN})$$

$$M_c + M_{s1} = 70,174 + (73,796) = 143,970 \text{ kNm } (M_{Ed} = 143,962 \text{ kNm})$$

Nośność przekroju prostokątnego:

Obliczenia wykonano dla kombinacji [CW ABC (a)] grup obciążeń, dla której warunek stanu granicznego nośności przekroju jest najniekorzystniejszy



Wielkości obliczeniowe:

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

$$M_{Ed} = \sqrt{(M_{Edy}^2 + M_{Edz}^2)} = \sqrt{(-143,962^2 + 0,000^2)} = 143,962 \text{ kNm}$$

$$f_{cd} = 17,9 \text{ MPa}, f_{yd} = 435 \text{ MPa} = f_{td},$$

$$\text{Zbrojenie rozciągane: } A_{s1} = 12,06 \text{ cm}^2,$$

$$\text{Zbrojenie ściskane: } A_{s2} = 2,26 \text{ cm}^2,$$

$$A_s = A_{s1} + A_{s2} = 14,33 \text{ cm}^2, \rho = 100 \times A_s / A_c = 100 \times 14,33 / 1104 = 1,30 \%$$

Wielkości geometryczne [cm]:

$$h = 46,0, d = 41,1, x = 16,8 (\xi = 0,410),$$

$$a_1 = 4,9, a_2 = 3,6, a_c = 6,1, z_c = 35,0, A_{cc} = 415 \text{ cm}^2,$$

$$\varepsilon_c = -1,23 \text{ ‰}, \varepsilon_{s2} = -0,98 \text{ ‰}, \varepsilon_{s1} = 1,78 \text{ ‰},$$

Wielkości statyczne [kN, kNm]:

$$F_c = -364,087, F_{s1} = 408,295, F_{s2} = -44,207,$$

$$M_c = 61,397, M_{s1} = 73,989, M_{s2} = 8,576,$$

Warunek stanu granicznego nośności:

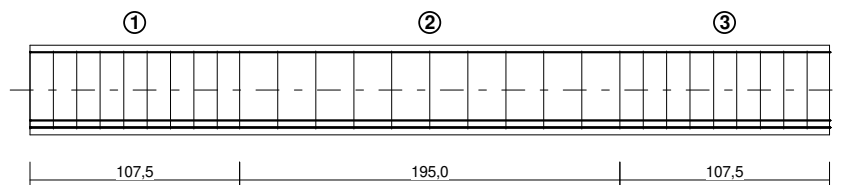
$$M_{Rd} = 189,786 \text{ kNm} > M_{Ed} = M_c + M_{s1} + M_{s2} = 61,397 + (73,989) + (8,576) = 143,962 \text{ kNm}$$

Zbrojenie poprzeczne (strzemiona)

Na całej długości pręta przyjęto strzemiona o średnicy $\phi = 8 \text{ mm}$ ze stali $f_{yk} = 240$ (265), dla której $f_{ywd} = 209 \text{ MPa}$.

Minimalny stopień zbrojenia na ścinanie:

$$\rho_{w,min} = 0,08 \sqrt{f_{ck}} / f_{yk} = 0,08 \times \sqrt{25} / 500 = 0,00080$$



Rozstaw strzemiion:

Strefa nr 1

$$\text{Początek i koniec strefy: } x_a = 0,0 \quad x_b = 107,5 \text{ cm}$$

Maksymalny podłużny rozstaw strzemiion dla belek:

$$s_{l,max} = 0,75 d (1 + \cot \alpha) = 0,75 \times 410 \times (1 + 0,000) = 308$$

$$\text{przyjęto } s_{l,max} = 308 \text{ mm.}$$

Maksymalny poprzeczny rozstaw ramion strzemiion dla belek:

$$s_{b,max} = 0,75 d = 0,75 \times 410 = 308 \quad s_{b,max} \leq 600 \text{ mm}$$

$$\text{przyjęto } s_{b,max} = 308 \text{ mm.}$$

Maksymalny rozstaw strzemiion dla słupów:

$$s_{cl,max} = 20 \phi = 20 \times 12,0 = 240,0 \text{ mm.}$$

$$s_{cl,max} = \min\{h; b\} = \min\{240,0; 460,0\} = 240,0$$

$$s_{cl,max} \leq 400 \text{ mm}$$

$$\text{przyjęto } s_{cl,max} = 240,0 \text{ mm.}$$

Na odcinkach w pobliżu połączeń z belkami lub płytami oraz połączeń na zakład należy zastosować mniejszy rozstaw strzemiion $0,6 s_{cl,max} = 144,0 \text{ mm}$.

Przyjęto strzemiona 2-cięte, prostopadłe do osi pręta o rozstawie **12,0** cm, dla których stopień zbrojenia na ścinanie wynosi:

$$\rho_w = A_{sw} / (s b_w \sin \alpha) = 1,01 / (12,0 \times 24,0 \times 1,000) = 0,00349$$

$$\rho_w = \mathbf{0,00349} > \mathbf{0,00080} = \rho_{w \min}$$

Strefa nr 2

Początek i koniec strefy: $x_a = 107,5$ $x_b = 302,5$ cm

Maksymalny podłużny rozstawy strzemion dla belek:

$$s_{l,max} = 0,75 d (1 + \cot \alpha) = 0,75 \times 410 \times (1 + 0,000) = 308$$

przyjęto $s_{l,max} = 308$ mm.

Maksymalny poprzeczny rozstawy ramion strzemion dla belek:

$$s_{b,max} = 0,75 d = 0,75 \times 410 = 308 \quad s_{b,max} \leq 600 \text{ mm}$$

przyjęto $s_{b,max} = 308$ mm.

Maksymalny rozstawy strzemion dla słupów:

$$s_{cl,max} = 20 \phi = 20 \times 12,0 = 240,0 \text{ mm.}$$

$$s_{cl,max} = \min\{h; b\} = \min\{240,0; 460,0\} = 240,0$$

$$s_{cl,max} \leq 400 \text{ mm}$$

przyjęto $s_{cl,max} = 240,0$ mm.

Na odcinkach w pobliżu połączeń z belkami lub płytami oraz połączeń na zakład należy zastosować mniejszy rozstaw strzemion 0,6 $s_{cl,max} = 144,0$ mm.

Przyjęto strzemiona 2-cięte, prostopadłe do osi pręta o rozstawie **19,5** cm, dla których stopień zbrojenia na ścinanie wynosi:

$$\rho_w = A_{sw} / (s b_w \sin \alpha) = 1,01 / (19,5 \times 24,0 \times 1,000) = 0,00215$$

$$\rho_w = \mathbf{0,00215} > \mathbf{0,00080} = \rho_{w \min}$$

Strefa nr 3

Początek i koniec strefy: $x_a = 302,5$ $x_b = 410,0$ cm

Maksymalny podłużny rozstawy strzemion dla belek:

$$s_{l,max} = 0,75 d (1 + \cot \alpha) = 0,75 \times 410 \times (1 + 0,000) = 308$$

przyjęto $s_{l,max} = 308$ mm.

Maksymalny poprzeczny rozstawy ramion strzemion dla belek:

$$s_{b,max} = 0,75 d = 0,75 \times 410 = 308 \quad s_{b,max} \leq 600 \text{ mm}$$

przyjęto $s_{b,max} = 308$ mm.

Maksymalny rozstawy strzemion dla słupów:

$$s_{cl,max} = 20 \phi = 20 \times 12,0 = 240,0 \text{ mm.}$$

$$s_{cl,max} = \min\{h; b\} = \min\{240,0; 460,0\} = 240,0$$

$$s_{cl,max} \leq 400 \text{ mm}$$

przyjęto $s_{cl,max} = 240,0$ mm.

Na odcinkach w pobliżu połączeń z belkami lub płytami oraz połączeń na zakład należy zastosować mniejszy rozstaw strzemion 0,6 $s_{cl,max} = 144,0$ mm.

Przyjęto strzemiona 2-cięte, prostopadłe do osi pręta o rozstawie **12,0** cm, dla których stopień zbrojenia na ścinanie wynosi:

$$\rho_w = A_{sw} / (s b_w \sin \alpha) = 1,01 / (12,0 \times 24,0 \times 1,000) = 0,00349$$

$$\rho_w = \mathbf{0,00349} > \mathbf{0,00080} = \rho_{w \min}$$

Ścinanie

Siły przekrojowe:

$$N_{Ed} = 0,000;$$

$$V_{Ed} = 140,841 \text{ kN}$$

Nośność elementów niewymagających zbrojenia na ścinanie:

$$\rho_t = \frac{A_{sl}}{b_w d} = \frac{12,06}{24,0 \times 41,0} = 0,01226; \quad \rho_t \leq 0,02$$

Przyjęto $\rho_t = 0,01226$.

$$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_C = 0,000 / 1104,00 \times 10 = 0,00 \text{ MPa} \quad \sigma_{cp} \leq 0,2 f_{cd} = 3,58 \text{ MPa}$$

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

$$k = 1 + \sqrt{200/d} = 1 + \sqrt{200/41,0} = 1,698 \quad k \leq 2,0$$

Przyjęto $k = 1,698$

$$C_{Rd,c} = 0,18 / \gamma_c = 0,18/1,4 = 0,129$$

$$v_{min} = 0,035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2} = 0,035 \times 1,698^{3/2} \times 25^{1/2} = 0,387$$

$$V_{Rd,c} = [C_{Rd,c} k (100 \rho_l f_{ck})^{1/3} + k_1 \sigma_{cp}] b_w d =$$

$$= [0,129 \times 1,698 \times (100 \times 0,01226 \times 25)^{1/3} + 0,15 \times 0,00] \times 24,0 \times 41,0 \times 10^{-1} = 67,245 \text{ kN}$$

lecz nie mniej niż

$$V_{Rd,c} = (v_{min} + k_1 \sigma_{cp}) b_w d = (0,387 + 0,15 \times 0,00) \times 24,0 \times 41,0 \times 10^{-1} = 38,116 \text{ kN}$$

Przyjęto $V_{Rd,c} = 67,245 \text{ kN}$

$$V_{Ed} = 140,841 > 67,245 = V_{Rdc}$$

Nośność elementów wymagających obliczenia zbrojenia na ścinanie:

Przyjęto kąt $\theta = 26,6^\circ$

Nośność krzyżulców betonowych:

$$v_l = 0,6 (1 - f_{ck} / 250) = 0,6 \times (1 - 25 / 250) = 0,540$$

$$V_{Rd,max} = \alpha_{cw} b_w z v_l f_{cd} \frac{\cot \theta + \cot \alpha}{1 + \cot^2 \theta} = 1,0 \times 24,0 \times 35,0 \times 0,540 \times 17,9 \times \frac{2,00 + 0,00}{1 + 2,00^2} \times 10^{-1} = 324,901 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = 140,841 < 324,901 = V_{Rd,max}$$

Siła poprzeczna do wyznaczania zbrojenia określono na podstawie 6.2.3 (5):

$$V_{Ed} = 119,352 \text{ kN}$$

Strzemiona:

Przyjęto pole przekroju poprzecznego strzemion $A_{sw} = 1,005 \text{ cm}^2$.

Nośność strzemion:

$$V_{Rd,s} = \frac{A_{sw}}{s} z f_{ywd} (\cot \theta + \cot \alpha) \sin \alpha = \frac{1,005}{12,0} \times 35,0 \times 208,7 \times (2,0 + 0,0) \times 1,00 \times 10^{-1} = 122,134 \text{ kN}$$

Sprawdzenie nośności zbrojenia na ścinanie:

$$V_{Ed} = 119,352 < 122,134 = V_{Rd,s}$$

Nośność zbrojenia podłużnego

Sprawdzenie siły przenoszanej przez zbrojenie rozciągane dla $x = 1,409 \text{ m}$:

$$\Delta F_{td} = 0,5 |V_{Ed}| (\cot \theta - \cot \alpha) = 0,5 \times 44,013 \times (1,997 - 0,000) = 44,013 \text{ kN}$$

Sumaryczna siła w zbrojeniu rozciągającym:

$$F_{td} = F_{td,m} + \Delta F_{td} = 368,482 + 44,013 = 412,495 \text{ kN};$$

$$F_{td} \leq F_{td,max} = 409,462 \text{ kN}$$

Przyjęto $F_{td} = 409,462 \text{ kN}$

$$F_{td} = 409,462 < 524,509 = 12,06 \times 435 \times 10^{-1} = A_s f_{yd}$$

Ograniczenie naprężeń (SGU)

Ograniczenie naprężeń w betonie od charakterystycznej kombinacji obciążeń ze względu na możliwość wystąpienia rys podłużnych, mikrorys i wysokiego pełzania:

$$\sigma_{ck} = 11,685 < 25,000 = 1,00 \times 25,0 = k_1 f_{ck}$$

Ograniczenie naprężeń w betonie od quasi-stałej kombinacji obciążeń ze względu na możliwość wystąpienia pełzania nieliniowego:

Dopuszczono występowanie pełzania nieliniowego.

Ograniczenie naprężeń rozciągających w zbrojeniu od charakterystycznej kombinacji obciążeń ze względu na możliwość wystąpienia niedopuszczalnego zarysowania lub deformacji:

$$\sigma_{sk} = 241,841 < 400,000 = 0,80 \times 500 = k_3 f_{yk}$$

Zarysowanie

Położenie przekroju:

$$x = 2,050 \text{ m}$$

Siły przekrojowe od obc. quasi-stałych:

$$M_{Ed} = 102,961 \text{ kNm}$$

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

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

Wymiary przekroju:

$$b_w = 24,0 \text{ cm}$$

$$d = h - a_1 = 46,0 - 5,0 = 41,0 \text{ cm}$$

$$A_c = 1104 \text{ cm}^2$$

$$W_c = 8464 \text{ cm}^3$$

Minimalne zbrojenie:

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

$$\sigma_c = N_{Ed} / bh = 0,000 / (24,0 \times 46,0) \times 10 = 0,000 \text{ Mpa}$$

$$k_c = 0,4 \left(1 - \frac{\sigma_c}{k_1 h / h^* f_{ct,eff}} \right) = 0,4 \times [1 - 0,000 / (0,800 \times 46,0 / 46,0 \times 2,60)] = 0,400; \quad k_c \leq 1,0$$

$$A_{s,min} = k_c k f_{ct,eff} A_{ct} / \sigma_s = 0,400 \times 1,0 \times 2,60 \times 552 / 500 = 1,15 \text{ cm}^2$$

$$A_s = 12,06 > 1,15 = A_{s,min}$$

Zarysowanie:

$$M_{cr} = f_{ctm} W_c = 2,6 \times 8464 \times 10^{-3} = 22,006 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed} = 102,961 > 22,006 = M_{cr}$$

Przekrój zarysowany.

