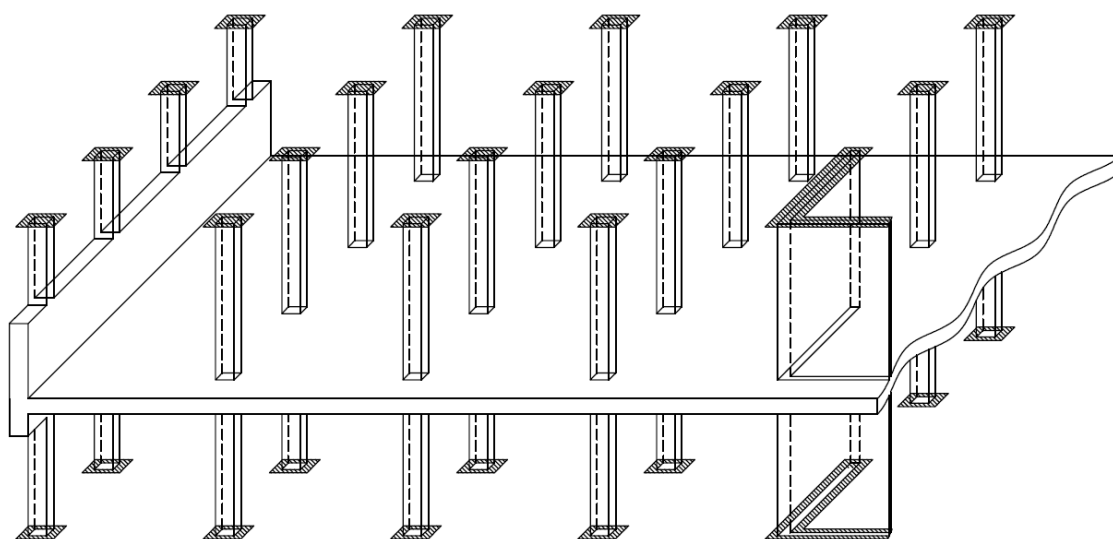


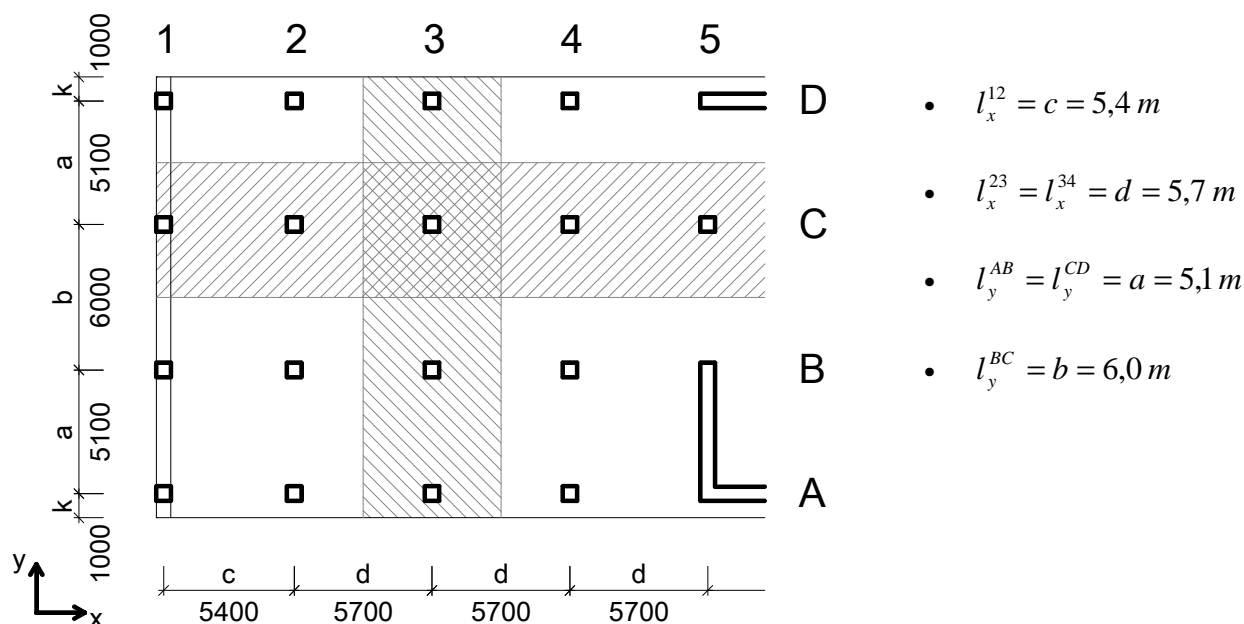
LOKÁLNĚ PODEPŘENÁ ŽB DESKA - ŘEŠENÍ METODOU SOUČTOVÝCH MOMENTŮ



Železobetonový monolitický bezprůvlakový skelet daného půdorysu (stěnový průvlak jen v krajní řadě A), o n podlažích (k.v. podlaží h) je ve střední části ztužen jádrem a stěnami, které přenášejí vodorovné zatížení. Stanovte předběžné rozměry nosných prvků a metodou součtových momentů proveďte návrh a posouzení podélné výztuže v pruzích **C** a **3**.

$a = 5,1\text{ m}$	$n = 4$	$(g - g_0)_{patro,k} = 1,255\text{ kN/m}^2$
$b = 6,0\text{ m}$	$h = 3,0\text{ m}$	$(g - g_0)_{streacha,k} = 2,155\text{ kN/m}^2$
$c = 5,4\text{ m}$	BETON : C 25/30	$q_{patro,k} = 5,0\text{ kN/m}^2$
$d = 5,7\text{ m}$	OCEL : B 500 B	$q_{streacha,k} = 0,75\text{ kN/m}^2$
$k = 1,0\text{ m}$		

Schéma konstrukce :



Materiálové charakteristiky :

beton : C 25/30 XC2 (CZ) - Cl 0,1 - D_{max} 16 - S1 $E_{cm} = 31\text{ GPa}$

$$f_{ck} = 25\text{ MPa} \quad f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{25}{1,5} = 16,666\text{ MPa}$$

$$f_{ctk} = 1,8\text{ MPa} \quad f_{ctd} = \frac{f_{ctk}}{\gamma_c} = \frac{1,8}{1,5} = 1,2\text{ MPa} \quad f_{ctm} = 2,6\text{ MPa}$$

ocel : B 500 B $E_s = 200\text{ GPa}$

$$f_{yk} = 500\text{ MPa} \quad f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_{M0}} = \frac{500}{1,15} = 434,783\text{ MPa}$$

Krytí výztuže stropní desky :

⇒ návrh tloušťky krycí vrstvy : $c_d = 30\text{ mm}$ viz DU1 (str. 3)

Empirický návrh nosných prvků :

1. stropní deska :

