



RĪGAS TEHNISKĀ UNIVERSITĀTE

Būvniecības fakultāte

Būvkonstrukciju katedra

L.PAKRASTIŅŠ, A.SPRINCE

STIEGRBETONA KONSTRUKCIJU APRĒĶINA PIEMĒRI

Aprēķins veikts saskaņā ar: LVS EN 1990:2004, LVS EN 1991-1-1:2003,

EN 1992-1-1:2005

Rīga 2010

UZDEVUMS:

Noteikt dzelzsbetona plātnes biezumu un nepieciešamo stieģojumu, veicot visas nepieciešamās pārbaudes.

IZEJAS DATI:

Telpu izmantošanas raksturs – kategorija C1. Kategorija C1 atbilst platības ar galdiem un tml., piemēram, telpas skolās, kafejnīcās, restorānos, ēdnīcās, lasītavās, pieņemšanas telpās. Starpstāvu pārseguma „pīrāgs” virs dzelzsbetona plātnes: keramiska granīta flīzes, cementa javas slānis M100, līmējama hidroizolācija, cementa javas slānis M50.

Plātnes laidums attālumā starp balstiem – $l_n=4\text{m}$

Betona klase – C30/37

Stieģru klase – B500

Ārējās iedarbības klase XC2 (LVS EN 1992-1-1:2005 tab.4.1.) – mitrs, reti sauss. Betona virsmas, kas pakļautas ilglaicīgam kontaktam ar ūdeni.

Ekspluatācijas ilguma kategorija S4 – paredzamais ekspluatācijas ilgums 50 gadi.

ATRISINĀJUMS:

Papildus iegūtie dati:

Betonam

- Betona cilindriskā stiprība $f_{ck,cyl} = 30.0 \text{ MPa}$ (LVS EN 1992-1-1:2005 tab.3.1.)
- Materiāla parciālais faktors (drošuma koeficients) betonam pastāvīgai un mainīgai slodzei ir $\gamma_c = 1.5$ (LVS EN 1992-1-1:2005 tab.2.1N.)
- Koeficients, kurš ievērtē ilglaicīga slogojums ietekmi uz spiedes stiprību un nelabvēlīgos efektus, kas rodas no slodzes pielikšanas veida. Koeficienta α_{cc} rekomendējamai vērtībai ir jābūt starp 0.8 līdz 1.0. un to var atrast tās Nacionālajā Pielikumā. Rekomendējamā vērtība ir 1.0 (LVS EN 1992-1-1:2005 3.1.6 (1)P). Pieņemts: $\alpha_{cc} = 0.85$.
- Betona aprēķina pretestība (LVS EN 1992-1-1:2005 3.1.6.(1)P)
 $f_{cd} = f_{ck} \cdot \alpha_{cc} / \gamma_c$
 $f_{cd} = 30.0 \text{ MPa} \cdot 0.85 / 1.5 = \underline{17.0 \text{ MPa}}$
- Vidējā stiepes stiprība betonam $f_{ctm} = 2.9 \text{ MPa}$ (LVS EN 1992-1-1:2005 tab.3.1.)
- Betona sekantes elastības modulis $E_{cm} = 33.0 \text{ GPa}$ (LVS EN 1992-1-1:2005 tab.3.1.)

Stiegrojumam

- Projektā ir paredzēts profilētais stiegrojums B500. Līdz ar to raksturīgā (normatīvā) stiegrojuma tecēšanas robeža $f_{yk}=500.0$ MPa (LVS EN 1992-1-1:2005 tab. C.1.)
- Materiāla parcelālais faktors (drošuma koeficients) stiegrojumam pastāvīgai un mainīgai slodzei ir $\gamma_s=1.15$ (LVS EN 1992-1-1:2005 tab.2.1N.)
- Stiegrojuma aprēķina pretestība (LVS EN 1992-1-1:2005)

$$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_c$$

$$f_{yd} = 500.0 \text{ MPa} / 1.15 = \underline{434.8 \text{ MPa}}$$

- Stiegrojuma tērauda elastības moduļa aprēķina vērtība $E_s = 200.0$ GPa (LVS EN 1992-1-1:2005 3.2.7. (4)P)

1. NOMINĀLAIS AIZSARGSLĀNIS

Nominālais aizsargslānis: $c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev}$ (LVS EN 1992-1-1:2005 4.4.1.1. (2)P), kur

c_{nom} nominālais aizsargslāņa biezums

c_{min} minimālo aizsargslāņa biezumu (LVS EN 1992-1-1:2005 4.4.1.2. (2)P)

