

9.0. Wspornik podtrzymujący schody górne płytowe

OBCIĄŻENIA:



OBCIĄŻENIA: ([kN], [kNm], [kN/m])

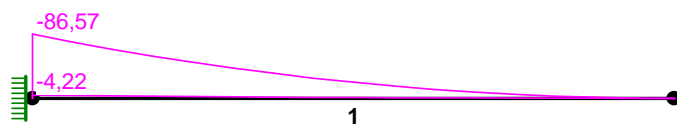
Pręt:	Rodzaj:	Kąt:	P1(Tg):	P2(Td):	a[m]:	b[m]:
Grupa: A	" "			Zmienne	$\gamma_f = 1,10$	
1	Liniowe	0,0	55,00	55,00	0,00	1,65

=====

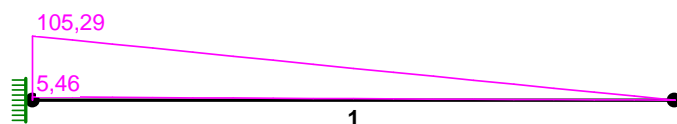
W Y N I K I
Teoria I-go rzędu
Kombinatoryka obciążeń

=====

MOMENTY-OBWIEDNIE:



TNĄCE-OBWIEDNIE:



NORMALNE-OBWIEDNIE: brak

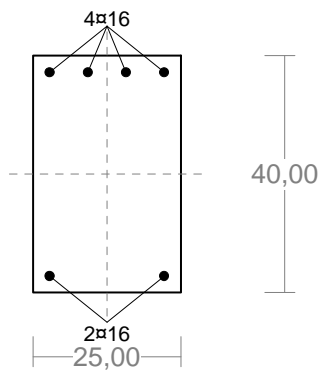
SIŁY PRZEKROJOWE - WARTOŚCI EKSTREMALNE: T.I rzędu
 Obciążenia obl.: Ciężar wł.+"Kombinacja obciążeń"

Pręt:	x[m]:	M[kNm]:	Q[kN]:	N[kN]:	Kombinacja obciążeń:
1	1,650	0,00*	0,00	0,00	
	0,000	-86,57*	105,29	0,00	A
	0,000	-86,57	105,29*	0,00	A
	0,000	-86,57	105,29	0,00*	A
	1,650	0,00	0,00	0,00*	A
	0,000	-86,57	105,29	0,00*	A
	1,650	0,00	0,00	0,00*	A

* = Max/Min

Cechy przekroju: PRZEKRÓJ ZMIENNY!

zadanie WSPORNIK, pręt nr 1, przekrój: $x_a=1,65$ m, $x_b=0,00$ m



Wymiary przekroju [cm]:

$$h=40,0, \quad b=25,0,$$

Cechy materiałowe dla sytuacji stałej lub przejściowej

BETON: B25

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

Cechy geometryczne przekroju betonowego:

$$A_c=1000 \text{ cm}^2, \quad J_{cx}=133333 \text{ cm}^4, \quad J_{cy}=52083 \text{ cm}^4$$

STAL: A-III (34GS)

$$f_{yk}=410 \text{ MPa}, \quad \gamma_s=1,15, \quad f_{yd}=350 \text{ MPa}$$

$$\xi_{lim}=0,0035/(0,0035+f_{yd}/E_s)=0,0035/(0,0035+350/20000)$$

$$\xi=0,667,$$

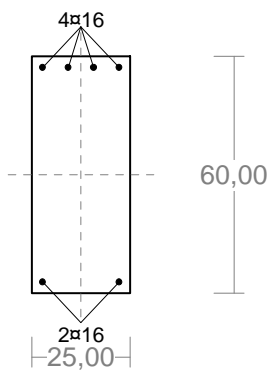
Zbrojenie główne:

$$A_{s1}+A_{s2}=12,06 \text{ cm}^2, \quad \rho=100 (A_{s1}+A_{s2})/A_c = 100 \times 12,06/1000=1,21 \%,$$

$$J_{sx}=3569 \text{ cm}^4, \quad J_{sy}=799 \text{ cm}^4,$$

Cechy przekroju:

zadanie WSPORNIK, pręt nr 1, przekrój: $x_a=0,00$ m, $x_b=1,65$ m



Wymiary przekroju [cm]:

$$h=60,0, \quad b=25,0,$$

Cechy materiałowe dla sytuacji stałej lub przejściowej

BETON: B25

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

Cechy geometryczne przekroju betonowego:

$$A_c=1500 \text{ cm}^2, \quad J_{cx}=450000 \text{ cm}^4, \quad J_{cy}=78125 \text{ cm}^4$$

