

IV. OBLICZENIA

RAMPA

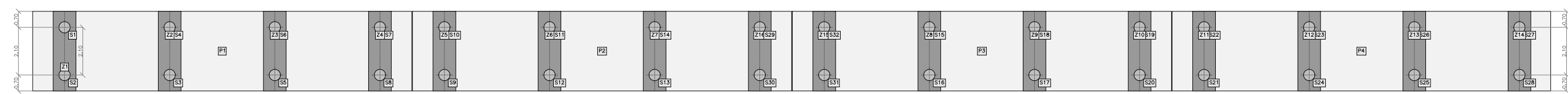
- obciążenie równomiernie rozłożone 15kN/m²

1. Dane konstrukcji

1.1. Dane płyt

Symbol	Grubość	Pole powierzchni	Poziom pł. środk.	Materiał
1	400mm	58,28m2	-0,20m	B45
2	400mm	58,28m2	0,00m	B45
3	400mm	58,28m2	0,00m	B45
4	400mm	58,17m2	0,00m	B45

1.2. Model konstrukcyjny



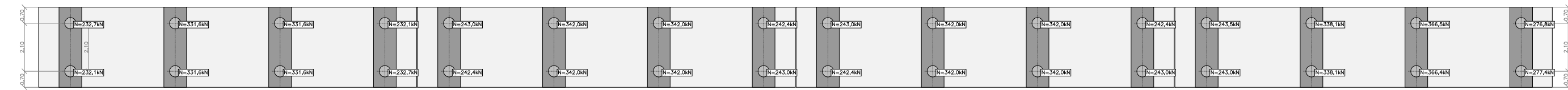
1.3. Lista materiałów

beton B45		Gęstość	$\rho =$	2500 kg/m3
Wytrzymałość gwarantowana na ściskanie	$f_{c,cube}^G = 45 \text{ MPa}$	stal A-IIIIN		
Wytrzymałość obliczeniowa na ściskanie	$f_{cd} = 23,3 \text{ MPa}$			
Moduł Younga	$E = 34 \text{ GPa}$			
Współczynnik Poissona	$\nu = 0,2$			
Współczynnik rozszerzalności term.	$\alpha_T = 0,000010 \text{ 1/K}$			
		Obliczeniowa granica plastyczności	$f_{yd} = 420 \text{ MPa}$	
		Moduł Younga	$E = 200 \text{ GPa}$	
		Gęstość	$\rho = 7810 \text{ kg/m3}$	

2. Analiza

2.1. Słupy - reakcje

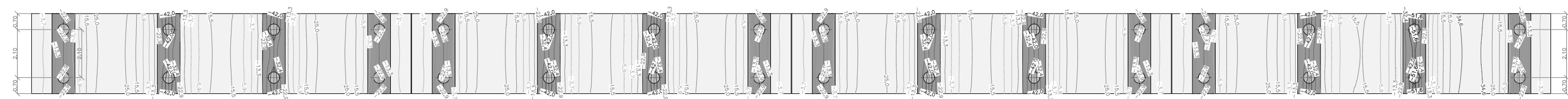
Siła N - Wartości maksymalne - (obc. obliczeniowe) Skala rys. 1:200



3. Analiza stanu granicznego użytkowości (wg PN-B-03264:2002)

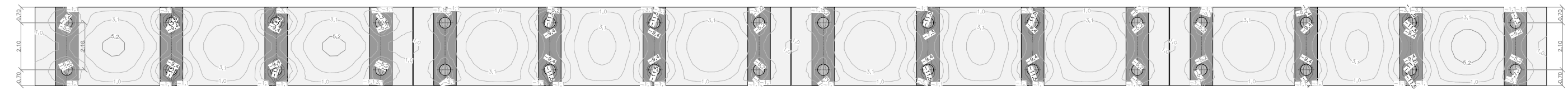
3.1. Płyty - SGU - momenty zginające Mx

[kNm/m] - (obc. charakterystyczne, długotrwałe, dla grup obc.: c.własny, A, B, C, D, E, F) Skala rys. 1:200



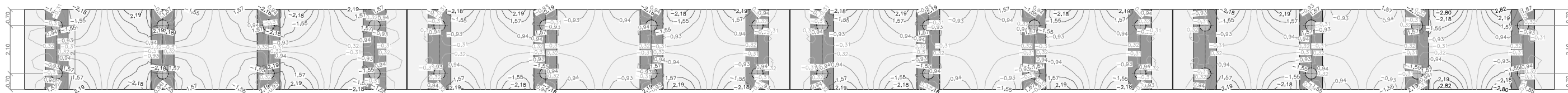
3.2. Płyty - SGU - momenty zginające My

[kNm/m] - (obc. charakterystyczne, długotrwałe, dla grup obc.: c.własny, A, B, C, D, E, F) Skala rys. 1:200