Δc_{dev} projekta novirzes pielāide (LVS EN 1992-1-1:2005 4.4.1.3. (1)P)

$$\Delta c_{dev} = 10 \text{ mm}$$

$c_{min} = \max \{c_{min,b}; c_{min,dur} + \Delta c_{dur,\gamma} - \Delta c_{dur,st}, -\Delta c_{dur,add}; 10 \text{ mm}\}$, kur

$c_{min,b}$ minimāls aizsargslānis sakarā ar saistes prasībām, atsevišķām stiegrām vienāds ar stiegru diametru, skatīt 4.4.1.2 (3)P;

Pieņem darba stiegru diametru plātnei – 12 mm, tādēļ $c_{min,b} = 12$ mm (LVS EN 1992-1-1:2005 tab.4.2.)

$c_{min,dur}$ minimāls aizsargslānis pret apkārtējās vides iedarbību, skatīt 4.4.1.2 (5)P;

$$c_{min,dur} = 25 \text{ mm (LVS EN 1992-1-1:2005 tab.4.4N.)}$$

$\Delta c_{dur,\gamma}$ papildus drošuma elements, skatīt 4.4.1.2 (6)P;

$\Delta c_{dur,st}$ minimālā aizsargslāņa biezuma samazinājums nerūsējošā tērauda lietošanas gadījumā, skatīt 4.4.1.2 (7)P;

$\Delta c_{dur,add}$ minimālā aizsargslāņa biezuma samazinājums papildus aizsardzības izmantošanas gadījumā, skatīt 4.4.1.2 (8)P.

$$\Delta c_{dur,\gamma}, \Delta c_{dur,st}, \Delta c_{dur,add} = 0$$

$$c_{min} = 25 \text{ mm} \rightarrow c_{nom} = 25 + 10 = \underline{35 \text{ mm}}$$

2. PLĀTNES APRĒĶINA LAIDUMS:

$l_{eff} = l_n + a_1 + a_2$ (LVS EN 1992-1-1:2005 5.3.2.2. (1)P), kur

l_{eff} elementa efektīvais laidums;

l_n tīrais attālums starp balstu plaknēm;

Pēc dotā $l_n = 4$ m;

$a_1; a_2$ vērtības katra laidumā galā var noteikt no atbilstošās a_i vērtības, kur t ir balsta elementa platums un h ir šķērsriezuma kopīgais augstums; Pārtrauktiem elementiem $a_i = \min \{1/2h; 1/2t\}$;

Pieņem plātnes augstumu 300 mm un balsta platumu 200 mm, tad $a_1 = a_2 = 1/2t$;

$$1/2 \cdot 200 = 100 \text{ mm}$$

$$l_{eff} = 4.00 + 0.100 + 0.100 = \underline{4.2 \text{ m}}$$

3. PLĀTNES BIEZUMA IZVĒLE:

$d_{min} = l_{eff} / 20 \cdot k_c = 4200 / 20 \cdot 1 = 210$ mm, kur

d_{min} efektīvais plātnes biezums

l_{eff} plātnes laidums

20 laiduma un aprēķina augstuma attiecība vienkāršam plātnes balstījuma gadījumam, ja ρ - stiegrojuma koeficients ir 0.5% (LVS EN 1992-1-1:2005 tab.7.4.N)

k_c korekcijas faktors;

$k_c = 1$, ja laidums starp balstiem nav lielāks par 7 m;

$h_{fakt} = d_{min} + c_{min} + 1/2\emptyset$, kur

h_{fakt} plātnes faktiskais augstums

$1/2\emptyset = 6$ mm - puse no stiegra diametra (pieņemts);

$h_{fakt} = 210 + 25 + 6 = 241$ mm, pieņemu plātnes biezumu 250 mm.

4. SLODŽU APRĒĶINS:

Pastāvīgā slodze uz pārseguma un dzelzsbetona plātnes pašsvars:

Grīdas slānis	Biezums (mm)	Blīvums (kN/m ³)	Raksturīga slodze g_k (kN/m ²)	Parciālais koeficients γ_G	Aprēķina slodze g_d (kN/m ²)
Keramiskas granīta flīzes	10	26	0.26	1.35	0.35
Cementa javas	30	19	0.57s	1.35	0.77

slānis M100					
Līmējama hidroizolācija	5	6	0.03	1.35	0.04
Dzelzsbetona plātne	250	24	6.00	1.35	8.10
Kopā:			6.86		9.26

Cementa javas un dzelzsbetona blīvums pieņemts saskaņā ar LVS EN 1991-1-1:2001 pielikuma A tabulu A.1. Pārējie blīvumi – saskaņā ar ražotāju specifikācijām.

