

7-

7.1.1.1 Mejno stanje uporabnosti - Uporabno dimensioniranje plošče $b = 25 \text{ cm}$; $a = 4 \text{ cm} \rightarrow d = 21 \text{ cm}$; $l = 7,0 \text{ m}$, $v = 1,0 \text{ m}$

Obtežbe: $g = 17,15 \text{ kN/m} \rightarrow M_g = \frac{g \cdot l^2}{8} = 105 \text{ kNm}$
 $q = 2,45 \text{ kN/m} \rightarrow M_q = \frac{q \cdot l^2}{8} = 15 \text{ kNm}$
 $(\psi_2 = 0,3)$

$$M_{Ed}^{MSN} = 1,35 \cdot M_g + 1,50 \cdot M_q = 164,25 \text{ kNm}$$

$$k_{dl} = \frac{M_{Eds}}{f_{cd} b d^2} = \frac{164,25 \cdot 100}{2,67 \cdot 100 \cdot 21^2} = 0,1395 \rightarrow$$

$\rightarrow$ ne padlogi izreč. kd izberem mej. def. $\epsilon_s / \epsilon_t = 10 / 3,5 \%$

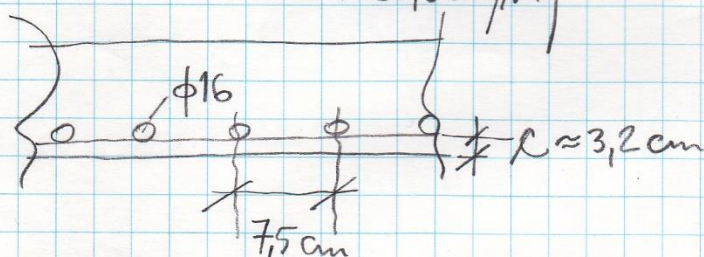
$$\rightarrow k_{dl} = 0,187$$

$$A_s = k_s \cdot \frac{M_{Eds}}{d \cdot \sigma_s} = 1,121 \cdot \frac{164,25 \cdot 100}{2,67 \cdot 34,8} = 25,19 \text{ cm}^2 \quad k_s = 1,121$$

$$k_x = 0,259 \Rightarrow$$

$$\rightarrow \text{izberem } \phi 16 / 7,5 \text{ cm} \quad (A_{s,dej} = 26,8 \text{ cm}^2/\text{m})$$

$$\hookrightarrow x = k_x \cdot d = 0,259 \cdot 21 = 5,44 \text{ cm}$$



mejna medsebojna razdalja med palicami $\leq 5 \left(c + \frac{\phi}{2} \right) =$
 $= 5 \cdot \left(3,2 + \frac{1,6}{2} \right) = 20,0 \text{ cm}$

7.1.1.2 Mejno stanje uporabnosti - Kontrola razpok
 (glej SIST EN 1992-1-1, točka 7.3.4)

Razpoke AB elementov kontroliramo pri nominalno-splni obtežni kombinaciji $G_{k,j} + \sum_{i \geq 1} \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$

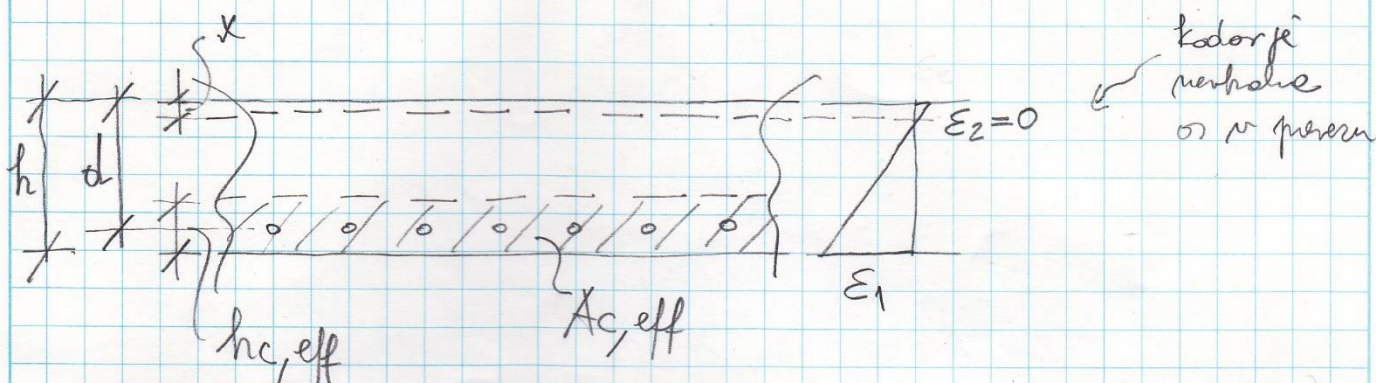
$$M_{Ed}^{MSU} = M_g + \psi_2 \cdot M_q = 105 + 0,3 \cdot 15 = 109,5 \text{ kNm}$$

