

1. Obliczenia

Wiatr

Rodzaj: wiatr

Typ: zmienne

Charakterystyczne ciśnienie prędkości wiatru $q_k = 0,30 \text{ kN/m}^2$ przyjęto jak dla strefy I.
Współczynnik ekspozycji $C_e = 0,60$ przyjęto jak dla terenu A i wysokości nad poziomem gruntu $z = 2,00 \text{ m}$.



Współczynnik działania porywów wiatru $\beta = 1,80$ przyjęto jak do obliczeń budowli niepodatnych na dynamiczne działanie wiatru (logarytmiczny dekrement tłumienia $\Delta = 0,20$; okres drgań własnych $T = 0,20 \text{ s}$).

Współczynnik aerodynamiczny C płyty lub ściany płaskiej o krawędziach bocznych zamocowanych do słupów i krawędzi dolnej swobodnej równy jest $C = C_p = 1,80$, gdzie C_p jest współczynnikiem różnicy ciśnienia zewnętrznego i wewnętrznego.

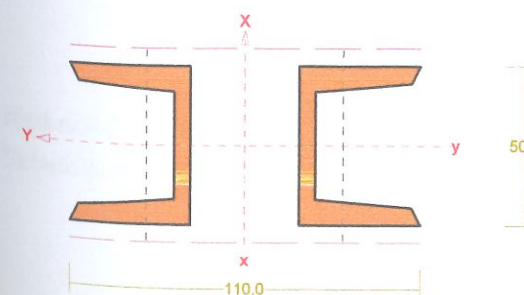


Charakterystyczna wartość obciążenia wiatrem:
 $Q_k = 0,3 \text{ kN/m}^2 \cdot 0,60 \cdot 1,80 \cdot 1,8 = 0,58 \text{ kN/m}^2$.

Obliczeniowa wartość obciążenia wiatrem:
 $Q_0 = 0,87 \text{ kN/m}^2, \quad \gamma_f = 1,50$

Pręt nr 1

Przekrój: 2 U 50



Wymiary przekroju:

U 50 $h=50,0 \text{ mm}$ $s=38,0 \text{ mm}$ $g=5,0 \text{ mm}$ $t=7,0 \text{ mm}$ $r=7,0 \text{ mm}$ $ex=13,7 \text{ mm}$.

Charakterystyka geometryczna przekroju:

$J_{xg}=152,0 \text{ mm}^4$ $J_{yg}=52,8 \text{ mm}^4$ $A=14,20 \text{ cm}^2$ $i_x=3,3 \text{ mm}$ $i_y=1,9 \text{ mm}$

$J_w=55,9 \text{ mm}^4$ $J_t=2,1 \text{ mm}^4$ $is=3,8 \text{ mm}$.

Materiał: St3S (X,Y,V,W). Wytrzymałość $f_d=215 \text{ MPa}$ dla $g=7,0$.

Siły przekrojowe:

$$x_a = 0,000; \quad x_b = 2,200.$$

Obciążenia działające w płaszczyźnie układu: A

$$N = -0,270 \text{ kN},$$

$$M_y = -0,617 \text{ kNm}, \quad V_x = 0,561 \text{ kN}.$$

Naprężenia w skrajnych włóknach: $\sigma_t = 29,0 \text{ MPa}$ $\sigma_c = -29,4 \text{ MPa}$.

Naprężenia:

$$x_a = 0,000; \quad x_b = 2,200.$$

Naprężenia w skrajnych włóknach: $\sigma_t = 29,0 \text{ MPa}$ $\sigma_c = -29,4 \text{ MPa}$.

Naprężenia:

$$\text{- normalne:} \quad \sigma = -0,2 \quad \Delta\sigma = 29,2 \text{ MPa} \quad \psi_{oc} = 1,000$$

$$\text{- ścinanie wzdłuż osi X:} \quad A_v = 5,00 \text{ cm}^2 \quad \tau = 1,1 \text{ MPa} \quad \psi_{ov} = 1,000$$

Warunki nośności:

$$\sigma_{ec} = \sigma / \psi_{oc} + \Delta\sigma = 0,2 / 1,000 + 29,2 = 29,4 < 215 \text{ MPa}$$

$$\tau_{ex} = \tau / \psi_{ov} = 1,1 / 1,000 = 1,1 < 124,7 = 0,58 \times 215 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_e^2 + 3\tau_e^2} = \sqrt{29,4^2 + 3 \times 0,0^2} = 29,4 < 215 \text{ MPa}$$

Nośność elementów rozciąganych:

$$x_a = 0,000; \quad x_b = 2,200.$$

Siała osiowa: $N = -0,270 \text{ kN}$.