3.3. Płyty - SGU - momenty skręcające Mxy

[kNm/m] - (obc. charakterystyczne, długotrwałe, dla grup obc.: c.własny, A, B, C, D, E, F) Skala rys. 1:200



PŁYTA SCHODÓW

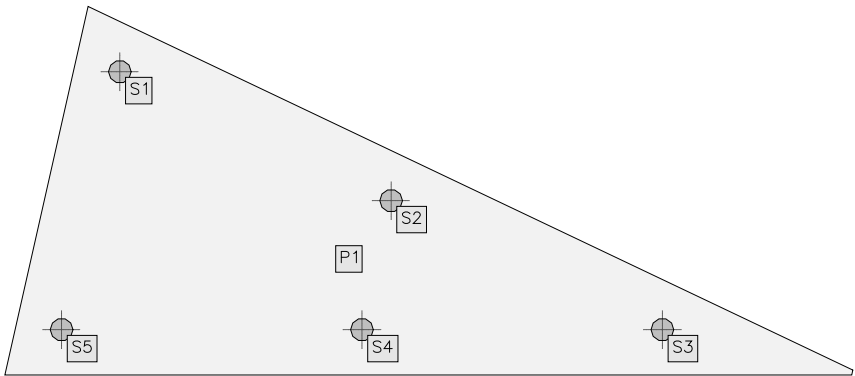
- obciążenie równomiernie rozłożone 5kN/m²

1. Dane konstrukcji

1.1. Dane płyt

Symbol	Grubość	Pole powierzchni	Poziom pł. środk.	Materiał
1	220mm	27 , 69m2	0 , 00m	B45

1.2. Model konstrukcyjny



1.3. Lista materiałów

beton B45

Wytrzymałość gwarantowana na ściskanie	$f_{c,cube}^G = 45 \text{ MPa}$
Wytrzymałość obliczeniowa na ściskanie	$f_{cd} = 23,3 \text{ MPa}$
Moduł Younga	$E = 34 \text{ GPa}$
Współczynnik Poissona	$\nu = 0,2$
Współczynnik rozszerzalności term.	$\alpha_T = 0,000010 \text{ 1/K}$
Gęstość	$\rho = 2500 \text{ kg/m}^3$

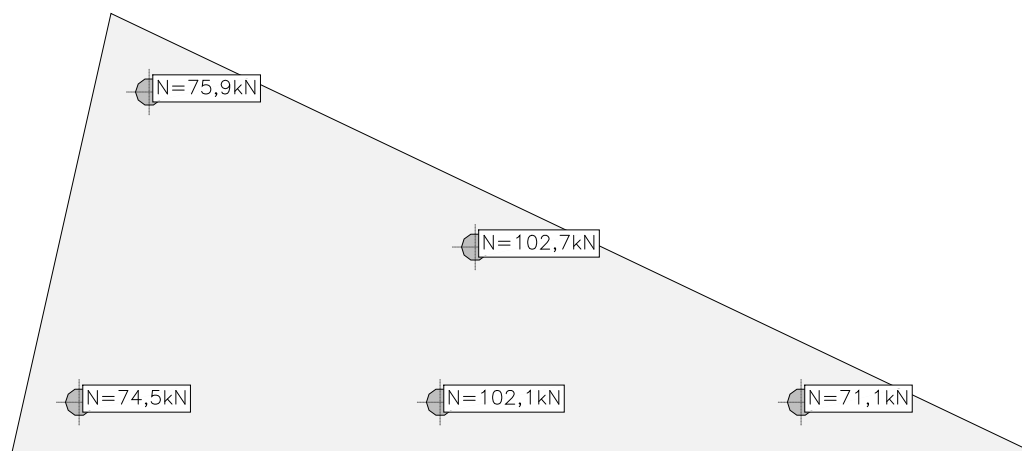
stal A-IIIIN

Obliczeniowa granica plastyczności	$f_{yd} = 420 \text{ MPa}$
Moduł Younga	$E = 200 \text{ GPa}$
Gęstość	$\rho = 7810 \text{ kg/m}^3$