Szerokość rozwarcia rysy prostopadłej do osi pręta:

Przyjęto $k_2 = 0,500$.

$$\rho_{p,eff} = A_s / A_{c,eff} = 12,06 / 215 = 0,05622$$

Dla rozstawu prętów zbrojenia wynoszącego 54,7 mm, który jest nie większy niż $5(c+\phi/2)$

$$s_{r,max} = k_3 c + k_1 k_2 k_4 \phi / \rho_{p,eff} = 3,400 \times 30,0 + 0,800 \times 0,500 \times 0,425 \times 16 / 0,05622 = 150,38 \text{ mm}$$

$$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} = [\sigma_s - k_t f_{ct,eff} / \rho_{p,eff} (1 + \alpha_e \rho_{p,eff})] / E_s = [256,4 - 0,400 \times 2,60 / 0,05622 \times (1 + 200000 / 31000 \times 0,05622)] / 200000 = 0,00116$$

$$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} \leq 0,6 \sigma_s / E_s = 0,6 \times 256,4 / 200000 = 0,00077$$

Przejęto $\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} = 0,00116$.

$$w_k = s_{r,max} (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}) = 150,38 \times 0,00116 = 0,17 \text{ mm}$$

$$w_k = 0,17 < 0,4 = w_{lim}$$

Ugięcia

Ugięcia wyznaczono dla obciążeń quasi-stałych.

Współczynniki pełzania nieliniowego dla obciążeń długotrwałych:

$$\varphi_{NL}(\infty, t_0) = \varphi(\infty, t_0) \exp [1,5 (\sigma_c / f_{ck}(t_0) - 0,45)] = 2,00 \times \exp [1,5 \times (11,69 / 25,0 - 0,45)] = 2,053$$

$$E_{c,eff} = \frac{E_{cm}}{1 + \varphi_{NL}(\infty, t_0)} = \frac{31000}{1 + 2,053} = 10154 \text{ MPa}$$

Moment rysujący:

$$M_{cr} = f_{ctm} W_c = 2,6 \times 8464 \times 10^{-3} = 22,006 \text{ kNm}$$

Całkowity moment zginający $M_{Ed} = 102,961 \text{ kN}$ powoduje zarysowanie przekroju.

Sztywność elementu z uwzględnieniem pełzania betonu:

Sztywność na zginanie wyznaczona dla momentu $M = 102,961 \text{ kNm}$.

$$\begin{aligned} \text{Wielkości geometryczne przekroju:} \quad x_I &= 25,5 \text{ cm} & I_I &= 280708 \text{ cm}^4 \\ x_{II} &= 19,3 \text{ cm} & I_{II} &= 181067 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

Sztywność elementu niezarysowanego:

$$B_I = E_{c,eff} I_I = 10154 \times 280708 \times 10^{-5} = 28504 \text{ kNm}^2$$

Sztywność elementu w pełni zarysowanego:

$$B_{II} = E_{c,eff} I_{II} = 10154 \times 181067 \times 10^{-5} = 18386 \text{ kNm}^2$$

Sztywność elementu:

$$\zeta = 1 - \beta (\sigma_{sr} / \sigma_s)^2 = 1 - \beta (M_{cr} / M)^2 = 1 - 0,50 \times (22,006 / 102,961)^2 = 0,977$$

$$1/B = \zeta / B_{II} + (1 - \zeta) / B_I$$

$$B = \frac{B_{II}}{\zeta + (1 - \zeta) B_{II} / B_I} = \frac{18386}{0,977 + (1 - 0,977) \times 18386 / 28504} = 18536 \text{ kNm}^2$$

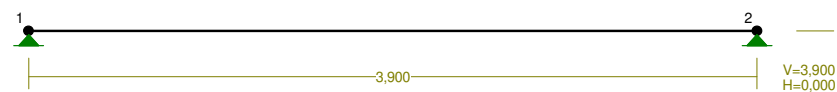
Ugięcie w punkcie o współrzędnej $x = 2,050 \text{ m}$, wyznaczone poprzez całkowanie funkcji krzywizny osi pręta ($1/p$) z uwzględnieniem zmiany sztywności wzdłuż osi elementu, wynosi:

$$a = a_{\infty,d} = 9,6 \text{ mm}$$

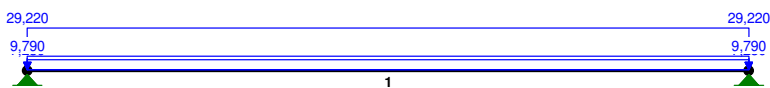
$$a = 9,6 < 16,4 = a_{lim}$$

Nadproże Poz. N.2

SCHEMAT:



OBCIĄŻENIA:



OBCIĄŻENIA: ([kN], [kNm], [kN/m])						
Pręt:	Rodzaj:	Kąt:	P1 (Tg):	P2 (Td):	a [m]:	b [m]:
Grupa:	CW "Ciężar własny"			Stałe	$\gamma_G = 1,35/1,00$	
Grupa:	A "stałe"			Stałe	$\gamma_G = 1,35/1,00$	
1	Liniowe	0,0	29,220	29,220	0,00	3,90
Grupa:	B "śnieg"			Zmienne	$\gamma_Q = 1,50$	
1	Liniowe	0,0	7,230	7,230	0,00	3,90
Grupa:	C "użytkowe"			Zmienne	$\gamma_Q = 1,50$	
1	Liniowe	0,0	9,790	9,790	0,00	3,90

W Y N I K I wg PN-EN 1990

SIŁY PRZEKROJOWE: T.I rzędu						
Obciążenia obl.: CW ABC						
Pręt:	x/L:	x [m]:	M [kNm]:	Q [kN]:	N [kN]:	
1	a	0,00	0,000	133,971	0,000	
	b	0,00	0,000	121,343	0,000	
	a	0,50	130,622*	0,000	0,000	
	a	1,00	0,000	-133,971	0,000	
	b	1,00	0,000	-121,343	0,000	

* = Wartości ekstremalne

NAPRĘŻENIA: T.I rzędu						
Obciążenia obl.: CW ABC						

Pręt:	x/L:	x[m]:	SigmaG:	SigmaD:	SigmaMax/Ro:	
[MPa]						

45 C25/30						
1	a	0,00	0,000	0,000	0,000	
	b	0,00	0,000	0,000	0,000	
	a	0,50	1,950	-15,433	15,433	0,862*
	a	1,00	3,900	0,000	0,000	0,000
	b	1,00	3,900	0,000	0,000	0,000

* = Wartości ekstremalne

REAKCJE PODPOROWE: T.I rzędu						
Obciążenia obl.: CW ABC						
Węzeł:		H [kN]:	V [kN]:	Wypadkowa [kN]:	M [kNm]:	
1	a	0,000	133,971	133,971		
	b	0,000	121,343	121,343		
2	a	0,000	133,971	133,971		
	b	0,000	121,343	121,343		

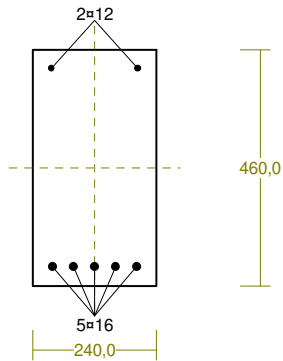
REAKCJE PODPOROWE: T.I rzędu
Obciążenia char.: CW ABC

Węzeł:	H [kN] :	V [kN] :	Wypadkowa [kN] :	M [kNm] :
1	0,000	95,550	95,550	
2	0,000	95,550	95,550	

PRZEMIESZCZENIA WĘZŁÓW: T.I rzędu
Obciążenia char.: CW ABC

Węzeł:	Ux [m] :	Uy [m] :	Wypadkowe [m] :	Fi [rad] ([deg]) :
1	0,00000	0,00000	0,00000	-0,00201 (-0,115)
2	0,00000	0,00000	0,00000	0,00201 (0,115)

Cechy przekroju: przekrój: $x_a=1,95$ m, $x_b=1,95$ m



Wymiary przekroju [cm]: $h=46,0$, $b=24,0$,
Cechy materiałowe dla sytuacji stałej lub przejściowej

BETON: C25/30

$f_{ck}=25,0$ MPa, $f_{cd}=a \cdot f_{ck} / \gamma_c = 1,00 \times 25,0 / 1,40 = 17,9$ MPa

Cechy geometryczne przekroju betonowego:

$A_c=1104$ cm², $J_{cy}=194672$ cm⁴, $J_{cz}=52992$ cm⁴

STAL: fyk=500

$f_{yk}=500$ MPa, $\gamma_s=1,15$, $f_{yd}=435$ MPa

$\xi_{lim}=0,0035 / (0,0035 + f_{yd} / E_s) = 0,0035 / (0,0035 + 435 / 200000) = 0,617$,

Zbrojenie główne:

$A_{s1}+A_{s2}=12,32$ cm², $\rho=100 (A_{s1}+A_{s2}) / A_c = 100 \times 12,32 / 1104 = 1,12$ %,

$J_{sy}=4557$ cm⁴, $J_{sz}=498$ cm⁴,

Siły przekrojowe:

Obciążenia działające w płaszczyźnie układu: **CW ABC (a)**

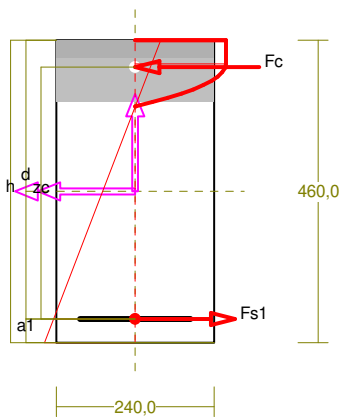
Momenty zginające: $M_y = -130,622$ kNm, $M_z = 0,000$ kNm,

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

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

Zbrojenie wymagane:

- dla kombinacji [CW ABC (a)] grup obciążeń, dla której suma zbrojenia wymaganego jest największa



Wielkości obliczeniowe:

$N_{Ed}=0,000$ kN,

$M_{Ed}=\sqrt{(M_{Edy})^2 + (M_{Edz})^2} = \sqrt{(-130,260)^2 + 0,000^2}$

$=130,260$ kNm

$f_{cd}=17,9$ MPa, $f_{yd}=435$ MPa = f_{td} ,

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

$A_{s1}=7,82$ cm² $\Rightarrow (7 \times 12 = 7,92$ cm²),

Dodatkowe zbrojenie ściskane nie jest obliczeniowo wymagane.

$A_s=A_{s1}+A_{s2}=7,82$ cm², $\rho=100 \times A_s / A_c =$

$100 \times 7,82 / 1104 = 0,71$ %

Wielkości geometryczne [cm]:

$h=46,0$, $d=42,4$, $x=10,1$ ($\xi=0,238$),

$a_1=3,6$, $a_c=4,1$, $z_c=38,3$, $A_{cc}=242$ cm²,

$\epsilon_c=-3,12$ ‰, $\epsilon_{s1}=10,00$ ‰,

Wielkości statyczne [kN, kNm]:

$F_c=-340,169$, $F_{s1}=340,155$,

$M_c=64,272$, $M_{s1}=65,990$,

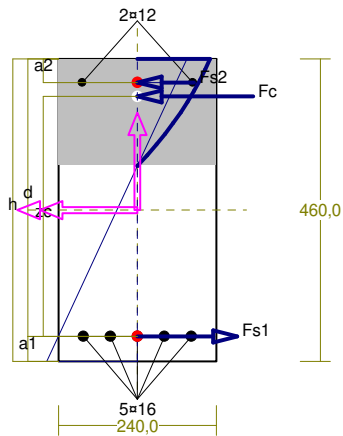
Warunki równowagi wewnętrznej:

$F_c+F_{s1}=-340,169+(340,155)=-0,014$ kN ($N_{Ed}=0,000$ kN)

$M_c+M_{s1}=64,272+(65,990)=130,262$ kNm ($M_{Ed}=130,260$ kNm)

Nośność przekroju prostopadłego:

Obliczenia wykonano dla kombinacji [CW ABC (a)] grup obciążeń, dla której warunek stanu granicznego nośności przekroju jest najniekorzystniejszy



Wielkości obliczeniowe:

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

$$M_{Ed}=\sqrt{(M_{Edy}^2 + M_{Edz}^2)} = \sqrt{(-130,260^2 + 0,000^2)} = 130,260 \text{ kNm}$$

$$f_{cd}=17,9 \text{ MPa}, f_{yd}=435 \text{ MPa} = f_{td},$$

Zbrojenie rozciągane: $A_{s1}=10,05 \text{ cm}^2$,
 Zbrojenie ściskane: $A_{s2}=2,26 \text{ cm}^2$,
 $A_s=A_{s1}+A_{s2}=12,32 \text{ cm}^2$, $\rho=100 \times A_s/A_c=100 \times 12,32/1104=1,12 \%$

Wielkości geometryczne [cm]:

$$h=46,0, d=42,2, x=16,3 (\xi=0,386),$$

$$a_1=3,8, a_2=3,6, a_c=5,7, z_c=36,5, A_{cc}=391 \text{ cm}^2,$$

$$\varepsilon_c=-1,11 \text{ ‰}, \varepsilon_{s2}=-0,86 \text{ ‰}, \varepsilon_{s1}=1,77 \text{ ‰},$$

Wielkości statyczne [kN, kNm]:

$$F_c = -315,865, F_{s1} = 354,910, F_{s2} = -39,044,$$

$$M_c = 54,542, M_{s1} = 68,143, M_{s2} = 7,575,$$

Warunek stanu granicznego nośności:

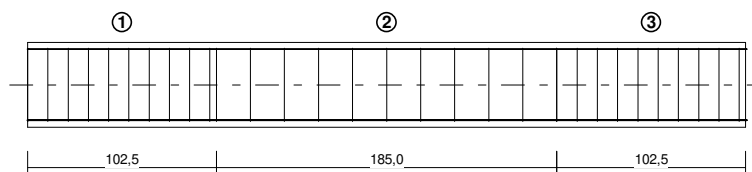
$$M_{Rd} = 167,188 \text{ kNm} > M_{Ed} = M_c + M_{s1} + M_{s2} = 54,542 + (68,143) + (7,575) = 130,260 \text{ kNm}$$

Zbrojenie poprzeczne (strzemiona)

Na całej długości pręta przyjęto strzemiona o średnicy $\phi=8$ mm ze stali $f_{yk}=240$ (265), dla której $f_{ywd} = 209 \text{ MPa}$.

