

## Pręt nr 0 - Płyta żelbetowa jednokierunkowo zbrojona wg PN-EN 1992-1-1:2004

### Informacje o elemencie

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

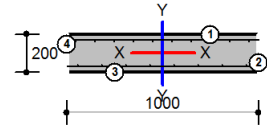
Węzły: 0 (x=0.000m, y=0.000m); 1 (x=6.000m, y=0.000m)

Profil: Pr 1000x200 (C30/37)

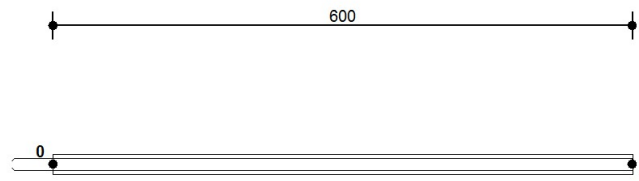
### Zbrojenie podłużne (RB500W (A))

Krawędź 1 - 10 $\phi$ 12 (co 10.0cm); od L1=0.00m do L2=6.00m; lbd1=0.41m; lbd2=9.41m

Krawędź 3 - 8 $\phi$ 12 (co 12.5cm); od L1=0.00m do L2=6.00m; lbd1=0.41m; lbd2=9.41m



### Widok elementu



### Całkowite wyężenie elementu: 90%

Zbrojenie główne: 90 %

Ścinanie: 61 %

Zbrojenie główne (ściananie): 0 %

Rysy prostopadłe: 75 %

Ugięcia: 90 %

Zbrojenie minimalne: 0 %

Zbrojenie minimalne (rysy): 0 %

Zakotwienie zbrojenia: 0 %

Rozstaw strzemion: 0 %

Zbrojenie min. strzemionami: 0 %

Smukłość: 0 %

## Wyniki w punktach charakterystycznych

| Nr | Rzędna | Obwiednia  | Warunek                    | Wyłączenie |
|----|--------|------------|----------------------------|------------|
| 0  | 0.000  | min Ty_SGU | Zbrojenie minimalne (rysy) | 0.0 %      |
| 1  | 0.000  | min Mx     | Ścinanie                   | 12.8 %     |
| 2  | 0.000  | max N_SGU  | Zbrojenie minimalne (rysy) | 0.0 %      |
| 3  | 0.000  | max Mx_SGU | Zbrojenie minimalne (rysy) | 0.0 %      |
| 4  | 0.000  | min Ty     | Ścinanie                   | 12.8 %     |
| 5  | 0.000  | ---        | Smukłość                   | 0.0 %      |
| 6  | 0.000  | max N      | Ścinanie                   | 12.8 %     |
| 7  | 0.000  | max Ty_SGU | Zbrojenie minimalne (rysy) | 0.0 %      |
| 8  | 0.000  | min Mx_SGU | Zbrojenie minimalne (rysy) | 0.0 %      |
| 9  | 0.000  | max Ty     | Ścinanie                   | 53.6 %     |
| 10 | 0.000  | min N_SGU  | Zbrojenie minimalne (rysy) | 0.0 %      |
| 11 | 0.000  | min N      | Ścinanie                   | 53.6 %     |
| 12 | 0.000  | max Mx     | Ścinanie                   | 12.8 %     |
| 13 | 0.167  | min Ty_SGU | Zbrojenie minimalne (rysy) | 0.0 %      |
| 14 | 0.167  | min Mx     | Zbrojenie główne           | 14.4 %     |
| 15 | 0.167  | max N_SGU  | Zbrojenie minimalne (rysy) | 0.0 %      |
| 16 | 0.167  | max Mx_SGU | Rysy prostopadłe           | 46.9 %     |
| 17 | 0.167  | min Ty     | Zbrojenie główne           | 14.4 %     |
| 18 | 0.167  | ---        | Smukłość                   | 0.0 %      |
| 19 | 0.167  | max N      | Zbrojenie główne           | 14.4 %     |
| 20 | 0.167  | max Ty_SGU | Rysy prostopadłe           | 46.9 %     |
| 21 | 0.167  | min Mx_SGU | Zbrojenie minimalne (rysy) | 0.0 %      |
| 22 | 0.167  | max Ty     | Zbrojenie główne           | 60.2 %     |
| 23 | 0.167  | min N_SGU  | Rysy prostopadłe           | 46.9 %     |
| 24 | 0.167  | min N      | Zbrojenie główne           | 60.2 %     |
| 25 | 0.167  | max Mx     | Zbrojenie główne           | 60.2 %     |
| 26 | 0.333  | min Ty_SGU | Zbrojenie minimalne (rysy) | 0.0 %      |
| 27 | 0.333  | min Mx     | Zbrojenie główne           | 21.3 %     |
| 28 | 0.333  | max N_SGU  | Zbrojenie minimalne (rysy) | 0.0 %      |
| 29 | 0.333  | max Mx_SGU | Rysy prostopadłe           | 75.1 %     |
| 30 | 0.333  | min Ty     | Zbrojenie główne           | 21.3 %     |
| 31 | 0.333  | ---        | Smukłość                   | 0.0 %      |
| 32 | 0.333  | max N      | Zbrojenie główne           | 21.3 %     |
| 33 | 0.333  | max Ty_SGU | Rysy prostopadłe           | 75.1 %     |
| 34 | 0.333  | min Mx_SGU | Zbrojenie minimalne (rysy) | 0.0 %      |
| 35 | 0.333  | max Ty     | Zbrojenie główne           | 89.0 %     |
| 36 | 0.333  | min N_SGU  | Rysy prostopadłe           | 75.1 %     |
| 37 | 0.333  | min N      | Zbrojenie główne           | 89.0 %     |