2. Analiza

2.1. Słupy - reakcje

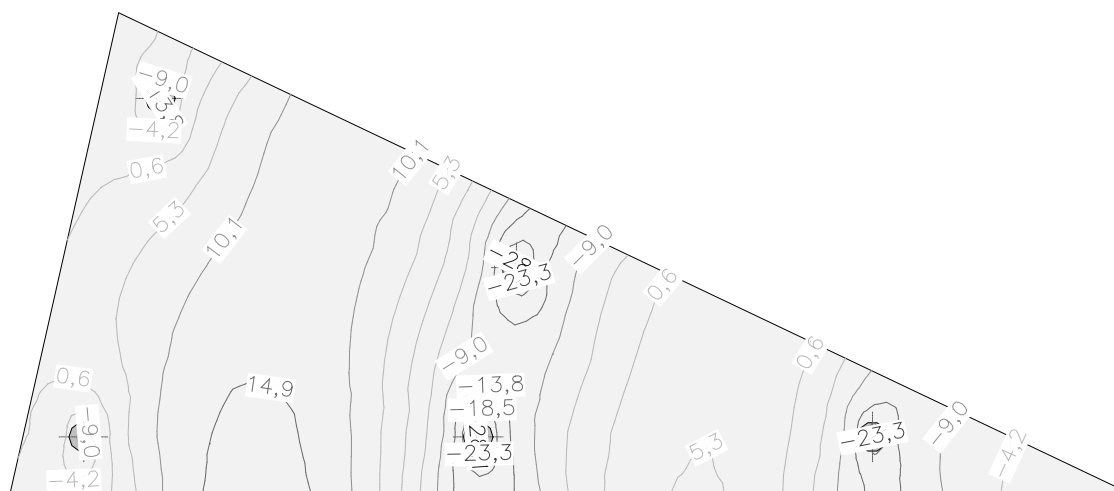
Siła N - Wartości maksymalne - (obc. obliczeniowe) Skala rys. 1:100



3. Analiza stanu granicznego użytkowości (wg PN-B-03264:2002)

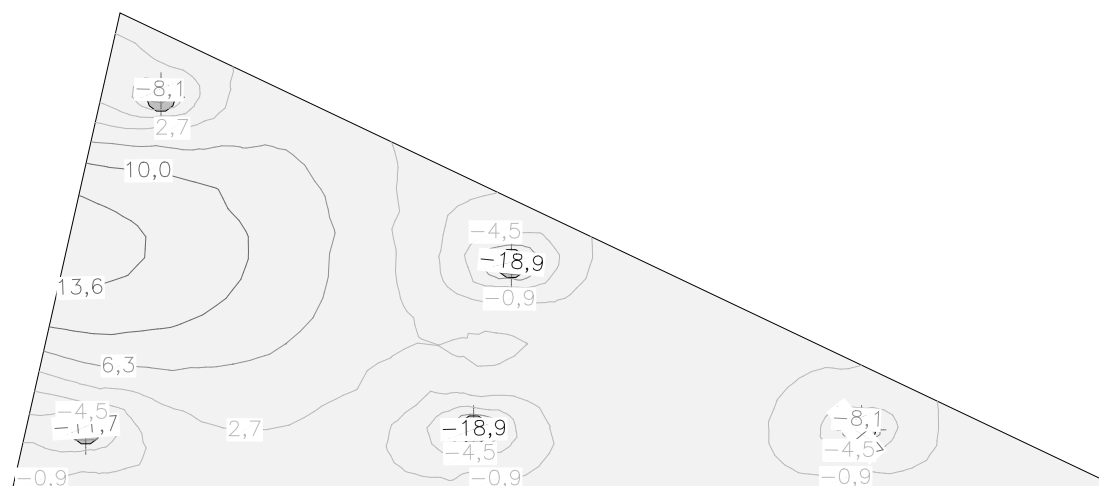
3.1. Płyty - SGU - momenty zginające M_x

[kNm/m] - (obc. charakterystyczne, długotrwałe, dla grup obc.: c.własny, A, B) Skala rys. 1:100



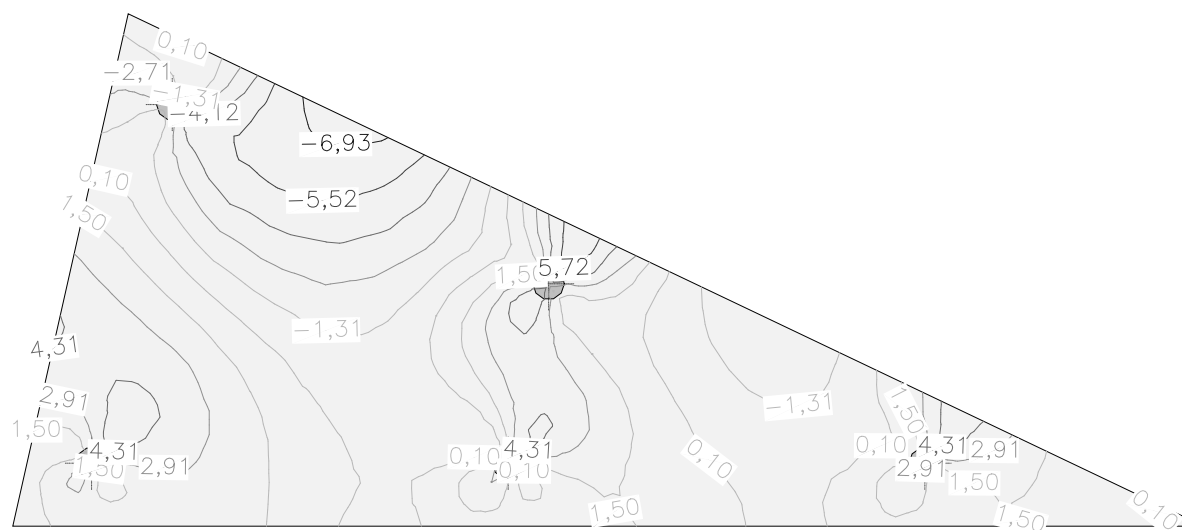
3.2. Płyty - SGU - momenty zginające M_y

