

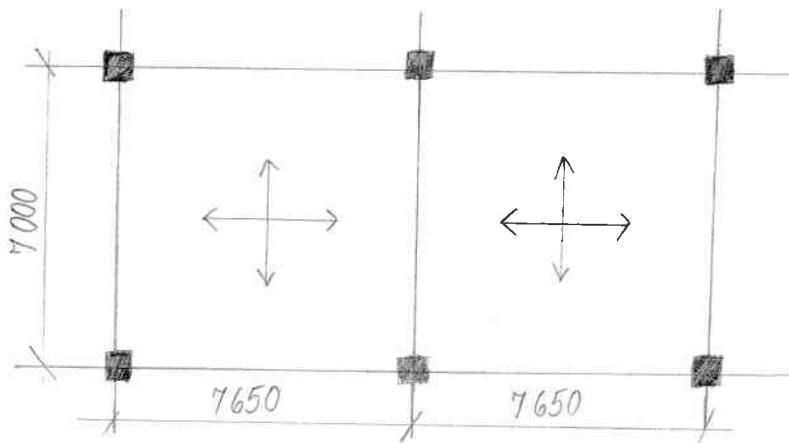
VÝPOČET ZATÍŽENÍ

		tl.	γ	g_k	γ	g_d	
		[m]	[kN/m ³]	[kN/m ²]	[-]	[kN/m ²]	
ZATÍŽENÍ STALÉ	KCE PODLAHY	KERAMICKÁ DLAŽBA	0,012	7	0,084	1,35	0,113
		ANHYDRITOVÝ POTĚR	0,04	22	0,88	1,35	1,188
		PE FOLIE	0,002	1	0,002	1,35	0,0027
		KROČEJOVÁ IZOLACE	0,05	1,5	0,075	1,35	0,102
		PAROZÁBRANA	0,002	1	0,002	1,35	0,0027
		ŽB DESKA	0,2	25	5	1,35	6,75
		VC OMÍTKA	0,015	20	0,3	1,35	0,405
ZATÍŽENÍ UŽITNÉ	UBYTOVNA - KATEGORIE A			q_k	γ	q_d	
				[kN/m ²]	[-]	[kN/m ²]	
				2	1,5	3	

$$\sum g_k + q_k = 6,343 + 2 = 8,343 \text{ kN/m}^2$$

$$\sum g_d + q_d = 8,564 + 3 = 11,564 \text{ kN/m}^2$$

PRO PŘEDBĚŽNÝ STATICKÝ VÝPOČET BUDE POUŽITA LINEARNÍ ANALÝZA. OHYBOVÉ MOMENTY SPOČTEME Z ROVNOSTI PRŮHYBŮ VE SMĚRECH x A y . Tedy $w_x = w_y$. PŮSOBENÍ DESKY VE SMĚRECH x A y BUDEME MODELOVAT POMOCÍ NÁHRADNÍCH NOSNÍKŮ. CELKOVÉ PLOŠNÉ ZATÍŽENÍ DESKY JE VYPOČTENÓ V TABULCE Č. 1a



Středový průhyb v daném směru w lze stanovit jako:

$$w = k \cdot \frac{f l^4}{EI}$$

- kde: f = zatížení desky v daném směru
 l = rozpětí v daném směru
 E = modul pružnosti betonu
 I = moment setrvačnosti průřezu
 k = součinitel podle typu uložení

Z rovnosti průhybů dostaneme:

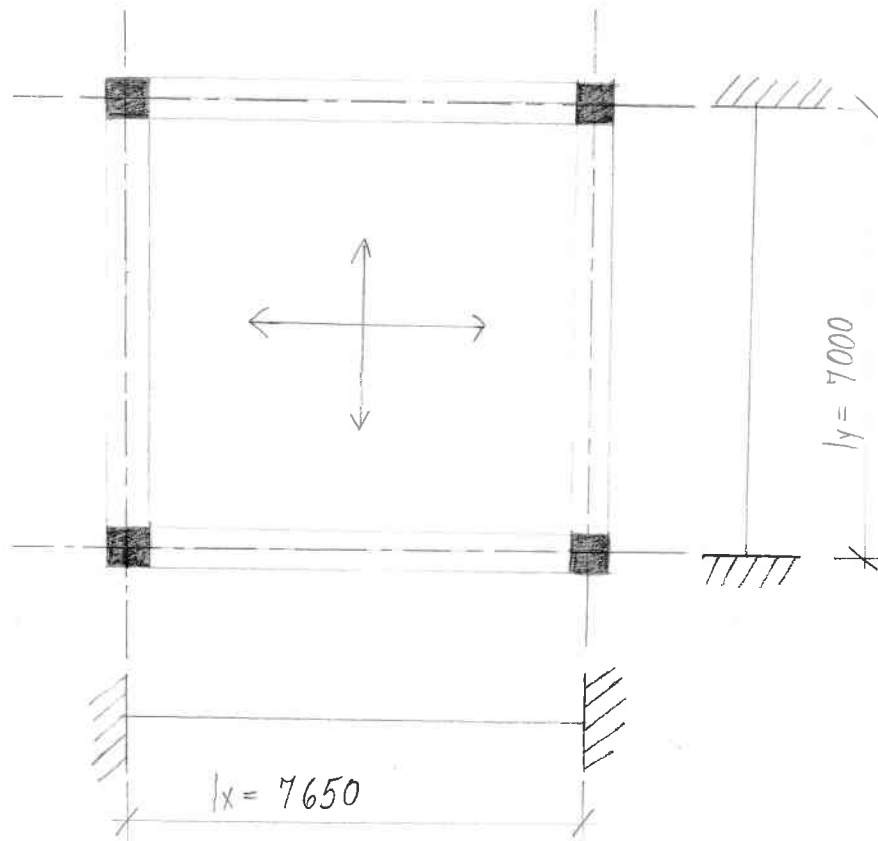
$$k_x \cdot \frac{f_{dx} \cdot l_x^4}{EI} = k_y \cdot \frac{f_{dy} \cdot l_y^4}{EI}$$

Pro plošné zatížení desky platí:

$$f_d = f_{dx} + f_{dy}$$

URČENÍ TYPU ULOŽENÍ DESKY

V NAŠEM PŘÍPADĚ JE DESKA PODEPŘENA V OBOU SMĚRECH SPOJITÝMI ŽB PRŮVLAKY. MŮŽEME TEDY UVAŽOVAT, ŽE DESKA JE NA VŠECH STRANÁCH VETKNUTA.



PŘEDPOKLÁDÁME-LI VETKNUTÍ V OBOU SMĚRECH, MŮŽEME PRO VÝPOČET PRŮHYBU UVAŽOVAT $k_x = k_y = \frac{1}{384}$

$$\frac{1}{384} \frac{f_{d,x} \cdot 7650^4}{EI} = \frac{1}{384} \frac{f_{d,y} \cdot 7000^4}{EI}$$

$$8,919 f_{d,x} = 6,253 f_{d,y} \quad /: 6,253$$

$$f_{d,y} = 1,426 f_{d,x}$$

$$11,564 = f_{d,x} + 1,426 f_{d,x}$$

$$11,564 = 2,426 f_{d,x}$$

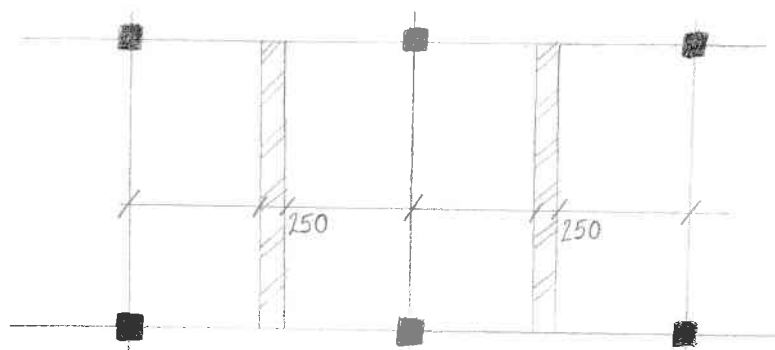
$$\underline{f_{d,x} = 4,767 \text{ kN/m}^2}$$

$$f_{d,y} = f_d - f_{d,x}$$

$$f_{d,y} = 11,564 - 4,767$$

$$\underline{f_{d,y} = 6,797 \text{ kN/m}^2}$$

PRO VÝPOČET MOMENTŮ VE SMĚRU x MUSÍME UVAŽOVAT MEZIBYTOVOU PŘÍČKU.