- empirický návrh tloušťky desky :

$$h_d \geq \frac{1}{33} \cdot L_{n,\max} = \frac{1}{33} \cdot 6000 = 181,8 \text{ mm} \quad \dots \text{ lokálně podepřená deska s okrajovým žebrem}$$

$$h_d \geq 1,1 \cdot \frac{1}{33} \cdot L_{n,\max} = 1,1 \cdot \frac{1}{33} \cdot 6000 = 200,0 \text{ mm} \quad \dots \text{ lokálně podepřená deska s volným okrajem}$$

- návrh na základě splnění podmínky ohybové štíhlosti desky

$$\lambda = \frac{l_d}{d} \leq \lambda_d = \kappa_{c1} \cdot \kappa_{c2} \cdot \kappa_{c3} \cdot \lambda_{d,\text{tab}}$$

$$\kappa_{c1} = 1 \quad \dots \text{ obdélníkový průřez}$$

$$\kappa_{c2} = 1 \quad \dots \text{ rozpětí desky } L < 7,0 \text{ m} \quad \dots \text{ splněno pro všechna pole stropní desky}$$

$$\kappa_{c3} = 1,3 \quad \dots \text{ odhad součinitele napětí tahové výztuže } \kappa_{c3} = \frac{500}{f_{yk}} \cdot \frac{A_{s,\text{prov}}}{A_{s,\text{req}}}$$

$$\lambda_{d,\text{tab}} = 22,2 \quad \dots \text{ lokálně podepřená deska, } \rho \leq 0,5\%, \text{ C25/30}$$

$$\lambda_d = \kappa_{c1} \cdot \kappa_{c2} \cdot \kappa_{c3} \cdot \lambda_{d,\text{tab}} = 1 \cdot 1 \cdot 1,3 \cdot 22,2 = 28,86$$

- lokálně podepřená deska \Rightarrow dominantní přenos zatížení ve směru **delšího rozpětí** desky

$$d \geq \frac{l_{y,4}}{\lambda_d} = \frac{6000}{28,86} = 207,9 \text{ mm}$$

- tloušťka desky : $h_d = d + 0,5 \cdot \varnothing_{s,d} + c_d = 207,9 + 0,5 \cdot 12 + 30 = 243,9 \text{ mm}$

$$\Rightarrow \text{návrh : } \underline{\underline{h_d = 240 \text{ mm}}} \quad d_x = h_d - 1,5 \cdot \varnothing_{s,d} - c_d = 240 - 1,5 \cdot 12 - 30 = 192 \text{ mm}$$

$$d_y = h_d - 0,5 \cdot \varnothing_{s,d} - c_d = 240 - 0,5 \cdot 12 - 30 = 204 \text{ mm}$$

2. sloup :

- počet podlaží : $n = 4$ (3x stropní konstrukce + 1x střešní konstrukce)

- konstrukční výška podlaží : $h = 3,0 \text{ m}$

- zatěžovací plocha sloupu : $b_{zat} = l_{x,4} = 5,7 \text{ m}$

$$l_{zat} = \frac{l_{y,2} + l_{y,4}}{2} = \frac{5,1 + 6,0}{2} = 5,55 \text{ m}$$

$$A_{zat} = b_{zat} \cdot l_{zat} = 5,7 \cdot 5,55 = 31,635 \text{ m}^2$$

- předpokládané rozměry sloupu : **300 mm x 300 mm**

	počet	výpočet	charakteristické [kN]	γ_F	návrhové [kN]
vl. tíha strop. desek	4	$4 \cdot 0,24 \cdot 31,635 \cdot 25$	759,240	1,35	1024,974
vlastní tíha sloupu	11,04 m	$0,3 \cdot 0,3 \cdot 11,04 \cdot 25$	24,840	1,35	33,534
ostatní stálé patra	3	$3 \cdot 31,635 \cdot 1,255$	119,106	1,35	160,793
ostatní stálé střechy	1	$1 \cdot 31,635 \cdot 2,155$	68,173	1,35	92,034
Σ stálé			971,359		1311,335
proměnné patra	3	$3 \cdot 31,635 \cdot 5,0$	474,525	1,5	711,788
proměnné střechy	1	$1 \cdot 31,635 \cdot 0,75$	23,726	1,5	35,589
Σ			1469,610		2058,712

- návrhové normálové zatížení v patě sloupu : $N_{Ed,\max} = 2058,712 \text{ kN}$

posudek :

- únosnost v patě sloupu :

$$N_{Rd} = 0,8 \cdot A_c \cdot f_{cd} + A_s \cdot \sigma_s = 0,8 \cdot A_c \cdot f_{cd} + A_c \cdot \rho \cdot \sigma_s = \\ = 0,8 \cdot 300 \cdot 300 \cdot 16,666 + 300 \cdot 300 \cdot 0,025 \cdot 400 = 2099952 \text{ N} = 2099,952 \text{ kN}$$

- posouzení :

$$N_{Rd} = 2099,952 \text{ kN} \geq N_{Ed, \max} = 2058,712 \text{ kN} \quad \dots \dots \text{ návrh sloupu vyhovuje}$$

⇒ návrh rozměrů sloupu : **300 mm x 300 mm**

3. předběžné posouzení stropní desky na protlačení :

Vnitřní sloup :

- zatěžovací plocha vnitřního sloupu : $A = 31,635 - 0,3 \cdot 0,3 = 31,545 \text{ m}^2$
- posouvající síla od návrhového zatížení stropní desky ze zatěžovací plochy sloupu :
 $V_{Ed} = 31,545 \cdot [1,35 \cdot (0,24 \cdot 25 + 1,255) + 1,5 \cdot 5,0] = 545,547 \text{ kN}$
- účinná výška desky : $d = \frac{1}{2} \cdot (d_x + d_y) = \frac{1}{2} \cdot (192 + 204) = 198 \text{ mm}$
- délka 0. kontrol. obvodu : $u_0 = 2 \cdot (c_1 + c_2) = 2 \cdot (300 + 300) = 1200 \text{ mm}$
- délka 1. kontrol. obvodu : $u_1 = 2 \cdot (c_1 + c_2) + 2 \cdot \pi \cdot 2 \cdot d = 2 \cdot (300 + 300) + 2 \cdot \pi \cdot 2 \cdot 198 = 3688 \text{ mm}$
- součinitel β : $\beta = 1,15 \quad \dots \dots$ vnitřní sloup
- účinek zatížení v 0. kontrol. obvodu : $v_{Ed,0} = \frac{\beta \cdot V_{Ed}}{u_0 \cdot d} = \frac{1,15 \cdot 545,547 \cdot 10^3}{1200 \cdot 198} = 2,640 \text{ N/mm}^2$
- účinek zatížení v 1. kontrol. obvodu : $v_{Ed,1} = \frac{\beta \cdot V_{Ed}}{u_1 \cdot d} = \frac{1,15 \cdot 545,547 \cdot 10^3}{3688 \cdot 198} = 0,859 \text{ N/mm}^2$

posudek :

