Obliczenia statyczne

Poz.1 Stropodach.

Poz.1.1 Stropodach niewentylowany odpowietrzany.

Projektuje się stropodach niewentylowany - odpowietrzany. Konstrukcję nośna stanowi strop gęstożebrowy typu Teriva I. Ciężar własny stropu 2,68 kN/m^2, wysokość stropu 0,24 cm, rozstaw belek stropowych 0,60 m. Rozpiętość stropów 7,20 m; 6,00 m;5,10 m; 4,80 m; 4,50 m; 3,60 m; 3,30 m; 3,00 m; 2,40 m; 1,80 m. W fazie montażowej belki stropowe należy podeprzeć stemplami i ryglami rozstawionymi nie rzadziej niż co 2,0m., zawsze pod węzłami dolnego pasa stalowej kratowniczki belki. W zależności od rozpiętości stropu należy zastosować siatki płaskie (o rozpiętości ≤ 7,6 m). W połowie rozpiętości stropu projektuje się żebro rozdzielcze zbrojone podłużnie z dwóch prętów ∅ 16 i poprzecznie strzemionami ∅ 6 co 30 cm – zaleca się przy rozpiętości stropu w przedziale 4,0 m do 6,0 m stosować co najmniej jedno żebro rozdzielcze. Elementy te powinny być rozmieszczone symetrycznie względem środka belki. Ocieplenie wełną mineralną lub styropianem. Warstwa spadkowa z wełny mineralnej lub z granulatu keramzytowego.

Zebranie obciążenia na 1m^2:

1. 3 x papa	0,15 kN/m^2	x 1,2 =	0,180 kN/m^2
2.Gładź cementowa	0,63 kN/m^2	x 1,3 =	0,819 kN/m^2
3.Płyta falista bitumiczna	0,15 kN/m^2	x 1,2 =	0,180 kN/m^2
4.Wełna mineralna 40 cm	0,48 kN/m^2	x 1,2 =	0,576 kN/m^2
5.Warstwa spadkowa 5 cm.	1,05 kN/m^2	x 1,3 =	1,365 kN/m^2
6.Paroizolacja	0,02 kN/m^2	x 1,2 =	0,024 kN/m^2
7.Ciężar stropu	2,68 kN/m^2	x 1,1 =	2,948 kN/m^2
8.Tynk cem.-wap.	0,29 kN/m^2	x 1,3 =	0,380 kN/m^2
9.Śnieg 0,9x 0,8	0,72 kN/m^2	x 1,5 =	1,08 kN/m^2
	6,17 kN/m^2	x 1,23 =	7,552 kN/m^2

Obciążenie przekazywane na ściany:

- dla rozpiętości 7,20 m - 27,19 kN/m
- dla rozpiętości 6,00 m - 22,67 kN/m
- dla rozpiętości 5,10 m - 19,26 kN/m
- dla rozpiętości 4,80 m - 18,13 kN/m
- dla rozpiętości 4,50 m - 17,00 kN/m
- dla rozpiętości 3,60 m - 13,60 kN/m
- dla rozpiętości 3,30 m - 12,46 kN/m
- dla rozpiętości 3,00 m - 11,33 kN/m
- dla rozpiętości 2,40 m - 9,06 kN/m
- dla rozpiętości 1,80 m - 6,80 kN/m

Poz.1.2 Świetlik.

L = 3,35 m

Zebranie obciążeń na 1m

1.Ciężar przeszklenia	0,48 kN/m^2 x 1,1 = 0,530 kN/m^2	
2.Ciężar konstrukcji	0,30 kN/m^2 x 1,2 = 0,360 kN/m^2	
3.Śnieg 0,9 x 0,8	0,72 kN/m^2 x 1,5 = 1,080 kN/m^2	
	1,50 kN/m^2	1,97 kN/m^2

Obciążenie na ściany

- dla rozpietości 3,35 m – 3,30 kN/m

Poz.1.3 Świetlik.

L = 3,00 m

Zebranie obciążeń na 1m

1.Ciężar przeszklenia	0,48 kN/m^2 x 1,1 = 0,530 kN/m^2	
2.Ciężar konstrukcji	0,30 kN/m^2 x 1,2 = 0,360 kN/m^2	
3.Śnieg 0,9 x 0,8	0,72 kN/m^2 x 1,5 = 1,080 kN/m^2	
	1,50 kN/m^2	1,97 kN/m^2

Obciążenie na ściany
dla rozpietości 3,00 m – 3,30 kN/m

Poz.1.4 Świetlik.

L = 2,50 m

Zebranie obciążeń na 1m

1.Ciężar przeszklenia	0,48 kN/m^2 x 1,1 = 0,530 kN/m^2	
2.Ciężar konstrukcji	0,30 kN/m^2 x 1,2 = 0,360 kN/m^2	
3.Śnieg 0,9 x 0,8	0,72 kN/m^2 x 1,5 = 1,080 kN/m^2	
	1,50 kN/m^2	1,97 kN/m^2

Obciążenie na ściany
dla rozpietości 2,50 m – 2,47 kN/m

Poz.1.5 Wylewka stropowa.

L = 0,80 m

Zebranie obciążenia na 1m^2:

1. 3 x papa	0,15 kN/m^2 x 1,2 = 0,180 kN/m^2	
2.Gładź cementowa	0,63 kN/m^2 x 1,3 = 0,819 kN/m^2	
3.Płyta falista bitumiczna	0,15 kN/m^2 x 1,2 = 0,180 kN/m^2	
4.Wełna mineralna 40 cm	0,48 kN/m^2 x 1,2 = 0,576 kN/m^2	
5.Warstwa spadkowa 5 cm.	1,05 kN/m^2 x 1,3 = 1,365 kN/m^2	
6.Paroizolacja	0,02 kN/m^2 x 1,2 = 0,024 kN/m^2	
7.Ciężar stropu	2,68 kN/m^2 x 1,1 = 2,948 kN/m^2	
8.Tynk cem.-wap.	0,29 kN/m^2 x 1,3 = 0,380 kN/m^2	
9.Śnieg 0,9x 0,8	0,72 kN/m^2 x 1,5 = 1,08 kN/m^2	
	6,17 kN/m^2 x 1,23 = 7,552 kN/m^2	

Projektuje się wylewkę grubości 12 cm z betonu B20 zbrojoną stalą A-III (∅ 10 co 10 cm).

Poz.1.6 Wylewka stropowa.

L = 0,80 m

Zebranie obciążenia na $1m^2$:

1. 3 x papa	0,15 kN/m^2	x 1,2 =	0,180 kN/m^2
2.Gładź cementowa	0,63 kN/m^2	x 1,3 =	0,819 kN/m^2
3.Płyta falista bitumiczna	0,15 kN/m^2	x 1,2 =	0,180 kN/m^2
4.Wełna mineralna 40 cm	0,48 kN/m^2	x 1,2 =	0,576 kN/m^2
5.Warstwa spadkowa 5 cm.	1,05 kN/m^2	x 1,3 =	1,365 kN/m^2
6.Paroizolacja	0,02 kN/m^2	x 1,2 =	0,024 kN/m^2
7.Ciężar stropu	2,68 kN/m^2	x 1,1 =	2,948 kN/m^2
8.Tynk cem.-wap.	0,29 kN/m^2	x 1,3 =	0,380 kN/m^2
9.Śnieg 0,9x 0,8	0,72 kN/m^2	x 1,5 =	1,08 kN/m^2
	6,17 kN/m^2	x 1,23 =	7,552 kN/m^2

Projektuje się wylewkę grubości 12 cm z betonu B20 zbrojoną stalą A-III (∅ 10 co 10 cm).

Poz.1.7 Wystawka.

L = 0,80 m

Zebranie obciążenia na $1m^2$:

1.Warstwa spadkowa 5 cm.	1,05 kN/m^2	x 1,3 =	1,365 kN/m^2
2.Ciężar stropu	3,60 kN/m^2	x 1,1 =	3,96 kN/m^2
3.Tynk cem.-wap.	0,29 kN/m^2	x 1,3 =	0,380 kN/m^2
4.Śnieg 0,9x 0,8	0,72 kN/m^2	x 1,5 =	1,08 kN/m^2
	5,66 kN/m^2	x 1,23 =	6,785 kN/m^2

Projektuje się wylewkę grubości 15 cm z betonu B20 zbrojoną stalą A-III (∅ 10 co 10 cm).

Poz.2 Wieńce.

W poziomie, na ścianach nośnych i samonośnych projektuje się wieńce z betonu B20, zbrojone prętami podłużnymi 4 ∅ 12 (34GS) oraz strzemionami ∅ 6 co 30 cm (St0S). Pręty podłużne w miejscach styków należy łączyć ze sobą na zakład długości 48 cm, a w ścianach prostopadłych kotwić poprzez zagięcie pod kątem prostym na długości 24 cm- dla zapewnienia mechanicznej ciągłości pracy wieńców.
Wieńce będą ocieplone styropianem grubości 12 cm.

Poz.3 Nadproża nadokienne i drzwiowe.

Poz.3.1 Nadproża typowe.

Projektuje się nadproża z typowych belek prefabrykowanych typu L-19 wg katalogu budownictwa KB 1-31.3.4/1/-69. W nadprożach o rozpiętościach większych i równych 1,5m w czasie robót belki L-19 należy podeprzeć dwoma parami stempli w odległości 0,30m od ościeży, a stemplowanie utrzymać do czasu stwardnienia betonu w samych nadprożach i wieńcach stropowych.

Poz.3.2 Nadproże nad oknem.

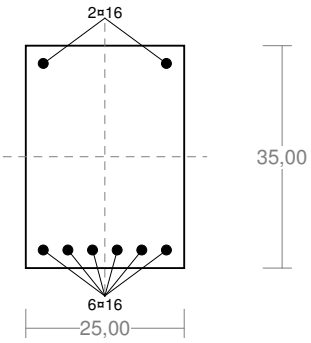
L = 4,20 m
L_0 = 1,05 x 4,20 = 4,41 m

Zebranie obciążeń na 1m

1.Obciążenie z poz.1.1	27,19 kN/m
2.Ciężar wieńca	2,44 kN/m
3.Ciężar ściany	4,89 kN/m
	34,52 kN/m

Cechy przekroju:

zadanie nowe, pręt nr 1, przekrój: x_a=2,10 m, x_b=2,10 m



Wymiary przekroju [cm]:
h=35,0, b=25,0,
Cechy materiałowe dla sytuacji stałej lub przejściowej
BETON: **B20**
f_{ck}= **16,0** MPa, $f_{cd}=\alpha \cdot f_{ck}/\gamma_c$=1,00×16,0/1,50=**10,7** MPa
Cechy geometryczne przekroju betonowego:
A_c=**875** cm^2, J_{cx}=**89323** cm^4, J_{cy}=**45573** cm^4
STAL: **A-III** (**34GS**)
f_{yk}=410 MPa, γ_s=1,15, f_{yd}=350 MPa
$\xi_{lim}=0{,}0035/(0{,}0035+f_{yd}/E_s)=0{,}0035/(0{,}0035+350/200000)=0{,}667$,
Zbrojenie główne:
$A_{s1}+A_{s2}$=**16,08** cm^2, $\rho=100\,(A_{s1}+A_{s2})/A_c$ =100×16,08/875=**1,84** %,

J_{sx}=**3476** cm^4, J_{sy}=**908** cm^4,

Siły przekrojowe:

zadanie: nowe, pręt nr 1, przekrój: x_a=2,10 m, x_b=2,10 m

Obciążenia działające w płaszczyźnie układu: **A**

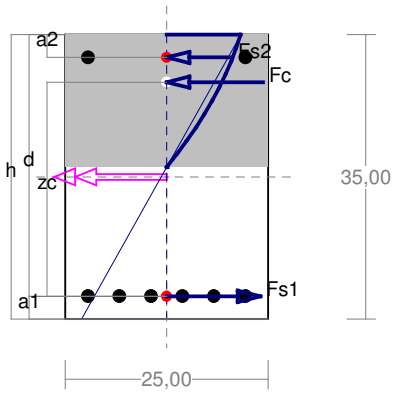
Momenty zginające:	M_x = -81,2 kNm,	M_y = 0,0 kNm,
Siły poprzeczne:	V_y = -0,0 kN,	V_x = 0,0 kN,
Siła osiowa:	N = 0,0 kN = N_{Sd}, .	

Zbrojenie wymagane:

(zadanie nowe, pręt nr 1, przekrój: x_a=2,10 m, x_b=2,10 m)

Obliczenia wykonano:

- z uwzględnieniem wkładek zbrojenia rzeczywistego (A_{s1}=12,06 cm^2, A_{s2}=4,02 cm^2,)



Wielkości obliczeniowe:
N_{Sd}=0,0 kN,
$M_{Sd}=\sqrt{(M_{Sdx}^2+M_{Sdy}^2)}=\sqrt{(-81{,}2^2+0{,}0^2)}$ =81,2 kNm
f_{cd}=10,7 MPa, f_{yd}=350 MPa =f_{td},
Dodatkowe zbrojenie rozciągane nie jest obliczeniowo wymagane.
Dodatkowe zbrojenie ściskane nie jest obliczeniowo wymagane.

Wielkości geometryczne [cm]:

h=35,0, d=32,2, x=16,3 (ξ=0,506),
a_1=2,8, a_2=2,8, a_c=5,8, z_c=26,4, A_{cc}=407 cm^2,
ε_c=-1,26 ‰, ε_{s2}=-1,05 ‰, ε_{s1}=1,24 ‰,

Wielkości statyczne [kN, kNm]:

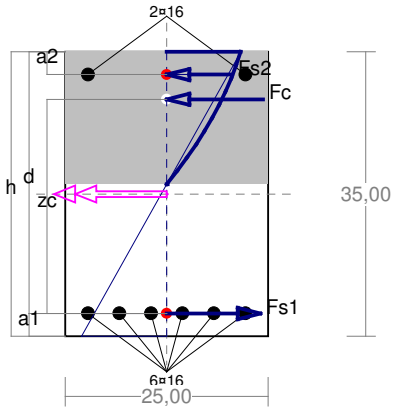
F_c= -214,1, F_{s1} = 298,3, F_{s2} = -84,2,
M_c= 25,0, M_{s1} = 43,9, M_{s2} = 12,4,

Warunki równowagi wewnętrznej:

$F_c+F_{s1}+F_{s2}$=-214,1+(298,3)+(-84,2)=0,0 kN (N_{Sd}=0,0 kN)
$M_c+M_{s1}+M_{s2}$=25,0+(43,9)+(12,4)=81,2 kNm (M_{Sd}=81,2 kNm)

Nośność przekroju prostopadłego:

zadanie nowe, pręt nr 1, przekrój: x_a=2,10 m, x_b=2,10 m



Wielkości obliczeniowe:
N_{Sd}=0,0 kN,
$M_{Sd}=\sqrt{(M_{Sdx}^2+M_{Sdy}^2)}=\sqrt{(-81,2^2+0,0^2)}$ =81,2 kNm
f_{cd}=10,7 MPa, f_{yd}=350 MPa =f_{td},
Zbrojenie rozciągane: A_{s1}=**12,06** cm^2,
Zbrojenie ściskane: A_{s2}=**4,02** cm^2,
$A_s=A_{s1}+A_{s2}$=16,08 cm^2, $\rho=100\times A_s/A_c$= 100×16,08/875=1,84 %
Wielkości geometryczne [cm]:
h=35,0, d=32,2, x=16,3 (ξ=0,506),
a_1=2,8, a_2=2,8, a_c=5,8, z_c=26,4, A_{cc}=403 cm^2,
ε_c=-1,27 ‰, ε_{s2}=-1,05 ‰, ε_{s1}=1,24 ‰,
Wielkości statyczne [kN, kNm]:
F_c= -214,1, F_{s1} = 298,3, F_{s2} = -84,2,
M_c= 25,0, M_{s1} = 43,9, M_{s2} = 12,4,

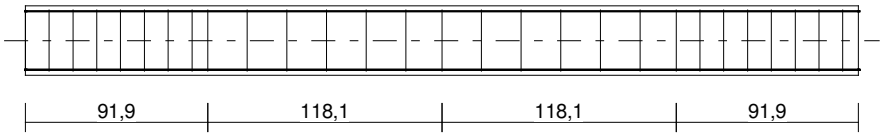
Warunek stanu granicznego nośności:
M_{Rd} = **116,4 kNm** > $M_{Sd}=M_c+M_{s1}+M_{s2}$=25,0+(43,9)+(12,4)=**81,2** kNm

Zbrojenie poprzeczne (strzemiona)

zadanie nowe, pręt nr 1

Na całej długości pręta przyjęto strzemiona o średnicy ϕ=8 mm ze stali A-III, dla której f_{ywd} = 350 MPa.
Minimalny stopień zbrojenia na ścinanie:

$$\rho_{w,min} = 0,08\ \sqrt{f_{ck}}\ /\ f_{yk} = 0,08\times\sqrt{16}\ /\ 410 = 0,00078$$



Rozstaw strzemion:

Strefa nr 1

Początek i koniec strefy: x_a = 0,0 x_b = 91,9 cm
Maksymalny rozstawy strzemion:

s_{max} = 0,75 d = 0,75×322 = 242 $s_{max} \le$ 400 mm
przyjęto s_{max} = 242 mm.

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

$$\rho_w = A_{sw}/(s\ b_w \sin\alpha) = 1,01\ /\ (12,0\times25,0\times1,000) = 0,00335$$

$$\rho_w = \mathbf{0,00335 > 0,00078} = \rho_{w\ min}$$

Strefa nr 2

Początek i koniec strefy: x_a = 91,9 x_b = 210,0 cm
Maksymalny rozstawy strzemion:

$s_{max} = 0,75\ d = 0,75 \times 322 = 242 \quad s_{max} \le 400$ mm
przyjęto $s_{max} = 242$ mm.

Przyjęto strzemiona 2-cięte, prostopadłe do osi pręta o rozstawie **20,0** cm, dla których stopień zbrojenia na ścinanie wynosi:

$$\rho_w = A_{sw} / (s\ b_w \sin\alpha) = 1,01 / (20,0 \times 25,0 \times 1,000) = 0,00201$$

$$\rho_w = \mathbf{0,00201 > 0,00078} = \rho_{w\ min}$$

Strefa nr 3

Początek i koniec strefy: $x_a = 210,0 \quad x_b = 328,1$ cm
Maksymalny rozstawy strzemion:

$s_{max} = 0,75\ d = 0,75 \times 322 = 242 \quad s_{max} \le 400$ mm
przyjęto $s_{max} = 242$ mm.

Przyjęto strzemiona 2-cięte, prostopadłe do osi pręta o rozstawie **20,0** cm, dla których stopień zbrojenia na ścinanie wynosi:

$$\rho_w = A_{sw} / (s\ b_w \sin\alpha) = 1,01 / (20,0 \times 25,0 \times 1,000) = 0,00201$$

$$\rho_w = \mathbf{0,00201 > 0,00078} = \rho_{w\ min}$$

Strefa nr 4

Początek i koniec strefy: $x_a = 328,1 \quad x_b = 420,0$ cm
Maksymalny rozstawy strzemion:

$s_{max} = 0,75\ d = 0,75 \times 322 = 242 \quad s_{max} \le 400$ mm
przyjęto $s_{max} = 242$ mm.

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

$$\rho_w = A_{sw} / (s\ b_w \sin\alpha) = 1,01 / (12,0 \times 25,0 \times 1,000) = 0,00335$$

$$\rho_w = \mathbf{0,00335 > 0,00078} = \rho_{w\ min}$$

Ścinanie

zadanie nowe, pręt nr 1.

Przyjęto podparcie i obciążenie bezpośrednie.

Odcinek nr 5

Początek i koniec odcinka: $x_a = 269,1 \quad x_b = 328,1$ cm
Siły przekrojowe: $N_{Sd} = 0,2$;
$V_{Sd\ max} = -43,5$ kN

Rodzaj odcinka:

$$\rho_L = \frac{A_{sL}}{b_w d} = \frac{12,06}{25,0 \times 32,2} = 0,01499; \qquad \rho_L \le 0,01$$

Przyjęto $\rho_L = 0,01000$.

$$\sigma_{cp} = N_{Sd} / A_C = -0,2 / 985,93 \times 10 = -0,0\ \text{MPa} \qquad \sigma_{cp} \le 0,2\ f_{cd}$$

Przyjęto $\sigma_{cp} = 0,0$ MPa.

$$V_{Rd1} = [0,35\ k\ f_{ctd}\ (1,2 + 40\ \rho_L) + 0,15\ \sigma_{cp}]\ b_w\ d =$$
$$= [0,35 \times 1,28 \times 0,90 \times (1,2 + 40 \times 0,01000) + 0,15 \times 0,0] \times 25,0 \times 32,2 \times 10^{-1} = 51,9\ \text{kN}$$

$V_{Sd} = 43,5 < 51,9 = V_{Rd1}$

Nośność odcinka I-go rodzaju:

$V_{Sd} = \mathbf{43,5 < 51,9} = V_{Rd1}$

$\nu = 0,6\ (1 - f_{ck} / 250) = 0,6 \times (1 - 16 / 250) = 0,562$

$V_{Rd2} = 0,5\ \nu\ f_{cd}\ b_w\ z = 0,5 \times 0,562 \times 10,7 \times 25,0 \times 29,0 \times 10^{-1} = 217,7$ kN

$V_{Sd} = \mathbf{43,5 < 217,7} = V_{Rd2}$

Nośność zbrojenia podłużnego

zadanie nowe, pręt nr 1.

Sprawdzenie siły przenoszonej przez zbrojenie rozciągane dla x = 1,837 m:

$\Delta F_{td} = 0,5\ |V_{Sd}|\ (\cot\theta - V_{Rd32}/\ V_{Rd3}\ \cot\alpha) = 0,5\times 9,7\times(1,000) = 4,8$ kN

Sumaryczna siła w zbrojeniu rozciąganym:

$F_{td} = F_{td,m} + \Delta F_{td} = 293,6 + 4,8 = 298,4$ kN;

$F_{td} \le F_{td,max} = 298,3$ kN

Przyjęto $F_{td} = 298,3$ kN

$F_{td} =$ **298,3 < 422,2** $= 12,06\times 350\times 10^{-1} = A_s\ f_{yd}$

Zarysowanie

zadanie nowe, pręt nr 1,

Położenie przekroju:	x = 0,000 m
Siły przekrojowe:	$M_{Sd} = 0,0$ kNm
	$N_{Sd} = 0,4$ kN
	$V_{Sd} = 76,9$ kN
Wymiary przekroju:	$b_w = 25,0$ cm
	$d = h - a_1 = 35,0 - 2,8 = 32,2$ cm
	$A_c = 875$ cm^2
	$W_c = 5104$ cm^3

Minimalne zbrojenie:

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

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

$= 1,0\times 1,0\times 1,9\times 875 / 240 = 6,93$ cm^2

$A_{s1} =$ **16,08 > 6,93** $= A_s$

Zarysowanie:

$M_{cr} = f_{ctm}\ W_c = 1,9\times 5104\times 10^{-3} = 9,7$ kNm

$$N_{cr} = \frac{f_{ctm}}{e / W_c + 1/ A_c} = \frac{1,9}{0,0/5104,17 + 1/875,00}\times 10^{-1} = 166,2 \text{ kN}$$

$N_{Sd} = 0,4 < 166,2 = N_{cr}$

Przekrój niezarysowany.

Szerokość rozwarcia rysy ukośnej:

$$\rho_{w1} = \frac{A_{sw1}}{s_1 b_w} = \frac{1,01}{12,0\times 25,0} = 0,00335$$

$$\rho_{w2} = \frac{A_{s2}}{s_2 b_w \sin\alpha} = 0,00000$$

$\rho_w = \rho_{w1} + \rho_{w2} = 0,00335 + 0,00000 = 0,00335$

$$\lambda = \frac{1}{3\left[\frac{\rho_{w1}}{\eta_1\phi_1} + \frac{\rho_{w2}}{\eta_2\phi_2}\right]} = \frac{1}{3\times[0,00335/(0,7\times 8,0)]} = 557,04$$

$$\tau = \frac{V_{Sd}}{b_w d} = \frac{76,9}{25,0 \times 32,2} \times 10 = 0,955 \text{ MPa}$$

$$w_k = \frac{4\,\tau^2\,\lambda}{\rho_w E_s f_{ck}} = \frac{4 \times 0,955^2 \times 557,04}{0,00335 \times 200000 \times 16} = 0,19 \text{ mm}$$

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

Ugięcia

zadanie nowe, pręt nr 1

Ugięcia wyznaczono dla charakterystycznych obciążeń długotrwałych.

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

$$E_{c,eff} = \frac{E_{cm}}{1 + \phi(t, t_o)} = \frac{29000}{1 + 2,00} = 9667 \text{ MPa}$$

Moment rysujący:

$$M_{cr} = f_{ctm}\, W_c = 1,9 \times 5104 \times 10^{-3} = 9,7 \text{ kNm}$$

Całkowity moment zginający M_{Sd} = 80,7 kN powoduje zarysowanie przekroju.

Sztywność dla długotrwałego działania obciążeń długotrwałych:

Sztywność na zginanie wyznaczona dla momentu M_{Sd} = 80,7 kNm.

Wielkości geometryczne przekroju: x_I = 19,5 cm I_I = 156282 cm^4

x_{II} = 15,7 cm I_{II} = 114044 cm^4

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

$$= \frac{9667 \times 114044}{1 - 1,0 \times 0,5 \times (9,7/80,7)^2 \times (1 - 114044/156282)} \times 10^{-5} = 11046 \text{ kNm}^2$$

Wykres sztywności i momentów dla obciążeń długotrwałych.

Ugięcia.

Ugięcie w punkcie o współrzędnej x = 2,100 cm, wyznaczone poprzez całkowanie funkcji krzywizny osi pręta (1/ρ) z uwzględnieniem zmiany sztywności wzdłuż osi elementu, wynosi:

$a = a_{\infty,d}$ = 13,4 mm

a = **13,4 < 16,8** = a_{lim}

Reakcje podporowe

$R_A = R_B$ = 77,30 kN

Poz.3.3 Nadproże nad oknem.

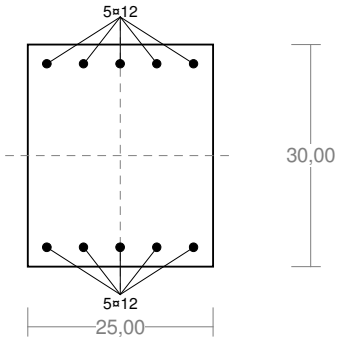
L = 2,75 m
L = 4,45 m
L = 2,75 m

Zebranie obciążeń na 1m

1.Obciążenie z poz.1.1	6,80 kN/m
2.Ciężar wieńca	2,44 kN/m
3.Ciężar ściany	4,89 kN/m
	14,13 kN/m

Cechy przekroju:

zadanie nowe, pręt nr 2, przekrój: x_a=2,22 m, x_b=2,22 m



Wymiary przekroju [cm]:
h=30,0, b=25,0,
Cechy materiałowe dla sytuacji stałej lub przejściowej
BETON: **B20**
f_{ck}= **16,0** MPa, $f_{cd}=\alpha\cdot f_{ck}/\gamma_c$=1,00×16,0/1,50=**10,7** MPa
Cechy geometryczne przekroju betonowego:
A_c=**750** cm^2, J_{cx}=**56250** cm^4, J_{cy}=**39063** cm^4
STAL: **A-III** (**34GS**)
f_{yk}=410 MPa, γ_s=1,15, f_{yd}=350 MPa
$\xi_{lim}=0,0035/(0,0035+f_{yd}/E_s)=0,0035/(0,0035+350/200000)=0,667$,
Zbrojenie główne:
$A_{s1}+A_{s2}$=**11,31** cm^2, $\rho=100\ (A_{s1}+A_{s2})/A_c$ =100×11,31/750=**1,51** %,

J_{sx}=**1739** cm^4, J_{sy}=**554** cm^4,

Siły przekrojowe:

zadanie: nowe, pręt nr 2, przekrój: x_a=2,22 m, x_b=2,22 m

Obciążenia działające w płaszczyźnie układu: **A**

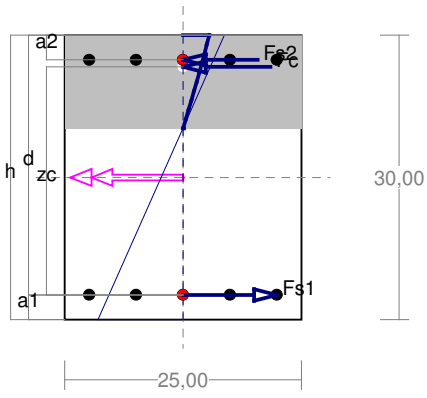
Momenty zginające:	M_x = -16,6 kNm,	M_y = 0,0 kNm,
Siły poprzeczne:	V_y = 0,0 kN,	V_x = 0,0 kN,
Siła osiowa:	N = 0,0 kN = N_{Sd}, .	

Zbrojenie wymagane:

(zadanie nowe, pręt nr 2, przekrój: x_a=2,22 m, x_b=2,22 m)

Obliczenia wykonano:

- z uwzględnieniem wkładek zbrojenia rzeczywistego (A_{s1}=5,65 cm^2, A_{s2}=5,65 cm^2,)



Wielkości obliczeniowe:
N_{Sd}=0,0 kN,
$M_{Sd}=\sqrt{(M_{Sdx}^2+M_{Sdy}^2)}=\sqrt{(-16,6^2+0,0^2)}$ =16,6 kNm
f_{cd}=10,7 MPa, f_{yd}=350 MPa =f_{td},
Dodatkowe zbrojenie rozciągane nie jest obliczeniowo wymagane.
Dodatkowe zbrojenie ściskane nie jest obliczeniowo wymagane.

Wielkości geometryczne [cm]:

h=30,0, d=27,4, x=9,8 (ξ=0,358),
a_1=2,6, a_2=2,6, a_c=3,3, z_c=24,1, A_{cc}=245 cm^2,
ε_c=-0,34 ‰, ε_{s2}=-0,25 ‰, ε_{s1}=0,60 ‰,

Wielkości statyczne [kN, kNm]:

F_c= -40,2, F_{s1} = 68,2, F_{s2} = -27,9,
M_c= 4,7, M_{s1} = 8,5, M_{s2} = 3,5,

Warunki równowagi wewnętrznej:

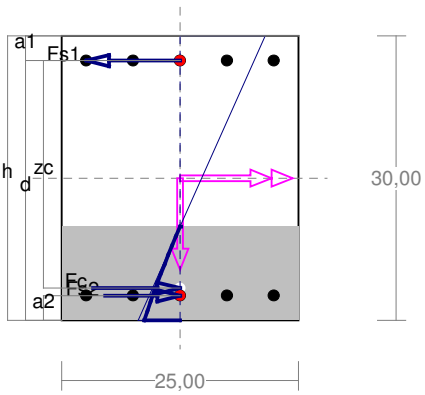
$F_c+F_{s1}+F_{s2}$=-40,2+(68,2)+(-27,9)=-0,0 kN (N_{Sd}=0,0 kN)
$M_c+M_{s1}+M_{s2}$=4,7+(8,5)+(3,5)=16,6 kNm (M_{Sd}=16,6 kNm)

Zbrojenie wymagane:

(zadanie nowe, pręt nr 2, przekrój: x_a=4,45 m, x_b=0,00 m)

Obliczenia wykonano:

- z uwzględnieniem wkładek zbrojenia rzeczywistego (A_{s1}=5,65 cm^2, A_{s2}=5,65 cm^2,)



Wielkości obliczeniowe:
N_{Sd}=0,0 kN,
$M_{Sd}=\sqrt{(M_{Sdx}^2+M_{Sdy}^2)}=\sqrt{(23,3^2+0,0^2)}$ =23,3 kNm
f_{cd}=10,7 MPa, f_{yd}=350 MPa =f_{td},
Dodatkowe zbrojenie rozciągane nie jest obliczeniowo wymagane.
Dodatkowe zbrojenie ściskane nie jest obliczeniowo wymagane.

Wielkości geometryczne [cm]:
h=30,0, d=27,4, x=9,9 (ξ=0,360),
a_1=2,6, a_2=2,6, a_c=3,4, z_c=24,0, A_{cc}=247 cm^2,
ε_c=-0,48 ‰, ε_{s2}=-0,35 ‰, ε_{s1}=0,85 ‰,

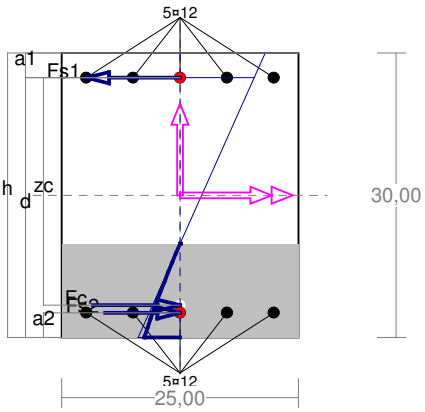
Wielkości statyczne [kN, kNm]:
F_c= -55,9, F_{s1} = 95,6, F_{s2} = -39,7,
M_c= 6,5, M_{s1} = 11,9, M_{s2} = 4,9,

Warunki równowagi wewnętrznej:

$F_c+F_{s1}+F_{s2}$=-55,9+(95,6)+(-39,7)=0,0 kN (N_{Sd}=0,0 kN)
$M_c+M_{s1}+M_{s2}$=6,5+(11,9)+(4,9)=23,3 kNm (M_{Sd}=23,3 kNm)

Nośność przekroju prostopadłego:

zadanie nowe, pręt nr 2, przekrój: x_a=0,00 m, x_b=4,45 m



Wielkości obliczeniowe:
N_{Sd}=0,0 kN,
$M_{Sd}=\sqrt{(M_{Sdx}^2+M_{Sdy}^2)}=\sqrt{(23,3^2+0,0^2)}$ =23,3 kNm
f_{cd}=10,7 MPa, f_{yd}=350 MPa =f_{td},
Zbrojenie rozciągane: A_{s1}=**5,65** cm^2,
Zbrojenie ściskane: A_{s2}=**5,65** cm^2,
$A_s=A_{s1}+A_{s2}$=11,31 cm^2, $\rho=100\times A_s/A_c$= 100×11,31/750=1,51 %

Wielkości geometryczne [cm]:
h=30,0, d=27,4, x=9,9 (ξ=0,360),
a_1=2,6, a_2=2,6, a_c=3,4, z_c=24,0, A_{cc}=241 cm^2,
ε_c=-0,48 ‰, ε_{s2}=-0,35 ‰, ε_{s1}=0,85 ‰,

Wielkości statyczne [kN, kNm]:
F_c= -55,9, F_{s1} = 95,6, F_{s2} = -39,7,
M_c= 6,5, M_{s1} = 11,9, M_{s2} = 4,9,

Warunek stanu granicznego nośności:
M_{Rd} = **49,8 kNm** > M_{Sd} =$M_c+M_{s1}+M_{s2}$=6,5+(11,9)+(4,9)=**23,3** kNm

Zbrojenie poprzeczne (strzemiona)

zadanie nowe, pręt nr 2

Na całej długości pręta przyjęto strzemiona o średnicy ϕ=8 mm ze stali A-III, dla której f_{ywd} = 350 MPa.
Minimalny stopień zbrojenia na ścinanie:

$\rho_{w,min} = 0{,}08\ \sqrt{f_{ck}}\ / f_{yk} = 0{,}08 \times \sqrt{16} / 410 = 0{,}00078$

Rozstaw strzemion:

Strefa nr 1

Początek i koniec strefy: $x_a = 0{,}0$ $x_b = 222{,}5$ cm
Maksymalny rozstawy strzemion:

$s_{max} = 0{,}75\ d = 0{,}75 \times 274 = 206$ $s_{max} \le 400$ mm
przyjęto $s_{max} = 206$ mm.

Ze względu na pręty ściskane $s_{max} = 15\ \phi = 15 \times 12{,}0 = 180{,}0$ mm.

Przyjęto strzemiona 2-cięte, prostopadłe do osi pręta o rozstawie **18,0** cm, dla których stopień zbrojenia na ścinanie wynosi:

$\rho_w = A_{sw} / (s\ b_w \sin\alpha) = 1{,}01 / (18{,}0 \times 25{,}0 \times 1{,}000) = 0{,}00223$

$\rho_w =$ **0,00223 > 0,00078** $= \rho_{w\ min}$

Strefa nr 2

Początek i koniec strefy: $x_a = 222{,}5$ $x_b = 445{,}0$ cm
Maksymalny rozstawy strzemion:

$s_{max} = 0{,}75\ d = 0{,}75 \times 274 = 206$ $s_{max} \le 400$ mm
przyjęto $s_{max} = 206$ mm.

Ze względu na pręty ściskane $s_{max} = 15\ \phi = 15 \times 12{,}0 = 180{,}0$ mm.

Przyjęto strzemiona 2-cięte, prostopadłe do osi pręta o rozstawie **18,0** cm, dla których stopień zbrojenia na ścinanie wynosi:

$\rho_w = A_{sw} / (s\ b_w \sin\alpha) = 1{,}01 / (18{,}0 \times 25{,}0 \times 1{,}000) = 0{,}00223$

$\rho_w =$ **0,00223 > 0,00078** $= \rho_{w\ min}$

Ścinanie

zadanie nowe, pręt nr 2.

Przyjęto podparcie i obciążenie bezpośrednie.

Odcinek nr 1

Początek i koniec odcinka: $x_a = 0{,}0$ $x_b = 55{,}6$ cm

Siły przekrojowe: $N_{Sd} = 0{,}0$;
$V_{Sd\ max} = 35{,}8$ kN

Siła poprzeczna w odległości *d* od podpory wynosi: $V_{Sd} = 31{,}4$ kN

Rodzaj odcinka:

$$\rho_L = \frac{A_{sL}}{b_w d} = \frac{5{,}65}{25{,}0 \times 27{,}4} = 0{,}00826; \qquad \rho_L \le 0{,}01$$

Przyjęto $\rho_L = 0{,}00826$.

$\sigma_{cp} = N_{Sd} / A_C = -0{,}0 / 828{,}00 \times 10 = -0{,}0$ MPa $\qquad \sigma_{cp} \le 0{,}2\ f_{cd}$

Przyjęto $\sigma_{cp} = 0{,}0$ MPa.

$V_{Rd1} = [0{,}35\ k\ f_{ctd}\ (1{,}2 + 40\ \rho_L) + 0{,}15\ \sigma_{cp}]\ b_w\ d =$
$= [0{,}35 \times 1{,}33 \times 0{,}90 \times (1{,}2 + 40 \times 0{,}00826) + 0{,}15 \times 0{,}0] \times 25{,}0 \times 27{,}4 \times 10^{-1} = 43{,}9$ kN

$V_{Sd} = 31{,}4 < 43{,}9 = V_{Rd1}$

Nośność odcinka I-go rodzaju:

$V_{Sd} =$ **31,4 < 43,9** $= V_{Rd1}$

$\nu = 0{,}6\ (1 - f_{ck} / 250) = 0{,}6 \times (1 - 16 / 250) = 0{,}562$

$V_{Rd2} = 0{,}5\ \nu\ f_{cd}\ b_w\ z = 0{,}5 \times 0{,}562 \times 10{,}7 \times 25{,}0 \times 24{,}7 \times 10^{-1} = 185{,}2$ kN

V_{Sd} = **35,8 < 185,2** = V_{Rd2}

Nośność zbrojenia podłużnego

zadanie nowe, pręt nr 2.

Sprawdzenie siły przenoszonej przez zbrojenie rozciągane dla x = 0,000 m:

$\Delta F_{td} = 0,5 \, |V_{Sd}| \, (\cot\theta - V_{Rd32} / V_{Rd3} \cot\alpha) = 0,5 \times 35,8 \times (1,000) = 17,9$ kN

Sumaryczna siła w zbrojeniu rozciąganym:

$F_{td} = F_{td,m} + \Delta F_{td} = 95,6 + 17,9 = 113,5$ kN;

$F_{td} \le F_{td,max} = 95,6$ kN

Przyjęto $F_{td} = 95,6$ kN

F_{td} = **95,6 < 197,9** = $5,65 \times 350 \times 10^{-1} = A_s \, f_{yd}$

Zarysowanie

zadanie nowe, pręt nr 2,

Położenie przekroju:	x = 0,000 m
Siły przekrojowe:	M_{Sd} = -23,0 kNm
	N_{Sd} = 0,0 kN e = 137762,6 cm
	V_{Sd} = 35,4 kN
Wymiary przekroju:	b_w = 25,0 cm
	$d = h - a_1 = 30,0 - 2,6 = 27,4$ cm
	$A_c = 750$ cm^2
	$W_c = 3750$ cm^3

Minimalne zbrojenie:

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

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

$= 0,4 \times 1,0 \times 1,9 \times 375 / 280 = 1,02$ cm^2

A_{s1} = **5,65 > 1,02** = A_s

Zarysowanie:

$M_{cr} = f_{ctm} \, W_c = 1,9 \times 3750 \times 10^{-3} = 7,1$ kNm

$M_{Sd} = 23,0 > 7,1 = M_{cr}$

Przekrój zarysowany.

Szerokość rozwarcia rysy prostopadłej do osi pręta:

Przyjęto $k_2 = 0,5$.

$\rho_r = A_s / A_{ct,eff} = 5,65 / 163 = 0,03480$

$s_{rm} = 50 + 0,25 \, k_1 \, k_2 \, \phi / \rho_r = 50 + 0,25 \times 0,8 \times 0,50 \times 12 / 0,03480 = 84,48$

$\varepsilon_{sm} = \sigma_s / E_s \, [1 - \beta_1 \beta_2 \, (\sigma sr / \sigma s)^2] =$

$= 166,8 / 200000 \times [1 - 1,0 \times 0,5 \times (0,0/0,0)^2] = 0,00079$

$w_k = \beta \, s_{rm} \, \varepsilon_{sm} = 1,7 \times 84,48 \times 0,00079 = 0,11$ mm

w_k = **0,11 < 0,3** = w_{lim}

Szerokość rozwarcia rysy ukośnej:

Rysy ukośne nie występują.

Ugięcia

zadanie nowe, pręt nr 2

Ugięcia wyznaczono dla charakterystycznych obciążeń długotrwałych.

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

$$E_{c,eff} = \frac{E_{cm}}{1+\phi(t,t_o)} = \frac{29000}{1+2,00} = 9667 \text{ MPa}$$

Moment rysujący:

$$M_{cr} = f_{ctm} W_c = 1,9 \times 3750 \times 10^{-3} = 7,1 \text{ kNm}$$

Całkowity moment zginający $M_{Sd} = -23,0$ kN powoduje zarysowanie przekroju.

Sztywność dla długotrwałego działania obciążeń długotrwałych:

Sztywność na zginanie wyznaczona dla momentu $M_{Sd} = -23,0$ kNm.

Wielkości geometryczne przekroju: $x_I = 15,0$ cm $I_I = 92229$ cm^4

$x_{II} = 9,8$ cm $I_{II} = 50149$ cm^4

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

$$= \frac{9667 \times 50149}{1 - 1,0 \times 0,5 \times (7,1/23,0)^2 \times (1 - 50149/92229)} \times 10^{-5} = 4956 \text{ kNm}^2$$

Wykres sztywności i momentów dla obciążeń długotrwałych.

Ugięcia.

Ugięcie w punkcie o współrzędnej x = 2,225 cm, wyznaczone poprzez całkowanie funkcji krzywizny osi pręta ($1/\rho$) z uwzględnieniem zmiany sztywności wzdłuż osi elementu, wynosi:

$a = a_{\infty,d} = 4,0$ mm

$a = \mathbf{4,0 < 17,8} = a_{lim}$

Poz.3.4 Nadproże.

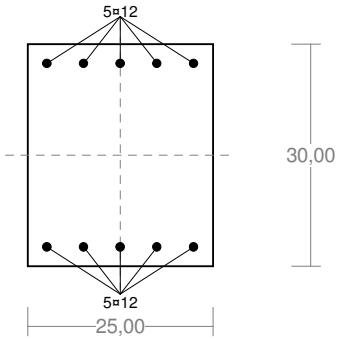
L = 3,10 m
L = 0,70 m
L = 3,10 m

Zebranie obciążeń na 1m

1.Obciążenie z poz.1.1	6,80 kN/m
2.Ciężar wieńca	2,44 kN/m
3.Ciężar ściany	4,89 kN/m
	14,13 kN/m

Cechy przekroju:

zadanie nowe, pręt nr 1, przekrój: x_a=1,36 m, x_b=1,74 m



Wymiary przekroju [cm]:
h=30,0, b=25,0,
Cechy materiałowe dla sytuacji stałej lub przejściowej
BETON: **B20**
f_{ck}= **16,0** MPa, $f_{cd}=\alpha \cdot f_{ck}/\gamma_c$=1,00×16,0/1,50=**10,7** MPa
Cechy geometryczne przekroju betonowego:
A_c=**750** cm^2, J_{cx}=**56250** cm^4, J_{cy}=**39063** cm^4
STAL: **A-III** (**34GS**)
f_{yk}=410 MPa, γ_s=1,15, f_{yd}=350 MPa
$\xi_{lim}=0{,}0035/(0{,}0035+f_{yd}/E_s)=0{,}0035/(0{,}0035+350/200000)=0{,}667$,
Zbrojenie główne:
$A_{s1}+A_{s2}$=**11,31** cm^2, $\rho=100\ (A_{s1}+A_{s2})/A_c$ =100×11,31/750=**1,51** %,

J_{sx}=**1739** cm^4, J_{sy}=**554** cm^4,

Siły przekrojowe:

zadanie: nowe, pręt nr 1, przekrój: x_a=1,36 m, x_b=1,74 m

Obciążenia działające w płaszczyźnie układu: **A**

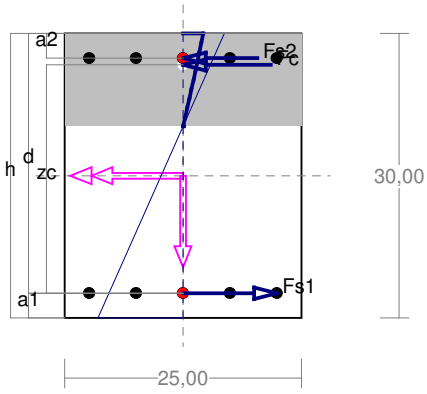
Momenty zginające:	M_x = -12,7 kNm,	M_y = 0,0 kNm,
Siły poprzeczne:	V_y = -1,6 kN,	V_x = 0,0 kN,
Siła osiowa:	N = -0,0 kN = N_{Sd}, .	

Zbrojenie wymagane:

(zadanie nowe, pręt nr 1, przekrój: x_a=1,36 m, x_b=1,74 m)

Obliczenia wykonano:

- z uwzględnieniem wkładek zbrojenia rzeczywistego (A_{s1}=5,65 cm^2, A_{s2}=5,65 cm^2,)



Wielkości obliczeniowe:
N_{Sd}=-0,0 kN,
$M_{Sd}=\sqrt{(M_{Sdx}^2+M_{Sdy}^2)}=\sqrt{(-12{,}7^2+0{,}0^2)}$ =12,7 kNm
f_{cd}=10,7 MPa, f_{yd}=350 MPa =f_{td},
Dodatkowe zbrojenie rozciągane nie jest obliczeniowo wymagane.
Dodatkowe zbrojenie ściskane nie jest obliczeniowo wymagane.

Wielkości geometryczne [cm]:

h=30,0, d=27,4, x=9,8 (ξ=0,357),
a_1=2,6, a_2=2,6, a_c=3,3, z_c=24,1, A_{cc}=244 cm^2,
ε_c=-0,25 ‰, ε_{s2}=-0,19 ‰, ε_{s1}=0,46 ‰,

Wielkości statyczne [kN, kNm]:

F_c= -30,8, F_{s1} = 51,9, F_{s2} = -21,1,
M_c= 3,6, M_{s1} = 6,4, M_{s2} = 2,6,

Warunki równowagi wewnętrznej:

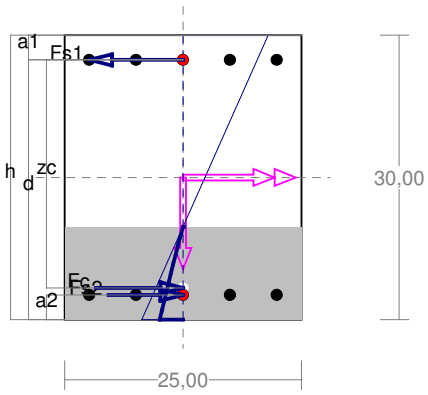
$F_c+F_{s1}+F_{s2}$=-30,8+(51,9)+(-21,1)=-0,0 kN (N_{Sd}=-0,0 kN)
$M_c+M_{s1}+M_{s2}$=3,6+(6,4)+(2,6)=12,7 kNm (M_{Sd}=12,7 kNm)

Zbrojenie wymagane:

(zadanie nowe, pręt nr 1, przekrój: x_a=3,10 m, x_b=0,00 m)

Obliczenia wykonano:

- z uwzględnieniem wkładek zbrojenia rzeczywistego (A_{s1}=5,65 cm^2, A_{s2}=5,65 cm^2,)



Wielkości obliczeniowe:
N_{Sd}=0,0 kN,
$M_{Sd}=\sqrt{(M_{Sdx}^2+M_{Sdy}^2)}=\sqrt{(14,6^2+0,0^2)}$ =14,6 kNm
f_{cd}=10,7 MPa, f_{yd}=350 MPa =f_{td},
Dodatkowe zbrojenie rozciągane nie jest obliczeniowo wymagane.
Dodatkowe zbrojenie ściskane nie jest obliczeniowo wymagane.

Wielkości geometryczne [cm]:

h=30,0, d=27,4, x=9,8 (ξ=0,357),
a_1=2,6, a_2=2,6, a_c=3,3, z_c=24,1, A_{cc}=245 cm^2,
ε_c=-0,30 ‰, ε_{s2}=-0,22 ‰, ε_{s1}=0,53 ‰,

Wielkości statyczne [kN, kNm]:

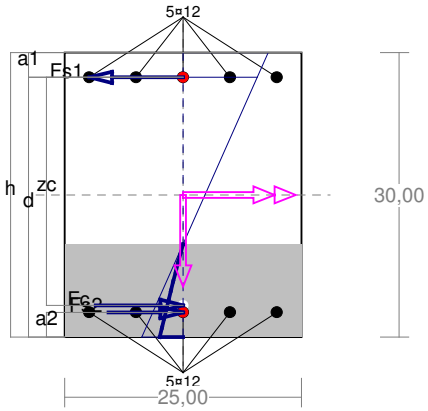
F_c= -35,5, F_{s1} = 60,0, F_{s2} = -24,5,
M_c= 4,1, M_{s1} = 7,4, M_{s2} = 3,0,

Warunki równowagi wewnętrznej:

$F_c+F_{s1}+F_{s2}$=-35,5+(60,0)+(-24,5)=0,0 kN (N_{Sd}=0,0 kN)
$M_c+M_{s1}+M_{s2}$=4,1+(7,4)+(3,0)=14,6 kNm (M_{Sd}=14,6 kNm)

Nośność przekroju prostopadłego:

zadanie nowe, pręt nr 1, przekrój: x_a=3,10 m, x_b=0,00 m



Wielkości obliczeniowe:
N_{Sd}=0,0 kN,
$M_{Sd}=\sqrt{(M_{Sdx}^2+M_{Sdy}^2)}=\sqrt{(14,6^2+0,0^2)}$ =14,6 kNm
f_{cd}=10,7 MPa, f_{yd}=350 MPa =f_{td},
Zbrojenie rozciągane: A_{s1}=**5,65** cm^2,
Zbrojenie ściskane: A_{s2}=**5,65** cm^2,
$A_s=A_{s1}+A_{s2}$=11,31 cm^2, $\rho=100\times A_s/A_c$= 100×11,31/750=1,51 %

Wielkości geometryczne [cm]:

h=30,0, d=27,4, x=9,8 (ξ=0,357),
a_1=2,6, a_2=2,6, a_c=3,3, z_c=24,1, A_{cc}=239 cm^2,
ε_c=-0,30 ‰, ε_{s2}=-0,22 ‰, ε_{s1}=0,53 ‰,

Wielkości statyczne [kN, kNm]:

F_c= -35,5, F_{s1} = 60,0, F_{s2} = -24,5,
M_c= 4,1, M_{s1} = 7,4, M_{s2} = 3,0,

Warunek stanu granicznego nośności:
M_{Rd} = **49,8 kNm** > $M_{Sd}=M_c+M_{s1}+M_{s2}$=4,1+(7,4)+(3,0)=**14,6** kNm

Zbrojenie poprzeczne (strzemiona)

zadanie nowe, pręt nr 1

Na całej długości pręta przyjęto strzemiona o średnicy ϕ=8 mm ze stali A-III, dla której f_{ywd} = 350 MPa.
Minimalny stopień zbrojenia na ścinanie:

$$\rho_{w,min} = 0,08\ \sqrt{f_{ck}}\ /\ f_{yk} = 0,08\times\sqrt{16}\ /\ 410 = 0,00078$$

Rozstaw strzemion:

Strefa nr 1

Początek i koniec strefy: x_a = 0,0 x_b = 125,9 cm
Maksymalny rozstawy strzemion:

s_{max} = 0,75 d = 0,75×274 = 206 $s_{max} \le$ 400 mm
przyjęto s_{max} = 206 mm.

Ze względu na pręty ściskane s_{max} = 15 ϕ = 15×12,0 = 180,0 mm.

Przyjęto strzemiona 2-cięte, prostopadłe do osi pręta o rozstawie **18,0** cm, dla których stopień zbrojenia na ścinanie wynosi:

$\rho_w = A_{sw} /(s\ b_w \sin\alpha) = 1,01 / (18,0 \times 25,0 \times 1,000) = 0,00223$

$\rho_w = \mathbf{0,00223 > 0,00078} = \rho_{w\ min}$

Strefa nr 2

Początek i koniec strefy: $x_a = 125,9$ $x_b = 310,0$ cm

Maksymalny rozstawy strzemion:

$s_{max} = 0,75\ d = 0,75 \times 274 = 206$ $s_{max} \le 400$ mm

przyjęto $s_{max} = 206$ mm.

Ze względu na pręty ściskane $s_{max} = 15\ \phi = 15 \times 12,0 = 180,0$ mm.

Przyjęto strzemiona 2-cięte, prostopadłe do osi pręta o rozstawie **18,0** cm, dla których stopień zbrojenia na ścinanie wynosi:

$\rho_w = A_{sw} /(s\ b_w \sin\alpha) = 1,01 / (18,0 \times 25,0 \times 1,000) = 0,00223$

$\rho_w = \mathbf{0,00223 > 0,00078} = \rho_{w\ min}$

Ścinanie

zadanie nowe, pręt nr 1.

Przyjęto podparcie i obciążenie bezpośrednie.

Odcinek nr 6

Początek i koniec odcinka: $x_a = 264,0$ $x_b = 310,0$ cm

Siły przekrojowe: $N_{Sd} = 0,0$;

$V_{Sd\ max} = -29,7$ kN

Siła poprzeczna w odległości *d* od podpory wynosi: $V_{Sd} = -25,3$ kN

Rodzaj odcinka:

$$\rho_L = \frac{A_{sL}}{b_w d} = \frac{5,65}{25,0 \times 27,4} = 0,00826; \qquad \rho_L \le 0,01$$

Przyjęto $\rho_L = 0,00826$.

$\sigma_{cp} = N_{Sd} / A_C = -0,0 / 828,00 \times 10 = -0,0$ MPa $\qquad \sigma_{cp} \le 0,2\ f_{cd}$

Przyjęto $\sigma_{cp} = 0,0$ MPa.

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

$= [0,35 \times 1,33 \times 0,90 \times (1,2 + 40 \times 0,00826) + 0,15 \times 0,0] \times 25,0 \times 27,4 \times 10^{-1} = 43,9$ kN

$V_{Sd} = 25,3 < 43,9 = V_{Rd1}$

Nośność odcinka I-go rodzaju:

$V_{Sd} = \mathbf{25,3 < 43,9} = V_{Rd1}$

$\nu = 0,6\ (1 - f_{ck} / 250) = 0,6 \times (1 - 16 / 250) = 0,562$

$V_{Rd2} = 0,5\ \nu\ f_{cd}\ b_w\ z = 0,5 \times 0,562 \times 10,7 \times 25,0 \times 24,7 \times 10^{-1} = 185,2$ kN

$V_{Sd} = \mathbf{29,7 < 185,2} = V_{Rd2}$

Nośność zbrojenia podłużnego

zadanie nowe, pręt nr 1.

Sprawdzenie siły przenoszonej przez zbrojenie rozciągane dla x = 3,003 m:

$\Delta F_{td} = 0,5\ |V_{Sd}|\ (\cot\theta - V_{Rd32} / V_{Rd3}\ \cot\alpha) = 0,5 \times -28,1 \times (1,000) = 14,1$ kN

Sumaryczna siła w zbrojeniu rozciąganym:

$F_{td} = F_{td,m} + \Delta F_{td} = 48,5 + 14,1 = 62,6$ kN;

$F_{td} \le F_{td,max} = 60,0$ kN

Przyjęto F_{td} = 60,0 kN

F_{td} = **60,0 < 197,9** = 5,65×350 ×10^{-1} = A_s f_{yd}

Zarysowanie

zadanie nowe, pręt nr 1,

Położenie przekroju:	x = 3,100 m
Siły przekrojowe:	M_{Sd} = -14,5 kNm
	N_{Sd} = 0,0 kN e = 157647,3 cm
	V_{Sd} = -29,4 kN
Wymiary przekroju:	b_w = 25,0 cm
	d = h - a_1 = 30,0 - 2,6 = 27,4 cm
	A_c = 750 cm^2
	W_c = 3750 cm^3

Minimalne zbrojenie:

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

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

= 0,4×1,0×1,9×375 / 280 = 1,02 cm^2

A_{s1} = **5,65 > 1,02** = A_s

Zarysowanie:

$M_{cr} = f_{ctm}\, W_c$ = 1,9×3750 ×10^{-3} = 7,1 kNm

M_{Sd} = 14,5 > 7,1 = M_{cr}

Przekrój zarysowany.

Szerokość rozwarcia rysy prostopadłej do osi pręta:

Przyjęto k_2 = 0,5.

$\rho_r = A_s / A_{ct,eff}$ = 5,65 / 163 = 0,03480

s_{rm} = 50 + 0,25 k_1 k_2 ϕ / ρ_r = 50 + 0,25×0,8×0,50×12/0,03480 = 84,48

$\varepsilon_{sm} = \sigma_s / E_s\, [1 - \beta_1\beta_2\, (\sigma sr / \sigma s)^2]$ =

= 104,8/200000 ×[1 - 1,0×0,5×(0,0/0,0)^2] = 0,00046

$w_k = \beta\, s_{rm}\, \varepsilon_{sm}$ = 1,7×84,48×0,00046 = 0,07 mm

w_k = **0,07 < 0,3** = w_{lim}

Szerokość rozwarcia rysy ukośnej:

Rysy ukośne nie występują.

Ugięcia

zadanie nowe, pręt nr 1

Ugięcia wyznaczono dla charakterystycznych obciążeń długotrwałych.

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

$$E_{c,eff} = \frac{E_{cm}}{1+\phi(t,t_o)} = \frac{29000}{1+2,00} = 9667 \text{ MPa}$$

Moment rysujący:

$M_{cr} = f_{ctm}\, W_c$ = 1,9×3750 ×10^{-3} = 7,1 kNm

Całkowity moment zginający M_{Sd} = -14,5 kN powoduje zarysowanie przekroju.

Sztywność dla długotrwałego działania obciążeń długotrwałych:

Sztywność na zginanie wyznaczona dla momentu M_{Sd} = -14,5 kNm.

Wielkości geometryczne przekroju: $x_I = 15{,}0$ cm $I_I = 92229$ cm^4

$x_{II} = 9{,}8$ cm $I_{II} = 50149$ cm^4

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

$$= \frac{9667\times 50149}{1 - 1{,}0\times 0{,}5\times (7{,}1/14{,}5)^2\times (1 - 50149/92229)} \times 10^{-5} = 5132 \text{ kNm}^2$$

Wykres sztywności i momentów dla obciążeń długotrwałych.

Ugięcia.

Ugięcie w punkcie o współrzędnej x = 1,356 cm, wyznaczone poprzez całkowanie funkcji krzywizny osi pręta (1/ρ) z uwzględnieniem zmiany sztywności wzdłuż osi elementu, wynosi:

$a = a_{\infty,d} = 1{,}7$ mm

$a = \mathbf{1{,}7 < 12{,}4} = a_{lim}$

Poz.3.5 Nadproże.

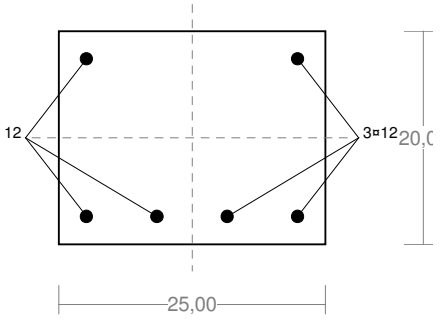
L = 2,00 m

Zebranie obciążeń na 1m

1.Obciążenie z poz.1.1	7,55 kN/m
2.Ciężar wieńca	2,44 kN/m
3.Ciężar ściany	4,89 kN/m
	14,88 kN/m

Cechy przekroju:

zadanie nowe, pręt nr 1, przekrój: x_a=1,00 m, x_b=1,00 m



Wymiary przekroju [cm]:
h=20,0, b=25,0,
Cechy materiałowe dla sytuacji stałej lub przejściowej
BETON: **B20**
f_{ck}= **16,0** MPa, $f_{cd}=\alpha\cdot f_{ck}/\gamma_c$=1,00×16,0/1,50=**10,7** MPa
Cechy geometryczne przekroju betonowego:
A_c=**500** cm^2, J_{cx}=**16667** cm^4, J_{cy}=**26042** cm^4
STAL: **A-III** (**34GS**)
f_{yk}=410 MPa, γ_s=1,15, f_{yd}=350 MPa
$\xi_{lim}=0{,}0035/(0{,}0035+f_{yd}/E_s)=0{,}0035/(0{,}0035+350/200000)=0{,}667$,
Zbrojenie główne:
$A_{s1}+A_{s2}$=**6,79** cm^2, $\rho=100\ (A_{s1}+A_{s2})/A_c$ =100×6,79/500=**1,36** %,

J_{sx}=**372** cm^4, J_{sy}=**468** cm^4,

Siły przekrojowe:

zadanie: nowe, pręt nr 1, przekrój: x_a=1,00 m, x_b=1,00 m

Obciążenia działające w płaszczyźnie układu: **A**

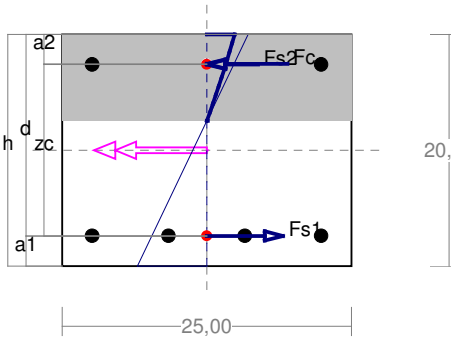
Momenty zginające:	M_x = -8,1 kNm,	M_y = 0,0 kNm,
Siły poprzeczne:	V_y = -0,0 kN,	V_x = 0,0 kN,
Siła osiowa:	N = 0,0 kN = N_{Sd}, .	

Zbrojenie wymagane:

(zadanie nowe, pręt nr 1, przekrój: x_a=1,00 m, x_b=1,00 m)

Obliczenia wykonano:

- z uwzględnieniem wkładek zbrojenia rzeczywistego (A_{s1}=4,52 cm^2, A_{s2}=2,26 cm^2,)



Wielkości obliczeniowe:
N_{Sd}=0,0 kN,
$M_{Sd}=\sqrt{(M_{Sdx}^2+M_{Sdy}^2)}=\sqrt{(-8,1^2+0,0^2)}$ =8,1 kNm
f_{cd}=10,7 MPa, f_{yd}=350 MPa =f_{td},
Dodatkowe zbrojenie rozciągane nie jest obliczeniowo wymagane.
Dodatkowe zbrojenie ściskane nie jest obliczeniowo wymagane.

Wielkości geometryczne [cm]:

h=20,0, d=17,4, x=7,5 (ξ=0,429),
a_1=2,6, a_2=2,6, a_c=2,5, z_c=14,9, A_{cc}=187 cm^2,
ε_c=-0,45 ‰, ε_{s2}=-0,30 ‰, ε_{s1}=0,60 ‰,

Wielkości statyczne [kN, kNm]:

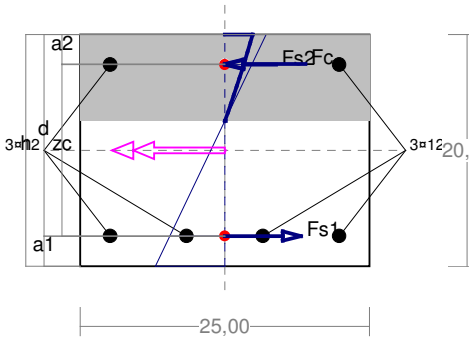
F_c= -41,2, F_{s1} = 54,6, F_{s2} = -13,4,
M_c= 3,1, M_{s1} = 4,0, M_{s2} = 1,0,

Warunki równowagi wewnętrznej:

$F_c+F_{s1}+F_{s2}$=-41,2+(54,6)+(-13,4)=0,0 kN (N_{Sd}=0,0 kN)
$M_c+M_{s1}+M_{s2}$=3,1+(4,0)+(1,0)=8,1 kNm (M_{Sd}=8,1 kNm)

Nośność przekroju prostopadłego:

zadanie nowe, pręt nr 1, przekrój: x_a=1,00 m, x_b=1,00 m



Wielkości obliczeniowe:
N_{Sd}=0,0 kN,
$M_{Sd}=\sqrt{(M_{Sdx}^2+M_{Sdy}^2)}=\sqrt{(-8,1^2+0,0^2)}$ =8,1 kNm
f_{cd}=10,7 MPa, f_{yd}=350 MPa =f_{td},
Zbrojenie rozciągane: A_{s1}=**4,52** cm^2,
Zbrojenie ściskane: A_{s2}=**2,26** cm^2,
$A_s=A_{s1}+A_{s2}$=6,79 cm^2, $\rho=100\times A_s/A_c$= 100×6,79/500=1,36 %

Wielkości geometryczne [cm]:
h=20,0, d=17,4, x=7,5 (ξ=0,429),
a_1=2,6, a_2=2,6, a_c=2,5, z_c=14,9, A_{cc}=184 cm^2,
ε_c=-0,45 ‰, ε_{s2}=-0,30 ‰, ε_{s1}=0,60 ‰,

Wielkości statyczne [kN, kNm]:
F_c= -41,2, F_{s1} = 54,6, F_{s2} = -13,4,
M_c= 3,1, M_{s1} = 4,0, M_{s2} = 1,0,

Warunek stanu granicznego nośności:
M_{Rd} = **24,2 kNm** > M_{Sd} =$M_c+M_{s1}+M_{s2}$=3,1+(4,0)+(1,0)=**8,1** kNm

Zbrojenie poprzeczne (strzemiona)

zadanie nowe, pręt nr 1

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

Minimalny stopień zbrojenia na ścinanie:

$$\rho_{w,min} = 0,08\ \sqrt{f_{ck}}\ /\ f_{yk} = 0,08\times\sqrt{16}\ /\ 410 = 0,00078$$

Rozstaw strzemion:

Strefa nr 1

Początek i koniec strefy: x_a = 0,0 x_b = 100,0 cm
Maksymalny rozstawy strzemion:

s_{max} = 0,75 d = 0,75×174 = 131 $s_{max} \le 400$ mm
przyjęto s_{max} = 131 mm.

Przyjęto strzemiona 3-cięte, prostopadłe do osi pręta o rozstawie **12,0** cm, dla których stopień zbrojenia na ścinanie wynosi:

$\rho_w = A_{sw} /(s\ b_w \sin\alpha)$ = 1,51 / (12,0×25,0×1,000) = 0,00503

ρ_w = **0,00503 > 0,00078** = $\rho_{w\ min}$

Strefa nr 2

Początek i koniec strefy: x_a = 100,0 x_b = 200,0 cm
Maksymalny rozstawy strzemion:

s_{max} = 0,75 d = 0,75×174 = 131 $s_{max} \le 400$ mm
przyjęto s_{max} = 131 mm.

Przyjęto strzemiona 3-cięte, prostopadłe do osi pręta o rozstawie **12,0** cm, dla których stopień zbrojenia na ścinanie wynosi:

$\rho_w = A_{sw} /(s\ b_w \sin\alpha)$ = 1,51 / (12,0×25,0×1,000) = 0,00503

ρ_w = **0,00503 > 0,00078** = $\rho_{w\ min}$

Ścinanie

zadanie nowe, pręt nr 1.

Przyjęto podparcie i obciążenie bezpośrednie.

Odcinek nr 6

Początek i koniec odcinka: x_a = 166,7 x_b = 200,0 cm
Siły przekrojowe: N_{Sd} = 0,0;
$V_{Sd\ max}$ = -16,2 kN

Siła poprzeczna w odległości *d* od podpory wynosi: V_{Sd} = -13,4 kN

Rodzaj odcinka:

$$\rho_L = \frac{A_{sL}}{b_w d} = \frac{4,52}{25,0\times17,4} = 0,01040; \qquad \rho_L \le 0,01$$

Przyjęto ρ_L = 0,01000.

$\sigma_{cp} = N_{Sd} / A_C$ = -0,0 / 546,80 ×10 = -0,0 MPa $\sigma_{cp} \le 0,2\ f_{cd}$

Przyjęto σ_{cp} = 0,0 MPa.

$V_{Rd1} = [0,35\ k\ f_{ctd}\ (1,2 + 40\ \rho_L) + 0,15\ \sigma_{cp}]\ b_w\ d$ =
= [0,35×1,43×0,90×(1,2+40×0,01000) + 0,15×0,0]×25,0×17,4×10^{-1} = 31,4 kN

V_{Sd} = 13,4 < 31,4 = V_{Rd1}

Nośność odcinka I-go rodzaju:

V_{Sd} = **13,4 < 31,4** = V_{Rd1}

$\nu = 0,6\ (1 - f_{ck} / 250)$ = 0,6×(1 - 16 / 250) = 0,562

$V_{Rd2} = 0,5\ \nu\ f_{cd}\ b_w\ z$ = 0,5×0,562×10,7×25,0×15,7×10^{-1} = 117,6 kN

V_{Sd} = **16,2 < 117,6** = V_{Rd2}

Nośność zbrojenia podłużnego

zadanie nowe, pręt nr 1.

Sprawdzenie siły przenoszonej przez zbrojenie rozciągane dla x = 0,875 m:

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

Sumaryczna siła w zbrojeniu rozciąganym:

$F_{td} = F_{td,m} + \Delta F_{td}$ = 53,7 + 1,0 = 54,7 kN;

$F_{td} \le F_{td,max} = 54,6$ kN

Przyjęto $F_{td} = 54,6$ kN

$F_{td} = \mathbf{54,6 < 158,3} = 4,52 \times 350 \times 10^{-1} = A_s f_{yd}$

Zarysowanie

zadanie nowe, pręt nr 1,

Położenie przekroju:	x = 1,000 m
Siły przekrojowe:	$M_{Sd} = 8,0$ kNm
	$N_{Sd} = 0,0$ kN
	$V_{Sd} = 0,0$ kN
Wymiary przekroju:	$b_w = 25,0$ cm
	$d = h - a_1 = 20,0 - 2,6 = 17,4$ cm
	$A_c = 500$ cm^2
	$W_c = 1667$ cm^3

Minimalne zbrojenie:

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

$$A_s = k_c\, k\, f_{ct,eff}\, A_{ct} / \sigma_{s,lim} =$$
$$= 0,4 \times 1,0 \times 1,9 \times 250 / 280 = 0,68 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1} = \mathbf{4,52 > 0,68} = A_s$$

Zarysowanie:

$$M_{cr} = f_{ctm}\, W_c = 1,9 \times 1667 \times 10^{-3} = 3,2 \text{ kNm}$$
$$M_{Sd} = 8,0 > 3,2 = M_{cr}$$

Przekrój zarysowany.

Szerokość rozwarcia rysy prostopadłej do osi pręta:

Przyjęto $k_2 = 0,5$.

$$\rho_r = A_s / A_{ct,eff} = 4,52 / 104 = 0,04337$$

$$s_{rm} = 50 + 0,25\, k_1\, k_2\, \phi / \rho_r = 50 + 0,25 \times 0,8 \times 0,50 \times 12 / 0,04337 = 77,67$$

$$\varepsilon_{sm} = \sigma_s / E_s\, [1 - \beta_1 \beta_2\, (\sigma sr / \sigma s)^2] =$$
$$= 119,4 / 200000 \times [1 - 1,0 \times 0,5 \times (3,2/8,0)^2] = 0,00055$$

$$w_k = \beta\, s_{rm}\, \varepsilon_{sm} = 1,7 \times 77,67 \times 0,00055 = 0,07 \text{ mm}$$

$$w_k = \mathbf{0,07 < 0,3} = w_{lim}$$

Szerokość rozwarcia rysy ukośnej:

Rysy ukośne nie występują.

Ugięcia

zadanie nowe, pręt nr 1

Ugięcia wyznaczono dla charakterystycznych obciążeń długotrwałych.

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

$$E_{c,eff} = \frac{E_{cm}}{1 + \phi(t, t_o)} = \frac{29000}{1 + 2,00} = 9667 \text{ MPa}$$

Moment rysujący:

$$M_{cr} = f_{ctm}\, W_c = 1,9 \times 1667 \times 10^{-3} = 3,2 \text{ kNm}$$

Całkowity moment zginający $M_{Sd} = 8,0$ kN powoduje zarysowanie przekroju.

Sztywność dla długotrwałego działania obciążeń długotrwałych:

Sztywność na zginanie wyznaczona dla momentu M_{Sd} = 8,0 kNm.

Wielkości geometryczne przekroju: x_I = 10,5 cm I_I = 24168 cm^4

x_{II} = 7,5 cm I_{II} = 13813 cm^4

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

$$= \frac{9667\times13813}{1 - 1,0\times0,5\times(3,2/8,0)^2\times(1 -13813/24168)} \times 10^{-5} = 1381 \text{ kNm}^2$$

Wykres sztywności i momentów dla obciążeń długotrwałych.

Ugięcia.

Ugięcie w punkcie o współrzędnej x = 1,000 cm, wyznaczone poprzez całkowanie funkcji krzywizny osi pręta (1/ρ) z uwzględnieniem zmiany sztywności wzdłuż osi elementu, wynosi:

$a = a_{\infty,d}$ = 2,4 mm

a = **2,4 < 8,0** = a_{lim}

Poz.3.6 Nadproże.

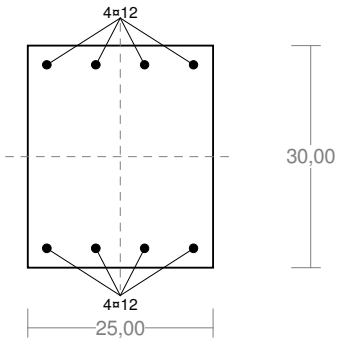
L = 1,70 m
L = 1,90 m

Zebranie obciążeń na 1m

1.Obciążenie z poz.1.1	9,06 kN/m
2.Ciężar wieńca	2,44 kN/m
3.Ciężar ściany	4,89 kN/m
	16,39 kN/m

Cechy przekroju:

zadanie nowe, pręt nr 2, przekrój: x_a=1,07 m, x_b=0,83 m



Wymiary przekroju [cm]:
h=30,0, b=25,0,
Cechy materiałowe dla sytuacji stałej lub przejściowej
BETON: **B20**
f_{ck}= **16,0** MPa, $f_{cd}=\alpha\cdot f_{ck}/\gamma_c$=1,00×16,0/1,50=**10,7** MPa
Cechy geometryczne przekroju betonowego:
A_c=**750** cm^2, J_{cx}=**56250** cm^4, J_{cy}=**39063** cm^4
STAL: **A-III** (**34GS**)
f_{yk}=410 MPa, γ_s=1,15, f_{yd}=350 MPa
$\xi_{lim}=0,0035/(0,0035+f_{yd}/E_s)=0,0035/(0,0035+350/200000)=0,667$,
Zbrojenie główne:
$A_{s1}+A_{s2}$=**9,05** cm^2, $\rho=100\ (A_{s1}+A_{s2})/A_c$ =100×9,05/750=**1,21** %,

J_{sx}=**1391** cm^4, J_{sy}=**493** cm^4,

Siły przekrojowe:

zadanie: nowe, pręt nr 2, przekrój: x_a=1,07 m, x_b=0,83 m

Obciążenia działające w płaszczyźnie układu: **A**

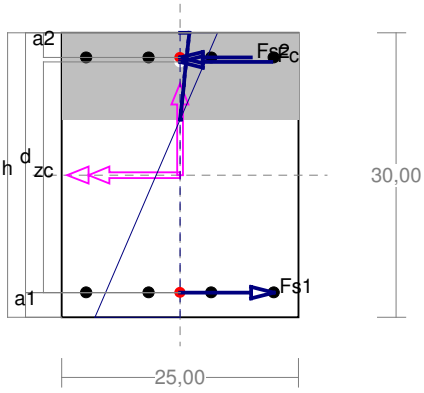
Momenty zginające:	M_x = -4,9 kNm,	M_y = 0,0 kNm,
Siły poprzeczne:	V_y = 1,8 kN,	V_x = 0,0 kN,
Siła osiowa:	N = 0,0 kN = N_{Sd}, .	

Zbrojenie wymagane:

(zadanie nowe, pręt nr 2, przekrój: x_a=1,15 m, x_b=0,75 m)

Obliczenia wykonano:

- z uwzględnieniem wkładek zbrojenia rzeczywistego (A_{s1}=4,52 cm^2, A_{s2}=4,52 cm^2,)



Wielkości obliczeniowe:
N_{Sd}=0,0 kN,
$M_{Sd}=\sqrt{(M_{Sdx}^2+M_{Sdy}^2)}=\sqrt{(-5,0^2+0,0^2)}$ =5,0 kNm
f_{cd}=10,7 MPa, f_{yd}=350 MPa =f_{td},
Dodatkowe zbrojenie rozciągane nie jest obliczeniowo wymagane.
Dodatkowe zbrojenie ściskane nie jest obliczeniowo wymagane.