Minimalny stopień zbrojenia na ścinanie:

$$\rho_{w,min} = 0,08 \sqrt{f_{ck}} / f_{yk} = 0,08 \times \sqrt{25} / 500 = 0,00080$$



Rozstaw strzemiń:

Strefa nr 1

Początek i koniec strefy: $x_a = 0,0$ $x_b = 102,5$ cm

Maksymalny podłużny rozstaw strzemiń dla belek:

$$s_{l,max} = 0,75 d (1 + \cot \alpha) = 0,75 \times 422 \times (1 + 0,000) = 317$$

przyjęto $s_{l,max} = 317$ mm.

Maksymalny poprzeczny rozstaw ramion strzemiń dla belek:

$$s_{b,max} = 0,75 d = 0,75 \times 422 = 317 \quad s_{b,max} \leq 600 \text{ mm}$$

przyjęto $s_{b,max} = 317$ mm.

Maksymalny rozstaw strzemiń dla słupów:

$$s_{cl,max} = 20 \phi = 20 \times 12,0 = 240,0 \text{ mm.}$$

$$s_{cl,max} = \min\{h; b\} = \min\{240,0; 460,0\} = 240,0$$

$$s_{cl,max} \leq 400 \text{ mm}$$

przyjęto $s_{cl,max} = 240,0$ mm.

Na odcinkach w pobliżu połączeń z belkami lub płytami oraz połączeń na zakład należy zastosować mniejszy rozstaw strzemiń $0,6 s_{cl,max} = 144,0$ mm.

Przyjęto strzemiona 2-cięte, prostopadłe do osi pręta o rozstawie **11,0** cm, dla których stopień zbrojenia na ścinanie wynosi:

$$\rho_w = A_{sw} / (s b_w \sin \alpha) = 1,01 / (11,0 \times 24,0 \times 1,000) = 0,00381$$

$$\rho_w = 0,00381 > 0,00080 = \rho_{w,min}$$

Strefa nr 2

Początek i koniec strefy: $x_a = 102,5$ $x_b = 287,5$ cm

Maksymalny podłużny rozstaw strzemiń dla belek:

$$s_{l,max} = 0,75 d (1 + \cot \alpha) = 0,75 \times 422 \times (1 + 0,000) = 317$$

przyjęto $s_{l,max} = 317$ mm.

Maksymalny poprzeczny rozstaw ramion strzemiń dla belek:

$$s_{b,max} = 0,75 d = 0,75 \times 422 = 317 \quad s_{b,max} \leq 600 \text{ mm}$$

przyjęto $s_{b,max} = 317$ mm.

Maksymalny rozstawy strzemion dla słupów:

$$s_{cl,max} = 20 \phi = 20 \times 12,0 = 240,0 \text{ mm.}$$

$$s_{cl,max} = \min\{h; b\} = \min\{240,0; 460,0\} = 240,0$$

$$s_{cl,max} \leq 400 \text{ mm}$$

$$\text{przyjęto } s_{cl,max} = 240,0 \text{ mm.}$$

Na odcinkach w pobliżu połączeń z belkami lub płytami oraz połączeń na zakład należy zastosować mniejszy rozstaw strzemion $0,6 s_{cl,max} = 144,0 \text{ mm}$.

Przyjęto strzemiona 2-cięte, prostopadłe do osi pręta o rozstawie **18,5** cm, dla których stopień zbrojenia na ścinanie wynosi:

$$\rho_w = A_{sw} / (s b_w \sin \alpha) = 1,01 / (18,5 \times 24,0 \times 1,000) = 0,00226$$

$$\rho_w = \mathbf{0,00226} > \mathbf{0,00080} = \rho_{w \min}$$

Strefa nr 3

Początek i koniec strefy: $x_a = 287,5$ $x_b = 390,0$ cm

Maksymalny podłużny rozstaw strzemion dla belek:

$$s_{l,max} = 0,75 d (1 + \cot \alpha) = 0,75 \times 422 \times (1 + 0,000) = 317$$

$$\text{przyjęto } s_{l,max} = 317 \text{ mm.}$$

Maksymalny poprzeczny rozstaw ramion strzemion dla belek:

$$s_{b,max} = 0,75 d = 0,75 \times 422 = 317 \quad s_{b,max} \leq 600 \text{ mm}$$

$$\text{przyjęto } s_{b,max} = 317 \text{ mm.}$$

Maksymalny rozstawy strzemion dla słupów:

$$s_{cl,max} = 20 \phi = 20 \times 12,0 = 240,0 \text{ mm.}$$

$$s_{cl,max} = \min\{h; b\} = \min\{240,0; 460,0\} = 240,0$$

$$s_{cl,max} \leq 400 \text{ mm}$$

$$\text{przyjęto } s_{cl,max} = 240,0 \text{ mm.}$$

Na odcinkach w pobliżu połączeń z belkami lub płytami oraz połączeń na zakład należy zastosować mniejszy rozstaw strzemion $0,6 s_{cl,max} = 144,0 \text{ mm}$.

Przyjęto strzemiona 2-cięte, prostopadłe do osi pręta o rozstawie **11,0** cm, dla których stopień zbrojenia na ścinanie wynosi:

$$\rho_w = A_{sw} / (s b_w \sin \alpha) = 1,01 / (11,0 \times 24,0 \times 1,000) = 0,00381$$

$$\rho_w = \mathbf{0,00381} > \mathbf{0,00080} = \rho_{w \min}$$

Ścinanie

Siły przekrojowe:

$$N_{Ed} = 0,000;$$

$$V_{Ed} = 58,612 \text{ kN}$$

Nośność elementów niewymagających zbrojenia na ścinanie:

$$\rho_l = \frac{A_{sl}}{b_w d} = \frac{10,05}{24,0 \times 42,2} = 0,00993; \quad \rho_l \leq 0,02$$

Przyjęto $\rho_l = 0,00993$.

$$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_C = 0,000 / 1104,00 \times 10 = 0,00 \text{ MPa} \quad \sigma_{cp} \leq 0,2 f_{cd} = 3,58 \text{ MPa}$$

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

$$k = 1 + \sqrt{200/d} = 1 + \sqrt{200/422,0} = 1,688 \quad k \leq 2,0$$

Przyjęto $k = 1,688$

$$C_{Rd,c} = 0,18 / \gamma_c = 0,18 / 1,4 = 0,129$$

$$v_{min} = 0,035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2} = 0,035 \times 1,688^{3/2} \times 25^{1/2} = 0,384$$

$$V_{Rd,c} = [C_{Rd,c} k (100 \rho_l f_{ck})^{1/3} + k_1 \sigma_{cp}] b_w d =$$

$$= [0,129 \times 1,688 \times (100 \times 0,00993 \times 25)^{1/3} + 0,15 \times 0,00] \times 24,0 \times 42,2 \times 10^{-1} = 64,129 \text{ kN}$$

lecz nie mniej niż

$$V_{Rd,c} = (v_{min} + k_1 \sigma_{cp}) b_w d = (0,384 + 0,15 \times 0,00) \times 24,0 \times 42,2 \times 10^{-1} = 38,885 \text{ kN}$$

Przyjęto $V_{Rd,c} = 64,129 \text{ kN}$

$$V_{Ed} = \mathbf{58,612} < \mathbf{64,129} = V_{Rdc}$$

Nośność zbrojenia podłużnego

Sprawdzenie siły przenoszanej przez zbrojenie rozciągane dla $x = 2,559$ m:

$$\Delta F_{td} = 0,5 |V_{Ed}| (\cot \theta - \cot \alpha) = 0,5 \times 41,866 \times (1,997 - 0,000) = 41,866 \text{ kN}$$

Sumaryczna siła w zbrojeniu rozciągającym:

$$F_{td} = F_{td,m} + \Delta F_{td} = 320,482 + 41,866 = 362,348 \text{ kN};$$

$$F_{td} \leq F_{td,max} = 355,918 \text{ kN}$$

Przyjęto $F_{td} = 355,918 \text{ kN}$

$$F_{td} = 355,918 < 437,091 = 10,05 \times 435 \times 10^{-1} = A_s f_{yd}$$

Ograniczenie naprężeń (SGU)

Ograniczenie naprężeń w betonie od charakterystycznej kombinacji obciążeń ze względu na możliwość wystąpienia rys podłużnych, mikrorys i wysokiego pełzania:

$$\sigma_{ck} = 10,925 < 25,000 = 1,00 \times 25,0 = k_1 f_{ck}$$

Ograniczenie naprężeń w betonie od quasi-stałej kombinacji obciążeń ze względu na możliwość wystąpienia pełzania nieliniowego:

$$\sigma_{q,s} = 10,925 < 11,250 = 0,45 \times 25,0 = k_2 f_{ck}$$

Ograniczenie naprężeń rozciągających w zbrojeniu od charakterystycznej kombinacji obciążeń ze względu na możliwość wystąpienia niedopuszczalnego zarysowania lub deformacji:

$$\sigma_{sk} = 243,001 < 400,000 = 0,80 \times 500 = k_3 f_{yk}$$

Zarysowanie

Położenie przekroju:

$$x = 1,950 \text{ m}$$

Siły przekrojowe od obc. quasi-stałych:

$$M_{Ed} = 93,161 \text{ kNm}$$

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

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

Wymiary przekroju:

$$b_w = 24,0 \text{ cm}$$

$$d = h - a_1 = 46,0 - 3,8 = 42,2 \text{ cm}$$

$$A_c = 1104 \text{ cm}^2$$

$$W_c = 8464 \text{ cm}^3$$

Minimalne zbrojenie:

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

$$\sigma_c = N_{Ed} / bh = 0,000 / (24,0 \times 46,0) \times 10 = 0,000 \text{ Mpa}$$

$$k_c = 0,4 \left(1 - \frac{\sigma_c}{k_1 h / h^* f_{ct,eff}} \right) = 0,4 \times [1 - 0,000 / (0,800 \times 46,0 / 46,0 \times 2,60)] = 0,400; \quad k_c \leq 1,0$$

$$A_{s,min} = k_c k f_{ct,eff} A_{ct} / \sigma_s = 0,400 \times 1,0 \times 2,60 \times 552 / 500 = 1,15 \text{ cm}^2$$

$$A_s = 10,05 > 1,15 = A_{s,min}$$

Zarysowanie:

$$M_{cr} = f_{ctm} W_c = 2,6 \times 8464 \times 10^{-3} = 22,006 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed} = 93,161 > 22,006 = M_{cr}$$

Przekrój zarysowany.

Szerokość rozwarcia rysy prostopadłej do osi pręta:

Przyjęto $k_2 = 0,500$.

$$\rho_{p,eff} = A_s / A_{c,eff} = 10,05 / 222 = 0,04534$$

Dla rozstawu prętów zbrojenia wynoszącego 41 mm, który jest nie większy niż $5(c + \phi/2)$

$$s_{r,max} = k_3 c + k_1 k_2 k_4 \phi / \rho_{p,eff} = 3,400 \times 30,0 + 0,800 \times 0,500 \times 0,425 \times 16 / 0,04534 = 161,99 \text{ mm}$$

$$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} = [\sigma_s - k_t f_{ct,eff} / \rho_{p,eff} (1 + \alpha_e \rho_{p,eff})] / E_s = [254,2 - 0,400 \times 2,60 / 0,04534 \times (1 + 200000 / 31000 \times 0,04534)] / 200000 = 0,00112$$

$$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} \leq 0,6 \sigma_s / E_s = 0,6 \times 254,2 / 200000 = 0,00076$$

Przejęto $\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} = 0,00112$.

$$w_k = s_{r,max} (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}) = 161,99 \times 0,00112 = 0,18 \text{ mm}$$

$$w_k = 0,18 < 0,4 = w_{lim}$$

Ugięcia

Ugięcia wyznaczono dla obciążeń quasi-stałych.

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

$$E_{c,eff} = \frac{E_{cm}}{1 + \varphi(\infty, t_0)} = \frac{31000}{1 + 2,000} = 10333 \text{ MPa}$$

Moment rysujący:

$$M_{cr} = f_{ctm} W_c = 2,6 \times 8464 \times 10^{-3} = 22,006 \text{ kNm}$$

Całkowity moment zginający $M_{Ed} = 93,161 \text{ kN}$ powoduje zarysowanie przekroju.

Sztywność elementu z uwzględnieniem pełzania betonu:

Sztywność na zginanie wyznaczona dla momentu $M = 93,161 \text{ kNm}$.

