

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Katedra betonových a zděných konstrukcí



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Vliv prostupů na protlačení železobetonových lokálně podepřených
desek

(Effect of openings on flat slabs behaviour in punching shear)

PŘÍLOHA 1

Hotěk Petr

2020

Vedoucí práce: Ing. Martin Tipka, Ph.D.

Příloha1: Statický výpočet a návrh výztuže na protlačení

Předběžný návrh nosných prvků

Charakteristika Materiálů

Beton C 30/37 XC1 – Cl 0,2 – D_{max} 0,16 – S4

$$f_{ck} = 30 \text{ MPa} \Rightarrow f_{cd} = \frac{30}{1,5} = 20 \text{ MPa}$$

Ocel B500B

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa} \Rightarrow f_{yd} = \frac{500}{1,15} = 435 \text{ MPa}$$

Výpočet zatížení

Stálé zatížení (charakteristické hodnoty)

Skladba podlahy	1,46 kN/m ²
Skladba střechy	2,0 kN/m ²
Nenosné příčky Porotherm 11,5 Profi Dryfix – náhradní zat. na 1m ²	1,20 kN/m ²
Mezibytová AKU stěna Porotherm 25 AKU Z Profi Dryfix	8,10 kN/m
Objemová tíha betonu	25 kN/m ³

Užitné zatížení

Uvažované zatížení pro kancelářské a bytové budovy 3,0 kN/m²

Zatížení sněhem

$$s = \mu \times C_e \times C_t \times s_k = 0,8 \times 1,0 \times 1,0 \times 1,0$$

$$s = 0,8 \text{ kN/m}^2$$

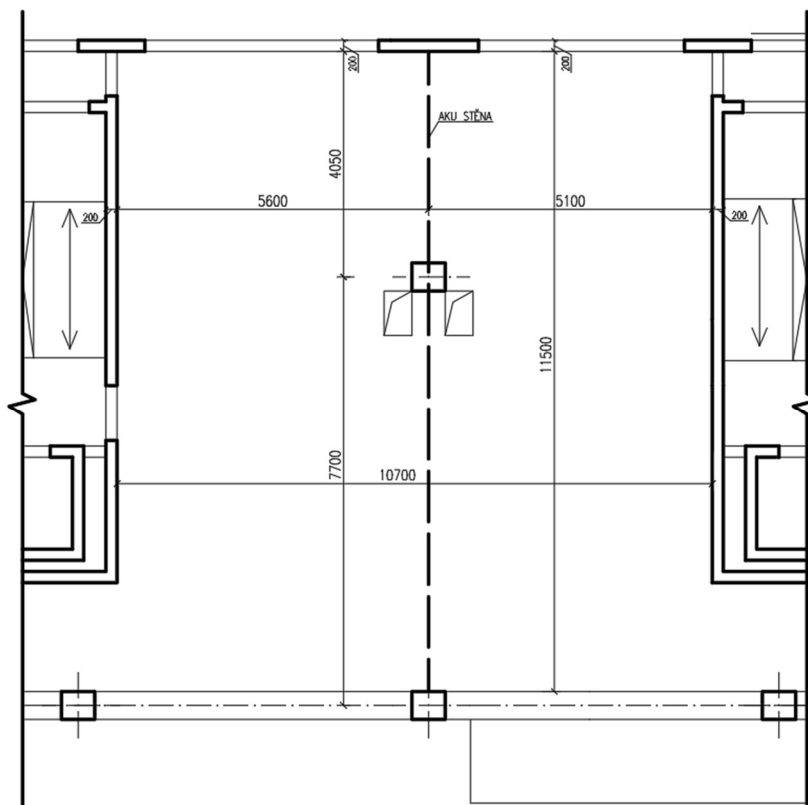
Plochá střecha, normální krajina, podle mapy sněžných oblastí $s_k = 0,8 \text{ kN/m}^2$

Zatížení větrem

neuvažováno

Návrh tloušťky stropní desky

Schéma konstrukce v oblasti návrhu desky na protlačení:



Návrh na základě ohybové štíhlosti

Předpokládaný stupeň vyztužení $\rho \leq 5 \%$

Předpokládaný profil výztuže = $\varnothing 12 \text{ mm}$

Krytí výztuže $c = 25 \text{ mm}$

Rozpětí bráno $l = 7,7 \text{ m}$

$$\lambda = \frac{l}{d} \leq \lambda_d = \kappa_1 \times \kappa_2 \times \kappa_3 \times \lambda_{d,tab}$$

$$\kappa_1 = 1,0, \quad \kappa_2 = 0,97, \quad \kappa_3 = 1,3 \text{ (zvoleno)}$$

$$\lambda_{d,tab} = 24,6 \text{ (hodnota převzata z tabulek)}$$

$$d \geq \frac{l}{\lambda_d}$$

$$d = 248 \text{ mm}$$

$$h_d = d + c + 6 = 248 + 25 + 6 = 279 \text{ mm} \Rightarrow 280 \text{ mm}$$

Typ kce	L [m]	$\lambda_{d,tab}$	λ_d	d [mm]	h_d [mm]
deska	7,7	24,6	31,02	248	280

Návrh na základě empirického vztahu

Maximální rozpon $l = 7,7\text{m}$

$$h_d = \frac{1}{33} \times l = \frac{1}{33} \times 7,7$$

$$h_d = 233,3 \text{ mm}$$

Předpoklad:

$$h_d = 260 \text{ mm}$$

Ověření z hlediska ohybové únosnosti

Zatížení

Typ zatížení	f_k [kN/m ²]	γ_F	f_d [kN/m ²]
ŽB deska	0,26 * 25	1,35	8,78
podlaha	1,46		1,97
příčky	1,2		1,62
Užitné	3,0	1,5	4,5
(g+q)_d			16,87

Typ zatížení	f_k [kN/m]	γ_F	f_d [kN/m]
AKU stěna	8,1	1,35	10,4

Maximální návrhový moment

Určení totálního a celkového momentu

Uvažovaná šířka sloupu 400 x 400 mm

$$M_{tot} = \frac{1}{8} \times f \times L_y \times L_x^2 = \frac{1}{8} \times (16,87 \times 5,1 \times (7,7 - 0,4)^2 + 10,4 \times (7,7 - 0,4)^2)$$

$$M_{tot} = 642,39 \text{ kNm}$$

$$M_c = \gamma \times M_{tot} = 0,65 \times 642,39 = 417,55 \text{ kNm}$$

Maximální návrhový moment

$$M_{ed} = \frac{M_c \times \omega}{b_{sloup}} = \frac{417,55 \times 0,75}{0,25 \times 5,1 \times 2} = 122,81 \text{ kNm}$$

