

Pręt nr 1 - Element żelbetowy wg. PN-B-03264

Informacje o elemencie

Nazwa/Opis: element nr 5 (belka) - Brak opisu elementu.

Węzły: 13 (x=6.000m, y=24.000m); 12 (x=18.000m, y=24.000m)

Profil: Pr 350x900 (Beton C30/37)

Zbrojenie podłużne (RB 400 (A-III))

Krawędź 1 - 10 ϕ 32; od L1=0.00m do L2=12.00m

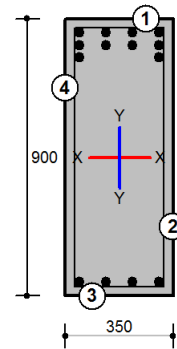
Krawędź 3 - 4 ϕ 32; od L1=0.00m do L2=12.00m

Strzemiona (St0S-b (A-0))

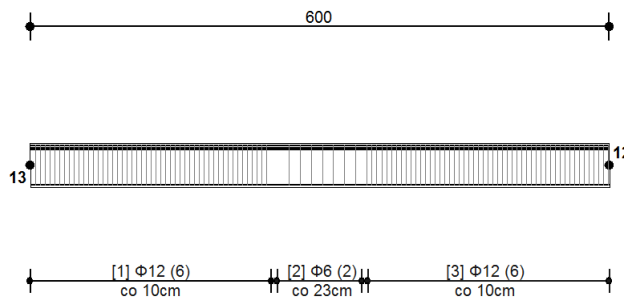
Odcinek 1 od x1/L=0.00 do x2/L=0.42: (Y-Y) 6 ϕ 12 (X-X) 2 ϕ 6 co 10cm

Odcinek 2 od x1/L=0.43 do x2/L=0.58: (Y-Y) 2 ϕ 6 (X-X) 2 ϕ 6 co 23cm

Odcinek 3 od x1/L=0.57 do x2/L=1.00: (Y-Y) 6 ϕ 12 (X-X) 2 ϕ 6 co 10cm



Widok elementu



Całkowite wyężenie elementu: 98%

Zbrojenie główne: 81 %

Ścinanie: 98 %

Zbrojenie główne (ścinanie): 82 %

Rysy prostopadłe: 48 %

Rysy ukośne: 10 %

Ugięcia: 39 %

Zbrojenie minimalne: 0 %

Rozstaw strzemion: 0 %

Smukłość: 0 %

Wyniki w punktach charakterystycznych

Nr	Rzędna	Obwiednia	Warunek	Wyłączenie
0	0.000	min Ty_SGU	Rysy prostopadłe	12.3 %
1	0.000	min Mx	Zbrojenie główne (ściananie)	82.5 %
2	0.000	max N_SGU	Rysy prostopadłe	28.4 %
3	0.000	max Mx_SGU	Rysy prostopadłe	11.4 %
4	0.000	min Ty	Ściananie	25.4 %
5	0.000	---	Smukłość	0.0 %
6	0.000	max N	Zbrojenie główne (ściananie)	64.8 %
7	0.000	max Ty_SGU	Rysy prostopadłe	41.6 %
8	0.000	min Mx_SGU	Rysy prostopadłe	42.4 %
9	0.000	max Ty	Zbrojenie główne (ściananie)	82.5 %
10	0.000	min N_SGU	Rysy prostopadłe	25.9 %
11	0.000	min N	Zbrojenie główne (ściananie)	51.7 %
12	0.000	max Mx	Ściananie	25.2 %
13	0.167	min Ty_SGU	Rysy ukośne	0.7 %
14	0.167	min Mx	Ściananie	56.2 %
15	0.167	max N_SGU	Rysy ukośne	3.5 %
16	0.167	max Mx_SGU	Rysy ukośne	0.7 %
17	0.167	min Ty	Ściananie	46.1 %
18	0.167	---	Smukłość	0.0 %
19	0.167	max N	Ściananie	40.9 %
20	0.167	max Ty_SGU	Rysy prostopadłe	10.2 %
21	0.167	min Mx_SGU	Rysy prostopadłe	11.1 %
22	0.167	max Ty	Ściananie	56.2 %
23	0.167	min N_SGU	Rysy prostopadłe	8.4 %
24	0.167	min N	Ściananie	76.4 %
25	0.167	max Mx	Ściananie	46.2 %
26	0.333	min Ty_SGU	Rysy prostopadłe	6.6 %
27	0.333	min Mx	Ściananie	47.2 %
28	0.333	max N_SGU	Rysy prostopadłe	31.5 %
29	0.333	max Mx_SGU	Rysy prostopadłe	33.4 %
30	0.333	min Ty	Ściananie	29.1 %
31	0.333	---	Smukłość	0.0 %
32	0.333	max N	Ściananie	83.1 %
33	0.333	max Ty_SGU	Rysy prostopadłe	16.0 %
34	0.333	min Mx_SGU	Rysy ukośne	0.7 %
35	0.333	max Ty	Zbrojenie główne (ściananie)	51.9 %
36	0.333	min N_SGU	Rysy ukośne	0.6 %
37	0.333	min N	Ściananie	63.6 %

