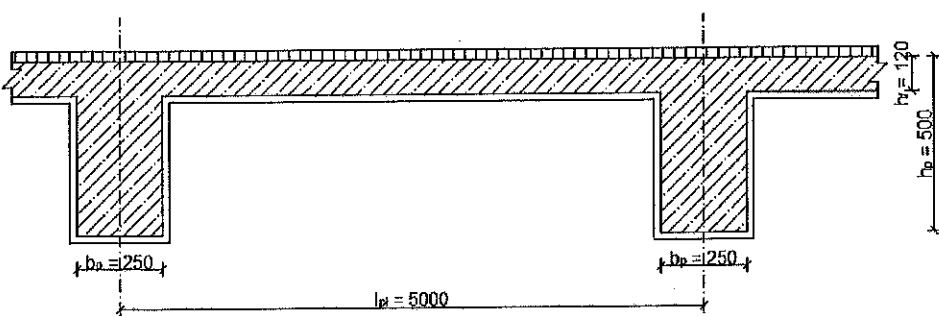
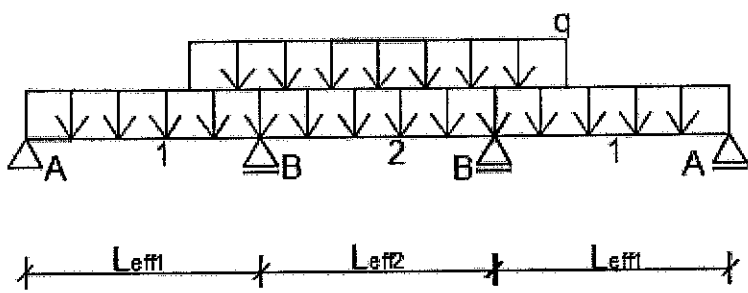
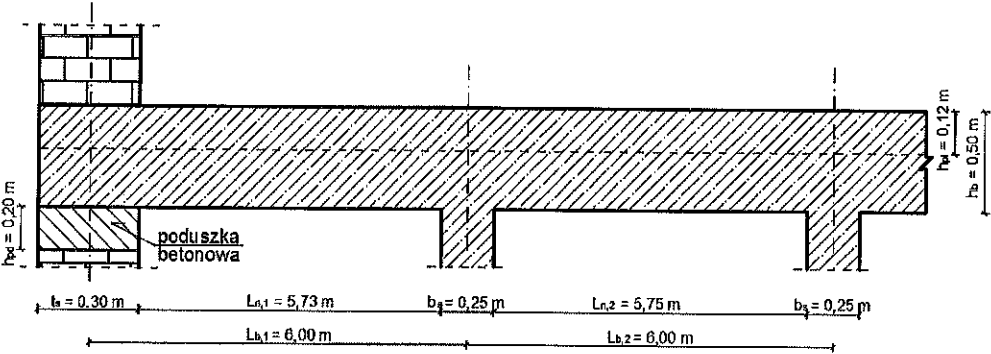


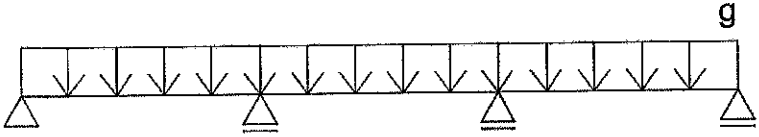
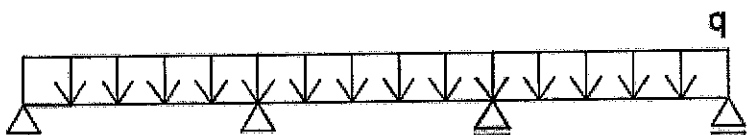
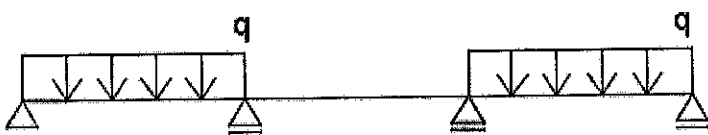
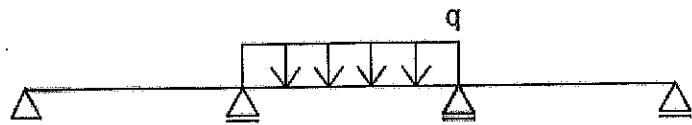
PROJEKT WYBRANYCH ELEMENTÓW ŻELBETOWEGO STROPU BELKOWEGO

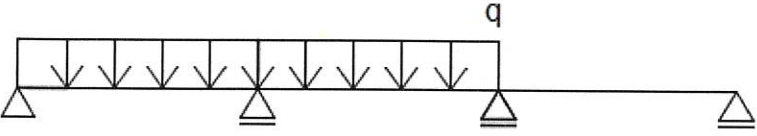
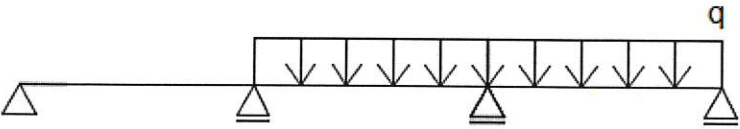
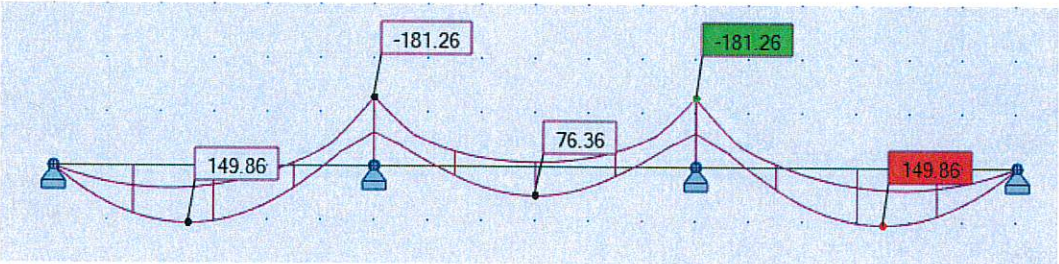
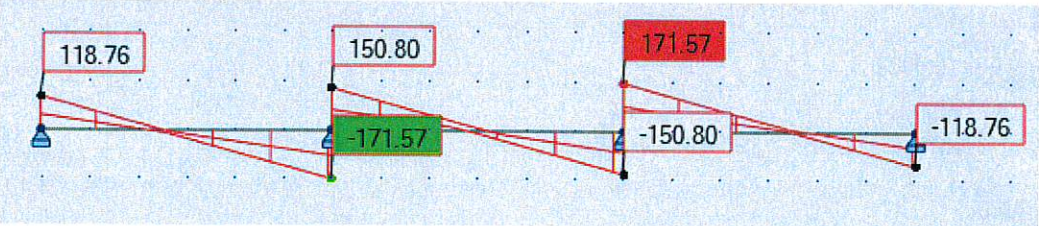
Cześć 2 - Podciąg żelbetowy

Obliczenia	Odnosiniki
<p><u>ZAŁOŻENIA DO OBLICZEŃ</u></p> <p>Rozpiętość płyty stropowej L_{pl}: 5,00 m Rozpiętość podciagu L_b: 6,00 m Przeznaczenie: budynek mieszkalny Obciążenie użytkowe: 2,00 kN/m²</p>	
<p><u>KSZTAŁTOWANIE KONSTRUKCJI</u></p> <p>Wartości przyjęte do obliczeń</p> <p>Grubość ściany zewnętrznej: 30 cm</p> <p>Dobór wymiarów podciagu</p> <p>Wysokość podciagu: $h_p = \left(\frac{1}{15} - \frac{1}{12}\right) L_p = \left(\frac{1}{15} - \frac{1}{12}\right) 6,00 = (0,40 - 0,50)$, przyjęto $h_p = 0,50$ m</p> <p>Szerokość podciagu: $b_p = \left(\frac{1}{3} - \frac{1}{2,5}\right) h_p = \left(\frac{1}{3} - \frac{1}{2}\right) 0,50 = (0,17 - 0,25)$, przyjęto $b_p = 0,25$ m</p>	

Obliczenia	Odnośniki															
<p>ZESTAWIENIE OBCIĄŻEŃ</p>  <p>Obciążenia stałe</p> <table border="1" data-bbox="207 750 1082 1057"> <thead> <tr> <th>Obciążenie</th> <th>Obciążenie [kN/m]</th> <th>Wartość charakterystyczna [kN/m]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Płyta stropowa</td> <td>$5,00 \text{ m} \cdot 4,43 \text{ kN/m}^2$</td> <td>22,16</td> </tr> <tr> <td>Podciąg</td> <td>$0,25 \text{ m} \cdot 0,38 \text{ m} \cdot 25,0 \text{ kN/m}^3$</td> <td>2,37</td> </tr> <tr> <td>Tynk c-w 10mm</td> <td>$0,01 \text{ m} \cdot 2 \cdot 0,38 \text{ m} \cdot 19,0 \text{ kN/m}^3$</td> <td>0,14</td> </tr> <tr> <td>Razem</td> <td>-</td> <td>24,67</td> </tr> </tbody> </table> <p>Obciążenia użytkowe</p> <p>Obciążenie użytkowe:</p> <ul style="list-style-type: none"> - obciążenie użytkowe dla powierzchni mieszkalnych: $5,00 \text{ m} \cdot 2,00 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} = 10,00 \text{ kN/m}$ (kategoria A) - obciążenie użytkowe od ścianek działowych przestawnych: $5,00 \text{ m} \cdot 0,50 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} = 2,50 \text{ kN/m}$ (kategoria A) <p>Obciążenie użytkowe razem: 12,50 kN/m</p> <p>OBLICZENIA STATYCZNE</p> <p>Schemat statyczny</p> 	Obciążenie	Obciążenie [kN/m]	Wartość charakterystyczna [kN/m]	Płyta stropowa	$5,00 \text{ m} \cdot 4,43 \text{ kN/m}^2$	22,16	Podciąg	$0,25 \text{ m} \cdot 0,38 \text{ m} \cdot 25,0 \text{ kN/m}^3$	2,37	Tynk c-w 10mm	$0,01 \text{ m} \cdot 2 \cdot 0,38 \text{ m} \cdot 19,0 \text{ kN/m}^3$	0,14	Razem	-	24,67	
Obciążenie	Obciążenie [kN/m]	Wartość charakterystyczna [kN/m]														
Płyta stropowa	$5,00 \text{ m} \cdot 4,43 \text{ kN/m}^2$	22,16														
Podciąg	$0,25 \text{ m} \cdot 0,38 \text{ m} \cdot 25,0 \text{ kN/m}^3$	2,37														
Tynk c-w 10mm	$0,01 \text{ m} \cdot 2 \cdot 0,38 \text{ m} \cdot 19,0 \text{ kN/m}^3$	0,14														
Razem	-	24,67														

