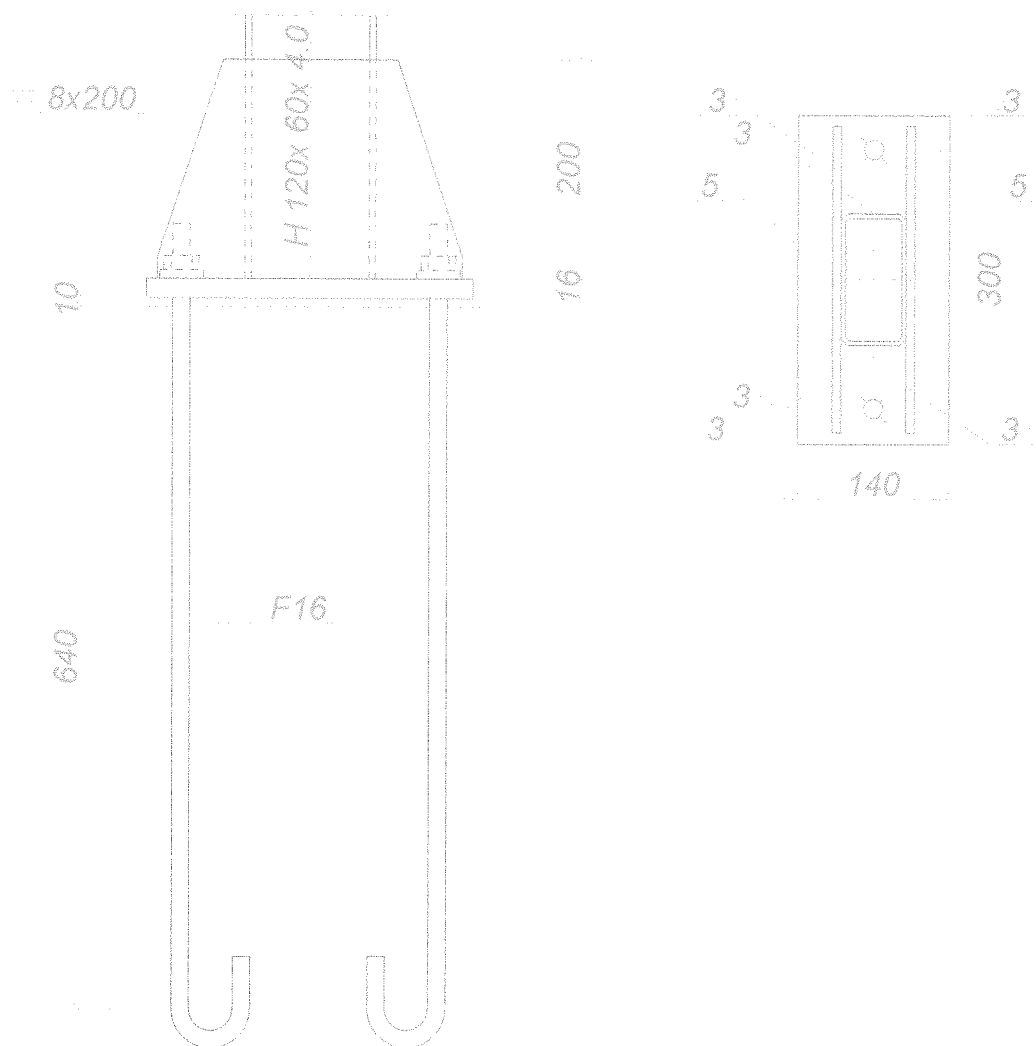




Przyjęto zakotwienie słupa na śruby **F16** ze stali **St3** w fundamencie wykonanym z betonu klasy **B25**. Moment dokręcenia śrub $M_s = 0,10 \text{ kNm}$.

Siły przekrojowe sprowadzone do środka blachy podstawy:

$$M = 5,5 \text{ kNm}, \quad N = -3,0 \text{ kN}, \quad e = 1833 \text{ mm}$$

Nośność śrub kotwiących:

W celu wyznaczenia siły działającej w śrubach należy wyliczyć wielkość strefy docisku z warunku:

$$x^3 + 3(e - l/2)x^2 + \frac{6 E n A_s}{E_b b} (l + e_s + e - l/2)(x - l + e_s) = 0$$

Przyjmując $E/E_b = 6$, w rozwiązaniu otrzymamy $x = 57 \text{ mm}$.

$$nZ = \frac{N(p + x/3)}{l_x - x/3} = \frac{3,0 \times (1833 - 300/2 + 57/3)}{300 - 32 - 57/3} = 20,5 \text{ kN}$$

Nośność śruby **F16** wg Z-1 wynosi $N_o = 32,0 \text{ kN}$.

$$Z = 20,5 < 32,0 = N_o$$

Sprawdzenie zakotwienia śrub:

$$N_{zp} = 2 \pi d l_z R_{bz} = 2 \times \pi \times 16 \times 640 \times 1,0 \times 10^{-3} = \\ = 66,3 > 32,0 = N_o$$

Naprężenia docisku:

Wytrzymałość betonu B25 na docisk dla fundamentu o wysokości $h = 500$ mm oraz dla $l_f = 250$ i $b_f = 250$ mm, wynosi:

$$\omega_d = \sqrt{\frac{l_s b_s}{l b}} = \sqrt{\frac{557 \times 640}{57 \times 140}} = 6,681$$

Przyjęto $\omega_d = 2,000$.

$$R_d = \omega_d R_b = 2,000 \times 14,3 = 28,6 \text{ MPa}$$

Ponieważ $e = 1833 > 50 = l/6$ i $e = 1833 > 61 = l/6 + e_s/3$, to

$$\sigma_d = 2 (N + nZ) / x b = 2 \times (3,0 + 20,5) / (57 \times 140) \times 10^3 = 5,9 \text{ MPa}$$

$$\sigma_d = 5,9 < 28,6 = R_d$$

Warunek nośności na docisk dla podlewki:

$$\sigma_d = 5,9 < 11,4 = 0,8 R_b$$

Blacha podstawy:

Przyjęto blachę podstawy o wymiarach 300×140 mm ze stali St3SX, St3SY, St3S, St3V, St3W.