Wielkości geometryczne [cm]:

h=30,0, d=27,4, x=9,1 (ξ=0,333),
a_1=2,6, a_2=2,6, a_c=3,1, z_c=24,3, A_{cc}=228 cm^2,
ε_c=-0,11 ‰, ε_{s2}=-0,08 ‰, ε_{s1}=0,22 ‰,

Wielkości statyczne [kN, kNm]:

F_c= -13,0, F_{s1} = 20,2, F_{s2} = -7,2,
M_c= 1,6, M_{s1} = 2,5, M_{s2} = 0,9,

Warunki równowagi wewnętrznej:

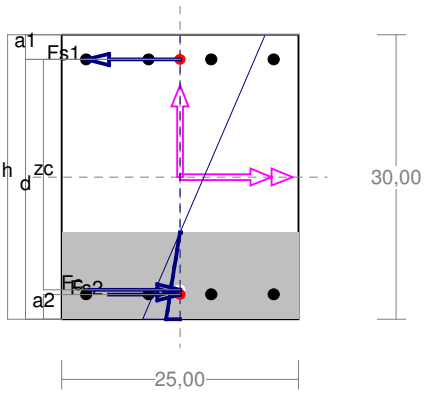
$F_c+F_{s1}+F_{s2}$=-13,0+(20,2)+(-7,2)=-0,0 kN (N_{Sd}=0,0 kN)
$M_c+M_{s1}+M_{s2}$=1,6+(2,5)+(0,9)=5,0 kNm (M_{Sd}=5,0 kNm)

Zbrojenie wymagane:

(zadanie nowe, pręt nr 2, przekrój: x_a=0,00 m, x_b=1,90 m)

Obliczenia wykonano:

- z uwzględnieniem wkładek zbrojenia rzeczywistego (A_{s1}=4,52 cm^2, A_{s2}=4,52 cm^2,)



Wielkości obliczeniowe:
N_{Sd}=0,0 kN,
$M_{Sd}=\sqrt{(M_{Sdx}^2+M_{Sdy}^2)}=\sqrt{(7,5^2+0,0^2)}$ =7,5 kNm
f_{cd}=10,7 MPa, f_{yd}=350 MPa =f_{td},
Dodatkowe zbrojenie rozciągane nie jest obliczeniowo wymagane.
Dodatkowe zbrojenie ściskane nie jest obliczeniowo wymagane.

Wielkości geometryczne [cm]:

h=30,0, d=27,4, x=9,2 (ξ=0,334),
a_1=2,6, a_2=2,6, a_c=3,1, z_c=24,3, A_{cc}=229 cm^2,
ε_c=-0,17 ‰, ε_{s2}=-0,12 ‰, ε_{s1}=0,34 ‰,

Wielkości statyczne [kN, kNm]:

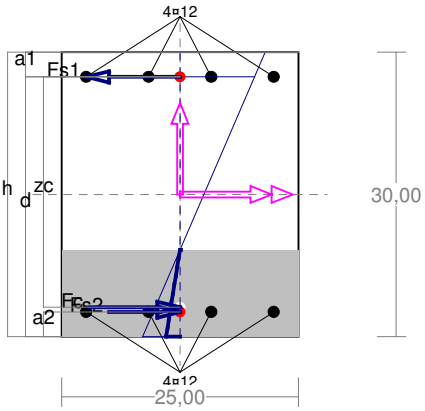
F_c= -19,7, F_{s1} = 30,7, F_{s2} = -11,0,
M_c= 2,3, M_{s1} = 3,8, M_{s2} = 1,4,

Warunki równowagi wewnętrznej:

$F_c+F_{s1}+F_{s2}$=-19,7+(30,7)+(-11,0)=0,0 kN (N_{Sd}=0,0 kN)
$M_c+M_{s1}+M_{s2}$=2,3+(3,8)+(1,4)=7,5 kNm (M_{Sd}=7,5 kNm)

Nośność przekroju prostopadłego:

zadanie nowe, pręt nr 2, przekrój: x_a=0,00 m, x_b=1,90 m



Wielkości obliczeniowe:
N_{Sd}=0,0 kN,
$M_{Sd}=\sqrt{(M_{Sdx}^2+M_{Sdy}^2)}=\sqrt{(7,5^2+0,0^2)}$ =7,5 kNm
f_{cd}=10,7 MPa, f_{yd}=350 MPa =f_{td},
Zbrojenie rozciągane: A_{s1}=**4,52** cm^2,
Zbrojenie ściskane: A_{s2}=**4,52** cm^2,
$A_s=A_{s1}+A_{s2}$=9,05 cm^2, $\rho=100\times A_s/A_c$= 100×9,05/750=1,21 %

Wielkości geometryczne [cm]:
h=30,0, d=27,4, x=9,2 (ξ=0,334),
a_1=2,6, a_2=2,6, a_c=3,1, z_c=24,3, A_{cc}=224 cm^2,
ε_c=-0,17 ‰, ε_{s2}=-0,12 ‰, ε_{s1}=0,34 ‰,

Wielkości statyczne [kN, kNm]:
F_c= -19,7, F_{s1} = 30,7, F_{s2} = -11,0,
M_c= 2,3, M_{s1} = 3,8, M_{s2} = 1,4,

Warunek stanu granicznego nośności:
M_{Rd} = **40,0 kNm** > $M_{Sd}=M_c+M_{s1}+M_{s2}$=2,3+(3,8)+(1,4)=**7,5** kNm

Zbrojenie poprzeczne (strzemiona)

zadanie nowe, pręt nr 2

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

Minimalny stopień zbrojenia na ścinanie:

$$\rho_{w,min} = 0,08\ \sqrt{f_{ck}}\ /\ f_{yk} = 0,08\times\sqrt{16}\ /\ 410 = 0,00078$$

Rozstaw strzemion:

Strefa nr 1

Początek i koniec strefy: x_a = 0,0 x_b = 118,8 cm
Maksymalny rozstawy strzemion:

s_{max} = 0,75 d = 0,75×274 = 206 $s_{max} \le$ 400 mm
przyjęto s_{max} = 206 mm.

Ze względu na pręty ściskane s_{max} = 15 ϕ = 15×12,0 = 180,0 mm.

Przyjęto strzemiona 2-cięte, prostopadłe do osi pręta o rozstawie **18,0** cm, dla których stopień zbrojenia na ścinanie wynosi:

$$\rho_w = A_{sw}/(s\ b_w \sin\alpha) = 1,01 / (18,0\times25,0\times1,000) = 0,00223$$

$$\rho_w = \mathbf{0,00223 > 0,00078} = \rho_{w\ min}$$

Strefa nr 2

Początek i koniec strefy: x_a = 118,8 x_b = 190,0 cm
Maksymalny rozstawy strzemion:

s_{max} = 0,75 d = 0,75×274 = 206 $s_{max} \le$ 400 mm
przyjęto s_{max} = 206 mm.

Ze względu na pręty ściskane s_{max} = 15 ϕ = 15×12,0 = 180,0 mm.

Przyjęto strzemiona 2-cięte, prostopadłe do osi pręta o rozstawie **18,0** cm, dla których stopień zbrojenia na ścinanie wynosi:

$$\rho_w = A_{sw}/(s\ b_w \sin\alpha) = 1,01 / (18,0\times25,0\times1,000) = 0,00223$$

$$\rho_w = \mathbf{0,00223 > 0,00078} = \rho_{w\ min}$$

Ścinanie

zadanie nowe, pręt nr 2.

Przyjęto podparcie i obciążenie bezpośrednie.

Odcinek nr 1

Początek i koniec odcinka: $x_a = 0,0$ $x_b = 59,4$ cm

Siły przekrojowe: $N_{Sd} = 0,0$;

$V_{Sd\,max} = 21,4$ kN

Siła poprzeczna w odległości *d* od podpory wynosi: $V_{Sd} = 16,4$ kN

Rodzaj odcinka:

$$\rho_L = \frac{A_{sL}}{b_w d} = \frac{4,52}{25,0 \times 27,4} = 0,00660; \qquad \rho_L \le 0,01$$

Przyjęto $\rho_L = 0,00660$.

$\sigma_{cp} = N_{Sd} / A_C = -0,0 / 812,40 \times 10 = -0,0$ MPa $\qquad \sigma_{cp} \le 0,2\, f_{cd}$

Przyjęto $\sigma_{cp} = 0,0$ MPa.

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

$= [0,35 \times 1,33 \times 0,90 \times (1,2 + 40 \times 0,00660) + 0,15 \times 0,0] \times 25,0 \times 27,4 \times 10^{-1} = 42,0$ kN

$V_{Sd} = 16,4 < 42,0 = V_{Rd1}$

Nośność odcinka I-go rodzaju:

$V_{Sd} =$ **16,4 < 42,0** $= V_{Rd1}$

$\nu = 0,6\, (1 - f_{ck} / 250) = 0,6 \times (1 - 16 / 250) = 0,562$

$V_{Rd2} = 0,5\, \nu\, f_{cd}\, b_w\, z = 0,5 \times 0,562 \times 10,7 \times 25,0 \times 24,7 \times 10^{-1} = 185,2$ kN

$V_{Sd} =$ **21,4 < 185,2** $= V_{Rd2}$

Nośność zbrojenia podłużnego

zadanie nowe, pręt nr 2.

Sprawdzenie siły przenoszonej przez zbrojenie rozciągane dla x = 0,000 m:

$\Delta F_{td} = 0,5\, |V_{Sd}|\, (\cot\theta - V_{Rd32} / V_{Rd3}\, \cot\alpha) = 0,5 \times 21,4 \times (1,000) = 10,7$ kN

Sumaryczna siła w zbrojeniu rozciąganym:

$F_{td} = F_{td,m} + \Delta F_{td} = 30,7 + 10,7 = 41,4$ kN;

$F_{td} \le F_{td,max} = 30,7$ kN

Przyjęto $F_{td} = 30,7$ kN

$F_{td} =$ **30,7 < 158,3** $= 4,52 \times 350 \times 10^{-1} = A_s\, f_{yd}$

Zarysowanie

zadanie nowe, pręt nr 2,

Położenie przekroju: x = 0,000 m

Siły przekrojowe: $M_{Sd} = -7,4$ kNm

$N_{Sd} = 0,0$ kN e = 1,11E+06 cm

$V_{Sd} = 21,2$ kN

Wymiary przekroju: $b_w = 25,0$ cm

$d = h - a_1 = 30,0 - 2,6 = 27,4$ cm

$A_c = 750$ cm^2

$W_c = 3750$ cm^3

Minimalne zbrojenie:

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

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

$= 0,4 \times 1,0 \times 1,9 \times 375 / 280 = 1,02$ cm^2

$A_{s1} =$ **4,52 > 1,02** $= A_s$

Zarysowanie:

$M_{cr} = f_{ctm} W_c = 1{,}9 \times 3750 \times 10^{-3} = 7{,}1$ kNm

$M_{Sd} = 7{,}4 > 7{,}1 = M_{cr}$

Przekrój zarysowany.

Szerokość rozwarcia rysy prostopadłej do osi pręta:

Przyjęto $k_2 = 0{,}5$.

$\rho_r = A_s / A_{ct,eff} = 4{,}52 / 163 = 0{,}02784$

$s_{rm} = 50 + 0{,}25\, k_1\, k_2\, \phi / \rho_r = 50 + 0{,}25 \times 0{,}8 \times 0{,}50 \times 12 / 0{,}02784 = 93{,}10$

$\varepsilon_{sm} = \sigma_s / E_s \,[1 - \beta_1 \beta_2 (\sigma sr / \sigma s)^2] =$

$= 67{,}1/200000 \times [1 - 1{,}0 \times 0{,}5 \times (0{,}0/0{,}0)^2] = 0{,}00018$

$w_k = \beta\, s_{rm}\, \varepsilon_{sm} = 1{,}7 \times 93{,}10 \times 0{,}00018 = 0{,}03$ mm

$w_k = \mathbf{0{,}03 < 0{,}3} = w_{lim}$

Szerokość rozwarcia rysy ukośnej:

Rysy ukośne nie występują.

Ugięcia

zadanie nowe, pręt nr 2

Ugięcia wyznaczono dla charakterystycznych obciążeń długotrwałych.

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

$$E_{c,eff} = \frac{E_{cm}}{1 + \phi(t, t_o)} = \frac{29000}{1 + 2{,}00} = 9667 \text{ MPa}$$

Moment rysujący:

$M_{cr} = f_{ctm} W_c = 1{,}9 \times 3750 \times 10^{-3} = 7{,}1$ kNm

Całkowity moment zginający $M_{Sd} = -7{,}4$ kN powoduje zarysowanie przekroju.

Sztywność dla długotrwałego działania obciążeń długotrwałych:

Sztywność na zginanie wyznaczona dla momentu $M_{Sd} = -7{,}4$ kNm.

Wielkości geometryczne przekroju: $x_I = 15{,}0$ cm $I_I = 85033$ cm^4

$x_{II} = 9{,}3$ cm $I_{II} = 41568$ cm^4

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

$$= \frac{9667 \times 41568}{1 - 1{,}0 \times 0{,}5 \times (7{,}1/7{,}4)^2 \times (1 - 41568/85033)} \times 10^{-5} = 5251 \text{ kNm}^2$$

Wykres sztywności i momentów dla obciążeń długotrwałych.

Ugięcia.

Ugięcie w punkcie o współrzędnej x = 1,069 cm, wyznaczone poprzez całkowanie funkcji krzywizny osi pręta (1/ρ) z uwzględnieniem zmiany sztywności wzdłuż osi elementu, wynosi:

$a = a_{\infty,d} = 0{,}2$ mm

$a = \mathbf{0{,}2 < 7{,}6} = a_{lim}$

Poz.3.7 Nadproże.

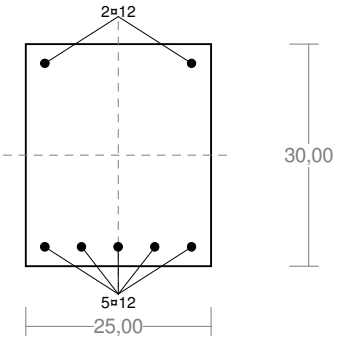
L = 3,35 m

Zebranie obciążeń na 1m

1.Obciążenie z poz.1.1	7,55 kN/m
2.Ciężar wieńca	2,44 kN/m
3.Ciężar ściany	4,80 kN/m
	14,79 kN/m

Cechy przekroju:

zadanie nowe, pręt nr 1, przekrój: x_a=1,67 m, x_b=1,67 m



Wymiary przekroju [cm]:
h=30,0, b=25,0,
Cechy materiałowe dla sytuacji stałej lub przejściowej
BETON: **B20**
f_{ck}= **16,0** MPa, $f_{cd}=\alpha \cdot f_{ck}/\gamma_c$=1,00×16,0/1,50=**10,7** MPa
Cechy geometryczne przekroju betonowego:
A_c=**750** cm^2, J_{cx}=**56250** cm^4, J_{cy}=**39063** cm^4
STAL: **A-III** (**34GS**)
f_{yk}=410 MPa, γ_s=1,15, f_{yd}=350 MPa
$\xi_{lim}=0,0035/(0,0035+f_{yd}/E_s)=0,0035/(0,0035+350/200000)=0,667$,
Zbrojenie główne:
$A_{s1}+A_{s2}$=**7,92** cm^2, $\rho=100\ (A_{s1}+A_{s2})/A_c$ =100×7,92/750=**1,06** %,

J_{sx}=**1217** cm^4, J_{sy}=**499** cm^4,

Siły przekrojowe:

zadanie: nowe, pręt nr 1, przekrój: x_a=1,67 m, x_b=1,67 m

Obciążenia działające w płaszczyźnie układu: **A**

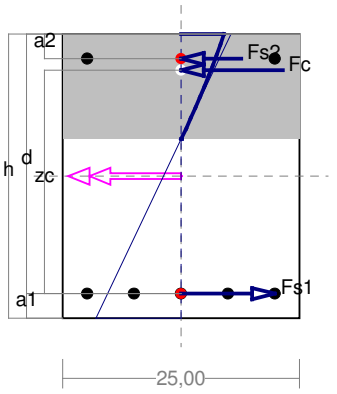
Momenty zginające:	M_x = -23,5 kNm,	M_y = 0,0 kNm,
Siły poprzeczne:	V_y = 0,0 kN,	V_x = 0,0 kN,
Siła osiowa:	N = 0,0 kN = N_{Sd}, .	

Zbrojenie wymagane:

(zadanie nowe, pręt nr 1, przekrój: x_a=1,67 m, x_b=1,67 m)

Obliczenia wykonano:

- z uwzględnieniem wkładek zbrojenia rzeczywistego (A_{s1}=5,65 cm^2, A_{s2}=2,26 cm^2,)



Wielkości obliczeniowe:
N_{Sd}=0,0 kN,
$M_{Sd}=\sqrt{(M_{Sdx}^2+M_{Sdy}^2)}=\sqrt{(-23,5^2+0,0^2)}$ =23,5 kNm
f_{cd}=10,7 MPa, f_{yd}=350 MPa =f_{td},
Dodatkowe zbrojenie rozciągane nie jest obliczeniowo wymagane.
Dodatkowe zbrojenie ściskane nie jest obliczeniowo wymagane.

Wielkości geometryczne [cm]:

h=30,0, d=27,4, x=11,1 (ξ=0,404),
a_1=2,6, a_2=2,6, a_c=3,8, z_c=23,6, A_{cc}=277 cm^2,
ε_c=-0,59 ‰, ε_{s2}=-0,45 ‰, ε_{s1}=0,87 ‰,

Wielkości statyczne [kN, kNm]:

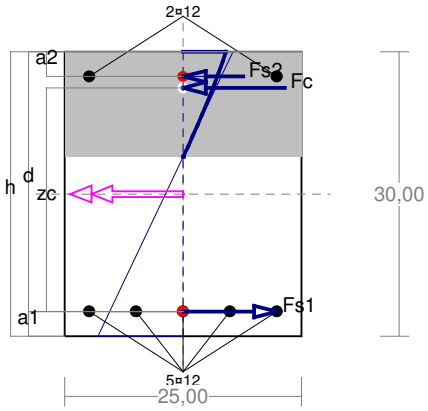
F_c= -78,2, F_{s1} = 98,7, F_{s2} = -20,5,
M_c= 8,7, M_{s1} = 12,2, M_{s2} = 2,5,

Warunki równowagi wewnętrznej:

$F_c+F_{s1}+F_{s2}$=-78,2+(98,7)+(-20,5)=0,0 kN (N_{Sd}=0,0 kN)
$M_c+M_{s1}+M_{s2}$=8,7+(12,2)+(2,5)=23,5 kNm (M_{Sd}=23,5 kNm)

Nośność przekroju prostopadłego:

zadanie nowe, pręt nr 1, przekrój: x_a=1,68 m, x_b=1,67 m



Wielkości obliczeniowe:
N_{Sd}=0,0 kN,
$M_{Sd}=\sqrt{(M_{Sdx}^2+M_{Sdy}^2)}=\sqrt{(-23,5^2+0,0^2)}$ =23,5 kNm
f_{cd}=10,7 MPa, f_{yd}=350 MPa =f_{td},
Zbrojenie rozciągane: A_{s1}=**5,65** cm^2,
Zbrojenie ściskane: A_{s2}=**2,26** cm^2,
$A_s=A_{s1}+A_{s2}$=7,92 cm^2, $\rho=100\times A_s/A_c$= 100×7,92/750=1,06 %
Wielkości geometryczne [cm]:
h=30,0, d=27,4, x=11,1 (ξ=0,404),
a_1=2,6, a_2=2,6, a_c=3,8, z_c=23,6, A_{cc}=275 cm^2,
ε_c=-0,59 ‰, ε_{s2}=-0,45 ‰, ε_{s1}=0,87 ‰,
Wielkości statyczne [kN, kNm]:
F_c= -78,2, F_{s1} = 98,7, F_{s2} = -20,5,
M_c= 8,7, M_{s1} = 12,2, M_{s2} = 2,5,

Warunek stanu granicznego nośności:
M_{Rd} = **49,3 kNm** > $M_{Sd}=M_c+M_{s1}+M_{s2}$=8,7+(12,2)+(2,5)=**23,5** kNm

Zbrojenie poprzeczne (strzemiona)

zadanie nowe, pręt nr 1

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

Minimalny stopień zbrojenia na ścinanie:

$$\rho_{w,min} = 0,08\ \sqrt{f_{ck}}\ /\ f_{yk} = 0,08\times\sqrt{16}\ /\ 410 = 0,00078$$

Rozstaw strzemion:

Strefa nr 1

Początek i koniec strefy: x_a = 0,0 x_b = 167,5 cm
Maksymalny rozstawy strzemion:

s_{max} = 0,75 d = 0,75×274 = 206 $s_{max} \le$ 400 mm
przyjęto s_{max} = 206 mm.

Przyjęto strzemiona 2-cięte, prostopadłe do osi pręta o rozstawie **20,0** cm, dla których stopień zbrojenia na ścinanie wynosi:

$$\rho_w = A_{sw}/(s\ b_w \sin\alpha) = 1,01 / (20,0\times25,0\times1,000) = 0,00201$$

$$\rho_w = \mathbf{0,00201 > 0,00078} = \rho_{w\ min}$$

Strefa nr 2

Początek i koniec strefy: x_a = 167,5 x_b = 335,0 cm
Maksymalny rozstawy strzemion:

s_{max} = 0,75 d = 0,75×274 = 206 $s_{max} \le$ 400 mm
przyjęto s_{max} = 206 mm.

Przyjęto strzemiona 2-cięte, prostopadłe do osi pręta o rozstawie **20,0** cm, dla których stopień zbrojenia na ścinanie wynosi:

$$\rho_w = A_{sw}/(s\ b_w \sin\alpha) = 1,01 / (20,0\times25,0\times1,000) = 0,00201$$

$$\rho_w = \mathbf{0,00201 > 0,00078} = \rho_{w\ min}$$

Ścinanie

zadanie nowe, pręt nr 1.

Przyjęto podparcie i obciążenie bezpośrednie.

Odcinek nr 6

Początek i koniec odcinka: $x_a = 279,2$ $x_b = 335,0$ cm

Siły przekrojowe: $N_{Sd} = 0,0$;

$V_{Sd\,max} = -28,1$ kN

Siła poprzeczna w odległości *d* od podpory wynosi: $V_{Sd} = -23,5$ kN

Rodzaj odcinka:

$$\rho_L = \frac{A_{sL}}{b_w d} = \frac{5,65}{25,0 \times 27,4} = 0,00826; \qquad \rho_L \le 0,01$$

Przyjęto $\rho_L = 0,00826$.

$\sigma_{cp} = N_{Sd} / A_C = -0,0 / 804,60 \times 10 = -0,0$ MPa $\qquad \sigma_{cp} \le 0,2\, f_{cd}$

Przyjęto $\sigma_{cp} = 0,0$ MPa.

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

$= [0,35 \times 1,33 \times 0,90 \times (1,2+40 \times 0,00826) + 0,15 \times 0,0] \times 25,0 \times 27,4 \times 10^{-1} = 43,9$ kN

$V_{Sd} = 23,5 < 43,9 = V_{Rd1}$

Nośność odcinka I-go rodzaju:

$V_{Sd} =$ **$23,5 < 43,9$** $= V_{Rd1}$

$\nu = 0,6\, (1 - f_{ck} / 250) = 0,6 \times (1 - 16 / 250) = 0,562$

$V_{Rd2} = 0,5\, \nu\, f_{cd}\, b_w\, z = 0,5 \times 0,562 \times 10,7 \times 25,0 \times 24,7 \times 10^{-1} = 185,2$ kN

$V_{Sd} =$ **$28,1 < 185,2$** $= V_{Rd2}$

Nośność zbrojenia podłużnego

zadanie nowe, pręt nr 1.

Sprawdzenie siły przenoszonej przez zbrojenie rozciągane dla x = 1,466 m:

$\Delta F_{td} = 0,5\, |V_{Sd}|\, (\cot\theta - V_{Rd32} / V_{Rd3}\, \cot\alpha) = 0,5 \times 3,5 \times (1,000) = 1,8$ kN

Sumaryczna siła w zbrojeniu rozciąganym:

$F_{td} = F_{td,m} + \Delta F_{td} = 97,1 + 1,8 = 98,9$ kN;

$F_{td} \le F_{td,max} = 98,7$ kN

Przyjęto $F_{td} = 98,7$ kN

$F_{td} =$ **$98,7 < 197,9$** $= 5,65 \times 350 \times 10^{-1} = A_s\, f_{yd}$

Zarysowanie

zadanie nowe, pręt nr 1,

Położenie przekroju:	x = 1,675 m
Siły przekrojowe:	$M_{Sd} = 23,3$ kNm
	$N_{Sd} = -0,0$ kN
	$V_{Sd} = 0,0$ kN
Wymiary przekroju:	$b_w = 25,0$ cm
	$d = h - a_1 = 30,0 - 2,6 = 27,4$ cm
	$A_c = 750$ cm^2
	$W_c = 3750$ cm^3

Minimalne zbrojenie:

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

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

$= 0{,}4 \times 1{,}0 \times 1{,}9 \times 375 / 280 = 1{,}02\ cm^2$

$A_{s1} = \mathbf{5{,}65 > 1{,}02} = A_s$

Zarysowanie:

$M_{cr} = f_{ctm}\, W_c = 1{,}9 \times 3750 \times 10^{-3} = 7{,}1$ kNm

$M_{Sd} = 23{,}3 > 7{,}1 = M_{cr}$

Przekrój zarysowany.

Szerokość rozwarcia rysy prostopadłej do osi pręta:

Przyjęto $k_2 = 0{,}5$.

$\rho_r = A_s / A_{ct,eff} = 5{,}65 / 158 = 0{,}03577$

$s_{rm} = 50 + 0{,}25\, k_1\, k_2\, \phi / \rho_r = 50 + 0{,}25 \times 0{,}8 \times 0{,}50 \times 12 / 0{,}03577 = 83{,}55$

$\varepsilon_{sm} = \sigma_s / E_s\, [1 - \beta_1 \beta_2\, (\sigma sr / \sigma s)^2] =$

$= 171{,}9 / 200000 \times [1 - 1{,}0 \times 0{,}5 \times (7{,}1/23{,}3)^2] = 0{,}00082$

$w_k = \beta\, s_{rm}\, \varepsilon_{sm} = 1{,}7 \times 83{,}55 \times 0{,}00082 = 0{,}12$ mm

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

Szerokość rozwarcia rysy ukośnej:

Rysy ukośne nie występują.

Ugięcia

zadanie nowe, pręt nr 1

Ugięcia wyznaczono dla charakterystycznych obciążeń długotrwałych.

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

$$E_{c,eff} = \frac{E_{cm}}{1 + \phi(t, t_o)} = \frac{29000}{1 + 2{,}00} = 9667 \text{ MPa}$$

Moment rysujący:

$M_{cr} = f_{ctm}\, W_c = 1{,}9 \times 3750 \times 10^{-3} = 7{,}1$ kNm

Całkowity moment zginający $M_{Sd} = 23{,}3$ kN powoduje zarysowanie przekroju.

Sztywność dla długotrwałego działania obciążeń długotrwałych:

Sztywność na zginanie wyznaczona dla momentu $M_{Sd} = 23{,}3$ kNm.

Wielkości geometryczne przekroju: $x_I = 16{,}0$ cm $\quad I_I = 80606\ cm^4$

$x_{II} = 11{,}0$ cm $\quad I_{II} = 45861\ cm^4$

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

$$= \frac{9667 \times 45861}{1 - 1{,}0 \times 0{,}5 \times (7{,}1/23{,}3)^2 \times (1 - 45861/80606)} \times 10^{-5} = 4525\ \text{kNm}^2$$

Wykres sztywności i momentów dla obciążeń długotrwałych.

Ugięcia.

Ugięcie w punkcie o współrzędnej $x = 1{,}675$ cm, wyznaczone poprzez całkowanie funkcji krzywizny osi pręta $(1/\rho)$ z uwzględnieniem zmiany sztywności wzdłuż osi elementu, wynosi:

$a = a_{\infty,d} = 5{,}9$ mm

$a = \mathbf{5,9 < 13,4} = a_{lim}$

Reakcje podporowe
R = 28,10 kN

Poz.3.8 Nadproże.

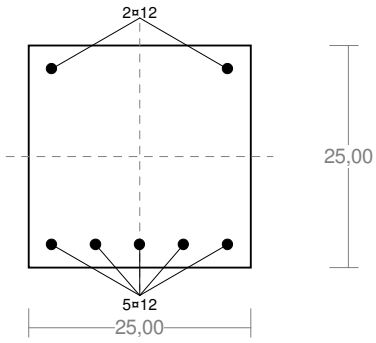
L = 2,80 m

Zebranie obciążenia na 1m

1.Obciążenie z poz.1.1	7,55 kN/m
2.Ciężar wieńca	2,44 kN/m
3.Ciężar ściany	7,34 kN/m
	17,33 kN/m

Cechy przekroju:

zadanie nowe, pręt nr 1, przekrój: x_a=1,40 m, x_b=1,40 m



Wymiary przekroju [cm]:
h=25,0, b=25,0,
Cechy materiałowe dla sytuacji stałej lub przejściowej
BETON: **B20**
f_{ck}= **16,0** MPa, $f_{cd}=\alpha \cdot f_{ck}/\gamma_c$=1,00×16,0/1,50=**10,7** MPa
Cechy geometryczne przekroju betonowego:
A_c=**625** cm^2, J_{cx}=**32552** cm^4, J_{cy}=**32552** cm^4
STAL: **A-III** (**34GS**)
f_{yk}=410 MPa, γ_s=1,15, f_{yd}=350 MPa
$\xi_{lim}=0,0035/(0,0035+f_{yd}/E_s)=0,0035/(0,0035+350/200000)=0,667$,
Zbrojenie główne:
$A_{s1}+A_{s2}$=**7,92** cm^2, $\rho=100\ (A_{s1}+A_{s2})/A_c$ =100×7,92/625=**1,27** %,

J_{sx}=**776** cm^4, J_{sy}=**499** cm^4,

Siły przekrojowe:

zadanie: nowe, pręt nr 1, przekrój: x_a=1,40 m, x_b=1,40 m

Obciążenia działające w płaszczyźnie układu: **A**

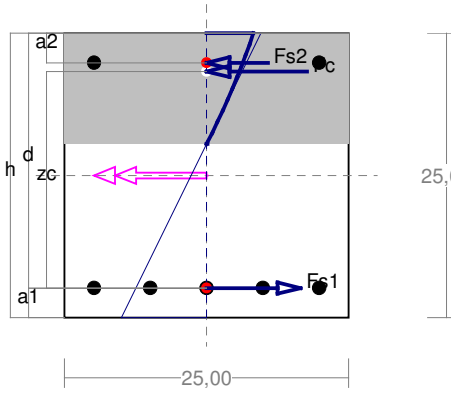
Momenty zginające:	M_x = -18,6 kNm,	M_y = 0,0 kNm,
Siły poprzeczne:	V_y = -0,0 kN,	V_x = 0,0 kN,
Siła osiowa:	N = 0,0 kN = N_{Sd}, .	

Zbrojenie wymagane:

(zadanie nowe, pręt nr 1, przekrój: x_a=1,40 m, x_b=1,40 m)

Obliczenia wykonano:

- z uwzględnieniem wkładek zbrojenia rzeczywistego (A_{s1}=5,65 cm^2, A_{s2}=2,26 cm^2,)



Wielkości obliczeniowe:
N_{Sd}=0,0 kN,
$M_{Sd}=\sqrt{(M_{Sdx}^2+M_{Sdy}^2)}=\sqrt{(-18,6^2+0,0^2)}$ =18,6 kNm
f_{cd}=10,7 MPa, f_{yd}=350 MPa =f_{td},
Dodatkowe zbrojenie rozciągane nie jest obliczeniowo wymagane.
Dodatkowe zbrojenie ściskane nie jest obliczeniowo wymagane.

Wielkości geometryczne [cm]:

h=25,0, d=22,4, x=9,7 (ξ=0,434),
a_1=2,6, a_2=2,6, a_c=3,4, z_c=19,0, A_{cc}=243 cm^2,
ε_c=-0,66 ‰, ε_{s2}=-0,48 ‰, ε_{s1}=0,86 ‰,

Wielkości statyczne [kN, kNm]:

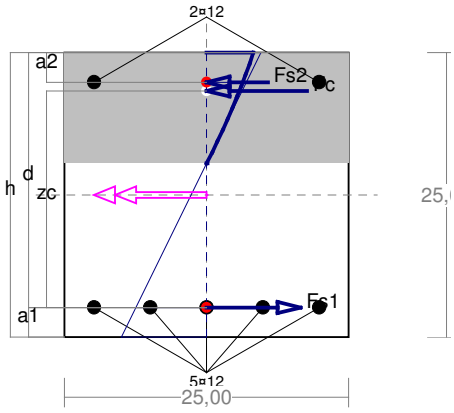
F_c= -75,0, F_{s1} = 96,8, F_{s2} = -21,8,
M_c= 6,9, M_{s1} = 9,6, M_{s2} = 2,2,

Warunki równowagi wewnętrznej:

$F_c+F_{s1}+F_{s2}$=-75,0+(96,8)+(-21,8)=0,0 kN (N_{Sd}=0,0 kN)
$M_c+M_{s1}+M_{s2}$=6,9+(9,6)+(2,2)=18,6 kNm (M_{Sd}=18,6 kNm)

Nośność przekroju prostopadłego:

zadanie nowe, pręt nr 1, przekrój: x_a=1,40 m, x_b=1,40 m



Wielkości obliczeniowe:
N_{Sd}=0,0 kN,
$M_{Sd}=\sqrt{(M_{Sdx}^2+M_{Sdy}^2)}=\sqrt{(-18,6^2+0,0^2)}$ =18,6 kNm
f_{cd}=10,7 MPa, f_{yd}=350 MPa =f_{td},
Zbrojenie rozciągane: A_{s1}=**5,65** cm^2,
Zbrojenie ściskane: A_{s2}=**2,26** cm^2,
$A_s=A_{s1}+A_{s2}$=7,92 cm^2, $\rho=100\times A_s/A_c$= 100×7,92/625=1,27 %

Wielkości geometryczne [cm]:
h=25,0, d=22,4, x=9,7 (ξ=0,434),
a_1=2,6, a_2=2,6, a_c=3,4, z_c=19,0, A_{cc}=241 cm^2,
ε_c=-0,66 ‰, ε_{s2}=-0,48 ‰, ε_{s1}=0,86 ‰,

Wielkości statyczne [kN, kNm]:
F_c= -75,0, F_{s1} = 96,8, F_{s2} = -21,8,
M_c= 6,9, M_{s1} = 9,6, M_{s2} = 2,2,

Warunek stanu granicznego nośności:
M_{Rd} = **39,5 kNm** > $M_{Sd}=M_c+M_{s1}+M_{s2}$=6,9+(9,6)+(2,2)=**18,6** kNm

Zbrojenie poprzeczne (strzemiona)

zadanie nowe, pręt nr 1

Na całej długości pręta przyjęto strzemiona o średnicy ϕ=8 mm ze stali A-III, dla której f_{ywd} = 350 MPa.
Minimalny stopień zbrojenia na ścinanie:

$$\rho_{w,min} = 0,08\ \sqrt{f_{ck}}\ /\ f_{yk} = 0,08\times\sqrt{16}\ /\ 410 = 0,00078$$

Rozstaw strzemion:

Strefa nr 1

Początek i koniec strefy: x_a = 0,0 x_b = 140,0 cm
Maksymalny rozstawy strzemion:

s_{max} = 0,75 d = 0,75×224 = 168 $s_{max} \le$ 400 mm
przyjęto s_{max} = 168 mm.

Przyjęto strzemiona 2-cięte, prostopadłe do osi pręta o rozstawie **16,0** cm, dla których stopień zbrojenia na ścinanie wynosi:

$\rho_w = A_{sw} /(s\ b_w \sin\alpha) = 1{,}01 / (16{,}0\times25{,}0\times1{,}000) = 0{,}00251$

$\rho_w = \mathbf{0{,}00251 > 0{,}00078} = \rho_{w\,min}$

Strefa nr 2

Początek i koniec strefy: $x_a = 140{,}0$ $x_b = 280{,}0$ cm

Maksymalny rozstawy strzemion:

$s_{max} = 0{,}75\ d = 0{,}75\times224 = 168$ $s_{max} \le 400$ mm

przyjęto $s_{max} = 168$ mm.

Przyjęto strzemiona 2-cięte, prostopadłe do osi pręta o rozstawie **16,0** cm, dla których stopień zbrojenia na ścinanie wynosi:

$\rho_w = A_{sw} /(s\ b_w \sin\alpha) = 1{,}01 / (16{,}0\times25{,}0\times1{,}000) = 0{,}00251$

$\rho_w = \mathbf{0{,}00251 > 0{,}00078} = \rho_{w\,min}$

Ścinanie

zadanie nowe, pręt nr 1.

Przyjęto podparcie i obciążenie bezpośrednie.

Odcinek nr 6

Początek i koniec odcinka: $x_a = 233{,}3$ $x_b = 280{,}0$ cm

Siły przekrojowe: $N_{Sd} = 0{,}1$;

$V_{Sd\,max} = -26{,}6$ kN

Siła poprzeczna w odległości *d* od podpory wynosi: $V_{Sd} = -22{,}3$ kN

Rodzaj odcinka:

$$\rho_L = \frac{A_{sL}}{b_w d} = \frac{5{,}65}{25{,}0\times22{,}4} = 0{,}01010; \qquad \rho_L \le 0{,}01$$

Przyjęto $\rho_L = 0{,}01000$.

$\sigma_{cp} = N_{Sd} / A_C = -0{,}1 / 679{,}60 \times10 = -0{,}0$ MPa $\qquad \sigma_{cp} \le 0{,}2\ f_{cd}$

Przyjęto $\sigma_{cp} = 0{,}0$ MPa.

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

$= [0{,}35\times1{,}38\times0{,}90\times(1{,}2+40\times0{,}01000) + 0{,}15\times0{,}0]\times25{,}0\times22{,}4\times10^{-1} = 38{,}9$ kN

$V_{Sd} = 22{,}3 < 38{,}9 = V_{Rd1}$

Nośność odcinka I-go rodzaju:

$V_{Sd} = \mathbf{22{,}3 < 38{,}9} = V_{Rd1}$

$\nu = 0{,}6\ (1 - f_{ck} / 250) = 0{,}6\times(1 - 16 / 250) = 0{,}562$

$V_{Rd2} = 0{,}5\ \nu\ f_{cd}\ b_w\ z = 0{,}5\times0{,}562\times10{,}7\times25{,}0\times20{,}2\times10^{-1} = 151{,}4$ kN

$V_{Sd} = \mathbf{26{,}6 < 151{,}4} = V_{Rd2}$

Nośność zbrojenia podłużnego

zadanie nowe, pręt nr 1.

Sprawdzenie siły przenoszonej przez zbrojenie rozciągane dla x = 1,225 m:

$\Delta F_{td} = 0{,}5\ |V_{Sd}|\ (\cot\theta - V_{Rd32} / V_{Rd3}\ \cot\alpha) = 0{,}5\times3{,}3\times(1{,}000) = 1{,}7$ kN

Sumaryczna siła w zbrojeniu rozciąganym:

$F_{td} = F_{td,m} + \Delta F_{td} = 95{,}3 + 1{,}7 = 96{,}9$ kN;

$F_{td} \le F_{td,max} = 96{,}8$ kN

Przyjęto $F_{td} = 96{,}8$ kN

$F_{td} = \mathbf{96{,}8 < 197{,}9} = 5{,}65\times350\times10^{-1} = A_s\ f_{yd}$

Zarysowanie

zadanie nowe, pręt nr 1,

Położenie przekroju:	x = 1,400 m
Siły przekrojowe:	M_{Sd} = 18,5 kNm
	N_{Sd} = 0,0 kN
	V_{Sd} = 0,0 kN
Wymiary przekroju:	b_w = 25,0 cm
	d = h - a_1 = 25,0 - 2,6 = 22,4 cm
	A_c = 625 cm^2
	W_c = 2604 cm^3

Minimalne zbrojenie:

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

$$A_s = k_c\, k\, f_{ct,eff}\, A_{ct} / \sigma_{s,lim} =$$
$$= 0{,}4 \times 1{,}0 \times 1{,}9 \times 312 / 280 = 0{,}85\ cm^2$$

$$A_{s1} = \mathbf{5{,}65 > 0{,}85} = A_s$$

Zarysowanie:

$$M_{cr} = f_{ctm}\, W_c = 1{,}9 \times 2604 \times 10^{-3} = 4{,}9\ kNm$$
$$M_{Sd} = 18{,}5 > 4{,}9 = M_{cr}$$

Przekrój zarysowany.

Szerokość rozwarcia rysy prostopadłej do osi pręta:

Przyjęto $k_2 = 0{,}5$.

$$\rho_r = A_s / A_{ct,eff} = 5{,}65 / 128 = 0{,}04419$$

$$s_{rm} = 50 + 0{,}25\, k_1\, k_2\, \phi / \rho_r = 50 + 0{,}25 \times 0{,}8 \times 0{,}50 \times 12 / 0{,}04419 = 77{,}15$$

$$\varepsilon_{sm} = \sigma_s / E_s\, [1 - \beta_1 \beta_2\, (\sigma sr / \sigma s)^2] =$$
$$= 168{,}9 / 200000 \times [1 - 1{,}0 \times 0{,}5 \times (4{,}9 / 18{,}5)^2] = 0{,}00081$$

$$w_k = \beta\, s_{rm}\, \varepsilon_{sm} = 1{,}7 \times 77{,}15 \times 0{,}00081 = 0{,}11\ mm$$

$$w_k = \mathbf{0{,}11 < 0{,}3} = w_{lim}$$

Szerokość rozwarcia rysy ukośnej:

Rysy ukośne nie występują.

Ugięcia

zadanie nowe, pręt nr 1

Ugięcia wyznaczono dla charakterystycznych obciążeń długotrwałych.

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

$$E_{c,eff} = \frac{E_{cm}}{1 + \phi(t, t_o)} = \frac{29000}{1 + 2{,}00} = 9667\ MPa$$

Moment rysujący:

$$M_{cr} = f_{ctm}\, W_c = 1{,}9 \times 2604 \times 10^{-3} = 4{,}9\ kNm$$

Całkowity moment zginający M_{Sd} = 18,5 kN powoduje zarysowanie przekroju.

Sztywność dla długotrwałego działania obciążeń długotrwałych:

Sztywność na zginanie wyznaczona dla momentu M_{Sd} = 18,5 kNm.

Wielkości geometryczne przekroju:	x_I = 13,4 cm	I_I = 47993 cm^4
	x_{II} = 9,6 cm	I_{II} = 28834 cm^4

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

$$= \frac{9667 \times 28834}{1 - 1{,}0 \times 0{,}5 \times (4{,}9/18{,}5)^2 \times (1 - 28834/47993)} \times 10^{-5} = 2828 \text{ kNm}^2$$

Wykres sztywności i momentów dla obciążeń długotrwałych.

Ugięcia.

Ugięcie w punkcie o współrzędnej x = 1,400 cm, wyznaczone poprzez całkowanie funkcji krzywizny osi pręta (1/ρ) z uwzględnieniem zmiany sztywności wzdłuż osi elementu, wynosi:

$a = a_{\infty,d} = 5{,}3$ mm

$a = \mathbf{5{,}3 < 11{,}2} = a_{lim}$

Poz.3.9 Nadproże.

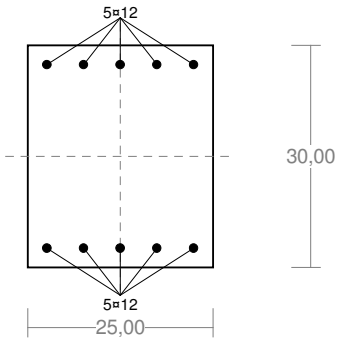
L = 4,45 m
L = 2,75 m

Zebranie obciążenia na 1m

1.Obciążenie z poz.1.1	6,80 kN/m
2.Ciężar wieńca	2,44 kN/m
3.Ciężar ściany	4,89 kN/m
	14,13 kN/m

Cechy przekroju:

zadanie nowe, pręt nr 1, przekrój: x_a=4,45 m, x_b=0,00 m



Wymiary przekroju [cm]:
h=30,0, b=25,0,
Cechy materiałowe dla sytuacji stałej lub przejściowej
BETON: **B20**
f_{ck}= **16,0** MPa, $f_{cd}=\alpha \cdot f_{ck}/\gamma_c$=1,00×16,0/1,50=**10,7** MPa
Cechy geometryczne przekroju betonowego:
A_c=**750** cm^2, J_{cx}=**56250** cm^4, J_{cy}=**39063** cm^4
STAL: **A-III** (**34GS**)
f_{yk}=410 MPa, γ_s=1,15, f_{yd}=350 MPa
$\xi_{lim}=0{,}0035/(0{,}0035+f_{yd}/E_s)=0{,}0035/(0{,}0035+350/200000)=0{,}667$,
Zbrojenie główne:
$A_{s1}+A_{s2}$=**11,31** cm^2, $\rho=100\,(A_{s1}+A_{s2})/A_c$ =100×11,31/750=**1,51** %,

J_{sx}=**1739** cm^4, J_{sy}=**554** cm^4,

Siły przekrojowe:

zadanie: nowe, pręt nr 1, przekrój: x_a=4,45 m, x_b=0,00 m

Obciążenia działające w płaszczyźnie układu: **A**

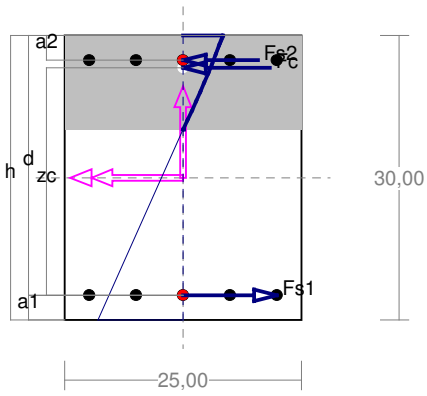
Momenty zginające:	M_x = 30,5 kNm,	M_y = 0,0 kNm,
Siły poprzeczne:	V_y = -42,7 kN,	V_x = 0,0 kN,
Siła osiowa:	N = 0,0 kN = N_{Sd}, .	

Zbrojenie wymagane:

(zadanie nowe, pręt nr 1, przekrój: x_a=1,79 m, x_b=2,66 m)

Obliczenia wykonano:

- z uwzględnieniem wkładek zbrojenia rzeczywistego (A_{s1}=5,65 cm^2, A_{s2}=5,65 cm^2,)



Wielkości obliczeniowe:
N_{Sd}=0,0 kN,
$M_{Sd}=\sqrt{(M_{Sdx}^2+M_{Sdy}^2)}=\sqrt{(-26,1^2+0,0^2)}$ =26,1 kNm
f_{cd}=10,7 MPa, f_{yd}=350 MPa =f_{td},
Dodatkowe zbrojenie rozciągane nie jest obliczeniowo wymagane.
Dodatkowe zbrojenie ściskane nie jest obliczeniowo wymagane.

Wielkości geometryczne [cm]:

h=30,0, d=27,4, x=9,9 (ξ=0,361),
a_1=2,6, a_2=2,6, a_c=3,4, z_c=24,0, A_{cc}=247 cm^2,
ε_c=-0,54 ‰, ε_{s2}=-0,40 ‰, ε_{s1}=0,95 ‰,

Wielkości statyczne [kN, kNm]:

F_c= -62,5, F_{s1} = 107,3, F_{s2} = -44,7,
M_c= 7,2, M_{s1} = 13,3, M_{s2} = 5,5,

Warunki równowagi wewnętrznej:

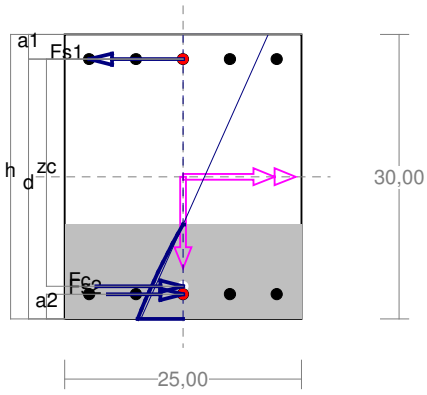
$F_c+F_{s1}+F_{s2}$=-62,5+(107,3)+(-44,7)=-0,0 kN (N_{Sd}=0,0 kN)
$M_c+M_{s1}+M_{s2}$=7,2+(13,3)+(5,5)=26,1 kNm (M_{Sd}=26,1 kNm)

Zbrojenie wymagane:

(zadanie nowe, pręt nr 1, przekrój: x_a=4,45 m, x_b=0,00 m)

Obliczenia wykonano:

- z uwzględnieniem wkładek zbrojenia rzeczywistego (A_{s1}=5,65 cm^2, A_{s2}=5,65 cm^2,)



Wielkości obliczeniowe:
N_{Sd}=0,0 kN,
$M_{Sd}=\sqrt{(M_{Sdx}^2+M_{Sdy}^2)}=\sqrt{(30,5^2+0,0^2)}$ =30,5 kNm
f_{cd}=10,7 MPa, f_{yd}=350 MPa =f_{td},
Dodatkowe zbrojenie rozciągane nie jest obliczeniowo wymagane.
Dodatkowe zbrojenie ściskane nie jest obliczeniowo wymagane.

Wielkości geometryczne [cm]:

h=30,0, d=27,4, x=9,9 (ξ=0,363),
a_1=2,6, a_2=2,6, a_c=3,4, z_c=24,0, A_{cc}=249 cm^2,
ε_c=-0,63 ‰, ε_{s2}=-0,47 ‰, ε_{s1}=1,11 ‰,

Wielkości statyczne [kN, kNm]:

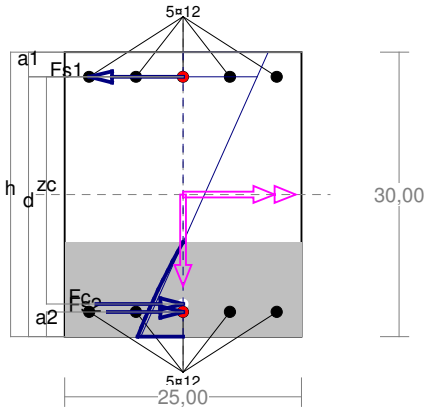
F_c= -72,6, F_{s1} = 125,3, F_{s2} = -52,7,
M_c= 8,4, M_{s1} = 15,5, M_{s2} = 6,5,

Warunki równowagi wewnętrznej:

$F_c+F_{s1}+F_{s2}$=-72,6+(125,3)+(-52,7)=0,0 kN (N_{Sd}=0,0 kN)
$M_c+M_{s1}+M_{s2}$=8,4+(15,5)+(6,5)=30,5 kNm (M_{Sd}=30,5 kNm)

Nośność przekroju prostopadłego:

zadanie nowe, pręt nr 1, przekrój: x_a=4,45 m, x_b=0,00 m



Wielkości obliczeniowe:
N_{Sd}=0,0 kN,
$M_{Sd}=\sqrt{(M_{Sdx}^2+M_{Sdy}^2)}=\sqrt{(30,5^2+0,0^2)}$ =30,5 kNm
f_{cd}=10,7 MPa, f_{yd}=350 MPa =f_{td},
Zbrojenie rozciągane: A_{s1}=**5,65** cm^2,
Zbrojenie ściskane: A_{s2}=**5,65** cm^2,
$A_s=A_{s1}+A_{s2}$=11,31 cm^2, $\rho=100\times A_s/A_c$= 100×11,31/750=1,51 %

Wielkości geometryczne [cm]:
h=30,0, d=27,4, x=9,9 (ξ=0,363),
a_1=2,6, a_2=2,6, a_c=3,4, z_c=24,0, A_{cc}=243 cm^2,
ε_c=-0,63 ‰, ε_{s2}=-0,47 ‰, ε_{s1}=1,11 ‰,

Wielkości statyczne [kN, kNm]:
F_c= -72,6, F_{s1} = 125,3, F_{s2} = -52,7,
M_c= 8,4, M_{s1} = 15,5, M_{s2} = 6,5,

Warunek stanu granicznego nośności:
M_{Rd} = **49,8 kNm** > $M_{Sd}=M_c+M_{s1}+M_{s2}$=8,4+(15,5)+(6,5)=**30,5** kNm

Zbrojenie poprzeczne (strzemiona)

zadanie nowe, pręt nr 1

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

Minimalny stopień zbrojenia na ścinanie:

$$\rho_{w,min} = 0,08\ \sqrt{f_{ck}}\ /\ f_{yk} = 0,08\times\sqrt{16}\ /\ 410 = 0,00078$$

Rozstaw strzemion:

Strefa nr 1

Początek i koniec strefy: x_a = 0,0 x_b = 180,8 cm
Maksymalny rozstawy strzemion:

s_{max} = 0,75 d = 0,75×274 = 206 $s_{max} \le$ 400 mm
przyjęto s_{max} = 206 mm.

Ze względu na pręty ściskane s_{max} = 15 ϕ = 15×12,0 = 180,0 mm.

Przyjęto strzemiona 2-cięte, prostopadłe do osi pręta o rozstawie **18,0** cm, dla których stopień zbrojenia na ścinanie wynosi:

$$\rho_w = A_{sw}/(s\ b_w \sin\alpha) = 1,01 / (18,0\times25,0\times1,000) = 0,00223$$

$$\rho_w = \mathbf{0,00223 > 0,00078} = \rho_{w\ min}$$

Strefa nr 2

Początek i koniec strefy: x_a = 180,8 x_b = 445,0 cm
Maksymalny rozstawy strzemion:

s_{max} = 0,75 d = 0,75×274 = 206 $s_{max} \le$ 400 mm
przyjęto s_{max} = 206 mm.

Ze względu na pręty ściskane s_{max} = 15 ϕ = 15×12,0 = 180,0 mm.

Przyjęto strzemiona 2-cięte, prostopadłe do osi pręta o rozstawie **18,0** cm, dla których stopień zbrojenia na ścinanie wynosi:

$$\rho_w = A_{sw}/(s\ b_w \sin\alpha) = 1,01 / (18,0\times25,0\times1,000) = 0,00223$$

$$\rho_w = \mathbf{0,00223 > 0,00078} = \rho_{w\ min}$$

Ścinanie

zadanie nowe, pręt nr 1.

Przyjęto podparcie i obciążenie bezpośrednie.

Odcinek nr 9

Początek i koniec odcinka: $x_a = 392,2$ $x_b = 445,0$ cm

Siły przekrojowe: $N_{Sd} = 0,0$;

$V_{Sd\,max} = -42,7$ kN

Siła poprzeczna w odległości *d* od podpory wynosi: $V_{Sd} = -38,3$ kN

Rodzaj odcinka:

$$\rho_L = \frac{A_{sL}}{b_w d} = \frac{5,65}{25,0 \times 27,4} = 0,00826; \qquad \rho_L \le 0,01$$

Przyjęto $\rho_L = 0,00826$.

$\sigma_{cp} = N_{Sd} / A_C = -0,0 / 828,00 \times 10 = -0,0$ MPa $\qquad \sigma_{cp} \le 0,2\, f_{cd}$

Przyjęto $\sigma_{cp} = 0,0$ MPa.

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

$= [0,35 \times 1,33 \times 0,90 \times (1,2 + 40 \times 0,00826) + 0,15 \times 0,0] \times 25,0 \times 27,4 \times 10^{-1} = 43,9$ kN

$V_{Sd} = 38,3 < 43,9 = V_{Rd1}$

Nośność odcinka I-go rodzaju:

$V_{Sd} =$ **38,3 < 43,9** $= V_{Rd1}$

$\nu = 0,6\,(1 - f_{ck} / 250) = 0,6 \times (1 - 16 / 250) = 0,562$

$V_{Rd2} = 0,5\, \nu\, f_{cd}\, b_w\, z = 0,5 \times 0,562 \times 10,7 \times 25,0 \times 24,7 \times 10^{-1} = 185,2$ kN

$V_{Sd} =$ **42,7 < 185,2** $= V_{Rd2}$

Nośność zbrojenia podłużnego

zadanie nowe, pręt nr 1.

Sprawdzenie siły przenoszonej przez zbrojenie rozciągane dla x = 4,450 m:

$\Delta F_{td} = 0,5\, |V_{Sd}|\, (\cot\theta - V_{Rd32} / V_{Rd3}\, \cot\alpha) = 0,5 \times -42,7 \times (1,000) = 21,3$ kN

Sumaryczna siła w zbrojeniu rozciąganym:

$F_{td} = F_{td,m} + \Delta F_{td} = 125,3 + 21,3 = 146,7$ kN;

$F_{td} \le F_{td,max} = 125,3$ kN

Przyjęto $F_{td} = 125,3$ kN

$F_{td} =$ **125,3 < 197,9** $= 5,65 \times 350 \times 10^{-1} = A_s\, f_{yd}$

Ugięcia

zadanie nowe, pręt nr 1

Ugięcia wyznaczono dla charakterystycznych obciążeń długotrwałych.

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

$$E_{c,eff} = \frac{E_{cm}}{1 + \phi(t, t_o)} = \frac{29000}{1 + 2,00} = 9667 \text{ MPa}$$

Moment rysujący:

$M_{cr} = f_{ctm}\, W_c = 1,9 \times 3750 \times 10^{-3} = 7,1$ kNm

Całkowity moment zginający $M_{Sd} = -30,1$ kN powoduje zarysowanie przekroju.

Sztywność dla długotrwałego działania obciążeń długotrwałych:

Sztywność na zginanie wyznaczona dla momentu $M_{Sd} = -30,1$ kNm.

Wielkości geometryczne przekroju: $x_I = 15,0$ cm $\quad I_I = 92229$ cm^4

$x_{II} = 9,8$ cm $\quad I_{II} = 50149$ cm^4

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

$$= \frac{9667 \times 50149}{1 - 1{,}0 \times 0{,}5 \times (7{,}1/30{,}1)^2 \times (1 - 50149/92229)} \times 10^{-5} = 4910 \text{ kNm}^2$$

Wykres sztywności i momentów dla obciążeń długotrwałych.

Ugięcia.

Ugięcie w punkcie o współrzędnej x = 1,947 cm, wyznaczone poprzez całkowanie funkcji krzywizny osi pręta (1/ρ) z uwzględnieniem zmiany sztywności wzdłuż osi elementu, wynosi:

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

$a = \mathbf{8{,}1 < 17{,}8} = a_{lim}$

Poz.3.10 Nadproże.

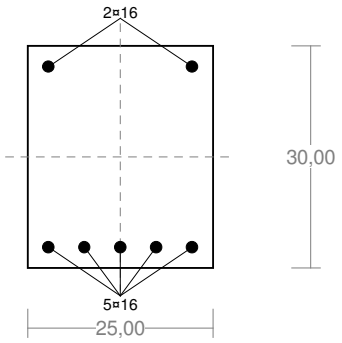
L = 4,55 m

Zebranie obciążenia na 1m

1.Obciążenie z poz.1.1	6,80 kN/m
2.Ciężar wieńca	2,44 kN/m
3.Ciężar ściany	4,89 kN/m
	14,13 kN/m

Cechy przekroju:

zadanie nowe, pręt nr 1, przekrój: x_a=2,28 m, x_b=2,28 m



Wymiary przekroju [cm]:
h=30,0, b=25,0,
Cechy materiałowe dla sytuacji stałej lub przejściowej
BETON: **B20**
f_{ck}= **16,0** MPa, $f_{cd}=\alpha \cdot f_{ck}/\gamma_c$=1,00×16,0/1,50=**10,7** MPa
Cechy geometryczne przekroju betonowego:
A_c=**750** cm^2, J_{cx}=**56250** cm^4, J_{cy}=**39063** cm^4
STAL: **A-III** (**34GS**)
f_{yk}=410 MPa, γ_s=1,15, f_{yd}=350 MPa
$\xi_{lim}=0{,}0035/(0{,}0035+f_{yd}/E_s)=0{,}0035/(0{,}0035+350/200000)=0{,}667$,
Zbrojenie główne:
$A_{s1}+A_{s2}$=**14,07** cm^2, $\rho=100\ (A_{s1}+A_{s2})/A_c$ =100×14,07/750=**1,88** %,

J_{sx}=**2095** cm^4, J_{sy}=**851** cm^4,

Siły przekrojowe:

zadanie: nowe, pręt nr 1, przekrój: x_a=2,28 m, x_b=2,28 m

Obciążenia działające w płaszczyźnie układu: **B**

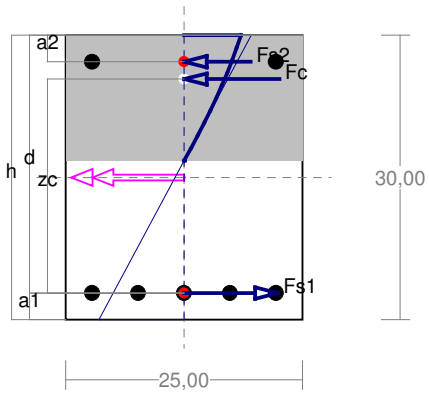
Momenty zginające:	M_x = -41,7 kNm,	M_y = 0,0 kNm,
Siły poprzeczne:	V_y = 0,0 kN,	V_x = 0,0 kN,
Siła osiowa:	N = 0,0 kN = N_{Sd}, .	

Zbrojenie wymagane:

(zadanie nowe, pręt nr 1, przekrój: x_a=2,28 m, x_b=2,28 m)

Obliczenia wykonano:

- z uwzględnieniem wkładek zbrojenia rzeczywistego (A_{s1}=10,05 cm^2, A_{s2}=4,02 cm^2,)



Wielkości obliczeniowe:
N_{Sd}=0,0 kN,
$M_{Sd}=\sqrt{(M_{Sdx}^2+M_{Sdy}^2)}=\sqrt{(-41,7^2+0,0^2)}$ =41,7 kNm
f_{cd}=10,7 MPa, f_{yd}=350 MPa =f_{td},
Dodatkowe zbrojenie rozciągane nie jest obliczeniowo wymagane.
Dodatkowe zbrojenie ściskane nie jest obliczeniowo wymagane.

Wielkości geometryczne [cm]:

h=30,0, d=27,2, x=13,2 (ξ=0,486),
a_1=2,8, a_2=2,8, a_c=4,6, z_c=22,6, A_{cc}=331 cm^2,
ε_c=-0,85 ‰, ε_{s2}=-0,67 ‰, ε_{s1}=0,90 ‰,

Wielkości statyczne [kN, kNm]:

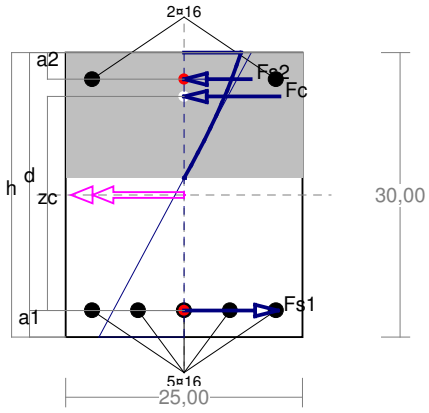
F_c= -126,5, F_{s1} = 180,3, F_{s2} = -53,8,
M_c= 13,1, M_{s1} = 22,0, M_{s2} = 6,6,

Warunki równowagi wewnętrznej:

$F_c+F_{s1}+F_{s2}$=-126,5+(180,3)+(-53,8)=0,0 kN (N_{Sd}=0,0 kN)
$M_c+M_{s1}+M_{s2}$=13,1+(22,0)+(6,6)=41,7 kNm (M_{Sd}=41,7 kNm)

Nośność przekroju prostopadłego:

zadanie nowe, pręt nr 1, przekrój: x_a=2,28 m, x_b=2,27 m



Wielkości obliczeniowe:
N_{Sd}=0,0 kN,
$M_{Sd}=\sqrt{(M_{Sdx}^2+M_{Sdy}^2)}=\sqrt{(-41,7^2+0,0^2)}$ =41,7 kNm
f_{cd}=10,7 MPa, f_{yd}=350 MPa =f_{td},
Zbrojenie rozciągane: A_{s1}=**10,05** cm^2,
Zbrojenie ściskane: A_{s2}=**4,02** cm^2,
$A_s=A_{s1}+A_{s2}$=14,07 cm^2, $\rho=100\times A_s/A_c$= 100×14,07/750=1,88 %

Wielkości geometryczne [cm]:

h=30,0, d=27,2, x=13,2 (ξ=0,486),
a_1=2,8, a_2=2,8, a_c=4,6, z_c=22,6, A_{cc}=327 cm^2,
ε_c=-0,85 ‰, ε_{s2}=-0,67 ‰, ε_{s1}=0,90 ‰,

Wielkości statyczne [kN, kNm]:

F_c= -126,5, F_{s1} = 180,3, F_{s2} = -53,8,
M_c= 13,1, M_{s1} = 22,0, M_{s2} = 6,6,

Warunek stanu granicznego nośności:
M_{Rd} = **83,0 kNm** > $M_{Sd}=M_c+M_{s1}+M_{s2}$=13,1+(22,0)+(6,6)=**41,7** kNm

Zbrojenie poprzeczne (strzemiona)

zadanie nowe, pręt nr 1

Na całej długości pręta przyjęto strzemiona o średnicy ϕ=8 mm ze stali A-III, dla której f_{ywd} = 350 MPa.
Minimalny stopień zbrojenia na ścinanie:

$$\rho_{w,min} = 0,08\ \sqrt{f_{ck}}\ /\ f_{yk} = 0,08\times\sqrt{16}\ /\ 410 = 0,00078$$

Rozstaw strzemion:

Strefa nr 1

Początek i koniec strefy: x_a = 0,0 x_b = 227,5 cm
Maksymalny rozstawy strzemion:

s_{max} = 0,75 d = 0,75×272 = 204 $s_{max} \le$ 400 mm
przyjęto s_{max} = 204 mm.

Przyjęto strzemiona 2-cięte, prostopadłe do osi pręta o rozstawie **20,0** cm, dla których stopień zbrojenia na ścinanie wynosi:

$\rho_w = A_{sw} /(s\ b_w \sin\alpha) = 1{,}01 / (20{,}0\times25{,}0\times1{,}000) = 0{,}00201$

$\rho_w = \mathbf{0{,}00201 > 0{,}00078} = \rho_{w\ min}$

Strefa nr 2

Początek i koniec strefy: $x_a = 227{,}5$ $x_b = 455{,}0$ cm

Maksymalny rozstawy strzemion:

$s_{max} = 0{,}75\ d = 0{,}75\times272 = 204$ $s_{max} \le 400$ mm

przyjęto $s_{max} = 204$ mm.

Przyjęto strzemiona 2-cięte, prostopadłe do osi pręta o rozstawie **20,0** cm, dla których stopień zbrojenia na ścinanie wynosi:

$\rho_w = A_{sw} /(s\ b_w \sin\alpha) = 1{,}01 / (20{,}0\times25{,}0\times1{,}000) = 0{,}00201$

$\rho_w = \mathbf{0{,}00201 > 0{,}00078} = \rho_{w\ min}$

Ścinanie

zadanie nowe, pręt nr 1.

Przyjęto podparcie i obciążenie bezpośrednie.

Odcinek nr 1

Początek i koniec odcinka: $x_a = 0{,}0$ $x_b = 45{,}5$ cm

Siły przekrojowe: $N_{Sd} = 0{,}1$;

$V_{Sd\ max} = 36{,}7$ kN

Siła poprzeczna w odległości *d* od podpory wynosi: $V_{Sd} = 32{,}3$ kN

Rodzaj odcinka:

$$\rho_L = \frac{A_{sL}}{b_w d} = \frac{10{,}05}{25{,}0\times27{,}2} = 0{,}01478; \qquad \rho_L \le 0{,}01$$

Przyjęto $\rho_L = 0{,}01000$.

$\sigma_{cp} = N_{Sd} / A_C = -0{,}1 / 847{,}06 \times10 = -0{,}0$ MPa $\qquad \sigma_{cp} \le 0{,}2\ f_{cd}$

Przyjęto $\sigma_{cp} = 0{,}0$ MPa.

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

$= [0{,}35\times1{,}33\times0{,}90\times(1{,}2+40\times0{,}01000) + 0{,}15\times0{,}0]\times25{,}0\times27{,}2\times10^{-1} = 45{,}6$ kN

$V_{Sd} = 32{,}3 < 45{,}6 = V_{Rd1}$

Nośność odcinka I-go rodzaju:

$V_{Sd} = \mathbf{32{,}3 < 45{,}6} = V_{Rd1}$

$\nu = 0{,}6\ (1 - f_{ck} / 250) = 0{,}6\times(1 - 16 / 250) = 0{,}562$

$V_{Rd2} = 0{,}5\ \nu\ f_{cd}\ b_w\ z = 0{,}5\times0{,}562\times10{,}7\times25{,}0\times24{,}5\times10^{-1} = 183{,}9$ kN

$V_{Sd} = \mathbf{36{,}7 < 183{,}9} = V_{Rd2}$

Nośność zbrojenia podłużnego

zadanie nowe, pręt nr 1.

Sprawdzenie siły przenoszonej przez zbrojenie rozciągane dla x = 2,133 m:

$\Delta F_{td} = 0{,}5\ |V_{Sd}|\ (\cot\theta - V_{Rd32} / V_{Rd3}\ \cot\alpha) = 0{,}5\times2{,}3\times(1{,}000) = 1{,}1$ kN

Sumaryczna siła w zbrojeniu rozciąganym:

$F_{td} = F_{td,m} + \Delta F_{td} = 179{,}6 + 1{,}1 = 180{,}7$ kN;

$F_{td} \le F_{td,max} = 180{,}3$ kN

Przyjęto $F_{td} = 180{,}3$ kN

$F_{td} = \mathbf{180{,}3 < 351{,}9} = 10{,}05\times350\times10^{-1} = A_s\ f_{yd}$

Zarysowanie

zadanie nowe, pręt nr 1,

Położenie przekroju:	x = 2,275 m
Siły przekrojowe:	M_{Sd} = 41,2 kNm
	N_{Sd} = 0,0 kN
	V_{Sd} = 0,0 kN
Wymiary przekroju:	b_w = 25,0 cm
	d = h - a_1 = 30,0 - 2,8 = 27,2 cm
	A_c = 750 cm^2
	W_c = 3750 cm^3

Minimalne zbrojenie:

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

$$A_s = k_c\, k\, f_{ct,eff}\, A_{ct} / \sigma_{s,lim} =$$
$$= 0{,}4 \times 1{,}0 \times 1{,}9 \times 375 / 240 = 1{,}19\ cm^2$$

A_{s1} = **10,05 > 1,19** = A_s

Zarysowanie:

$$M_{cr} = f_{ctm}\, W_c = 1{,}9 \times 3750 \times 10^{-3} = 7{,}1\ kNm$$
$$M_{Sd} = 41{,}2 > 7{,}1 = M_{cr}$$

Przekrój zarysowany.

Szerokość rozwarcia rysy prostopadłej do osi pręta:

Przyjęto k_2 = 0,5.

$$\rho_r = A_s / A_{ct,eff} = 10{,}05 / 142 = 0{,}07091$$

$$s_{rm} = 50 + 0{,}25\, k_1\, k_2\, \phi / \rho_r = 50 + 0{,}25 \times 0{,}8 \times 0{,}50 \times 16 / 0{,}07091 = 72{,}56$$

$$\varepsilon_{sm} = \sigma_s / E_s\, [1 - \beta_1 \beta_2\, (\sigma sr / \sigma s)^2] =$$
$$= 175{,}9 / 200000 \times [1 - 1{,}0 \times 0{,}5 \times (7{,}1/41{,}2)^2] = 0{,}00087$$

$$w_k = \beta\, s_{rm}\, \varepsilon_{sm} = 1{,}7 \times 72{,}56 \times 0{,}00087 = 0{,}11\ mm$$

w_k = **0,11 < 0,3** = w_{lim}

Szerokość rozwarcia rysy ukośnej:

Rysy ukośne nie występują.

Ugięcia

zadanie nowe, pręt nr 1

Ugięcia wyznaczono dla charakterystycznych obciążeń długotrwałych.

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

$$E_{c,eff} = \frac{E_{cm}}{1 + \phi(t, t_o)} = \frac{29000}{1 + 2{,}00} = 9667\ MPa$$

Moment rysujący:

$$M_{cr} = f_{ctm}\, W_c = 1{,}9 \times 3750 \times 10^{-3} = 7{,}1\ kNm$$

Całkowity moment zginający M_{Sd} = 41,2 kN powoduje zarysowanie przekroju.

Sztywność dla długotrwałego działania obciążeń długotrwałych:

Sztywność na zginanie wyznaczona dla momentu M_{Sd} = 41,2 kNm.

Wielkości geometryczne przekroju:	x_I = 16,5 cm	I_I = 97365 cm^4
	x_{II} = 13,0 cm	I_{II} = 68904 cm^4

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

$$= \frac{9667\times 68904}{1 - 1{,}0\times 0{,}5\times (7{,}1/41{,}2)^2\times (1 - 68904/97365)} \times 10^{-5} = 6690 \text{ kNm}^2$$

Wykres sztywności i momentów dla obciążeń długotrwałych.

Ugięcia.

Ugięcie w punkcie o współrzędnej x = 2,275 cm, wyznaczone poprzez całkowanie funkcji krzywizny osi pręta (1/ρ) z uwzględnieniem zmiany sztywności wzdłuż osi elementu, wynosi:

$a = a_{\infty,d} = 13{,}3$ mm

$a = \mathbf{13{,}3 < 18{,}2} = a_{lim}$

Reakcje podporowe

R = 36,70 kN

Poz.3.11 Nadproże.

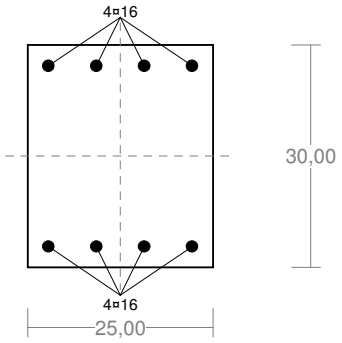
L = 2,15 m

Zebranie obciążenia na 1m

1.Obciążenie z poz.1.5	7,55 kN/m
2.Ciężar wieńca	2,44 kN/m
3.Ciężar ściany	4,89 kN/m
	14,88 kN/m

Cechy przekroju:

zadanie pociąg11, pręt nr 2, przekrój: x_a=1,65 m, x_b=0,50 m



Wymiary przekroju [cm]:
h=30,0, b=25,0,
Cechy materiałowe dla sytuacji stałej lub przejściowej
BETON: **B20**
f_{ck}= **16,0** MPa, $f_{cd}=\alpha\cdot f_{ck}/\gamma_c$=1,00×16,0/1,50=**10,7** MPa
Cechy geometryczne przekroju betonowego:
A_c=**750** cm^2, J_{cx}=**56250** cm^4, J_{cy}=**39063** cm^4
STAL: **A-III** (**34GS**)
f_{yk}=410 MPa, γ_s=1,15, f_{yd}=350 MPa
$\xi_{lim}=0{,}0035/(0{,}0035+f_{yd}/E_s)=0{,}0035/(0{,}0035+350/200000)=0{,}667$,
Zbrojenie główne:
$A_{s1}+A_{s2}$=**16,08** cm^2, $\rho=100\ (A_{s1}+A_{s2})/A_c$ =100×16,08/750=**2,14** %,

J_{sx}=**2394** cm^4, J_{sy}=**841** cm^4,

Siły przekrojowe:

zadanie: pociąg11, pręt nr 2, przekrój: x_a=1,65 m, x_b=0,50 m

Obciążenia działające w płaszczyźnie układu: **AB**

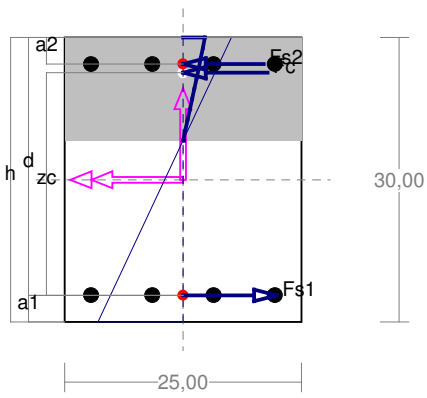
Momenty zginające:	M_x = -16,2 kNm,	M_y = 0,0 kNm,
Siły poprzeczne:	V_y = 4,8 kN,	V_x = 0,0 kN,
Siła osiowa:	N = -2,8 kN = N_{Sd}, .	

Zbrojenie wymagane:

(zadanie pociąg11, pręt nr 2, przekrój: x_a=1,65 m, x_b=0,50 m)

Obliczenia wykonano:

- z uwzględnieniem wkładek zbrojenia rzeczywistego (A_{s1}=8,04 cm^2, A_{s2}=8,04 cm^2,)



Wielkości obliczeniowe:
N_{Sd}=-2,8 kN,
$M_{Sd}=\sqrt{(M_{Sdx}^2+M_{Sdy}^2)}=\sqrt{(-16,3^2+0,0^2)}$ =16,3 kNm
f_{cd}=10,7 MPa, f_{yd}=350 MPa =f_{td},
Dodatkowe zbrojenie rozciągane nie jest obliczeniowo wymagane.
Dodatkowe zbrojenie ściskane nie jest obliczeniowo wymagane.

Wielkości geometryczne [cm]:

h=30,0, d=27,2, x=10,9 (ξ=0,399),
a_1=2,8, a_2=2,8, a_c=3,7, z_c=23,5, A_{cc}=272 cm^2,
ε_c=-0,28 ‰, ε_{s2}=-0,20 ‰, ε_{s1}=0,41 ‰,

Wielkości statyczne [kN, kNm]:

F_c= -36,5, F_{s1} = 66,6, F_{s2} = -32,9,
M_c= 4,1, M_{s1} = 8,1, M_{s2} = 4,0,

Warunki równowagi wewnętrznej:

$F_c+F_{s1}+F_{s2}$=-36,5+(66,6)+(-32,9)=-2,8 kN (N_{Sd}=-2,8 kN)
$M_c+M_{s1}+M_{s2}$=4,1+(8,1)+(4,0)=16,3 kNm (M_{Sd}=16,3 kNm)

Długości wyboczeniowe pręta:

zadanie pociąg11, pręt nr 2

- **przy wyboczeniu w płaszczyźnie układu:**

podatności węzłów ustalone według załącznika C normy, współczynnik β obliczono jak dla pręta dwustronnie zamocowanego w układzie nieprzesuwnym

ze wzoru (C.1) $l_o = \beta\, l_{col}$, l_{col}=2,150 m,

podatności węzłów: κ_a =0,862 ⇒ k_A =(1/κ_a-1)=0,160, $\hat{e}_b$ =0,723 ⇒ k_B =(1/κ_b-1)=0,383,

$\beta = 0,5 + 0,25/(k_A+1) + 0,25/(k_B+1) = 0,5 + 0,25/(0,160+1) + 0,25/(0,383+1) = 0,896 \Rightarrow l_o = 0,896\times 2,150 =$ 1,927 m

- **przy wyboczeniu w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny układu:**

podatności węzłów ustalone według załącznika C normy, współczynnik β obliczono jak dla pręta swobodnego:

ze wzoru (C.1) $l_o = \beta\, l_{col}$, l_{col}=2,150 m,

podatności węzłów: κ_a =1,000 ⇒ k_A =(1/κ_a -1)=0,000, $\hat{e}_b$ =1,000 ⇒ k_B =(1/κ_b-1)=0,000,

β=1,000 ⇒ l_o = 1,000×2,150 = 2,150 m

Uwzględnienie wpływu smukłości pręta:

zadanie pociąg11, pręt nr 2

- **w płaszczyźnie ustroju:**

mimośród niezamierzony: (l_{col}=2,150 m, h=0,300 m) $e_a = \max\left\langle \frac{l_{col}}{600}, \frac{h}{30}, 0,01 \right\rangle = \max\langle 0,004, 0,010, 0,010\rangle$

=0,010 m, przyjęto: e_a=0,020 m,

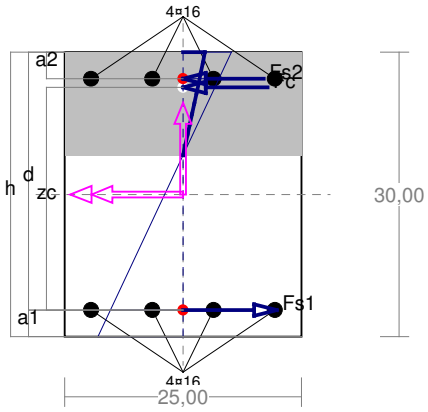
uwzględnienie wpływu smukłości nie jest wymagane,

- **w płaszczyźnie prostopadłej do ustroju:**

uwzględnienie wpływu smukłości zaniechano

Nośność przekroju prostopadłego:

zadanie pociąg11, pręt nr 2, przekrój: x_a=1,65 m, x_b=0,50 m



Wielkości obliczeniowe:
N_{Sd}=-2,8 kN,
$M_{Sd}=\sqrt{(M_{Sdx}^2+M_{Sdy}^2)}=\sqrt{(-16,3^2+0,0^2)}$ =16,3 kNm
f_{cd}=10,7 MPa, f_{yd}=350 MPa =f_{td},
Zbrojenie rozciągane: A_{s1}=**8,04** cm^2,
Zbrojenie ściskane: A_{s2}=**8,04** cm^2,
$A_s=A_{s1}+A_{s2}$=16,08 cm^2, $\rho=100\times A_s/A_c$= 100×16,08/750=2,14 %

Wielkości geometryczne [cm]:
h=30,0, d=27,2, x=10,9 (ξ=0,399),
a_1=2,8, a_2=2,8, a_c=3,7, z_c=23,5, A_{cc}=264 cm^2,
ε_c=-0,28 ‰, ε_{s2}=-0,20 ‰, ε_{s1}=0,41 ‰,

Wielkości statyczne [kN, kNm]:
F_c= -36,5, F_{s1} = 66,6, F_{s2} = -32,9,
M_c= 4,1, M_{s1} = 8,1, M_{s2} = 4,0,

Warunek stanu granicznego nośności:
M_{Rd} = **70,9 kNm** > $M_{Sd}=M_c+M_{s1}+M_{s2}$=4,1+(8,1)+(4,0)=**16,3** kNm

Zbrojenie poprzeczne (strzemiona)

zadanie pociąg11, pręt nr 2

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

Minimalny stopień zbrojenia na ścinanie:

$$\rho_{w,min} = 0,08\ \sqrt{f_{ck}}\ /\ f_{yk} = 0,08\times\sqrt{16}\ /\ 410 = 0,00078$$

Rozstaw strzemion:

Strefa nr 1

Początek i koniec strefy: x_a = 0,0 x_b = 127,7 cm
Maksymalny rozstawy strzemion:

s_{max} = 0,75 d = 0,75×272 = 204 $s_{max} \le$ 400 mm
przyjęto s_{max} = 204 mm.