38	0.333	max Mx	Ścinanie	87.0 %
39	0.500	min Ty_SGU	Rysy prostopadłe	14.8 %
40	0.500	min Mx	Ścinanie	25.6 %
41	0.500	max N_SGU	Rysy prostopadłe	47.0 %
42	0.500	max Mx_SGU	Rysy prostopadłe	47.6 %
43	0.500	min Ty	Zbrojenie główne	30.6 %
44	0.500	---	Smukłość	0.0 %
45	0.500	max N	Zbrojenie główne	74.6 %
46	0.500	max Ty_SGU	Rysy prostopadłe	45.2 %
47	0.500	min Mx_SGU	Rysy prostopadłe	11.4 %
48	0.500	max Ty	Zbrojenie główne	70.6 %
49	0.500	min N_SGU	Rysy prostopadłe	11.9 %
50	0.500	min N	Zbrojenie główne	28.3 %
51	0.500	max Mx	Zbrojenie główne	80.6 %
52	0.667	min Ty_SGU	Rysy prostopadłe	27.9 %
53	0.667	min Mx	Ścinanie	38.1 %
54	0.667	max N_SGU	Rysy prostopadłe	31.5 %
55	0.667	max Mx_SGU	Rysy prostopadłe	42.1 %
56	0.667	min Ty	Ścinanie	95.7 %
57	0.667	---	Smukłość	0.0 %
58	0.667	max N	Ścinanie	83.1 %
59	0.667	max Ty_SGU	Rysy prostopadłe	20.4 %
60	0.667	min Mx_SGU	Rysy prostopadłe	1.7 %
61	0.667	max Ty	Zbrojenie główne	32.6 %
62	0.667	min N_SGU	Rysy prostopadłe	16.1 %
63	0.667	min N	Zbrojenie główne	31.2 %
64	0.667	max Mx	Zbrojenie główne	69.4 %
65	0.833	min Ty_SGU	Rysy ukośne	3.7 %
66	0.833	min Mx	Ścinanie	49.1 %
67	0.833	max N_SGU	Rysy ukośne	3.5 %
68	0.833	max Mx_SGU	Rysy prostopadłe	7.7 %
69	0.833	min Ty	Ścinanie	49.1 %
70	0.833	---	Smukłość	0.0 %
71	0.833	max N	Ścinanie	40.9 %
72	0.833	max Ty_SGU	Rysy prostopadłe	7.5 %
73	0.833	min Mx_SGU	Rysy ukośne	3.7 %
74	0.833	max Ty	Ścinanie	36.3 %
75	0.833	min N_SGU	Rysy ukośne	0.3 %
76	0.833	min N	Ścinanie	52.5 %
77	0.833	max Mx	Ścinanie	36.3 %