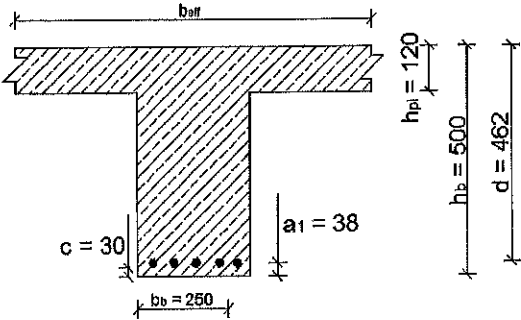
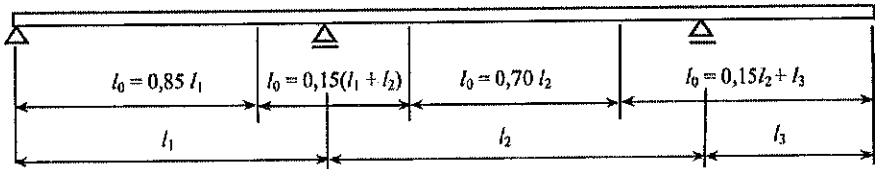
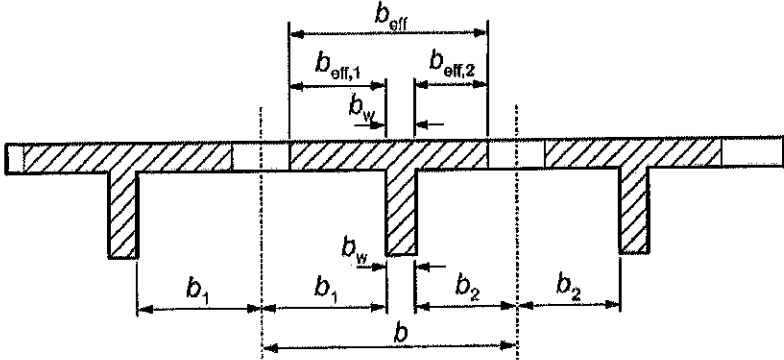
Obliczenia	Odnośniki
<p>Długość efektywna</p>  <p>Rozpiętość przęsła skrajnego: $L_{p,1} = 6,00 \text{ m}$</p> <p>Rozpiętość przęsła wewnętrznego: $L_{p,2} = 6,00 \text{ m}$</p> <p>Szerokość ściany zewnętrznej: $t_s = 0,30 \text{ m}$</p> <p>Szerokość słupa: $b_s = 0,25 \text{ m}$</p> <p>a) przęsło skrajne</p> $L_{n,1} = L_{b,1} - 0,5t_s - 0,5b_s = 6,00 - 0,5 \cdot 0,30 - 0,5 \cdot 0,25 = 5,73 \text{ m}$ $a_1 = \min \begin{cases} 0,5h_b = 0,5 \cdot 0,40 \text{ m} = 0,20 \text{ m} \\ 0,5t_s = 0,5 \cdot 0,30 \text{ m} = 0,15 \text{ m} \end{cases} = 0,15 \text{ m}$ $a_2 = \min \begin{cases} 0,5h_b = 0,5 \cdot 0,40 \text{ m} = 0,20 \text{ m} \\ 0,5b_s = 0,5 \cdot 0,25 \text{ m} = 0,13 \text{ m} \end{cases} = 0,13 \text{ m}$ $L_{\text{eff},1} = L_{n,1} + a_1 + a_2 = 5,73 + 0,15 + 0,13 = 6,01 \text{ m}$ <p>ba) przęsło wewnętrzne</p> $L_{n,2} = L_{b,2} - 0,5b_s - 0,5b_s = 6,00 - 0,5 \cdot 0,25 - 0,5 \cdot 0,25 = 5,75 \text{ m}$ $a_1 = \min \begin{cases} 0,5h_b = 0,5 \cdot 0,40 \text{ m} = 0,20 \text{ m} \\ 0,5b_s = 0,5 \cdot 0,25 \text{ m} = 0,13 \text{ m} \end{cases} = 0,13 \text{ m}$ $a_2 = \min \begin{cases} 0,5h_b = 0,5 \cdot 0,40 \text{ m} = 0,20 \text{ m} \\ 0,5b_s = 0,5 \cdot 0,25 \text{ m} = 0,13 \text{ m} \end{cases} = 0,13 \text{ m}$ $L_{\text{eff},2} = L_{n,2} + a_1 + a_2 = 5,75 + 0,13 + 0,13 = 6,01 \text{ m}$ <p>Kombinacje obciążeń</p> <p>Charakterystyczne obciążenia stałe: $g_k = 24,67 \text{ kN/m}$</p> <p>Charakterystyczne obciążenia użytkowe: $q_k = 12,50 \text{ kN/m}$</p> <p>Współczynniki częściowe dla kombinacji:</p> <p>$\gamma_g = 1,35 \rightarrow$ obciążenia stałe</p> <p>$\gamma_q = 1,50 \rightarrow$ obciążenia zmienne</p>	<p>EC 1992-1-1 5.3.2.2</p> <p>EC 1992-1-1 5.3.2.2</p> <p>EC 1990 tab. A1.2(B)</p>

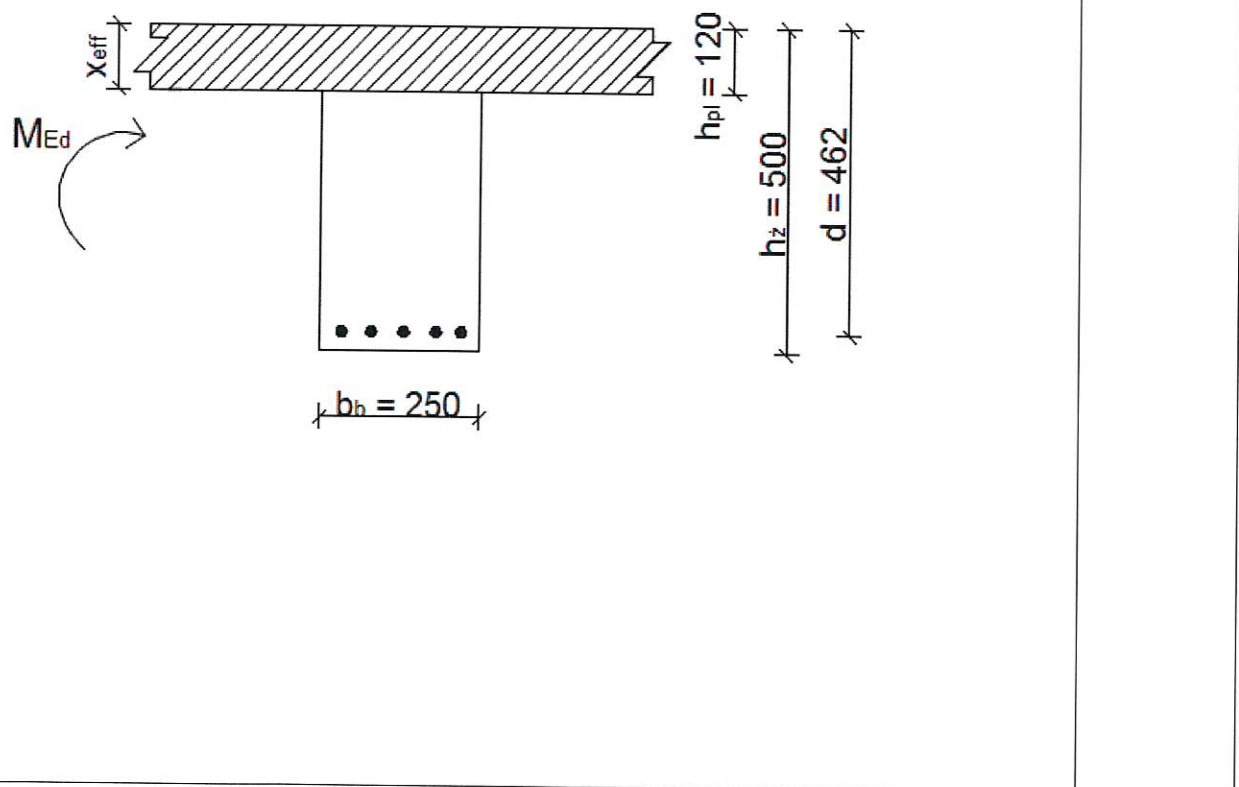
Obliczenia	Odnosiniki
<p>Współczynniki do kombinacji: $\xi = 0,85 \rightarrow$ obciążenia stałe $\Psi_{0,q} = 0,7 \rightarrow$ obciążenia użytkowe kategorii A</p> <p>Komb SGN1: $\gamma_g \cdot g_k \cdot \xi + \gamma_q \cdot q_k$ Komb SGN2: $\gamma_g \cdot g_k + \gamma_q \cdot q_k \cdot \Psi_{0,q}$</p>	<p>EC 1990 tab. A 1.1</p> <p>EC 1990 tab. A1.2(B)</p>
<p>Przypadki obciążeń</p>	
<p>1) obciążenia stałe G (w programach MES obciążenie ciężarem własnym jest dodawane automatycznie, dlatego należy pamiętać, aby je uprzednio usunąć i dodać ponownie zgodnie ze schematem)</p>	
	
<p>2) obciążenia użytkowe Q1</p>	
	
<p>3) obciążenia użytkowe Q2</p>	
	
<p>4) obciążenia użytkowe Q3</p>	
	

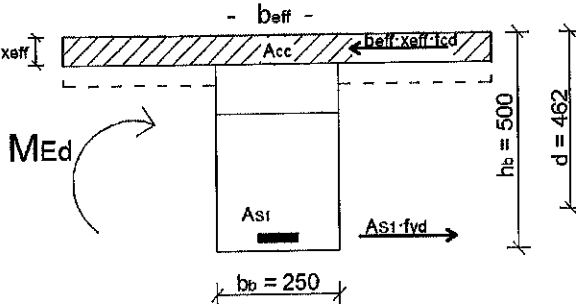
Obliczenia	Odnosniki
<p>5) obciążenia użytkowe Q4</p> 	
<p>6) obciążenia użytkowe Q5</p> 	
<p>Siły wewnętrzne</p>	
<p>1) obliczeniowe momenty zginające</p> 	
<p>2) obliczeniowe siły poprzeczne</p> 	<p>EC 1992-1-1 tab. 4.1 tab. E.1N</p> <p>EC 1992-1-1 tab. 3.1</p> <p>EC 1992-1-1 tab. 2.1 tab. NA.2</p>
<p>WYMIAROWANIE</p> <p>Dobór materiałów</p> <p>BETON: Klasa ekspozycji XC 1 → beton C20/25 Charakterystyki betonu: $f_{ck} = 20\text{MPa}$ $\gamma_c = \left\{ \begin{matrix} 1,5 \\ 1,4 \end{matrix} \right\}$</p>	<p>EC 1990 wzór 6.3</p> <p>EC 1992-1-1 tab. 3.1</p> <p>EC 1990 wzór 6.3</p> <p>EC 1992-1-1 tab. 3.1</p>

