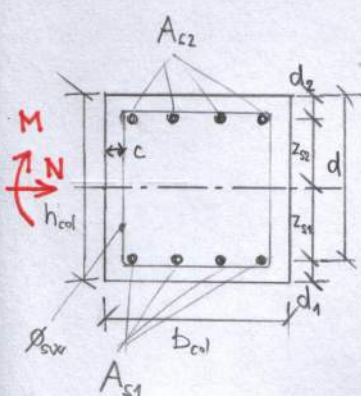


POSOUZENÍ SLOUPU - INTERAKČNÍ DIAGRAM



Ramena vnitřních sil jsou vždy vztažena k ose průřezu

ROZMĚRY PRŮŘEZU

$$b_{col} = h_{col} = 400 \text{ mm}$$

$$c = 25 \text{ mm (krycí vrstva)}$$

$$\phi_{sw} = 6 \text{ mm (odhad rozměru třmínků)}$$

$$\phi_s = 12 \text{ mm (navržený profil výztuže)}$$

$$d = h_{col} - c - \phi_{sw} - \frac{\phi_s}{2} = 400 - 25 - 6 - \frac{12}{2} = 363 \text{ mm (účinná výška průřezu)}$$

$$z_{s1} = z_{s2} = \frac{1}{2} (h_{col} - 2c - 2\phi_{sw} - \phi_s) = \frac{1}{2} (400 - 2 \cdot 25 - 2 \cdot 6 - 12) = 163 \text{ mm (ramena vnitřních sil)}$$

$$d_1 = d_2 = \frac{h_{col}}{2} - z_{s1} = 200 - 163 = 37 \text{ mm}$$

PRŮŘEZOVÉ A MATERIÁLOVÉ CHARAKTERISTIKY

$$A_{s1} = A_{s2} = \frac{1}{2} A_s = 226 \text{ mm}^2$$

$$f_{cd} = 13,3 \text{ MPa}$$

$$A_c = 160000 \text{ mm}^2$$

$$f_{yd} = 435 \text{ MPa}$$

$$\sigma_s = 400 \text{ MPa}$$

$$\epsilon_{cd} = 0,0035$$

$$E_s = 200000 \text{ MPa}$$

BOD 0 - DOSTŘEDNÝ TLAK

$$N_{Rd,0} = b_{col} h_{col} f_{cd} + A_{s1} \sigma_s + A_{s2} \sigma_s = 400 \cdot 400 \cdot 13,3 + 226 \cdot 400 + 226 \cdot 400 = 2309 \text{ kN}$$

$$M_{Rd,0} = (A_{s2} z_{s2} - A_{s1} z_{s1}) \sigma_s = 0$$

BOD 1 - NULOVÉ PŘETVOŘENÍ TAŽENÉ VÝZTUŽE

$$N_{Rd,1} = 0,8 b_{col} d f_{cd} + A_{s2} f_{yd} = 0,8 \cdot 400 \cdot 13,3 \cdot 363 + 226 \cdot 435 = 1642 \text{ kN}$$

$$M_{Rd,1} = 0,8 b_{col} d f_{cd} \left(\frac{h_{col}}{2} - 0,4 d \right) + A_{s2} z_{s1} f_{yd} = 0,8 \cdot 400 \cdot 13,3 \cdot 363 \left(\frac{400}{2} - 0,4 \cdot 363 \right) + 226 \cdot 163 \cdot 435 = 100,7 \text{ kNm}$$

BOD 2 - NAPĚTÍ V TAŽENÉ VÝZTUŽI JE NA MEZI KLUZU, tzn. $\sigma_{s1} = f_{yd}$

$$\xi_{BAL,1} = \frac{700}{700 + f_{yd}} = \frac{700}{700 + 435} = 0,617$$

$$x_{BAL,1} = \xi_{BAL,1} \cdot d = 0,617 \cdot 363 = 224 \text{ mm}$$

σ_{s2} získáme z podobnosti trojúhelníků:

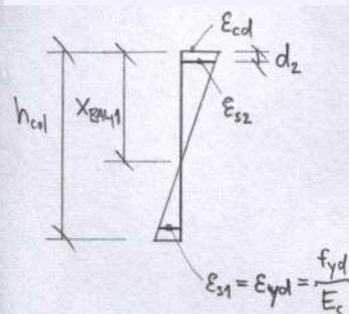
$$\frac{\epsilon_{cd}}{x_{BAL,1}} = \frac{\epsilon_{s2}}{x_{BAL,1} - d_2}$$

$$\epsilon_{s2} = \epsilon_{cd} \left(1 - \frac{d_2}{x_{BAL,1}} \right) = 0,0035 \left(1 - \frac{37}{224} \right) = 0,00292$$

$$\epsilon_{yd} = \frac{f_{yd}}{E_s} = \frac{435}{200000} = 0,002175 (=2,175\text{‰})$$

Jelikož $\epsilon_{s2} > \epsilon_{yd}$, můžeme uvažovat $\sigma_{s2} = f_{yd}$ (pokud by bylo $\epsilon_{s2} < \epsilon_{yd}$, $\sigma_{s2} = E_s \epsilon_{s2}$ by se muselo uvažovat)

Průběh přetvoření po průřezu



$$N_{Rd,2} = 0,8 b_{col} x_{BA1,1} f_{cd} + A_{s2} f_{yd} - A_{s1} f_{yd} = 0,8 \cdot 400 \cdot 224 \cdot 13,3 = 953,3 \text{ kN}$$

$$M_{Rd,2} = 0,8 b_{col} x_{BA1,1} f_{cd} \left(\frac{h_{col}}{2} - 0,4 x_{BA1,1} \right) + A_{s2} \cdot f_{yd} z_{s2} + A_{s1} \cdot f_{yd} z_{s1} =$$

$$= 0,8 \cdot 400 \cdot 224 \cdot 13,3 \cdot \left(\frac{400}{2} - 0,4 \cdot 224 \right) + 226 \cdot 435 \cdot 163 + 226 \cdot 435 \cdot 163 =$$

$$= 137,3 \text{ kNm}$$

BOD 3 - PROSTÝ OHYB

Kvadratická rovnice pro σ_{s2} : (lze odvodit z podobnosti trojúhelníků a rovnováhy vnitřních sil - viz Příloha 1)

$$\sigma_{s2}^2 \cdot A_{s2} - \sigma_{s2} (A_{s1} f_{yd} + A_{s2} \epsilon_{cd} E_s) + \epsilon_{cd} E_s (A_{s1} f_{yd} - 0,8 b_{col} f_{cd} d_2) = 0$$

$$\sigma_{s2}^2 \cdot 226 - \sigma_{s2} (226 \cdot 435 + 226 \cdot 0,0035 \cdot 210000) + 0,0035 \cdot 210000 (226 \cdot 435 -$$

$$- 0,8 \cdot 400 \cdot 13,3 \cdot 37) = 0$$

$$\sigma_{s2}^2 \cdot 226 - \sigma_{s2} \cdot 264420 - 43484070 = 0$$

Rovnice má dva kořeny:

$$\sigma_{s2}^1 = 1316 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{s2}^2 = -146,2 \text{ MPa}$$

Jelikož použitá výztuž má charakteristickou mez kluzu 500 MPa, první kořen nemá fyzikální smysl. Pro další výpočty proto použijeme druhý kořen (-146,2 MPa)

Rovnice pro x:

$$x = \frac{A_{s1} f_{yd} - A_{s2} \sigma_{s2}}{0,8 b_{col} f_{cd}} = \frac{226 \cdot 435 + 226 \cdot 146,2}{0,8 \cdot 400 \cdot 13,3} = 30,863 \text{ mm}$$

$$N_{Rd,3} = 0$$

$$M_{Rd,3} = 0,8 b_{col} x f_{cd} \left(\frac{h_{col}}{2} - 0,4 x \right) + A_{s2} \sigma_{s2} z_{s2} + A_{s1} f_{yd} z_{s1} =$$

$$= 0,8 \cdot 400 \cdot 30,863 \cdot 13,3 \cdot \left(\frac{400}{2} - 0,4 \cdot 30,863 \right) - 226 \cdot 146,2 \cdot 163 +$$

$$+ 226 \cdot 435 \cdot 163 = 35,3 \text{ kNm}$$

BOD 4 - NULOVÉ PŘETVOŘENÍ TLAČENÉ VÝZTUŽE ($\epsilon_{s2} = 0$)

$$N_{Rd,4} = A_{s1} f_{yd} = 226 \cdot 435 = 98,3 \text{ kN}$$

$$M_{Rd,4} = A_{s1} f_{yd} z_{s1} = 226 \cdot 435 \cdot 163 = 16,0 \text{ kNm}$$

BOD 5 - PROSTÝ TAH

$$N_{Rd,5} = (A_{s1} + A_{s2}) f_{yd} = (226 + 226) \cdot 435 = 196,62 \text{ kN}$$