|    |       |            |                            |        |
|----|-------|------------|----------------------------|--------|
| 38 | 0.333 | max Mx     | Zbrojenie główne           | 89.0 % |
| 39 | 0.500 | min Ty_SGU | Rysy prostopadłe           | 71.7 % |
| 40 | 0.500 | min Mx     | Zbrojenie główne           | 20.7 % |
| 41 | 0.500 | max N_SGU  | Zbrojenie minimalne (rysy) | 0.0 %  |
| 42 | 0.500 | max Mx_SGU | Rysy prostopadłe           | 71.7 % |
| 43 | 0.500 | min Ty     | Zbrojenie główne           | 86.4 % |
| 44 | 0.500 | ---        | Smukłość                   | 0.0 %  |
| 45 | 0.500 | max N      | Zbrojenie główne           | 20.7 % |
| 46 | 0.500 | max Ty_SGU | Zbrojenie minimalne (rysy) | 0.0 %  |
| 47 | 0.500 | min Mx_SGU | Zbrojenie minimalne (rysy) | 0.0 %  |
| 48 | 0.500 | max Ty     | Zbrojenie główne           | 20.7 % |
| 49 | 0.500 | min N_SGU  | Rysy prostopadłe           | 71.7 % |
| 50 | 0.500 | min N      | Zbrojenie główne           | 86.4 % |
| 51 | 0.500 | max Mx     | Zbrojenie główne           | 86.4 % |
| 52 | 0.667 | min Ty_SGU | Rysy prostopadłe           | 40.8 % |
| 53 | 0.667 | min Mx     | Zbrojenie główne           | 12.5 % |
| 54 | 0.667 | max N_SGU  | Rysy prostopadłe           | 40.8 % |
| 55 | 0.667 | max Mx_SGU | Rysy prostopadłe           | 40.8 % |
| 56 | 0.667 | min Ty     | Zbrojenie główne           | 52.4 % |
| 57 | 0.667 | ---        | Smukłość                   | 0.0 %  |
| 58 | 0.667 | max N      | Zbrojenie główne           | 52.4 % |
| 59 | 0.667 | max Ty_SGU | Zbrojenie minimalne (rysy) | 0.0 %  |
| 60 | 0.667 | min Mx_SGU | Zbrojenie minimalne (rysy) | 0.0 %  |
| 61 | 0.667 | max Ty     | Zbrojenie główne           | 12.5 % |
| 62 | 0.667 | min N_SGU  | Zbrojenie minimalne (rysy) | 0.0 %  |
| 63 | 0.667 | min N      | Zbrojenie główne           | 12.5 % |
| 64 | 0.667 | max Mx     | Zbrojenie główne           | 52.4 % |
| 65 | 0.833 | min Ty_SGU | Zbrojenie minimalne (rysy) | 0.0 %  |
| 66 | 0.833 | min Mx     | Ścinanie                   | 44.0 % |
| 67 | 0.833 | max N_SGU  | Zbrojenie minimalne (rysy) | 0.0 %  |
| 68 | 0.833 | max Mx_SGU | Zbrojenie minimalne (rysy) | 0.0 %  |
| 69 | 0.833 | min Ty     | Ścinanie                   | 44.0 % |
| 70 | 0.833 | ---        | Smukłość                   | 0.0 %  |
| 71 | 0.833 | max N      | Ścinanie                   | 44.0 % |
| 72 | 0.833 | max Ty_SGU | Zbrojenie minimalne (rysy) | 0.0 %  |
| 73 | 0.833 | min Mx_SGU | Zbrojenie minimalne (rysy) | 0.0 %  |
| 74 | 0.833 | max Ty     | Ścinanie                   | 10.5 % |
| 75 | 0.833 | min N_SGU  | Zbrojenie minimalne (rysy) | 0.0 %  |
| 76 | 0.833 | min N      | Ścinanie                   | 10.5 % |
| 77 | 0.833 | max Mx     | Ścinanie                   | 10.5 % |
| 78 | 1.000 | min Ty_SGU | Rysy prostopadłe           | 73.1 % |

|    |       |            |                            |        |
|----|-------|------------|----------------------------|--------|
| 79 | 1.000 | min Mx     | Zbrojenie główne           | 90.4 % |
| 80 | 1.000 | max N_SGU  | Rysy prostopadłe           | 73.1 % |
| 81 | 1.000 | max Mx_SGU | Zbrojenie minimalne (rysy) | 0.0 %  |
| 82 | 1.000 | min Ty     | Zbrojenie główne           | 90.4 % |
| 83 | 1.000 | ---        | Smukłość                   | 0.0 %  |
| 84 | 1.000 | max N      | Zbrojenie główne           | 90.4 % |
| 85 | 1.000 | max Ty_SGU | Zbrojenie minimalne (rysy) | 0.0 %  |
| 86 | 1.000 | min Mx_SGU | Rysy prostopadłe           | 73.1 % |
| 87 | 1.000 | max Ty     | Zbrojenie główne           | 21.6 % |
| 88 | 1.000 | min N_SGU  | Zbrojenie minimalne (rysy) | 0.0 %  |
| 89 | 1.000 | min N      | Zbrojenie główne           | 21.6 % |
| 90 | 1.000 | max Mx     | Zbrojenie główne           | 21.6 % |
| 91 | 0.440 | max v      | Ugięcia                    | 89.8 % |

## Wyniki szczegółowe

### Zbrojenie minimalne (0.0 %)

Przekrój:  $x/L=0.667$ ,  $L=4.00m$ ; Kombinacja: max Mx (+0,+1,+2,)

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

$$A_{s1,min} = 0.26 \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} bd = 0.26 \frac{2.9}{500.0} 100.0 \cdot 16.3 = 2.5 \text{ cm}^2 < 9.0 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1,min} = 0.0013 bd = 0.0013 \cdot 100.0 \cdot 16.3 = 2.1 \text{ cm}^2 < 9.0 \text{ cm}^2$$

### Zbrojenie minimalne ze względu na rysy

Minimalne (sumaryczne) pole zbrojenia ze względu na rysy:

$$A_{s,min} = k_c k f_{ct,eff} \frac{A_{ct}}{\sigma_{s,lim}} = \frac{0.400 \cdot 1.0 \cdot 0.29 \cdot 1032.0}{28.0} = 4.3 \text{ cm}^2 < 9.0 \text{ cm}^2 = A_{s1}$$

gdzie:

$$k_c = \min \left[ 0.4 \left( 1 - \frac{\sigma_c}{k_1 \frac{h}{h} f_{ct,eff}} \right), 1.0 \right] = \min \left[ 0.4 \left( 1 - \frac{0.00}{1.50 \frac{20.0}{20.0} 0.29} \right), 1.0 \right] = 0.400$$

### Zbrojenie główne (90.4 %)

Przekrój:  $x/L=1.000$ ,  $L=6.00m$ ; Kombinacja: max N (+0,+1,+2,)

Dane :  $\alpha_{cc} = 1.00$ ,  $x_{eff} = 4.9\text{cm}$ ,  $a_1 = 3.5\text{cm}$ ,  $d = 16.3\text{cm}$

Nośność przy ściskaniu/rozciąganiu:

$$\min N_{Rd} = -4173.4\text{kN} < 0.0\text{kN} = N_{Sd}$$

$$\max N_{Rd} = 99.2\text{kN} > 0.0\text{kN} = N_{Sd}$$

Nośność przy zginaniu:

$$M_{Rd} = 76.3\text{kNm} > 69.0\text{kNm} = M_{Sd}$$

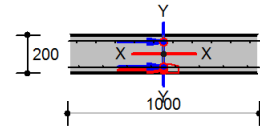
Odkształcenia:

$$\varepsilon_{sl} = -0.00211 > -0.0100$$

$$\varepsilon_{cu} = 0.00091 < 0.0035$$

$$\varepsilon_c = -0.00067 < 0.0020$$

$x/L = 1.000$  (max N)