- únosnost tlakové diagonály :

$$v_{Rd, \max} = 0,4 \cdot v \cdot f_{cd} = 0,4 \cdot 0,6 \cdot \left(1 - \frac{f_{ck}}{250}\right) \cdot f_{cd} = 0,4 \cdot 0,6 \cdot \left(1 - \frac{25}{250}\right) \cdot 16,666 = 3,600 \text{ MPa}$$

- smyková únosnost desky bez smykové výztuže :

$$v_{Rd,c} = C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} + k_1 \cdot \sigma_{cp} \geq v_{\min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}$$

$$C_{Rd,c} = \frac{0,18}{\gamma_c} = \frac{0,18}{1,5} = 0,12$$

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1 + \sqrt{\frac{200}{198}} = 2,0 \leq 2$$

$$\rho_l = 0,005 \quad \dots \dots \text{ odhad}$$

$$\sigma_{cp} = 0$$

$$k_1 = 0,1$$

$$v_{\min} = 0,035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} = 0,035 \cdot 2,0^{3/2} \cdot 25^{1/2} = 0,495 \text{ MPa}$$

$$v_{Rd,c} = 0,12 \cdot 2,0 \cdot (100 \cdot 0,005 \cdot 25)^{1/3} = 0,557 \text{ MPa} \quad \wedge \quad v_{Rd,c} \geq v_{\min} = 0,495 \text{ MPa}$$

$$\alpha_{\max} = 1,8 \quad \dots \dots \text{ odhad pro vyztužení proti protlačení třmínkovými lištami}$$

- posouzení :

$$v_{Ed,0} = 2,640 \text{ MPa} < v_{Rd, \max} = 3,600 \text{ MPa} \quad \dots \dots \text{ vyhovuje}$$

$$v_{Ed,1} = 0,859 \text{ MPa} < \alpha_{\max} \cdot v_{Rd,c} = 1,8 \cdot 0,557 = 1,003 \text{ MPa} \quad \dots \dots \text{ vyhovuje}$$

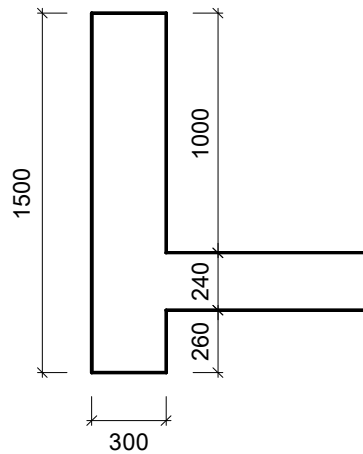
- Sloupy v okrajových řadách (řady A a D) lze vzhledem k překonzolování stropní desky (délka konzoly $k = 1,0 \text{ m}$) uvažovat jako vnitřní. Vzhledem k menší zatěžovací ploše oproti sloupům ve vnitřních řadách, vyhovují předběžně tyto sloupy na protlačení.
- Sloupy v krajní příčné řadě (řada 1) jsou spojeny okrajovým žebrem \Rightarrow nebezpečí protlačení není potřeba ověřovat.

\Rightarrow **navržená geometrie a třída betonu desky na protlačení vyhovuje**

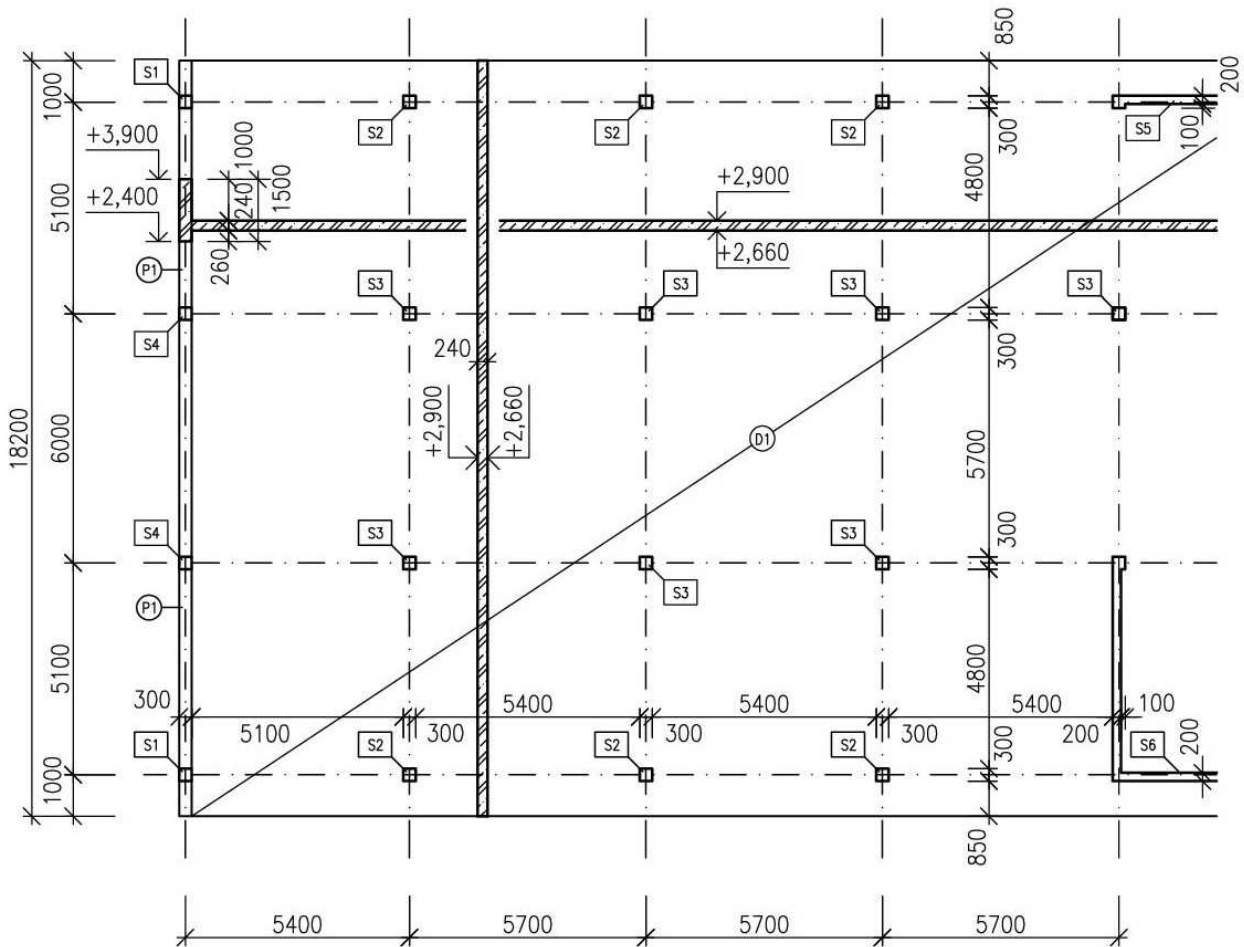
4. okrajové žebro: (řada 1)

$$h_p \geq 2 \cdot h_d = 2 \cdot 240 = 480 \text{ mm}$$

\Rightarrow návrh žebra : **$h_p = 1500 \text{ mm}$**
 $b_p = 300 \text{ mm}$



Schématický výkres tvaru :



