

$$\sqrt{\Delta} = \sqrt{b^2 - 4 \cdot a \cdot c} = \sqrt{1786^2 - 4 \cdot (-1633) \cdot (-181,26)} = 1416$$

$$x_{\text{eff},1} = \frac{-b + \sqrt{\Delta}}{2a} = \frac{-1786 + 1416}{2 \cdot (-1633)} = 0,11 \text{ m}$$

$$x_{\text{eff},2} = \frac{-b - \sqrt{\Delta}}{2a} = \frac{-1786 - 1416}{2 \cdot (-1633)} = 0,98 \text{ m}$$

$x_{\text{eff},2}$ odrzucono, ponieważ $x_{\text{eff},2} > h_b = 0,50 \text{ m}$

Przyjęto $x_{\text{eff}} = x_{\text{eff},1} = 0,11 \text{ m}$

Sprawdzenie czy przekrój jest pojedynczo zbrojony:

$$x_{\text{eff},\text{lim}} = 0,8 \xi_{\text{lim}} d = 0,8 \cdot 0,614 \cdot 0,457 = 0,22 \text{ m}$$

$x_{\text{eff},\text{lim}} = 0,11 \text{ m} > x_{\text{eff}} = 0,22 \text{ m} \rightarrow$ Wystarczająca wysokość strefy ściskanej

Wyznaczenia pola przekroju zbrojenia A_{s1} :

$$\sum M_{\text{Acc}} = 0$$

$$A_{s1} \cdot f_{yd} \cdot (d - 0,5 x_{\text{eff}}) - M_{\text{Ed}} = 0$$

$$A_{s1} = \frac{M_{\text{Ed}}}{[f_{yd} \cdot (d - 0,5 \cdot x_{\text{eff}})]} = \frac{181,26}{[435 \cdot 10^3 \cdot (0,457 - 0,5 \cdot 0,11)]} = 0,001037 \text{ m}^2 = 10,37 \text{ cm}^2$$

Przyjmując pręty 6 ϕ 16 o polu powierzchni $A_{s1} = 12,06 \text{ cm}^2$

Sprawdzenie minimalnego i maksymalnego zbrojenia:

$$A_{s,\text{max}} = 50,00 \text{ cm}^2 > A_{s1} = 12,05 \text{ cm}^2 > A_{s,\text{min}} = 1,50 \text{ cm}^2 \rightarrow \text{warunek spełniony}$$

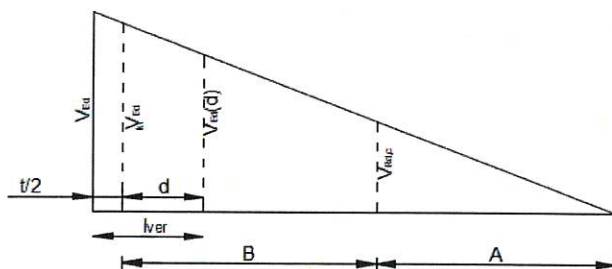
Tabela

WYMIAROWANIE NA ŚCINANIE

1) Podpora skrajna A

$$V_{\text{Ed}}^A = 118,76 \text{ kN}$$

$A_{s1} = 8,04 \text{ cm}^2$ – zbrojenie główne płyty (na zginanie)

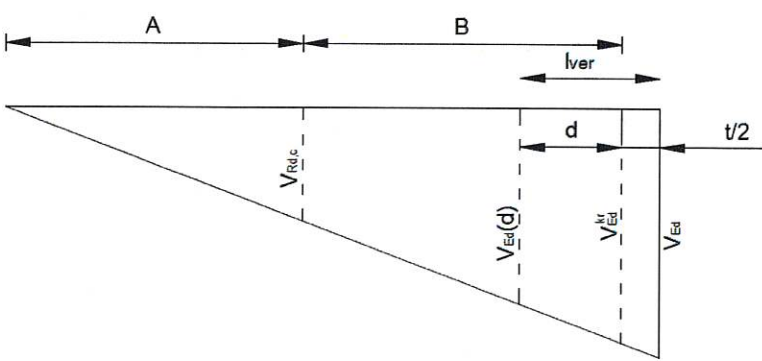


Wyznaczenie obliczeniowej wartości siły poprzecznej na krawędzi podpory:

$$p = 1,35 \cdot g_k \cdot 0,85 + 1,5 \cdot q_k = 1,35 \cdot 24,68 + 1,5 \cdot 12,50 = 47,07 \text{ kN/m}$$

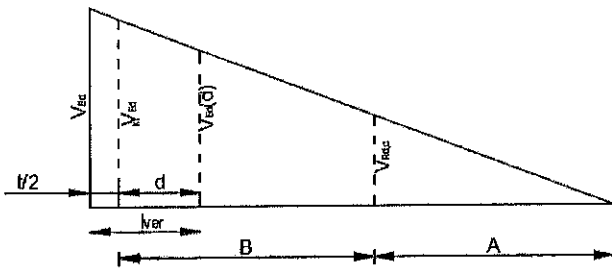
$$V_{\text{Ed}}^{A,\text{kr}} = V_{\text{Ed}}^A - p \cdot \frac{t}{2} = 118,76 - 47,07 \cdot \frac{0,30}{2} = 111,70 \text{ kN}$$

Obliczenia	Odnosiniki
<p>Wyznaczenie obliczeniowej wartości siły poprzecznej w odległości l_{ver} od podpory:</p> $l_{ver} = \frac{t}{2} + d = \frac{0,30}{2} + 0,462 = 0,61 \text{ m}$ $V_{Ed}^{A,d} = V_{Ed}^A - p \cdot l_{ver} = 118,76 - 47,07 \cdot 0,61 = 89,95 \text{ kN}$ <p>Przyjęto siłę do wymiarowania $V_{Ed} = 89,95 \text{ kN}$</p> <p>Nośność elementu bez zbrojenia na ścinanie:</p> $C_{Rd,c} = \frac{0,18}{\gamma_c} = \frac{0,18}{1,4} = 0,13$ $k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1 + \sqrt{\frac{200}{462}} = 1,66 < 2,0$ <p>Przyjęto $k = 1,66$</p> <p>Przyjęto zbrojenie A_{s1} jako zbrojenie rozciągane, które sięga na odległość nie mniejszą niż $(l_{bd} + d)$ poza rozważany przekrój.</p> $\rho_1 = \min \left\{ \frac{A_{s1}}{b d} = \frac{0,00804}{0,25 \cdot 0,462} = 0,007 = 0,007 \right.$ $\left. \frac{0,007}{0,02} \right\}$ <p>$k_1 = 0,15$</p> <p>$\rho_{cp} = 0$</p> $v_{min} = 0,035 \cdot k^{\frac{3}{2}} \cdot f_{ck}^{\frac{1}{2}} = 0,035 \cdot 1,66^{\frac{3}{2}} \cdot 20^{\frac{1}{2}} = 0,334$ $V_{Rd,c} = \max \left\{ \begin{array}{l} C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{\frac{1}{3}} \cdot b \cdot d \\ v_{min} \cdot b \cdot d \end{array} \right.$ $V_{Rd,c} = \max \left\{ \begin{array}{l} \left[0,12 \cdot 1,66 \cdot (100 \cdot 0,007 \cdot 20)^{\frac{1}{3}} + 0,15 \cdot 0 \right] \cdot 0,462 \cdot 0,25 = \max \begin{cases} 59,23 \text{ kN} \\ 38,59 \text{ kN} \end{cases} \\ 0,334 \cdot 0,462 \cdot 0,25 \end{array} \right.$ $= 59,23 \text{ kN}$ <p>Sprawdzenie, czy element wymaga zbrojenia na ścinanie:</p> $V_{Ed} = 89,95 \text{ kN} > V_{Rd,c} = 59,23 \text{ kN} \rightarrow \text{Element wymaga zbrojenia na ścinanie}$ <p>Obliczeniowa wartość max siły poprzecznej, jaką może przenieść przekrój wymagający zbrojenia na ścinanie</p> $V_{Rd,max} = \frac{\alpha_{cw} \cdot b_b \cdot z \cdot v_1 \cdot f_{cd}}{\text{ctg}\theta + \text{tg}\theta}$ <p>$\alpha_{cw} = 1,0 \rightarrow$ konstrukcje niesprężone</p> <p>$z = 0,9d = 0,9 \cdot 0,462 = 0,42 \text{ m}$</p> <p>$\theta = 45^\circ \rightarrow \text{ctg}\theta = \text{tg}\theta = 1$ (można przyjąć dowolną wartość $\text{ctg}\theta$ od 1 do 2)</p> $v_1 = v = 0,6 \cdot \left(1 - \frac{f_{ck}}{250}\right) = 0,6 \cdot \left(1 - \frac{20}{250}\right) = 0,552$ $V_{Rd,max} = \frac{1,0 \cdot 0,25 \cdot 0,42 \cdot 0,552 \cdot 14,29}{1 + 1} = 409,86 \text{ kN}$	<p>EC 1992-1-1 6.2.2</p> <p>EC 1992-1-1 wzór 6.3N</p> <p>EC 1992-1-1 wzór 6.2a</p> <p>EC 1992-1-1 wzór 6.2b</p> <p>EC 1992-1-1 6.2.1</p> <p>EC 1992-1-1 6.2.3</p> <p>EC 1992-1-1 6.11</p>