### Ścinanie (61.0 %)

Przekrój:  $x/L = 1.000$ ,  $L = 6.00\text{m}$ ; Kombinacja: max N (+0, +1, +2,)

Weryfikacja zbrojenia strzemionami dla siły tnącej: Y-Y

Obliczeniowa nośność elementu bez zbrojenia na ścinanie (rozciąganie betonowych krzyżulców):

$$V_{Rd,c} = \left[ 0.18 / \gamma_c k \left( 100 \rho_L f_{ck} \right)^{1/3} + 0.15 \sigma_{cp} \right] b_w d$$

$$V_{Rd,c} = \left[ 0.18 / 1.4 \cdot 2.000 \left( 100 \cdot 6.896e-03 \cdot 3.00 \right)^{1/3} + 0.15 \cdot 0.000 \right] \cdot 100.0 \cdot 16.4 = 115.8 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,c,min} = \left( v_{min} + k_1 \sigma_{cp} \right) b_w d = \left( 0.542 + 2.000 \cdot 0.000 \right) 1.0 \cdot 0.2 = 88.9 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,c} = \max \left( V_{Rd,c}, V_{Rd,c,min} \right) = 115.8 \text{ kN} > 70.6 \text{ kN} = V_{Ed} \rightarrow \text{zbrojenie nie jest wymagane}$$

gdzie przyjęto:

$$- k = 1 + \sqrt{200/d} = 2.000$$

$$- \rho_L = \frac{A_{sl}}{b_w d} = \frac{11.31}{100.0 \cdot 16.4} = 6.896e-03$$

$$- v_{min} = 0.035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2} = 0.035 \cdot 2.000^{3/2} \cdot 30.0^{1/2} = 0.542$$

Nośność obliczeniowa ze względu na ściskanie betonowych krzyżulców:

$$V_{Rd,max} = 0.5 v b_w d f_{cd} = 0.5 \cdot 0.528 \cdot 100.0 \cdot 16.4 \cdot 2.14 = 927.8 \text{ kN}$$

gdzie przyjęto:

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

Warunki nośności:

$$V_{Rd,c} = 115.8 \text{ kN} > 70.6 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,max} = 927.8 \text{ kN} > 70.6 \text{ kN}$$

### Rysy prostopadłe (75.1 %)

Przekrój:  $x/L = 0.333$ ,  $L = 2.00\text{m}$ ; Kombinacja: min N\_SGU (0, 1, S2,)

Stosunek naprężeń rysujących do aktualnych:

$$\frac{\sigma_{sr}}{\sigma_s} = \frac{M_{cr}}{M_{Ed}} = \frac{f_{ct,eff} W_c}{M_{Ed}} = \frac{2.9 \cdot 0.0069}{41.7} = 0.480$$

Maksymalny rozstaw rys:

$$S_{r,max} = k_3 c + k_1 k_2 k_4 \frac{\phi}{\rho_{p,eff}} = 3.4 \cdot 30 + 0.8 \cdot 0.500 \cdot 0.425 \frac{12.0}{0.0174} = 219.2 \text{ mm}$$

gdzie przyjęto:

$$- k_1 = 0.8 \text{ (pręty żebrowane)}, \quad k_2 = 0.500 \text{ (ściskanie lub/i zginanie)},$$

– efektywny stopień zbrojenia:  $\rho_r = A_s / A_{c,eff} = 9.0 / 520.0 = 0.0174$

Różnica średniego odkształcenia zbrojenia rozciąganego i betonu:

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{\sigma_s - k_t \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}} (1 + \alpha_{et} \rho_{p,eff})}{E_s} = \frac{316.5 - 0.6 \frac{2.9}{0.0174} (1 + 6.25 \cdot 0.0174)}{200000.0} = 0.001028$$

gdzie przyjęto:

–  $k_t = 0.6$  (obc. krótkotrwałe),

Obliczeniowa szerokość rys prostopadłych do osi elementu:

$$w_k = s_{r,max} (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = 219.2 \cdot 0.001028 = 0.23 \text{ mm} < 0.30 \text{ mm} = w_{k,lim.}$$

### Ugięcia (89.8 %)

Przekrój:  $x/L = 0.440$ ,  $L = 2.64\text{m}$ ; Kombinacja:  $\max v (0, 1, S2,)$

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

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

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

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

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

Warunek projektowy (kierunek Y-Y):  $a = 40.4 \text{ mm} < 45.0 \text{ mm} = a_{lim.}$

## Pręt nr 1 - Płyta żelbetowa jednokierunkowo zbrojona wg PN-EN 1992-1-1:2004

### Informacje o elemencie

Nazwa/Opis: element nr 1 (belka) - Brak opisu elementu.

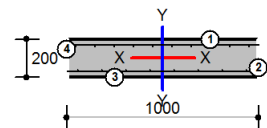
Węzły: 1 ( $x=6.000\text{m}$ ,  $y=0.000\text{m}$ ); 2 ( $x=11.000\text{m}$ ,  $y=0.000\text{m}$ )

Profil: Pr 1000x200 (C30/37)

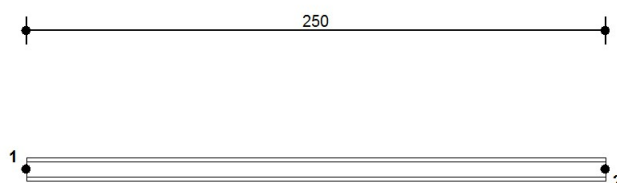
### Zbrojenie podłużne (RB500W (A))

Krawędź 1 -  $10\phi 12$  (co  $10.0\text{cm}$ ); od  $L1=0.00\text{m}$  do  $L2=5.00\text{m}$ ; lbd1=6.41m; lbd2=4.41m

Krawędź 3 -  $8\phi 12$  (co  $12.5\text{cm}$ ); od  $L1=0.00\text{m}$  do  $L2=5.00\text{m}$ ; lbd1=6.41m; lbd2=4.41m



