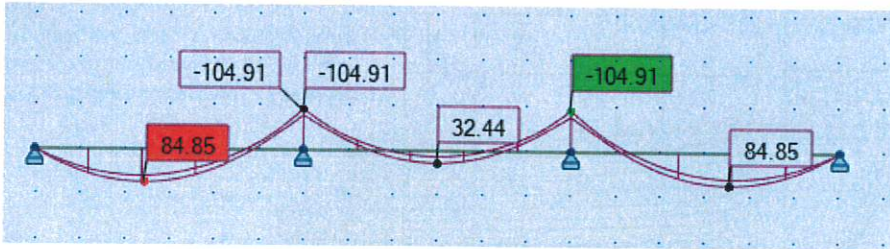
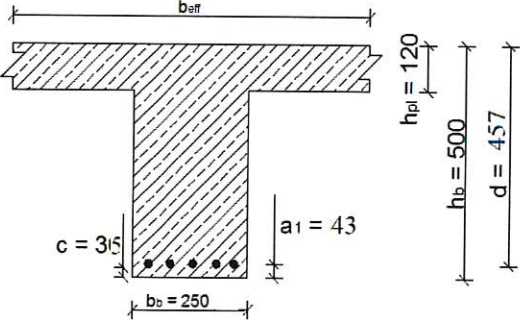
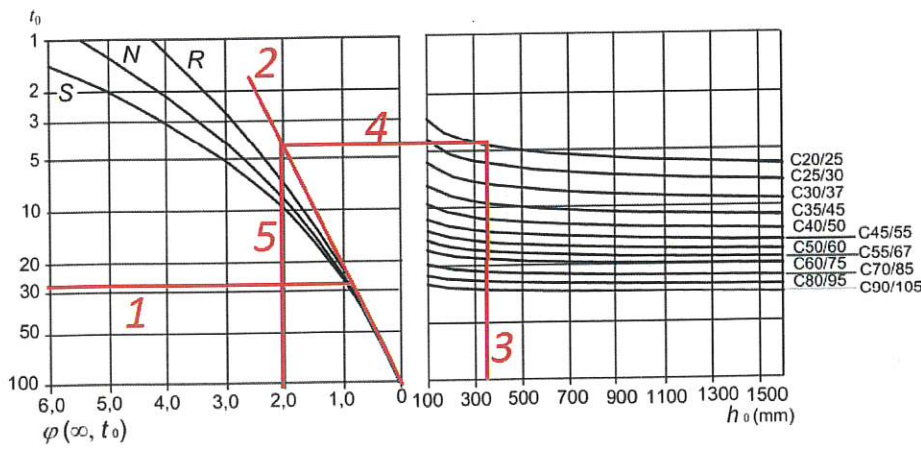


Obliczenia	Odnosniki
<p><b><u>SPRAWDZENIE STANÓW GRANICZNYCH UŻYTKOWALNOŚCI</u></b></p> <p><b>Kombinacje obciążeń</b></p> <p>Ostatecznie przyjęto:</p> <p>Charakterystyczne obciążenia stałe: <math>g_k = 24,68 \text{ kN/m}</math></p> <p>Charakterystyczne obciążenia użytkowe: <math>q_k = 12,50 \text{ kN/m}</math></p> <p>Współczynniki do kombinacji:</p> <p><math>\Psi_{2,q} = 0,3 \rightarrow</math> obciążenia użytkowe kategorii A</p> <p>Jeżeli rozważa się wygląd konstrukcji zaleca się zastosowanie kombinacji quasi – stałej</p> <p>Komb SGU: <math>g_k + q_k \cdot \Psi_{2,q} = 28,43 \text{ kN/m}</math></p> <p>Wartości charakterystyczne momentów zginających:</p>  <p><b>Sprawdzenie ugięć</b></p> <p>Sprawdzenie ugięć wyznacza się dla obciążeń długotrwałych w dwóch fazach przekroju: zarysowanego i niezarysowanego</p> <p><b>1) Przęsło skrajne</b></p>  <p><math>M_{Ek}^1 = 84,85 \text{ kNm}</math></p> <p><math>A_{s1} = 8,04 \text{ cm}^2</math></p> <p><math>l_{eff} = l = 6,00 \text{ m}</math></p> <p><math>W_c = \frac{bh^2}{6} = \frac{0,25 \cdot 0,50^2}{6} = 0,0104 \text{ m}^3</math></p> <p><math>M_{cr} = f_{ctm} \cdot W_c = 2,2 \cdot 0,0104 = 22,92 \text{ kNm}</math></p> <p><math>M_{cr}</math> - moment rysujący</p> <p><math>f_{ctm}</math> - średnia wartość betonu na rozciąganie</p>	<p>EC 1990 6.5</p> <p>EC 1990 A.1.4 Tab. A.1.4</p> <p>EC 1992-1-1 7.4</p> <p>EC 1992-1-1 7.4,3 (3)</p>