Pole powierzchni przekroju: $A = 14,20 \text{ cm}^2$.

Nośność przekroju na rozciąganie: $N_{Rt} = A f_d = 14,20 \times 215 \times 10^{-1} = 305,300 \text{ kN}$.

Warunek nośności (31):

$$N = 0,270 < 305,300 = N_{Rt}$$

Nośność przekroju na zginanie:

$$x_a = 0,000; \quad x_b = 2,200.$$

- względem osi Y

$$M_R = \psi W_c f_d = 1,000 \times 21,1 \times 215 \times 10^{-3} = 4,541 \text{ kNm}$$

Współczynnik zwichrzenia dla $\bar{\lambda}_L = 0,000$ wynosi $\varphi_L = 1,000$

Warunek nośności (54):

$$\frac{N}{N_{Rc}} + \frac{M_y}{M_{Ry}} = \frac{0,270}{259,505} + \frac{0,617}{4,541} = 0,137 < 1$$

Nośność (stateczność) pręta ściskanego i zginanego:

Składnik poprawkowy:

$$M_{x \max} = 0 \quad \Delta_x = 0$$

$$M_{y \max} = -0,617 \text{ kNm} \quad \beta_y = 1,000$$

$$\Delta_y = 1,25 \varphi_y \bar{\lambda}_y^2 \frac{\beta_y M_{y \max}}{M_{Ry}} \frac{N}{N_{Rc}} = 1,25 \times 0,329 \times 1,534^2 \frac{1,000 \times 0,617}{4,541} \times \frac{0,270}{259,505} = 0,000$$

$$\Delta_y = 0,000$$

Warunek nośności (58):

- dla wyboczenia względem osi X:

$$\frac{N}{\varphi_x N_{Rc}} + \frac{\beta_y M_{y \max}}{M_{Ry}} = \frac{0,270}{0,899 \times 259,505} + \frac{1,000 \times 0,617}{4,541} = 0,137 < 1,000 = 1 - 0,000$$

- dla wyboczenia względem osi Y:

$$\frac{N}{\varphi_y N_{Rc}} + \frac{\beta_y M_{y \max}}{M_{Ry}} = \frac{0,270}{0,329 \times 259,505} + \frac{1,000 \times 0,617}{4,541} = 0,139 < 1,000 = 1 - 0,000$$

Nośność przekroju na ścinanie:

$x_a = 0,000$; $x_b = 2,200$.

- wzdłuż osi X

$$V_R = 0,58 \varphi_{pv} A_V f_d = 0,58 \times 1,000 \times 5,0 \times 215 \times 10^{-1} = 62,350 \text{ kN}$$

$$V_O = 0,3 \quad V_R = 18,705 \text{ kN}$$

Warunek nośności dla ścinania wzdłuż osi X:

$$V = 0,561 < 62,350 = V_R$$

Nośność przekroju zginanego, w którym działa siła poprzeczna:

$x_a = 0,000$; $x_b = 2,200$.

- dla zginania względem osi Y: $V_x = 0,561 < 18,705 = V_O$

$$M_{R,V} = M_R = 4,541 \text{ kNm}$$

Warunek nośności (55):

$$\frac{N}{N_{Rc}} + \frac{M_y}{M_{Ry,V}} = \frac{0,270}{259,505} + \frac{0,617}{4,541} = 0,137 < 1$$

Nośność przekroju na ścinanie z uwzględnieniem siły osiowej:

$x_a = 0,000$, $x_b = 2,200$.

- dla ścinania wzdłuż osi X:

$$V = 0,561 < 62,350 = 62,350 \times \sqrt{1 - (0,270 / 259,505)^2} = V_R \sqrt{1 - (N / N_{Rc})^2} = V_{R,N}$$

Stan graniczny użytkowania:

Ugięcia względem osi X wynoszą:

$$a_{\max} = 4,6 \text{ mm}$$

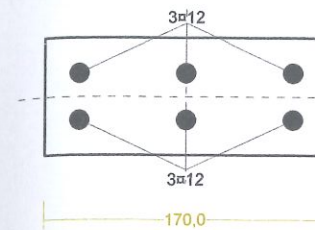
$$a_{gr} = l / 250 = 2200 / 250 = 8,8 \text{ mm}$$

$$a_{\max} = 4,6 < 8,8 = a_{gr}$$

Pręt nr 2.