STAL: A-III (34GS)

$$f_{yk}=410 \text{ MPa}, \quad \gamma_s=1,15, \quad f_{yd}=350 \text{ MPa}$$

$$\xi_{lim}=0,0035/(0,0035+f_{yd}/E_s)=0,0035/(0,0035+350/20000)$$

$$\xi=0,667,$$

Zbrojenie główne:

$$A_{s1}+A_{s2}=12,06 \text{ cm}^2, \quad \rho=100 (A_{s1}+A_{s2})/A_c = 100 \times 12,06/1500=0,80 \%,$$

$$J_{sx}=8925 \text{ cm}^4, \quad J_{sy}=799 \text{ cm}^4,$$

Siły przekrojowe:

zadanie: WSPORNIK, pręt nr 1, przekrój: $x_a=0,00$ m, $x_b=1,65$ m

Obciążenia działające w płaszczyźnie układu: **A**

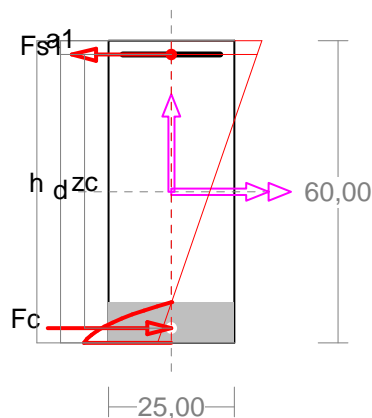
Momenty zginające: $M_x = 86,57$ kNm, $M_y = 0,00$ kNm,

Siły poprzeczne: $V_y = 105,29$ kN, $V_x = 0,00$ kN,

Siła osiowa: $N = 0,00$ kN = N_{Sd} .

Zbrojenie wymagane:

(zadanie WSPORNIK, pręt nr 1, przekrój: $x_a=0,00$ m, $x_b=1,65$ m)



Wielkości obliczeniowe:

$N_{Sd}=0,00$ kN,

$M_{Sd}=\sqrt{(M_{Sdx}^2 + M_{Sdy}^2)} = \sqrt{(86,57^2+0,00^2)}$
 $=86,57$ kNm

$f_{cd}=13,3$ MPa, $f_{yd}=350$ MPa ($f_{td}=435$ MPa -
uwzgl. wzmocnienia) ,

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

$A_{s1}=\mathbf{4,20}$ cm² \Rightarrow (3 \times 16 = 6,03 cm²),

Dodatkowe zbrojenie ściskane (* $A_{s2}=0$ nie jest
obliczeniowo wymagane.** ($\epsilon_c=-1,64$ ‰):

$A_{s2}=\mathbf{0,00}$ cm² \Rightarrow (0 \times 16 = 0,00 cm² *)

$A_s=A_{s1}+A_{s2}=\mathbf{4,20}$ cm², $\rho=100\times A_s/A_c=$
 $100\times 4,20/1500=0,28$ %

Wielkości geometryczne [cm]:

$h=60,0$, $d=57,2$, $x=8,1$ ($\xi=0,141$),

$a_1=2,8$, $a_c=2,9$, $z_c=54,3$, $A_{cc}=201$ cm²,

$\epsilon_c=-1,64$ ‰, $\epsilon_{s1}=10,00$ ‰,

Wielkości statyczne [kN, kNm]:

$F_c = -159,55$, $F_{s1} = 159,55$,

$M_c = 43,18$, $M_{s1} = 43,40$,

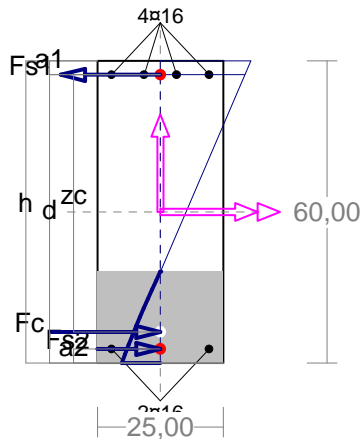
Warunki równowagi wewnętrznej:

$F_c+F_{s1}=-159,55+(159,55)=-0,00$ kN ($N_{Sd}=0,00$ kN)