Ověření tlačené výšky a stupně vyztužení

$$\mu = \frac{M_{ed}}{b \times d^2 \times f_{cd}}$$

$$\mu = \frac{122,81 \times 10^6}{1000 \times 223^2 \times 20} = 0,123 \Rightarrow \xi = 0,166 \text{ (tabulka)}$$

$$a_{s,req} = \frac{0,8 \times b \times d \times \xi \times f_{cd}}{f_{yd}} = \frac{0,8 \times 1000 \times 223 \times 0,166 \times 20}{435} = 1361,58 \text{ mm}^2$$

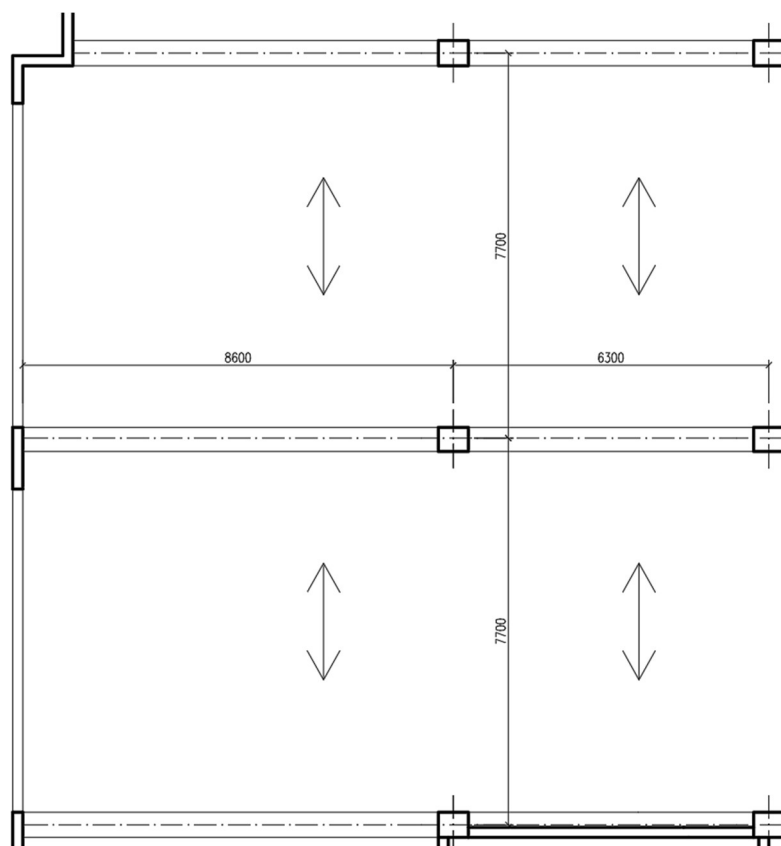
$$\rho = \frac{A_s}{A_c} = 0,0052 = 0,52\%$$

Stupeň vyztužení byl původně uvažován menší než 0,5%. Kritérium ohybové štíhlosti nebylo mírně splněno.

h_d [mm]	d [mm]	M_{ed} [kNm]	μ [-]	ξ [-]	A_{s,req} [mm²]	ρ [%]
260	223	122,81	0,123	0,166	1361,58	0,52

Definitivně můžeme navrhnout tloušťku stropní desky až po předběžném ověření na protlačení.

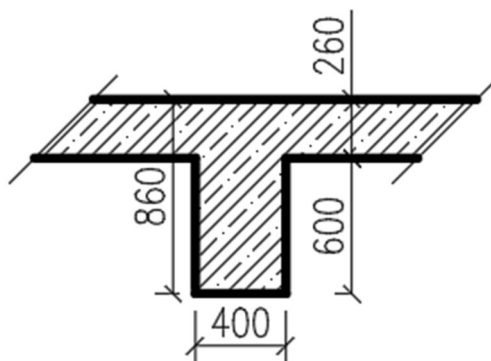
Návrh geometrie průvlaků



Rozměry průvlaků jsou určeny pouze empiricky. Jejich únosnost nebude dále ověřována, protože nejsou hlavním předmětem studie. Odhad rozměrů poslouží pouze k určení zatížení na sloup v nejméně zatíženém místě objektu.

$$h_p = \left(\frac{1}{12} - \frac{1}{10}\right) \times l_p = \left(\frac{1}{12} - \frac{1}{10}\right) \times 8700 = 725 \div 870 \text{ mm} \Rightarrow h_p = 860 \text{ mm}$$

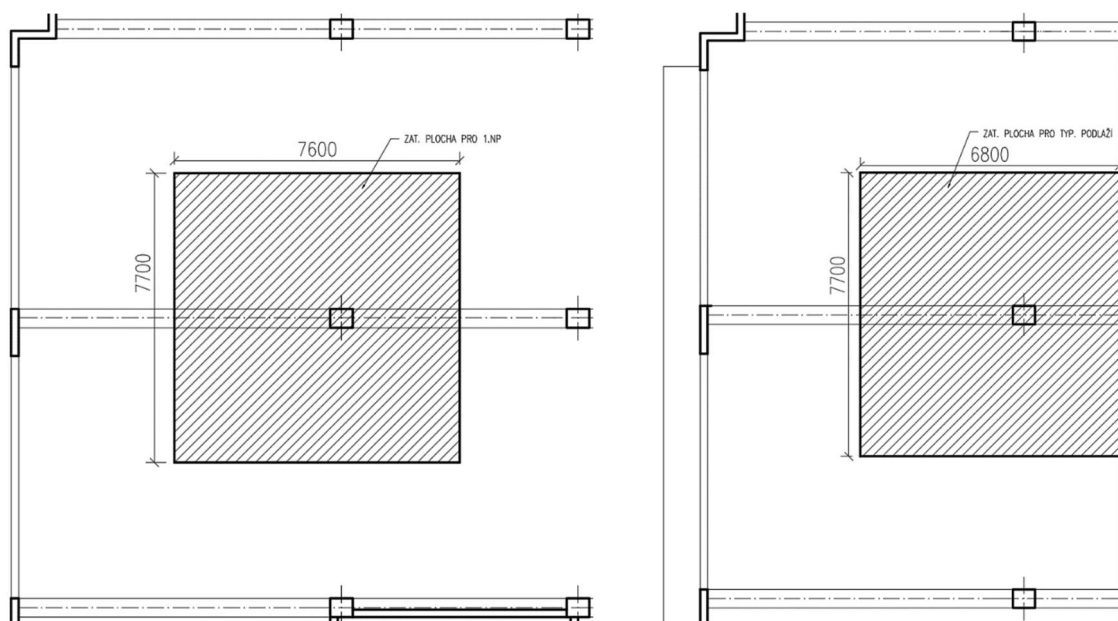
$$b_p = \left(\frac{1}{3} - \frac{1}{2}\right) \times h_p = \left(\frac{1}{3} - \frac{1}{2}\right) \times 860 = 283,3 - 425 \Rightarrow b_p = 400 \text{ mm}$$



Návrh rozměrů sloupu

Jednotný návrh průřezu sloupu je proveden pro kritický sloup (nejvíce namáhaný), který se neshoduje se sloupem v kritickém místě stropní desky. Ve výpočtu uvažují předběžně sloup o rozměrech 400x400 mm.