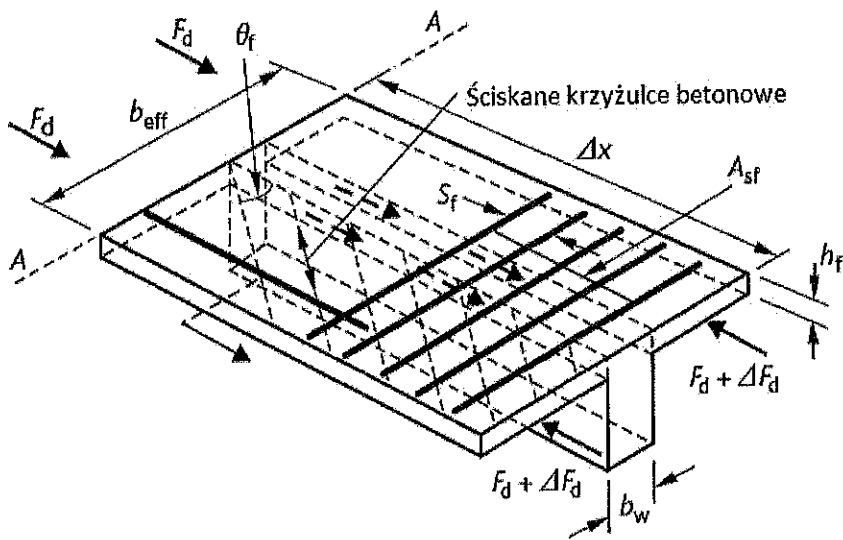
Obliczenia	Odnosniki
<p>$V_{Rd,max} = 409,86 \text{ kN} > V_{Ed}^A = 89,95 \text{ kN} > V_{Rd,c} = 59,23 \text{ kN} \rightarrow$ Poprawnie przyjęto wymiary elementu, przekrój można wymiarować na ścinanie</p> <p>Wyznaczanie długości odcinka wymagającego zbrojenia na ścinanie:</p> $l_A = \frac{V_{Ed}^{A,kr} - V_{Rd,c}}{p} = \frac{111,70 - 59,23}{47,07} = 1,11 \text{ m}$ <p>Ponieważ $l_A > z \cdot \operatorname{ctg} \theta = 0,42 \cdot 1,0 = 0,42 \text{ m}$ odcinek a_w trzeba dzielić na odcinki: $a_{w,A,1} = 0,55 \text{ m}$ i $a_{w,A,2} = 0,56 \text{ m}$</p> <p>Przyjęto strzemiona dwugąłęzowe (dwucięte) $\phi 8$ o $A_{sw1} = 2 \cdot 0,503 = 1,00 \text{ cm}^2$</p> <p><u>Odcinek pierwszy</u></p> <p>Rozstaw strzemion:</p> $V_{Rd,s} = V_{Ed}^{A,kr} = 111,70 \text{ kN}$ $s_{A,1} < \frac{A_{sw} \cdot f_{ywd} \cdot z \cdot \operatorname{ctg} \theta}{V_{Rd,s}} = \frac{1,00 \cdot 10^{-4} \cdot 435 \cdot 10^3 \cdot 0,42 \cdot 1,0}{111,70} = 0,162 \text{ m} = 16,2 \text{ cm}$ <p>Przyjęto na odcinku $a_{w,A,1}$ strzemiona dwucięte $\phi 8$ co 15 cm</p> <p><u>Odcinek drugi</u></p> <p>Rozstaw strzemion:</p> $V_{Rd,s} = V_{Ed}^{A,kr} - p \cdot a_{w,A,1} = 111,7 - 47,07 \cdot 0,55 = 85,81 \text{ kN}$ $s_{A,2} < \frac{A_{sw} \cdot f_{ywd} \cdot z \cdot \operatorname{ctg} \theta}{V_{Rd,s}} = \frac{1,00 \cdot 10^{-4} \cdot 435 \cdot 10^3 \cdot 0,42 \cdot 1,0}{85,81} = 0,210 \text{ m} = 21,0 \text{ cm}$ <p>Przyjęto na odcinku $a_{w,A,2}$ strzemiona dwucięte $\phi 8$ co 20 cm</p> <p>Sprawdzić minimalny stopień zbrojenia!! Wykład 7</p> <p>I maksymalny rozstaw strzemion</p> <p>Na odcinkach nie wymagającym zbrojenia na ścinanie przyjęto strzemiona konstrukcyjne w postaci strzemion dwuciętych $\phi 8 \text{ mm}$ co 30 cm</p>	
<p>2) Podpora wewnętrzna lewa strona BL</p> $V_{Ed}^{BL} = 171,57 \text{ kN}$ $A_{s1} = 8,04 \text{ cm}^2$ 	

Obliczenia	Odnosiniki
<p>Wyznaczenie obliczeniowej wartości siły poprzecznej na krawędzi podpory:</p> $p = 1,35 \cdot g_k \cdot 0,85 + 1,5 \cdot q_k = 1,35 \cdot 24,68 + 1,5 \cdot 12,50 = 47,07 \text{ kN/m}$ $V_{Ed}^{BL,kr} = V_{Ed}^{BL} - p \cdot \frac{t}{2} = 171,57 - 47,07 \cdot \frac{0,25}{2} = 165,69 \text{ kN}$ <p>Wyznaczenie obliczeniowej wartości siły poprzecznej w odległości l_{ver} od podpory:</p> $l_{ver} = \frac{t}{2} + d = \frac{0,25}{2} + 0,462 = 0,59 \text{ m}$ $V_{Ed}^{BL,d} = V_{Ed}^{BL} - p \cdot l_{ver} = 171,57 - 47,07 \cdot 0,59 = 143,94 \text{ kN}$ <p>Przyjęto siłę do wymiarowania $V_{Ed} = 143,94 \text{ kN}$</p> <p>Nośność elementu bez zbrojenia na ścinanie:</p> $C_{Rd,c} = \frac{0,18}{\gamma_c} = \frac{0,18}{1,4} = 0,13$ $k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1 + \sqrt{\frac{200}{462}} = 1,66 < 2,0$ <p>Przyjęto $k = 1,66$</p> <p>Przyjęto zbrojenie A_{s1} jako zbrojenie rozciągane, które sięga na odległość nie mniejszą niż $(l_{bd} + d)$ poza rozważany przekrój.</p> $\rho_1 = \min \left\{ \frac{A_{s1}}{b \cdot d} = \frac{0,00804}{0,25 \cdot 0,462} = 0,007, \frac{0,02}{0,02} = 0,007 \right\} = 0,007$ $k_1 = 0,15$ $q_{cp} = 0$ $v_{min} = 0,035 \cdot k^{\frac{3}{2}} \cdot f_{ck}^{\frac{1}{2}} = 0,035 \cdot 1,66^{\frac{3}{2}} \cdot 20^{\frac{1}{2}} = 0,334$ $V_{Rd,c} = \max \left\{ \left[C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{\frac{1}{3}} \right] \cdot b \cdot d, v_{min} \cdot b \cdot d \right\}$ $V_{Rd,c} = \max \left\{ \left[0,12 \cdot 1,66 \cdot (100 \cdot 0,007 \cdot 20)^{\frac{1}{3}} + 0,15 \cdot 0 \right] \cdot 0,462 \cdot 0,25, \begin{matrix} 0,334 \cdot 0,462 \cdot 0,25 \\ 59,23 \text{ kN} \end{matrix} \right\} = \max \begin{matrix} 59,23 \text{ kN} \\ 38,59 \text{ kN} \end{matrix}$ <p>Sprawdzenie, czy element wymaga zbrojenia na ścinanie:</p> $V_{Ed} = 143,94 \text{ kN} > V_{Rd,c} = 59,23 \text{ kN} \rightarrow \text{Element wymaga zbrojenia na ścinanie}$ <p>Obliczeniowa wartość max siły poprzecznej, jaką może przenieść przekrój wymagający zbrojenia na ścinanie</p> $V_{Rd,max} = \frac{\alpha_{cw} \cdot b_b \cdot z \cdot v_1 \cdot f_{cd}}{\text{ctg} \theta + \text{tg} \theta}$ $\alpha_{cw} = 1,0 \rightarrow \text{konstrukcje niesprężone}$ $z = 0,9d = 0,9 \cdot 0,462 = 0,42 \text{ m}$ $\theta = 45^\circ \rightarrow \text{ctg} \theta = \text{tg} \theta = 1 \text{ (można przyjąć dowolną wartość ctg } \theta \text{ od 1 do 2)}$	<p>EC 1992-1-1 6.2.2</p> <p>EC 1992-1-1 wzór 6.3N</p> <p>EC 1992-1-1 wzór 6.2a</p> <p>EC 1992-1-1 wzór 6.2b</p> <p>EC 1992-1-1 6.2.1</p> <p>EC 1992-1-1 6.2.3</p>