Obliczenia	Odnosiniki
<p>Współczynnik <math>\zeta</math> na odcinkach zarysowanych</p> <p><math>\beta = 0,5 \rightarrow</math> obciążenia długotrwałe i wielokrotnie powtarzalne</p> <p><math>\zeta = 1 - \beta \left( \frac{M_{cr}}{M} \right)^2 = 1 - 0,5 \left( \frac{22,92}{84,85} \right)^2 = 0,964</math></p> <p>Określenie odkształcenia od pełzania i od skurczu</p> <p>Współczynnik pełzania <math>\phi</math> po <math>t_0 = 28</math> dni</p> <p>Miarodajny wymiar elementu charakteryzujący tempo wysychania,</p> <p><math>t_0 = 28</math> dni – wiek betonu w chwili przyłożenia obciążenia</p> <p>N – rodzaj cementu – normalne tempo narastania wytrzymałości (S – portlandzki, R- inne dodatki)</p> <p><math>A_c = 5 \cdot 0,18 + 0,25 \cdot (0,5 - 0,12) = 0,695 \text{ m}^2</math> – pole powierzchni przekroju</p> <p><math>U = 2(b + h) = 2(0,25 + 0,12) = 9,75 \text{ m}</math></p> <p><math>h_0 = \frac{2A_c}{U} = \frac{2 \cdot 0,695}{9,75} = 0,143 \text{ m} = 143 \text{ mm}</math></p> <p>Przykład dla <math>h_0 = 320 \text{ mm}</math></p>  <p><math>\phi(t_0, \infty) = 2,1</math></p> <p>Charakterystyki geometryczne sprowadzonego przekroju teowego z półką w strefie ściskanej</p> <p><math>E_{c,eff} = \frac{E_{cm}}{1 + \phi(t_0, \infty)} = \frac{30}{1 + 2,1} = 9,68 \text{ GPa}</math></p> <p><math>\alpha_e = \frac{E_s}{E_{c,eff}} = \frac{200}{9,68} = 20,67</math></p> <p><math>\alpha_1 = \alpha_e \frac{A_{s1}}{b d} = 20,67 \frac{8,04 \cdot 10^{-4}}{0,25 \cdot 0,457} = 0,145</math></p> <p><math>\delta_1 = \frac{a_1}{d} = \frac{0,43}{0,457} = 0,94</math></p> <p><math>F = \frac{b_{eff} - b}{b} = \frac{2,29 - 0,25}{0,25} = 8,16</math></p> <p><math>T = \frac{h_f}{d} = \frac{0,12}{0,457} = 0,26</math></p> <p>Obliczanie ugięcia w fazie I – przekrój niezarysowany:</p> <p><math>\xi = \frac{0,5 \cdot (1 + \delta_1)^2 + \alpha_1 + 0,5 \cdot F \cdot T^2}{1 + \delta_1 + \alpha_1 + F \cdot T} = \frac{0,5 \cdot (1 + 0,94)^2 + 0,145 + 0,5 \cdot 8,16 \cdot 0,26^2}{(1 + 0,94)^2 + 0,145 + 8,16 \cdot 0,26} = 0,38</math></p> <p>Odległość zbrojenia od środka ciężkości przekroju:</p> <p><math>z_1 = d(1 - \xi) = 0,457(1 - 0,38) = 0,28 \text{ m}</math></p>	<p>EC 1992-1-1 7.4.3 Wzór 7.19</p> <p>EC 1992-1-1 3.14 (3)</p> <p>EC 1992-1-1 3.14 (5)</p> <p>EC 1992-1-1 3.14 (3) Rys. 3.1</p> <p>EC 1992-1-1 7.4.3 Wzór 7.20</p> <p>M. Knauff Obliczanie konstrukcji żelbetowych</p>

Moment bezwładności przekroju

$$\frac{I_I}{b \cdot d^3} = \frac{(1+\delta_1)^3}{12} + (1+\delta_1) (0,5 \cdot (1+\delta_1) - \xi)^2 + \alpha_1 (1-\xi)^2 + \frac{F \cdot T^3}{12} + F \cdot T \cdot (\xi - 0,5 \cdot T)^2 =$$

$$\frac{1,94^3}{12} + 1,94 (0,5 \cdot 1,94 - 0,38)^2 + 0,145 (1 - 0,38)^2 + \frac{8,16 \cdot 0,26^3}{12} + 8,16 \cdot 0,26 \cdot (0,38 - 0,5 \cdot 0,26)^2 = 1,03$$

$$I_I = \frac{I_I}{b \cdot d^3} \cdot b \cdot d^3 = 1,03 \cdot 0,25 \cdot 0,457^3 = 0,025 \text{ m}^4$$