78	1.000	min Ty_SGU	Rysy prostopadłe	30.5 %
79	1.000	min Mx	Ścinanie	74.0 %
80	1.000	max N_SGU	Rysy prostopadłe	28.4 %
81	1.000	max Mx_SGU	Rysy ukośne	1.0 %
82	1.000	min Ty	Ścinanie	74.0 %
83	1.000	---	Smukłość	0.0 %
84	1.000	max N	Zbrojenie główne (ściananie)	64.8 %
85	1.000	max Ty_SGU	Rysy ukośne	1.0 %
86	1.000	min Mx_SGU	Rysy prostopadłe	30.6 %
87	1.000	max Ty	Ścinanie	97.9 %
88	1.000	min N_SGU	Rysy ukośne	1.1 %
89	1.000	min N	Ścinanie	25.8 %
90	1.000	max Mx	Ścinanie	97.9 %
91	0.480	max v	Ugięcia	39.4 %

Wyniki szczegółowe

Zbrojenie minimalne (0.0 %)

Przekrój: $x/L=0.833$, $L=10.00m$; Kombinacja: max Mx (+0,1,-4,-5,+6,+10,+13,)

Minimalne (sumaryczne) pole zbrojenia dla elementu ściskanego:

$$A_{s,min} = 0.15 \frac{N_{sd}}{f_{yd}} = 0.15 \frac{35.4}{35.0} = 0.2 \text{ cm}^2 < 112.6 \text{ cm}^2$$

$$A_{s,min} = 0.003 A_c = 0.003 \cdot 3150.0 = 9.5 \text{ cm}^2 < 112.6 \text{ cm}^2$$

Minimalne (sumaryczne) pole zbrojenia ze względu na rysy:

$$A_{s,min} = k_c k_{ct,eff} \frac{A_{ct}}{\sigma_{s,lim}} = \frac{0.4 \cdot 1.0 \cdot 0.29 \cdot 1575.0}{16.0} = 11.4 \text{ cm}^2 < 32.2 \text{ cm}^2 = A_{sI}$$

Długość wyboczeniowa

Współczynniki długości wyboczeniowej przyjęto wg Tablicy C.1.

Klasyfikacja: Słupy w wielokondygnacyjnych budynkach szkieletowych ze stropami o konstrukcji monolitycznej lub zespolonej - budynki, w których siły poziome przenoszone są przez szkielet o węzłach sztywnych z tym, że szerokość budynku jest nie mniejsza niż 1/3 jego wysokości, liczba naw jest nie mniejsza od dwóch, a sztywność rygli (w obydwu kierunkach) jest mniejsza niż sztywność słupów (rysunek C. 1b PN-B-03264).

Przyjęto: $\beta_x=1.000$ $\beta_y=1.000$ oraz $l_{col}=12.000m$

Mimośród początkowy i wpływ smukłości

Przekrój: $x/L=0.000$, $L=0.00m$; Kombinacja: min Mx (+0,1,+4,+5,+7,+8,+9,+11,+13,)

Kierunek Y - Y

Mimośród niezamierzony:

$$e_{a,y} = \max \left[\frac{l_{col}}{600} \left(1 + \frac{1}{n} \right), \frac{h}{30}, 10.0 \right] = \max \left[\frac{12.0}{600} \left(1 + \frac{1}{1} \right), \frac{900.0}{30}, 10.0 \right] = 40.0 \text{ mm}$$

Dodatkowy moment zginający: $M_{Sd,x,ea} = e_{a,y} \cdot N_{sd} = 0.040 \cdot 42.4 = 1.7 \text{ kNm}$

Mimośród konstrukcyjny:

$$e_{e,y} = \left| \frac{M_{sd}}{N_{sd}} \right| = \left| \frac{-1656.0 \cdot 10^3}{-42.4} \right| = 39011.8 \text{ mm}$$