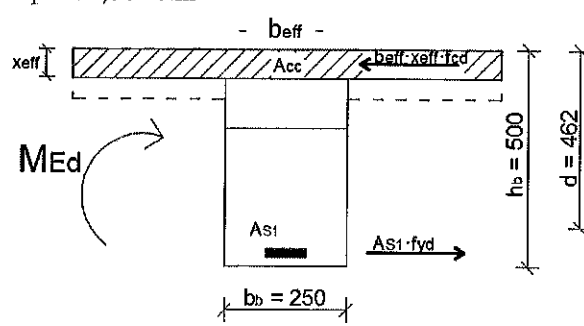
Obliczenia	Odnośniki
<p>Przyjęto $\gamma_c = 1,4$</p> $f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{20}{1,4} = 14,29 \text{ MPa}$ <p>$f_{ctm} = 2,2 \text{ MPa}$</p> <p>$f_{ctk} = 1,5 \text{ MPa}$</p> $f_{ctd} = \frac{f_{ctk}}{\gamma_c} = \frac{1,5}{1,4} = 1,07 \text{ MPa}$ <p>$E_{cm} = 30,0 \text{ GPa}$</p>	
<p>STAL:</p> <p>Stal klasy B: B500B</p> <p>$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$</p> <p>Niektórzy producenci stali zbrojeniowej podają obliczeniową wartość granicy plastyczności stali zbrojeniowej, w przypadku jej braku przyjmujemy wartości normowe współczynnika zgodnie z</p>	<p>EC 1992-1-1 tab. C.1</p>
<p>formułą:</p>	<p>EC 1992-1-1 tab. 2.1 tab. NA.2</p>
$\gamma_s = \left\{ \begin{matrix} 1,15 \\ 1,15 \end{matrix} \right\}$ <p>Przyjęto $\gamma_s = 1,15$</p>	<p>EC 1990 wzór 6.3</p>
$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500}{1,15} = 435 \text{ MPa} = 43,5 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$	<p>EC 1992-1-1 tab. 3.1</p>
<p>$E_s = 200,0 \text{ GPa}$</p> <p>$\epsilon_{cu} = 0,0035$</p>	
$\epsilon_{yd} = \frac{f_{yd}}{E_s} = \frac{435}{200000} = 0,0022$	<p>EC 1992-1-1 3.1.7</p>
$\xi_{lim} = \frac{\epsilon_{cu}}{\epsilon_{cu} + \epsilon_{yd}} = \frac{0,0035}{0,0035 + 0,0022} = 0,614$	<p>EC 1992-1-1 4.4.1</p>
<p>Otulenie zbrojenia</p>	
<p>Wstępnie ustalono \emptyset zbrojenia podciagu 16 mm, natomiast otulenie zbrojenia ustalono:</p>	<p>EC 1992-1-1 wzór 4.2</p>
$c_{min} = \max \left\{ \begin{matrix} c_{min,b} \\ c_{min,dur} + \Delta c_{dur,\gamma} - \Delta c_{dur,st} - \Delta c_{dur,add} \\ 10 \text{ mm} \end{matrix} \right\}$	<p>EC 1992-1-1 tab. 4.2</p>
<p>$c_{min,b} = 16 \text{ mm} \rightarrow$ zwykłe ułożenie prętów, pręty zbrojeniowe o średnicy 16 mm</p>	<p>EC 1992-1-1 tab. 4.4N</p>
<p>$c_{min,dur} = 15 \text{ mm} \rightarrow$ klasa konstrukcji S4, klasa ekspozycji XC1</p>	<p>EC 1992-1-1 4.4.1.2 (7)</p>
<p>$\Delta c_{dur,\gamma} = 0 \rightarrow$ wartość zalecana</p>	<p>EC 1992-1-1 4.4.1.2 (7)</p>

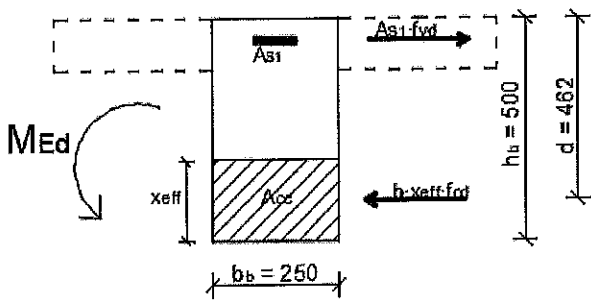
Obliczenia	Odnosiniki
$\Delta c_{dur,st} = 0 \rightarrow$ nie zastosowano stali nierdzewnej i nie podjęto żadnych specjalnych kroków	EC 1992-1-1 4.4.1.2 (8)
$\Delta c_{dur,add} = 0 \rightarrow$ nie zastosowano żadnej dodatkowej ochrony betonu	
$c_{min} = \max \left\{ \begin{array}{l} 16 \text{ mm} \\ 15 \text{ mm} + 0 - 0 - 0 \\ 10 \text{ mm} \end{array} \right\} = 16 \text{ mm}$	EC 1992-1-1 4.4.1.3 (1)
$c_{dev} = 5 \text{ mm} \rightarrow$ systemu zapewnienia jakości	
$c_{nom} = c_{min} + c_{dev} = 16 \text{ mm} + 5 \text{ mm} = 22 \text{ mm}$	EC 1992-1-1 wzór 4.1
Otulenie zbrojenia przyjęto $c = 3,0 \text{ cm}$	
Wstępnie ustalono \emptyset strzemion 8 mm, natomiast otulenie zbrojenia ustalono:	
$c_{min} = \max \left\{ \begin{array}{l} c_{min,b} \\ c_{min,dur} + \Delta c_{dur,\gamma} - \Delta c_{dur,st} - \Delta c_{dur,add} \\ 10 \text{ mm} \end{array} \right\}$	
$c_{min,b} = 8 \text{ mm} \rightarrow$ zwykle ułożenie prętów, pręty zbrojeniowe o średnicy 8 mm	
$c_{min,dur} = 15 \text{ mm} \rightarrow$ klasa konstrukcji S4, klasa ekspozycji XC1	
$\Delta c_{dur,\gamma} = 0 \rightarrow$ wartość zalecana	
$\Delta c_{dur,st} = 0 \rightarrow$ nie zastosowano stali nierdzewnej i nie podjęto żadnych specjalnych kroków	
$\Delta c_{dur,add} = 0 \rightarrow$ nie zastosowano żadnej dodatkowej ochrony betonu	
$c_{min} = \max \left\{ \begin{array}{l} 8 \text{ mm} \\ 15 \text{ mm} + 0 - 0 - 0 \\ 10 \text{ mm} \end{array} \right\} = 15 \text{ mm}$	
$c_{dev} = 5 \text{ mm} \rightarrow$ systemu zapewnienia jakości	
$c_{nom} = c_{min} + c_{dev} = 15 \text{ mm} + 5 \text{ mm} = 20 \text{ mm}$	
Sprawdzenie otulenia:	
$c_{nom,strz} + \emptyset_{strz} = 20 + 8 = 28 \text{ mm} > c_{nom,gt} = 30 \text{ mm} \rightarrow$ otulenie zapewnia odpowiednie zabezpieczenie dla strzemion i zbrojenia głównego podciągu	
Otulenie zbrojenia przyjęto $c = 3,0 \text{ cm}$	

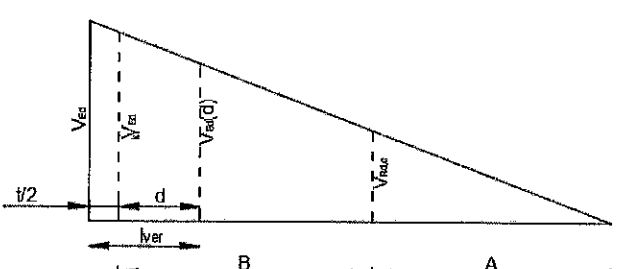
Obliczenia	Odnośniki
<p>Geometria przekroju</p> <p>W obliczeniach uwzględniane będą dwa przekroje: prostokątny nad podporami i teowy w przęsłach</p>  <p>$a_1 = c + \frac{1}{2} \phi_{pl} = 0,03 + \frac{1}{2} \cdot 0,016 = 0,038 \text{ m}$</p> <p>$d = h_f - a_1 = 0,50 - 0,038 = 0,462 \text{ m}$</p> <p>Wyznaczenie szerokości efektywnej przekroju teowego</p> <p>Długość efektywnej</p>  <p>$l_b = 6,00 \text{ m}$</p> <p>a) Przęsło skrajne</p> <p>$l_{\text{eff},1} = 0,85 l_b = 0,85 \cdot 6,00 = 5,10 \text{ m}$</p> <p>b) Przęsło wewnętrzne</p> <p>$l_{\text{eff},2} = 0,70 l_b = 0,70 \cdot 6,00 = 4,20 \text{ m}$</p> <p>c) Podpora B</p> <p>$l_{\text{eff},B} = 0,30 l_b = 0,30 \cdot 6,00 = 1,20 \text{ m}$</p> <p>Efektywna szerokość pólek</p> 	

Obliczenia	Odnosniki
<p> $b_{eff} = b_w + \sum b_{eff_i}$, lecz nie więcej niż b $b_{eff_i} = 0,2b_i + 0,1l_0$, lecz nie więcej niż $0,2l_0$ i nie więcej niż b_i $b = l_b = 6,00$ m $b_p = 0,25$ m $b_1 = b_2 = \frac{b-b_w}{2} = \frac{6,00-0,25}{2} = 2,88$ m </p> <p>a) Przęsło skrajne</p> <p> $b_{eff_1} = 0,2b_1 + 0,1l_0 = 0,2 \cdot 2,88 + 0,1 \cdot 5,10 = 1,09$ m $> 0,2l_0 = 1,02$ m i $< b_1 = 2,88$ m, przyjęto $b_{eff_1} = 1,02$ m $b_{eff_2} = 0,2b_1 + 0,1l_0 = 0,2 \cdot 2,88 + 0,1 \cdot 5,10 = 1,09$ m $> 0,2l_0 = 1,02$ m i $< b_1 = 2,88$ m, przyjęto $b_{eff_2} = 1,02$ m $b_{eff} = b_w + b_{eff_1} + b_{eff_2} = 0,25 + 1,02 + 1,02 = 2,29$ m $< b = 2,88$ m </p> <p>b) Przęsło wewnętrzne</p> <p> $b_{eff_1} = 0,2b_1 + 0,1l_0 = 0,2 \cdot 2,88 + 0,1 \cdot 4,20 = 1,93$ m $> 0,2l_0 = 0,84$ m i $< b_1 = 2,88$ m, przyjęto $b_{eff_1} = 0,84$ m $b_{eff_2} = 0,2b_1 + 0,1l_0 = 0,2 \cdot 2,88 + 0,1 \cdot 4,20 = 1,93$ m $> 0,2l_0 = 0,84$ m i $< b_1 = 2,88$ m, przyjęto $b_{eff_2} = 0,84$ m $b_{eff} = b_w + b_{eff_1} + b_{eff_2} = 0,25 + 0,84 + 0,84 = 1,93$ m $< b = 2,88$ m </p>	
<p>Sprawdzenie, czy przekrój jest pozornie, czy rzeczywiście teowy</p>	
 <p> x_{eff} M_{Ed} $h_{p1} = 120$ $h_z = 500$ $d = 462$ $b_b = 250$ </p>	

