

3. Projekt techniczny płyty

Położenie obliczeniowej osi podparcia [5.3.2.2 EC2]:

- ściana:

$$a = \min\{0,5h; 0,5t\} = \min\{0,5 \cdot 0,1\text{ m}; 0,5 \cdot 0,2\text{ m}\} = 0,05\text{ m}$$

- żebro:

$$a = \min\{0,5h; 0,5t\} = \min\{0,5 \cdot 0,1\text{ m}; 0,5 \cdot 0,25\text{ m}\} = 0,05\text{ m}$$

Rozpiętości obliczeniowe przęseł:

$$l_{eff,1} = 0,05 + 1,8 - \frac{0,25}{2} + 0,05 = 1,775\text{ m}$$

$$l_{eff,2-11} = 0,05 + 2,25 - 0,25 + 0,05 = 2,1\text{ m}$$

$$l_{eff,12} = 1,80 - 0,25 + 0,05 \cdot 2 = 1,65\text{ m}$$

Obciążenia na mb płyty:

$$g_k = 3,54\text{ kN/m}$$

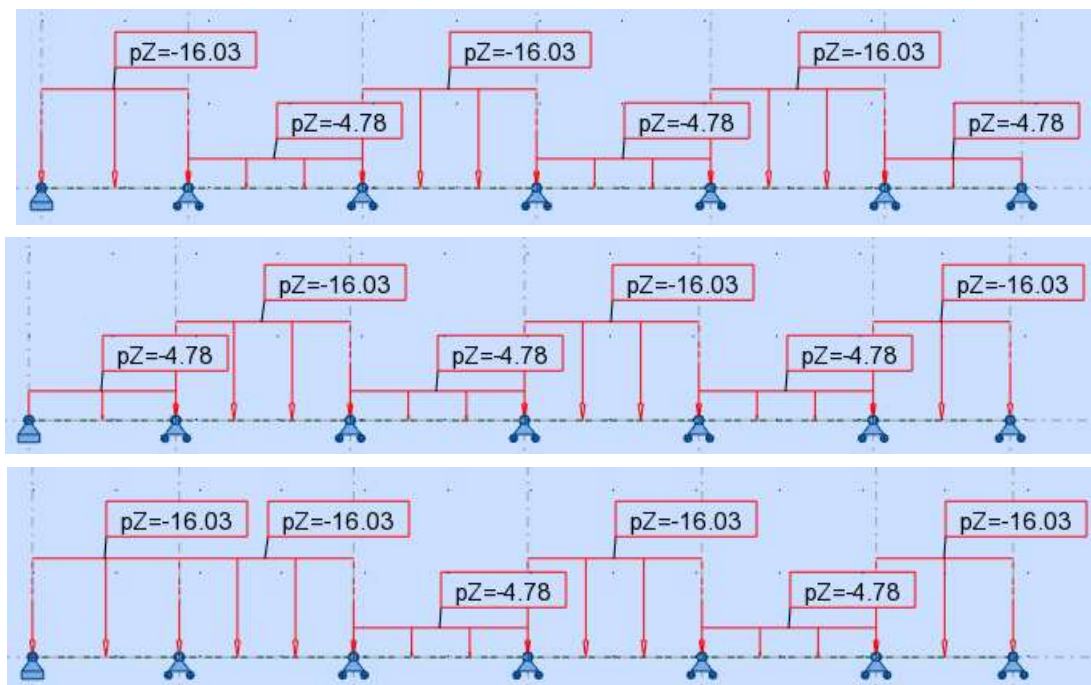
$$p_k = 7,5\text{ kN/m}$$

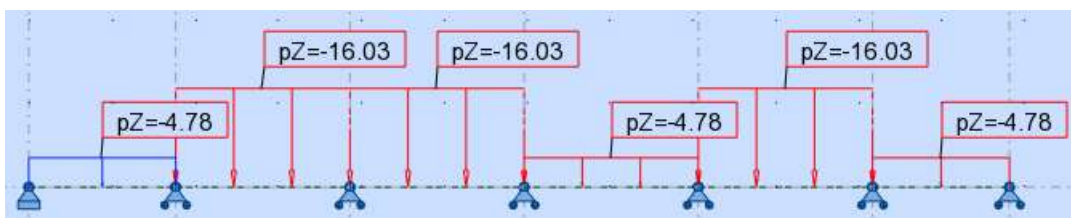
kombinacje obciążeń:

$$1,35 g_k + 1,5 p_k = 1,35 \cdot 3,54 + 1,50 \cdot 7,5 = 16,03\text{ kN/m}^2$$

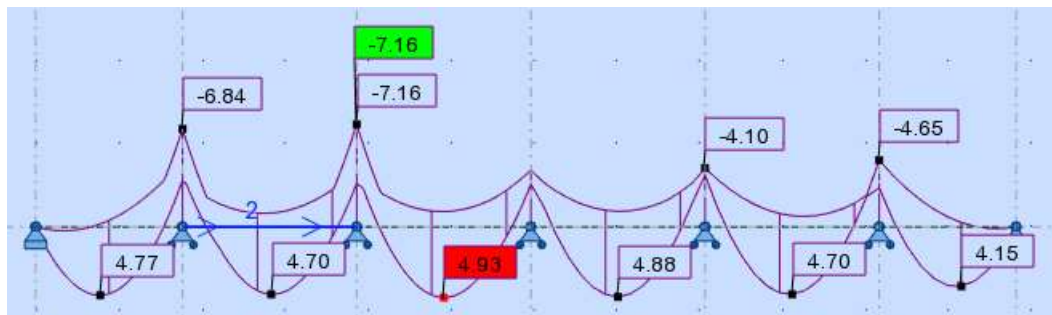
$$1,35 g_k + 0,0 p_k = 1,35 \cdot 3,54 = 4,78\text{ kN/m}$$

Przyjęto belkę 6-przęsłową. Przypadki obliczeniowe:

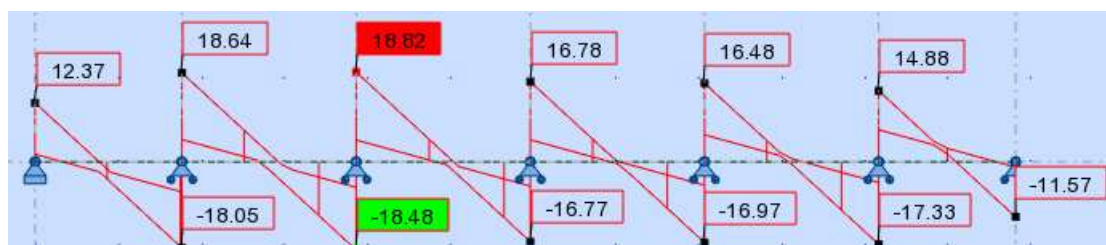




Obwiednia momentów zginających:



Obwiednia sił tnących:



65% momentu pełnego zamocowania (przęsło skrajne) [5.3.2.2(3)]:

$$0,65 \frac{16,03 \text{ kN/m} \cdot (1,78 \text{ m})^2}{8} = 4,13 \text{ kNm} < 5,96 \text{ kNm}$$

65% momentu pełnego zamocowania (przęsło środkowe) [5.3.2.2(3)]:

$$0,65 \frac{16,03 \text{ kN/m} \cdot (2,1 \text{ m})^2}{24} = 1,91 \text{ kNm} < 4,93 \text{ kNm}$$

Zestawienie wartości ekstremalnych momentów oraz wynikających stąd wymaganych powierzchni zbrojenia:

Przekrój	Obliczone zbrojenie					
	M_{ed} [kNm]	A [-]	ξ_{eff} [-]	ρ [%]	A_s [cm ²]	rozstaw [cm]
Przęsło skrajne	4,77	0,0474	0,0486	0,200	1,50	52,4
Przęsło przedskrajne	4,7	0,0467	0,0478	0,197	1,48	53,2
Przęsło środkowe	4,93	0,0490	0,0502	0,207	1,55	50,7
Podpora B (w licu)	5,96	0,0592	0,0611	0,251	1,88	41,7
Podpora C (w licu)	6,36	0,0632	0,0653	0,269	2,02	39,0
$M_{B+leff/4}$	2,17	0,0216	0,0218	0,090	0,67	116,8
$M_{C+leff/4}$	1,7	0,0169	0,0170	0,070	0,53	149,4

