

Sprawdzenie maksymalnej średnicy prętów na podstawie [N2] z uzupełnieniami zawartymi w [30]

Na podstawie przykładu 6.9 (przypadek zwyczajny, decyduje $s_{r,\max 1}$) naprężenia w zbrojeniu rozciągającym wynoszą: $\sigma_s = 302,2$ MPa, efektywny stopień zbrojenia $\rho_{p,\text{eff}} = 0,0188$.

Wysokość użyteczna przekroju $d = h - a_2 = 250 - (25 + 12/2) = 219$ mm.

Maksymalna średnica prętów ϕ_s^* odczytana z tablicy 6.9 dla naprężeń $\sigma_s = 302,2$ MPa i granicznej szerokości rysy równej $0,3$ mm wynosi około 11 mm.

$$h - d = 250 - 219 = 31 > 0,1h = 0,1 \cdot 250 = 25 \text{ mm}.$$

Maksymalna średnica, przy której można uznać, że rysy będą ograniczone do szerokości $0,3$ mm wynosi zatem (przyjęto $k_c = 0,4$, $h_{cr} = 0,5h$):

$$\phi_s = \phi_s^* \frac{f_{ct,\text{eff}}}{2,9} \frac{5k_c h_{cr}}{h} = 11 \cdot \frac{2,9 \cdot 5 \cdot 0,4 \cdot 0,5 \cdot 250}{2,9 \cdot 250} = 11,0 \text{ mm}.$$

Zastosowana średnica prętów $\phi = 12$ mm jest większa od $\phi_s = 11$ mm, więc należy sprawdzić szerokość rys. Szerokość rys obliczona w przykładzie 6.9 wynosi $0,215$ mm i jest mniejsza od granicznej wartości $0,3$ mm.

Dla otuliny 15 mm naprężenia w stali (na podstawie arkusza obliczeniowego nr 1) wynoszą $\sigma_s = 287,7$ MPa. Maksymalna średnica prętów ϕ_s^* odczytana z tablicy 6.9 dla granicznej szerokości rysy równej $0,3$ mm wynosi około $11,6$ mm.

Wysokość użyteczna przekroju $d = h - a_1 = 250 - (15 + 12/2) = 229$ mm.

$$h - d = 250 - 229 = 21 < 0,1h = 0,1 \cdot 250 = 25 \text{ mm}.$$

Maksymalna średnica, przy której można uznać, że rysy będą ograniczone do szerokości $0,3$ mm wynosi zatem (przyjęto $k_c = 0,4$, $h_{cr} = 0,5h$):

$$\phi_s = \phi_s^* \frac{f_{ct,\text{eff}}}{2,9} \frac{k_c h_{cr}}{2(h-d)} = 11,6 \cdot \frac{2,9}{2,9} \cdot \frac{0,4 \cdot 0,5 \cdot 250}{2 \cdot 21} = 13,8 \text{ mm}.$$

Zatem można uznać, że jeżeli zastosuje się otulinę 15 mm, to szerokość będzie ograniczona do $0,3$ mm. Szerokość rys odczytana z arkusza nr 1 wynosi $0,202$ mm.

Sprawdzenie maksymalnej średnicy prętów metodą dwóch naprężeń [35]

Naprężenia f_p i σ_{sm} :

$$f_p = \frac{k f_{ct,\text{eff}}}{\rho_{p,\text{eff}}} = \frac{1,0 \cdot 2,9}{0,0188} = 154,2 \text{ MPa},$$

$$\begin{aligned} \sigma_{sm} &= \max \left\{ 0,6\sigma_s; \sigma_s - 0,4(f_p + 19) \right\} = \max \left\{ 0,6 \cdot 302,2; 302,2 - 0,4 \cdot (154,2 + 19) \right\} \\ &= \max \{ 181,3; 232,9 \} = 232,9 \text{ MPa}. \end{aligned}$$

Wówczas:

$$\begin{aligned} \phi^* &= \frac{8,53}{f_p} \left(\frac{E_s w_k}{\sigma_{sm}} - 3,4c \right) = \frac{8,53}{154,2} \cdot \left(\frac{210000 \cdot 0,03}{232,9} - 3,4 \cdot 2,5 \right) \\ &= 0,0553 \cdot 18,55 = 1,03 \text{ cm} = 10,3 \text{ mm}. \end{aligned}$$