Ze względu na pręty ściskane s_{max} = 15 ϕ = 15×16,0 = 240,0 mm.

Przyjęto strzemiona 2-cięte, prostopadłe do osi pręta o rozstawie **16,0** cm, dla których stopień zbrojenia na ścinanie wynosi:

$$\rho_w = A_{sw}/(s\ b_w \sin\alpha) = 1,01 / (16,0\times25,0\times1,000) = 0,00251$$

$$\rho_w = \mathbf{0,00251 > 0,00078} = \rho_{w\ min}$$

Strefa nr 2

Początek i koniec strefy: x_a = 127,7 x_b = 215,0 cm
Maksymalny rozstawy strzemion:

s_{max} = 0,75 d = 0,75×272 = 204 $s_{max} \le$ 400 mm
przyjęto s_{max} = 204 mm.

Ze względu na pręty ściskane s_{max} = 15 ϕ = 15×16,0 = 240,0 mm.

Przyjęto strzemiona 2-cięte, prostopadłe do osi pręta o rozstawie **16,0** cm, dla których stopień zbrojenia na ścinanie wynosi:

$$\rho_w = A_{sw}/(s\ b_w \sin\alpha) = 1,01 / (16,0\times25,0\times1,000) = 0,00251$$

$$\rho_w = \mathbf{0,00251 > 0,00078} = \rho_{w\ min}$$

Ścinanie

zadanie pociąg11, pręt nr 2.

Przyjęto podparcie i obciążenie bezpośrednie.

Odcinek nr 3

Początek i koniec odcinka: $x_a = 127,7 \quad x_b = 215,0$ cm

Siły przekrojowe: $N_{Sd} = -2,8;$

$V_{Sd\,max} = -48,8$ kN

Siła poprzeczna w odległości *d* od podpory wynosi: $V_{Sd} = -44,2$ kN

Rodzaj odcinka:

$$\rho_L = \frac{A_{sL}}{b_w d} = \frac{8,04}{25,0 \times 27,2} = 0,01183; \qquad \rho_L \le 0,01$$

Przyjęto $\rho_L = 0,01000$.

$\sigma_{cp} = N_{Sd} / A_C = 2,8 / 860,93 \times 10 = 0,0$ MPa $\qquad \sigma_{cp} \le 0,2\, f_{cd}$

Przyjęto $\sigma_{cp} = 0,0$ MPa.

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

$= [0,35 \times 1,33 \times 0,90 \times (1,2+40 \times 0,01000) + 0,15 \times 0,0] \times 25,0 \times 27,2 \times 10^{-1} = 45,9$ kN

$V_{Sd} = 44,2 < 45,9 = V_{Rd1}$

Nośność odcinka I-go rodzaju:

$V_{Sd} =$ **44,2 < 45,9** $= V_{Rd1}$

$\nu = 0,6\,(1 - f_{ck} / 250) = 0,6 \times (1 - 16 / 250) = 0,562$

$V_{Rd2} = 0,5\, \nu\, f_{cd}\, b_w\, z = 0,5 \times 0,562 \times 10,7 \times 25,0 \times 16,3 \times 10^{-1} = 122,6$ kN

$\alpha_c = 1 + \sigma_{cp}/f_{cd} = 1 + 0,0/10,7 = 1,003$

$V_{Rd2,red} = \alpha_c\, VRd2 = 1,003 \times 122,6 = 122,9$ kN

Przyjęto $V_{Rd2,red} = 122,6$ kN

$V_{Sd} =$ **48,8 < 122,6** $= V_{Rd2,red}$

Nośność zbrojenia podłużnego

zadanie pociąg11, pręt nr 2.

Sprawdzenie siły przenoszonej przez zbrojenie rozciągane dla x = 1,547 m:

$\Delta F_{td} = 0,5\, |V_{Sd}|\, (\cot\theta - V_{Rd32} / V_{Rd3}\, \cot\alpha) = 0,5 \times 6,5 \times (1,231) = 4,0$ kN

Sumaryczna siła w zbrojeniu rozciąganym:

$F_{td} = F_{td,m} + \Delta F_{td} = 64,2 + 4,0 = 68,2$ kN;

$F_{td} \le F_{td,max} = 66,6$ kN

Przyjęto $F_{td} = 66,6$ kN

$F_{td} =$ **66,6 < 281,5** $= 8,04 \times 350 \times 10^{-1} = A_s\, f_{yd}$

Zarysowanie

zadanie pociąg11, pręt nr 2,

Położenie przekroju: $x = 1,650$ m

Siły przekrojowe: $M_{Sd} = 16,2$ kNm

$N_{Sd} = -2,8$ kN $\quad e = 586,1$ cm

$V_{Sd} = -40,2$ kN

Wymiary przekroju: $b_w = 25,0$ cm

$d = h - a_1 = 30,0 - 2,8 = 27,2$ cm

$A_c = 750$ cm^2

$W_c = 3750$ cm^3

Minimalne zbrojenie:

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

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

$= 0{,}4 \times 1{,}0 \times 1{,}9 \times 375 / 240 = 1{,}19\ cm^2$

$A_{s1} = \mathbf{8{,}04 > 1{,}19} = A_s$

Zarysowanie:

$M_{cr} = f_{ctm}\, W_c = 1{,}9 \times 3750 \times 10^{-3} = 7{,}1\ kNm$

$$N_{cr} = \frac{f_{ctm}}{e / W_c - 1 / A_c} = \frac{1{,}9}{586{,}1/3750{,}00 - 1/750{,}00} \times 10^{-1} = -1{,}2\ kN$$

$N_{Sd} = 2{,}8 > 1{,}2 = N_{cr}$

Przekrój zarysowany.

Szerokość rozwarcia rysy prostopadłej do osi pręta:

Przyjęto $k_2 = 0{,}5$.

$\rho_r = A_s / A_{ct,eff} = 8{,}04 / 161 = 0{,}05000$

$s_{rm} = 50 + 0{,}25\, k_1\, k_2\, \phi / \rho_r = 50 + 0{,}25 \times 0{,}8 \times 0{,}50 \times 16 / 0{,}05000 = 82{,}00$

$\varepsilon_{sm} = \sigma_s / E_s\, [1 - \beta_1 \beta_2\, (\sigma sr / \sigma s)^2] =$

$= 82{,}5/200000 \times [1 - 1{,}0 \times 0{,}5 \times (-1{,}2/2{,}8)^2] = 0{,}00037$

$w_k = \beta\, s_{rm}\, \varepsilon_{sm} = 1{,}7 \times 82{,}00 \times 0{,}00037 = 0{,}05\ mm$

$w_k = \mathbf{0{,}05 < 0{,}3} = w_{lim}$

Szerokość rozwarcia rysy ukośnej:

Rysy ukośne nie występują.

Ugięcia

zadanie pociąg11, pręt nr 2

Ugięcia wyznaczono dla charakterystycznych obciążeń długotrwałych.

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

$$E_{c,eff} = \frac{E_{cm}}{1 + \phi(t, t_o)} = \frac{29000}{1 + 2{,}00} = 9667\ MPa$$

Moment rysujący:

$M_{cr} = f_{ctm}\, W_c = 1{,}9 \times 3750 \times 10^{-3} = 7{,}1\ kNm$

Całkowity moment zginający $M_{Sd} = 16{,}2\ kN$ powoduje zarysowanie przekroju.

Sztywność dla długotrwałego działania obciążeń długotrwałych:

Sztywność na zginanie wyznaczona dla momentu $M_{Sd} = 16{,}2\ kNm$.

Wielkości geometryczne przekroju: $x_I = 15{,}0\ cm$ $I_I = 105783\ cm^4$

$x_{II} = 10{,}7\ cm$ $I_{II} = 65895\ cm^4$

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

$$= \frac{9667 \times 65895}{1 - 1{,}0 \times 0{,}5 \times (7{,}1/16{,}2)^2 \times (1 - 65895/105783)} \times 10^{-5} = 6612\ kNm^2$$

Wykres sztywności i momentów dla obciążeń długotrwałych.

Ugięcia.

Ugięcie w punkcie o współrzędnej $x = 1{,}237\ cm$, wyznaczone poprzez całkowanie funkcji krzywizny osi pręta $(1/\rho)$ z uwzględnieniem zmiany sztywności wzdłuż osi elementu, wynosi:

$a = a_{\infty,d} = 0{,}8$ mm

$a = \mathbf{0{,}8 < 8{,}6} = a_{lim}$

Poz.3.12 Nadproże.

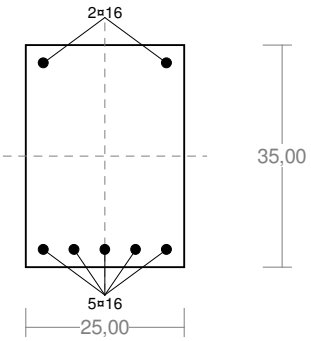
L = 4,55 m

Zebranie obciążenia na 1m

1.Obciążenie z poz.1.5	7,55 kN/m
2.Ciężar wieńca	2,44 kN/m
3.Ciężar ściany	4,89 kN/m
	14,88 kN/m

Cechy przekroju:

zadanie nadproże12, pręt nr 1, przekrój: x_a=2,28 m, x_b=2,28 m



Wymiary przekroju [cm]:
h=35,0, b=25,0,
Cechy materiałowe dla sytuacji stałej lub przejściowej
BETON: **B20**
f_{ck}= **16,0** MPa, $f_{cd}=\alpha \cdot f_{ck}/\gamma_c$=1,00×16,0/1,50=**10,7** MPa
Cechy geometryczne przekroju betonowego:
A_c=**875** cm^2, J_{cx}=**89323** cm^4, J_{cy}=**45573** cm^4
STAL: **A-III** (**34GS**)
f_{yk}=410 MPa, γ_s=1,15, f_{yd}=350 MPa
$\xi_{lim}=0{,}0035/(0{,}0035+f_{yd}/E_s)=0{,}0035/(0{,}0035+350/200000)=0{,}667$,
Zbrojenie główne:
$A_{s1}+A_{s2}$=**14,07** cm^2, $\rho=100\,(A_{s1}+A_{s2})/A_c$ =100×14,07/875=**1,61** %,

J_{sx}=**3041** cm^4, J_{sy}=**851** cm^4,

Siły przekrojowe:

zadanie: nadproże12, pręt nr 1, przekrój: x_a=2,28 m, x_b=2,28 m

Obciążenia działające w płaszczyźnie układu: **A**

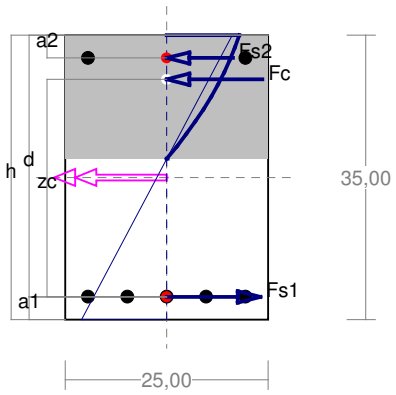
Momenty zginające:	M_x = -75,8 kNm,	M_y = 0,0 kNm,
Siły poprzeczne:	V_y = 0,0 kN,	V_x = 0,0 kN,
Siła osiowa:	N = 0,0 kN = N_{Sd}, .	

Zbrojenie wymagane:

(zadanie nadproże12, pręt nr 1, przekrój: x_a=2,28 m, x_b=2,28 m)

Obliczenia wykonano:

- z uwzględnieniem wkładek zbrojenia rzeczywistego (A_{s1}=10,05 cm^2, A_{s2}=4,02 cm^2,)



Wielkości obliczeniowe:
N_{Sd}=0,0 kN,
$M_{Sd}=\sqrt{(M_{Sdx}^2+M_{Sdy}^2)}=\sqrt{(-75,8^2+0,0^2)}$ =75,8 kNm
f_{cd}=10,7 MPa, f_{yd}=350 MPa =f_{td},
Dodatkowe zbrojenie rozciągane nie jest obliczeniowo wymagane.
Dodatkowe zbrojenie ściskane nie jest obliczeniowo wymagane.

Wielkości geometryczne [cm]:

h=35,0, d=32,2, x=15,2 (ξ=0,472),
a_1=2,8, a_2=2,8, a_c=5,4, z_c=26,8, A_{cc}=380 cm^2,
ε_c=-1,23 ‰, ε_{s2}=-1,00 ‰, ε_{s1}=1,37 ‰,

Wielkości statyczne [kN, kNm]:

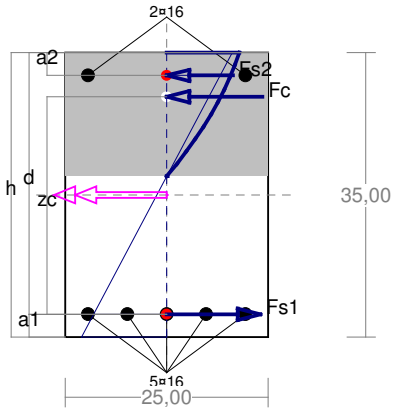
F_c= -195,0, F_{s1} = 275,5, F_{s2} = -80,4,
M_c= 23,5, M_{s1} = 40,5, M_{s2} = 11,8,

Warunki równowagi wewnętrznej:

$F_c+F_{s1}+F_{s2}$=-195,0+(275,5)+(-80,4)=0,0 kN (N_{Sd}=0,0 kN)
$M_c+M_{s1}+M_{s2}$=23,5+(40,5)+(11,8)=75,8 kNm (M_{Sd}=75,8 kNm)

Nośność przekroju prostopadłego:

zadanie nadproże12, pręt nr 1, przekrój: x_a=2,28 m, x_b=2,28 m



Wielkości obliczeniowe:
N_{Sd}=0,0 kN,
$M_{Sd}=\sqrt{(M_{Sdx}^2+M_{Sdy}^2)}=\sqrt{(-75,8^2+0,0^2)}$ =75,8 kNm
f_{cd}=10,7 MPa, f_{yd}=350 MPa =f_{td},
Zbrojenie rozciągane: A_{s1}=**10,05** cm^2,
Zbrojenie ściskane: A_{s2}=**4,02** cm^2,
$A_s=A_{s1}+A_{s2}$=14,07 cm^2, $\rho=100\times A_s/A_c$= 100×14,07/875=1,61 %

Wielkości geometryczne [cm]:
h=35,0, d=32,2, x=15,2 (ξ=0,472),
a_1=2,8, a_2=2,8, a_c=5,4, z_c=26,8, A_{cc}=376 cm^2,
ε_c=-1,23 ‰, ε_{s2}=-1,00 ‰, ε_{s1}=1,37 ‰,

Wielkości statyczne [kN, kNm]:
F_c= -195,1, F_{s1} = 275,5, F_{s2} = -80,4,
M_c= 23,5, M_{s1} = 40,5, M_{s2} = 11,8,

Warunek stanu granicznego nośności:
M_{Rd} = **100,6 kNm** > $M_{Sd}=M_c+M_{s1}+M_{s2}$=23,5+(40,5)+(11,8)=**75,8** kNm

Zbrojenie poprzeczne (strzemiona)

zadanie nadproże12, pręt nr 1

Na całej długości pręta przyjęto strzemiona o średnicy ϕ=8 mm ze stali A-III, dla której f_{ywd} = 350 MPa.
Minimalny stopień zbrojenia na ścinanie:

$$\rho_{w,min} = 0,08\ \sqrt{f_{ck}}\ /\ f_{yk} = 0,08\times\sqrt{16}\ /\ 410 = 0,00078$$

Rozstaw strzemion:

Strefa nr 1

Początek i koniec strefy: x_a = 0,0 x_b = 227,5 cm
Maksymalny rozstawy strzemion:

s_{max} = 0,75 d = 0,75×322 = 242 s_{max} ≤ 400 mm
przyjęto s_{max} = 242 mm.

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

$\rho_w = A_{sw} /(s\ b_w \sin\alpha) = 1{,}01 / (12{,}0\times25{,}0\times1{,}000) = 0{,}00335$

$\rho_w = \mathbf{0{,}00335 > 0{,}00078} = \rho_{w\,min}$

Strefa nr 2

Początek i koniec strefy: $x_a = 227{,}5$ $x_b = 455{,}0$ cm

Maksymalny rozstawy strzemion:

$s_{max} = 0{,}75\ d = 0{,}75\times322 = 242$ $s_{max} \le 400$ mm

przyjęto $s_{max} = 242$ mm.

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

$\rho_w = A_{sw} /(s\ b_w \sin\alpha) = 1{,}01 / (12{,}0\times25{,}0\times1{,}000) = 0{,}00335$

$\rho_w = \mathbf{0{,}00335 > 0{,}00078} = \rho_{w\,min}$

Ścinanie

zadanie nadproże12, pręt nr 1.

Przyjęto podparcie i obciążenie bezpośrednie.

Odcinek nr 1

Początek i koniec odcinka: $x_a = 0{,}0$ $x_b = 56{,}9$ cm

Siły przekrojowe: $N_{Sd} = 0{,}4$;

$V_{Sd\,max} = 78{,}3$ kN

Siła poprzeczna w odległości *d* od podpory wynosi: $V_{Sd} = 72{,}8$ kN

Rodzaj odcinka:

$$\rho_L = \frac{A_{sL}}{b_w d} = \frac{10{,}05}{25{,}0\times32{,}2} = 0{,}01249; \qquad \rho_L \le 0{,}01$$

Przyjęto $\rho_L = 0{,}01000$.

$\sigma_{cp} = N_{Sd} / A_C = -0{,}4 / 972{,}06 \times10 = -0{,}0$ MPa $\qquad \sigma_{cp} \le 0{,}2\ f_{cd}$

Przyjęto $\sigma_{cp} = 0{,}0$ MPa.

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

$= [0{,}35\times1{,}28\times0{,}90\times(1{,}2+40\times0{,}01000) + 0{,}15\times0{,}0]\times25{,}0\times32{,}2\times10^{-1} = 51{,}9$ kN

$V_{Sd} = 72{,}8 > 51{,}9 = V_{Rd1}$

Nośność odcinka II-go rodzaju:

Przyjęto kąt $\theta = 45{,}0°$

$\nu = 0{,}6\ (1 - f_{ck} / 250) = 0{,}6\times(1 - 16 / 250) = 0{,}562$

$$\Delta V_{Rd} = \frac{A_{sw2}\ f_{ywd2}}{s_2}\ z\cos\alpha \quad \times10^{-1} = 0 \text{ kN}$$

$$\Delta V_{Rd} \le \nu\ f_{cd} b_w z \frac{\cot\theta}{1+\cot^2\theta}\ \frac{\cot\alpha}{2\cot\theta+\cot\alpha} \quad \times10^{-1} = 0 \text{ kN}$$

Przyjęto $\Delta V_{Rd} = 0{,}0$ kN.

$$V_{Rd2} = \nu\ f_{cd}\ b_w\ z \frac{\cot\theta}{1+\cot^2\theta} + \Delta V_{Rd} =$$

$$= 0{,}562\times10{,}7\times25{,}0\times29{,}0 \frac{1{,}000}{1 + 1{,}000^2}\times10^{-1} + 0{,}0 = 217{,}7 \text{ kN}$$

$V_{Sd} = \mathbf{78{,}3 < 217{,}7} = V_{Rd2}$

$$V_{Rd3} = V_{Rd31} + V_{Rd32} = \frac{A_{sw1}\, f_{ywd1}}{s_1} z \cot\theta + \frac{A_{sw2}\, f_{ywd2}}{s_2} z\,(\cot\theta + \cot\alpha)\sin\alpha =$$

$$= \frac{1{,}01\times 350}{12{,}0}\, 29{,}0\times 1{,}000 \times 10^{-1} = 85{,}0 \text{ kN}$$

V_{Sd} = **72,8 < 85,0** = V_{Rd3}

Nośność zbrojenia podłużnego

zadanie nadproże12, pręt nr 1.

Sprawdzenie siły przenoszonej przez zbrojenie rozciągane dla x = 2,091 m:

$\Delta F_{td} = 0{,}5\,|V_{Sd}|\,(\cot\theta - V_{Rd32}/\,V_{Rd3}\,\cot\alpha) = 0{,}5\times 3{,}2\times(1{,}000) = 1{,}6$ kN

Sumaryczna siła w zbrojeniu rozciąganym:

$F_{td} = F_{td,m} + \Delta F_{td} = 273{,}9 + 1{,}6 = 275{,}5$ kN;

$F_{td} \le F_{td,max} = 275{,}0$ kN

Przyjęto F_{td} = 275,0 kN

F_{td} = **275,0 < 351,9** = $10{,}05\times 350 \times 10^{-1} = A_s\, f_{yd}$

Zarysowanie

zadanie nadproże12, pręt nr 1,

Położenie przekroju:	x = 4,550 m
Siły przekrojowe:	M_{Sd} = -0,0 kNm
	N_{Sd} = 0,4 kN
	V_{Sd} = -77,8 kN
Wymiary przekroju:	b_w = 25,0 cm
	d = h - a_1 = 35,0 - 2,8 = 32,2 cm
	A_c = 875 cm^2
	W_c = 5104 cm^3

Minimalne zbrojenie:

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

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

$= 1{,}0\times 1{,}0\times 1{,}9\times 875 / 240 = 6{,}93$ cm^2

A_{s1} = **14,07 > 6,93** = A_s

Zarysowanie:

$M_{cr} = f_{ctm}\, W_c = 1{,}9\times 5104 \times 10^{-3} = 9{,}7$ kNm

$$N_{cr} = \frac{f_{ctm}}{e / W_c + 1/A_c} = \frac{1{,}9}{0{,}0/5104{,}17 + 1/875{,}00} \times 10^{-1} = 166{,}2 \text{ kN}$$

$N_{Sd} = 0{,}4 < 166{,}2 = N_{cr}$

Przekrój niezarysowany.

Szerokość rozwarcia rysy ukośnej:

$$\rho_{w1} = \frac{A_{sw1}}{s_1 b_w} = \frac{1{,}01}{12{,}0\times 25{,}0} = 0{,}00335$$

$$\rho_{w2} = \frac{A_{s2}}{s_2 b_w \sin\alpha} = 0{,}00000$$

$\rho_w = \rho_{w1} + \rho_{w2} = 0{,}00335 + 0{,}00000 = 0{,}00335$

$$\lambda = \frac{1}{3\left[\frac{\rho_{w1}}{\eta_1\phi_1} + \frac{\rho_{w2}}{\eta_2\phi_2}\right]} = \frac{1}{3\times[0{,}00335/(0{,}7\times 8{,}0)]} = 557{,}04$$

$$\tau = \frac{V_{Sd}}{b_w d} = \frac{-77{,}8}{25{,}0\times 32{,}2}\times 10 = 0{,}967 \text{ MPa}$$

$$w_k = \frac{4\,\tau^2\,\lambda}{\rho_w E_s f_{ck}} = \frac{4\times 0{,}967^2\times 557{,}04}{0{,}00335\times 200000\times 16} = 0{,}19 \text{ mm}$$

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

Ugięcia

zadanie nadproże12, pręt nr 1

Ugięcia wyznaczono dla charakterystycznych obciążeń długotrwałych.

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

$$E_{c,eff} = \frac{E_{cm}}{1+\phi(t,t_o)} = \frac{29000}{1+2{,}00} = 9667 \text{ MPa}$$

Moment rysujący:

$$M_{cr} = f_{ctm}\,W_c = 1{,}9\times 5104\times 10^{-3} = 9{,}7 \text{ kNm}$$

Całkowity moment zginający M_{Sd} = 75,3 kN powoduje zarysowanie przekroju.

Sztywność dla długotrwałego działania obciążeń długotrwałych:

Sztywność na zginanie wyznaczona dla momentu M_{Sd} = 75,3 kNm.

Wielkości geometryczne przekroju: x_I = 19,1 cm I_I = 149361 cm^4

x_{II} = 14,6 cm I_{II} = 101947 cm^4

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

$$= \frac{9667\times 101947}{1 - 1{,}0\times 0{,}5\times(9{,}7/75{,}3)^2\times(1 - 101947/149361)}\times 10^{-5} = 9881 \text{ kNm}^2$$

Wykres sztywności i momentów dla obciążeń długotrwałych.

Ugięcia.

Ugięcie w punkcie o współrzędnej x = 2,275 cm, wyznaczone poprzez całkowanie funkcji krzywizny osi pręta (1/ρ) z uwzględnieniem zmiany sztywności wzdłuż osi elementu, wynosi:

a = $a_{\infty,d}$ = 17,4 mm

a = **17,4 < 18,2** = a_{lim}

Reakcje podporowe
R = 78,3 kN

Poz.3.13 Nadproże.

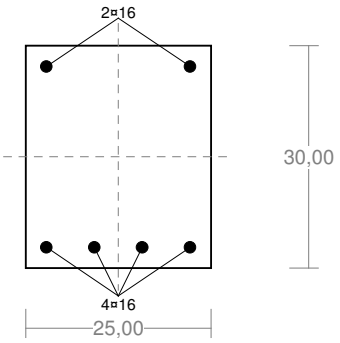
L = 1,43 m

Zebranie obciążenia na 1m

1.Obciążenie z poz.1.5	7,55 kN/m
2.Ciężar wieńca	2,44 kN/m
3.Ciężar ściany	4,89 kN/m
	14,88 kN/m

Cechy przekroju:

zadanie nadproże13, pręt nr 1, przekrój: x_a=0,72 m, x_b=0,72 m



Wymiary przekroju [cm]:
h=30,0, b=25,0,
Cechy materiałowe dla sytuacji stałej lub przejściowej
BETON: **B20**
f_{ck}= **16,0** MPa, $f_{cd}=\alpha \cdot f_{ck}/\gamma_c$=1,00×16,0/1,50=**10,7** MPa
Cechy geometryczne przekroju betonowego:
A_c=**750** cm^2, J_{cx}=**56250** cm^4, J_{cy}=**39063** cm^4
STAL: **A-III** (**34GS**)
f_{yk}=410 MPa, γ_s=1,15, f_{yd}=350 MPa
$\xi_{lim}=0{,}0035/(0{,}0035+f_{yd}/E_s)=0{,}0035/(0{,}0035+350/200000)=0{,}667$,
Zbrojenie główne:
$A_{s1}+A_{s2}$=**12,06** cm^2, $\rho=100\,(A_{s1}+A_{s2})/A_c$ =100×12,06/750=**1,61** %,

J_{sx}=**1796** cm^4, J_{sy}=**799** cm^4,

Siły przekrojowe:

zadanie: nadproże13, pręt nr 1, przekrój: x_a=0,72 m, x_b=0,72 m

Obciążenia działające w płaszczyźnie układu: **A**

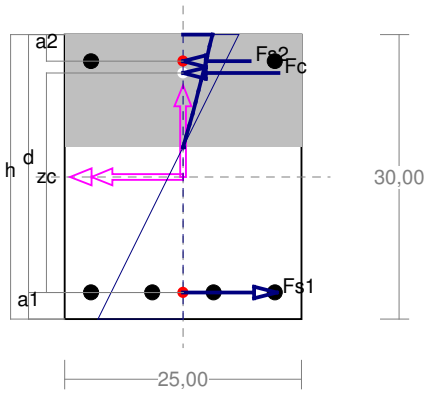
Momenty zginające:	M_x = -15,6 kNm,	M_y = 0,0 kNm,
Siły poprzeczne:	V_y = -15,8 kN,	V_x = 0,0 kN,
Siła osiowa:	N = 0,0 kN = N_{Sd}, .	

Zbrojenie wymagane:

(zadanie nadproże13, pręt nr 1, przekrój: x_a=0,50 m, x_b=0,93 m)

Obliczenia wykonano:

- z uwzględnieniem wkładek zbrojenia rzeczywistego (A_{s1}=8,04 cm^2, A_{s2}=4,02 cm^2,)



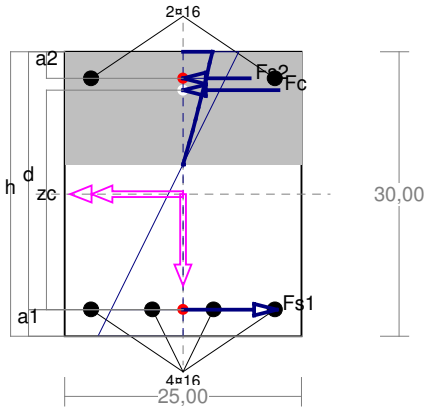
Wielkości obliczeniowe:
N_{Sd}=0,0 kN,
$M_{Sd}=\sqrt{(M_{Sdx}^2+M_{Sdy}^2)}=\sqrt{(-18{,}6^2+0{,}0^2)}$ =18,6 kNm
f_{cd}=10,7 MPa, f_{yd}=350 MPa =f_{td},
Dodatkowe zbrojenie rozciągane nie jest obliczeniowo wymagane.
Dodatkowe zbrojenie ściskane nie jest obliczeniowo wymagane.
Wielkości geometryczne [cm]:
h=30,0, d=27,2, x=11,9 (ξ=0,437),
a_1=2,8, a_2=2,8, a_c=4,1, z_c=23,1, A_{cc}=297 cm^2,
ε_c=-0,38 ‰, ε_{s2}=-0,29 ‰, ε_{s1}=0,49 ‰,
Wielkości statyczne [kN, kNm]:
F_c= -55,6, F_{s1} = 79,0, F_{s2} = -23,4,
M_c= 6,1, M_{s1} = 9,6, M_{s2} = 2,9,

Warunki równowagi wewnętrznej:

$F_c+F_{s1}+F_{s2}$=-55,6+(79,0)+(-23,4)=0,0 kN (N_{Sd}=0,0 kN)
$M_c+M_{s1}+M_{s2}$=6,1+(9,6)+(2,9)=18,6 kNm (M_{Sd}=18,6 kNm)

Nośność przekroju prostopadłego:

zadanie nadproże13, pręt nr 1, przekrój: x_a=0,50 m, x_b=0,93 m



Wielkości obliczeniowe:
N_{Sd}=-0,0 kN,
$M_{Sd}=\sqrt{(M_{Sdx}^2+M_{Sdy}^2)}=\sqrt{(-18,6^2+0,0^2)}$ =18,6 kNm
f_{cd}=10,7 MPa, f_{yd}=350 MPa =f_{td},
Zbrojenie rozciągane: A_{s1}=**8,04** cm^2,
Zbrojenie ściskane: A_{s2}=**4,02** cm^2,
$A_s=A_{s1}+A_{s2}$=12,06 cm^2, $\rho=100\times A_s/A_c$= 100×12,06/750=1,61 %
Wielkości geometryczne [cm]:
h=30,0, d=27,2, x=11,9 (ξ=0,437),
a_1=2,8, a_2=2,8, a_c=4,1, z_c=23,1, A_{cc}=293 cm^2,
ε_c=-0,38 ‰, ε_{s2}=-0,29 ‰, ε_{s1}=0,49 ‰,
Wielkości statyczne [kN, kNm]:
F_c= -55,6, F_{s1} = 79,0, F_{s2} = -23,4,
M_c= 6,1, M_{s1} = 9,6, M_{s2} = 2,9,

Warunek stanu granicznego nośności:
M_{Rd} = **68,7 kNm** > $M_{Sd}=M_c+M_{s1}+M_{s2}$=6,1+(9,6)+(2,9)=**18,6** kNm

Zbrojenie poprzeczne (strzemiona)

zadanie nadproże13, pręt nr 1

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

Minimalny stopień zbrojenia na ścinanie:

$$\rho_{w,min} = 0,08\ \sqrt{f_{ck}}\ /\ f_{yk} = 0,08\times\sqrt{16}\ /\ 410 = 0,00078$$

Rozstaw strzemion:

Strefa nr 1

Początek i koniec strefy: x_a = 0,0 x_b = 71,5 cm
Maksymalny rozstawy strzemion:

s_{max} = 0,75 d = 0,75×272 = 204 $s_{max} \le$ 400 mm
przyjęto s_{max} = 204 mm.

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

$$\rho_w = A_{sw}/(s\ b_w \sin\alpha) = 1,01\ /\ (15,0\times25,0\times1,000) = 0,00268$$

$$\rho_w = \mathbf{0,00268 > 0,00078} = \rho_{w\ min}$$

Strefa nr 2

Początek i koniec strefy: x_a = 71,5 x_b = 143,0 cm
Maksymalny rozstawy strzemion:

s_{max} = 0,75 d = 0,75×272 = 204 $s_{max} \le$ 400 mm
przyjęto s_{max} = 204 mm.

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

$$\rho_w = A_{sw}/(s\ b_w \sin\alpha) = 1,01\ /\ (15,0\times25,0\times1,000) = 0,00268$$

$$\rho_w = \mathbf{0,00268 > 0,00078} = \rho_{w\ min}$$

Ścinanie

zadanie nadproże13, pręt nr 1.

Przyjęto podparcie i obciążenie bezpośrednie.

Odcinek nr 1

Początek i koniec odcinka: $x_a = 0,0 \quad x_b = 71,5$ cm

Siły przekrojowe: $N_{Sd} = 0,0$;

$V_{Sd\,max} = 41,4$ kN

Siła poprzeczna w odległości *d* od podpory wynosi: $V_{Sd} = 36,8$ kN

Rodzaj odcinka:

$$\rho_L = \frac{A_{sL}}{b_w d} = \frac{8,04}{25,0 \times 27,2} = 0,01183; \qquad \rho_L \le 0,01$$

Przyjęto $\rho_L = 0,01000$.

$\sigma_{cp} = N_{Sd} / A_C = -0,0 / 833,20 \times 10 = -0,0$ MPa $\qquad \sigma_{cp} \le 0,2\, f_{cd}$

Przyjęto $\sigma_{cp} = 0,0$ MPa.

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

$= [0,35 \times 1,33 \times 0,90 \times (1,2+40 \times 0,01000) + 0,15 \times 0,0] \times 25,0 \times 27,2 \times 10^{-1} = 45,6$ kN

$V_{Sd} = 36,8 < 45,6 = V_{Rd1}$

Nośność odcinka I-go rodzaju:

$V_{Sd} =$ **36,8 < 45,6** $= V_{Rd1}$

$\nu = 0,6\, (1 - f_{ck} / 250) = 0,6 \times (1 - 16 / 250) = 0,562$

$V_{Rd2} = 0,5\, \nu\, f_{cd}\, b_w\, z = 0,5 \times 0,562 \times 10,7 \times 25,0 \times 24,5 \times 10^{-1} = 183,9$ kN

$V_{Sd} =$ **41,4 < 183,9** $= V_{Rd2}$

Nośność zbrojenia podłużnego

zadanie nadproże13, pręt nr 1.

Sprawdzenie siły przenoszonej przez zbrojenie rozciągane dla x = 0,406 m:

$\Delta F_{td} = 0,5\, |V_{Sd}|\, (\cot\theta - V_{Rd32} / V_{Rd3}\, \cot\alpha) = 0,5 \times 34,5 \times (1,000) = 17,3$ kN

Sumaryczna siła w zbrojeniu rozciąganym:

$F_{td} = F_{td,m} + \Delta F_{td} = 65,5 + 17,3 = 82,8$ kN;

$F_{td} \le F_{td,max} = 79,0$ kN

Przyjęto $F_{td} = 79,0$ kN

$F_{td} =$ **79,0 < 281,5** $= 8,04 \times 350 \times 10^{-1} = A_s\, f_{yd}$

Zarysowanie

zadanie nadproże13, pręt nr 1,

Położenie przekroju: $x = 0,500$ m

Siły przekrojowe: $M_{Sd} = 18,5$ kNm

$N_{Sd} = 0,0$ kN $\qquad e = 291338,3$ cm

$V_{Sd} = 32,9$ kN

Wymiary przekroju: $b_w = 25,0$ cm

$d = h - a_1 = 30,0 - 2,8 = 27,2$ cm

$A_c = 750$ cm^2

$W_c = 3750$ cm^3

Minimalne zbrojenie:

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

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

$= 0{,}4 \times 1{,}0 \times 1{,}9 \times 375 / 240 = 1{,}19\ cm^2$

$A_{s1} = \mathbf{8{,}04 > 1{,}19} = A_s$

Zarysowanie:

$M_{cr} = f_{ctm}\, W_c = 1{,}9 \times 3750 \times 10^{-3} = 7{,}1$ kNm

$M_{Sd} = 18{,}5 > 7{,}1 = M_{cr}$

Przekrój zarysowany.

Szerokość rozwarcia rysy prostopadłej do osi pręta:

Przyjęto $k_2 = 0{,}5$.

$\rho_r = A_s / A_{ct,eff} = 8{,}04 / 151 = 0{,}05342$

$s_{rm} = 50 + 0{,}25\, k_1\, k_2\, \phi / \rho_r = 50 + 0{,}25 \times 0{,}8 \times 0{,}50 \times 16 / 0{,}05342 = 79{,}95$

$\varepsilon_{sm} = \sigma_s / E_s\, [1 - \beta_1 \beta_2\, (\sigma sr / \sigma s)^2] =$

$= 97{,}8/200000 \times [1 - 1{,}0 \times 0{,}5 \times (0{,}0/0{,}0)^2] = 0{,}00045$

$w_k = \beta\, s_{rm}\, \varepsilon_{sm} = 1{,}7 \times 79{,}95 \times 0{,}00045 = 0{,}06$ mm

$w_k = \mathbf{0{,}06 < 0{,}3} = w_{lim}$

Szerokość rozwarcia rysy ukośnej:

Rysy ukośne nie występują.

Ugięcia

zadanie nadproże13, pręt nr 1

Ugięcia wyznaczono dla charakterystycznych obciążeń długotrwałych.

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

$$E_{c,eff} = \frac{E_{cm}}{1 + \phi(t, t_o)} = \frac{29000}{1 + 2{,}00} = 9667\ \text{MPa}$$

Moment rysujący:

$M_{cr} = f_{ctm}\, W_c = 1{,}9 \times 3750 \times 10^{-3} = 7{,}1$ kNm

Całkowity moment zginający $M_{Sd} = 18{,}5$ kN powoduje zarysowanie przekroju.

Sztywność dla długotrwałego działania obciążeń długotrwałych:

Sztywność na zginanie wyznaczona dla momentu $M_{Sd} = 18{,}5$ kNm.

Wielkości geometryczne przekroju: $x_I = 16{,}0$ cm $\quad I_I = 92369\ cm^4$

$x_{II} = 11{,}9$ cm $\quad I_{II} = 59884\ cm^4$

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

$$= \frac{9667 \times 59884}{1 - 1{,}0 \times 0{,}5 \times (7{,}1/18{,}5)^2 \times (1 - 59884/92369)} \times 10^{-5} = 5943\ \text{kNm}^2$$

Wykres sztywności i momentów dla obciążeń długotrwałych.

Ugięcia.

Ugięcie w punkcie o współrzędnej $x = 0{,}660$ cm, wyznaczone poprzez całkowanie funkcji krzywizny osi pręta $(1/\rho)$ z uwzględnieniem zmiany sztywności wzdłuż osi elementu, wynosi:

$a = a_{\infty,d} = 0{,}5$ mm

$a = \mathbf{0,5 < 5,7} = a_{lim}$

Reakcje podporowe
R = 41,4 kN

Poz.4 Podciąg.

Poz.4.1 Podciąg.

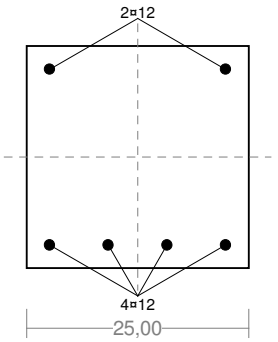
L = 1,55 m
L_0 = 1,05 x 1,55 = 1,63 m

Zebranie obciążeń na 1m

1.Obciążenie z poz.1.1	16,61 kN/m
2.Ciężar wieńca	2,44 kN/m
	19,05 kN/m

Cechy przekroju:

zadanie nowe, pręt nr 1, przekrój: x_a=0,77 m, x_b=0,77 m



Wymiary przekroju [cm]:
h=25,0, b=25,0,
Cechy materiałowe dla sytuacji stałej lub przejściowej
BETON: **B20**
f_{ck}= **16,0** MPa, $f_{cd}=\alpha \cdot f_{ck}/\gamma_c$=1,00×16,0/1,50=**10,7** MPa
Cechy geometryczne przekroju betonowego:
A_c=**625** cm^2, J_{cx}=**32552** cm^4, J_{cy}=**32552** cm^4
STAL: **A-III** (**34GS**)
f_{yk}=410 MPa, γ_s=1,15, f_{yd}=350 MPa
$\xi_{lim}=0,0035/(0,0035+f_{yd}/E_s)=0,0035/(0,0035+350/200000)=0,667$,
Zbrojenie główne:
$A_{s1}+A_{s2}$=**6,79** cm^2, $\rho=100\ (A_{s1}+A_{s2})/A_c$ =100×6,79/625=**1,09** %,

J_{sx}=**665** cm^4, J_{sy}=**468** cm^4,

Siły przekrojowe:

zadanie: nowe, pręt nr 1, przekrój: x_a=0,77 m, x_b=0,77 m

Obciążenia działające w płaszczyźnie układu: **A**

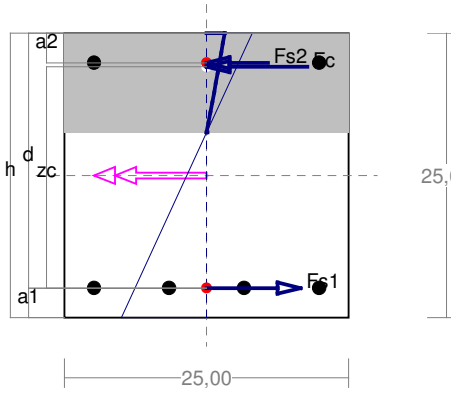
Momenty zginające:	M_x = -6,2 kNm,	M_y = 0,0 kNm,
Siły poprzeczne:	V_y = 0,0 kN,	V_x = 0,0 kN,
Siła osiowa:	N = 0,0 kN = N_{Sd}, .	

Zbrojenie wymagane:

(zadanie nowe, pręt nr 1, przekrój: x_a=0,77 m, x_b=0,77 m)

Obliczenia wykonano:

- z uwzględnieniem wkładek zbrojenia rzeczywistego (A_{s1}=4,52 cm^2, A_{s2}=2,26 cm^2,)



Wielkości obliczeniowe:
N_{Sd}=0,0 kN,
$M_{Sd}=\sqrt{(M_{Sdx}^2+M_{Sdy}^2)}=\sqrt{(-6,2^2+0,0^2)}$ =6,2 kNm
f_{cd}=10,7 MPa, f_{yd}=350 MPa =f_{td},
Dodatkowe zbrojenie rozciągane nie jest obliczeniowo wymagane.
Dodatkowe zbrojenie ściskane nie jest obliczeniowo wymagane.

Wielkości geometryczne [cm]:

h=25,0, d=22,4, x=8,7 (ξ=0,389),
a_1=2,6, a_2=2,6, a_c=2,9, z_c=19,5, A_{cc}=218 cm^2,
ε_c=-0,22 ‰, ε_{s2}=-0,16 ‰, ε_{s1}=0,35 ‰,

Wielkości statyczne [kN, kNm]:

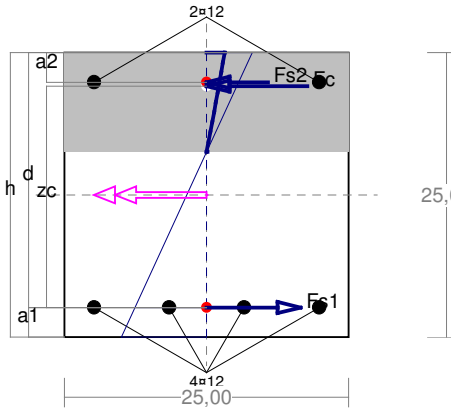
F_c= -24,7, F_{s1} = 31,8, F_{s2} = -7,1,
M_c= 2,4, M_{s1} = 3,1, M_{s2} = 0,7,

Warunki równowagi wewnętrznej:

$F_c+F_{s1}+F_{s2}$=-24,7+(31,8)+(-7,1)=-0,0 kN (N_{Sd}=0,0 kN)
$M_c+M_{s1}+M_{s2}$=2,4+(3,1)+(0,7)=6,2 kNm (M_{Sd}=6,2 kNm)

Nośność przekroju prostopadłego:

zadanie nowe, pręt nr 1, przekrój: x_a=0,77 m, x_b=0,77 m



Wielkości obliczeniowe:
N_{Sd}=0,0 kN,
$M_{Sd}=\sqrt{(M_{Sdx}^2+M_{Sdy}^2)}=\sqrt{(-6,2^2+0,0^2)}$ =6,2 kNm
f_{cd}=10,7 MPa, f_{yd}=350 MPa =f_{td},
Zbrojenie rozciągane: A_{s1}=**4,52** cm^2,
Zbrojenie ściskane: A_{s2}=**2,26** cm^2,
$A_s=A_{s1}+A_{s2}$=6,79 cm^2, $\rho=100\times A_s/A_c$= 100×6,79/625=1,09 %

Wielkości geometryczne [cm]:
h=25,0, d=22,4, x=8,7 (ξ=0,389),
a_1=2,6, a_2=2,6, a_c=2,9, z_c=19,5, A_{cc}=215 cm^2,
ε_c=-0,22 ‰, ε_{s2}=-0,16 ‰, ε_{s1}=0,35 ‰,

Wielkości statyczne [kN, kNm]:
F_c= -24,7, F_{s1} = 31,8, F_{s2} = -7,1,
M_c= 2,4, M_{s1} = 3,1, M_{s2} = 0,7,

Warunek stanu granicznego nośności:
M_{Rd} = **32,0 kNm** > $M_{Sd}=M_c+M_{s1}+M_{s2}$=2,4+(3,1)+(0,7)=**6,2** kNm

Zbrojenie poprzeczne (strzemiona)

zadanie nowe, pręt nr 1

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

Minimalny stopień zbrojenia na ścinanie:

$$\rho_{w,min} = 0,08\ \sqrt{f_{ck}}\ /\ f_{yk} = 0,08\times\sqrt{16}\ /\ 410 = 0,00078$$

Rozstaw strzemion:

Strefa nr 1

Początek i koniec strefy: x_a = 0,0 x_b = 77,5 cm
Maksymalny rozstawy strzemion:

s_{max} = 0,75 d = 0,75×224 = 168 $s_{max} \le$ 400 mm
przyjęto s_{max} = 168 mm.

Przyjęto strzemiona 2-cięte, prostopadłe do osi pręta o rozstawie **16,0** cm, dla których stopień zbrojenia na ścinanie wynosi:

$\rho_w = A_{sw} /(s\ b_w \sin\alpha) = 1{,}01 / (16{,}0\times25{,}0\times1{,}000) = 0{,}00251$

$\rho_w = \mathbf{0{,}00251 > 0{,}00078} = \rho_{w\,min}$

Strefa nr 2

Początek i koniec strefy: $x_a = 77{,}5$ $x_b = 155{,}0$ cm

Maksymalny rozstawy strzemion:

$s_{max} = 0{,}75\ d = 0{,}75\times224 = 168$ $s_{max} \le 400$ mm

przyjęto $s_{max} = 168$ mm.

Przyjęto strzemiona 2-cięte, prostopadłe do osi pręta o rozstawie **16,0** cm, dla których stopień zbrojenia na ścinanie wynosi:

$\rho_w = A_{sw} /(s\ b_w \sin\alpha) = 1{,}01 / (16{,}0\times25{,}0\times1{,}000) = 0{,}00251$

$\rho_w = \mathbf{0{,}00251 > 0{,}00078} = \rho_{w\,min}$

Ścinanie

zadanie nowe, pręt nr 1.

Przyjęto podparcie i obciążenie bezpośrednie.

Odcinek nr 1

Początek i koniec odcinka: $x_a = 0{,}0$ $x_b = 38{,}7$ cm

Siły przekrojowe: $N_{Sd} = 0{,}0$;

$V_{Sd\,max} = 16{,}0$ kN

Siła poprzeczna w odległości *d* od podpory wynosi: $V_{Sd} = 11{,}4$ kN

Rodzaj odcinka:

$$\rho_L = \frac{A_{sL}}{b_w d} = \frac{4{,}52}{25{,}0\times22{,}4} = 0{,}00808; \qquad \rho_L \le 0{,}01$$

Przyjęto $\rho_L = 0{,}00808$.

$\sigma_{cp} = N_{Sd} / A_C = -0{,}0 / 671{,}80 \times10 = -0{,}0$ MPa $\qquad \sigma_{cp} \le 0{,}2\ f_{cd}$

Przyjęto $\sigma_{cp} = 0{,}0$ MPa.

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

$= [0{,}35\times1{,}38\times0{,}90\times(1{,}2+40\times0{,}00808) + 0{,}15\times0{,}0]\times25{,}0\times22{,}4\times10^{-1} = 37{,}1$ kN

$V_{Sd} = 11{,}4 < 37{,}1 = V_{Rd1}$

Nośność odcinka I-go rodzaju:

$V_{Sd} = \mathbf{11{,}4 < 37{,}1} = V_{Rd1}$

$\nu = 0{,}6\ (1 - f_{ck} / 250) = 0{,}6\times(1 - 16 / 250) = 0{,}562$

$V_{Rd2} = 0{,}5\ \nu\ f_{cd}\ b_w\ z = 0{,}5\times0{,}562\times10{,}7\times25{,}0\times20{,}2\times10^{-1} = 151{,}4$ kN

$V_{Sd} = \mathbf{16{,}0 < 151{,}4} = V_{Rd2}$

Nośność zbrojenia podłużnego

zadanie nowe, pręt nr 1.

Sprawdzenie siły przenoszonej przez zbrojenie rozciągane dla x = 0,581 m:

$\Delta F_{td} = 0{,}5\ |V_{Sd}|\ (\cot\theta - V_{Rd32} / V_{Rd3}\ \cot\alpha) = 0{,}5\times4{,}0\times(1{,}000) = 2{,}0$ kN

Sumaryczna siła w zbrojeniu rozciąganym:

$F_{td} = F_{td,m} + \Delta F_{td} = 29{,}8 + 2{,}0 = 31{,}8$ kN;

$F_{td} \le F_{td,max} = 31{,}8$ kN

Przyjęto $F_{td} = 31{,}8$ kN

$F_{td} = \mathbf{31{,}8 < 158{,}3} = 4{,}52\times350\times10^{-1} = A_s\ f_{yd}$

Zarysowanie

zadanie nowe, pręt nr 1,

Położenie przekroju:	x = 0,775 m
Siły przekrojowe:	M_{Sd} = 6,2 kNm
	N_{Sd} = -0,0 kN
	V_{Sd} = -0,0 kN
Wymiary przekroju:	b_w = 25,0 cm
	d = h - a_1 = 25,0 - 2,6 = 22,4 cm
	A_c = 625 cm^2
	W_c = 2604 cm^3

Minimalne zbrojenie:

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

$$A_s = k_c\, k\, f_{ct,eff}\, A_{ct} / \sigma_{s,lim} =$$
$$= 0{,}4 \times 1{,}0 \times 1{,}9 \times 312 / 280 = 0{,}85\ cm^2$$

$$A_{s1} = \mathbf{4{,}52 > 0{,}85} = A_s$$

Zarysowanie:

$$M_{cr} = f_{ctm}\, W_c = 1{,}9 \times 2604 \times 10^{-3} = 4{,}9\ kNm$$
$$M_{Sd} = 6{,}2 > 4{,}9 = M_{cr}$$

Przekrój zarysowany.

Szerokość rozwarcia rysy prostopadłej do osi pręta:

Przyjęto k_2 = 0,5.

$$\rho_r = A_s / A_{ct,eff} = 4{,}52 / 135 = 0{,}03360$$

$$s_{rm} = 50 + 0{,}25\, k_1\, k_2\, \phi / \rho_r = 50 + 0{,}25 \times 0{,}8 \times 0{,}50 \times 12 / 0{,}03360 = 85{,}72$$

$$\varepsilon_{sm} = \sigma_s / E_s\, [1 - \beta_1 \beta_2\, (\sigma sr / \sigma s)^2] =$$
$$= 69{,}8/200000 \times [1 - 1{,}0 \times 0{,}5 \times (4{,}9/6{,}2)^2] = 0{,}00024$$

$$w_k = \beta\, s_{rm}\, \varepsilon_{sm} = 1{,}7 \times 85{,}72 \times 0{,}00024 = 0{,}03\ mm$$

$$w_k = \mathbf{0{,}03 < 0{,}3} = w_{lim}$$

Szerokość rozwarcia rysy ukośnej:

Rysy ukośne nie występują.

Ugięcia

zadanie nowe, pręt nr 1

Ugięcia wyznaczono dla charakterystycznych obciążeń długotrwałych.

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

$$E_{c,eff} = \frac{E_{cm}}{1 + \phi(t, t_o)} = \frac{29000}{1 + 2{,}00} = 9667\ MPa$$

Moment rysujący:

$$M_{cr} = f_{ctm}\, W_c = 1{,}9 \times 2604 \times 10^{-3} = 4{,}9\ kNm$$

Całkowity moment zginający M_{Sd} = 6,2 kN powoduje zarysowanie przekroju.

Sztywność dla długotrwałego działania obciążeń długotrwałych:

Sztywność na zginanie wyznaczona dla momentu M_{Sd} = 6,2 kNm.

Wielkości geometryczne przekroju:	x_I = 13,1 cm	I_I = 46032 cm^4
	x_{II} = 8,8 cm	I_{II} = 24789 cm^4

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

$$= \frac{9667 \times 24789}{1 - 1{,}0 \times 0{,}5 \times (4{,}9/6{,}2)^2 \times (1 - 24789/46032)} \times 10^{-5} = 2814 \text{ kNm}^2$$

Wykres sztywności i momentów dla obciążeń długotrwałych.

Ugięcia.

Ugięcie w punkcie o współrzędnej x = 0,775 cm, wyznaczone poprzez całkowanie funkcji krzywizny osi pręta (1/ρ) z uwzględnieniem zmiany sztywności wzdłuż osi elementu, wynosi:

$a = a_{\infty,d} = 0{,}5$ mm

$a = \mathbf{0{,}5 < 6{,}2} = a_{lim}$

Reakcje podporowe
$R_A = R_B = 16{,}0$ kN

Poz.4.2 Podciąg.

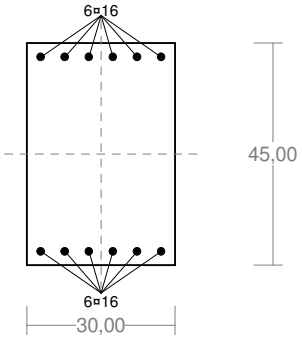
L = 5,40 m
L = 5,40 m

Zebranie obciążeń na 1m

1.Obciażenie z poz.1.1	37,77 kN/m
2.Ciężar wieńca	2,44 kN/m
	40,21 kN/m

Cechy przekroju:

zadanie nowe, pręt nr 1, przekrój: x_a=2,19 m, x_b=3,21 m



Wymiary przekroju [cm]:
h=45,0, b=30,0,
Cechy materiałowe dla sytuacji stałej lub przejściowej
BETON: **B20**
f_{ck}= **16,0** MPa, $f_{cd}=\alpha \cdot f_{ck}/\gamma_c$=1,00×16,0/1,50=**10,7** MPa
Cechy geometryczne przekroju betonowego:
A_c=**1350** cm^2, J_{cx}=**227812** cm^4, J_{cy}=**101250** cm^4
STAL: **A-III** (**34GS**)
f_{yk}=410 MPa, γ_s=1,15, f_{yd}=350 MPa
$\xi_{lim}=0{,}0035/(0{,}0035+f_{yd}/E_s)=0{,}0035/(0{,}0035+350/200000)=0{,}667$,
Zbrojenie główne:
$A_{s1}+A_{s2}$=**24,13** cm^2, $\rho=100\ (A_{s1}+A_{s2})/A_c$ =100×24,13/1350=**1,79** %,

J_{sx}=**9364** cm^4, J_{sy}=**1676** cm^4,

Siły przekrojowe:

zadanie: nowe, pręt nr 1, przekrój: x_a=2,19 m, x_b=3,21 m

Obciążenia działające w płaszczyźnie układu: **A**

Momenty zginające:	M_x = -89,1 kNm,	M_y = 0,0 kNm,
Siły poprzeczne:	V_y = -7,4 kN,	V_x = 0,0 kN,

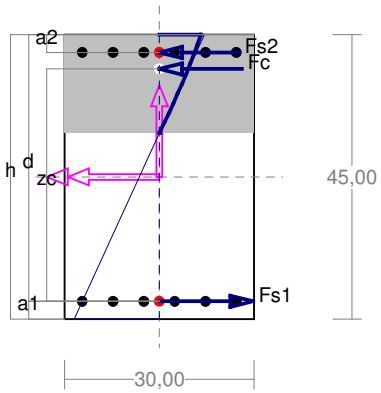
Siła osiowa: N = -0,0 kN = N_{Sd}, .

Zbrojenie wymagane:

(zadanie nowe, pręt nr 1, przekrój: x_a=2,01 m, x_b=3,39 m)

Obliczenia wykonano:

- z uwzględnieniem wkładek zbrojenia rzeczywistego (A_{s1}=12,06 cm^2, A_{s2}=12,06 cm^2,)



Wielkości obliczeniowe:
N_{Sd}=0,0 kN,
$M_{Sd}=\sqrt{(M_{Sdx}^2+M_{Sdy}^2)}=\sqrt{(-89,7^2+0,0^2)}$ =89,7 kNm
f_{cd}=10,7 MPa, f_{yd}=350 MPa =f_{td},
Dodatkowe zbrojenie rozciągane nie jest obliczeniowo wymagane.
Dodatkowe zbrojenie ściskane nie jest obliczeniowo wymagane.

Wielkości geometryczne [cm]:

h=45,0, d=42,2, x=15,5 (ξ=0,368),
a_1=2,8, a_2=2,8, a_c=5,4, z_c=36,8, A_{cc}=466 cm^2,
ε_c=-0,57 ‰, ε_{s2}=-0,47 ‰, ε_{s1}=0,98 ‰,

Wielkości statyczne [kN, kNm]:

F_c= -123,3, F_{s1} = 236,0, F_{s2} = -112,7,
M_c= 21,1, M_{s1} = 46,5, M_{s2} = 22,2,

Warunki równowagi wewnętrznej:

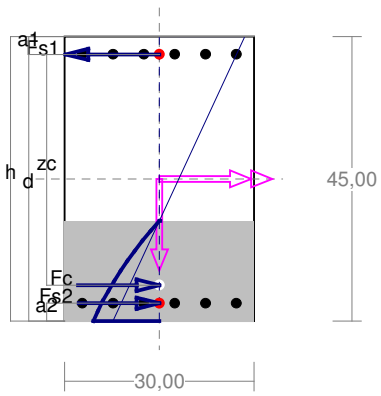
$F_c+F_{s1}+F_{s2}$=-123,3+(236,0)+(-112,7)=-0,0 kN (N_{Sd}=0,0 kN)
$M_c+M_{s1}+M_{s2}$=21,1+(46,5)+(22,2)=89,7 kNm (M_{Sd}=89,7 kNm)

Zbrojenie wymagane:

(zadanie nowe, pręt nr 1, przekrój: x_a=5,40 m, x_b=0,00 m)

Obliczenia wykonano:

- z uwzględnieniem wkładek zbrojenia rzeczywistego (A_{s1}=12,06 cm^2, A_{s2}=12,06 cm^2,)



Wielkości obliczeniowe:
N_{Sd}=0,0 kN,
$M_{Sd}=\sqrt{(M_{Sdx}^2+M_{Sdy}^2)}=\sqrt{(159,6^2+0,0^2)}$ =159,6 kNm
f_{cd}=10,7 MPa, f_{yd}=350 MPa =f_{td},
Dodatkowe zbrojenie rozciągane nie jest obliczeniowo wymagane.
Dodatkowe zbrojenie ściskane nie jest obliczeniowo wymagane.

Wielkości geometryczne [cm]:

h=45,0, d=42,2, x=15,9 (ξ=0,376),
a_1=2,8, a_2=2,8, a_c=5,7, z_c=36,5, A_{cc}=476 cm^2,
ε_c=-1,05 ‰, ε_{s2}=-0,86 ‰, ε_{s1}=1,74 ‰,

Wielkości statyczne [kN, kNm]:

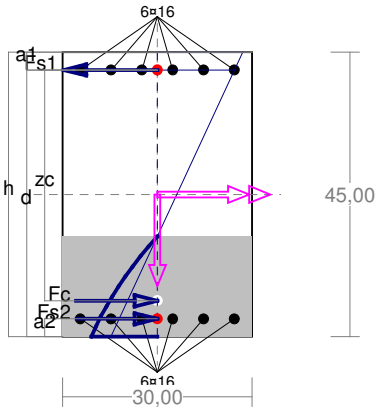
F_c= -211,8, F_{s1} = 420,5, F_{s2} = -208,6,
M_c= 35,6, M_{s1} = 82,8, M_{s2} = 41,1,

Warunki równowagi wewnętrznej:

$F_c+F_{s1}+F_{s2}$=-211,8+(420,5)+(-208,6)=0,0 kN (N_{Sd}=0,0 kN)
$M_c+M_{s1}+M_{s2}$=35,6+(82,8)+(41,1)=159,6 kNm (M_{Sd}=159,6 kNm)

Nośność przekroju prostopadłego:

zadanie nowe, pręt nr 1, przekrój: x_a=5,40 m, x_b=0,00 m



Wielkości obliczeniowe:
N_{Sd}=0,0 kN,
$M_{Sd}=\sqrt{(M_{Sdx}^2+M_{Sdy}^2)}=\sqrt{(159,6^2+0,0^2)}$ =159,6 kNm
f_{cd}=10,7 MPa, f_{yd}=350 MPa =f_{td},
Zbrojenie rozciągane: A_{s1}=**12,06** cm^2,
Zbrojenie ściskane: A_{s2}=**12,06** cm^2,
$A_s=A_{s1}+A_{s2}$=24,13 cm^2, $\rho=100\times A_s/A_c$= 100×24,13/1350=1,79 %

Wielkości geometryczne [cm]:
h=45,0, d=42,2, x=15,9 (ξ=0,376),
a_1=2,8, a_2=2,8, a_c=5,7, z_c=36,5, A_{cc}=464 cm^2,
ε_c=-1,05 ‰, ε_{s2}=-0,86 ‰, ε_{s1}=1,74 ‰,

Wielkości statyczne [kN, kNm]:
F_c= -211,8, F_{s1} = 420,5, F_{s2} = -208,6,
M_c= 35,6, M_{s1} = 82,8, M_{s2} = 41,1,

Warunek stanu granicznego nośności:
M_{Rd} = **166,6 kNm** > $M_{Sd}=M_c+M_{s1}+M_{s2}$=35,6+(82,8)+(41,1)=**159,6** kNm

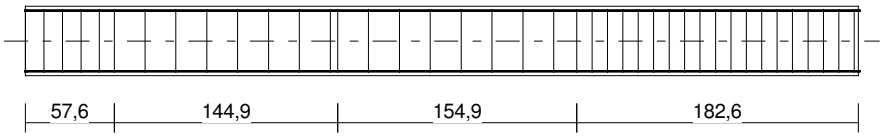
Zbrojenie poprzeczne (strzemiona)

zadanie nowe, pręt nr 1

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

Minimalny stopień zbrojenia na ścinanie:

$$\rho_{w,min} = 0,08\ \sqrt{f_{ck}}\ /\ f_{yk} = 0,08\times\sqrt{16}\ /\ 410 = 0,00078$$



Rozstaw strzemion:

Strefa nr 1

Początek i koniec strefy: x_a = 0,0 x_b = 57,6 cm
Maksymalny rozstawy strzemion:

s_{max} = 0,75 d = 0,75×422 = 317 $s_{max} \le$ 400 mm
przyjęto s_{max} = 317 mm.

Ze względu na pręty ściskane s_{max} = 15 ϕ = 15×16,0 = 240,0 mm.

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

$$\rho_w = A_{sw}/(s\ b_w \sin\alpha) = 1,01 / (12,0\times30,0\times1,000) = 0,00279$$

$$\rho_w = \mathbf{0,00279 > 0,00078} = \rho_{w\,min}$$

Strefa nr 2

Początek i koniec strefy: x_a = 57,6 x_b = 202,5 cm
Maksymalny rozstawy strzemion:

s_{max} = 0,75 d = 0,75×422 = 317 $s_{max} \le$ 400 mm
przyjęto s_{max} = 317 mm.

Ze względu na pręty ściskane s_{max} = 15 ϕ = 15×16,0 = 240,0 mm.

Przyjęto strzemiona 2-cięte, prostopadłe do osi pręta o rozstawie **20,0** cm, dla których stopień zbrojenia na ścinanie wynosi:

$$\rho_w = A_{sw}/(s\ b_w \sin\alpha) = 1,01 / (20,0\times30,0\times1,000) = 0,00168$$

$$\rho_w = \mathbf{0,00168 > 0,00078} = \rho_{w\,min}$$

Strefa nr 3

Początek i koniec strefy: $x_a = 202,5$ $x_b = 357,4$ cm

Maksymalny rozstawy strzemion:

$s_{max} = 0,75\ d = 0,75 \times 422 = 317$ $s_{max} \le 400$ mm

przyjęto $s_{max} = 317$ mm.

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

Przyjęto strzemiona 2-cięte, prostopadłe do osi pręta o rozstawie **20,0** cm, dla których stopień zbrojenia na ścinanie wynosi:

$$\rho_w = A_{sw} / (s\ b_w \sin\alpha) = 1,01 / (20,0 \times 30,0 \times 1,000) = 0,00168$$

$$\rho_w = \mathbf{0,00168 > 0,00078} = \rho_{w\,min}$$

Strefa nr 4

Początek i koniec strefy: $x_a = 357,4$ $x_b = 540,0$ cm

Maksymalny rozstawy strzemion:

$s_{max} = 0,75\ d = 0,75 \times 422 = 317$ $s_{max} \le 400$ mm

przyjęto $s_{max} = 317$ mm.

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

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

$$\rho_w = A_{sw} / (s\ b_w \sin\alpha) = 1,01 / (10,0 \times 30,0 \times 1,000) = 0,00335$$

$$\rho_w = \mathbf{0,00335 > 0,00078} = \rho_{w\,min}$$

Ścinanie

zadanie nowe, pręt nr 1.

Przyjęto podparcie i obciążenie bezpośrednie.

Odcinek nr 7

Początek i koniec odcinka: $x_a = 448,7$ $x_b = 540,0$ cm

Siły przekrojowe: $N_{Sd} = 0,0$;

$V_{Sd\,max} = -147,7$ kN

Siła poprzeczna w odległości *d* od podpory wynosi: $V_{Sd} = -129,3$ kN

Rodzaj odcinka:

$$\rho_L = \frac{A_{sL}}{b_w d} = \frac{12,06}{30,0 \times 42,2} = 0,00953; \qquad \rho_L \le 0,01$$

Przyjęto $\rho_L = 0,00953$.

$\sigma_{cp} = N_{Sd} / A_C = -0,0 / 1516,40 \times 10 = -0,0$ MPa $\qquad \sigma_{cp} \le 0,2\ f_{cd}$

Przyjęto $\sigma_{cp} = 0,0$ MPa.

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

$= [0,35 \times 1,18 \times 0,90 \times (1,2 + 40 \times 0,00953) + 0,15 \times 0,0] \times 30,0 \times 42,2 \times 10^{-1} = 74,4$ kN

$V_{Sd} = 129,3 > 74,4 = V_{Rd1}$

Nośność odcinka II-go rodzaju:

Przyjęto kąt $\theta = 45,0°$

$$\nu = 0,6\ (1 - f_{ck} / 250) = 0,6 \times (1 - 16 / 250) = 0,562$$

$$\Delta V_{Rd} = \frac{A_{sw2}\ f_{ywd2}}{s_2}\ z \cos\alpha \quad \times 10^{-1} = 0 \text{ kN}$$

$$\Delta V_{Rd} \le \nu\, f_{cd} b_w z \frac{\cot\theta}{1+\cot^2\theta} \frac{\cot\alpha}{2\cot\theta+\cot\alpha} \times 10^{-1} = 0 \text{ kN}$$

Przyjęto $\Delta V_{Rd} = 0{,}0$ kN.

$$V_{Rd2} = \nu\, f_{cd}\ b_w\ z \frac{\cot\theta}{1+\cot^2\theta} + \Delta V_{Rd} =$$

$$= 0{,}562\times 10{,}7\times 30{,}0\times 38{,}0 \frac{1{,}000}{1 + 1{,}000^2} \times 10^{-1} + 0{,}0 = 342{,}3 \text{ kN}$$

V_{Sd} = **147,7 < 342,3** = V_{Rd2}

$$V_{Rd3} = V_{Rd31} + V_{Rd32} = \frac{A_{sw1}\ f_{ywd1}}{s_1} z \cot\theta + \frac{A_{sw2}\ f_{ywd2}}{s_2} z (\cot\theta + \cot\alpha) \sin\alpha =$$

$$= \frac{1{,}01\times 350}{10{,}0} 38{,}0\times 1{,}000 \times 10^{-1} = 133{,}6 \text{ kN}$$

V_{Sd} = **129,3 < 133,6** = V_{Rd3}

Nośność zbrojenia podłużnego

zadanie nowe, pręt nr 1.

Sprawdzenie siły przenoszonej przez zbrojenie rozciągane dla x = 5,231 m:

$\Delta F_{td} = 0{,}5\ |V_{Sd}|\ (\cot\theta - V_{Rd32}/\ V_{Rd3}\ \cot\alpha) = 0{,}5\times -140{,}4\times (1{,}000 - 0{,}0/133{,}6 \times 0{,}000) = 70{,}2$ kN

Sumaryczna siła w zbrojeniu rozciąganym:

$F_{td} = F_{td,m} + \Delta F_{td} = 356{,}2 + 70{,}2 = 426{,}3$ kN;

$F_{td} \le F_{td,max} = 420{,}5$ kN

Przyjęto $F_{td} = 420{,}5$ kN

F_{td} = **420,5 < 422,2** = $12{,}06\times 350 \times 10^{-1} = A_s f_{yd}$

Zarysowanie

zadanie nowe, pręt nr 1,

Położenie przekroju:	x = 5,400 m
Siły przekrojowe:	M_{Sd} = -158,4 kNm
	N_{Sd} = 0,0 kN
	V_{Sd} = -146,6 kN
Wymiary przekroju:	b_w = 30,0 cm
	$d = h - a_1 = 45{,}0 - 2{,}8 = 42{,}2$ cm
	$A_c = 1350$ cm^2
	$W_c = 10125$ cm^3

Minimalne zbrojenie:

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

$$A_s = k_c\, k\, f_{ct,eff}\, A_{ct} / \sigma_{s,lim} =$$
$$= 0{,}4\times 1{,}0\times 1{,}9\times 675 / 240 = 2{,}14 \text{ cm}^2$$

A_{s1} = **12,06 > 2,14** = A_s

Zarysowanie:

$M_{cr} = f_{ctm} W_c = 1{,}9\times 10125 \times 10^{-3} = 19{,}2$ kNm

$M_{Sd} = 158{,}4 > 19{,}2 = M_{cr}$

Przekrój zarysowany.

Szerokość rozwarcia rysy prostopadłej do osi pręta:

Przyjęto $k_2 = 0,5$.

$\rho_r = A_s / A_{ct,eff} = 12,06 / 210 = 0,05745$

$s_{rm} = 50 + 0,25\ k_1\ k_2\ \phi / \rho_r = 50 + 0,25 \times 0,8 \times 0,50 \times 16/0,05745 = 77,85$

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

$= 344,0/200000 \times [1 - 1,0 \times 0,5 \times (19,2/158,4)^2] = 0,00171$

$w_k = \beta\ s_{rm}\ \varepsilon_{sm} = 1,7 \times 77,85 \times 0,00171 = 0,23$ mm

$w_k = \mathbf{0,23 < 0,3} = w_{lim}$

Szerokość rozwarcia rysy ukośnej:

$$\rho_{w1} = \frac{A_{sw1}}{s_1 b_w} = \frac{1,01}{10,0 \times 30,0} = 0,00335$$

$$\rho_{w2} = \frac{A_{s2}}{s_2 b_w \sin\alpha} = 0,00000$$

$\rho_w = \rho_{w1} + \rho_{w2} = 0,00335 + 0,00000 = 0,00335$

$$\lambda = \frac{1}{3\left[\frac{\rho_{w1}}{\eta_1\phi_1} + \frac{\rho_{w2}}{\eta_2\phi_2}\right]} = \frac{1}{3 \times [0,00335/(0,7 \times 8,0)]} = 557,04$$

$$\tau = \frac{V_{Sd}}{b_w d} = \frac{-146,6}{30,0 \times 42,2} \times 10 = 1,158 \text{ MPa}$$

$$w_k = \frac{4\ \tau^2\ \lambda}{\rho_w E_s f_{ck}} = \frac{4 \times 1,158^2 \times 557,04}{0,00335 \times 200000 \times 16} = 0,28 \text{ mm}$$

$w_k = \mathbf{0,28 < 0,3} = w_{lim}$

Ugięcia

zadanie nowe, pręt nr 1

Ugięcia wyznaczono dla charakterystycznych obciążeń długotrwałych.

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

$$E_{c,eff} = \frac{E_{cm}}{1 + \phi(t, t_o)} = \frac{29000}{1 + 2,00} = 9667 \text{ MPa}$$

Moment rysujący:

$M_{cr} = f_{ctm}\ W_c = 1,9 \times 10125 \times 10^{-3} = 19,2$ kNm

Całkowity moment zginający $M_{Sd} = -158,4$ kN powoduje zarysowanie przekroju.

Sztywność dla długotrwałego działania obciążeń długotrwałych:

Sztywność na zginanie wyznaczona dla momentu $M_{Sd} = -158,4$ kNm.

Wielkości geometryczne przekroju: $x_I = 22,5$ cm $I_I = 421542$ cm^4

$x_{II} = 15,4$ cm $I_{II} = 255417$ cm^4

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

$$= \frac{9667 \times 255417}{1 - 1,0 \times 0,5 \times (19,2/158,4)^2 \times (1 - 255417/421542)} \times 10^{-5} = 24762 \text{ kNm}^2$$

Wykres sztywności i momentów dla obciążeń długotrwałych.

Ugięcia.

Ugięcie w punkcie o współrzędnej x = 2,194 cm, wyznaczone poprzez całkowanie funkcji krzywizny osi pręta (1/ρ) z uwzględnieniem zmiany sztywności wzdłuż osi elementu, wynosi:

$a = a_{\infty,d} = 8,0$ mm

$a = \mathbf{8,0 < 21,6} = a_{lim}$

Poz.4.3 Podciąg.

L = 1,85 m
L = 5,55 m
L = 1,85 m

Zebranie obciążeń na 1m

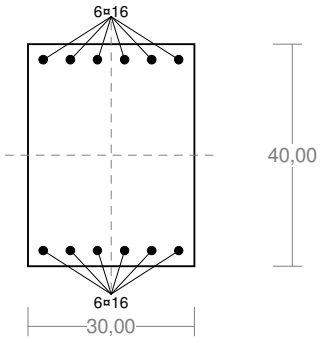
1.Obciażenie z poz.1.1	27,19 kN/m
2.Obciążenie z poz.1.4	2,47 kN/m
3.Ciężar wieńca	2,44 kN/m
4.Ciężar ściany	4,89 kN/m
	36,99 kN/m

Zebranie obciążeń na 1m

1.Obciażenie z poz.1.1	33,99 kN/m
2.Ciężar wieńca	2,44 kN/m
3.Ciężar ściany	4,89 kN/m
	41,32 kN/m

Cechy przekroju:

zadanie nowe, pręt nr 2, przekrój: x_a=2,78 m, x_b=2,78 m



Wymiary przekroju [cm]:
h=40,0, b=30,0,
Cechy materiałowe dla sytuacji stałej lub przejściowej
BETON: **B20**
f_{ck}= **16,0** MPa, $f_{cd}=\alpha \cdot f_{ck}/\gamma_c$=1,00×16,0/1,50=**10,7** MPa
Cechy geometryczne przekroju betonowego:
A_c=**1200** cm^2, J_{cx}=**160000** cm^4, J_{cy}=**90000** cm^4
STAL: **A-III** (**34GS**)
f_{yk}=410 MPa, γ_s=1,15, f_{yd}=350 MPa
$\xi_{lim}=0,0035/(0,0035+f_{yd}/E_s)=0,0035/(0,0035+350/200000)=0,667$,
Zbrojenie główne:
$A_{s1}+A_{s2}$=**24,13** cm^2, $\rho=100\ (A_{s1}+A_{s2})/A_c$ =100×24,13/1200=**2,01** %,

J_{sx}=**7138** cm^4, J_{sy}=**1676** cm^4,

Siły przekrojowe:

zadanie: nowe, pręt nr 2, przekrój: x_a=2,78 m, x_b=2,78 m

Obciążenia działające w płaszczyźnie układu: **A**

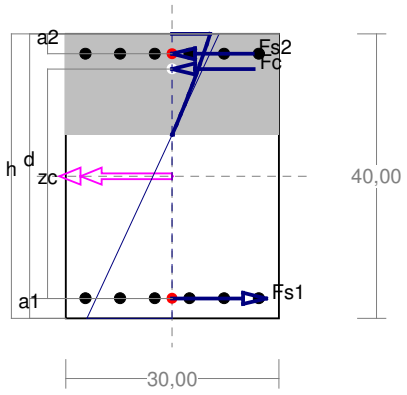
Momenty zginające:	M_x = -66,8 kNm,	M_y = 0,0 kNm,
Siły poprzeczne:	V_y = -0,0 kN,	V_x = 0,0 kN,
Siła osiowa:	N = 0,0 kN = N_{Sd}, .	