Schéma v místě uvažovaného sloupu:



Zatížení

Typ zatížení	f_k [kN]	γ_f	f_d [kN]
deska	$25 \cdot 0,26 \cdot (7,6 \cdot 7,7 + 6 \cdot 7,7 \cdot 6,8)$	1,35	3269,7
vl.tíha sloupu	$3,24 \cdot 0,4 \cdot 0,4 \cdot 25 \cdot 7$		122,47
podlahy	$1,46 \cdot (7,7 \cdot 7,6 + 7,7 \cdot 6,8 \cdot 6)$		734,55
skladba střechy	$2,0 \cdot 7,7 \cdot 6,8 \cdot 1$		141,37
AKU stěna	$8,1 \cdot 5 \cdot 7,7$		420,99
příčky	$1,2 \cdot 5 \cdot 7,7 \cdot 4,2$		261,95
průvlaky	$25 \cdot 0,4 \cdot 0,6 \cdot (2 \cdot 7,6 + 5 \cdot 6,8)$		398,52
užitné	$3,0 \cdot (7,7 \cdot 7,6 + 6 \cdot 7,7 \cdot 6,8)$	1,5	1677,06
užitné střecha	$0,8 \cdot 7,7 \cdot 6,8$		62,83
$(g+q)_d$			7089,44

$$N_{Rd} = 0,8 \times b \times h \times f_{cd} + b \times h \times 0,02 \times \sigma = 0,8 \times 0,4^2 \times 20 + 0,4^2 \times 0,02 \times 400$$

$$N_{Rd} = 3840 \text{ kN} \Rightarrow \text{potřeba zvětšit rozměry sloupu, úprava na 500x600 mm}$$

Sloup 500x600 mm

$$N_{Rd} = 0,8 \times 0,5 \times 0,6 \times 20 + 0,5 \times 0,6 \times 0,02 \times 400 = 7200 \text{ kN}$$

$$N_{Rd} \geq N_{Ed}, \Rightarrow 7200 \geq 7089,44 \text{ [kN]}$$

Podmínka únosnosti byla splněna.

Návrh:

$$H = 500 \text{ mm}$$

$$B = 600 \text{ mm}$$

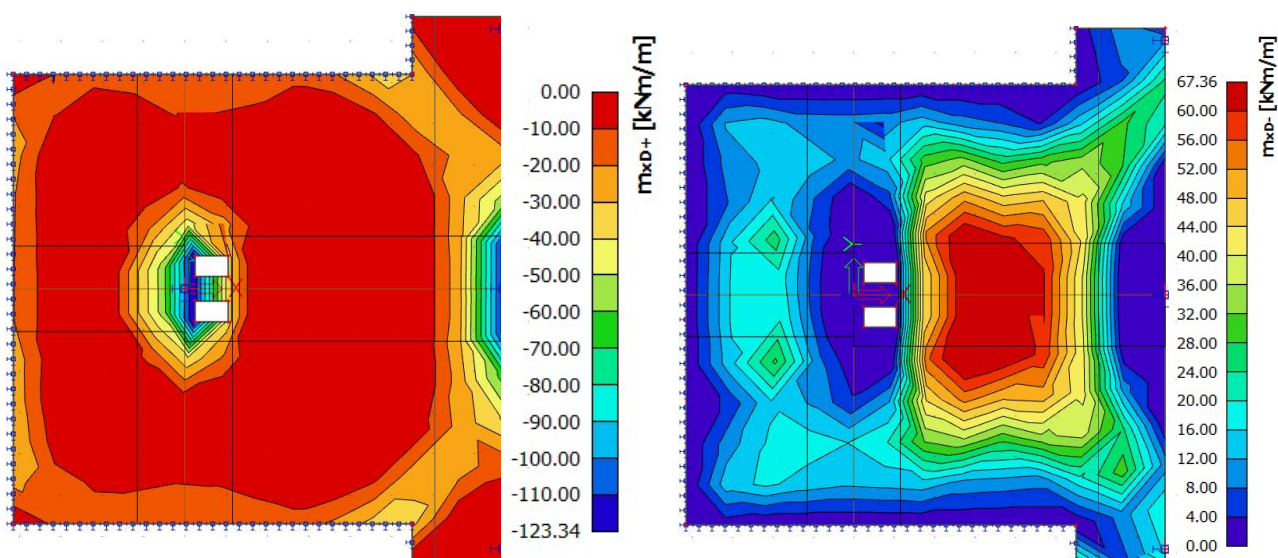
Návrh ohybové a smykové výztuže desky

Návrh ohybové výztuže v místě lokálního podepření

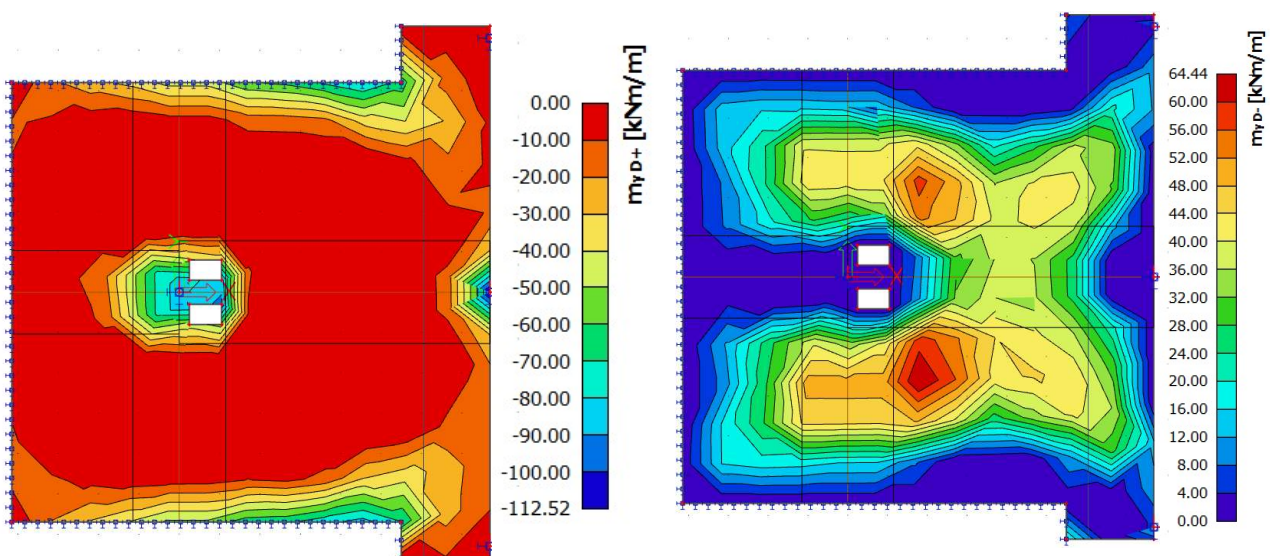
Návrh ohybové výztuže bude proveden na základě momentů spočtených programem SCIA. Vstupní hodnoty do výpočtu jsou získány zavedením funkce průměrovacích pásů, kdy šířka pásu se rovna šířce sloupového pruhu. Následně byl pásem proveden řez, ze kterého byly stanoveny hodnoty maximálního návrhového momentu. Uvažovány jsou hodnoty v lici podpory.