Grubość blachy dla pola o wymiarach $b = 90$ a $a = 60$ mm ($b_L = 58$, $a_L = 30$), opartego na 3 krawędziach:

$$t_d = 2,2 \sqrt{\frac{Z}{\Omega R}} = 2,2 \times \sqrt{\frac{20,5 \times 10^3}{7,03 \times 215}} = 8 < 16 = t$$

Grubość blachy ze względu na naprężenia docisku. Największą grubość blachy uzyskuje się dla wspornika o wysięgu $b = 40$ mm:

$$t_d = u \sqrt{\sigma_d / R} = 1,730 \times 40 \times \sqrt{5,9 / 215} = 11 < 16 = t$$

Nośność przekroju blach trapezowych i blachy podstawy:

Charakterystyka przekroju

$$y = 72 \text{ mm}, \quad J_x = 2608,3 \text{ cm}^4 \\ W_x = 180,5 \text{ cm}^3, \quad A_v = 32,0 \text{ cm}^2$$

Siły działające na przekrój:

$$M_1 = \sigma_d b c^2 / 2 = (5,9 \times 140 \times 90^2 / 2) \times 10^{-6} = 3,3 \text{ kNm},$$

$$M_2 = nZ (c - e_s) = 20,5 \times (90 - 32) \times 10^{-3} = 1,2 \text{ kNm}.$$

$$V_1 = \sigma_d b c = 5,9 \times 140 \times 90 \times 10^{-3} = 74,2 \text{ kN},$$

$$V_2 = nZ = 20,5 \text{ kN}.$$

Naprężenia:

$$\sigma_M = M / W = (3,3 / 180,5) \times 10^3 = 18,5 \text{ MPa},$$

$$\tau = V / A_v = (74,2 / 32,0) \times 10 = 23,2 \text{ MPa}$$

$$\sigma = \sqrt{\sigma_M^2 + 3 \tau^2} = \sqrt{18,5^2 + 3 \times 23^2} = 44,2 < 215 = f_d$$

Nośność spoin poziomych:

Przyjęto spoiny o grubości zależnej od grubości ścianki $a = 0,60 \times t$.

Siła przenoszona przez spoiny wynosi $F = 0,75 N = 2,3 \text{ kN}$.

Kład spoin daje następujące wielkości:

$$A = 41,20 \text{ cm}^2, \quad A_v = 38,31 \text{ cm}^2, \quad I_x = 2973,0 \text{ cm}^4, \quad I_y = 549,3 \text{ cm}^4.$$

Naprężenia:

$$\tau_{\parallel} = V / A_v = (3,7 / 38,31) \times 10 = 1,0 \text{ MPa},$$

$$\sigma = \frac{M_x \cdot y}{I_x} + \frac{F}{A} = \frac{5,5 \times 14,0 \times 10^3}{2973,0} + \frac{2,3 \times 10}{41,20} = 26,4 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} = \sigma / \sqrt{2} = 26,4 / \sqrt{2} = 18,7 \text{ MPa}$$

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

Naprężenia zredukowane:

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

$$\chi \sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\parallel}^2 + \tau_{\perp}^2)} = 0,70 \times \sqrt{18,7^2 + 3 \times (1,0^2 + 18,7^2)} = 26,2 < 215 = f_d$$

Największe naprężenia prostopadłe:

$$\sigma = \frac{M_x \cdot y}{I_x} + \frac{F}{A} = \frac{5,5 \times 14,0 \times 10^3}{2973,0} + \frac{2,3 \times 10}{41,20} = 26,4 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} = \sigma / \sqrt{2} = 18,7 < 215 = f_d$$

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:

$$\tau_F = F / A = (2,3 / 24,00) \times 10 = 0,9 \text{ MPa},$$

$$\tau_M = M_o r / I_o = (5,5 \times 11,7 / 1664,2) \times 10^3 = 38,5 \text{ MPa},$$

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

Nośność spoin:

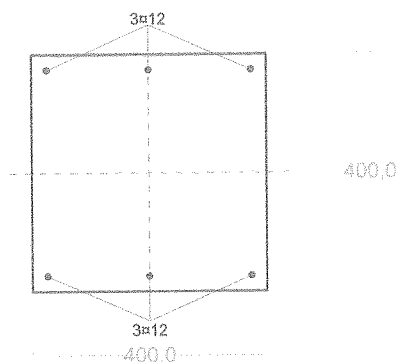
$$\tau_F = 0,9 < 172,0 = 0,8 \times 215 = \alpha_{\parallel} f_d$$

$$\sqrt{(\tau_M + \tau_F \cos \theta)^2 + (\tau_F \sin \theta)^2} = \sqrt{(38,5 + 0,9 \times 0,86)^2 + (0,9 \times 0,51)^2} =$$

$$= 39,3 < 193,5 = 0,9 \times 215 = \alpha_{\perp} f_d$$

Ściana fundamentowa:

przekrój: $x_a = 0,60 \text{ m}$, $x_b = 0,60 \text{ m}$



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)

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

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

Zbrojenie główne:

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

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

Siły przekrojowe:

pręt nr 1, przekrój: $x_a = 0,60 \text{ m}$, $x_b = 0,60 \text{ m}$

Obciążenia działające w płaszczyźnie układu: A

Momenty zginające: $M_x = 7,8 \text{ kNm}$,

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

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

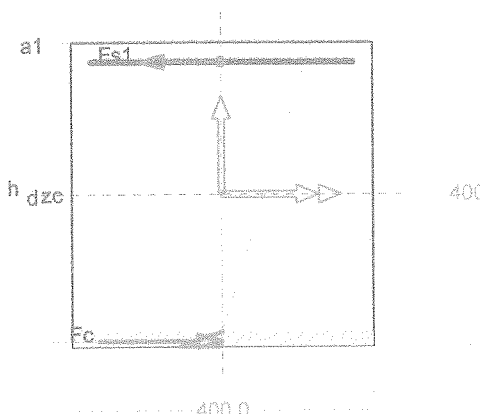
$V_x = 0,0 \text{ kN}$,

Siła osiowa:

$$N = -5,6 \text{ kN} = N_{sd}$$

Zbrojenie wymagane:

(przekrój: $x_a=0,60 \text{ m}$, $x_b=0,60 \text{ m}$)



Wielkości obliczeniowe:

$$N_{sd} = -5,6 \text{ kN}$$

$$M_{sd} = \sqrt{(M_{sdx}^2 + M_{sdy}^2)} = \sqrt{(7,9^2 + 0,0^2)} = 7,9 \text{ kNm}$$

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

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

$$A_{s1} = 0,49 \text{ cm}^2 < \min A_{s1} = 2,24 \text{ cm}^2, \text{ przyjęto } A_{s1} = 2,24 \text{ cm}^2, \Rightarrow (2 \times 12 = 2,26 \text{ cm}^2),$$

Dodatkowe zbrojenie ściskane (* $A_{s2} = 0$ nie jest obliczeniowo wymagane. *) ($\epsilon_c = -0,53 \text{ ‰}$):

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

$$A_s = A_{s1} + A_{s2} = 0,49 \text{ cm}^2, \rho = 100 \times A_s / A_c = 100 \times 0,49 / 1600 = 0,03 \%$$

Wielkości geometryczne [cm]:

$$h = 40,0, d = 37,4, \chi = 1,9 (\xi = 0,050),$$

$$a_1 = 2,6, a_c = 0,6, z_c = 36,8, A_{cc} = 75 \text{ cm}^2,$$

$$\epsilon_c = -0,53 \text{ ‰}, \epsilon_{s1} = 10,00 \text{ ‰},$$

Wielkości statyczne [kN, kNm]:

$$F_c = -24,0, F_{s1} = 18,5,$$

$$M_c = 4,7, M_{s1} = 3,2,$$

Warunki równowagi wewnętrznej:

$$F_c + F_{s1} = -24,0 + (18,5) = -5,6 \text{ kN} (N_{sd} = -5,6 \text{ kN})$$

$$M_c + M_{s1} = 4,7 + (3,2) = 7,9 \text{ kNm} (M_{sd} = 7,9 \text{ kNm})$$

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 przesuwnym

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

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

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

- przy wyboczeniu w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny układu:

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

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

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

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

Uwzględnienie wpływu smukłości pręta:

- w płaszczyźnie ustroju:

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

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

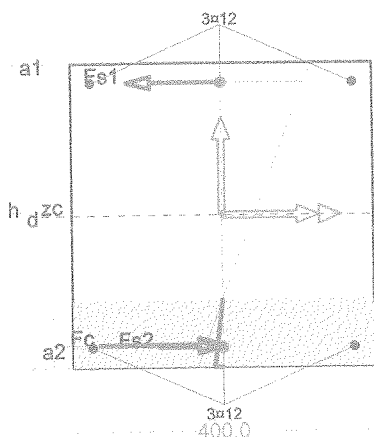
uwzględnienie wpływu smukłości nie jest wymagane,

- w płaszczyźnie prostopadłej do ustroju:

uwzględnienie wpływu smukłości zaniechano

Nośność przekroju prostopadłego:

zadanie witacz, pręt nr 1, przekrój: $x_a=0,60 \text{ m}$, $x_b=0,60 \text{ m}$



Wielkości obliczeniowe:

$$N_{sd} = -5,6 \text{ kN}$$

$$M_{sd} = \sqrt{(M_{sdx})^2 + (M_{sdy})^2} = \sqrt{(7,9^2 + 0,0^2)} = 7,9 \text{ kNm}$$

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

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

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

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

Wielkości geometryczne [cm]:

$$h = 40,0, d = 37,4, x = 8,8 (\xi = 0,237),$$

$$a_1 = 2,6, a_2 = 2,6, a_c = 3,0, z_c = 34,4, A_{cc} = 354 \text{ cm}^2,$$

$$\epsilon_c = -0,09 \text{ ‰}, \epsilon_{s2} = -0,06 \text{ ‰}, \epsilon_{s1} = 0,30 \text{ ‰},$$

Wielkości statyczne [kN, kNm]:

$$F_c = -21,2, F_{s1} = 20,1, F_{s2} = -4,4,$$

$$M_c = 3,6, M_{s1} = 3,5, M_{s2} = 0,8,$$

Warunek stanu granicznego nośności:

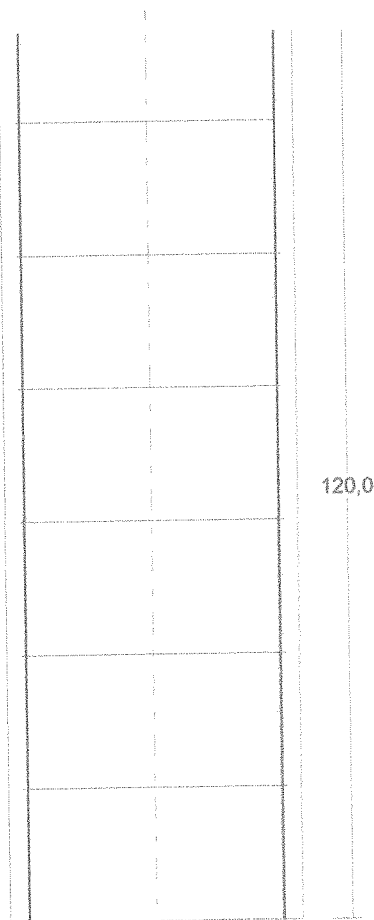
$$M_{Rd} = 52,6 \text{ kNm} > M_{sd} = M_c + M_{s1} + M_{s2} = 3,6 + (3,5) + (0,8) = 7,9 \text{ kNm}$$

Zbrojenie poprzeczne (strzemiona)

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: $x_a = 0,0$ $x_b = 120,0 \text{ cm}$

Maksymalny rozstaw strzemion:

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

przyjęto $s_{\max} = 281 \text{ mm}$.