$M_c+M_{s1}=43,18+(43,40)=86,57$ kNm ($M_{Sd}=86,57$ kNm)

Nośność przekroju prostokątnego:

zadanie WSPORNIK, pręt nr 1, przekrój: $x_a=0,00$ m, $x_b=1,65$ m



Wielkości obliczeniowe:

$$N_{Sd} = 0,00 \text{ kN},$$

$$M_{Sd} = \sqrt{(M_{Sdx}^2 + M_{Sdy}^2)} = \sqrt{(86,57^2 + 0,00^2)} = 86,57 \text{ kNm}$$

$$f_{cd} = 13,3 \text{ MPa}, f_{yd} = 350 \text{ MPa} (f_{td} = 435 \text{ MPa} - \text{uwzgl. wzmocnienia}),$$

$$\text{Zbrojenie rozciągane: } A_{s1} = 8,04 \text{ cm}^2,$$

$$\text{Zbrojenie ściskane: } A_{s2} = 4,02 \text{ cm}^2,$$

$$A_s = A_{s1} + A_{s2} = 12,06 \text{ cm}^2, \rho = 100 \times A_s / A_c = 100 \times 12,06 / 1500 = 0,80 \%$$

Wielkości geometryczne [cm]:

$$h = 60,0, d = 57,2, x = 18,2 (\xi = 0,318),$$

$$a_1 = 2,8, a_2 = 2,8, a_c = 6,2, z_c = 51,0, A_{cc} = 454 \text{ cm}^2,$$

$$\epsilon_c = -0,48 \%, \epsilon_{s2} = -0,41 \%, \epsilon_{s1} = 1,04 \%,$$

Wielkości statyczne [kN, kNm]:

$$F_c = -134,55, F_{s1} = 167,52, F_{s2} = -32,97,$$

$$M_c = 32,04, M_{s1} = 45,57, M_{s2} = 8,97,$$

Warunek stanu granicznego nośności:

$$M_{Rd} = 165,06 \text{ kNm} > M_{Sd} = M_c + M_{s1} + M_{s2} = 32,04 + (45,57) + (8,97) = 86,57 \text{ kNm}$$

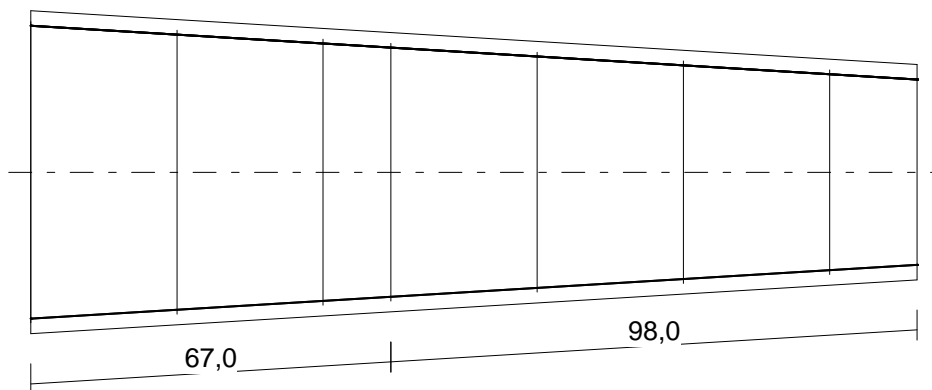
Zbrojenie poprzeczne (strzemiona)

zadanie WSPORNIK, pręt nr 1

Na całej długości pręta przyjęto strzemiona o średnicy $\phi = 8$ mm ze stali A-III, dla której $f_{ywd} = 350$ MPa.

Minimalny stopień zbrojenia na ścinanie:

$$\rho_{w,\min} = 0,08 \sqrt{f_{ck}} / f_{yk} = 0,08 \times \sqrt{20} / 410 = 0,00087$$



Rozstaw strzemion:

Strefa nr 1

Początek i koniec strefy: $x_a = 0,0$ $x_b = 67,0$ cm

Maksymalny rozstaw strzemion:

$$s_{\max} = 0,75 d = 0,75 \times 491 = 368 \quad s_{\max} \leq 400 \text{ mm}$$

przyjęto $s_{\max} = 368$ mm.