Siła krytyczna:

$$N_{crit,y} = \frac{9}{l_0^2} \left[\frac{E_{cm} I_c}{2k_{lt}} \left(\frac{0.11}{0.1 + \frac{e_0}{h}} + 0.1 \right) + E_s I_s \right]$$

$$N_{crit,y} = \frac{9}{12000^2} \left[\frac{32000 \cdot 21262500000}{2 \cdot 2.000} \left(\frac{0.11}{0.1 + 91.53} + 0.1 \right) + 200000 \cdot 1645220606 \right] = 21641 \text{ kN}$$

gdzie przyjęto:

$$- k_{lt} = 1 + 0.5 \frac{N_{sd,lt}}{N_{sd}} \cdot \phi(\infty, t_0) = 1 + 0.5 \cdot 1.000 \cdot 2.000 = 2.000$$

$$- e_0/h = \max \left(\frac{e_0}{h}, 0.5 - 0.01 \frac{l_0}{h} - 0.01 f_{cd}, 0.05 \right) = \max(91.53, 0.17, 0.05) = 91.53$$

Mimośrodek całkowity z uwzględnieniem wpływu smukłości:

$$e_{tot,y} = \frac{1}{1 - \frac{N_{sd}}{N_{crit,y}}} (e_{a,y} + e_{e,y}) = \frac{1}{1 - \frac{42.4}{21641.1}} (40.0 + 39011.8) = 39128.6 \text{ mm}$$

Moment obliczeniowy z ew. uwzględnieniem wpływu smukłości:

$$M_{sd,x} = |N| \cdot e_{tot,y} \cdot \text{sign}(M_{sd,x}) = |-42.4| \cdot 39.129 \cdot \text{sign}(-1656.0) = -1660.9 \text{ kNm}$$

Zbrojenie główne (81.2 %)

Przekrój: $x/L=0.000$, $L=0.00m$; Kombinacja: $\min M_x (+0,1,+4,+5,+7,+8,+9,+11,+13,)$

Dane : $\alpha_{cc}=0.85$, $x_{eff}=42.0\text{cm}$, $a_1=7.4\text{cm}$, $d=81.8\text{cm}$

Nośność przy ściskaniu/rozciąganiu:

$$\min N_{Rd} = -2885.4\text{kN} < -42.4\text{kN} = N_{sd}$$

$$\max N_{Rd} = 1286.1\text{kN} > -42.4\text{kN} = N_{sd}$$

Nośność przy zginaniu:

$$M_{Rd} = 2045.0\text{kNm} > 1660.9\text{kNm} = M_{sd}$$

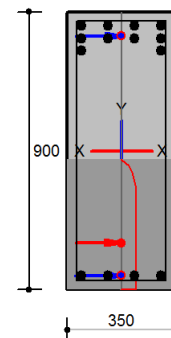
Odształcenia:

$$\varepsilon_{sl} = -0.00156 > -0.0100$$

$$\varepsilon_{cu} = 0.00152 < 0.0035$$

$$\varepsilon_c = 0.00013 < 0.0020$$

$x/L=0.000$ (min M_x)



Zbrojenie główne (ściananie) (82.5 %)

Przekrój: $x/L=0.000$, $L=0.00m$; Kombinacja: $\max T_y (+0,1,-4,+5,+6,+9,+13,)$

Siły przekrojowe: $N_{sd} = -38.1 \text{ kN}$, $M_{sd} = 1623.4 \text{ kNm}$, $V_{sd} = 706.3 \text{ kN}$

Przyrost siły w zbrojeniu głównym: $\Delta F_{td} = 0.5 V_{sd} \cot \theta = 0.5 \cdot 706.3 \cdot 1.000 = 353.1 \text{ kN}$

Sumaryczna siła w zbrojeniu rozciągającym:

$$F_{td} = \varepsilon_{sl} A_{sl} E_s = 0.00141 \cdot 80.42 \cdot 20000.0 = 2271.7 \text{ kN}$$