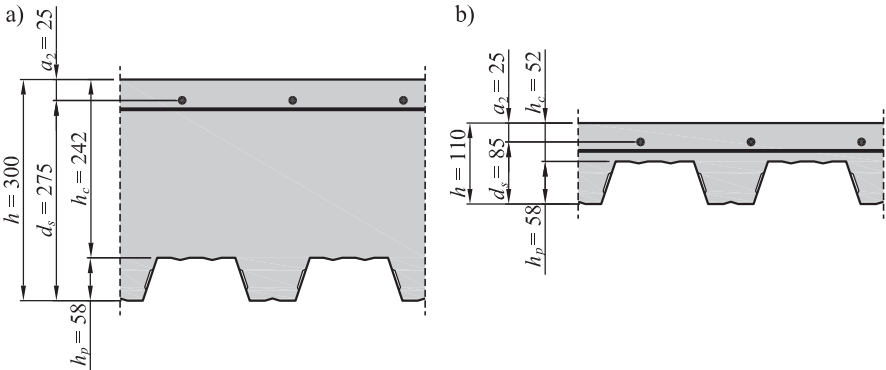
Maksymalna średnica prętów zbrojenia

$$\phi_{\max} = \frac{k f_{ct,eff}}{2,9 k_2} \phi^* = \frac{1,0 \cdot 2,9}{2,9 \cdot 0,5} \cdot 10,3 = 20,6 \text{ mm} > \phi = 12 \text{ mm}.$$

Zastosowana średnica prętów $\phi = 12 \text{ mm}$ przy ograniczeniu zarysowania do $0,3 \text{ mm}$ jest odpowiednia. Szerokość rys obliczona w przykładzie 6.9 wynosi $0,215 \text{ mm}$ i jest mniejsza od granicznej wartości $0,3 \text{ mm}$.

Przykład 6.11. Zbrojenie minimalne ze względu na nośność i zarysowanie

Obliczyć minimalne zbrojenie przekroju pokazanego na rysunku 6.46 w obszarze momentu ujemnego. Przyjęto blachę Cofraplus 60, stal zbrojeniową B500SP, $f_{sd} = 435 \text{ MPa}$, odległość od środka ciężkości zbrojenia do krawędzi rozciąganej $a_2 = 2,5 \text{ cm}$, beton C30/37, $f_{ctm} = 2,9 \text{ MPa}$, graniczna szerokość rys $w_k = 0,4 \text{ mm}$. Przyjęto $n_L = 9,03$.



Rys. 6.46. Przekrój przez strop

a. Płyta o grubości 300 mm

Minimalne zbrojenie ze względu na kruche zniszczenie na podstawie [N2]

$$A_{s,\min,ULS} = \max \begin{cases} 0,26 \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} b_l d_s = 0,26 \cdot \frac{2,9}{500} \cdot 100 \cdot 27,5 = 4,15 \text{ cm}^2/\text{m}; \\ 0,0013 b_l d_s = 0,0013 \cdot 100 \cdot 27,5 = 3,57 \text{ cm}^2/\text{m}. \end{cases}$$

Minimalne pole powierzchni zbrojenia ze względu na kruche zniszczenie wynosi zatem $A_{s,\min,ULS} = 4,15 \text{ cm}^2/\text{m}$. Pole to można wyznaczyć dokładniej, korzystając z arkusza kalkulacyjnego nr 1. W tym celu należy odczytać moment rysujący i dla takiego momentu zginającego dobrać zbrojenie, przy którym naprężenia w zbrojeniu będą równe $f_{yk} = 500 \text{ MPa}$. Korzystając z arkusza kalkulacyjnego nr 1, otrzymano $M_{cr} = 35,5 \text{ kN}\cdot\text{m}/\text{m}$ i stosując zbrojenie $\phi 12$ co 405 mm (czyli $A_{s,\min,ULS} = 2,79 \text{ cm}^2/\text{m}$), otrzymano $\sigma_{s2} = f_{yk} = 500 \text{ MPa}$.