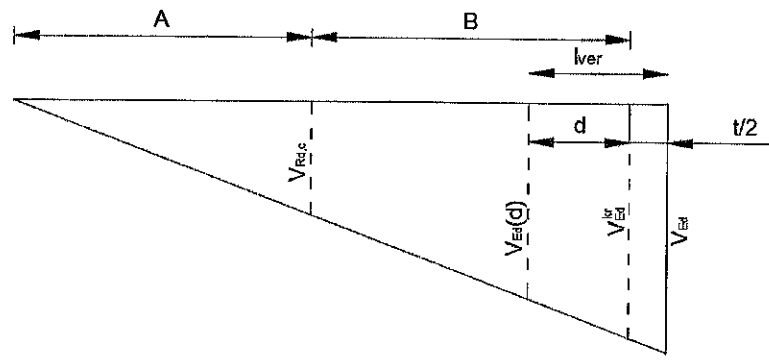
Obliczenia	Odnosiniki
<p>Sprawdzam, jaki moment może przenieść półka przekroju teowego:</p> $M_{hf} = b_{eff} \cdot h_{pl} \cdot f_{cd} \cdot (d - 0,5h_f)$ $b_{eff} = \min(b_{eff1}) = \min(2,29, 1,93) = 1,93 \text{ m}$ $M_{hf} = b_{eff} \cdot h_f \cdot f_{cd} \cdot (d - 0,5h_f) = 1,93 \cdot 0,12 \cdot 14,29 \cdot (0,462 - 0,038)$ $= 1402,83 \text{ kNm}$ $M_{hf} = 1402,83 \text{ kNm} > M_{Ed} = 149,86 \text{ kNm}$ <p>Przekrój jest pozornie teowy. Należy go wymiarować jako przekrój prostokątny o wymiarach $b_{eff} \times h_p$. Zbrojenie w przęsłach wymiarujemy jak dla przekroju pozornie teowego, a nad podporą jak dla przekroju prostokątnego</p> <p>WYMIAROWANIE NA ZGINANIE</p> <p>Zbrojenie minimalne</p> $A_{s,min} = 0,26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot b_w \cdot d = 0,26 \cdot \frac{2,2}{500} \cdot 0,462 = 0,000132 \text{ m}^2 = 1,32 \text{ cm}^2$ $A_{s,min} = 0,0013 \cdot b_w \cdot d = 0,0013 \cdot 0,462 = 0,000150 \text{ m}^2 = 1,50 \text{ cm}^2$ <p>Przyjęto $A_{s,min} = 1,50 \text{ cm}^2$</p> <p>Zbrojenie maksymalne</p> $A_{s,max} = 0,04 \cdot A_{cc} = 0,04 \cdot 0,25 \cdot 0,50 = 0,0050 \text{ m}^2 = 50,00 \text{ cm}^2$ <p>Przyjęto $A_{s,max} = 50,00 \text{ cm}^2$</p> <p>Zbrojenie na zginanie</p> <p>1) Przęsło skrajne</p> $M_1 = 149,86 \text{ kNm}$  <p>Wyznaczanie wysokości strefy ściskanej x_{eff}:</p> <p>Założenia: metoda uproszczona, przekrój strefy ściskanej prostokątny, $x_{eff} = 0,8 x$, gdzie x wysokość strefy ściskanej dla betonu o rozkładzie parabolicznym</p> $\sum M_{A_{s1}} = 0$ $b_{eff} \cdot x_{eff} \cdot f_{cd} \cdot (d - 0,5 x_{eff}) - M_{Ed} = 0$	<p>EC 1992-1-1 9.2.1.1</p> <p>EC 1992-1-1 9.2.1.1</p>

Obliczenia	Odnosniki
$2,29 \cdot x_{eff} \cdot 14,29 \cdot 10^3 \cdot (0,462 - 0,5 x_{eff}) - 149,86 = 0$ $-16357,14 x_{eff}^2 + 15114,00 x_{eff} - 149,86 = 0$ $\sqrt{\Delta} = \sqrt{b^2 - 4 \cdot a \cdot c} = \sqrt{15114,00^2 - 4 \cdot 16357,14 \cdot (-149,86)} = 14786,07$ $x_{eff,1} = \frac{-b + \sqrt{\Delta}}{2a} = \frac{-15114,00 + 14786,07}{2 \cdot (-16357,14)} = 0,010 \text{ m}$ $x_{eff,2} = \frac{-b - \sqrt{\Delta}}{2a} = \frac{-15114,00 - 14786,07}{2 \cdot (-16357,14)} = 0,914 \text{ m}$ <p>$x_{eff,2}$ odrzucono, ponieważ $x_{eff2} > h_b = 0,50 \text{ m}$</p> <p>Przyjęto $x_{eff} = x_{eff,1} = 0,010 \text{ m}$</p> <p>Sprawdzenie czy przekrój jest pojedynczo zbrojony:</p> $x_{eff,lim} = 0,8 \xi_{lim} d = 0,8 \cdot 0,614 \cdot 0,462 = 0,23 \text{ m}$ $x_{eff,lim} = 0,23 \text{ m} > x_{eff} = 0,010 \text{ m} \rightarrow \text{Wystarczająca wysokość strefy ściskanej}$	
<p>Wyznaczenia pola przekroju zbrojenia A_{s1}:</p> $\sum M_{Acc} = 0$ $A_{s1} \cdot f_{yd} \cdot (d - 0,5 x_{eff}) - M_{Ed} = 0$ $A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{[f_{yd} \cdot (d - 0,5 \cdot x_{eff})]} = \frac{149,86}{[435 \cdot 10^3 \cdot (0,462 - 0,5 \cdot 0,010)]} = 0,000754 \text{ m}^2 = 7,54 \text{ cm}^2$ <p>Przyjmuję 4 pręty $\phi 16$ o polu powierzchni $A_{s1} = 8,04 \text{ cm}^2$</p>	
<p>Sprawdzenie minimalnego i maksymalnego zbrojenia:</p> $A_{s,max} = 50,00 \text{ cm}^2 > A_{s1} = 8,04 \text{ cm}^2 > A_{s,min} = 1,50 \text{ cm}^2 \rightarrow \text{warunek spełniony}$	
<p>2) Przęsło wewnętrzne</p> $M_1 = 76,36 \text{ kNm}$ 	
<p>Wyznaczanie wysokości strefy ściskanej x_{eff}:</p> <p>Założenia: metoda uproszczona, przekrój strefy ściskanej prostokątny, $x_{eff} = 0,8 x$, gdzie x wysokość strefy ściskanej dla betonu o rozkładzie parabolicznym</p> $\sum M_{A_{s1}} = 0$ $b_{eff} \cdot x_{eff} \cdot f_{cd} \cdot (d - 0,5 x_{eff}) - M_{Ed} = 0$	

Obliczenia	Odnosniki
$1,93 \cdot x_{eff} \cdot 14,29 \cdot 10^3 \cdot (0,462 - 0,5 x_{eff}) - 76,36 = 0$ $-13785,71 x_{eff}^2 + 12738,00 x_{eff} - 77,14 = 0$ $\sqrt{\Delta} = \sqrt{b^2 - 4 \cdot a \cdot c} = \sqrt{12738,00^2 - 4 \cdot 13785,71 \cdot (-76,36)} = 12751,63$ $x_{eff,1} = \frac{-b + \sqrt{\Delta}}{2a} = \frac{-12738,00 + 12751,63}{2 \cdot (-16357,14)} = 0,0060 \text{ m}$ $x_{eff,2} = \frac{-b - \sqrt{\Delta}}{2a} = \frac{-12738,00 - 12751,63}{2 \cdot (-16357,14)} = 0,918 \text{ m}$ <p>$x_{eff,2}$ odrzucono, ponieważ $x_{eff2} > h_b = 0,50 \text{ m}$</p> <p>Przyjęto $x_{eff} = x_{eff,1} = 0,0060 \text{ m}$</p> <p>Sprawdzenie czy przekrój jest pojedynczo zbrojony:</p> $x_{eff,lim} = 0,8 \xi_{lim} d = 0,8 \cdot 0,614 \cdot 0,462 = 0,23 \text{ m}$ $x_{eff,lim} = 0,23 \text{ m} > x_{eff} = 0,0060 \text{ m} \rightarrow \text{Wystarczająca wysokość strefy ściskanej}$	
<p>Wyznaczenia pola przekroju zbrojenia A_{s1}:</p> $\sum M_{Acc} = 0$ $A_{s1} \cdot f_{yd} \cdot (d - 0,5 x_{eff}) - M_{Ed} = 0$ $A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{[f_{yd} \cdot (d - 0,5 \cdot x_{eff})]} = \frac{76,36}{[435 \cdot 10^3 \cdot (0,462 - 0,5 \cdot 0,0060)]} = 0,000383 \text{ m}^2$ $= 3,83 \text{ cm}^2$ <p>Przyjmuję 2 pręty $\phi 16$ o polu powierzchni $A_{s1} = 4,02 \text{ cm}^2$</p>	
<p>Sprawdzenie minimalnego i maksymalnego zbrojenia:</p> $A_{s,max} = 50,00 \text{ cm}^2 > A_{s1} = 4,02 \text{ cm}^2 > A_{s,min} = 1,50 \text{ cm}^2 \rightarrow \text{warunek spełniony}$	
<p>3) Podpora B</p> <p>$M_1 = 181,26 \text{ kNm}$</p>  <p>Wyznaczanie wysokości strefy ściskanej x_{eff}:</p> <p>Założenia: metoda uproszczona, przekrój strefy ściskanej prostokątny, $x_{eff} = 0,8 x$, gdzie x wysokość strefy ściskanej dla betonu o rozkładzie parabolicznym</p> $\sum M_{As1} = 0$ $b_{eff} \cdot x_{eff} \cdot f_{cd} \cdot (d - 0,5 x_{eff}) - M_{Ed} = 0$	

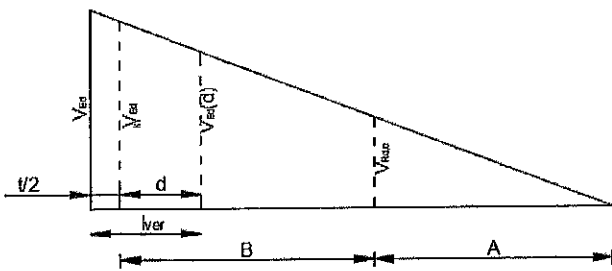
Obliczenia	Odnosniki
$0,25 \cdot x_{\text{eff}} \cdot 14,29 \cdot 10^3 \cdot (0,462 - 0,5 x_{\text{eff}}) - 181,26 = 0$ $-1785,71 x_{\text{eff}}^2 + 1650,00 x_{\text{eff}} - 181,26 = 0$ $\sqrt{\Delta} = \sqrt{b^2 - 4 \cdot a \cdot c} = \sqrt{1650,00^2 - 4 \cdot (-1785,71) \cdot (-181,26)} = 1185,45$ $x_{\text{eff},1} = \frac{-b + \sqrt{\Delta}}{2a} = \frac{-1650,00 + 1185,45}{2 \cdot (-1785,71)} = 0,127 \text{ m}$ $x_{\text{eff},2} = \frac{-b - \sqrt{\Delta}}{2a} = \frac{-1650,00 - 1185,45}{2 \cdot (-1785,71)} = 0,797 \text{ m}$ <p>$x_{\text{eff},2}$ odrzucono, ponieważ $x_{\text{eff},2} > h_b = 0,50 \text{ m}$</p> <p>Przyjęto $x_{\text{eff}} = x_{\text{eff},1} = 0,127 \text{ m}$</p> <p>Sprawdzenie czy przekrój jest pojedynczo zbrojony:</p> $x_{\text{eff,lim}} = 0,8 \xi_{\text{lim}} d = 0,8 \cdot 0,614 \cdot 0,462 = 0,23 \text{ m}$ $x_{\text{eff,lim}} = 0,127 \text{ m} > x_{\text{eff}} = 0,26 \text{ m} \rightarrow \text{Wystarczająca wysokość strefy ściskanej}$	
<p>Wyznaczenia pola przekroju zbrojenia A_{s1}:</p> $\sum M_{\text{Acc}} = 0$ $A_{s1} \cdot f_{yd} \cdot (d - 0,5 x_{\text{eff}}) - M_{\text{Ed}} = 0$ $A_{s1} = \frac{M_{\text{Ed}}}{[f_{yd} \cdot (d - 0,5 \cdot x_{\text{eff}})]} = \frac{181,26}{[435 \cdot 10^3 \cdot (0,462 - 0,5 \cdot 0,127)]} = 0,001047 \text{ m}^2$ $= 10,47 \text{ cm}^2$ <p>Przyjmuję pręty 6 ϕ 16 o polu powierzchni $A_{s1} = 12,06 \text{ cm}^2$</p>	
<p>Sprawdzenie minimalnego i maksymalnego zbrojenia:</p> $A_{s,\text{max}} = 50,00 \text{ cm}^2 > A_{s1} = 12,05 \text{ cm}^2 > A_{s,\text{min}} = 1,50 \text{ cm}^2 \rightarrow \text{warunek spełniony}$	
<p>WYMIAROWANIE NA ŚCINANIE</p>	
<p>1) Podpora skrajna A</p>	
$V_{\text{Ed}}^A = 118,76 \text{ kN}$	
$A_{s1} = 8,04 \text{ cm}^2$	
	