### Widok elementu

**Całkowite wyężenie elementu: 90%**

Zbrojenie główne: 90 %

Ścinanie: 49 %

Zbrojenie główne (ścinanie): 0 %

Rysy prostopadłe: 73 %

Ugięcia: 4 %

Zbrojenie minimalne: 0 %

Zbrojenie minimalne (rysy): 0 %

Zakotwienie zbrojenia: 0 %

Rozstaw strzemion: 0 %

Zbrojenie min. strzemionami: 0 %

Smukłość: 0 %

## Wyniki w punktach charakterystycznych

| Nr | Rzędna | Obwiednia     | Warunek                    | Wyężenie |
|----|--------|---------------|----------------------------|----------|
| 0  | 0.000  | min Ty_SGU    | Zbrojenie minimalne (rysy) | 0.0 %    |
| 1  | 0.000  | min Mx        | Zbrojenie główne           | 90.4 %   |
| 2  | 0.000  | max N_SGU     | Zbrojenie minimalne (rysy) | 0.0 %    |
| 3  | 0.000  | max<br>Mx_SGU | Zbrojenie minimalne (rysy) | 0.0 %    |
| 4  | 0.000  | min Ty        | Zbrojenie główne           | 21.6 %   |
| 5  | 0.000  | ---           | Smukłość                   | 0.0 %    |
| 6  | 0.000  | max N         | Zbrojenie główne           | 21.6 %   |
| 7  | 0.000  | max<br>Ty_SGU | Rysy prostopadłe           | 73.1 %   |
| 8  | 0.000  | min<br>Mx_SGU | Rysy prostopadłe           | 73.1 %   |
| 9  | 0.000  | max Ty        | Zbrojenie główne           | 90.4 %   |
| 10 | 0.000  | min N_SGU     | Rysy prostopadłe           | 73.1 %   |
| 11 | 0.000  | min N         | Zbrojenie główne           | 90.4 %   |

|    |       |            |                            |        |
|----|-------|------------|----------------------------|--------|
| 12 | 0.000 | max Mx     | Zbrojenie główne           | 21.6 % |
| 13 | 0.167 | min Ty_SGU | Zbrojenie minimalne (rysy) | 0.0 %  |
| 14 | 0.167 | min Mx     | Zbrojenie główne           | 37.6 % |
| 15 | 0.167 | max N_SGU  | Zbrojenie minimalne (rysy) | 0.0 %  |
| 16 | 0.167 | max Mx_SGU | Zbrojenie minimalne (rysy) | 0.0 %  |
| 17 | 0.167 | min Ty     | Zbrojenie główne           | 9.0 %  |
| 18 | 0.167 | ---        | Smukłość                   | 0.0 %  |
| 19 | 0.167 | max N      | Zbrojenie główne           | 9.0 %  |
| 20 | 0.167 | max Ty_SGU | Rysy prostopadłe           | 25.0 % |
| 21 | 0.167 | min Mx_SGU | Rysy prostopadłe           | 25.0 % |
| 22 | 0.167 | max Ty     | Zbrojenie główne           | 37.6 % |
| 23 | 0.167 | min N_SGU  | Rysy prostopadłe           | 25.0 % |
| 24 | 0.167 | min N      | Zbrojenie główne           | 37.6 % |
| 25 | 0.167 | max Mx     | Zbrojenie główne           | 9.0 %  |
| 26 | 0.333 | min Ty_SGU | Zbrojenie minimalne (rysy) | 0.0 %  |
| 27 | 0.333 | min Mx     | Ścinanie                   | 20.5 % |
| 28 | 0.333 | max N_SGU  | Zbrojenie minimalne (rysy) | 0.0 %  |
| 29 | 0.333 | max Mx_SGU | Zbrojenie minimalne (rysy) | 0.0 %  |
| 30 | 0.333 | min Ty     | Ścinanie                   | 5.3 %  |
| 31 | 0.333 | ---        | Smukłość                   | 0.0 %  |
| 32 | 0.333 | max N      | Ścinanie                   | 5.3 %  |
| 33 | 0.333 | max Ty_SGU | Zbrojenie minimalne (rysy) | 0.0 %  |
| 34 | 0.333 | min Mx_SGU | Zbrojenie minimalne (rysy) | 0.0 %  |
| 35 | 0.333 | max Ty     | Ścinanie                   | 20.5 % |
| 36 | 0.333 | min N_SGU  | Zbrojenie minimalne (rysy) | 0.0 %  |
| 37 | 0.333 | min N      | Ścinanie                   | 20.5 % |
| 38 | 0.333 | max Mx     | Ścinanie                   | 5.3 %  |
| 39 | 0.500 | min Ty_SGU | Zbrojenie minimalne (rysy) | 0.0 %  |
| 40 | 0.500 | min Mx     | Zbrojenie główne           | 4.1 %  |
| 41 | 0.500 | max N_SGU  | Zbrojenie minimalne (rysy) | 0.0 %  |
| 42 | 0.500 | max Mx_SGU | Zbrojenie minimalne (rysy) | 0.0 %  |
| 43 | 0.500 | min Ty     | Zbrojenie główne           | 4.1 %  |
| 44 | 0.500 | ---        | Smukłość                   | 0.0 %  |
| 45 | 0.500 | max N      | Zbrojenie główne           | 4.1 %  |
| 46 | 0.500 | max Ty_SGU | Zbrojenie minimalne (rysy) | 0.0 %  |
| 47 | 0.500 | min Mx_SGU | Zbrojenie minimalne (rysy) | 0.0 %  |
| 48 | 0.500 | max Ty     | Zbrojenie główne           | 17.3 % |
| 49 | 0.500 | min N_SGU  | Zbrojenie minimalne (rysy) | 0.0 %  |
| 50 | 0.500 | min N      | Zbrojenie główne           | 4.1 %  |
| 51 | 0.500 | max Mx     | Zbrojenie główne           | 17.3 % |
| 52 | 0.667 | min Ty_SGU | Zbrojenie minimalne (rysy) | 0.0 %  |