Zbrojenie wymagane:

(zadanie nowe, pręt nr 2, przekrój: x_a=2,78 m, x_b=2,78 m)

Obliczenia wykonano:

- z uwzględnieniem wkładek zbrojenia rzeczywistego (A_{s1}=12,06 cm^2, A_{s2}=12,06 cm^2,)



Wielkości obliczeniowe:
N_{Sd}=0,0 kN,
$M_{Sd}=\sqrt{(M_{Sdx}^2+M_{Sdy}^2)}=\sqrt{(-66,8^2+0,0^2)}$ =66,8 kNm
f_{cd}=10,7 MPa, f_{yd}=350 MPa =f_{td},
Dodatkowe zbrojenie rozciągane nie jest obliczeniowo wymagane.
Dodatkowe zbrojenie ściskane nie jest obliczeniowo wymagane.

Wielkości geometryczne [cm]:

h=40,0, d=37,2, x=14,2 (ξ=0,381),
a_1=2,8, a_2=2,8, a_c=4,9, z_c=32,3, A_{cc}=425 cm^2,
ε_c=-0,51 ‰, ε_{s2}=-0,41 ‰, ε_{s1}=0,83 ‰,

Wielkości statyczne [kN, kNm]:

F_c= -101,6, F_{s1} = 200,5, F_{s2} = -99,0,
M_c= 15,3, M_{s1} = 34,5, M_{s2} = 17,0,

Warunki równowagi wewnętrznej:

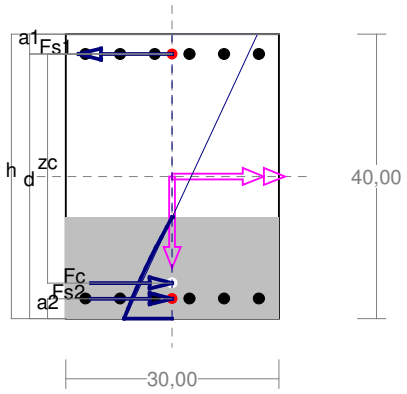
$F_c+F_{s1}+F_{s2}$=-101,6+(200,5)+(-99,0)=-0,0 kN (N_{Sd}=0,0 kN)
$M_c+M_{s1}+M_{s2}$=15,3+(34,5)+(17,0)=66,8 kNm (M_{Sd}=66,8 kNm)

Zbrojenie wymagane:

(zadanie nowe, pręt nr 2, przekrój: x_a=5,55 m, x_b=0,00 m)

Obliczenia wykonano:

- z uwzględnieniem wkładek zbrojenia rzeczywistego (A_{s1}=12,06 cm^2, A_{s2}=12,06 cm^2,)



Wielkości obliczeniowe:
N_{Sd}=0,1 kN,
$M_{Sd}=\sqrt{(M_{Sdx}^2+M_{Sdy}^2)}=\sqrt{(87,8^2+0,0^2)}$ =87,8 kNm
f_{cd}=10,7 MPa, f_{yd}=350 MPa =f_{td},
Dodatkowe zbrojenie rozciągane nie jest obliczeniowo wymagane.
Dodatkowe zbrojenie ściskane nie jest obliczeniowo wymagane.

Wielkości geometryczne [cm]:

h=40,0, d=37,2, x=14,3 (ξ=0,383),
a_1=2,8, a_2=2,8, a_c=5,0, z_c=32,2, A_{cc}=428 cm^2,
ε_c=-0,68 ‰, ε_{s2}=-0,55 ‰, ε_{s1}=1,09 ‰,

Wielkości statyczne [kN, kNm]:

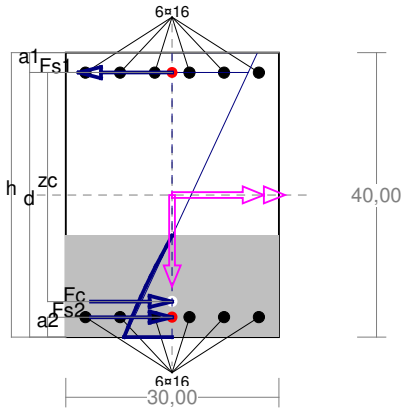
F_c= -131,8, F_{s1} = 263,7, F_{s2} = -131,8,
M_c= 19,8, M_{s1} = 45,4, M_{s2} = 22,7,

Warunki równowagi wewnętrznej:

$F_c+F_{s1}+F_{s2}$=-131,8+(263,7)+(-131,8)=0,1 kN (N_{Sd}=0,1 kN)
$M_c+M_{s1}+M_{s2}$=19,8+(45,4)+(22,7)=87,8 kNm (M_{Sd}=87,8 kNm)

Nośność przekroju prostopadłego:

zadanie nowe, pręt nr 2, przekrój: x_a=5,55 m, x_b=0,00 m



Wielkości obliczeniowe:
N_{Sd}=0,1 kN,
$M_{Sd}=\sqrt{(M_{Sdx}^2+M_{Sdy}^2)}=\sqrt{(87,8^2+0,0^2)}$ =87,8 kNm
f_{cd}=10,7 MPa, f_{yd}=350 MPa =f_{td},
Zbrojenie rozciągane: A_{s1}=**12,06** cm^2,
Zbrojenie ściskane: A_{s2}=**12,06** cm^2,
$A_s=A_{s1}+A_{s2}$=24,13 cm^2, $\rho=100\times A_s/A_c=$
100×24,13/1200=2,01 %

Wielkości geometryczne [cm]:
h=40,0, d=37,2, x=14,3 (ξ=0,383),
a_1=2,8, a_2=2,8, a_c=5,0, z_c=32,2, A_{cc}=416 cm^2,
ε_c=-0,68 ‰, ε_{s2}=-0,55 ‰, ε_{s1}=1,09 ‰,

Wielkości statyczne [kN, kNm]:
F_c= -131,8, F_{s1} = 263,7, F_{s2} = -131,8,
M_c= 19,8, M_{s1} = 45,4, M_{s2} = 22,7,

Warunek stanu granicznego nośności:
M_{Rd} = **145,7 kNm** > $M_{Sd}=M_c+M_{s1}+M_{s2}$=19,8+(45,4)+(22,7)=**87,8** kNm

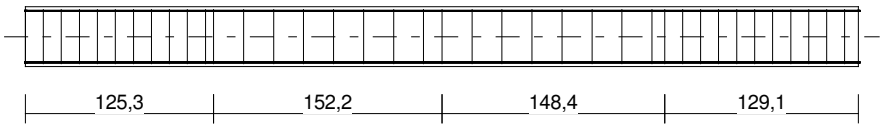
Zbrojenie poprzeczne (strzemiona)

zadanie nowe, pręt nr 2

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

Minimalny stopień zbrojenia na ścinanie:

$$\rho_{w,min} = 0,08\ \sqrt{f_{ck}}\ /\ f_{yk} = 0,08\times\sqrt{16}\ /\ 410 = 0,00078$$



Rozstaw strzemion:

Strefa nr 1

Początek i koniec strefy: x_a = 0,0 x_b = 125,3 cm
Maksymalny rozstawy strzemion:

s_{max} = 0,75 d = 0,75×372 = 279 $s_{max} \le$ 400 mm
przyjęto s_{max} = 279 mm.

Ze względu na pręty ściskane s_{max} = 15 ϕ = 15×16,0 = 240,0 mm.

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

$$\rho_w = A_{sw}/(s\ b_w \sin\alpha) = 1,01\ /\ (12,0\times30,0\times1,000) = 0,00279$$

$$\rho_w = \mathbf{0,00279 > 0,00078} = \rho_{w\,min}$$

Strefa nr 2

Początek i koniec strefy: x_a = 125,3 x_b = 277,5 cm
Maksymalny rozstawy strzemion:

s_{max} = 0,75 d = 0,75×372 = 279 $s_{max} \le$ 400 mm
przyjęto s_{max} = 279 mm.

Ze względu na pręty ściskane s_{max} = 15 ϕ = 15×16,0 = 240,0 mm.

Przyjęto strzemiona 2-cięte, prostopadłe do osi pręta o rozstawie **20,0** cm, dla których stopień zbrojenia na ścinanie wynosi:

$\rho_w = A_{sw} /(s\ b_w \sin\alpha) = 1{,}01 / (20{,}0\times30{,}0\times1{,}000) = 0{,}00168$

$\rho_w = \mathbf{0{,}00168 > 0{,}00078} = \rho_{w\ min}$

Strefa nr 3

Początek i koniec strefy: $x_a = 277{,}5$ $x_b = 425{,}9$ cm
Maksymalny rozstawy strzemion:

$s_{max} = 0{,}75\ d = 0{,}75\times372 = 279$ $s_{max} \le 400$ mm
przyjęto $s_{max} = 279$ mm.

Ze względu na pręty ściskane $s_{max} = 15\ \phi = 15\times16{,}0 = 240{,}0$ mm.

Przyjęto strzemiona 2-cięte, prostopadłe do osi pręta o rozstawie **20,0** cm, dla których stopień zbrojenia na ścinanie wynosi:

$\rho_w = A_{sw} /(s\ b_w \sin\alpha) = 1{,}01 / (20{,}0\times30{,}0\times1{,}000) = 0{,}00168$

$\rho_w = \mathbf{0{,}00168 > 0{,}00078} = \rho_{w\ min}$

Strefa nr 4

Początek i koniec strefy: $x_a = 425{,}9$ $x_b = 555{,}0$ cm
Maksymalny rozstawy strzemion:

$s_{max} = 0{,}75\ d = 0{,}75\times372 = 279$ $s_{max} \le 400$ mm
przyjęto $s_{max} = 279$ mm.

Ze względu na pręty ściskane $s_{max} = 15\ \phi = 15\times16{,}0 = 240{,}0$ mm.

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

$\rho_w = A_{sw} /(s\ b_w \sin\alpha) = 1{,}01 / (12{,}0\times30{,}0\times1{,}000) = 0{,}00279$

$\rho_w = \mathbf{0{,}00279 > 0{,}00078} = \rho_{w\ min}$

Ścinanie

zadanie nowe, pręt nr 2.

Przyjęto podparcie i obciążenie bezpośrednie.

Odcinek nr 8

Początek i koniec odcinka: $x_a = 490{,}4$ $x_b = 555{,}0$ cm
Siły przekrojowe: $N_{Sd} = 0{,}1$;
$V_{Sd\ max} = -111{,}4$ kN
Siła poprzeczna w odległości *d* od podpory wynosi: $V_{Sd} = -96{,}5$ kN

Rodzaj odcinka:

$$\rho_L = \frac{A_{sL}}{b_w d} = \frac{12{,}06}{30{,}0\times37{,}2} = 0{,}01081; \qquad \rho_L \le 0{,}01$$

Przyjęto $\rho_L = 0{,}01000$.

$\sigma_{cp} = N_{Sd} / A_C = -0{,}1 / 1366{,}40 \times10 = -0{,}0$ MPa $\qquad \sigma_{cp} \le 0{,}2\ f_{cd}$

Przyjęto $\sigma_{cp} = 0{,}0$ MPa.

$V_{Rd1} = [0{,}35\ k\ f_{ctd}\ (1{,}2 + 40\ \rho_L) + 0{,}15\ \sigma_{cp}]\ b_w\ d =$
$= [0{,}35\times1{,}23\times0{,}90\times(1{,}2+40\times0{,}01000) + 0{,}15\times0{,}0]\times30{,}0\times37{,}2\times10^{-1} = 69{,}2$ kN

$V_{Sd} = 96{,}5 > 69{,}2 = V_{Rd1}$

Nośność odcinka II-go rodzaju:

Przyjęto kąt $\theta = 45{,}0°$

$\nu = 0{,}6\ (1 - f_{ck} / 250) = 0{,}6\times(1 - 16 / 250) = 0{,}562$

$$\Delta V_{Rd} = \frac{A_{sw2}\ f_{ywd2}}{s_2}\ z \cos\alpha \quad \times10^{-1} = 0 \text{ kN}$$

$$\Delta V_{Rd} \le \nu\, f_{cd} b_w z \frac{\cot\theta}{1+\cot^2\theta} \frac{\cot\alpha}{2\cot\theta+\cot\alpha} \times 10^{-1} = 0 \text{ kN}$$

Przyjęto $\Delta V_{Rd} = 0{,}0$ kN.

$$V_{Rd2} = \nu\, f_{cd}\ b_w\ z \frac{\cot\theta}{1+\cot^2\theta} + \Delta V_{Rd} =$$

$$= 0{,}562\times 10{,}7\times 30{,}0\times 33{,}5 \frac{1{,}000}{1+1{,}000^2} \times 10^{-1} + 0{,}0 = 301{,}8 \text{ kN}$$

V_{Sd} = **111,4 < 301,8** = V_{Rd2}

$$V_{Rd3} = V_{Rd31} + V_{Rd32} = \frac{A_{sw1}\ f_{ywd1}}{s_1} z \cot\theta + \frac{A_{sw2}\ f_{ywd2}}{s_2} z\,(\cot\theta+\cot\alpha)\sin\alpha =$$

$$= \frac{1{,}01\times 350}{12{,}0} 33{,}5\times 1{,}000 \times 10^{-1} = 98{,}2 \text{ kN}$$

V_{Sd} = **96,5 < 98,2** = V_{Rd3}

Nośność zbrojenia podłużnego

zadanie nowe, pręt nr 2.

Sprawdzenie siły przenoszonej przez zbrojenie rozciągane dla x = 5,550 m:

$\Delta F_{td} = 0{,}5\ |V_{Sd}|\ (\cot\theta - V_{Rd32}/\ V_{Rd3}\ \cot\alpha) = 0{,}5\times -111{,}4\times(1{,}000 - 0{,}0/98{,}2\times 0{,}000) = 55{,}7$ kN

Sumaryczna siła w zbrojeniu rozciąganym:

$F_{td} = F_{td,m} + \Delta F_{td} = 263{,}7 + 55{,}7 = 319{,}4$ kN;

$F_{td} \le F_{td,max} = 263{,}7$ kN

Przyjęto $F_{td} = 263{,}7$ kN

F_{td} = **263,7 < 422,2** = $12{,}06\times 350 \times 10^{-1} = A_s f_{yd}$

Zarysowanie

zadanie nowe, pręt nr 2,

Położenie przekroju:	x = 5,550 m
Siły przekrojowe:	M_{Sd} = -87,2 kNm
	N_{Sd} = 0,1 kN e = 82354,4 cm
	V_{Sd} = -110,6 kN
Wymiary przekroju:	b_w = 30,0 cm
	$d = h - a_1 = 40{,}0 - 2{,}8 = 37{,}2$ cm
	$A_c = 1200$ cm^2
	$W_c = 8000$ cm^3

Minimalne zbrojenie:

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

$$A_s = k_c\, k\, f_{ct,eff}\, A_{ct} / \sigma_{s,lim} =$$
$$= 0{,}4\times 1{,}0\times 1{,}9\times 600 / 240 = 1{,}90 \text{ cm}^2$$

A_{s1} = **12,06 > 1,90** = A_s

Zarysowanie:

$$M_{cr} = f_{ctm} W_c = 1{,}9\times 8000 \times 10^{-3} = 15{,}2 \text{ kNm}$$

$$N_{cr} = \frac{f_{ctm}}{e/W_c + 1/A_c} = \frac{1{,}9}{82354{,}4/8000{,}00 + 1/1200{,}00} \times 10^{-1} = 0{,}0 \text{ kN}$$

$$N_{Sd} = 0,1 > 0,0 = N_{cr}$$

Przekrój zarysowany.

Szerokość rozwarcia rysy prostopadłej do osi pręta:

Przyjęto $k_2 = 0,5$.

$\rho_r = A_s / A_{ct,eff} = 12,06 / 210 = 0,05745$

$s_{rm} = 50 + 0,25\, k_1\, k_2\, \phi / \rho_r = 50 + 0,25 \times 0,8 \times 0,50 \times 16 / 0,05745 = 77,85$

$\varepsilon_{sm} = \sigma_s / E_s\, [1 - \beta_1 \beta_2\, (\sigma sr / \sigma s)^2] =$

$= 216,2/200000 \times [1 - 1,0 \times 0,5 \times (0,0/0,1)^2] = 0,00106$

$w_k = \beta\, s_{rm}\, \varepsilon_{sm} = 1,7 \times 77,85 \times 0,00106 = 0,14$ mm

$$w_k = \mathbf{0,14 < 0,3} = w_{lim}$$

Szerokość rozwarcia rysy ukośnej:

$$\rho_{w1} = \frac{A_{sw1}}{s_1 b_w} = \frac{1,01}{12,0 \times 30,0} = 0,00279$$

$$\rho_{w2} = \frac{A_{s2}}{s_2 b_w \sin\alpha} = 0,00000$$

$\rho_w = \rho_{w1} + \rho_{w2} = 0,00279 + 0,00000 = 0,00279$

$$\lambda = \frac{1}{3\left[\frac{\rho_{w1}}{\eta_1 \phi_1} + \frac{\rho_{w2}}{\eta_2 \phi_2}\right]} = \frac{1}{3 \times [0,00279/(0,7 \times 8,0)]} = 668,45$$

$$\tau = \frac{V_{Sd}}{b_w d} = \frac{-110,6}{30,0 \times 37,2} \times 10 = 0,991 \text{ MPa}$$

$$w_k = \frac{4\, \tau^2\, \lambda}{\rho_w E_s f_{ck}} = \frac{4 \times 0,991^2 \times 668,45}{0,00279 \times 200000 \times 16} = 0,29 \text{ mm}$$

$$w_k = \mathbf{0,29 < 0,3} = w_{lim}$$

Ugięcia

zadanie nowe, pręt nr 2

Ugięcia wyznaczono dla charakterystycznych obciążeń długotrwałych.

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

$$E_{c,eff} = \frac{E_{cm}}{1 + \phi(t, t_o)} = \frac{29000}{1 + 2,00} = 9667 \text{ MPa}$$

Moment rysujący:

$$M_{cr} = f_{ctm}\, W_c = 1,9 \times 8000 \times 10^{-3} = 15,2 \text{ kNm}$$

Całkowity moment zginający $M_{Sd} = -87,2$ kN powoduje zarysowanie przekroju.

Sztywność dla długotrwałego działania obciążeń długotrwałych:

Sztywność na zginanie wyznaczona dla momentu $M_{Sd} = -87,2$ kNm.

Wielkości geometryczne przekroju: $x_I = 20,0$ cm $I_I = 307680$ cm^4

$x_{II} = 14,1$ cm $I_{II} = 193087$ cm^4

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

$$= \frac{9667 \times 193087}{1 - 1{,}0 \times 0{,}5 \times (15{,}2/87{,}2)^2 \times (1 - 193087/307680)} \times 10^{-5} = 18771 \text{ kNm}^2$$

Wykres sztywności i momentów dla obciążeń długotrwałych.

Ugięcia.

Ugięcie w punkcie o współrzędnej x = 2,775 cm, wyznaczone poprzez całkowanie funkcji krzywizny osi pręta (1/ρ) z uwzględnieniem zmiany sztywności wzdłuż osi elementu, wynosi:

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

$a = \mathbf{6{,}9 < 22{,}2} = a_{lim}$

Poz.4.4 Podciąg.

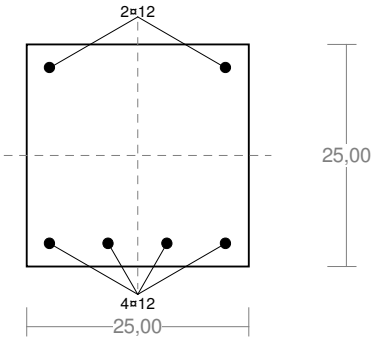
L = 1,55 m

Zebranie obciążeń na 1m

1.Obciażenie z poz.1.1	7,55 kN/m
2.Obciażenie z poz.1.4	1,98 kN/m
3.Ciężar ściany	4,89 kN/m
4.Wieniec	2,44 kN/m
	16,86 kN/m

Cechy przekroju:

zadanie nowe, pręt nr 1, przekrój: x_a=0,78 m, x_b=0,77 m



Wymiary przekroju [cm]:
h=25,0, b=25,0,
Cechy materiałowe dla sytuacji stałej lub przejściowej
BETON: **B20**
f_{ck}= **16,0** MPa, $f_{cd}=\alpha \cdot f_{ck}/\gamma_c$=1,00×16,0/1,50=**10,7** MPa
Cechy geometryczne przekroju betonowego:
A_c=**625** cm^2, J_{cx}=**32552** cm^4, J_{cy}=**32552** cm^4
STAL: **A-III** (**34GS**)
f_{yk}=410 MPa, γ_s=1,15, f_{yd}=350 MPa
$\xi_{lim}=0{,}0035/(0{,}0035+f_{yd}/E_s)=0{,}0035/(0{,}0035+350/200000)=0{,}667$,
Zbrojenie główne:
$A_{s1}+A_{s2}$=**6,79** cm^2, ρ=100 $(A_{s1}+A_{s2})/A_c$ =100×6,79/625=**1,09** %,

J_{sx}=**665** cm^4, J_{sy}=**468** cm^4,

Siły przekrojowe:

zadanie: nowe, pręt nr 1, przekrój: x_a=0,78 m, x_b=0,77 m

Obciążenia działające w płaszczyźnie układu: **A**

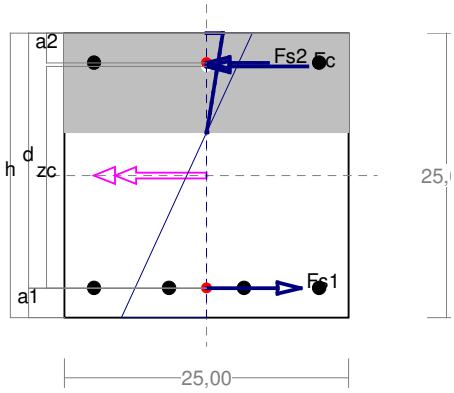
Momenty zginające:	M_x = -5,6 kNm,	M_y = 0,0 kNm,
Siły poprzeczne:	V_y = -0,0 kN,	V_x = 0,0 kN,
Siła osiowa:	N = 0,0 kN = N_{Sd}, .	

Zbrojenie wymagane:

(zadanie nowe, pręt nr 1, przekrój: x_a=0,78 m, x_b=0,77 m)

Obliczenia wykonano:

- z uwzględnieniem wkładek zbrojenia rzeczywistego (A_{s1}=4,52 cm^2, A_{s2}=2,26 cm^2,)



Wielkości obliczeniowe:
N_{Sd}=0,0 kN,
$M_{Sd}=\sqrt{(M_{Sdx}^2+M_{Sdy}^2)}=\sqrt{(-5,6^2+0,0^2)}$ =5,6 kNm
f_{cd}=10,7 MPa, f_{yd}=350 MPa =f_{td},
Dodatkowe zbrojenie rozciągane nie jest obliczeniowo wymagane.
Dodatkowe zbrojenie ściskane nie jest obliczeniowo wymagane.

Wielkości geometryczne [cm]:

h=25,0, d=22,4, x=8,7 (ξ=0,388),
a_1=2,6, a_2=2,6, a_c=2,9, z_c=19,5, A_{cc}=217 cm^2,
ε_c=-0,20 ‰, ε_{s2}=-0,14 ‰, ε_{s1}=0,31 ‰,

Wielkości statyczne [kN, kNm]:

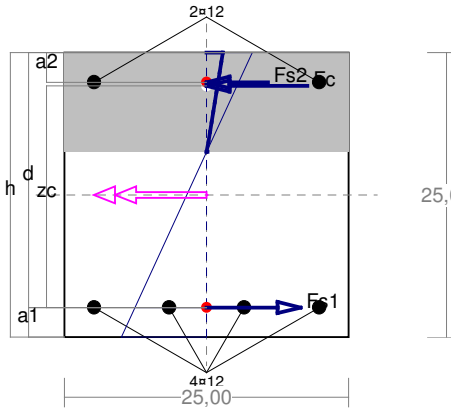
F_c= -22,1, F_{s1} = 28,4, F_{s2} = -6,3,
M_c= 2,1, M_{s1} = 2,8, M_{s2} = 0,6,

Warunki równowagi wewnętrznej:

$F_c+F_{s1}+F_{s2}$=-22,1+(28,4)+(-6,3)=-0,0 kN (N_{Sd}=0,0 kN)
$M_c+M_{s1}+M_{s2}$=2,1+(2,8)+(0,6)=5,6 kNm (M_{Sd}=5,6 kNm)

Nośność przekroju prostopadłego:

zadanie nowe, pręt nr 1, przekrój: x_a=0,77 m, x_b=0,77 m



Wielkości obliczeniowe:
N_{Sd}=0,0 kN,
$M_{Sd}=\sqrt{(M_{Sdx}^2+M_{Sdy}^2)}=\sqrt{(-5,6^2+0,0^2)}$ =5,6 kNm
f_{cd}=10,7 MPa, f_{yd}=350 MPa =f_{td},
Zbrojenie rozciągane: A_{s1}=**4,52** cm^2,
Zbrojenie ściskane: A_{s2}=**2,26** cm^2,
$A_s=A_{s1}+A_{s2}$=6,79 cm^2, $\rho=100\times A_s/A_c$= 100×6,79/625=1,09 %

Wielkości geometryczne [cm]:
h=25,0, d=22,4, x=8,7 (ξ=0,388),
a_1=2,6, a_2=2,6, a_c=2,9, z_c=19,5, A_{cc}=215 cm^2,
ε_c=-0,20 ‰, ε_{s2}=-0,14 ‰, ε_{s1}=0,31 ‰,

Wielkości statyczne [kN, kNm]:
F_c= -22,1, F_{s1} = 28,4, F_{s2} = -6,3,
M_c= 2,1, M_{s1} = 2,8, M_{s2} = 0,6,

Warunek stanu granicznego nośności:
M_{Rd} = **32,0 kNm** > $M_{Sd}=M_c+M_{s1}+M_{s2}$=2,1+(2,8)+(0,6)=**5,6** kNm

Zbrojenie poprzeczne (strzemiona)

zadanie nowe, pręt nr 1

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

Minimalny stopień zbrojenia na ścinanie:

$$\rho_{w,min} = 0,08\ \sqrt{f_{ck}}\ /\ f_{yk} = 0,08\times\sqrt{16}\ /\ 410 = 0,00078$$

Rozstaw strzemion:

Strefa nr 1

Początek i koniec strefy: x_a = 0,0 x_b = 77,5 cm
Maksymalny rozstawy strzemion:

s_{max} = 0,75 d = 0,75×224 = 168 $s_{max} \le$ 400 mm
przyjęto s_{max} = 168 mm.

Przyjęto strzemiona 2-cięte, prostopadłe do osi pręta o rozstawie **16,0** cm, dla których stopień zbrojenia na ścinanie wynosi:

$\rho_w = A_{sw} /(s\ b_w \sin\alpha) = 1{,}01 / (16{,}0\times25{,}0\times1{,}000) = 0{,}00251$

$\rho_w = \mathbf{0{,}00251 > 0{,}00078} = \rho_{w\ min}$

Strefa nr 2

Początek i koniec strefy: $x_a = 77{,}5$ $x_b = 155{,}0$ cm

Maksymalny rozstawy strzemion:

$s_{max} = 0{,}75\ d = 0{,}75\times224 = 168$ $s_{max} \le 400$ mm

przyjęto $s_{max} = 168$ mm.

Przyjęto strzemiona 2-cięte, prostopadłe do osi pręta o rozstawie **16,0** cm, dla których stopień zbrojenia na ścinanie wynosi:

$\rho_w = A_{sw} /(s\ b_w \sin\alpha) = 1{,}01 / (16{,}0\times25{,}0\times1{,}000) = 0{,}00251$

$\rho_w = \mathbf{0{,}00251 > 0{,}00078} = \rho_{w\ min}$

Ścinanie

zadanie nowe, pręt nr 1.

Przyjęto podparcie i obciążenie bezpośrednie.

Odcinek nr 1

Początek i koniec odcinka: $x_a = 0{,}0$ $x_b = 38{,}7$ cm

Siły przekrojowe: $N_{Sd} = 0{,}0$;

$V_{Sd\ max} = 14{,}3$ kN

Siła poprzeczna w odległości *d* od podpory wynosi: $V_{Sd} = 10{,}2$ kN

Rodzaj odcinka:

$$\rho_L = \frac{A_{sL}}{b_w d} = \frac{4{,}52}{25{,}0\times22{,}4} = 0{,}00808; \qquad \rho_L \le 0{,}01$$

Przyjęto $\rho_L = 0{,}00808$.

$\sigma_{cp} = N_{Sd} / A_C = -0{,}0 / 671{,}80 \times10 = -0{,}0$ MPa $\qquad \sigma_{cp} \le 0{,}2\ f_{cd}$

Przyjęto $\sigma_{cp} = 0{,}0$ MPa.

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

$= [0{,}35\times1{,}38\times0{,}90\times(1{,}2+40\times0{,}00808) + 0{,}15\times0{,}0]\times25{,}0\times22{,}4\times10^{-1} = 37{,}1$ kN

$V_{Sd} = 10{,}2 < 37{,}1 = V_{Rd1}$

Nośność odcinka I-go rodzaju:

$V_{Sd} = \mathbf{10{,}2 < 37{,}1} = V_{Rd1}$

$\nu = 0{,}6\ (1 - f_{ck} / 250) = 0{,}6\times(1 - 16 / 250) = 0{,}562$

$V_{Rd2} = 0{,}5\ \nu\ f_{cd}\ b_w\ z = 0{,}5\times0{,}562\times10{,}7\times25{,}0\times20{,}2\times10^{-1} = 151{,}4$ kN

$V_{Sd} = \mathbf{14{,}3 < 151{,}4} = V_{Rd2}$

Nośność zbrojenia podłużnego

zadanie nowe, pręt nr 1.

Sprawdzenie siły przenoszonej przez zbrojenie rozciągane dla x = 0,581 m:

$\Delta F_{td} = 0{,}5\ |V_{Sd}|\ (\cot\theta - V_{Rd32} / V_{Rd3}\ \cot\alpha) = 0{,}5\times3{,}6\times(1{,}000) = 1{,}8$ kN

Sumaryczna siła w zbrojeniu rozciąganym:

$F_{td} = F_{td,m} + \Delta F_{td} = 26{,}7 + 1{,}8 = 28{,}5$ kN;

$F_{td} \le F_{td,max} = 28{,}4$ kN

Przyjęto $F_{td} = 28{,}4$ kN

$F_{td} = \mathbf{28{,}4 < 158{,}3} = 4{,}52\times350\times10^{-1} = A_s\ f_{yd}$

Zarysowanie

zadanie nowe, pręt nr 1,

Położenie przekroju:	x = 0,775 m
Siły przekrojowe:	M_{Sd} = 5,5 kNm
	N_{Sd} = 0,0 kN
	V_{Sd} = 0,0 kN
Wymiary przekroju:	b_w = 25,0 cm
	d = h - a_1 = 25,0 - 2,6 = 22,4 cm
	A_c = 625 cm^2
	W_c = 2604 cm^3

Minimalne zbrojenie:

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

$$A_s = k_c\, k\, f_{ct,eff}\, A_{ct} / \sigma_{s,lim} =$$
$$= 0{,}4 \times 1{,}0 \times 1{,}9 \times 312 / 280 = 0{,}85\ cm^2$$

$$A_{s1} = \mathbf{4{,}52 > 0{,}85} = A_s$$

Zarysowanie:

$$M_{cr} = f_{ctm}\, W_c = 1{,}9 \times 2604 \times 10^{-3} = 4{,}9\ kNm$$
$$M_{Sd} = 5{,}5 > 4{,}9 = M_{cr}$$

Przekrój zarysowany.

Szerokość rozwarcia rysy prostopadłej do osi pręta:

Przyjęto k_2 = 0,5.

$$\rho_r = A_s / A_{ct,eff} = 4{,}52 / 135 = 0{,}03360$$

$$s_{rm} = 50 + 0{,}25\, k_1\, k_2\, \phi / \rho_r = 50 + 0{,}25 \times 0{,}8 \times 0{,}50 \times 12 / 0{,}03360 = 85{,}72$$

$$\varepsilon_{sm} = \sigma_s / E_s\, [1 - \beta_1 \beta_2\, (\sigma sr / \sigma s)^2] =$$
$$= 62{,}4 / 200000 \times [1 - 1{,}0 \times 0{,}5 \times (4{,}9/5{,}5)^2] = 0{,}00019$$

$$w_k = \beta\, s_{rm}\, \varepsilon_{sm} = 1{,}7 \times 85{,}72 \times 0{,}00019 = 0{,}03\ mm$$

$$w_k = \mathbf{0{,}03 < 0{,}3} = w_{lim}$$

Szerokość rozwarcia rysy ukośnej:

Rysy ukośne nie występują.

Ugięcia

zadanie nowe, pręt nr 1

Ugięcia wyznaczono dla charakterystycznych obciążeń długotrwałych.

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

$$E_{c,eff} = \frac{E_{cm}}{1 + \phi(t, t_o)} = \frac{29000}{1 + 2{,}00} = 9667\ MPa$$

Moment rysujący:

$$M_{cr} = f_{ctm}\, W_c = 1{,}9 \times 2604 \times 10^{-3} = 4{,}9\ kNm$$

Całkowity moment zginający M_{Sd} = 5,5 kN powoduje zarysowanie przekroju.

Sztywność dla długotrwałego działania obciążeń długotrwałych:

Sztywność na zginanie wyznaczona dla momentu M_{Sd} = 5,5 kNm.

Wielkości geometryczne przekroju:	x_I = 13,1 cm	I_I = 46032 cm^4
	x_{II} = 8,8 cm	I_{II} = 24789 cm^4

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

$$= \frac{9667\times24789}{1 - 1{,}0\times0{,}5\times(4{,}9/5{,}5)^2\times(1 - 24789/46032)} \times 10^{-5} = 2943 \text{ kNm}^2$$

Wykres sztywności i momentów dla obciążeń długotrwałych.

Ugięcia.

Ugięcie w punkcie o współrzędnej x = 0,775 cm, wyznaczone poprzez całkowanie funkcji krzywizny osi pręta (1/ρ) z uwzględnieniem zmiany sztywności wzdłuż osi elementu, wynosi:

$a = a_{\infty,d} = 0{,}4$ mm

$a = \mathbf{0{,}4 < 6{,}2} = a_{lim}$

Poz.4.5 Podciąg.

L = 4,55 m
L = 3,35 m
L = 2,15 m

Zebranie obciążenia na 1m

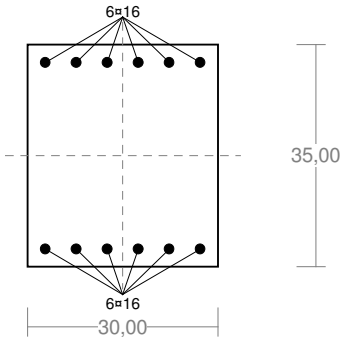
1.Obciążenie z poz.1.1	30,60 kN/m
2.Ciężar wieńca	2,44 kN/m
	33,04 kN/m

Zebranie obciążenia na 1m

1.Obciążenie z poz.1.1	17,00 kN/m
2.Obciążenie z poz.1.2	3,30 kN/m
3.Ciężar ściany	4,89 kN/m
4.Ciężar wieńca	2,44 kN/m
	27,63 kN/m

Cechy przekroju:

zadanie nowe, pręt nr 1, przekrój: x_a=1,99 m, x_b=2,56 m



Wymiary przekroju [cm]:
h=35,0, b=30,0,
Cechy materiałowe dla sytuacji stałej lub przejściowej
BETON: **B20**
f_{ck}= **16,0** MPa, $f_{cd}=\alpha\cdot f_{ck}/\gamma_c$=1,00×16,0/1,50=**10,7** MPa
Cechy geometryczne przekroju betonowego:
A_c=**1050** cm^2, J_{cx}=**107187** cm^4, J_{cy}=**78750** cm^4
STAL: **A-III** (**34GS**)
f_{yk}=410 MPa, γ_s=1,15, f_{yd}=350 MPa
$\xi_{lim}=0{,}0035/(0{,}0035+f_{yd}/E_s)=0{,}0035/(0{,}0035+350/200000)=0{,}667$,
Zbrojenie główne:
$A_{s1}+A_{s2}$=**24,13** cm^2, $\rho=100\ (A_{s1}+A_{s2})/A_c$ =100×24,13/1050=**2,30** %,

J_{sx}=**5214** cm^4, J_{sy}=**1676** cm^4,

Siły przekrojowe:

zadanie: nowe, pręt nr 1, przekrój: x_a=1,99 m, x_b=2,56 m

Obciążenia działające w płaszczyźnie układu: **A**

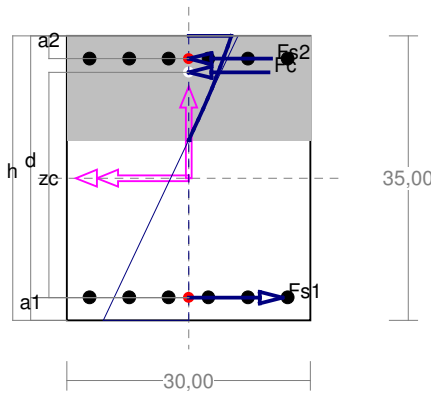
Momenty zginające:	M_x = -61,2 kNm,	M_y = 0,0 kNm,
Siły poprzeczne:	V_y = -4,9 kN,	V_x = 0,0 kN,
Siła osiowa:	N = -0,0 kN = N_{Sd}, .	

Zbrojenie wymagane:

(zadanie nowe, pręt nr 1, przekrój: x_a=1,76 m, x_b=2,79 m)

Obliczenia wykonano:

- z uwzględnieniem wkładek zbrojenia rzeczywistego (A_{s1}=12,06 cm^2, A_{s2}=12,06 cm^2,)



Wielkości obliczeniowe:
N_{Sd}=0,0 kN,
$M_{Sd}=\sqrt{(M_{Sdx}^2+M_{Sdy}^2)}=\sqrt{(-61,3^2+0,0^2)}$ =61,3 kNm
f_{cd}=10,7 MPa, f_{yd}=350 MPa =f_{td},
Dodatkowe zbrojenie rozciągane nie jest obliczeniowo wymagane.
Dodatkowe zbrojenie ściskane nie jest obliczeniowo wymagane.

Wielkości geometryczne [cm]:

h=35,0, d=32,2, x=12,8 (ξ=0,398),
a_1=2,8, a_2=2,8, a_c=4,5, z_c=27,7, A_{cc}=384 cm^2,
ε_c=-0,59 ‰, ε_{s2}=-0,46 ‰, ε_{s1}=0,89 ‰,

Wielkości statyczne [kN, kNm]:

F_c= -103,8, F_{s1} = 214,5, F_{s2} = -110,8,
M_c= 13,5, M_{s1} = 31,5, M_{s2} = 16,3,

Warunki równowagi wewnętrznej:

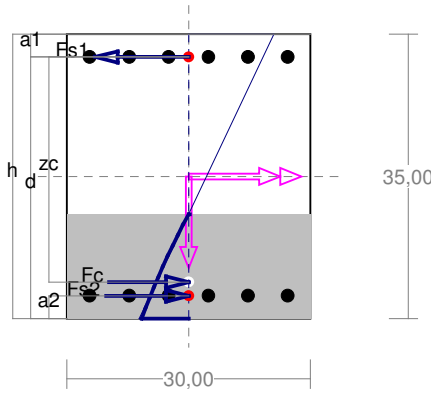
$F_c+F_{s1}+F_{s2}$=-103,8+(214,5)+(-110,8)=-0,0 kN (N_{Sd}=0,0 kN)
$M_c+M_{s1}+M_{s2}$=13,5+(31,5)+(16,3)=61,3 kNm (M_{Sd}=61,3 kNm)

Zbrojenie wymagane:

(zadanie nowe, pręt nr 1, przekrój: x_a=4,55 m, x_b=0,00 m)

Obliczenia wykonano:

- z uwzględnieniem wkładek zbrojenia rzeczywistego (A_{s1}=12,06 cm^2, A_{s2}=12,06 cm^2,)



Wielkości obliczeniowe:
N_{Sd}=0,1 kN,
$M_{Sd}=\sqrt{(M_{Sdx}^2+M_{Sdy}^2)}=\sqrt{(68,7^2+0,0^2)}$ =68,7 kNm
f_{cd}=10,7 MPa, f_{yd}=350 MPa =f_{td},
Dodatkowe zbrojenie rozciągane nie jest obliczeniowo wymagane.
Dodatkowe zbrojenie ściskane nie jest obliczeniowo wymagane.

Wielkości geometryczne [cm]:

h=35,0, d=32,2, x=12,8 (ξ=0,399),
a_1=2,8, a_2=2,8, a_c=4,5, z_c=27,7, A_{cc}=385 cm^2,
ε_c=-0,66 ‰, ε_{s2}=-0,52 ‰, ε_{s1}=1,00 ‰,

Wielkości statyczne [kN, kNm]:

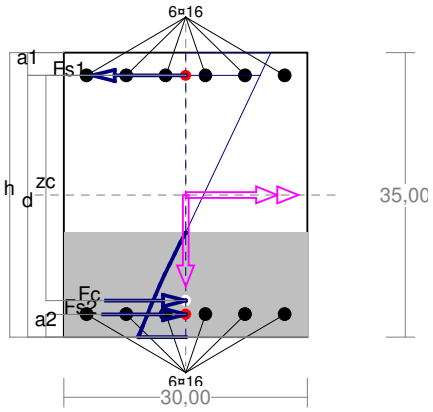
F_c= -115,5, F_{s1} = 240,3, F_{s2} = -124,7,
M_c= 15,0, M_{s1} = 35,3, M_{s2} = 18,3,

Warunki równowagi wewnętrznej:

$F_c+F_{s1}+F_{s2}$=-115,5+(240,3)+(-124,7)=0,1 kN (N_{Sd}=0,1 kN)
$M_c+M_{s1}+M_{s2}$=15,0+(35,3)+(18,3)=68,7 kNm (M_{Sd}=68,7 kNm)

Nośność przekroju prostopadłego:

zadanie nowe, pręt nr 1, przekrój: x_a=4,55 m, x_b=0,00 m



Wielkości obliczeniowe:
N_{Sd}=0,1 kN,
$M_{Sd}=\sqrt{(M_{Sdx}^2+M_{Sdy}^2)}=\sqrt{(68,7^2+0,0^2)}$ =68,7 kNm
f_{cd}=10,7 MPa, f_{yd}=350 MPa =f_{td},
Zbrojenie rozciągane: A_{s1}=**12,06** cm^2,
Zbrojenie ściskane: A_{s2}=**12,06** cm^2,
$A_s=A_{s1}+A_{s2}$=24,13 cm^2, $\rho=100\times A_s/A_c$= 100×24,13/1050=2,30 %

Wielkości geometryczne [cm]:
h=35,0, d=32,2, x=12,8 (ξ=0,399),
a_1=2,8, a_2=2,8, a_c=4,5, z_c=27,7, A_{cc}=373 cm^2,
ε_c=-0,66 ‰, ε_{s2}=-0,52 ‰, ε_{s1}=1,00 ‰,

Wielkości statyczne [kN, kNm]:
F_c= -115,5, F_{s1} = 240,3, F_{s2} = -124,7,
M_c= 15,0, M_{s1} = 35,3, M_{s2} = 18,3,

Warunek stanu granicznego nośności:
M_{Rd} = **124,8 kNm** > $M_{Sd}=M_c+M_{s1}+M_{s2}$=15,0+(35,3)+(18,3)=**68,7** kNm

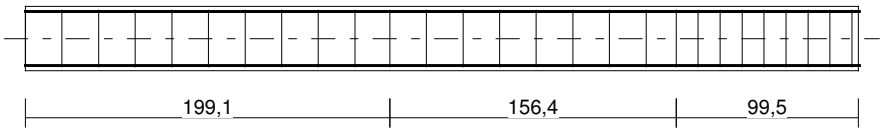
Zbrojenie poprzeczne (strzemiona)

zadanie nowe, pręt nr 1

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

Minimalny stopień zbrojenia na ścinanie:

$$\rho_{w,min} = 0,08\ \sqrt{f_{ck}}\ /\ f_{yk} = 0,08\times\sqrt{16}\ /\ 410 = 0,00078$$



Rozstaw strzemion:

Strefa nr 1

Początek i koniec strefy: x_a = 0,0 x_b = 199,1 cm
Maksymalny rozstawy strzemion:

s_{max} = 0,75 d = 0,75×322 = 242 $s_{max} \le$ 400 mm
przyjęto s_{max} = 242 mm.

Ze względu na pręty ściskane s_{max} = 15 ϕ = 15×16,0 = 240,0 mm.

Przyjęto strzemiona 2-cięte, prostopadłe do osi pręta o rozstawie **20,0** cm, dla których stopień zbrojenia na ścinanie wynosi:

$$\rho_w = A_{sw}/(s\ b_w \sin\alpha) = 1,01 / (20,0\times30,0\times1,000) = 0,00168$$

$$\rho_w = \mathbf{0,00168 > 0,00078} = \rho_{w\ min}$$

Strefa nr 2

Początek i koniec strefy: x_a = 199,1 x_b = 355,5 cm
Maksymalny rozstawy strzemion:

s_{max} = 0,75 d = 0,75×322 = 242 $s_{max} \le$ 400 mm
przyjęto s_{max} = 242 mm.

Ze względu na pręty ściskane s_{max} = 15 ϕ = 15×16,0 = 240,0 mm.

Przyjęto strzemiona 2-cięte, prostopadłe do osi pręta o rozstawie **20,0** cm, dla których stopień zbrojenia na ścinanie wynosi:

$\rho_w = A_{sw} /(s\ b_w \sin\alpha) = 1{,}01 / (20{,}0\times30{,}0\times1{,}000) = 0{,}00168$

$\rho_w = \mathbf{0{,}00168 > 0{,}00078} = \rho_{w\,min}$

Strefa nr 3

Początek i koniec strefy: $x_a = 355{,}5$ $x_b = 455{,}0$ cm

Maksymalny rozstawy strzemion:

$s_{max} = 0{,}75\ d = 0{,}75\times322 = 242$ $s_{max} \le 400$ mm

przyjęto $s_{max} = 242$ mm.

Ze względu na pręty ściskane $s_{max} = 15\ \phi = 15\times16{,}0 = 240{,}0$ mm.

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

$\rho_w = A_{sw} /(s\ b_w \sin\alpha) = 1{,}01 / (12{,}0\times30{,}0\times1{,}000) = 0{,}00279$

$\rho_w = \mathbf{0{,}00279 > 0{,}00078} = \rho_{w\,min}$

Ścinanie

zadanie nowe, pręt nr 1.

Przyjęto podparcie i obciążenie bezpośrednie.

Odcinek nr 6

Początek i koniec odcinka: $x_a = 355{,}5$ $x_b = 455{,}0$ cm

Siły przekrojowe: $N_{Sd} = 0{,}1$;

$V_{Sd\,max} = -96{,}6$ kN

Siła poprzeczna w odległości *d* od podpory wynosi: $V_{Sd} = -85{,}0$ kN

Rodzaj odcinka:

$$\rho_L = \frac{A_{sL}}{b_w d} = \frac{12{,}06}{30{,}0\times32{,}2} = 0{,}01249; \qquad \rho_L \le 0{,}01$$

Przyjęto $\rho_L = 0{,}01000$.

$\sigma_{cp} = N_{Sd} / A_C = -0{,}1 / 1216{,}40 \times10 = -0{,}0$ MPa $\qquad \sigma_{cp} \le 0{,}2\ f_{cd}$

Przyjęto $\sigma_{cp} = 0{,}0$ MPa.

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

$= [0{,}35\times1{,}28\times0{,}90\times(1{,}2+40\times0{,}01000) + 0{,}15\times0{,}0]\times30{,}0\times32{,}2\times10^{-1} = 62{,}3$ kN

$V_{Sd} = 85{,}0 > 62{,}3 = V_{Rd1}$

Nośność odcinka II-go rodzaju:

Przyjęto kąt $\theta = 45{,}0°$

$\nu = 0{,}6\ (1 - f_{ck} / 250) = 0{,}6\times(1 - 16 / 250) = 0{,}562$

$$\Delta V_{Rd} = \frac{A_{sw2}\ f_{ywd2}}{s_2}\ z\ \cos\alpha \quad \times10^{-1} = 0\ \text{kN}$$

$$\Delta V_{Rd} \le \nu\ f_{cd} b_w z\ \frac{\cot\theta}{1+\cot^2\theta}\ \frac{\cot\alpha}{2\ \cot\theta + \cot\alpha} \quad \times10^{-1} = 0\ \text{kN}$$

Przyjęto $\Delta V_{Rd} = 0{,}0$ kN.

$$V_{Rd2} = \nu\ f_{cd}\ b_w\ z\ \frac{\cot\theta}{1+\cot^2\theta} + \Delta V_{Rd} =$$

$$= 0{,}562\times10{,}7\times30{,}0\times29{,}0\ \frac{1{,}001}{1 + 1{,}001^2}\times10^{-1} + 0{,}0 = 261{,}2\ \text{kN}$$

$V_{Sd} = \mathbf{96{,}6 < 261{,}2} = V_{Rd2}$

$$V_{Rd3} = V_{Rd31} + V_{Rd32} = \frac{A_{sw1}\, f_{ywd1}}{s_1} z \cot\theta + \frac{A_{sw2}\, f_{ywd2}}{s_2} z (\cot\theta + \cot\alpha) \sin\alpha =$$

$$= \frac{1{,}01 \times 350}{12{,}0} 29{,}0 \times 1{,}001 \times 10^{-1} = 85{,}0 \text{ kN}$$

V_{Sd} = **85,0 < 85,0** = V_{Rd3}

Nośność zbrojenia podłużnego

zadanie nowe, pręt nr 1.

Sprawdzenie siły przenoszonej przez zbrojenie rozciągane dla x = 4,550 m:

$\Delta F_{td} = 0{,}5\, |V_{Sd}|\, (\cot\theta - V_{Rd32}/ V_{Rd3}\, \cot\alpha) = 0{,}5 \times -96{,}6 \times (1{,}001 - 0{,}0/85{,}0 \times 0{,}000) = 48{,}3$ kN

Sumaryczna siła w zbrojeniu rozciąganym:

$F_{td} = F_{td,m} + \Delta F_{td} = 240{,}3 + 48{,}3 = 288{,}6$ kN;

$F_{td} \le F_{td,max} = 240{,}3$ kN

Przyjęto $F_{td} = 240{,}3$ kN

F_{td} = **240,3 < 422,2** = $12{,}06 \times 350 \times 10^{-1} = A_s f_{yd}$

Zarysowanie

zadanie nowe, pręt nr 1,

Położenie przekroju:	x = 4,550 m
Siły przekrojowe:	M_{Sd} = -68,2 kNm
	N_{Sd} = 0,1 kN e = 57938,5 cm
	V_{Sd} = -95,9 kN
Wymiary przekroju:	b_w = 30,0 cm
	$d = h - a_1 = 35{,}0 - 2{,}8 = 32{,}2$ cm
	$A_c = 1050$ cm^2
	$W_c = 6125$ cm^3

Minimalne zbrojenie:

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

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

$= 0{,}4 \times 1{,}0 \times 1{,}9 \times 525 / 240 = 1{,}66$ cm^2

A_{s1} = **12,06 > 1,66** = A_s

Zarysowanie:

$M_{cr} = f_{ctm}\, W_c = 1{,}9 \times 6125 \times 10^{-3} = 11{,}6$ kNm

$$N_{cr} = \frac{f_{ctm}}{e / W_c + 1 / A_c} = \frac{1{,}9}{57938{,}5/6125{,}00 + 1/1050{,}00} \times 10^{-1} = 0{,}0 \text{ kN}$$

$N_{Sd} = 0{,}1 > 0{,}0 = N_{cr}$

Przekrój zarysowany.

Szerokość rozwarcia rysy prostopadłej do osi pręta:

Przyjęto $k_2 = 0{,}5$.

$\rho_r = A_s / A_{ct,eff} = 12{,}06 / 210 = 0{,}05745$

$s_{rm} = 50 + 0{,}25\, k_1\, k_2\, \phi / \rho_r = 50 + 0{,}25 \times 0{,}8 \times 0{,}50 \times 16 / 0{,}05745 = 77{,}85$

$\varepsilon_{sm} = \sigma_s / E_s\, [1 - \beta_1 \beta_2\, (\sigma sr / \sigma s)^2] =$

$= 197{,}0/200000 \times [1 - 1{,}0 \times 0{,}5 \times (0{,}0/0{,}1)^2] = 0{,}00097$

$w_k = \beta\, s_{rm}\, \varepsilon_{sm} = 1{,}7 \times 77{,}85 \times 0{,}00097 = 0{,}13$ mm

$w_k = \mathbf{0{,}13 < 0{,}3} = w_{lim}$

Szerokość rozwarcia rysy ukośnej:

$$\rho_{w1} = \frac{A_{sw1}}{s_1 b_w} = \frac{1{,}01}{12{,}0 \times 30{,}0} = 0{,}00279$$

$$\rho_{w2} = \frac{A_{s2}}{s_2 b_w \sin\alpha} = 0{,}00000$$

$\rho_w = \rho_{w1} + \rho_{w2} = 0{,}00279 + 0{,}00000 = 0{,}00279$

$$\lambda = \frac{1}{3\left[\frac{\rho_{w1}}{\eta_1 \phi_1} + \frac{\rho_{w2}}{\eta_2 \phi_2}\right]} = \frac{1}{3 \times [0{,}00279/(0{,}7 \times 8{,}0)]} = 668{,}45$$

$$\tau = \frac{V_{Sd}}{b_w d} = \frac{-95{,}9}{30{,}0 \times 32{,}2} \times 10 = 0{,}993 \text{ MPa}$$

$$w_k = \frac{4\,\tau^2\,\lambda}{\rho_w E_s f_{ck}} = \frac{4 \times 0{,}993^2 \times 668{,}45}{0{,}00279 \times 200000 \times 16} = 0{,}29 \text{ mm}$$

$w_k = \mathbf{0{,}29 < 0{,}3} = w_{lim}$

Ugięcia

zadanie nowe, pręt nr 1

Ugięcia wyznaczono dla charakterystycznych obciążeń długotrwałych.

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

$$E_{c,eff} = \frac{E_{cm}}{1 + \phi(t, t_o)} = \frac{29000}{1 + 2{,}00} = 9667 \text{ MPa}$$

Moment rysujący:

$M_{cr} = f_{ctm}\, W_c = 1{,}9 \times 6125 \times 10^{-3} = 11{,}6$ kNm

Całkowity moment zginający $M_{Sd} = -68{,}2$ kN powoduje zarysowanie przekroju.

Sztywność dla długotrwałego działania obciążeń długotrwałych:

Sztywność na zginanie wyznaczona dla momentu $M_{Sd} = -68{,}2$ kNm.

Wielkości geometryczne przekroju: $x_I = 17{,}5$ cm $I_I = 215057$ cm^4

$x_{II} = 12{,}7$ cm $I_{II} = 139854$ cm^4

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

$$= \frac{9667 \times 139854}{1 - 1{,}0 \times 0{,}5 \times (11{,}6/68{,}2)^2 \times (1 - 139854/215057)} \times 10^{-5} = 13588 \text{ kNm}^2$$

Wykres sztywności i momentów dla obciążeń długotrwałych.

Ugięcia.

Ugięcie w punkcie o współrzędnej x = 1,991 cm, wyznaczone poprzez całkowanie funkcji krzywizny osi pręta ($1/\rho$) z uwzględnieniem zmiany sztywności wzdłuż osi elementu, wynosi:

$a = a_{\infty,d} = 7{,}5$ mm

a = **7,5 < 18,2** = a_{lim}

Poz.4.6 Podciąg.

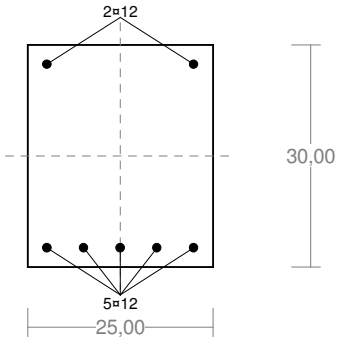
L = 3,35 m

Zebranie obciążeń na 1m

1.Obciążenie z poz.1.1	7,55 kN/m
2.Obciążenie z poz.1.2	3,30 kN/m
3.Ciężar wieńca	2,44 kN/m
4.Ciężar ściany	4,89 kN/m
	18,18 kN/m

Cechy przekroju:

zadanie nowe, pręt nr 1, przekrój: x_a=1,67 m, x_b=1,67 m



Wymiary przekroju [cm]:
h=30,0, b=25,0,
Cechy materiałowe dla sytuacji stałej lub przejściowej
BETON: **B20**
f_{ck}= **16,0** MPa, $f_{cd}=\alpha \cdot f_{ck}/\gamma_c$=1,00×16,0/1,50=**10,7** MPa
Cechy geometryczne przekroju betonowego:
A_c=**750** cm^2, J_{cx}=**56250** cm^4, J_{cy}=**39063** cm^4
STAL: **A-III** (**34GS**)
f_{yk}=410 MPa, γ_s=1,15, f_{yd}=350 MPa
$\xi_{lim}=0,0035/(0,0035+f_{yd}/E_s)=0,0035/(0,0035+350/200000)=0,667$,
Zbrojenie główne:
$A_{s1}+A_{s2}$=**7,92** cm^2, $\rho=100\ (A_{s1}+A_{s2})/A_c$ =100×7,92/750=**1,06** %,

J_{sx}=**1217** cm^4, J_{sy}=**499** cm^4,

Siły przekrojowe:

zadanie: nowe, pręt nr 1, przekrój: x_a=1,67 m, x_b=1,67 m

Obciążenia działające w płaszczyźnie układu: **A**

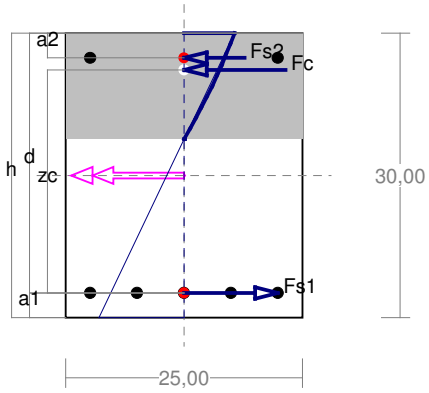
Momenty zginające:	M_x = -28,3 kNm,	M_y = 0,0 kNm,
Siły poprzeczne:	V_y = 0,0 kN,	V_x = 0,0 kN,
Siła osiowa:	N = 0,0 kN = N_{Sd}, .	

Zbrojenie wymagane:

(zadanie nowe, pręt nr 1, przekrój: x_a=1,67 m, x_b=1,67 m)

Obliczenia wykonano:

- z uwzględnieniem wkładek zbrojenia rzeczywistego (A_{s1}=5,65 cm^2, A_{s2}=2,26 cm^2,)



Wielkości obliczeniowe:
N_{Sd}=0,0 kN,
$M_{Sd}=\sqrt{(M_{Sdx}^2+M_{Sdy}^2)}=\sqrt{(-28,3^2+0,0^2)}$ =28,3 kNm
f_{cd}=10,7 MPa, f_{yd}=350 MPa =f_{td},
Dodatkowe zbrojenie rozciągane nie jest obliczeniowo wymagane.
Dodatkowe zbrojenie ściskane nie jest obliczeniowo wymagane.

Wielkości geometryczne [cm]:

h=30,0, d=27,4, x=11,2 (ξ=0,407),
a_1=2,6, a_2=2,6, a_c=3,9, z_c=23,5, A_{cc}=279 cm^2,
ε_c=-0,72 ‰, ε_{s2}=-0,55 ‰, ε_{s1}=1,05 ‰,

Wielkości statyczne [kN, kNm]:

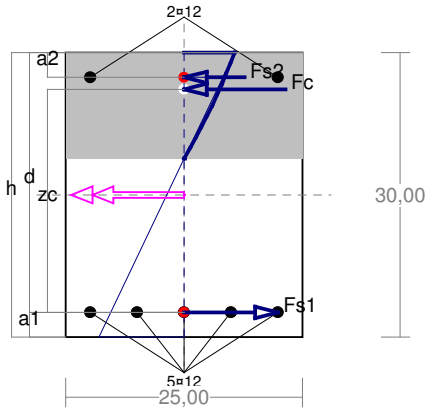
F_c= -93,7, F_{s1} = 118,8, F_{s2} = -25,1,
M_c= 10,4, M_{s1} = 14,7, M_{s2} = 3,1,

Warunki równowagi wewnętrznej:

$F_c+F_{s1}+F_{s2}$=-93,7+(118,8)+(-25,1)=0,0 kN (N_{Sd}=0,0 kN)
$M_c+M_{s1}+M_{s2}$=10,4+(14,7)+(3,1)=28,3 kNm (M_{Sd}=28,3 kNm)

Nośność przekroju prostopadłego:

zadanie nowe, pręt nr 1, przekrój: x_a=1,68 m, x_b=1,67 m



Wielkości obliczeniowe:
N_{Sd}=0,0 kN,
$M_{Sd}=\sqrt{(M_{Sdx}^2+M_{Sdy}^2)}=\sqrt{(-28,3^2+0,0^2)}$ =28,3 kNm
f_{cd}=10,7 MPa, f_{yd}=350 MPa =f_{td},
Zbrojenie rozciągane: A_{s1}=**5,65** cm^2,
Zbrojenie ściskane: A_{s2}=**2,26** cm^2,
$A_s=A_{s1}+A_{s2}$=7,92 cm^2, $\rho=100\times A_s/A_c$= 100×7,92/750=1,06 %

Wielkości geometryczne [cm]:

h=30,0, d=27,4, x=11,2 (ξ=0,407),
a_1=2,6, a_2=2,6, a_c=3,9, z_c=23,5, A_{cc}=277 cm^2,
ε_c=-0,72 ‰, ε_{s2}=-0,55 ‰, ε_{s1}=1,05 ‰,

Wielkości statyczne [kN, kNm]:

F_c= -93,7, F_{s1} = 118,8, F_{s2} = -25,1,
M_c= 10,4, M_{s1} = 14,7, M_{s2} = 3,1,

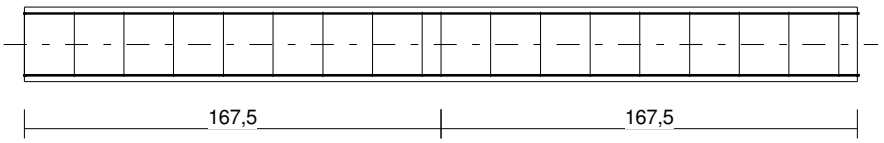
Warunek stanu granicznego nośności:
M_{Rd} = **49,3 kNm** > $M_{Sd}=M_c+M_{s1}+M_{s2}$=10,4+(14,7)+(3,1)=**28,3** kNm

Zbrojenie poprzeczne (strzemiona)

zadanie nowe, pręt nr 1

Na całej długości pręta przyjęto strzemiona o średnicy ϕ=8 mm ze stali A-III, dla której f_{ywd} = 350 MPa.
Minimalny stopień zbrojenia na ścinanie:

$$\rho_{w,min} = 0,08\ \sqrt{f_{ck}}\ /\ f_{yk} = 0,08\times\sqrt{16}\ /\ 410 = 0,00078$$



Rozstaw strzemion:

Strefa nr 1

Początek i koniec strefy: $x_a = 0,0$ $x_b = 167,5$ cm

Maksymalny rozstawy strzemion:

$s_{max} = 0,75\ d = 0,75 \times 274 = 206$ $s_{max} \le 400$ mm

przyjęto $s_{max} = 206$ mm.

Przyjęto strzemiona 2-cięte, prostopadłe do osi pręta o rozstawie **20,0** cm, dla których stopień zbrojenia na ścinanie wynosi:

$\rho_w = A_{sw} / (s\ b_w \sin\alpha) = 1,01 / (20,0 \times 25,0 \times 1,000) = 0,00201$

$\rho_w = \mathbf{0,00201 > 0,00078} = \rho_{w\ min}$

Strefa nr 2

Początek i koniec strefy: $x_a = 167,5$ $x_b = 335,0$ cm

Maksymalny rozstawy strzemion:

$s_{max} = 0,75\ d = 0,75 \times 274 = 206$ $s_{max} \le 400$ mm

przyjęto $s_{max} = 206$ mm.

Przyjęto strzemiona 2-cięte, prostopadłe do osi pręta o rozstawie **20,0** cm, dla których stopień zbrojenia na ścinanie wynosi:

$\rho_w = A_{sw} / (s\ b_w \sin\alpha) = 1,01 / (20,0 \times 25,0 \times 1,000) = 0,00201$

$\rho_w = \mathbf{0,00201 > 0,00078} = \rho_{w\ min}$

Ścinanie

zadanie nowe, pręt nr 1.

Przyjęto podparcie i obciążenie bezpośrednie.

Odcinek nr 1

Początek i koniec odcinka: $x_a = 0,0$ $x_b = 55,8$ cm

Siły przekrojowe: $N_{Sd} = 0,1$;

$V_{Sd\ max} = 33,8$ kN

Siła poprzeczna w odległości *d* od podpory wynosi: $V_{Sd} = 28,2$ kN

Rodzaj odcinka:

$$\rho_L = \frac{A_{sL}}{b_w d} = \frac{5,65}{25,0 \times 27,4} = 0,00826; \qquad \rho_L \le 0,01$$

Przyjęto $\rho_L = 0,00826$.

$\sigma_{cp} = N_{Sd} / A_C = -0,1 / 804,60 \times 10 = -0,0$ MPa $\qquad \sigma_{cp} \le 0,2\ f_{cd}$

Przyjęto $\sigma_{cp} = 0,0$ MPa.

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

$= [0,35 \times 1,33 \times 0,90 \times (1,2 + 40 \times 0,00826) + 0,15 \times 0,0] \times 25,0 \times 27,4 \times 10^{-1} = 43,9$ kN

$V_{Sd} = 28,2 < 43,9 = V_{Rd1}$

Nośność odcinka I-go rodzaju:

V_{Sd} = **28,2 < 43,9** = V_{Rd1}

$\nu = 0,6\ (1 - f_{ck} / 250) = 0,6\times(1 - 16 / 250) = 0,562$

$V_{Rd2} = 0,5\ \nu\ f_{cd}\ b_w\ z = 0,5\times0,562\times10,7\times25,0\times24,7\times10^{-1} = 185,2$ kN

V_{Sd} = **33,8 < 185,2** = V_{Rd2}

Nośność zbrojenia podłużnego

zadanie nowe, pręt nr 1.

Sprawdzenie siły przenoszonej przez zbrojenie rozciągane dla x = 1,466 m:

$\Delta F_{td} = 0,5\ |V_{Sd}|\ (\cot\theta - V_{Rd32} / V_{Rd3}\ \cot\alpha) = 0,5\times4,2\times(1,000) = 2,1$ kN

Sumaryczna siła w zbrojeniu rozciąganym:

$F_{td} = F_{td,m} + \Delta F_{td} = 116,9 + 2,1 = 119,1$ kN;

$F_{td} \le F_{td,max} = 118,8$ kN

Przyjęto $F_{td} = 118,8$ kN

F_{td} = **118,8 < 197,9** = $5,65\times350\times10^{-1} = A_s\ f_{yd}$

Zarysowanie

zadanie nowe, pręt nr 1,

Położenie przekroju:	x = 1,675 m
Siły przekrojowe:	M_{Sd} = 28,0 kNm
	N_{Sd} = 0,0 kN
	V_{Sd} = 0,0 kN
Wymiary przekroju:	b_w = 25,0 cm
	$d = h - a_1 = 30,0 - 2,6 = 27,4$ cm
	$A_c = 750$ cm^2
	$W_c = 3750$ cm^3

Minimalne zbrojenie:

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

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

$= 0,4\times1,0\times1,9\times375 / 280 = 1,02$ cm^2

A_{s1} = **5,65 > 1,02** = A_s

Zarysowanie:

$M_{cr} = f_{ctm}\ W_c = 1,9\times3750\times10^{-3} = 7,1$ kNm

$M_{Sd} = 28,0 > 7,1 = M_{cr}$

Przekrój zarysowany.

Szerokość rozwarcia rysy prostopadłej do osi pręta:

Przyjęto $k_2 = 0,5$.

$\rho_r = A_s / A_{ct,eff} = 5,65 / 158 = 0,03577$

$s_{rm} = 50 + 0,25\ k_1\ k_2\ \phi / \rho_r = 50 + 0,25\times0,8\times0,50\times12/0,03577 = 83,55$

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

$= 207,0/200000\times[1 - 1,0\times0,5\times(7,1/28,0)^2] = 0,00100$

$w_k = \beta\ s_{rm}\ \varepsilon_{sm} = 1,7\times83,55\times0,00100 = 0,14$ mm

w_k = **0,14 < 0,3** = w_{lim}

Szerokość rozwarcia rysy ukośnej:

Rysy ukośne nie występują.

Ugięcia

zadanie nowe, pręt nr 1

Ugięcia wyznaczono dla charakterystycznych obciążeń długotrwałych.

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

$$E_{c,eff} = \frac{E_{cm}}{1+\phi(t,t_o)} = \frac{29000}{1+2,00} = 9667 \text{ MPa}$$

Moment rysujący:

$$M_{cr} = f_{ctm} W_c = 1,9 \times 3750 \times 10^{-3} = 7,1 \text{ kNm}$$

Całkowity moment zginający $M_{Sd} = 28,0$ kN powoduje zarysowanie przekroju.

Sztywność dla długotrwałego działania obciążeń długotrwałych:

Sztywność na zginanie wyznaczona dla momentu $M_{Sd} = 28,0$ kNm.

Wielkości geometryczne przekroju: $x_I = 16,0$ cm $I_I = 80606$ cm^4

$x_{II} = 11,0$ cm $I_{II} = 45861$ cm^4

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

$$= \frac{9667 \times 45861}{1 - 1,0 \times 0,5 \times (7,1/28,0)^2 \times (1 - 45861/80606)} \times 10^{-5} = 4496 \text{ kNm}^2$$

Wykres sztywności i momentów dla obciążeń długotrwałych.

Ugięcia.

Ugięcie w punkcie o współrzędnej x = 1,675 cm, wyznaczone poprzez całkowanie funkcji krzywizny osi pręta (1/ρ) z uwzględnieniem zmiany sztywności wzdłuż osi elementu, wynosi:

$a = a_{\infty,d} = 7,2$ mm

$a = \mathbf{7,2 < 13,4} = a_{lim}$

Poz.4.7 Podciąg.

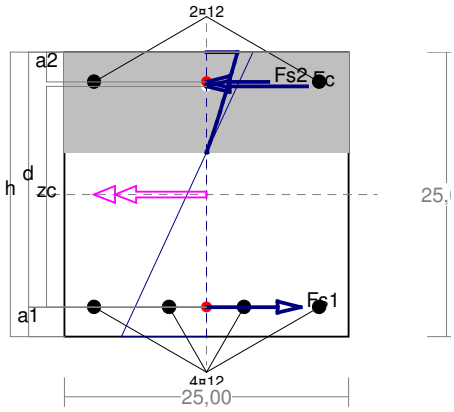
L = 1,59 m, L =1,42 m

Zebranie obciążenia na 1m

1.Obciażenie z poz.1.1	30,60 kN/m
2.Ciężar wieńca	2,44 kN/m
	33,04 kN/m

Nośność przekroju prostopadłego:

zadanie nowe, pręt nr 1, przekrój: x_a=0,79 m, x_b=0,80 m



Wielkości obliczeniowe:
N_{Sd}=0,0 kN,
$M_{Sd}=\sqrt{(M_{Sdx}^2+M_{Sdy}^2)}=\sqrt{(-11,0^2+0,0^2)}$ =11,0 kNm
f_{cd}=10,7 MPa, f_{yd}=350 MPa =f_{td},
Zbrojenie rozciągane: A_{s1}=**4,52** cm^2,
Zbrojenie ściskane: A_{s2}=**2,26** cm^2,
$A_s=A_{s1}+A_{s2}$=6,79 cm^2, $\rho=100\times A_s/A_c$= 100×6,79/625=1,09 %

Wielkości geometryczne [cm]:
h=25,0, d=22,4, x=8,8 (ξ=0,393),
a_1=2,6, a_2=2,6, a_c=3,0, z_c=19,4, A_{cc}=218 cm^2,
ε_c=-0,40 ‰, ε_{s2}=-0,28 ‰, ε_{s1}=0,62 ‰,

Wielkości statyczne [kN, kNm]:
F_c= -43,4, F_{s1} = 56,2, F_{s2} = -12,8,
M_c= 4,1, M_{s1} = 5,6, M_{s2} = 1,3,

Warunek stanu granicznego nośności:
M_{Rd} = **32,0 kNm** > $M_{Sd}=M_c+M_{s1}+M_{s2}$=4,1+(5,6)+(1,3)=**11,0** kNm

Zbrojenie poprzeczne (strzemiona)

zadanie nowe, pręt nr 1

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

Minimalny stopień zbrojenia na ścinanie:

$$\rho_{w,min} = 0,08\ \sqrt{f_{ck}}\ /\ f_{yk} = 0,08\times\sqrt{16}\ /\ 410 = 0,00078$$

Rozstaw strzemion:

Strefa nr 1

Początek i koniec strefy: x_a = 0,0 x_b = 79,5 cm
Maksymalny rozstawy strzemion:

s_{max} = 0,75 d = 0,75×224 = 168 $s_{max} \le$ 400 mm
przyjęto s_{max} = 168 mm.

Przyjęto strzemiona 2-cięte, prostopadłe do osi pręta o rozstawie **16,0** cm, dla których stopień zbrojenia na ścinanie wynosi:

$$\rho_w = A_{sw}/(s\ b_w \sin\alpha) = 1,01 / (16,0\times25,0\times1,000) = 0,00251$$

$$\rho_w = \mathbf{0,00251 > 0,00078} = \rho_{w\ min}$$

Strefa nr 2

Początek i koniec strefy: x_a = 79,5 x_b = 159,0 cm
Maksymalny rozstawy strzemion:

s_{max} = 0,75 d = 0,75×224 = 168 $s_{max} \le$ 400 mm
przyjęto s_{max} = 168 mm.

Przyjęto strzemiona 2-cięte, prostopadłe do osi pręta o rozstawie **16,0** cm, dla których stopień zbrojenia na ścinanie wynosi:

$$\rho_w = A_{sw}/(s\ b_w \sin\alpha) = 1,01 / (16,0\times25,0\times1,000) = 0,00251$$

$$\rho_w = \mathbf{0,00251 > 0,00078} = \rho_{w\ min}$$

Ścinanie

zadanie nowe, pręt nr 1.

Przyjęto podparcie i obciążenie bezpośrednie.

Odcinek nr 3

Początek i koniec odcinka: x_a = 79,5 x_b = 119,2 cm
Siły przekrojowe: N_{Sd} = 0,0;

$V_{Sd\,max}$ = -13,8 kN

Rodzaj odcinka:

$$\rho_L = \frac{A_{sL}}{b_w d} = \frac{4,52}{25,0 \times 22,4} = 0,00808; \qquad \rho_L \le 0,01$$

Przyjęto ρ_L = 0,00808.

$\sigma_{cp} = N_{Sd} / A_C = -0,0 / 671,80 \times 10 = -0,0$ MPa $\qquad \sigma_{cp} \le 0,2\, f_{cd}$

Przyjęto σ_{cp} = 0,0 MPa.

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

$= [0,35 \times 1,38 \times 0,90 \times (1,2+40 \times 0,00808) + 0,15 \times 0,0] \times 25,0 \times 22,4 \times 10^{-1} = 37,1$ kN

$V_{Sd} = 13,8 < 37,1 = V_{Rd1}$

Nośność odcinka I-go rodzaju:

V_{Sd} = **13,8 < 37,1** = V_{Rd1}

$\nu = 0,6\,(1 - f_{ck} / 250) = 0,6 \times (1 - 16 / 250) = 0,562$

$V_{Rd2} = 0,5\, \nu\, f_{cd}\, b_w\, z = 0,5 \times 0,562 \times 10,7 \times 25,0 \times 20,2 \times 10^{-1} = 151,4$ kN

V_{Sd} = **13,8 < 151,4** = V_{Rd2}

Nośność zbrojenia podłużnego

zadanie nowe, pręt nr 1.

Sprawdzenie siły przenoszonej przez zbrojenie rozciągane dla x = 0,646 m:

$\Delta F_{td} = 0,5\, |V_{Sd}|\, (\cot\theta - V_{Rd32} / V_{Rd3}\, \cot\alpha) = 0,5 \times 5,2 \times (1,000) = 2,6$ kN

Sumaryczna siła w zbrojeniu rozciąganym:

$F_{td} = F_{td,m} + \Delta F_{td} = 54,2 + 2,6 = 56,8$ kN;

$F_{td} \le F_{td,max} = 56,2$ kN

Przyjęto F_{td} = 56,2 kN

F_{td} = **56,2 < 158,3** = $4,52 \times 350 \times 10^{-1} = A_s\, f_{yd}$

Nośność zbrojenia podłużnego

zadanie nowe, pręt nr 1.

Sprawdzenie siły przenoszonej przez zbrojenie rozciągane dla x = 0,646 m:

$\Delta F_{td} = 0,5\, |V_{Sd}|\, (\cot\theta - V_{Rd32} / V_{Rd3}\, \cot\alpha) = 0,5 \times 5,2 \times (1,000) = 2,6$ kN

Sumaryczna siła w zbrojeniu rozciąganym:

$F_{td} = F_{td,m} + \Delta F_{td} = 54,2 + 2,6 = 56,8$ kN;

$F_{td} \le F_{td,max} = 56,2$ kN

Przyjęto F_{td} = 56,2 kN

F_{td} = **56,2 < 158,3** = $4,52 \times 350 \times 10^{-1} = A_s\, f_{yd}$

Zarysowanie

zadanie nowe, pręt nr 1,

Położenie przekroju:	x = 0,795 m
Siły przekrojowe:	M_{Sd} = 10,9 kNm
	N_{Sd} = 0,0 kN
	V_{Sd} = 0,0 kN
Wymiary przekroju:	b_w = 25,0 cm
	$d = h - a_1 = 25,0 - 2,6 = 22,4$ cm
	A_c = 625 cm^2
	W_c = 2604 cm^3

Minimalne zbrojenie:

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

$$A_s = k_c\, k\, f_{ct,eff}\, A_{ct} / \sigma_{s,lim} =$$
$$= 0{,}4\times 1{,}0\times 1{,}9\times 312 / 280 = 0{,}85\ cm^2$$

$$A_{s1} = \mathbf{4{,}52 > 0{,}85} = A_s$$

Zarysowanie:

$$M_{cr} = f_{ctm}\, W_c = 1{,}9\times 2604 \times 10^{-3} = 4{,}9\ kNm$$
$$M_{Sd} = 10{,}9 > 4{,}9 = M_{cr}$$

Przekrój zarysowany.