Obliczenia	Odnosi
$v_1 = v = 0,6 \cdot \left(1 - \frac{f_{ck}}{250}\right) = 0,6 \cdot \left(1 - \frac{20}{250}\right) = 0,552$ $V_{Rd,max} = \frac{1,0 \cdot 0,25 \cdot 0,42 \cdot 0,552 \cdot 14,29}{1 + 1} = 409,86 \text{ kN}$ $V_{Rd,max} = 409,86 \text{ kN} > V_{Ed}^{BL} = 143,94 \text{ kN} > V_{Rd,c} = 59,23 \text{ kN} \rightarrow \text{Poprawnie przyjęto wymiary elementu, przekrój można wymiarować na ścinanie}$ <p>Wyznaczanie długości odcinka wymagającego zbrojenia na ścinanie:</p> $l_{BL} = \frac{V_{Ed}^{BL,kr} - V_{Rd,c}}{p} = \frac{165,69 - 59,23}{47,07} = 2,26 \text{ m}$ <p>Ponieważ $l_{BL} > z \cdot \text{ctg } \theta = 0,42 \cdot 1,0 = 0,42 \text{ m}$ odcinek a_w trzeba dzielić na odcinki: $a_{w,BL,1} = 0,57 \text{ m}$, $a_{w,BL,2} = 0,57 \text{ m}$, $a_{w,BL,3} = 0,56 \text{ m}$ i $a_{w,BL,4} = 0,56 \text{ m}$</p> <p>Przyjęto strzemiona dwugązłowe (dwucięte) $\phi 8$ o $A_{sw1} = 2 \cdot 0,503 = 1,00 \text{ cm}^2$</p> <p><u>Odcinek pierwszy</u></p> <p>Rozstaw strzemion:</p> $V_{Rd,s} = V_{Ed}^{BL,kr} = 165,69 \text{ kN}$ $s_{BL,1} < \frac{A_{sw} \cdot f_{ywd} \cdot z \cdot \text{ctg } \theta}{V_{Rd,s}} = \frac{1,00 \cdot 10^{-4} \cdot 435 \cdot 10^3 \cdot 0,42 \cdot 1,0}{165,69} = 0,109 \text{ m} = 10,9 \text{ cm}$ <p>Przyjęto na odcinku $a_{w,BL,1}$ strzemiona dwucięte $\phi 8$ co 10 cm</p> <p><u>Odcinek drugi</u></p> <p>Rozstaw strzemion:</p> $V_{Rd,s} = V_{Ed}^{BL,kr} - p \cdot a_{w,BL,1} = 165,69 - 47,07 \cdot 0,57 = 138,86 \text{ kN}$ $s_{BL,2} < \frac{A_{sw} \cdot f_{ywd} \cdot z \cdot \text{ctg } \theta}{V_{Rd,s}} = \frac{1,00 \cdot 10^{-4} \cdot 435 \cdot 10^3 \cdot 0,42 \cdot 1,0}{138,86} = 0,130 \text{ m} = 13,0 \text{ cm}$ <p>Przyjęto na odcinku $a_{w,BL,2}$ strzemiona dwucięte $\phi 8$ co 12 cm</p> <p><u>Odcinek trzeci</u></p> <p>Rozstaw strzemion:</p> $V_{Rd,s} = V_{Ed}^{BL,kr} - p \cdot (a_{w,BL,1} + a_{w,BL,2}) = 165,69 - 47,07 \cdot (0,57 + 0,57) = 112,02 \text{ kN}$ $s_{BL,3} < \frac{A_{sw} \cdot f_{ywd} \cdot z \cdot \text{ctg } \theta}{V_{Rd,s}} = \frac{1,00 \cdot 10^{-4} \cdot 435 \cdot 10^3 \cdot 0,42 \cdot 1,0}{112,02} = 0,161 \text{ m} = 16,1 \text{ cm}$ <p>Przyjęto na odcinku $a_{w,BL,3}$ strzemiona dwucięte $\phi 8$ co 15 cm</p> <p><u>Odcinek czwarty</u></p> <p>Rozstaw strzemion:</p> $V_{Rd,s} = V_{Ed}^{BL,kr} - p \cdot (a_{w,BL,1} + a_{w,BL,2} + a_{w,BL,3}) = 165,69 - 47,07 \cdot (0,57 + 0,57 + 0,56) = 112,02 \text{ kN}$ $s_{BL,4} < \frac{A_{sw} \cdot f_{ywd} \cdot z \cdot \text{ctg } \theta}{V_{Rd,s}} = \frac{1,00 \cdot 10^{-4} \cdot 435 \cdot 10^3 \cdot 0,42 \cdot 1,0}{85,66} = 0,211 \text{ m} = 21,1 \text{ cm}$ <p>Przyjęto na odcinku $a_{w,BL,4}$ strzemiona dwucięte $\phi 8$ co 20 cm</p>	

Obliczenia	Odnosniki
<p>3) Podpora wewnętrzna prawa strona BP</p> <p>$V_{Ed}^{BP} = 150,80 \text{ kN}$ $A_{s1} = 4,02 \text{ cm}^2$</p>  <p>Wyznaczenie obliczeniowej wartości siły poprzecznej na krawędzi podpory:</p> $p = 1,35 \cdot g_k \cdot 0,85 + 1,5 \cdot q_k = 1,35 \cdot 24,68 + 1,5 \cdot 12,50 = 47,07 \text{ kN/m}$ $V_{Ed}^{BP,kr} = V_{Ed}^{BP} - p \cdot \frac{t}{2} = 150,80 - 47,07 \cdot \frac{0,25}{2} = 144,92 \text{ kN}$ <p>Wyznaczenie obliczeniowej wartości siły poprzecznej w odległości l_{ver} od podpory:</p> $l_{ver} = \frac{t}{2} + d = \frac{0,25}{2} + 0,462 = 0,59 \text{ m}$ $V_{Ed}^{BP,d} = V_{Ed}^{BP} - p \cdot l_{ver} = 150,80 - 47,93 \cdot 0,59 = 123,17 \text{ kN}$ <p>Przyjęto siłę do wymiarowania $V_{Ed} = 123,17 \text{ kN}$</p> <p>Nośność elementu bez zbrojenia na ścinanie:</p> $C_{Rd,c} = \frac{0,18}{\gamma_c} = \frac{0,18}{1,4} = 0,13$ $k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1 + \sqrt{\frac{200}{462}} = 1,66 < 2,0$ <p>Przyjęto $k = 1,66$</p> <p>Przyjęto zbrojenie A_{s1} jako zbrojenie rozciągane, które sięga na odległość nie mniejszą niż $(l_{bd} + d)$ poza rozważany przekrój.</p> $\rho_1 = \min \left\{ \frac{A_{s1}}{b \cdot d} = \frac{0,00402}{0,25 \cdot 0,462} = 0,003 \right. \\ \left. \frac{0,02}{0,02} = 0,003 \right\}$ $k_1 = 0,15$ $q_{cp} = 0$ $v_{min} = 0,035 \cdot k^{\frac{3}{2}} \cdot f_{ck}^{\frac{1}{2}} = 0,035 \cdot 1,66^{\frac{3}{2}} \cdot 20^{\frac{1}{2}} = 0,334$ $V_{Rd,c} = \max \left\{ \begin{aligned} &C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{\frac{1}{3}} \cdot b \cdot d \\ &v_{min} \cdot b \cdot d \end{aligned} \right.$ $V_{Rd,c} = \max \left\{ \begin{aligned} &0,12 \cdot 1,66 \cdot (100 \cdot 0,003 \cdot 20)^{\frac{1}{3}} + 0,15 \cdot 0 \\ &0,334 \cdot 0,462 \cdot 0,25 \end{aligned} \right\} = \max \begin{cases} 47,01 \text{ kN} \\ 38,59 \text{ kN} \end{cases}$ $= 47,01 \text{ kN}$ <p>Sprawdzenie, czy element wymaga zbrojenia na ścinanie:</p> <p>$V_{Ed} = 123,17 \text{ kN} > V_{Rd,c} = 47,01 \text{ kN} \rightarrow$ Element wymaga zbrojenia na ścinanie</p>	<p>EC 1992-1-1 6.2.2</p> <p>EC 1992-1-1 wzór 6.3N</p> <p>EC 1992-1-1 wzór 6.2a</p> <p>EC 1992-1-1 wzór 6.2b</p> <p>EC 1992-1-1 6.2.1</p> <p>EC 1992-1-1 6.2.3</p>