Základní návrhové momenty

Směr X – horní (vlevo) a dolní povrch desky



Směr Y – horní (vlevo) a dolní povrch desky



Výpočet

krytí $c = 25 \text{ mm}$

účinná tloušťka desky $d = 223 \text{ mm}$

$$\Rightarrow d = \frac{d_x + d_y}{2} = \frac{229 + 217}{2} = 223 \text{ mm}$$

beton C 30/37

Postup

$$\mu = \frac{M_{Ed}}{b \times d^2 \times f_{cd}} \Rightarrow \text{určení součinitele } \xi$$

Plocha výztuže potřebná na přenesení momentu

$$a_{s,req} = \frac{0,8 \times b \times d \times \xi \times f_{cd}}{f_{yd}}$$

Tlačená oblast

$$x = \frac{a_{s,prov} \times f_{yd}}{0,8 \times b \times f_{cd}}$$

Vnitřní rameno sil

$$z = d - 0,4x$$

Výška tlačené oblasti

$$\frac{x}{d} \leq 0,45; \frac{x}{d} = \zeta$$

Moment únosnosti

$$M_{Rd} = z \times f_{yd} \times a_{s,prov}$$

Konstrukční zásady

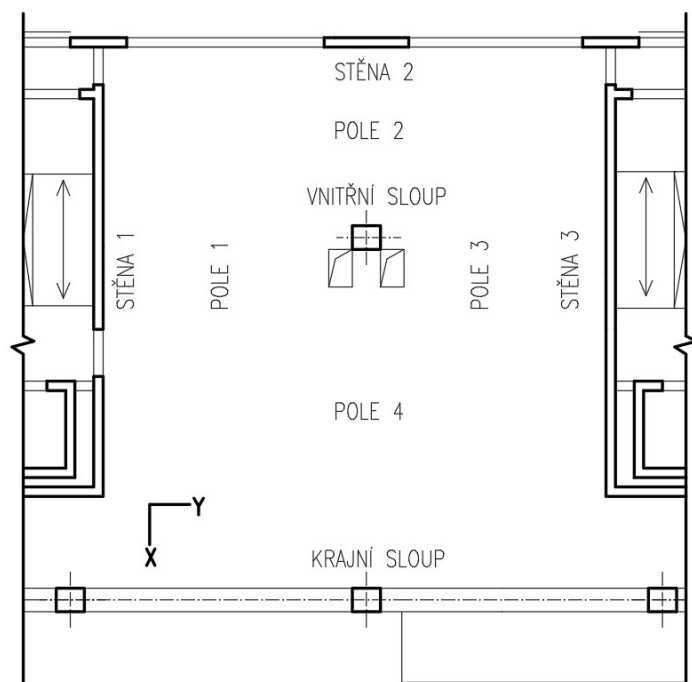
Maximální plocha výztuže: $a_{s,prov} \geq a_{s,min} = \max \left(0,26 \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} bd, 0,0013bd \right)$

Minimální plocha výztuže: $a_{s,prov} \leq a_{max} = 0,04bh$

Maximální osová vzdálenost výztuže: $s \leq \min(2h, 250\text{mm})$

Minimální světlá vzdálenost výztuže: $s \geq \max(20\text{mm}, 1,2 \varnothing, D_{max} + 6\text{mm})$

Schéma posuzovaných oblastí



Návrh výztuže

lokace	povrch	směr	M_{ed} [kNm/m]	μ [-]	ξ [-]	$a_{s,req}$ [mm ²]	Návrh výztuže	$a_{s,prov}$ [mm ²]
Vnitřní sloup	horní	X	123,34	0,124	0,166	1361,58	Ø 16 á 140 mm	1436
		X mezi	123,34	0,206	0,233	1146,68	6 Ø 18	1527
		Y	71,9	0,072	0,075	615,17	Ø 12 á 140 mm	808
Krajní sloup	horní	X	114,32	0,115	0,147	1205,74	Ø 14 á 120 mm	1283
Stěna 1	horní	Y	51,96	0,052	0,065	533,15	Ø 12 á 200 mm	566
Stěna 2	horní	X	20,3	0,02	0,025	205,06	Ø 12 á 200 mm	566
Stěna 3	horní	Y	43,45	0,044	0,056	459,33	Ø 12 á 200 mm	566
Pole 1	dolní	Y	49,94	0,05	0,064	524,95	Ø 12 á 200 mm	566
Pole 2		X	18,7	0,0188	0,021	172,25	Ø 12 á 200 mm	566
Pole 3		Y	43,04	0,043	0,054	442,92	Ø 12 á 200 mm	566
Pole 4		X	66,69	0,067	0,089	730,00	Ø 12 á 150 mm	754

Posouzení výztuže

lokace	povrch	směr	x [mm]	z [mm]	ζ [-]	M_{ed}	M_{Rd}	Posudek: $M_{ed} \leq M_{Rd}$
Vnitřní sloup	horní	X	39,04	207,38	0,175	123,34	129,54	✓
		X mezi	69,19	195,32	0,310	123,34	129,74	✓
		Y	29,91	211,04	0,134	71,9	100,98	✓
Krajní sloup	horní	X	34,88	209,05	0,156	114,32	116,67	✓
Stěna 1	horní	Y	15,39	216,84	0,069	51,96	53,39	✓
Stěna 2	horní	X	15,39	216,84	0,069	20,3	53,39	✓
Stěna 3	horní	Y	15,39	216,84	0,069	43,45	53,39	✓
Pole 1	dolní	Y	15,39	216,84	0,069	49,94	53,39	✓
Pole 2		X	15,39	216,84	0,069	18,7	53,39	✓
Pole 3		Y	15,39	216,84	0,069	43,04	53,39	✓
Pole 4		X	20,50	214,80	0,092	66,69	70,45	✓

Konstrukční zásady

lokace	povrch	směr	Max. výztuž [mm ²]	Min výztuž [mm ²]	Max. osová vzdálenost [mm]	Min. světlá vzdálenost [mm]	
Vnitřní sloup	horní	X	10400	392,08	250	21	
		X mezi	6240				
		Y	10400				
Krajní sloup		X	10400				
Stěna 1		Y	10400				
Stěna 2		X	10400				
Stěna 3		Y	10400				
Pole 1		dolní	Y				10400
Pole 2			X				10400
Pole 3	Y		10400				
Pole 4	X		10400				

V některých místech návrhu ohybové výztuže se muselo přistoupit k návrhu většího profilu nebo menších vzdáleností výztuže z čistě konstrukčních důvodů. V některých případech je dochází tedy k předdimenzování. Důvodem je návaznost výztuže nebo dodržení minimální plochy vyztužení, popřípadě kombinace obojího.