Przyjęto strzemiona 2-cięte, prostopadłe do osi pręta o rozstawie **27,2** cm, dla których stopień zbrojenia na ścinanie wynosi:

$$\rho_w = A_{sw} / (s b_w \sin \alpha) = 1,01 / (27,2 \times 25,0 \times 1,000) = 0,00148$$

$$\rho_w = \mathbf{0,00148} > \mathbf{0,00087} = \rho_{w \min}$$

Strefa nr 2

Początek i koniec strefy: $x_a = 67,0$ $x_b = 165,0$ cm

Maksymalny rozstawy strzemion:

$$s_{\max} = 0,75 d = 0,75 \times 372 = 279 \quad s_{\max} \leq 400 \text{ mm}$$

przyjęto $s_{\max} = 279$ mm.

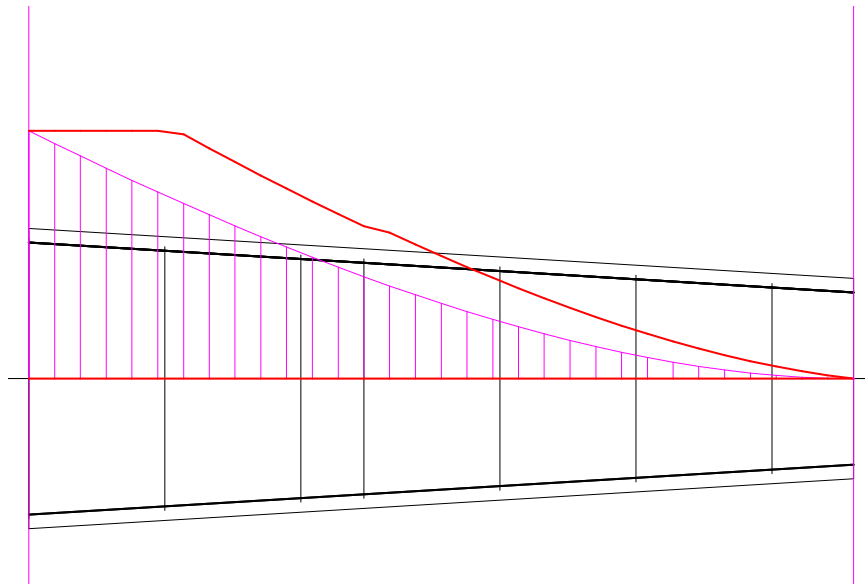
Przyjęto strzemiona 2-cięte, prostopadłe do osi pręta o rozstawie **27,2** cm, dla których stopień zbrojenia na ścinanie wynosi:

$$\rho_w = A_{sw} / (s b_w \sin \alpha) = 1,01 / (27,2 \times 25,0 \times 1,000) = 0,00148$$

$$\rho_w = \mathbf{0,00148} > \mathbf{0,00087} = \rho_{w \min}$$

Nośność zbrojenia podłużnego

zadanie WSPORNIK, pręt nr 1.



Sprawdzenie siły przenoszonej przez zbrojenie rozciągane dla $x = 0,131$ m:

$$\Delta F_{td} = 0,5 |V_{Sd}| (\cot \theta - V_{Rd32} / V_{Rd3} \cot \alpha) = 0,5 \times 95,33 \times (1,096) = 52,26 \text{ kN}$$

Sumaryczna siła w zbrojeniu rozciągany:

$$F_{td} = F_{td,m} + \Delta F_{td} = 142,26 + 52,26 = 194,52 \text{ kN};$$

$$F_{td} \leq F_{td,max} = 167,52 \text{ kN}$$

Przyjęto $F_{td} = 167,52$ kN

$$F_{td} = \mathbf{167,52} < \mathbf{281,49} = 8,04 \times 350 \times 10^{-1} = A_s f_{yd}$$

Zarysowanie

zadanie WSPORNIK, pręt nr 1,

Położenie przekroju:

$$x = 0,000 \text{ m}$$

Siły przekrojowe:

$$M_{Sd} = -78,70 \text{ kNm}$$

$$N_{Sd} = 0,00 \text{ kN}$$

$$V_{Sd} = 95,71 \text{ kN}$$

Wymiary przekroju:

$$b_w = 25,0 \text{ cm}$$

$$d = h - a_1 = 60,0 - 2,8 = 57,2 \text{ cm}$$

$$A_c = 1500 \text{ cm}^2$$

$$W_c = 15000 \text{ cm}^3$$

Minimalne zbrojenie:

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

$$\begin{aligned} A_s &= k_c k_{f_{ct,eff}} A_{ct} / \sigma_{s,lim} = \\ &= 0,4 \times 1,0 \times 2,2 \times 750 / 240 = 2,75 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$A_{s1} = \mathbf{8,04} > \mathbf{2,75} = A_s$$

Zarysowanie:

$$M_{cr} = f_{ctm} W_c = 2,2 \times 15000 \times 10^{-3} = 33,00 \text{ kNm}$$

$$M_{Sd} = 78,70 > 33,00 = M_{cr}$$

Przekrój zarysowany.