<p>Wyznaczenie obliczeniowej wartości siły poprzecznej na krawędzi podpory:</p>	
$p = 1,35 \cdot g_k \cdot 0,85 + 1,5 \cdot q_k = 1,35 \cdot 24,68 + 1,5 \cdot 12,50 = 47,07 \text{ kN/m}$	
$V_{\text{Ed}}^{A,\text{kr}} = V_{\text{Ed}}^A - p \cdot \frac{t}{2} = 118,76 - 47,07 \cdot \frac{0,30}{2} = 111,70 \text{ kN}$	

Obliczenia	Odnośniki
<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>	<p>EC 1992-1-1 6.2.2</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, że zbrojenie A_{s1} przyjęto jako zbrojenie rozciągane, które sięga na odległość nie mniejszą niż $(l_{bd} + d)$ poza rozważany przekrój.</p>	<p>EC 1992-1-1 wzór 6.3N</p>
$\rho_1 = \min \left\{ \frac{A_{s1}}{bd} = \frac{0,00804}{0,25 \cdot 0,462} = 0,007 = 0,007 \right.$	<p>EC 1992-1-1 wzór 6.2a</p>
$\left. \frac{0,02}{0,02} \right\}$	
<p>$k_1 = 0,15$</p>	<p>EC 1992-1-1 wzór 6.2b</p>
<p>$Q_{cp} = 0$</p>	
$v_{min} = 0,035 \cdot k^2 \cdot f_{ck}^{\frac{1}{2}} = 0,035 \cdot 1,66^2 \cdot 20^{\frac{1}{2}} = 0,334$	
$V_{Rd,c} = \max \left\{ \begin{array}{l} C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{\frac{1}{3}} \cdot b \cdot d \\ v_{min} \cdot b \cdot d \end{array} \right.$	
$V_{Rd,c} = \max \left\{ \begin{array}{l} [0,12 \cdot 1,66 \cdot (100 \cdot 0,007 \cdot 20)^{\frac{1}{3}} + 0,15 \cdot 0] \cdot 0,462 \cdot 0,25 \\ 0,334 \cdot 0,462 \cdot 0,25 \end{array} \right. = \max \left\{ \begin{array}{l} 59,23 \text{ kN} \\ 38,59 \text{ kN} \end{array} \right.$ $= 59,23 \text{ kN}$	
<p>Sprawdzenie, czy element wymaga zbrojenia na ścinanie:</p>	
<p>$V_{Ed} = 89,95 \text{ kN} > V_{Rd,c} = 59,23 \text{ kN} \rightarrow$ Element wymaga zbrojenia na ścinanie</p>	<p>EC 1992-1-1 6.2.1</p>
<p>Obliczeniowa wartość max siły poprzecznej, jaką może przenieść element</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>EC 1992-1-1 6.2.3</p>
<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>	<p>EC 1992-1-1 6.11</p>
$v_1 = v = 0,6 \cdot \left(1 - \frac{f_{ck}}{250}\right) = 0,6 \cdot \left(1 - \frac{20}{250}\right) = 0,552$	
$V_{Rd,max} = \frac{1,0 \cdot 0,25 \cdot 0,42 \cdot 0,552 \cdot 14,29}{1 + 1} = 409,86 \text{ kN}$	

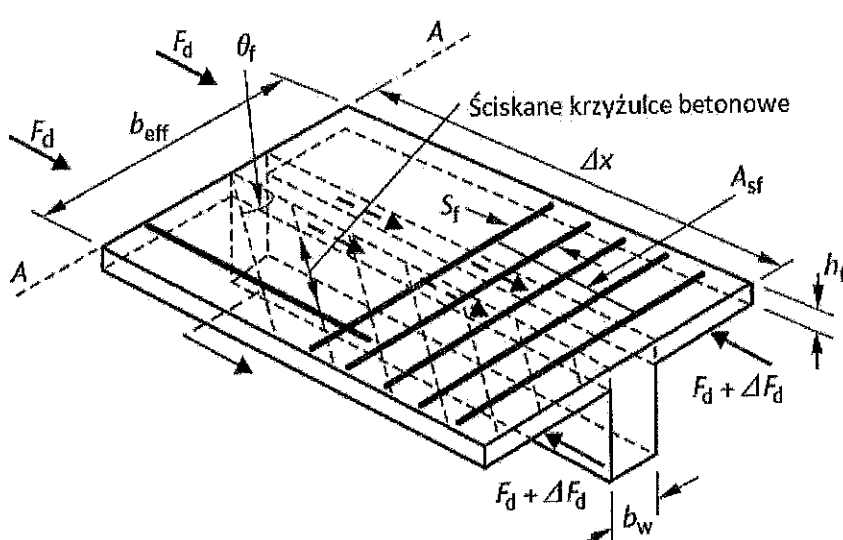
Obliczenia	Odkośniki
<p>$V_{Rd,max} = 409,86 \text{ kN} > V_{Ed}^A = 89,95 \text{ kN} > V_{Rd,c} = 59,23 \text{ kN} \rightarrow$ Poprawnie przyjęto wymiary elementu, przekrój można wymiarować na ścinanie</p> <p>Wyznaczanie długości odcinka wymagającego zbrojenia na ścinanie:</p> $l_A = \frac{V_{Ed}^{A,kr} - V_{Rd,c}}{p} = \frac{111,70 - 59,23}{47,07} = 1,11 \text{ m}$ <p>Ponieważ $l_A > z \cdot \text{ctg } \theta = 0,42 \cdot 1,0 = 0,42 \text{ m}$ 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 dwugąździowe (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> $V_{Rd,s} = V_{Ed}^{A,kr} = 111,70 \text{ kN}$ $s_{A,1} < \frac{A_{sw} \cdot f_{ywd} \cdot z \cdot \text{ctg } \theta}{V_{Rd,s}} = \frac{1,00 \cdot 10^{-4} \cdot 435 \cdot 10^3 \cdot 0,42 \cdot 1,0}{111,70} = 0,162 \text{ m} = 16,2 \text{ cm}$ <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> $V_{Rd,s} = V_{Ed}^{A,kr} - p \cdot a_{w,A,1} = 108,88 - 47,07 \cdot 0,55 = 85,81 \text{ kN}$ $s_{A,2} < \frac{A_{sw} \cdot f_{ywd} \cdot z \cdot \text{ctg } \theta}{V_{Rd,s}} = \frac{1,00 \cdot 10^{-4} \cdot 435 \cdot 10^3 \cdot 0,42 \cdot 1,0}{85,81} = 0,210 \text{ m} = 21,0 \text{ cm}$ <p>Przyjęto na odcinku $a_{w,A,2}$ strzemiona dwucięte $\phi 8$ co 20 cm</p> <p>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	Odnosniki
<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, że zbrojenie A_{s1} przyjęto jako zbrojenie rozciągane, które sięga na odległość nie mniejszą niż $(l_{bd} + d)$ poza rozważany przekrój.</p>	<p>EC 1992-1-1 6.2.2</p>
$\rho_1 = \min \left\{ \frac{A_{s1}}{bd} = \frac{0,00804}{0,25 \cdot 0,462} = 0,007 = 0,007 \right. \\ \left. \frac{0,02}{0,02} \right\}$	<p>EC 1992-1-1 wzór 6.3N</p>
<p>$k_1 = 0,15$</p>	
<p>$q_{cp} = 0$</p>	<p>EC 1992-1-1 wzór 6.2a</p>
$v_{min} = 0,035 \cdot k^{\frac{3}{2}} \cdot f_{ck}^{\frac{1}{2}} = 0,035 \cdot 1,66^{\frac{3}{2}} \cdot 20^{\frac{1}{2}} = 0,334$	<p>EC 1992-1-1 wzór 6.2b</p>
$V_{Rd,c} = \max \left\{ \begin{array}{l} C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{\frac{1}{3}} \cdot b \cdot d \\ v_{min} \cdot b \cdot d \end{array} \right.$	<p>EC 1992-1-1 6.2.1</p>
$V_{Rd,c} = \max \left\{ \begin{array}{l} \left[0,12 \cdot 1,66 \cdot (100 \cdot 0,007 \cdot 20)^{\frac{1}{3}} + 0,15 \cdot 0 \right] \cdot 0,462 \cdot 0,25 \\ 0,334 \cdot 0,462 \cdot 0,25 \end{array} \right. = \max \left\{ \begin{array}{l} 59,23 \text{ kN} \\ 38,59 \text{ kN} \end{array} \right.$ <p style="text-align: center;">$= 59,23 \text{ kN}$</p>	<p>EC 1992-1-1 6.2.3</p>
<p>Sprawdzenie, czy element wymaga zbrojenia na ścinanie:</p>	
<p>$V_{Ed} = 143,94 \text{ kN} > V_{Rd,c} = 59,23 \text{ kN} \rightarrow$ Element wymaga zbrojenia na ścinanie</p>	
<p>Obliczeniowa wartość max siły poprzecznej, jaką może przenieść element</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>	

Obliczenia	Odnosiniki
<p> $v_1 = v = 0,6 \cdot \left(1 - \frac{f_{ck}}{250}\right) = 0,6 \cdot \left(1 - \frac{20}{250}\right) = 0,552$ $V_{Rd,max} = \frac{1,0 \cdot 0,25 \cdot 0,42 \cdot 0,552 \cdot 14,29}{1 + 1} = 409,86 \text{ kN}$ $V_{Rd,max} = 409,86 \text{ kN} > V_{Ed}^{BL} = 143,94 \text{ kN} > V_{Rd,c} = 59,23 \text{ kN} \rightarrow \text{Poprawnie przyjęto wymiary elementu, przekrój można wymiarować na ścinanie}$ <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 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> $V_{Rd,s} = V_{Ed}^{BL,kr} = 165,69 \text{ kN}$ $s_{BL,1} < \frac{A_{sw} \cdot f_{ywd} \cdot z \cdot \text{ctg } \theta}{V_{Rd,s}} = \frac{1,00 \cdot 10^{-4} \cdot 435 \cdot 10^3 \cdot 0,42 \cdot 1,0}{165,69} = 0,109 \text{ m} = 10,9 \text{ cm}$ <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> </p>	

Obliczenia	Odnośniki
<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, że zbrojenie A_{s1} przyjęto jako zbrojenie rozciągane, które sięga na odległość nie mniejszą niż $(l_{bd} + d)$ poza rozważany przekrój.</p> $\rho_1 = \min \left\{ \frac{A_{s1}}{bd} = \frac{0,00402}{0,25 \cdot 0,462} = 0,003 \right. = 0,003$ $\left. \frac{0,02}{0,02} \right\}$ <p>$k_1 = 0,15$</p> <p>$\rho_{cp} = 0$</p> $v_{min} = 0,035 \cdot k^{\frac{3}{2}} \cdot f_{ck}^{\frac{1}{2}} = 0,035 \cdot 1,66^{\frac{3}{2}} \cdot 20^{\frac{1}{2}} = 0,334$ $V_{Rd,c} = \max \left\{ \begin{array}{l} C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{\frac{1}{3}} \cdot b \cdot d \\ v_{min} \cdot b \cdot d \end{array} \right.$ $V_{Rd,c} = \max \left\{ \begin{array}{l} 0,12 \cdot 1,66 \cdot (100 \cdot 0,003 \cdot 20)^{\frac{1}{3}} + 0,15 \cdot 0 \\ 0,334 \cdot 0,462 \cdot 0,25 \end{array} \right\} = \max \left\{ \begin{array}{l} 47,01 \text{ kN} \\ 38,59 \text{ kN} \end{array} \right.$ $= 47,01 \text{ kN}$ <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>