Výpočet zatížení stropní desky : [větší zatížení než střešní deska]

stálé zatížení :

skladba konstrukce	d [m]	ρ_v	char. zatížení g_k	γ_G	návrh. zatížení g_d
železobeton	0,240 x 2500	=	6,000 kN/m ²	x 1,35	= 8,100 kN/m ²
ostatní stálé zatížení			1,255 kN/m ²	x 1,35	= 1,694 kN/m ²
celkem			$g_k = 7,255$ kN/m ²		$g_d = 9,794$ kN/m ²

proměnné zatížení :

užitné zatížení	$q_k = 5,000$ kN/m ²	x	1,5	$q_d = 7,500$ kN/m ²
-----------------	---------------------------------	---	-----	---------------------------------

Celkem	$(g+q)_k = 12,255$ kN/m ²			$(g+q)_d = 17,294$ kN/m ²
---------------	--------------------------------------	--	--	--------------------------------------

- moment na konzole :



$$m_k = \frac{1}{2} \cdot (g+q)_d \cdot L_{n,k}^2 = \frac{1}{2} \cdot 17,294 \cdot 0,85^2 = 6,247 \text{ kN} \cdot \text{m} / \text{m}'$$

Součinitel ztužení α :

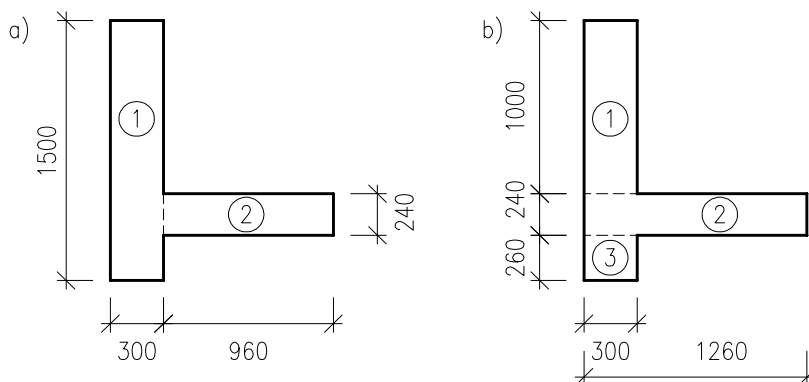
- pro sloupový pruh se ztužujícím rámem platí : $\alpha = \frac{E_{cb} \cdot I_b}{E_{cs} \cdot I_s}$
 - E_{cb} je modul pružnosti betonu ztužujícího trámu : $E_{cb} = 31 \text{ GPa}$
 - E_{cs} je modul pružnosti betonu desky : $E_{cs} = 31 \text{ GPa}$
 - I_b je moment setrvačnosti účinného průřezu ztužujícího trámu
 - I_s je moment setrvačnosti desky o šířce rovné šířce řešeného pruhu
- ztužující trám se v našem případě vyskytuje pouze v krajním příčném sloupovém pruhu (pruh č. 1), který není předmětem řešení (pruhy **C a 3**) \Rightarrow pro účely našeho řešení $\alpha = 0$

Součinitel kroucení β_t :

- $\beta_t = \frac{G_{cb} \cdot I_t}{E_{cs} \cdot I_s} = \frac{I_t}{2 \cdot I_s}$
 - G_{cb} je smykový modul pružnosti betonu okrajového krouceného prvku
 $G_{cb} \cong 0,5 \cdot E_{cb} \quad E_{cb} = E_{cs} = 31 \text{ GPa}$
 - I_t je moment tuhosti průřezu v kroucení okrajového krouceného prvku
 - I_s je moment setrvačnosti průřezu desky o šířce rovné rozpětí okrajového krouceného prvku ležícího kolmo k rovině vyšetřovaných momentů
- ztužující trám se v našem případě vyskytuje pouze v krajním příčném sloupovém pruhu (pruh č. 1)
 \Rightarrow pro pruhy A,B,C,D $\beta \neq 0$, pro pruhy 1,2,3... $\beta = 0$

výpočet pro pruh C :

- $I_t = \sum_{i=1}^n \left(1 - 0,63 \cdot \frac{t_i}{a_i}\right) \cdot \frac{t_i^3 \cdot a_i}{3}$, kde t_i je vždy kratší strana a a_i vždy delší strana i-tého obdélníku



$$I_t^a = \left(1 - 0,63 \cdot \frac{300}{1500}\right) \cdot \frac{300^3 \cdot 1500}{3} + \left(1 - 0,63 \cdot \frac{240}{960}\right) \cdot \frac{240^3 \cdot 960}{3} = 15,526 \cdot 10^9 \text{ mm}^4$$

$$I_t^b = \left(1 - 0,63 \cdot \frac{300}{1000}\right) \cdot \frac{300^3 \cdot 1000}{3} + \left(1 - 0,63 \cdot \frac{240}{1260}\right) \cdot \frac{240^3 \cdot 1260}{3} + \left(1 - 0,63 \cdot \frac{260}{300}\right) \cdot \frac{260^3 \cdot 300}{3} = 13,206 \cdot 10^9 \text{ mm}^4$$

$$I_{t,C} = \max(I_t^a; I_t^b) = 15,526 \cdot 10^9 \text{ mm}^4$$

- $I_{s,C} = \frac{1}{12} \cdot b_C \cdot h_f^3 = \frac{1}{12} \cdot 5550 \cdot 240^3 = 6,394 \cdot 10^9 \text{ mm}^4$

součinitel kroucení :

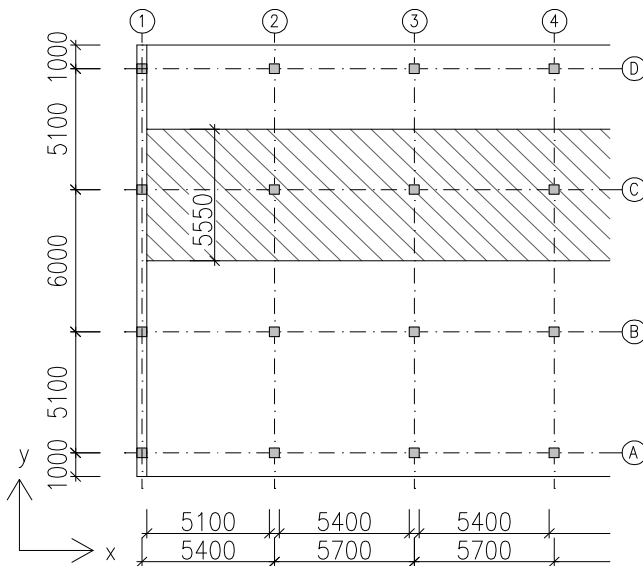
- $\beta_{t,C} = \frac{G_{cb} \cdot I_t}{E_{cs} \cdot I_s} = \frac{I_{t,C}}{2 \cdot I_{s,C}} = \frac{15,526 \cdot 10^9}{2 \cdot 6,394 \cdot 10^9} = 1,214$