Szerokość rozwarcia rysy prostopadłej do osi pręta:

Przyjęto $k_2 = 0{,}5$.

$$\rho_r = A_s / A_{ct,eff} = 4{,}52 / 135 = 0{,}03360$$

$$s_{rm} = 50 + 0{,}25\, k_1\, k_2\, \phi / \rho_r = 50 + 0{,}25\times 0{,}8\times 0{,}50\times 12/0{,}03360 = 85{,}72$$

$$\varepsilon_{sm} = \sigma_s / E_s\, [1 - \beta_1\beta_2\, (\sigma sr / \sigma s)^2] =$$
$$= 123{,}5/200000 \times [1 - 1{,}0\times 0{,}5\times (4{,}9/10{,}9)^2] = 0{,}00055$$

$$w_k = \beta\, s_{rm}\, \varepsilon_{sm} = 1{,}7\times 85{,}72\times 0{,}00055 = 0{,}08\ mm$$

$$w_k = \mathbf{0{,}08 < 0{,}3} = w_{lim}$$

Szerokość rozwarcia rysy ukośnej:

Rysy ukośne nie występują.

Ugięcia

zadanie nowe, pręt nr 1

Ugięcia wyznaczono dla charakterystycznych obciążeń długotrwałych.

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

$$E_{c,eff} = \frac{E_{cm}}{1+\phi(t,t_o)} = \frac{29000}{1+2{,}00} = 9667\ MPa$$

Moment rysujący:

$$M_{cr} = f_{ctm}\, W_c = 1{,}9\times 2604 \times 10^{-3} = 4{,}9\ kNm$$

Całkowity moment zginający $M_{Sd} = 10{,}9$ kN powoduje zarysowanie przekroju.

Sztywność dla długotrwałego działania obciążeń długotrwałych:

Sztywność na zginanie wyznaczona dla momentu $M_{Sd} = 10{,}9$ kNm.

Wielkości geometryczne przekroju: $x_I = 13{,}1$ cm $I_I = 46032\ cm^4$

$x_{II} = 8{,}8$ cm $I_{II} = 24789\ cm^4$

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

$$= \frac{9667\times 24789}{1 - 1{,}0\times 0{,}5\times (4{,}9/10{,}9)^2\times (1 - 24789/46032)} \times 10^{-5} = 2516\ kNm^2$$

Wykres sztywności i momentów dla obciążeń długotrwałych.

Ugięcia.

Ugięcie w punkcie o współrzędnej x = 0,795 cm, wyznaczone poprzez całkowanie funkcji krzywizny osi pręta (1/ρ) z uwzględnieniem zmiany sztywności wzdłuż osi elementu, wynosi:

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

$a = \mathbf{1{,}1 < 6{,}4} = a_{lim}$

Poz.4.8 Podciąg.

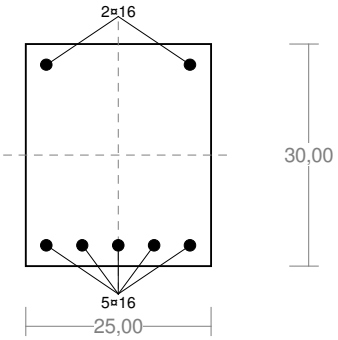
L = 4,55 m

Zebranie obciążeń na 1m

1.Obciażenie z poz.1.5	7,55 kN/m
2.Obciążenie z poz.1.3	2,96 kN/m
3.Ciężar wieńca	2,44 kN/m
4.Ciężar ściany	4,89 kN/m
	17,84 kN/m

Cechy przekroju:

zadanie nowe, pręt nr 1, przekrój: x_a=2,28 m, x_b=2,28 m



Wymiary przekroju [cm]:
h=30,0, b=25,0,
Cechy materiałowe dla sytuacji stałej lub przejściowej
BETON: **B20**
f_{ck}= **16,0** MPa, $f_{cd}=\alpha \cdot f_{ck}/\gamma_c$=1,00×16,0/1,50=**10,7** MPa
Cechy geometryczne przekroju betonowego:
A_c=**750** cm^2, J_{cx}=**56250** cm^4, J_{cy}=**39063** cm^4
STAL: **A-III** (**34GS**)
f_{yk}=410 MPa, γ_s=1,15, f_{yd}=350 MPa
$\xi_{lim}=0{,}0035/(0{,}0035+f_{yd}/E_s)=0{,}0035/(0{,}0035+350/200000)=0{,}667$,
Zbrojenie główne:
$A_{s1}+A_{s2}$=**14,07** cm^2, $\rho=100\ (A_{s1}+A_{s2})/A_c$ =100×14,07/750=**1,88** %,

J_{sx}=**2095** cm^4, J_{sy}=**851** cm^4,

Siły przekrojowe:

zadanie: nowe, pręt nr 1, przekrój: x_a=2,28 m, x_b=2,28 m

Obciążenia działające w płaszczyźnie układu: **A**

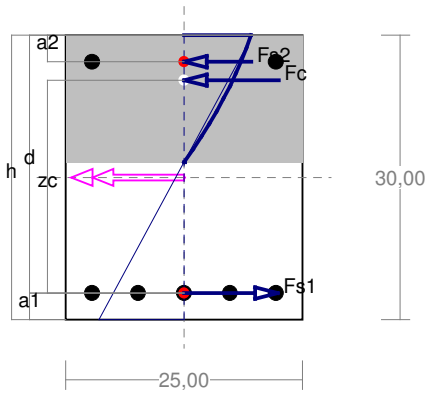
Momenty zginające:	M_x = -51,3 kNm,	M_y = 0,0 kNm,
Siły poprzeczne:	V_y = 0,0 kN,	V_x = 0,0 kN,
Siła osiowa:	N = 0,0 kN = N_{Sd}, .	

Zbrojenie wymagane:

(zadanie nowe, pręt nr 1, przekrój: x_a=2,28 m, x_b=2,28 m)

Obliczenia wykonano:

- z uwzględnieniem wkładek zbrojenia rzeczywistego (A_{s1}=10,05 cm^2, A_{s2}=4,02 cm^2,)



Wielkości obliczeniowe:
N_{Sd}=0,0 kN,
$M_{Sd}=\sqrt{(M_{Sdx}^2+M_{Sdy}^2)}=\sqrt{(-51,3^2+0,0^2)}$ =51,3 kNm
f_{cd}=10,7 MPa, f_{yd}=350 MPa =f_{td},
Dodatkowe zbrojenie rozciągane nie jest obliczeniowo wymagane.
Dodatkowe zbrojenie ściskane nie jest obliczeniowo wymagane.

Wielkości geometryczne [cm]:

h=30,0, d=27,2, x=13,4 (ξ=0,492),
a_1=2,8, a_2=2,8, a_c=4,7, z_c=22,5, A_{cc}=334 cm^2,
ε_c=-1,07 ‰, ε_{s2}=-0,85 ‰, ε_{s1}=1,11 ‰,

Wielkości statyczne [kN, kNm]:

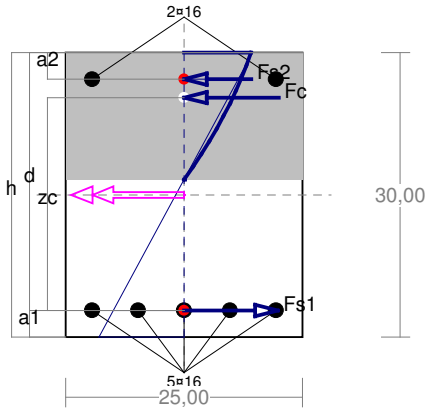
F_c= -154,4, F_{s1} = 222,4, F_{s2} = -68,0,
M_c= 15,8, M_{s1} = 27,1, M_{s2} = 8,3,

Warunki równowagi wewnętrznej:

$F_c+F_{s1}+F_{s2}$=-154,4+(222,4)+(-68,0)=0,0 kN (N_{Sd}=0,0 kN)
$M_c+M_{s1}+M_{s2}$=15,8+(27,1)+(8,3)=51,3 kNm (M_{Sd}=51,3 kNm)

Nośność przekroju prostopadłego:

zadanie nowe, pręt nr 1, przekrój: x_a=2,28 m, x_b=2,27 m



Wielkości obliczeniowe:
N_{Sd}=0,0 kN,
$M_{Sd}=\sqrt{(M_{Sdx}^2+M_{Sdy}^2)}=\sqrt{(-51,3^2+0,0^2)}$ =51,3 kNm
f_{cd}=10,7 MPa, f_{yd}=350 MPa =f_{td},
Zbrojenie rozciągane: A_{s1}=**10,05** cm^2,
Zbrojenie ściskane: A_{s2}=**4,02** cm^2,
$A_s=A_{s1}+A_{s2}$=14,07 cm^2, $\rho=100\times A_s/A_c$= 100×14,07/750=1,88 %

Wielkości geometryczne [cm]:

h=30,0, d=27,2, x=13,4 (ξ=0,492),
a_1=2,8, a_2=2,8, a_c=4,7, z_c=22,5, A_{cc}=330 cm^2,
ε_c=-1,07 ‰, ε_{s2}=-0,85 ‰, ε_{s1}=1,11 ‰,

Wielkości statyczne [kN, kNm]:

F_c= -154,4, F_{s1} = 222,5, F_{s2} = -68,0,
M_c= 15,8, M_{s1} = 27,1, M_{s2} = 8,3,

Warunek stanu granicznego nośności:
M_{Rd} = **83,0 kNm** > $M_{Sd}=M_c+M_{s1}+M_{s2}$=15,8+(27,1)+(8,3)=**51,3** kNm

Zbrojenie poprzeczne (strzemiona)

zadanie nowe, pręt nr 1

Na całej długości pręta przyjęto strzemiona o średnicy ϕ=8 mm ze stali A-III, dla której f_{ywd} = 350 MPa.
Minimalny stopień zbrojenia na ścinanie:

$$\rho_{w,min} = 0,08\ \sqrt{f_{ck}}\ /\ f_{yk} = 0,08\times\sqrt{16}\ /\ 410 = 0,00078$$

Rozstaw strzemion:

Strefa nr 1

Początek i koniec strefy: x_a = 0,0 x_b = 227,5 cm
Maksymalny rozstawy strzemion:

s_{max} = 0,75 d = 0,75×272 = 204 s_{max} ≤ 400 mm
przyjęto s_{max} = 204 mm.

Przyjęto strzemiona 2-cięte, prostopadłe do osi pręta o rozstawie **20,0** cm, dla których stopień zbrojenia na ścinanie wynosi:

$\rho_w = A_{sw} /(s\ b_w \sin\alpha) = 1{,}01 / (20{,}0\times25{,}0\times1{,}000) = 0{,}00201$

$\rho_w = \mathbf{0{,}00201 > 0{,}00078} = \rho_{w\ min}$

Strefa nr 2

Początek i koniec strefy: $x_a = 227{,}5$ $x_b = 455{,}0$ cm

Maksymalny rozstawy strzemion:

$s_{max} = 0{,}75\ d = 0{,}75\times272 = 204$ $s_{max} \le 400$ mm

przyjęto $s_{max} = 204$ mm.

Przyjęto strzemiona 2-cięte, prostopadłe do osi pręta o rozstawie **20,0** cm, dla których stopień zbrojenia na ścinanie wynosi:

$\rho_w = A_{sw} /(s\ b_w \sin\alpha) = 1{,}01 / (20{,}0\times25{,}0\times1{,}000) = 0{,}00201$

$\rho_w = \mathbf{0{,}00201 > 0{,}00078} = \rho_{w\ min}$

Ścinanie

zadanie nowe, pręt nr 1.

Przyjęto podparcie i obciążenie bezpośrednie.

Odcinek nr 1

Początek i koniec odcinka: $x_a = 0{,}0$ $x_b = 45{,}5$ cm

Siły przekrojowe: $N_{Sd} = 0{,}2$;

$V_{Sd\ max} = 45{,}1$ kN

Siła poprzeczna w odległości *d* od podpory wynosi: $V_{Sd} = 39{,}7$ kN

Rodzaj odcinka:

$$\rho_L = \frac{A_{sL}}{b_w d} = \frac{10{,}05}{25{,}0\times27{,}2} = 0{,}01478; \qquad \rho_L \le 0{,}01$$

Przyjęto $\rho_L = 0{,}01000$.

$\sigma_{cp} = N_{Sd} / A_C = -0{,}2 / 847{,}06 \times10 = -0{,}0$ MPa $\qquad \sigma_{cp} \le 0{,}2\ f_{cd}$

Przyjęto $\sigma_{cp} = 0{,}0$ MPa.

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

$= [0{,}35\times1{,}33\times0{,}90\times(1{,}2+40\times0{,}01000) + 0{,}15\times0{,}0]\times25{,}0\times27{,}2\times10^{-1} = 45{,}6$ kN

$V_{Sd} = 39{,}7 < 45{,}6 = V_{Rd1}$

Nośność odcinka I-go rodzaju:

$V_{Sd} = \mathbf{39{,}7 < 45{,}6} = V_{Rd1}$

$\nu = 0{,}6\ (1 - f_{ck} / 250) = 0{,}6\times(1 - 16 / 250) = 0{,}562$

$V_{Rd2} = 0{,}5\ \nu\ f_{cd}\ b_w\ z = 0{,}5\times0{,}562\times10{,}7\times25{,}0\times24{,}5\times10^{-1} = 183{,}9$ kN

$V_{Sd} = \mathbf{45{,}1 < 183{,}9} = V_{Rd2}$

Nośność zbrojenia podłużnego

zadanie nowe, pręt nr 1.

Sprawdzenie siły przenoszonej przez zbrojenie rozciągane dla x = 2,133 m:

$\Delta F_{td} = 0{,}5\ |V_{Sd}|\ (\cot\theta - V_{Rd32} / V_{Rd3}\ \cot\alpha) = 0{,}5\times2{,}8\times(1{,}000) = 1{,}4$ kN

Sumaryczna siła w zbrojeniu rozciąganym:

$F_{td} = F_{td,m} + \Delta F_{td} = 221{,}6 + 1{,}4 = 223{,}0$ kN;

$F_{td} \le F_{td,max} = 222{,}5$ kN

Przyjęto $F_{td} = 222{,}5$ kN

$F_{td} = \mathbf{222{,}5 < 351{,}9} = 10{,}05\times350\times10^{-1} = A_s\ f_{yd}$

Zarysowanie

zadanie nowe, pręt nr 1,

Położenie przekroju:	x = 2,275 m
Siły przekrojowe:	M_{Sd} = 50,8 kNm
	N_{Sd} = 0,0 kN
	V_{Sd} = 0,0 kN
Wymiary przekroju:	b_w = 25,0 cm
	d = h - a_1 = 30,0 - 2,8 = 27,2 cm
	A_c = 750 cm^2
	W_c = 3750 cm^3

Minimalne zbrojenie:

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

$$A_s = k_c\, k\, f_{ct,eff}\, A_{ct} / \sigma_{s,lim} =$$
$$= 0{,}4 \times 1{,}0 \times 1{,}9 \times 375 / 240 = 1{,}19\ cm^2$$

$$A_{s1} = \mathbf{10{,}05 > 1{,}19} = A_s$$

Zarysowanie:

$$M_{cr} = f_{ctm}\, W_c = 1{,}9 \times 3750 \times 10^{-3} = 7{,}1\ kNm$$
$$M_{Sd} = 50{,}8 > 7{,}1 = M_{cr}$$

Przekrój zarysowany.

Szerokość rozwarcia rysy prostopadłej do osi pręta:

Przyjęto k_2 = 0,5.

$$\rho_r = A_s / A_{ct,eff} = 10{,}05 / 142 = 0{,}07091$$

$$s_{rm} = 50 + 0{,}25\, k_1\, k_2\, \phi / \rho_r = 50 + 0{,}25 \times 0{,}8 \times 0{,}50 \times 16 / 0{,}07091 = 72{,}56$$

$$\varepsilon_{sm} = \sigma_s / E_s\, [1 - \beta_1 \beta_2\, (\sigma sr / \sigma s)^2] =$$
$$= 216{,}9 / 200000 \times [1 - 1{,}0 \times 0{,}5 \times (7{,}1 / 50{,}8)^2] = 0{,}00107$$

$$w_k = \beta\, s_{rm}\, \varepsilon_{sm} = 1{,}7 \times 72{,}56 \times 0{,}00107 = 0{,}13\ mm$$

$$w_k = \mathbf{0{,}13 < 0{,}3} = w_{lim}$$

Szerokość rozwarcia rysy ukośnej:

Rysy ukośne nie występują.

Ugięcia

zadanie nowe, pręt nr 1

Ugięcia wyznaczono dla charakterystycznych obciążeń długotrwałych.

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

$$E_{c,eff} = \frac{E_{cm}}{1 + \phi(t, t_o)} = \frac{29000}{1 + 2{,}00} = 9667\ MPa$$

Moment rysujący:

$$M_{cr} = f_{ctm}\, W_c = 1{,}9 \times 3750 \times 10^{-3} = 7{,}1\ kNm$$

Całkowity moment zginający M_{Sd} = 50,8 kN powoduje zarysowanie przekroju.

Sztywność dla długotrwałego działania obciążeń długotrwałych:

Sztywność na zginanie wyznaczona dla momentu M_{Sd} = 50,8 kNm.

Wielkości geometryczne przekroju:	x_I = 16,5 cm	I_I = 97365 cm^4
	x_{II} = 13,0 cm	I_{II} = 68904 cm^4

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

$$= \frac{9667\times 68904}{1 - 1{,}0\times 0{,}5\times (7{,}1/50{,}8)^2\times (1 - 68904/97365)} \times 10^{-5} = 6680 \text{ kNm}^2$$

Wykres sztywności i momentów dla obciążeń długotrwałych.

Ugięcia.

Ugięcie w punkcie o współrzędnej x = 2,275 cm, wyznaczone poprzez całkowanie funkcji krzywizny osi pręta (1/ρ) z uwzględnieniem zmiany sztywności wzdłuż osi elementu, wynosi:

$a = a_{\infty,d} = 16{,}4$ mm

$a = \mathbf{16{,}4 < 18{,}2} = a_{lim}$

Reakcje podporowe
R = 45,10 kN

Poz.4.9 Podciąg.

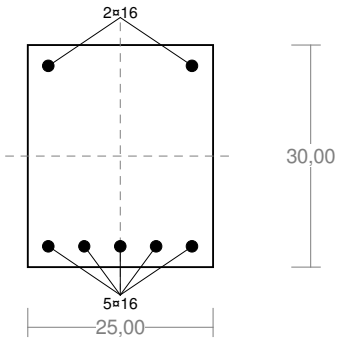
L = 3,96 m

Zebranie obciążeń na 1m

1.Obciażenie z poz.1.5	7,55 kN/m
2.Obciążenie z poz.1.3	2,96 kN/m
3.Ciężar wieńca	2,44 kN/m
4.Ciężar ściany	4,89 kN/m
	17,84 kN/m

Cechy przekroju:

zadanie nowe, pręt nr 1, przekrój: x_a=1,98 m, x_b=1,98 m



Wymiary przekroju [cm]:
h=30,0, b=25,0,
Cechy materiałowe dla sytuacji stałej lub przejściowej
BETON: **B20**
f_{ck}= **16,0** MPa, $f_{cd}=\alpha\cdot f_{ck}/\gamma_c$=1,00×16,0/1,50=**10,7** MPa
Cechy geometryczne przekroju betonowego:
A_c=**750** cm^2, J_{cx}=**56250** cm^4, J_{cy}=**39063** cm^4
STAL: **A-III** (**34GS**)
f_{yk}=410 MPa, γ_s=1,15, f_{yd}=350 MPa
$\xi_{lim}=0{,}0035/(0{,}0035+f_{yd}/E_s)=0{,}0035/(0{,}0035+350/200000)=0{,}667$,
Zbrojenie główne:
$A_{s1}+A_{s2}$=**14,07** cm^2, $\rho=100\,(A_{s1}+A_{s2})/A_c$ =100×14,07/750=**1,88** %,

J_{sx}=**2095** cm^4, J_{sy}=**851** cm^4,

Siły przekrojowe:

zadanie: nowe, pręt nr 1, przekrój: x_a=1,98 m, x_b=1,98 m

Obciążenia działające w płaszczyźnie układu: **A**

Momenty zginające:	M_x = -38,9 kNm,	M_y = 0,0 kNm,
Siły poprzeczne:	V_y = 0,0 kN,	V_x = 0,0 kN,

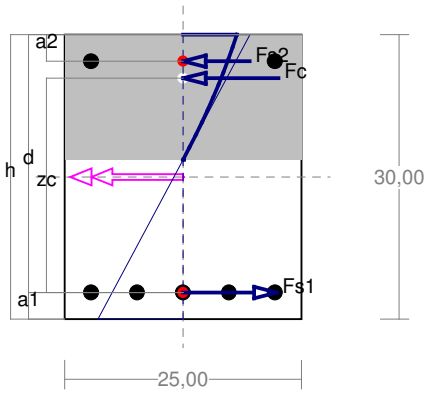
Siła osiowa: N = 0,0 kN = N_{Sd}, .

Zbrojenie wymagane:

(zadanie nowe, pręt nr 1, przekrój: x_a=1,98 m, x_b=1,98 m)

Obliczenia wykonano:

- z uwzględnieniem wkładek zbrojenia rzeczywistego (A_{s1}=10,05 cm^2, A_{s2}=4,02 cm^2,)



Wielkości obliczeniowe:
N_{Sd}=0,0 kN,
$M_{Sd}=\sqrt{(M_{Sdx}^2+M_{Sdy}^2)}=\sqrt{(-38,9^2+0,0^2)}$ =38,9 kNm
f_{cd}=10,7 MPa, f_{yd}=350 MPa =f_{td},
Dodatkowe zbrojenie rozciągane nie jest obliczeniowo wymagane.
Dodatkowe zbrojenie ściskane nie jest obliczeniowo wymagane.

Wielkości geometryczne [cm]:

h=30,0, d=27,2, x=13,2 (ξ=0,485),
a_1=2,8, a_2=2,8, a_c=4,6, z_c=22,6, A_{cc}=330 cm^2,
ε_c=-0,79 ‰, ε_{s2}=-0,62 ‰, ε_{s1}=0,84 ‰,

Wielkości statyczne [kN, kNm]:

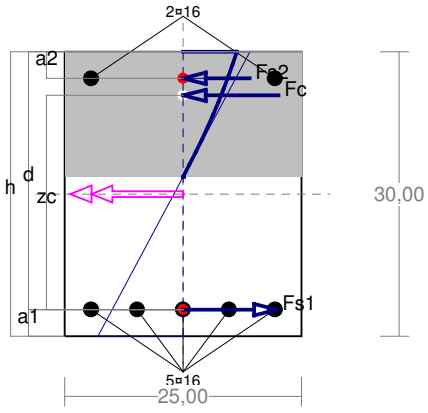
F_c= -118,1, F_{s1} = 167,9, F_{s2} = -49,8,
M_c= 12,3, M_{s1} = 20,5, M_{s2} = 6,1,

Warunki równowagi wewnętrznej:

$F_c+F_{s1}+F_{s2}$=-118,1+(167,9)+(-49,8)=0,0 kN (N_{Sd}=0,0 kN)
$M_c+M_{s1}+M_{s2}$=12,3+(20,5)+(6,1)=38,8 kNm (M_{Sd}=38,9 kNm)

Nośność przekroju prostopadłego:

zadanie nowe, pręt nr 1, przekrój: x_a=1,98 m, x_b=1,98 m



Wielkości obliczeniowe:
N_{Sd}=0,0 kN,
$M_{Sd}=\sqrt{(M_{Sdx}^2+M_{Sdy}^2)}=\sqrt{(-38,9^2+0,0^2)}$ =38,9 kNm
f_{cd}=10,7 MPa, f_{yd}=350 MPa =f_{td},
Zbrojenie rozciągane: A_{s1}=**10,05** cm^2,
Zbrojenie ściskane: A_{s2}=**4,02** cm^2,
$A_s=A_{s1}+A_{s2}$=14,07 cm^2, ρ=100×A_s/A_c= 100×14,07/750=1,88 %

Wielkości geometryczne [cm]:
h=30,0, d=27,2, x=13,2 (ξ=0,485),
a_1=2,8, a_2=2,8, a_c=4,6, z_c=22,6, A_{cc}=326 cm^2,
ε_c=-0,79 ‰, ε_{s2}=-0,62 ‰, ε_{s1}=0,84 ‰,

Wielkości statyczne [kN, kNm]:
F_c= -118,1, F_{s1} = 167,9, F_{s2} = -49,8,
M_c= 12,3, M_{s1} = 20,5, M_{s2} = 6,1,

Warunek stanu granicznego nośności:
M_{Rd} = **83,0 kNm** > M_{Sd} =$M_c+M_{s1}+M_{s2}$=12,3+(20,5)+(6,1)=**38,9** kNm

Zbrojenie poprzeczne (strzemiona)

zadanie nowe, pręt nr 1

Na całej długości pręta przyjęto strzemiona o średnicy ϕ=8 mm ze stali A-III, dla której f_{ywd} = 350 MPa.
Minimalny stopień zbrojenia na ścinanie:

$$\rho_{w,min} = 0,08\ \sqrt{f_{ck}}\ /\ f_{yk} = 0,08\times\sqrt{16}\ /\ 410 = 0,00078$$

Rozstaw strzemion:

Strefa nr 1

Początek i koniec strefy: $x_a = 0,0$ $x_b = 198,0$ cm
Maksymalny rozstawy strzemion:

$s_{max} = 0,75\ d = 0,75 \times 272 = 204$ $s_{max} \le 400$ mm
przyjęto $s_{max} = 204$ mm.

Przyjęto strzemiona 2-cięte, prostopadłe do osi pręta o rozstawie **20,0** cm, dla których stopień zbrojenia na ścinanie wynosi:

$\rho_w = A_{sw} / (s\ b_w \sin\alpha) = 1,01 / (20,0 \times 25,0 \times 1,000) = 0,00201$

$\rho_w = \mathbf{0,00201 > 0,00078} = \rho_{w\ min}$

Strefa nr 2

Początek i koniec strefy: $x_a = 198,0$ $x_b = 396,0$ cm
Maksymalny rozstawy strzemion:

$s_{max} = 0,75\ d = 0,75 \times 272 = 204$ $s_{max} \le 400$ mm
przyjęto $s_{max} = 204$ mm.

Przyjęto strzemiona 2-cięte, prostopadłe do osi pręta o rozstawie **20,0** cm, dla których stopień zbrojenia na ścinanie wynosi:

$\rho_w = A_{sw} / (s\ b_w \sin\alpha) = 1,01 / (20,0 \times 25,0 \times 1,000) = 0,00201$

$\rho_w = \mathbf{0,00201 > 0,00078} = \rho_{w\ min}$

Ścinanie

zadanie nowe, pręt nr 1.

Przyjęto podparcie i obciążenie bezpośrednie.

Odcinek nr 1

Początek i koniec odcinka: $x_a = 0,0$ $x_b = 49,5$ cm
Siły przekrojowe: $N_{Sd} = 0,1$;
$V_{Sd\ max} = 39,2$ kN
Siła poprzeczna w odległości *d* od podpory wynosi: $V_{Sd} = 33,9$ kN

Rodzaj odcinka:

$$\rho_L = \frac{A_{sL}}{b_w d} = \frac{10,05}{25,0 \times 27,2} = 0,01478; \qquad \rho_L \le 0,01$$

Przyjęto $\rho_L = 0,01000$.

$\sigma_{cp} = N_{Sd} / A_C = -0,1 / 847,06 \times 10 = -0,0$ MPa $\qquad \sigma_{cp} \le 0,2\ f_{cd}$

Przyjęto $\sigma_{cp} = 0,0$ MPa.

$V_{Rd1} = [0,35\ k\ f_{ctd}\ (1,2 + 40\ \rho_L) + 0,15\ \sigma_{cp}]\ b_w\ d =$
$= [0,35 \times 1,33 \times 0,90 \times (1,2 + 40 \times 0,01000) + 0,15 \times 0,0] \times 25,0 \times 27,2 \times 10^{-1} = 45,6$ kN

$V_{Sd} = 33,9 < 45,6 = V_{Rd1}$

Nośność odcinka I-go rodzaju:

$V_{Sd} = \mathbf{33,9 < 45,6} = V_{Rd1}$

$\nu = 0,6\ (1 - f_{ck} / 250) = 0,6 \times (1 - 16 / 250) = 0,562$

$V_{Rd2} = 0,5\ \nu\ f_{cd}\ b_w\ z = 0,5 \times 0,562 \times 10,7 \times 25,0 \times 24,5 \times 10^{-1} = 183,9$ kN

$V_{Sd} = \mathbf{39,2 < 183,9} = V_{Rd2}$

Nośność zbrojenia podłużnego

zadanie nowe, pręt nr 1.

Sprawdzenie siły przenoszonej przez zbrojenie rozciągane dla x = 1,856 m:

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

Sumaryczna siła w zbrojeniu rozciąganym:

$F_{td} = F_{td,m} + \Delta F_{td} = 167,3 + 1,2 = 168,5$ kN;

$F_{td} \le F_{td,max} = 167,9$ kN

Przyjęto $F_{td} = 167,9$ kN

$F_{td} = \mathbf{167,9 < 351,9} = 10,05 \times 350 \times 10^{-1} = A_s f_{yd}$

Zarysowanie

zadanie nowe, pręt nr 1,

Położenie przekroju:	x = 1,980 m
Siły przekrojowe:	$M_{Sd} = 38,5$ kNm
	$N_{Sd} = -0,0$ kN
	$V_{Sd} = 0,0$ kN
Wymiary przekroju:	$b_w = 25,0$ cm
	$d = h - a_1 = 30,0 - 2,8 = 27,2$ cm
	$A_c = 750$ cm^2
	$W_c = 3750$ cm^3

Minimalne zbrojenie:

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

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

$= 0,4 \times 1,0 \times 1,9 \times 375 / 240 = 1,19$ cm^2

$A_{s1} = \mathbf{10,05 > 1,19} = A_s$

Zarysowanie:

$M_{cr} = f_{ctm}\, W_c = 1,9 \times 3750 \times 10^{-3} = 7,1$ kNm

$M_{Sd} = 38,5 > 7,1 = M_{cr}$

Przekrój zarysowany.

Szerokość rozwarcia rysy prostopadłej do osi pręta:

Przyjęto $k_2 = 0,5$.

$\rho_r = A_s / A_{ct,eff} = 10,05 / 142 = 0,07091$

$s_{rm} = 50 + 0,25\, k_1\, k_2\, \phi / \rho_r = 50 + 0,25 \times 0,8 \times 0,50 \times 16 / 0,07091 = 72,56$

$\varepsilon_{sm} = \sigma_s / E_s\, [1 - \beta_1 \beta_2\, (\sigma sr / \sigma s)^2] =$

$= 164,3 / 200000 \times [1 - 1,0 \times 0,5 \times (7,1/38,5)^2] = 0,00081$

$w_k = \beta\, s_{rm}\, \varepsilon_{sm} = 1,7 \times 72,56 \times 0,00081 = 0,10$ mm

$w_k = \mathbf{0,10 < 0,3} = w_{lim}$

Szerokość rozwarcia rysy ukośnej:

Rysy ukośne nie występują.

Ugięcia

zadanie nowe, pręt nr 1

Ugięcia wyznaczono dla charakterystycznych obciążeń długotrwałych.

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

$$E_{c,eff} = \frac{E_{cm}}{1 + \phi(t, t_o)} = \frac{29000}{1 + 2,00} = 9667 \text{ MPa}$$

Moment rysujący:

$M_{cr} = f_{ctm}\, W_c = 1,9 \times 3750 \times 10^{-3} = 7,1$ kNm

Całkowity moment zginający M_{Sd} = 38,5 kN powoduje zarysowanie przekroju.

Sztywność dla długotrwałego działania obciążeń długotrwałych:

Sztywność na zginanie wyznaczona dla momentu M_{Sd} = 38,5 kNm.

Wielkości geometryczne przekroju: x_I = 16,5 cm I_I = 97365 cm^4

x_{II} = 13,0 cm I_{II} = 68904 cm^4

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

$$= \frac{9667\times 68904}{1 - 1{,}0\times 0{,}5\times (7{,}1/38{,}5)^2\times (1 - 68904/97365)} \times 10^{-5} = 6694 \text{ kNm}^2$$

Wykres sztywności i momentów dla obciążeń długotrwałych.

Ugięcia.

Ugięcie w punkcie o współrzędnej x = 1,980 cm, wyznaczone poprzez całkowanie funkcji krzywizny osi pręta (1/ρ) z uwzględnieniem zmiany sztywności wzdłuż osi elementu, wynosi:

$a = a_{\infty,d}$ = 9,4 mm

a = **9,4 < 15,8** = a_{lim}

Poz.4.10 Podciąg.

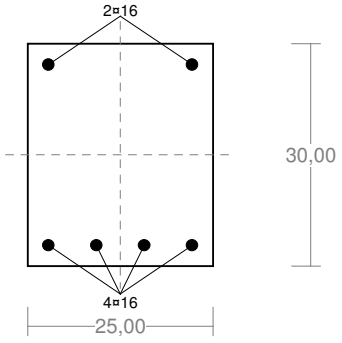
L = 1,55 m

Zebranie obciążenia na 1m

1.Obciążenie z poz.1.1	7,55 kN/m
2.Ciężar wieńca	2,44 kN/m
	9,99 kN/m

Cechy przekroju:

zadanie pociąg10, pręt nr 1, przekrój: x_a=0,78 m, x_b=0,78 m



Wymiary przekroju [cm]:
h=30,0, b=25,0,
Cechy materiałowe dla sytuacji stałej lub przejściowej
BETON: **B20**
f_{ck}= **16,0** MPa, $f_{cd}=\alpha\cdot f_{ck}/\gamma_c$=1,00×16,0/1,50=**10,7** MPa
Cechy geometryczne przekroju betonowego:
A_c=**750** cm^2, J_{cx}=**56250** cm^4, J_{cy}=**39063** cm^4
STAL: **A-III** (**34GS**)
f_{yk}=410 MPa, γ_s=1,15, f_{yd}=350 MPa
$\xi_{lim}=0{,}0035/(0{,}0035+f_{yd}/E_s)=0{,}0035/(0{,}0035+350/200000)=0{,}667$,
Zbrojenie główne:
$A_{s1}+A_{s2}$=**12,06** cm^2, $\rho=100\ (A_{s1}+A_{s2})/A_c$ =100×12,06/750=**1,61** %,

J_{sx}=**1796** cm^4, J_{sy}=**799** cm^4,

Siły przekrojowe:

zadanie: pociąg10, pręt nr 1, przekrój: x_a=0,78 m, x_b=0,78 m

Obciążenia działające w płaszczyźnie układu: **A**
Momenty zginające: M_x = -18,8 kNm, M_y = 0,0 kNm,

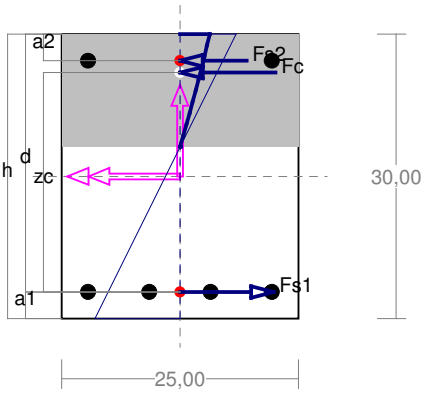
Siły poprzeczne: V_y = 19,6 kN, V_x = 0,0 kN,
Siła osiowa: N = 0,0 kN = N_{Sd}, .

Zbrojenie wymagane:

(zadanie pociąg10, pręt nr 1, przekrój: x_a=0,78 m, x_b=0,78 m)

Obliczenia wykonano:

- z uwzględnieniem wkładek zbrojenia rzeczywistego (A_{s1}=8,04 cm^2, A_{s2}=4,02 cm^2,)



Wielkości obliczeniowe:
N_{Sd}=0,0 kN,
$M_{Sd}=\sqrt{(M_{Sdx}^2+M_{Sdy}^2)}=\sqrt{(-18,8^2+0,0^2)}$ =18,8 kNm
f_{cd}=10,7 MPa, f_{yd}=350 MPa =f_{td},
Dodatkowe zbrojenie rozciągane nie jest obliczeniowo wymagane.
Dodatkowe zbrojenie ściskane nie jest obliczeniowo wymagane.

Wielkości geometryczne [cm]:

h=30,0, d=27,2, x=11,9 (ξ=0,437),
a_1=2,8, a_2=2,8, a_c=4,1, z_c=23,1, A_{cc}=297 cm^2,
ε_c=-0,39 ‰, ε_{s2}=-0,29 ‰, ε_{s1}=0,50 ‰,

Wielkości statyczne [kN, kNm]:

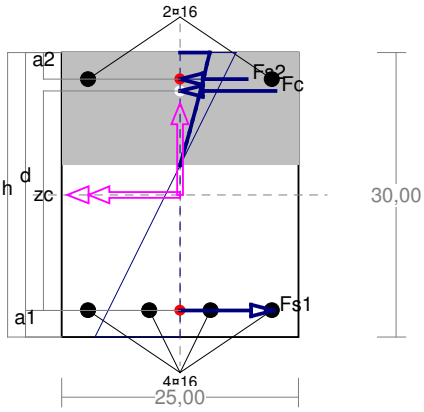
F_c= -56,2, F_{s1} = 79,9, F_{s2} = -23,7,
M_c= 6,1, M_{s1} = 9,7, M_{s2} = 2,9,

Warunki równowagi wewnętrznej:

$F_c+F_{s1}+F_{s2}$=-56,2+(79,9)+(-23,7)=0,0 kN (N_{Sd}=0,0 kN)
$M_c+M_{s1}+M_{s2}$=6,1+(9,7)+(2,9)=18,8 kNm (M_{Sd}=18,8 kNm)

Nośność przekroju prostopadłego:

zadanie pociąg10, pręt nr 1, przekrój: x_a=0,78 m, x_b=0,78 m



Wielkości obliczeniowe:
N_{Sd}=0,0 kN,
$M_{Sd}=\sqrt{(M_{Sdx}^2+M_{Sdy}^2)}=\sqrt{(-18,8^2+0,0^2)}$ =18,8 kNm
f_{cd}=10,7 MPa, f_{yd}=350 MPa =f_{td},
Zbrojenie rozciągane: A_{s1}=**8,04** cm^2,
Zbrojenie ściskane: A_{s2}=**4,02** cm^2,
$A_s=A_{s1}+A_{s2}$=12,06 cm^2, $\rho=100\times A_s/A_c$= 100×12,06/750=1,61 %

Wielkości geometryczne [cm]:
h=30,0, d=27,2, x=11,9 (ξ=0,437),
a_1=2,8, a_2=2,8, a_c=4,1, z_c=23,1, A_{cc}=293 cm^2,
ε_c=-0,39 ‰, ε_{s2}=-0,29 ‰, ε_{s1}=0,50 ‰,

Wielkości statyczne [kN, kNm]:
F_c= -56,2, F_{s1} = 79,9, F_{s2} = -23,7,
M_c= 6,1, M_{s1} = 9,7, M_{s2} = 2,9,

Warunek stanu granicznego nośności:
M_{Rd} = **68,7 kNm** > M_{Sd} =$M_c+M_{s1}+M_{s2}$=6,1+(9,7)+(2,9)=**18,8** kNm

Zbrojenie poprzeczne (strzemiona)

zadanie pociąg10, pręt nr 1

Na całej długości pręta przyjęto strzemiona o średnicy ϕ=8 mm ze stali A-III, dla której f_{ywd} = 350 MPa.
Minimalny stopień zbrojenia na ścinanie:

$$\rho_{w,min} = 0,08\ \sqrt{f_{ck}}\ /\ f_{yk} = 0,08\times\sqrt{16}\ /\ 410 = 0,00078$$

Rozstaw strzemion:

Strefa nr 1

Początek i koniec strefy: $x_a = 0,0$ $x_b = 77,5$ cm

Maksymalny rozstawy strzemion:

$s_{max} = 0,75\ d = 0,75 \times 272 = 204$ $s_{max} \le 400$ mm

przyjęto $s_{max} = 204$ mm.

Przyjęto strzemiona 2-cięte, prostopadłe do osi pręta o rozstawie **16,0** cm, dla których stopień zbrojenia na ścinanie wynosi:

$\rho_w = A_{sw} / (s\ b_w \sin\alpha) = 1,01 / (16,0 \times 25,0 \times 1,000) = 0,00251$

$\rho_w = \mathbf{0,00251 > 0,00078} = \rho_{w\ min}$

Strefa nr 2

Początek i koniec strefy: $x_a = 77,5$ $x_b = 155,0$ cm

Maksymalny rozstawy strzemion:

$s_{max} = 0,75\ d = 0,75 \times 272 = 204$ $s_{max} \le 400$ mm

przyjęto $s_{max} = 204$ mm.

Przyjęto strzemiona 2-cięte, prostopadłe do osi pręta o rozstawie **16,0** cm, dla których stopień zbrojenia na ścinanie wynosi:

$\rho_w = A_{sw} / (s\ b_w \sin\alpha) = 1,01 / (16,0 \times 25,0 \times 1,000) = 0,00251$

$\rho_w = \mathbf{0,00251 > 0,00078} = \rho_{w\ min}$

Ścinanie

zadanie pociąg10, pręt nr 1.

Przyjęto podparcie i obciążenie bezpośrednie.

Odcinek nr 2

Początek i koniec odcinka: $x_a = 77,5$ $x_b = 155,0$ cm

Siły przekrojowe: $N_{Sd} = 0,0$;

$V_{Sd\ max} = -28,9$ kN

Siła poprzeczna w odległości *d* od podpory wynosi: $V_{Sd} = -25,6$ kN

Rodzaj odcinka:

$$\rho_L = \frac{A_{sL}}{b_w d} = \frac{8,04}{25,0 \times 27,2} = 0,01183; \qquad \rho_L \le 0,01$$

Przyjęto $\rho_L = 0,01000$.

$\sigma_{cp} = N_{Sd} / A_C = -0,0 / 833,20 \times 10 = -0,0$ MPa $\sigma_{cp} \le 0,2\ f_{cd}$

Przyjęto $\sigma_{cp} = 0,0$ MPa.

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

$= [0,35 \times 1,33 \times 0,90 \times (1,2 + 40 \times 0,01000) + 0,15 \times 0,0] \times 25,0 \times 27,2 \times 10^{-1} = 45,6$ kN

$V_{Sd} = 25,6 < 45,6 = V_{Rd1}$

Nośność odcinka I-go rodzaju:

$V_{Sd} = \mathbf{25,6 < 45,6} = V_{Rd1}$

$\nu = 0,6\ (1 - f_{ck} / 250) = 0,6 \times (1 - 16 / 250) = 0,562$

$V_{Rd2} = 0,5\ \nu\ f_{cd}\ b_w\ z = 0,5 \times 0,562 \times 10,7 \times 25,0 \times 24,5 \times 10^{-1} = 183,9$ kN

$V_{Sd} = \mathbf{28,9 < 183,9} = V_{Rd2}$

Nośność zbrojenia podłużnego

zadanie pociąg10, pręt nr 1.

Sprawdzenie siły przenoszonej przez zbrojenie rozciągane dla x = 0,678 m:

$\Delta F_{td} = 0,5\ |V_{Sd}|\ (\cot\theta - V_{Rd32}/\ V_{Rd3}\ \cot\alpha) = 0,5 \times 20,8 \times (1,000) = 10,4$ kN

Sumaryczna siła w zbrojeniu rozciąganym:

$F_{td} = F_{td,m} + \Delta F_{td} = 71,5 + 10,4 = 81,9$ kN;

$F_{td} \le F_{td,max} = 79,9$ kN

Przyjęto $F_{td} = 79,9$ kN

$F_{td} =$ **79,9 < 281,5** $= 8,04 \times 350 \times 10^{-1} = A_s\ f_{yd}$

Zarysowanie

zadanie pociąg10, pręt nr 1,

Położenie przekroju:	x = 0,775 m
Siły przekrojowe:	$M_{Sd} = 18,7$ kNm
	$N_{Sd} = -0,0$ kN
	$V_{Sd} = 19,6$ kN
Wymiary przekroju:	$b_w = 25,0$ cm
	$d = h - a_1 = 30,0 - 2,8 = 27,2$ cm
	$A_c = 750$ cm^2
	$W_c = 3750$ cm^3

Minimalne zbrojenie:

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

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

$= 0,4 \times 1,0 \times 1,9 \times 375 / 240 = 1,19$ cm^2

$A_{s1} =$ **8,04 > 1,19** $= A_s$

Zarysowanie:

$M_{cr} = f_{ctm}\ W_c = 1,9 \times 3750 \times 10^{-3} = 7,1$ kNm

$M_{Sd} = 18,7 > 7,1 = M_{cr}$

Przekrój zarysowany.

Szerokość rozwarcia rysy prostopadłej do osi pręta:

Przyjęto $k_2 = 0,5$.

$\rho_r = A_s / A_{ct,eff} = 8,04 / 151 = 0,05342$

$s_{rm} = 50 + 0,25\ k_1\ k_2\ \phi / \rho_r = 50 + 0,25 \times 0,8 \times 0,50 \times 16 / 0,05342 = 79,95$

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

$= 98,8/200000 \times [1 - 1,0 \times 0,5 \times (7,1/18,7)^2] = 0,00046$

$w_k = \beta\ s_{rm}\ \varepsilon_{sm} = 1,7 \times 79,95 \times 0,00046 = 0,06$ mm

$w_k =$ **0,06 < 0,3** $= w_{lim}$

Szerokość rozwarcia rysy ukośnej:

Rysy ukośne nie występują.

Ugięcia

zadanie pociąg10, pręt nr 1

Ugięcia wyznaczono dla charakterystycznych obciążeń długotrwałych.

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

$$E_{c,eff} = \frac{E_{cm}}{1 + \phi(t, t_o)} = \frac{29000}{1 + 2,00} = 9667 \text{ MPa}$$

Moment rysujący:

$M_{cr} = f_{ctm} W_c = 1{,}9 \times 3750 \times 10^{-3} = 7{,}1$ kNm

Całkowity moment zginający $M_{Sd} = 18{,}7$ kN powoduje zarysowanie przekroju.

Sztywność dla długotrwałego działania obciążeń długotrwałych:

Sztywność na zginanie wyznaczona dla momentu $M_{Sd} = 18{,}7$ kNm.

Wielkości geometryczne przekroju: $x_I = 16{,}0$ cm $I_I = 92369$ cm^4

$x_{II} = 11{,}9$ cm $I_{II} = 59884$ cm^4

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

$$= \frac{9667 \times 59884}{1 - 1{,}0 \times 0{,}5 \times (7{,}1/18{,}7)^2 \times (1 - 59884/92369)} \times 10^{-5} = 5940 \text{ kNm}^2$$

Wykres sztywności i momentów dla obciążeń długotrwałych.

Ugięcia.

Ugięcie w punkcie o współrzędnej x = 0,775 cm, wyznaczone poprzez całkowanie funkcji krzywizny osi pręta (1/ρ) z uwzględnieniem zmiany sztywności wzdłuż osi elementu, wynosi:

$a = a_{\infty,d} = 0{,}6$ mm

$a = \mathbf{0{,}6 < 6{,}2} = a_{lim}$

Reakcje podporowe

R = 28,60 kN

Poz.4.11 Podciąg.

L = 1,55 m

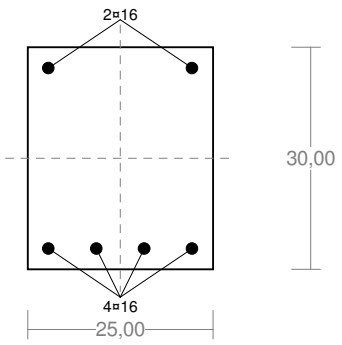
Zebranie obciążzeń na 1m

1.Obciążenie z poz.1.1	7,55 kN/m
2.Ciężar wieńca	2,44 kN/m
	9,99 kN/m

P = 45,10 kN

Cechy przekroju:

zadanie pociąg11, pręt nr 1, przekrój: x_a=0,78 m, x_b=0,78 m



Wymiary przekroju [cm]:
h=30,0, b=25,0,

Cechy materiałowe dla sytuacji stałej lub przejściowej

BETON: **B20**

f_{ck}= **16,0** MPa, $f_{cd}=\alpha \cdot f_{ck}/\gamma_c = 1{,}00 \times 16{,}0/1{,}50 =$ **10,7** MPa

Cechy geometryczne przekroju betonowego:

A_c=**750** cm^2, J_{cx}=**56250** cm^4, J_{cy}=**39063** cm^4

STAL: **A-III** (**34GS**)

f_{yk}=410 MPa, γ_s=1,15, f_{yd}=350 MPa

$\xi_{lim}=0{,}0035/(0{,}0035+f_{yd}/E_s)=0{,}0035/(0{,}0035+350/200000)=0{,}667$,

Zbrojenie główne:

$A_{s1}+A_{s2}$=**12,06** cm^2, ρ=100 $(A_{s1}+A_{s2})/A_c$ =100×12,06/750=**1,61** %,

J_{sx}=**1796** cm^4, J_{sy}=**799** cm^4,

Siły przekrojowe:

zadanie: pociąg11, pręt nr 1, przekrój: x_a=0,78 m, x_b=0,78 m

Obciążenia działające w płaszczyźnie układu: **AB**

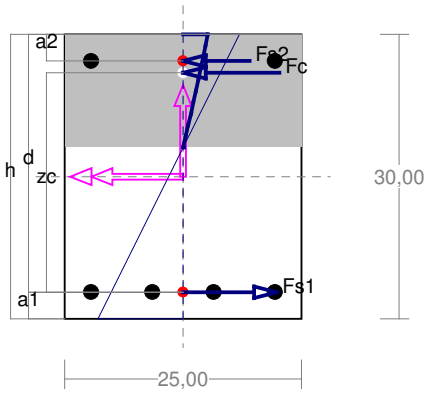
Momenty zginające:	M_x = -10,2 kNm,	M_y = 0,0 kNm,
Siły poprzeczne:	V_y = -20,5 kN,	V_x = 0,0 kN,
Siła osiowa:	N = -1,1 kN = N_{Sd}, .	

Zbrojenie wymagane:

(zadanie pociąg11, pręt nr 1, przekrój: x_a=0,50 m, x_b=1,05 m)

Obliczenia wykonano:

- z uwzględnieniem wkładek zbrojenia rzeczywistego (A_{s1}=8,04 cm^2, A_{s2}=4,02 cm^2,)



Wielkości obliczeniowe:

N_{Sd}=-1,1 kN,

$M_{Sd}=\sqrt{(M_{Sdx}^2+M_{Sdy}^2)}=\sqrt{(-15,4^2+0,0^2)}$ =15,4 kNm

f_{cd}=10,7 MPa, f_{yd}=350 MPa =f_{td},

Dodatkowe zbrojenie rozciągane nie jest obliczeniowo wymagane.

Dodatkowe zbrojenie ściskane nie jest obliczeniowo wymagane.

Wielkości geometryczne [cm]:

h=30,0, d=27,2, x=11,9 (ξ=0,438),

a_1=2,8, a_2=2,8, a_c=4,1, z_c=23,1, A_{cc}=298 cm^2,

ε_c=-0,32 ‰, ε_{s2}=-0,24 ‰, ε_{s1}=0,40 ‰,

Wielkości statyczne [kN, kNm]:

F_c= -46,8, F_{s1} = 65,1, F_{s2} = -19,5,

M_c= 5,1, M_{s1} = 7,9, M_{s2} = 2,4,

Warunki równowagi wewnętrznej:

$F_c+F_{s1}+F_{s2}$=-46,8+(65,1)+(-19,5)=-1,1 kN (N_{Sd}=-1,1 kN)

$M_c+M_{s1}+M_{s2}$=5,1+(7,9)+(2,4)=15,4 kNm (M_{Sd}=15,4 kNm)

Długości wyboczeniowe pręta:

zadanie pociąg11, pręt nr 1

- **przy wyboczeniu w płaszczyźnie układu:**

podatności węzłów ustalone według załącznika C normy, współczynnik β obliczono jak dla pręta jednostronnie zamocowanego w układzie nieprzesuwnym

ze wzoru (C.1) $l_o = \beta\, l_{col}$, l_{col}=1,550 m,

podatności węzłów: κ_a =1,000 ⇒ k_A =(1/κ_a-1)=0,000, $\hat{e}_b$ =0,862 ⇒ k_B =(1/κ_b-1)=0,160,

β=0,7+1/(3k+3)=0,7+1/(3×0,160)+3) ⇒ l_o= 0,987×1,550 = 1,530 m

- **przy wyboczeniu w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny układu:**

podatności węzłów ustalone według załącznika C normy, współczynnik β obliczono jak dla pręta swobodnego:

ze wzoru (C.1) $l_o = \beta\, l_{col}$, l_{col}=1,550 m,

podatności węzłów: κ_a =1,000 ⇒ k_A =(1/κ_a -1)=0,000, $\hat{e}_b$ =1,000 ⇒ k_B =(1/κ_b-1)=0,000,

β=1,000 ⇒ l_o = 1,000×1,550 = 1,550 m

Uwzględnienie wpływu smukłości pręta:

zadanie pociąg11, pręt nr 1

- **w płaszczyźnie ustroju:**

mimośród niezamierzony: (l_{col}=1,550 m, h=0,300 m) $e_a = \max\left\langle \frac{l_{col}}{600}, \frac{h}{30}, 0{,}01 \right\rangle = \max\langle 0{,}003,\ 0{,}010,\ 0{,}010\rangle$

=0,010 m, przyjęto: e_a=0,015 m,

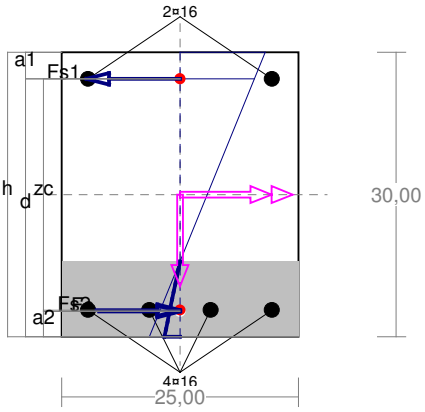
uwzględnienie wpływu smukłości nie jest wymagane,

- <u>w płaszczyźnie prostopadłej do ustroju:</u>

uwzględnienie wpływu smukłości zaniechano

Nośność przekroju prostopadłego:

zadanie pociąg11, pręt nr 1, przekrój: x_a=1,55 m, x_b=0,00 m



Wielkości obliczeniowe:
N_{Sd}=-1,1 kN,
$M_{Sd}=\sqrt{(M_{Sdx}^2+M_{Sdy}^2)}=\sqrt{(9,3^2+0,0^2)}$ =9,3 kNm
f_{cd}=10,7 MPa, f_{yd}=350 MPa =f_{td},
Zbrojenie rozciągane: A_{s1}=**4,02** cm^2,
Zbrojenie ściskane: A_{s2}=**8,04** cm^2,
$A_s=A_{s1}+A_{s2}$=12,06 cm^2, $\rho=100\times A_s/A_c$= 100×12,06/750=1,61 %

Wielkości geometryczne [cm]:
h=30,0, d=27,2, x=7,9 (ξ=0,291),
a_1=2,8, a_2=2,8, a_c=2,7, z_c=24,5, A_{cc}=190 cm^2,
ε_c=-0,19 ‰, ε_{s2}=-0,12 ‰, ε_{s1}=0,47 ‰,

Wielkości statyczne [kN, kNm]:
F_c= -18,6, F_{s1} = 37,5, F_{s2} = -19,9,
M_c= 2,3, M_{s1} = 4,6, M_{s2} = 2,4,

Warunek stanu granicznego nośności:

M_{Rd} = **35,7 kNm** > $M_{Sd}=M_c+M_{s1}+M_{s2}$=2,3+(4,6)+(2,4)=**9,3** kNm

Zbrojenie poprzeczne (strzemiona)

zadanie pociąg11, pręt nr 1

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

Minimalny stopień zbrojenia na ścinanie:

$$\rho_{w,min} = 0,08\ \sqrt{f_{ck}}\ /\ f_{yk} = 0,08\times\sqrt{16}\ /\ 410 = 0,00078$$

Rozstaw strzemion:

<u>Strefa nr 1</u>

Początek i koniec strefy: x_a = 0,0 x_b = 77,5 cm
Maksymalny rozstawy strzemion:

s_{max} = 0,75 d = 0,75×272 = 204 $s_{max} \le$ 400 mm
przyjęto s_{max} = 204 mm.

Przyjęto strzemiona 2-cięte, prostopadłe do osi pręta o rozstawie **16,0** cm, dla których stopień zbrojenia na ścinanie wynosi:

$$\rho_w = A_{sw}/(s\ b_w \sin\alpha) = 1,01 / (16,0\times25,0\times1,000) = 0,00251$$

$$\rho_w = \mathbf{0,00251 > 0,00078} = \rho_{w\ min}$$

<u>Strefa nr 2</u>

Początek i koniec strefy: x_a = 77,5 x_b = 155,0 cm
Maksymalny rozstawy strzemion:

s_{max} = 0,75 d = 0,75×272 = 204 $s_{max} \le$ 400 mm
przyjęto s_{max} = 204 mm.

Ze względu na pręty ściskane s_{max} = 15 ϕ = 15×16,0 = 240,0 mm.

Przyjęto strzemiona 2-cięte, prostopadłe do osi pręta o rozstawie **16,0** cm, dla których stopień zbrojenia na ścinanie wynosi:

$$\rho_w = A_{sw}/(s\ b_w \sin\alpha) = 1,01 / (16,0\times25,0\times1,000) = 0,00251$$

$$\rho_w = \mathbf{0,00251 > 0,00078} = \rho_{w\ min}$$

Ścinanie

zadanie pociąg11, pręt nr 1.

Przyjęto podparcie i obciążenie bezpośrednie.

Odcinek nr 1

Początek i koniec odcinka: $x_a = 0,0 \quad x_b = 77,5$ cm

Siły przekrojowe: $N_{Sd} = -1,1$;

$V_{Sd\,max} = 33,8$ kN

Siła poprzeczna w odległości *d* od podpory wynosi: $V_{Sd} = 30,6$ kN

Rodzaj odcinka:

$$\rho_L = \frac{A_{sL}}{b_w d} = \frac{8,04}{25,0 \times 27,2} = 0,01183; \qquad \rho_L \le 0,01$$

Przyjęto $\rho_L = 0,01000$.

$\sigma_{cp} = N_{Sd} / A_C = 1,1 / 833,20 \times 10 = 0,0$ MPa $\qquad \sigma_{cp} \le 0,2\, f_{cd}$

Przyjęto $\sigma_{cp} = 0,0$ MPa.

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

$= [0,35 \times 1,33 \times 0,90 \times (1,2+40 \times 0,01000) + 0,15 \times 0,0] \times 25,0 \times 27,2 \times 10^{-1} = 45,7$ kN

$V_{Sd} = 30,6 < 45,7 = V_{Rd1}$

Nośność odcinka I-go rodzaju:

$V_{Sd} =$ **30,6 < 45,7** $= V_{Rd1}$

$\nu = 0,6\,(1 - f_{ck} / 250) = 0,6 \times (1 - 16 / 250) = 0,562$

$V_{Rd2} = 0,5\, \nu\, f_{cd}\, b_w\, z = 0,5 \times 0,562 \times 10,7 \times 25,0 \times 22,9 \times 10^{-1} = 172,0$ kN

$\alpha_c = 1 + \sigma_{cp}/f_{cd} = 1 + 0,0/10,7 = 1,001$

$V_{Rd2,red} = \alpha_c\, VRd2 = 1,001 \times 172,0 = 172,2$ kN

Przyjęto $V_{Rd2,red} = 172,0$ kN

$V_{Sd} =$ **33,8 < 172,0** $= V_{Rd2,red}$

Nośność zbrojenia podłużnego

zadanie pociąg11, pręt nr 1.

Sprawdzenie siły przenoszonej przez zbrojenie rozciągane dla x = 1,484 m:

$\Delta F_{td} = 0,5\, |V_{Sd}|\, (\cot\theta - V_{Rd32} / V_{Rd3}\, \cot\alpha) = 0,5 \times -29,0 \times (1,000) = 14,5$ kN

Sumaryczna siła w zbrojeniu rozciąganym:

$F_{td} = F_{td,m} + \Delta F_{td} = 29,6 + 14,5 = 44,1$ kN;

$F_{td} \le F_{td,max} = 37,5$ kN

Przyjęto $F_{td} = 37,5$ kN

$F_{td} =$ **37,5 < 140,7** $= 4,02 \times 350 \times 10^{-1} = A_s\, f_{yd}$

Zarysowanie

zadanie pociąg11, pręt nr 1,

Położenie przekroju: x = 1,550 m

Siły przekrojowe: $M_{Sd} = -9,2$ kNm

$N_{Sd} = -1,1$ kN $\quad e = 839,2$ cm

$V_{Sd} = -29,6$ kN

Wymiary przekroju: $b_w = 25,0$ cm

$d = h - a_1 = 30,0 - 2,8 = 27,2$ cm

$A_c = 750\ cm^2$

$W_c = 3750\ cm^3$

Minimalne zbrojenie:

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

$$A_s = k_c\, k\, f_{ct,eff}\, A_{ct} / \sigma_{s,lim} =$$
$$= 0{,}4 \times 1{,}0 \times 1{,}9 \times 375 / 240 = 1{,}19\ cm^2$$

$$A_{s1} = \mathbf{4{,}02 > 1{,}19} = A_s$$

Zarysowanie:

$$M_{cr} = f_{ctm}\, W_c = 1{,}9 \times 3750 \times 10^{-3} = 7{,}1\ kNm$$

$$N_{cr} = \frac{f_{ctm}}{e / W_c - 1 / A_c} = \frac{1{,}9}{839{,}2/3750{,}00 - 1/750{,}00} \times 10^{-1} = -0{,}9\ kN$$

$$N_{Sd} = 1{,}1 > 0{,}9 = N_{cr}$$

Przekrój zarysowany.

Szerokość rozwarcia rysy prostopadłej do osi pręta:

Przyjęto $k_2 = 0{,}5$.

$$\rho_r = A_s / A_{ct,eff} = 4{,}02 / 175 = 0{,}02298$$

$$s_{rm} = 50 + 0{,}25\, k_1\, k_2\, \phi / \rho_r = 50 + 0{,}25 \times 0{,}8 \times 0{,}50 \times 16 / 0{,}02298 = 119{,}63$$

$$\varepsilon_{sm} = \sigma_s / E_s\, [1 - \beta_1 \beta_2\, (\sigma sr / \sigma s)^2] =$$
$$= 92{,}6/200000 \times [1 - 1{,}0 \times 0{,}5 \times (-0{,}9/1{,}1)^2] = 0{,}00032$$

$$w_k = \beta\, s_{rm}\, \varepsilon_{sm} = 1{,}7 \times 119{,}63 \times 0{,}00032 = 0{,}07\ mm$$

$$w_k = \mathbf{0{,}07 < 0{,}3} = w_{lim}$$

Szerokość rozwarcia rysy ukośnej:

Rysy ukośne nie występują.

Ugięcia

zadanie pociąg11, pręt nr 1

Ugięcia wyznaczono dla charakterystycznych obciążeń długotrwałych.

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

$$E_{c,eff} = \frac{E_{cm}}{1 + \phi(t, t_o)} = \frac{29000}{1 + 2{,}00} = 9667\ MPa$$

Moment rysujący:

$$M_{cr} = f_{ctm}\, W_c = 1{,}9 \times 3750 \times 10^{-3} = 7{,}1\ kNm$$

Całkowity moment zginający $M_{Sd} = 15{,}4$ kN powoduje zarysowanie przekroju.

Sztywność dla długotrwałego działania obciążeń długotrwałych:

Sztywność na zginanie wyznaczona dla momentu $M_{Sd} = 15{,}4$ kNm.

Wielkości geometryczne przekroju: $x_I = 16{,}0$ cm $I_I = 92369\ cm^4$

$x_{II} = 11{,}9$ cm $I_{II} = 59884\ cm^4$

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

$$= \frac{9667 \times 59884}{1 - 1{,}0 \times 0{,}5 \times (7{,}1/15{,}4)^2 \times (1 - 59884/92369)} \times 10^{-5} = 6015\ kNm^2$$

Wykres sztywności i momentów dla obciążeń długotrwałych.

Ugięcia.

Ugięcie w punkcie o współrzędnej x = 0,664 cm, wyznaczone poprzez całkowanie funkcji krzywizny osi pręta (1/ρ) z uwzględnieniem zmiany sztywności wzdłuż osi elementu, wynosi:

$a = a_{\infty,d} = 0,4$ mm

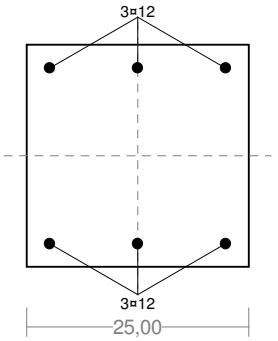
$a = \mathbf{0,4 < 6,2} = a_{lim}$

Poz.5 Słupy.

Poz.5.1 Słup pod poz.3.3.

Cechy przekroju:

zadanie nowe, pręt nr 5, przekrój: x_a=1,25 m, x_b=1,25 m



Wymiary przekroju [cm]:
h=25,0, b=25,0,
Cechy materiałowe dla sytuacji stałej lub przejściowej
BETON: **B20**
f_{ck}= **16,0** MPa, $f_{cd}=\alpha \cdot f_{ck}/\gamma_c$=1,00×16,0/1,50=**10,7** MPa
Cechy geometryczne przekroju betonowego:
A_c=**625** cm^2, J_{cx}=**32552** cm^4, J_{cy}=**32552** cm^4
STAL: **A-III** (**34GS**)
f_{yk}=410 MPa, γ_s=1,15, f_{yd}=350 MPa
$\xi_{lim}=0,0035/(0,0035+f_{yd}/E_s)=0,0035/(0,0035+350/200000)=0,667$,
Zbrojenie główne:
$A_{s1}+A_{s2}$=**6,79** cm^2, $\rho=100\,(A_{s1}+A_{s2})/A_c$ =100×6,79/625=**1,09** %,

J_{sx}=**665** cm^4, J_{sy}=**443** cm^4,

Siły przekrojowe:

zadanie: nowe, pręt nr 5, przekrój: x_a=1,25 m, x_b=1,25 m

Obciążenia działające w płaszczyźnie układu: **A**

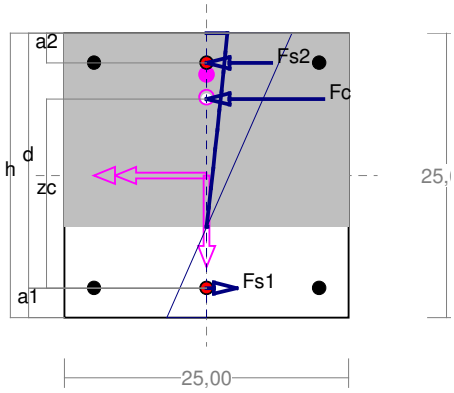
Momenty zginające:	M_x = -1,1 kNm,	M_y = 0,0 kNm,
Siły poprzeczne:	V_y = -2,7 kN,	V_x = 0,0 kN,
Siła osiowa:	N = -67,3 kN = N_{Sd}, .	

Zbrojenie wymagane:

(zadanie nowe, pręt nr 5, przekrój: x_a=0,00 m, x_b=2,50 m)

Obliczenia wykonano:

- z uwzględnieniem wkładek zbrojenia rzeczywistego (A_{s1}=3,39 cm^2, A_{s2}=3,39 cm^2,)



Wielkości obliczeniowe:

N_{Sd}=-65,3 kN,

$M_{Sd}=\sqrt{(M_{Sdx}^2+M_{Sdy}^2)}=\sqrt{(-5,8^2+0,0^2)}$ =5,8 kNm

f_{cd}=10,7 MPa, f_{yd}=350 MPa =f_{td},

Dodatkowe zbrojenie rozciągane nie jest obliczeniowo wymagane.

Dodatkowe zbrojenie ściskane nie jest obliczeniowo wymagane.

Wielkości geometryczne [cm]:

h=25,0, d=22,4, x=17,0 (ξ=0,760),

a_1=2,6, a_2=2,6, a_c=5,8, z_c=16,6, A_{cc}=426 cm^2,

ε_c=-0,26 ‰, ε_{s2}=-0,22 ‰, ε_{s1}=0,08 ‰,

Wielkości statyczne [kN, kNm]:

F_c= -55,9, F_{s1} = 5,6, F_{s2} = -14,9,

M_c= 3,8, M_{s1} = 0,6, M_{s2} = 1,5,

Warunki równowagi wewnętrznej:

$F_c+F_{s1}+F_{s2}$=-55,9+(5,6)+(-14,9)=-65,2 kN (N_{Sd}=-65,3 kN)

$M_c+M_{s1}+M_{s2}$=3,8+(0,6)+(1,5)=5,8 kNm (M_{Sd}=5,8 kNm)

Długości wyboczeniowe pręta:

zadanie nowe, pręt nr 5

- **przy wyboczeniu w płaszczyźnie układu:**

podatności węzłów ustalone według załącznika C normy, współczynnik β obliczono jak dla pręta dwustronnie zamocowanego w układzie nieprzesuwnym

ze wzoru (C.1) $l_o = \beta\, l_{col}$, l_{col}=2,500 m,

podatności węzłów: κ_a =0,282 $\Rightarrow k_A=(1/\kappa_a-1)$=2,542, $\hat{e}_b$ =0,000 $\Rightarrow k_B=(1/\kappa_b-1)=\infty$,

$\beta = 0,5 + 0,25/(k_A+1) + 0,25/(k_B+1) = 0,5 + 0,25/(2,542+1) + 0,25/(\infty+1) = 0,571 \Rightarrow l_o = 0,571\times 2,500 =$ 1,426 m

- **przy wyboczeniu w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny układu:**

podatności węzłów ustalone według załącznika C normy, współczynnik β obliczono jak dla pręta swobodnego:

ze wzoru (C.1) $l_o = \beta\, l_{col}$, l_{col}=2,500 m,

podatności węzłów: κ_a =1,000 $\Rightarrow k_A=(1/\kappa_a-1)$=0,000, $\hat{e}_b$ =1,000 $\Rightarrow k_B=(1/\kappa_b-1)$=0,000,

β=1,000 $\Rightarrow l_o = 1,000\times 2,500 = 2,500$ m

Uwzględnienie wpływu smukłości pręta:

zadanie nowe, pręt nr 5

- **w płaszczyźnie ustroju:**

mimośród niezamierzony: (l_{col}=2,500 m, h=0,250 m) $e_a = \max\left\langle \frac{l_{col}}{600}, \frac{h}{30}, 0,01 \right\rangle = \max\langle 0,004, 0,008, 0,010\rangle$

=0,010 m, przyjęto: e_a=0,020 m,

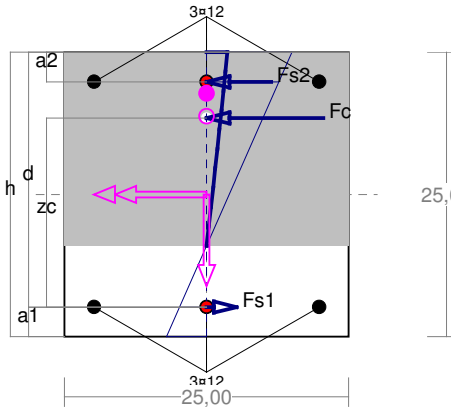
uwzględnienie wpływu smukłości nie jest wymagane,

- **w płaszczyźnie prostopadłej do ustroju:**

uwzględnienie wpływu smukłości zaniechano

Nośność przekroju prostopadłego:

zadanie nowe, pręt nr 5, przekrój: x_a=0,00 m, x_b=2,50 m



Wielkości obliczeniowe:
N_{Sd}=-65,2 kN,
$M_{Sd}=\sqrt{(M_{Sdx}^2+M_{Sdy}^2)}=\sqrt{(-5,8^2+0,0^2)}$ =5,8 kNm
f_{cd}=10,7 MPa, f_{yd}=350 MPa =f_{td},
Zbrojenie rozciągane: A_{s1}=**3,39** cm^2,
Zbrojenie ściskane: A_{s2}=**3,39** cm^2,
$A_s=A_{s1}+A_{s2}$=6,79 cm^2, $\rho=100\times A_s/A_c$= 100×6,79/625=1,09 %

Wielkości geometryczne [cm]:
h=25,0, d=22,4, x=17,0 (ξ=0,759),
a_1=2,6, a_2=2,6, a_c=5,8, z_c=16,6, A_{cc}=422 cm^2,
ε_c=-0,26 ‰, ε_{s2}=-0,22 ‰, ε_{s1}=0,08 ‰,

Wielkości statyczne [kN, kNm]:
F_c= -55,9, F_{s1} = 5,6, F_{s2} = -15,0,
M_c= 3,8, M_{s1} = 0,6, M_{s2} = 1,5,

Warunek stanu granicznego nośności:
N_{Rd} = **-426,2 kN** > $N_{Sd}=F_c+F_{s1}+F_{s2}$=-55,9+(5,6)+(-15,0)=**-65,2** kN

Zbrojenie poprzeczne (strzemiona)

zadanie nowe, pręt nr 5

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

Minimalny stopień zbrojenia na ścinanie:

$$\rho_{w,min} = 0,08\ \sqrt{f_{ck}}\ /\ f_{yk} = 0,08\times\sqrt{16}\ /\ 410 = 0,00078$$

Rozstaw strzemion:

Strefa nr 1

Początek i koniec strefy: x_a = 0,0 x_b = 250,0 cm
Maksymalny rozstawy strzemion:

s_{max} = 0,75 d = 0,75×224 = 168 $s_{max} \le$ 400 mm
przyjęto s_{max} = 168 mm.

Ze względu na pręty ściskane s_{max} = 15 ϕ = 15×12,0 = 180,0 mm.

Przyjęto strzemiona 2-cięte, prostopadłe do osi pręta o rozstawie **16,0** cm, dla których stopień zbrojenia na ścinanie wynosi:

$$\rho_w = A_{sw}/(s\ b_w \sin\alpha) = 1,01 / (16,0\times25,0\times1,000) = 0,00251$$

$$\rho_w = \mathbf{0,00251 > 0,00078} = \rho_{w\ min}$$

Ścinanie

zadanie nowe, pręt nr 5.

Przyjęto podparcie i obciążenie bezpośrednie.

Odcinek nr 3

Początek i koniec odcinka: x_a = 83,3 x_b = 125,0 cm
Siły przekrojowe: N_{Sd} = -67,3;
$V_{Sd\ max}$ = -2,7 kN

Rodzaj odcinka:

$$\rho_L = \frac{A_{sL}}{b_w d} = \frac{3,39}{25,0\times22,4} = 0,00606; \qquad \rho_L \le 0,01$$

Przyjęto ρ_L = 0,00606.

$$\sigma_{cp} = N_{Sd} / A_C = 67,3 / 671,80 \times 10 = 1,0\ \text{MPa} \qquad \sigma_{cp} \le 0,2\ f_{cd}$$

Przyjęto σ_{cp} = 1,0 MPa.

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

$= [0,35 \times 1,38 \times 0,90 \times (1,2+40 \times 0,00606) + 0,15 \times 1,0] \times 25,0 \times 22,4 \times 10^{-1} = 43,5$ kN

$V_{Sd} = 2,7 < 43,5 = V_{Rd1}$

Nośność odcinka I-go rodzaju:

$V_{Sd} =$ **2,7 < 43,5** $= V_{Rd1}$

$\nu = 0,6\ (1 - f_{ck} / 250) = 0,6 \times (1 - 16 / 250) = 0,562$

$V_{Rd2} = 0,5\ \nu\ f_{cd}\ b_w\ z = 0,5 \times 0,562 \times 10,7 \times 25,0 \times 13,1 \times 10^{-1} = 98,1$ kN

$\alpha_c = 1 + \sigma_{cp}/f_{cd} = 1 + 1,0/10,7 = 1,094$

$V_{Rd2,red} = \alpha_c$ VRd2 $= 1,094 \times 98,1 = 107,3$ kN

Przyjęto $V_{Rd2,red} = 98,1$ kN

$V_{Sd} =$ **2,7 < 98,1** $= V_{Rd2,red}$

Nośność zbrojenia podłużnego

zadanie nowe, pręt nr 5.

Sprawdzenie siły przenoszonej przez zbrojenie rozciągane dla x = 0,000 m:

$\Delta F_{td} = 0,5\ |V_{Sd}|\ (\cot\theta - V_{Rd32} / V_{Rd3}\ \cot\alpha) = 0,5 \times -2,7 \times (1,000) = 1,3$ kN

Sumaryczna siła w zbrojeniu rozciąganym:

$F_{td} = F_{td,m} + \Delta F_{td} = 5,6 + 1,3 = 6,9$ kN;

$F_{td} \le F_{td,max} = 5,6$ kN

Przyjęto $F_{td} = 5,6$ kN

$F_{td} =$ **5,6 < 118,8** $= 3,39 \times 350 \times 10^{-1} = A_s\ f_{yd}$

Zarysowanie

zadanie nowe, pręt nr 5,

Położenie przekroju:	x = 0,000 m
Siły przekrojowe:	$M_{Sd} = 4,4$ kNm
	$N_{Sd} = -64,5$ kN e = 8,9 cm
	$V_{Sd} = -2,6$ kN
Wymiary przekroju:	$b_w = 25,0$ cm
	$d = h - a_1 = 25,0 - 2,6 = 22,4$ cm
	$A_c = 625$ cm^2
	$W_c = 2604$ cm^3

Minimalne zbrojenie:

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

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

$= 0,4 \times 1,0 \times 1,9 \times 312 / 280 = 0,85$ cm^2

$A_{s1} =$ **3,39 > 0,85** $= A_s$

Zarysowanie:

$M_{cr} = f_{ctm}\ W_c = 1,9 \times 2604 \times 10^{-3} = 4,9$ kNm

$$N_{cr} = \frac{f_{ctm}}{e / W_c - 1 / A_c} = \frac{1,9}{8,9/2604,17 - 1/625,00} \times 10^{-1} = -105,0 \text{ kN}$$

$N_{Sd} = 64,5 < 105,0 = N_{cr}$

Przekrój niezarysowany.

Szerokość rozwarcia rysy ukośnej:

Rysy ukośne nie występują.

Ugięcia

zadanie nowe, pręt nr 5

Ugięcia wyznaczono dla charakterystycznych obciążeń długotrwałych.

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

$$E_{c,eff} = \frac{E_{cm}}{1+\phi(t,t_o)} = \frac{29000}{1+2,00} = 9667 \text{ MPa}$$

Moment rysujący:

$$M_{cr} = f_{ctm} W_c = 1,9 \times 2604 \times 10^{-3} = 4,9 \text{ kNm}$$

Całkowity moment zginający $M_{Sd} = 4,4$ kN nie powoduje zarysowania przekroju.

Sztywność dla długotrwałego działania obciążeń długotrwałych:

Sztywność na zginanie wyznaczona dla momentu $M_{Sd} = 4,4$ kNm.

Wielkości geometryczne przekroju: $x_I = 12,5$ cm $I_I = 46312$ cm^4

$$B = E_{c,eff} I_I = 9667 \times 46312 \times 10^{-5} = 4477 \text{ kNm}^2$$

Wykres sztywności i momentów dla obciążeń długotrwałych.

Ugięcia.

Ugięcie w punkcie o współrzędnej x = 0,820 cm, wyznaczone poprzez całkowanie funkcji krzywizny osi pręta (1/ρ) z uwzględnieniem zmiany sztywności wzdłuż osi elementu, wynosi:

$a = a_{\infty,d} = 0,2$ mm

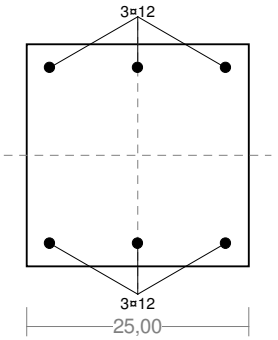
$a = \mathbf{0,2 < 10,0} = a_{lim}$

Reakcje podporowe
R = 69,4 kN
M = 2,20 kNm
H = 2,70 kN

Poz.5.2 Słup pod poz.3.4.