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

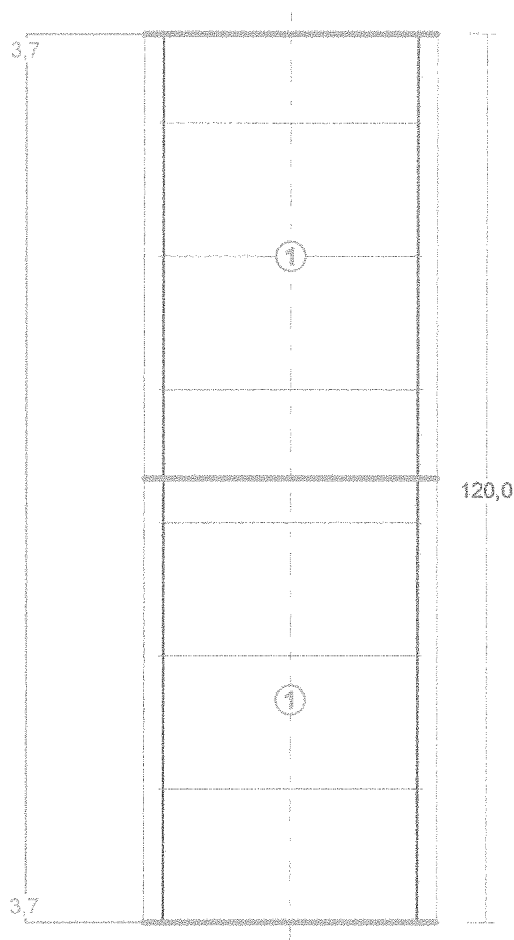
Przyjęto strzemiona 2-cięte, prostopadłe do osi pręta o rozstawie 18,0 cm, dla których stopień zbrojenia na ścinanie wynosi:

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

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

Ścinanie

Przyjęto podparcie i obciążenie bezpośrednie.



Odcinek nr 1

Początek i koniec odcinka: $x_a = 0,0 \quad x_b = 60,0 \text{ cm}$

Siły przekrojowe: $N_{Sd} = -8,1;$

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

Siła poprzeczna w odległości d od podpory wynosi: $V_{Sd} = 3,7 \text{ kN}$

Rodzaj odcinka:

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

Przyjęto $\rho_L = 0,00227$.

$$\sigma_{cp} = N_{Sd} / A_C = 8,1 / 1600,00 \times 10 = 0,1 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{cp} \leq 0,2 f_{cd}$$

Przyjęto $\sigma_{cp} = 0,1 \text{ MPa}$.

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

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

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

Nośność odcinka I-go rodzaju:

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

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

$$V_{Rd2} = 0,5 v f_{cd} b_w z = 0,5 \times 0,552 \times 13,3 \times 40,0 \times 34,4 \times 10^{-1} = 504,9 \text{ kN}$$

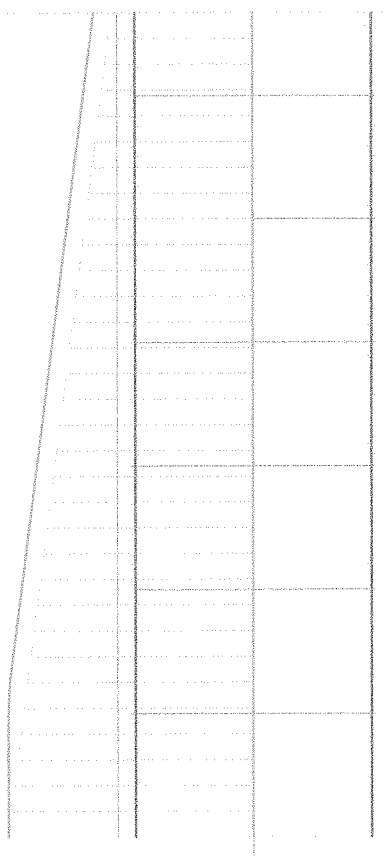
$$\alpha_c = 1 + \sigma_{cp} / f_{cd} = 1 + 0,1 / 13,3 = 1,004$$

$$V_{Rd2,red} = \alpha_c V_{Rd2} = 1,004 \times 504,9 = 506,8 \text{ kN}$$

Przyjęto $V_{Rd2,red} = 504,9 \text{ kN}$

$$V_{Sd} = 3,7 < 504,9 = V_{Rd2,red}$$

Nośność zbrojenia podłużnego



Sprawdzenie siły przenoszanej przez zbrojenie rozciągane dla $x = 0,600 \text{ m}$:

$$\Delta F_{td} = 0,5 |V_{Sd}| (\cot \theta - V_{Rd32} / V_{Rd3} \cot \alpha) = 0,5 \times 3,7 \times (1,000) = 1,9 \text{ kN}$$

Sumaryczna siła w zbrojeniu rozciągającym:

$$F_{td} = F_{td,m} + \Delta F_{td} = 20,1 + 1,9 = 21,9 \text{ kN};$$

$$F_{td} \leq F_{td,max} = 25,4 \text{ kN}$$

Przyjęto $F_{td} = 21,9 \text{ kN}$

$$F_{td} = 21,9 < 118,8 = 3,39 \times 350 \times 10^{-1} = A_s f_{yd}$$

Zarysowanie

Położenie przekroju:

$$x = 0,600 \text{ m}$$

Siły przekrojowe:

$$M_{sd} = -7,8 \text{ kNm}$$

$$N_{sd} = -5,3 \text{ kN} \quad e = 147,5 \text{ cm}$$

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

Wymiary przekroju:

$$b_w = 40,0 \text{ cm}$$

$$d = h - a_1 = 40,0 - 2,6 = 37,4 \text{ cm}$$

$$A_c = 1600 \text{ cm}^2$$

$$W_c = 10667 \text{ cm}^3$$

Minimalne zbrojenie:

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

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

$$= 0,4 \times 1,0 \times 2,2 \times 836 / 280 = 2,63 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1} = 3,39 > 2,63 = A_s$$

Zarysowanie:

$$M_{cr} = f_{ctm} W_c = 2,2 \times 10667 \times 10^{-3} = 23,5 \text{ kNm}$$

$$N_{cr} = \frac{f_{ctm}}{e / W_c - 1 / A_c} = \frac{2,2}{147,5 / 10666,67 - 1 / 1600,00} \times 10^{-1} = -16,7 \text{ kN}$$

$$N_{sd} = 5,3 < 16,7 = N_{cr}$$

Przekrój niezarysowany.

