



Odległość między zerowymi punktami momentu zginającego $L_0 = 0,85L_{\text{eff}} = 0,85 \cdot 578,5 \approx 492\text{cm}$

$$b_{\text{eff},1} = \min \begin{cases} 0,2b_1 + 0,1L_0 = 0,2 \cdot 113,5 + 0,1 \cdot 492 = 71,9 \\ 0,2L_0 = 0,2 \cdot 492 = 98,4 \\ b_1 = 113,5 \end{cases} \approx 71\text{cm}$$

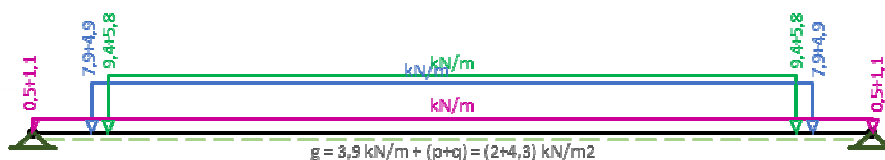
$$b_{\text{eff},2} = \min \begin{cases} 0,2b_2 + 0,1L_0 = 0,2 \cdot 134,5 + 0,1 \cdot 492 = 76,1 \\ 0,2L_0 = 0,2 \cdot 492 = 98,4 \\ b_2 = 134,5 \end{cases} \approx 76\text{cm}$$

$$b_{\text{eff}} = \sum b_{\text{eff},i} + b_w = 71 + 76 + 25 = 172\text{cm}$$

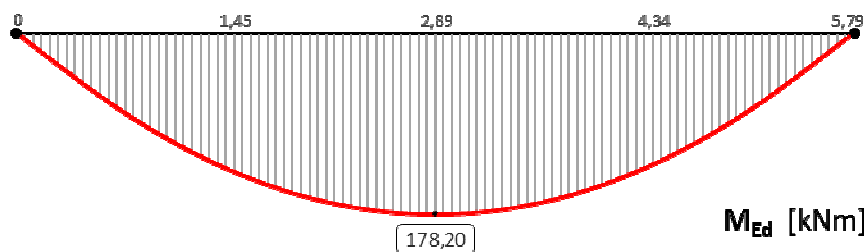


Tab. Z5-1. Wykaz obciążeń powierzchniowych

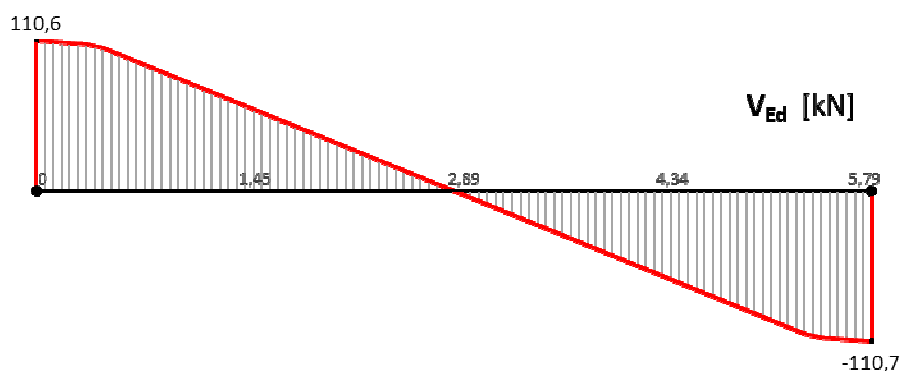
Obciążenia powierzchniowe [kN/m ²]				
Lp.	Opis obciążenia	X_k	γ_f [-]	X_d
1	Stałe	2,00	1,35	2,70
2	Zmienne	4,30	1,50	6,45



Rys. Z5-3. Schemat obciążenia zewnętrznego



Rys. Z5-4. Momenty zginające



Rys. Z5-5. Siły tnące

Element żelbetowy – wymiarowanie [PN-B-03264]

Informacje o elemencie

Nazwa/Opis: element nr 0 (belka) - Brak opisu elementu.