Rekapitulace součinitelů :

pruh	souč. ztužení α	souč. kroucení β
3	0	0
C	0	1,214

Celkové součtové momenty :

- výpočet momentů ve směru osy x :



$$l_y^C = \frac{5100 + 6000}{2} = 5550 \text{ mm}$$

$$l_x^{12} = 5400 \text{ mm}$$

$$l_x^{23} = l_x^{34} = 5700 \text{ mm}$$

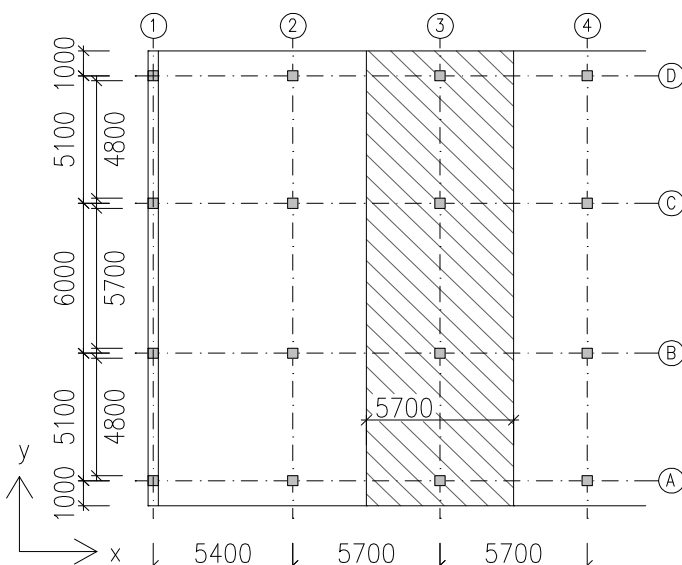
$$l_{n,x}^{12} = 5100 \text{ mm}$$

$$l_{n,x}^{23} = l_{n,x}^{34} = 5400 \text{ mm}$$

$$M_{tot}^{C,12} = \frac{1}{8} \cdot (g + q)_d \cdot l_y^C \cdot (l_{n,x}^{12})^2 = \frac{1}{8} \cdot 17,294 \cdot 5,55 \cdot 5,1^2 = 312,061 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{tot}^{C,23} = \frac{1}{8} \cdot (g + q)_d \cdot l_y^C \cdot (l_{n,x}^{23})^2 = \frac{1}{8} \cdot 17,294 \cdot 5,55 \cdot 5,4^2 = 349,853 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

- výpočet momentů ve směru osy y :



$$l_x^3 = \frac{5700 + 5700}{2} = 5700 \text{ mm}$$

$$l_y^{AB} = l_y^{CD} = 5100 \text{ mm}$$

$$l_y^{BC} = 6000 \text{ mm}$$

$$l_{n,y}^{AB} = l_{n,y}^{CD} = 4800 \text{ mm}$$

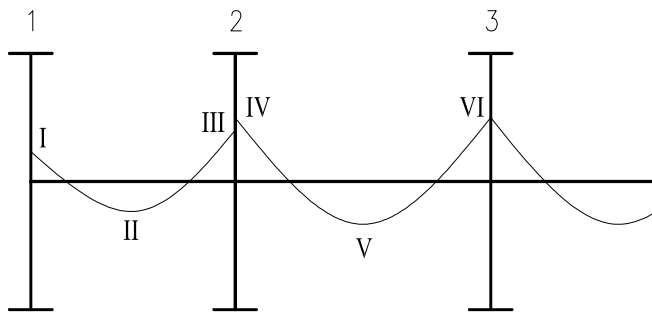
$$l_{n,y}^{BC} = 5700 \text{ mm}$$

$$M_{tot}^{3,AB} = \frac{1}{8} \cdot (g + q)_d \cdot l_x^3 \cdot (l_{n,y}^{AB})^2 = \frac{1}{8} \cdot 17,294 \cdot 5,7 \cdot 4,8^2 = 283,898 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{tot}^{3,BC} = \frac{1}{8} \cdot (g + q)_d \cdot l_x^3 \cdot (l_{n,y}^{BC})^2 = \frac{1}{8} \cdot 17,294 \cdot 5,7 \cdot 5,7^2 = 400,341 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

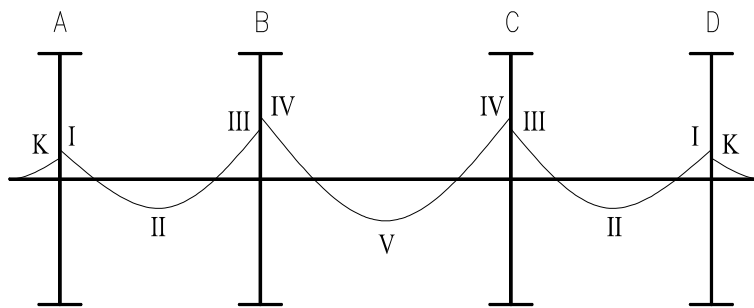
Rozdělení celkových součtových momentů na kladné a záporné :

- ve směru x : deska (řešený deskový pruh C) nemá vnitřní ztužující trámy a je opatřena okrajovým ztužujícím trámem



$$\begin{aligned} \gamma_1 &= 0,30 & M_I &= \gamma_1 \cdot M_{tot}^{C,12} = 0,30 \cdot 312,061 = 93,618 \text{ kN} \cdot \text{m} \\ \gamma_2 &= 0,50 & M_{II} &= \gamma_2 \cdot M_{tot}^{C,12} = 0,50 \cdot 312,061 = 156,031 \text{ kN} \cdot \text{m} \Rightarrow \text{úprava součinitelem } \delta \\ \gamma_3 &= 0,70 & M_{III} &= \gamma_3 \cdot M_{tot}^{C,12} = 0,70 \cdot 312,061 = 218,443 \text{ kN} \cdot \text{m} \\ & & M_{IV} &= M_{VI} = 0,65 \cdot M_{tot}^{C,23} = 0,65 \cdot 349,853 = 227,404 \text{ kN} \cdot \text{m} \\ & & M_V &= 0,35 \cdot M_{tot}^{C,23} = 0,35 \cdot 349,853 = 122,449 \text{ kN} \cdot \text{m} \Rightarrow \text{úprava součinitelem } \delta \end{aligned}$$