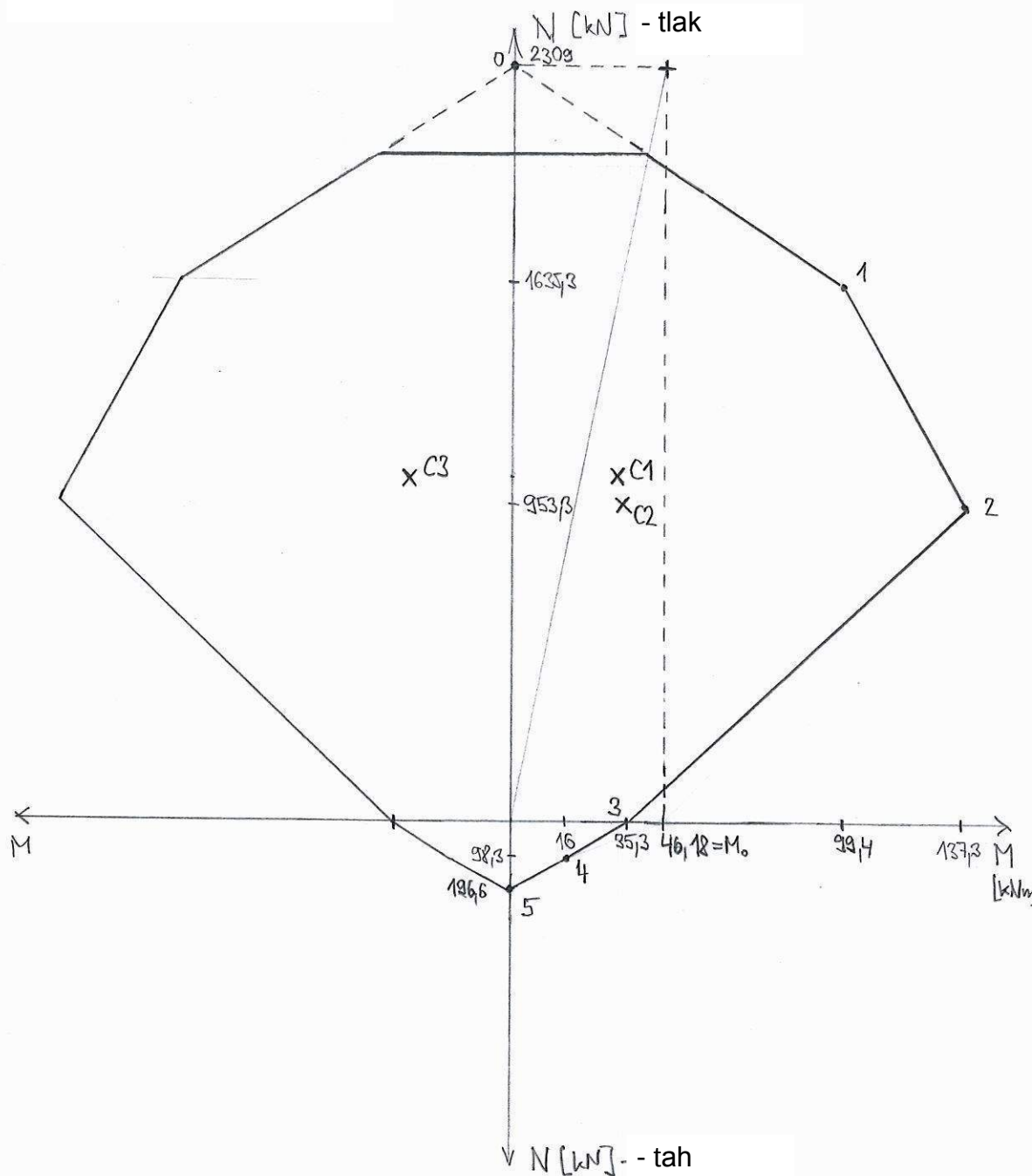
$$M_{Rd,5} = 0$$

OMEZENÍ TLAKOVÉ ÚNOSNOSTI

Minimální výstřednost:
$$e_o = \max \left(\frac{h_{col}}{30}; 20 \text{ mm} \right) = \max \left(\frac{400}{30}; 20 \right) = \max (13,3; 20) = 20 \text{ mm}$$