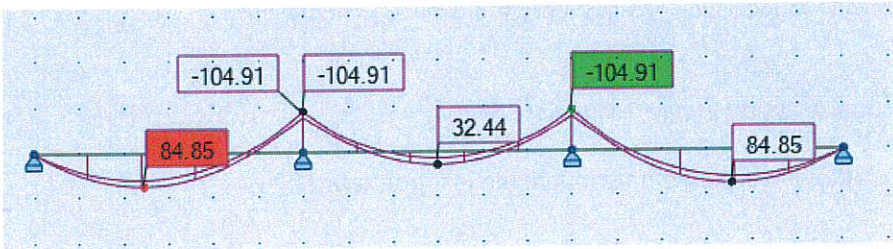
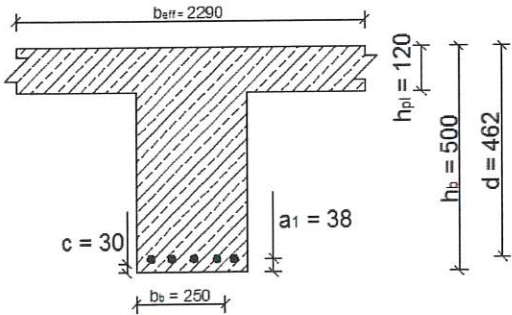
Obliczenia	Odnosniki
<p>Obliczeniowa wartość max siły poprzecznej, jaką może przenieść element</p> $V_{Rd,max} = \frac{\alpha_{cw} \cdot b_b \cdot z \cdot v_1 \cdot f_{cd}}{\text{ctg}\theta + \text{tg}\theta}$ <p>$\alpha_{cw} = 1,0 \rightarrow$ konstrukcje niesprężone</p> <p>$z = 0,9d = 0,9 \cdot 0,462 = 0,42 \text{ m}$</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>$V_{Rd,max} = 409,86 \text{ kN} > V_{Ed}^{BP} = 123,17 \text{ kN} > V_{Rd,c} = 47,01 \text{ kN} \rightarrow$ 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 $l_{BP} > z \text{ ctg } \theta = 0,42 \cdot 1,0 = 0,42 \text{ m}$ 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> $V_{Rd,s} = V_{Ed}^{BP,kr} = 144,92 \text{ kN}$ $s_{BP,1} < \frac{A_{sw} \cdot f_{ywd} \cdot z \cdot \text{ctg } \theta}{V_{Rd,s}} = \frac{1,00 \cdot 10^{-4} \cdot 435 \cdot 10^3 \cdot 0,42 \cdot 1,0}{144,92} = 0,125 \text{ m} = 12,5 \text{ cm}$ <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> $V_{Rd,s} = V_{Ed}^{BP,kr} - p \cdot a_{w,BP,1} = 144,92 - 47,07 \cdot 0,52 = 120,44 \text{ kN}$ $s_{BP,2} < \frac{A_{sw} \cdot f_{ywd} \cdot z \cdot \text{ctg } \theta}{V_{Rd,s}} = \frac{1,00 \cdot 10^{-4} \cdot 435 \cdot 10^3 \cdot 0,42 \cdot 1,0}{120,44} = 0,150 \text{ m} = 15,0 \text{ cm}$ <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> $V_{Rd,s} = V_{Ed}^{BP,kr} - p \cdot (a_{w,BP,1} + a_{w,BP,2}) = 144,92 - 47,07 \cdot (0,52 + 0,52) = 95,96 \text{ kN}$ $s_{BL,3} < \frac{A_{sw} \cdot f_{ywd} \cdot z \cdot \text{ctg } \theta}{V_{Rd,s}} = \frac{1,00 \cdot 10^{-4} \cdot 435 \cdot 10^3 \cdot 0,42 \cdot 1,0}{95,96} = 0,188 \text{ m} = 18,8 \text{ cm}$ <p>Przyjęto na odcinku $a_{w,BP,3}$ strzemiona dwucięte $\phi 8$ co 18 cm</p>	

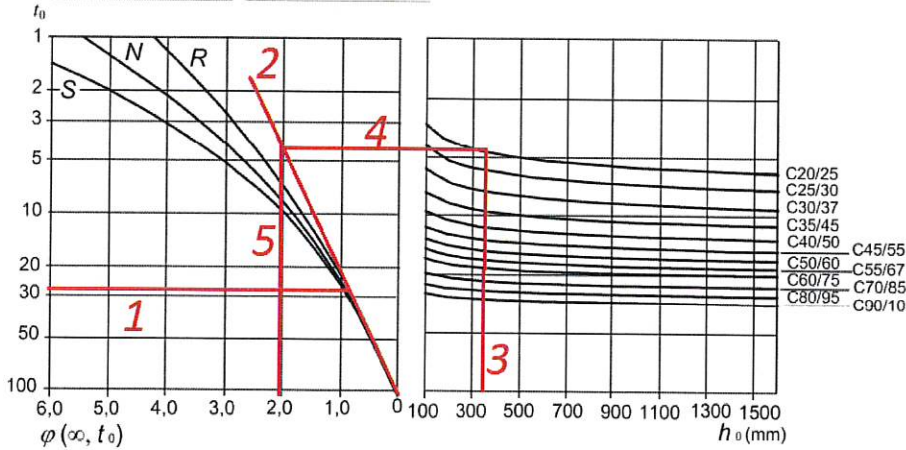
Obliczenia	Odnosniki
<p>Odcinek czwarty</p> <p>Rozstaw strzemion:</p> $V_{Rd,s} = V_{Ed}^{BP,kr} - p \cdot (a_{w,BP,1} + a_{w,BP,2} + a_{w,BP,3}) = 144,92 - 47,07 \cdot (0,52 + 0,52 + 0,52) = 71,48 \text{ kN}$ $s_{BP,4} < \frac{A_{sw} \cdot f_{ywd} \cdot z \cdot \text{ctg } \theta}{V_{Rd,s}} = \frac{1,00 \cdot 10^{-4} \cdot 435 \cdot 10^3 \cdot 0,42 \cdot 1,0}{71,48} = 0,253 \text{ m} = 25,3 \text{ cm}$ <p>Przyjęto na odcinku $a_{w,BP,4}$ 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> $s_{L,max} \leq 0,75d(1 + \text{cot } \alpha) = 0,75 \cdot 0,462 \cdot (1 + 0) = 0,35 \text{ m} = 35 \text{ cm} > s_L = 30 \text{ cm} \rightarrow \text{rozstaw}$ <p>zbrojenia na ścinanie dobrano poprawnie</p> <p>Ścinanie pomiędzy półką a środkiem</p>  <p>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>	

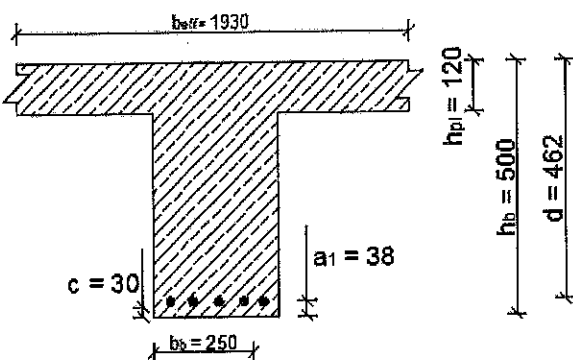
Obliczenia	Odnosiniki
	<p>EC 1992-1-1 6.2.4</p> <p>EC 1992-1-1 wzór 6.20</p> <p>EC 1992-1-1 wzór 6.21</p>
<p>Δx -połowę odległości od przekroju, w którym moment jest równy zero, do przekroju, w którym moment przyjmuje wartość maksymalną.</p>	
<p>Można to wyliczyć z zasad wytrzymałości lub przyjąć zgodnie z rysunkiem z normy</p>	
	<p>EC 1992-1-1 wzór 6.22</p> <p>EC 1992-1-1 6.2.4 (4)</p>
<p>l_0 - punkty zerowania momentów zginających</p>	
<p>1) przęsło skrajne</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 na odcinku Δx, wynoszą:</p>	
<p>$\beta = \frac{b_{eff,1}}{b_{eff}} \cdot \frac{1,02}{2,29} = 0,45 \rightarrow$ półka ściskana</p>	
<p>$\Delta M = 149,86 \text{ kNm}$</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 środkiem</p>	

Obliczenia	Odnośniki
<p>Nośność krzyżulców na ściskanie (zmiażdżenie betonu) powinien być spełniony warunek:</p> $v = 0,6 \left(1 - \frac{f_{ck}}{250}\right) = 0,6 \left(1 - \frac{20}{250}\right) = 0,552$ <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>$v_{Ed} = 1,05 \text{ MPa} \leq v f_{cd} \sin \theta_f \cos \theta_f = 0,552 \cdot 14,29 \cdot 0,707 \cdot 0,707 = 3,94 \text{ MPa} \rightarrow$ nośność krzyżulców betonowych jest wystarczająca</p> <p>Naprężenia w stali zbrojeniowej (na pasmo 1m) - przyjęte zbrojenie płyty nad podporą B (podciąganiem) to $\phi 10$ co 10 cm</p> $v_{Rd,s} = \frac{A_{sf} f_{yd} \cot \theta_f}{s_f h_f} = \frac{0,0000785 \cdot 435 \cdot 1,0}{0,10 \cdot 0,12} = 2,85 \text{ MPa}$ <p>$v_{Ed} = 1,05 \text{ MPa} \leq v_{Rd,s} = 2,85 \text{ MPa} \rightarrow$ nie ma potrzeby dodatkowego zbrojenia, zbrojenie zastosowane w płycie jest wystarczające</p>	
<p>2) przęsło wewnętrzne</p> <p>$\Delta x = 0,5 \cdot 0,5 \cdot 0,85 \cdot l_2 = 0,5 \cdot 0,5 \cdot 0,85 \cdot 6,00 = 1,275 \text{ m}$ Średnie naprężenia styczne na odcinku Δx, wynoszą:</p> $\beta = \frac{b_{eff,1}}{b_{eff}} = \frac{0,84}{1,93} = 0,44 \rightarrow$ półka ściskana $\Delta M = 76,36 \text{ kNm}$ $v_{Ed} = \frac{\beta \cdot \Delta M}{z \cdot h_f \cdot \Delta x} = \frac{0,44 \cdot 76,36}{0,42 \cdot 0,12 \cdot 1,275} = 522,41 \text{ kN/m}^2 = 0,52 \text{ MPa}$ <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>$0,4 f_{ctd} = 0,4 \cdot 1,07 = 0,43 \text{ MPa} < v_{Ed} = 0,52 \text{ MPa} \rightarrow$ wymagane zbrojenie na ścinanie pomiędzy półką a średnikiem</p> <p>Nośność krzyżulców na ściskanie (zmiażdżenie betonu) powinien być spełniony warunek:</p> $v = 0,6 \left(1 - \frac{f_{ck}}{250}\right) = 0,6 \left(1 - \frac{20}{250}\right) = 0,552$ <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>$v_{Ed} = 0,43 \text{ MPa} \leq v f_{cd} \sin \theta_f \cos \theta_f = 0,552 \cdot 14,29 \cdot 0,707 \cdot 0,707 = 3,94 \text{ MPa} \rightarrow$ nośność krzyżulców betonowych jest wystarczająca</p>	