|    |       |            |                            |        |
|----|-------|------------|----------------------------|--------|
| 53 | 0.667 | min Mx     | Zbrojenie główne           | 3.8 %  |
| 54 | 0.667 | max N_SGU  | Zbrojenie minimalne (rysy) | 0.0 %  |
| 55 | 0.667 | max Mx_SGU | Zbrojenie minimalne (rysy) | 0.0 %  |
| 56 | 0.667 | min Ty     | Zbrojenie główne           | 16.0 % |
| 57 | 0.667 | ---        | Smukłość                   | 0.0 %  |
| 58 | 0.667 | max N      | Zbrojenie główne           | 16.0 % |
| 59 | 0.667 | max Ty_SGU | Zbrojenie minimalne (rysy) | 0.0 %  |
| 60 | 0.667 | min Mx_SGU | Zbrojenie minimalne (rysy) | 0.0 %  |
| 61 | 0.667 | max Ty     | Zbrojenie główne           | 3.8 %  |
| 62 | 0.667 | min N_SGU  | Zbrojenie minimalne (rysy) | 0.0 %  |
| 63 | 0.667 | min N      | Zbrojenie główne           | 3.8 %  |
| 64 | 0.667 | max Mx     | Zbrojenie główne           | 16.0 % |
| 65 | 0.833 | min Ty_SGU | Zbrojenie minimalne (rysy) | 0.0 %  |
| 66 | 0.833 | min Mx     | Ścinanie                   | 22.1 % |
| 67 | 0.833 | max N_SGU  | Zbrojenie minimalne (rysy) | 0.0 %  |
| 68 | 0.833 | max Mx_SGU | Zbrojenie minimalne (rysy) | 0.0 %  |
| 69 | 0.833 | min Ty     | Ścinanie                   | 22.1 % |
| 70 | 0.833 | ---        | Smukłość                   | 0.0 %  |
| 71 | 0.833 | max N      | Ścinanie                   | 22.1 % |
| 72 | 0.833 | max Ty_SGU | Zbrojenie minimalne (rysy) | 0.0 %  |
| 73 | 0.833 | min Mx_SGU | Zbrojenie minimalne (rysy) | 0.0 %  |
| 74 | 0.833 | max Ty     | Ścinanie                   | 5.3 %  |
| 75 | 0.833 | min N_SGU  | Zbrojenie minimalne (rysy) | 0.0 %  |
| 76 | 0.833 | min N      | Ścinanie                   | 5.3 %  |
| 77 | 0.833 | max Mx     | Ścinanie                   | 5.3 %  |
| 78 | 1.000 | min Ty_SGU | Rysy prostopadłe           | 28.4 % |
| 79 | 1.000 | min Mx     | Zbrojenie główne           | 42.7 % |
| 80 | 1.000 | max N_SGU  | Rysy prostopadłe           | 28.4 % |
| 81 | 1.000 | max Mx_SGU | Zbrojenie minimalne (rysy) | 0.0 %  |
| 82 | 1.000 | min Ty     | Zbrojenie główne           | 42.7 % |
| 83 | 1.000 | ---        | Smukłość                   | 0.0 %  |
| 84 | 1.000 | max N      | Zbrojenie główne           | 42.7 % |
| 85 | 1.000 | max Ty_SGU | Zbrojenie minimalne (rysy) | 0.0 %  |
| 86 | 1.000 | min Mx_SGU | Rysy prostopadłe           | 28.4 % |
| 87 | 1.000 | max Ty     | Zbrojenie główne           | 10.2 % |
| 88 | 1.000 | min N_SGU  | Zbrojenie minimalne (rysy) | 0.0 %  |
| 89 | 1.000 | min N      | Zbrojenie główne           | 10.2 % |
| 90 | 1.000 | max Mx     | Zbrojenie główne           | 10.2 % |
| 91 | 0.140 | max v      | Ugięcia                    | 4.0 %  |

## Wyniki szczegółowe

**Zbrojenie minimalne (0.0 %)**Przekrój:  $x/L=0.667$ ,  $L=3.33m$ ; Kombinacja:  $\max M_x (+0,+1,+2)$ 

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

$$A_{s1,min} = 0.26 \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} bd = 0.26 \frac{2.9}{500.0} 100.0 \cdot 16.3 = 2.5 \text{ cm}^2 < 9.0 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1,min} = 0.0013 bd = 0.0013 \cdot 100.0 \cdot 16.3 = 2.1 \text{ cm}^2 < 9.0 \text{ cm}^2$$

**Zbrojenie minimalne ze względu na rysy**

Minimalne (sumaryczne) pole zbrojenia ze względu na rysy:

$$A_{s,min} = k_c k f_{ct,eff} \frac{A_{ct}}{\sigma_{s,lim.}} = \frac{0.400 \cdot 1.0 \cdot 0.29 \cdot 1000.0}{28.0} = 4.1 \text{ cm}^2 < 9.0 \text{ cm}^2 = A_{s1}$$

gdzie:

$$k_c = \min \left[ 0.4 \left( 1 - \frac{\sigma_c}{k_1 \frac{h}{h} f_{ct,eff}} \right), 1.0 \right] = \min \left[ 0.4 \left( 1 - \frac{-0.00}{0.67 \frac{100.0}{100.0} 0.29} \right), 1.0 \right] = 0.400$$

**Zbrojenie główne (90.4 %)**Przekrój:  $x/L=0.000$ ,  $L=0.00m$ ; Kombinacja:  $\min N (-0,-1,+2)$ Dane :  $\alpha_{cc}=1.00$ ,  $x_{eff}=4.9\text{cm}$ ,  $a_1=3.5\text{cm}$ ,  $d=16.3\text{cm}$ 

Nośność przy ściskaniu/rozciąganiu:

$$\min N_{Rd} = -4173.4\text{kN} < -0.0\text{kN} = N_{Sd}$$

$$\max N_{Rd} = 99.2\text{kN} > -0.0\text{kN} = N_{Sd}$$

Nośność przy zginaniu:

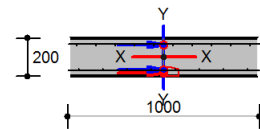
$$M_{Rd} = 76.3\text{kNm} > 69.0\text{kNm} = M_{Sd}$$

Odkształcenia:

$$\varepsilon_{sl} = -0.00211 > -0.0100$$

$$\varepsilon_{cu} = 0.00091 < 0.0035$$

$$\varepsilon_c = -0.00067 < 0.0020$$

 $x/L=0.000$  (min N)**Ścinanie (48.8 %)**Przekrój:  $x/L=0.000$ ,  $L=0.00m$ ; Kombinacja:  $\min N (-0,-1,+2)$ 

Weryfikacja zbrojenia strzemionami dla siły tnącej: Y-Y

Obliczeniowa nośność elementu bez zbrojenia na ścinanie (rozciąganie betonowych krzyżulców):

$$V_{Rd,c} = \left[ 0.18 / \gamma_c k \left( 100 \rho_L f_{ck} \right)^{1/3} + 0.15 \sigma_{cp} \right] b_w d$$

$$V_{Rd,c} = \left[ 0.18 / 1.4 \cdot 2.000 \left( 100 \cdot 6.896e-03 \cdot 3.00 \right)^{1/3} + 0.15 \cdot 0.000 \right] \cdot 100.0 \cdot 16.4 = 115.8 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,c,min} = (v_{min} + k_1 \sigma_{cp}) b_w d = (0.542 + 2.000 \cdot 0.000) 1.0 \cdot 0.2 = 88.9 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,c} = \max(V_{Rd,c}, V_{Rd,c,min}) = 115.8 \text{ kN} > 56.5 \text{ kN} = V_{Ed} \rightarrow \text{zbrojenie nie jest wymagane}$$

gdzie przyjęto:

$$- k = 1 + \sqrt{(200/d)} = 2.000$$

$$- \rho_L = \frac{A_{sl}}{b_w d} = \frac{11.31}{100.0 \cdot 16.4} = 6.896e-03$$

$$- v_{min} = 0.035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2} = 0.035 \cdot 2.000^{3/2} 30.0^{1/2} = 0.542$$

Nośność obliczeniowa ze względu na ściskanie betonowych krzyżulców:

$$V_{Rd,max} = 0.5 v b_w d f_{cd} = 0.5 \cdot 0.528 \cdot 100.0 \cdot 16.4 \cdot 2.14 = 927.8 \text{ kN}$$

gdzie przyjęto:

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

Warunki nośności:

$$V_{Rd,c} = 115.8 \text{ kN} > 56.5 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,max} = 927.8 \text{ kN} > 56.5 \text{ kN}$$

### Rysy prostopadłe (73.1 %)

Przekrój:  $x/L=0.000$ ,  $L=0.00m$ ; Kombinacja:  $\min N\_SGU(0,1,S2,)$

Stosunek naprężeń rysujących do aktualnych:

$$\frac{\sigma_{sr}}{\sigma_s} = \frac{M_{cr}}{M_{Ed}} = \frac{f_{ct,eff} W_c}{M_{Ed}} = \frac{2.9 \cdot 0.0069}{51.5} = 0.389$$

Maksymalny rozstaw rys:

$$S_{r,max} = k_3 c + k_1 k_2 k_4 \frac{\phi}{\rho_{p,eff}} = 3.4 \cdot 30 + 0.8 \cdot 0.500 \cdot 0.425 \frac{12.0}{0.0232} = 190.0 \text{ mm}$$

gdzie przyjęto:

$$- k_1 = 0.8 \text{ (pręty żebrowane)}, \quad k_2 = 0.500 \text{ (ściskanie lub/i zginanie)},$$

$$- \text{efektywny stopień zbrojenia: } \rho_r = A_s / A_{c,eff} = 11.3 / 488.0 = 0.0232$$

Różnica średniego odkształcenia zbrojenia rozciąganego i betonu:

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{\sigma_s - k_t \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}} (1 + \alpha_{et} \rho_{p,eff})}{E_s} = \frac{316.8 - 0.6 \frac{2.9}{0.0232} (1 + 6.25 \cdot 0.0232)}{200000.0} = 0.001154$$

gdzie przyjęto:

$$- k_t = 0.6 \text{ (obc. krótkotrwałe)},$$

Obliczeniowa szerokość rys prostopadłych do osi elementu:

$$w_k = S_{r,max} (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = 190.0 \cdot 0.001154 = 0.22 \text{ mm} < 0.30 \text{ mm} = w_{k,lim}$$

### Ugięcia (4.0 %)

Przekrój:  $x/L=0.140$ ,  $L=0.70m$ ; Kombinacja:  $\max v(0,1,S2,)$

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

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

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

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

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

Warunek projektowy (kierunek Y-Y):  $a = 1.8 \text{ mm} < 45.0 \text{ mm} = a_{lim}$ .

---

## Pręt nr 2 - Płyta żelbetowa jednokierunkowo zbrojona wg PN-EN 1992-1-1:2004

---

### Informacje o elemencie

Nazwa/Opis: element nr 2 (belka) - Brak opisu elementu.

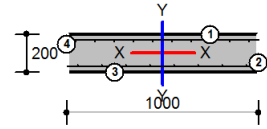
Węzły: 2 (x=11.000m, y=0.000m); 3 (x=15.000m, y=0.000m)

Profil: Pr 1000x200 (C30/37)

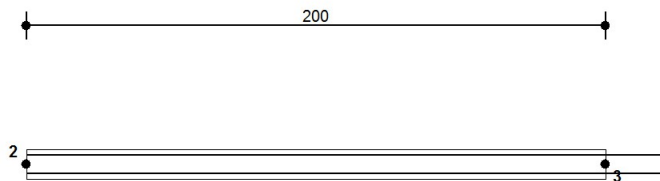
### Zbrojenie podłużne (RB500W (A))

Krawędź 1 - 10φ12 (co 10.0cm); od L1=0.00m do L2=4.00m; lbd1=11.41m; lbd2=0.41m

Krawędź 3 - 8φ12 (co 12.5cm); od L1=0.00m do L2=4.00m; lbd1=11.41m; lbd2=0.41m



### Widok elementu



### Całkowite wyężenie elementu: 43%

Zbrojenie główne: 43 %

Ścinanie: 41 %

Zbrojenie główne (ścinanie): 0 %

Rysy prostopadłe: 24 %

Ugięcia: 6 %

Zbrojenie minimalne: 0 %

Zbrojenie minimalne (rysy): 0 %

Zakotwienie zbrojenia: 0 %

Rozstaw strzemion: 0 %

Zbrojenie min. strzemionami: 0 %

Smukłość: 0 %

## Wyniki w punktach charakterystycznych

| Nr | Rzędna | Obwiednia  | Warunek                    | Wyłączenie |
|----|--------|------------|----------------------------|------------|
| 0  | 0.000  | min Ty_SGU | Zbrojenie minimalne (rysy) | 0.0 %      |
| 1  | 0.000  | min Mx     | Zbrojenie główne           | 42.7 %     |
| 2  | 0.000  | max N_SGU  | Zbrojenie minimalne (rysy) | 0.0 %      |
| 3  | 0.000  | max Mx_SGU | Zbrojenie minimalne (rysy) | 0.0 %      |
| 4  | 0.000  | min Ty     | Zbrojenie główne           | 10.2 %     |
| 5  | 0.000  | ---        | Smukłość                   | 0.0 %      |
| 6  | 0.000  | max N      | Zbrojenie główne           | 10.2 %     |
| 7  | 0.000  | max Ty_SGU | Rysy prostopadłe           | 24.3 %     |
| 8  | 0.000  | min Mx_SGU | Rysy prostopadłe           | 24.3 %     |
| 9  | 0.000  | max Ty     | Zbrojenie główne           | 42.7 %     |
| 10 | 0.000  | min N_SGU  | Rysy prostopadłe           | 24.3 %     |
| 11 | 0.000  | min N      | Zbrojenie główne           | 42.7 %     |
| 12 | 0.000  | max Mx     | Zbrojenie główne           | 10.2 %     |
| 13 | 0.167  | min Ty_SGU | Zbrojenie minimalne (rysy) | 0.0 %      |
| 14 | 0.167  | min Mx     | Ścinanie                   | 29.7 %     |
| 15 | 0.167  | max N_SGU  | Zbrojenie minimalne (rysy) | 0.0 %      |
| 16 | 0.167  | max Mx_SGU | Zbrojenie minimalne (rysy) | 0.0 %      |
| 17 | 0.167  | min Ty     | Ścinanie                   | 7.1 %      |
| 18 | 0.167  | ---        | Smukłość                   | 0.0 %      |
| 19 | 0.167  | max N      | Ścinanie                   | 7.1 %      |
| 20 | 0.167  | max Ty_SGU | Zbrojenie minimalne (rysy) | 0.0 %      |
| 21 | 0.167  | min Mx_SGU | Zbrojenie minimalne (rysy) | 0.0 %      |
| 22 | 0.167  | max Ty     | Ścinanie                   | 29.7 %     |
| 23 | 0.167  | min N_SGU  | Zbrojenie minimalne (rysy) | 0.0 %      |
| 24 | 0.167  | min N      | Ścinanie                   | 29.7 %     |
| 25 | 0.167  | max Mx     | Ścinanie                   | 7.1 %      |
| 26 | 0.333  | min Ty_SGU | Zbrojenie minimalne (rysy) | 0.0 %      |
| 27 | 0.333  | min Mx     | Zbrojenie główne           | 5.1 %      |
| 28 | 0.333  | max N_SGU  | Zbrojenie minimalne (rysy) | 0.0 %      |
| 29 | 0.333  | max Mx_SGU | Zbrojenie minimalne (rysy) | 0.0 %      |
| 30 | 0.333  | min Ty     | Zbrojenie główne           | 5.1 %      |
| 31 | 0.333  | ---        | Smukłość                   | 0.0 %      |
| 32 | 0.333  | max N      | Zbrojenie główne           | 5.1 %      |
| 33 | 0.333  | max Ty_SGU | Zbrojenie minimalne (rysy) | 0.0 %      |
| 34 | 0.333  | min Mx_SGU | Zbrojenie minimalne (rysy) | 0.0 %      |
| 35 | 0.333  | max Ty     | Zbrojenie główne           | 21.2 %     |
| 36 | 0.333  | min N_SGU  | Zbrojenie minimalne (rysy) | 0.0 %      |
| 37 | 0.333  | min N      | Zbrojenie główne           | 21.2 %     |