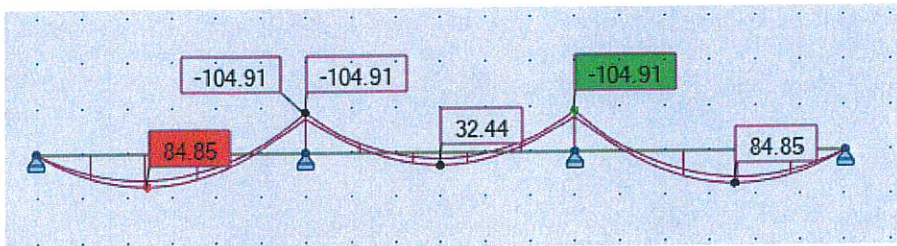
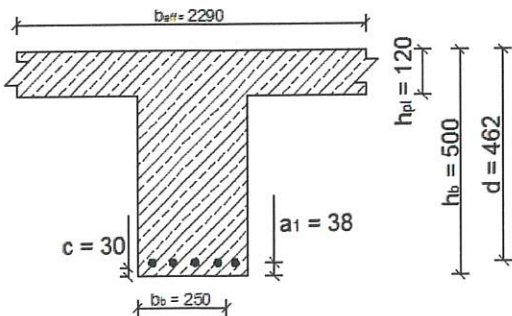
Obliczenia	Odnosniki
<p>Obliczeniowa wartość max siły poprzecznej, jaką może przenieść przekrój wymagający zbrojenia na ścinanie</p> $V_{Rd,max} = \frac{\alpha_{cw} \cdot b_b \cdot z \cdot v_1 \cdot f_{cd}}{\cot \theta + \tan \theta}$ <p>$\alpha_{cw} = 1,0 \rightarrow$ konstrukcje niesprężone</p> <p>$z = 0,9d = 0,9 \cdot 0,462 = 0,42 \text{ m}$</p> <p>$\theta = 45^\circ \rightarrow \cot \theta = \tan \theta = 1$ (można przyjąć dowolną wartość $\cot \theta$ od 1 do 2)</p> <p>$v_1 = v = 0,6 \cdot \left(1 - \frac{f_{ck}}{250}\right) = 0,6 \cdot \left(1 - \frac{20}{250}\right) = 0,552$</p> $V_{Rd,max} = \frac{1,0 \cdot 0,25 \cdot 0,42 \cdot 0,552 \cdot 14,29}{1 + 1} = 409,86 \text{ kN}$ <p>$V_{Rd,max} = 409,86 \text{ kN} > V_{Ed}^{BP} = 123,17 \text{ kN} > V_{Rd,c} = 47,01 \text{ kN} \rightarrow$ Poprawnie przyjęto wymiary elementu, przekrój można wymiarować na ścinanie</p> <p>Wyznaczanie długości odcinka wymagającego zbrojenia na ścinanie:</p> $l_{BP} = \frac{V_{Ed}^{BP,kr} - V_{Rd,c}}{p} = \frac{144,92 - 47,01}{47,07} = 2,08 \text{ m}$ <p>Ponieważ $l_{BP} > z \cot \theta = 0,42 \cdot 1,0 = 0,42 \text{ m}$ odcinek a_w trzeba dzielić na odcinki: $a_{w,BL,1} = 0,52 \text{ m}$, $a_{w,BL,2} = 0,52 \text{ m}$, $a_{w,BL,3} = 0,52 \text{ m}$ i $a_{w,BL,4} = 0,52 \text{ m}$</p> <p>Przyjęto strzemiona dwugąłęziowe (dwucięte) $\phi 8$ o $A_{sw1} = 2 \cdot 0,503 = 1,00 \text{ cm}^2$</p> <p><u>Odcinek pierwszy</u></p> <p>Rozstaw strzemion:</p> $V_{Rd,s} = V_{Ed}^{BP,kr} = 144,92 \text{ kN}$ $s_{BP,1} < \frac{A_{sw} \cdot f_{ywd} \cdot z \cdot \cot \theta}{V_{Rd,s}} = \frac{1,00 \cdot 10^{-4} \cdot 435 \cdot 10^3 \cdot 0,42 \cdot 1,0}{144,92} = 0,125 \text{ m} = 12,5 \text{ cm}$ <p>Przyjęto na odcinku $a_{w,BP,1}$ strzemiona dwucięte $\phi 8$ co 12 cm</p> <p><u>Odcinek drugi</u></p> <p>Rozstaw strzemion:</p> $V_{Rd,s} = V_{Ed}^{BP,kr} - p \cdot a_{w,BP,1} = 144,92 - 47,07 \cdot 0,52 = 120,44 \text{ kN}$ $s_{BP,2} < \frac{A_{sw} \cdot f_{ywd} \cdot z \cdot \cot \theta}{V_{Rd,s}} = \frac{1,00 \cdot 10^{-4} \cdot 435 \cdot 10^3 \cdot 0,42 \cdot 1,0}{120,44} = 0,150 \text{ m} = 15,0 \text{ cm}$ <p>Przyjęto na odcinku $a_{w,BP,2}$ strzemiona dwucięte $\phi 8$ co 15 cm</p> <p><u>Odcinek trzeci</u></p> <p>Rozstaw strzemion:</p> $V_{Rd,s} = V_{Ed}^{BP,kr} - p \cdot (a_{w,BP,1} + a_{w,BP,2}) = 144,92 - 47,07 \cdot (0,52 + 0,52) = 95,96 \text{ kN}$ $s_{BL,3} < \frac{A_{sw} \cdot f_{ywd} \cdot z \cdot \cot \theta}{V_{Rd,s}} = \frac{1,00 \cdot 10^{-4} \cdot 435 \cdot 10^3 \cdot 0,42 \cdot 1,0}{95,96} = 0,188 \text{ m} = 18,8 \text{ cm}$ <p>Przyjęto na odcinku $a_{w,BP,3}$ strzemiona dwucięte $\phi 8$ co 18 cm</p>	

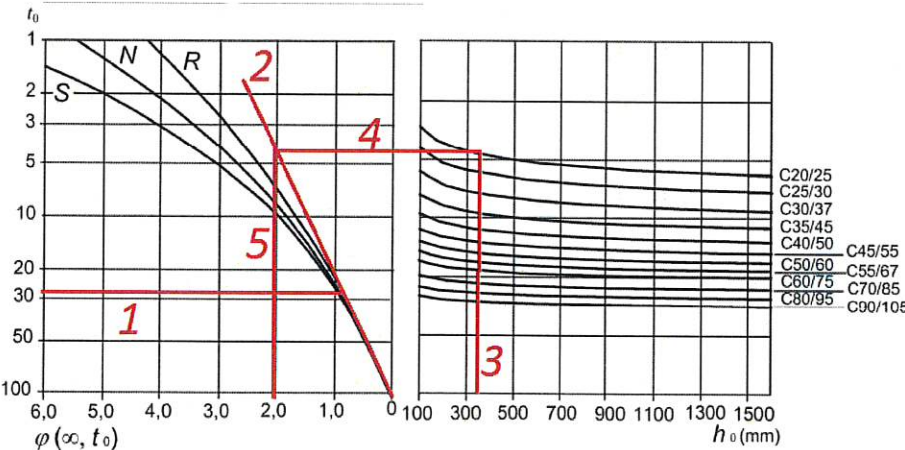
Obliczenia	Odnosiniki
<p>Odcinek czwarty</p> <p>Rozstaw strzemion:</p> $V_{Rd,s} = V_{Ed}^{BP,kr} - p \cdot (a_{w,BP,1} + a_{w,BP,2} + a_{w,BP,3}) = 144,92 - 47,07 \cdot (0,52 + 0,52 + 0,52) = 71,48 \text{ kN}$ $s_{BP,A} < \frac{A_{sw} \cdot f_{ywd} \cdot z \cdot \cotg \theta}{V_{Rd,s}} = \frac{1,00 \cdot 10^{-4} \cdot 435 \cdot 10^3 \cdot 0,42 \cdot 1,0}{71,48} = 0,253 \text{ m} = 25,3 \text{ cm}$ <p>Przyjęto na odcinku $a_{w,BP,A}$ strzemiona dwucięte $\phi 8$ co 25 cm</p> <p>Na odcinkach nie wymagającym zbrojenia na ścinanie przyjęto strzemiona konstrukcyjne w postaci strzemion dwuciętych $\phi 8 \text{ mm}$ co 30 cm</p> <p>Sprawdzenie warunków dotyczących zbrojenia minimalnego na ścinanie:</p> $\rho_w = \frac{A_{sw}}{b \cdot s_1 \cdot \sin \alpha} = \frac{1,0}{0,25 \cdot 0,12 \cdot \sin 90^\circ} = 0,0033 \geq \frac{0,08 \sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}} = \frac{0,08 \sqrt{20}}{500} = 0,0007 \rightarrow \text{stopień zbrojenia na}$ <p>ścinanie dobrano odpowiednio</p> <p>Maksymalny rozstaw strzemion wzdłuż osi podłużnej belki:</p> $s_{L,max} \leq 0,75d(1 + \cot \alpha) = 0,75 \cdot 0,462 \cdot (1 + 0) = 0,35 \text{ m} = 35 \text{ cm} > s_L = 30 \text{ cm} \rightarrow \text{rozstaw}$ <p>zbrojenia na ścinanie dobrano poprawnie</p> <p>Ścinanie pomiędzy półką a środkiem</p> <p>W elementach teowych naprężenia styczne w połączeniu półek ze środkami teownika wywołują ścinanie podłużne. F_d to siła wywołana przez naprężenia normalne od zginania belki</p>  <p>Długość odcinka Δx można przyjmować połowę odległości od przekroju, w którym moment jest równy zero, do przekroju, w którym moment przyjmuje wartość maksymalną.</p> <p>Nośność przy obciążeniu v_{Ed} trzeba zapewnić na całym rozpatrywanym odcinku Δx.</p>	