- ve směru y : deska (řešený deskový pruh 3) nemá vnitřní ani okrajové ztužující trámy



$$\begin{aligned} M_K &= m_K \cdot l_x^3 = 6,247 \cdot 5,7 = 35,608 \text{ kN} \cdot \text{m} \\ \gamma_1 &= 0,26 & M_I &= \gamma_1 \cdot M_{tot}^{3,AB} = 0,26 \cdot 283,898 = 73,813 \text{ kN} \cdot \text{m} \Rightarrow \text{úprava interpolací} \\ \gamma_2 &= 0,52 & M_{II} &= \gamma_2 \cdot M_{tot}^{3,AB} = 0,52 \cdot 283,898 = 147,627 \text{ kN} \cdot \text{m} \Rightarrow \text{úprava součinitelem } \delta \\ \gamma_3 &= 0,70 & M_{III} &= \gamma_3 \cdot M_{tot}^{3,AB} = 0,70 \cdot 283,898 = 198,729 \text{ kN} \cdot \text{m} \\ & & M_{IV} &= M_{VI} = 0,65 \cdot M_{tot}^{3,BC} = 0,65 \cdot 400,341 = 260,222 \text{ kN} \cdot \text{m} \\ & & M_V &= 0,35 \cdot M_{tot}^{BC} = 0,35 \cdot 400,341 = 140,119 \text{ kN} \cdot \text{m} \Rightarrow \text{úprava součinitelem } \delta \end{aligned}$$

interpolace krajní podpory :

pokud:

$$M_K = 0$$

$$\dots \text{ jako krajní pole : } M_I = 73,813 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_K = 0,65 \cdot M_{tot}^{3,AB} = 0,65 \cdot 283,898 = 184,534 \text{ kN} \cdot \text{m} \dots \text{ jako střední pole : } M_I = M_{III} = 198,729 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\text{skutečnost : } M_K = 35,608 \text{ kN} \cdot \text{m} \Rightarrow M'_I = 73,813 + \frac{198,729 - 73,813}{184,534} \cdot 35,608 = 97,917 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\triangleright g_d = 9,794 \text{ kN} / \text{m}^2 < 2 \cdot q_d = 2 \cdot 7,5 = 15,0 \text{ kN} / \text{m}^2$$

⇒ je potřeba respektovat vliv soustředění nahodilého zatížení v řešeném poli při současném odlehčení polí sousedních ⇒ **momenty v poli budou zvětšeny součinitelem δ**

Výpočet součinitele δ :

ve směru x : ... řešený deskový pruh C

- $\alpha_c \frac{\sum K_c}{\sum (K_s + K_b)} = \frac{55800}{285905 + 0} = 0,195$
 - sloupy : $I_c = \frac{1}{12} \cdot c_1 \cdot c_2^3 = \frac{1}{12} \cdot 0,3 \cdot 0,3^3 = 6,75 \cdot 10^{-4} \text{ m}^4$

$$\sum K_c = \frac{4 \cdot E \cdot I_c}{h_{konstr, nad}} + \frac{4 \cdot E \cdot I_c}{h_{konstr, pod}} = 2 \cdot \frac{4 \cdot 31 \cdot 10^6 \cdot 6,75 \cdot 10^{-4}}{3,0} = 55800 \text{ kN} \cdot \text{m}$$
 - deska : $I_s = \frac{1}{12} \cdot b \cdot h_d^3 = \frac{1}{12} \cdot 5,55 \cdot 0,24^3 = 63,936 \cdot 10^{-4} \text{ m}^4$

$$\sum K_s = \frac{4 \cdot E \cdot I_s}{l_x^{12}} + \frac{4 \cdot E \cdot I_s}{l_x^{23}} = \frac{4 \cdot 31 \cdot 10^6 \cdot 63,936 \cdot 10^{-4} \cdot (5,7 + 5,4)}{5,4 \cdot 5,7} = 285905 \text{ kN} \cdot \text{m}$$
 - průvlaky : nejsou ⇒ $\sum K_b = 0$
- $\alpha_{c, \min} = 0,516$ interpolace z tabulky 2 : hodnoty $\alpha_{c, \min}$
 - $\frac{g_d}{q_d} = \frac{9,794}{7,5} = 1,306$ $\frac{L_2}{L_1} = \frac{L_y^{BC}}{L_x^{12}} = \frac{6,0}{5,4} = 1,111$ $\alpha = 0$
 - interpolace dle $\frac{L_2}{L_1}$: $0,7 + \frac{0,8 - 0,7}{1,25 - 1,0} \cdot (1,111 - 1,0) = 0,744$
 - interpolace dle $\frac{g_d}{q_d}$: $\alpha_{c, \min} = 0 + \frac{0,744 - 0}{1,0 - 2,0} \cdot (1,306 - 2,0) = 0,516$
- $\delta = 1 + \frac{2 - \frac{g_d}{q_d}}{4 + \frac{g_d}{q_d}} \cdot \left(1 - \frac{\alpha_c}{\alpha_{c, \min}} \right) = 1 + \frac{2 - 1,306}{4 + 1,306} \cdot \left(1 - \frac{0,195}{0,516} \right) = 1,081$
 - ⇒ $M'_{II} = \delta \cdot M_{II} = 1,081 \cdot 156,031 = 168,670 \text{ kN} \cdot \text{m}$
 - $M'_{V} = \delta \cdot M_{V} = 1,081 \cdot 122,449 = 132,367 \text{ kN} \cdot \text{m}$

ve směru y : ... řešený deskový pruh 3

- $\alpha_c \frac{\sum K_c}{\sum (K_s + K_b)} = \frac{55800}{295359 + 0} = 0,189$
 - sloupy : $\sum K_c = 55800 \text{ kN} \cdot \text{m}$ viz řešený deskový pruh C
 - deska : $I_s = \frac{1}{12} \cdot b \cdot h_d^3 = \frac{1}{12} \cdot 5,7 \cdot 0,24^3 = 65,664 \cdot 10^{-4} \text{ m}^4$

$$\sum K_s = \frac{4 \cdot E \cdot I_s}{l_y^{AB}} + \frac{4 \cdot E \cdot I_s}{l_y^{BC}} = \frac{4 \cdot 31 \cdot 10^6 \cdot 65,664 \cdot 10^{-4} \cdot (6,0 + 5,1)}{5,1 \cdot 6,0} = 295359 \text{ kN} \cdot \text{m}$$
 - průvlaky : nejsou ⇒ $\sum K_b = 0$

- $\alpha_{c,\min} = 0,518$ interpolace z tabulky 2 : hodnoty $\alpha_{c,\min}$

- $\frac{g_d}{q_d} = \frac{9,794}{7,5} = 1,306$ $\frac{L_2}{L_1} = \frac{L_x^{23}}{L_y^{AB}} = \frac{5,7}{5,1} = 1,118$ $\alpha = 0$

- interpolace dle $\frac{L_2}{L_1}$: $0,7 + \frac{0,8-0,7}{1,25-1,0} \cdot (1,118-1,0) = 0,747$

- interpolace dle $\frac{g_d}{q_d}$: $\alpha_{c,\min} = 0 + \frac{0,747-0}{1,0-2,0} \cdot (1,306-2,0) = 0,518$

- $\delta = 1 + \frac{2 - \frac{g_d}{q_d}}{4 + \frac{g_d}{q_d}} \cdot \left(1 - \frac{\alpha_c}{\alpha_{c,\min}} \right) = 1 + \frac{2 - 1,306}{4 + 1,306} \cdot \left(1 - \frac{0,189}{0,518} \right) = 1,083$