Veškerá ohybová výztuž je navržena do sloupových pruhů. Do středních pruhů byla navržena výztuž s předpokladem, že v tomto místě se návrhové momenty blížíly k nule.

Z tohoto důvodu se tam navrhla minimální výztuž.

Pro střední pruh : \emptyset 8 á 120 mm

Stanovení stupně vyztužení

$$\rho = \sqrt{\rho_x \times \rho_y}$$

$$\rho_x = \frac{A_{sx}}{b \times d} = \frac{1436 + 566}{1000 \times 223} = 0,0089$$

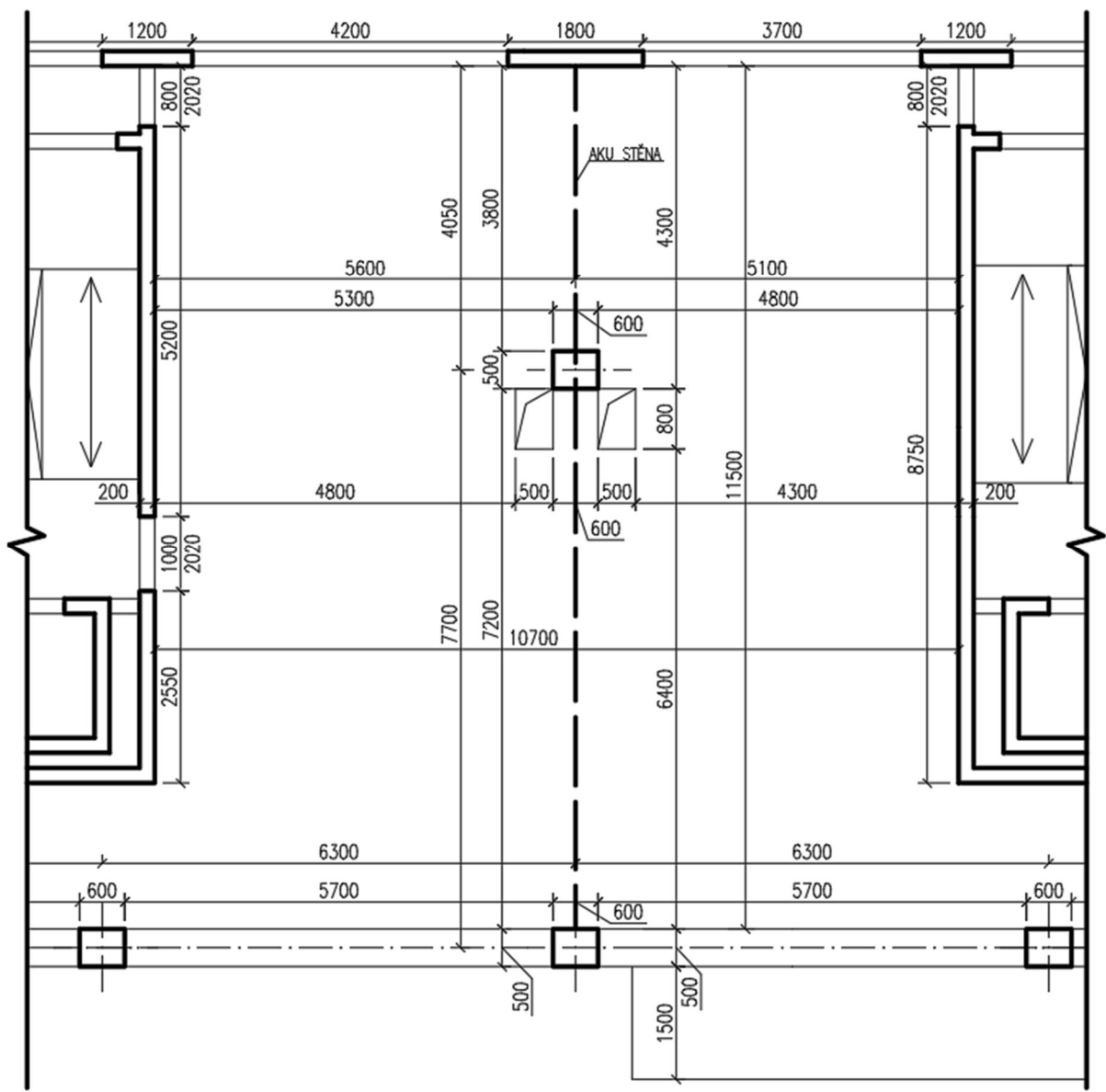
$$\rho_y = \frac{A_{sy}}{b \times d} = \frac{808 + 566}{1000 \times 223} = 0,0062$$

$$\rho = \sqrt{0,0089 \times 0,0062}$$

$$\rho = 0,0074 = 0,74\%$$

Ověření desky v protlačení

Vzhledem k nepravidelnostem řešené oblasti je posouzení protlačení až součástí podrobného výpočtu.



Tloušťka desky

$$h_d = 260 \text{ mm} \Rightarrow d = \frac{d_x + d_y}{2} = \frac{229 + 217}{2} = 223 \text{ mm}$$

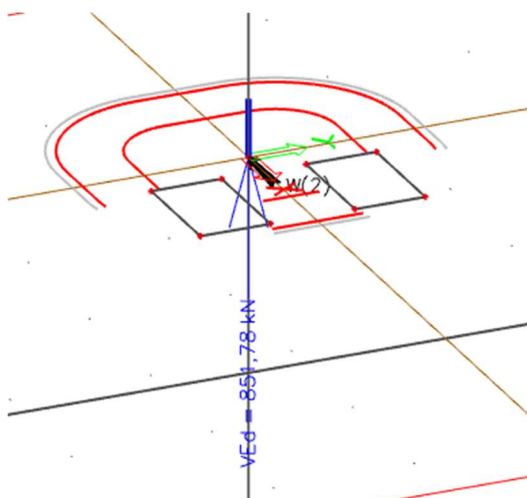
Krytí $c = 25 \text{ mm}$

Sloup $h = 500 \text{ mm}$, $b = 600 \text{ mm}$

Zatěžovací plocha $A = 10,3 + 19,64 = 29,94 \text{ m}^2$

Zatížení a vnitřní síly

Výpočet zatížení proběhl podrobně v programu SCIA, následně byl porovnán s ručním výpočtem pro kontrolu.