|    |       |            |                            |        |
|----|-------|------------|----------------------------|--------|
| 38 | 0.333 | max Mx     | Zbrojenie główne           | 21.2 % |
| 39 | 0.500 | min Ty_SGU | Zbrojenie minimalne (rysy) | 0.0 %  |
| 40 | 0.500 | min Mx     | Zbrojenie główne           | 8.8 %  |
| 41 | 0.500 | max N_SGU  | Zbrojenie minimalne (rysy) | 0.0 %  |
| 42 | 0.500 | max Mx_SGU | Zbrojenie minimalne (rysy) | 0.0 %  |
| 43 | 0.500 | min Ty     | Zbrojenie główne           | 8.8 %  |
| 44 | 0.500 | ---        | Smukłość                   | 0.0 %  |
| 45 | 0.500 | max N      | Zbrojenie główne           | 8.8 %  |
| 46 | 0.500 | max Ty_SGU | Zbrojenie minimalne (rysy) | 0.0 %  |
| 47 | 0.500 | min Mx_SGU | Zbrojenie minimalne (rysy) | 0.0 %  |
| 48 | 0.500 | max Ty     | Zbrojenie główne           | 36.9 % |
| 49 | 0.500 | min N_SGU  | Zbrojenie minimalne (rysy) | 0.0 %  |
| 50 | 0.500 | min N      | Zbrojenie główne           | 8.8 %  |
| 51 | 0.500 | max Mx     | Zbrojenie główne           | 36.9 % |
| 52 | 0.667 | min Ty_SGU | Zbrojenie minimalne (rysy) | 0.0 %  |
| 53 | 0.667 | min Mx     | Zbrojenie główne           | 9.2 %  |
| 54 | 0.667 | max N_SGU  | Zbrojenie minimalne (rysy) | 0.0 %  |
| 55 | 0.667 | max Mx_SGU | Zbrojenie minimalne (rysy) | 0.0 %  |
| 56 | 0.667 | min Ty     | Zbrojenie główne           | 38.6 % |
| 57 | 0.667 | ---        | Smukłość                   | 0.0 %  |
| 58 | 0.667 | max N      | Zbrojenie główne           | 38.6 % |
| 59 | 0.667 | max Ty_SGU | Zbrojenie minimalne (rysy) | 0.0 %  |
| 60 | 0.667 | min Mx_SGU | Zbrojenie minimalne (rysy) | 0.0 %  |
| 61 | 0.667 | max Ty     | Zbrojenie główne           | 9.2 %  |
| 62 | 0.667 | min N_SGU  | Zbrojenie minimalne (rysy) | 0.0 %  |
| 63 | 0.667 | min N      | Zbrojenie główne           | 9.2 %  |
| 64 | 0.667 | max Mx     | Zbrojenie główne           | 38.6 % |
| 65 | 0.833 | min Ty_SGU | Zbrojenie minimalne (rysy) | 0.0 %  |
| 66 | 0.833 | min Mx     | Zbrojenie główne           | 6.3 %  |
| 67 | 0.833 | max N_SGU  | Zbrojenie minimalne (rysy) | 0.0 %  |
| 68 | 0.833 | max Mx_SGU | Zbrojenie minimalne (rysy) | 0.0 %  |
| 69 | 0.833 | min Ty     | Zbrojenie główne           | 26.3 % |
| 70 | 0.833 | ---        | Smukłość                   | 0.0 %  |
| 71 | 0.833 | max N      | Zbrojenie główne           | 26.3 % |
| 72 | 0.833 | max Ty_SGU | Zbrojenie minimalne (rysy) | 0.0 %  |
| 73 | 0.833 | min Mx_SGU | Zbrojenie minimalne (rysy) | 0.0 %  |
| 74 | 0.833 | max Ty     | Zbrojenie główne           | 6.3 %  |
| 75 | 0.833 | min N_SGU  | Zbrojenie minimalne (rysy) | 0.0 %  |
| 76 | 0.833 | min N      | Zbrojenie główne           | 6.3 %  |
| 77 | 0.833 | max Mx     | Zbrojenie główne           | 26.3 % |
| 78 | 1.000 | min Ty_SGU | Zbrojenie minimalne (rysy) | 0.0 %  |

|    |       |            |                            |        |
|----|-------|------------|----------------------------|--------|
| 79 | 1.000 | min Mx     | Ścinanie                   | 35.2 % |
| 80 | 1.000 | max N_SGU  | Zbrojenie minimalne (rysy) | 0.0 %  |
| 81 | 1.000 | max Mx_SGU | Zbrojenie minimalne (rysy) | 0.0 %  |
| 82 | 1.000 | min Ty     | Ścinanie                   | 35.2 % |
| 83 | 1.000 | ---        | Smukłość                   | 0.0 %  |
| 84 | 1.000 | max N      | Ścinanie                   | 35.2 % |
| 85 | 1.000 | max Ty_SGU | Zbrojenie minimalne (rysy) | 0.0 %  |
| 86 | 1.000 | min Mx_SGU | Zbrojenie minimalne (rysy) | 0.0 %  |
| 87 | 1.000 | max Ty     | Ścinanie                   | 8.4 %  |
| 88 | 1.000 | min N_SGU  | Zbrojenie minimalne (rysy) | 0.0 %  |
| 89 | 1.000 | min N      | Ścinanie                   | 8.4 %  |
| 90 | 1.000 | max Mx     | Ścinanie                   | 8.4 %  |
| 91 | 0.540 | max v      | Ugięcia                    | 6.5 %  |