Slodžu parciālais faktors (drošuma koeficients) (LVS EN 1991-1-1:2001).

Mainīgā slodze:

Mainīgā raksturīgā (lietderīgā) slodze: $q_k=3.0 \text{ kN/m}^2$ (LVS EN 1991-1-1. Iedarbes uz konstrukcijām. 1 – 1. daļas. Ēku lietderīgās slodzes. 6.1. un 6.2. tab.)

Slodžu parciālais faktors (drošuma koeficients) $\gamma_Q = 1.5$ (LVS EN 1990)

Aprēķina mainīgā slodze: $q_d = q_k \cdot \gamma_Q = 3.0 \cdot 1.5 = \underline{4.5 \text{ kN/m}^2}$

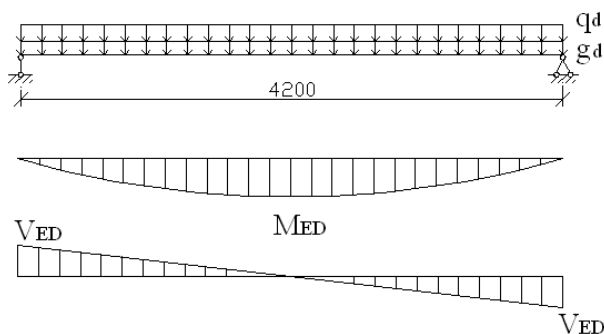
Kopējā slodze: $w_d = (g_d + q_d)$

$w_d = (9.26 + 4.5) = \underline{13.76 \text{ kN/m}^2}$

5. APRĒĶINA SHĒMA UN PIEPŪĻU NOTEIKŠANA:

Aprēķinu veic vienam tekošajam metram; $b= 1000 \text{ mm}$, kur

b aprēķina plātnes platums



Lieces momenta aprēķins:

$$M_{ED} = \frac{w_d \cdot l^2 \cdot 1 \text{ t.m}}{8}, \text{ kur}$$

M_{ED} lieces momenta aprēķina vērtība apskatāmajā šķēlumā, kas rodas no ārējās slogošanas

$$M_{ED} = \frac{13.76 \cdot 4.2^2}{8} = \underline{30.34 \text{ kN} \cdot \text{m}} = \underline{30.34 \cdot 10^6 \text{ N} \cdot \text{mm}}$$

Šķērsspēka aprēķins:

$$V_{ED} = \frac{w \cdot l}{2}, \text{ kur}$$

V_{ED} šķērsspēka aprēķina vērtība apskatāmajā šķēlumā, kas rodas no ārējās slogošanas

$$V_{ED} = \frac{13.76 \cdot 4.2}{2} = \underline{28.90 \text{ kN}}$$

6. GARENSTIEGROJUMA APRĒĶINS UN PĀRBAUDES:

Spiesta stiegrojuma nepieciešamības pārbaude:

$$K = \frac{M_{ED}}{b \cdot d^2 \cdot f_{ck}} \text{ („How to Design Concrete Structures using Eurocode 2” 19.lpp.);}$$

$$K = \frac{30.34 \cdot 10^6}{1000 \cdot 210^2 \cdot 30} = 0.023$$

$$K \leq K' \text{ („How to Design Concrete Structures using Eurocode 2” 19.lpp.);}$$

kur $K' = 0.60\delta - 0.18\delta^2 - 0.21 = 0.21$ („How to Design Concrete Structures using Eurocode 2” 19.lpp.);

δ momenta pārdalījuma attiecība 1.0 (**Momenti nedrīkst pārdalīties**) („How to Design Concrete Structures using Eurocode 2” 4.tabula 19.lpp.);

$$K = 0.023 \leq K' = 0.205$$

Tādējādi stiegrojums ir nepieciešams tikai stieptajā zonā

Stiegrojuma šķērsgriezuma laukums stieptajā zonā:

Iekšējā spēku pāra plecs z :

$$l_a = z / d = 0.950 \text{ („How to Design Concrete Structures using Eurocode 2” tab.5 19.lpp.);}$$

$$z = l_a \cdot d = 0.95 \cdot 210 = 199.5 \text{ mm}$$

Nepieciešamais stiegrojuma laukums $A_{s, req}$:

$$A_{s, req} = \frac{M_{ED}}{f_{yd} \cdot z} \text{ („How to Design Concrete Structures using Eurocode 2” 19.lpp.);}$$

$$A_{s, req} = \frac{30.34 \cdot 10^6}{434.8 \cdot 199.5} = \underline{349.77 \text{ mm}^2}$$

No stiegru šķērsgriezuma laukumu tabulas iegūstam, ka nepieciešams: 5 – stiegras ar soli 200 mm; Ø12 mm (5H12@200); $A_{s, prov} = 565.5 \text{ mm}^2$

Pieņemtā stiegrojuma pārbaude:

Minimālais pieļaujama stiegrojuma šķērsgriezuma laukums $A_{s, min}$:

$$A_{s,\min} = \frac{0.26 \cdot f_{ctm} \cdot b \cdot d}{f_{yk}} \quad (\text{LVS EN 1992-1-1:2005 9.2.1.1. (1)P})$$

$$A_{s,\min} = \frac{0.26 \cdot 2.9 \cdot 1000 \cdot 210}{500} = 316.68 \text{ mm}^2$$

Betona šķērsriezuma laukums A_c :

$$A_c = b \cdot h$$

$$A_c = 1000 \cdot 250 = 250000 \text{ mm}^2$$

Maksimālais stiegrojuma šķērsriezuma laukums $A_{s,\max}$:

$$A_{s,\max} \leq 0.04 \cdot A_c$$

$$A_{s,\max} \leq 0.04 \cdot 250000 \quad (\text{LVS EN 1992-1-1:2005 9.2.1.1. (3)P})$$

$$A_{s,\max} \leq 10000 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,\min} = 316.68 \text{ mm}^2 \leq A_{s,\text{prov}} = 565.5 \text{ mm}^2 \leq A_{s,\max} = 10000 \text{ mm}^2$$

Pārbaude izpildās

7. SLĪPO ŠĶĒLUMU STIPRĪBAS PĀRBAUDE ELEMENTIEM BEZ ŠĶĒRS-STIEGROJUMA (UZ BĪDI):

Elementa bīdes aprēķina pretestība bez šķērsspēku uzņemošā stiegrojuma

$V_{Rd,c}$ - elementa bez šķērsspēku uzņemošā stiegrojuma aprēķina bīdes pretestība

$$V_{Rd,c} = (C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3}) \cdot b_w \cdot d \quad (\text{LVS EN 1992-1-1:2005 6.2.2.}),$$

$$V_{Rd,c} = (0.12 \cdot 1.98 \cdot (100 \cdot 0.00269 \cdot 30)^{1/3}) \cdot 1000 \cdot 210 = 99.79 \text{ kN}$$

$$C_{Rd} = \frac{0.18}{\gamma_c} = 0.18/1.5 = 0.12 \text{ koeficients, ko pieņem saskaņā ar nacionālajiem pielikumiem}$$

Garenstiegrojuma koeficients ρ_l :

$$\rho_l = \frac{A_{s,\text{prov}}}{b \cdot d} \leq 0.02, \quad (\text{LVS EN 1992-1-1:2005 6.2.2.})$$

$$\rho_l = \frac{565.5}{1000 \cdot 210} = 0.00269 \leq 0.02$$

Faktors (koeficients) k :

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

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{210}} \leq 2 \quad (\text{LVS EN 1992-1-1:2005 6.2.2.})$$

$$k = 1.98 \leq 2$$

$$V_{ED} = 28.90 \text{ kN} \leq V_{Rd,c} 99.79 \text{ kN}$$

Nosacījums izpildās. Tādējādi šķērspēka uzņemošais stiegrojums nav nepieciešams.

Enkurojuma garums:

Stieptu stiegru enkurojuma garumu uz balstiem pieņem $36 \cdot \emptyset = 36 \cdot 12 = 432 \text{ mm}$ (Bill Mosley, John Bungey, Ray Hulse „Reinforced Concrete Design to Eurocode 2” pielikumā tab. A.6)

8. PLAISU REGULĒŠANA:

- **1. VARIANTS** – vienkāršotā pārbaude (Plaisāšanas regulēšana bez tiešu aprēķinu izmantošanas).