Moment styczny zbrojenia względem środka ciężkości przekroju

$$S_I = A_{s1} \cdot z_1 = 8,04 \cdot 10^{-4} \cdot 0,28 = 0,00025 \text{ m}^2$$

Sztywność przekroju betonowego

$$B_I = E_{c,eff} \cdot I_I = 9,68 \cdot 0,025 = 242 \cdot 10^3 \text{ kNm}^2$$

Można wyznaczyć ugięcia belek statycznie niewyznaczalnych podobnie jak ugięcia belek statycznie wyznaczalnych, rozpatrując wydzielone przęsła jako pręty obciążone obliczonymi klasycznie momentami zginającymi

schemat a)  $M = \frac{q l_{eff}^2}{8}$ ,

schemat b)  $M = M$ ,

schemat c)  $M = \xi P l_{eff}$  (dla  $\xi \leq \frac{1}{2}$ ),

schemat d)  $M = \frac{1}{2} (M_A + M_B) + \frac{q l_{eff}^2}{8} + \frac{1}{2} \frac{(M_B - M_A)^2}{q l_{eff}^2}$ ,

schemat e)  $M = -\frac{1}{2} q (\xi l_{eff})^2$ ,

schemat f)  $M = -\xi P l_{eff}$ ,

$$\alpha_M = \frac{5}{48}$$

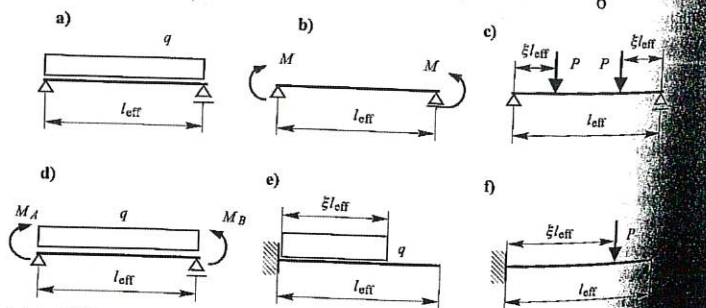
$$\alpha_M = \frac{1}{8}$$

$$\alpha_M = \frac{1}{8} - \frac{\xi^2}{6}$$

$$\alpha_M = \frac{5}{48} \left( 1 + \frac{M_A + M_B}{10M} \right)$$

$$\alpha_M = -\frac{\xi(4-\xi)}{12}$$

$$\alpha_M = -\frac{\xi(3-\xi)}{6}$$



Rys. 16.4. Obliczanie ugięć – schematy statyczne

$$M = \frac{1}{2} (M_A + M_B) + \frac{q l_{eff}^2}{8} + \frac{1}{2} \frac{(M_A - M_B)^2}{q l_{eff}^2} = \frac{1}{2} (0,00 + 104,9) + \frac{28,43 \cdot 6^2}{8} + \frac{1}{2} \frac{(0,00 - 104,9)^2}{28,43 \cdot 6^2} = 740 \text{ kNm}$$

$$\alpha_M = \frac{5}{48} \left( 1 + \frac{M_A + M_B}{10M} \right) = \frac{5}{48} \left( 1 + \frac{0,00 + 104,9}{10 \cdot 740} \right) = 0,10$$

**Z uwagi na występowanie skurczu końcowe ugięcie zwiększono o 20 procent**

$$f_I = 1,2 \alpha_M \frac{M_{Ek} l_{eff}^2}{B_I} = 1,2 \cdot 0,10 \frac{84,65 \cdot 6^2}{242 \cdot 10^3} = 0,0015 \text{ m}$$

Obliczanie ugięcia w fazie II – przekrój zarysowany:

$\xi = 0,38 > T = 0,26$  – przekrój jest rzeczywiście teowy

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{c,eff}} = \frac{200}{9,86} = 20,67$$

$$\alpha_1 = \alpha_e \frac{A_{s1}}{b d} = 20,67 \frac{8,04 \cdot 10^{-4}}{0,25 \cdot 0,462} = 0,145$$

$$A_1 = \alpha_1 + F \cdot T = 0,145 + 8,16 \cdot 0,26 = 2,27$$

$$A_2 = \alpha_1 + 0,5 F \cdot T^2 = 0,1445 + 0,5 \cdot 8,16 \cdot 0,26^2 = 0,42$$