Węzły: 0 (x=0.000m, y=0.000m); 1 (x=5.790m, y=0.000m)

Profil: Przekrój-1 (C25/30)

Zbrojenie podłużne (St3SX-b (A-I))

Krawędź 1 - 5φ26; od L₁=0.00m do L₂=5.79m; l_{bd1}=0.49m; l_{bd2}=0.49m

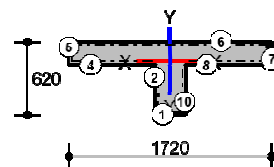
Krawędź 6 - 2φ26; od L₁=0.00m do L₂=5.79m; l_{bd1}=0.49m; l_{bd2}=0.49m

Strzemiona (St3SX-b (A-I))

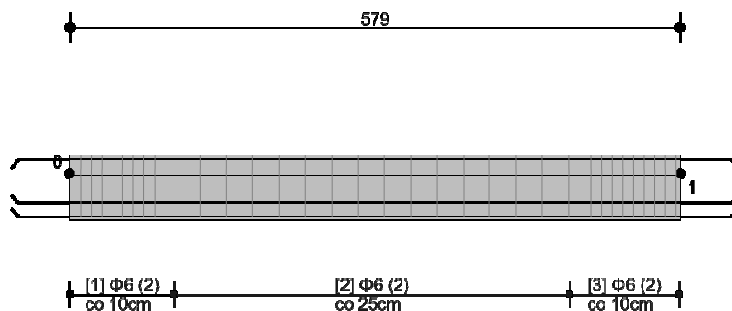
Odcinek 1 od x₁/L=0.00 do x₂/L=0.17: (Y-Y) 2φ6 (X-X) 2φ6 co 10cm

Odcinek 2 od x₁/L=0.17 do x₂/L=0.82: (Y-Y) 2φ6 (X-X) 2φ6 co 25cm

Odcinek 3 od x₁/L=0.82 do x₂/L=1.00: (Y-Y) 2φ6 (X-X) 2φ6 co 10cm



Widok elementu



Całkowite wyężenie elementu: 97%

Zbrojenie główne: 69 %

Ścinanie: 97 %

Zbrojenie główne (ścinanie): 53 %

Rysy prostopadłe: 54 %

Rysy ukośne: 62 %

Przemieszczenia (sprężyste): 5 %

Ugięcia: 17 %

Wyniki szczegółowe

Zbrojenie minimalne (0.0 %)

Przekrój: x/L=1.000, L=5.79m; Kombinacja: max Mx (+0,-1,-3,)

Zbrojenie minimalne przy zginaniu bez udziału siły podłużnej dla przekroju prostokątnego oraz teowego z półką w strefie ściskanej:

$$A_{s1,min} = 0.26 \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} bd = 0.26 \frac{2.6}{240.0} 25.0 \cdot 53.5 = 3.9 \text{ cm}^2 < 26.5 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1,min} = 0.0013 bd = 0.0013 \cdot 25.0 \cdot 53.5 = 1.7 \text{ cm}^2 < 26.5 \text{ cm}^2$$

Minimalne (sumaryczne) pole zbrojenia ze względu na rysy:

$$A_{s,min} = k_c k_{f,ct,eff} \frac{A_{ct}}{\sigma_{s,lim}} = \frac{0.4 \cdot 1.0 \cdot 0.26 \cdot 1559.7}{20.0} = 8.1 \text{ cm}^2 < 26.5 \text{ cm}^2 = A_{s1}$$

Przekrój: $x/L=0.500$, $L=2.89m$; Kombinacja: $\max M_x (+0,+1,+2,+3,)$

$x/L=0.500$ ($\max M_x$)

Nośność przy zginaniu:

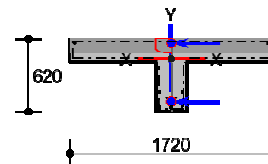
$$M_{Rd} = 285.9kNm > 178.2kNm = M_{Sd}$$

Odształcenia:

$$\varepsilon_{s1} = -0.00089 > -0.0100$$

$$\varepsilon_{cu} = 0.00024 < 0.0035$$

$$\varepsilon_c = -0.00027 < 0.0020$$



Zbrojenie główne (ściananie) (52.9 %)

Przekrój: $x/L=0.853$, $L=4.94m$; Kombinacja: $\max M_x (+0,+1,+2,+3,)$

Siły przekrojowe: $N_{Sd} = 0.0kN$, $M_{Sd} = 89.4kNm$, $V_{Sd} = 87.7kN$

Przyrost siły w zbrojeniu głównym: $\Delta F_{td} = 0.5V_{Sd}\cot\theta = 0.5 \cdot 87.7 \cdot 2.000 = 87.7kN$