$$W_k = S_{r,max} (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm})$$

$$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} = \frac{\sigma_s - k_t \cdot \frac{f_{ct,eff}}{s_{p,eff}} (1 + \alpha_e \cdot s_{p,eff})}{E_s} \geq 0,6 \frac{\sigma_s}{E_s}$$

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{20000}{3500} = 5,71$$

$$s_{p,eff} = \frac{A_s + \sum_1 \epsilon_1^2 A_p}{A_{c,eff}}$$



$A_{c,eff}$... ničesar ni del betonskega preseka v notranji coni, ki obdaja armaturo oz. prednapete žoble, z visino $h_{c,eff}$

$$h_{c,eff} = \min \begin{cases} 2,5(h-d) = 2,5(25-21) = 10 \text{ cm} \\ (h-x)/3 = (25-6,63)/3 = 6,1 \text{ cm} \\ h/2 = 25/2 = 12,5 \text{ cm} \end{cases}$$

σ_s ... napetost jekla pri računanju obtežbi za način MS razpored

$$s_{p,eff} = \frac{26,8}{6,1 \cdot 100} = 0,044$$

Nišine flečene cone x pri obremenitvi 8 up. mom. Med (Med = 8)
(glej priročnik EC str. 2-153.)

$$\begin{aligned}
 x &= \left[\frac{(\alpha_e A_s' + \alpha_e A_s)^2}{b^2} + \frac{2 \cdot (\alpha_e A_s' a' + \alpha_e A_s d)}{b} \right]^{\frac{1}{2}} - \frac{\alpha_e A_s' + \alpha_e A_s}{b} = \\
 &= \left[\frac{(\emptyset + 5,71 \cdot 26,8)^2}{100^2} + \frac{2 \cdot (\emptyset + 5,71 \cdot 26,8 \cdot 21)}{100} \right]^{\frac{1}{2}} - \frac{\emptyset + 5,71 \cdot 26,8}{100} = \\
 &= \left[(2,34 + 64,27) \right]^{\frac{1}{2}} - 1,53 = 6,63 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Iz momentnega ravnotežnega pogoja glede na mesto rezultante flečnih napetosti betona določimo napetost v notrni armaturi

$$\begin{aligned}
 \sigma_s &= \frac{3 M_{Ed}}{A_s \cdot (3d - x) + A_s' \cdot (x - 3a') \cdot (x - a') / (d - x)} = \\
 &= \frac{3 \cdot 109,5 \cdot 100}{26,8 \cdot (3 \cdot 21 - 6,63) + \emptyset} = 21,7 \text{ kN/cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{21,7 - 0,4 \cdot \frac{0,35}{0,044} (1 + 5,71 \cdot 0,044)}{20000} = 0,00088 \geq 0,6 \cdot \frac{21,7}{20000}$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0,00088$$

$$= 0,000651$$

(vzememo večjo vred.)