ZATÍŽENÍ OD PŘÍČKY F_p

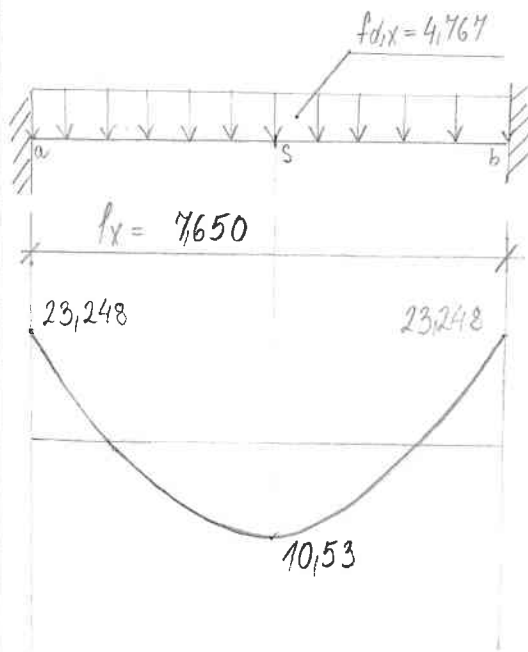
AKUSTICKÁ PŘÍČKA POROTHERM 25 AKU : $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$
 $d = 0,25 \text{ m}$
 $v = 2,62 \text{ m}$

$$F_p = \rho \cdot d \cdot v \cdot b \cdot s$$

$$F_p = 1000 \cdot 0,25 \cdot 2,62 \cdot 1 \cdot 1,35$$

$$F_p = 8,843 \text{ kN}$$

VÝPOČET MOMENTŮ VE SMĚRU "X"



$$M_{a_1} = M_{b_1} = -\frac{1}{12} \cdot f_{d,x} \cdot l_x^2$$

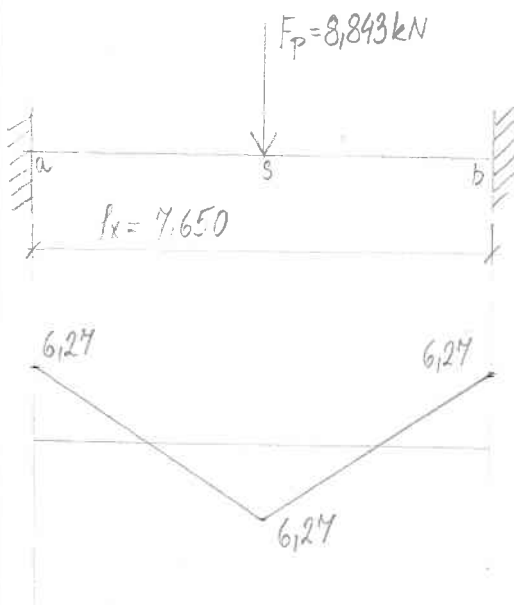
$$M_{a_1} = M_{b_1} = -\frac{1}{12} \cdot 4,767 \cdot 7,65^2$$

$$M_{a_1} = M_{b_1} = -23,248 \text{ kNm}$$

$$M_{s_1} = \frac{1}{24} \cdot f_{d,x} \cdot l_x^2$$

$$M_{s_1} = \frac{1}{24} \cdot 4,767 \cdot 7,65^2$$

$$M_{s_1} = 10,53 \text{ kNm}$$



$$M_{a_2} = M_{b_2} = -\frac{1}{8} \cdot F_p \cdot l_x$$

$$M_{a_2} = M_{b_2} = -\frac{1}{8} \cdot 8,843 \cdot 7,65$$

$$M_{a_2} = M_{b_2} = -8,46 \text{ kNm}$$

$$M_{s_2} = \frac{1}{8} \cdot F_p \cdot l_x$$

$$M_{s_2} = \frac{1}{8} \cdot 8,843 \cdot 7,65$$

$$M_{s_2} = 8,46 \text{ kNm}$$

SOUČET MOMENTŮ

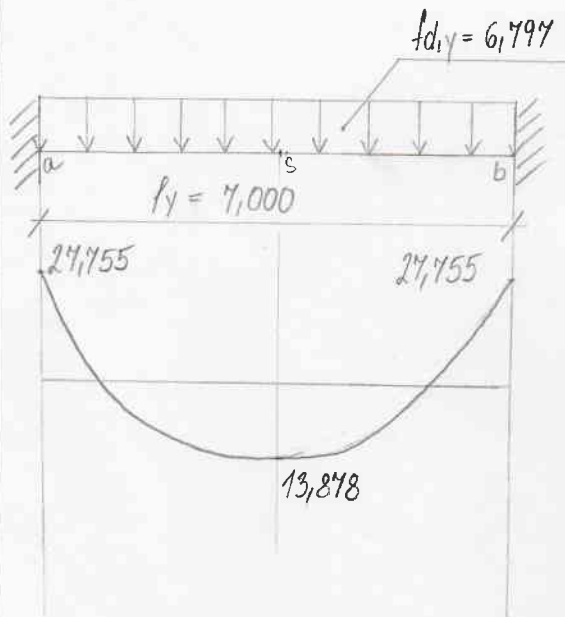
$$M_{a_1} = M_{b_1} + M_{a_2} = M_{b_2} = -23,248 + (-8,46)$$

$$M_a = M_b = -31,708 \text{ kNm}$$

$$M_{s_1} + M_{s_2} = 10,53 + 8,46$$

$$M_s = 18,99 \text{ kNm}$$

VÝPOČET MOMENTŮ - SMĚR "Y"



$$M_{a1} = M_{b1} = -\frac{1}{12} \cdot f_{d,y} \cdot l_y^2$$

$$M_{a1} = M_{b1} = -\frac{1}{12} \cdot 6,797 \cdot 7^2$$

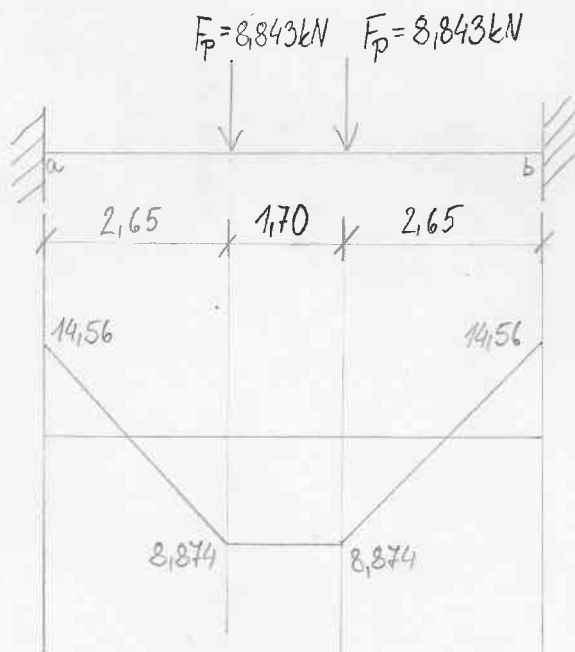
$$M_{a1} = M_{b1} = -27,755 \text{ kNm}$$

$$M_{s1} = \frac{1}{24} \cdot f_{d,y} \cdot l_y^2$$

$$M_{s1} = \frac{1}{24} \cdot 6,797 \cdot 7^2$$

$$M_{s1} = 13,878 \text{ kNm}$$

VE SMĚRU Y JE DESKA ZATÍŽENA DVĚMA PŘÍČKAMI $F_p = 8,843 \text{ kN}$



$$M_{a2} = M_{b2} = -\frac{F_p \cdot 2,65 \cdot (7 - 2,65)}{7}$$

$$M_{a2} = M_{b2} = -\frac{8,843 \cdot 2,65 \cdot (7 - 2,65)}{7}$$

$$M_{a2} = M_{b2} = -14,56 \text{ kNm}$$

$$M_{s2} = M_{a2} + F_p \cdot 2,65$$

$$M_{s2} = -14,56 + 8,843 \cdot 2,65$$

$$M_{s2} = 8,874 \text{ kNm}$$

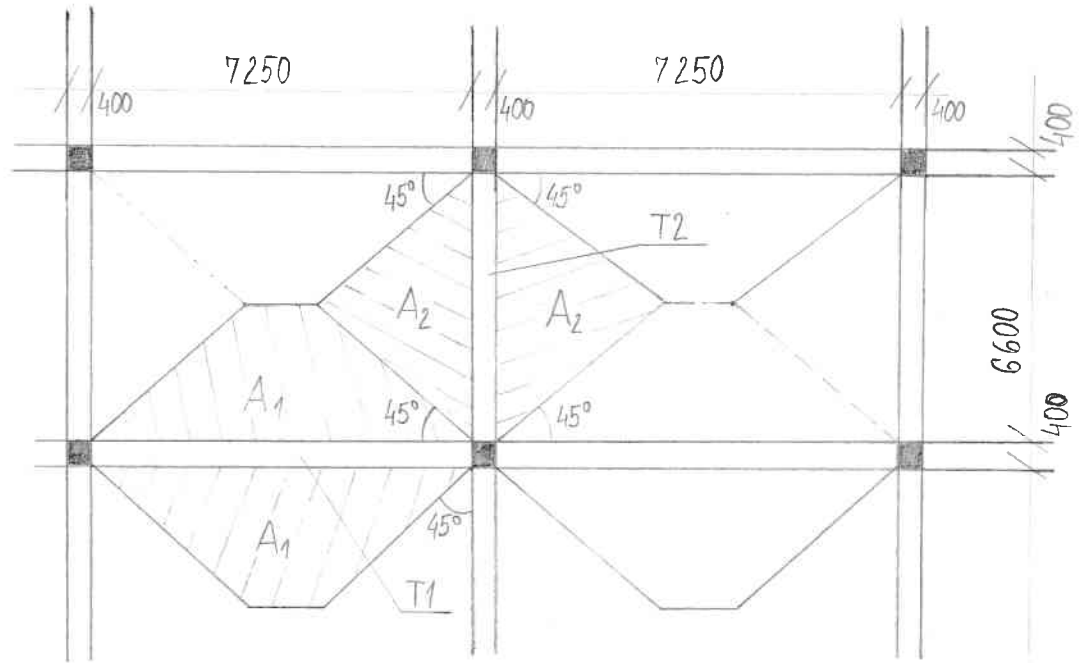
SOUČET MOMENTŮ

$$M_{a1} + M_{a2} = -27,755 + -14,56 = -42,315 \text{ kNm}$$

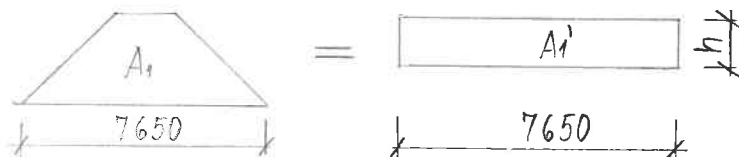
$$M_{s1} + M_{s2} = 13,878 + 8,874 = 22,752 \text{ kNm}$$