Szerokość rozwarcia rysy ukośnej:

Rysy ukośne nie występują.

Ugięcia

Ugięcia wyznaczono dla charakterystycznych obciążeń długotrwałych.

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

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

Moment rysujący:

$$M_{cr} = f_{ctm} W_c = 2,2 \times 10667 \times 10^{-3} = 23,5 \text{ kNm}$$

Całkowity moment zginający $M_{sd} = -10,0 \text{ kN}$ nie powoduje zarysowania przekroju.

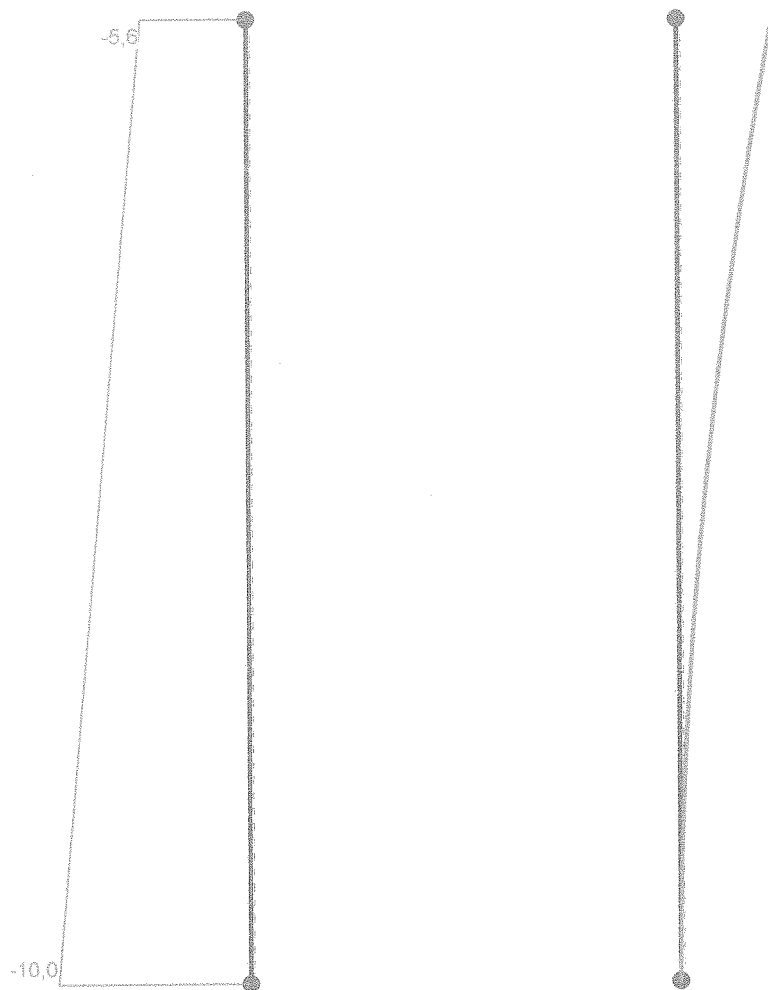
Sztywność dla długotrwałego działania obciążeń długotrwałych:

Sztywność na zginanie wyznaczona dla momentu $M_{sd} = -10,0 \text{ kNm}$.

Wielkości geometryczne przekroju:

$$x_1 = 20,0 \text{ cm} \quad I_1 = 254423 \text{ cm}^4$$

$$B = E_{c,eff} I_1 = 10000 \times 254423 \times 10^{-5} = 25442 \text{ kNm}^2$$



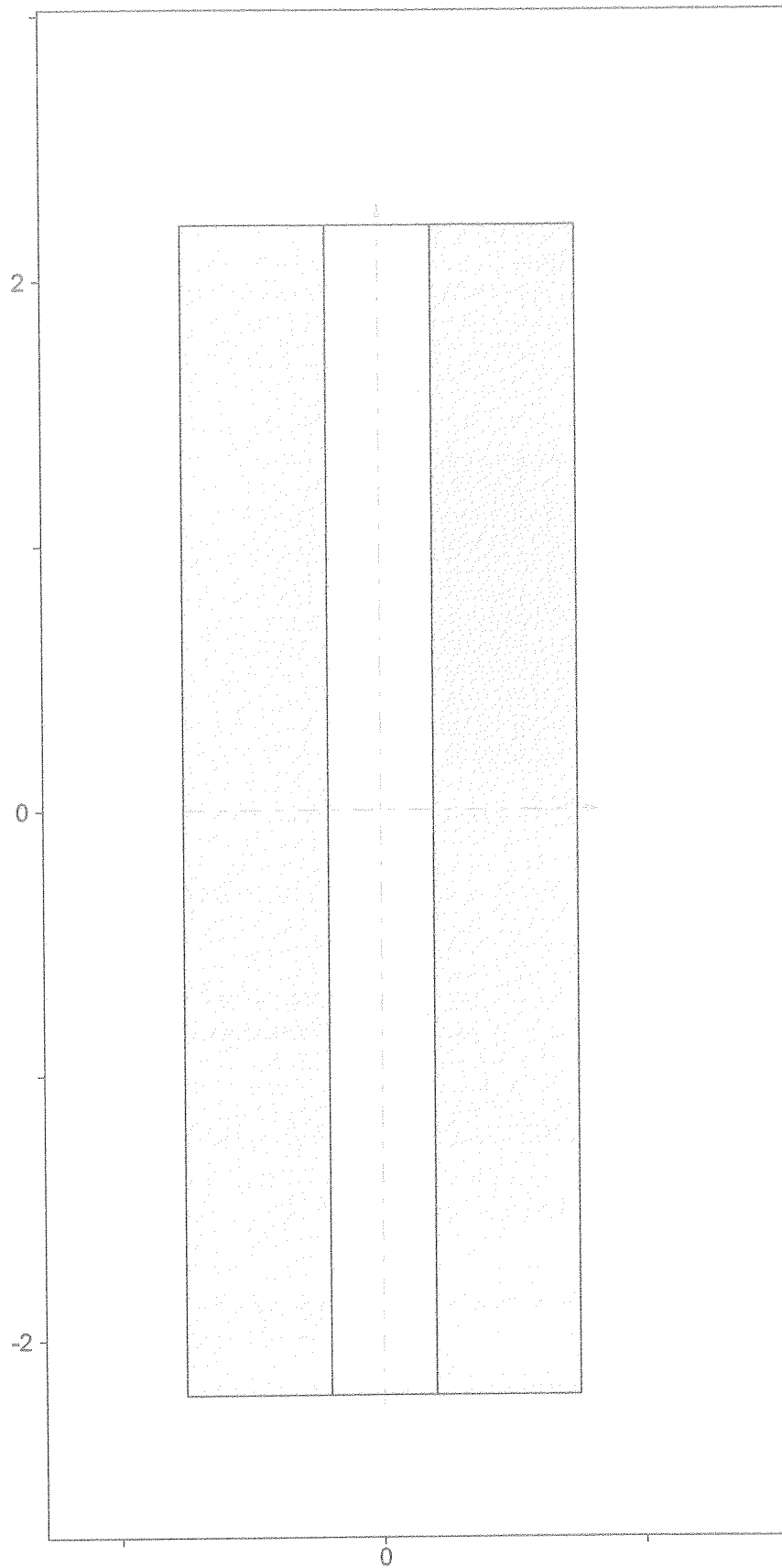
Wykres sztywności i momentów dla obciążeń długotrwałych. Ugięcia.

Ugięcie w punkcie o współrzędnej $x = 1,200$ cm, wyznaczone poprzez całkowanie funkcji krzywizny osi pręta ($1/\rho$) z uwzględnieniem zmiany sztywności wzdłuż osi elementu, wynosi:

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

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

FUNDAMENT „WITACZA”



$$x_1 = 0,00 \text{ m}, \quad y_1 = -2,21 \text{ m},$$

$$x_2 = 0,00 \text{ m}, \quad y_2 = 2,21 \text{ m},$$

Kąt obrotu układu lokalnego względem globalnego: $\phi = 0,00^\circ$.

3. Warstwa wyrównawcza pod fundamentem

Grubość: $h = 0,10 \text{ m}$,

Charakterystyczny ciężar objętościowy: $\gamma_{\text{wv char}} = 22,00 \text{ kN/m}^3$,

4. Obciążenie od konstrukcji

Poziom redukcji obciążenia: $z_{\text{obc}} = -0,20 \text{ m}$.

Lista obciążeń:

Lp	Rodzaj	N	Hx	My	γ
	obciążenia*	[kN/m]	[kN/m]	[kNm/m]	[-]
1	D	3,0	3,7	5,56	1,20

* D – obciążenia stałe, zmienne długotrwałe,

D+K - obciążenia stałe, zmienne długotrwałe i krótkotrwałe.

5. Materiał

Rodzaj materiału: żelbet

Klasa betonu: B25, nazwa stali: 34GS,

Średnica prętów zbrojeniowych:

na kierunku x: $d_x = 12,0 \text{ mm}$, na kierunku y: $d_y = 8,0 \text{ mm}$,

Kierunek zbrojenia głównego: x,

Grubość otuliny: 5,0 cm.

Dopuszcza się zbrojenie strzemionami, jeżeli warunek na przebicie tego wymaga.

6. Wymiary fundamentu

Poziom posadowienia: $z_f = 1,40 \text{ m}$

Kształt fundamentu: prosty

Szerokość: $B = 1,50 \text{ m}$, wysokość: $H = 0,40 \text{ m}$, mimośród: $E = 0,00 \text{ m}$.

7. Stan graniczny I

7.1. Zestawienie wyników analizy nośności i mimośródów

Nr obc.	Rodzaj obciążenia	Poziom [m]	Wsp. nośności	Wsp. mimośr.
* 1	D	1,40	0,14	0,91

7.2. Analiza stanu granicznego I dla obciążenia nr 1

Wymiary podstawy fundamentu rzeczywistego: $B = 1,50 \text{ m}$, $L = 4,42 \text{ m}$.

Poziom posadowienia: $H = 1,40 \text{ m}$.

Rodzaj obciążenia: D,

Zestawienie obciążeń:

Pozycja	Obc. char.	Ex	γ	Obc. obl. G	Mom. obl. M_G
	[kN/m]	[m]	[-]	[kN/m]	[kNm/m]
Fundament	14,72	0,00	1,10	16,19	0,00
Zasyпка - pole 1	13,20	-0,47	1,20	15,84	-7,52
Zasyпка - pole 2	13,20	0,47	1,20	15,84	7,52
			Suma	47,87	0,00

Obciążenia zewnętrzne od konstrukcji na jednostkę długości fundamentu:

siła pionowa: $N = 3,03 \text{ kN/m}$, mimośród względem podstawy fund. $E = 0,00 \text{ m}$,

72

siła pozioma: $H_x = 3,74 \text{ kN/m}$, mimośród względem podstawy fund. $E_z = 1,60 \text{ m}$,
moment: $M_y = 5,56 \text{ kNm/m}$.