[kNm/m] - (obc. charakterystyczne, długotrwałe, dla grup obc.: c.własny, A, B) Skala rys. 1:100



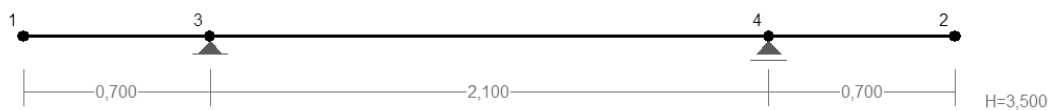
3.3. Płyty - SGU - momenty skręcające M_{xy}

[kNm/m] - (obc. charakterystyczne, długotrwałe, dla grup obc.: c.własny, A, B) Skala rys. 1:100



NAZWA: belka poprzeczna płyty

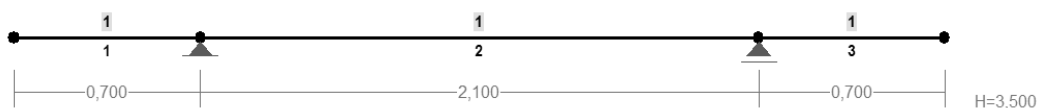
WEZŁY:



WEZŁY:

Nr:	X [m]:	Y [m]:
1	0,000	0,000
2	3,500	0,000
3	0,700	0,000
4	2,800	0,000

PRZEKROJE PRĘTÓW:



PRĘTY UKŁADU:

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

Pręt:	Typ:	A:	B:	Lx[m]:	Ly[m]:	L[m]:	Red.EJ:	Przekrój:
1	00	1	3	0,700	0,000	0,700	1,000	1 B 65,0x100,0
2	00	3	4	2,100	0,000	2,100	1,000	1 B 65,0x100,0
3	00	4	2	0,700	0,000	0,700	1,000	1 B 65,0x100,0

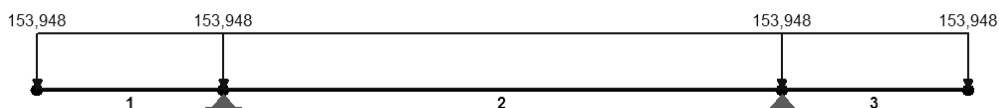
WIELKOŚCI PRZEKROJOWE:

Nr.	A[cm2]	Ix[cm4]	Iy[cm4]	Wg[cm3]	Wd[cm3]	h[cm]	Materiał:
1	6500,0	5416667	2288542	70417	70417	65,0	22 B45

STAŁE MATERIAŁOWE:

Materiał:	Moduł E: [kN/mm2]	Napręż.gr.: [N/mm2]	AlfaT: [1/K]
22 B45	34	23,300	1,00E-05

OBCIĄŻENIA:



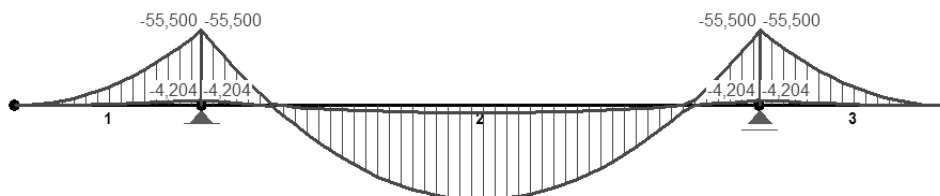
OBCIĄŻENIA: ([kN], [kNm], [kN/m])

Pręt:	Rodzaj:	Kąt:	P1 (Tg):	P2 (Td):	a[m]:	b[m]:
Grupa: A	"			Zmienne	$\gamma_f = 1,36$	
1	Liniowe	0,0	153,948	153,948	0,00	0,70