$s_{r,max}$... največje medsebojne razdalje med porpošami:

$$s_{r,max} = 3,4 \cdot c + 0,425 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot \frac{\phi}{s_{p,eff}}$$

k_1 ... koeficient, ki upošteva pogoje sidrenja s sprijemniki
napetostni sidrene armature

k_2 ... koeficient, ki upošteva vpliv razporeditve
deformacij po premeru

= 0,5 za uporabo (kadar je normalna oz. v preseku)

= 1,0 za čisti moment

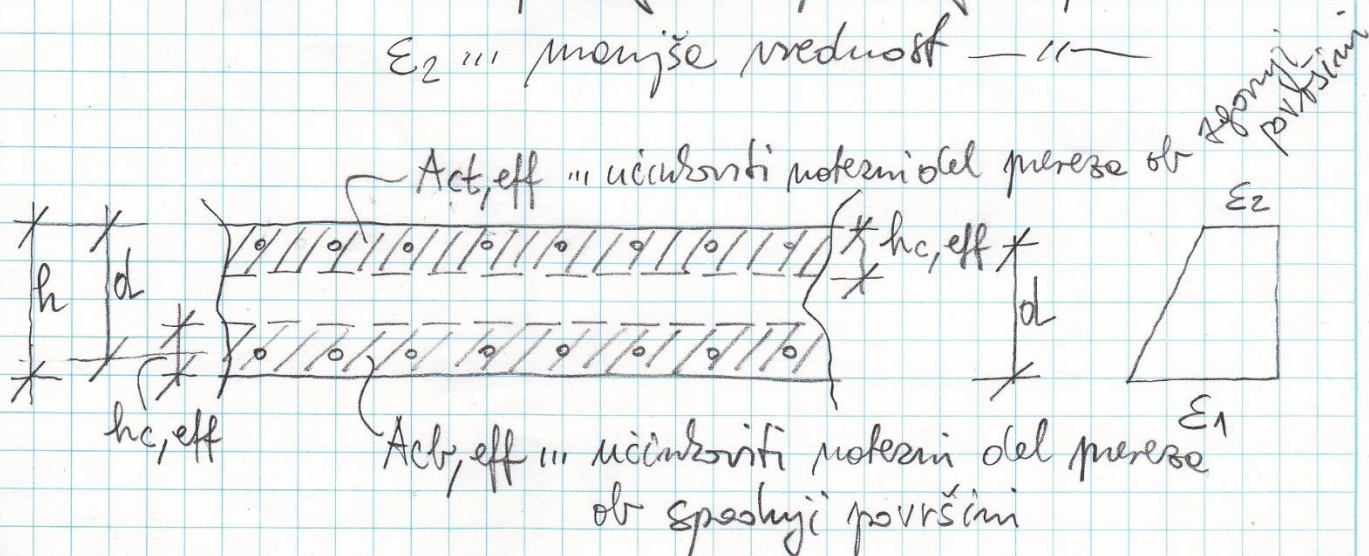
V primeru ekscentričnega momenta

$$k_2 = \frac{\varepsilon_1 + \varepsilon_2}{2\varepsilon_1}$$

ε_1 ... večja vrednost robne notranje depr., =

= manjše preseka j določimo na
podlagi razporedenega preseka

ε_2 ... manjša vrednost — " —



$$c = a - \frac{\phi_{uzol}}{2} = 4 - \frac{1,6}{2} = 3,2 \text{ cm} = 32 \text{ mm}$$

$$s_{r,max} = 3,4 \cdot 32 \text{ mm} + 0,425 \cdot 0,8 \cdot 0,5 \cdot \frac{16 \text{ mm}}{0,044} = 170,6 \text{ mm}$$

računsko širina razpore $\tilde{w}_z$:

$$\tilde{w}_z = s_{r,max} (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = 170,6 \text{ mm} \cdot 0,00088 = 0,15 \text{ mm}$$

$$< \tilde{w}_{z,max} = 0,3 \text{ mm} \checkmark$$

V primeru, da moramo zmanjšati širino razpore, lahko upoštevamo naslednje ukrepe:

- zmanjšano ϕ (vpliv na $s_{r,max}$)
- povečano A_s (zmanjšano napetost jekla)