Sprawdzenie położenia wypadkowej obciążenia względem podstawy fundamentu

Obciążenie pionowe:

$$N_r = (N + G) \cdot L = (3,03 + 47,87) \cdot 4,42 = 224,96 \text{ kN}.$$

Moment względem środka podstawy:

$$M_r = (-N \cdot E + H_x \cdot E_z + M_y + M_{Gy}) \cdot L = (-3,03 \cdot 0,00 + 3,74 \cdot 1,60 + 5,56 + 0,00) \cdot 4,42 = 51,02 \text{ kNm}.$$

Mimośród siły względem środka podstawy:

$$e_r = |M_r / N_r| = 51,02 / 224,96 = 0,23 \text{ m}.$$

$$e_r = 0,23 \text{ m} < 0,25 \text{ m}.$$

Wniosek: Warunek położenia wypadkowej jest spełniony.

Sprawdzenie warunku granicznej nośności fundamentu rzeczywistego

Zredukowane wymiary podstawy fundamentu:

$$B' = B - 2 \cdot e_r = 1,50 - 2 \cdot 0,23 = 1,05 \text{ m}, \quad L' = L = 4,42 \text{ m}.$$

Obciążenie podłoża obok ławy (min. średnia gęstość dla pola 2):

$$\text{średnia gęstość obl.: } \rho_{D(r)} = 1,89 \text{ t/m}^3, \quad \text{min. wysokość: } D_{\min} = 1,60 \text{ m},$$

$$\text{obciążenie: } \rho_{D(r)} \cdot g \cdot D_{\min} = 1,89 \cdot 9,81 \cdot 1,60 = 29,67 \text{ kPa}.$$

Współczynniki nośności podłoża:

$$\text{obliczeniowy kąt tarcia wewnętrznego: } \Phi_{u(r)} = \Phi_{u(n)} \cdot \gamma_m = 17,20 \cdot 0,90 = 15,48^\circ,$$

$$\text{spójność: } c_{u(r)} = c_{u(n)} \cdot \gamma_m = 29,50 \cdot 0,90 = 26,55 \text{ kPa},$$

$$N_B = 0,65 \quad N_C = 11,28, \quad N_D = 4,13.$$

Wpływ odchylenia wypadkowej obciążenia od pionu:

$$\text{tg } \delta = |H_x| \cdot L / N_r = 3,74 \cdot 4,42 / 224,96 = 0,0735, \quad \text{tg } \delta / \text{tg } \Phi_{u(r)} = 0,0735 / 0,2769 = 0,265,$$

$$i_B = 0,77, \quad i_C = 0,86, \quad i_D = 0,89.$$

Ciężar objętościowy gruntu pod ławą fundamentową:

$$\rho_{B(n)} \cdot \gamma_m \cdot g = 2,10 \cdot 0,90 \cdot 9,81 = 18,54 \text{ kN/m}^3.$$

Współczynniki kształtu:

$$m_B = 1 - 0,25 \cdot B' / L' = 0,94, \quad m_C = 1 + 0,3 \cdot B' / L' = 1,07, \quad m_D = 1 + 1,5 \cdot B' / L' = 1,36$$

Odpór graniczny podłoża:

$$Q_{fNB} = B' L' (m_C \cdot N_C \cdot c_{u(r)} \cdot i_C + m_D \cdot N_D \cdot \rho_{D(r)} \cdot g \cdot D_{\min} \cdot i_D + m_B \cdot N_B \cdot \rho_{B(r)} \cdot g \cdot B' \cdot i_B) = 2007,65 \text{ kN}.$$

Sprawdzenie warunku obliczeniowego:

$$N_r = 224,96 \text{ kN} < m \cdot Q_{fNB} = 0,81 \cdot 2007,65 = 1626,20 \text{ kN}.$$

Wniosek: warunek nośności jest spełniony.

8. Stan graniczny II

8.1. Osiadanie fundamentu

Osiadanie pierwotne: $s' = 0,00 \text{ cm}$.

Osiadanie wtórne: $s'' = 0,00 \text{ cm}$.

Współczynnik stopnia odprężenia podłoża: $\lambda = 0$.

Osiadanie całkowite: $s = s' + \lambda \cdot s'' = 0,00 + 0 \cdot 0,00 = 0,00 \text{ cm}$,

Sprawdzenie warunku osiadania:

Dopuszczalne osiadanie: $s_{\text{dop}} = 0,30 \text{ cm}$.

$$s = 0,00 \text{ cm} < s_{\text{dop}} = 0,30 \text{ cm}$$

Wniosek: Warunek osiadania jest spełniony.

8.2. Szczegółowe wyniki osiadania fundamentu

Nr	Poziom	Grubość	Napr.	Napr.	Napr.	Osiadanie	Osiadanie	Osiadanie
warstwy	stropu w.	warstwy	pierwotne	wtórne	dotatk.	pierwotne	wtórne	sumaryczne

73

Przebiecie ławy w przekroju 1:

Siła ścinająca: $V_{sd} = 0,5 \cdot (q_1 + q_c) \cdot c = 0,5 \cdot (32,8 + 24,3) \cdot 0,21 = 6 \text{ kN/m}$.

Nośność betonu na ścinanie: $V_{rd} = f_{ctd} \cdot d = 1000 \cdot 0,34 = 344 \text{ kN/m}$.

$V_{sd} = 6 \text{ kN/m} < V_{rd} = 344 \text{ kN/m}$.

Wniosek: warunek na przebiecie jest spełniony.