Jméno	Stav	Případ protlačení	Tvar protlačení	V_{Ed} [kN] β [-]	$M_{Ed,y}$ [kNm] $M_{Ed,z}$ [kNm]	Deska h [mm]
N1	CO1/1	Vnitřní sloup	Obdélník (500;600)	851,78 1,14	91,54 24,47	Strop 260,00

Dle výpočtu v programu SCIA byla síla na protlačení stanovena na 851,78 kN při tloušťce stropní desky 260 mm.

Kontrolované obvody

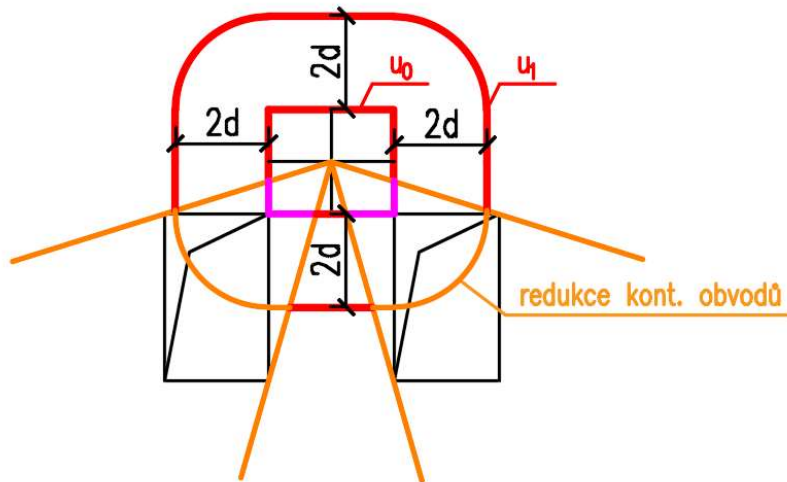
Výpočet délek kontrolovaných obvodů neproběhl standartním způsobem. Vzhledem k výskytu otvorů byly délky redukovány dle uvedeného schématu. Výsledné hodnoty byly odměřeny v programu AutoCAD.

$$u_0 = 2 \times b + 2 \times h \Rightarrow \text{—redukce}$$

$$u_0 = 1430 \text{ mm}$$

$$u_1 = 3397 \text{ mm}$$

Schéma kontrolovaných obvodů a jejich redukce



Stanovení součinitele nesymetrického zatížení ručním výpočtem

Program SCIA vypočetl hodnotu součinitele na $\beta = 1,14$

$$c_1 = 600 \text{ mm}, c_2 = 500 \text{ mm}$$

$$W_1 = \frac{c_1^2}{2} + c_1 c_2 + 4c_2 d + 16d^2 + 2\pi d c_1$$

$$W_1 = \frac{600^2}{2} + 600 \times 500 + 4 \times 500 \times 223 + 16 \times 223^2 + 2\pi \times 223 \times 600$$

$$W_1 = 2\,562\,354,19 \text{ mm}^2$$

$k = 1,62 \Rightarrow$ určeno interpolací z tabulky uvedené v [3] na str. 147

$$M_{Ed} = 91,54 \text{ kNm}, V_{Ed} = 851,78 \text{ kNm}$$

$$\beta = 1 + k \times \frac{M_{Ed}}{V_{Ed}} \times \frac{u_1}{W_1} = 1 + 1,62 \times \frac{91,54 \times 10^6}{851,78 \times 10^3} \times \frac{2666,13}{2562354,19} = 1,18$$

Ruční výpočet součinitele nesymetrického zatížení vyšel skoro stejně jako výpočet v programu SCIA. Můžeme tedy uvažovat hodnotu 1,18 nebo 1,14. Mohli bychom stanovit hodnotu na 1,15 dle normy.

Dále uvažuji hodnotu 1,14.

Účinky zatížení

$$v_{Ed,0} = \frac{\beta \times V_{Ed}}{u_0 \times d} = \frac{1,14 \times 851,78 \times 10^3}{1430 \times 223} = 3,04 \text{ MPa}$$

$$v_{Ed,1} = \frac{\beta \times V_{Ed}}{u_1 \times d} = \frac{1,14 \times 851,78 \times 10^3}{3397 \times 223} = 1,28 \text{ MPa}$$

Únosnost tlakových diagonál

$$v = 0,6 \times \left(1 - \frac{f_{ck}}{250}\right) = 0,6 \times \left(1 - \frac{30}{250}\right) = 0,528$$

$$v_{Rd,max} = 0,4 \times v \times f_{cd} = 0,4 \times 0,528 \times 20 = 4,22 \text{ MPa}$$

Smyková únosnost desky bez výztuže

$$C_{Rd,c} = \frac{0,18}{\gamma} = 0,12$$

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \leq 2,0 = 1 + \sqrt{\frac{200}{223}} = 1,94 \leq 2,0 \Rightarrow k = 1,94$$

$\rho = 0,0052$ (0,52%) \Rightarrow převzato z přeběžného posouzení desky na ohyb

$f_{ck} = 30 \text{ MPa}$, $f_{cd} = 20 \text{ MPa}$, $d = 223 \text{ mm}$

$$v_{Rd,c} = C_{Rd,c} \times k \times \sqrt[3]{(100 \times \rho \times f_{ck})} = 0,12 \times 1,94 \times \sqrt[3]{(100 \times 0,0074 \times 30)}$$

$$v_{Rd,c} = 0,654 \text{ MPa}$$

Posouzení podmínek

$$1) v_{Ed,0} \leq v_{Rd,max}$$

$$3,04 \leq 4,22 \text{ [MPa]}$$

Ověření tlačných diagonál vyšlo. Geometrii konstrukce není třeba přenavrhovat.

$$2) v_{Ed,1} \leq k_{max} \times v_{Rd,c}$$

$$1,28 \leq 1,48 \times 0,654$$

$$1,28 \leq 0,968 \text{ [MPa]}$$

Vzhledem k tomu, že podmínka na ověření smykové únosnosti desky bez výztuže nevyšla. V tuto chvíli by se za předpokladu stejných vstupních parametrů nedalo přistoupit k návrhu smykové výztuže. Nedá se zaručit dostatečné kotvení výztuže. Z toho vyplývá závěr, že nelze

vyztužit desku výztuží na protlačení ve formě třmínků či ohybů bez návrhu hlavice, která by výrazněji zvýšila kontrolované obvody a tím snížila účinek síly v kontrolovaném obvodu u_1 . Následně tedy dojde k návrhu smykových trnů, které se posuzují dle metodiky ETA a uvažují vyšší únosnost $v_{Rd,c}$ oproti metodice ČSN EN 1992-1-1.