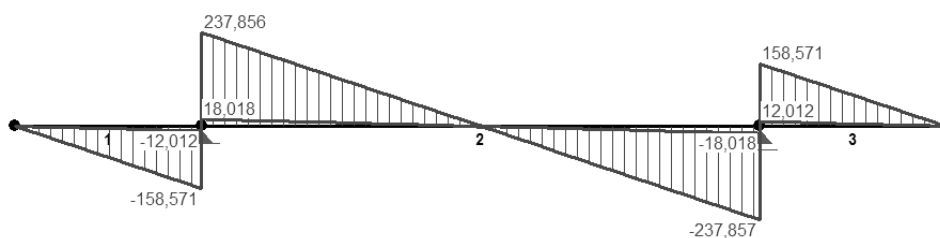
2	Liniowe	0,0	153,948	153,948	0,00	2,10
3	Liniowe	0,0	153,948	153,948	0,00	0,70

W Y N I K I
Teoria I-go rzędu
Kombinatoryka obciążeń

MOMENTY-OBWIEDNIE:



TNĄCE-OBWIEDNIE:



SIŁY PRZEKROJOWE - WARTOŚCI EKSTREMALNE: T.I rzędu
Obciążenia obl.: Ciężar wł.+"Kombinacja obciążeń"

Pręt:	x[m]:	M[kNm]:	Q[kN]:	N[kN]:	Kombinacja obciążeń:
1	0,000	-0,000*	0,000	0,000	
	0,700	-55,500*	-158,571	0,000	A
	0,700	-55,500	-158,571*	0,000	A
	0,700	-55,500	-158,571	0,000*	A
	0,000	0,000	0,000	0,000*	A
	0,700	-55,500	-158,571	0,000*	A
	0,000	0,000	0,000	0,000*	A
2	1,050	69,375*	-0,000	0,000	A
	0,000	-55,500*	237,856	0,000	A
	0,000	-55,500	237,856*	0,000	A
	0,000	-55,500	237,856	0,000*	A
	1,050	69,375	-0,000	0,000*	A
	0,000	-55,500	237,856	0,000*	A
	1,050	69,375	-0,000	0,000*	A
3	0,700	-0,000*	0,000	0,000	
	0,000	-55,500*	158,571	0,000	A
	0,000	-55,500	158,571*	0,000	A
	0,000	-55,500	158,571	0,000*	A
	0,700	-0,000	0,000	0,000*	A
	0,000	-55,500	158,571	0,000*	A
	0,700	-0,000	0,000	0,000*	A

* = Wartości ekstremalne

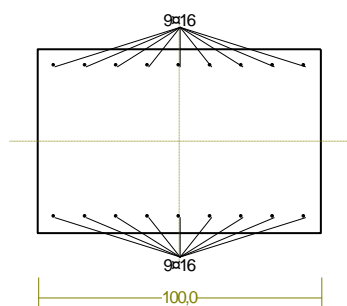
REAKCJE - WARTOŚCI EKSTREMALNE: T.I rzędu
Obciążenia obl.: Ciężar wł.+"Kombinacja obciążeń"

Węzeł:	H [kN]:	V [kN]:	R [kN]:	M [kNm]:	Kombinacja obciążeń:
3	0,000*	396,427	396,427		A
	0,000*	30,030	30,030		
	0,000	396,427*	396,427		A
	0,000	30,030*	30,030		
	0,000	396,427	396,427*		A
4	0,000*	396,428	396,428		A
	0,000*	30,030	30,030		
	0,000	396,428*	396,428		A
	0,000	30,030*	30,030		
	0,000	396,428	396,428*		A

* = Wartości ekstremalne

Cechy przekroju:

zadanie belka poprzeczna płyty, pręt nr 2, przekrój: $x_a=1,05$ m, $x_b=1,05$ m



Wymiary przekroju [cm]:

$h=65,0$, $b=100,0$,

Cechy materiałowe dla sytuacji stałej lub przejściowej

BETON: B45

$f_{ck}=35,0$ MPa, $f_{cd}=\alpha \cdot f_{ck}/\gamma_c=1,00 \times 35,0/1,50=23,3$ MPa

Cechy geometryczne przekroju betonowego:

$A_c=6500$ cm², $J_{cx}=2288542$ cm⁴, $J_{cy}=5416667$ cm⁴

STAL: A-IIIIN (RB 500)

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

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

Zbrojenie główne:

$A_{s1}+A_{s2}=36,19$ cm², $\rho=100 (A_{s1}+A_{s2})/A_c=100 \times 36,19/6500=0,56$ %,