9.3. Zestawienie wyników sprawdzenia ławy na zginanie

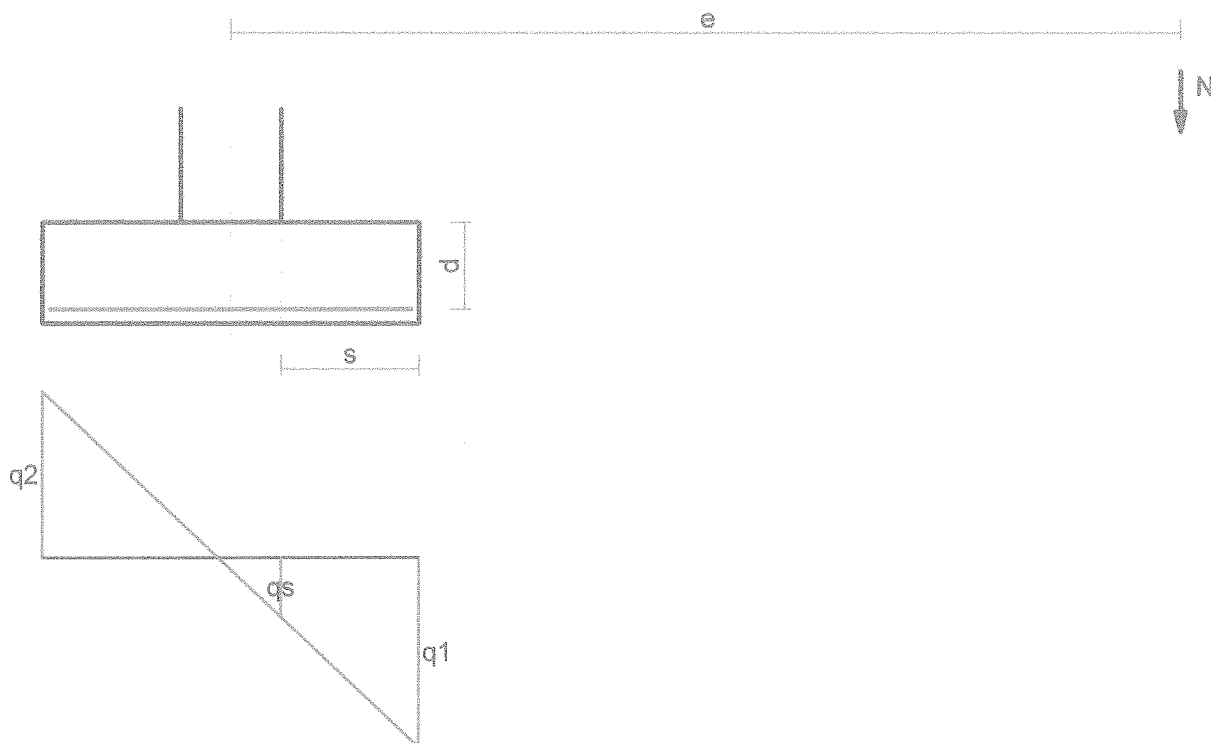
Nr obc.	Przekrój	Moment zginający	Nośność betonu
		M [kNm/m]	M _r [kNm/m]
* 1	1	4	-

9.4. Sprawdzenie ławy na zginanie dla obciążenia nr 1**Zestawienie obciążeń:**

Obciążenia zewnętrzne od konstrukcji zredukowane do osi ławy:

siła pionowa: $N_r = 3 \text{ kN/m}$, moment: $M_r = 5,98 \text{ kNm/m}$.

Mimośród siły względem środka podstawy: $e_r = |M_r/N_r| = 1,97 \text{ m}$.

**Oddziaływanie podłoża na fundament:**

Oddziaływania na brzegach fundamentu: $q_1 = 33 \text{ kPa}$, $q_2 = -29 \text{ kPa}$.

Oddziaływanie podłoża w przekroju 1: $s = 0,55 \text{ m}$, $q_s = 10,23 \text{ kPa}$.

Zginanie ławy w przekroju 1:

Moment zginający: $M_{sd} = (2 \cdot q_1 + q_s) \cdot s^2 / 6 = (2 \cdot 32,8 + 10,2) \cdot 0,30 = 4 \text{ kNm/m}$.

Konieczna powierzchnia przekroju zbrojenia: $A_s = 0,3 \text{ cm}^2/\text{m}$.

Wniosek: warunek na zginanie jest spełniony.

10. Zbrojenie ławy

Zbrojenie główne na kierunku x:

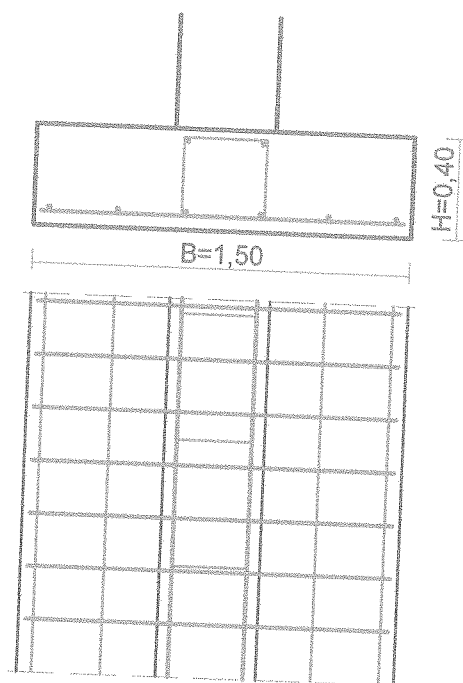
Obliczona powierzchnia przekroju poprzecznego: $A_s = 5,2 \text{ cm}^2/\text{m}$.
Średnica prętów: $\phi = 12 \text{ mm}$, rozstaw prętów: $s = 21 \text{ cm}$.

Pręty rozdzielcze:

Średnica prętów: $\phi_r = 6 \text{ mm}$, liczba prętów: $n_r = 4$.

Zbrojenie dodatkowe podłużne:

Pręty podłużne: $4 \cdot \phi 12 \text{ mm}$, strzemiona: $\phi 6 \text{ mm}$ co 50 cm .



Ilość stali na 1 mb: $9,3 \text{ kg/m}$, ilość stali na całą ławę: 41 kg .

Listopad 2010r.

Projektował:

mgr inż. Budownictwa Lądowego
Andrzej Krajewski
upr. budowl. 213/87/OL § 5 ust. 1
§ 6 ust. 1 i 6/ § 7 § 13 ust. 1 pkt 2
11-300 Biskupiec, Stryjowo 70
tel. 601 830 657