Cechy przekroju:

zadanie nowe, pręt nr 5, przekrój: x_a=0,01 m, x_b=2,89 m



Wymiary przekroju [cm]:
h=25,0, b=25,0,
Cechy materiałowe dla sytuacji stałej lub przejściowej
BETON: **B20**
f_{ck}= **16,0** MPa, $f_{cd}=\alpha \cdot f_{ck}/\gamma_c$=1,00×16,0/1,50=**10,7** MPa
Cechy geometryczne przekroju betonowego:
A_c=**625** cm^2, J_{cx}=**32552** cm^4, J_{cy}=**32552** cm^4
STAL: **A-III** (**34GS**)
f_{yk}=410 MPa, γ_s=1,15, f_{yd}=350 MPa
$\xi_{lim}=0,0035/(0,0035+f_{yd}/E_s)=0,0035/(0,0035+350/200000)=0,667$,
Zbrojenie główne:
$A_{s1}+A_{s2}$=**6,79** cm^2, $\rho=100\ (A_{s1}+A_{s2})/A_c$ =100×6,79/625=**1,09** %,

J_{sx}=**665** cm^4, J_{sy}=**443** cm^4,

Siły przekrojowe:

zadanie: nowe, pręt nr 5, przekrój: x_a=0,01 m, x_b=2,89 m

Obciążenia działające w płaszczyźnie układu: **A**

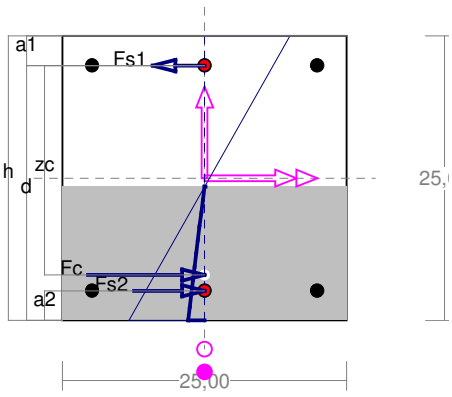
Momenty zginające:	M_x = 4,3 kNm,	M_y = 0,0 kNm,
Siły poprzeczne:	V_y = 2,6 kN,	V_x = 0,0 kN,
Siła osiowa:	N = -28,7 kN = N_{Sd}, .	

Zbrojenie wymagane:

(zadanie nowe, pręt nr 5, przekrój: x_a=0,01 m, x_b=2,89 m)

Obliczenia wykonano:

- z uwzględnieniem wkładek zbrojenia rzeczywistego (A_{s1}=3,39 cm^2, A_{s2}=3,39 cm^2,)



Wielkości obliczeniowe:
N_{Sd}=-28,7 kN,
$M_{Sd}=\sqrt{(M_{Sdx}^2+M_{Sdy}^2)}=\sqrt{(4,9^2+0,0^2)}$ =4,9 kNm
f_{cd}=10,7 MPa, f_{yd}=350 MPa =f_{td},
Dodatkowe zbrojenie rozciągane nie jest obliczeniowo wymagane.
Dodatkowe zbrojenie ściskane nie jest obliczeniowo wymagane.

Wielkości geometryczne [cm]:

h=25,0, d=22,4, x=11,8 (ξ=0,525),
a_1=2,6, a_2=2,6, a_c=4,0, z_c=18,4, A_{cc}=294 cm^2,
ε_c=-0,20 ‰, ε_{s2}=-0,16 ‰, ε_{s1}=0,18 ‰,

Wielkości statyczne [kN, kNm]:

F_c= -30,4, F_{s1} = 12,5, F_{s2} = -10,8,
M_c= 2,6, M_{s1} = 1,2, M_{s2} = 1,1,

Warunki równowagi wewnętrznej:

$F_c+F_{s1}+F_{s2}$=-30,4+(12,5)+(-10,8)=-28,7 kN (N_{Sd}=-28,7 kN)
$M_c+M_{s1}+M_{s2}$=2,6+(1,2)+(1,1)=4,9 kNm (M_{Sd}=4,9 kNm)

Długości wyboczeniowe pręta:

zadanie nowe, pręt nr 5

- **przy wyboczeniu w płaszczyźnie układu:**

podatności węzłów ustalone według załącznika C normy, współczynnik β obliczono jak dla pręta dwustronnie zamocowanego w układzie nieprzesuwnym

ze wzoru (C.1) $l_o = \beta\, l_{col}$, l_{col}=2,900 m,

podatności węzłów: κ_a =0,102 ⇒ k_A =(1/κ_a-1)=8,775, $\hat{e}_b$ =0,000 ⇒ k_B =(1/κ_b-1)=∞,

β = 0,5 + 0,25/(k_A+1) + 0,25/(k_B+1) = 0,5 + 0,25/(8,775+1) + 0,25/(∞+1) = 0,526 ⇒ l_o= 0,526×2,900 = 1,524 m

- **przy wyboczeniu w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny układu:**

podatności węzłów ustalone według załącznika C normy, współczynnik β obliczono jak dla pręta swobodnego:

ze wzoru (C.1) $l_o = \beta\, l_{col}$, l_{col}=2,900 m,

podatności węzłów: κ_a =1,000 ⇒ k_A =(1/κ_a -1)=0,000, $\hat{e}_b$ =1,000 ⇒ k_B =(1/κ_b-1)=0,000,

β=1,000 ⇒ l_o = 1,000×2,900 = 2,900 m

Uwzględnienie wpływu smukłości pręta:

zadanie nowe, pręt nr 5

- **w płaszczyźnie ustroju:**

mimośród niezamierzony: (l_{col}=2,900 m, h=0,250 m) $e_a = \max\left\langle \frac{l_{col}}{600}, \frac{h}{30}, 0,01 \right\rangle = \max\langle 0,005, 0,008, 0,010\rangle$

=0,010 m, przyjęto: e_a=0,020 m,

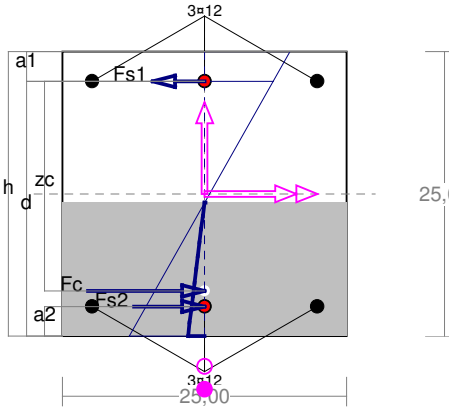
uwzględnienie wpływu smukłości nie jest wymagane,

- <u>w płaszczyźnie prostopadłej do ustroju:</u>

uwzględnienie wpływu smukłości zaniechano

Nośność przekroju prostopadłego:

zadanie nowe, pręt nr 5, przekrój: x_a=0,00 m, x_b=2,90 m



Wielkości obliczeniowe:

N_{Sd}=-28,7 kN,

$M_{Sd}=\sqrt{(M_{Sdx}^2+M_{Sdy}^2)}=\sqrt{(4,9^2+0,0^2)}$ =4,9 kNm

f_{cd}=10,7 MPa, f_{yd}=350 MPa =f_{td},

Zbrojenie rozciągane: A_{s1}=**3,39** cm^2,

Zbrojenie ściskane: A_{s2}=**3,39** cm^2,

$A_s=A_{s1}+A_{s2}$=6,79 cm^2, $\rho=100\times A_s/A_c$= 100×6,79/625=1,09 %

Wielkości geometryczne [cm]:

h=25,0, d=22,4, x=11,7 (ξ=0,524),

a_1=2,6, a_2=2,6, a_c=4,0, z_c=18,4, A_{cc}=290 cm^2,

ε_c=-0,20 ‰, ε_{s2}=-0,16 ‰, ε_{s1}=0,19 ‰,

Wielkości statyczne [kN, kNm]:

F_c= -30,5, F_{s1} = 12,6, F_{s2} = -10,8,

M_c= 2,6, M_{s1} = 1,3, M_{s2} = 1,1,

Warunek stanu granicznego nośności:

N_{Rd} = **-246,9 kN** > $N_{Sd}=F_c+F_{s1}+F_{s2}$=-30,5+(12,6)+(-10,8)=**-28,7** kN

Zbrojenie poprzeczne (strzemiona)

zadanie nowe, pręt nr 5

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

Minimalny stopień zbrojenia na ścinanie:

$$\rho_{w,min} = 0,08\ \sqrt{f_{ck}}\ /\ f_{yk} = 0,08\times\sqrt{16}\ /\ 410 = 0,00078$$

Rozstaw strzemion:

<u>Strefa nr 1</u>

Początek i koniec strefy: x_a = 0,0 x_b = 290,0 cm

Maksymalny rozstawy strzemion:

$s_{max} = 0,75\ d = 0,75\times224 = 168$ $s_{max} \le 400$ mm

przyjęto s_{max} = 168 mm.

Ze względu na pręty ściskane $s_{max} = 15\ \phi = 15\times12,0 = 180,0$ mm.

Przyjęto strzemiona 2-cięte, prostopadłe do osi pręta o rozstawie **16,0** cm, dla których stopień zbrojenia na ścinanie wynosi:

$$\rho_w = A_{sw}/(s\ b_w \sin\alpha) = 1,01\ /\ (16,0\times25,0\times1,000) = 0,00251$$

$$\rho_w = \mathbf{0,00251 > 0,00078} = \rho_{w\ min}$$

Ścinanie

zadanie nowe, pręt nr 5.

Przyjęto podparcie i obciążenie bezpośrednie.

<u>Odcinek nr 1</u>

Początek i koniec odcinka: x_a = 0,0 x_b = 41,4 cm

Siły przekrojowe: N_{Sd} = -29,4;

$V_{Sd\ max}$ = 2,6 kN

Siła poprzeczna w odległości *d* od podpory wynosi: V_{Sd} = 2,6 kN

Rodzaj odcinka:

$$\rho_L = \frac{A_{sL}}{b_w d} = \frac{3,39}{25,0 \times 22,4} = 0,00606; \qquad \rho_L \le 0,01$$

Przyjęto $\rho_L = 0,00606$.

$\sigma_{cp} = N_{Sd} / A_C = 29,4 / 671,80 \times 10 = 0,4$ MPa $\qquad \sigma_{cp} \le 0,2\, f_{cd}$

Przyjęto $\sigma_{cp} = 0,4$ MPa.

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

$= [0,35 \times 1,38 \times 0,90 \times (1,2+40 \times 0,00606) + 0,15 \times 0,4] \times 25,0 \times 22,4 \times 10^{-1} = 38,8$ kN

$V_{Sd} = 2,6 < 38,8 = V_{Rd1}$

Nośność odcinka I-go rodzaju:

$V_{Sd} =$ **2,6 < 38,8** $= V_{Rd1}$

$\nu = 0,6\, (1 - f_{ck} / 250) = 0,6 \times (1 - 16 / 250) = 0,562$

$V_{Rd2} = 0,5\, \nu\, f_{cd}\, b_w\, z = 0,5 \times 0,562 \times 10,7 \times 25,0 \times 17,8 \times 10^{-1} = 133,9$ kN

$\alpha_c = 1 + \sigma_{cp}/f_{cd} = 1 + 0,4/10,7 = 1,041$

$V_{Rd2,red} = \alpha_c$ VRd2 $= 1,041 \times 133,9 = 139,4$ kN

Przyjęto $V_{Rd2,red} = 133,9$ kN

$V_{Sd} =$ **2,6 < 133,9** $= V_{Rd2,red}$

Nośność zbrojenia podłużnego

zadanie nowe, pręt nr 5.

Sprawdzenie siły przenoszonej przez zbrojenie rozciągane dla x = 0,000 m:

$\Delta F_{td} = 0,5\, |V_{Sd}|\, (\cot\theta - V_{Rd32} / V_{Rd3}\, \cot\alpha) = 0,5 \times 2,6 \times (1,000) = 1,3$ kN

Sumaryczna siła w zbrojeniu rozciąganym:

$F_{td} = F_{td,m} + \Delta F_{td} = 12,6 + 1,3 = 13,9$ kN;

$F_{td} \le F_{td,max} = 12,6$ kN

Przyjęto $F_{td} = 12,6$ kN

$F_{td} =$ **12,6 < 118,8** $= 3,39 \times 350 \times 10^{-1} = A_s\, f_{yd}$

Zarysowanie

zadanie nowe, pręt nr 5,

Położenie przekroju:	x = 0,000 m
Siły przekrojowe:	$M_{Sd} = -4,3$ kNm
	$N_{Sd} = -28,4$ kN e = 17,2 cm
	$V_{Sd} = 2,5$ kN
Wymiary przekroju:	$b_w = 25,0$ cm
	$d = h - a_1 = 25,0 - 2,6 = 22,4$ cm
	$A_c = 625$ cm^2
	$W_c = 2604$ cm^3

Minimalne zbrojenie:

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

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

$= 0,4 \times 1,0 \times 1,9 \times 312 / 280 = 0,85$ cm^2

$A_{s1} =$ **3,39 > 0,85** $= A_s$

Zarysowanie:

$M_{cr} = f_{ctm}\, W_c = 1,9 \times 2604 \times 10^{-3} = 4,9$ kNm

$$N_{cr} = \frac{f_{ctm}}{e/W_c - 1/A_c} = \frac{1,9}{17,2/2604,17 - 1/625,00} \times 10^{-1} = -38,0 \text{ kN}$$

$N_{Sd} = 28,4 < 38,0 = N_{cr}$

Przekrój niezarysowany.

Szerokość rozwarcia rysy ukośnej:

Rysy ukośne nie występują.

Ugięcia

zadanie nowe, pręt nr 5

Ugięcia wyznaczono dla charakterystycznych obciążeń długotrwałych.

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

$$E_{c,eff} = \frac{E_{cm}}{1 + \phi(t, t_o)} = \frac{29000}{1 + 2,00} = 9667 \text{ MPa}$$

Moment rysujący:

$M_{cr} = f_{ctm} W_c = 1,9 \times 2604 \times 10^{-3} = 4,9$ kNm

Całkowity moment zginający $M_{Sd} = -4,3$ kN nie powoduje zarysowania przekroju.

Sztywność dla długotrwałego działania obciążeń długotrwałych:

Sztywność na zginanie wyznaczona dla momentu $M_{Sd} = -4,3$ kNm.

Wielkości geometryczne przekroju: $x_I = 12,5$ cm $I_I = 46312$ cm^4

$B = E_{c,eff} I_I = 9667 \times 46312 \times 10^{-5} = 4477$ kNm^2

Wykres sztywności i momentów dla obciążeń długotrwałych.

Ugięcia.

Ugięcie w punkcie o współrzędnej x = 0,363 cm, wyznaczone poprzez całkowanie funkcji krzywizny osi pręta ($1/\rho$) z uwzględnieniem zmiany sztywności wzdłuż osi elementu, wynosi:

$a = a_{\infty,d} = 0,6$ mm

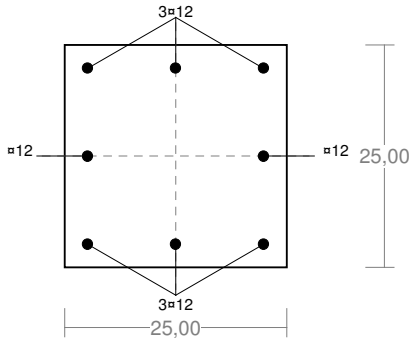
$a = \mathbf{0,6 < 11,6} = a_{lim}$

Reakcje podporowe
R = 33,5 kN
M = 3,10 kNm
H = 0,20 kN

Poz.5.3 Słup narożnikowy.

Cechy przekroju:

zadanie nadproże4, pręt nr 6, przekrój: x_a=1,45 m, x_b=1,45 m



Wymiary przekroju [cm]:
h=25,0, b=25,0,
Cechy materiałowe dla sytuacji stałej lub przejściowej
BETON: **B20**
f_{ck}= **16,0** MPa, $f_{cd}=\alpha \cdot f_{ck}/\gamma_c$=1,00×16,0/1,50=**10,7** MPa
Cechy geometryczne przekroju betonowego:
A_c=**625** cm^2, J_{cx}=**32552** cm^4, J_{cy}=**32552** cm^4
STAL: **A-III** (**34GS**)
f_{yk}=410 MPa, γ_s=1,15, f_{yd}=350 MPa
$\xi_{lim}=0{,}0035/(0{,}0035+f_{yd}/E_s)=0{,}0035/(0{,}0035+350/200000)=0{,}667$,
Zbrojenie główne:
$A_{s1}+A_{s2}$=**9,05** cm^2, $\rho=100\,(A_{s1}+A_{s2})/A_c$ =100×9,05/625=**1,45** %,

J_{sx}=**665** cm^4, J_{sy}=**665** cm^4,

Siły przekrojowe:

zadanie: nadproże4, pręt nr 6, przekrój: x_a=0,00 m, x_b=2,90 m

Obciążenia działające w płaszczyźnie układu: **A**

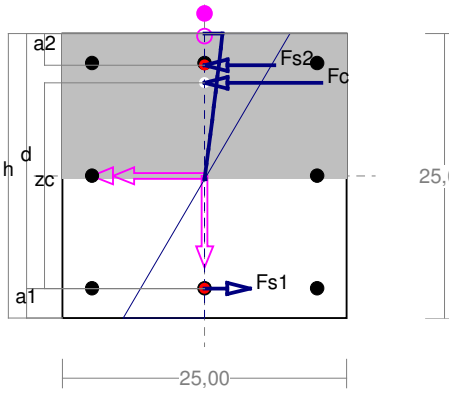
Momenty zginające:	M_x = -4,5 kNm,	M_y = 0,0 kNm,
Siły poprzeczne:	V_y = -2,0 kN,	V_x = 0,0 kN,
Siła osiowa:	N = -36,8 kN = N_{Sd}, .	

Zbrojenie wymagane:

(zadanie nadproże4, pręt nr 6, przekrój: x_a=0,00 m, x_b=2,90 m)

Obliczenia wykonano:

- z uwzględnieniem wkładek zbrojenia rzeczywistego (A_{s1}=3,39 cm^2, A_{s2}=5,65 cm^2,)



Wielkości obliczeniowe:
N_{Sd}=-36,8 kN,
$M_{Sd}=\sqrt{(M_{Sdx}^2+M_{Sdy}^2)}=\sqrt{(-5{,}2^2+0{,}0^2)}$ =5,2 kNm
f_{cd}=10,7 MPa, f_{yd}=350 MPa =f_{td},
Dodatkowe zbrojenie rozciągane nie jest obliczeniowo wymagane.
Dodatkowe zbrojenie ściskane nie jest obliczeniowo wymagane.
Wielkości geometryczne [cm]:
h=25,0, d=22,4, x=12,8 (ξ=0,570),
a_1=2,6, a_2=2,8, a_c=4,3, z_c=18,1, A_{cc}=319 cm^2,
ε_c=-0,22 ‰, ε_{s2}=-0,18 ‰, ε_{s1}=0,17 ‰,
Wielkości statyczne [kN, kNm]:
F_c= -35,9, F_{s1} = 11,3, F_{s2} = -12,2,
M_c= 2,9, M_{s1} = 1,1, M_{s2} = 1,2,

Warunki równowagi wewnętrznej:
$F_c+F_{s1}+F_{s2}$=-35,9+(11,3)+(-12,2)=-36,8 kN (N_{Sd}=-36,8 kN)
$M_c+M_{s1}+M_{s2}$=2,9+(1,1)+(1,2)=5,2 kNm (M_{Sd}=5,2 kNm)

Długości wyboczeniowe pręta:

zadanie nadproże4, pręt nr 6

- **przy wyboczeniu w płaszczyźnie układu:**

podatności węzłów ustalone według załącznika C normy, współczynnik β obliczono jak dla pręta dwustronnie zamocowanego w układzie nieprzesuwnym

ze wzoru (C.1) $l_o = \beta\, l_{col}$, l_{col}=2,900 m,

podatności węzłów: κ_a =0,382 $\Rightarrow$ k_A =(1/κ_a-1)=1,617, $\hat{e}_b$ =0,000 $\Rightarrow$ k_B =(1/κ_b-1)=∞,

β = 0,5 + 0,25/(k_A+1) + 0,25/(k_B+1) = 0,5 + 0,25/(1,617+1) + 0,25/(∞+1) = 0,596 $\Rightarrow$ l_o= 0,596×2,900 = 1,727 m

- przy wyboczeniu w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny układu:

podatności węzłów ustalone według załącznika C normy, współczynnik β obliczono jak dla pręta swobodnego:

ze wzoru (C.1) $l_o = \beta\, l_{col}$, l_{col}=2,900 m,

podatności węzłów: κ_a =1,000 $\Rightarrow$ k_A =(1/κ_a -1)=0,000, $\hat{e}_b$ =1,000 $\Rightarrow$ k_B =(1/κ_b-1)=0,000,

β=1,000 $\Rightarrow$ l_o = 1,000×2,900 = 2,900 m

Uwzględnienie wpływu smukłości pręta:

zadanie nadproże4, pręt nr 6

- w płaszczyźnie ustroju:

mimośród niezamierzony: (l_{col}=2,900 m, h=0,250 m) $e_a = \max\left\langle \frac{l_{col}}{600}, \frac{h}{30}, 0{,}01 \right\rangle = \max\langle 0{,}005,\ 0{,}008,\ 0{,}010\rangle$

=0,010 m, przyjęto: e_a=0,020 m,

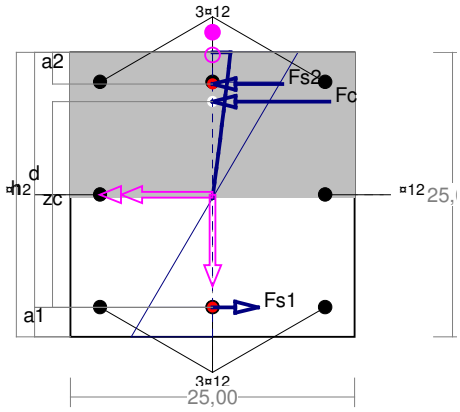
uwzględnienie wpływu smukłości nie jest wymagane,

- w płaszczyźnie prostopadłej do ustroju:

uwzględnienie wpływu smukłości zaniechano

Nośność przekroju prostopadłego:

zadanie nadproże4, pręt nr 6, przekrój: x_a=0,00 m, x_b=2,90 m



Wielkości obliczeniowe:
N_{Sd}=-36,8 kN,
$M_{Sd}=\sqrt{(M_{Sdx}^2+M_{Sdy}^2)}=\sqrt{(-5{,}2^2+0{,}0^2)}$ =5,2 kNm
f_{cd}=10,7 MPa, f_{yd}=350 MPa =f_{td},
Zbrojenie rozciągane: A_{s1}=**3,39** cm^2,
Zbrojenie ściskane: A_{s2}=**5,65** cm^2,
$A_s=A_{s1}+A_{s2}$=9,05 cm^2, ρ=100×A_s/A_c= 100×9,05/625=1,45 %

Wielkości geometryczne [cm]:
h=25,0, d=22,4, x=12,8 (ξ=0,570),
a_1=2,6, a_2=2,8, a_c=4,3, z_c=18,1, A_{cc}=314 cm^2,
ε_c=-0,22 ‰, ε_{s2}=-0,18 ‰, ε_{s1}=0,17 ‰,

Wielkości statyczne [kN, kNm]:
F_c= -35,9, F_{s1} = 11,3, F_{s2} = -12,2,
M_c= 2,9, M_{s1} = 1,1, M_{s2} = 1,2,

Warunek stanu granicznego nośności:
N_{Rd} = **-303,7 kN** > N_{Sd} =F_c+F_{s1}+F_{s2}=-35,9+(11,3)+(-12,2)=**-36,8** kN

Zbrojenie poprzeczne (strzemiona)

zadanie nadproże4, pręt nr 6

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

Minimalny stopień zbrojenia na ścinanie:

$$\rho_{w,min} = 0{,}08\ \sqrt{f_{ck}}\ /\ f_{yk} = 0{,}08\times\sqrt{16}\ /\ 410 = 0{,}00078$$

Rozstaw strzemion:

Strefa nr 1

Początek i koniec strefy: x_a = 0,0 x_b = 290,0 cm
Maksymalny rozstawy strzemion:

$s_{max} = 0{,}75\ d = 0{,}75 \times 224 = 168 \quad s_{max} \le 400$ mm
przyjęto $s_{max} = 168$ mm.

Ze względu na pręty ściskane $s_{max} = 15\ \phi = 15 \times 12{,}0 = 180{,}0$ mm.

Przyjęto strzemiona 2-cięte, prostopadłe do osi pręta o rozstawie **16,0** cm, dla których stopień zbrojenia na ścinanie wynosi:

$$\rho_w = A_{sw} / (s\ b_w \sin\alpha) = 1{,}01 / (16{,}0 \times 25{,}0 \times 1{,}000) = 0{,}00251$$

$$\rho_w = \mathbf{0{,}00251 > 0{,}00078} = \rho_{w\,min}$$

Ścinanie

zadanie nadproże4, pręt nr 6.

Przyjęto podparcie i obciążenie bezpośrednie.

Odcinek nr 2

Początek i koniec odcinka: $x_a = 41{,}4 \quad x_b = 82{,}9$ cm

Siły przekrojowe: $N_{Sd} = -38{,}1$;

$V_{Sd\,max} = -2{,}0$ kN

Rodzaj odcinka:

$$\rho_L = \frac{A_{sL}}{b_w d} = \frac{3{,}39}{25{,}0 \times 22{,}4} = 0{,}00606; \qquad \rho_L \le 0{,}01$$

Przyjęto $\rho_L = 0{,}00606$.

$$\sigma_{cp} = N_{Sd} / A_C = 38{,}1 / 671{,}80 \times 10 = 0{,}6\ \text{MPa} \qquad \sigma_{cp} \le 0{,}2\ f_{cd}$$

Przyjęto $\sigma_{cp} = 0{,}6$ MPa.

$$V_{Rd1} = [0{,}35\ k\ f_{ctd}\ (1{,}2 + 40\ \rho_L) + 0{,}15\ \sigma_{cp}]\ b_w\ d =$$
$$= [0{,}35 \times 1{,}38 \times 0{,}90 \times (1{,}2 + 40 \times 0{,}00606) + 0{,}15 \times 0{,}6] \times 25{,}0 \times 22{,}4 \times 10^{-1} = 39{,}9\ \text{kN}$$

$V_{Sd} = 2{,}0 < 39{,}9 = V_{Rd1}$

Nośność odcinka I-go rodzaju:

$V_{Sd} = \mathbf{2{,}0 < 39{,}9} = V_{Rd1}$

$\nu = 0{,}6\ (1 - f_{ck} / 250) = 0{,}6 \times (1 - 16 / 250) = 0{,}562$

$V_{Rd2} = 0{,}5\ \nu\ f_{cd}\ b_w\ z = 0{,}5 \times 0{,}562 \times 10{,}7 \times 25{,}0 \times 17{,}1 \times 10^{-1} = 128{,}2$ kN

$\alpha_c = 1 + \sigma_{cp}/f_{cd} = 1 + 0{,}6/10{,}7 = 1{,}053$

$V_{Rd2,red} = \alpha_c\ VRd2 = 1{,}053 \times 128{,}2 = 135{,}0$ kN

Przyjęto $V_{Rd2,red} = 128{,}2$ kN

$V_{Sd} = \mathbf{2{,}0 < 128{,}2} = V_{Rd2,red}$

Nośność zbrojenia podłużnego

zadanie nadproże4, pręt nr 6.

Sprawdzenie siły przenoszonej przez zbrojenie rozciągane dla x = 0,000 m:

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

Sumaryczna siła w zbrojeniu rozciąganym:

$F_{td} = F_{td,m} + \Delta F_{td} = 11{,}3 + 1{,}0 = 12{,}3$ kN;

$F_{td} \le F_{td,max} = 11{,}3$ kN

Przyjęto $F_{td} = 11{,}3$ kN

$F_{td} = \mathbf{11{,}3 < 118{,}8} = 3{,}39 \times 350 \times 10^{-1} = A_s\ f_{yd}$

Zarysowanie

zadanie nadproże4, pręt nr 6,

Położenie przekroju: x = 0,000 m

Siły przekrojowe: M_{Sd} = 4,5 kNm

N_{Sd} = -36,5 kN e = 14,2 cm

V_{Sd} = -2,0 kN

Wymiary przekroju: b_w = 25,0 cm

d = h - a_1 = 25,0 - 2,6 = 22,4 cm

A_c = 625 cm^2

W_c = 2604 cm^3

Minimalne zbrojenie:

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

$$A_s = k_c\, k\, f_{ct,eff}\, A_{ct} / \sigma_{s,lim} =$$
$$= 0{,}4\times 1{,}0\times 1{,}9\times 312 / 280 = 0{,}85\ cm^2$$

A_{s1} = **3,39 > 0,85** = A_s

Zarysowanie:

$$M_{cr} = f_{ctm}\, W_c = 1{,}9\times 2604 \times 10^{-3} = 4{,}9\ kNm$$

$$N_{cr} = \frac{f_{ctm}}{e / W_c - 1 / A_c} = \frac{1{,}9}{14{,}2/2604{,}17 - 1/625{,}00} \times 10^{-1} = -49{,}3\ kN$$

$N_{Sd} = 36{,}5 < 49{,}3 = N_{cr}$

Przekrój niezarysowany.

Szerokość rozwarcia rysy ukośnej:

Rysy ukośne nie występują.

Ugięcia

zadanie nadproże4, pręt nr 6

Ugięcia wyznaczono dla charakterystycznych obciążeń długotrwałych.

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

$$E_{c,eff} = \frac{E_{cm}}{1 + \phi(t, t_o)} = \frac{29000}{1 + 2{,}00} = 9667\ MPa$$

Moment rysujący:

$$M_{cr} = f_{ctm}\, W_c = 1{,}9\times 2604 \times 10^{-3} = 4{,}9\ kNm$$

Całkowity moment zginający M_{Sd} = 4,5 kN nie powoduje zarysowania przekroju.

Sztywność dla długotrwałego działania obciążeń długotrwałych:

Sztywność na zginanie wyznaczona dla momentu M_{Sd} = 4,5 kNm.

Wielkości geometryczne przekroju: x_I = 12,5 cm I_I = 46312 cm^4

$$B = E_{c,eff}\, I_I = 9667\times 46312 \times 10^{-5} = 4477\ kNm^2$$

Wykres sztywności i momentów dla obciążeń długotrwałych.

Ugięcia.

Ugięcie w punkcie o współrzędnej x = 0,000 cm, wyznaczone poprzez całkowanie funkcji krzywizny osi pręta (1/ρ) z uwzględnieniem zmiany sztywności wzdłuż osi elementu, wynosi:

a = $a_{\infty,d}$ = 0,2 mm

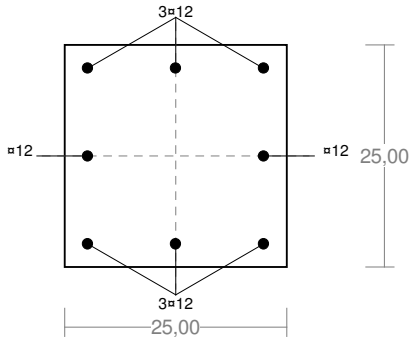
a = **0,2 < 11,6** = a_{lim}

Reakcje podporowe
R = 41,6 kN
M = 1,30 kNm
H = 2,0 kN

Poz.5.4 Słup pod poz.3.6.

Cechy przekroju:

zadanie nowe, pręt nr 3, przekrój: x_a=1,45 m, x_b=1,45 m



Wymiary przekroju [cm]:
h=25,0, b=25,0,
Cechy materiałowe dla sytuacji stałej lub przejściowej
BETON: **B20**
f_{ck}= **16,0** MPa, $f_{cd}=\alpha \cdot f_{ck}/\gamma_c$=1,00×16,0/1,50=**10,7** MPa
Cechy geometryczne przekroju betonowego:
A_c=**625** cm^2, J_{cx}=**32552** cm^4, J_{cy}=**32552** cm^4
STAL: **A-III** (**34GS**)
f_{yk}=410 MPa, γ_s=1,15, f_{yd}=350 MPa
$\xi_{lim}=0{,}0035/(0{,}0035+f_{yd}/E_s)=0{,}0035/(0{,}0035+350/200000)=0{,}667$,
Zbrojenie główne:
$A_{s1}+A_{s2}$=**9,05** cm^2, $\rho=100\ (A_{s1}+A_{s2})/A_c$ =100×9,05/625=**1,45** %,

J_{sx}=**665** cm^4, J_{sy}=**665** cm^4,

Siły przekrojowe:

zadanie: nowe, pręt nr 3, przekrój: x_a=1,45 m, x_b=1,45 m

Obciążenia działające w płaszczyźnie układu: **A**

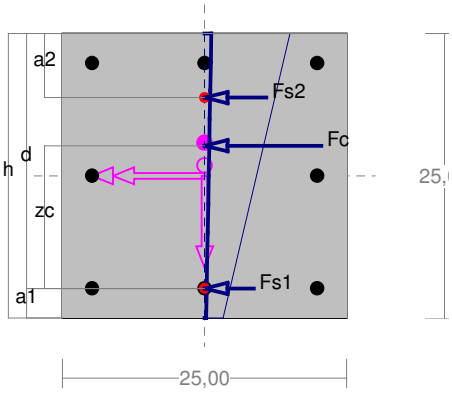
Momenty zginające:	M_x = -0,1 kNm,	M_y = 0,0 kNm,
Siły poprzeczne:	V_y = -0,2 kN,	V_x = 0,0 kN,
Siła osiowa:	N = -42,7 kN = N_{Sd}, .	

Zbrojenie wymagane:

(zadanie nowe, pręt nr 3, przekrój: x_a=0,00 m, x_b=2,90 m)

Obliczenia wykonano:

- z uwzględnieniem wkładek zbrojenia rzeczywistego (A_{s1}=3,39 cm^2, A_{s2}=5,65 cm^2,)



Wielkości obliczeniowe:
N_{Sd}=-40,3 kN,
$M_{Sd}=\sqrt{(M_{Sdx}^2+M_{Sdy}^2)}=\sqrt{(-1{,}2^2+0{,}0^2)}$ =1,2 kNm
f_{cd}=10,7 MPa, f_{yd}=350 MPa =f_{td},
Dodatkowe zbrojenie mniej ściskane nie jest obliczeniowo wymagane.
Dodatkowe zbrojenie ściskane nie jest obliczeniowo wymagane.
Wielkości geometryczne [cm]:
h=25,0, d=22,4, x=31,9 (ξ=1,422),
a_1=2,6, a_2=5,6, a_c=9,9, z_c=12,5, A_{cc}=625 cm^2,
ε_c=-0,08 ‰, ε_{s2}=-0,07 ‰, ε_{s1}=-0,02 ‰,
Wielkości statyczne [kN, kNm]:
F_c= -31,5, F_{s1} = -1,6, F_{s2} = -7,2,
M_c= 0,8, M_{s1} = -0,2, M_{s2} = 0,5,

Warunki równowagi wewnętrznej:

$F_c+F_{s1}+F_{s2}$=-31,5+(-1,6)+(-7,2)=-40,3 kN (N_{Sd}=-40,3 kN)
$M_c+M_{s1}+M_{s2}$=0,8+(-0,2)+(0,5)=1,2 kNm (M_{Sd}=1,2 kNm)

Długości wyboczeniowe pręta:

zadanie nowe, pręt nr 3

- **przy wyboczeniu w płaszczyźnie układu:**

  podatności węzłów ustalone według załącznika C normy, współczynnik β obliczono jak dla pręta dwustronnie zamocowanego w układzie nieprzesuwnym

  ze wzoru (C.1) $l_o = \beta\, l_{col}$, l_{col}=2,900 m,

  podatności węzłów: κ_a =0,152 ⇒ $k_A = (1/\kappa_a - 1)$=5,585, $\hat{e}_b$ =0,000 ⇒ $k_B = (1/\kappa_b - 1)$=∞,

  $\beta = 0{,}5 + 0{,}25/(k_A+1) + 0{,}25/(k_B+1) = 0{,}5 + 0{,}25/(5{,}585+1) + 0{,}25/(\infty+1) = 0{,}538 \Rightarrow l_o = 0{,}538 \times 2{,}900 =$ 1,560 m

- **przy wyboczeniu w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny układu:**

  podatności węzłów ustalone według załącznika C normy, współczynnik β obliczono jak dla pręta swobodnego:

  ze wzoru (C.1) $l_o = \beta\, l_{col}$, l_{col}=2,900 m,

  podatności węzłów: κ_a =1,000 ⇒ $k_A = (1/\kappa_a - 1)$=0,000, $\hat{e}_b$ =1,000 ⇒ $k_B = (1/\kappa_b - 1)$=0,000,

  β=1,000 ⇒ l_o = 1,000×2,900 = 2,900 m

Uwzględnienie wpływu smukłości pręta:

zadanie nowe, pręt nr 3

- **w płaszczyźnie ustroju:**

  mimośród niezamierzony: (l_{col}=2,900 m, h=0,250 m) $e_a = \max\left\langle \frac{l_{col}}{600}, \frac{h}{30}, 0{,}01 \right\rangle = \max\langle 0{,}005,\ 0{,}008,\ 0{,}010\rangle$

  =0,010 m, przyjęto: e_a=0,020 m,

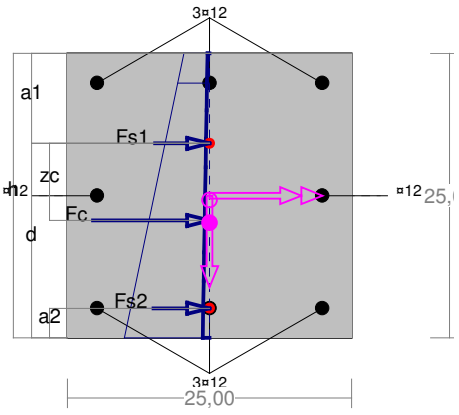
  uwzględnienie wpływu smukłości nie jest wymagane,

- **w płaszczyźnie prostopadłej do ustroju:**

  uwzględnienie wpływu smukłości zaniechano

Nośność przekroju prostopadłego:

zadanie nowe, pręt nr 3, przekrój: x_a=2,90 m, x_b=0,00 m



Wielkości obliczeniowe:
N_{Sd}=-45,0 kN,
$M_{Sd} = \sqrt{(M_{Sdx}^2 + M_{Sdy}^2)} = \sqrt{(1{,}1^2 + 0{,}0^2)}$ =1,1 kNm
f_{cd}=10,7 MPa, f_{yd}=350 MPa =f_{td},
Zbrojenie mniej ściskane: A_{s1}=**5,65** cm^2,
Zbrojenie ściskane: A_{s2}=**3,39** cm^2,
$A_s = A_{s1} + A_{s2}$=9,05 cm^2, $\rho = 100 \times A_s / A_c$= 100×9,05/625=1,45 %

Wielkości geometryczne [cm]:
h=25,0, d=17,1, x=27,3 (ξ=1,599),
a_1=7,9, a_2=2,6, a_c=10,3, z_c=6,8, A_{cc}=616 cm^2,
ε_c=-0,08 ‰, ε_{s2}=-0,08 ‰, ε_{s1}=-0,03 ‰,

Wielkości statyczne [kN, kNm]:
F_c= -35,2, F_{s1} = -4,6, F_{s2} = -5,2,
M_c= 0,8, M_{s1} = -0,2, M_{s2} = 0,5,

Warunek stanu granicznego nośności:
N_{Rd} = **-776,3 kN** > $N_{Sd} = F_c + F_{s1} + F_{s2}$=-35,2+(-4,6)+(-5,2)=**-45,0** kN

Zbrojenie poprzeczne (strzemiona)

zadanie nowe, pręt nr 3

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

Minimalny stopień zbrojenia na ścinanie:

$$\rho_{w,min} = 0{,}08\ \sqrt{f_{ck}}\ /\ f_{yk} = 0{,}08 \times \sqrt{16}\ /\ 410 = 0{,}00078$$

Rozstaw strzemion:

Strefa nr 1

Początek i koniec strefy: $x_a = 0,0$ $x_b = 290,0$ cm

Maksymalny rozstawy strzemion:

$s_{max} = 0,75\ d = 0,75 \times 224 = 168$ $s_{max} \le 400$ mm

przyjęto $s_{max} = 168$ mm.

Ze względu na pręty ściskane $s_{max} = 15\ \phi = 15 \times 12,0 = 180,0$ mm.

Przyjęto strzemiona 2-cięte, prostopadłe do osi pręta o rozstawie **16,0** cm, dla których stopień zbrojenia na ścinanie wynosi:

$$\rho_w = A_{sw} / (s\ b_w \sin\alpha) = 1,01 / (16,0 \times 25,0 \times 1,000) = 0,00251$$

$$\rho_w = \mathbf{0,00251 > 0,00078} = \rho_{w\ min}$$

Ścinanie

zadanie nowe, pręt nr 3.

Przyjęto podparcie i obciążenie bezpośrednie.

Odcinek nr 2

Początek i koniec odcinka: $x_a = 41,4$ $x_b = 82,9$ cm

Siły przekrojowe: $N_{Sd} = -41,6$;

$V_{Sd\ max} = -0,2$ kN

Rodzaj odcinka:

$$\rho_L = \frac{A_{sL}}{b_w d} = \frac{3,39}{25,0 \times 22,4} = 0,00606; \qquad \rho_L \le 0,01$$

Przyjęto $\rho_L = 0,00606$.

$\sigma_{cp} = N_{Sd} / A_C = 41,6 / 671,80 \times 10 = 0,6$ MPa $\qquad \sigma_{cp} \le 0,2\ f_{cd}$

Przyjęto $\sigma_{cp} = 0,6$ MPa.

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

$$= [0,35 \times 1,38 \times 0,90 \times (1,2 + 40 \times 0,00606) + 0,15 \times 0,6] \times 25,0 \times 22,4 \times 10^{-1} = 40,3 \text{ kN}$$

$V_{Sd} = 0,2 < 40,3 = V_{Rd1}$

Nośność odcinka I-go rodzaju:

$V_{Sd} = \mathbf{0,2 < 40,3} = V_{Rd1}$

$\nu = 0,6\ (1 - f_{ck} / 250) = 0,6 \times (1 - 16 / 250) = 0,562$

$V_{Rd2} = 0,5\ \nu\ f_{cd}\ b_w\ z = 0,5 \times 0,562 \times 10,7 \times 25,0 \times 6,8 \times 10^{-1} = 51,0$ kN

$\alpha_c = 1 + \sigma_{cp} / f_{cd} = 1 + 0,6 / 10,7 = 1,058$

$V_{Rd2,red} = \alpha_c\ VRd2 = 1,058 \times 51,0 = 54,0$ kN

Przyjęto $V_{Rd2,red} = 51,0$ kN

$V_{Sd} = \mathbf{0,2 < 51,0} = V_{Rd2,red}$

Nośność zbrojenia podłużnego

zadanie nowe, pręt nr 3.

Sprawdzenie siły przenoszonej przez zbrojenie rozciągane dla x = 0,621 m:

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

Sumaryczna siła w zbrojeniu rozciąganym:

$$F_{td} = F_{td,m} + \Delta F_{td} = 0,0 + 0,1 = 0,1 \text{ kN};$$

$F_{td} \le F_{td,max} = 0,0$ kN

Przyjęto $F_{td} = 0,0$ kN

$F_{td} = \mathbf{0,0 < 118,8} = 3,39 \times 350 \times 10^{-1} = A_s f_{yd}$

Zarysowanie

zadanie nowe, pręt nr 3,

Położenie przekroju:	x = 0,621 m
Siły przekrojowe:	M_{Sd} = 0,2 kNm
	N_{Sd} = -40,8 kN e = 2,6 cm
	V_{Sd} = -0,2 kN
Wymiary przekroju:	b_w = 25,0 cm
	d = h - a_1 = 25,0 - 2,6 = 22,4 cm
	A_c = 625 cm^2
	W_c = 2604 cm^3

Zarysowanie:

$M_{cr} = f_{ctm} W_c = 1,9 \times 2604 \times 10^{-3} = 4,9$ kNm

Przekrój niezarysowany - w przekroju występują wyłącznie naprężenia ściskające.

Szerokość rozwarcia rysy ukośnej:

Rysy ukośne nie występują.

Ugięcia

zadanie nowe, pręt nr 3

Ugięcia wyznaczono dla charakterystycznych obciążeń długotrwałych.

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

$$E_{c,eff} = \frac{E_{cm}}{1+\phi(t,t_o)} = \frac{29000}{1+2,00} = 9667 \text{ MPa}$$

Moment rysujący:

$M_{cr} = f_{ctm} W_c = 1,9 \times 2604 \times 10^{-3} = 4,9$ kNm

Całkowity moment zginający M_{Sd} = 0,4 kN nie powoduje zarysowania przekroju.

Sztywność dla długotrwałego działania obciążeń długotrwałych:

Sztywność na zginanie wyznaczona dla momentu M_{Sd} = 0,4 kNm.

Wielkości geometryczne przekroju: x_I = 12,5 cm I_I = 46312 cm^4

$B = E_{c,eff} I_I = 9667 \times 46312 \times 10^{-5} = 4477$ kNm^2

Wykres sztywności i momentów dla obciążeń długotrwałych.

Ugięcia.

Ugięcie w punkcie o współrzędnej x = 0,952 cm, wyznaczone poprzez całkowanie funkcji krzywizny osi pręta (1/ρ) z uwzględnieniem zmiany sztywności wzdłuż osi elementu, wynosi:

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

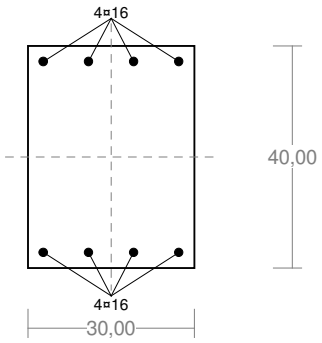
$a = \mathbf{0,0 < 11,6} = a_{lim}$

Reakcje podporowe
R = 45,0 kN
M = 0,20 kNm
H = 0,20 kN

Poz.5.5 Słup pod poz.4.2.- zewnętrzny.

Cechy przekroju:

zadanie nowe, pręt nr 4, przekrój: x_a=0,81 m, x_b=2,44 m



Wymiary przekroju [cm]:
h=40,0, b=30,0,
Cechy materiałowe dla sytuacji stałej lub przejściowej
BETON: **B20**
f_{ck}= **16,0** MPa, $f_{cd}=\alpha \cdot f_{ck}/\gamma_c$=1,00×16,0/1,50=**10,7** MPa
Cechy geometryczne przekroju betonowego:
A_c=**1200** cm^2, J_{cx}=**160000** cm^4, J_{cy}=**90000** cm^4
STAL: **A-III** (**34GS**)
f_{yk}=410 MPa, γ_s=1,15, f_{yd}=350 MPa
$\xi_{lim}=0{,}0035/(0{,}0035+f_{yd}/E_s)=0{,}0035/(0{,}0035+350/200000)=0{,}667$,
Zbrojenie główne:
$A_{s1}+A_{s2}$=**16,08** cm^2, $\rho=100\,(A_{s1}+A_{s2})/A_c$ =100×16,08/1200=**1,34** %,

J_{sx}=**4759** cm^4, J_{sy}=**1330** cm^4,

Siły przekrojowe:

zadanie: nowe, pręt nr 4, przekrój: x_a=0,81 m, x_b=2,44 m

Obciążenia działające w płaszczyźnie układu: **A**

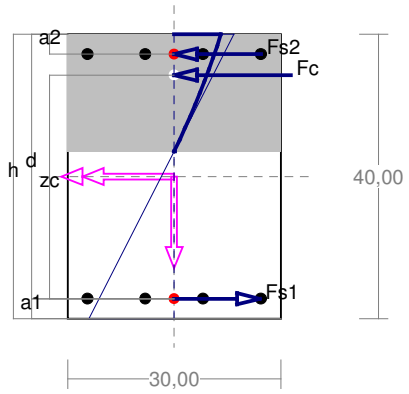
Momenty zginające:	M_x = -36,4 kNm,	M_y = 0,0 kNm,
Siły poprzeczne:	V_y = -26,6 kN,	V_x = 0,0 kN,
Siła osiowa:	N = -107,5 kN = N_{Sd}, .	

Zbrojenie wymagane:

(zadanie nowe, pręt nr 4, przekrój: x_a=0,03 m, x_b=3,22 m)

Obliczenia wykonano:

- z uwzględnieniem wkładek zbrojenia rzeczywistego (A_{s1}=8,04 cm^2, A_{s2}=8,04 cm^2,)



Wielkości obliczeniowe:
N_{Sd}=-105,0 kN,
$M_{Sd}=\sqrt{(M_{Sdx}^2+M_{Sdy}^2)}=\sqrt{(-59{,}3^2+0{,}0^2)}$ =59,3 kNm
f_{cd}=10,7 MPa, f_{yd}=350 MPa =f_{td},
Dodatkowe zbrojenie rozciągane nie jest obliczeniowo wymagane.
Dodatkowe zbrojenie ściskane nie jest obliczeniowo wymagane.
Wielkości geometryczne [cm]:
h=40,0, d=37,2, x=16,5 (ξ=0,443),
a_1=2,8, a_2=2,8, a_c=5,7, z_c=31,5, A_{cc}=494 cm^2,
ε_c=-0,66 ‰, ε_{s2}=-0,54 ‰, ε_{s1}=0,83 ‰,
Wielkości statyczne [kN, kNm]:
F_c= -150,3, F_{s1} = 132,8, F_{s2} = -87,5,
M_c= 21,4, M_{s1} = 22,8, M_{s2} = 15,1,

Warunki równowagi wewnętrznej:
$F_c+F_{s1}+F_{s2}$=-150,3+(132,8)+(-87,5)=-105,0 kN (N_{Sd}=-105,0 kN)
$M_c+M_{s1}+M_{s2}$=21,4+(22,8)+(15,1)=59,3 kNm (M_{Sd}=59,3 kNm)

Długości wyboczeniowe pręta:

zadanie nowe, pręt nr 4

- **przy wyboczeniu w płaszczyźnie układu:**

podatności węzłów ustalone według załącznika C normy, współczynnik β obliczono jak dla pręta dwustronnie zamocowanego w układzie nieprzesuwnym

ze wzoru (C.1) $l_o = \beta\, l_{col}$, l_{col}=3,250 m,

podatności węzłów: κ_a =0,539 $\Rightarrow$ $k_A = (1/\kappa_a - 1)$=0,857, $\hat{e}_b$ =0,000 $\Rightarrow$ $k_B = (1/\kappa_b - 1)$=∞,

$\beta = 0{,}5 + 0{,}25/(k_A+1) + 0{,}25/(k_B+1) = 0{,}5 + 0{,}25/(0{,}857+1) + 0{,}25/(\infty+1) = 0{,}635 \Rightarrow l_o = 0{,}635\times 3{,}250 =$ 2,063 m

- **przy wyboczeniu w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny układu:**

podatności węzłów ustalone według załącznika C normy, współczynnik β obliczono jak dla pręta swobodnego:

ze wzoru (C.1) $l_o = \beta\, l_{col}$, l_{col}=3,250 m,

podatności węzłów: κ_a =1,000 $\Rightarrow$ $k_A = (1/\kappa_a - 1)$=0,000, $\hat{e}_b$ =1,000 $\Rightarrow$ $k_B = (1/\kappa_b - 1)$=0,000,

β=1,000 $\Rightarrow l_o = 1{,}000\times 3{,}250 = 3{,}250$ m

Uwzględnienie wpływu smukłości pręta:

zadanie nowe, pręt nr 4

- **w płaszczyźnie ustroju:**

mimośród niezamierzony: (l_{col}=3,250 m, h=0,400 m) $e_a = \max\left\langle \frac{l_{col}}{600}, \frac{h}{30}, 0{,}01 \right\rangle = \max\langle 0{,}005,\ 0{,}013,\ 0{,}010\rangle$

=0,013 m, przyjęto: e_a=0,020 m,

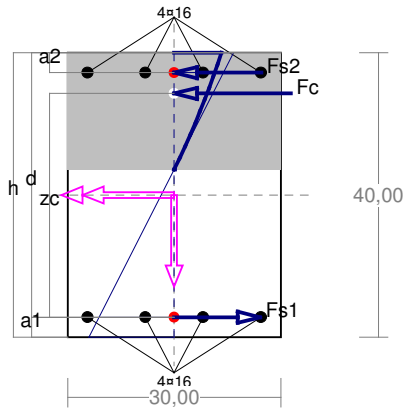
uwzględnienie wpływu smukłości nie jest wymagane,

- **w płaszczyźnie prostopadłej do ustroju:**

uwzględnienie wpływu smukłości zaniechano

Nośność przekroju prostopadłego:

zadanie nowe, pręt nr 4, przekrój: x_a=0,00 m, x_b=3,25 m



Wielkości obliczeniowe:
N_{Sd}=-104,9 kN,
$M_{Sd}=\sqrt{(M_{Sdx}^2 + M_{Sdy}^2)} = \sqrt{(-60{,}0^2+0{,}0^2)}$ =60,0 kNm
f_{cd}=10,7 MPa, f_{yd}=350 MPa =f_{td},
Zbrojenie rozciągane: A_{s1}=**8,04** cm^2,
Zbrojenie ściskane: A_{s2}=**8,04** cm^2,
$A_s=A_{s1}+A_{s2}$=16,08 cm^2, $\rho=100\times A_s/A_c$= 100×16,08/1200=1,34 %

Wielkości geometryczne [cm]:
h=40,0, d=37,2, x=16,4 (ξ=0,442),
a_1=2,8, a_2=2,8, a_c=5,7, z_c=31,5, A_{cc}=485 cm^2,
ε_c=-0,66 ‰, ε_{s2}=-0,55 ‰, ε_{s1}=0,84 ‰,

Wielkości statyczne [kN, kNm]:
F_c= -151,3, F_{s1} = 134,9, F_{s2} = -88,4,
M_c= 21,6, M_{s1} = 23,2, M_{s2} = 15,2,

Warunek stanu granicznego nośności:
M_{Rd} = **134,6 kNm** > $M_{Sd} = M_c+M_{s1}+M_{s2}$=21,6+(23,2)+(15,2)=**60,0** kNm

Zbrojenie poprzeczne (strzemiona)

zadanie nowe, pręt nr 4

Na całej długości pręta przyjęto strzemiona o średnicy ϕ=8 mm ze stali A-III, dla której f_{ywd} = 350 MPa.
Minimalny stopień zbrojenia na ścinanie:

$$\rho_{w,min} = 0{,}08\ \sqrt{f_{ck}}\ /\ f_{yk} = 0{,}08\times \sqrt{16}\ /\ 410 = 0{,}00078$$

Rozstaw strzemion:

Strefa nr 1

Początek i koniec strefy: $x_a = 0,0$ $x_b = 325,0$ cm

Maksymalny rozstawy strzemion:

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

przyjęto $s_{max} = 279$ mm.

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

Przyjęto strzemiona 2-cięte, prostopadłe do osi pręta o rozstawie **24,0** cm, dla których stopień zbrojenia na ścinanie wynosi:

$$\rho_w = A_{sw} / (s\ b_w \sin\alpha) = 1,01 / (24,0 \times 30,0 \times 1,000) = 0,00140$$

$$\rho_w = \mathbf{0,00140 > 0,00078} = \rho_{w\ min}$$

Ścinanie

zadanie nowe, pręt nr 4.

Przyjęto podparcie i obciążenie bezpośrednie.

Odcinek nr 1

Początek i koniec odcinka: $x_a = 0,0$ $x_b = 65,0$ cm

Siły przekrojowe: $N_{Sd} = -106,8$;

$V_{Sd\ max} = -26,6$ kN

Siła poprzeczna w odległości *d* od podpory wynosi: $V_{Sd} = -26,6$ kN

Rodzaj odcinka:

$$\rho_L = \frac{A_{sL}}{b_w d} = \frac{8,04}{30,0 \times 37,2} = 0,00721; \qquad \rho_L \le 0,01$$

Przyjęto $\rho_L = 0,00721$.

$\sigma_{cp} = N_{Sd} / A_C = 106,8 / 1310,93 \times 10 = 0,8$ MPa $\sigma_{cp} \le 0,2\ f_{cd}$

Przyjęto $\sigma_{cp} = 0,8$ MPa.

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

$= [0,35 \times 1,23 \times 0,90 \times (1,2 + 40 \times 0,00721) + 0,15 \times 0,8] \times 30,0 \times 37,2 \times 10^{-1} = 78,0$ kN

$V_{Sd} = 26,6 < 78,0 = V_{Rd1}$

Nośność odcinka I-go rodzaju:

$V_{Sd} = \mathbf{26,6 < 78,0} = V_{Rd1}$

$\nu = 0,6\ (1 - f_{ck} / 250) = 0,6 \times (1 - 16 / 250) = 0,562$

$V_{Rd2} = 0,5\ \nu\ f_{cd}\ b_w\ z = 0,5 \times 0,562 \times 10,7 \times 30,0 \times 31,0 \times 10^{-1} = 279,8$ kN

$\alpha_c = 1 + \sigma_{cp}/f_{cd} = 1 + 0,8/10,7 = 1,076$

$V_{Rd2,red} = \alpha_c\ VRd2 = 1,076 \times 279,8 = 301,2$ kN

Przyjęto $V_{Rd2,red} = 279,8$ kN

$V_{Sd} = \mathbf{26,6 < 279,8} = V_{Rd2,red}$

Nośność zbrojenia podłużnego

zadanie nowe, pręt nr 4.

Sprawdzenie siły przenoszonej przez zbrojenie rozciągane dla x = 0,000 m:

$\Delta F_{td} = 0,5\ |V_{Sd}|\ (\cot\theta - V_{Rd32} / V_{Rd3}\ \cot\alpha) = 0,5 \times -26,5 \times (1,000) = 13,2$ kN

Sumaryczna siła w zbrojeniu rozciąganym:

$F_{td} = F_{td,m} + \Delta F_{td} = 134,9 + 13,2 = 148,1$ kN;

$F_{td} \le F_{td,max} = 134,9$ kN

Przyjęto F_{td} = 134,9 kN

F_{td} = **134,9 < 281,5** = 8,04×350 ×10^{-1} = A_s f_{yd}

Zarysowanie

zadanie nowe, pręt nr 4,

Położenie przekroju:	x = 0,000 m
Siły przekrojowe:	M_{Sd} = 57,5 kNm
	N_{Sd} = -104,2 kN e = 57,2 cm
	V_{Sd} = -26,3 kN
Wymiary przekroju:	b_w = 30,0 cm
	d = h - a_1 = 40,0 - 2,8 = 37,2 cm
	A_c = 1200 cm^2
	W_c = 8000 cm^3

Minimalne zbrojenie:

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

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

= 0,4×1,0×1,9×600 / 240 = 1,90 cm^2

A_{s1} = **8,04 > 1,90** = A_s

Zarysowanie:

$M_{cr} = f_{ctm}\, W_c$ = 1,9×8000 ×10^{-3} = 15,2 kNm

$$N_{cr} = \frac{f_{ctm}}{e / W_c - 1 / A_c} = \frac{1,9}{57,2/8000,00 - 1/1200,00} \times 10^{-1} = -30,1 \text{ kN}$$

N_{Sd} = 104,2 > 30,1 = N_{cr}

Przekrój zarysowany.

Szerokość rozwarcia rysy prostopadłej do osi pręta:

Przyjęto k_2 = 0,5.

$\rho_r = A_s / A_{ct,eff}$ = 8,04 / 210 = 0,03830

s_{rm} = 50 + 0,25 k_1 k_2 ϕ / ρ_r = 50 + 0,25×0,8×0,50×16/0,03830 = 91,78

$\varepsilon_{sm} = \sigma_s / E_s\, [1 - \beta_1\beta_2\, (\sigma sr / \sigma s)^2]$ =

= 164,9/200000 ×[1 - 1,0×0,5×(-30,1/104,2)^2] = 0,00079

$w_k = \beta\, s_{rm}\, \varepsilon_{sm}$ = 1,7×91,78×0,00079 = 0,12 mm

w_k = **0,12 < 0,3** = w_{lim}

Szerokość rozwarcia rysy ukośnej:

Rysy ukośne nie występują.

Ugięcia

zadanie nowe, pręt nr 4

Ugięcia wyznaczono dla charakterystycznych obciążeń długotrwałych.

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

$$E_{c,eff} = \frac{E_{cm}}{1 + \phi(t, t_o)} = \frac{29000}{1 + 2,00} = 9667 \text{ MPa}$$

Moment rysujący:

$M_{cr} = f_{ctm}\, W_c$ = 1,9×8000 ×10^{-3} = 15,2 kNm

Całkowity moment zginający M_{Sd} = 57,5 kN powoduje zarysowanie przekroju.

Sztywność dla długotrwałego działania obciążeń długotrwałych:

Sztywność na zginanie wyznaczona dla momentu M_{Sd} = 57,5 kNm.

Wielkości geometryczne przekroju: x_I = 20,0 cm I_I = 258453 cm^4

x_{II} = 12,7 cm I_{II} = 136671 cm^4

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

$$= \frac{9667\times136671}{1 - 1{,}0\times0{,}5\times(15{,}2/57{,}5)^2\times(1 - 136671/258453)} \times 10^{-5} = 13433 \text{ kNm}^2$$

Wykres sztywności i momentów dla obciążeń długotrwałych.

Ugięcia.

Ugięcie w punkcie o współrzędnej x = 0,813 cm, wyznaczone poprzez całkowanie funkcji krzywizny osi pręta (1/ρ) z uwzględnieniem zmiany sztywności wzdłuż osi elementu, wynosi:

a = $a_{\infty,d}$ = 1,6 mm

a = **1,6 < 13,0** = a_{lim}

Reakcje podporowe

R = 115,20 kN

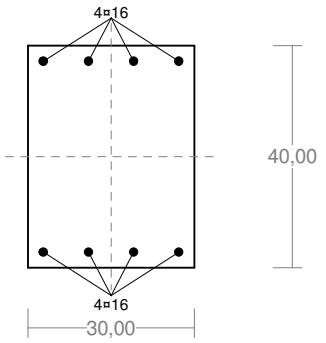
M = 28,50 kNm

H = 26,60 kN

Poz.5.6 Słup pod poz.4.2 –środkowy.

Cechy przekroju:

zadanie nowe, pręt nr 3, przekrój: x_a=1,63 m, x_b=1,63 m



Wymiary przekroju [cm]:
h=40,0, b=30,0,
Cechy materiałowe dla sytuacji stałej lub przejściowej
BETON: **B20**
f_{ck}= **16,0** MPa, $f_{cd}=\alpha\cdot f_{ck}/\gamma_c$=1,00×16,0/1,50=**10,7** MPa
Cechy geometryczne przekroju betonowego:
A_c=**1200** cm^2, J_{cx}=**160000** cm^4, J_{cy}=**90000** cm^4
STAL: **A-III** (**34GS**)
f_{yk}=410 MPa, γ_s=1,15, f_{yd}=350 MPa
$\xi_{lim}=0{,}0035/(0{,}0035+f_{yd}/E_s)=0{,}0035/(0{,}0035+350/200000)=0{,}667$,
Zbrojenie główne:
$A_{s1}+A_{s2}$=**16,08** cm^2, $\rho=100\ (A_{s1}+A_{s2})/A_c$ =100×16,08/1200=**1,34** %,

J_{sx}=**4759** cm^4, J_{sy}=**1330** cm^4,

Siły przekrojowe:

zadanie: nowe, pręt nr 3, przekrój: x_a=1,63 m, x_b=1,63 m

Obciążenia działające w płaszczyźnie układu: **A**

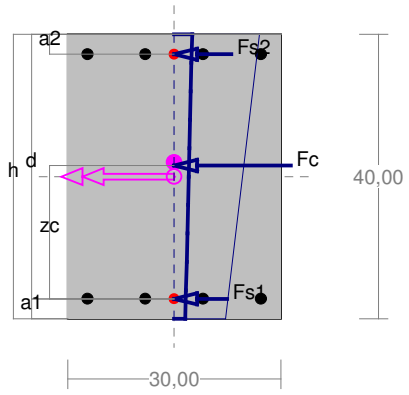
Momenty zginające:	M_x = 0,0 kNm,	M_y = 0,0 kNm,
Siły poprzeczne:	V_y = -0,0 kN,	V_x = 0,0 kN,
Siła osiowa:	N = -268,1 kN = N_{Sd}, .	

Zbrojenie wymagane:

(zadanie nowe, pręt nr 3, przekrój: x_a=3,24 m, x_b=0,01 m)

Obliczenia wykonano:

- z uwzględnieniem wkładek zbrojenia rzeczywistego (A_{s1}=8,04 cm^2, A_{s2}=8,04 cm^2,)



Wielkości obliczeniowe:
N_{Sd}=-273,2 kN,
$M_{Sd}=\sqrt{(M_{Sdx}^2+M_{Sdy}^2)}=\sqrt{(-5,5^2+0,0^2)}$ =5,5 kNm
f_{cd}=10,7 MPa, f_{yd}=350 MPa =f_{td},
Dodatkowe zbrojenie mniej ściskane nie jest obliczeniowo wymagane.
Dodatkowe zbrojenie ściskane nie jest obliczeniowo wymagane.

Wielkości geometryczne [cm]:

h=40,0, d=37,2, x=100,5 (ξ=2,702),
a_1=2,8, a_2=2,8, a_c=18,4, z_c=18,8, A_{cc}=1200 cm^2,
ε_c=-0,22 ‰, ε_{s2}=-0,22 ‰, ε_{s1}=-0,14 ‰,

Wielkości statyczne [kN, kNm]:

F_c= -215,8, F_{s1} = -22,6, F_{s2} = -34,8,
M_c= 3,4, M_{s1} = -3,9, M_{s2} = 6,0,

Warunki równowagi wewnętrznej:

$F_c+F_{s1}+F_{s2}$=-215,8+(-22,6)+(-34,8)=-273,2 kN (N_{Sd}=-273,2 kN)
$M_c+M_{s1}+M_{s2}$=3,4+(-3,9)+(6,0)=5,5 kNm (M_{Sd}=5,5 kNm)

Długości wyboczeniowe pręta:

zadanie nowe, pręt nr 3

- **przy wyboczeniu w płaszczyźnie układu:**

podatności węzłów ustalone według załącznika C normy, współczynnik β obliczono jak dla pręta dwustronnie zamocowanego w układzie nieprzesuwnym

ze wzoru (C.1) $l_o = \beta\, l_{col}$, l_{col}=3,250 m,

podatności węzłów: κ_a =0,368 $\Rightarrow$ $k_A=(1/\kappa_a-1)$=1,714, $\hat{e}_b$ =0,000 $\Rightarrow$ $k_B=(1/\kappa_b-1)=\infty$,

$\beta = 0,5 + 0,25/(k_A+1) + 0,25/(k_B+1) = 0,5 + 0,25/(1,714+1) + 0,25/(\infty+1) = 0,592 \Rightarrow l_o = 0,592\times3,250 = 1,924$ m

- **przy wyboczeniu w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny układu:**

podatności węzłów ustalone według załącznika C normy, współczynnik β obliczono jak dla pręta swobodnego:

ze wzoru (C.1) $l_o = \beta\, l_{col}$, l_{col}=3,250 m,

podatności węzłów: κ_a =1,000 $\Rightarrow$ $k_A=(1/\kappa_a-1)$=0,000, $\hat{e}_b$ =1,000 $\Rightarrow$ $k_B=(1/\kappa_b-1)$=0,000,

β=1,000 $\Rightarrow l_o = 1,000\times3,250 = 3,250$ m

Uwzględnienie wpływu smukłości pręta:

zadanie nowe, pręt nr 3

- **w płaszczyźnie ustroju:**

mimośród niezamierzony: (l_{col}=3,250 m, h=0,400 m) $e_a = \max\left\langle \frac{l_{col}}{600}, \frac{h}{30}, 0,01 \right\rangle = \max\langle 0,005, 0,013, 0,010\rangle$

=0,013 m, przyjęto: e_a=0,020 m,

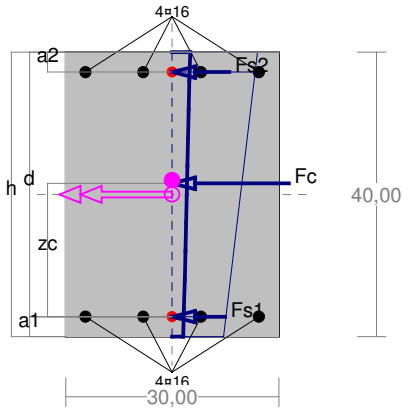
uwzględnienie wpływu smukłości nie jest wymagane,

- **w płaszczyźnie prostopadłej do ustroju:**

uwzględnienie wpływu smukłości zaniechano

Nośność przekroju prostopadłego:

zadanie nowe, pręt nr 3, przekrój: x_a=3,25 m, x_b=0,00 m



Wielkości obliczeniowe:
N_{Sd}=-273,2 kN,
$M_{Sd}=\sqrt{(M_{Sdx}^2+M_{Sdy}^2)}=\sqrt{(-5,5^2+0,0^2)}$ =5,5 kNm
f_{cd}=10,7 MPa, f_{yd}=350 MPa =f_{td},
Zbrojenie mniej ściskane: A_{s1}=**8,04** cm^2,
Zbrojenie ściskane: A_{s2}=**8,04** cm^2,
$A_s=A_{s1}+A_{s2}$=16,08 cm^2, $\rho=100\times A_s/A_c$= 100×16,08/1200=1,34 %

Wielkości geometryczne [cm]:
h=40,0, d=37,2, x=100,5 (ξ=2,702),
a_1=2,8, a_2=2,8, a_c=18,4, z_c=18,8, A_{cc}=1184 cm^2,
ε_c=-0,22 ‰, ε_{s2}=-0,22 ‰, ε_{s1}=-0,14 ‰,

Wielkości statyczne [kN, kNm]:
F_c= -215,8, F_{s1} = -22,6, F_{s2} = -34,8,
M_c= 3,4, M_{s1} = -3,9, M_{s2} = 6,0,

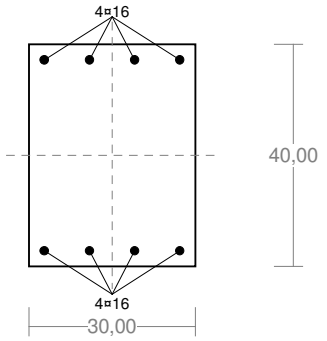
Warunek stanu granicznego nośności:
N_{Rd} = **-1626,7 kN** > $N_{Sd}=F_c+F_{s1}+F_{s2}$=-215,8+(-22,6)+(-34,8)=**-273,2** kN

Reakcje podporowe
R = 273,20 kN

Poz.5.7 Słup pod poz.4.3.

Cechy przekroju:

zadanie nowe, pręt nr 5, przekrój: x_a=1,63 m, x_b=1,63 m



Wymiary przekroju [cm]:
h=40,0, b=30,0,
Cechy materiałowe dla sytuacji stałej lub przejściowej
BETON: **B20**
f_{ck}= **16,0** MPa, $f_{cd}=\alpha\cdot f_{ck}/\gamma_c$=1,00×16,0/1,50=**10,7** MPa
Cechy geometryczne przekroju betonowego:
A_c=**1200** cm^2, J_{cx}=**160000** cm^4, J_{cy}=**90000** cm^4
STAL: **A-III** (**34GS**)
f_{yk}=410 MPa, γ_s=1,15, f_{yd}=350 MPa
$\xi_{lim}=0,0035/(0,0035+f_{yd}/E_s)=0,0035/(0,0035+350/200000)=0,667$,
Zbrojenie główne:
$A_{s1}+A_{s2}$=**16,08** cm^2, $\rho=100\ (A_{s1}+A_{s2})/A_c$ =100×16,08/1200=**1,34** %,

J_{sx}=**4759** cm^4, J_{sy}=**1330** cm^4,

Siły przekrojowe:

zadanie: nowe, pręt nr 5, przekrój: x_a=1,63 m, x_b=1,63 m

Obciążenia działające w płaszczyźnie układu: **A**

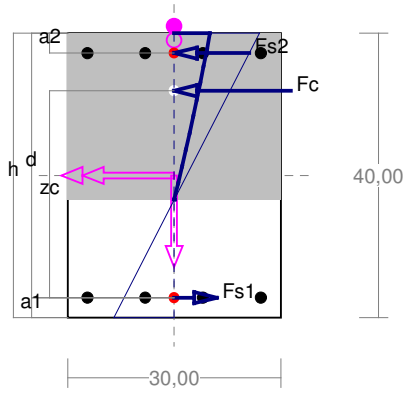
Momenty zginające:	M_x = -8,8 kNm,	M_y = 0,0 kNm,
Siły poprzeczne:	V_y = -16,2 kN,	V_x = 0,0 kN,
Siła osiowa:	N = -189,1 kN = N_{Sd}, .	

Zbrojenie wymagane:

(zadanie nowe, pręt nr 5, przekrój: x_a=0,00 m, x_b=3,25 m)

Obliczenia wykonano:

- z uwzględnieniem wkładek zbrojenia rzeczywistego (A_{s1}=8,04 cm^2, A_{s2}=8,04 cm^2,)



Wielkości obliczeniowe:

N_{Sd}=-184,0 kN,

$M_{Sd}=\sqrt{(M_{Sdx}^2+M_{Sdy}^2)}=\sqrt{(-38,6^2+0,0^2)}$ =38,6 kNm

f_{cd}=10,7 MPa, f_{yd}=350 MPa =f_{td},

Dodatkowe zbrojenie rozciągane nie jest obliczeniowo wymagane.

Dodatkowe zbrojenie ściskane nie jest obliczeniowo wymagane.

Wielkości geometryczne [cm]:

h=40,0, d=37,2, x=23,4 (ξ=0,629),

a_1=2,8, a_2=2,8, a_c=8,1, z_c=29,1, A_{cc}=703 cm^2,

ε_c=-0,48 ‰, ε_{s2}=-0,42 ‰, ε_{s1}=0,28 ‰,

Wielkości statyczne [kN, kNm]:

F_c= -161,6, F_{s1} = 45,1, F_{s2} = -67,5,

M_c= 19,3, M_{s1} = 7,8, M_{s2} = 11,6,

Warunki równowagi wewnętrznej:

$F_c+F_{s1}+F_{s2}$=-161,6+(45,1)+(-67,5)=-184,0 kN (N_{Sd}=-184,0 kN)

$M_c+M_{s1}+M_{s2}$=19,3+(7,8)+(11,6)=38,6 kNm (M_{Sd}=38,6 kNm)

Długości wyboczeniowe pręta:

zadanie nowe, pręt nr 5

- **przy wyboczeniu w płaszczyźnie układu:**

podatności węzłów ustalone według załącznika C normy, współczynnik β obliczono jak dla pręta dwustronnie zamocowanego w układzie nieprzesuwnym

ze wzoru (C.1) $l_o = \beta\, l_{col}$, l_{col}=3,250 m,

podatności węzłów: κ_a =0,299 $\Rightarrow$ $k_A=(1/\kappa_a-1)$=2,342, $\hat{e}_b$ =0,000 $\Rightarrow$ $k_B=(1/\kappa_b-1)=\infty$,

$\beta = 0,5 + 0,25/(k_A+1) + 0,25/(k_B+1) = 0,5 + 0,25/(2,342+1) + 0,25/(\infty+1) = 0,575 \Rightarrow l_o = 0,575\times3,250 =$ 1,868 m

- **przy wyboczeniu w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny układu:**

podatności węzłów ustalone według załącznika C normy, współczynnik β obliczono jak dla pręta swobodnego:

ze wzoru (C.1) $l_o = \beta\, l_{col}$, l_{col}=3,250 m,

podatności węzłów: κ_a =1,000 $\Rightarrow$ $k_A=(1/\kappa_a-1)$=0,000, $\hat{e}_b$ =1,000 $\Rightarrow$ $k_B=(1/\kappa_b-1)$=0,000,

β=1,000 $\Rightarrow l_o = 1,000\times3,250 = 3,250$ m

Uwzględnienie wpływu smukłości pręta:

zadanie nowe, pręt nr 5

- **w płaszczyźnie ustroju:**

mimośród niezamierzony: (l_{col}=3,250 m, h=0,400 m) $e_a = \max\left\langle \frac{l_{col}}{600}, \frac{h}{30}, 0,01 \right\rangle = \max\langle 0,005, 0,013, 0,010\rangle$

=0,013 m, przyjęto: e_a=0,020 m,

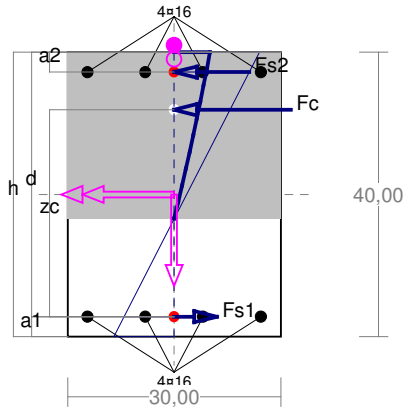
uwzględnienie wpływu smukłości nie jest wymagane,

- **w płaszczyźnie prostopadłej do ustroju:**

uwzględnienie wpływu smukłości zaniechano

Nośność przekroju prostopadłego:

zadanie nowe, pręt nr 5, przekrój: x_a=0,00 m, x_b=3,25 m



Wielkości obliczeniowe:
N_{Sd}=-184,0 kN,
$M_{Sd}=\sqrt{(M_{Sdx}^2+M_{Sdy}^2)}=\sqrt{(-38,6^2+0,0^2)}$ =38,6 kNm
f_{cd}=10,7 MPa, f_{yd}=350 MPa =f_{td},
Zbrojenie rozciągane: A_{s1}=**8,04** cm^2,
Zbrojenie ściskane: A_{s2}=**8,04** cm^2,
$A_s=A_{s1}+A_{s2}$=16,08 cm^2, $\rho=100\times A_s/A_c$= 100×16,08/1200=1,34 %

Wielkości geometryczne [cm]:
h=40,0, d=37,2, x=23,4 (ξ=0,629),
a_1=2,8, a_2=2,8, a_c=8,1, z_c=29,1, A_{cc}=694 cm^2,
ε_c=-0,48 ‰, ε_{s2}=-0,42 ‰, ε_{s1}=0,28 ‰,

Wielkości statyczne [kN, kNm]:
F_c= -161,6, F_{s1} = 45,1, F_{s2} = -67,5,
M_c= 19,3, M_{s1} = 7,8, M_{s2} = 11,6,

Warunek stanu granicznego nośności:
M_{Rd} = **149,9 kNm** > $M_{Sd}=M_c+M_{s1}+M_{s2}$=19,3+(7,8)+(11,6)=**38,6** kNm

Zbrojenie poprzeczne (strzemiona)

zadanie nowe, pręt nr 5

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

Minimalny stopień zbrojenia na ścinanie:

$$\rho_{w,min} = 0,08\ \sqrt{f_{ck}}\ /\ f_{yk} = 0,08\times\sqrt{16}\ /\ 410 = 0,00078$$

Rozstaw strzemion:

Strefa nr 1

Początek i koniec strefy: x_a = 0,0 x_b = 325,0 cm
Maksymalny rozstawy strzemion:

s_{max} = 0,75 d = 0,75×372 = 279 $s_{max} \le$ 400 mm
przyjęto s_{max} = 279 mm.