ZATÍŽENÍ TRÁMŮ

ZATĚŽOVACÍ PLOCHY



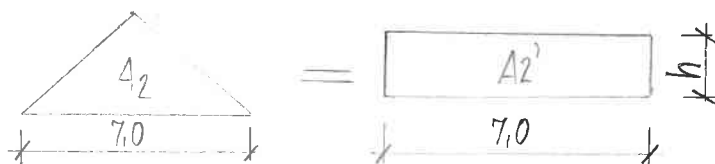
PRO ZJEDNODUŠENÝ STATICKÝ VÝPOČET BUDENE UVAŽOVAT, ŽE
 PLOCHA $A_1 = A_1'$ A PLOCHA $A_2 = A_2'$



$$A_1 = 14,458 \text{ m}^2$$

$$A_1' = 14,458 = 7,65 \cdot h$$

$$h = 1,89 \text{ m}$$



$$A_2 = 12,21 \text{ m}^2$$

$$A_2' = 12,21 = 7,0 \cdot h$$

$$h = 1,745 \text{ m}$$

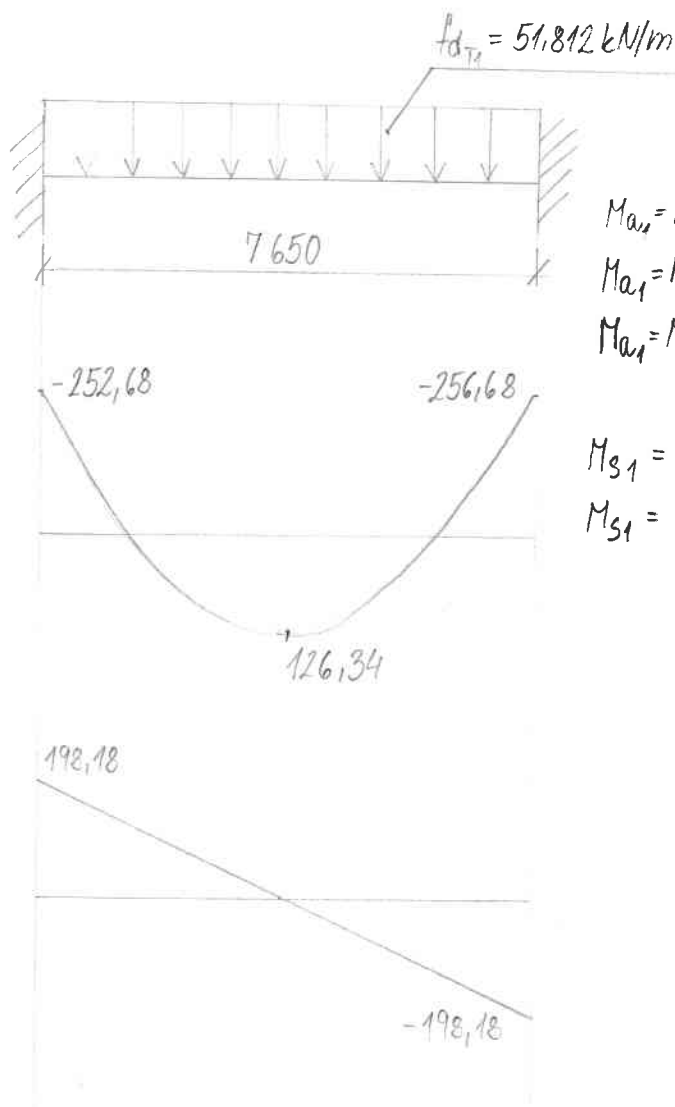
HODNOTA LINIOVÉHO ZATÍŽENÍ TRÁMU OD DESKY V DANÉM BODĚ
ODPOVÍDÁ ZATÍŽENÍ DESKY NAŠOBNÉMU ZATĚŽOVACÍ ŠÍŘKOU V
DANÉM BODĚ.

ZATÍŽENÍ TRÁMU 1 - OD DESKY: $f_d \cdot 2 \cdot h_1 = 11,564 \cdot 2 \cdot 1,89 = 43,712 \text{ kN/m}$
 OD VL. TÍHY: $(b \cdot h \cdot 8) \cdot 1,35 = (0,4 \cdot 0,6 \cdot 25) \cdot 1,35 =$
 $= 8,1 \text{ kN/m}$

$$\Sigma f_{d_{T1}} = 51,812 \text{ kN/m}$$

ZATÍŽENÍ TRÁMU 2 - OD DESKY: $f_d \cdot 2 \cdot h_2 = 11,564 \cdot 2 \cdot 1,74 = 40,243 \text{ kN/m}$
 OD VL. TÍHY: $(0,4 \cdot 0,6 \cdot 25) \cdot 1,35 = 8,1 \text{ kN/m}$

$$\Sigma f_{d_{T2}} = 48,343 \text{ kN/m}$$



$$M_{a1} = M_{b1} = -\frac{1}{12} \cdot f \cdot l^2$$

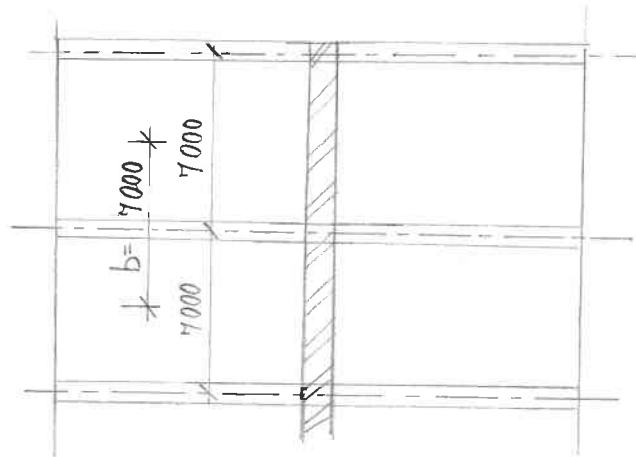
$$M_{a1} = M_{b1} = -\frac{1}{12} \cdot 51,812 \cdot 7,65^2$$

$$M_{a1} = M_{b1} = -252,680 \text{ kNm}$$

$$M_{s1} = +\frac{1}{24} \cdot 51,812 \cdot 7,65^2$$

$$M_{s1} = 126,34 \text{ kNm}$$

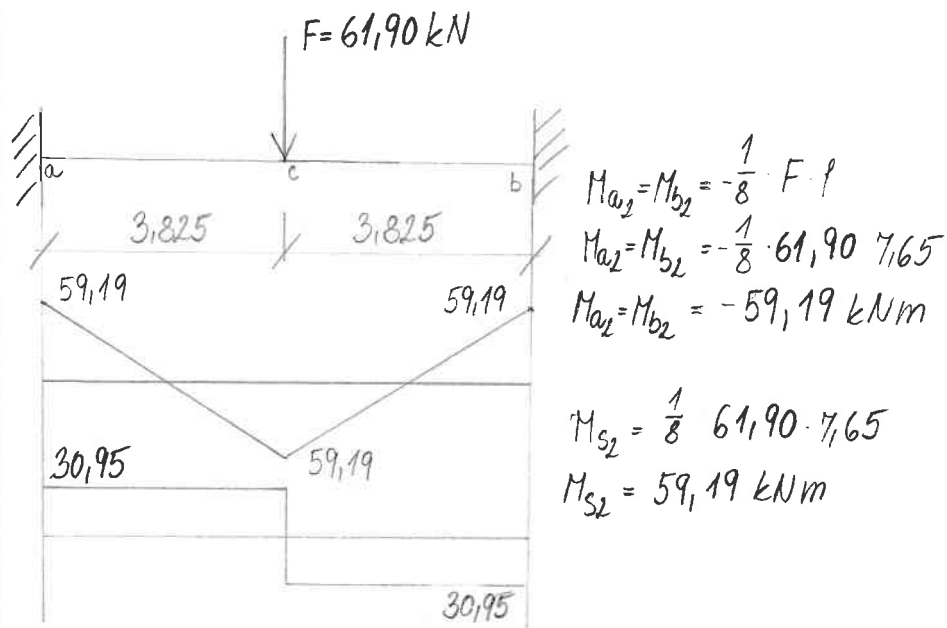
PRO VÝPOČET MOMENTŮ NA TRÁMU 1 JE NUTNO UVAŽOVAT ZATÍŽENÍ MEZIBYTOVOU PŘÍČKOU.