## Wyniki szczegółowe

### Zbrojenie minimalne (0.0 %)

Przekrój:  $x/L=0.833$ ,  $L=3.33m$ ; Kombinacja: max Mx (+0,+1,+2,)

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

$$A_{s1,min} = 0.26 \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} bd = 0.26 \frac{2.9}{500.0} 100.0 \cdot 16.3 = 2.5 \text{ cm}^2 < 9.0 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1,min} = 0.0013 bd = 0.0013 \cdot 100.0 \cdot 16.3 = 2.1 \text{ cm}^2 < 9.0 \text{ cm}^2$$

### Zbrojenie minimalne ze względu na rysy

Minimalne (sumaryczne) pole zbrojenia ze względu na rysy:

$$A_{s,min} = k_c k f_{ct,eff} \frac{A_{ct}}{\sigma_{s,lim}} = \frac{1.000 \cdot 1.0 \cdot 0.29 \cdot 1032.0}{28.0} = 10.7 \text{ cm}^2 < 20.4 \text{ cm}^2 = A_s$$

### Zbrojenie główne (42.7 %)

Przekrój:  $x/L=0.000$ ,  $L=0.00m$ ; Kombinacja: min N (-0,-1,+2,)

Dane:  $\alpha_{cc} = 1.00$ ,  $x_{eff} = 4.8\text{cm}$ ,  $a_1 = 3.5\text{cm}$ ,  $d = 16.3\text{cm}$

Nośność przy ściskaniu/rozciąganiu:

$$\min N_{Rd} = -4730.6\text{kN} < -0.0\text{kN} = N_{Sd}$$

$$\max N_{Rd} = 566.0\text{kN} > -0.0\text{kN} = N_{Sd}$$

Nośność przy zginaniu:

$$M_{Rd} = 76.3\text{kNm} > 32.6\text{kNm} = M_{Sd}$$

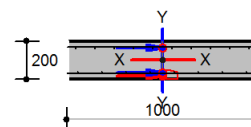
Odkształcenia:

$$\varepsilon_{sl} = -0.00098 > -0.0100$$

$$\varepsilon_{cu} = 0.00041 < 0.0035$$

$$\varepsilon_c = -0.00031 < 0.0020$$

$x/L=0.000$  (min N)



### Ścinanie (41.1 %)

Przekrój:  $x/L=0.000$ ,  $L=0.00m$ ; Kombinacja: min N (-0,-1,+2,)

Weryfikacja zbrojenia strzemionami dla siły tnącej: Y-Y

Obliczeniowa nośność elementu bez zbrojenia na ścinanie (rozciąganie betonowych krzyżulców):

$$V_{Rd,c} = \left[ 0.18 / \gamma_c k \left( 100 \rho_L f_{ck} \right)^{1/3} + 0.15 \sigma_{cp} \right] b_w d$$

$$V_{Rd,c} = \left[ 0.18 / 1.4 \cdot 2.000 \left( 100 \cdot 6.896e-03 \cdot 3.00 \right)^{1/3} + 0.15 \cdot 0.000 \right] \cdot 100.0 \cdot 16.4 = 115.8 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,c,min} = (v_{min} + k_1 \sigma_{cp}) b_w d = (0.542 + 2.000 \cdot 0.000) 1.0 \cdot 0.2 = 88.9 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,c} = \max(V_{Rd,c}, V_{Rd,c,min}) = 115.8 \text{ kN} > 47.6 \text{ kN} = V_{Ed} \rightarrow \text{zbrojenie nie jest wymagane}$$

gdzie przyjęto:

$$- k = 1 + \sqrt{(200/d)} = 2.000$$

$$- \rho_L = \frac{A_{sl}}{b_w d} = \frac{11.31}{100.0 \cdot 16.4} = 6.896e-03$$

$$- v_{min} = 0.035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2} = 0.035 \cdot 2.000^{3/2} 30.0^{1/2} = 0.542$$

Nośność obliczeniowa ze względu na ściskanie betonowych krzyżulców:

$$V_{Rd,max} = 0.5 v b_w d f_{cd} = 0.5 \cdot 0.528 \cdot 100.0 \cdot 16.4 \cdot 2.14 = 927.8 \text{ kN}$$

gdzie przyjęto:

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

Warunki nośności:

$$V_{Rd,c} = 115.8 \text{ kN} > 47.6 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,max} = 927.8 \text{ kN} > 47.6 \text{ kN}$$

### Rysy prostopadłe (24.3 %)

Przekrój:  $x/L=0.000$ ,  $L=0.00m$ ; Kombinacja:  $\min N\_SGU (0,1,S2,)$

Stosunek naprężeń rysujących do aktualnych:

$$\frac{\sigma_{sr}}{\sigma_s} = \frac{M_{cr}}{M_{Ed}} = \frac{f_{ct,eff} W_c}{M_{Ed}} = \frac{2.9 \cdot 0.0069}{24.3} = 0.823$$

Maksymalny rozstaw rys:

$$S_{r,max} = k_3 c + k_1 k_2 k_4 \frac{\phi}{\rho_{p,eff}} = 3.4 \cdot 30 + 0.8 \cdot 0.344 \cdot 0.425 \frac{12.0}{0.0232} = 162.6 \text{ mm}$$

gdzie przyjęto:

$$- k_1 = 0.8 \text{ (pręty żebrowane)}, k_2 = 0.344 \text{ (rozciąganie)},$$

$$- \text{efektywny stopień zbrojenia: } \rho_r = A_s / A_{c,eff} = 11.3 / 488.0 = 0.0232$$

Różnica średniego odkształcenia zbrojenia rozciąganego i betonu:

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{\sigma_s - k_t \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}} (1 + \alpha_{et} \rho_{p,eff})}{E_s} = \frac{149.6 - 0.6 \frac{2.9}{0.0232} (1 + 6.25 \cdot 0.0232)}{200000.0} = 0.000449$$

gdzie przyjęto:

$$- k_t = 0.6 \text{ (obc. krótkotrwałe)},$$

Obliczeniowa szerokość rys prostopadłych do osi elementu:

$$w_k = S_{r,max} (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = 162.6 \cdot 0.000449 = 0.07 \text{ mm} < 0.30 \text{ mm} = w_{k,lim.}$$

### Ugięcia (6.5 %)

Przekrój:  $x/L=0.540$ ,  $L=2.16m$ ; Kombinacja:  $\max v (0,1,S2,)$

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



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

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

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

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

Warunek projektowy (kierunek Y-Y):  $a = 2.9 \text{ mm} < 45.0 \text{ mm} = a_{lim}$ .