Wielkości geometryczne przekroju:

$$x_I = 25,2 \text{ cm} \quad I_I = 276670 \text{ cm}^4$$

$$x_{II} = 18,3 \text{ cm} \quad I_{II} = 169632 \text{ cm}^4$$

Sztywność elementu niezarysowanego:

$$B_I = E_{c,eff} I_I = 10333 \times 276670 \times 10^{-5} = 28589 \text{ kNm}^2$$

Sztywność elementu w pełni zarysowanego:

$$B_{II} = E_{c,eff} I_{II} = 10333 \times 169632 \times 10^{-5} = 17529 \text{ kNm}^2$$

Sztywność elementu:

$$\zeta = 1 - \beta (\sigma_{sr} / \sigma_s)^2 = 1 - \beta (M_{cr} / M)^2 = 1 - 0,50 \times (22,006 / 93,161)^2 = 0,972$$

$$1/B = \zeta 1/B_{II} + (1-\zeta) 1/B_I$$

$$B = \frac{B_{II}}{\zeta + (1-\zeta) B_{II} / B_I} = \frac{17529}{0,972 + (1-0,972) \times 17529 / 28589} = 17720 \text{ kNm}^2$$

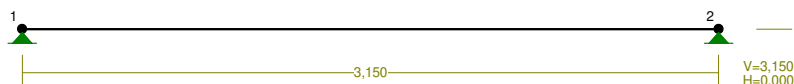
Ugięcie w punkcie o współrzędnej $x = 1,950 \text{ m}$, wyznaczone poprzez całkowanie funkcji krzywizny osi pręta (1/p) z uwzględnieniem zmiany sztywności wzdłuż osi elementu, wynosi:

$$a = a_{\infty, d} = 8,3 \text{ mm}$$

$$a = 8,3 < 15,6 = a_{lim}$$

Nadproże Poz. N.3

SCHEMAT:



OBCIĄŻENIA:



OBCIĄŻENIA: ([kN], [kNm], [kN/m])

Pręt:	Rodzaj:	Kąt:	P1 (Tg):	P2 (Td):	a [m]:	b [m]:
Grupa:	CW "Ciężar własny"			Stałe	$\gamma_G = 1,35/1,00$	
Grupa:	A "stałe"			Stałe	$\gamma_G = 1,35/1,00$	
1	Liniowe	0,0	29,220	29,220	0,00	3,15
Grupa:	B "śnieg"			Zmienne	$\gamma_Q = 1,50$	
1	Liniowe	0,0	7,230	7,230	0,00	3,15
Grupa:	C "użytkowe"			Zmienne	$\gamma_Q = 1,50$	
1	Liniowe	0,0	9,790	9,790	0,00	3,15

W Y N I K I wg PN-EN 1990

SIŁY PRZEKROJOWE:

T.I rzędu

Obciążenia obl.: CW ABC

Pręt:	x/L:	x [m]:	M [kNm]:	Q [kN]:	N [kN]:
1	a	0,00	0,000	106,931	0,000
	b	0,00	0,000	96,923	0,000
	a	0,50	84,209*	0,000	0,000
	a	1,00	0,000	-106,931	0,000
	b	1,00	0,000	-96,923	0,000

* = Wartości ekstremalne

NAPRĘŻENIA: T.I rzędu
Obciążenia obl.: CW ABC

Pręt:	x/L:	x [m]:	SigmaG:	SigmaD:	SigmaMax/Ro:
			[MPa]		
45 C25/30					
1	a	0,00	0,000	0,000	0,000
	b	0,00	0,000	0,000	0,000
	a	0,50	-16,244	16,244	0,907*
	a	1,00	0,000	0,000	0,000
	b	1,00	0,000	0,000	0,000

* = Wartości ekstremalne

REAKCJE PODPOROWE: T.I rzędu
Obciążenia obl.: CW ABC

Węzeł:		H [kN]:	V [kN]:	Wypadkowa [kN]:	M [kNm]:
1	a	0,000	106,931	106,931	
	b	0,000	96,923	96,923	
2	a	0,000	106,931	106,931	
	b	0,000	96,923	96,923	

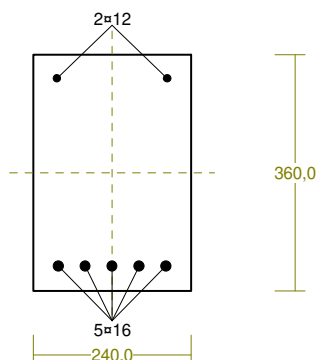
REAKCJE PODPOROWE: T.I rzędu
Obciążenia char.: CW ABC

Węzeł:		H [kN]:	V [kN]:	Wypadkowa [kN]:	M [kNm]:
1		0,000	76,230	76,230	
2		0,000	76,230	76,230	

PRZEMIESZCZENIA WĘZŁÓW: T.I rzędu
Obciążenia char.: CW ABC

Węzeł:	Ux [m]:	Uy [m]:	Wypadkowe [m]:	Fi [rad] ([deg]):
1	0,00000	0,00000	0,00000	-0,00218 (-0,125)
2	0,00000	0,00000	0,00000	0,00218 (0,125)

Cechy przekroju: przekrój: $x_a=1,57$ m, $x_b=1,57$ m



Wymiary przekroju [cm]:

$h=36,0$, $b=24,0$,

Cechy materiałowe dla sytuacji stałej lub przejściowej

BETON: C25/30

$f_{ck}=25,0$ MPa, $f_{cd}=\alpha \cdot f_{ck} / \gamma_c = 1,00 \times 25,0 / 1,40 = 17,9$ MPa

Cechy geometryczne przekroju betonowego:

$A_c=864$ cm², $J_{cy}=93312$ cm⁴, $J_{cz}=41472$ cm⁴

STAL: fyk=500

$f_{yk}=500$ MPa, $\gamma_s=1,15$, $f_{yd}=435$ MPa

$\xi_{lim}=0,0035 / (0,0035 + f_{yd} / E_s) = 0,0035 / (0,0035 + 435 / 200000) = 0,617$,

Zbrojenie główne:

$A_{s1}+A_{s2}=12,32$ cm², $\rho=100 (A_{s1}+A_{s2}) / A_c = 100 \times 12,32 / 864 = 1,43$ %,

$J_{sy}=2496$ cm⁴, $J_{sz}=498$ cm⁴,

Siły przekrojowe:

Obciążenia działające w płaszczyźnie układu: **CW ABC (a)**

Momenty zginające: $M_y = -84,209$ kNm,

$M_z = 0,000$ kNm,

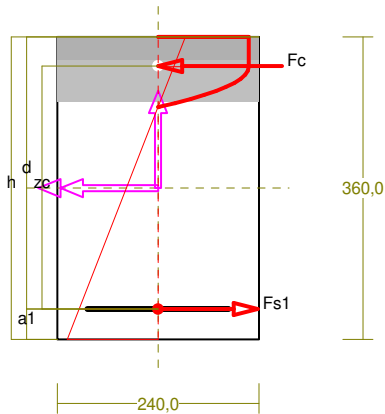
Siły poprzeczne: $V_z = 0,000$ kN,

$V_y = 0,000$ kN,

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

Zbrojenie wymagane:

- dla kombinacji [CW ABC (a)] grup obciążeń, dla której suma zbrojenia wymaganego jest największa



Wielkości obliczeniowe:

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

$$M_{Ed}=\sqrt{(M_{Edy}^2 + M_{Edz}^2)} = \sqrt{(-83,975^2 + 0,000^2)} = 83,975 \text{ kNm}$$

$$f_{cd}=17,9 \text{ MPa}, f_{yd}=435 \text{ MPa} = f_{td},$$

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

$$A_{s1}=6,68 \text{ cm}^2 \Rightarrow (6 \times 12 = 6,79 \text{ cm}^2),$$

Dodatkowe zbrojenie ściskane nie jest obliczeniowo wymagane.

$$A_s=A_{s1}+A_{s2}=6,68 \text{ cm}^2, \rho=100 \times A_s/A_c=100 \times 6,68/864=0,77 \%$$

Wielkości geometryczne [cm]:

$$h=36,0, d=32,4, x=8,4 (\xi=0,258),$$

$$a_1=3,6, a_c=3,5, z_c=28,9, A_{cc}=201 \text{ cm}^2,$$

$$\epsilon_c=-3,48 \text{ ‰}, \epsilon_{s1}=10,00 \text{ ‰},$$

Wielkości statyczne [kN, kNm]:

$$F_c = -290,309, F_{s1} = 290,309,$$

$$M_c = 42,171, M_{s1} = 41,805,$$

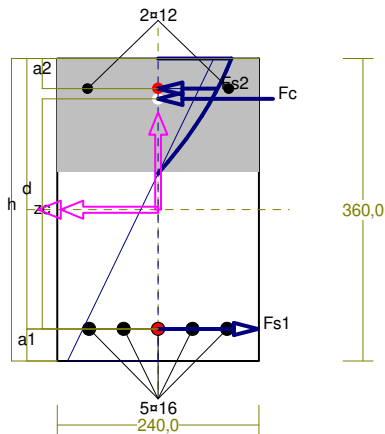
Warunki równowagi wewnętrznej:

$$F_c + F_{s1} = -290,309 + (290,309) = 0,000 \text{ kN} (N_{Ed}=0,000 \text{ kN})$$

$$M_c + M_{s1} = 42,171 + (41,805) = 83,975 \text{ kNm} (M_{Ed}=83,975 \text{ kNm})$$

Nośność przekroju prostokątnego:

Obliczenia wykonano dla kombinacji [CW ABC (a)] grup obciążeń, dla której warunek stanu granicznego nośności przekroju jest najniekorzystniejszy



Wielkości obliczeniowe:

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

$$M_{Ed}=\sqrt{(M_{Edy}^2 + M_{Edz}^2)} = \sqrt{(-83,975^2 + 0,000^2)} = 83,975 \text{ kNm}$$

$$f_{cd}=17,9 \text{ MPa}, f_{yd}=435 \text{ MPa} = f_{td},$$

Zbrojenie rozciągane: $A_{s1}=10,05 \text{ cm}^2$,

Zbrojenie ściskane: $A_{s2}=2,26 \text{ cm}^2$,

$$A_s=A_{s1}+A_{s2}=12,32 \text{ cm}^2, \rho=100 \times A_s/A_c=100 \times 12,32/864=1,43 \%$$

Wielkości geometryczne [cm]:

$$h=36,0, d=32,2, x=13,7 (\xi=0,425),$$

$$a_1=3,8, a_2=3,6, a_c=4,8, z_c=27,4, A_{cc}=328 \text{ cm}^2,$$

$$\epsilon_c=-1,12 \text{ ‰}, \epsilon_{s2}=-0,83 \text{ ‰}, \epsilon_{s1}=1,52 \text{ ‰},$$

Wielkości statyczne [kN, kNm]:

$$F_c = -267,704, F_{s1} = 305,049, F_{s2} = -37,345,$$

$$M_c = 35,281, M_{s1} = 43,317, M_{s2} = 5,378,$$

Warunek stanu granicznego nośności:

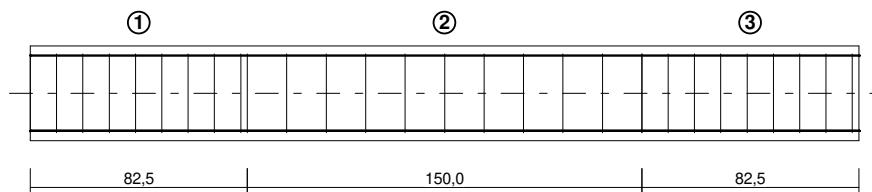
$$M_{Rd} = 123,478 \text{ kNm} > M_{Ed} = M_c + M_{s1} + M_{s2} = 35,281 + (43,317) + (5,378) = 83,975 \text{ kNm}$$

Zbrojenie poprzeczne (strzemiona)

Na całej długości pręta przyjęto strzemiona o średnicy $\phi=8 \text{ mm}$ ze stali $f_{yk}=240 (265)$, dla której $f_{ywd} = 209 \text{ MPa}$.

Minimalny stopień zbrojenia na ścinanie:

$$\rho_{w,min} = 0,08 \sqrt{f_{ck}} / f_{yk} = 0,08 \times \sqrt{25} / 500 = 0,00080$$



Rozstaw strzemion:

Strefa nr 1

Początek i koniec strefy: $x_a = 0,0$ $x_b = 82,5 \text{ cm}$

Maksymalny podłużny rozstaw strzemion dla belek:

$$s_{l,max} = 0,75 d (1 + \cot \alpha) = 0,75 \times 322 \times (1 + 0,000) = 241$$

przyjęto $s_{l,max} = 242 \text{ mm}$.

Maksymalny poprzeczny rozstawy ramion strzemion dla belek:

$$s_{b,max} = 0,75 d = 0,75 \times 322 = 241 \quad s_{b,max} \leq 600 \text{ mm}$$

przyjęto $s_{b,max} = 242 \text{ mm}$.

Maksymalny rozstawy strzemion dla słupów:

$$s_{cl,max} = 20 \phi = 20 \times 12,0 = 240,0 \text{ mm.}$$
$$s_{cl,max} = \min\{h; b\} = \min\{240,0; 360,0\} = 240,0$$
$$s_{cl,max} \leq 400 \text{ mm}$$

przyjęto $s_{cl,max} = 240,0 \text{ mm}$.

Na odcinkach w pobliżu połączeń z belkami lub płytami oraz połączeń na zakład należy zastosować mniejszy rozstaw strzemion 0,6 $s_{cl,max} = 144,0 \text{ mm}$.

Przyjęto strzemiona 2-cięte, prostopadłe do osi pręta o rozstawie **10,0** cm, dla których stopień zbrojenia na ścinanie wynosi:

$$\rho_w = A_{sw} / (s b_w \sin \alpha) = 1,01 / (10,0 \times 24,0 \times 1,000) = 0,00419$$
$$\rho_w = \mathbf{0,00419} > \mathbf{0,00080} = \rho_{w \min}$$

Strefa nr 2

Początek i koniec strefy: $x_a = 82,5 \quad x_b = 232,5 \text{ cm}$

Maksymalny podłużny rozstawy strzemion dla belek:

$$s_{l,max} = 0,75 d (1 + \cot \alpha) = 0,75 \times 322 \times (1 + 0,000) = 241$$

przyjęto $s_{l,max} = 242 \text{ mm}$.

Maksymalny poprzeczny rozstawy ramion strzemion dla belek:

$$s_{b,max} = 0,75 d = 0,75 \times 322 = 241 \quad s_{b,max} \leq 600 \text{ mm}$$

przyjęto $s_{b,max} = 242 \text{ mm}$.

Maksymalny rozstawy strzemion dla słupów:

$$s_{cl,max} = 20 \phi = 20 \times 12,0 = 240,0 \text{ mm.}$$
$$s_{cl,max} = \min\{h; b\} = \min\{240,0; 360,0\} = 240,0$$
$$s_{cl,max} \leq 400 \text{ mm}$$

przyjęto $s_{cl,max} = 240,0 \text{ mm}$.

Na odcinkach w pobliżu połączeń z belkami lub płytami oraz połączeń na zakład należy zastosować mniejszy rozstaw strzemion 0,6 $s_{cl,max} = 144,0 \text{ mm}$.

Przyjęto strzemiona 2-cięte, prostopadłe do osi pręta o rozstawie **15,0** cm, dla których stopień zbrojenia na ścinanie wynosi:

$$\rho_w = A_{sw} / (s b_w \sin \alpha) = 1,01 / (15,0 \times 24,0 \times 1,000) = 0,00279$$
$$\rho_w = \mathbf{0,00279} > \mathbf{0,00080} = \rho_{w \min}$$

Strefa nr 3

Początek i koniec strefy: $x_a = 232,5 \quad x_b = 315,0 \text{ cm}$

Maksymalny podłużny rozstawy strzemion dla belek:

$$s_{l,max} = 0,75 d (1 + \cot \alpha) = 0,75 \times 322 \times (1 + 0,000) = 241$$

przyjęto $s_{l,max} = 242 \text{ mm}$.

Maksymalny poprzeczny rozstawy ramion strzemion dla belek:

$$s_{b,max} = 0,75 d = 0,75 \times 322 = 241 \quad s_{b,max} \leq 600 \text{ mm}$$

przyjęto $s_{b,max} = 242 \text{ mm}$.