Obliczenia	Odnosiniki
	<p>EC 1992-1-1 6.2.4</p> <p>EC 1992-1-1 wzór 6.20</p> <p>EC 1992-1-1 wzór 6.21</p>
<p>Δx - połowa odległości od przekroju, w którym moment jest równy zero, do przekroju, w którym moment przyjmuje wartość maksymalną.</p>	
<p>Można to wyliczyć z zasad wytrzymałości lub przyjąć zgodnie z rysunkiem z normy</p>	
	<p>EC 1992-1-1 wzór 6.22</p>
<p>l_0 - punkty zerowania momentów zginających</p>	<p>EC 1992-1-1 6.2.4 (4)</p>
<p>1) przęsło skrajne – półka ściskana</p>	
<p>$\Delta x = 0,5 \cdot 0,5 \cdot 0,85 \cdot l_1 = 0,5 \cdot 0,5 \cdot 0,85 \cdot 6,00 = 1,275 \text{ m}$</p>	
<p>Średnie naprężenia styczne v_{Ed} na odcinku Δx, po jednej stronie przekroju teowego</p>	
<p>$\beta = \frac{b_{eff,1}}{b_{eff}} = \frac{1,02}{2,29} = 0,45 \rightarrow$ półka ściskana, udział siły przenoszony przez rozpatrywaną część półki w całej sile $\Delta M/z = F$</p>	
<p>$\Delta M = 149,86 \text{ kNm}$ max w przęśle</p>	
<p>$v_{Ed} = \frac{\beta \cdot \Delta M}{z \cdot h_f \cdot \Delta x} = \frac{0,45 \cdot 149,86}{0,42 \cdot 0,12 \cdot 1,275} = 1049,24 \text{ kN/m}^2 = 1,05 \text{ MPa}$</p>	
<p>Jeżeli $v_{Ed} \leq 0,4 f_{ctd}$ to dodatkowe zbrojenie na ścinanie nie jest potrzebne</p>	
<p>$f_{ctd} = \frac{f_{ctk}}{\gamma_c} = \frac{1,5}{1,4} = 1,07 \text{ MPa}$</p>	
<p>$0,4 f_{ctd} = 0,4 \cdot 1,07 = 0,43 \text{ MPa} < v_{Ed} = 1,05 \text{ MPa} \rightarrow$ wymagane zbrojenie na ścinanie pomiędzy półką a środnikiem</p>	

Obliczenia	Odnosiniki
<p>Nośność krzyżulców na ściskanie (zmiażdżenie betonu) powinien być spełniony warunek:</p> $v_{Ed} \leq v f_{cd} \sin \theta_f \cos \theta_f$ $v = 0,6 \left(1 - \frac{f_{ck}}{250} \right) = 0,6 \left(1 - \frac{20}{250} \right) = 0,552$ $\cot \theta_f = \cot 45^\circ = 1,0 \rightarrow \text{półki ściskane, } 45^\circ \leq \theta_f \leq 26,5^\circ$ $\sin \theta_f = \cos \theta_f = 0,707$ $v_{Ed} = 1,05 \text{ MPa} \leq v f_{cd} \sin \theta_f \cos \theta_f = 0,552 \cdot 14,29 \cdot 0,707 \cdot 0,707 = 3,94 \text{ MPa} \rightarrow \text{nośność krzyżulców betonowych jest wystarczająca}$ <p>Naprężenia w stali zbrojeniowej (na pasmo 1m) - przyjęte zbrojenie płyty nad podporą B (podciągim) to $\phi 10$ co 11 cm, zakładając, że dolne zbrojenie płyty jest ciągłe</p> $v_{Rd,s} = \frac{A_{sf} f_{yd} \cot \theta_f}{s_f h_f} = \frac{0,0000785 \cdot 435 \cdot 1,0}{0,11 \cdot 0,12} = 2,59 \text{ MPa}$ $v_{Ed} = 1,05 \text{ MPa} \leq v_{Rd,s} = 2,59 \text{ MPa} \rightarrow \text{nie ma potrzeby dodatkowego zbrojenia, zbrojenie zastosowane w płycie jest wystarczające}$ <p>2) przęsło wewnętrzne</p> <p>$\Delta x = 0,5 \cdot 0,5 \cdot 0,7 \cdot l_2 = 0,5 \cdot 0,5 \cdot 0,7 \cdot 6,00 = 1,05 \text{ m}$</p> <p>Średnie naprężenia styczne v_{Ed} na odcinku Δx, po jednej stronie przekroju teowego</p> $\beta = \frac{b_{eff,1}}{b_{eff}} = \frac{0,84}{1,93} = 0,44 \rightarrow \text{półka ściskana}$ $\Delta M = 76,36 \text{ kNm}$ $v_{Ed} = \frac{\beta \cdot \Delta M}{z \cdot h_f \cdot \Delta x} = \frac{0,44 \cdot 76,36}{0,42 \cdot 0,12 \cdot 1,05} = 635 \text{ kN/m}^2 = 0,64 \text{ MPa}$ <p>Jeżeli $v_{Ed} \leq 0,4 f_{ctd}$ to dodatkowe zbrojenie na ścinanie nie jest potrzebne</p> $f_{ctd} = \frac{f_{ctk}}{\gamma_c} = \frac{1,5}{1,4} = 1,07 \text{ MPa}$ $0,4 f_{ctd} = 0,4 \cdot 1,07 = 0,43 \text{ MPa} < v_{Ed} = 0,64 \text{ MPa} \rightarrow \text{wymagane zbrojenie na ścinanie pomiędzy półką a średnikiem}$ <p>Nośność krzyżulców na ściskanie (zmiażdżenie betonu) powinien być spełniony warunek:</p> $v_{Ed} \leq v f_{cd} \sin \theta_f \cos \theta_f$ $v = 0,6 \left(1 - \frac{f_{ck}}{250} \right) = 0,6 \left(1 - \frac{20}{250} \right) = 0,552$ $\cot \theta_f = \cot 45^\circ = 1,0 \rightarrow \text{półki ściskane, } 45^\circ \leq \theta_f \leq 26,5^\circ$ $\sin \theta_f = \cos \theta_f = 0,707$ $v_{Ed} = 0,43 \text{ MPa} \leq v f_{cd} \sin \theta_f \cos \theta_f = 0,552 \cdot 14,29 \cdot 0,707 \cdot 0,707 = 3,94 \text{ MPa} \rightarrow \text{nośność krzyżulców}$	