⇒ $M'_{II} = \delta \cdot M_{II} = 1,083 \cdot 147,627 = 159,880 \text{ kN} \cdot \text{m}$

$M'_{V} = \delta \cdot M_{V} = 1,083 \cdot 140,119 = 151,749 \text{ kN} \cdot \text{m}$

souč. momenty ve směru x (pruh C) [kN.m]		součtové momenty ve směru y (pruh 3) [kN.m]	
I	93,618	K	35,608
II	168,670	I	97,917
III	218,443	II	159,880
IV	227,404	III	198,729
V	132,367	IV	260,222
VI	227,404	V	151,749

Rozdělení celkových momentů do sloupových a středních pruhů :

➤ šířky sloupových a středních pruhů patrné z obrázků

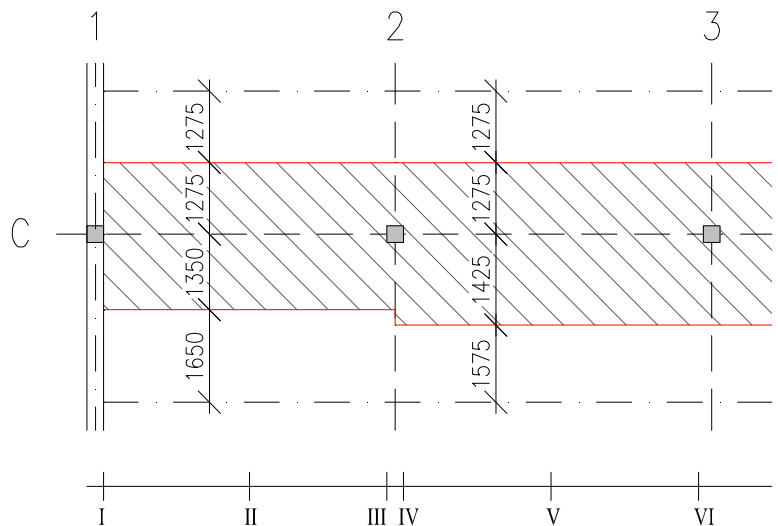
ve směru x : deskový pruh C

- sloupový pruh : $M_{i,sl} = \omega \cdot M_i$
- střední pruh : $M_{i,st} = (1 - \omega) \cdot M_i$
 - krajní podpora - interpolace :

$$\beta = 0 \quad \dots\dots \omega = 1,0$$

$$\beta \geq 2,5 \quad \dots\dots \omega = 0,75$$

$$\beta = 1,214 \Rightarrow \omega = 0,879$$
 - střední podpora : $\omega = 0,75$
 - pole : $\omega = 0,60$



řez	součtový moment [kN.m]	sloupový pruh				střední pruh			
		ω_i	M_i [kN.m]	b_i [m]	m_{Ed} [kN.m/m ²]	$1-\omega_i$	M_i [kN.m]	b_i [m]	m_{Ed} [kN.m/m ²]
I	93,618	0,879	82,290	2,625	31,349	0,121	11,328	2,925	3,873
II	168,67	0,6	101,202	2,625	38,553	0,4	67,468	2,925	23,066
III	218,443	0,75	163,832	2,625	62,412	0,25	54,611	2,925	18,670
IV	227,404	0,75	170,553	2,7	63,168	0,25	56,851	2,85	19,948
V	132,367	0,6	79,420	2,7	29,415	0,4	52,947	2,85	18,578
VI	227,404	0,75	170,553	2,7	63,168	0,25	56,851	2,85	19,948

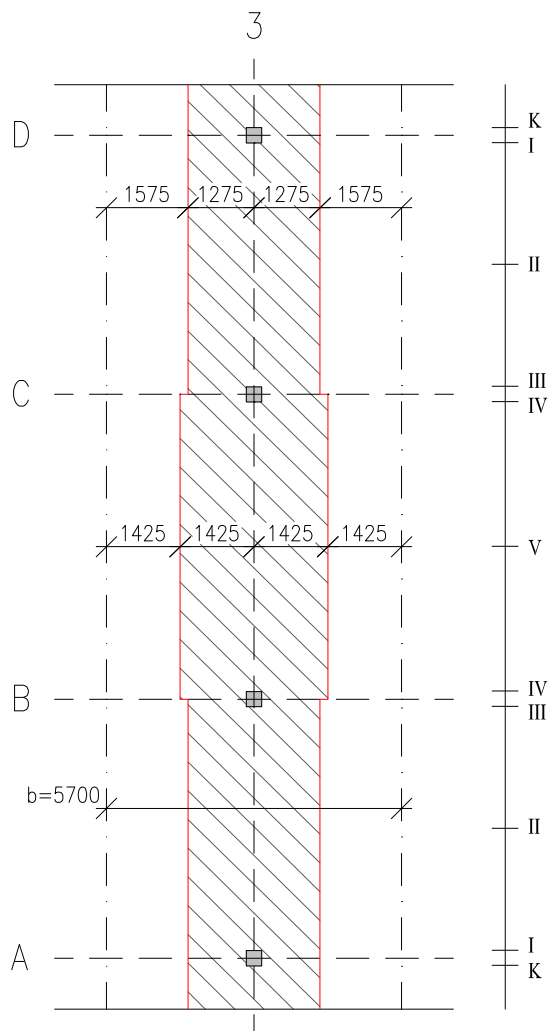
ve směru y : deskový pruh 3

- sloupový pruh : $M_{i,sl} = \omega \cdot M_i$
- střední pruh : $M_{i,st} = (1 - \omega) \cdot M_i$
 - konzola : $\omega = 1,0$
 - krajní podpora - interpolace : $\beta = 0$

$$M_I = 73,813 \text{ kN} \cdot \text{m} \dots \omega = 1,0$$

$$M_{II} = 198,729 \text{ kN} \cdot \text{m} \dots \omega = 0,75$$

$$M_{IV} = 97,917 \text{ kN} \cdot \text{m} \Rightarrow \omega = 0,952$$
 - střední podpora : $\omega = 0,75$
 - pole : $\omega = 0,60$



řez	součtový moment [kN.m]	sloupový pruh				střední pruh			
		ω_i	M_i [kN.m]	b_i [m]	m_{Ed} [kN.m/m']	$1-\omega_i$	M_i [kN.m]	b_i [m]	m_{Ed} [kN.m/m']
K	35,608	1,00	35,608	2,550	13,964	$0,65 \cdot m_K = 0,65 \cdot 6,247$		4,061	
I	97,917	0,952	93,217	2,550	36,556	0,048	4,700	3,150	1,492
II	159,880	0,60	95,928	2,550	37,619	0,40	63,952	3,150	20,302
III	198,729	0,75	149,047	2,550	58,450	0,25	49,682	3,150	15,772
IV	260,222	0,75	195,167	2,850	68,479	0,25	65,056	2,850	22,826
V	151,749	0,60	91,049	2,850	31,947	0,40	60,700	2,850	21,298