Tím můžeme brát předběžný návrh tloušťky desky za uzavřený.

Návrh:

$h_d = 260 \text{ mm}$

Návrh Smykové výztuže

Jako první dojde k pokusu o návrh smykové výztuže ve formě smykových trnů. Nejdříve dojde k ručnímu výpočtu, který bude paralelně porovnáván s výpočtem v návrhovém programu od výrobce.

Výpočet dle příručky JORDAHL – ETA -13/0136 [3]

Podmínky návrhu

$$u_0 < 12d \Rightarrow 1430 < 2676 \text{ [mm]} \Rightarrow \text{Podmínka splněna}$$

$$h \geq 180 \text{ mm} \Rightarrow 260 \geq 180 \text{ [mm]} \Rightarrow \text{Podmínka splněna}$$

$$b \leq a \leq 2 \Rightarrow 1,2 \leq 2 \text{ [-]} \Rightarrow \text{Podmínka splněna}$$

Účinek zatížení v obvodu u_1 :

$$v_{Ed,1} = \frac{\beta \times V_{Ed}}{u_1 \times d} = \frac{1,14 \times 851,78 \times 10^3}{3397 \times 223} = 1,28 \text{ MPa}$$

Únosnost ve smyku bez výztuže na protlačení

$$C_{Rd,c} = \frac{0,18}{\gamma} = 0,12$$

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \leq 2,0 = 1 + \sqrt{\frac{200}{223}} = 1,94 \leq 2,0 \Rightarrow k = 1,94$$

$$f_{ck} = 30 \text{ MPa}, f_{cd} = 20 \text{ MPa}, d = 223 \text{ mm}$$

$$\rho = 0,0074 = 0,74\% \Rightarrow \text{převzato z návrhu ohybové výztuže desky}$$

$$v_{Rd,c} \geq v_{min}$$

$$C_{Rd,c} \times k \times \sqrt[3]{(100 \times \rho \times f_{ck})} \geq \frac{0,0525}{\gamma_c} \times \sqrt{\kappa^3 \times f_{ck}}$$

$$0,12 \times 1,94 \times \sqrt[3]{(100 \times 0,0074 \times 30)} \geq \frac{0,0525}{1,5} \times \sqrt{1,94^3 \times 30}$$

$$0,654 \leq 0,518 [MPa]$$

Únosnost průřezu při protlačení při použití dvouhlavých trnů

$$v_{Rd,max} = 1,96v_{Rd,c}$$

$$v_{Rd,max} = 1,96 \times 0,654$$

$$v_{Rd,max} = 1,282 [MPa]$$

$$v_{Ed} \leq v_{Rd,max}$$

$$1,28 \leq 1,282 [MPa] \Rightarrow \text{Podmínka vyšla}$$

Vzhledem k tomu, že podmínka vyšla, dá se dále předpokládat, že by se konstrukce dala vyztužit smykovými trny. Můžeme si ale všimnout, že podmínka nevyšla s nijak větší rezervou. Pro jistotu se může upravit rozteč výztuže, její profil nebo přidat příložky ve směru Y a tím se zvýší jak plocha výztuže, tak stupeň vyztužení ve směru Y, celkový stupeň vyztužení a samozřejmě vyjde větší rezerva v předešlé podmínce.

Zvýšení stupně vyztužení na požadovanou hodnotu by se dalo realizovat zvýšením profilu horní výztuže ve směru Y v oblasti vnitřního sloupu na profil 14.

lokace	povrch	směr	M_{ed} [kNm/m]	μ [-]	ξ [-]	$a_{s,req}$ [mm ²]	Návrh výztuže	$a_{s,prov}$ [mm ²]
Vnitřní sloup		X	123,34	0,124	0,166	1361,58	Ø 16 á 140 mm	1436
		X mezi	123,34	0,206	0,233	1146,68	6 Ø 18	1527
		Y	71,9	0,072	0,075	615,17	Ø 12 á 140 mm	808

Přepočet

$$\rho_y = \frac{1100 + 566}{1000 \times 223} = 0,00747$$

$$\rho = 0,0081 = 0,81\%$$

$$v_{Rd,c} = 0,674 MPa$$

$$v_{Rd,max} = 1,32 MPa$$

$$v_{Ed} \leq v_{Rd,c}$$

$$1,28 \leq 1,32 [MPa] \Rightarrow \text{Podmínka vyšla příznivěji}$$

Návrh v oblasti C

$$V_{Rd,sy} = m_c \times n_c \frac{d_A^2 \times \pi \times f_{yd}}{4 \times \eta}$$

$$V_{Rd,sy} = 2 \times 8 \frac{14^2 \times \pi \times 435}{4 \times 1,02}$$

$$V_{Rd,sy} = 1\,050,4 \text{ kN}$$

$$\beta \times V_{Ed} \leq V_{Rd,sy}$$

$$971,03 \leq 1050,4 \text{ [kN]}$$

Vnější kontrolovaný obvod

$$v_{Rd,ca} = \frac{0,15}{\gamma_c} \times k \times \sqrt[3]{(100 \times \rho \times f_{ck})}$$

$$v_{Rd,ca} = \frac{0,15}{\gamma_c} \times 1,94 \times \sqrt[3]{(100 \times 0,0081 \times 30)}$$

$$v_{Rd,ca} = 0,562 \text{ MPa}$$

$$u_{out} = \frac{\beta_{red} \times V_{Ed}}{v_{Rd,ca} \times d}$$

$$u_{out} = \frac{1,10 \times 851,78 \times 10^3}{0,559 \times 223}$$

$$u_{out} = 7516 \text{ mm}$$

$$v_{Ed,out} = \frac{\beta_{red} \times V_{Ed}}{u_{out} \times d}$$

$$v_{Ed,out} = \frac{1,10 \times 851,78 \times 10^3}{7516 \times 223}$$

$$v_{Ed,out} = 0,559 \text{ MPa}$$

$$v_{Ed,out} \leq v_{Rd,ca}$$

$$0,559 \leq 0,562 \text{ [MPa]} \Rightarrow \text{Podmínka vyšla}$$

Návrh:

16 x JDA – 3/14/205-480 8 x JDA-2/14/205-320

Schéma rozměrů jednotlivých oblastí

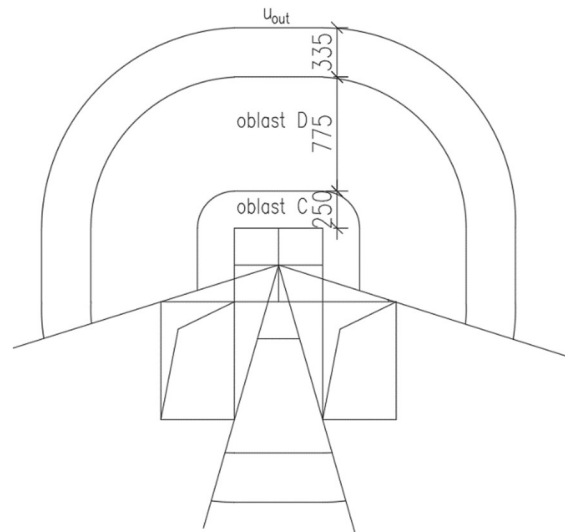


Schéma rozmístění smykových trnů JDA v řezu

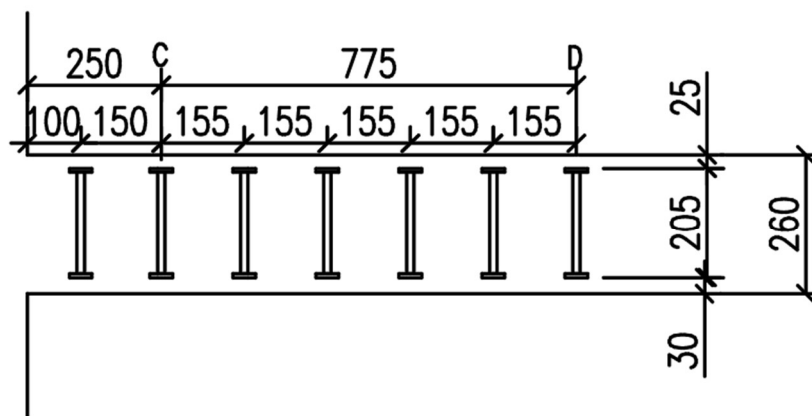
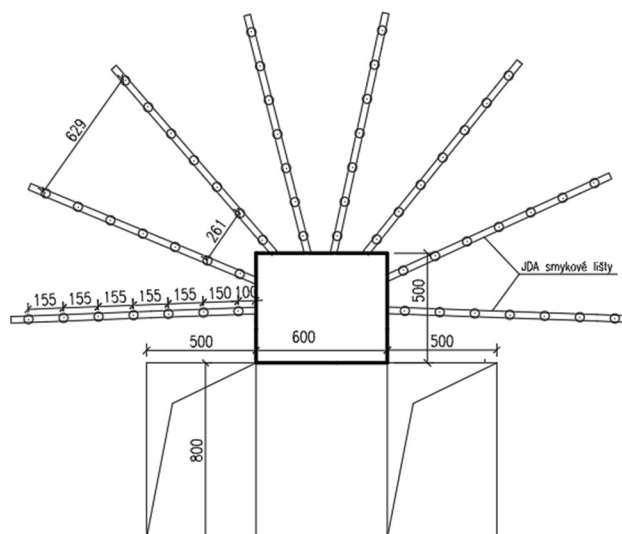


Schéma rozmístění smykových trnů v půdorysu s pomocí programu JORDAHL



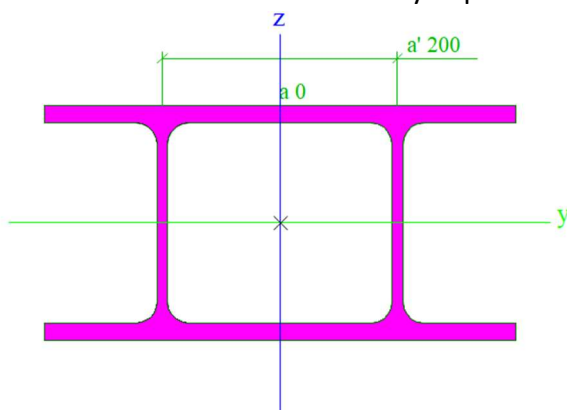
Celý ruční výpočet a návrh smykových trnů od výrobce JORDAHL byl kontrolován výpočtovým programem. Návrh nebylo možné převzít z programu z několika důvodů. Jedním z důvodů byl fakt, že program uvažuje pravidelnou konstrukci, která je rovnoměrně zatížená a nezohledňuje kritická místa, kterým je v našem případě oblast mezi otvory, která paradoxně přenáší největší zatížení. Z tohoto důvodu byl proveden ruční výpočet. Rozmístění smykových trnů bylo převzato z návrhového programu z velké části. Zásadní rozdíl je ve vyztužení zmiňované oblasti mezi sloupy. Zatímco program uvažoval do této oblasti pouze jednu smykovou lištu se šesti trny, tak v dalších výpočtech bude muset být tato oblast dovyztužena zvlášť.

V dalším výpočtu budu uvažovat vyztužení ocelovým profilem.

Návrh ocelového profilu v kritické oblasti mezi otvory

Uvažovaný profil a jeho charakteristiky z programu SCIA

2x HEB 200 – svařeno v místech styku pásnic



Vlastnost	
A [m ²]	1,5627e-02
Ay [m ²]	1,0256e-02
Az [m ²]	3,8224e-03
AL [m ² /m]	1,5510e+00
AD [m ² /m]	2,2419e+00
cYUCS [mm]	200
cZUCS [mm]	100
α [deg]	0,00
Iy [m ⁴]	1,1399e-04
Iz [m ⁴]	1,9633e-04
Iy [mm]	85
Iz [mm]	112
Wely [m ³]	1,1399e-03
Welz [m ³]	9,8167e-04
Wply [m ³]	1,2859e-03
Wplz [m ³]	1,5627e-03
It [m ⁴]	8,1783e-05
Iw [m ⁶]	3,1593e-07

Únosnost svařence v ohybu a smyku dle [3]

$$M_{Rd} = W_{pl,y} \times \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 1,286 \times 10^6 \times \frac{355}{1} = 456,530 \text{ kNm}$$

$$V_{Rd} = \frac{A_{vz} \times f_y}{\sqrt{3}} = \frac{3822 \times 355}{\sqrt{3}} = 783,354 \text{ kN}$$

Posudek na ohyb a na smyk [3]

$$M_{Ed} \leq M_{Rd}$$

$$77,145 \leq 456,530 \text{ [kNm]} \Rightarrow \text{Posudek vyšel}$$

$$V_{Ed} \leq V_{Rd}$$

$$636,14 \leq 783,354 \text{ [kN]} \Rightarrow \text{Posudek vyšel}$$

Schéma vyztužení sloupu za použití smykových trnů a ocelových profilů