betonowych jest wystarczająca	
Obliczenia	Odkośniki
<p>Naprężenia w stali zbrojeniowej (na pasmo 1m) - przyjęte zbrojenie płyty nad podporą C (podciągim) to $\phi 10$ co 14 cm</p> $v_{Rd,s} = \frac{A_{sf} f_{yd} \cot \theta_f}{s_f h_f} = \frac{0,0000785 \cdot 435 \cdot 1,0}{0,14 \cdot 0,12} = 2,03 \text{ MPa}$ <p>$v_{Ed} = 0,43 \text{ MPa} \leq v_{Rd,s} = 2,03 \text{ MPa} \rightarrow$ nie ma potrzeby dodatkowego zbrojenia, zbrojenie zastosowane w płycie jest wystarczające</p> <p>3) nad podporą B</p> <p>$\Delta x = 0,5 \cdot 0,5 \cdot 0,15 \cdot (l_1 + l_2) = 0,5 \cdot 0,5 \cdot 0,15 \cdot (6,00 + 6,00) = 0,45 \text{ m}$</p> <p>Średnie naprężenia styczne v_{Ed} na odcinku Δx, po jednej stronie przekroju teowego</p> <p>$\beta = \frac{A_{sf}}{A_{s1}} = \frac{1}{6} = 0,17 \rightarrow$ przyjęto rozsuniecie 2 prętów $\phi 16$ o $A_{sf} = 4,02 \text{ cm}^2$ z podciagu, jako zbrojenie podporowe umieszczone w podciagu pozostały 4 pręty $\phi 16$ o $A_{s1} = 8,04 \text{ cm}^2$</p> <p>$\Delta M = 181,26 \text{ kNm}$</p> $v_{Ed} = \frac{\beta \cdot \Delta M}{z \cdot h_f \cdot \Delta x} = \frac{0,17 \cdot 181,26}{0,42 \cdot 0,12 \cdot 0,45} = 1345,47 \text{ kN/m}^2 = 1,35 \text{ MPa}$ <p>Jeżeli $v_{Ed} \leq 0,4 f_{ctd}$ to dodatkowe zbrojenie na ścinanie nie jest potrzebne</p> $f_{ctd} = \frac{f_{ctk}}{\gamma_c} = \frac{1,5}{1,4} = 1,07 \text{ MPa}$ <p>$0,4 f_{ctd} = 0,4 \cdot 1,07 = 0,43 \text{ MPa} < v_{Ed} = 1,35 \text{ MPa} \rightarrow$ wymagane zbrojenie na ścinanie pomiędzy półką a środkiem</p> <p>Nośność krzyżulców na ściskanie (zmiażdżenie betonu) powinien być spełniony warunek:</p> $v_{Ed} \leq v f_{cd} \sin \theta_f \cos \theta_f$ $v = 0,6 \left(1 - \frac{f_{ck}}{250} \right) = 0,6 \left(1 - \frac{20}{250} \right) = 0,552$ <p>$\cot \theta_f = \cot 45^\circ = 1,0 \rightarrow$ półki ściskane, $45^\circ \leq \theta_f \leq 26,5^\circ$</p> <p>$\sin \theta_f = \cos \theta_f = 0,707$</p> <p>$v_{Ed} = 1,35 \text{ MPa} \leq v f_{cd} \sin \theta_f \cos \theta_f = 0,552 \cdot 14,29 \cdot 0,707 \cdot 0,707 = 3,94 \text{ MPa} \rightarrow$ nośność krzyżulców betonowych jest wystarczająca</p> <p>Naprężenia w stali zbrojeniowej (na pasmo 1m) - przyjęte zbrojenie płyty nad podporą B LUB C to $\phi 10$ co 10 cm, zakładając, że dolne zbrojenie płyty jest ciągłe</p> $v_{Rd,s} = \frac{A_{sf} f_{yd} \cot \theta_f}{s_f h_f} = \frac{0,0000785 \cdot 435 \cdot 1,0}{0,10 \cdot 0,12} = 2,85 \text{ MPa}$ <p>$v_{Ed} = 1,42 \text{ MPa} \leq v_{Rd,s} = 2,85 \text{ MPa} \rightarrow$ nie ma potrzeby dodatkowego zbrojenia, zbrojenie zastosowane w płycie jest wystarczające</p>	

Obliczenia	Oдно́niki
<p><u>SPRAWDZENIE STANÓW GRANICZNYCH UŻYTKOWAŁNOŚCI</u></p> <p>Kombinacje obciążeń</p> <p>Ostatecznie przyjęto:</p> <p>Charakterystyczne obciążenia stałe: $g_k = 24,68 \text{ kN/m}$</p> <p>Charakterystyczne obciążenia użytkowe: $q_k = 12,50 \text{ kN/m}$</p> <p>Współczynniki do kombinacji:</p> <p>$\Psi_{2,q} = 0,3 \rightarrow$ obciążenia użytkowe kategorii A</p> <p>Komb SGU: $g_k + q_k \cdot \Psi_{2,q}$</p> <p>Wartości charakterystyczne momentów zginających:</p>  <p>Sprawdzenie ugięć</p> <p>1) Przęsło skrajne</p>  <p>$M_{Ek}^1 = 84,85 \text{ kNm}$</p> <p>$A_{s1} = 8,04 \text{ cm}^2$</p> <p>$l_{eff} = 0,85 \cdot l = 0,85 \cdot 6,00 = 5,10 \text{ m}$</p> <p>$\beta = 0,5 \rightarrow$ obciążenia długotrwałe i wielokrotnie powtarzalne</p> <p>$W_c = \frac{bh^2}{6} = \frac{0,25 \cdot 0,50^2}{6} = 0,0104 \text{ m}^3$</p> <p>$M_{cr} = f_{ctm} \cdot W_c = 2,2 \cdot 0,0104 = 22,92 \text{ kNm}$</p> <p>$M_{cr}$ moment rysujący</p> <p>f_{ctm} - średnia wartość betonu na rozciąganie</p> <p>Współczynnik ξ na odcinkach zarysowanych</p> <p>$\xi = 1 - \beta \left(\frac{M_{cr}}{M} \right)^2 = 1 - 0,5 \left(\frac{22,92}{84,85} \right)^2 = 0,964$</p>	

Obliczenia	Odnosiniki
<p>Współczynnik pełzania ϕ</p> <p>Miarodajny wymiar elementu charakteryzujący tempo wysychania,</p> <p>$t_0 = 28$ dni – wiek betonu w chwili przyłożenia obciążenia</p> <p>N – rodzaj cementu – normale tempo narastania wytrzymałości (S – portlandzki, C- inne dodatki)</p> <p>$A_c = 0,25 \cdot 0,50 = 0,125 \text{ m}^2$</p> <p>$U = 2(b + h) = 2(0,25 + 0,12) = 0,74 \text{ m}$</p> <p>$h_0 = \frac{2A_c}{U} = \frac{2 \cdot 0,125}{0,74} = 0,329 \text{ m} = 329 \text{ mm}$</p>  <p>$\phi(t_0, \infty) = 2,1$</p> <p>Charakterystyki geometryczne</p> <p>$E_{c,eff} = \frac{E_{cm}}{1 + \phi(t_0, \infty)} = \frac{30}{1 + 2,1} = 9,68 \text{ GPa}$</p> <p>$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{c,eff}} = \frac{200}{9,86} = 20,67$</p> <p>$\alpha_1 = \alpha_e \frac{A_{s1}}{b \cdot d} = 20,67 \frac{8,04 \cdot 10^{-4}}{0,25 \cdot 0,462} = 0,144$</p> <p>$H = \frac{h}{d} = \frac{0,50}{0,462} = 1,082$</p> <p>$F = \frac{b_{eff} - b}{b} \frac{2,29 - 0,25}{0,25} = 8,160$</p> <p>$T = \frac{h_f}{d} = \frac{0,12}{0,462} = 0,260$</p> <p>Obliczanie ugięcia w fazie I – przekrój niezarysowany:</p> <p>$\xi = \frac{0,5 \cdot H^2 + \alpha_1 + 0,5 \cdot F \cdot T}{H + \alpha_1 + F \cdot T} = \frac{0,5 \cdot 1,082^2 + 0,144 + 0,5 \cdot 8,160 \cdot 0,260}{1,082 + 0,144 + 8,160 \cdot 0,260} = 0,300$</p> <p>$z_1 = d(1 - \xi) = 0,462(1 - 0,300) = 0,323 \text{ m}$</p> <p>$\frac{I_1}{b \cdot d^3} = \frac{H^3}{12} + H(0,5 \cdot H - \xi)^2 + \alpha_1(1 - \xi)^2 + \frac{F \cdot T^3}{12} + F \cdot T \cdot (\xi - 0,5 \cdot T)^2 = \frac{1,082^3}{12} + 1,082(0,5 \cdot 1,082 - 0,300)^2 + 0,144(1 - 0,300)^2 + \frac{8,160 \cdot 0,260^3}{12} + 8,160 \cdot 0,260 \cdot (1 - 0,5 \cdot 0,300)^2 = 0,312$</p> <p>$I_1 = \frac{I_1}{b \cdot d^3} \cdot b \cdot d^3 = 0,312 \cdot 0,25 \cdot 0,462^3 = 0,00770 \text{ m}^4$</p> <p>$S_1 = A_{s1} \cdot z_1 = 8,04 \cdot 10^{-4} \cdot 0,300 = 0,000260 \text{ m}^2$</p> <p>$B_1 = E_{c,eff} \cdot I_1 = 9,68 \cdot 0,00770 = 74,51 \cdot 10^3 \text{ kNm}^2$</p> <p>Ugięcie: KOMBINACJA QUASI STAŁA CHARAKTERYSTYCZNE WARTOSCI OBCIĄŻEŃ</p> <p>Komb SGU: $g_k + q_k \cdot \Psi_{2,q}$</p> <p>Komb SGN1: $\gamma_g \cdot g_k + \gamma_q \cdot q_k = 1,35 \cdot 24,68 + 1,5 \cdot 12,50 = 47,07 \text{ kN/m}$</p> <p>Komb SGN2: $\gamma_g \cdot g_k + \gamma_q \cdot q_k \cdot \Psi_{2,q} = 1,35 \cdot 24,68 + 1,5 \cdot 12,50 \cdot 0,7 = 46,45 \text{ kN/m}$</p>	