Przykładowe obliczenia (przęsło środkowe)

Wstępnie przyjęto średnicę prętów $\phi 10$:

$$d = h - c_{nom} - \phi / 2 = 100 - 20 - 5 = 75 \text{ mm}$$

$$A = M_{Ed} / (f_{cd} \cdot b \cdot d^2) = \frac{4,93 \text{ kNm}}{17,9 \text{ MPa} \cdot 1 \text{ m} \cdot (0,075 \text{ m})^2} = 0,049$$

$$\xi_{eff} = 1 - \sqrt{1 - 2A} = 1 - \sqrt{1 - 2 \cdot 0,049} = 0,0502$$

$$\rho = (f_{cd} \cdot \xi_{eff}) / f_{yd} = \frac{17,9 \text{ MPa} \cdot 0,0502}{435 \text{ MPa}} = 0,207$$

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d = 0,207 \cdot 1 \text{ m} \cdot 0,075 \text{ m} = 1,55 \text{ cm}^2$$

$$\text{rozstaw} = \frac{A_\phi \cdot 1 \text{ m}}{A_{s1, req}} = \frac{0,785 \text{ cm}^2 \cdot 100 \text{ cm}}{1,55 \text{ cm}^2} = 50,6 \text{ cm}$$

Minimalna powierzchnia zbrojenia:

$$\rho_{min} = \max\left(\frac{0,26 \cdot f_{ctm}}{f_{yk}}; 0,13\right) = \max\left(\frac{0,26 \cdot 2,6}{500}; 0,13\right) = 0,135\%$$

$$A_{s, min} = \rho_{min} \cdot b \cdot d = 0,135 \cdot 100 \cdot 75 \cdot 10^{-2} = 1,01 \text{ cm}^2 / \text{m}$$

Maksymalne rozstawy zbrojenia:

zbrojenie główne w obszarze występowania maksymalnych momentów:

$$s_{max, slabs} = \min(2h; 250 \text{ mm}) = 200 \text{ mm}$$

zbrojenie główne poza obszarem występowania maksymalnych momentów:

$$s_{max, slabs} = \min(3h; 400 \text{ mm}) = 300 \text{ mm}$$

zbrojenie drugorzędne w obszarze występowania maksymalnych momentów:

$$s_{max, slabs} = \min(3h; 400 \text{ mm}) = 300 \text{ mm}$$

zbrojenie drugorzędne poza obszarem występowania maksymalnych momentów:

$$s_{max, slabs} = \min(3,5h; 450 \text{ mm}) = 350 \text{ mm}$$

Przyjęte zbrojenie:

(Przy przyjmowaniu zbrojenia należy mieć na uwadze zalecenia rozdziału 9.3.1 normy EC2)

Przekrój	Zbrojenie	$A_{s1, prov}$ [cm ²]
Przęsło skrajne	$\phi 6$ co 18 cm	1,57
Przęsło przedskrajne	$\phi 6$ co 18 cm	1,57
Przęsło środkowe	$\phi 6$ co 18 cm	1,57
Podpora B	$\phi 6$ co 13 cm	2,17
Podpora C	$\phi 6$ co 13 cm	2,17
$M_{B+leff/4}$	$\phi 6$ co 26 cm	1,09
$M_{C+leff/4}$	$\phi 6$ co 26 cm	1,09

zbrojenie rozdzielcze

przyjęto pręty $\varphi 6$ co 350 mm o $0,81 \text{ cm}^2/\text{m} \geq 0,2 A_{s1,prov} = 0,2 \cdot 2,17 = 0,43 \text{ cm}^2/\text{m}$