Z DŘÍVĚJŠÍCH VÝPOČTŮ JIŽ ZNÁME ZATÍŽENÍ OD PŘÍČKY $F_p = 8,843 \text{ kN/m}$. PRO ZÍSKÁNÍ BODOVÉHO ZATÍŽENÍ NA TRÁM JE NUTNO ZATÍŽENÍ F_p PŘENÁSOBIT ZATĚŽOVACÍ ŠÍŘKOU b .

$$F = F_p \cdot b = 8,843 \cdot 7$$

$$F = 61,90 \text{ kN}$$



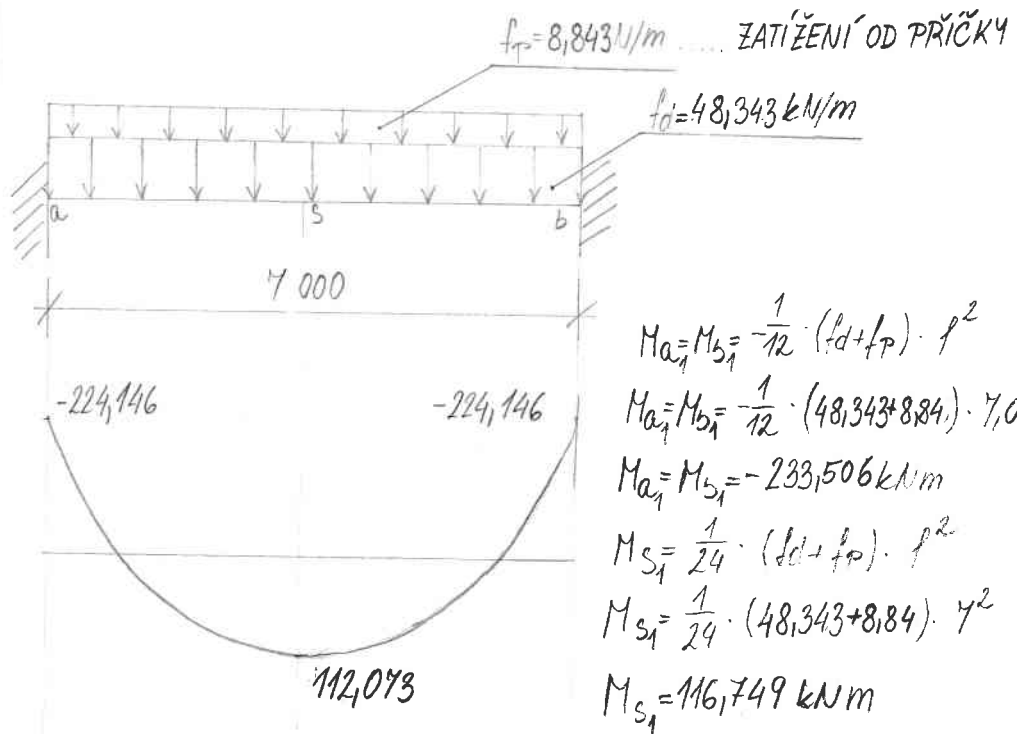
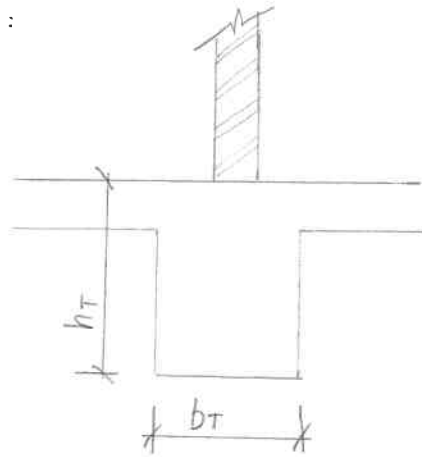
SEČTENÍ M A V NA TRÁMU T1:

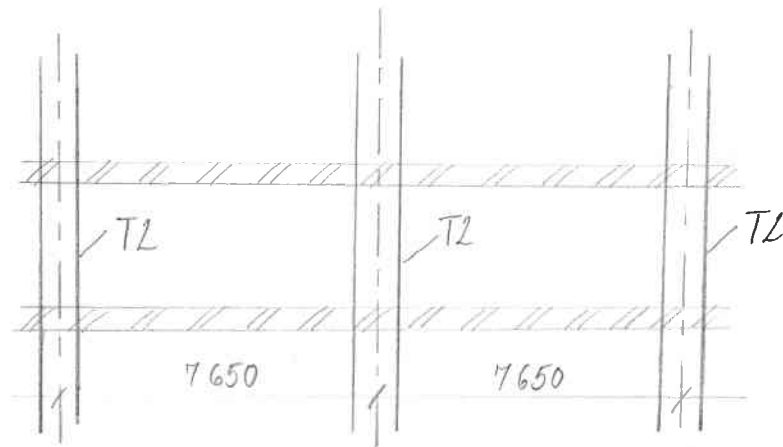
$$M_a = M_b = M_{a_1} + M_{a_2} = -252,680 + (-59,19) = -311,870 \text{ kNm}$$

$$M_s = M_{s_1} + M_{s_2} = 126,34 + 59,68 = 186,02 \text{ kNm}$$

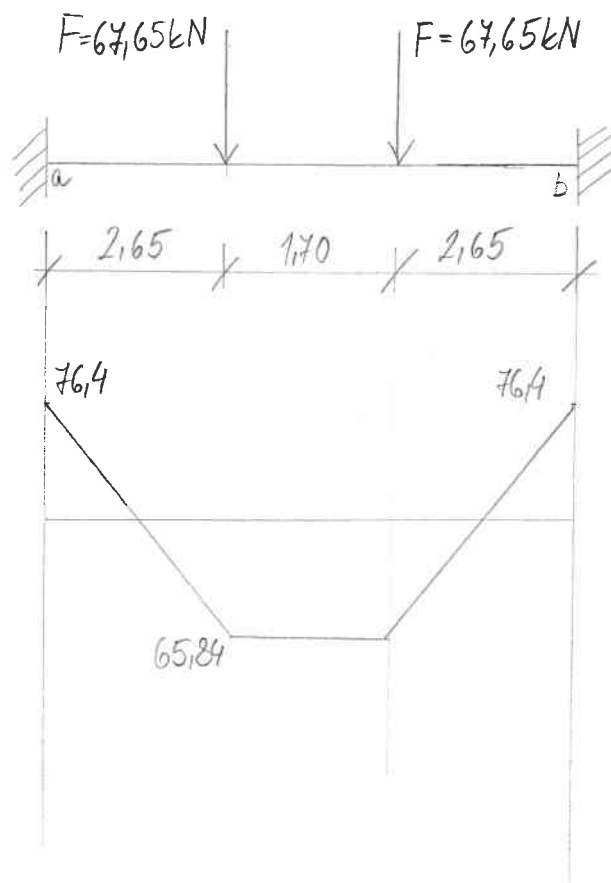
$$V_{Ed} = 198,18 + 30,95 = 229,105 \text{ kN}$$

PRO VÝPOČET MOMENTŮ NA PRŮVLAKU 2 JE NUTNO PŘIPOČÍTAT ZATÍŽENÍ OD PŘÍČKY ($F_p = 6,55 \text{ kN/m}$), KTERÁ JE NA TRÁM VYZDĚNA A LINOIVÉ ZATÍŽENÍ OD PŘÍČEK, KTERÉ
 SCHÉMA:





ZATÍŽENÍ OD PŘÍČKY $F = F_p \cdot b = 8,843 \cdot 7,65 = 67,65 \text{ kN}$



$$M_{a_2} = M_{b_2} = -\frac{F \cdot 2,65 \cdot (7 - 2,65)}{7}$$

$$M_{a_2} = M_{b_2} = -\frac{67,65 \cdot 2,65 \cdot (7 - 2,65)}{7}$$

$$M_{a_2} = M_{b_2} = -111,4 \text{ kNm}$$

$$M_{s_2} = M_a + F_p \cdot 2,62$$

$$M_{s_2} = -111,4 + 67,65 \cdot 2,62$$

$$M_{s_2} = 65,84 \text{ kNm}$$

SOUČET

$$M_{a_1} + M_{a_2} = -233,506 + (-111,4) = -344,9 \text{ kNm}$$

$$M_{s_1} + M_{s_2} = 116,749 + 65,84 = 182,59 \text{ kNm}$$

NÁVRH VÝZTUŽE - DESKA

- NÁVRH TLOUŠTKY KRYCÍ VRSTVY VÝZTUŽE

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev}$$

$$c_{min} = \max \{ c_{min,b}; c_{min,dur} + \Delta c_{dur,r} - \Delta c_{dur,s} - \Delta c_{dur,add}; 10 \text{ mm} \}$$

