

$$\sigma = \frac{M_x y}{I_x} + \frac{F}{A} = \frac{7,7 \times 14,0 \times 10^3}{2973,0} + \frac{2,2 \times 10}{41,20} = 36,8 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} = \sigma / \sqrt{2} = 36,8 / \sqrt{2} = 26,0 \text{ MPa}$$

Dla $R_e = 235 \text{ MPa}$, współczynnik χ wynosi 0,70.

Naprężenia zredukowane:

W miejscu występowania największych naprężeń zredukowanych $\tau_{\parallel} = 1,0 \text{ MPa}$.

$$\chi \sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\parallel}^2 + \tau_{\perp}^2)} = 0,70 \times \sqrt{26,0^2 + 3 \times (1,0^2 + 26,0^2)} = 36,4 < 215 = f_d$$

Największe naprężenia prostopadłe:

$$\sigma = \frac{M_x y}{I_x} + \frac{F}{A} = \frac{7,7 \times 14,0 \times 10^3}{2973,0} + \frac{2,2 \times 10}{41,20} = 36,8 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} = \sigma / \sqrt{2} = 26,0 < 215 = f_d$$

Nośność spoin pionowych:

Przyjęto 4 spoiny o grubości $a = 3 \text{ mm}$ i długości 200 mm.

Kład spoin daje następujące wielkości:

$$A = 24,00 \text{ cm}^2,$$

$$I_o = I_x + I_y = 864,2 + 800,0 = 1664,2 \text{ cm}^4.$$

Naprężenia w spoinach:

$$\tau_F = F / A = (2,2 / 24,00) \times 10 = 0,9 \text{ MPa},$$

$$\tau_M = M_o r / I_o = (7,7 \times 11,7 / 1664,2) \times 10^3 = 54,0 \text{ MPa},$$

Dla $R_e = 235 \text{ MPa}$, współczynniki α wynoszą $\alpha_{\perp} = 0,9$, $\alpha_{\parallel} = 0,8$.

Nośność spoin:

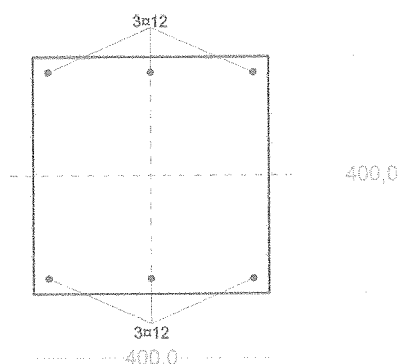
$$\tau_F = 0,9 < 172,0 = 0,8 \times 215 = \alpha_{\parallel} f_d$$

$$\sqrt{(\tau_M + \tau_F \cos \theta)^2 + (\tau_F \sin \theta)^2} = \sqrt{(54,0 + 0,9 \times 0,86)^2 + (0,9 \times 0,51)^2} =$$

$$= 54,7 < 193,5 = 0,9 \times 215 = \alpha_{\perp} f_d$$

ŚCIANA FUNDAMENTOWA:

zadanie witacz, pręt nr 1, przekrój: $x_a = 0,00 \text{ m}$, $x_b = 1,20 \text{ m}$



Wymiary przekroju [cm]:

$$h = 40,0, b = 40,0,$$

Cechy materiałowe dla sytuacji stałej lub przejściowej

BETON: B25

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

Cechy geometryczne przekroju betonowego:

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

STAŁ: A-III (34GS)

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

$$\xi_{lim} = 0,0035 / (0,0035 + f_{yd} / E_s) = 0,0035 / (0,0035 + 350 / 200000) = 0,667,$$

Zbrojenie główne:

$$A_{s1} + A_{s2} = 6,79 \text{ cm}^2, \rho = 100 (A_{s1} + A_{s2}) / A_c = 100 \times 6,79 / 1600 = 0,42 \%,$$

$$J_{sx} = 2054 \text{ cm}^4, J_{sy} = 1370 \text{ cm}^4,$$

Siły przekrojowe:

zadanie: witacz, pręt nr 1, przekrój: $x_a = 0,00 \text{ m}$, $x_b = 1,20 \text{ m}$

Obciążenia działające w płaszczyźnie układu: A

Momenty zginające:

$$M_x = 12,3 \text{ kNm},$$

$$M_y = 0,0 \text{ kNm},$$

Siły poprzeczne:

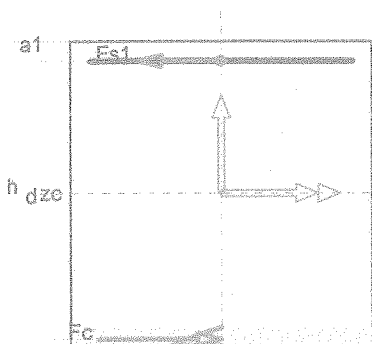
$$V_y = 3,8 \text{ kN},$$

$$V_x = 0,0 \text{ kN},$$

78

Siła osiowa:

$$N = -8,0 \text{ kN} = N_{sd}$$

Plac Bema 5
10-516 OLSZTYN
-44-

Wielkości obliczeniowe:

$$N_{sd} = -8,0 \text{ kN}$$

$$M_{sd} = \sqrt{(M_{sdx}^2 + M_{sdy}^2)} = \sqrt{(12,4^2 + 0,0^2)} = 12,4 \text{ kNm}$$

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

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

$$A_{s1} = 0,78 \text{ cm}^2 < \min A_{s1} = 2,24 \text{ cm}^2, \text{ przyjęto } A_{s1} = 2,24 \text{ cm}^2, \Rightarrow (2 \times 12 = 2,26 \text{ cm}^2),$$

Dodatkowe zbrojenie ściskane (* $A_{s2} = 0$ nie jest obliczeniowo wymagane. *) ($\epsilon_c = -0,67 \text{ ‰}$):

$$A_{s2} = 0,00 \text{ cm}^2 \Rightarrow (0 \times 12 = 0,00 \text{ cm}^2) *$$

$$A_s = A_{s1} + A_{s2} = 0,78 \text{ cm}^2, \rho = 100 \times A_s / A_c = 100 \times 0,78 / 1600 = 0,05 \%$$

Wielkości geometryczne [cm]:

$$h = 40,0, d = 37,4, x = 2,4 (\xi = 0,063),$$

$$a_1 = 2,6, a_c = 0,8, z_c = 36,6, A_{cc} = 94 \text{ cm}^2,$$

$$\epsilon_c = -0,67 \text{ ‰}, \epsilon_{s1} = 10,00 \text{ ‰},$$

Wielkości statyczne [kN, kNm]:

$$F_c = -37,6, F_{s1} = 29,6,$$

$$M_c = 7,2, M_{s1} = 5,1,$$

Warunki równowagi wewnętrznej:

$$F_c + F_{s1} = -37,6 + (29,6) = -8,0 \text{ kN} (N_{sd} = -8,0 \text{ kN})$$

$$M_c + M_{s1} = 7,2 + (5,1) = 12,4 \text{ kNm} (M_{sd} = 12,4 \text{ kNm})$$

Długości wyboczeniowe pręta:

zadanie witacz, 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 przesuwym

$$\text{ze wzoru (C.1)} \quad l_0 = \beta l_{col}, \quad l_{col} = 1,200 \text{ m},$$

$$\text{podatności węzłów: } \kappa_a = 0,000 \Rightarrow k_A = (1/\kappa_a - 1) = \infty, \quad \kappa_b = 1,000 \Rightarrow k_B = (1/\kappa_b - 1) = 0,000,$$

$$\Rightarrow \beta = 2 + 1/(3k) = 2 + 1/(3 \times \infty) \Rightarrow l_0 = 2,000 \times 1,200 = 2,400 \text{ m}$$

- przy wyboczeniu w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny układu:podatności węzłów ustalone według załącznika C normy, współczynnik β obliczono jak dla pręta swobodnego:

$$\text{ze wzoru (C.1)} \quad l_0 = \beta l_{col}, \quad l_{col} = 1,200 \text{ m},$$

$$\text{podatności węzłów: } \kappa_a = 1,000 \Rightarrow k_A = (1/\kappa_a - 1) = 0,000, \quad \kappa_b = 1,000 \Rightarrow k_B = (1/\kappa_b - 1) = 0,000,$$

$$\beta = 1,000 \Rightarrow l_0 = 1,000 \times 1,200 = 1,200 \text{ m}$$

Uwzględnienie wpływu smukłości pręta:

zadanie witacz, pręt nr 1

- w płaszczyźnie ustroju:

$$\text{mimośród niezamierzony: } (l_{col} = 1,200 \text{ m}, h = 0,400 \text{ m}, n = 1) \quad e_a = \max \left\{ \frac{l_{col}}{600} \left(1 + \frac{1}{n} \right) \frac{h}{30}, 0,01 \right\} = \max(0,004, 0,013,$$

$$0,010) = 0,013 \text{ m}, \text{ przyjęto: } e_a = 0,012 \text{ m},$$

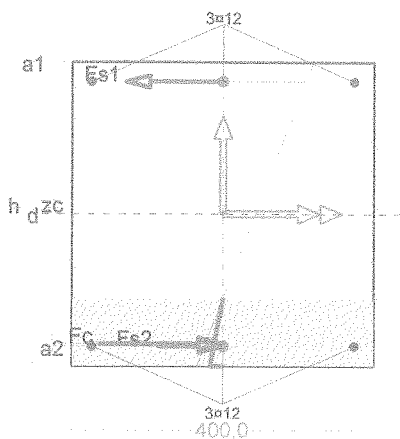
uwzględnienie wpływu smukłości nie jest wymagane,