3.1.2 PRIMER: Čisti nateg - stena

Beton: C40/50 $\rightarrow f_{ctm} = 0,35 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$

Arm.: S400 $\rightarrow f_{yd} = 34,8 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$

Stena: $h = 20 \text{ cm}$

$N_g = 120 \text{ kN}$

$N_{g2} = 700 \text{ kN}$

($\psi_2 = 0,3$)

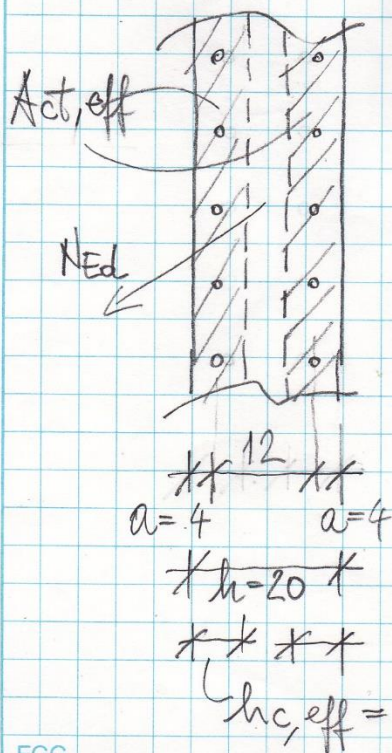
$$\begin{aligned} N_{Ed}^{MSN} &= 1,35 \cdot 120 + \\ &+ 1,50 \cdot 700 = 1212 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N_{Ed}^{MSU} &= N_g + \psi_2 \cdot N_{g2} \\ &= 120 + 0,3 \cdot 700 = \\ &= 330 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$A_s = \frac{N_{Ed}^{MSN}}{f_{yd}} = \frac{1212}{34,8} = 34,8 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Izberem $\phi 16/11 \text{ cm}$ obojestransko
($A_{s,dej} = 36,5 \text{ cm}^2/\text{m}$)

$$\begin{cases} 2,5a = 2,5 \cdot 4 = 10 \text{ cm} \\ h/2 = 20/2 = 10 \text{ cm} \end{cases} \Rightarrow h_{c,eff} = 10 \text{ cm}$$



$$A_{c,eff} = 2 \cdot h_{c,eff} \cdot 1m = 2 \cdot 10cm \cdot 100cm = 2000cm^2$$

$$\bar{w}_k = s_{r,max} (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm})$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{\sigma_s - k_t \cdot \frac{f_{ct,ef}}{s_{p,eff}} (1 + \alpha_e \cdot s_{p,eff})}{E_s}$$

$$= \frac{9,04 - 0,4 \cdot \frac{0,35}{0,01825} (1 + 5,71 \cdot 0,01825)}{20000} = 0,000285$$

$$\sigma_s = \frac{M_{Sd}}{A_s} = \frac{330kN}{36,5cm^2/m} = 9,04 \frac{kN}{cm^2}$$

$$\geq 0,6 \cdot \frac{\sigma_s}{E_s} = 0,6 \cdot \frac{9,04}{20000} = 0,000271$$

$$s_{p,eff} = \frac{A_s + \xi_1^2 \cdot A_p}{A_{c,eff}} = \frac{36,5cm^2}{2000cm^2} = 0,01825$$

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{20000}{3500} = 5,71$$

moževje predložimo navedeno med razporedi;

$$s_{r,max} = 3,4k + 0,425 k_1 \cdot k_2 \cdot \frac{\phi}{s_{p,eff}}$$

$$= 3,4 \cdot 32mm + 0,425 \cdot 0,8 \cdot 1,0 \cdot \frac{16mm}{0,01825} = 406,9mm$$

$$\bar{w}_k = s_{r,max} (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = 406,9mm \cdot 0,000271 = 0,11mm \leq \bar{w}_{k,max} = 0,3mm$$

D.N.: zverži ustrepe, da bo $\bar{w}_k \leq 0,1mm$

($A_s \uparrow$, $\phi \downarrow$) $\rightarrow$ zamenjaj $\phi 16$ z $\phi 14$