Ze względu na pręty ściskane s_{max} = 15 ϕ = 15×16,0 = 240,0 mm.

Przyjęto strzemiona 2-cięte, prostopadłe do osi pręta o rozstawie **24,0** cm, dla których stopień zbrojenia na ścinanie wynosi:

$$\rho_w = A_{sw}/(s\ b_w \sin\alpha) = 1,01 / (24,0\times30,0\times1,000) = 0,00140$$

$$\rho_w = \mathbf{0,00140 > 0,00078} = \rho_{w\ min}$$

Ścinanie

zadanie nowe, pręt nr 5.

Przyjęto podparcie i obciążenie bezpośrednie.

Odcinek nr 2

Początek i koniec odcinka: x_a = 65,0 x_b = 130,0 cm
Siły przekrojowe: N_{Sd} = -188,1;
$V_{Sd\ max}$ = -16,2 kN

Rodzaj odcinka:

$$\rho_L = \frac{A_{sL}}{b_w d} = \frac{8,04}{30,0\times37,2} = 0,00721; \qquad \rho_L \le 0,01$$

Przyjęto ρ_L = 0,00721.

$$\sigma_{cp} = N_{Sd} / A_C = 188,1 / 1310,93 \times 10 = 1,4\ \text{MPa} \qquad \sigma_{cp} \le 0,2\ f_{cd}$$

Przyjęto σ_{cp} = 1,4 MPa.

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

$= [0,35 \times 1,23 \times 0,90 \times (1,2+40 \times 0,00721) + 0,15 \times 1,4] \times 30,0 \times 37,2 \times 10^{-1} = 88,4$ kN

$V_{Sd} = 16,2 < 88,4 = V_{Rd1}$

Nośność odcinka I-go rodzaju:

$V_{Sd} =$ **16,2 < 88,4** $= V_{Rd1}$

$\nu = 0,6\ (1 - f_{ck} / 250) = 0,6 \times (1 - 16 / 250) = 0,562$

$V_{Rd2} = 0,5\ \nu\ f_{cd}\ b_w\ z = 0,5 \times 0,562 \times 10,7 \times 30,0 \times 24,4 \times 10^{-1} = 220,4$ kN

$\alpha_c = 1 + \sigma_{cp}/f_{cd} = 1 + 1,4/10,7 = 1,134$

$V_{Rd2,red} = \alpha_c$ VRd2 $= 1,134 \times 220,4 = 249,9$ kN

Przyjęto $V_{Rd2,red} = 220,4$ kN

$V_{Sd} =$ **16,2 < 220,4** $= V_{Rd2,red}$

Nośność zbrojenia podłużnego

zadanie nowe, pręt nr 5.

Sprawdzenie siły przenoszonej przez zbrojenie rozciągane dla x = 0,000 m:

$\Delta F_{td} = 0,5\ |V_{Sd}|\ (\cot\theta - V_{Rd32} / V_{Rd3}\ \cot\alpha) = 0,5 \times -16,0 \times (1,000) = 8,0$ kN

Sumaryczna siła w zbrojeniu rozciąganym:

$F_{td} = F_{td,m} + \Delta F_{td} = 45,1 + 8,0 = 53,1$ kN;

$F_{td} \le F_{td,max} = 45,1$ kN

Przyjęto $F_{td} = 45,1$ kN

$F_{td} =$ **45,1 < 281,5** $= 8,04 \times 350 \times 10^{-1} = A_s\ f_{yd}$

Zarysowanie

zadanie nowe, pręt nr 5,

Położenie przekroju:	x = 0,000 m
Siły przekrojowe:	$M_{Sd} = 34,7$ kNm
	$N_{Sd} = -182,7$ kN e = 21,0 cm
	$V_{Sd} = -15,9$ kN
Wymiary przekroju:	$b_w = 30,0$ cm
	$d = h - a_1 = 40,0 - 2,8 = 37,2$ cm
	$A_c = 1200$ cm^2
	$W_c = 8000$ cm^3

Minimalne zbrojenie:

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

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

$= 0,4 \times 1,0 \times 1,9 \times 600 / 240 = 1,90$ cm^2

$A_{s1} =$ **8,04 > 1,90** $= A_s$

Zarysowanie:

$M_{cr} = f_{ctm}\ W_c = 1,9 \times 8000 \times 10^{-3} = 15,2$ kNm

$$N_{cr} = \frac{f_{ctm}}{e / W_c - 1 / A_c} = \frac{1,9}{21,0/8000,00 - 1/1200,00} \times 10^{-1} = -106,1 \text{ kN}$$

$N_{Sd} = 182,7 > 106,1 = N_{cr}$

Przekrój zarysowany.

Szerokość rozwarcia rysy prostopadłej do osi pręta:

Przyjęto $k_2 = 0,5$.

$\rho_r = A_s / A_{ct,eff} = 8,04 / 210 = 0,03830$

$s_{rm} = 50 + 0,25\ k_1\ k_2\ \phi / \rho_r = 50 + 0,25 \times 0,8 \times 0,50 \times 16/0,03830 = 91,78$

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

$= 54,2/200000 \times [1 - 1,0 \times 0,5 \times (-106,1/182,7)^2] = 0,00023$

$w_k = \beta\ s_{rm}\ \varepsilon_{sm} = 1,7 \times 91,78 \times 0,00023 = 0,04$ mm

$w_k =$ **0,04 < 0,3** $= w_{lim}$

Szerokość rozwarcia rysy ukośnej:

Rysy ukośne nie występują.

Ugięcia

zadanie nowe, pręt nr 5

Ugięcia wyznaczono dla charakterystycznych obciążeń długotrwałych.

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

$$E_{c,eff} = \frac{E_{cm}}{1 + \phi(t, t_o)} = \frac{29000}{1 + 2,00} = 9667 \text{ MPa}$$

Moment rysujący:

$M_{cr} = f_{ctm}\ W_c = 1,9 \times 8000 \times 10^{-3} = 15,2$ kNm

Całkowity moment zginający $M_{Sd} = 34,7$ kN powoduje zarysowanie przekroju.

Sztywność dla długotrwałego działania obciążeń długotrwałych:

Sztywność na zginanie wyznaczona dla momentu $M_{Sd} = 34,7$ kNm.

Wielkości geometryczne przekroju: $x_I = 20,0$ cm $I_I = 258453$ cm^4

$x_{II} = 12,7$ cm $I_{II} = 136671$ cm^4

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

$$= \frac{9667 \times 136671}{1 - 1,0 \times 0,5 \times (15,2/34,7)^2 \times (1 - 136671/258453)} \times 10^{-5} = 13838 \text{ kNm}^2$$

Wykres sztywności i momentów dla obciążeń długotrwałych.

Ugięcia.

Ugięcie w punkcie o współrzędnej x = 0,863 cm, wyznaczone poprzez całkowanie funkcji krzywizny osi pręta $(1/\rho)$ z uwzględnieniem zmiany sztywności wzdłuż osi elementu, wynosi:

$a = a_{\infty,d} = 0,4$ mm

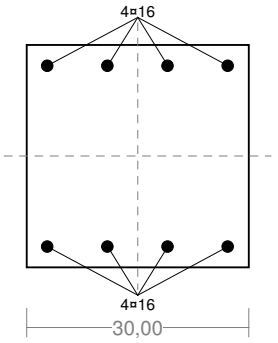
$a =$ **0,4 < 13,0** $= a_{lim}$

Reakcje podporowe
R = 194,3 kN
M = 17,5 kNm
H = 16,10 kN

Poz.5.8 Słup pod poz.4.5, 4.6.

Cechy przekroju:

zadanie podciąg5, pręt nr 5, przekrój: x_a=0,46 m, x_b=2,79 m



Wymiary przekroju [cm]:
h=30,0, b=30,0,
Cechy materiałowe dla sytuacji stałej lub przejściowej
BETON: **B20**
f_{ck}= **16,0** MPa, $f_{cd}=\alpha \cdot f_{ck}/\gamma_c$=1,00×16,0/1,50=**10,7** MPa
Cechy geometryczne przekroju betonowego:
A_c=**900** cm^2, J_{cx}=**67500** cm^4, J_{cy}=**67500** cm^4
STAL: **A-III** (**34GS**)
f_{yk}=410 MPa, γ_s=1,15, f_{yd}=350 MPa
$\xi_{lim}=0{,}0035/(0{,}0035+f_{yd}/E_s)=0{,}0035/(0{,}0035+350/200000)=0{,}667$,
Zbrojenie główne:
$A_{s1}+A_{s2}$=**16,08** cm^2, ρ=100 $(A_{s1}+A_{s2})/A_c$ =100×16,08/900=**1,79** %,

J_{sx}=**2394** cm^4, J_{sy}=**1330** cm^4,

Siły przekrojowe:

zadanie: podciąg5, pręt nr 5, przekrój: x_a=0,46 m, x_b=2,79 m

Obciążenia działające w płaszczyźnie układu: **A**

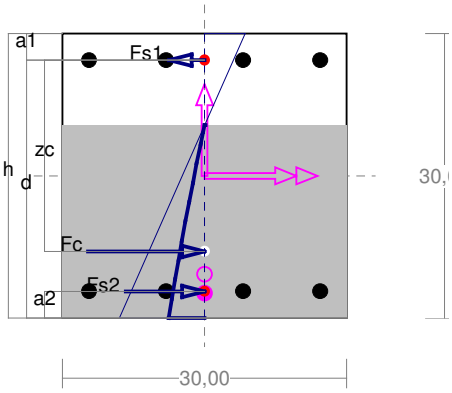
Momenty zginające:	M_x = 14,7 kNm,	M_y = 0,0 kNm,
Siły poprzeczne:	V_y = 9,6 kN,	V_x = 0,0 kN,
Siła osiowa:	N = -183,0 kN = N_{Sd}, .	

Zbrojenie wymagane:

(zadanie podciąg5, pręt nr 5, przekrój: x_a=0,01 m, x_b=3,24 m)

Obliczenia wykonano:

- z uwzględnieniem wkładek zbrojenia rzeczywistego (A_{s1}=8,04 cm^2, A_{s2}=8,04 cm^2,)



Wielkości obliczeniowe:
N_{Sd}=-182,0 kN,
$M_{Sd}=\sqrt{(M_{Sdx}^2+M_{Sdy}^2)}=\sqrt{(22{,}6^2+0{,}0^2)}$ =22,6 kNm
f_{cd}=10,7 MPa, f_{yd}=350 MPa =f_{td},
Dodatkowe zbrojenie rozciągane nie jest obliczeniowo wymagane.
Dodatkowe zbrojenie ściskane nie jest obliczeniowo wymagane.
Wielkości geometryczne [cm]:
h=30,0, d=27,2, x=20,4 (ξ=0,749),
a_1=2,8, a_2=2,8, a_c=7,0, z_c=20,2, A_{cc}=611 cm^2,
ε_c=-0,48 ‰, ε_{s2}=-0,41 ‰, ε_{s1}=0,16 ‰,
Wielkości statyczne [kN, kNm]:
F_c= -141,2, F_{s1} = 25,9, F_{s2} = -66,6,
M_c= 11,3, M_{s1} = 3,2, M_{s2} = 8,1,

Warunki równowagi wewnętrznej:

$F_c+F_{s1}+F_{s2}$=-141,2+(25,9)+(-66,6)=-182,0 kN (N_{Sd}=-182,0 kN)
$M_c+M_{s1}+M_{s2}$=11,3+(3,2)+(8,1)=22,6 kNm (M_{Sd}=22,6 kNm)

Długości wyboczeniowe pręta:

zadanie podciąg5, pręt nr 5

- **przy wyboczeniu w płaszczyźnie układu:**

podatności węzłów ustalone według załącznika C normy, współczynnik β obliczono jak dla pręta dwustronnie zamocowanego w układzie nieprzesuwnym

ze wzoru (C.1) $l_o = \beta\, l_{col}$, l_{col}=3,250 m,

podatności węzłów: κ_a =0,272 $\Rightarrow k_A = (1/\kappa_a - 1)$=2,675, $\hat{e}_b$ =0,000 $\Rightarrow k_B = (1/\kappa_b - 1) = \infty$,

β = 0,5 + 0,25/(k_A+1) + 0,25/(k_B+1) = 0,5 + 0,25/(2,675+1) + 0,25/(∞+1) = 0,568 $\Rightarrow$ l_o= 0,568×3,250 = 1,846 m

- przy wyboczeniu w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny układu:

podatności węzłów ustalone według załącznika C normy, współczynnik β obliczono jak dla pręta swobodnego:

ze wzoru (C.1) $l_o = \beta\, l_{col}$, l_{col}=3,250 m,

podatności węzłów: κ_a =1,000 $\Rightarrow k_A = (1/\kappa_a - 1)$=0,000, $\hat{e}_b$ =1,000 $\Rightarrow k_B = (1/\kappa_b - 1)$=0,000,

β=1,000 $\Rightarrow l_o$ = 1,000×3,250 = 3,250 m

Uwzględnienie wpływu smukłości pręta:

zadanie podciąg5, pręt nr 5

- w płaszczyźnie ustroju:

mimośród niezamierzony: (l_{col}=3,250 m, h=0,300 m) $e_a = \max\left\langle \frac{l_{col}}{600}, \frac{h}{30}, 0{,}01 \right\rangle = \max\langle 0{,}005,\ 0{,}010,\ 0{,}010\rangle$

=0,010 m, przyjęto: e_a=0,020 m,

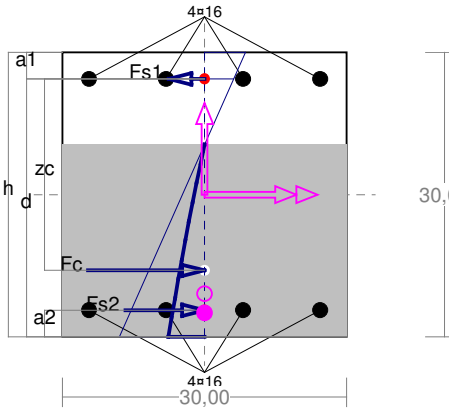
uwzględnienie wpływu smukłości nie jest wymagane,

- w płaszczyźnie prostopadłej do ustroju:

uwzględnienie wpływu smukłości zaniechano

Nośność przekroju prostopadłego:

zadanie podciąg5, pręt nr 5, przekrój: x_a=0,00 m, x_b=3,25 m



Wielkości obliczeniowe:
N_{Sd}=-181,9 kN,
$M_{Sd} = \sqrt{(M_{Sdx}^2 + M_{Sdy}^2)} = \sqrt{(22{,}7^2 + 0{,}0^2)}$ =22,7 kNm
f_{cd}=10,7 MPa, f_{yd}=350 MPa =f_{td},
Zbrojenie rozciągane: A_{s1}=**8,04** cm^2,
Zbrojenie ściskane: A_{s2}=**8,04** cm^2,
$A_s = A_{s1} + A_{s2}$=16,08 cm^2, $\rho = 100 \times A_s / A_c$= 100×16,08/900=1,79 %

Wielkości geometryczne [cm]:
h=30,0, d=27,2, x=20,3 (ξ=0,746),
a_1=2,8, a_2=2,8, a_c=7,0, z_c=20,2, A_{cc}=601 cm^2,
ε_c=-0,48 ‰, ε_{s2}=-0,42 ‰, ε_{s1}=0,16 ‰,

Wielkości statyczne [kN, kNm]:
F_c= -141,4, F_{s1} = 26,4, F_{s2} = -66,9,
M_c= 11,3, M_{s1} = 3,2, M_{s2} = 8,2,

Warunek stanu granicznego nośności:
N_{Rd} = **-683,5 kN** > $N_{Sd} = F_c + F_{s1} + F_{s2}$=-141,4+(26,4)+(-66,9)=**-181,9** kN

Zbrojenie poprzeczne (strzemiona)

zadanie podciąg5, pręt nr 5

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

Minimalny stopień zbrojenia na ścinanie:

$$\rho_{w,min} = 0{,}08\ \sqrt{f_{ck}}\ /\ f_{yk} = 0{,}08 \times \sqrt{16}\ /\ 410 = 0{,}00078$$

Rozstaw strzemion:

Strefa nr 1

Początek i koniec strefy: x_a = 0,0 x_b = 325,0 cm
Maksymalny rozstawy strzemion:

$s_{max} = 0{,}75\ d = 0{,}75 \times 272 = 204 \quad s_{max} \le 400$ mm
przyjęto $s_{max} = 204$ mm.

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

Przyjęto strzemiona 2-cięte, prostopadłe do osi pręta o rozstawie **20,0** cm, dla których stopień zbrojenia na ścinanie wynosi:

$$\rho_w = A_{sw} / (s\ b_w \sin\alpha) = 1{,}01 / (20{,}0 \times 30{,}0 \times 1{,}000) = 0{,}00168$$

$$\rho_w = \mathbf{0{,}00168 > 0{,}00078} = \rho_{w\,min}$$

Ścinanie

zadanie podciąg5, pręt nr 5.

Przyjęto podparcie i obciążenie bezpośrednie.

Odcinek nr 4

Początek i koniec odcinka: $x_a = 139{,}3 \quad x_b = 185{,}7$ cm

Siły przekrojowe: $N_{Sd} = -186{,}3$;

$V_{Sd\,max} = 9{,}8$ kN

Rodzaj odcinka:

$$\rho_L = \frac{A_{sL}}{b_w d} = \frac{8{,}04}{30{,}0 \times 27{,}2} = 0{,}00986; \qquad \rho_L \le 0{,}01$$

Przyjęto $\rho_L = 0{,}00986$.

$\sigma_{cp} = N_{Sd} / A_C = 186{,}3 / 1010{,}93 \times 10 = 1{,}8$ MPa $\qquad \sigma_{cp} \le 0{,}2\ f_{cd}$

Przyjęto $\sigma_{cp} = 1{,}8$ MPa.

$$V_{Rd1} = [0{,}35\ k\ f_{ctd}\ (1{,}2 + 40\ \rho_L) + 0{,}15\ \sigma_{cp}]\ b_w\ d =$$
$$= [0{,}35 \times 1{,}33 \times 0{,}90 \times (1{,}2 + 40 \times 0{,}00986) + 0{,}15 \times 1{,}8] \times 30{,}0 \times 27{,}2 \times 10^{-1} = 77{,}1 \text{ kN}$$

$V_{Sd} = 9{,}8 < 77{,}1 = V_{Rd1}$

Nośność odcinka I-go rodzaju:

$V_{Sd} = \mathbf{9{,}8 < 77{,}1} = V_{Rd1}$

$\nu = 0{,}6\ (1 - f_{ck} / 250) = 0{,}6 \times (1 - 16 / 250) = 0{,}562$

$V_{Rd2} = 0{,}5\ \nu\ f_{cd}\ b_w\ z = 0{,}5 \times 0{,}562 \times 10{,}7 \times 30{,}0 \times 14{,}3 \times 10^{-1} = 129{,}0$ kN

$\alpha_c = 1 + \sigma_{cp}/f_{cd} = 1 + 1{,}8/10{,}7 = 1{,}172$

$V_{Rd2,red} = \alpha_c\ VRd2 = 1{,}172 \times 129{,}0 = 151{,}2$ kN

Przyjęto $V_{Rd2,red} = 129{,}0$ kN

$V_{Sd} = \mathbf{9{,}8 < 129{,}0} = V_{Rd2,red}$

Nośność zbrojenia podłużnego

zadanie podciąg5, pręt nr 5.

Sprawdzenie siły przenoszonej przez zbrojenie rozciągane dla x = 0,000 m:

$$\Delta F_{td} = 0{,}5\ |V_{Sd}|\ (\cot\theta - V_{Rd32} / V_{Rd3}\ \cot\alpha) = 0{,}5 \times 9{,}6 \times (1{,}000) = 4{,}8 \text{ kN}$$

Sumaryczna siła w zbrojeniu rozciąganym:

$F_{td} = F_{td,m} + \Delta F_{td} = 26{,}4 + 4{,}8 = 31{,}2$ kN;

$F_{td} \le F_{td,max} = 26{,}4$ kN

Przyjęto $F_{td} = 26{,}4$ kN

$F_{td} = \mathbf{26{,}4 < 281{,}5} = 8{,}04 \times 350 \times 10^{-1} = A_s\ f_{yd}$

Zarysowanie

zadanie podciąg5, pręt nr 5,

Położenie przekroju: x = 0,000 m

Siły przekrojowe: M_{Sd} = -18,9 kNm

N_{Sd} = -180,8 kN e = 12,5 cm

V_{Sd} = 9,5 kN

Wymiary przekroju: b_w = 30,0 cm

$d = h - a_1 = 30,0 - 2,8 = 27,2$ cm

$A_c = 900$ cm^2

$W_c = 4500$ cm^3

Minimalne zbrojenie:

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

$$A_s = k_c\, k\, f_{ct,eff}\, A_{ct} / \sigma_{s,lim} =$$
$$= 0,4 \times 1,0 \times 1,9 \times 450 / 240 = 1,42 \text{ cm}^2$$

A_{s1} = **8,04 > 1,42** = A_s

Zarysowanie:

$$M_{cr} = f_{ctm}\, W_c = 1,9 \times 4500 \times 10^{-3} = 8,6 \text{ kNm}$$

$$N_{cr} = \frac{f_{ctm}}{e / W_c - 1 / A_c} = \frac{1,9}{12,5/4500,00 - 1/900,00} \times 10^{-1} = -114,5 \text{ kN}$$

$N_{Sd} = 180,8 > 114,5 = N_{cr}$

Przekrój zarysowany.

Szerokość rozwarcia rysy prostopadłej do osi pręta:

Przyjęto $k_2 = 0,5$.

$\rho_r = A_s / A_{ct,eff} = 8,04 / 197 = 0,04074$

$s_{rm} = 50 + 0,25\, k_1\, k_2\, \phi / \rho_r = 50 + 0,25 \times 0,8 \times 0,50 \times 16 / 0,04074 = 89,28$

$\varepsilon_{sm} = \sigma_s / E_s\, [1 - \beta_1 \beta_2\, (\sigma sr / \sigma s)^2] =$

$= 31,2/200000 \times [1 - 1,0 \times 0,5 \times (-114,5/180,8)^2] = 0,00012$

$w_k = \beta\, s_{rm}\, \varepsilon_{sm} = 1,7 \times 89,28 \times 0,00012 = 0,02$ mm

w_k = **0,02 < 0,3** = w_{lim}

Szerokość rozwarcia rysy ukośnej:

Rysy ukośne nie występują.

Ugięcia

zadanie podciąg5, pręt nr 5

Ugięcia wyznaczono dla charakterystycznych obciążeń długotrwałych.

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

$$E_{c,eff} = \frac{E_{cm}}{1 + \phi(t, t_o)} = \frac{29000}{1 + 2,00} = 9667 \text{ MPa}$$

Moment rysujący:

$$M_{cr} = f_{ctm}\, W_c = 1,9 \times 4500 \times 10^{-3} = 8,6 \text{ kNm}$$

Całkowity moment zginający M_{Sd} = -18,9 kN powoduje zarysowanie przekroju.

Sztywność dla długotrwałego działania obciążeń długotrwałych:

Sztywność na zginanie wyznaczona dla momentu M_{Sd} = -18,9 kNm.

Wielkości geometryczne przekroju: $x_I = 15,0$ cm $I_I = 117033$ cm^4

$x_{II} = 10,3$ cm $I_{II} = 67810$ cm^4

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

$$= \frac{9667 \times 67810}{1 - 1{,}0 \times 0{,}5 \times (8{,}6/18{,}9)^2 \times (1 - 67810/117033)} \times 10^{-5} = 6849 \text{ kNm}^2$$

Wykres sztywności i momentów dla obciążeń długotrwałych.

Ugięcia.

Ugięcie w punkcie o współrzędnej x = 0,457 cm, wyznaczone poprzez całkowanie funkcji krzywizny osi pręta (1/ρ) z uwzględnieniem zmiany sztywności wzdłuż osi elementu, wynosi:

$a = a_{\infty,d} = 1{,}5$ mm

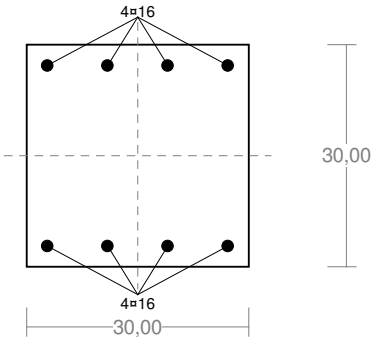
$a = \mathbf{1{,}5 < 13{,}0} = a_{lim}$

Reakcje podporowe
R = 189,50 kN
M = 12,50 kNm
H = 9,70 kN

Poz.5.9 Słup pod poz.4.5, 3.7.

Cechy przekroju:

zadanie podciąg5, pręt nr 6, przekrój: x_a=1,63 m, x_b=1,63 m



Wymiary przekroju [cm]:
h=30,0, b=30,0,
Cechy materiałowe dla sytuacji stałej lub przejściowej
BETON: **B20**
f_{ck}= **16,0** MPa, $f_{cd}=\alpha \cdot f_{ck}/\gamma_c$=1,00×16,0/1,50=**10,7** MPa
Cechy geometryczne przekroju betonowego:
A_c=**900** cm^2, J_{cx}=**67500** cm^4, J_{cy}=**67500** cm^4
STAL: **A-III** (**34GS**)
f_{yk}=410 MPa, γ_s=1,15, f_{yd}=350 MPa
$\xi_{lim}=0{,}0035/(0{,}0035+f_{yd}/E_s)=0{,}0035/(0{,}0035+350/200000)=0{,}667$,
Zbrojenie główne:
$A_{s1}+A_{s2}$=**16,08** cm^2, ρ=100 $(A_{s1}+A_{s2})/A_c$ =100×16,08/900=**1,79** %,

J_{sx}=**2394** cm^4, J_{sy}=**1330** cm^4,

Siły przekrojowe:

zadanie: podciąg5, pręt nr 6, przekrój: x_a=1,63 m, x_b=1,63 m

Obciążenia działające w płaszczyźnie układu: **A**

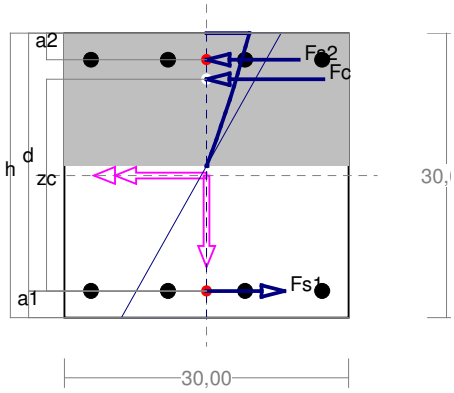
Momenty zginające:	M_x = -9,0 kNm,	M_y = 0,0 kNm,
Siły poprzeczne:	V_y = -12,8 kN,	V_x = 0,0 kN,
Siła osiowa:	N = -105,4 kN = N_{Sd}, .	

Zbrojenie wymagane:

(zadanie podciąg5, pręt nr 6, przekrój: x_a=0,00 m, x_b=3,25 m)

Obliczenia wykonano:

- z uwzględnieniem wkładek zbrojenia rzeczywistego (A_{s1}=8,04 cm^2, A_{s2}=8,04 cm^2,)



Wielkości obliczeniowe:

N_{Sd}=-101,6 kN,

$M_{Sd}=\sqrt{(M_{Sdx}^2+M_{Sdy}^2)}=\sqrt{(-31,7^2+0,0^2)}$ =31,7 kNm

f_{cd}=10,7 MPa, f_{yd}=350 MPa =f_{td},

Dodatkowe zbrojenie rozciągane nie jest obliczeniowo wymagane.

Dodatkowe zbrojenie ściskane nie jest obliczeniowo wymagane.

Wielkości geometryczne [cm]:

h=30,0, d=27,2, x=14,0 (ξ=0,515),

a_1=2,8, a_2=2,8, a_c=4,9, z_c=22,3, A_{cc}=420 cm^2,

ε_c=-0,59 ‰, ε_{s2}=-0,47 ‰, ε_{s1}=0,55 ‰,

Wielkości statyczne [kN, kNm]:

F_c= -115,1, F_{s1} = 88,8, F_{s2} = -75,3,

M_c= 11,7, M_{s1} = 10,8, M_{s2} = 9,2,

Warunki równowagi wewnętrznej:

$F_c+F_{s1}+F_{s2}$=-115,1+(88,8)+(-75,3)=-101,6 kN (N_{Sd}=-101,6 kN)

$M_c+M_{s1}+M_{s2}$=11,7+(10,8)+(9,2)=31,7 kNm (M_{Sd}=31,7 kNm)

Długości wyboczeniowe pręta:

zadanie podciąg5, pręt nr 6

- **przy wyboczeniu w płaszczyźnie układu:**

podatności węzłów ustalone według załącznika C normy, współczynnik β obliczono jak dla pręta dwustronnie zamocowanego w układzie nieprzesuwnym

ze wzoru (C.1) $l_o = \beta\, l_{col}$, l_{col}=3,250 m,

podatności węzłów: κ_a =0,469 ⇒ k_A =(1/κ_a-1)=1,134, $\hat{e}_b$ =0,000 ⇒ k_B =(1/κ_b-1)=∞,

$\beta = 0,5 + 0,25/(k_A+1) + 0,25/(k_B+1) = 0,5 + 0,25/(1,134+1) + 0,25/(\infty+1) = 0,617 \Rightarrow l_o = 0,617\times 3,250 =$ 2,006 m

- **przy wyboczeniu w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny układu:**

podatności węzłów ustalone według załącznika C normy, współczynnik β obliczono jak dla pręta swobodnego:

ze wzoru (C.1) $l_o = \beta\, l_{col}$, l_{col}=3,250 m,

podatności węzłów: κ_a =1,000 ⇒ k_A =(1/κ_a -1)=0,000, $\hat{e}_b$ =1,000 ⇒ k_B =(1/κ_b-1)=0,000,

β=1,000 ⇒ l_o = 1,000×3,250 = 3,250 m

Uwzględnienie wpływu smukłości pręta:

zadanie podciąg5, pręt nr 6

- **w płaszczyźnie ustroju:**

mimośród niezamierzony: (l_{col}=3,250 m, h=0,300 m) $e_a = \max\left\langle \frac{l_{col}}{600}, \frac{h}{30}, 0,01 \right\rangle = \max\langle 0,005, 0,010, 0,010\rangle$

=0,010 m, przyjęto: e_a=0,020 m,

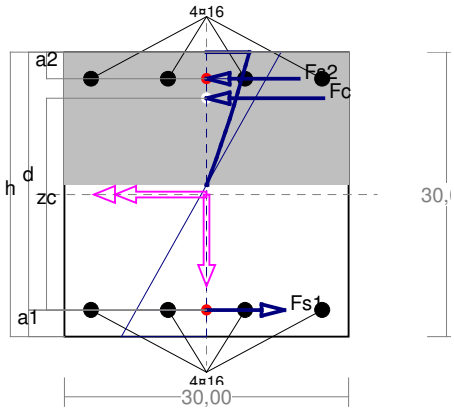
uwzględnienie wpływu smukłości nie jest wymagane,

- **w płaszczyźnie prostopadłej do ustroju:**

uwzględnienie wpływu smukłości zaniechano

Nośność przekroju prostopadłego:

zadanie podciąg5, pręt nr 6, przekrój: x_a=0,00 m, x_b=3,25 m



Wielkości obliczeniowe:
N_{Sd}=-101,6 kN,
$M_{Sd}=\sqrt{(M_{Sdx}^2+M_{Sdy}^2)}=\sqrt{(-31,7^2+0,0^2)}$ =31,7 kNm
f_{cd}=10,7 MPa, f_{yd}=350 MPa =f_{td},
Zbrojenie rozciągane: A_{s1}=**8,04** cm^2,
Zbrojenie ściskane: A_{s2}=**8,04** cm^2,
$A_s=A_{s1}+A_{s2}$=16,08 cm^2, $\rho=100\times A_s/A_c$= 100×16,08/900=1,79 %

Wielkości geometryczne [cm]:
h=30,0, d=27,2, x=14,0 (ξ=0,515),
a_1=2,8, a_2=2,8, a_c=4,9, z_c=22,3, A_{cc}=412 cm^2,
ε_c=-0,59 ‰, ε_{s2}=-0,47 ‰, ε_{s1}=0,55 ‰,

Wielkości statyczne [kN, kNm]:
F_c= -115,1, F_{s1} = 88,8, F_{s2} = -75,3,
M_c= 11,7, M_{s1} = 10,8, M_{s2} = 9,2,

Warunek stanu granicznego nośności:
M_{Rd} = **99,6 kNm** > $M_{Sd}=M_c+M_{s1}+M_{s2}$=11,7+(10,8)+(9,2)=**31,7** kNm

Zbrojenie poprzeczne (strzemiona)

zadanie podciąg5, pręt nr 6

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

Minimalny stopień zbrojenia na ścinanie:

$$\rho_{w,min} = 0,08\ \sqrt{f_{ck}}\ /\ f_{yk} = 0,08\times\sqrt{16}\ /\ 410 = 0,00078$$

Rozstaw strzemion:

Strefa nr 1

Początek i koniec strefy: x_a = 0,0 x_b = 325,0 cm
Maksymalny rozstawy strzemion:

s_{max} = 0,75 d = 0,75×272 = 204 $s_{max} \le$ 400 mm
przyjęto s_{max} = 204 mm.

Ze względu na pręty ściskane s_{max} = 15 ϕ = 15×16,0 = 240,0 mm.

Przyjęto strzemiona 2-cięte, prostopadłe do osi pręta o rozstawie **20,0** cm, dla których stopień zbrojenia na ścinanie wynosi:

$$\rho_w = A_{sw}/(s\ b_w \sin\alpha) = 1,01 / (20,0\times30,0\times1,000) = 0,00168$$

$$\rho_w = \mathbf{0,00168 > 0,00078} = \rho_{w\ min}$$

Ścinanie

zadanie podciąg5, pręt nr 6.

Przyjęto podparcie i obciążenie bezpośrednie.

Odcinek nr 4

Początek i koniec odcinka: x_a = 139,3 x_b = 185,7 cm
Siły przekrojowe: N_{Sd} = -105,9;
$V_{Sd\ max}$ = -12,8 kN

Rodzaj odcinka:

$$\rho_L = \frac{A_{sL}}{b_w d} = \frac{8,04}{30,0\times27,2} = 0,00986; \qquad \rho_L \le 0,01$$

Przyjęto ρ_L = 0,00986.

$$\sigma_{cp} = N_{Sd} / A_C = 105,9 / 1010,93 \times 10 = 1,0\ \text{MPa} \qquad \sigma_{cp} \le 0,2\ f_{cd}$$

Przyjęto σ_{cp} = 1,0 MPa.

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

$= [0,35 \times 1,33 \times 0,90 \times (1,2+40 \times 0,00986) + 0,15 \times 1,0] \times 30,0 \times 27,2 \times 10^{-1} = 67,3$ kN

$V_{Sd} = 12,8 < 67,3 = V_{Rd1}$

Nośność odcinka I-go rodzaju:

$V_{Sd} =$ **12,8 < 67,3** $= V_{Rd1}$

$\nu = 0,6\ (1 - f_{ck} / 250) = 0,6 \times (1 - 16 / 250) = 0,562$

$V_{Rd2} = 0,5\ \nu\ f_{cd}\ b_w\ z = 0,5 \times 0,562 \times 10,7 \times 30,0 \times 18,3 \times 10^{-1} = 165,2$ kN

$\alpha_c = 1 + \sigma_{cp}/f_{cd} = 1 + 1,0/10,7 = 1,098$

$V_{Rd2,red} = \alpha_c$ VRd2 $= 1,098 \times 165,2 = 181,4$ kN

Przyjęto $V_{Rd2,red} = 165,2$ kN

$V_{Sd} =$ **12,8 < 165,2** $= V_{Rd2,red}$

Nośność zbrojenia podłużnego

zadanie podciąg5, pręt nr 6.

Sprawdzenie siły przenoszonej przez zbrojenie rozciągane dla x = 0,000 m:

$\Delta F_{td} = 0,5\ |V_{Sd}|\ (\cot\theta - V_{Rd32} / V_{Rd3}\ \cot\alpha) = 0,5 \times -12,6 \times (1,000) = 6,3$ kN

Sumaryczna siła w zbrojeniu rozciąganym:

$F_{td} = F_{td,m} + \Delta F_{td} = 88,8 + 6,3 = 95,2$ kN;

$F_{td} \le F_{td,max} = 88,8$ kN

Przyjęto $F_{td} = 88,8$ kN

$F_{td} =$ **88,8 < 281,5** $= 8,04 \times 350 \times 10^{-1} = A_s\ f_{yd}$

Zarysowanie

zadanie podciąg5, pręt nr 6,

Położenie przekroju:	x = 0,000 m
Siły przekrojowe:	$M_{Sd} = 29,5$ kNm
	$N_{Sd} = -101,1$ kN e = 31,2 cm
	$V_{Sd} = -12,6$ kN
Wymiary przekroju:	$b_w = 30,0$ cm
	$d = h - a_1 = 30,0 - 2,8 = 27,2$ cm
	$A_c = 900$ cm^2
	$W_c = 4500$ cm^3

Minimalne zbrojenie:

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

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

$= 0,4 \times 1,0 \times 1,9 \times 450 / 240 = 1,42$ cm^2

$A_{s1} =$ **8,04 > 1,42** $= A_s$

Zarysowanie:

$M_{cr} = f_{ctm}\ W_c = 1,9 \times 4500 \times 10^{-3} = 8,6$ kNm

$$N_{cr} = \frac{f_{ctm}}{e / W_c - 1 / A_c} = \frac{1,9}{31,2/4500,00 - 1/900,00} \times 10^{-1} = -32,7 \text{ kN}$$

$N_{Sd} = 101,1 > 32,7 = N_{cr}$

Przekrój zarysowany.

Szerokość rozwarcia rysy prostopadłej do osi pręta:

Przyjęto $k_2 = 0,5$.

$\rho_r = A_s / A_{ct,eff} = 8,04 / 197 = 0,04074$

$s_{rm} = 50 + 0,25\ k_1\ k_2\ \phi / \rho_r = 50 + 0,25 \times 0,8 \times 0,50 \times 16/0,04074 = 89,28$

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

$= 108,5/200000 \times [1 - 1,0 \times 0,5 \times (-32,7/101,1)^2] = 0,00051$

$w_k = \beta\ s_{rm}\ \varepsilon_{sm} = 1,7 \times 89,28 \times 0,00051 = 0,08$ mm

$w_k =$ **0,08 < 0,3** $= w_{lim}$

Szerokość rozwarcia rysy ukośnej:

Rysy ukośne nie występują.

Ugięcia

zadanie podciąg5, pręt nr 6

Ugięcia wyznaczono dla charakterystycznych obciążeń długotrwałych.

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

$$E_{c,eff} = \frac{E_{cm}}{1 + \phi(t, t_o)} = \frac{29000}{1 + 2,00} = 9667 \text{ MPa}$$

Moment rysujący:

$M_{cr} = f_{ctm}\ W_c = 1,9 \times 4500 \times 10^{-3} = 8,6$ kNm

Całkowity moment zginający $M_{Sd} = 29,5$ kN powoduje zarysowanie przekroju.

Sztywność dla długotrwałego działania obciążeń długotrwałych:

Sztywność na zginanie wyznaczona dla momentu $M_{Sd} = 29,5$ kNm.

Wielkości geometryczne przekroju: $x_I = 15,0$ cm $I_I = 117033$ cm^4

$x_{II} = 10,3$ cm $I_{II} = 67810$ cm^4

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

$$= \frac{9667 \times 67810}{1 - 1,0 \times 0,5 \times (8,6/29,5)^2 \times (1 - 67810/117033)} \times 10^{-5} = 6673 \text{ kNm}^2$$

Wykres sztywności i momentów dla obciążeń długotrwałych.

Ugięcia.

Ugięcie w punkcie o współrzędnej x = 1,016 cm, wyznaczone poprzez całkowanie funkcji krzywizny osi pręta $(1/\rho)$ z uwzględnieniem zmiany sztywności wzdłuż osi elementu, wynosi:

$a = a_{\infty,d} = 1,2$ mm

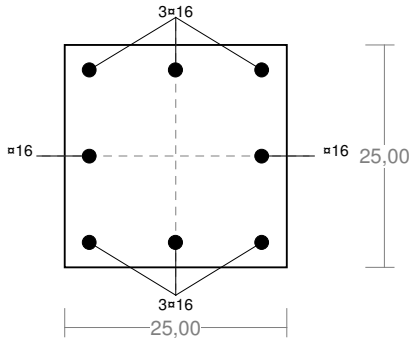
$a =$ **1,2 < 13,0** $= a_{lim}$

Reakcje podporowe
R = 109,3 kN
M = 11,90 kNm
H = 12,80 kN

Poz.5.10 Słup pod poz.3.9.

Cechy przekroju:

zadanie nadproże9, pręt nr 3, przekrój: x_a=1,63 m, x_b=1,63 m



Wymiary przekroju [cm]:
h=25,0, b=25,0,
Cechy materiałowe dla sytuacji stałej lub przejściowej
BETON: **B20**
f_{ck}= **16,0** MPa, $f_{cd}=\alpha \cdot f_{ck}/\gamma_c$=1,00×16,0/1,50=**10,7** MPa
Cechy geometryczne przekroju betonowego:
A_c=**625** cm^2, J_{cx}=**32552** cm^4, J_{cy}=**32552** cm^4
STAL: **A-III** (**34GS**)
f_{yk}=410 MPa, γ_s=1,15, f_{yd}=350 MPa
$\xi_{lim}=0,0035/(0,0035+f_{yd}/E_s)=0,0035/(0,0035+350/200000)=0,667$,
Zbrojenie główne:
$A_{s1}+A_{s2}$=**16,08** cm^2, $\rho=100\ (A_{s1}+A_{s2})/A_c$ =100×16,08/625=**2,57** %,

J_{sx}=**1135** cm^4, J_{sy}=**1135** cm^4,

Siły przekrojowe:

zadanie: nadproże9, pręt nr 3, przekrój: x_a=1,63 m, x_b=1,63 m

Obciążenia działające w płaszczyźnie układu: **AB**

Momenty zginające:	M_x = 1,8 kNm,	M_y = 0,0 kNm,
Siły poprzeczne:	V_y = 3,3 kN,	V_x = 0,0 kN,
Siła osiowa:	N = -116,2 kN = N_{Sd},	

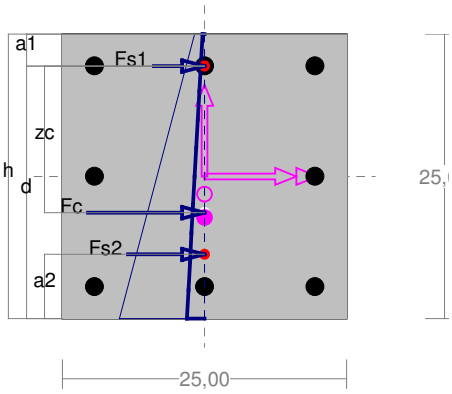
Uwzględnienie smukłości pręta:
- w płaszczyźnie ustroju:
e_{ey}= M_x/N = (1,8)/(-116,2)=-0,015 m,
$M_{Sdx}=\eta_x\ (e_{ay}+e_{ey})\ N$ = 1,013×(-0,020 -0,015)×(-116,2) = 4,2 kNm,.

Zbrojenie wymagane:

(zadanie nadproże9, pręt nr 3, przekrój: x_a=1,63 m, x_b=1,63 m)

Obliczenia wykonano:

- z uwzględnieniem wkładek zbrojenia rzeczywistego (A_{s1}=6,03 cm^2, A_{s2}=10,05 cm^2,)



Wielkości obliczeniowe:
N_{Sd}=-116,2 kN,
$M_{Sd}=\sqrt{(M_{Sdx}^2+M_{Sdy}^2)}=\sqrt{(4,2^2+0,0^2)}$ =4,2 kNm
f_{cd}=10,7 MPa, f_{yd}=350 MPa =f_{td},
Dodatkowe zbrojenie mniej ściskane nie jest obliczeniowo wymagane.
Dodatkowe zbrojenie ściskane nie jest obliczeniowo wymagane.

Wielkości geometryczne [cm]:
h=25,0, d=22,2, x=28,3 (ξ=1,275),
a_1=2,8, a_2=5,6, a_c=9,3, z_c=12,9, A_{cc}=625 cm^2,
ε_c=-0,22 ‰, ε_{s2}=-0,20 ‰, ε_{s1}=-0,05 ‰,

Wielkości statyczne [kN, kNm]:
F_c= -76,8, F_{s1} = -5,7, F_{s2} = -33,7,
M_c= 2,4, M_{s1} = -0,6, M_{s2} = 2,3,

Warunki równowagi wewnętrznej:
$F_c+F_{s1}+F_{s2}$=-76,8+(-5,7)+(-33,7)=-116,2 kN (N_{Sd}=-116,2 kN)
$M_c+M_{s1}+M_{s2}$=2,4+(-0,6)+(2,3)=4,2 kNm (M_{Sd}=4,2 kNm)

Długości wyboczeniowe pręta:

zadanie nadproże9, pręt nr 3

- **przy wyboczeniu w płaszczyźnie układu:**

podatności węzłów ustalone według załącznika C normy, współczynnik β obliczono jak dla pręta dwustronnie zamocowanego w układzie nieprzesuwnym

ze wzoru (C.1) $l_o = \beta\, l_{col}$, l_{col}=3,250 m,

podatności węzłów: κ_a =0,232 $\Rightarrow$ k_A =(1/κ_a-1)=3,304, $\hat{e}_b$ =0,000 $\Rightarrow$ k_B =(1/κ_b-1)=∞,

$\beta = 0{,}5 + 0{,}25/(k_A+1) + 0{,}25/(k_B+1) = 0{,}5 + 0{,}25/(3{,}304+1) + 0{,}25/(\infty+1) = 0{,}558 \Rightarrow l_o = 0{,}558\times 3{,}250 = 1{,}814$ m

- **przy wyboczeniu w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny układu:**

podatności węzłów ustalone według załącznika C normy, współczynnik β obliczono jak dla pręta swobodnego:

ze wzoru (C.1) $l_o = \beta\, l_{col}$, l_{col}=3,250 m,

podatności węzłów: κ_a =1,000 $\Rightarrow$ k_A =(1/κ_a -1)=0,000, $\hat{e}_b$ =1,000 $\Rightarrow$ k_B =(1/κ_b-1)=0,000,

β=1,000 $\Rightarrow l_o = 1{,}000\times 3{,}250 = 3{,}250$ m

Uwzględnienie wpływu smukłości pręta:

zadanie nadproże9, pręt nr 3

- **w płaszczyźnie ustroju:**

mimośród niezamierzony: (l_{col}=3,250 m, h=0,250 m) $e_a = \max\left\langle \frac{l_{col}}{600}, \frac{h}{30}, 0{,}01 \right\rangle = \max\langle 0{,}005,\ 0{,}008,\ 0{,}010\rangle$

=0,010 m, przyjęto: e_a=0,020 m,

mimośród statyczny: $M_{max}=0{,}6\cdot M_{1Sd}+0{,}4\cdot M_{2Sd}=0{,}6\cdot(7{,}3)+0{,}4\cdot(-3{,}6)$ =2,9 kNm, N_{Sd}=-113,5 kN $\Rightarrow$ $e_e = |M_{max}/N| = |2{,}9/(-113{,}5)| = 0{,}026$ m,

mimośród początkowy: $e_o=e_a+e_e=0{,}020+0{,}026=0{,}046$ m,

obliczenie siły krytycznej:
- długość wyboczeniowa: l_o=1,814 m (obliczona wg PN),
- moduł sprężystości betonu: $E_{cm}=29{,}0\cdot 10^6$ kPa,
- momenty bezwładności: $I_c=3{,}2552\cdot 10^{-4}$ m^4,
  $I_s=0{,}1135\cdot 10^{-4}$ m^4 (dla zbrojenia rzeczywistego)
- $e_o/h=\max\langle (e_a+e_e)/h,\ 0{,}05,\ 0{,}5\text{-}0{,}01(l_o/h+f_{cd})\rangle = \max\langle 0{,}183,\ 0{,}05,\ 0{,}320\rangle = 0{,}320$,
- $k_{lt}=1+0{,}5\ (N_{Sd,lt}/N_{Sd})\ \phi_{(t,to)} = 1 + 0{,}5\times 1{,}000\times 2{,}00 = 2{,}000$,

$$N_{crit} = \frac{9}{l_o^2}\left[\frac{E_{cm}I_c}{2k_{lt}}\left(\frac{0{,}11}{0{,}1+\frac{e_o}{h}}+0{,}1\right)+E_sI_s\right] =$$

$$\frac{9}{1{,}814^2}\left[\frac{2{,}900\cdot 10^7\times 3{,}255\cdot 10^{-4}}{2\times 2{,}000}\left(\frac{0{,}11}{0{,}1+0{,}320}+0{,}1\right)+2{,}0\cdot 10^8\times 1{,}135\cdot 10^{-5}\right] = 8545{,}4 \text{ kN}$$

współczynnik zwiększający mimośród początkowy:

$$\eta = \frac{1}{1-N_{Sd}/N_{crit}} = \frac{1}{1 - (113{,}5 / 8545{,}4)} = 1{,}013$$

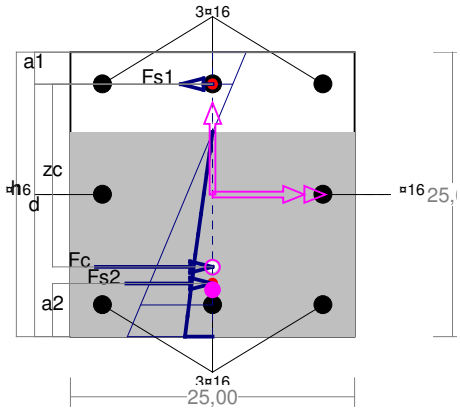
,

- **w płaszczyźnie prostopadłej do ustroju:**

uwzględnienie wpływu smukłości zaniechano

Nośność przekroju prostopadłego:

zadanie nadproże9, pręt nr 3, przekrój: x_a=0,00 m, x_b=3,25 m



Wielkości obliczeniowe:
N_{Sd}=-113,5 kN,
$M_{Sd}=\sqrt{(M_{Sdx}^2+M_{Sdy}^2)}=\sqrt{(9,5^2+0,0^2)}$ =9,5 kNm
f_{cd}=10,7 MPa, f_{yd}=350 MPa =f_{td},
Zbrojenie rozciągane: A_{s1}=**6,03** cm^2,
Zbrojenie ściskane: A_{s2}=**10,05** cm^2,
$A_s=A_{s1}+A_{s2}$=16,08 cm^2, $\rho=100\times A_s/A_c=$ 100×16,08/625=2,57 %

Wielkości geometryczne [cm]:
h=25,0, d=22,2, x=18,0 (ξ=0,809),
a_1=2,8, a_2=4,7, a_c=6,1, z_c=16,1, A_{cc}=439 cm^2,
ε_c=-0,36 ‰, ε_{s2}=-0,30 ‰, ε_{s1}=0,08 ‰,

Wielkości statyczne [kN, kNm]:
F_c= -78,5, F_{s1} = 10,2, F_{s2} = -45,2,
M_c= 5,0, M_{s1} = 1,0, M_{s2} = 3,5,

Warunek stanu granicznego nośności:
N_{Rd} = **-581,3 kN** > $N_{Sd}=F_c+F_{s1}+F_{s2}$=-78,5+(10,2)+(-45,2)=**-113,5** kN

Zbrojenie poprzeczne (strzemiona)

zadanie nadproże9, pręt nr 3

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

Minimalny stopień zbrojenia na ścinanie:

$$\rho_{w,min} = 0,08\ \sqrt{f_{ck}}\ /\ f_{yk} = 0,08\times\sqrt{16}\ /\ 410 = 0,00078$$

Rozstaw strzemion:

Strefa nr 1

Początek i koniec strefy: x_a = 0,0 x_b = 325,0 cm
Maksymalny rozstawy strzemion:

s_{max} = 0,75 d = 0,75×222 = 167 $s_{max} \le$ 400 mm
przyjęto s_{max} = 167 mm.

Ze względu na pręty ściskane s_{max} = 15 ϕ = 15×16,0 = 240,0 mm.

Przyjęto strzemiona 2-cięte, prostopadłe do osi pręta o rozstawie **16,6** cm, dla których stopień zbrojenia na ścinanie wynosi:

$$\rho_w = A_{sw}/(s\ b_w \sin\alpha) = 1,01 / (16,6\times25,0\times1,000) = 0,00242$$

$$\rho_w = \mathbf{0,00242 > 0,00078} = \rho_{w\ min}$$

Ścinanie

zadanie nadproże9, pręt nr 3.

Przyjęto podparcie i obciążenie bezpośrednie.

Odcinek nr 8

Początek i koniec odcinka: x_a = 284,4 x_b = 325,0 cm
Siły przekrojowe: N_{Sd} = -118,2;
$V_{Sd\ max}$ = 3,3 kN

Siła poprzeczna w odległości *d* od podpory wynosi: V_{Sd} = 3,3 kN

Rodzaj odcinka:

$$\rho_L = \frac{A_{sL}}{b_w d} = \frac{6,03}{25,0\times22,2} = 0,01087; \qquad \rho_L \le 0,01$$

Przyjęto ρ_L = 0,01000.

$$\sigma_{cp} = N_{Sd} / A_C = 118,2 / 708,20 \times10 = 1,7\ \text{MPa} \qquad \sigma_{cp} \le 0,2\ f_{cd}$$

Przyjęto σ_{cp} = 1,7 MPa.

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

$= [0,35 \times 1,38 \times 0,90 \times (1,2+40 \times 0,01000) + 0,15 \times 1,7] \times 25,0 \times 22,2 \times 10^{-1} = 52,5$ kN

$V_{Sd} = 3,3 < 52,5 = V_{Rd1}$

Nośność odcinka I-go rodzaju:

$V_{Sd} =$ **3,3 < 52,5** $= V_{Rd1}$

$\nu = 0,6\ (1 - f_{ck} / 250) = 0,6 \times (1 - 16 / 250) = 0,562$

$V_{Rd2} = 0,5\ \nu\ f_{cd}\ b_w\ z = 0,5 \times 0,562 \times 10,7 \times 25,0 \times 6,5 \times 10^{-1} = 48,8$ kN

$\alpha_c = 1 + \sigma_{cp}/f_{cd} = 1 + 1,7/10,7 = 1,156$

$V_{Rd2,red} = \alpha_c$ VRd2 $= 1,156 \times 48,8 = 56,4$ kN

Przyjęto $V_{Rd2,red} = 48,8$ kN

$V_{Sd} =$ **3,3 < 48,8** $= V_{Rd2,red}$

Nośność zbrojenia podłużnego

zadanie nadproże9, pręt nr 3.

Sprawdzenie siły przenoszonej przez zbrojenie rozciągane dla x = 0,000 m:

$\Delta F_{td} = 0,5\ |V_{Sd}|\ (\cot\theta - V_{Rd32} / V_{Rd3}\ \cot\alpha) = 0,5 \times 3,3 \times (1,000) = 1,7$ kN

Sumaryczna siła w zbrojeniu rozciąganym:

$F_{td} = F_{td,m} + \Delta F_{td} = 10,2 + 1,7 = 11,8$ kN;

$F_{td} \le F_{td,max} = 10,2$ kN

Przyjęto $F_{td} = 10,2$ kN

$F_{td} =$ **10,2 < 211,1** $= 6,03 \times 350 \times 10^{-1} = A_s\ f_{yd}$

Zarysowanie

zadanie nadproże9, pręt nr 3,

Położenie przekroju:	x = 0,000 m
Siły przekrojowe:	$M_{Sd} = -7,2$ kNm
	$N_{Sd} = -112,7$ kN e = 8,4 cm
	$V_{Sd} = 3,3$ kN
Wymiary przekroju:	$b_w = 25,0$ cm
	$d = h - a_1 = 25,0 - 2,8 = 22,2$ cm
	$A_c = 625$ cm^2
	$W_c = 2604$ cm^3

Minimalne zbrojenie:

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

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

$= 0,4 \times 1,0 \times 1,9 \times 312 / 240 = 0,99$ cm^2

$A_{s1} =$ **6,03 > 0,99** $= A_s$

Zarysowanie:

$M_{cr} = f_{ctm}\ W_c = 1,9 \times 2604 \times 10^{-3} = 4,9$ kNm

$$N_{cr} = \frac{f_{ctm}}{e / W_c - 1 / A_c} = \frac{1,9}{8,4/2604,17 - 1/625,00} \times 10^{-1} = -117,7 \text{ kN}$$

$N_{Sd} = 112,7 < 117,7 = N_{cr}$

Przekrój niezarysowany.

Szerokość rozwarcia rysy ukośnej:

Rysy ukośne nie występują.

Ugięcia

zadanie nadproże9, pręt nr 3

Ugięcia wyznaczono dla charakterystycznych obciążeń długotrwałych.

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

$$E_{c,eff} = \frac{E_{cm}}{1+\phi(t,t_o)} = \frac{29000}{1+2,00} = 9667 \text{ MPa}$$

Moment rysujący:

$$M_{cr} = f_{ctm} W_c = 1,9 \times 2604 \times 10^{-3} = 4,9 \text{ kNm}$$

Całkowity moment zginający $M_{Sd} = -7,2$ kN powoduje zarysowanie przekroju.

Sztywność dla długotrwałego działania obciążeń długotrwałych:

Sztywność na zginanie wyznaczona dla momentu $M_{Sd} = -7,2$ kNm.

Wielkości geometryczne przekroju: $x_I = 12,5$ cm $I_I = 56036$ cm^4

$x_{II} = 8,7$ cm $I_{II} = 32576$ cm^4

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

$$= \frac{9667 \times 32576}{1 - 1,0 \times 0,5 \times (4,9/7,2)^2 \times (1 - 32576/56036)} \times 10^{-5} = 3497 \text{ kNm}^2$$

Wykres sztywności i momentów dla obciążeń długotrwałych.

Ugięcia.

Ugięcie w punkcie o współrzędnej x = 0,914 cm, wyznaczone poprzez całkowanie funkcji krzywizny osi pręta $(1/\rho)$ z uwzględnieniem zmiany sztywności wzdłuż osi elementu, wynosi:

$a = a_{\infty,d} = 0,3$ mm

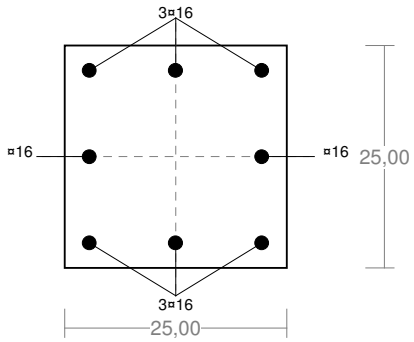
$a = \mathbf{0,3 < 13,0} = a_{lim}$

Reakcje podporowe
R = 118,70 kN
M = 3,70 kNm
H = 3,40 kN

Poz.5.11 Słup narożnikowy.

Cechy przekroju:

zadanie nadproże9, pręt nr 4, przekrój: x_a=1,63 m, x_b=1,63 m



Wymiary przekroju [cm]:
h=25,0, b=25,0,
Cechy materiałowe dla sytuacji stałej lub przejściowej
BETON: **B20**
f_{ck}= **16,0** MPa, $f_{cd}=\alpha \cdot f_{ck}/\gamma_c$=1,00×16,0/1,50=**10,7** MPa
Cechy geometryczne przekroju betonowego:
A_c=**625** cm^2, J_{cx}=**32552** cm^4, J_{cy}=**32552** cm^4
STAL: **A-III** (**34GS**)
f_{yk}=410 MPa, γ_s=1,15, f_{yd}=350 MPa
$\xi_{lim}=0{,}0035/(0{,}0035+f_{yd}/E_s)=0{,}0035/(0{,}0035+350/200000)=0{,}667$,
Zbrojenie główne:
$A_{s1}+A_{s2}$=**16,08** cm^2, $\rho=100\ (A_{s1}+A_{s2})/A_c$ =100×16,08/625=**2,57** %,

J_{sx}=**1135** cm^4, J_{sy}=**1135** cm^4,

Siły przekrojowe:

zadanie: nadproże9, pręt nr 4, przekrój: x_a=1,63 m, x_b=1,63 m

Obciążenia działające w płaszczyźnie układu: **AB**

Momenty zginające:	M_x = 0,3 kNm,	M_y = 0,0 kNm,
Siły poprzeczne:	V_y = 0,6 kN,	V_x = 0,0 kN,
Siła osiowa:	N = -64,8 kN = N_{Sd},	

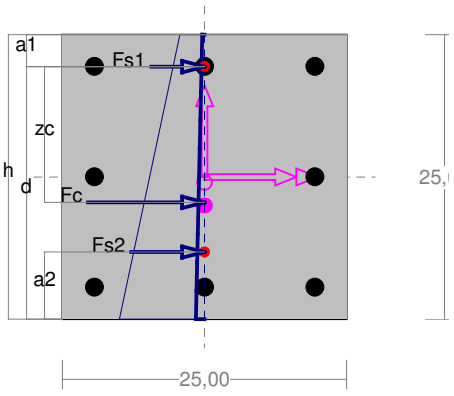
Uwzględnienie smukłości pręta:
- w płaszczyźnie ustroju:
$e_{ey}=M_x/N=(0{,}3)/(-64{,}8)=-0{,}005$ m,
$M_{Sdx}=\eta_x\ (e_{ay}+e_{ey})\ N=1{,}008\times(-0{,}020\ -0{,}005)\times(-64{,}8)=1{,}6$ kNm,.

Zbrojenie wymagane:

(zadanie nadproże9, pręt nr 4, przekrój: x_a=1,63 m, x_b=1,63 m)

Obliczenia wykonano:

- z uwzględnieniem wkładek zbrojenia rzeczywistego (A_{s1}=6,03 cm^2, A_{s2}=10,05 cm^2,)



Wielkości obliczeniowe:
N_{Sd}=-64,8 kN,
$M_{Sd}=\sqrt{(M_{Sdx}^2+M_{Sdy}^2)}=\sqrt{(1{,}6^2+0{,}0^2)}$ =1,6 kNm
f_{cd}=10,7 MPa, f_{yd}=350 MPa =f_{td},
Dodatkowe zbrojenie mniej ściskane nie jest obliczeniowo wymagane.
Dodatkowe zbrojenie ściskane nie jest obliczeniowo wymagane.
Wielkości geometryczne [cm]:
h=25,0, d=22,2, x=35,3 (ξ=1,590),
a_1=2,8, a_2=5,9, a_c=10,3, z_c=11,9, A_{cc}=625 cm^2,
ε_c=-0,10 ‰, ε_{s2}=-0,10 ‰, ε_{s1}=-0,04 ‰,
Wielkości statyczne [kN, kNm]:
F_c= -43,1, F_{s1} = -4,7, F_{s2} = -17,0,
M_c= 1,0, M_{s1} = -0,5, M_{s2} = 1,1,

Warunki równowagi wewnętrznej:

$F_c+F_{s1}+F_{s2}$=-43,1+(-4,7)+(-17,0)=-64,8 kN (N_{Sd}=-64,8 kN)
$M_c+M_{s1}+M_{s2}$=1,0+(-0,5)+(1,1)=1,6 kNm (M_{Sd}=1,6 kNm)

Długości wyboczeniowe pręta:

zadanie nadproże9, pręt nr 4

- **przy wyboczeniu w płaszczyźnie układu:**

podatności węzłów ustalone według załącznika C normy, współczynnik β obliczono jak dla pręta dwustronnie zamocowanego w układzie nieprzesuwnym

ze wzoru (C.1) $l_o = \beta\, l_{col}$, l_{col}=3,250 m,

podatności węzłów: κ_a =0,329 $\Rightarrow$ k_A =(1/κ_a-1)=2,042, $\hat{e}_b$ =0,000 $\Rightarrow$ k_B =(1/κ_b-1)=∞,

$\beta = 0{,}5 + 0{,}25/(k_A+1) + 0{,}25/(k_B+1) = 0{,}5 + 0{,}25/(2{,}042+1) + 0{,}25/(\infty+1) = 0{,}582 \Rightarrow l_o = 0{,}582\times 3{,}250 = 1{,}892$ m

- **przy wyboczeniu w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny układu:**

podatności węzłów ustalone według załącznika C normy, współczynnik β obliczono jak dla pręta swobodnego:

ze wzoru (C.1) $l_o = \beta\, l_{col}$, l_{col}=3,250 m,

podatności węzłów: κ_a =1,000 $\Rightarrow$ k_A =(1/κ_a -1)=0,000, $\hat{e}_b$ =1,000 $\Rightarrow$ k_B =(1/κ_b-1)=0,000,

β=1,000 $\Rightarrow l_o = 1{,}000\times 3{,}250 = 3{,}250$ m

Uwzględnienie wpływu smukłości pręta:

zadanie nadproże9, pręt nr 4

- **w płaszczyźnie ustroju:**

mimośród niezamierzony: (l_{col}=3,250 m, h=0,250 m) $e_a = \max\left\langle \frac{l_{col}}{600}, \frac{h}{30}, 0{,}01 \right\rangle = \max\langle 0{,}005,\ 0{,}008,\ 0{,}010\rangle$

=0,010 m, przyjęto: e_a=0,020 m,

mimośród statyczny: $M_{max}=0{,}6\cdot M_{1Sd}+0{,}4\cdot M_{2Sd}=0{,}6\cdot(1{,}2)+0{,}4\cdot(-0{,}6)=0{,}5$ kNm, N_{Sd}=-62,1 kN $\Rightarrow$
$e_e = |M_{max}/N| = |0{,}5/(-62{,}1)| = 0{,}008$ m,

mimośród początkowy: $e_o=e_a+e_e=0{,}020+0{,}008=0{,}028$ m,

obliczenie siły krytycznej:
- długość wyboczeniowa: l_o=1,892 m (obliczona wg PN),
- moduł sprężystości betonu: $E_{cm}=29{,}0\cdot 10^6$ kPa,
- momenty bezwładności: $I_c=3{,}2552\cdot 10^{-4}$ m^4,
  $I_s=0{,}1135\cdot 10^{-4}$ m^4 (dla zbrojenia rzeczywistego)
- $e_o/h=\max\langle (e_a+e_e)/h,\ 0{,}05,\ 0{,}5-0{,}01(l_o/h+f_{cd})\rangle = \max\langle 0{,}113,\ 0{,}05,\ 0{,}317\rangle = 0{,}317$,
- $k_{lt}=1+0{,}5\,(N_{Sd,lt}/N_{Sd})\,\phi_{(t,to)} = 1 + 0{,}5\times 1{,}000\times 2{,}00 = 2{,}000$,

$$N_{crit} = \frac{9}{l_o^2}\left[\frac{E_{cm}I_c}{2k_{lt}}\left(\frac{0{,}11}{0{,}1+\frac{e_o}{h}}+0{,}1\right)+E_sI_s\right] =$$

$$\frac{9}{1{,}892^2}\left[\frac{2{,}900\cdot 10^7\times 3{,}255\cdot 10^{-4}}{2\times 2{,}000}\left(\frac{0{,}11}{0{,}1+0{,}317}+0{,}1\right)+2{,}0\cdot 10^8\times 1{,}135\cdot 10^{-5}\right] = 7864{,}4 \text{ kN}$$

współczynnik zwiększający mimośród początkowy:

$$\eta = \frac{1}{1-N_{Sd}/N_{crit}} = \frac{1}{1-(62{,}1/7864{,}4)} = 1{,}008$$

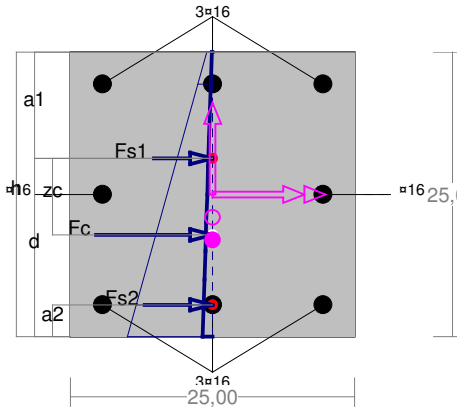
,

- **w płaszczyźnie prostopadłej do ustroju:**

uwzględnienie wpływu smukłości zaniechano

Nośność przekroju prostopadłego:

zadanie nadproże9, pręt nr 4, przekrój: x_a=0,00 m, x_b=3,25 m



Wielkości obliczeniowe:
N_{Sd}=-62,1 kN,
$M_{Sd}=\sqrt{(M_{Sdx}^2+M_{Sdy}^2)}=\sqrt{(2,5^2+0,0^2)}$ =2,5 kNm
f_{cd}=10,7 MPa, f_{yd}=350 MPa =f_{td},
Zbrojenie mniej ściskane: A_{s1}=**10,05** cm^2,
Zbrojenie ściskane: A_{s2}=**6,03** cm^2,
$A_s=A_{s1}+A_{s2}$=16,08 cm^2, $\rho=100\times A_s/A_c$= 100×16,08/625=2,57 %

Wielkości geometryczne [cm]:
h=25,0, d=15,7, x=19,0 (ξ=1,210),
a_1=9,3, a_2=2,8, a_c=9,0, z_c=6,7, A_{cc}=609 cm^2,
ε_c=-0,12 ‰, ε_{s2}=-0,11 ‰, ε_{s1}=-0,02 ‰,

Wielkości statyczne [kN, kNm]:
F_c= -41,3, F_{s1} = -7,7, F_{s2} = -13,1,
M_c= 1,5, M_{s1} = -0,2, M_{s2} = 1,3,

Warunek stanu granicznego nośności:
N_{Rd} = **-835,6 kN** > $N_{Sd}=F_c+F_{s1}+F_{s2}$=-41,3+(-7,7)+(-13,1)=**-62,1** kN

Zbrojenie poprzeczne (strzemiona)

zadanie nadproże9, pręt nr 4

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

Minimalny stopień zbrojenia na ścinanie:

$$\rho_{w,min} = 0,08\ \sqrt{f_{ck}}\ /\ f_{yk} = 0,08\times\sqrt{16}\ /\ 410 = 0,00078$$

Rozstaw strzemion:

Strefa nr 1

Początek i koniec strefy: x_a = 0,0 x_b = 325,0 cm
Maksymalny rozstawy strzemion:

s_{max} = 0,75 d = 0,75×222 = 167 $s_{max} \le$ 400 mm
przyjęto s_{max} = 167 mm.

Ze względu na pręty ściskane s_{max} = 15 ϕ = 15×16,0 = 240,0 mm.

Przyjęto strzemiona 2-cięte, prostopadłe do osi pręta o rozstawie **16,0** cm, dla których stopień zbrojenia na ścinanie wynosi:

$$\rho_w = A_{sw}/(s\ b_w \sin\alpha) = 1,01 / (16,0\times25,0\times1,000) = 0,00251$$

$$\rho_w = \mathbf{0,00251 > 0,00078} = \rho_{w\ min}$$

Ścinanie

zadanie nadproże9, pręt nr 4.

Przyjęto podparcie i obciążenie bezpośrednie.

Odcinek nr 1

Początek i koniec odcinka: x_a = 0,0 x_b = 40,6 cm
Siły przekrojowe: N_{Sd} = -62,1;
$V_{Sd\ max}$ = 0,6 kN

Siła poprzeczna w odległości *d* od podpory wynosi: V_{Sd} = 0,6 kN

Rodzaj odcinka:

$$\rho_L = \frac{A_{sL}}{b_w d} = \frac{6,03}{25,0\times22,2} = 0,01087; \qquad \rho_L \le 0,01$$

Przyjęto ρ_L = 0,01000.

$$\sigma_{cp} = N_{Sd} / A_C = 62,1 / 708,20 \times 10 = 0,9\ \text{MPa} \qquad \sigma_{cp} \le 0,2\ f_{cd}$$

Przyjęto σ_{cp} = 0,9 MPa.

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

$= [0,35 \times 1,38 \times 0,90 \times (1,2+40 \times 0,01000) + 0,15 \times 0,9] \times 25,0 \times 22,2 \times 10^{-1} = 45,9$ kN

$V_{Sd} = 0,6 < 45,9 = V_{Rd1}$

Nośność odcinka I-go rodzaju:

$V_{Sd} = \mathbf{0,6 < 45,9} = V_{Rd1}$

$\nu = 0,6 \, (1 - f_{ck} / 250) = 0,6 \times (1 - 16 / 250) = 0,562$

$V_{Rd2} = 0,5 \, \nu \, f_{cd} \, b_w \, z = 0,5 \times 0,562 \times 10,7 \times 25,0 \times 6,7 \times 10^{-1} = 50,5$ kN

$\alpha_c = 1 + \sigma_{cp}/f_{cd} = 1 + 0,9/10,7 = 1,082$

$V_{Rd2,red} = \alpha_c \, VRd2 = 1,082 \times 50,5 = 54,6$ kN

Przyjęto $V_{Rd2,red}$ = 50,5 kN

$V_{Sd} = \mathbf{0,6 < 50,5} = V_{Rd2,red}$

Nośność zbrojenia podłużnego

zadanie nadproże9, pręt nr 4.

Sprawdzenie siły przenoszonej przez zbrojenie rozciągane dla x = 0,203 m:

$\Delta F_{td} = 0,5 \, |V_{Sd}| \, (\cot\theta - V_{Rd32} / V_{Rd3} \, \cot\alpha) = 0,5 \times 0,6 \times (1,000) = 0,3$ kN

Sumaryczna siła w zbrojeniu rozciąganym:

$F_{td} = F_{td,m} + \Delta F_{td} = 0,0 + 0,3 = 0,3$ kN;

$F_{td} \le F_{td,max} = 0,0$ kN

Przyjęto F_{td} = 0,0 kN

$F_{td} = \mathbf{0,0 < 211,1} = 6,03 \times 350 \times 10^{-1} = A_s \, f_{yd}$

Zarysowanie

zadanie nadproże9, pręt nr 4,

Położenie przekroju:	x = 0,203 m
Siły przekrojowe:	M_{Sd} = -1,1 kNm
	N_{Sd} = -62,3 kN e = 3,8 cm
	V_{Sd} = 0,6 kN
Wymiary przekroju:	b_w = 25,0 cm
	d = h - a_1 = 25,0 - 2,8 = 22,2 cm
	A_c = 625 cm^2
	W_c = 2604 cm^3

Zarysowanie:

$M_{cr} = f_{ctm} \, W_c = 1,9 \times 2604 \times 10^{-3} = 4,9$ kNm

Przekrój niezarysowany - w przekroju występują wyłącznie naprężenia ściskające.

Szerokość rozwarcia rysy ukośnej:

Rysy ukośne nie występują.

Ugięcia

zadanie nadproże9, pręt nr 4

Ugięcia wyznaczono dla charakterystycznych obciążeń długotrwałych.

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

$$E_{c,eff} = \frac{E_{cm}}{1 + \phi(t, t_o)} = \frac{29000}{1 + 2,00} = 9667 \text{ MPa}$$

Moment rysujący:

$M_{cr} = f_{ctm} \, W_c = 1,9 \times 2604 \times 10^{-3} = 4,9$ kNm

Całkowity moment zginający M_{Sd} = -1,2 kN nie powoduje zarysowania przekroju.

Sztywność dla długotrwałego działania obciążeń długotrwałych:

Sztywność na zginanie wyznaczona dla momentu M_{Sd} = -1,2 kNm.

Wielkości geometryczne przekroju: x_I = 12,5 cm I_I = 56036 cm^4

$B = E_{c,eff} I_I = 9667 \times 56036 \times 10^{-5} = 5417$ kNm^2

Wykres sztywności i momentów dla obciążeń długotrwałych.

Ugięcia.

Ugięcie w punkcie o współrzędnej x = 1,117 cm, wyznaczone poprzez całkowanie funkcji krzywizny osi pręta (1/ρ) z uwzględnieniem zmiany sztywności wzdłuż osi elementu, wynosi:

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

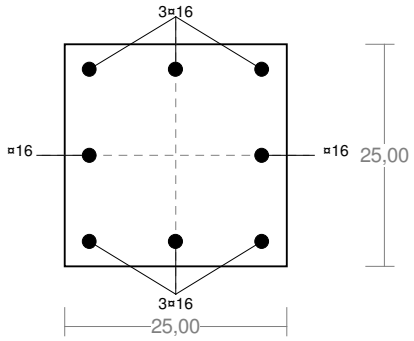
a = **0,1 < 13,0** = a_{lim}

Reakcje podporowe
R = 67,50 kN
M = 0,60 kNm
H = 0,60 kN

Poz.5.12 Słup.

Cechy przekroju:

zadanie pociąg11, pręt nr 4, przekrój: x_a=1,63 m, x_b=1,63 m



Wymiary przekroju [cm]:
h=25,0, b=25,0,
Cechy materiałowe dla sytuacji stałej lub przejściowej
BETON: **B20**
f_{ck}= **16,0** MPa, $f_{cd}=\alpha \cdot f_{ck}/\gamma_c$=1,00×16,0/1,50=**10,7** MPa
Cechy geometryczne przekroju betonowego:
A_c=**625** cm^2, J_{cx}=**32552** cm^4, J_{cy}=**32552** cm^4
STAL: **A-III** (**34GS**)
f_{yk}=410 MPa, γ_s=1,15, f_{yd}=350 MPa
$\xi_{lim}=0,0035/(0,0035+f_{yd}/E_s)=0,0035/(0,0035+350/200000)=0,667$,
Zbrojenie główne:
$A_{s1}+A_{s2}$=**16,08** cm^2, $\rho=100\ (A_{s1}+A_{s2})/A_c$ =100×16,08/625=**2,57** %,

J_{sx}=**1135** cm^4, J_{sy}=**1135** cm^4,

Siły przekrojowe:

zadanie: pociąg11, pręt nr 4, przekrój: x_a=1,63 m, x_b=1,63 m

Obciążenia działające w płaszczyźnie układu: **AB**

Momenty zginające:	M_x = 0,3 kNm,	M_y = 0,0 kNm,
Siły poprzeczne:	V_y = 0,5 kN,	V_x = 0,0 kN,
Siła osiowa:	N = -89,8 kN = N_{Sd},	

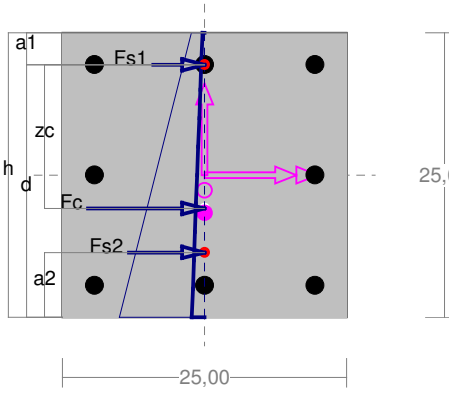
Uwzględnienie smukłości pręta:
- w płaszczyźnie ustroju:
$e_{ey} = M_x/N = (0,3)/(-89,8)$=-0,003 m,
$M_{Sdx} = \eta_x (e_{ay} + e_{ey}) N = 1,010 \times (-0,020 -0,003) \times (-89,8) = 2,1$ kNm,.

Zbrojenie wymagane:

(zadanie pociąg11, pręt nr 4, przekrój: x_a=0,00 m, x_b=3,25 m)

Obliczenia wykonano:

- z uwzględnieniem wkładek zbrojenia rzeczywistego (A_{s1}=6,03 cm^2, A_{s2}=10,05 cm^2,)



Wielkości obliczeniowe:
N_{Sd}=-87,1 kN,
$M_{Sd}=\sqrt{(M_{Sdx}^2+M_{Sdy}^2)}=\sqrt{(2,9^2+0,0^2)}$ =2,9 kNm
f_{cd}=10,7 MPa, f_{yd}=350 MPa =f_{td},
Dodatkowe zbrojenie mniej ściskane nie jest obliczeniowo wymagane.
Dodatkowe zbrojenie ściskane nie jest obliczeniowo wymagane.