Cechy przekroju:

zadanie słup-1_7, pręt nr 1, przekrój: $x_a=1,70$ m, $x_b=0,00$ m



Wymiary przekroju [cm]:

$h=70,0$, $b=170,0$,

Cechy materiałowe dla sytuacji stałej lub przejściowej

BETON: B37

$f_{ck}=30,0$ MPa, $f_{cd}=\alpha \cdot f_{ck}/\gamma_c=0,46 \times 30,0/1,50=9,3$ MPa

Cechy geometryczne przekroju betonowego:

$A_c=119$ cm², $J_{cx}=486$ cm⁴, $J_{cy}=2866$ cm⁴

STAL: A-IIIIN (RB 500)

$f_{yk}=500$ MPa, $\gamma_s=1,15$, $f_{yd}=420$ MPa

$\xi_{lim}=0,0035/(0,0035+f_{yd}/E_s)=0,0035/(0,0035+420/200000)=0,625$,

Zbrojenie główne:

$A_{s1}+A_{s2}=6,79$ cm², $\rho=100 (A_{s1}+A_{s2})/A_c=100 \times 6,79/119=5,70$ %,

$J_{sx}=13$ cm⁴, $J_{sy}=185$ cm⁴,

Zbrojenie wymagane:

(zadanie słup-1_7, pręt nr 1, przekrój: $x_a=0,00$ m, $x_b=1,70$ m)

Obliczenia wykonano:

- przy założeniu maksymalnego wykorzystania nośności strefy ściskanej betonu ($\xi_{lim}=0,625$).

Wielkości obliczeniowe:

$N_{sd}=-0,534$ kN,

$M_{sd}=\sqrt{(M_{sdx}^2 + M_{sdy}^2)}=\sqrt{(0,383^2 + 0,000^2)}=0,383$ kNm

$f_{cd}=9,3$ MPa, $f_{yd}=420$ MPa = f_{td} ,

Zbrojenie rozciągane ($\epsilon_{s1}=4,00$ ‰):

$A_{s1}=0,28$ cm² \Rightarrow (1φ12 = 1,13 cm²),

Dodatkowe zbrojenie ściskane nie jest obliczeniowo wymagane.

$A_s=A_{s1}+A_{s2}=0,28$ cm², $\rho=100 \times A_s/A_c=100 \times 0,28/119=0,23$ %

Wielkości geometryczne [cm]:

$h=70,0$, $d=3,6$, $x=1,2$ ($\xi=0,326$),

$a_1=3,4$, $a_c=0,4$, $z_c=3,2$, $A_{cc}=20$ cm²,

$\epsilon_c=-1,94$ ‰, $\epsilon_{s1}=4,00$ ‰,

Wielkości statyczne [kN, kNm]:

$F_c=-12,137$, $F_{s1}=11,602$,

$M_c=0,372$, $M_{s1}=0,012$,

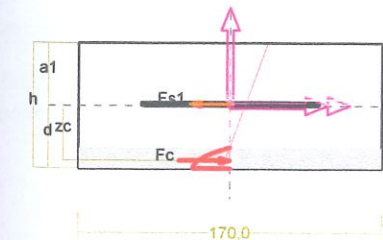
Warunki równowagi wewnętrznej:

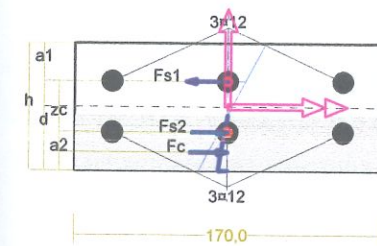
$F_c+F_{s1}=-12,137+(11,602)=-0,534$ kN ($N_{sd}=-0,534$ kN)

$M_c+M_{s1}=0,372+(0,012)=0,383$ kNm ($M_{sd}=0,383$ kNm)

Nośność przekroju prostopadłego:

zadanie słup-1_7, pręt nr 1, przekrój: $x_a=0,00$ m, $x_b=1,70$ m





Wielkości obliczeniowe:

$$N_{sd} = -0,534 \text{ kN}$$

$$M_{sd} = \sqrt{(M_{sdx}^2 + M_{sdy}^2)} = \sqrt{(0,383^2 + 0,000^2)} = 0,383 \text{ kNm}$$

$$f_{cd} = 9,3 \text{ MPa}, f_{yd} = 420 \text{ MPa} = f_{td}$$

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

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

$$A_s = A_{s1} + A_{s2} = 6,79 \text{ cm}^2, \rho = 100 \times A_s / A_c = 100 \times 6,79 / 119 = 5,70 \%$$

