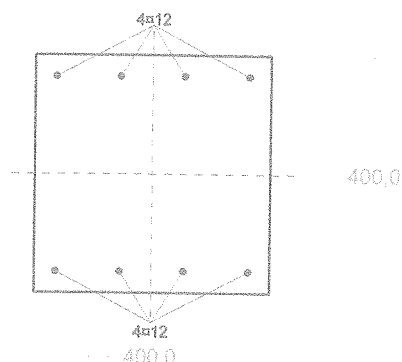


1	-0,0000	-0,0017	-0,000	-0,043	0,0004	10674,3
---	---------	---------	--------	--------	--------	---------

Wymiarowanie słupa w ścianie żelbetowej

Cechy przekroju:



Wymiary przekroju [cm]:

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

Cechy materiałowe dla sytuacji stałej lub przejściowej

BETON: B25

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

Cechy geometryczne przekroju betonowego:

$$A_c=1600 \text{ cm}^2, \quad J_{cx}=213333 \text{ cm}^4, \quad J_{cy}=213333 \text{ cm}^4$$

STAL: A-III (34GS)

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

$$\xi_{lim}=0,0035/(0,0035+f_{yd}/E_s)=0,0035/(0,0035+350/200000)=0,6$$

67,

Zbrojenie główne:

$$A_{s1}+A_{s2}=9,05 \text{ cm}^2, \quad \rho=100 (A_{s1}+A_{s2})/A_c=100 \times 9,05/1600=0,57 \%,$$

$$J_{sx}=2433 \text{ cm}^4, \quad J_{sy}=1352 \text{ cm}^4,$$

Siły przekrojowe:

Obciążenia działające w płaszczyźnie układu: A

$$\text{Momenty zginające:} \quad M_x=6,7 \text{ kNm}, \quad M_y=0,0 \text{ kNm},$$

$$\text{Siły poprzeczne:} \quad V_y=3,7 \text{ kN}, \quad V_x=0,0 \text{ kN},$$

$$\text{Siła osiowa:} \quad N=-4,3 \text{ kN}=N_{Sd},$$

Uwzględnienie smukłości pręta:

- w płaszczyźnie ustroju:

$$e_{ey}=M_x/N=(6,7)/(-4,3)=-1,558 \text{ m},$$

$$M_{Sdx}=\eta_x (e_{ay}+e_{ey}) N=1,003 \times (-0,020-1,558) \times (-4,3)=6,8 \text{ kNm},$$

- w płaszczyźnie prostopadłej do ustroju:

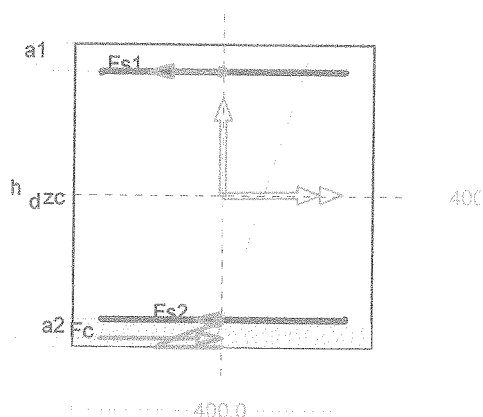
$$e_{ex}=-M_y/N=-(0,0)/(-4,3)=0,000 \text{ m},$$

$$M_{Sdy}=\eta_y (e_{ax}+e_{ex}) N=-1,003 \times (0,013+0,000) \times (-4,3)=0,1 \text{ kNm}.$$

Zbrojenie wymagane:

Obliczenia wykonano:

- przy założeniu symetrii zbrojenia wymaganego



Wielkości obliczeniowe:

$$N_{Sd}=-19,1 \text{ kN},$$

$$M_{Sd}=\sqrt{(M_{Sdx})^2+(M_{Sdy})^2}=\sqrt{(20,0^2+0,3^2)}=20,0 \text{ kNm}$$

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

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

$$A_{s1}=1,22 \text{ cm}^2 < \min A_{s1}=2,19 \text{ cm}^2, \text{ przyjęto}$$

$$A_{s1}=2,19 \text{ cm}^2, \Rightarrow (2\phi 12 = 2,26 \text{ cm}^2),$$

Zbrojenie ściskane (* $A_{s2}=0$ nie jest obliczeniowo wymagane.**) ($\epsilon_c=-0,98 \text{ ‰}$):

$$A_{s2}=1,22 \text{ cm}^2 \Rightarrow (2\phi 12 = 2,26 \text{ cm}^2 \text{ *)}$$

$$A_s=A_{s1}+A_{s2}=2,44 \text{ cm}^2, \quad \rho=100 \times A_s/A_c=100 \times 2,44/1600=0,15 \%$$