Nosacījumi, kuriem jāizpildās:

$$A_{s,prov} \geq A_{s,min}^{erc}$$

$$s \leq s_{max}$$

$$d_s \leq d_{max}$$

Minimālais šķērsriezuma laukums

$A_{s,min} \sigma_s = k_c k f_{ct,eff} A_{ct}$, (LVS EN 1992-1-1:2005 7.3.2. (2)P), kur

$A_{s,min}$ stiegrojuma minimālais laukums stiepes zonā;

A_{ct} betona laukums stiepes zonā;

$$A_{ct} = \frac{1}{2} \cdot b \cdot d$$

$$A_{ct} = 1/2 \cdot 1000 \cdot 210 = 105000 \text{ mm}^2$$

σ_s pieļaujamā maksimālā sprieguma stiegrojumā absolūtā vērtība tieši pēc plaisas izveidošanās. Šo spriegumu var pieņemt vienādu ar stiegrojuma tecēšanas robežu f_{yk} .

$f_{ct,eff}$ betona stiepes stiprības vidējā vērtība laika momentā, kad var sagaidīt pirmās plaisas parādīšanos: $f_{ct,eff} = f_{ctm} = 2.9 \text{ MPa}$ vai mazāka ($f_{ctm}(t)$), ja plaisāšana ir sagaidāma agrāk kā pēc 28 dienām;

k koeficients, kas ievēro nevienmērīgo pašlīdzsvarojošo spriegumu efektu, kurš noved pie iespīlējuma spēku samazināšanās: $k = 1,0$ sienīgas plātnēm ar $h \leq 300 \text{ mm}$ vai plauktiem ar platumu mazāku par 300 mm ;

k_c koeficients, kas ņem vērā sprieguma sadalījumu šķēlumā tieši pirms plaisāšanas un sviras pleca izmaiņas: lieci $k_c = 0,4$;

$$A_{S,\min} = k_c \cdot k \cdot f_{ct,eff} \cdot \frac{A_{ct}}{\sigma_s}$$

$$A_{S,\min} = 0.4 \cdot 1 \cdot 2.9 \cdot \frac{105000}{500} = 243.6 \text{ mm}^2$$

$$A_{S,prov} = 595.5 \geq A_{S,\min} = 243.6 \text{ mm}^2$$

Pārbaude izpildās

Maksimālais stiegru solis plaisu regulēšanai:

Iedarbības klasei XC2 rekomendējamā w_{\max} vērtības ir 0,3 mm. (LVS EN 1992-1-1:2005 tab. 7. 1N.)

$$\sigma_s = \frac{f_{yk} \cdot m \cdot A_{s,reg}}{\gamma_s \cdot n \cdot A_{s,prov}} \text{ (Chanakya Arya „Design of structural elements” 339.lpp.)}, \text{ kur}$$

m kvazi pastāvīgā slodze

n kopējā aprēķina slodze

$$m = g_k + \psi_2 \cdot q_k$$

$$m = 6.86 + 0.3 \cdot 3 = 7.76 \text{ kN/m}^2$$

$$n = \gamma_G \cdot g_k + \gamma_Q \cdot q_k$$

$$n = 9.26 + 4.5 = 13.76 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_s = \frac{500 \cdot 7.76 \cdot 349.77}{1.15 \cdot 13.76 \cdot 565.5} = 151.66 \text{ MPa} = 151.66 \text{ N/mm}^2$$

Pieņem $\sigma_s = 160 \text{ MPa}$; $w_k = 0.3 \text{ mm}$ (LVS EN 1992-1-1:2005 tab. 7. 3N.)

$$s_{\max} = 300 \text{ mm}$$

$$s = \frac{b}{n_{stiegras}} = 1000 / 5 = 200 \text{ mm}$$

$$s \leq s_{\max}$$

$$s = 200 \text{ mm} \leq s_{\max} = 300 \text{ mm}$$

Pārbaude izpildās

Maksimālais stiegru diametrs plaisu regulēšanai :

Pieņem $\sigma_s = 160 \text{ MPa}$; $w_k = 0.3 \text{ mm}$ (LVS EN 1992-1-1:2005 tab. 7. 2N.)

$$d_{\max} = 32 \text{ mm}$$

$$d_s \leq d_{\max}$$

$$d_s = 12 \text{ mm} \leq d_{\max} = 32 \text{ mm}$$

Pārbaude izpildās

- **2. VARIANTS** (Tiešais aprēķins)

Plaisu platuma aprēķins no lieces (LVS EN 1992-1-1:2005 7.3.4.)