Sprawdzenie ścinania

Maksymalna siła tnąca $V_{Ed} = 18,48 \text{ kN}$

Nośność przekroju na ścinanie:

$$V_{Rd,c} = 0,13 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} \cdot b \cdot d \quad [(6.2) \text{ EC2}]$$

Do obliczeń nośności przekroju na ścinanie przyjęto zbrojenie górne $\varphi 6$ co 26 cm

$$A_{sl} = 1,09 \text{ cm}^2$$

$$\rho_l = \frac{A_{sl}}{b \cdot d} = \frac{1,09}{100 \cdot 7,6} = 0,143\% \quad k = 1 + \sqrt{200/d} = 1 + \sqrt{200/77} = 2,62 > 2 \quad \text{przyjęto } k = 2$$

$$V_{Rd,c} = 0,13 \cdot 2 \cdot (100 \cdot 0,00143 \cdot 25)^{1/3} \cdot 1000 \cdot 77 = 29816 \text{ N} = 29,8 \text{ kN} > V_{Ed}$$

W tej płycie nie wystąpi problem ze ścinaniem

Obliczenie długości zakotwień i zakładów

Graniczne naprężenia przyczepności:

$$f_{bd} = 2,25 \eta_1 \eta_2 f_{ctd} \quad [(8.2) \text{ EC2}]$$

$$f_{bd} = 2,25 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,29 \text{ MPa} = 2,90 \text{ MPa}$$

Zakotwienie zbrojenia górnego na podporze skrajnej:

Zbrojenie górne powinno przenosić 15% momentu przeszłowego. Zatem naprężenia w prętach wynoszą:

$$\sigma_{sd} = 0,15 \frac{f_{yd} \cdot A_{s1,req}}{A_{prov}} = 0,15 \frac{435 \cdot 1,50}{1,09} = 89,8 \text{ MPa}$$

Podstawowa długość zakotwienia:

$$l_{b,rqd} = \frac{\varphi}{4} \frac{\sigma_{sd}}{f_{bd}} = \frac{6 \cdot 89,8}{4} \cdot 2,90 = 46,4 \text{ mm} \quad [(8.3) \text{ EC2}]$$

Minimalna długość zakotwienia:

$$l_{b,min} = \max \left\{ \begin{array}{l} 0,3 l_{b,rqd} \\ 10 \varphi \\ 100 \text{ mm} \end{array} \right\} = \max \left\{ \begin{array}{l} 0,3 \cdot 54 = 16,2 \text{ mm} \\ 10 \cdot 8 = 80 \text{ mm} \\ 100 \text{ mm} \end{array} \right\} = 100 \text{ mm} \quad [(8.6) \text{ EC2}]$$

Przyjęto minimalną długość zakotwienia.

Zakotwienie zbrojenia górnego w odległości 1/4 od podpory:

$$\sigma_{sd} = \frac{f_{yd} \cdot A_{s1,req}}{A_{prov}} = \frac{435 \cdot 0,67}{2,17} = 134 \text{ MPa}$$

Podstawowa długość zakotwienia:

$$l_{b,rqd} = \frac{\varphi}{4} \frac{\sigma_{sd}}{f_{bd}} = \frac{6 \cdot 134}{4 \cdot 2,90} = 70 \text{ mm} \quad [(8.3) \text{ EC2}]$$

Przyjęto minimalną długość zakotwienia.

Zakotwienie zbrojenia dolnego na podporze skrajnej i podporach pośrednich:

Przyjęto minimalną długość zakotwienia.

Połączenie na zakład prętów górnych w środku przęsła

Przyjęto minimalną długość zakotwienia:

$$l_{0,min} = \max \left\{ \begin{array}{l} 0,3 \alpha 0,6 l_{b,rqd} \\ 15 \phi \\ 200 \text{ mm} \end{array} \right\} = \max \left\{ \begin{array}{l} 0,3 \cdot 0 = 0 \text{ mm} \\ 15 \cdot 8 = 120 \text{ mm} \\ 200 \text{ mm} \end{array} \right\} = 200 \text{ mm}$$