- w płaszczyźnie prostopadłej do ustroju:

uwzględnienie wpływu smukłości zaniechano

Nośność przekroju prostopadłego:

zadanie witacz, pręt nr 1, przekrój: $x_a = 0,00 \text{ m}, x_b = 1,20 \text{ m}$



Wielkości obliczeniowe:

$$N_{sd} = -8,0 \text{ kN},$$

$$M_{sd} = \sqrt{(M_{sdx})^2 + (M_{sdy})^2} = \sqrt{(12,4^2 + 0,0^2)} = 12,4 \text{ kNm}$$

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

$$\text{Zbrojenie rozciągane: } A_{s1} = 3,39 \text{ cm}^2,$$

$$\text{Zbrojenie ściskane: } A_{s2} = 3,39 \text{ cm}^2,$$

$$A_s = A_{s1} + A_{s2} = 6,79 \text{ cm}^2, \rho = 100 \times A_s / A_c = 100 \times 6,79 / 1600 = 0,42 \%$$

Wielkości geometryczne [cm]:

$$h = 40,0, d = 37,4, x = 8,8 (\xi = 0,235),$$

$$a_1 = 2,6, a_2 = 2,6, a_c = 2,9, z_c = 34,5, A_{cc} = 352 \text{ cm}^2,$$

$$\epsilon_c = -0,14 \text{ ‰}, \epsilon_{s2} = -0,10 \text{ ‰}, \epsilon_{s1} = 0,47 \text{ ‰},$$

Wielkości statyczne [kN, kNm]:

$$F_c = -32,9, F_{s1} = 31,9, F_{s2} = -6,9,$$

$$M_c = 5,6, M_{s1} = 5,5, M_{s2} = 1,2,$$

Warunek stanu granicznego nośności:

$$M_{Rd} = 52,0 \text{ kNm} > M_{sd} = M_c + M_{s1} + M_{s2} = 5,6 + (5,5) + (1,2) = 12,4 \text{ kNm}$$

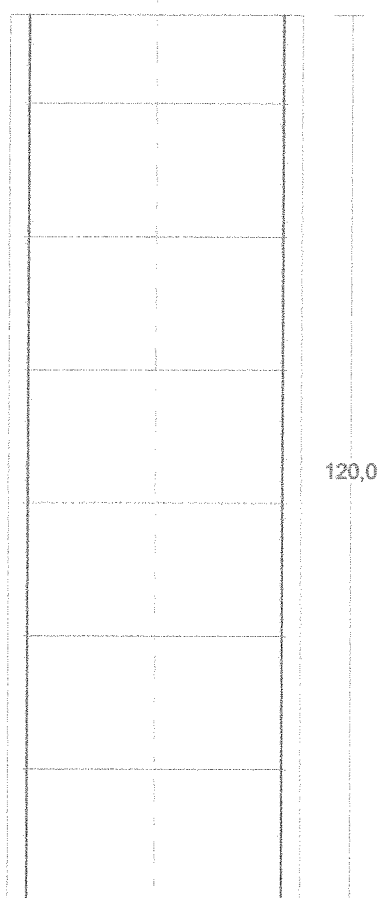
Zbrojenie poprzeczne (strzemiona)

zadanie witacz, pręt nr 1

Na całej długości pręta przyjęto strzemiona o średnicy $\phi = 6 \text{ mm}$ ze stali A-0, dla której $f_{ywd} = 190 \text{ MPa}$.

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: $x_a = 0,0$ $x_b = 120,0$ cm

Maksymalny rozstawy strzemion:

$$s_{\max} = 0,75 d = 0,75 \times 374 = 281 \quad s_{\max} \leq 400 \text{ mm}$$

przyjęto $s_{\max} = 281$ 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:

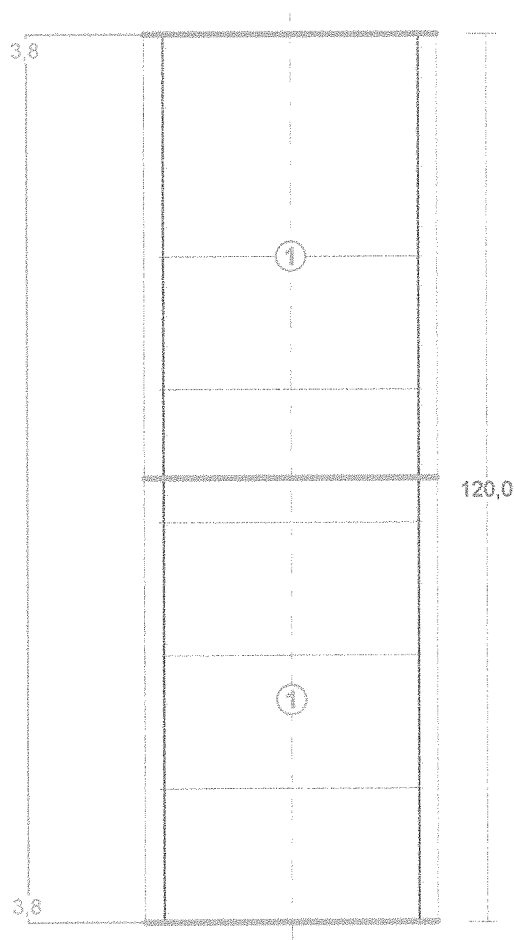
$$\rho_w = A_{sw} / (s b_w \sin \alpha) = 0,57 / (18,0 \times 40,0 \times 1,000) = 0,00079$$

$$\rho_w = 0,00079 < 0,00087 = \rho_{w \min}$$

Ścinanie

zadanie witacz, pręt nr 1.

Przyjęto podparcie i obciążenie bezpośrednie.



Odcinek nr 1

Początek i koniec odcinka: $x_a = 0,0$ $x_b = 60,0$ cm

Siły przekrojowe: $N_{Sd} = -8,0$;

$$V_{Sd \max} = 3,8 \text{ kN}$$

Siła poprzeczna w odległości d od podpory wynosi: $V_{Sd} = 3,8$ kN

Rodzaj odcinka:

$$\rho_L = \frac{A_{sL}}{b_w d} = \frac{3,39}{40,0 \times 37,4} = 0,00227; \quad \rho_L \leq 0,01$$

Przyjęto $\rho_L = 0,00227$.

$$\sigma_{cp} = N_{sd} / A_C = 8,0 / 1600,00 \times 10 = 0,0 \text{ MPa} \quad \sigma_{cp} \leq 0,2 f_{cd}$$

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

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

$$= [0,35 \times 1,00 \times 1,00 \times (1,2 + 40 \times 0,00227) + 0,15 \times 0,0] \times 40,0 \times 37,4 \times 10^{-1} = 68,7 \text{ kN}$$

$$V_{sd} = 3,8 < 68,7 = V_{Rd1}$$

Nośność odcinka I-go rodzaju:

$$V_{sd} = 3,8 < 68,7 = V_{Rd1}$$

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

$$V_{Rd2} = 0,5 v f_{cd} b_w z = 0,5 \times 0,552 \times 13,3 \times 40,0 \times 34,5 \times 10^{-1} = 505,9 \text{ kN}$$

$$\alpha_c = 1 + \sigma_{cp} / f_{cd} = 1 + 0,0 / 13,3 = 1,004$$

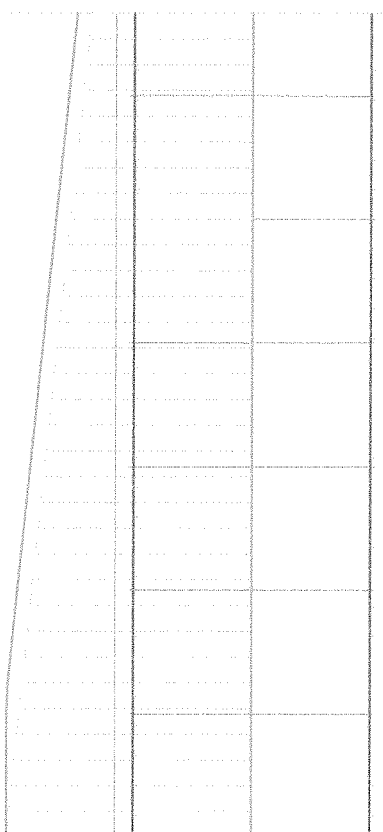
$$V_{Rd2,red} = \alpha_c V_{Rd2} = 1,004 \times 505,9 = 507,7 \text{ kN}$$

Przyjęto $V_{Rd2,red} = 505,9 \text{ kN}$

$$V_{sd} = 3,8 < 505,9 = V_{Rd2,red}$$

Nośność zbrojenia podłużnego

zadanie witacz, pręt nr 1.



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