EC 1992-1-1  
3.14 (3)  
Wzór 7.21

M. Knauff  
Obliczanie  
konstrukcji  
żelbetowych  
wzór 3.10

EC 1992-1-1  
7.4.3  
wzór 7.21

M. Knauff  
Obliczanie  
konstrukcji  
żelbetowych



$$\xi = \sqrt{A_1^2 + 2A_2} - A_1 = \sqrt{2,27^2 + 2 \cdot 0,42^2} - 2,27 = 0,076$$

$$\frac{I_{II}}{b \cdot d^3} = \frac{\xi^3}{3} + \alpha_1 (1 - \xi)^2 + \frac{F \cdot T^3}{12} + F \cdot T \cdot (\xi - 0,5 \cdot T)^2$$

$$\frac{I_{II}}{b \cdot d^3} = \frac{0,076^3}{3} + 0,145 (1 - 0,076)^2 + \frac{8,16 \cdot 0,26^3}{12} + 8,16 \cdot 0,26 \cdot (0,076 - 0,5 \cdot 0,26)^2 = 0,14$$

$$I_{II} = \frac{I_{II}}{b \cdot d^3} \cdot b \cdot d^3 = 0,14 \cdot 0,25 \cdot 0,457^3 = 0,0034 \text{ m}^4$$

$$z_1 = d (1 - \xi) = 0,457 (1 - 0,076) = 0,42 \text{ m}$$

$$S_{II} = A_{s1} \cdot z_1 = 8,04 \cdot 10^{-4} \cdot 0,42 = 0,0004 \text{ m}^2$$

$$B_{II} = E_{c,eff} \cdot I_{II} = 9,68 \cdot 0,0043 = 41 \cdot 10^3 \text{ kNm}^2$$

Ugięcie:

$$M = \frac{1}{2} (M_A + M_B) + \frac{p l_{eff}^2}{8} + \frac{1}{2} \frac{(M_A - M_B)^2}{p l_{eff}^2} = \frac{1}{2} (0,00 + 104,9) + \frac{28,43 \cdot 6^2}{8} + \frac{1}{2} \frac{(0,00 - 104,9)^2}{28,43 \cdot 6^2} = 740 \text{ kNm}$$

$$\alpha_M = \frac{5}{48} \left( 1 + \frac{M_A + M_B}{10 M} \right) = \frac{5}{48} \left( 1 + \frac{0,00 + 104,9}{10 \cdot 740} \right) = 0,10$$

**Z uwagi na występowanie skurczu końcowe ugięcie zwiększono o 20 procent**

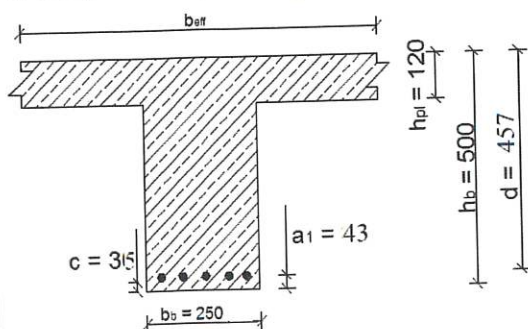
$$f_{II} = 1,2 \alpha_M \frac{M_{Ek} l_{eff}^2}{B_{II}} = 1,2 \cdot 0,10 \frac{84,65 \cdot 6^2}{41 \cdot 10^3} = 0,009 \text{ m}$$

Ugięcie całkowite:

$$f = \zeta f_{II} + (1 - \zeta) f_I = 0,964 \cdot 0,009 + (1 - 0,964) \cdot 0,0015 = \mathbf{0,0087 \text{ m} = 8,7 \text{ mm}}$$

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

**2) Przęsło wewnętrzne – policzone zostanie dokładnie ugięcie od skurczu**



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

$$A_{s1} = 6,03 \text{ cm}^2$$

$$l_{eff} = 6,00 \text{ m}$$

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

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

$$M_{cr} = f_{ctm} \cdot W_c = 2,2 \cdot 0,0104 = 22,92 \text{ kNm}$$

$M_{cr}$  - moment rysujący

$f_{ctm}$  - średnia wartość betonu na rozciąganie

Współczynnik  $\xi$  na odcinkach zarysowanych

$$\zeta = 1 - \beta \left( \frac{M_{cr}}{M} \right)^2 = 1 - 0,5 \left( \frac{22,92}{32,44} \right)^2 = 0,75$$