Wielkości geometryczne [cm]:

$h=40,1$, $d=36,5$, $x=3,2$ ($\xi=0,089$),
 $a_1=3,7$, $a_2=3,7$, $a_c=1,2$, $z_c=35,3$, $A_{cc}=128 \text{ cm}^2$,
 $\varepsilon_c=-0,98 \text{ ‰}$, $\varepsilon_{s2}=0,11 \text{ ‰}$, $\varepsilon_{s1}=10,00 \text{ ‰}$,

Wielkości statyczne [kN, kNm]:

$F_c = -68,3$, $F_{s1} = 46,3$, $F_{s2} = 3,0$,
 $M_c = 12,9$, $M_{s1} = 7,6$, $M_{s2} = -0,5$,

Warunki równowagi wewnętrznej:

$F_c + F_{s1} + F_{s2} = -68,3 + (46,3) + (3,0) = -19,1 \text{ kN}$ ($N_{sd} = -19,1 \text{ kN}$)
 $M_c + M_{s1} + M_{s2} = 12,9 + (7,6) + (-0,5) = 20,0 \text{ kNm}$ ($M_{sd} = 20,0 \text{ kNm}$)

Długości wyboczeniowe pręta:

- przy wyboczeniu w płaszczyźnie układu:

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

ze wzoru (C.1) $l_o = \beta l_{col}$, $l_{col} = 3,800 \text{ m}$,

podatności węzłów: $\kappa_a = 0,000 \Rightarrow k_A = (1/\kappa_a - 1) = \infty$, $\kappa_b = 1,000 \Rightarrow k_B = (1/\kappa_b - 1) = 0,000$,
 $\Rightarrow \beta = 2 + 1/(3k) = 2 + 1/(3 \times \infty) \Rightarrow l_o = 2,000 \times 3,800 = 7,600 \text{ m}$

- 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) $l_o = \beta l_{col}$, $l_{col} = 3,800 \text{ m}$,

podatności węzłów: $\kappa_a = 1,000 \Rightarrow k_A = (1/\kappa_a - 1) = 0,000$, $\kappa_b = 1,000 \Rightarrow k_B = (1/\kappa_b - 1) = 0,000$,
 $\beta = 1,000 \Rightarrow l_o = 1,000 \times 3,800 = 3,800 \text{ m}$

Uwzględnienie wpływu smukłości pręta:

- w płaszczyźnie ustroju:

mimośród niezamierzony: ($l_{col} = 3,800 \text{ m}$, $h = 0,400 \text{ m}$, $n = 1$)

$e_a = \max \left\langle \frac{l_{col}}{600} \left(1 + \frac{1}{n} \right) \frac{h}{30}, 0,01 \right\rangle = \max \langle 0,013, 0,013, 0,010 \rangle = 0,013 \text{ m}$, przyjęto: $e_a = 0,020 \text{ m}$,

mimośród statyczny: $M_{max} = \max M_{sd} = 19,6 \text{ kNm}$, $N_{sd} = -3,0 \text{ kN} \Rightarrow e_e = |M_{max}/N| = |19,6/(-3,0)| = 6,533 \text{ m}$,

mimośród początkowy: $e_o = e_a + e_e = 0,020 + 6,533 = 6,553 \text{ m}$,

obliczenie siły krytycznej:

- długość wyboczeniowa: $l_o = 7,600 \text{ m}$ (obliczona wg PN),

- moduł sprężystości betonu: $E_{cm} = 30,0 \cdot 10^6 \text{ kPa}$,

- momenty bezwładności: $I_c = 21,3333 \cdot 10^{-4} \text{ m}^4$,

$I_s = 0,2433 \cdot 10^{-4} \text{ m}^4$ (dla zbrojenia rzeczywistego)

- $e_o/h = \max \langle (e_a + e_e)/h, 0,05, 0,5 - 0,01(l_o/h + f_{cd}) \rangle = \max \langle 16,383, 0,05, 0,177 \rangle = 16,383$,