$$c_{min,b} = 10 \text{ mm (předpoklad } \varnothing 10 \text{ mm)}$$

$c_{min,dur}$: stupeň vlivu prostředí XC1, konstrukční třída S4

$$c_{min,dur} = 15 \text{ mm}$$

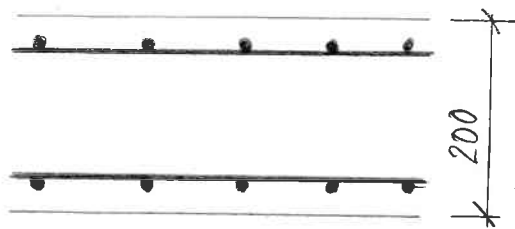
$$c_{min} = \max \{ 10; 15; 0 + 0 - 0 - 0; 10 \}$$

$$c_{min} = 15 \text{ mm}$$

$$c_{nom} = 15 + \Delta c_{dev} = 15 + 10$$

$$c_{nom} = 25 \text{ mm}$$

Učinná výška



Ve směru x

$$d_1 = h - (c + 0,5 \varnothing_n) = 200 - (25 + 0,5 \cdot 10)$$

$$d_1 = 170 \text{ mm}$$

Ve směru y

$$d_2 = h - (c + \varnothing_x + 0,5 \varnothing_y) = 200 - (25 + 10 + 0,5 \cdot 10)$$

$$d_2 = 160 \text{ mm}$$

MATERIALY

$$\text{BETON C20/25: } f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{20}{1,15} = 13,3 \text{ MPa}$$

$$\text{VÝZTUŽ B500B } f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500}{1,15} = 435 \text{ MPa}$$

$$1) M_{Ed} = -31,708 \text{ kNm}$$

$$d = 170 \text{ mm}$$

$$A_{s,req} = b \cdot d \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}}} \right)$$

$$A_{s,req} = 1 \cdot 0,170 \cdot \frac{13,3}{435} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 31,708}{1 \cdot 0,17^2 \cdot 13,3 \cdot 10^3}} \right)$$

$$A_{s,req} = 478 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$\text{NÁVRH } \emptyset 10/150 \text{ mm}; A_{s,prov} = 524 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 > A_{s,req} = 478 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$2) M_{Ed} = 18,99 \text{ kNm}$$

$$d = 170 \text{ mm}$$

$$A_{s,req} = 1 \cdot 0,170 \cdot \frac{13,3}{435} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 18,99}{1 \cdot 0,17^2 \cdot 13,3 \cdot 10^3}} \right)$$

$$A_{s,req} = 232 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$\text{NÁVRH } \emptyset 10/250 \text{ mm}; A_{s,prov} = 314 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 > A_{s,req} = 232 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$3) M_{Ed} = -42,315 \text{ kNm}$$

$$d = 160 \text{ mm}$$

$$A_{s,req} = 1 \cdot 0,16 \cdot \frac{13,3}{435} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 42,315}{1 \cdot 0,16^2 \cdot 13,3 \cdot 10^3}} \right)$$

$$A_{s,req} = 651 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$NAVRH \quad \emptyset 12/150 \text{ mm}; A_{s,prov} = 754 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 > A_{s,req} = 367 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$4) M_{Ed} = 22,752 \text{ kNm}$$

$$d = 160 \text{ mm}$$

$$A_{s,req} = 1 \cdot 0,16 \cdot \frac{13,3}{435} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 22,752}{1 \cdot 0,16^2 \cdot 13,3 \cdot 10^3}} \right)$$

$$A_{s,req} = 338 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$NAVRH \quad \emptyset 10/200 \text{ mm}; A_{s,prov} = 393 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 > A_{s,req} = 179 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$$

POSOUZENÍ

$$1) M_{Ed} = -31,708 \text{ kNm}$$

$$A_s = 524 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 \quad (\phi 10/150)$$

$$d = 170 \text{ mm}$$

$$x = \frac{A_s \cdot f_{yd}}{b \cdot \lambda \cdot \eta \cdot f_{cd}} = \frac{524 \cdot 10^{-6} \cdot 435 \cdot 10^3}{1 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 13,3 \cdot 10^3} = 0,0214 \text{ m}$$

$$\xi = \frac{x}{d} = \frac{0,0214}{0,17} = 0,125$$

$$M_{Rd} = A_s \cdot f_{yd} \cdot (d - 0,5 \cdot \lambda \cdot x) = 524 \cdot 10^{-6} \cdot 435 \cdot 10^3 \cdot (0,17 - 0,5 \cdot 0,8 \cdot 0,0214)$$

$$M_{Rd} = 36,798 \text{ kNm} > M_{Ed} = 31,708 \text{ kNm} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

$$2) M_{Ed} = 18,99 \text{ kNm}$$

$$A_s = 314 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 \quad (\phi 10/250)$$

$$d = 170 \text{ mm}$$

$$x = \frac{314 \cdot 10^{-6} \cdot 435 \cdot 10^3}{1 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 13,3 \cdot 10^3} = 0,0128 \text{ m}$$

$$\xi = \frac{x}{d} = \frac{0,0128}{0,17} = 0,075$$

$$M_{Rd} = 314 \cdot 10^{-6} \cdot 435 \cdot 10^3 (d - 0,5 \cdot 0,8 \cdot 0,0128)$$

$$M_{Rd} = 22,52 \text{ kNm} > M_{Ed} = 18,99 \text{ kNm} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

$$3) M_{Ed} = -42,315 \text{ kNm}$$

$$A_s = 754 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 \quad (\text{Ø12/150})$$

$$d = 160 \text{ mm}$$

$$X = \frac{754 \cdot 10^{-6} \cdot 435 \cdot 10^3}{1 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 13,3 \cdot 10^3} = 0,031 \text{ m}$$

$$\xi = \frac{0,031}{0,16} = 0,19$$

$$M_{Rd} = 754 \cdot 10^{-6} \cdot 435 \cdot 10^3 \cdot (0,16 - 0,5 \cdot 0,8 \cdot 0,031)$$

$$M_{Rd} = 48,519 \text{ kNm} > M_{Ed} = 42,315 \text{ kNm} \rightarrow \text{VÝHOVÍ}$$

$$4) M_{Ed} = 22,752 \text{ kNm}$$

$$A_s = 393 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 \quad (\text{Ø10/200})$$

$$d = 160 \text{ mm}$$

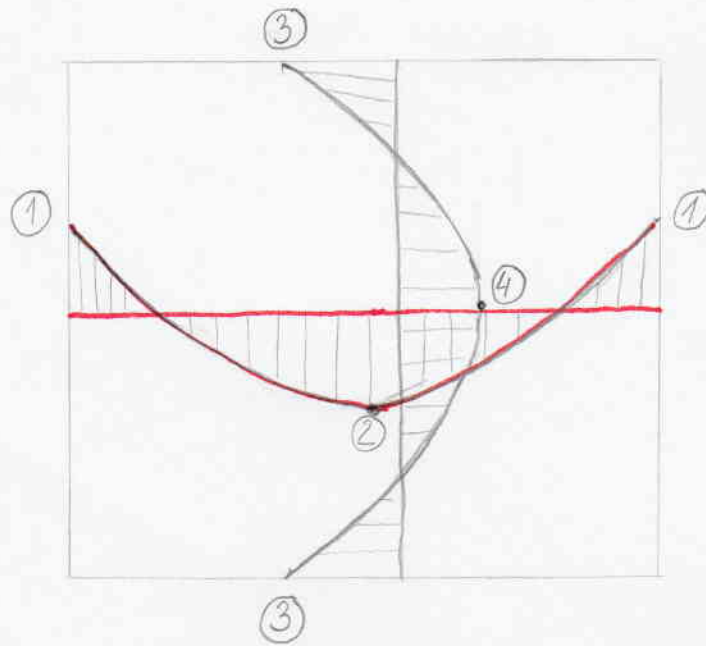
$$X = \frac{393 \cdot 10^{-6} \cdot 435 \cdot 10^3}{1 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 13,3 \cdot 10^3} = 0,016 \text{ m}$$

$$\xi = \frac{0,016}{0,16} = 0,1$$

$$M_{Rd} = 393 \cdot 10^{-6} \cdot 435 \cdot 10^3 \cdot (0,16 - 0,5 \cdot 0,8 \cdot 0,016)$$

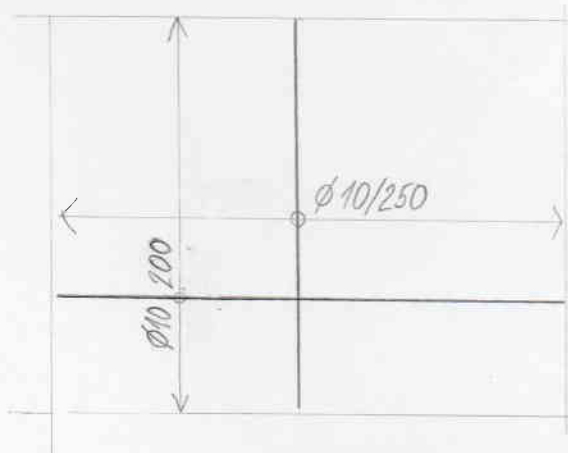
$$M_{Rd} = 26,26 \text{ kNm} > M_{Ed} = 22,752 \text{ kNm}$$