EC 1992-1-1  
7.4.3  
Wzór 7.18

Określenie odkształcenia od pełzania i od skurczu

Współczynnik pełzania  $\phi$  po  $t_0 = 28$  dni

Miarodajny wymiar elementu charakteryzujący tempo wysychania,

$t_0 = 28$  dni – wiek betonu w chwili przyłożenia obciążenia

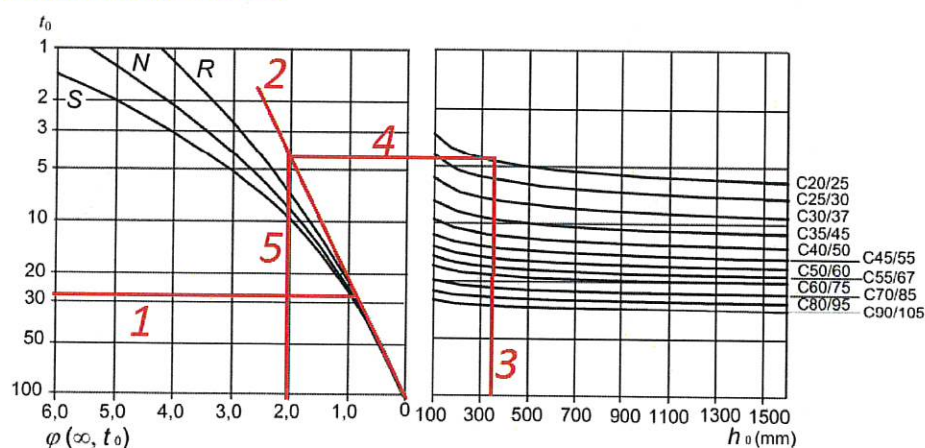
N – rodzaj cementu – normalne tempo narastania wytrzymałości (S – portlandzki, R- inne dodatki)

$A_c = 5 \cdot 0,18 + 0,25 \cdot (0,5 - 0,12) = 0,695 \text{ m}^2$  – pole powierzchni przekroju

$U = 2(b + h) = 2(0,25 + 0,12) = 9,75 \text{ m}$

$$h_0 = \frac{2A_c}{U} = \frac{2 \cdot 0,695}{9,75} = 0,143 \text{ m} = 143 \text{ mm}$$

**Przykład dla  $h_0 = 320 \text{ mm}$**



Współczynnik pełzania:

$$\phi(t_0, \infty) = 2,1$$

Charakterystyki geometryczne sprowadzonego przekroju teowego z półką w strefie ściskanej

$$E_{c,eff} = \frac{E_{cm}}{1 + \phi(t_0, \infty)} = \frac{30}{1 + 2,1} = 9,68 \text{ GPa}$$

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{c,eff}} = \frac{200}{9,86} = 20,67$$

$$\alpha_1 = \alpha_e \frac{A_{s1}}{b \cdot d} = 20,67 \frac{6,03 \cdot 10^{-4}}{0,25 \cdot 0,457} = 0,11$$

$$\delta_1 = \frac{a_1}{d} = \frac{0,43}{0,457} = 0,94$$

$$F = \frac{b_{eff} - b}{b} = \frac{1,93 - 0,25}{0,25} = 6,72$$

$$T = \frac{h_f}{d} = \frac{0,12}{0,457} = 0,26$$

Obliczanie ugięcia w fazie I – przekrój niezarysowany:

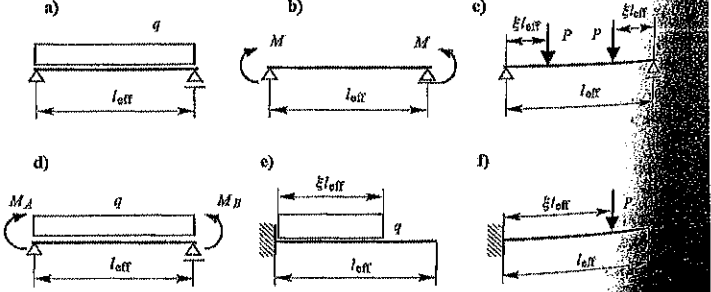
$$\xi = \frac{0,5 \cdot (1 + \delta_1)^2 + \alpha_1 + 0,5 \cdot F \cdot T^2}{1 + \delta_1 + \alpha_1 + F \cdot T} = \frac{0,5 \cdot (1 + 0,94)^2 + 0,11 + 0,5 \cdot 6,72 \cdot 0,26^2}{(1 + 0,94)^2 + 0,11 + 6,72 \cdot 0,26} = 0,06$$

Odległość zbrojenia od środka ciężkości przekroju:

$$z_1 = d(1 - \xi) = 0,457(1 - 0,06) = 0,43 \text{ m}$$

Moment bezwładności przekroju

$$\frac{I_1}{b \cdot d^3} = \frac{(1 + \delta_1)^3}{12} + (1 + \delta_1)(0,5 \cdot (1 + \delta_1) - \xi)^2 + \alpha_1(1 - \xi)^2 + \frac{F \cdot T^3}{12} + F \cdot T \cdot (\xi - 0,5 \cdot T)^2 = \frac{1,94^3}{12} + 1,94(0,5 \cdot 1,94 - 0,06)^2 + 0,11(1 - 0,06)^2 + \frac{6,72 \cdot 0,26^3}{12} + 6,72 \cdot 0,26 \cdot (0,06 - 0,5 \cdot 0,26)^2 = 2,33$$