Obliczenia	Odnosniki
<p>Naprężenia w stali zbrojeniowej (na pasmo 1m) - przyjęte zbrojenie płyty nad podporą C (podciągiem) to ϕ 10 co 14 cm</p> $v_{Rd,s} = \frac{A_{sf} f_{yd} ctg \theta_f}{s_f h_f} = \frac{0,0000785 \cdot 435 \cdot 1,0}{0,14 \cdot 0,12} = 2,03 \text{ MPa}$ <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 na odcinku Δx, wynoszą:</p> $\beta = \frac{A_{sf}}{A_{s1}} \frac{1}{6} = 0,17 \rightarrow$ przyjęto rozsuniecie 2 prętów ϕ 16 o $A_{sf} = 4,02 \text{ cm}^2$ z podciągu, jako zbrojenie podporowe umieszczone w podciągu pozostały 4 pręty ϕ 16 o $A_{s1} = 8,04 \text{ cm}^2$ <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> $v = 0,6 \left(1 - \frac{f_{ctk}}{250} \right) = 0,6 \left(1 - \frac{20}{250} \right) = 0,552$ <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>$v_{Ed} = 1,35 \text{ MPa} \leq v f_{ed} \sin \theta_f \cos \theta_f = 0,552 \cdot 14,29 \cdot 0,707 \cdot 0,707 = 3,94 \text{ MPa} \rightarrow$ nośność krzyżulców betonowych jest wystarczająca</p> <p>Naprężenia w stali zbrojeniowej (na pasmo 1m) - przyjęte zbrojenie podciągu ϕ 16 co 6 cm</p> $v_{Rd,s} = \frac{A_{sf} f_{yd} ctg \theta_f}{s_f h_f} = \frac{0,000201 \cdot 435 \cdot 1,0}{0,06 \cdot 0,12} = 12,14 \text{ MPa}$ <p>$v_{Ed} = 1,42 \text{ MPa} \leq v_{Rd,s} = 12,14 \text{ MPa} \rightarrow$ nie ma potrzeby dodatkowego zbrojenia, zbrojenie zastosowane w płycie jest wystarczające</p>	

Obliczenia	Odnośniki
<p><u>SPRAWDZENIE STANÓW GRANICZNYCH UŻYTKOWALNOŚCI</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>$\xi = 1 - \beta \left(\frac{M_{cr}}{M} \right)^2 = 1 - 0,5 \left(\frac{22,92}{84,85} \right)^2 = 0,964$</p>	

Obliczenia	Odnosniki
<p>Współczynnik pełzania:</p> $A_c = 0,25 \cdot 0,50 = 0,125 \text{ m}^2$ $U = 2(b + h) = 2(0,25 + 0,12) = 0,74 \text{ m}$ $h_0 = \frac{2A_c}{U} = \frac{2 \cdot 0,125}{0,74} = 0,329 \text{ m} = 329 \text{ mm}$  <p>$\phi(t_0, \infty) = 2,1$</p> $E_{c,eff} = \frac{E_{cm}}{1 + \phi(t_0, \infty)} = \frac{30}{1 + 2,1} = 9,68 \text{ GPa}$ $\alpha_e = \frac{E_s}{E_{c,eff}} = \frac{200}{9,86} = 20,67$ $\alpha_1 = \alpha_e \frac{A_{s1}}{b \cdot d} = 20,67 \frac{8,04 \cdot 10^{-4}}{0,25 \cdot 0,462} = 0,144$ $H = \frac{h}{d} = \frac{0,50}{0,462} = 1,082$ $F = \frac{b_{eff} - b}{b} = \frac{2,29 - 0,25}{0,25} = 8,160$ $T = \frac{h_f}{d} = \frac{0,12}{0,462} = 0,260$ <p>Obliczanie ugięcia w fazie I – przekrój niezarysowany:</p> $\xi = \frac{0,5 \cdot H^2 + \alpha_1 + 0,5 \cdot F \cdot T^2}{H + \alpha_1 + F \cdot T} = \frac{0,5 \cdot 1,082^2 + 0,144 + 0,5 \cdot 8,160 \cdot 0,260^2}{1,082 + 0,144 + 8,160 \cdot 0,260} = 0,300$ $z_1 = d(1 - \xi) = 0,462(1 - 0,320) = 0,323 \text{ m}$ $\frac{I_1}{b \cdot d^3} = \frac{H^3}{12} + H(0,5 \cdot H - \xi)^2 + \alpha_1(1 - \xi)^2 + \frac{F \cdot T^3}{12} + F \cdot T \cdot (\xi - 0,5 \cdot T)^2 = \frac{1,082^3}{12} + 1,082(0,5 \cdot 1,082 - 0,300)^2 + 0,144(1 - 0,300)^2 + \frac{8,160 \cdot 0,260^3}{12} + 8,160 \cdot 0,260 \cdot (1 - 0,5 \cdot 0,300)^2 = 0,312$ $I_1 = \frac{I_1}{b \cdot d^3} \cdot b \cdot d^3 = 0,312 \cdot 0,25 \cdot 0,462^3 = 0,00770 \text{ m}^4$ $S_1 = A_{s1} \cdot z_1 = 8,04 \cdot 10^{-4} \cdot 0,300 = 0,000260 \text{ m}^2$ $B_1 = E_{c,eff} \cdot I_1 = 9,68 \cdot 0,00770 = 74,51 \cdot 10^3 \text{ kNm}^2$ <p>Ugięcie:</p> <p>Komb SGN1: $\gamma_g \cdot g_k \cdot \xi + \gamma_q \cdot q_k = 1,35 \cdot 24,68 \cdot 0,85 + 1,5 \cdot 12,50 = 47,07 \text{ kN/m}$</p> <p>Komb SGN2: $\gamma_g \cdot g_k + \gamma_q \cdot q_k \cdot \Psi_{0,q} = 1,35 \cdot 24,68 + 1,5 \cdot 12,50 \cdot 0,7 = 46,45 \text{ kN/m}$</p> <p>przyjęto $p = 47,07 \text{ kN/m}$</p> $M = \frac{1}{2}(M_A + M_B) + \frac{p l_{eff}^2}{8} + \frac{1}{2} \frac{(M_A - M_B)^2}{p l_{eff}^2} = \frac{1}{2}(0,00 + 181,26) + \frac{47,07 \cdot 5,10^2}{8} + \frac{1}{2} \frac{(0,00 - 181,26)^2}{47,07 \cdot 5,10^2} = 257,09 \text{ kNm}$	

Obliczenia	Odnosniki
<p>$\alpha_M = \frac{5}{48} \left(1 + \frac{M_A + M_B}{10M}\right) = \frac{5}{48} \left(1 + \frac{0,00 + 181,26}{10 \cdot 257,09}\right) = 0,178$</p> <p>Z uwagi na występowanie skurczu końcowe ugięcie zwiększono o 20 procent</p> <p>$f_{I} = 1,2 \alpha_M \frac{M_{Bk} l_{eff}^2}{B_I} = 1,2 \cdot 0,178 \frac{84,65 \cdot 5,10^2}{74,51 \cdot 10^3} = 0,00631 \text{ m}$</p> <p>Obliczanie ugięcia w fazie II – przekrój zarysowany:</p> <p>$A_1 = z_1 + F \cdot T = 0,313 + 6,720 \cdot 0,260 = 2,059$</p> <p>$A_2 = z_1 + 0,5 F \cdot T^2 = 0,313 + 0,5 \cdot 8,160 \cdot 0,260^2 = 0,599$</p> <p>$\xi = \sqrt{A_1^2 + 2A_2} - A_1 = \sqrt{2,059^2 + 2 \cdot 0,599^2} - 2,059 = 0,234 < T = 0,260$</p> <p>→ przekrój pozornie teowy</p> <p>$\alpha_1 = \alpha_e \frac{A_{s1}}{b_{eff} d} = 20,67 \frac{8,04 \cdot 10^{-4}}{2,29 \cdot 0,462} = 0,0186$</p> <p>$A_1 = A_2 = 0,0247$</p> <p>$\xi = \sqrt{A_1^2 + 2A_2} - A_1 = \sqrt{0,0186^2 + 2 \cdot 0,0186} - 0,0186 = 0,175$</p> <p>$\frac{I_{II}}{b_{eff} d^3} = \frac{\xi^3}{3} + A_1 (1 - \xi)^2 = \frac{0,175^3}{3} + 0,0186 (1 - 0,175)^2 = 0,0145$</p> <p>$I_{II} = \frac{I_{II}}{b_{eff} d^3} \cdot b_{eff} \cdot d^3 = 0,0145 \cdot 2,29 \cdot 0,462^3 = 0,00281 \text{ m}^4$</p> <p>$z_1 = d (1 - \xi) = 0,462 (1 - 0,175) = 0,381 \text{ m}$</p> <p>$S_{II} = A_{s1} \cdot z_1 = 8,04 \cdot 10^{-4} \cdot 0,381 = 0,000306 \text{ m}^2$</p> <p>$B_{II} = E_{c,eff} \cdot I_{II} = 9,68 \cdot 0,00281 = 27,20 \cdot 10^3 \text{ kNm}^2$</p> <p>Ugięcie:</p> <p>$M = \frac{1}{2} (M_A + M_B) + \frac{p l_{eff}^2}{8} + \frac{1}{2} \frac{(M_A - M_B)^2}{p l_{eff}^2} - \frac{1}{2} (0,00 + 181,26) + \frac{47,07 \cdot 5,10^2}{8} + \frac{1}{2} \frac{(0,00 - 181,26)^2}{47,07 \cdot 5,10^2} = 257,09 \text{ kNm}$</p> <p>$\alpha_M = \frac{5}{48} \left(1 + \frac{M_A + M_B}{10M}\right) = \frac{5}{48} \left(1 + \frac{0,00 + 181,26}{10 \cdot 257,09}\right) = 0,178$</p> <p>Z uwagi na występowanie skurczu końcowe ugięcie zwiększono o 20 procent</p> <p>$f_{II} = 1,2 \alpha_M \frac{M_{Bk} l_{eff}^2}{B_{II}} = 1,2 \cdot 0,178 \frac{5 \cdot 84,65 \cdot 5,10^2}{48 \cdot 27,20 \cdot 10^3} = 0,0173 \text{ m}$</p> <p>Ugięcie całkowite:</p> <p>$u = \xi f_2 + (1 - \xi) f_1 = 0,964 \cdot 0,0063 + (1 - 0,964) \cdot 0,0173 = 0,0258 \text{ m} = 2,58 \text{ cm}$</p> <p>→ wartość ugięcia nie spowoduje to negatywnego wpływu na przylegające elementy i estetykę konstrukcji</p>	
<p>2) Przesło wewnętrzne</p>  <p>$M_{Bk}^2 = 32,44 \text{ kNm}$</p> <p>$A_{s1} = 4,02 \text{ cm}^2$</p> <p>$l_{eff} = 0,70 \cdot l = 0,70 \cdot 6,00 = 4,20 \text{ m}$</p> <p>$\beta = 0,5 \rightarrow$ obciążenia długotrwałe i wielokrotnie powtarzalne</p> <p>$W_c = \frac{b h^2}{6} = \frac{0,25 \cdot 0,50^2}{6} = 0,0104 \text{ m}^3$</p>	