Wielkości geometryczne [cm]:

$$h = 7,0, d = 4,9, x = 3,0 (\xi = 0,619),$$

$$a_1 = 2,1, a_2 = 2,1, a_c = 1,0, z_c = 3,9, A_{cc} = 52 \text{ cm}^2,$$

$$\varepsilon_c = -0,27 \text{ ‰}, \varepsilon_{s2} = -0,08 \text{ ‰}, \varepsilon_{s1} = 0,16 \text{ ‰},$$

Wielkości statyczne [kN, kNm]:

$$F_c = -6,070, F_{s1} = 11,084, F_{s2} = -5,548,$$

$$M_c = 0,150, M_{s1} = 0,155, M_{s2} = 0,078,$$

Warunek stanu granicznego nośności:

$$M_{Rd} = 3,754 \text{ kNm} > M_{sd} = M_c + M_{s1} + M_{s2} = 0,150 + (0,155) + (0,078) = 0,383 \text{ kNm}$$

Zarysowanie

zadanie słup-1_7, pręt nr 1,

Położenie przekroju:

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

Siły przekrojowe od obc. długotrwałych:

$$M_{sd} = -0,246 \text{ kNm}$$

$$N_{sd} = -0,486 \text{ kN} \quad e = 51,8 \text{ cm}$$

$$V_{sd} = 0,289 \text{ kN}$$

Wymiary przekroju:

$$b_w = 17,0 \text{ cm}$$

$$d = h - a_1 = 7,0 - 2,1 = 4,9 \text{ cm}$$

$$A_c = 119 \text{ cm}^2$$

$$W_c = 139 \text{ cm}^3$$

Minimalne zbrojenie:

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

$$A_s = k_c k f_{ct,eff} A_{ct} / \sigma_{s,lim} = 0,4 \times 1,0 \times 2,9 \times 59 / 500 = 0,14 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1} = 3,39 > 0,14 = A_s$$

Zarysowanie:

$$M_{cr} = f_{ctm} W_c = 2,9 \times 139 \times 10^{-3} = 0,403 \text{ kNm}$$

$$N_{cr} = \frac{f_{ctm}}{e / W_c - 1 / A_c} = \frac{2,9}{51,8 / 138,83 - 1 / 119,00} \times 10^{-1} = -0,796 \text{ kN}$$

$$N_{sd} = 0,486 < 0,796 = N_{cr}$$

Przekrój niezarysowany.

Szerokość rozwarcia rysy ukośnej:

Rysy ukośne nie występują.

Ugięcia

zadanie słup-1_7, pręt nr 1

Ugięcia wyznaczono dla charakterystycznych obciążeń długotrwałych.

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

$$E_{c,eff} = \frac{E_{cm}}{1 + \phi(t, t_0)} = \frac{32000}{1 + 2,00} = 10667 \text{ MPa}$$

Moment rysujący:

$$M_{cr} = f_{ctm} W_c = 2,9 \times 139 \times 10^{-3} = 0,403 \text{ kNm}$$

Całkowity moment zginający $M_{sd} = -0,246 \text{ kN}$ nie powoduje zarysowania przekroju.

Sztywność dla długotrwałego działania obciążeń długotrwałych:

Sztywność na zginanie wyznaczona dla momentu $M_{sd} = -0,246 \text{ kNm}$.

Wielkości geometryczne przekroju: $x_I = 3,5 \text{ cm}$ $I_I = 735 \text{ cm}^4$

$$B = E_{c,eff} I_I = 10667 \times 735 \times 10^{-5} = 78 \text{ kNm}^2$$

Ugięcie w punkcie o współrzędnej $x = 1,700 \text{ m}$, wyznaczone poprzez całkowanie funkcji krzywizny osi pręta ($1/\rho$) z uwzględnieniem zmiany sztywności wzdłuż osi elementu, wynosi:

$$a = a_{\infty,d} = 2,3 \text{ mm}$$

$$a = 2,3 < 6,8 = a_{lim}$$

mgr inż. Marcin Czechowski
upr. do proj. i kier. rob. bud.
w spec. konstrukcyjno-budowlanej
bez ograniczeń
Nr ewid. ZAP/0023/PWOK/09