PŘEHLED MOMENTŮ DESKY

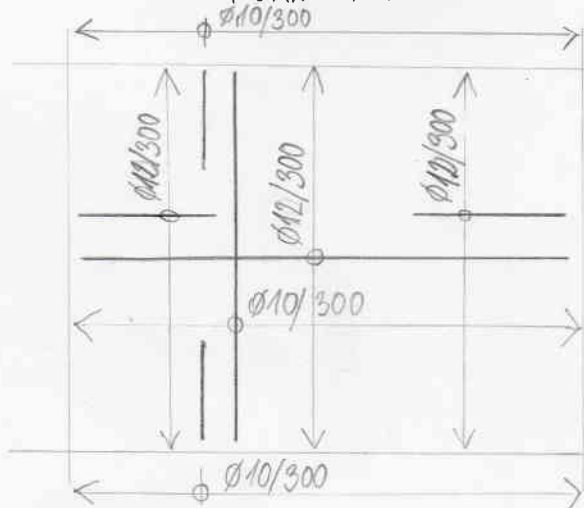


SKICA VÝZTUŽE

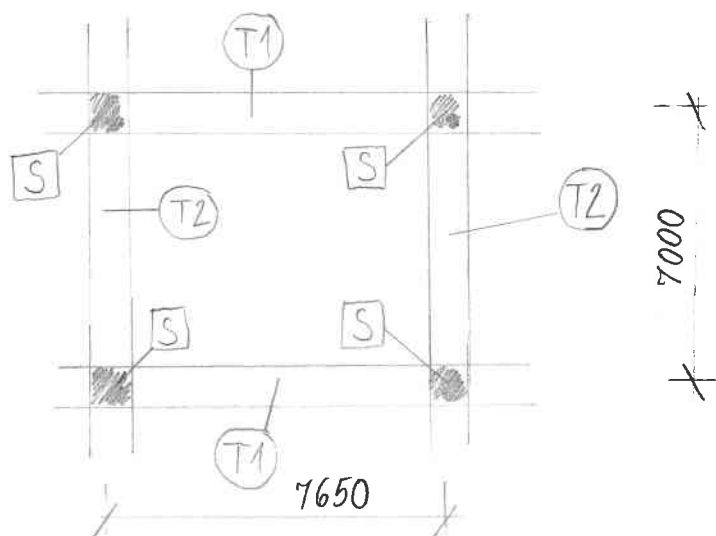
SPODNÍ POVRCH



HORNÍ POVRCH



TRAM 1



NÁVRH GEOMETRIE:

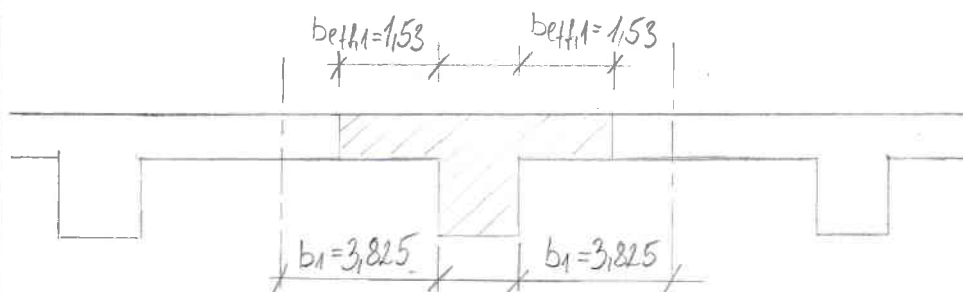
$$h = l/12 \div l/8 = 7,65/12 \div 7,65/8$$

$$h = 0,64 \div 0,96 \rightarrow h = 0,8 \text{ m}$$

$$b = (0,4 \div 0,5) h = (0,4 \div 0,5) \cdot 0,8$$

$$b = 0,32 \div 0,4 \rightarrow b = 0,4 \text{ m}$$

URČENÍ SPOLUPŮSOBÍCÍ ŠÍŘKY DESKY



$$b_{eff} = 2b_{eff,1} + b_w \leq b$$

$$b_{eff,1} = 0,2b_1 + 0,1l_0 \leq 0,2 \cdot l_0 \rightarrow b_{eff,1} = 0,2 \cdot 3,825 + 0,1 \cdot 7,65 = 1,53 \leq 0,2 \cdot 7,65$$

$$b_{eff,1} = 1,53 < b_1 = 3,825$$

$$b_{eff} = 2 \cdot 1,53 + 0,4 = 3,46 \leq 7,65$$

NÁVRH VÝZTUŽE - TRÁM 1

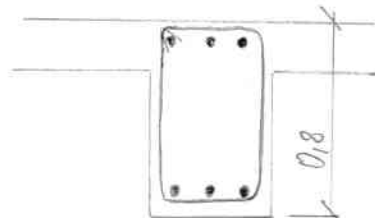
MATERIÁLY:

$$\text{BETON C20/25: } f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{20}{1,5} = 13,3 \text{ MPa}$$

$$\text{VÝZTUŽ B500B: } f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500}{1,15} = 435 \text{ MPa}$$

1) $M_{ed} = -311,870 \text{ kNm}$... Návrhový moment nad podporou

Účinná výška průřezu d



$$\text{ODHAD } \phi_s = 20 \text{ mm}$$

$$\text{ODHAD } \phi_{LF} = 6 \text{ mm}$$

$$d_1 = c + \phi_{LF} + 0,5 \phi_s = 30 + 6 + 0,5 \cdot 20 = 46 \text{ mm}$$

$$d = h - d_1 = 0,8 - 0,046 = 0,754 \text{ m}$$

$$b_{eff} = 3460 \text{ mm}$$

$$A_{s,req} = b \cdot d \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot M_{ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}}} \right)$$

$$A_{s,req} = 3,46 \cdot 0,754 \cdot \frac{13,3}{435} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 311,870}{3,46 \cdot 0,754^2 \cdot 13,3 \cdot 10^3}} \right)$$

$$A_{s,req} = 909 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$\text{NÁVRH } 4 \phi 20 \quad A_{s,prov} = 1257 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$2, M_{ed} = 186,02 \text{ kNm}$$

$$A_{s, req} = 3,46 \cdot 0,754 \cdot \frac{13,3}{435} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 170,18}{3,46 \cdot 0,754^2 \cdot 13300}} \right)$$

$$A_{s, req} = 508 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$\text{NÁVRH } 3 \phi 16 \quad A_{s, prov} = 603 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$$

SMYKOVÁ VÝZTUŽ (U PODPORY)

$$V_{ed} = 229,105 \text{ kN}$$

$$\text{NÁVRH: } \text{dvoustřížné třmínky } \phi 6 \text{ mm} \quad A_{sw} = 57 \text{ mm}^2$$

$$\text{Maximální vzdálenost třmínků: } s_{1, max} = 0,75 \cdot d = 0,75 \cdot 754 = 565,5 \text{ mm}$$

Stupeň výztužení:

$$\rho_w = \frac{A_{sw}}{b_w \cdot s} \geq \rho_{w, min} = \frac{0,08 \cdot \sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}} = \frac{0,08 \cdot \sqrt{20}}{500} = 7,15 \cdot 10^{-4}$$

$$\rightarrow s_{w, min} = \frac{A_{sw}}{\rho_{w, min} \cdot b_w} = \frac{57}{7,15 \cdot 10^{-4} \cdot 400} = 200 \text{ mm}$$

NÁVRH ROZMÍSTĚNÍ TŘMÍNKŮ

$$s_1 \leq \frac{A_{sw} \cdot f_{wyd}}{V_{ed}} \cdot z \cdot \cot \theta = \frac{57 \cdot 435}{229,105 \cdot 10^3} \cdot 679 \cdot 2,5 = 190,36 \text{ mm}$$

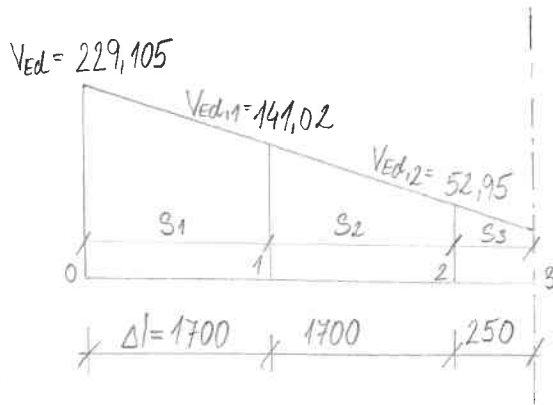
NÁVRH TŘMÍNKY $\phi_{st} 6 / 150 \text{ mm}$

POSOUZENÍ

$$V_{Rds} = \frac{A_s \cdot f_{wyd}}{s} \cdot z \cdot \cot \theta = \frac{57 \cdot 435 \cdot 10^{-3}}{150} \cdot 679 \cdot 2,5 = 280,596 \text{ kN}$$

$$V_{Rds} = 280,596 \text{ kN} > V_{ed} = 229,105 \text{ kN} - \text{VYHOVÍ}$$

SMYKOVÁ VÝZTUŽ V POLI



$$\Delta l = z \cdot (\cot \theta + \cot \alpha) = 679 \cdot 2,5 = 1698 \text{ mm}$$