Maksymalny rozstawy strzemion dla słupów:

$$s_{cl,max} = 20 \phi = 20 \times 12,0 = 240,0 \text{ mm.}$$
$$s_{cl,max} = \min\{h; b\} = \min\{240,0; 360,0\} = 240,0$$
$$s_{cl,max} \leq 400 \text{ mm}$$

przyjęto $s_{cl,max} = 240,0 \text{ mm}$.

Na odcinkach w pobliżu połączeń z belkami lub płytami oraz połączeń na zakład należy zastosować mniejszy rozstaw strzemion 0,6 $s_{cl,max} = 144,0 \text{ mm}$.

Przyjęto strzemiona 2-cięte, prostopadłe do osi pręta o rozstawie **10,0** cm, dla których stopień zbrojenia na ścinanie wynosi:

$$\rho_w = A_{sw} / (s b_w \sin \alpha) = 1,01 / (10,0 \times 24,0 \times 1,000) = 0,00419$$
$$\rho_w = \mathbf{0,00419} > \mathbf{0,00080} = \rho_{w \min}$$

Ścinanie

Siły przekrojowe:

$$N_{Ed} = 0,000;$$
$$V_{Ed} = -53,466 \text{ kN}$$

Nośność elementów niewymagających zbrojenia na ścinanie:

$$\rho_l = \frac{A_{sl}}{b_w d} = \frac{10,05}{24,0 \times 32,2} = 0,01301; \quad \rho_l \leq 0,02$$

Przyjęto $\rho_l = 0,01301$.

$$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c = 0,000 / 864,00 \times 10 = 0,00 \text{ MPa} \quad \sigma_{cp} \leq 0,2 f_{cd} = 3,58 \text{ MPa}$$

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

$$k = 1 + \sqrt{200/d} = 1 + \sqrt{200/32,2} = 1,788 \quad k \leq 2,0$$

Przyjęto $k = 1,788$

$$C_{Rd,c} = 0,18 / \gamma_c = 0,18/1,4 = 0,129$$

$$v_{min} = 0,035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2} = 0,035 \times 1,788^{3/2} \times 25^{1/2} = 0,418$$

$$V_{Rd,c} = [C_{Rd,c} k (100 \rho_l f_{ck})^{1/3} + k_1 \sigma_{cp}] b_w d =$$

$$= [0,129 \times 1,788 \times (100 \times 0,01301 \times 25)^{1/3} + 0,15 \times 0,00] \times 24,0 \times 32,2 \times 10^{-1} = 56,711 \text{ kN}$$

lecz nie mniej niż

$$V_{Rd,c} = (v_{min} + k_1 \sigma_{cp}) b_w d = (0,418 + 0,15 \times 0,00) \times 24,0 \times 32,2 \times 10^{-1} = 32,337 \text{ kN}$$

Przyjęto $V_{Rd,c} = 56,711 \text{ kN}$

$$V_{Ed} = 53,466 < 56,711 = V_{Rdc}$$

Nośność zbrojenia podłużnego

Sprawdzenie siły przenoszanej przez zbrojenie rozciągane dla $x = 1,083 \text{ m}$:

$$\Delta F_{td} = 0,5 |V_{Ed}| (\cot \theta - \cot \alpha) = 0,5 \times 33,416 \times (1,997 - 0,000) = 33,416 \text{ kN}$$

Sumaryczna siła w zbrojeniu rozciągającym:

$$F_{td} = F_{td,m} + \Delta F_{td} = 275,399 + 33,416 = 308,815 \text{ kN};$$

$$F_{td} \leq F_{td,max} = 305,917 \text{ kN}$$

Przyjęto $F_{td} = 305,917 \text{ kN}$

$$F_{td} = 305,917 < 437,091 = 10,05 \times 435 \times 10^{-1} = A_s f_{yd}$$

Ograniczenie naprężeń (SGU)

Ograniczenie naprężeń w betonie od charakterystycznej kombinacji obciążeń ze względu na możliwość wystąpienia rys podłużnych, mikrorys i wysokiego pełzania:

$$\sigma_{ck} = 10,933 < 25,000 = 1,00 \times 25,0 = k_1 f_{ck}$$

Ograniczenie naprężeń w betonie od quasi-stałej kombinacji obciążeń ze względu na możliwość wystąpienia pełzania nieliniowego:

$$\sigma_{cqs} = 10,933 < 11,250 = 0,45 \times 25,0 = k_2 f_{ck}$$

Ograniczenie naprężeń rozciągających w zbrojeniu od charakterystycznej kombinacji obciążeń ze względu na możliwość wystąpienia niedopuszczalnego zarysowania lub deformacji:

$$\sigma_{sk} = 208,004 < 400,000 = 0,80 \times 500 = k_3 f_{yk}$$

Zarysowanie

Położenie przekroju:

$$x = 1,575 \text{ m}$$

Siły przekrojowe od obc. quasi-stałych:

$$M_{Ed} = 60,031 \text{ kNm}$$

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

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

Wymiary przekroju:

$$b_w = 24,0 \text{ cm}$$

$$d = h - a_1 = 36,0 - 3,8 = 32,2 \text{ cm}$$

$$A_c = 864 \text{ cm}^2$$

$$W_c = 5184 \text{ cm}^3$$

Minimalne zbrojenie:

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

$$\sigma_c = N_{Ed} / bh = 0,000 / (24,0 \times 36,0) \times 10 = 0,000 \text{ Mpa}$$

$$k_c = 0,4 \left(1 - \frac{\sigma_c}{k_1 h / h^* f_{ct,eff}} \right) = 0,4 \times [1 - 0,000 / (0,800 \times 36,0 / 36,0 \times 2,60)] = 0,400; \quad k_c \leq 1,0$$

$$A_{s,min} = k_c k f_{ct,eff} A_{ct} / \sigma_s =$$

$$= 0,400 \times 1,0 \times 2,60 \times 432 / 500 = 0,90 \text{ cm}^2$$

$$A_s = 10,05 > 0,90 = A_{s,min}$$

Zarysowanie:

$$M_{cr} = f_{ctm} W_c = 2,6 \times 5184 \times 10^{-3} = 13,478 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed} = 60,031 > 13,478 = M_{cr}$$

Przekrój zarysowany.

Szerokość rozwarcia rysy prostopadłej do osi pręta:

Przyjęto $k_2 = 0,500$.

$$\rho_{p,eff} = A_s / A_{c,eff} = 10,05 / 166 = 0,06055$$

Dla rozstawu prętów zbrojenia wynoszącego 41 mm, który jest nie większy niż $5(c+\phi/2)$

$$s_{r,max} = k_3 c + k_1 k_2 k_4 \phi / \rho_{p,eff} = 3,400 \times 30,0 + 0,800 \times 0,500 \times 0,425 \times 16 / 0,06055 = 146,92 \text{ mm}$$

$$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} = [\sigma_s - k_t f_{ct,eff} / \rho_{p,eff} (1 + \alpha_e \rho_{p,eff})] / E_s =$$

$$= [218,4 - 0,400 \times 2,60 / 0,06055 \times (1 + 200000 / 31000 \times 0,06055)] / 200000 = 0,00097$$

$$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} \leq 0,6 \sigma_s / E_s = 0,6 \times 218,4 / 200000 = 0,00066$$

Przejęto $\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} = 0,00097$.

$$w_k = s_{r,max} (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}) = 146,92 \times 0,00097 = 0,14 \text{ mm}$$

$$w_k = 0,14 < 0,4 = w_{lim}$$

Ugięcia

Ugięcia wyznaczono dla obciążeń quasi-stałych.

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

$$E_{c,eff} = \frac{E_{cm}}{1 + \phi(\infty, t_0)} = \frac{31000}{1 + 2,000} = 10333 \text{ MPa}$$

Moment rysujący:

$$M_{cr} = f_{ctm} W_c = 2,6 \times 5184 \times 10^{-3} = 13,478 \text{ kNm}$$

Całkowity moment zginający $M_{Ed} = 60,031 \text{ kN}$ powoduje zarysowanie przekroju.

Sztywność elementu z uwzględnieniem pełzania betonu:

Sztywność na zginanie wyznaczona dla momentu $M = 60,031 \text{ kNm}$.

Wielkości geometryczne przekroju:

$$x_I = 19,9 \text{ cm} \quad I_I = 137499 \text{ cm}^4$$

$$x_{II} = 15,2 \text{ cm} \quad I_{II} = 90217 \text{ cm}^4$$

Sztywność elementu niezarysowanego:

$$B_I = E_{c,eff} I_I = 10333 \times 137499 \times 10^{-5} = 14208 \text{ kNm}^2$$

Sztywność elementu w pełni zarysowanego:

$$B_{II} = E_{c,eff} I_{II} = 10333 \times 90217 \times 10^{-5} = 9322 \text{ kNm}^2$$

Sztywność elementu:

$$\zeta = 1 - \beta (\sigma_{sr} / \sigma_s)^2 = 1 - \beta (M_{cr} / M)^2 = 1 - 0,50 \times (13,478 / 60,031)^2 = 0,975$$

$$1/B = \zeta 1/B_{II} + (1 - \zeta) 1/B_I$$

$$B = \frac{B_{II}}{\zeta + (1 - \zeta) B_{II} / B_I} = \frac{9322}{0,975 + (1 - 0,975) \times 9322 / 14208} = 9404 \text{ kNm}^2$$

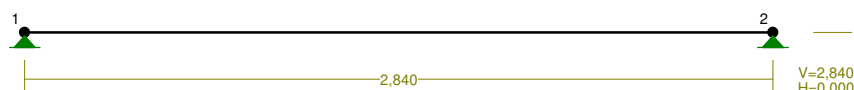
Ugięcie w punkcie o współrzędnej $x = 1,575 \text{ m}$, wyznaczone poprzez całkowanie funkcji krzywizny osi pręta $(1/p)$ z uwzględnieniem zmiany sztywności wzdłuż osi elementu, wynosi:

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

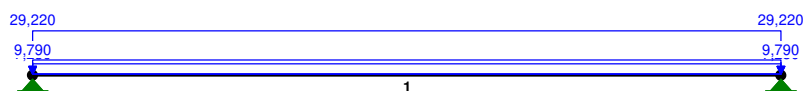
$$a = 6,6 < 12,6 = a_{lim}$$

Nadproże Poz. N.4

SCHEMAT:



OBCIĄŻENIA:



OBCIĄŻENIA: ([kN], [kNm], [kN/m])

Pręt:	Rodzaj:	Kąt:	P1 (Tg):	P2 (Td):	a[m]:	b[m]:
Grupa:	CW "Ciężar własny"			Stałe	$\gamma_G = 1,35/1,00$	
Grupa:	A "stałe"			Stałe	$\gamma_G = 1,35/1,00$	
1	Liniowe	0,0	29,220	29,220	0,00	2,84
Grupa:	B "śnieg"			Zmienne	$\gamma_Q = 1,50$	
1	Liniowe	0,0	7,230	7,230	0,00	2,84
Grupa:	C "użytkowe"			Zmienne	$\gamma_Q = 1,50$	
1	Liniowe	0,0	9,790	9,790	0,00	2,84

W Y N I K I wg PN-EN 1990

SIŁY PRZEKROJOWE: T.I rzędu

Obciążenia obl.: CW ABC

Pręt:	x/L:	x[m]:	M[kNm]:	Q[kN]:	N[kN]:
1	a 0,00	0,000	0,000	96,408	0,000
	b 0,00	0,000	0,000	87,385	0,000
	a 0,50	1,420	68,450*	0,000	0,000
	a 1,00	2,840	0,000	-96,408	0,000
	b 1,00	2,840	0,000	-87,385	0,000

* = Wartości ekstremalne

NAPRĘŻENIA: T.I rzędu

Obciążenia obl.: CW ABC

Pręt:	x/L:	x[m]:	SigmaG:	SigmaD:	SigmaMax/Ro:
			[MPa]		
45 C25/30					
1	a 0,00	0,000	0,000	0,000	0,000
	b 0,00	0,000	0,000	0,000	0,000
	a 0,50	1,420	-13,204	13,204	0,738*
	a 1,00	2,840	0,000	0,000	0,000
	b 1,00	2,840	0,000	0,000	0,000

* = Wartości ekstremalne

REAKCJE PODPOROWE: T.I rzędu

Obciążenia obl.: CW ABC

Węzeł:	H[kN]:	V[kN]:	Wypadkowa[kN]:	M[kNm]:
1	a 0,000	96,408	96,408	
	b 0,000	87,385	87,385	
2	a 0,000	96,408	96,408	
	b 0,000	87,385	87,385	

REAKCJE PODPOROWE: T.I rzędu

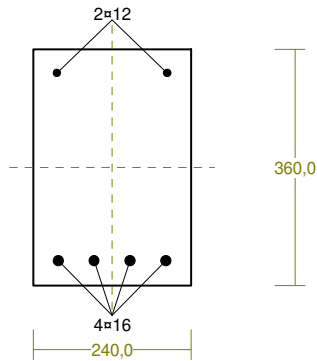
Obciążenia char.: CW ABC

Węzeł:	H[kN]:	V[kN]:	Wypadkowa[kN]:	M[kNm]:
1	0,000	68,728	68,728	
2	0,000	68,728	68,728	

PRZEMIESZCZENIA WĘZŁÓW: T.I rzędu

Obciążenia char.: CW ABC

Węzeł:	Ux[m]:	Uy[m]:	Wypadkowe[m]:	Fi[rad] ([deg]):
1	0,00000	0,00000	0,00000	-0,00160 (-0,091)
2	0,00000	0,00000	0,00000	0,00160 (0,091)

Cechy przekroju:przekrój: $x_a=1,42$ m, $x_b=1,42$ mWymiary przekroju [cm]: $h=36,0$, $b=24,0$,

Cechy materiałowe dla sytuacji stałej lub przejściowej

BETON: C25/30 $f_{ck}=25,0$ MPa, $f_{cd}=\alpha \cdot f_{ck} / \gamma_c = 1,00 \times 25,0 / 1,40 = 17,9$ MPa

Cechy geometryczne przekroju betonowego:

 $A_c=864$ cm², $J_{cy}=93312$ cm⁴, $J_{cz}=41472$ cm⁴**STAL: fyk=500** $f_{yk}=500$ MPa, $\gamma_s=1,15$, $f_{yd}=435$ MPa $\xi_{lim}=0,0035 / (0,0035 + f_{yd} / E_s) = 0,0035 / (0,0035 + 435 / 200000) = 0,617$,

Zbrojenie główne:

 $A_{s1}+A_{s2}=10,30$ cm², $\rho=100(A_{s1}+A_{s2})/A_c=100 \times 10,30 / 864 = 1,19$ %, $J_{sy}=2091$ cm⁴, $J_{sz}=460$ cm⁴,**Siły przekrojowe:**Obciążenia działające w płaszczyźnie układu: **CW ABC (a)**Momenty zginające: $M_y = -68,450$ kNm, $M_z = 0,000$ kNm,Siły poprzeczne: $V_z = 0,000$ kN, $V_y = 0,000$ kN,Siła osiowa: $N = 0,000$ kN = N_{Ed} .**Zbrojenie wymagane:**

- dla kombinacji [CW ABC (a)] grup obciążeń, dla której suma zbrojenia wymaganego jest największa

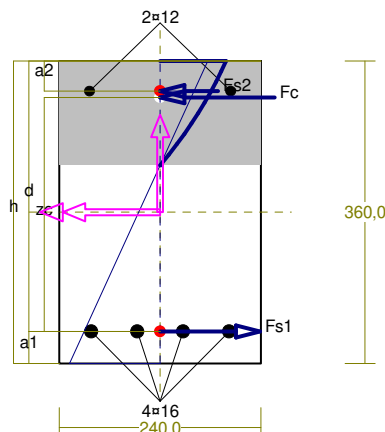
Wielkości obliczeniowe:

 $N_{Ed}=0,000$ kN, $M_{Ed}=\sqrt{(M_{Edy}^2 + M_{Edz}^2)} = \sqrt{(-68,260^2 + 0,000^2)} = 68,260$ kNm $f_{cd}=17,9$ MPa, $f_{yd}=435$ MPa = f_{td} ,Zbrojenie rozciągane ($\epsilon_{s1}=10,00$ ‰): $A_{s1}=5,31$ cm² $\Rightarrow$ (5φ12 = 5,65 cm²),

Dodatkowe zbrojenie ściskane nie jest obliczeniowo wymagane.