Szerokość rozwarcia rysy prostopadłej do osi pręta:

Przyjęto $k_2 = 0,5$.

$$\rho_r = A_s / A_{ct,eff} = 8,04 / 175 = 0,04596$$

$$s_{rm} = 50 + 0,25 k_1 k_2 \phi / \rho_r = 50 + 0,25 \times 0,8 \times 0,5 \times 16 / 0,04596 = 84,82$$

$$\begin{aligned} \epsilon_{sm} &= \sigma_s / E_s [1 - \beta_1 \beta_2 (\sigma_{sr} / \sigma_s)^2] = \\ &= 189,92 / 200000 \times [1 - 1,0 \times 0,5 \times (33,00 / 78,70)^2] = 0,00087 \end{aligned}$$

$$w_k = \beta s_{rm} \epsilon_{sm} = 1,7 \times 84,82 \times 0,00087 = 0,12 \text{ mm}$$

$$w_k = \mathbf{0,12} < \mathbf{0,3} = w_{lim}$$

Szerokość rozwarcia rysy ukośnej:

Rysy ukośne nie występują.

Ugięcia

zadanie WSPORNIK, pręt nr 1

Ugięcia wyznaczono dla charakterystycznych obciążeń długotrwałych.

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

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

Moment rysujący:

$$M_{cr} = f_{ctm} W_c = 2,2 \times 15000 \times 10^{-3} = 33,00 \text{ kNm}$$

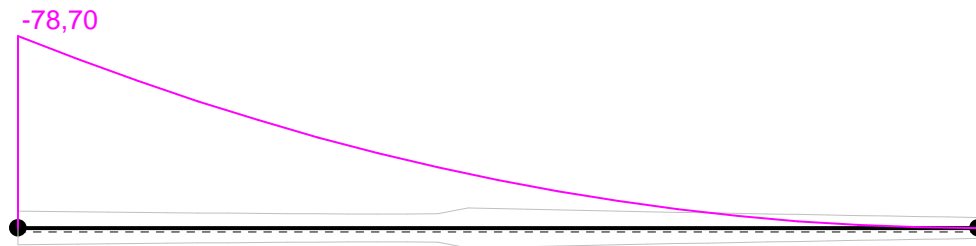
Całkowity moment zginający $M_{Sd} = -78,70 \text{ kN}$ powoduje zarysowanie przekroju.

Sztywność dla długotrwałego działania obciążeń długotrwałych:

Sztywność na zginanie wyznaczona dla momentu $M_{Sd} = -78,70$ kNm.

Wielkości geometryczne przekroju: $x_I = 31,3$ cm $I_I = 625756$ cm⁴
 $x_{II} = 19,5$ cm $I_{II} = 312833$ cm⁴

$$B = \frac{E_{c,eff} I_{II}}{1 - \beta_1 \beta_2 (M_{cr} / M_{Sd})^2 (1 - I_{II} / I_I)} =$$
$$= \frac{10000 \times 312833}{1 - 1,0 \times 0,5 \times (33,00 / 78,70)^2 \times (1 - 312833 / 625756)} \times 10^{-5} = 32722 \text{ kNm}^2$$



Wykres sztywności i momentów dla obciążeń długotrwałych.



Ugięcia.

Ugięcie w punkcie o współrzędnej $x = 1,650$ cm, wyznaczone poprzez całkowanie funkcji krzywizny osi pręta ($1/\rho$) z uwzględnieniem zmiany sztywności wzdłuż osi elementu, wynosi:

$$a = a_{\infty,d} = 1,8 \text{ mm}$$

$$a = 1,8 < 8,3 = a_{lim}$$

Podsumowanie:

Warunki SGN i SGU są spełnione dla wspornika o przekroju zmiennym (25x40cm na wolnym końcu, 25x60cm w utwierdzeniu). Zaprojektowano zbrojenie 2Φ16 dołem, 4Φ16 górą.