<p>przyjęto $p = 47,07 \text{ kN/m}$</p> $M = \frac{1}{2} (M_A + M_B) + \frac{p l_{\text{eff}}^2}{8} + \frac{1}{2} \frac{(M_A - M_B)^2}{p l_{\text{eff}}^2} = \frac{1}{2} (0,00 + 181,26) + \frac{47,07 \cdot 5,10^2}{8} + \frac{1}{2} \frac{(0,00 - 181,26)^2}{47,07 \cdot 5,10^2} = 257,09 \text{ kNm}$	
Obliczenia	Odnosniki

$$\alpha_M = \frac{5}{48} \left(1 + \frac{M_A + M_B}{10 M}\right) = \frac{5}{48} \left(1 + \frac{0,00 + 181,26}{10 \cdot 257,09}\right) = 0,178$$

Z uwagi na występowanie skurczu końcowe ugięcie zwiększono o 20 procent

$$f_I = 1,2 \alpha_M \frac{M_{Ek} l_{eff}^2}{B_I} = 1,2 \cdot 0,178 \frac{84,65 \cdot 5,10^2}{74,51 \cdot 10^3} = 0,00631 \text{ m}$$

Obliczanie ugięcia w fazie II – przekrój zarysowany:

$$A_1 = z_1 + F \cdot T = 0,313 + 6,720 \cdot 0,260 = 2,059$$

$$A_2 = z_1 + 0,5 F \cdot T^2 = 0,313 + 0,5 \cdot 8,160 \cdot 0,260^2 = 0,599$$

$$\xi = \sqrt{A_1^2 + 2A_2} - A_1 = \sqrt{2,059^2 + 2 \cdot 0,599^2} - 2,059 = 0,234 < T = 0,260 \rightarrow$$

przekrój pozornie teowy

$$\alpha_1 = \alpha_e \frac{A_{s1}}{b_{eff} d} = 20,67 \frac{8,04 \cdot 10^{-4}}{2,29 \cdot 0,462} = 0,0186$$

$$A_1 = A_2 = 0,0247$$

$$\xi = \sqrt{A_1^2 + 2A_2} - A_1 = \sqrt{0,0186^2 + 2 \cdot 0,0186} - 0,0186 = 0,175$$

$$\frac{I_{II}}{b_{eff} \cdot d^3} = \frac{\xi^3}{3} + A_1 (1 - \xi)^2 + \frac{0,175^3}{3} + 0,0186 (1 - 0,175)^2 = 0,0145$$

$$I_{II} = \frac{I_{II}}{b_{eff} \cdot d^3} \cdot b_{eff} \cdot d^3 = 0,0145 \cdot 2,29 \cdot 0,462^3 = 0,00281 \text{ m}^4$$

$$z_1 = d (1 - \xi) = 0,462 (1 - 0,175) = 0,381 \text{ m}$$

$$S_{II} = A_{s1} \cdot z_1 = 8,04 \cdot 10^{-4} \cdot 0,381 = 0,000306 \text{ m}^2$$

$$B_{II} = E_{c,eff} \cdot I_{II} = 9,68 \cdot 0,00281 = 27,20 \cdot 10^3 \text{ kNm}^2$$

Ugięcie:

$$M = \frac{1}{2} (M_A + M_B) + \frac{p l_{eff}^2}{8} + \frac{1}{2} \frac{(M_A - M_B)^2}{p l_{eff}^2} = \frac{1}{2} (0,00 + 181,26) + \frac{47,07 \cdot 5,10^2}{8} + \frac{1}{2} \frac{(0,00 - 181,26)^2}{47,07 \cdot 5,10^2} = 257,09 \text{ kNm}$$

$$\alpha_M = \frac{5}{48} \left(1 + \frac{M_A + M_B}{10 M}\right) = \frac{5}{48} \left(1 + \frac{0,00 + 181,26}{10 \cdot 257,09}\right) = 0,178$$

Z uwagi na występowanie skurczu końcowe ugięcie zwiększono o 20 procent

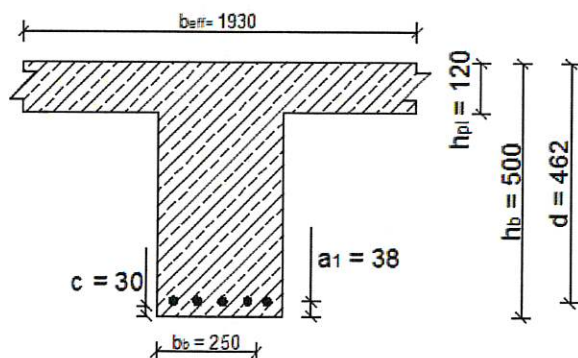
$$f_{II} = 1,2 \alpha_M \frac{M_{Ek} l_{eff}^2}{B_{II}} = 1,2 \cdot 0,178 \frac{5 \cdot 84,65 \cdot 5,10^2}{48 \cdot 27,20 \cdot 10^3} = 0,0173 \text{ m}$$

Ugięcie całkowite:

$$u = \xi f_2 + (1 - \xi) f_1 = 0,964 \cdot 0,0063 + (1 - 0,964) \cdot 0,0173 = 0,0258 \text{ m} = 2,58 \text{ cm}$$

→ wartość ugięcia nie spowoduje to negatywnego wpływu na przylegające elementy i estetykę konstrukcji

2) Przesło wewnętrzne



$$M_{Ek}^2 = 32,44 \text{ kNm}$$

$$A_{s1} = 4,02 \text{ cm}^2$$

$$l_{eff} = 0,70 \cdot l = 0,70 \cdot 6,00 = 4,20 \text{ m}$$

$\beta = 0,5 \rightarrow$ obciążenia długotrwałe i wielokrotnie powtarzalne

$$W_c = \frac{bh^2}{6} = \frac{0,25 \cdot 0,50^2}{6} = 0,0104 \text{ m}^3$$

Obliczenia	Odnosiniki
$M_{cr} = f_{ctm} \cdot W_c = 2,2 \cdot 0,0104 = 22,92 \text{ kNm}$ $\xi = 1 - \beta \left(\frac{M_{cr}}{M} \right)^2 = 1 - 0,5 \left(\frac{22,92}{84,85} \right)^2 = 0,964$ Współczynnik pełzania: $\phi(t_0, \infty) = 2,1$ $E_{c,eff} = \frac{E_{cm}}{1 + \phi(t_0, \infty)} = \frac{30}{1 + 2,1} = 9,68 \text{ GPa}$ $\alpha_e = \frac{E_s}{E_{c,eff}} = \frac{200}{9,68} = 20,67$ $\alpha_1 = \alpha_e \frac{A_{s1}}{b \cdot d} = 20,67 \frac{4,02 \cdot 10^{-4}}{0,25 \cdot 0,462} = 0,0719$ $H = \frac{h}{d} = \frac{0,50}{0,462} = 1,082$ $F = \frac{b_{eff} - b}{b} = \frac{1,93 - 0,25}{0,25} = 6,720$ $T = \frac{h_f}{d} = \frac{0,12}{0,462} = 0,260$ Obliczanie ugięcia w fazie I – przekrój niezarysowany: $\xi = \frac{0,5 \cdot H^2 + \alpha_1 + 0,5 \cdot F \cdot T^2}{H + \alpha_1 + F \cdot T} = \frac{0,5 \cdot 1,082^2 + 0,144 + 0,5 \cdot 6,720 \cdot 0,260^2}{1,082 + 0,144 + 6,720 \cdot 0,260} = 0,305$ $z_1 = d(1 - \xi) = 0,462(1 - 0,305) = 0,321 \text{ m}$ $\frac{I_I}{b \cdot d^3} = \frac{H^3}{12} + H(0,5 \cdot H - \xi)^2 + \alpha_1(1 - \xi)^2 + \frac{F \cdot T^3}{12} + F \cdot T \cdot (\xi - 0,5 \cdot T)^2 = \frac{1,082^3}{12} + 1,082(0,5 \cdot 1,082 - 0,305)^2 + 0,144(1 - 0,305)^2 + \frac{8,160 \cdot 0,260^3}{12} + 6,720 \cdot 0,260 \cdot (1 - 0,5 \cdot 0,305)^2 = 0,264$ $I_I = \frac{I_I}{b \cdot d^3} \cdot b \cdot d^3 = 0,264 \cdot 0,25 \cdot 0,462^3 = 0,00651 \text{ m}^4$ $S_I = A_{s1} \cdot z_1 = 4,02 \cdot 10^{-4} \cdot 0,321 = 0,000129 \text{ m}^2$ $B_I = E_{c,eff} \cdot I_I = 9,68 \cdot 0,00651 = 63,00 \cdot 10^3 \text{ kNm}^2$ Ugięcie: $M = \frac{1}{2}(M_B + M_C) + \frac{p l_{eff}^2}{8} + \frac{1}{2} \frac{(M_B - M_C)^2}{p l_{eff}^2} = \frac{1}{2}(181,26 + 184,41) + \frac{47,07 \cdot 4,20^2}{8} + \frac{1}{2} \frac{(181,26 - 184,41)^2}{47,07 \cdot 4,20^2} = 286,64 \text{ kNm}$ $\alpha_M = \frac{5}{48} \left(1 + \frac{M_A + M_B}{10 M} \right) = \frac{5}{48} \left(1 + \frac{181,26 + 184,41}{10 \cdot 286,64} \right) = 0,103$ Z uwagi na występowanie skurczu końcowe ugięcie zwiększono o 20 procent $f_I = 1,2 \alpha_M \frac{M_{Ek} l_{eff}^2}{B_I} = 1,2 \cdot 0,103 \frac{32,44 \cdot 4,20^2}{63,00 \cdot 10^3} = 0,00112 \text{ m}$ Obliczanie ugięcia w fazie II – przekrój zarysowany: $A_1 = z_1 + F \cdot T = 0,321 + 6,720 \cdot 0,260 = 2,067$ $A_2 = z_1 + 0,5 F \cdot T^2 = 0,321 + 0,5 \cdot 6,720 \cdot 0,260^2 = 0,548$ $\xi = \sqrt{A_1^2 + 2 A_2} - A_1 = \sqrt{2,067^2 + 2 \cdot 0,548^2} - 2,059 = 0,250 < T = 0,260 \rightarrow$ przekrój pozornie teowy $\alpha_1 = \alpha_e \frac{A_{s1}}{b_{eff} d} = 20,67 \frac{4,02 \cdot 10^{-4}}{1,93 \cdot 0,462} = 0,00932$ $A_1 = A_2 = 0,00932$ $\xi = \sqrt{A_1^2 + 2 A_2} - A_1 = \sqrt{0,00932^2 + 2 \cdot 0,00932} - 0,0186 = 0,128$ $\frac{I_{II}}{b_{eff} \cdot d^3} = \frac{\xi^3}{3} + A_1(1 - \xi)^2 + \frac{0,128^3}{3} + 0,00932(1 - 0,128)^2 = 0,00778$ $I_{II} = \frac{I_{II}}{b_{eff} \cdot d^3} \cdot b_{eff} \cdot d^3 = 0,00778 \cdot 1,93 \cdot 0,462^3 = 0,00148 \text{ m}^4$ $z_1 = d(1 - \xi) = 0,462(1 - 0,128) = 0,403 \text{ m}$ $S_{II} = A_{s1} \cdot z_1 = 4,02 \cdot 10^{-4} \cdot 0,403 = 0,000162 \text{ m}^2$ $B_{II} = E_{c,eff} \cdot I_{II} = 9,68 \cdot 0,00148 = 14,34 \cdot 10^3 \text{ kNm}^2$	