 $A_s=A_{s1}+A_{s2}=5,31$ cm², $\rho=100 \times A_s / A_c =$ $100 \times 5,31 / 864 = 0,61$ %**Wielkości geometryczne [cm]:** $h=36,0$, $d=32,4$, $x=7,1$ ($\xi=0,218$), $a_1=3,6$, $a_c=2,8$, $z_c=29,6$, $A_{cc}=169$ cm², $\epsilon_c=-2,79$ ‰, $\epsilon_{s1}=10,00$ ‰,**Wielkości statyczne [kN, kNm]:** $F_c = -230,757$, $F_{s1} = 230,753$, $M_c = 35,032$, $M_{s1} = 33,228$,**Warunki równowagi wewnętrznej:** $F_c + F_{s1} = -230,757 + (230,753) = -0,004$ kN ($N_{Ed}=0,000$ kN) $M_c + M_{s1} = 35,032 + (33,228) = 68,261$ kNm ($M_{Ed}=68,260$ kNm)**Nośność przekroju prostokątnego:**

Obliczenia wykonano dla kombinacji [CW ABC (a)] grup obciążeń, dla której warunek stanu granicznego nośności przekroju jest najniekorzystniejszy



Wielkości obliczeniowe:

 $N_{Ed}=0,000$ kN, $M_{Ed}=\sqrt{(M_{Edy}^2 + M_{Edz}^2)} = \sqrt{(-68,260^2 + 0,000^2)} = 68,260$ kNm $f_{cd}=17,9$ MPa, $f_{yd}=435$ MPa = f_{td} ,Zbrojenie rozciągane: $A_{s1}=8,04$ cm²,Zbrojenie ściskane: $A_{s2}=2,26$ cm², $A_s=A_{s1}+A_{s2}=10,30$ cm², $\rho=100 \times A_s / A_c =$ $100 \times 10,30 / 864 = 1,19$ %**Wielkości geometryczne [cm]:** $h=36,0$, $d=32,2$, $x=12,4$ ($\xi=0,385$), $a_1=3,8$, $a_2=3,6$, $a_c=4,3$, $z_c=27,9$, $A_{cc}=298$ cm², $\epsilon_c=-0,95$ ‰, $\epsilon_{s2}=-0,68$ ‰, $\epsilon_{s1}=1,52$ ‰,**Wielkości statyczne [kN, kNm]:** $F_c = -213,563$, $F_{s1} = 244,142$, $F_{s2} = -30,579$, $M_c = 29,189$, $M_{s1} = 34,668$, $M_{s2} = 4,403$,

Warunek stanu granicznego nośności:

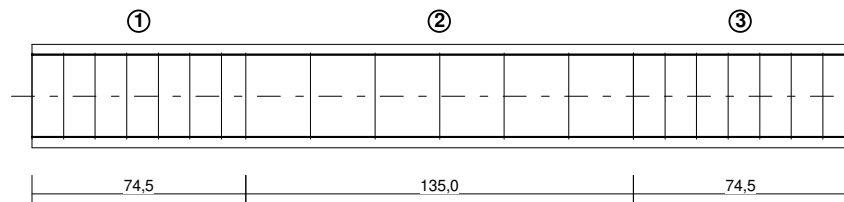
 $M_{Rd} = 101,123$ kNm $>$ $M_{Ed} = M_c + M_{s1} + M_{s2} = 29,189 + (34,668) + (4,403) = 68,260$ kNm

Zbrojenie poprzeczne (strzemiona)

Na całej długości pręta przyjęto strzemiona o średnicy $\phi=8$ mm ze stali $f_{yk}=240$ (265), dla której $f_{ywd} = 209$ MPa.

Minimalny stopień zbrojenia na ścinanie:

$$\rho_{w,min} = 0,08 \sqrt{f_{ck}} / f_{yk} = 0,08 \times \sqrt{25} / 500 = 0,00080$$



Rozstaw strzemion:

Strefa nr 1

Początek i koniec strefy: $x_a = 0,0$ $x_b = 74,5$ cm

Maksymalny podłużny rozstaw strzemion dla belek:

$$s_{l,max} = 0,75 d (1 + \cot \alpha) = 0,75 \times 322 \times (1 + 0,000) = 241$$

przyjęto $s_{l,max} = 242$ mm.

Maksymalny poprzeczny rozstaw ramion strzemion dla belek:

$$s_{b,max} = 0,75 d = 0,75 \times 322 = 241 \quad s_{b,max} \leq 600 \text{ mm}$$

przyjęto $s_{b,max} = 242$ mm.

Maksymalny rozstaw strzemion dla słupów:

$$s_{cl,max} = 20 \phi = 20 \times 12,0 = 240,0 \text{ mm.}$$
$$s_{cl,max} = \min\{h; b\} = \min\{240,0; 360,0\} = 240,0$$
$$s_{cl,max} \leq 400 \text{ mm}$$

przyjęto $s_{cl,max} = 240,0$ mm.

Na odcinkach w pobliżu połączeń z belkami lub płytami oraz połączeń na zakład należy zastosować mniejszy rozstaw strzemion 0,6 $s_{cl,max} = 144,0$ mm.

Przyjęto strzemiona 2-cięte, prostopadłe do osi pręta o rozstawie **11,0** cm, dla których stopień zbrojenia na ścinanie wynosi:

$$\rho_w = A_{sw} / (s b_w \sin \alpha) = 1,01 / (11,0 \times 24,0 \times 1,000) = 0,00381$$
$$\rho_w = \mathbf{0,00381} > \mathbf{0,00080} = \rho_{w,min}$$

Strefa nr 2

Początek i koniec strefy: $x_a = 74,5$ $x_b = 209,5$ cm

Maksymalny podłużny rozstaw strzemion dla belek:

$$s_{l,max} = 0,75 d (1 + \cot \alpha) = 0,75 \times 322 \times (1 + 0,000) = 241$$

przyjęto $s_{l,max} = 242$ mm.

Maksymalny poprzeczny rozstaw ramion strzemion dla belek:

$$s_{b,max} = 0,75 d = 0,75 \times 322 = 241 \quad s_{b,max} \leq 600 \text{ mm}$$

przyjęto $s_{b,max} = 242$ mm.

Maksymalny rozstaw strzemion dla słupów:

$$s_{cl,max} = 20 \phi = 20 \times 12,0 = 240,0 \text{ mm.}$$
$$s_{cl,max} = \min\{h; b\} = \min\{240,0; 360,0\} = 240,0$$
$$s_{cl,max} \leq 400 \text{ mm}$$

przyjęto $s_{cl,max} = 240,0$ mm.

Na odcinkach w pobliżu połączeń z belkami lub płytami oraz połączeń na zakład należy zastosować mniejszy rozstaw strzemion 0,6 $s_{cl,max} = 144,0$ mm.

Przyjęto strzemiona 2-cięte, prostopadłe do osi pręta o rozstawie **22,5** cm, dla których stopień zbrojenia na ścinanie wynosi:

$$\rho_w = A_{sw} / (s b_w \sin \alpha) = 1,01 / (22,5 \times 24,0 \times 1,000) = 0,00186$$
$$\rho_w = \mathbf{0,00186} > \mathbf{0,00080} = \rho_{w,min}$$

Strefa nr 3

Początek i koniec strefy: $x_a = 209,5$ $x_b = 284,0$ cm

Maksymalny podłużny rozstaw strzemion dla belek:

$$s_{l,max} = 0,75 d (1 + \cot \alpha) = 0,75 \times 322 \times (1 + 0,000) = 241$$

przyjęto $s_{l,max} = 242$ mm.

Maksymalny poprzeczny rozstawy ramion strzemion dla belek:

$$s_{b,max} = 0,75 d = 0,75 \times 322 = 241 \quad s_{b,max} \leq 600 \text{ mm}$$

przyjęto $s_{b,max} = 242$ mm.

Maksymalny rozstawy strzemion dla słupów:

$$s_{cl,max} = 20 \phi = 20 \times 12,0 = 240,0 \text{ mm.}$$

$$s_{cl,max} = \min\{h; b\} = \min\{240,0; 360,0\} = 240,0$$

$$s_{cl,max} \leq 400 \text{ mm}$$

przyjęto $s_{cl,max} = 240,0$ mm.

Na odcinkach w pobliżu połączeń z belkami lub płytami oraz połączeń na zakład należy zastosować zmniejszony rozstaw strzemion $0,6 s_{cl,max} = 144,0$ mm.

Przyjęto strzemiona 2-cięte, prostopadłe do osi pręta o rozstawie **11,0** cm, dla których stopień zbrojenia na ścinanie wynosi:

$$\rho_w = A_{sw} / (s b_w \sin \alpha) = 1,01 / (11,0 \times 24,0 \times 1,000) = 0,00381$$

$$\rho_w = \mathbf{0,00381} > \mathbf{0,00080} = \rho_{w \min}$$

Ścinanie

Siły przekrojowe:

$$N_{Ed} = 0,000;$$

$$V_{Ed} = 48,204 \text{ kN}$$

Nośność elementów niewymagających zbrojenia na ścinanie:

$$\rho_l = \frac{A_{sl}}{b_w d} = \frac{8,04}{24,0 \times 32,2} = 0,01041; \quad \rho_l \leq 0,02$$

Przyjęto $\rho_l = 0,01041$.

$$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_C = 0,000 / 864,00 \times 10 = 0,00 \text{ MPa} \quad \sigma_{cp} \leq 0,2 f_{cd} = 3,58 \text{ MPa}$$

Przyjęto $\sigma_{cp} = 0,00$ MPa.

$$k = 1 + \sqrt{200/d} = 1 + \sqrt{200/322,0} = 1,788 \quad k \leq 2,0$$

Przyjęto $k = 1,788$

$$C_{Rd,c} = 0,18 / \gamma_c = 0,18 / 1,4 = 0,129$$

$$v_{min} = 0,035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2} = 0,035 \times 1,788^{3/2} \times 25^{1/2} = 0,418$$

$$V_{Rd,c} = [C_{Rd,c} k (100 \rho_l f_{ck})^{1/3} + k_1 \sigma_{cp}] b_w d =$$

$$= [0,129 \times 1,788 \times (100 \times 0,01041 \times 25)^{1/3} + 0,15 \times 0,00] \times 24,0 \times 32,2 \times 10^{-1} = 52,645 \text{ kN}$$

lecz nie mniej niż

$$V_{Rd,c} = (v_{min} + k_1 \sigma_{cp}) b_w d = (0,418 + 0,15 \times 0,00) \times 24,0 \times 32,2 \times 10^{-1} = 32,337 \text{ kN}$$

Przyjęto $V_{Rd,c} = 52,645$ kN

$$V_{Ed} = \mathbf{48,204} < \mathbf{52,645} = V_{Rdc}$$

Nośność zbrojenia podłużnego

Sprawdzenie siły przenoszanej przez zbrojenie rozciągane dla $x = 1,952$ m:

$$\Delta F_{td} = 0,5 |V_{Ed}| (\cot \theta - \cot \alpha) = 0,5 \times 36,153 \times (1,997 - 0,000) = 36,153 \text{ kN}$$

Sumaryczna siła w zbrojeniu rozciągającym:

$$F_{td} = F_{td,m} + \Delta F_{td} = 209,900 + 36,153 = 246,053 \text{ kN};$$

$$F_{td} \leq F_{td,max} = 244,832 \text{ kN}$$

Przyjęto $F_{td} = 244,832$ kN

$$F_{td} = \mathbf{244,832} < \mathbf{349,673} = 8,04 \times 435 \times 10^{-1} = A_s f_{yd}$$

Ograniczenie naprężeń (SGU)

Ograniczenie naprężeń w betonie od charakterystycznej kombinacji obciążeń ze względu na możliwość wystąpienia rys podłużnych, mikrorys i wysokiego pełzania:

$$\sigma_{ck} = \mathbf{9,787} < \mathbf{25,000} = 1,00 \times 25,0 = k_1 f_{ck}$$

Ograniczenie naprężeń w betonie od quasi-stałej kombinacji obciążeń ze względu na możliwość wystąpienia pełzania nieliniowego:

$$\sigma_{cqs} = \mathbf{9,787} < \mathbf{11,250} = 0,45 \times 25,0 = k_2 f_{ck}$$

Ograniczenie naprężeń rozciągających w zbrojeniu od charakterystycznej kombinacji obciążeń ze względu na możliwość wystąpienia niedopuszczalnego zarysowania lub deformacji:

$$\sigma_{sk} = \mathbf{209,276} < \mathbf{400,000} = 0,80 \times 500 = k_3 f_{yk}$$

Zarysowanie

Położenie przekroju:

$$x = 1,420 \text{ m}$$

Siły przekrojowe od obc. quasi-stałych:

$$M_{Ed} = 48,797 \text{ kNm}$$

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

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

Wymiary przekroju:

$$b_w = 24,0 \text{ cm}$$

$$d = h - a_1 = 36,0 - 3,8 = 32,2 \text{ cm}$$

$$A_c = 864 \text{ cm}^2$$

$$W_c = 5184 \text{ cm}^3$$

Minimalne zbrojenie:

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

$$\sigma_c = N_{Ed} / bh = 0,000 / (24,0 \times 36,0) \times 10 = 0,000 \text{ Mpa}$$

$$k_c = 0,4 \left(1 - \frac{\sigma_c}{k_1 h / h^* f_{ct,eff}} \right) = 0,4 \times [1 - 0,000 / (0,800 \times 36,0 / 36,0 \times 2,60)] = 0,400; \quad k_c \leq 1,0$$

$$A_{s,min} = k_c k f_{ct,eff} A_{ct} / \sigma_s = \\ = 0,400 \times 1,0 \times 2,60 \times 432 / 500 = 0,90 \text{ cm}^2$$

$$A_s = \mathbf{8,04} > \mathbf{0,90} = A_{s,min}$$

Zarysowanie:

$$M_{cr} = f_{ctm} W_c = 2,6 \times 5184 \times 10^{-3} = 13,478 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed} = 48,797 > 13,478 = M_{cr}$$

Przekrój zarysowany.