Maksymalna siła w zbr. rozciągającym na długości elementu: $\max F_{td} = 2321.8 \text{ kN}$

Warunek nośności: $\min(F_{td} + \Delta F_{td}, \max F_{td}) = 2321.8 \text{ kN} < 2814.9 \text{ kN} = A_{sl} f_{yd} = 80.42 \cdot 35.0$

Ścinanie (97.9 %)Przekrój: $x/L=1.000$, $L=12.00m$; Kombinacja: $\max M_x (+0, 1, -4, -5, +6, +10, +13,)$

Weryfikacja zbrojenia strzemionami dla siły tnącej: Y-Y

Pochylenie betonowych krzyżulców: $\cot \theta = 1.000$

Nośność obliczeniowa ze względu na rozciąganie betonowych krzyżulców:

$$V_{Rd1} = \left[0.35 k f_{ctd} (1.2 + 40 \rho_L) + 0.15 \sigma_{cp} \right] b_w d$$

$$V_{Rd1} = \left[0.35 \cdot 1.000 \cdot 0.13 (1.2 + 40 \cdot 0.00000) + 0.15 \cdot 0.011 \right] \cdot 35.0 \cdot 82.2 = 165.6 \text{ kN}$$

$$V_{Rd1} = 165.6 \text{ kN} > 162.1 \text{ kN} = V \rightarrow \text{ odcinek pierwszego rodzaju}$$

gdzie przyjęto:

– $k = 1.000$ (do podpory doprowadzono więcej niż 50% rozciąganego zbrojenia)

$$\rho_L = \frac{A_{sl}}{b_w d} = \frac{0.00}{35.0 \cdot 82.2} = 0.00000$$

Nośność obliczeniowa ze względu na ściskanie betonowych krzyżulców:

$$V_{Rd2} = 0.5 v f_{cd} b_w z = 0.5 \cdot 0.528 \cdot 2.00 \cdot 35.0 \cdot 66.3 = 1225.8 \text{ kN}$$

gdzie przyjęto:

$$v = 0.6 \left(1 - f_{ck} / 250 \right) = 0.6 \left(1 - 30.0 / 250 \right) = 0.528$$

Korekta ze względu na siłę ściskającą:

$$V_{Rd2, red.} = \alpha_c V_{Rd2} \rightarrow \alpha_c (\sigma_{cp}) = \alpha_c (0.112) = 1.006 \text{ MPa} \rightarrow V_{Rd2, red.} = 1232.7 \text{ kN}$$

Warunki nośności:

$$V_{Rd1} = 165.6 \text{ kN} > 162.1 \text{ kN}$$

$$V_{Rd2} = 1232.7 \text{ kN} > 162.1 \text{ kN}$$

Rsy prostopadłe (47.6 %)Przekrój: $x/L=0.500$, $L=6.00m$; Kombinacja: $\max M_x_SGU (1, 4, 5, S6, S9, S10,)$

Średni rozstaw rys:

$$S_{rm} = 50 + 0.25 k_1 k_2 \frac{\phi}{\rho_r} = 50 + 0.25 \cdot 0.800 \cdot 0.500 \frac{32.0}{0.0774} = 91.4 \text{ mm}$$

gdzie przyjęto:

– $k_1 = 0.800$ (pręty żebrowane), $k_2 = 0.500$ (ściskanie lub/i zginanie),– efektywny stopień zbrojenia: $\rho_r = A_s / A_{ct, eff} = 32.2 / 415.8 = 0.0774$

Średnie odkształcenie zbrojenia rozciąganego:

$$\varepsilon_{sm} = \frac{\sigma_s}{E_s} \left[1 - \beta_1 \beta_2 \left(\frac{\sigma_{sr}}{\sigma_s} \right)^2 \right] = \frac{246.4}{200000.0} \left(1 - 1.000 \cdot 1.000 \cdot 0.232^2 \right) = 0.001166$$

gdzie przyjęto:

– $\beta_1 = 1.000$ (pręty żebrowane), $\beta_2 = 1.000$ (jednokrotne obciążenie krótkotrwałe),

$$\frac{\sigma_{sr}}{\sigma_s} = \frac{N_{cr}}{N_{sd}} = \frac{f_{ctm}}{e / W_c + 1 / A_c} \frac{1}{N_{sd}} = \frac{2900.0}{41.0658 / 0.0489 + 1 / 0.3200} \frac{1}{14.8} = 0.232$$

Obliczeniowa szerokość rys prostopadłych do osi elementu:

$$w_k = \beta s_{rm} \varepsilon_{sm} = 1.3 \cdot 91.4 \cdot 0.001166 = 0.14 \text{ mm} < 0.30 \text{ mm} = w_{k, lim.}$$

gdzie przyjęto:

– $\beta = 1.3$ (najmniejszy wymiar większy od 300 i mniejszy od 800 mm - wartość interpolowana),

Rysy ukośne (10.1 %)

Przekrój: $x/L=0.000$, $L=0.00m$; Kombinacja: $\min Mx_SGU$ (S0,1,4,5,S7,S8,S9,S11,S13,)

Obliczenie rys ukośnych dla siły tnącej: Y-Y

$$\text{Napężenia tnące: } \tau = \frac{V_{sd}}{b_w d} = \frac{593.5}{35.0 \cdot 82.2} = 0.206 \frac{kN}{cm^2} = 2.063 MPa$$

$$\text{Stoień zbrojenia strzemionami: } \rho_w = \frac{A_{swl}}{s_1 b_w} = \frac{6.8}{10.0 \cdot 35.0} = 0.01939$$

$$\text{Współczynnik } \lambda : \lambda = \frac{\eta \phi}{3 \rho_w} = \frac{1.0 \cdot 12.0}{3 \cdot 0.01939} = 206.3$$

gdzie przyjęto:

– $\eta = 1.0$ (pręty gładkie)

Obliczeniowa szerokość rys ukośnych:

$$w_k = \frac{4 \tau^2 \lambda}{\rho_w E_s f_{ck}} = \frac{4 \cdot 2.063^2 \cdot 206.3}{0.01939 \cdot 200000.0 \cdot 30.0} = 0.03 mm < 0.30 mm = w_{k,lim.}$$

Ugięcia (39.4 %)

Przekrój: $x/L=0.480$, $L=5.76m$; Kombinacja: $\max v$ (1,4,5,S6,S7,S9,S10,S11,)

Obciążenia: tylko część długotrwała; schemat statyczny elementu: nieokreślony

$$\text{Efektywny moduł sprężystości betonu (6.1): } E_{c,eff} = \frac{E_{cm}}{1 + \phi(t, t_0)} = \frac{32000.0}{1 + 2.000} = 10666.7 MPa$$

Maksymalne ugięcie uzyskano poprzez całkowanie równania linii ugięcia belki z uwzględnieniem pełzania, zarysowania i rzeczywistego rozkładu zbrojenia oraz przebiegu momentów. Sztywność elementu niezarysowanego przyjęto równą $B_\infty = E_{c,eff} J_I$ lub $B_0 = E_{cm} J_I$ odpowiednio przy obciążeniu długotrwałym i krótkotrwałym, natomiast sztywność przekrojów zarysowanych wyznaczono wg wzoru:

$$B_\infty = \frac{E_{c,eff} J_I}{1 - \beta_1 \beta_2 \left(\frac{\sigma_{sr}}{\sigma_s} \right)^2 \left(1 - \frac{J_I}{J_{II}} \right)},$$

gdzie w przypadku B_0 przyjęto $E_{c,eff} = E_{cm}$.

Warunek projektowy (kierunek Y-Y): $a = 23.6 mm < 60.0 mm = a_{lim.}$