0-1

$$\emptyset_{st} 6/150 = s_1$$

1-2 - $V_{Ed,1} = 141,02 \text{ kN}$

$$s_2 \leq \frac{A_{sw} \cdot f_{ywd}}{V_{Ed,1}} \cdot z \cdot \cot \theta = \frac{57 \cdot 435}{141,02 \cdot 10^3} \cdot 679 \cdot 2,5 = 298 \text{ mm}$$

NÁVRH TRŽMÍNKY $\emptyset_{st} 6/250 \text{ mm}$

POSOUZENÍ

$$V_{Rds} = \frac{A_s \cdot f_{ywd}}{s} \cdot z \cdot \cot \theta = \frac{57 \cdot 435}{250} \cdot 679 \cdot 2,5 = 168,358 \text{ kN}$$

$$V_{Rds} = 168,358 \text{ kN} > V_{Ed,1} = 141,02 \text{ kN} - \text{VYHOVÍ}$$

2-3

$$s_3 = s_2 \quad (\text{konstrukční žřmínky})$$

KONTROLA VYZTUŽENÍ

$$A_{s, \min} = \max \left\{ \frac{0,26 \cdot f_{ctm} \cdot b \cdot d}{f_{yk}} ; 0,0013 \cdot b_i \cdot d \right\} = \left\{ \frac{0,26 \cdot 2,2 \cdot 0,4 \cdot 0,754}{500} ; 0,0013 \cdot 0,4 \cdot 0,754 \right\} =$$

$$= \max \left\{ 345 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 ; 392 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 \right\}$$

$$3 \text{ } \emptyset 16 ; A_{s1} = 603 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 > A_{s, \min} = 392 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 \rightarrow \text{VÝHOVÍ}$$

$$4 \text{ } \emptyset 20 ; A_{s2} = 1257 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 > A_{s, \min} = 392 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 \rightarrow \text{VÝHOVÍ}$$

POSOUZENÍ ÚNOSNOSTI V OHYBU

$$x_1 = \frac{A_{s1} \cdot f_{yd}}{\lambda \cdot b \cdot f_{cd}} = \frac{603 \cdot 435}{0,8 \cdot 3460 \cdot 13,3} = 7,125 \text{ mm}$$

$$\xi = \frac{x}{d} = \frac{7,125}{756} = 0,01 < \xi_{\text{bal},1} = 0,117$$

$$M_{Rd1} = A_{s1} \cdot f_{yd} \cdot (d - 0,5 \cdot \lambda \cdot x) = 603 \cdot 10^{-6} \cdot 435 \cdot 10^3 \cdot (0,754 - 0,5 \cdot 0,8 \cdot 0,00712) =$$

$$= 197,03 \text{ kNm} > M_{Ed} = 186,02 \text{ kNm} \rightarrow \text{VÝHOVÍ}$$

$$x_2 = \frac{A_{s2} \cdot f_{yd}}{\lambda \cdot b \cdot f_{cd}} = \frac{1257 \cdot 435}{0,8 \cdot 3460 \cdot 13,3} = 14,85 \text{ mm}$$

$$\xi = \frac{x}{d} = \frac{14,85}{754} = 0,019$$

$$M_{Rd2} = A_{s2} \cdot f_{yd} \cdot (d - 0,5 \cdot \lambda \cdot x) = 1257 \cdot 10^{-6} \cdot 435 \cdot 10^3 \cdot (0,754 - 0,5 \cdot 0,8 \cdot 0,01485) =$$

$$= 409,035 \text{ kNm} > M_{Ed} = 311,870 \text{ kNm} \rightarrow \text{VÝHOVÍ}$$

KONTROLA ŠÍŘKY TRÁMU

$$b_{\min 1} = 2c + 3\emptyset + 2 \cdot 1,2\emptyset + 2 \cdot \emptyset_{st} =$$

$$= 2 \cdot 35 + 3 \cdot 16 + 2 \cdot 1,2 \cdot 16 + 2 \cdot 6 = 169 \text{ mm}$$

$$b_{\min} < b = 400 \text{ mm} - \text{VÝHOVÍ}$$

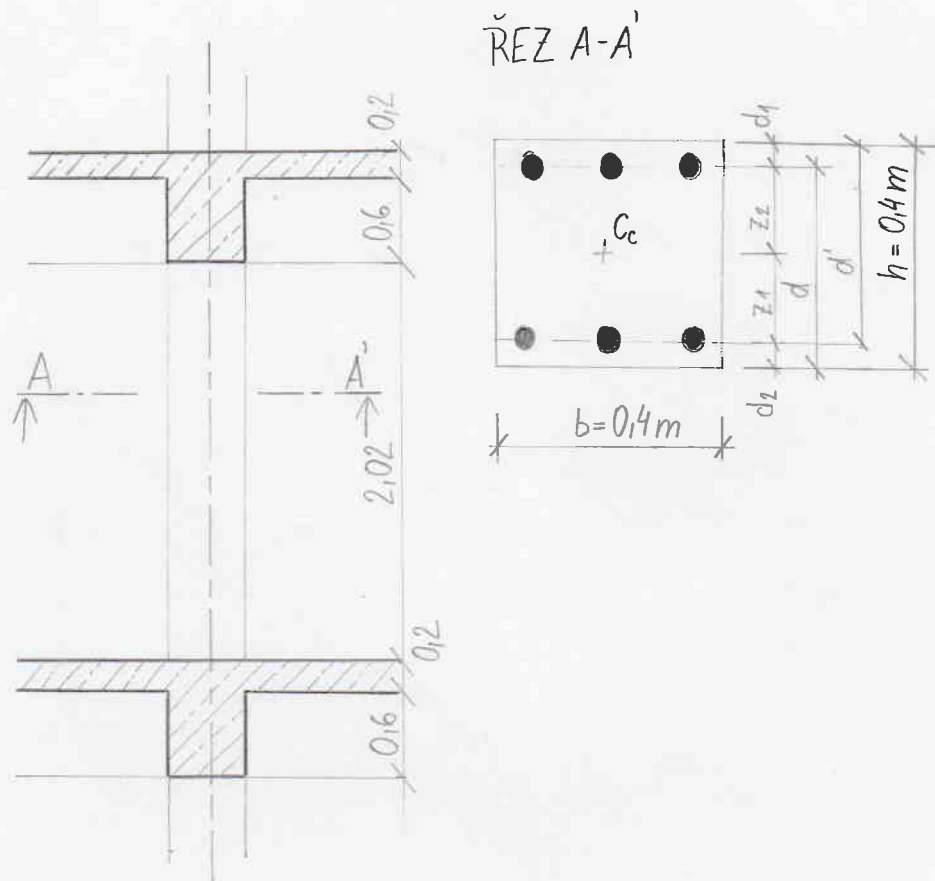
$$b_{\min 2} = 2c + 4\emptyset + 3 \cdot 1,2\emptyset + 2 \cdot \emptyset_{st} =$$

$$= 2 \cdot 35 + 4 \cdot 20 + 3 \cdot 1,2 \cdot 20 + 2 \cdot 6 = 234 \text{ mm}$$

$$b_{\min 2} = 234 \text{ mm} < b = 400 \text{ mm} - \text{VÝHOVÍ}$$

NAVRH SLOUPU

SLOUP JE NAMAHAÁN NORMÁLOVOU SÍLOU N_{Ed} A OHYBOVÝM MOMENTEM M_{Ed} .



MATERIÁLY

BETON C 30/37: $f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{30}{1,5} = 20 \text{ MPa}$; $\alpha_{cc} = 1,0$; $\gamma = 1,0$; $\lambda = 0,8$

VÝZTUŽ B 500B: $f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500}{1,15} = 435 \text{ MPa}$; $\epsilon_{yd} = \frac{f_{yd}}{E_s} = \frac{435}{200} = 2,175\%$

OVĚŘENÍ ROZMĚRŮ SLOUPU

$$N_{Rd} = 0,8 A_c f_{cd} + A_s \cdot \sigma_s \geq N_{Ed}$$

$$N_{Rd} = 0,8 \cdot 0,16 \cdot 20 \cdot 10^3 + 0,024 \cdot 400 = 3520 \text{ kN} > N_{Ed} = 1006 \text{ kN}$$

VÝPOČET BODŮ ITERAČNÍHO DIAGRAMU

- Stanovení základních veličin - uvažovaná krycí vrstva $c = 35 \text{ mm}$

$$d_1 = d_2 = c + 0,5\phi + \phi_{EF} = 35 + 0,5 \cdot 20 + 6 = 51 \text{ mm} = 0,051 \text{ m}$$

$$d = h - d_1 = 0,4 - 0,051 = 0,349 \text{ m}$$

$$d' = h - d_2 = 0,4 - 0,051 = 0,349 \text{ m}$$

$$z_1 = 0,5h - d_1 = 0,2 - 0,051 = 0,149 \text{ m}$$

$$z_2 = 0,5h - d_2 = 0,2 - 0,051 = 0,149 \text{ m}$$

- Plochy výztuží a odpovídající síly

$$3 \text{ } \phi 20 \quad A_{s1} = 942 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$3 \text{ } \phi 20 \quad A_{s2} = 942 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$\Sigma A_s = 1884 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$F_{s1} = A_{s1} \cdot f_{yd} = 942 \cdot 10^{-6} \cdot 435 \cdot 10^3 = 409,77 \text{ kN}$$

$$F_{s2} = A_{s2} \cdot f_{yd} = 942 \cdot 10^{-6} \cdot 435 \cdot 10^3 = 409,77 \text{ kN}$$

$$\Delta F_s = (A_{s1} - A_{s2}) \cdot f_{yd} = (942 \cdot 10^{-6} - 942 \cdot 10^{-6}) \cdot 435 \cdot 10^3 = 0 \text{ kN}$$