Wielkości geometryczne [cm]:

h=25,0, d=22,2, x=29,7 (ξ=1,338),
a_1=2,8, a_2=5,7, a_c=9,6, z_c=12,6, A_{cc}=625 cm^2,
ε_c=-0,16 ‰, ε_{s2}=-0,14 ‰, ε_{s1}=-0,04 ‰,

Wielkości statyczne [kN, kNm]:

F_c= -57,8, F_{s1} = -4,8, F_{s2} = -24,5,
M_c= 1,7, M_{s1} = -0,5, M_{s2} = 1,7,

Warunki równowagi wewnętrznej:

$F_c+F_{s1}+F_{s2}$=-57,8+(-4,8)+(-24,5)=-87,1 kN (N_{Sd}=-87,1 kN)
$M_c+M_{s1}+M_{s2}$=1,7+(-0,5)+(1,7)=2,9 kNm (M_{Sd}=2,9 kNm)

Długości wyboczeniowe pręta:

zadanie pociąg11, pręt nr 4

- **przy wyboczeniu w płaszczyźnie układu:**

podatności węzłów ustalone według załącznika C normy, współczynnik β obliczono jak dla pręta dwustronnie zamocowanego w układzie nieprzesuwnym

ze wzoru (C.1) $l_o = \beta\, l_{col}$, l_{col}=3,250 m,

podatności węzłów: κ_a =0,217 $\Rightarrow$ k_A =(1/κ_a-1)=3,608, $\hat{e}_b$ =0,000 $\Rightarrow$ k_B =(1/κ_b-1)=∞,

$\beta = 0,5 + 0,25/(k_A+1) + 0,25/(k_B+1) = 0,5 + 0,25/(3,608+1) + 0,25/(\infty+1) = 0,554 \Rightarrow$ l_o= 0,554×3,250 = 1,801 m

- **przy wyboczeniu w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny układu:**

podatności węzłów ustalone według załącznika C normy, współczynnik β obliczono jak dla pręta swobodnego:

ze wzoru (C.1) $l_o = \beta\, l_{col}$, l_{col}=3,250 m,

podatności węzłów: κ_a =1,000 $\Rightarrow$ k_A =(1/κ_a -1)=0,000, $\hat{e}_b$ =1,000 $\Rightarrow$ k_B =(1/κ_b-1)=0,000,

β=1,000 $\Rightarrow$ l_o = 1,000×3,250 = 3,250 m

Uwzględnienie wpływu smukłości pręta:

zadanie pociąg11, pręt nr 4

- **w płaszczyźnie ustroju:**

mimośród niezamierzony: (l_{col}=3,250 m, h=0,250 m) $e_a = \max\left\langle \frac{l_{col}}{600}, \frac{h}{30}, 0,01 \right\rangle = \max\langle 0,005, 0,008, 0,010\rangle$

=0,010 m, przyjęto: e_a=0,020 m,

mimośród statyczny: $M_{max}=0,6\cdot M_{1Sd}+0,4\cdot M_{2Sd}$ =0,6·(1,2)+0,4·(-0,6) =0,5 kNm, N_{Sd}=-87,1 kN $\Rightarrow$
$e_e = |M_{max}/N| = |0,5/(-87,1)| = 0,005$ m,

mimośród początkowy: $e_o=e_a+e_e$=0,020+0,005=0,025 m,

obliczenie siły krytycznej:
- długość wyboczeniowa: l_o=1,801 m (obliczona wg PN),
- moduł sprężystości betonu: $E_{cm}=29,0\cdot 10^6$ kPa,

- momenty bezwładności: $I_c=3{,}2552\cdot10^{-4}$ m^4,
  $I_s=0{,}1135\cdot10^{-4}$ m^4 (dla zbrojenia rzeczywistego)
- $e_o/h=\max\langle(e_a+e_e)/h,\ 0{,}05,\ 0{,}5\text{-}0{,}01(l_o/h+f_{cd})\rangle = \max\langle0{,}101,\ 0{,}05,\ 0{,}321\rangle = 0{,}321$,
- $k_{lt}=1+0{,}5\ (N_{Sd,lt}/N_{Sd})\ \phi_{(t,to)} = 1 + 0{,}5\times1{,}000\times2{,}00 = 2{,}000$,

$$N_{crit}=\frac{9}{l_o^2}\left[\frac{E_{cm}I_c}{2k_{lt}}\left(\frac{0{,}11}{0{,}1+\frac{e_o}{h}}+0{,}1\right)+E_sI_s\right]=$$

$$\frac{9}{1{,}801^2}\left[\frac{2{,}900\cdot10^7\times3{,}255\cdot10^{-4}}{2\times2{,}000}\left(\frac{0{,}11}{0{,}1+0{,}321}+0{,}1\right)+2{,}0\cdot10^8\times1{,}135\cdot10^{-5}\right]=8662{,}0\ \text{kN}$$

współczynnik zwiększający mimośród początkowy:

$$\eta=\frac{1}{1-N_{Sd}/N_{crit}}=\frac{1}{1-(87{,}1/8662{,}0)}=1{,}010$$

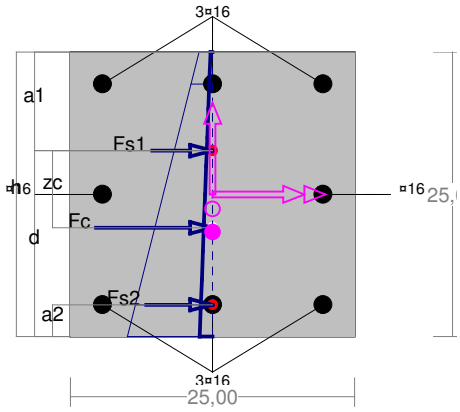
,

- <u>w płaszczyźnie prostopadłej do ustroju:</u>

uwzględnienie wpływu smukłości zaniechano

Nośność przekroju prostopadłego:

zadanie pociąg11, pręt nr 4, przekrój: $x_a=0{,}07$ m, $x_b=3{,}19$ m



Wielkości obliczeniowe:
$N_{Sd}=-87{,}2$ kN,
$M_{Sd}=\sqrt{(M_{Sdx}^2+M_{Sdy}^2)}=\sqrt{(2{,}9^2+0{,}0^2)}=2{,}9$ kNm
$f_{cd}=10{,}7$ MPa, $f_{yd}=350$ MPa $=f_{td}$,
Zbrojenie mniej ściskane: $A_{s1}=$**10,05** cm^2,
Zbrojenie ściskane: $A_{s2}=$**6,03** cm^2,
$A_s=A_{s1}+A_{s2}=16{,}08$ cm^2, $\rho=100\times A_s/A_c=100\times16{,}08/625=2{,}57$ %
Wielkości geometryczne [cm]:
$h=25{,}0$, $d=16{,}3$, $x=21{,}9$ ($\xi=1{,}339$),
$a_1=8{,}7$, $a_2=2{,}8$, $a_c=9{,}6$, $z_c=6{,}8$, $A_{cc}=609$ cm^2,
$\varepsilon_c=-0{,}16$ ‰, $\varepsilon_{s2}=-0{,}14$ ‰, $\varepsilon_{s1}=-0{,}04$ ‰,
Wielkości statyczne [kN, kNm]:
$F_c=-57{,}9$, $F_{s1}=-12{,}2$, $F_{s2}=-17{,}2$,
$M_c=1{,}7$, $M_{s1}=-0{,}5$, $M_{s2}=1{,}7$,

Warunek stanu granicznego nośności:
$N_{Rd}=$ **-890,6 kN** $>N_{Sd}=F_c+F_{s1}+F_{s2}=-57{,}9+(-12{,}2)+(-17{,}2)=$**-87,2** kN

Zbrojenie poprzeczne (strzemiona)

zadanie pociąg11, pręt nr 4

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:

$$\rho_{w,min}=0{,}08\ \sqrt{f_{ck}}\ /\ f_{yk}=0{,}08\times\sqrt{16}\ /\ 410=0{,}00078$$

Rozstaw strzemion:

<u>Strefa nr 1</u>

Początek i koniec strefy: $x_a=0{,}0$ $x_b=325{,}0$ cm
Maksymalny rozstawy strzemion:

$s_{max}=0{,}75\ d=0{,}75\times222=167$ $s_{max}\le400$ mm
przyjęto $s_{max}=167$ mm.

Ze względu na pręty ściskane $s_{max}=15\ \phi=15\times16{,}0=240{,}0$ mm.

Przyjęto strzemiona 2-cięte, prostopadłe do osi pręta o rozstawie **16,0** cm, dla których stopień zbrojenia na ścinanie wynosi:

$\rho_w = A_{sw} /(s\ b_w \sin\alpha) = 1{,}01 / (16{,}0\times25{,}0\times1{,}000) = 0{,}00251$

$\rho_w = \mathbf{0{,}00251 > 0{,}00078} = \rho_{w\,min}$

Ścinanie

zadanie pociąg11, pręt nr 4.

Przyjęto podparcie i obciążenie bezpośrednie.

Odcinek nr 4

Początek i koniec odcinka: $x_a = 121{,}9$ $x_b = 162{,}5$ cm

Siły przekrojowe: $N_{Sd} = -89{,}8$;

$V_{Sd\,max} = 0{,}5$ kN

Rodzaj odcinka:

$$\rho_L = \frac{A_{sL}}{b_w d} = \frac{6{,}03}{25{,}0\times22{,}2} = 0{,}01087; \qquad \rho_L \le 0{,}01$$

Przyjęto $\rho_L = 0{,}01000$.

$\sigma_{cp} = N_{Sd} / A_C = 89{,}8 / 708{,}20 \times10 = 1{,}3$ MPa $\qquad \sigma_{cp} \le 0{,}2\ f_{cd}$

Przyjęto $\sigma_{cp} = 1{,}3$ MPa.

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

$= [0{,}35\times1{,}38\times0{,}90\times(1{,}2+40\times0{,}01000) + 0{,}15\times1{,}3]\times25{,}0\times22{,}2\times10^{-1} = 49{,}2$ kN

$V_{Sd} = 0{,}5 < 49{,}2 = V_{Rd1}$

Nośność odcinka I-go rodzaju:

$V_{Sd} = \mathbf{0{,}5 < 49{,}2} = V_{Rd1}$

$\nu = 0{,}6\ (1 - f_{ck} / 250) = 0{,}6\times(1 - 16 / 250) = 0{,}562$

$V_{Rd2} = 0{,}5\ \nu\ f_{cd}\ b_w\ z = 0{,}5\times0{,}562\times10{,}7\times25{,}0\times6{,}7\times10^{-1} = 50{,}1$ kN

$\alpha_c = 1 + \sigma_{cp}/f_{cd} = 1 + 1{,}3/10{,}7 = 1{,}119$

$V_{Rd2,red} = \alpha_c\ VRd2 = 1{,}119\times50{,}1 = 56{,}1$ kN

Przyjęto $V_{Rd2,red} = 50{,}1$ kN

$V_{Sd} = \mathbf{0{,}5 < 50{,}1} = V_{Rd2,red}$

Nośność zbrojenia podłużnego

zadanie pociąg11, pręt nr 4.

Sprawdzenie siły przenoszonej przez zbrojenie rozciągane dla x = 1,422 m:

$\Delta F_{td} = 0{,}5\ |V_{Sd}|\ (\cot\theta - V_{Rd32}/\ V_{Rd3}\ \cot\alpha) = 0{,}5\times0{,}5\times(1{,}000) = 0{,}3$ kN

Sumaryczna siła w zbrojeniu rozciąganym:

$F_{td} = F_{td,m} + \Delta F_{td} = 0{,}0 + 0{,}3 = 0{,}3$ kN;

$F_{td} \le F_{td,max} = 0{,}0$ kN

Przyjęto $F_{td} = 0{,}0$ kN

$F_{td} = \mathbf{0{,}0 < 211{,}1} = 6{,}03\times350\times10^{-1} = A_s\ f_{yd}$

Zarysowanie

zadanie pociąg11, pręt nr 4,

Położenie przekroju: x = 1,422 m

Siły przekrojowe: $M_{Sd} = -0{,}4$ kNm

$N_{Sd} = -88{,}9$ kN e = 2,5 cm

V_{Sd} = 0,5 kN

Wymiary przekroju: b_w = 25,0 cm

d = h - a_1 = 25,0 - 2,8 = 22,2 cm

A_c = 625 cm^2

W_c = 2604 cm^3

Zarysowanie:

$M_{cr} = f_{ctm} W_c = 1{,}9 \times 2604 \times 10^{-3} = 4{,}9$ kNm

Przekrój niezarysowany - w przekroju występują wyłącznie naprężenia ściskające.

Szerokość rozwarcia rysy ukośnej:

Rysy ukośne nie występują.

Ugięcia

zadanie pociąg11, pręt nr 4

Ugięcia wyznaczono dla charakterystycznych obciążeń długotrwałych.

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

$$E_{c,eff} = \frac{E_{cm}}{1+\phi(t,t_o)} = \frac{29000}{1+2{,}00} = 9667 \text{ MPa}$$

Moment rysujący:

$M_{cr} = f_{ctm} W_c = 1{,}9 \times 2604 \times 10^{-3} = 4{,}9$ kNm

Całkowity moment zginający M_{Sd} = -1,2 kN nie powoduje zarysowania przekroju.

Sztywność dla długotrwałego działania obciążeń długotrwałych:

Sztywność na zginanie wyznaczona dla momentu M_{Sd} = -1,2 kNm.

Wielkości geometryczne przekroju: x_I = 12,5 cm I_I = 56036 cm^4

$B = E_{c,eff} I_I = 9667 \times 56036 \times 10^{-5} = 5417$ kNm^2

Wykres sztywności i momentów dla obciążeń długotrwałych.

Ugięcia.

Ugięcie w punkcie o współrzędnej x = 1,066 cm, wyznaczone poprzez całkowanie funkcji krzywizny osi pręta (1/ρ) z uwzględnieniem zmiany sztywności wzdłuż osi elementu, wynosi:

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

a = **0,1 < 13,0** = a_{lim}

Reakcje podporowe

R = 107,8 kN

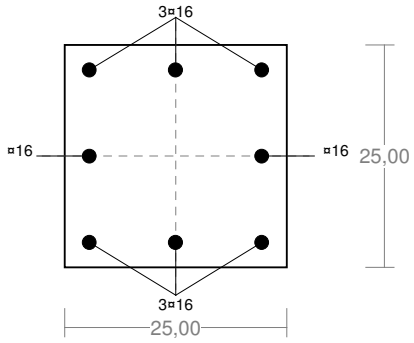
M = 0,7 kNm

H = 0,7 kN

Poz.5.13 Słup narożnikowy.

Cechy przekroju:

zadanie pociąg11, pręt nr 3, przekrój: x_a=1,63 m, x_b=1,63 m



Wymiary przekroju [cm]:
h=25,0, b=25,0,
Cechy materiałowe dla sytuacji stałej lub przejściowej
BETON: **B20**
f_{ck}= **16,0** MPa, $f_{cd}=\alpha \cdot f_{ck}/\gamma_c$=1,00×16,0/1,50=**10,7** MPa
Cechy geometryczne przekroju betonowego:
A_c=**625** cm^2, J_{cx}=**32552** cm^4, J_{cy}=**32552** cm^4
STAL: **A-III** (**34GS**)
f_{yk}=410 MPa, γ_s=1,15, f_{yd}=350 MPa
$\xi_{lim}=0{,}0035/(0{,}0035+f_{yd}/E_s)=0{,}0035/(0{,}0035+350/200000)=0{,}667$,
Zbrojenie główne:
$A_{s1}+A_{s2}$=**16,08** cm^2, $\rho=100\,(A_{s1}+A_{s2})/A_c$ =100×16,08/625=**2,57** %,

J_{sx}=**1135** cm^4, J_{sy}=**1135** cm^4,

Siły przekrojowe:

zadanie: pociąg11, pręt nr 3, przekrój: x_a=1,63 m, x_b=1,63 m

Obciążenia działające w płaszczyźnie układu: **AB**

Momenty zginające:	M_x = 1,4 kNm,	M_y = 0,0 kNm,
Siły poprzeczne:	V_y = 2,7 kN,	V_x = 0,0 kN,
Siła osiowa:	N = -129,3 kN = N_{Sd},	

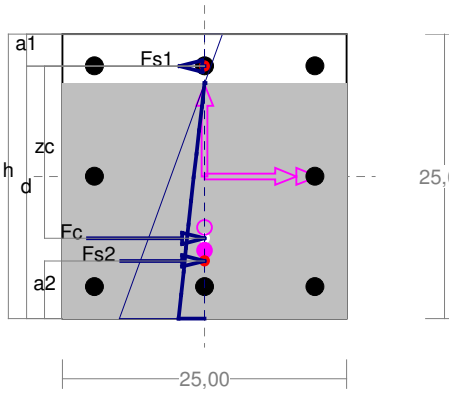
Uwzględnienie smukłości pręta:
- w płaszczyźnie ustroju:
$e_{ey}=M_x/N$ = (1,4)/(-129,3)=-0,011 m,
$M_{Sdx}=\eta_x\,(e_{ay}+e_{ey})\,N$ = 1,016×(-0,020 -0,011)×(-129,3) = 4,1 kNm,.

Zbrojenie wymagane:

(zadanie pociąg11, pręt nr 3, przekrój: x_a=0,00 m, x_b=3,25 m)

Obliczenia wykonano:

- z uwzględnieniem wkładek zbrojenia rzeczywistego (A_{s1}=6,03 cm^2, A_{s2}=10,05 cm^2,)



Wielkości obliczeniowe:
N_{Sd}=-126,6 kN,
$M_{Sd}=\sqrt{(M_{Sdx}^2+M_{Sdy}^2)}=\sqrt{(8{,}2^2+0{,}0^2)}$ =8,2 kNm
f_{cd}=10,7 MPa, f_{yd}=350 MPa =f_{td},
Dodatkowe zbrojenie rozciągane nie jest obliczeniowo wymagane.
Dodatkowe zbrojenie ściskane nie jest obliczeniowo wymagane.
Wielkości geometryczne [cm]:
h=25,0, d=22,2, x=20,7 (ξ=0,932),
a_1=2,8, a_2=5,1, a_c=7,0, z_c=15,2, A_{cc}=517 cm^2,
ε_c=-0,33 ‰, ε_{s2}=-0,29 ‰, ε_{s1}=0,02 ‰,
Wielkości statyczne [kN, kNm]:
F_c= -84,4, F_{s1} = 2,9, F_{s2} = -45,1,
M_c= 4,6, M_{s1} = 0,3, M_{s2} = 3,4,

Warunki równowagi wewnętrznej:
$F_c+F_{s1}+F_{s2}$=-84,4+(2,9)+(-45,1)=-126,6 kN (N_{Sd}=-126,6 kN)
$M_c+M_{s1}+M_{s2}$=4,6+(0,3)+(3,4)=8,2 kNm (M_{Sd}=8,2 kNm)

Długości wyboczeniowe pręta:

zadanie pociąg11, pręt nr 3

- **przy wyboczeniu w płaszczyźnie układu:**

podatności węzłów ustalone według załącznika C normy, współczynnik β obliczono jak dla pręta dwustronnie zamocowanego w układzie nieprzesuwnym

ze wzoru (C.1) $l_o = \beta\, l_{col}$, l_{col}=3,250 m,

podatności węzłów: κ_a =0,277 $\Rightarrow$ k_A =(1/κ_a-1)=2,612, $\hat{e}_b$ =0,000 $\Rightarrow$ k_B =(1/κ_b-1)=∞,

$\beta = 0{,}5 + 0{,}25/(k_A+1) + 0{,}25/(k_B+1) = 0{,}5 + 0{,}25/(2{,}612+1) + 0{,}25/(\infty+1) = 0{,}569 \Rightarrow l_o = 0{,}569\times 3{,}250 = 1{,}850$ m

- **przy wyboczeniu w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny układu:**

podatności węzłów ustalone według załącznika C normy, współczynnik β obliczono jak dla pręta swobodnego:

ze wzoru (C.1) $l_o = \beta\, l_{col}$, l_{col}=3,250 m,

podatności węzłów: κ_a =1,000 $\Rightarrow$ k_A =(1/κ_a -1)=0,000, $\hat{e}_b$ =1,000 $\Rightarrow$ k_B =(1/κ_b-1)=0,000,

β=1,000 $\Rightarrow l_o = 1{,}000\times 3{,}250 = 3{,}250$ m

Uwzględnienie wpływu smukłości pręta:

zadanie pociąg11, pręt nr 3

- **w płaszczyźnie ustroju:**

mimośród niezamierzony: (l_{col}=3,250 m, h=0,250 m) $e_a = \max\left\langle \frac{l_{col}}{600}, \frac{h}{30}, 0{,}01 \right\rangle = \max\langle 0{,}005,\ 0{,}008,\ 0{,}010\rangle$

=0,010 m, przyjęto: e_a=0,020 m,

mimośród statyczny: $M_{max}=0{,}4\cdot M_{1Sd}=0{,}4\cdot(5{,}7)=2{,}3$ kNm, N_{Sd}=-126,6 kN $\Rightarrow$ $e_e = |M_{max}/N| = |2{,}3/(-126{,}6)| = 0{,}018$ m,

mimośród początkowy: $e_o=e_a+e_e=0{,}020+0{,}018=0{,}038$ m,

obliczenie siły krytycznej:
- długość wyboczeniowa: l_o=1,850 m (obliczona wg PN),
- moduł sprężystości betonu: $E_{cm}=29{,}0\cdot 10^6$ kPa,
- momenty bezwładności: $I_c=3{,}2552\cdot 10^{-4}$ m^4,
  $I_s=0{,}1135\cdot 10^{-4}$ m^4 (dla zbrojenia rzeczywistego)
- $e_o/h=\max\langle (e_a+e_e)/h,\ 0{,}05,\ 0{,}5\text{-}0{,}01(l_o/h+f_{cd})\rangle = \max\langle 0{,}152,\ 0{,}05,\ 0{,}319\rangle = 0{,}319$,
- $k_{lt}=1+0{,}5\ (N_{Sd,lt}/N_{Sd})\ \phi_{(t,to)} = 1 + 0{,}5\times 1{,}000\times 2{,}00 = 2{,}000$,

$$N_{crit} = \frac{9}{l_o^2}\left[\frac{E_{cm}I_c}{2k_{lt}}\left(\frac{0{,}11}{0{,}1+\frac{e_o}{h}}+0{,}1\right)+E_sI_s\right] =$$

$$\frac{9}{1{,}850^2}\left[\frac{2{,}900\cdot 10^7\times 3{,}255\cdot 10^{-4}}{2\times 2{,}000}\left(\frac{0{,}11}{0{,}1+0{,}319}+0{,}1\right)+2{,}0\cdot 10^8\times 1{,}135\cdot 10^{-5}\right] = 8220{,}1 \text{ kN}$$

współczynnik zwiększający mimośród początkowy:

$$\eta = \frac{1}{1-N_{Sd}/N_{crit}} = \frac{1}{1 - (126{,}6 / 8220{,}1)} = 1{,}016$$

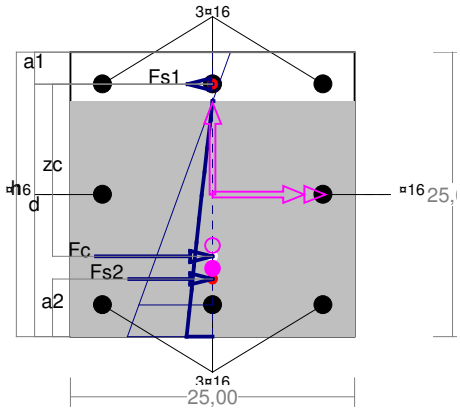
,

- **w płaszczyźnie prostopadłej do ustroju:**

uwzględnienie wpływu smukłości zaniechano

Nośność przekroju prostopadłego:

zadanie pociąg11, pręt nr 3, przekrój: x_a=0,00 m, x_b=3,25 m



Wielkości obliczeniowe:
N_{Sd}=-126,6 kN,
$M_{Sd}=\sqrt{(M_{Sdx}^2+M_{Sdy}^2)}=\sqrt{(8,2^2+0,0^2)}$ =8,2 kNm
f_{cd}=10,7 MPa, f_{yd}=350 MPa =f_{td},
Zbrojenie rozciągane: A_{s1}=**6,03** cm^2,
Zbrojenie ściskane: A_{s2}=**10,05** cm^2,
$A_s=A_{s1}+A_{s2}$=16,08 cm^2, $\rho=100\times A_s/A_c$= 100×16,08/625=2,57 %

Wielkości geometryczne [cm]:
h=25,0, d=22,2, x=20,7 (ξ=0,932),
a_1=2,8, a_2=5,1, a_c=7,0, z_c=15,2, A_{cc}=507 cm^2,
ε_c=-0,33 ‰, ε_{s2}=-0,29 ‰, ε_{s1}=0,02 ‰,

Wielkości statyczne [kN, kNm]:
F_c= -84,4, F_{s1} = 2,9, F_{s2} = -45,1,
M_c= 4,6, M_{s1} = 0,3, M_{s2} = 3,4,

Warunek stanu granicznego nośności:
N_{Rd} = **-671,9 kN** > $N_{Sd}=F_c+F_{s1}+F_{s2}$=-84,4+(2,9)+(-45,1)=**-126,6** kN

Zbrojenie poprzeczne (strzemiona)

zadanie pociąg11, pręt nr 3

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

Minimalny stopień zbrojenia na ścinanie:

$$\rho_{w,min} = 0,08\ \sqrt{f_{ck}}\ /\ f_{yk} = 0,08\times\sqrt{16}\ /\ 410 = 0,00078$$

Rozstaw strzemion:

Strefa nr 1

Początek i koniec strefy: x_a = 0,0 x_b = 325,0 cm
Maksymalny rozstawy strzemion:

s_{max} = 0,75 d = 0,75×222 = 167 $s_{max} \le$ 400 mm
przyjęto s_{max} = 167 mm.

Ze względu na pręty ściskane s_{max} = 15 ϕ = 15×16,0 = 240,0 mm.

Przyjęto strzemiona 2-cięte, prostopadłe do osi pręta o rozstawie **16,0** cm, dla których stopień zbrojenia na ścinanie wynosi:

$$\rho_w = A_{sw}/(s\ b_w \sin\alpha) = 1,01 / (16,0\times25,0\times1,000) = 0,00251$$

$$\rho_w = \mathbf{0,00251 > 0,00078} = \rho_{w\ min}$$

Ścinanie

zadanie pociąg11, pręt nr 3.

Przyjęto podparcie i obciążenie bezpośrednie.

Odcinek nr 3

Początek i koniec odcinka: x_a = 81,3 x_b = 121,9 cm
Siły przekrojowe: N_{Sd} = -128,6;
$V_{Sd\ max}$ = 2,6 kN

Rodzaj odcinka:

$$\rho_L = \frac{A_{sL}}{b_w d} = \frac{6,03}{25,0\times22,2} = 0,01087; \qquad \rho_L \le 0,01$$

Przyjęto ρ_L = 0,01000.

$$\sigma_{cp} = N_{Sd} / A_C = 128,6 / 708,20 \times10 = 1,8\ \text{MPa} \qquad \sigma_{cp} \le 0,2\ f_{cd}$$

Przyjęto σ_{cp} = 1,8 MPa.

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

$= [0,35 \times 1,38 \times 0,90 \times (1,2+40 \times 0,01000) + 0,15 \times 1,8] \times 25,0 \times 22,2 \times 10^{-1} = 53,7$ kN

$V_{Sd} = 2,6 < 53,7 = V_{Rd1}$

Nośność odcinka I-go rodzaju:

$V_{Sd} =$ **2,6 < 53,7** $= V_{Rd1}$

$\nu = 0,6\ (1 - f_{ck} / 250) = 0,6 \times (1 - 16 / 250) = 0,562$

$V_{Rd2} = 0,5\ \nu\ f_{cd}\ b_w\ z = 0,5 \times 0,562 \times 10,7 \times 25,0 \times 6,5 \times 10^{-1} = 49,0$ kN

$\alpha_c = 1 + \sigma_{cp}/f_{cd} = 1 + 1,8/10,7 = 1,170$

$V_{Rd2,red} = \alpha_c$ VRd2 $= 1,170 \times 49,0 = 57,3$ kN

Przyjęto $V_{Rd2,red} = 49,0$ kN

$V_{Sd} =$ **2,6 < 49,0** $= V_{Rd2,red}$

Nośność zbrojenia podłużnego

zadanie pociąg11, pręt nr 3.

Sprawdzenie siły przenoszonej przez zbrojenie rozciągane dla x = 0,000 m:

$\Delta F_{td} = 0,5\ |V_{Sd}|\ (\cot\theta - V_{Rd32} / V_{Rd3}\ \cot\alpha) = 0,5 \times 2,6 \times (1,000) = 1,3$ kN

Sumaryczna siła w zbrojeniu rozciąganym:

$F_{td} = F_{td,m} + \Delta F_{td} = 2,9 + 1,3 = 4,2$ kN;

$F_{td} \le F_{td,max} = 2,9$ kN

Przyjęto $F_{td} = 2,9$ kN

$F_{td} =$ **2,9 < 211,1** $= 6,03 \times 350 \times 10^{-1} = A_s\ f_{yd}$

Zarysowanie

zadanie pociąg11, pręt nr 3,

Położenie przekroju:	x = 0,000 m
Siły przekrojowe:	$M_{Sd} = -5,7$ kNm
	$N_{Sd} = -126,4$ kN e = 6,5 cm
	$V_{Sd} = 2,6$ kN
Wymiary przekroju:	$b_w = 25,0$ cm
	$d = h - a_1 = 25,0 - 2,8 = 22,2$ cm
	$A_c = 625$ cm^2
	$W_c = 2604$ cm^3

Minimalne zbrojenie:

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

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

$= 0,4 \times 1,0 \times 1,9 \times 312 / 240 = 0,99$ cm^2

$A_{s1} =$ **6,03 > 0,99** $= A_s$

Zarysowanie:

$M_{cr} = f_{ctm}\ W_c = 1,9 \times 2604 \times 10^{-3} = 4,9$ kNm

$$N_{cr} = \frac{f_{ctm}}{e / W_c - 1 / A_c} = \frac{1,9}{6,5/2604,17 - 1/625,00} \times 10^{-1} = -212,9 \text{ kN}$$

$N_{Sd} = 126,4 < 212,9 = N_{cr}$

Przekrój niezarysowany.

Szerokość rozwarcia rysy ukośnej:

Rysy ukośne nie występują.

Ugięcia

zadanie pociąg11, pręt nr 3

Ugięcia wyznaczono dla charakterystycznych obciążeń długotrwałych.

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

$$E_{c,eff} = \frac{E_{cm}}{1+\phi(t,t_o)} = \frac{29000}{1+2,00} = 9667 \text{ MPa}$$

Moment rysujący:

$$M_{cr} = f_{ctm} W_c = 1,9 \times 2604 \times 10^{-3} = 4,9 \text{ kNm}$$

Całkowity moment zginający $M_{Sd} = -5,7$ kN powoduje zarysowanie przekroju.

Sztywność dla długotrwałego działania obciążeń długotrwałych:

Sztywność na zginanie wyznaczona dla momentu $M_{Sd} = -5,7$ kNm.

Wielkości geometryczne przekroju: $x_I = 12,5$ cm $I_I = 56036$ cm^4

$x_{II} = 8,7$ cm $I_{II} = 32576$ cm^4

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

$$= \frac{9667 \times 32576}{1 - 1,0 \times 0,5 \times (4,9/5,7)^2 \times (1 - 32576/56036)} \times 10^{-5} = 3744 \text{ kNm}^2$$

Wykres sztywności i momentów dla obciążeń długotrwałych.

Ugięcia.

Ugięcie w punkcie o współrzędnej x = 1,066 cm, wyznaczone poprzez całkowanie funkcji krzywizny osi pręta ($1/\rho$) z uwzględnieniem zmiany sztywności wzdłuż osi elementu, wynosi:

$a = a_{\infty,d} = 0,3$ mm

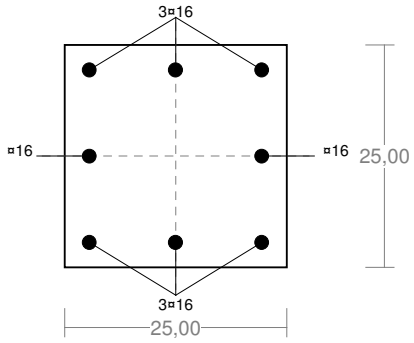
$a = \mathbf{0,3 < 13,0} = a_{lim}$

Reakcje podporowe
R = 132,0 kN
M = 2,90 kNm
H = 2,60 kN

Poz.5.14 Słup.

Cechy przekroju:

zadanie nadproże13, pręt nr 2, przekrój: x_a=1,63 m, x_b=1,63 m



Wymiary przekroju [cm]:
h=25,0, b=25,0,
Cechy materiałowe dla sytuacji stałej lub przejściowej
BETON: **B20**
f_{ck}= **16,0** MPa, $f_{cd}=\alpha \cdot f_{ck}/\gamma_c$=1,00×16,0/1,50=**10,7** MPa
Cechy geometryczne przekroju betonowego:
A_c=**625** cm^2, J_{cx}=**32552** cm^4, J_{cy}=**32552** cm^4
STAL: **A-III** (**34GS**)
f_{yk}=410 MPa, γ_s=1,15, f_{yd}=350 MPa
$\xi_{lim}=0,0035/(0,0035+f_{yd}/E_s)=0,0035/(0,0035+350/200000)=0,667$,
Zbrojenie główne:
$A_{s1}+A_{s2}$=**16,08** cm^2, $\rho=100\ (A_{s1}+A_{s2})/A_c$ =100×16,08/625=**2,57** %,

J_{sx}=**1135** cm^4, J_{sy}=**1135** cm^4,

Siły przekrojowe:

zadanie: nadproże13, pręt nr 2, przekrój: x_a=1,63 m, x_b=1,63 m

Obciążenia działające w płaszczyźnie układu: **A**

Momenty zginające:	M_x = -0,9 kNm,	M_y = 0,0 kNm,
Siły poprzeczne:	V_y = 0,0 kN,	V_x = 0,0 kN,
Siła osiowa:	N = -122,9 kN = N_{Sd},	

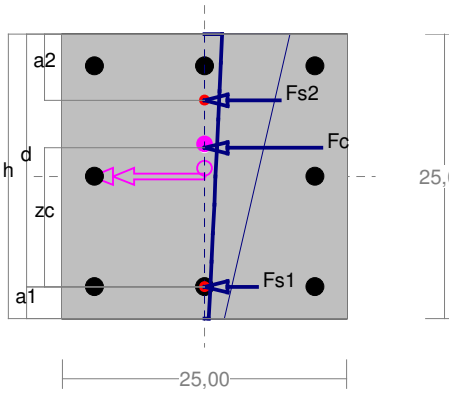
Uwzględnienie smukłości pręta:
- w płaszczyźnie ustroju:
$e_{ey}=M_x/N=(-0,9)/(-122,9)=0,007$ m,
$M_{Sdx}=\eta_x\ (e_{ay}+e_{ey})\ N=1,052\times(0,020+0,007)\times(-122,9)=-3,5$ kNm,.

Zbrojenie wymagane:

(zadanie nadproże13, pręt nr 2, przekrój: x_a=3,25 m, x_b=0,00 m)

Obliczenia wykonano:

- z uwzględnieniem wkładek zbrojenia rzeczywistego (A_{s1}=6,03 cm^2, A_{s2}=10,05 cm^2,)



Wielkości obliczeniowe:
N_{Sd}=-125,6 kN,
$M_{Sd}=\sqrt{(M_{Sdx}^2+M_{Sdy}^2)}=\sqrt{(-3,6^2+0,0^2)}$ =3,6 kNm
f_{cd}=10,7 MPa, f_{yd}=350 MPa =f_{td},
Dodatkowe zbrojenie mniej ściskane nie jest obliczeniowo wymagane.
Dodatkowe zbrojenie ściskane nie jest obliczeniowo wymagane.

Wielkości geometryczne [cm]:
h=25,0, d=22,2, x=32,5 (ξ=1,463),
a_1=2,8, a_2=5,8, a_c=10,0, z_c=12,2, A_{cc}=625 cm^2,
ε_c=-0,22 ‰, ε_{s2}=-0,20 ‰, ε_{s1}=-0,07 ‰,

Wielkości statyczne [kN, kNm]:
F_c= -83,0, F_{s1} = -8,2, F_{s2} = -34,4,
M_c= 2,1, M_{s1} = -0,8, M_{s2} = 2,3,

Warunki równowagi wewnętrznej:
$F_c+F_{s1}+F_{s2}$=-83,0+(-8,2)+(-34,4)=-125,6 kN (N_{Sd}=-125,6 kN)
$M_c+M_{s1}+M_{s2}$=2,1+(-0,8)+(2,3)=3,6 kNm (M_{Sd}=3,6 kNm)

Długości wyboczeniowe pręta:

zadanie nadproże13, pręt nr 2

- **przy wyboczeniu w płaszczyźnie układu:**

podatności węzłów ustalone według załącznika C normy, współczynnik β obliczono jak dla pręta dwustronnie zamocowanego w układzie przesuwnym

ze wzoru (C.1) $l_o = \beta\, l_{col}$, l_{col}=3,250 m,

podatności węzłów: κ_a =0,203 $\Rightarrow$ $k_A = (1/\kappa_a - 1)$=3,927, $\hat{e}_b$ =0,000 $\Rightarrow$ $k_B = (1/\kappa_b - 1)$=∞,

$\beta = 1+1/(5k_A+1) + 1/(5k_B+1) + 0{,}2/(k_A+k_B) = 1 + 1/(5\times 3{,}927+1) + 1/(5\times\infty+1) + 0{,}2/(3{,}927 + \infty) = 1{,}048 \Rightarrow$ l_o= 1,048×3,250 = 3,407 m

- **przy wyboczeniu w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny układu:**

podatności węzłów ustalone według załącznika C normy, współczynnik β obliczono jak dla pręta swobodnego:

ze wzoru (C.1) $l_o = \beta\, l_{col}$, l_{col}=3,250 m,

podatności węzłów: κ_a =1,000 $\Rightarrow$ $k_A = (1/\kappa_a - 1)$=0,000, $\hat{e}_b$ =1,000 $\Rightarrow$ $k_B = (1/\kappa_b - 1)$=0,000,

β=1,000 $\Rightarrow$ l_o = 1,000×3,250 = 3,250 m

Uwzględnienie wpływu smukłości pręta:

zadanie nadproże13, pręt nr 2

- **w płaszczyźnie ustroju:**

mimośród niezamierzony: (l_{col}=3,250 m, h=0,250 m, n=1) $e_a = \max\left\langle \frac{l_{col}}{600}\left(1 + 1/n\right), \frac{h}{30}, 0{,}01 \right\rangle$ = max⟨0,011, 0,008, 0,010⟩ =0,011 m, przyjęto: e_a=0,020 m,

mimośród statyczny: M_{max}=max M_{Sd} =0,9 kNm, N_{Sd}=-124,0 kN $\Rightarrow$ $e_e = |M_{max}/N| = |0{,}9/(-124{,}0)|$ = 0,007 m,

mimośród początkowy: $e_o = e_a + e_e$=0,020+0,007=0,027 m,

obliczenie siły krytycznej:
- długość wyboczeniowa: l_o=3,407 m (obliczona wg PN),
- moduł sprężystości betonu: E_{cm}=29,0·10^6 kPa,
- momenty bezwładności: I_c=3,2552·10^{-4} m^4,
  I_s=0,1135·10^{-4} m^4 (dla zbrojenia rzeczywistego)
- e_o/h=max⟨$(e_a+e_e)/h$, 0,05, 0,5-0,01$(l_o/h+f_{cd})$⟩ = max⟨0,109, 0,05, 0,257⟩ = 0,257,
- k_{lt}=1+0,5 $(N_{Sd,lt}/N_{Sd})$ $\phi_{(t,to)}$ =1 + 0,5×1,000×2,00 = 2,000,

$$N_{crit} = \frac{9}{l_o^2}\left[\frac{E_{cm}I_c}{2k_{lt}}\left(\frac{0{,}11}{0{,}1+\frac{e_o}{h}}+0{,}1\right)+E_sI_s\right] =$$

$$\frac{9}{3{,}407^2}\left[\frac{2{,}900\cdot 10^7\times 3{,}255\cdot 10^{-4}}{2\times 2{,}000}\left(\frac{0{,}11}{0{,}1+0{,}257}+0{,}1\right)+2{,}0\cdot 10^8\times 1{,}135\cdot 10^{-5}\right] = 2506{,}7 \text{ kN}$$

współczynnik zwiększający mimośród początkowy:

$$\eta = \frac{1}{1 - N_{Sd}/N_{crit}} = \frac{1}{1 - (124{,}0 / 2506{,}7)} = 1{,}052$$

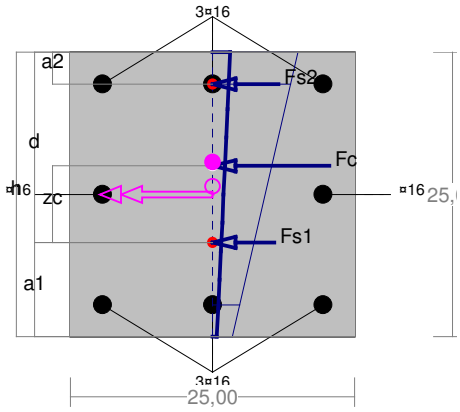
,

- **w płaszczyźnie prostopadłej do ustroju:**

uwzględnienie wpływu smukłości zaniechano

Nośność przekroju prostopadłego:

zadanie nadproże13, pręt nr 2, przekrój: x_a=3,25 m, x_b=0,00 m



Wielkości obliczeniowe:
N_{Sd}=-125,6 kN,
$M_{Sd}=\sqrt{(M_{Sdx}^2+M_{Sdy}^2)}=\sqrt{(-3,6^2+0,0^2)}$ =3,6 kNm
f_{cd}=10,7 MPa, f_{yd}=350 MPa =f_{td},
Zbrojenie mniej ściskane: A_{s1}=**10,05** cm^2,
Zbrojenie ściskane: A_{s2}=**6,03** cm^2,
$A_s=A_{s1}+A_{s2}$=16,08 cm^2, $\rho=100\times A_s/A_c$= 100×16,08/625=2,57 %

Wielkości geometryczne [cm]:
h=25,0, d=16,7, x=24,5 (ξ=1,463),
a_1=8,3, a_2=2,8, a_c=10,0, z_c=6,7, A_{cc}=609 cm^2,
ε_c=-0,22 ‰, ε_{s2}=-0,20 ‰, ε_{s1}=-0,07 ‰,

Wielkości statyczne [kN, kNm]:
F_c= -83,0, F_{s1} = -18,9, F_{s2} = -23,7,
M_c= 2,1, M_{s1} = -0,8, M_{s2} = 2,3,

Warunek stanu granicznego nośności:
N_{Rd} = **-930,7 kN** > $N_{Sd}=F_c+F_{s1}+F_{s2}$=-83,0+(-18,9)+(-23,7)=**-125,6** kN

Zbrojenie poprzeczne (strzemiona)

zadanie nadproże13, pręt nr 2

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

Minimalny stopień zbrojenia na ścinanie:

$$\rho_{w,min} = 0,08\ \sqrt{f_{ck}}\ /\ f_{yk} = 0,08\times\sqrt{16}\ /\ 410 = 0,00078$$

Rozstaw strzemion:

Strefa nr 1

Początek i koniec strefy: x_a = 0,0 x_b = 304,3 cm
Maksymalny rozstawy strzemion:

s_{max} = 0,75 d = 0,75×222 = 167 $s_{max} \le$ 400 mm
przyjęto s_{max} = 167 mm.

Ze względu na pręty ściskane s_{max} = 15 ϕ = 15×16,0 = 240,0 mm.

Przyjęto strzemiona 2-cięte, prostopadłe do osi pręta o rozstawie **16,6** cm, dla których stopień zbrojenia na ścinanie wynosi:

$$\rho_w = A_{sw}/(s\ b_w \sin\alpha) = 1,01 / (16,6\times25,0\times1,000) = 0,00242$$

$$\rho_w = \mathbf{0,00242 > 0,00078} = \rho_{w\ min}$$

Strefa nr 2

Początek i koniec strefy: x_a = 304,3 x_b = 325,0 cm
Maksymalny rozstawy strzemion:

s_{max} = 0,75 d = 0,75×222 = 167 $s_{max} \le$ 400 mm
przyjęto s_{max} = 167 mm.

Ze względu na pręty ściskane s_{max} = 15 ϕ = 15×16,0 = 240,0 mm.

Przyjęto strzemiona 2-cięte, prostopadłe do osi pręta o rozstawie **16,0** cm, dla których stopień zbrojenia na ścinanie wynosi:

$$\rho_w = A_{sw}/(s\ b_w \sin\alpha) = 1,01 / (16,0\times25,0\times1,000) = 0,00251$$

$$\rho_w = \mathbf{0,00251 > 0,00078} = \rho_{w\ min}$$

Ścinanie

zadanie nadproże13, pręt nr 2.

Przyjęto podparcie i obciążenie bezpośrednie.

Odcinek nr 1

Początek i koniec odcinka: $x_a = 0,0$ $x_b = 38,0$ cm

Siły przekrojowe: $N_{Sd} = -120,3$;

$V_{Sd\,max} = 0,0$ kN

Siła poprzeczna w odległości *d* od podpory wynosi: $V_{Sd} = 0,0$ kN

Rodzaj odcinka:

$$\rho_L = \frac{A_{sL}}{b_w d} = \frac{6,03}{25,0 \times 22,2} = 0,01087; \qquad \rho_L \le 0,01$$

Przyjęto $\rho_L = 0,01000$.

$\sigma_{cp} = N_{Sd} / A_C = 120,3 / 708,20 \times 10 = 1,7$ MPa $\qquad \sigma_{cp} \le 0,2\, f_{cd}$

Przyjęto $\sigma_{cp} = 1,7$ MPa.

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

$= [0,35 \times 1,38 \times 0,90 \times (1,2+40 \times 0,01000) + 0,15 \times 1,7] \times 25,0 \times 22,2 \times 10^{-1} = 52,7$ kN

$V_{Sd} = 0,0 < 52,7 = V_{Rd1}$

Nośność odcinka I-go rodzaju:

$V_{Sd} = \mathbf{0,0 < 52,7} = V_{Rd1}$

$\nu = 0,6\, (1 - f_{ck} / 250) = 0,6 \times (1 - 16 / 250) = 0,562$

$V_{Rd2} = 0,5\, \nu\, f_{cd}\, b_w\, z = 0,5 \times 0,562 \times 10,7 \times 25,0 \times 6,7 \times 10^{-1} = 50,6$ kN

$\alpha_c = 1 + \sigma_{cp}/f_{cd} = 1 + 1,7/10,7 = 1,159$

$V_{Rd2,red} = \alpha_c\, VRd2 = 1,159 \times 50,6 = 58,6$ kN

Przyjęto $V_{Rd2,red} = 50,6$ kN

$V_{Sd} = \mathbf{0,0 < 50,6} = V_{Rd2,red}$

Nośność zbrojenia podłużnego

zadanie nadproże13, pręt nr 2.

Sprawdzenie siły przenoszonej przez zbrojenie rozciągane dla x = 0,190 m:

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

Sumaryczna siła w zbrojeniu rozciąganym:

$F_{td} = F_{td,m} + \Delta F_{td} = 0,0 + 0,0 = 0,0$ kN;

$F_{td} \le F_{td,max} = 0,0$ kN

Przyjęto $F_{td} = 0,0$ kN

$F_{td} = \mathbf{0,0 < 211,1} = 6,03 \times 350 \times 10^{-1} = A_s\, f_{yd}$

Zarysowanie

zadanie nadproże13, pręt nr 2,

Położenie przekroju: $x = 0,190$ m

Siły przekrojowe: $M_{Sd} = 0,8$ kNm

$N_{Sd} = -120,4$ kN $\quad e = 2,7$ cm

$V_{Sd} = 0,0$ kN

Wymiary przekroju: $b_w = 25,0$ cm

$d = h - a_1 = 25,0 - 2,8 = 22,2$ cm

$A_c = 625$ cm^2

$W_c = 2604$ cm^3

Zarysowanie:

$M_{cr} = f_{ctm}\, W_c = 1,9 \times 2604 \times 10^{-3} = 4,9$ kNm

Przekrój niezarysowany - w przekroju występują wyłącznie naprężenia ściskające.

Szerokość rozwarcia rysy ukośnej:

Rysy ukośne nie występują.

Ugięcia

zadanie nadproże13, pręt nr 2

Ugięcia wyznaczono dla charakterystycznych obciążeń długotrwałych.

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

$$E_{c,eff} = \frac{E_{cm}}{1+\phi(t,t_o)} = \frac{29000}{1+2,00} = 9667 \text{ MPa}$$

Moment rysujący:

$$M_{cr} = f_{ctm} W_c = 1,9 \times 2604 \times 10^{-3} = 4,9 \text{ kNm}$$

Całkowity moment zginający $M_{Sd} = 0,9$ kN nie powoduje zarysowania przekroju.

Sztywność dla długotrwałego działania obciążeń długotrwałych:

Sztywność na zginanie wyznaczona dla momentu $M_{Sd} = 0,9$ kNm.

Wielkości geometryczne przekroju: $x_I = 12,5$ cm $I_I = 56036$ cm^4

$$B = E_{c,eff} I_I = 9667 \times 56036 \times 10^{-5} = 5417 \text{ kNm}^2$$

Wykres sztywności i momentów dla obciążeń długotrwałych.

Ugięcia.

Ugięcie w punkcie o współrzędnej x = 0,000 cm, wyznaczone poprzez całkowanie funkcji krzywizny osi pręta (1/ρ) z uwzględnieniem zmiany sztywności wzdłuż osi elementu, wynosi:

$a = a_{\infty,d} = 0,8$ mm

$a = \mathbf{0,8 < 13,0} = a_{lim}$

Reakcje podporpwe
R = 125,6 kN
M = 0,90 kN

Poz.6 Ściany nośne i samonośne.

Projektuje się:
Ściany zewnętrzne nośne i samonośne podziemia grubości 25 cm murowane z bloczków betonowych M4 i M6 na zaprawie cem.-wap. marki 3MPa.

Ściany nośne i samonośne nadziemia wewnętrzne grubości 25 cm, murowane z pustaków ściennych ceramicznych klasy 150 na zaprawie cem.-wap. marki 3MPa.

Ściany nośne i samonośne zewnętrzne nadziemia grubości 37 cm, 25 cm - murowane z pustaków ściennych ceramicznych klasy 150 na zaprawie cem.-wap. marki 3MPa, ocieplony od zewnątrz styropianem grubości 12 cm.

Ciężar jednostkowy ścian:

- Ściana wewnętrzna nadziemia 25 cm
mur z pustaków 0,25 x 13,50 kN/m^3 = 3,38 kN/m^2 x 1,2 = 4,06 kN/m^2
tynk dwustronny 0,03 x 19,0 kN/m^3 = 0,57 kN/m^2 x 1,3 = 0,74 kN/m^2
3,95 kN/m^2 x 1,2 = 4,80 kN/m^2
- Ściana zewnętrzna nadziemia 37 cm
mur z pustaków 0,25 x 13,50 kN/m^3 = 3,38 kN/m^2 x 1,2 = 4,06 kN/m^2
styropian ocieplający 0,12 x 0,60 kN/m^3 = 0,072 kN/m^2 x 1,2 = 0,0864 kN/m^2
tynk dwustronny 0,03 x 19,0 kN/m^3 = 0,57 kN/m^2 x 1,3 = 0,74 kN/m^2
4,022 kN/m^2 x 1,21= 4,89 kN/m^2
- Ściana piwnicy 25 cm
mur z bloczków betonowych 0,25 x 22,0 kN/m^3 = 5,50 kN/m^2 x 1,2 = 6,60 kN/m^2
tynk dwustronny 0,03 x 19,0 kN/m^3 = 0,57 kN/m^2 x 1,3 = 0,74 kN/m^2
6,07 kN/m^2 x 1,21= 7,34 kN/m^2

Pustak można zastąpić każdym innym pustakiem drobnowymiarowym spełniającym powyższe założenia wymiarowe i wytrzymałościowe.

Projektuje się mur z pustaków ceramicznych.
Przyjęto:
- pustak o nośności 15 MPa
- zaprawa o nośności 3MPa

Z normy PN-87/B-03002 „Konstrukcje murowe” odczytano:

$R_{mk} = 2,8$ MPa

$\gamma_m = 1,7$

$\gamma_{m1} = 1,34$

$\alpha_m = 0,84$

$F_m = 25 \times 80 = 2000$ cm^2

$N \le R_m \times F_m \times \alpha_m$

$$R_m = \frac{2,80}{1,7x1,34} = 1,229 \text{ MPa} = 0,1229 \text{ kN/cm}^2$$

$N_m < 0,1229 \times 2000 \times 0,84 = 206,47$ kN/m

Przyjęto oparcie na cegłach klasy 150 na zaprawie marki 5 MPa.

Poz.7 Fundamenty.

Dokumentacja geotechniczna wykonana przez pracownię „Grunt „ (Poznań, ul.Półwiejska 37/13)

W poziomie posadowienia występuje glina piaszczysta i piaski gliniaste o konsystencji twordoplastycznej o $I_L = 0,15$ oraz w stanie półzwartym o $I_L = 0,00$.
Do głębokości wykonanych wierceń badawczych, tj.5 m p.p.t., wody gruntowej nie stwierdzeno, a a otwory wiertnicze były suche.
Grunty te stanowią dobre podłoże budowalane.
Charakteryzują się korzystnymi parametrami wytrzymałościowymi.
Małospoiste piaski gliniaste są bardzo wrażliwe na dodatkowe zawilgocenie, np. od opadów atmosferycznych, przemarzanie i drgania.
Pod wpływem ww., niekorzystnych czynników łatwo ulegają uplastycznieniu, a przez to pogarszają się ich pierwotne, dobre cechy wytrzymałościowe. Dlatego odsłonięte wykopami wymagają specjalnego postęowania, zgodnie z postanowieniami pkt.2.4 a) i b) normy PN-81/B-03020. Bezpośrednio po wykonaniu wykopów, na ich gliniastym dnie należy ułożyć warstwę wyrównawczą z chudego beronu (B15).
Chudym betonem należy wypełnić wszelkie, ewentualne przegłębienia, nieodzowne dla usunięcia np. pozostałości fundamentowych po barakach oraz garażach.

Projektuje się fundamenty z betonu B20 zbrojone stalą A-III .
Pod ławami należy ułożyć podbeton grubości 10 cm z betonu B15.

Parametry geotechniczne (wg PN-81/B-03020)

Wilgotność naturalna $W_n = 12,3$ %
Gęstość objętościowa $\rho = 2,20\ tm^{-3}$ x 0,9 = $1,98\ tm^{-3}$
Spójność $C_u = 33,5$ kPa x 0,9 = 30,10 kPa
Kąt tarcia wewnętrznego $\Phi_u = 19,20°$ x 0,9 = 17,3°
Edometryczny moduł ściśliwości $M_0 = 41\ 845$ kPa
Moduł odkształcenia pierwotny $E_0 = 31\ 878$ kPa

Głębokośc posadowienia D = 1,0 m, dla B = 0,40 m
Dla $\Phi_u = 17,3°$ odczytano
$N_C = 12,57$, $N_D = 4,92$, $N_B = 0,91$

Wartość jednostkowego oporu obliczeniowego
$q_f = 12,57 \times 30,10 + 4,92 \times 1,98 \times 1,0 \times 10,0 + 0,91 \times 0,40 \times 1,98 \times 10,0 = 482,99\ kN/m^2$

$q_{rs} \leq m \times q_f = 0,81 \times 482,99 = 391,22\ kN/m^2$

Poz.7.1 Stopa fundamentowa pod poz.5.5.

R = 115,20 kN
M = 28,50 kNm
H = 26,6 kN

Głębokość posadowienia w = 1,00 m
Założono wymiary podstawy stopy 1,20 m na 1,80 m. Wysokość stopy przyjęto h = 0,80 m

Ciężar stopy

G_f = [1,80 x 1,20 x 0,40 + 1,20 x 0,80 x 0,40] x 24,0 x 1,1 = 32,95 kN

Ciężar gruntu spoczywającego na stopie

G_{gr} = [1,80 x 1,20 x 0,60 – 0,384] x 20,5 x 1,2 = 22,44 kN

Całkowita siła pionowa w poziomie posadowienia wynosi

N_r = 115,2 + 32,95 + 22,44 = 170,59 kN

Moment w poziomie posadowienia

M = 28,50 + 26,6 x 0,80 = 49,78 kNm

Mimośród siły pionowej

$$e = \frac{49,78}{170,59} = 0,292 \text{ m}$$

Obliczeniowy odpór gruntu bez uwzględnienia ciężaru fundamentu i spoczywającego na nim gruntu

$$\sigma_{gr} = \frac{115,20}{1,80x1,20} = 53,33 \text{ kN/m}^2$$

Obliczenie naprężeń w gruncie pod stopą

$$\frac{1,8}{6} = 0,30 \text{ m} > e = 0,292 \text{ m}$$

$$\sigma_1 = \frac{170,59}{1,80x1,20} x\left(1+\frac{6x0,292}{1,80}\right) = 155,85 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_2 = \frac{170,59}{1,80x1,20} x\left(1-\frac{6x0,292}{1,80}\right) = 2,11 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma = 2{,}11 + \frac{(155{,}85 - 2{,}11)\left(1{,}8 - \frac{0{,}70}{2}\right)}{1{,}80} = 125{,}96 \text{ kPa}$$

Moment zginający

$$M_1 = \frac{125{,}96 x 0{,}70^2}{6} x(2x1{,}20 + 0{,}40) = 28{,}80 \text{ kNm}$$

Obliczenie zbrojenia

- dla kierunku równoległego do boku b_1

h = 0,80 m,
h_0 = 0,80 – 0,06 = 0,74 m
z = 0,9 x 0,74 = 0,666 m

$$A = \frac{0{,}0288}{190x0{,}666} = 0{,}000230 \text{ m}^2 = 2{,}30 \text{ cm}^2$$

Przyjęto zbrojenie z ∅ 10 co 15 cm.

<u>Poz.7.2 Stopa fundamentowa pod poz.5.6.</u>

R = 273,2 kN

Głębokość posadowienia w = 1,00 m
Założono wymiary podstawy stopy 1,40 m na 1,40 m. Wysokość stopy przyjęto h = 0,80 m

Ciężar stopy

G_f = [1,40 x 1,40 x 0,40 + 0,80 x 0,80 x 0,40] x 24,0 x 1,1 = 27,46 kN

Ciężar gruntu spoczywającego na stopie

G_{gr} = [1,40 x 1,40 x 0,60 – 0,256] x 20,5 x 1,2 = 22,63 kN

Całkowita siła pionowa w poziomie posadowienia wynosi

N_r = 273,2 + 27,46 + 22,63 = 323,29 kN

Obliczeniowy odpór gruntu bez uwzględnienia ciężaru fundamentu i spoczywającego na nim gruntu

$$\sigma_{gr} = \frac{323{,}29}{1{,}40x1{,}40} = 164{,}94 \text{ kN/m}^2$$

Moment zginający

$$M_1 = \frac{164{,}94 x 0{,}50^2}{6} x(2x1{,}40 + 0{,}50) = 22{,}68 \text{ kNm}$$

Obliczenie zbrojenia

- dla kierunku równoległego do boku b_1

h = 0,80 m,
h_0 = 0,80 – 0,06 = 0,74 m
z = 0,9 x 0,74 = 0,666 m

$$A = \frac{0{,}02268}{190 x 0{,}666} = 0{,}000180 \text{ m}^2 = 1{,}80 \text{ cm}^2$$

Przyjęto zbrojenie z ∅ 10 co 15 cm.

<u>Poz.7.3 Stopa fundamentowa pod poz.5.7.</u>

R = 194,3 kN
M = 17,5 kNm
H = 16,1 kN

Głębokość posadowienia w = 1,00 m
Założono wymiary podstawy stopy 1,80 m na 1,20 m. Wysokość stopy przyjęto h = 0,80 m

Ciężar stopy

G_f = [1,80 x 1,20 x 0,40 + 1,20 x 0,80 x 0,40] x 24,0 x 1,1 = 32,95 kN

Ciężar gruntu spoczywającego na stopie

G_{gr} = [1,80 x 1,20 x 0,60 – 0,384] x 20,5 x 1,2 = 22,44 kN

Całkowita siła pionowa w poziomie posadowienia wynosi

N_r = 194,3 + 32,95 + 22,44 = 249,69 kN

Moment w poziomie posadowienia

M = 17,5 + 16,10 x 0,80 = 30,38 kNm

Mimośród siły pionowej

$$e = \frac{30{,}38}{249{,}69} = 0{,}12 \text{ m}$$

Obliczeniowy odpór gruntu bez uwzględnienia ciężaru fundamentu i spoczywającego na nim gruntu

$$\sigma_{gr} = \frac{194,3}{1,80x1,20} = 89,95 \text{ kN/m}^2$$

Obliczenie naprężeń w gruncie pod stopą

$$\frac{1,8}{6} = 0,30 \text{ m} > e = 0,12 \text{ m}$$

$$\sigma_1 = \frac{249,69}{1,80x1,20} x\left(1+\frac{6x0,12}{1,80}\right) = 161,84 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_2 = \frac{249,69}{1,80x1,20} x\left(1-\frac{6x0,12}{1,80}\right) = 69,36 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma = 69,36 + \frac{(161,84-69,36)\left(1,8-\frac{0,70}{2}\right)}{1,80} = 143,86 \text{ kPa}$$

Moment zginający

$$M_1 = \frac{143,86x0,70^2}{6} x(2x1,20+0,40) = 32,90 \text{ kNm}$$

Obliczenie zbrojenia

- dla kierunku równoległego do boku b_1

h = 0,80 m,
h_0 = 0,80 – 0,06 = 0,74 m
z = 0,9 x 0,74 = 0,666 m

$$A = \frac{0,0329}{190x0,666} = 0,000260 \text{ m}^2 = 2,60 \text{ cm}^2$$

Przyjęto zbrojenie z ∅ 10 co 15 cm.

<u>Poz.7.4 Stopa fundamentowa pod poz.5.8.</u>

R = 189,5 kN
M = 12,5 kNm
H = 9,7 kN

Głębokość posadowienia w = 1,00 m
Założono wymiary podstawy stopy 1,50 m na 1,50 m. Wysokość stopy przyjęto h = 0,80 m

Ciężar stopy

G_f = [1,50 x 1,50 x 0,40 + 1,00 x 1,00 x 0,40] x 24,0 x 1,1 = 34,32 kN

Ciężar gruntu spoczywającego na stopie

G_{gr} = [1,50 x 1,50 x 0,60 – 0,4] x 20,5 x 1,2 = 23,37 kN

Całkowita siła pionowa w poziomie posadowienia wynosi

N_r = 189,5 + 34,32 + 23,37 = 247,19 kN

Moment w poziomie posadowienia

M = 12,5 + 9,7 x 0,80 = 20,26 kNm

Mimośród siły pionowej

$$e = \frac{20,26}{247,19} = 0,08 \text{ m}$$

Obliczeniowy odpór gruntu bez uwzględnienia ciężaru fundamentu i spoczywającego na nim gruntu

$$\sigma_{gr} = \frac{189,5}{1,50x1,50} = 84,22 \text{ kN/m}^2$$

Obliczenie naprężeń w gruncie pod stopą

$$\frac{1,50}{6} = 0,25 \text{ m} > e = 0,08 \text{ m}$$

$$\sigma_1 = \frac{247,19}{1,50x1,50} x\left(1+\frac{6x0,08}{1,50}\right) = 145,02 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_2 = \frac{247,19}{1,50x1,50} x\left(1-\frac{6x0,08}{1,50}\right) = 74,71 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma = 74,71 + \frac{(145,02-74,71)\left(1,5-\frac{0,60}{2}\right)}{1,50} = 130,96 \text{ kPa}$$

Moment zginający

$$M_1 = \frac{130,96x0,60^2}{6} x(2x1,50+0,30) = 25,93 \text{ kNm}$$

Obliczenie zbrojenia

- dla kierunku równoległego do boku b_1

h = 0,80 m,
h_0 = 0,80 – 0,06 = 0,74 m
z = 0,9 x 0,74 = 0,666 m

$$A = \frac{0,02593}{190x0,666} = 0,000205 \text{ m}^2 = 2,05 \text{ cm}^2$$

Przyjęto zbrojenie z ∅ 10 co 15 cm.

<u>Poz.7.5 Stopa fundamentowa pod poz.5.9.</u>

R = 109,3 kN
M = 11,9 kNm
H = 12,8 kN

Głębokość posadowienia w = 1,00 m
Założono wymiary podstawy stopy 1,50 m na 1,50 m. Wysokość stopy przyjęto h = 0,80 m

Ciężar stopy

G_f = [1,50 x 1,50 x 0,40 + 1,00 x 1,00 x 0,40] x 24,0 x 1,1 = 34,32 kN

Ciężar gruntu spoczywającego na stopie

G_{gr} = [1,50 x 1,50 x 0,60 – 0,4] x 20,5 x 1,2 = 23,37 kN

Całkowita siła pionowa w poziomie posadowienia wynosi

N_r = 109,3 + 34,32 + 23,37 = 166,99 kN

Moment w poziomie posadowienia

M = 11,9 + 12,8 x 0,80 = 22,14 kNm

Mimośród siły pionowej

$$e = \frac{22,14}{166,99} = 0,133 \text{ m}$$

Obliczeniowy odpór gruntu bez uwzględnienia ciężaru fundamentu i spoczywającego na nim gruntu

$$\sigma_{gr} = \frac{109,3}{1,50x1,50} = 48,58 \text{ kN/m}^2$$

Obliczenie naprężeń w gruncie pod stopą

$$\frac{1,50}{6} = 0,25 \text{ m} > e = 0,133 \text{ m}$$

$$\sigma_1 = \frac{166,99}{1,50x1,50} x\left(1+\frac{6x0,133}{1,50}\right) = 113,70 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_2 = \frac{166,99}{1,50x1,50} x\left(1-\frac{6x0,133}{1,50}\right) = 34,73 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma = 34,73 + \frac{(113,70-34,73)\left(1,5-\frac{0,60}{2}\right)}{1,50} = 97,91 \text{ kPa}$$

Moment zginający

$$M_1 = \frac{97,91x0,60^2}{6} x(2x1,50+0,30) = 19,39 \text{ kNm}$$

Obliczenie zbrojenia

- dla kierunku równoległego do boku b_1

h = 0,80 m,
h_0 = 0,80 – 0,06 = 0,74 m
z = 0,9 x 0,74 = 0,666 m

$$A = \frac{0,01939}{190x0,666} = 0,0001530 \text{ m}^2 = 1,53 \text{ cm}^2$$

Przyjęto zbrojenie z ∅ 10 co 15 cm.

<u>Poz.7.6 Stopa fundamentowa pod poz.5.10, 5.12, 5.13.</u>

R = 118,7 kN
M = 3,7 kNm
H = 3,4 kN

R = 107,8 kN
M = 0,7 kNm
H = 0,7 kN

R = 132,0 kN
M = 2,9 kNm
H = 2,6 kN

Głębokość posadowienia w = 1,00 m

Założono wymiary podstawy stopy 5,0 m na 0,80 m. Wysokość stopy przyjęto h = 0,40 m

Ciężar stopy

G_f = [5,00 x 0,80 x 0,40) x 24,0 x 1,1 = 42,24 kN

Ciężar gruntu spoczywającego na stopie

G_{gr} = [5,0 x 0,80 x 0,60] x 20,5 x 1,2 = 59,04 kN

Całkowita siła pionowa w poziomie posadowienia wynosi

N_r = 118,7 + 107,8 + 132,0 + 42,24 + 59,04 = 459,78 kN

Obliczeniowy odpór gruntu bez uwzględnienia ciężaru fundamentu i spoczywającego na nim gruntu

$$\sigma_{gr} = \frac{459,78}{5,0x0,80} = 114,95 \text{ kN/m}^2$$

Przyjęto zbrojenie z ∅ 10 co 15 cm.

<u>Poz.7.7 Stopa fundamentowa pod poz.5.13, 5.14.</u>

R = 125,6 kN
M = 0,9 kNm

R = 132,0 kN
M = 2,9 kNm
H = 2,6 kN

Głębokość posadowienia w = 1,00 m
Założono wymiary podstawy stopy 5,60 m na 0,80 m. Wysokość stopy przyjęto h = 0,40 m

Ciężar stopy

G_f = [5,60 x 0,80 x 0,40) x 24,0 x 1,1 = 47,31 kN

Ciężar gruntu spoczywającego na stopie

G_{gr} = [5,60 x 0,80 x 0,60] x 20,5 x 1,2 = 66,12 kN

Całkowita siła pionowa w poziomie posadowienia wynosi

N_r = 125,6 + 132,0 + 47,31 + 66,12 = 371,03 kN

Obliczeniowy odpór gruntu bez uwzględnienia ciężaru fundamentu i spoczywającego na nim gruntu

$$\sigma_{gr} = \frac{371,03}{5,6x0,80} = 82,82 \text{ kN/m}^2$$

Przyjęto zbrojenie z ∅ 10 co 15 cm.

Poz.7.8 Ława pod ścianę zewnętrzną nośną.

Zebranie obciążeń na 1m

1.Obciążenie z poz.1.1	27,19 kN/m
2.Ciężar wieńca	2,44 kN/m
3.Ciężar ściany	20,54 kN/m
4.Ciężar ściany podz.	7,34 kN/m
5.Ciężar własny ławy	7,49 kN/m
	65,00 kN/m

Przyjęto ławę o szerokości B = 0,60 m

$$q_{rs} = \frac{65,00}{0,60} = 108,33 \text{ kN/m}^2$$

Poz.7.9 Ława pod ścianę wewnętrzną nośną.

Zebranie obciążeń na 1m

1.Obciążenie z poz.1.1	18,88 kN/m
2.Ciężar wieńca	2,44 kN/m
3.Ciężar ściany	15,36 kN/m
4.Ciężar ściany podz.	7,34 kN/m
5.Ciężar własny ławy	7,49 kN/m
	51,51 kN/m

Przyjęto ławę o szerokości B = 0,50 m

$$q_{rs} = \frac{51,51}{0,50} = 103,02 \text{ kN/m}^2$$

Poz.7.10 Ława pod ścianę wewnętrzną nośną.

Zebranie obciążeń na 1m

1.Obciążenie z poz.1.1	22,66 kN/m
2.Ciężar wieńca	2,44 kN/m
3.Ciężar ściany	15,36 kN/m
4.Ciężar ściany podz.	7,34 kN/m
5.Ciężar własny ławy	7,49 kN/m
	55,29 kN/m

Przyjęto ławę o szerokości B = 0,50 m

$$q_{rs} = \frac{55,29}{0,50} = 110,58 \text{ kN/m}^2$$

Poz.7.11 Ława pod ścianę zewnętrzną nośną.

Zebranie obciążeń na 1m

1.Obciążenie z poz.1.1	7,55 kN/m
2.Ciężar wieńca	2,44 kN/m
3.Ciężar ściany	20,54 kN/m
4.Ciężar ściany podz.	7,34 kN/m
5.Ciężar własny ławy	7,49 kN/m
	45,36 kN/m

Przyjęto ławę o szerokości B = 0,40 m

$$q_{rs} = \frac{45,36}{0,40} = 113,40 \text{ kN/m}^2$$

Poz.7.12 Ława pod ścianę wewnętrzną nośną.

Zebranie obciążeń na 1m

1.Obciążenie z poz.1.1	36,25 kN/m
2.Ciężar wieńca	2,44 kN/m
3.Ciężar ściany	15,36 kN/m
4.Ciężar ściany podz.	7,34 kN/m
5.Ciężar własny ławy	7,49 kN/m
	68,88 kN/m

Przyjęto ławę o szerokości B = 0,60 m

$$q_{rs} = \frac{68,88}{0,60} = 114,80 \text{ kN/m}^2$$

Poz.7.13 Ława pod ścianę wewnętrzną nośną.

Zebranie obciążeń na 1m

1.Obciążenie z poz.1.1	33,99 kN/m
2.Ciężar wieńca	2,44 kN/m
3.Ciężar ściany	15,36 kN/m
4.Ciężar ściany podz.	7,34 kN/m
5.Ciężar własny ławy	7,49 kN/m
	66,62 kN/m

Przyjęto ławę o szerokości B = 0,60 m

$$q_{rs} = \frac{66,62}{0,60} = 111,03 \text{ kN/m}^2$$

Poz.7.14 Ława pod ścianę zewnętrzną nośną.

Zebranie obciążeń na 1m

1.Obciążenie z poz.1.1	6,80 kN/m
2.Ciężar wieńca	2,44 kN/m
3.Ciężar ściany	20,54 kN/m
4.Ciężar ściany podz.	7,34 kN/m
5.Ciężar własny ławy	7,49 kN/m
	44,61 kN/m

Przyjęto ławę o szerokości B = 0,40 m

$$q_{rs} = \frac{44,61}{0,40} = 111,53 \text{ kN/m}^2$$

Poz.7.15 Ława pod ścianę zewnętrzną nośną.

Zebranie obciążeń na 1m

1.Obciążenie z poz.1.1	6,80 kN/m
2.Ciężar wieńca	2,44 kN/m
3.Ciężar ściany	20,54 kN/m
4.Ciężar ściany podz.	7,34 kN/m
5.Ciężar własny ławy	7,49 kN/m
	44,61 kN/m

Przyjęto ławę o szerokości B = 0,40 m

$$q_{rs} = \frac{44,61}{0,40} = 111,53 \text{ kN/m}^2$$

Poz.7.16 Ława pod ścianę wewnętrzną nośną.

Zebranie obciążeń na 1m

1.Obciążenie z poz.1.1	24,55 kN/m
2.Ciężar wieńca	2,44 kN/m
3.Ciężar ściany	15,36 kN/m
4.Ciężar ściany podz.	7,34 kN/m
5.Ciężar własny ławy	7,49 kN/m
	57,18 kN/m

Przyjęto ławę o szerokości B = 0,50 m

$$q_{rs} = \frac{57,18}{0,50} = 114,36 \text{ kN/m}^2$$

Poz.7.17 Ława pod ścianę zewnętrzną nośną.

Zebranie obciążeń na 1m

1.Obciążenie z poz.1.1	17,00 kN/m
2.Ciężar wieńca	2,44 kN/m
3.Ciężar ściany	20,54 kN/m
4.Ciężar ściany podz.	7,34 kN/m
5.Ciężar własny ławy	7,49 kN/m
	54,81 kN/m

Przyjęto ławę o szerokości B = 0,50 m

$$q_{rs} = \frac{54,81}{0,50} = 109,62 \text{ kN/m}^2$$

Poz.7.18 Ława pod ścianę zewnętrzną nośną.

Zebranie obciążeń na 1m

1.Obciążenie z poz.1.1	7,55 kN/m
2.Ciężar wieńca	2,44 kN/m
3.Ciężar ściany	20,54 kN/m
4.Ciężar ściany podz.	7,34 kN/m
5.Ciężar własny ławy	7,49 kN/m
	45,36 kN/m

Przyjęto ławę o szerokości B = 0,40 m

$$q_{rs} = \frac{45,36}{0,40} = 113,40 \text{ kN/m}^2$$

Poz.7.19 Ława pod ścianę wewnętrzną nośną.

Zebranie obciążeń na 1m

1.Obciążenie z poz.1.1	30,60 kN/m
2.Ciężar wieńca	2,44 kN/m
3.Ciężar ściany	15,36 kN/m
4.Ciężar ściany podz.	7,34 kN/m
5.Ciężar własny ławy	7,49 kN/m
	63,23 kN/m

Przyjęto ławę o szerokości B = 0,60 m

$$q_{rs} = \frac{63,23}{0,60} = 105,38 \text{ kN/m}^2$$

Poz.7.20 Ława pod ścianę wewnętrzną nośną.

Zebranie obciążeń na 1m

1.Obciążenie z poz.1.1	7,55 kN/m
2.Ciężar wieńca	2,44 kN/m
3.Ciężar ściany	15,36 kN/m
4.Ciężar ściany podz.	7,34 kN/m
5.Ciężar własny ławy	7,49 kN/m
	40,18 kN/m

Przyjęto ławę o szerokości B = 0,40 m

$$q_{rs} = \frac{40,18}{0,40} = 100,45 \text{ kN/m}^2$$

Poz.7.21 Ława pod ścianę wewnętrzną nośną.

Zebranie obciążeń na 1m

1.Obciążenie z poz.1.1	7,55 kN/m
2.Ciężar wieńca	2,44 kN/m
3.Ciężar ściany	15,36 kN/m
4.Ciężar ściany podz.	7,34 kN/m
5.Ciężar własny ławy	7,49 kN/m
	40,18 kN/m

Przyjęto ławę o szerokości B = 0,40 m

$$q_{rs} = \frac{40,18}{0,40} = 100,45 \text{ kN/m}^2$$

Poz.7.22 Ława pod ścianę wewnętrzną nośną.

Zebranie obciążeń na 1m

1.Obciążenie z poz.1.1	30,22 kN/m
2.Ciężar wieńca	2,44 kN/m
3.Ciężar ściany	15,36 kN/m
4.Ciężar ściany podz.	7,34 kN/m
5.Ciężar własny ławy	7,49 kN/m
	62,85 kN/m

Przyjęto ławę o szerokości B = 0,60 m

$$q_{rs} = \frac{62,85}{0,60} = 104,75 \text{ kN/m}^2$$

Poz.7.23 Ława pod ścianę wewnętrzną nośną.

Zebranie obciążeń na 1m

1.Obciążenie z poz.1.1	25,30 kN/m
2.Ciężar wieńca	2,44 kN/m
3.Ciężar ściany	15,36 kN/m
4.Ciężar ściany podz.	7,34 kN/m
5.Ciężar własny ławy	7,49 kN/m
	57,93 kN/m

Przyjęto ławę o szerokości B = 0,50 m

$$q_{rs} = \frac{57,93}{0,50} = 115,86 \text{ kN/m}^2$$

Poz.7.24 Ława pod ścianę zewnętrzną nośną.

Zebranie obciążeń na 1m

1.Obciążenie z poz.1.1	14,00 kN/m
2.Ciężar wieńca	2,44 kN/m
3.Ciężar ściany	20,54 kN/m
4.Ciężar ściany podz.	7,34 kN/m
5.Ciężar własny ławy	7,49 kN/m
	51,81 kN/m

Przyjęto ławę o szerokości B = 0,50 m

$$q_{rs} = \frac{51,81}{0,50} = 103,62 \text{ kN/m}^2$$

Poz.7.25 Stopa fundamentowa.

Zebranie obciążeń na 1m

1.Obciążenie z konstrukcji	16,00 kN/m
2.Ciężar słupa	9,36 kN/m
3.Ciężar stopy	4,50 kN/m
	29,86 kN/m

Przyjęto stopę o rzucie 0,60 m na 0,60 m

$$q_{rs} = \frac{29,86}{0,60x0,60} = 82,95 \text{ kN/m}^2$$