Obliczenia	Odnośniki
$M_{cr} = f_{ctm} \cdot W_c = 2,2 \cdot 0,0104 = 22,92 \text{ kNm}$ $\xi = 1 - \beta \left(\frac{M_{cr}}{M} \right)^2 = 1 - 0,5 \left(\frac{22,92}{84,85} \right)^2 = 0,964$	
<p>Współczynnik pełzania:</p>	
$\phi(t_0, \infty) = 2,1$	
$E_{c,eff} = \frac{E_{cm}}{1 + \phi(t_0, \infty)} = \frac{30}{1 + 2,1} = 9,68 \text{ GPa}$	
$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{c,eff}} = \frac{200}{9,68} = 20,67$	
$\alpha_1 = \alpha_e \frac{A_{s1}}{b \cdot d} = 20,67 \frac{4,02 \cdot 10^{-4}}{0,25 \cdot 0,462} = 0,0719$	
$H = \frac{h}{d} = \frac{0,50}{0,462} = 1,082$	
$F = \frac{b_{eff} - b}{b} = \frac{1,93 - 0,25}{0,25} = 6,720$	
$T = \frac{h_f}{d} = \frac{0,12}{0,462} = 0,260$	
<p>Obliczanie ugięcia w fazie I – przekrój niezarysowany:</p>	
$\xi = \frac{0,5 \cdot H^2 + \alpha_1 + 0,5 \cdot F \cdot T^2}{H + \alpha_1 + F \cdot T} = \frac{0,5 \cdot 1,082^2 + 0,144 + 0,5 \cdot 6,720 \cdot 0,260^2}{1,082 + 0,144 + 6,720 \cdot 0,260} = 0,305$	
$z_1 = d(1 - \xi) = 0,462(1 - 0,305) = 0,321 \text{ m}$	
$\frac{I_1}{b \cdot d^3} = \frac{H^3}{12} + H(0,5 \cdot H - \xi)^2 + \alpha_1(1 - \xi)^2 + \frac{F \cdot T^3}{12} + F \cdot T \cdot (\xi - 0,5 \cdot T)^2 = \frac{1,082^3}{12} + 1,082(0,5 \cdot 1,082 - 0,305)^2 + 0,144(1 - 0,305)^2 + \frac{6,720 \cdot 0,260^3}{12} + 6,720 \cdot 0,260 \cdot (1 - 0,5 \cdot 0,305)^2 = 0,264$	
$I_1 = \frac{I_1}{b \cdot d^3} \cdot b \cdot d^3 = 0,264 \cdot 0,25 \cdot 0,462^3 = 0,00651 \text{ m}^4$	
$S_1 = A_{s1} \cdot z_1 = 4,02 \cdot 10^{-4} \cdot 0,321 = 0,000129 \text{ m}^2$	
$B_1 = E_{c,eff} \cdot I_1 = 9,68 \cdot 0,00651 = 63,00 \cdot 10^3 \text{ kNm}^2$	
<p>Ugięcie:</p>	
$M = \frac{1}{2}(M_B + M_C) + \frac{pl_{eff}^2}{8} + \frac{1}{2} \frac{(M_B - M_C)^2}{pl_{eff}^2} = \frac{1}{2}(181,26 + 184,41) + \frac{47,07 \cdot 4,20^2}{8} + \frac{1}{2} \frac{(181,26 - 184,41)^2}{47,07 \cdot 4,20^2} = 286,64$	
<p>kNm</p>	
$\alpha_M = \frac{5}{48} \left(1 + \frac{M_A + M_B}{10M} \right) = \frac{5}{48} \left(1 + \frac{181,26 + 184,41}{10 \cdot 286,64} \right) = 0,103$	
<p>Z uwagi na występowanie skurczu końcowe ugięcie zwiększono o 20 procent</p>	
$f_1 = 1,2 \alpha_M \frac{M_{Bk} l_{eff}^2}{B_1} = 1,2 \cdot 0,102 \frac{32,44 \cdot 4,20^2}{63,00 \cdot 10^3} = 0,00112 \text{ m}$	
<p>Obliczanie ugięcia w fazie II – przekrój zarysowany:</p>	
$A_1 = z_1 + F \cdot T = 0,321 + 6,720 \cdot 0,260 = 2,067$	
$A_2 = z_1 + 0,5 F \cdot T^2 = 0,321 + 0,5 \cdot 6,720 \cdot 0,260^2 = 0,548$	
$\xi = \sqrt{A_1^2 + 2A_2} - A_1 = \sqrt{2,067^2 + 2 \cdot 0,548^2} - 2,059 = 0,250 < T = 0,260$	
<p>→ przekrój pozornie teowy</p>	
$\alpha_1 = \alpha_e \frac{A_{s1}}{b_{eff} d} = 20,67 \frac{4,02 \cdot 10^{-4}}{1,93 \cdot 0,462} = 0,00932$	
$A_1 = A_2 = 0,00932$	
$\xi = \sqrt{A_1^2 + 2A_2} - A_1 = \sqrt{0,00932^2 + 2 \cdot 0,00932} - 0,0186 = 0,128$	
$\frac{I_{II}}{b_{eff} d^3} = \frac{\xi^3}{3} + A_1(1 - \xi)^2 + \frac{0,128^3}{3} + 0,00932(1 - 0,128)^2 = 0,00778$	
$I_{II} = \frac{I_{II}}{b_{eff} d^3} \cdot b_{eff} \cdot d^3 = 0,00778 \cdot 1,93 \cdot 0,462^3 = 0,00148 \text{ m}^4$	
$z_1 = d(1 - \xi) = 0,462(1 - 0,128) = 0,403 \text{ m}$	
$S_{II} = A_{s1} \cdot z_1 = 4,02 \cdot 10^{-4} \cdot 0,403 = 0,000162 \text{ m}^2$	
$B_{II} = E_{c,eff} \cdot I_{II} = 9,68 \cdot 0,00148 = 14,34 \cdot 10^3 \text{ kNm}^2$	

Obliczenia	Odkośniki
<p>Ugięcie:</p> $M = \frac{1}{2} (M_B + M_C) + \frac{pl_{eff}^2}{8} + \frac{1}{2} \frac{(M_B - M_C)^2}{pl_{eff}^2} = \frac{1}{2} (181,26 + 184,41) + \frac{47,07 \cdot 4,20^2}{8} + \frac{1}{2} \frac{(181,26 - 184,41)^2}{47,07 \cdot 4,20^2} = 286,64$ <p>kNm</p> $\alpha_M = \frac{5}{48} \left(1 + \frac{M_A + M_B}{10M}\right) = \frac{5}{48} \left(1 + \frac{181,26 + 184,41}{10 \cdot 286,64}\right) = 0,103$ <p>Z uwagi na występowanie skurczu końcowe ugięcie zwiększono o 20 procent</p> $f_{II} = 1,2 \alpha_M \frac{M_{ek} l_{eff}^2}{B_{II}} = 1,2 \cdot 0,102 \frac{84,65 \cdot 4,20^2}{14,34 \cdot 10^3} = 0,00492 \text{ m}$ <p>Ugięcie wywołane przez skurcz:</p> $\epsilon_{cs} = -0,385$ $\alpha_{c,s} = 0,125$ $f_{cs,I} = -\alpha_{cs} \frac{E_s \epsilon_{cs} l_{eff}^2}{B_{II}} = -0,125 \frac{200 \cdot 10^3 \cdot (-0,738) \cdot 4,20^2}{14,34 \cdot 10^3} = 0,00118 \text{ m}$ <p>Ugięcie całkowite:</p> $u = \xi f_2 + (1 - \xi) f_1 = 0,750 \cdot 0,00492 + (1 - 0,750) \cdot 0,00112 \text{ m} = 0,00398 \text{ m} = 0,38 \text{ cm}$ <p>→ wartość ugięcia nie spowoduje to negatywnego wpływu na przylegające elementy i estetykę konstrukcji</p> <p>Sprawdzenie zarysowań</p> <p>1) Pręty skrajne</p> $k_1 = 0,8 \rightarrow \text{pręty żebrowane}$ $k_2 = 0,5 \rightarrow \text{pręty zginane}$ $h_{c,eff} = \max \left\{ \frac{2,5 \cdot a}{3}; \frac{2,5 \cdot 0,038}{3}; 0,50 - 0,010 \right\} = 0,16 \text{ m}$ $q_{p,eff} = \frac{A_s}{b \cdot h_{c,eff}} = \frac{8,04}{25 \cdot 16} = 0,020$ $s_{r,max} = k_3 \cdot c + \frac{k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot \phi}{q_{p,eff}} = 3,4 \cdot 25 + 0,425 \cdot \frac{0,8 \cdot 0,5 \cdot 16}{0,020} = 240 \text{ mm}$ $k_t = 0,4 \rightarrow \text{sytuacja prawie stała}$ $\sigma_s = \frac{M_{ek}}{z \cdot A_{s1}} = \frac{84,85 \cdot 10^5}{42 \cdot 8,04} = 254$ $\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} = \frac{\sigma_s - \frac{k_t f_{ct,eff}}{q_{p,eff}} \cdot (1 + \alpha_e q_{p,eff})}{E_s} = \frac{254 - \frac{0,4 \cdot 2,2}{0,020} \cdot (1 + 25,33 \cdot 0,020)}{200000} = 0,000127$ $> 0,6 \frac{\sigma_s}{E_s} = 0,6 \cdot \frac{254}{200000} = 0,000008$ <p>Szerokość rys:</p> $w_k = s_{r,max} \cdot (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}) = 240 \cdot 0,000127 = 0,03 \text{ mm}$ <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) Przesło wewnętrzne</p> <p>$k_1 = 0,8 \rightarrow$ pręty żebrowane $k_2 = 0,5 \rightarrow$ pręty zginane</p> $h_{c,eff} = \max \left\{ \frac{2,5 \cdot a}{3}, \frac{2,5 \cdot 0,038}{3} \right\} = \max \left\{ \frac{2,5 \cdot 0,038}{3}, 0,50 - 0,010 \right\} = 0,16 \text{ m}$ $\rho_{p,eff} = \frac{A_s}{b \cdot h_{c,eff}} = \frac{4,02}{25 \cdot 16} = 0,010$ $s_{r,max} = k_3 \cdot c + \frac{k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot \phi}{\rho_{p,eff}} = 3,4 \cdot 25 + 0,425 \cdot \frac{0,8 \cdot 0,5 \cdot 16}{0,010} = 378 \text{ mm}$ <p>$k_t = 0,4 \rightarrow$ sytuacja prawie stała</p> $\sigma_s = \frac{M_{ek}}{z \cdot A_{s1}} = \frac{32,34 \cdot 10^5}{42 \cdot 4,02} = 194$ $\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{\sigma_s - \frac{k_t f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}} \cdot (1 + \alpha_e \rho_{p,eff})}{E_s} = \frac{194 - \frac{0,4 \cdot 2,2}{0,010} \cdot (1 + 25,33 \cdot 0,010)}{200000}$ $= 0,000097$ $> 0,6 \frac{\sigma_s}{E_s} = 0,6 \cdot \frac{194}{200000} = 0,00006$ <p>Szerokość rys: $w_k = s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = 378 \cdot 0,000097 = 0,04 \text{ mm}$</p> <p>Dopuszczalna szerokość rys: $w_{dop} = 0,3 \text{ mm}$ – dla klasy ekspozycji XC2</p> <p>Sprawdzenie warunku: $w_k = 0,04 \text{ mm} < w_{dop} = 0,3 \text{ mm} \rightarrow$ warunek spełniony</p>	