BOD 0 - DOSTŘEDNÝ TLAK

$$N_{Rd0} = -b \cdot h \cdot \eta \cdot f_{cd} - A_{s1} \cdot \sigma_s =$$

$$= -0,4 \cdot 0,4 \cdot 1,0 \cdot 20 \cdot 10^3 - 942 \cdot 10^{-6} \cdot 400 \cdot 10^3 = -35761,8 \text{ kN}$$

$$\sigma_s = \epsilon_{cz} \cdot E_s = 0,002 \cdot 200\,000 = 400 \text{ MPa}$$

$$M_{Rd0} = A_{s2} \cdot \sigma_s \cdot z_2 - A_{s1} \cdot \sigma_s \cdot z_1 =$$

$$= 942 \cdot 10^{-6} \cdot 400 \cdot 10^3 \cdot 0,149 - 942 \cdot 10^{-6} \cdot 400 \cdot 0,149 = 0 \text{ kNm}$$

BOD 1 - NULOVÉ PŘETVOŘENÍ TAŽENÉ VÝZTUŽE

$$N_{Rd1} = -(b \cdot \lambda \cdot d \cdot \eta \cdot f_{cd} + F_{s2}) =$$

$$= -(0,4 \cdot 0,8 \cdot 0,349 \cdot 1,0 \cdot 20 \cdot 10^3 + 409,77) = -2643,4 \text{ kN}$$

$$M_{Rd1} = b \cdot \lambda \cdot d \cdot \eta \cdot f_{cd} \cdot 0,5 \cdot (h - \lambda \cdot d) + F_{s2} \cdot z_2 =$$

$$= 0,4 \cdot 0,8 \cdot 0,349 \cdot 1,0 \cdot 20 \cdot 10^3 \cdot 0,5 \cdot (0,4 - 0,8 \cdot 0,349) + 409,77 \cdot 0,149 = 195,97 \text{ kNm}$$

BOD 2 - NAPĚTÍ V TAŽENÉ VÝZTUŽI JE NA MEZI KLUZU

$$N_{Rd, bal} = -(\lambda \cdot \xi_{bal,1} \cdot b \cdot d \cdot \eta \cdot f_{cd} + \Delta F_s) = \\ = -(0,8 \cdot 0,617 \cdot 0,4 \cdot 0,349 \cdot 1,0 \cdot 20 \cdot 10^3 + 0) = -1378,13 \text{ kN}$$

$$M_{Rd, bal} = \lambda \cdot \xi_{bal,1} \cdot b \cdot d \cdot \Delta f_{cd} \cdot 0,5 \cdot (h - \lambda \cdot \xi_{bal,1} \cdot d) + F_{s1} \cdot z_1 + F_{s2} \cdot z_2 = \\ = 0,8 \cdot 0,617 \cdot 0,4 \cdot 0,349 \cdot 1 \cdot 20 \cdot 10^3 \cdot 0,5 \cdot (0,4 - 0,8 \cdot 0,617 \cdot 0,349) + \\ + 409,77 \cdot 0,149 + 409,77 \cdot 0,149 = 279 \text{ kNm}$$

BOD 3 - PROSTÝ OHYB

$$N_{Rd3} = 0 \text{ kN}$$

$$M_{Rd3} = F_{s1} \cdot (d - 0,5 \lambda \cdot x) = 409,77 \cdot (0,349 - 0,5 \cdot 0,8 \cdot 0,0640) = 132,5 \text{ kNm}$$

$$x = \frac{F_{s1}}{\lambda \cdot b \cdot d \cdot \eta \cdot f_{cd}} = \frac{409,77}{0,8 \cdot 0,4 \cdot 0,349 \cdot 1,0 \cdot 20 \cdot 10^3} = 0,0640 \text{ m}$$

BOD 4 - NULOVÉ PŘETVOŘENÍ V TLAČENÉ VÝZTUŽI

$$N_{Rd\perp, bal} = F_{s1} = 409,77 \text{ kN}$$

$$M_{Rd\perp, bal} = F_{s1} \cdot z_1 = 409,77 \cdot 0,149 = 61,1 \text{ kNm}$$

BOD 5 - DOSTŘEDNÝ TAH

$$N_{Rd\perp, 0} = F_{s1} + F_{s2} = 409,77 + 409,77 = 819,54 \text{ kN}$$

$$M_{Rd\perp, 0} = F_{s1} \cdot z_1 - F_{s2} \cdot z_2 = 409,77 \cdot 0,149 - 409,77 \cdot 0,149 = 0 \text{ kNm}$$

BOD 6

$$N_{Rd6} = \frac{M_{Rd1} + e_a N_{Rd1}}{(e_{Rd0} + e_0) + e_a} = \frac{195,97 + 0,171 \cdot 2643,4}{(0 + 0,02) + 0,171} = 3392,6 \text{ kN}$$

$$M_{Rd6} = N_{Rd6} \cdot (e_{Rd0} + e_0) = 3392,6 \cdot (0 + 0,02) = 67,9 \text{ kNm}$$

$$e_a = \frac{M_{Rd1} - M_{Rd0}}{N_{Rd0} - N_{Rd1}} = \frac{195,97 - 0}{3576,8 - 2643,4} = 0,171 \text{ m}; e_{Rd0} = \frac{M_{Rd0}}{N_{Rd0}} = \frac{0}{3576,8} = 0 \text{ m}$$

$$e_0 = h/30 > 20 \text{ mm}$$

$$e_0 = 0,4/30 = 0,0133 < 20$$

$$\text{proto } e_0 = 20 \text{ mm}$$

NÁVRH TŘMÍNKŮ

$$\phi_{\text{tr}} \geq 0,25 \phi_s = 0,25 \cdot 20 = 5 \text{ mm}$$

NÁVRH $\phi 6 \text{ mm}$

Ve střední oblasti sloupu se osová vzdálenost třmínek určí ze vztahu:

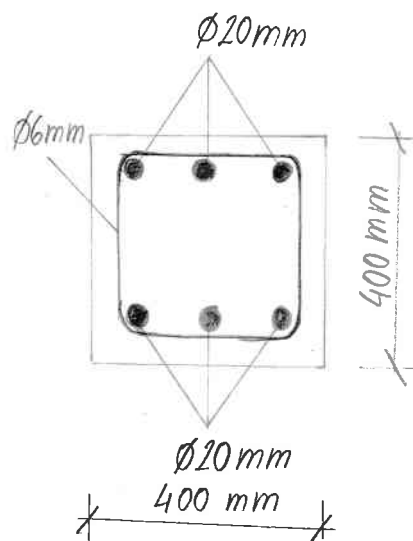
$$s_1 \leq \min(15 \phi_s; \min(b; h); 300 \text{ mm}) = (300; \min(400; 400); 300 \text{ mm})$$

$$s_1 = 300 \text{ mm}$$

V oblasti stykování výztuže a $\max(b, h)$ nad a pod trámem je nutno třmínky zahustit

$$s_2 = 0,6 \cdot s_1 = 0,6 \cdot 300$$

$$s_2 = 180 \text{ mm}$$



KONTROLA VÝZTUŽENÍ

- pro tláčenou výztuž

$$A_{s1,min} \geq \frac{0,05 \cdot |N_{Rd}|}{f_{yd}} = \frac{0,05 \cdot 3576,8}{435 \cdot 10^3} = 411 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$A_{s1,min} \geq 0,001 A_c = 0,001 \cdot 0,16 = 160 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$A_{s,min} = 2 \cdot A_{s1,min} = 2 \cdot 411 \cdot 10^{-6} = 822 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$A_{s,max} = 0,04 \cdot A_c = 0,04 \cdot 0,16 = 6400 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$$

- pro taženou výztuž

$$A_{s1,min} \geq \frac{0,26 \cdot f_{ctm} \cdot b_t \cdot d}{f_{yk}} = \frac{0,26 \cdot 2,9 \cdot 10^3 \cdot 0,14 \cdot 0,349}{500 \cdot 10^3} = 210 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$A_{s1} \geq 0,0013 \cdot b \cdot d = 0,0013 \cdot 0,14 \cdot 0,349 = 181 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$A_{s1} = A_{s2} = 942 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 > 411 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 > 210 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

$$822 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 \leq A_s = 2 \cdot 942 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 = 1884 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 < 6400 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

INTERAKČNÍ DIAGRAM

POSUZOVÁNY
JSOU 2 SLOUPY
S1 - $N_{ed,max}, M_{ed,min}$
S2 - $N_{ed,min}, M_{max}$