Szerokość rozwarcia rysy prostopadłej do osi pręta:

Przyjęto $k_2 = 0,500$.

$$\rho_{p,eff} = A_s / A_{c,eff} = 8,04 / 176 = 0,04580$$

Dla rozstawu prętów zbrojenia wynoszącego 54,7 mm, który jest nie większy niż $5(c+\phi/2)$

$$s_{r,max} = k_3 c + k_1 k_2 k_4 \phi / \rho_{p,eff} = 3,400 \times 30,0 + 0,800 \times 0,500 \times 0,425 \times 16 / 0,04580 = 161,39 \text{ mm}$$

$$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} = [\sigma_s - k_t f_{ct,eff} / \rho_{p,eff} (1 + \alpha_e \rho_{p,eff})] / E_s = \\ = [219,1 - 0,400 \times 2,60 / 0,04580 \times (1 + 200000 / 31000 \times 0,04580)] / 200000 = 0,00095$$

$$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} \leq 0,6 \sigma_s / E_s = 0,6 \times 219,1 / 200000 = 0,00066$$

Przejęto $\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} = 0,00095$.

$$w_k = s_{r,max} (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}) = 161,39 \times 0,00095 = 0,15 \text{ mm}$$

$$w_k = \mathbf{0,15} < \mathbf{0,4} = w_{lim}$$

Ugięcia

Ugięcia wyznaczono dla obciążeń quasi-stałych.

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

$$E_{c,eff} = \frac{E_{cm}}{1 + \phi(\infty, t_0)} = \frac{31000}{1 + 2,000} = 10333 \text{ MPa}$$

Moment rysujący:

$$M_{cr} = f_{ctm} W_c = 2,6 \times 5184 \times 10^{-3} = 13,478 \text{ kNm}$$

Całkowity moment zginający $M_{Ed} = 48,797 \text{ kN}$ powoduje zarysowanie przekroju.

Sztywność elementu z uwzględnieniem pełzania betonu:

Sztywność na zginanie wyznaczona dla momentu $M = 48,797 \text{ kNm}$.

$$\text{Wielkości geometryczne przekroju:} \quad x_I = 19,5 \text{ cm} \quad I_I = 131430 \text{ cm}^4$$

$$x_{II} = 14,0 \text{ cm} \quad I_{II} = 78247 \text{ cm}^4$$

Sztywność elementu niezarysowanego:

$$B_I = E_{c,eff} I_I = 10333 \times 131430 \times 10^{-5} = 13581 \text{ kNm}^2$$

Sztywność elementu w pełni zarysowanego:

$$B_{II} = E_{c,eff} I_{II} = 10333 \times 78247 \times 10^{-5} = 8086 \text{ kNm}^2$$

Sztywność elementu:

$$\zeta = 1 - \beta (\sigma_{sr} / \sigma_s)^2 = 1 - \beta (M_{cr} / M)^2 = 1 - 0,50 \times (13,478 / 48,797)^2 = 0,962$$

$$1/B = \zeta / B_{II} + (1-\zeta) / B_I$$

$$B = \frac{B_{II}}{\zeta + (1-\zeta) B_{II} / B_I} = \frac{8086}{0,962 + (1-0,962) \times 8086 / 13581} = 8212 \text{ kNm}^2$$

Ugięcie w punkcie o współrzędnej $x = 1,420 \text{ m}$, wyznaczone poprzez całkowanie funkcji krzywizny osi pręta (1/p) z uwzględnieniem zmiany sztywności wzdłuż osi elementu, wynosi:

$$a = a_{\infty, d} = 4,9 \text{ mm}$$

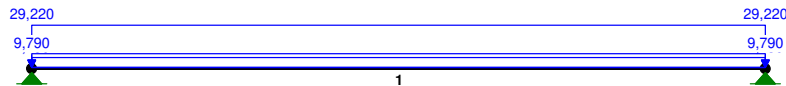
$$a = 4,9 < 11,4 = a_{\text{lim}}$$

Nadproże Poz. N.5

SCHEMAT:



OBCIĄŻENIA:



OBCIĄŻENIA: ([kN], [kNm], [kN/m])

Pręt:	Rodzaj:	Kąt:	P1 (Tg):	P2 (Td):	a [m]:	b [m]:
Grupa:	CW "Ciężar własny"			Stałe	$\gamma_G = 1,35/1,00$	
Grupa:	A "stałe"			Stałe	$\gamma_G = 1,35/1,00$	
1	Liniowe	0,0	29,220	29,220	0,00	1,89
Grupa:	B "śnieg"			Zmienne	$\gamma_Q = 1,50$	
1	Liniowe	0,0	7,230	7,230	0,00	1,89
Grupa:	C "użytkowe"			Zmienne	$\gamma_Q = 1,50$	
1	Liniowe	0,0	9,790	9,790	0,00	1,89

W Y N I K I wg PN-EN 1990

SIŁY PRZEKROJOWE: T.I rzędu

Obciążenia obl.: CW ABC

Pręt:	x/L:	x [m]:	M [kNm]:	Q [kN]:	N [kN]:
1	a 0,00	0,000	0,000	63,700	0,000
	b 0,00	0,000	0,000	57,764	0,000
	a 0,50	0,945	30,098*	0,000	0,000
	a 1,00	1,890	0,000	-63,700	0,000
	b 1,00	1,890	0,000	-57,764	0,000

* = Wartości ekstremalne

NAPRĘŻENIA: T.I rzędu

Obciążenia obl.: CW ABC

Pręt:	x/L:	x [m]:	SigmaG:	SigmaD:	SigmaMax/Ro:
			[MPa]		
45 C25/30					
1	a 0,00	0,000	0,000	0,000	0,000
	b 0,00	0,000	0,000	0,000	0,000
	a 0,50	0,945	-8,361	8,361	0,467*
	a 1,00	1,890	0,000	0,000	0,000
	b 1,00	1,890	0,000	0,000	0,000

* = Wartości ekstremalne

REAKCJE PODPOROWE: T.I rzędu

Obciążenia obl.: CW ABC

Węzeł:		H [kN]:	V [kN]:	Wypadkowa [kN]:	M [kNm]:
1	a	0,000	63,700	63,700	
	b	0,000	57,764	57,764	
2	a	0,000	63,700	63,700	
	b	0,000	57,764	57,764	

REAKCJE PODPOROWE: T.I rzędu

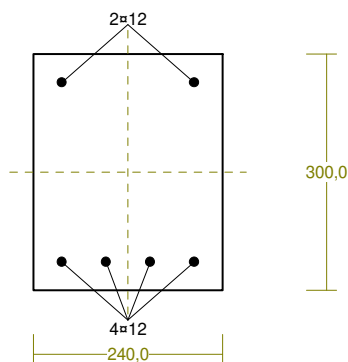
Obciążenia char.: CW ABC

Węzeł:		H [kN]:	V [kN]:	Wypadkowa [kN]:	M [kNm]:
1		0,000	45,398	45,398	
2		0,000	45,398	45,398	

PRZEMIESZCZENIA WĘZŁÓW: T.I rzędu

Obciążenia char.: CW ABC

Węzeł:	Ux [m]:	Uy [m]:	Wypadkowe [m]:	Fi [rad] ([deg]):
1	0,00000	0,00000	0,00000	-0,00081 (-0,046)
2	0,00000	0,00000	0,00000	0,00081 (0,046)

Cechy przekroju: przekrój: $x_a=0,94$ m, $x_b=0,94$ mWymiary przekroju [cm]: $h=30,0$, $b=24,0$

Cechy materiałowe dla sytuacji stałej lub przejściowej

BETON: C25/30 $f_{ck}=25,0$ MPa, $f_{cd}=\alpha \cdot f_{ck} / \gamma_c = 1,00 \times 25,0 / 1,40 = 17,9$ MPa

Cechy geometryczne przekroju betonowego:

 $A_c=720$ cm², $J_{cy}=54000$ cm⁴, $J_{cz}=34560$ cm⁴**STAL: fyk=500** $f_{yk}=500$ MPa, $\gamma_s=1,15$, $f_{yd}=435$ MPa $\xi_{lim}=0,0035 / (0,0035 + f_{yd} / E_s) = 0,0035 / (0,0035 + 435 / 200000) = 0,617$,

Zbrojenie główne:

 $A_{s1}+A_{s2}=6,79$ cm², $\rho=100 (A_{s1}+A_{s2}) / A_c = 100 \times 6,79 / 720 = 0,94$ %, $J_{sy}=882$ cm⁴, $J_{sz}=337$ cm⁴,**Siły przekrojowe:**Obciążenia działające w płaszczyźnie układu: **CW ABC (a)**Momenty zginające: $M_y = -30,098$ kNm, $M_z = 0,000$ kNm,Siły poprzeczne: $V_z = 0,000$ kN, $V_y = 0,000$ kN,Siła osiowa: $N = 0,000$ kN = N_{Eds} .**Zbrojenie wymagane:**

- dla kombinacji [CW ABC (a)] grup obciążeń, dla której suma zbrojenia wymaganego jest największa

Wielkości obliczeniowe:

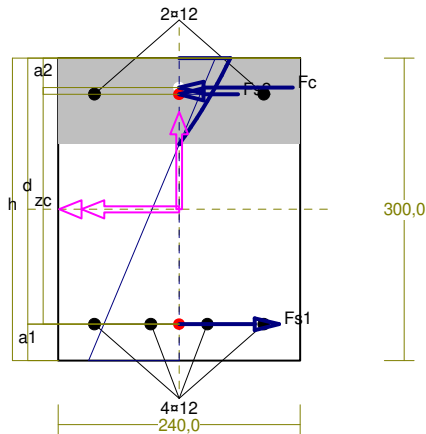
 $N_{Ed}=0,000$ kN, $M_{Ed}=\sqrt{(M_{Edy})^2 + (M_{Edz})^2} = \sqrt{(-30,015^2 + 0,000^2)} = 30,015$ kNm $f_{cd}=17,9$ MPa, $f_{yd}=435$ MPa = f_{td} ,Zbrojenie rozciągane ($\epsilon_{s1}=10,00$ ‰): $A_{s1}=2,78$ cm² $\Rightarrow$ (3 $\varnothing$ 12 = 3,39 cm²),

Dodatkowe zbrojenie ściskane nie jest obliczeniowo wymagane.

 $A_s=A_{s1}+A_{s2}=2,78$ cm², $\rho=100 \times A_s / A_c =$
 $100 \times 2,78 / 720 = 0,39$ %**Wielkości geometryczne [cm]:** $h=30,0$, $d=26,4$, $x=4,3$ ($\xi=0,163$), $a_1=3,6$, $a_c=1,6$, $z_c=24,8$, $A_{cc}=103$ cm², $\epsilon_c=-1,94$ ‰, $\epsilon_{s1}=10,00$ ‰,**Wielkości statyczne [kN, kNm]:** $F_c = -121,035$, $F_{s1} = 121,034$, $M_c = 16,217$, $M_{s1} = 13,798$,**Warunki równowagi wewnętrznej:** $F_c + F_{s1} = -121,035 + (121,034) = -0,001$ kN ($N_{Ed}=0,000$ kN) $M_c + M_{s1} = 16,217 + (13,798) = 30,015$ kNm ($M_{Ed}=30,015$ kNm)

Nośność przekroju prostokątnego:

Obliczenia wykonano dla kombinacji [CW ABC (a)] grup obciążeń, dla której warunek stanu granicznego nośności przekroju jest najniekorzystniejszy



Wielkości obliczeniowe:

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

$$M_{Ed}=\sqrt{(M_{Edy}^2 + M_{Edz}^2)} = \sqrt{(-30,015^2 + 0,000^2)} = 30,015 \text{ kNm}$$

$$f_{cd}=17,9 \text{ MPa}, f_{yd}=435 \text{ MPa} = f_{td},$$

$$\text{Zbrojenie rozciągane: } A_{s1}=4,52 \text{ cm}^2,$$

$$\text{Zbrojenie ściskane: } A_{s2}=2,26 \text{ cm}^2,$$

$$A_s=A_{s1}+A_{s2}=6,79 \text{ cm}^2, \rho=100 \times A_s/A_c = 100 \times 6,79/720=0,94 \%$$

Wielkości geometryczne [cm]:

$$h=30,0, d=26,4, x=8,5 (\xi=0,324),$$

$$a_1=3,6, a_2=3,6, a_c=2,9, z_c=23,5, A_{cc}=205 \text{ cm}^2,$$

$$\varepsilon_c=-0,68 \text{ ‰}, \varepsilon_{s2}=-0,39 \text{ ‰}, \varepsilon_{s1}=1,42 \text{ ‰},$$

Wielkości statyczne [kN, kNm]:

$$F_c = -110,645, F_{s1} = 128,441, F_{s2} = -17,796,$$

$$M_c = 13,344, M_{s1} = 14,642, M_{s2} = 2,029,$$

Warunek stanu granicznego nośności:

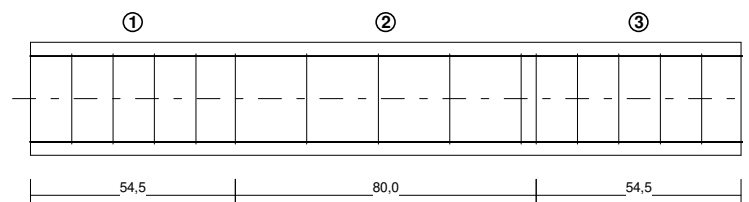
$$M_{Rd} = 47,541 \text{ kNm} > M_{Ed} = M_c + M_{s1} + M_{s2} = 13,344 + (14,642) + (2,029) = 30,015 \text{ kNm}$$

Zbrojenie poprzeczne (strzemiona)

Na całej długości pręta przyjęto strzemiona o średnicy $\phi=8$ mm ze stali $f_{yk}=240$ (265), dla której $f_{ywd} = 209$ MPa.