Minimální ohybový moment:
$$M_o = N_{Rd,0} e_o = 2309 \cdot 0,02 = 46,18 \text{ kNm}$$

INTERAKČNÍ DIAGRAM

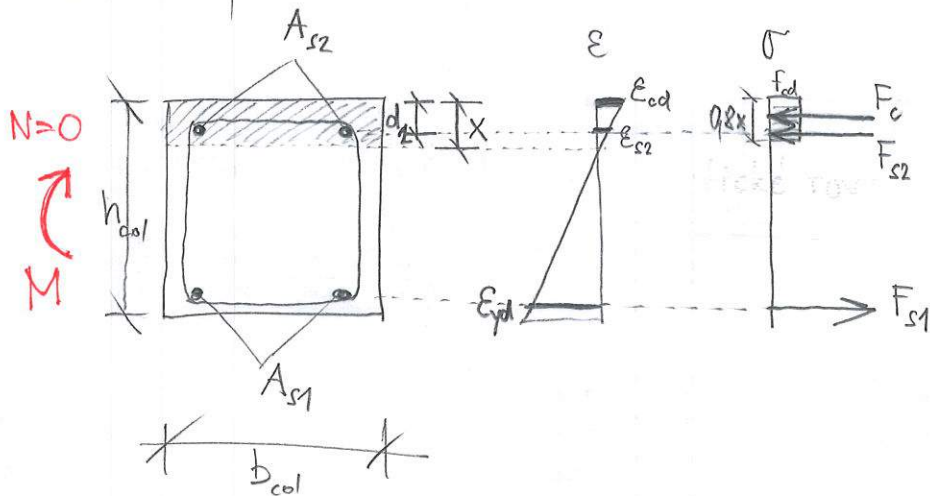


Kombinace zatížení	$N_{Ed} \text{ [kN]}$	$M_{Ed} \text{ [kNm]}$
C1	1053	31,2
C2	949	34,3
C3	1056	-30,8

Všechny kombinace leží uvnitř interakčního diagramu => NAVRŽENÝ SLOUP VYHOVÍ

PRÍLOHA 1 – Odvození kvadratické rovnice pro výpočet σ_{s2}

Schéma průřezu:



Neznámé:

- výška x
- přetvoření ϵ_{s2} a tedy napětí $\sigma_{s2} = \epsilon_{s2} E_s$

① Rovnováha sil: $F_c + F_{s2} = F_{s1}$

$$0,8 b_{col} x f_{cd} + A_{s2} \sigma_{s2} = A_{s1} f_{yd}$$

$$x = \frac{A_{s1} f_{yd} - A_{s2} \sigma_{s2}}{0,8 b_{col} f_{cd}}$$

② Průběh přetvoření – podobnost trojúhelníků:

$$\frac{\epsilon_{cd}}{x} = \frac{\epsilon_{s2}}{x - d_2}$$

$$x = \frac{\epsilon_{cd} d_2}{\epsilon_{cd} - \epsilon_{s2}} \quad \Bigg/ \quad \epsilon_{s2} = \frac{\sigma_{s2}}{E_s}$$

$$x = \frac{E_s \epsilon_{cd} d_2}{E_s \epsilon_{cd} - \sigma_{s2}}$$

① × ②:

$$\frac{A_{s1} f_{yd} - A_{s2} \sigma_{s2}}{0,8 b_{col} f_{cd}} = \frac{E_s \epsilon_{cd} d_2}{E_s \epsilon_{cd} - \sigma_{s2}}$$

$$(A_{s1} f_{yd} - A_{s2} \sigma_{s2}) \cdot (E_s \epsilon_{cd} - \sigma_{s2}) = 0,8 b_{col} f_{cd} E_s \epsilon_{cd} d_2$$

$$\sigma_{s2}^2 \cdot A_{s2} - \sigma_{s2} \cdot (A_{s1} f_{yd} + A_{s2} E_s \epsilon_{cd}) + E_s \epsilon_{cd} (A_{s1} f_{yd} - 0,8 b_{col} f_{cd} d_2) = 0$$

⇒ z kvadratické rovnice stanovíme σ_{s2} ,
dopočteme x a můžeme spočítat $M_{Rd,3}$