Obliczenia	Odnosniki
<p>Ugięcie:</p> $M = \frac{1}{2} (M_B + M_C) + \frac{p l_{eff}^2}{8} + \frac{1}{2} \frac{(M_B - M_C)^2}{p l_{eff}^2} = \frac{1}{2} (181,26 + 184,41) + \frac{47,07 \cdot 4,20^2}{8} + \frac{1}{2} \frac{(181,26 - 184,41)^2}{47,07 \cdot 4,20^2} = 286,64 \text{ kNm}$ $\alpha_M = \frac{5}{48} \left(1 + \frac{M_A + M_B}{10 M} \right) = \frac{5}{48} \left(1 + \frac{181,26 + 184,41}{10 \cdot 286,64} \right) = 0,103$ <p>Z uwagi na występowanie skurczu końcowe ugięcie zwiększono o 20 procent</p> $f_{II} = 1,2 \alpha_M \frac{M_{Ek} l_{eff}^2}{B_{II}} = 1,2 \cdot 0,103 \frac{84,65 \cdot 4,20^2}{14,34 \cdot 10^3} = 0,00492 \text{ m}$ <p>Ugięcie wywołane przez skurcz:</p> $\varepsilon_{cs} = -0,385$ $\alpha_{cs} = 0,125$ $f_{cs, I} = -\alpha_{cs} \frac{E_s \varepsilon_{cs} l_{eff}^2}{B_{II}} = -0,125 \frac{200 \cdot 10^3 \cdot (-0,385) \cdot 4,20^2}{14,34 \cdot 10^3} = 0,00118 \text{ m}$ <p>Ugięcie całkowite:</p> $u = \xi f_2 + (1 - \xi) f_1 = 0,750 \cdot 0,00492 + (1 - 0,750) \cdot 0,00112 \text{ m} = 0,00398 \text{ m} = 0,38 \text{ cm} \rightarrow$ <p>wartość ugięcia nie spowoduje to negatywnego wpływu na przylegające elementy i estetykę konstrukcji</p> <p>Sprawdzenie zarysowań</p> <p>1) Przęsło skrajne</p> <p>$k_1 = 0,8 \rightarrow$ pręty żebrowane $k_2 = 0,5 \rightarrow$ pręty zginane</p> $h_{c, eff} = \max \left\{ \frac{2,5 \cdot a}{3} \right\} = \max \left\{ \frac{2,5 \cdot 0,038}{3} \right\} = 0,16 \text{ m}$ $\rho_{p, eff} = \frac{A_s}{b \cdot h_{c, eff}} = \frac{8,04}{25 \cdot 16} = 0,020$ $S_{r, max} = k_3 \cdot c + \frac{k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot \phi}{\rho_{p, eff}} = 3,4 \cdot 25 + 0,425 \cdot \frac{0,8 \cdot 0,5 \cdot 16}{0,020} = 240 \text{ mm}$ <p>$k_t = 0,4 \rightarrow$ sytuacja prawie stała</p> $\sigma_s = \frac{M_{ek}}{z \cdot A_{s1}} = \frac{84,85 \cdot 10^5}{42 \cdot 8,04} = 254$ $\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{\sigma_s - \frac{k_t f_{ct, eff}}{\rho_{p, eff}} \cdot (1 + \alpha_e \rho_{p, eff})}{E_s} = \frac{254 - \frac{0,4 \cdot 2,2}{0,020} \cdot (1 + 25,33 \cdot 0,020)}{200000} = 0,000127$ $> 0,6 \frac{\sigma_s}{E_s} = 0,6 \cdot \frac{254}{200000} = 0,000008$ <p>Szerokość rys:</p> $w_k = S_{r, max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = 240 \cdot 0,000127 = 0,03 \text{ mm}$ <p>Dopuszczalna szerokość rys:</p> $w_{dop} = 0,3 \text{ mm} - \text{dla klasy ekspozycji XC2}$ <p>Sprawdzenie warunku:</p> $w_k = 0,03 \text{ mm} < w_{dop} = 0,3 \text{ mm} \rightarrow \text{warunek spełniony}$	

Obliczenia	Odnosniki
<p>2) Przęsło wewnętrzne</p> <p>$k_1 = 0,8 \rightarrow$ pręty żebrowane</p> <p>$k_2 = 0,5 \rightarrow$ pręty zginane</p> $h_{c,eff} = \max \left\{ \frac{2,5 \cdot a}{3} \right\} = \max \left\{ \frac{2,5 \cdot 0,038}{3} \right\} = 0,16 \text{ m}$ $q_{p,eff} = \frac{A_s}{b \cdot h_{c,eff}} = \frac{4,02}{25 \cdot 16} = 0,010$ $s_{r,max} = k_3 \cdot c + \frac{k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot \phi}{q_{p,eff}} = 3,4 \cdot 25 + 0,425 \cdot \frac{0,8 \cdot 0,5 \cdot 16}{0,010} = 378 \text{ mm}$ <p>$k_t = 0,4 \rightarrow$ sytuacja prawie stała</p> $\sigma_s = \frac{M_{ek}}{z \cdot A_{s1}} = \frac{32,34 \cdot 10^5}{42 \cdot 4,02} = 194$ $\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{\sigma_s - \frac{k_t f_{ct,eff}}{q_{p,eff}} \cdot (1 + \alpha_e q_{p,eff})}{E_s} = \frac{194 - \frac{0,4 \cdot 2,2}{0,010} \cdot (1 + 25,33 \cdot 0,010)}{200000} = 0,000097$ <p>$> 0,6 \frac{\sigma_s}{E_s} = 0,6 \cdot \frac{194}{200000} = 0,000006$</p> <p>Szerokość rys:</p> $w_k = s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = 378 \cdot 0,000097 = 0,04 \text{ mm}$ <p>Dopuszczalna szerokość rys:</p> <p>$w_{dop} = 0,3 \text{ mm}$ – dla klasy ekspozycji XC2</p> <p>Sprawdzenie warunku:</p> <p>$w_k = 0,04 \text{ mm} < w_{dop} = 0,3 \text{ mm} \rightarrow$ warunek spełniony</p>	