Sumaryczna siła w zbrojeniu rozciągającym: $F_{td} = \varepsilon_{s1}A_{s1}E_s = 0.00039 \cdot 26.5 \cdot 20000.0 = 206.7kN$

Maksymalna siła w zbr. rozciągającym na długości elementu: $\max F_{td} = 387.9kN$

Warunek nośności: $\min(F_{td} + \Delta F_{td}, \max F_{td}) = 294.4kN < 556.5kN = A_{s1}f_{yd} = 26.5 \cdot 21.0$

Ściananie (97.0%)

Przekrój: $x/L=1.000$, $L=5.79m$; Kombinacja: $\max N (+0,+1,+2,+3,)$

Weryfikacja zbrojenia strzemionami dla siły tnącej: $Y-Y$

Pochylenie betonowych krzyżulców: $\cot\theta = 2.000$

Nośność obliczeniowa ze względu na rozciąganie betonowych krzyżulców:

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

$$V_{Rd1} = [0.35 \cdot 1.065 \cdot 0.12(1.2 + 40 \cdot 0.01) + 0.15 \cdot 0.000] \cdot 25.0 \cdot 53.5 = 95.7kN$$

$$V_{Rd1} = 95.7kN < 110.7kN = V \rightarrow \text{odcinek drugiego rodzaju}$$

gdzie przyjęto:

– $k = 1.065$ (do podpory doprowadzono więcej niż 50% rozciąganego zbrojenia)

– $\rho_L = \min\left(0.01, \frac{A_{sl}}{b_w d}\right) = \min\left(0.01, \frac{26.5}{25.0 \cdot 53.5}\right) = 0.01$

W A_{sl} uwzględnione są pręty zakotwione na długości nie mniejszej niż $\max(l_{bd} + a_L, l_{b,min}) + d$, gdzie l_{bd} wyznaczane jest dla bieżącej współrzędnej z pominięciem ΔF_{td} .

Nośność obliczeniowa ze względu na ściananie betonowych krzyżulców:

$$V_{Rd2} = v f_{cd} b_w z \frac{\cot\theta}{1 + \cot^2\theta} = 0.540 \cdot 1.67 \cdot 25.0 \cdot 48.2 \frac{2.000}{1 + 2.000^2} = 433.8kN$$

gdzie przyjęto:

– $v = 0.6(1 - f_{ck}/250) = 0.6(1 - 25.0/250) = 0.540$

Korekta ze względu na siłę ściskającą:

$$V_{Rd2,red} = \alpha_c V_{Rd2} \rightarrow \alpha_c(\sigma_{cp}) = \alpha_c(0.000) = 1.000MPa \rightarrow V_{Rd2,red} = 433.8kN$$

Nośność obliczeniowa ze względu na rozciąganie strzemion:

$$V_{Rd3} = \frac{A_{sw1} f_{ywd1}}{s_1} z \cot\theta = \frac{0.57 \cdot 21.0}{10.0} 48.2 \cdot 2.000 = 114.5kN$$

Warunki nośności:

$$V_{Rd2} = 433.8kN > 110.7kN$$

$$V_{Rd3} = 114.5kN < 110.7kN$$

Rysy prostopadłe (54.5 %)

Przekrój: $x/L=0.500$, $L=2.89m$; Kombinacja: $\min N_SGU (+0,-1,-3,)$

Średni rozstaw rys:

$$s_{rm} = 50 + 0.25k_1 k_2 \frac{\phi}{\rho_r} = 50 + 0.25 \cdot 1.600 \cdot 0.500 \frac{26.0}{0.0421} = 173.5mm$$

gdzie przyjęto:

– $k_1 = 1.600$ (pręty gładkie), $k_2 = 0.500$ (ściskanie lub/i zginanie),

– efektywny stopień zbrojenia: $\rho_r = A_s/A_{ct,eff} = 15.9/378.2 = 0.0421$

Średnie odształcenie zbrojenia rozciąganego:

$$\varepsilon_{sm} = \frac{\sigma_s}{E_s} \left[1 - \beta_1 \beta_2 \left(\frac{\sigma_{sr}}{\sigma_s} \right)^2 \right] = \frac{120.2}{200000.0} (1 - 0.500 \cdot 1.000 \cdot 0.454^2) = 0.000539$$

gdzie przyjęto:

– $\beta_1 = 0.500$ (pręty gładkie), $\beta_2 = 1.000$ (jednokrotne obciążenie krótkotrwałe),

$$\frac{\sigma_{sr}}{\sigma_s} = \frac{M_{cr}}{M_{Sd}} = \frac{f_{ctm} W_c}{M_{Sd}} = \frac{2600.0 \cdot 0.0230}{131.6} = 0.454$$

Obliczeniowa szerokość rys prostopadłych do osi elementu:

$$w_k = \beta s_{rm} \epsilon_{sm} = 1.7 \cdot 173.5 \cdot 0.000539 = 0.16 \text{ mm} < 0.30 \text{ mm} = w_{k,lim.}$$

gdzie przyjęto:

- $\beta = 1.7$ (zarysowanie wywołane obciążeniem),

Rysy ukośne (61.8 %)

Przekrój: $x/L=0.000$, $L=0.00m$; Kombinacja: $min N_SGU (+0,-1,-3,)$

Obliczenie rys ukośnych dla siły tnącej: Y-Y

$$\text{Napężenia tnące: } \tau = \frac{V_{sd}}{b_w d} = \frac{110.7}{25.0 \cdot 57.8} = 0.077 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} = 0.77 \text{ MPa}$$

$$\text{Stopień zbrojenia strzemionami: } \rho_w = \frac{A_{sw1}}{s_1 b_w} = \frac{0.6}{10.0 \cdot 25.0} = 0.00226$$

$$\text{Współczynnik } \lambda: \lambda = \frac{\eta \phi}{3 \rho_w} = \frac{1.0 \cdot 6.0}{3 \cdot 0.00226} = 884.2$$

gdzie przyjęto:

- $\eta = 1.0$ (pręty gładkie)

Obliczeniowa szerokość rys ukośnych:

$$w_k = \frac{4 \tau^2 \lambda}{\rho_w E_s f_{ck}} = \frac{4 \cdot 0.77^2 \cdot 884.2}{0.00226 \cdot 200000.0 \cdot 25.0} = 0.18 \text{ mm} < 0.30 \text{ mm} = w_{k,lim.}$$

Przemieszczenia (sprężyste) (4.9 %)

Przekrój: $x/L=0.500$, $L=2.89m$; Kombinacja: $ext U (0,1,S2,3,)$

Przemieszczenia prostopadłe do osi elementu wyznaczone w układzie centralnym przekroju:

1. Y-Y: $v_y = |-1.4 \text{ mm}| < 28.9 \text{ mm} = v_{y,lim}$

2. X-X: $v_x = |-0.0 \text{ mm}| < 28.9 \text{ mm} = v_{x,lim}$

Przemieszczenie wzdłuż osi elementu: $u = |-0.0 \text{ mm}| < 28.9 \text{ mm} = u_{lim}$

Ugięcia (17.3 %)

Przekrój: $x/L=0.500$, $L=2.89m$; Kombinacja: $max v (0,1,S2,3,)$

Obciążenia: tylko część długotrwała; schemat statyczny elementu: belka wolnopodparta

$$\text{Efektywny moduł sprężystości betonu: } E_{c,eff} = \frac{E_{cm}}{1 + \phi(\infty, t_0)} = \frac{31000.0}{1 + 2.600} = 8611.1 \text{ MPa}$$

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 $B_\infty = E_{c,eff} I_I$ lub $B_0 = E_{cm} I_I$ odpowiednio przy obciążeniu długotrwałym i krótkotrwałym, natomiast sztywność przekrojów zarysowanych wyznaczono wg wzoru:

$$B_\infty = \frac{E_{c,eff} I_I}{1 - \beta \left(\frac{\sigma_{sr}}{\sigma_s} \right)^2 \left(1 - \frac{I_I}{I_{II}} \right)},$$

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

Warunek projektowy (kierunek Y-Y): $a = 5.0 \text{ mm} < 28.9 \text{ mm} = a_{lim.}$