Minimalny stopień zbrojenia na ścinanie:

$$\rho_{w,min} = 0,08 \sqrt{f_{ck}} / f_{yk} = 0,08 \times \sqrt{25} / 500 = 0,00080$$



Rozstaw strzemiń:

Strefa nr 1

Początek i koniec strefy: $x_a = 0,0$ $x_b = 54,5$ cm

Maksymalny podłużny rozstaw strzemiń dla belek:

$$s_{l,max} = 0,75 d (1 + \cot \alpha) = 0,75 \times 264 \times (1 + 0,000) = 198$$

przyjęto $s_{l,max} = 198$ mm.

Maksymalny poprzeczny rozstaw ramion strzemiń dla belek:

$$s_{b,max} = 0,75 d = 0,75 \times 264 = 198 \quad s_{b,max} \leq 600 \text{ mm}$$

przyjęto $s_{b,max} = 198$ mm.

Maksymalny rozstaw strzemiń dla słupów:

$$s_{cl,max} = 20 \phi = 20 \times 12,0 = 240,0 \text{ mm.}$$

$$s_{cl,max} = \min\{h; b\} = \min\{240,0; 300,0\} = 240,0$$

$$s_{cl,max} \leq 400 \text{ mm}$$

przyjęto $s_{cl,max} = 240,0$ mm.

Na odcinkach w pobliżu połączeń z belkami lub płytami oraz połączeń na zakład należy zastosować mniejszy rozstaw strzemiń $0,6 s_{cl,max} = 144,0$ mm.

Przyjęto strzemiona 2-cięte, prostopadłe do osi pręta o rozstawie **11,0** cm, dla których stopień zbrojenia na ścinanie wynosi:

$$\rho_w = A_{sw} / (s b_w \sin \alpha) = 1,01 / (11,0 \times 24,0 \times 1,000) = 0,00381$$

$$\rho_w = 0,00381 > 0,00080 = \rho_{w,min}$$

Strefa nr 2

Początek i koniec strefy: $x_a = 54,5$ $x_b = 134,5$ cm

Maksymalny podłużny rozstaw strzemiń dla belek:

$$s_{l,max} = 0,75 d (1 + \cot \alpha) = 0,75 \times 264 \times (1 + 0,000) = 198$$

przyjęto $s_{l,max} = 198$ mm.

Maksymalny poprzeczny rozstaw ramion strzemiń dla belek:

$$s_{b,max} = 0,75 d = 0,75 \times 264 = 198 \quad s_{b,max} \leq 600 \text{ mm}$$

przyjęto $s_{b,max} = 198 \text{ mm}$.

Maksymalny rozstawy strzemion dla słupów:

$$s_{cl,max} = 20 \phi = 20 \times 12,0 = 240,0 \text{ mm.}$$

$$s_{cl,max} = \min\{h; b\} = \min\{240,0; 300,0\} = 240,0$$

$$s_{cl,max} \leq 400 \text{ mm}$$

przyjęto $s_{cl,max} = 240,0 \text{ mm}$.

Na odcinkach w pobliżu połączeń z belkami lub płytami oraz połączeń na zakład należy zastosować mniejszy rozstaw strzemion $0,6 s_{cl,max} = 144,0 \text{ mm}$.

Przyjęto strzemiona 2-cięte, prostopadłe do osi pręta o rozstawie **19,0** cm, dla których stopień zbrojenia na ścinanie wynosi:

$$\rho_w = A_{sw} / (s b_w \sin \alpha) = 1,01 / (19,0 \times 24,0 \times 1,000) = 0,00220$$

$$\rho_w = \mathbf{0,00220} > \mathbf{0,00080} = \rho_{w \min}$$

Strefa nr 3

Początek i koniec strefy: $x_a = 134,5 \quad x_b = 189,0 \text{ cm}$

Maksymalny podłużny rozstawy strzemion dla belek:

$$s_{l,max} = 0,75 d (1 + \cot \alpha) = 0,75 \times 264 \times (1 + 0,000) = 198$$

przyjęto $s_{l,max} = 198 \text{ mm}$.

Maksymalny poprzeczny rozstawy ramion strzemion dla belek:

$$s_{b,max} = 0,75 d = 0,75 \times 264 = 198 \quad s_{b,max} \leq 600 \text{ mm}$$

przyjęto $s_{b,max} = 198 \text{ mm}$.

Maksymalny rozstawy strzemion dla słupów:

$$s_{cl,max} = 20 \phi = 20 \times 12,0 = 240,0 \text{ mm.}$$

$$s_{cl,max} = \min\{h; b\} = \min\{240,0; 300,0\} = 240,0$$

$$s_{cl,max} \leq 400 \text{ mm}$$

przyjęto $s_{cl,max} = 240,0 \text{ mm}$.

Na odcinkach w pobliżu połączeń z belkami lub płytami oraz połączeń na zakład należy zastosować mniejszy rozstaw strzemion $0,6 s_{cl,max} = 144,0 \text{ mm}$.

Przyjęto strzemiona 2-cięte, prostopadłe do osi pręta o rozstawie **11,0** cm, dla których stopień zbrojenia na ścinanie wynosi:

$$\rho_w = A_{sw} / (s b_w \sin \alpha) = 1,01 / (11,0 \times 24,0 \times 1,000) = 0,00381$$

$$\rho_w = \mathbf{0,00381} > \mathbf{0,00080} = \rho_{w \min}$$

Ścinanie

Siły przekrojowe:

$$N_{Ed} = 0,000;$$

$$V_{Ed} = -39,812 \text{ kN}$$

Nośność elementów niewymagających zbrojenia na ścinanie:

$$\rho_l = \frac{A_{sl}}{b_w d} = \frac{4,52}{24,0 \times 26,4} = 0,00714; \quad \rho_l \leq 0,02$$

Przyjęto $\rho_l = 0,00714$.

$$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_C = 0,000 / 720,00 \times 10 = 0,00 \text{ MPa} \quad \sigma_{cp} \leq 0,2 f_{cd} = 3,58 \text{ MPa}$$

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

$$k = 1 + \sqrt{200/d} = 1 + \sqrt{200/264,0} = 1,870 \quad k \leq 2,0$$

Przyjęto $k = 1,870$

$$C_{Rd,c} = 0,18 / \gamma_c = 0,18 / 1,4 = 0,129$$

$$v_{min} = 0,035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2} = 0,035 \times 1,870^{3/2} \times 25^{1/2} = 0,448$$

$$V_{Rd,c} = [C_{Rd,c} k (100 \rho_l f_{ck})^{1/3} + k_1 \sigma_{cp}] b_w d =$$

$$= [0,129 \times 1,870 \times (100 \times 0,00714 \times 25)^{1/3} + 0,15 \times 0,00] \times 24,0 \times 26,4 \times 10^{-1} = 39,820 \text{ kN}$$

lecz nie mniej niż

$$V_{Rd,c} = (v_{min} + k_1 \sigma_{cp}) b_w d = (0,448 + 0,15 \times 0,00) \times 24,0 \times 26,4 \times 10^{-1} = 28,363 \text{ kN}$$

Przyjęto $V_{Rd,c} = 39,820 \text{ kN}$

$$V_{Ed} = \mathbf{39,812} < \mathbf{39,820} = V_{Rd,c}$$

Nośność zbrojenia podłużnego

Sprawdzenie siły przenoszanej przez zbrojenie rozciągane dla $x = 1,358 \text{ m}$:

$$\Delta F_{td} = 0,5 |V_{Ed}| (\cot \theta - \cot \alpha) = 0,5 \times 27,869 \times (1,997 - 0,000) = 27,869 \text{ kN}$$

Sumaryczna siła w zbrojeniu rozciągającym:

$$F_{td} = F_{td,m} + \Delta F_{td} = 103,959 + 27,869 = 131,828 \text{ kN};$$

$$F_{td} \leq F_{td,max} = 128,801 \text{ kN}$$

Przyjęto $F_{td} = 128,801 \text{ kN}$

$$F_{td} = 128,801 < 196,691 = 4,52 \times 435 \times 10^{-1} = A_s f_{yd}$$

Ograniczenie naprężeń (SGU)

Ograniczenie naprężeń w betonie od charakterystycznej kombinacji obciążeń ze względu na możliwość wystąpienia rys podłużnych, mikrorys i wysokiego pęcznienia:

$$\sigma_{ck} = 7,611 < 25,000 = 1,00 \times 25,0 = k_1 f_{ck}$$

Ograniczenie naprężeń w betonie od quasi-stałej kombinacji obciążeń ze względu na możliwość wystąpienia pęcznienia nieliniowego:

$$\sigma_{cqs} = 7,611 < 11,250 = 0,45 \times 25,0 = k_2 f_{ck}$$

Ograniczenie naprężeń rozciągających w zbrojeniu od charakterystycznej kombinacji obciążeń ze względu na możliwość wystąpienia niedopuszczalnego zarysowania lub deformacji:

$$\sigma_{sk} = 196,956 < 400,000 = 0,80 \times 500 = k_3 f_{yk}$$

Zarysowanie

Położenie przekroju:

$$x = 0,945 \text{ m}$$

Siły przekrojowe od obc. quasi-stałych:

$$M_{Ed} = 21,450 \text{ kNm}$$

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

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

Wymiary przekroju:

$$b_w = 24,0 \text{ cm}$$

$$d = h - a_1 = 30,0 - 3,6 = 26,4 \text{ cm}$$

$$A_c = 720 \text{ cm}^2$$

$$W_c = 3600 \text{ cm}^3$$

Minimalne zbrojenie:

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

$$\sigma_c = N_{Ed} / bh = 0,000 / (24,0 \times 30,0) \times 10 = 0,000 \text{ Mpa}$$

$$k_c = 0,4 \left(1 - \frac{\sigma_c}{k_1 h / h^* f_{ct,eff}} \right) = 0,4 \times [1 - 0,000 / (0,800 \times 30,0 / 30,0 \times 2,60)] = 0,400; \quad k_c \leq 1,0$$

$$A_{s,min} = k_c k f_{ct,eff} A_{ct} / \sigma_s = \\ = 0,400 \times 1,0 \times 2,60 \times 360 / 500 = 0,75 \text{ cm}^2$$

$$A_s = 4,52 > 0,75 = A_{s,min}$$

Zarysowanie:

$$M_{cr} = f_{ctm} W_c = 2,6 \times 3600 \times 10^{-3} = 9,360 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed} = 21,450 > 9,360 = M_{cr}$$

Przekrój zarysowany.

Szerokość rozwarcia rysy prostopadłej do osi pręta:

Przyjęto $k_2 = 0,500$.

$$\rho_{p,eff} = A_s / A_{c,eff} = 4,52 / 161 = 0,02811$$

Dla rozstawu prętów zbrojenia wynoszącego 56 mm, który jest nie większy niż $5(c + \phi/2)$

$$s_{r,max} = k_3 c + k_1 k_2 k_4 \phi / \rho_{p,eff} = 3,400 \times 30,0 + 0,800 \times 0,500 \times 0,425 \times 12 / 0,02811 = 174,58 \text{ mm}$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = [\sigma_s - k_t f_{ct,eff} / \rho_{p,eff} (1 + \alpha_e \rho_{p,eff})] / E_s = \\ = [205,7 - 0,400 \times 2,60 / 0,02811 \times (1 + 200000 / 31000 \times 0,02811)] / 200000 = 0,00081$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} \leq 0,6 \sigma_s / E_s = 0,6 \times 205,7 / 200000 = 0,00062$$

Przyjęto $\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0,00081$.

$$w_k = s_{r,max} (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = 174,58 \times 0,00081 = 0,14 \text{ mm}$$

$$w_k = 0,14 < 0,4 = w_{lim}$$

Ugięcia

Ugięcia wyznaczono dla obciążeń quasi-stałych.

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

$$E_{c,eff} = \frac{E_{cm}}{1 + \phi(\infty, t_0)} = \frac{31000}{1 + 2,000} = 10333 \text{ MPa}$$

Moment rysujący:

$$M_{cr} = f_{ctm} W_c = 2,6 \times 3600 \times 10^{-3} = 9,360 \text{ kNm}$$

Całkowity moment zginający $M_{Ed} = 21,450 \text{ kN}$ powoduje zarysowanie przekroju.

Sztywność elementu z uwzględnieniem pełzania betonu:

Sztywność na zginanie wyznaczona dla momentu $M = 21,450 \text{ kNm}$.

Wielkości geometryczne przekroju:

$$x_I = 15,6 \text{ cm} \quad I_I = 70776 \text{ cm}^4$$

$$x_{II} = 9,9 \text{ cm} \quad I_{II} = 33338 \text{ cm}^4$$

Sztywność elementu niezarysowanego:

$$B_I = E_{c,eff} I_I = 10333 \times 70776 \times 10^{-5} = 7314 \text{ kNm}^2$$

Sztywność elementu w pełni zarysowanego:

$$B_{II} = E_{c,eff} I_{II} = 10333 \times 33338 \times 10^{-5} = 3445 \text{ kNm}^2$$

Sztywność elementu:

$$\zeta = 1 - \beta (\sigma_{sr} / \sigma_s)^2 = 1 - \beta (M_{cr} / M)^2 = 1 - 0,50 \times (9,360 / 21,450)^2 = 0,905$$

$$1/B = \zeta 1/B_{II} + (1-\zeta) 1/B_I$$

$$B = \frac{B_{II}}{\zeta + (1-\zeta) B_{II} / B_I} = \frac{3445}{0,905 + (1-0,905) \times 3445 / 7314} = 3628 \text{ kNm}^2$$

Ugięcie w punkcie o współrzędnej $x = 0,945 \text{ m}$, wyznaczone poprzez całkowanie funkcji krzywizny osi pręta ($1/p$) z uwzględnieniem zmiany sztywności wzdłuż osi elementu, wynosi:

$$a = a_{\infty,d} = 2,1 \text{ mm}$$

$$a = 2,1 < 7,6 = a_{lim}$$