$J_{sx}=25800$ cm⁴, $J_{sy}=29460$ cm⁴,

Siły przekrojowe:

zadanie: belka poprzeczna płyty, pręt nr 2, przekrój: $x_a=1,05$ m, $x_b=1,05$ m

Obciążenia działające w płaszczyźnie układu: A

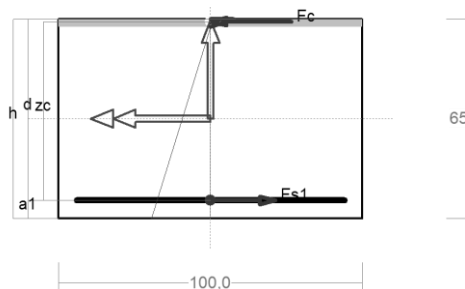
Momenty zginające: $M_x = -69,375$ kNm, $M_y = 0,000$ kNm,

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

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

Zbrojenie wymagane:

(zadanie belka poprzeczna płyty, pręt nr 2, przekrój: $x_a=0,99$ m, $x_b=1,11$ m)



Wielkości obliczeniowe:

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

$M_{sd}=\sqrt{(M_{sdx})^2 + (M_{sdy})^2} = \sqrt{(-69,029)^2 + 0,000^2}$
 $=69,029$ kNm

$f_{cd}=23,3$ MPa, $f_{yd}=420$ MPa = f_{id} ,

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

$A_{s1}=2,82$ cm² < min $A_{s1}=8,88$ cm², przyjęto

$A_{s1}=8,88$ cm², $\Rightarrow (5\phi 16 = 10,05$ cm²),

Dodatkowe zbrojenie ściskane nie jest obliczeniowo wymagane.

$$A_s = A_{s1} + A_{s2} = 2,82 \text{ cm}^2, \rho = 100 \times A_s / A_c = 100 \times 2,82 / 6500 = 0,04 \%$$

Wielkości geometryczne [cm]:

$$\begin{aligned} h &= 65,0, \quad d = 59,2, \quad x = 2,5 \quad (\xi = 0,042), \\ a_1 &= 5,8, \quad a_c = 0,8, \quad z_c = 58,4, \quad A_{cc} = 249 \text{ cm}^2, \\ \varepsilon_c &= -0,44 \text{ ‰}, \quad \varepsilon_{s1} = 10,00 \text{ ‰}, \end{aligned}$$

Wielkości statyczne [kN, kNm]:

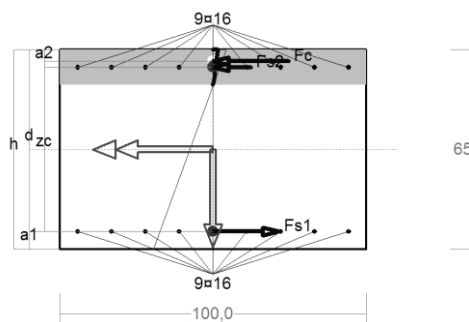
$$\begin{aligned} F_c &= -118,296, \quad F_{s1} = 118,296, \\ M_c &= 37,444, \quad M_{s1} = 31,585, \end{aligned}$$

Warunki równowagi wewnętrznej:

$$\begin{aligned} F_c + F_{s1} &= -118,296 + (118,296) = -0,000 \text{ kN} \quad (N_{sd} = 0,000 \text{ kN}) \\ M_c + M_{s1} &= 37,444 + (31,585) = 69,029 \text{ kNm} \quad (M_{sd} = 69,029 \text{ kNm}) \end{aligned}$$

Nośność przekroju prostokątnego:

zadanie belka poprzeczna płyty, pręt nr 2, przekrój: $x_a = 1,11 \text{ m}$, $x_b = 0,99 \text{ m}$



Wielkości obliczeniowe:

$$\begin{aligned} N_{sd} &= 0,000 \text{ kN}, \\ M_{sd} &= \sqrt{(M_{sdx})^2 + (M_{sdy})^2} = \sqrt{(-69,029)^2 + 0,000^2} \\ &= 69,029 \text{ kNm} \\ f_{cd} &= 23,3 \text{ MPa}, \quad f_{yd} = 420 \text{ MPa} = f_{td}, \\ \text{Zbrojenie rozciągane: } A_{s1} &= \mathbf{18,10 \text{ cm}^2}, \\ \text{Zbrojenie ściskane: } A_{s2} &= \mathbf{18,10 \text{ cm}^2}, \\ A_s &= A_{s1} + A_{s2} = 36,19 \text{ cm}^2, \quad \rho = 100 \times A_s / A_c = \\ &= 100 \times 36,19 / 6500 = 0,56 \% \end{aligned}$$

Wielkości geometryczne [cm]:

$$\begin{aligned} h &= 65,0, \quad d = 59,2, \quad x = 11,5 \quad (\xi = 0,194), \\ a_1 &= 5,8, \quad a_2 = 5,8, \quad a_c = 3,8, \quad z_c = 55,4, \quad A_{cc} = 1150 \text{ cm}^2, \\ \varepsilon_c &= -0,08 \text{ ‰}, \quad \varepsilon_{s2} = -0,04 \text{ ‰}, \quad \varepsilon_{s1} = 0,35 \text{ ‰}, \end{aligned}$$