Obliczenia	Odnosiniki
<p> <math>I_l = \frac{I_l}{b \cdot d^3} \cdot b \cdot d^3 = 2,33 \cdot 0,25 \cdot 0,457^3 = 0,056 \text{ m}^4</math> </p> <p>                     Moment styczny zbrojenia względem środka ciężkości przekroju  <math>S_l = A_{s1} \cdot z_1 = 6,03 \cdot 10^{-4} \cdot 0,43 = 0,00026 \text{ m}^2</math> </p> <p>                     Sztywność przekroju betonowego  <math>B_l = E_{c,eff} \cdot I_l = 9,68 \cdot 0,056 = 542 \cdot 10^3 \text{ kNm}^2</math> </p> <p>                     Można wyznaczyć ugięcia belek statycznie niewyznaczalnych podobnie jak ugięcia belek statycznie wyznaczalnych, rozpatrując wydzielone przęsła jako pręty obciążone obliczonymi klasycznie momentami zginającymi                 </p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="width: 45%;"> <p>schemat a) <math>M = \frac{q l_{eff}^2}{8}</math>,</p> <p>schemat b) <math>M = M</math>,</p> <p>schemat c) <math>M = \xi P l_{eff} \left( \text{dla } \xi \leq \frac{1}{2} \right)</math>,</p> <p>schemat d) <math>M = \frac{1}{2} (M_A + M_B) + \frac{q l_{eff}^2}{8} + \frac{1}{2} \frac{(M_B - M_A)^2}{q l_{eff}^2}</math>,</p> <p>schemat e) <math>M = -\frac{1}{2} q (\xi l_{eff})^2</math>,</p> <p>schemat f) <math>M = -\xi P l_{eff}</math>,</p> </div> <div style="width: 45%;"> <p> <math>\alpha_M = \frac{5}{48}</math>,  <math>\alpha_M = \frac{1}{8}</math>,  <math>\alpha_M = \frac{1}{8} - \frac{\xi^2}{6}</math>,  <math>\alpha_M = \frac{5}{48} \left( 1 + \frac{M_A + M_B}{10 M} \right)</math>,  <math>\alpha_M = -\frac{\xi (4 - \xi)}{12}</math>,  <math>\alpha_M = -\frac{\xi (3 - \xi)}{6}</math>.                     </p> </div> </div> 	
<p>Rys. 16.4. Obliczanie ugięć – schematy statyczne</p>	
<p> <math>M = \frac{1}{2} (M_A + M_B) + \frac{q l_{eff}^2}{8} + \frac{1}{2} \frac{(M_A - M_B)^2}{q l_{eff}^2} = \frac{1}{2} (104,9 + 104,9) + \frac{28,43 \cdot 6^2}{8} + \frac{1}{2} \frac{(104,9 - 104,9)^2}{28,43 \cdot 6^2} = 233 \text{ kNm}</math> </p> <p> <math>\alpha_M = \frac{5}{48} \left( 1 + \frac{M_A + M_B}{10 M} \right) = \frac{5}{48} \left( 1 + \frac{104,9 + 104,9}{10 \cdot 233} \right) = 0,11</math> </p>	
<p>Ugięcie od pełzania w fazie I</p> <p> <math>f_l = \alpha_M \frac{M_{Ek} l_{eff}^2}{B_l} = 0,11 \frac{32,44 \cdot 6^2}{542 \cdot 10^3} = 0,00024 \text{ m}</math> </p>	
<p>Ugięcia od skurczu</p> <p>Całkowite odkształcenie skurczowe</p> <p><math>\epsilon_{cs} = \epsilon_{cd} + \epsilon_{ca}</math></p> <p>Odształcenie spowodowane wysychaniem</p> <p>Koniec pielęgnacji <math>t_s = 1</math> dzień, wiek betonu <math>t = 28</math> dni</p>	<p>EC 1992-1-1 3.1.4 (6) Wzór 3.8</p>
<p> <math>\epsilon_{cd} = \beta_{ds}(t, t_s) k_h \cdot \epsilon_{cd,0} = 0,95 \cdot 0,00049 \cdot 0,28 = 0,00012</math> </p> <p>dla wilgotności względnej 60% i C20/25</p> <p> <math>\beta_{ds}(t, t_s) = \frac{t - t_s}{(t - t_s) + 0,04 \sqrt{h_0^3}} = \frac{28 - 1}{(28 - 1) + 0,04 \sqrt{143^3}} = 0,28</math> </p>	<p>EC 1992-1-1 3.1.4 (6) Wzór 3.9 Wzór 3.10</p>