- $k_{lt} = 1 + 0,5 (N_{sd,lt}/N_{sd}) \phi_{(t,t_0)} = 1 + 0,5 \times 1,000 \times 2,00 = 2,000$,

$$N_{crit} = \frac{9}{l_o^2} \left[\frac{E_{cm} I_c}{2k_{lt}} \left(\frac{0,11}{0,1 + \frac{e_o}{h}} + 0,1 \right) + E_s I_s \right] =$$

$$\frac{9}{7,600^2} \left[\frac{3,000 \cdot 10^7 \times 21,33 \cdot 10^{-3}}{2 \times 2,000} \left(\frac{0,11}{0,1 + 16,383} + 0,1 \right) + 2,0 \cdot 10^8 \times 2,433 \cdot 10^{-5} \right] = 1024,3 \text{ kN}$$

współczynnik zwiększający mimośród początkowy:

$$\eta = \frac{1}{1 - N_{Sd}/N_{crit}} = \frac{1}{1 - (3,0/1024,3)} = 1,003$$

- w płaszczyźnie prostopadłej do ustroju:

mimośród niezamierzony: ($l_{col}=3,800$ m, $h=0,400$ m) $e_a = \max\left\langle \frac{l_{col}}{600}, \frac{h}{30}, 0,01 \right\rangle = \max\langle 0,006, 0,013, 0,010 \rangle = 0,010$ m, przyjęto: $e_a=0,013$ m,

mimośród statyczny: $M_{max}=0,0$ kNm, $N_{Sd}=-19,1$ kN $\Rightarrow e_e = |M_{max}/N| = |0,0/(-19,1)| = 0,000$ m,

mimośród początkowy: $e_o=e_a+e_e=0,013+0,000=0,013$ m,

obliczenie siły krytycznej:

- długość wyboczeniowa: $l_o=3,800$ m (obliczona wg PN),

- moduł sprężystości betonu: $E_{cm}=30,0 \cdot 10^6$ kPa,

- momenty bezwładności: $I_c=21,3333 \cdot 10^{-4}$ m⁴,

$I_s=0,1352 \cdot 10^{-4}$ m⁴ (dla zbrojenia rzeczywistego)

- $e_o/h = \max\langle (e_a+e_e)/h, 0,05, 0,5-0,01(l_o/h+f_{cd}) \rangle = \max\langle 0,033, 0,05, 0,272 \rangle = 0,272$,

- $k_{lt}=1+0,5(N_{Sd,lt}/N_{Sd})\phi_{(t,t_0)}=1+0,5 \times 1,000 \times 2,00 = 2,000$,

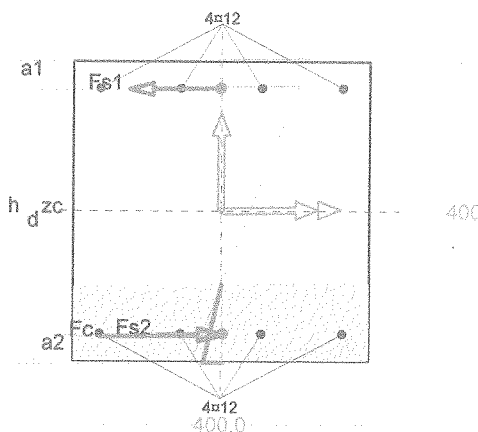
$$N_{crit} = \frac{9}{l_o^2} \left[\frac{E_{cm} I_c}{2k_{lt}} \left(\frac{0,11}{0,1 + \frac{e_o}{h}} + 0,1 \right) + E_s I_s \right] =$$

$$\frac{9}{3,800^2} \left[\frac{3,000 \cdot 10^7 \times 2,133 \cdot 10^{-3}}{2 \times 2,000} \left(\frac{0,11}{0,1 + 0,272} + 0,1 \right) + 2,0 \cdot 10^8 \times 1,352 \cdot 10^{-5} \right] = 5631,3 \text{ kN}$$

współczynnik zwiększający mimośród początkowy:

$$\eta = \frac{1}{1 - N_{Sd}/N_{crit}} = \frac{1}{1 - (19,1/5631,3)} = 1,003$$

Nośność przekroju prostopadłego:



Wielkości obliczeniowe:

$N_{Sd}=-19,1$ kN,

$M_{Sd}=\sqrt{(M_{Sdx})^2 + (M_{Sdy})^2} = \sqrt{(20,0^2 + 0,3^2)} = 20,0$ kNm

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

wzmocnienia),

Zbrojenie rozciągane: $A_{s1}=4,52$ cm²,

Zbrojenie ściskane: $A_{s2}=4,52$ cm²,

$A_s=A_{s1}+A_{s2}=9,05$ cm², $\rho=100 \times A_s/A_c=$

$100 \times 9,05/1600=0,57\%$

Wielkości geometryczne [cm]:

$h=40,5$, $d=36,6$, $x=10,4$ ($\xi=0,283$),

$a_1=3,8$, $a_2=3,8$, $a_c=3,7$, $z_c=33,0$, $A_{cc}=407$ cm²,

$\epsilon_c=-0,22\%$, $\epsilon_{s2}=-0,15\%$, $\epsilon_{s1}=0,57\%$,

Wielkości statyczne [kN, kNm]:

$F_c=-57,4$, $F_{s1}=51,1$, $F_{s2}=-12,9$,

$M_c=9,5$, $M_{s1}=8,4$, $M_{s2}=2,1$,

Warunek stanu granicznego nośności:

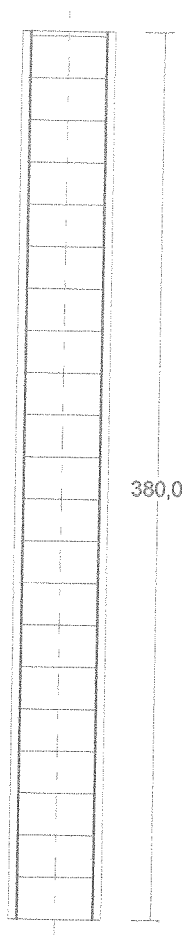
$M_{Rd}=70,2$ kNm $> M_{Sd}=M_c+M_{s1}+M_{s2}=9,5+(8,4)+(2,1)=20,0$ kNm

Zbrojenie poprzeczne (strzemiona)

Na całej długości pręta przyjęto strzemiona o średnicy $\phi=8$ mm ze stali A-0, dla której $f_{ywd} = 190$ MPa.

Minimalny stopień zbrojenia na ścinanie:

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



Rozstaw strzemion:

Strefa nr 1

Początek i koniec strefy: $x_a = 0,0$ $x_b = 380,0$ cm

Maksymalny rozstaw strzemion:

$$s_{max} = 0,75 d = 0,75 \times 364 = 273 \quad s_{max} \leq 400 \text{ mm}$$

przyjęto $s_{max} = 273$ mm.

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

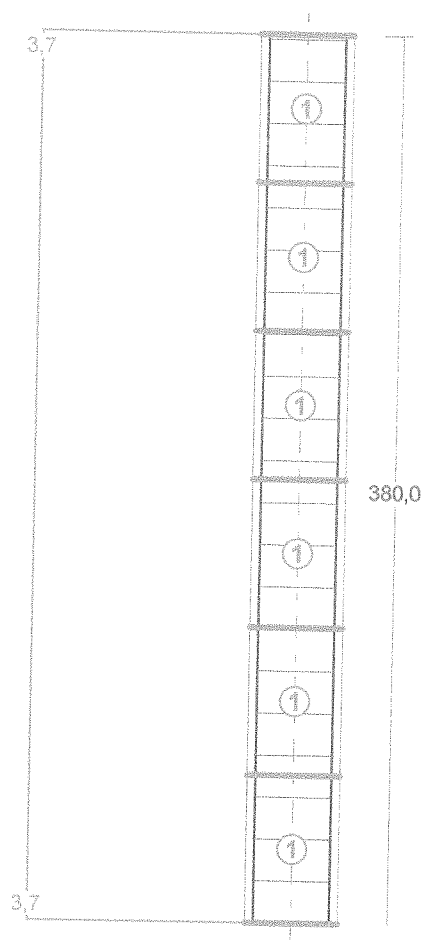
Przyjęto strzemiona 4-cięte, prostopadłe do osi pręta o rozstawie **18,0** cm, dla których stopień zbrojenia na ścinanie wynosi:

$$\rho_w = A_{sw} / (s b_w \sin \alpha) = 2,01 / (18,0 \times 40,0 \times 1,000) = 0,00279$$

$$\rho_w = 0,00279 > 0,00087 = \rho_{w,min}$$

Ścinanie

Przyjęto podparcie i obciążenie bezpośrednie.

Odcinek nr 6

Początek i koniec odcinka: $x_a = 316,7$ $x_b = 380,0$ cm

Siły przekrojowe: $N_{Sd} = -5,5$;

$$V_{Sd \max} = 3,7 \text{ kN}$$

Siła poprzeczna w odległości d od podpory wynosi:

$$V_{Sd} = 3,7 \text{ kN}$$

Rodzaj odcinka:

$$\rho_L = \frac{A_{sL}}{b_w d} = \frac{4,52}{40,0 \times 36,4} = 0,00311; \quad \rho_L \leq 0,01$$

Przyjęto $\rho_L = 0,00311$.

$$\sigma_{cp} = N_{Sd} / A_C = 5,5 / 1600,00 \times 10 = 0,0 \text{ MPa} \quad \sigma_{cp} \leq 0,2 f_{cd}$$