Dimenzování - ohybová výztuž :

- $h_d = 240\text{mm}$, $c_d = 30\text{mm}$
- předpoklad vyztužení desky : $\varnothing_{d,x} = 12\text{ mm} \Rightarrow d_x = 240 - 30 - 12 - 6 = 192\text{ mm}$
 $\varnothing_{d,y} = 12\text{ mm} \Rightarrow d_y = 240 - 30 - 6 = 204\text{ mm}$

základní výpočetní vzorce :

- poměrný ohybový moment : $\mu = \frac{m_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}}$
 - \Rightarrow tabulky : poměrná výška tlačené oblasti : ξ
 - \Rightarrow tabulky : poměrné rameno dvojice sil : ζ
- potřebná plocha výztuže : $a_{s,req} = \frac{0,8 \cdot b \cdot d \cdot \xi \cdot f_{cd}}{f_{yd}}$ nebo $a_{s,req} = \frac{m_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}}$
- skutečná výška tlačené oblasti : $x = \frac{a_s \cdot f_{yd}}{0,8 \cdot b \cdot f_{cd}}$
- skutečná poměrná výška tlačené oblasti : $\xi = \frac{x}{d}$
- max. poměrná výška tlačené oblasti : $\xi_{max} = 0,45$
- rameno vnitřních sil : $z = d - 0,4 \cdot x$
- moment únosnosti : $m_{Rd} = a_s \cdot f_{yd} \cdot z$

minimální plocha výztuže :

- $a_{s,min} = 0,0015 \cdot b \cdot d_y = 0,0015 \cdot 1000 \cdot 204 = 306\text{ mm}^2 / m$
- $a_{s,min} = 0,26 \cdot \frac{f_{ctm} \cdot b \cdot d_y}{f_{yk}} = 0,26 \cdot \frac{2,6 \cdot 1000 \cdot 204}{500} = 275,8\text{ mm}^2 / m$ nedojde ke křehkému lomu
- $a_{s,min} = \frac{k_c \cdot k \cdot f_{ct,eff} \cdot A_{ct}}{\sigma_s} = \frac{0,4 \cdot 1,0 \cdot 2,6 \cdot 120000}{500} = 249,6\text{ mm}^2 / m$ omezení šířky trhlin
 - vliv rozdělení napětí před vznikem trhliny : $k_c = 0,4$ ohyb
 - vliv nerovnoměrného rozdělení vlastních napětí : $k = 1,0$ $h \leq 300\text{ mm}$
 - $f_{ct,eff} = f_{ctm} = 2,6\text{ MPa}$
 - plocha taženého betonu před vznikem trhlin : $A_{ct} \cong b \cdot \frac{h_d}{2} = 1000 \cdot \frac{240}{2} = 120000\text{ mm}^2$
 - max. napětí ve výztuži po vzniku trhliny : $\sigma_c = \max f_{yk} = 500\text{ MPa}$

podmínky únosnosti :

- $m_{Rd} \geq m_{Ed}$
- $\xi \leq \xi_{max} = 0,45$
- $a_{s,min} \leq a_s$

Dimenzování - ohybová výztuž :

		m_{Ed} [kN.m/m ²]		μ	ξ	$a_{s,req}$	NÁVRH	a_s	x	x/d	z	m_{Rd}	$m_{Rd} > m_{Ed}$		
		sloupový pruh	střední pruh											[kN.m/m ²]	[kN.m/m ²]
		[-]	[-]											[mm ² /m ²]	[mm]
ve směru x (pruh C)	I (H)	31,349		0,051	0,065	385,6	4 x ϕ 12	452	14,8	0,077	186,1	36,604	vyhovuje		
			3,873	0,006	0,008	46,5	4 x ϕ 10	314	10,2	0,053	187,9	25,666	vyhovuje		
	II (D)	38,553		0,063	0,081	477,3	5 x ϕ 12	565	18,4	0,096	184,6	45,392	vyhovuje		
			23,066	0,038	0,048	281,7	4 x ϕ 10	314	10,2	0,053	187,9	25,666	vyhovuje		
	III (H)	62,412		0,102	0,134	790,0	8 x ϕ 12	905	29,5	0,154	180,2	70,887	vyhovuje		
			18,670	0,030	0,039	227,2	4 x ϕ 10	314	10,2	0,053	187,9	25,666	vyhovuje		
	IV (H)	63,168		0,103	0,136	800,2	8 x ϕ 12	905	29,5	0,154	180,2	70,887	vyhovuje		
			19,948	0,032	0,041	243,0	4 x ϕ 10	314	10,2	0,053	187,9	25,666	vyhovuje		
	V (D)	29,415		0,048	0,061	361,2	4 x ϕ 12	452	14,8	0,077	186,1	36,604	vyhovuje		
			18,578	0,030	0,038	226,0	4 x ϕ 10	314	10,2	0,053	187,9	25,666	vyhovuje		
VI (H)	63,168		0,103	0,136	800,2	8 x ϕ 12	905	29,5	0,154	180,2	70,887	vyhovuje			
		19,948	0,032	0,041	243,0	4 x ϕ 10	314	10,2	0,053	187,9	25,666	vyhovuje			
ve směru y (pruh 3)	K (H)	13,964		0,020	0,025	159,1	4 x ϕ 12	452	14,8	0,072	198,1	38,964	vyhovuje		
			4,061	0,006	0,007	45,9	4 x ϕ 10	314	10,2	0,050	199,9	27,305	vyhovuje		
	I (H)	36,556		0,053	0,068	423,6	4 x ϕ 12	452	14,8	0,072	198,1	38,964	vyhovuje		
			1,492	0,002	0,003	16,8	4 x ϕ 10	314	10,2	0,050	199,9	27,305	vyhovuje		
	II (D)	37,619		0,054	0,070	436,3	4 x ϕ 12	452	14,8	0,072	198,1	38,964	vyhovuje		
			20,302	0,029	0,037	232,3	4 x ϕ 10	314	10,2	0,050	199,9	27,305	vyhovuje		
	III (H)	58,450		0,084	0,110	689,4	8 x ϕ 12	905	29,5	0,145	192,2	75,607	vyhovuje		
			15,772	0,023	0,029	179,9	4 x ϕ 10	314	10,2	0,050	199,9	27,305	vyhovuje		
	IV (H)	68,479		0,099	0,130	814,5	8 x ϕ 12	905	29,5	0,145	192,2	75,607	vyhovuje		
			22,826	0,033	0,042	261,7	4 x ϕ 10	314	10,2	0,050	199,9	27,305	vyhovuje		
V (D)	31,947		0,046	0,059	368,9	4 x ϕ 12	452	14,8	0,072	198,1	38,964	vyhovuje			
		21,298	0,031	0,039	243,9	4 x ϕ 10	314	10,2	0,050	199,9	27,305	vyhovuje			

Skica výkresu ohybové výztuže :