$k_h = 0,95$ $\varepsilon_{cd,0} = 1,318(220 + 110\alpha_{ds1})(1 - (0,01RH)^3)e^{-0,1\alpha_{ds2}f_{cm}} \cdot 10^{-6} = 0,00049$ Dla cementów klasy N : $\alpha_{ds1} = 4$ , $\alpha_{ds2} = 0,12$ , $f_{cm} = 28 \text{ MPa}$ , $RH$ w [%] Odszałcenie spowodowane skurczem autogenicznym $\varepsilon_{ca} = \beta \cdot \varepsilon_{ca}(\infty)$ $\beta = 1 - e^{-0,2t^{0,5}} = 0,653$ $\varepsilon_{ca}(\infty) = 2,5 \cdot (f_{ck} - 10) \cdot 10^{-6} = 0,000025$ $\varepsilon_{ca} = \beta \cdot \varepsilon_{ca}(\infty) = 0,653 \cdot 0,000025 = 0,000016$ $\varepsilon_{cs} = \varepsilon_{cd} + \varepsilon_{ca} = 0,00012 + 0,000016 = 0,000136$ Ugięcie wywołane przez skurcz w fazie I: $\alpha_{cs} = 0,125$ $f_{cs,I} = -\alpha_{cs} \frac{E_s \varepsilon_{cs} S_{II}^2}{B_I} = -0,125 \frac{200 \cdot 10^3 \cdot 0,000136 \cdot 0,00026 \cdot 6^2}{542 \cdot 10^3} = -5,2 \cdot 10^{-8} \text{ m}$ Obliczanie ugięcia w fazie II – przekrój zarysowany: $\xi = 0,06 < T = 0,26$ – przekrój jest pozornie teowy, analizujemy przekrój prostokątny $\alpha_e = \frac{E_s}{E_{c,eff}} = \frac{200}{9,86} = 20,67$ $\alpha_1 = \alpha_e \frac{A_{s1}}{b_{eff} d} = 20,67 \frac{6,03 \cdot 10^{-4}}{1,93 \cdot 0,457} = 0,014$ $A_1 = \alpha_1 + F \cdot T = 0,014 + 6,72 \cdot 0,26 = 1,76$ $A_2 = \alpha_1 + 0,5 F \cdot T^2 = 0,014 + 0,5 \cdot 6,72 \cdot 0,26^2 = 0,24$ $\xi = \sqrt{A_1^2 + 2A_2} - A_1 = \sqrt{1,76^2 + 2 \cdot 0,24} - 1,76 = 0,13$ $\frac{I_{II}}{b_{eff} \cdot d^3} = \frac{\xi^3}{3} + \alpha_1 (1 - \xi)^2 + \frac{F \cdot T^3}{12} + F \cdot T \cdot (\xi - 0,5 \cdot T)^2$ $\frac{I_{II}}{b_{eff} \cdot d^3} = \frac{0,13^3}{3} + 0,014 (1 - 0,13)^2 + \frac{6,72 \cdot 0,26^3}{12} + 6,72 \cdot 0,26 \cdot (0,13 - 0,5 \cdot 0,26)^2 = 0,02$ $I_{II} = \frac{I_{II}}{b_{eff} \cdot d^3} \cdot b_{eff} \cdot d^3 = 1,53 \cdot 1,93 \cdot 0,457^3 = 0,0038 \text{ m}^4$ $z_1 = d (1 - \xi) = 0,457 (1 - 0,06) = 0,42 \text{ m}$ $S_{II} = A_{s1} \cdot z_1 = 6,03 \cdot 10^{-4} \cdot 0,42 = 0,00025 \text{ m}^2$ $B_{II} = E_{c,eff} \cdot I_{II} = 9,68 \cdot 0,0038 = 36,8 \cdot 10^3 \text{ kNm}^2$ $M = \frac{1}{2} (M_A + M_B) + \frac{p l_{eff}^2}{8} + \frac{1}{2} \frac{(M_A - M_B)^2}{p l_{eff}^2} = \frac{1}{2} (104,9 + 104,9) + \frac{28,43 \cdot 6^2}{8} + \frac{1}{2} \frac{(104,9 - 104,9)^2}{28,43 \cdot 6^2} = 233 \text{ kNm}$ $\alpha_M = \frac{5}{48} (1 + \frac{M_A + M_B}{10 M}) = \frac{5}{48} (1 + \frac{104,9 + 104,9}{10 \cdot 233}) = 0,11$ Ugięcie od pełzania w fazie II $f_{II} = \alpha_M \frac{M_{Ek} l_{eff}^2}{B_{II}} = 0,11 \frac{84,65 \cdot 6^2}{36,8 \cdot 10^3} = 0,0091 \text{ m}$ Ugięcie wywołane przez skurcz w fazie II: $\alpha_{cs} = 0,125$ $f_{cs,II} = -\alpha_{cs} \frac{E_s \varepsilon_{cs} S_{II}^2}{B_{II}} = -0,125 \frac{200 \cdot 10^3 \cdot 0,000136 \cdot 0,00026 \cdot 6^2}{36,8 \cdot 10^3} = -8,6 \cdot 10^{-8} \text{ m}$ Ugięcie całkowite: $u = \zeta(f_{II} + f_{cs,II}) + (1 - \zeta)(f_I + f_{cs,I}) = 0,75 \cdot (0,0091 + 8,6 \cdot 10^{-8}) + (1 - 0,75) \cdot (0,00024 + 5,2 \cdot 10^{-8}) = 0,00689 \text{ m} = 6,89 \text{ mm} \rightarrow$ wartość ugięcia nie spowoduje do negatywnego wpływu na przylegające elementy i estetykę konstrukcji	EC 1992-1-1 3.1.4 (6) Tab 3.3 Zał. B lub M. Knauff  EC 1992-1-1 3.1.4 (6) Wzór 3.11 Wzór 3.12 Wzór 3.13
--	---