Wielkości statyczne [kN, kNm]:

$$\begin{aligned} F_c &= -110,264, \quad F_{s1} = 125,236, \quad F_{s2} = -14,972, \\ M_c &= 31,593, \quad M_{s1} = 33,438, \quad M_{s2} = 3,997, \end{aligned}$$

Warunek stanu granicznego nośności:

$$M_{Rd} = \mathbf{431,279 \text{ kNm}} > M_{sd} = M_c + M_{s1} + M_{s2} = 31,593 + (33,438) + (3,997) = \mathbf{69,029 \text{ kNm}}$$

Zbrojenie poprzeczne (strzemiona)

zadanie belka poprzeczna płyty, pręt nr 2

Na całej długości pręta przyjęto strzemiona o średnicy $\phi = 8 \text{ mm}$ ze stali A-IIIN, dla której $f_{ywd} = 420 \text{ MPa}$.

Minimalny stopień zbrojenia na ścinanie:

$$\rho_{w,min} = 0,08 \sqrt{f_{ck}} / f_{yk} = 0,08 \times \sqrt{35} / 500 = 0,00095$$

Rozstaw strzemion:

Strefa nr 1

Początek i koniec strefy: $x_a = 0,0$ $x_b = 105,0 \text{ cm}$

Maksymalny rozstaw strzemion – wymagania dla belek:

$$\begin{aligned} s_{max} &= 0,75 d = 0,75 \times 592 = 444 \quad s_{max} \leq 400 \text{ mm} \\ \text{przyjęto } s_{max} &= 400 \text{ mm}. \end{aligned}$$

Ze względu na pręty ściskane $s_{max} = 15 \phi = 15 \times 16,0 = 240,0 \text{ mm}$.

Maksymalny rozstaw strzemion – wymagania dla słupów:

$$\begin{aligned} s_{max} &= \min\{h; b\} = \min\{1000,0; 650,0\} = 650,0 \quad s_{max} \leq 400 \text{ mm} \\ \text{przyjęto } s_{max} &= 400,0 \text{ mm}. \end{aligned}$$

Ze względu na zbrojenie $s_{max} = 15 \phi = 15 \times 16,0 = 240,0 \text{ mm}$.

Przyjęto strzemiona 4-cięte, prostopadłe do osi pręta o rozstawie **16,0** cm, dla których stopień zbrojenia na ścinanie wynosi:

$$\rho_w = A_{sw} / (s b_w \sin \alpha) = 2,01 / (16,0 \times 100,0 \times 1,000) = 0,00126$$

$$\rho_w = \mathbf{0,00126} > \mathbf{0,00095} = \rho_{w \min}$$

Strefa nr 2

Początek i koniec strefy: $x_a = 105,0$ $x_b = 210,0$ cm

Maksymalny rozstawy strzemion – wymagania dla belek:

$$s_{\max} = 0,75 d = 0,75 \times 592 = 444 \quad s_{\max} \leq 400 \text{ mm}$$

przyjęto $s_{\max} = 400$ mm.

Ze względu na pręty ściskane $s_{\max} = 15 \phi = 15 \times 16,0 = 240,0$ mm.

Maksymalny rozstawy strzemion – wymagania dla słupów:

$$s_{\max} = \min\{h; b\} = \min\{1000,0; 650,0\} = 650,0 \quad s_{\max} \leq 400 \text{ mm}$$

przyjęto $s_{\max} = 400,0$ mm.

Ze względu na zbrojenie $s_{\max} = 15 \phi = 15 \times 16,0 = 240,0$ mm.

Przyjęto strzemiona 4-cięte, prostopadłe do osi pręta o rozstawie **16,0** cm, dla których stopień zbrojenia na ścinanie wynosi:

$$\rho_w = A_{sw} / (s b_w \sin \alpha) = 2,01 / (16,0 \times 100,0 \times 1,000) = 0,00126$$

$$\rho_w = \mathbf{0,00126} > \mathbf{0,00095} = \rho_{w \min}$$

Ścinanie

zadanie belka poprzeczna płyty, pręt nr 2.

Przyjęto podparcie lub obciążenie pośrednie.