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

$$\begin{aligned} V_{Rd1} &= [0,35 k f_{ctd} (1,2 + 40 \rho_L) + 0,15 \sigma_{cp}] b_w d = \\ &= [0,35 \times 1,00 \times 1,00 \times (1,2 + 40 \times 0,00311) + 0,15 \times 0,0] \times 40,0 \times 36,4 \times 10^{-1} = 68,2 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$V_{Sd} = 3,7 < 68,2 = V_{Rd1}$$

Nośność odcinka I-go rodzaju:

$$V_{Sd} = 3,7 < 68,2 = V_{Rd1}$$

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

$$V_{Rd2} = 0,5 \nu f_{cd} b_w z = 0,5 \times 0,552 \times 13,3 \times 40,0 \times 33,1 \times 10^{-1} = 486,6 \text{ kN}$$

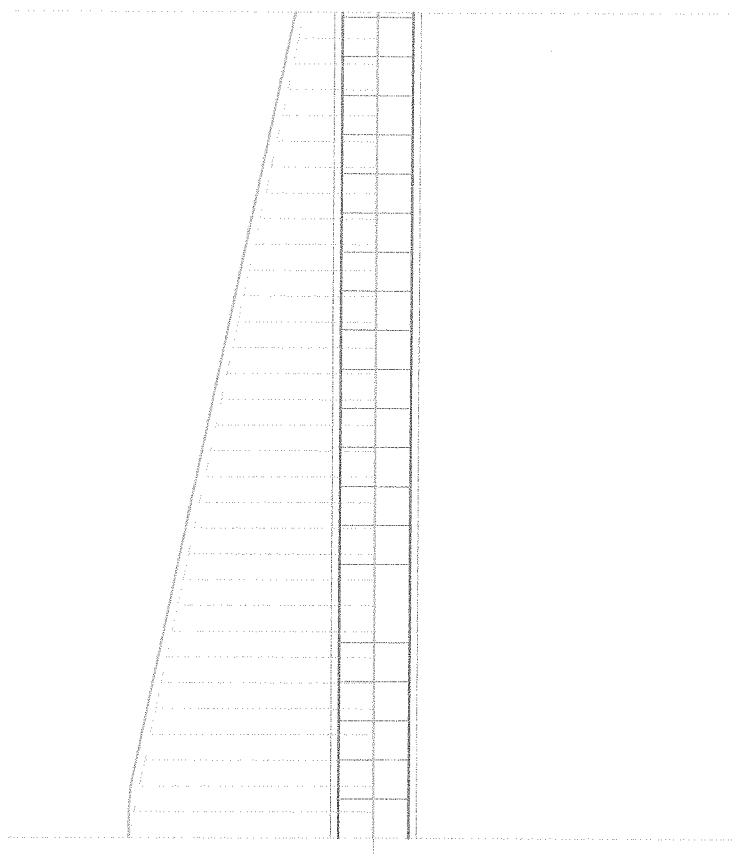
$$\alpha_c = 1 + \sigma_{cp}/f_{cd} = 1 + 0,0/13,3 = 1,003$$

$$V_{Rd2,red} = \alpha_c V_{Rd2} = 1,003 \times 486,6 = 487,9 \text{ kN}$$

Przyjęto $V_{Rd2,red} = 486,6 \text{ kN}$

$$V_{Sd} = 3,7 < 486,6 = V_{Rd2,red}$$

Nośność zbrojenia podłużnego



Sprawdzenie siły przenoszonej przez zbrojenie rozciągane dla $x = 0,000 \text{ m}$:

$$\Delta F_{td} = 0,5 |V_{Sd}| (\cot \theta - V_{Rd32}/V_{Rd3} \cot \alpha) = 0,5 \times 3,7 \times (1,000) = 1,8 \text{ kN}$$

Sumaryczna siła w zbrojeniu rozciągającym:

$$F_{td} = F_{td,m} + \Delta F_{td} = 51,1 + 1,8 = 53,0 \text{ kN};$$

$$F_{td} \leq F_{td,max} = 51,1 \text{ kN}$$

Przyjęto $F_{td} = 51,1 \text{ kN}$

$$F_{td} = 51,1 < 158,3 = 4,52 \times 350 \times 10^{-1} = A_s f_{yd}$$

Zarysowanie

Położenie przekroju:

$$x = 0,030 \text{ m}$$

Siły przekrojowe:

$$M_{Sd} = -19,4 \text{ kNm}$$

$$N_{Sd} = -17,5 \text{ kN}$$

$$e = 113,3 \text{ cm}$$