Obliczenia	Odnosniki
<p><b>Sprawdzenie zarysowań</b></p> <p><b>1) Przęsło skrajne</b></p> <p><math>k_1 = 0,8 \rightarrow</math> pręty żebrowane  <math>k_2 = 0,5 \rightarrow</math> pręty zginane</p> $h_{c,eff} = \max \left\{ \frac{2,5 \cdot a}{3}, \frac{h - x}{3} \right\} = \max \left\{ \frac{2,5 \cdot 0,038}{3}, \frac{0,50 - 0,010}{3} \right\} = 0,16 \text{ m}$ $\rho_{p,eff} = \frac{A_s}{b \cdot h_{c,eff}} = \frac{8,04}{25 \cdot 16} = 0,020$ $s_{r,max} = k_3 \cdot c + \frac{k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot \phi}{\rho_{p,eff}} = 3,4 \cdot 25 + 0,425 \cdot \frac{0,8 \cdot 0,5 \cdot 16}{0,020} = 240 \text{ mm}$ <p><math>k_t = 0,4 \rightarrow</math> sytuacja prawie stała</p> $\sigma_s = \frac{M_{ek}}{z \cdot A_{s1}} = \frac{84,85 \cdot 10^5}{42 \cdot 8,04} = 254$ $\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} = \frac{\sigma_s - \frac{k_t f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}} \cdot (1 + \alpha_e \rho_{p,eff})}{E_s} = \frac{254 - \frac{0,4 \cdot 2,2}{0,020} \cdot (1 + 25,33 \cdot 0,020)}{200000} = 0,000127$ $> 0,6 \frac{\sigma_s}{E_s} = 0,6 \cdot \frac{254}{200000} = 0,000008$ <p>Szerokość rys:  <math>w_k = s_{r,max} \cdot (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}) = 240 \cdot 0,000127 = 0,03 \text{ mm}</math>  Dopuszczalna szerokość rys:  <math>w_{dop} = 0,4 \text{ mm}</math> – dla klasy ekspozycji XC1  Sprawdzenie warunku:  <math>w_k = 0,03 \text{ mm} &lt; w_{dop} = 0,4 \text{ mm} \rightarrow</math> warunek spełniony</p> <p><b>2) Przęsło wewnętrzne</b></p> <p><math>k_1 = 0,8 \rightarrow</math> pręty żebrowane  <math>k_2 = 0,5 \rightarrow</math> pręty zginane</p> $h_{c,eff} = \max \left\{ \frac{2,5 \cdot a}{3}, \frac{h - x}{3} \right\} = \max \left\{ \frac{2,5 \cdot 0,038}{3}, \frac{0,50 - 0,010}{3} \right\} = 0,16 \text{ m}$ $\rho_{p,eff} = \frac{A_s}{b \cdot h_{c,eff}} = \frac{4,02}{25 \cdot 16} = 0,010$ $s_{r,max} = k_3 \cdot c + \frac{k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot \phi}{\rho_{p,eff}} = 3,4 \cdot 25 + 0,425 \cdot \frac{0,8 \cdot 0,5 \cdot 16}{0,010} = 378 \text{ mm}$ <p><math>k_t = 0,4 \rightarrow</math> sytuacja prawie stała</p> $\sigma_s = \frac{M_{ek}}{z \cdot A_{s1}} = \frac{32,34 \cdot 10^5}{42 \cdot 4,02} = 194$ $\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} = \frac{\sigma_s - \frac{k_t f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}} \cdot (1 + \alpha_e \rho_{p,eff})}{E_s} = \frac{194 - \frac{0,4 \cdot 2,2}{0,010} \cdot (1 + 25,33 \cdot 0,010)}{200000} = 0,000097$ $> 0,6 \frac{\sigma_s}{E_s} = 0,6 \cdot \frac{194}{200000} = 0,000006$ <p>Szerokość rys:  <math>w_k = s_{r,max} \cdot (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}) = 378 \cdot 0,000097 = 0,04 \text{ mm}</math>  Dopuszczalna szerokość rys:  <math>w_{dop} = 0,4 \text{ mm}</math> – dla klasy ekspozycji XC1  Sprawdzenie warunku:  <math>w_k = 0,04 \text{ mm} &lt; w_{dop} = 0,4 \text{ mm} \rightarrow</math> warunek spełniony</p>	