Odcinek nr 2

Początek i koniec odcinka: $x_a = 105,0$ $x_b = 210,0$ cm

Siły przekrojowe: $N_{Sd} = 0,000$;

$$V_{Sd \max} = -237,856 \text{ kN}$$

Rodzaj odcinka:

$$\rho_L = \frac{A_{sL}}{b_w d} = \frac{18,10}{100,0 \times 59,2} = 0,00306; \quad \rho_L \leq 0,01$$

Przyjęto $\rho_L = 0,00306$.

$$\sigma_{cp} = N_{Sd} / A_C = -0,000 / 6712,89 \times 10 = -0,00 \text{ MPa} \quad \sigma_{cp} \leq 0,2 f_{cd}$$

Przyjęto $\sigma_{cp} = -0,00$ MPa.

$$V_{Rd1} = [0,35 k f_{ctd} (1,2 + 40 \rho_L) + 0,15 \sigma_{cp}] b_w d =$$

$$= [0,35 \times 1,01 \times 1,50 \times (1,2 + 40 \times 0,00306) + 0,15 \times -0,00] \times 100,0 \times 59,2 \times 10^{-1} = 415,070 \text{ kN}$$

$$V_{Sd} = 237,856 < 415,070 = V_{Rd1}$$

Nośność odcinka I-go rodzaju:

$$V_{Sd} = \mathbf{237,856} < \mathbf{415,070} = V_{Rd1}$$

$$v = 0,6 (1 - f_{ck} / 250) = 0,6 \times (1 - 35 / 250) = 0,516$$

$$V_{Rd2} = 0,5 v f_{cd} b_w z = 0,5 \times 0,516 \times 23,3 \times 100,0 \times 55,4 \times 10^{-1} = 3327,444 \text{ kN}$$

$$V_{Sd} = \mathbf{237,856} < \mathbf{3327,444} = V_{Rd2}$$

Nośność zbrojenia podłużnego

Sprawdzenie siły przenoszanej przez zbrojenie rozciągane dla $x = 0,525$ m:

$$\Delta F_{td} = 0,5 |V_{Sd}| (\cot \theta - V_{Rd32} / V_{Rd3} \cot \alpha) = 0,5 \times 118,928 \times (1,000) = 59,464 \text{ kN}$$

Sumaryczna siła w zbrojeniu rozciągającym:

$$F_{td} = F_{td,m} + \Delta F_{td} = 69,206 + 59,464 = 128,670 \text{ kN};$$

$$F_{td} \leq F_{td,max} = 125,864 \text{ kN}$$

Przyjęto $F_{td} = 125,864 \text{ kN}$

$$F_{td} = 125,864 < 760,014 = 18,10 \times 420 \times 10^{-1} = A_s f_{yd}$$

Zarysowanie

zadanie belka poprzeczna płyty, pręt nr 2,

Położenie przekroju:

$$x = 0,525 \text{ m}$$

Siły przekrojowe od obc. długotrwałych:

$$M_{Sd} = 28,558 \text{ kNm}$$

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

$$V_{Sd} = 89,013 \text{ kN}$$

Wymiary przekroju:

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

$$d = h - a_l = 65,0 - 5,8 = 59,2 \text{ cm}$$

$$A_c = 6500 \text{ cm}^2$$

$$W_c = 70417 \text{ cm}^3$$

Minimalne zbrojenie:

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

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

$$= 0,4 \times 1,0 \times 3,2 \times 3250 / 240 = 17,33 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1} = 18,10 > 17,33 = A_s$$

Zarysowanie:

$$M_{cr} = f_{ctm} W_c = 3,2 \times 70417 \times 10^{-3} = 225,333 \text{ kNm}$$

$$M_{Sd} = 28,558 < 225,333 = M_{cr}$$

Przekrój niezarysowany.

Szerokość rozwarcia rysy ukośnej:

Rysy ukośne nie występują.

Ugięcia

zadanie belka poprzeczna płyty, pręt nr 2

Ugięcia wyznaczono dla charakterystycznych obciążeń długotrwałych.

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

$$E_{c,eff} = \frac{E_{cm}}{1 + \phi(t, t_0)} = \frac{34000}{1 + 2,00} = 11333 \text{ MPa}$$

$$\text{Moment rysujący: } M_{cr} = f_{ctm} W_c = 3,2 \times 70417 \times 10^{-3} = 225,333 \text{ kNm}$$

Całkowity moment zginający $M_{Sd} = 51,924 \text{ kN}$ nie powoduje zarysowania przekroju.

Sztywność dla długotrwałego działania obciążeń długotrwałych:

Sztywność na zginanie wyznaczona dla momentu $M_{Sd} = 51,924 \text{ kNm}$.

Wielkości geometryczne przekroju: $x_l = 32,5 \text{ cm}$ $I_l = 2743841 \text{ cm}^4$

$$B = E_{c,eff} I_l = 11333 \times 2743841 \times 10^{-5} = 310969 \text{ kNm}^2$$

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

$$a = a_{\infty,d} = 0,1 \text{ mm}$$

$$a = 0,1 < 14,0 = a_{lim}$$