Plaisu platumu w_k aprēķina:

$$w_k = s_{r,\max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}), \text{ kur}$$

$s_{r,\max}$ maksimālais attālums starp plaisām;

ε_{sm} stieģrojuma vidējā deformācija pie atbilstošās slodžu kombinācijas, ietverot lietderīgo deformāciju efektus un ņemot vērā stinguma palielināšanās efektus pie stiepes. Tiek apskatīta tikai papildus stiepes deformācija pēc betona nulles deformācijas stāvokļa tajā pašā līmenī;

ε_{cm} vidējā deformācija betonā starp plaisām.

Starpību $\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}$ nosakam:

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{\sigma_s - k_t \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}} (1 + \alpha_e \rho_{p,eff})}{E_s} \geq 0,6 \frac{\sigma_s}{E_s}, \text{ (LVS EN 1992-1-1:2005 7.3.4.)}$$

σ_s spriegums stiepes stieģrojumā, pieņemot saplaisājušu šķēlumu.

$$\sigma_s = \frac{M}{\left(d - \frac{x}{3}\right) \cdot A_s} \text{ (Bill Mosley, John Bungey, Ray Hulse „Reinforced Concrete Design to$$

Eurocode 2” 151.lpp.),

$$\text{Stieģrojuma darbības efektīvas zonas augstums: } b \cdot x \cdot \frac{x}{2} = a_e \cdot A_s \cdot (d - x)$$

α_e efektīvā modulārā attiecība E_s / E_{cm} ;

$E_{c,eff}$ efektīvais elastības modulis

$$E_{c,eff} = E_{cm} / (1 + \phi(\infty; t_0)), \text{ kur}$$

$\phi(\infty; t_0)$ beigu šķūdes koeficients (Bill Mosley, John Bungey, Ray Hulse „Reinforced Concrete Design to Eurocode 2” tab.6.12.)

Pieņemot, kā betons tiek slogots uz 28 dienu no betonēšanas, kā betona izgatavošana tiek izmantots normālas cietēšanas ātruma cements un kā gaisa relatīvais mitrums ir $\approx 50\%$, kur $2A_c / u = 2 \cdot (1000 \cdot 250) / 2500 = 200$, kur

A_c Betona šķērsriezuma laukums

u Betona profila ar laukumu A_c perimetrs

šis koeficients bezgalīgam laiku periodam ir:

$$\phi(\infty; t_0) = 2.8$$

$$E_{c,eff} = 33 / (1 + 2.8) = 8.68 GPa$$

$$a_e = \frac{E_s}{E_{c,eff}} = \frac{200}{8.68} = 23.04$$

$$1000 \cdot x \cdot \frac{x}{2} = 23.04 \cdot 565.5 \cdot (210 - x)$$

$$500x^2 + 13029.12x - 2736115.20 = 0$$

$$x = 62.1 \text{ mm}$$

$$\sigma_s = \frac{30.34 \cdot 10^6}{\left(210 - \frac{62.1}{3}\right) \cdot 565.5} = \frac{283.4 \text{ MPa}}{1} = 283.4 \text{ N/mm}^2$$

k_t no slogošanas ilguma atkarīgs faktors; $k_t = 0,4$ ilglaicīgai slogošanai.

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_s}{A_{c,eff}} \text{ (Bill Mosley at all „Reinforced Concrete Design to EC 2” 151.lpp.)}, \text{ kur}$$

$A_{c,eff}$ betona efektīvais stiepes laukums, kas aptver stiebrojumu vai spriegojamā stiebrojuma elementus augstumā $h_{c,ef}$, kur

$$h_{c,ef} = \min 2.5 \cdot (h - d); \frac{(h - x)}{3}; h/2$$

$$h_{c,ef} = \min 2.5 \cdot (250 - 210); \frac{(250 - 62.1)}{3}; 250/2$$

$$h_{c,ef} = \min 100; 62.6; 125$$

$$\rho_{p,eff} = \frac{565.5}{1000 \cdot 62.6} = 0.009$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{283 - 0.4 \cdot \frac{2.9}{0.009} \cdot (1 + 23.04 \cdot 0.009)}{200 \cdot 10^3} \geq 0.6 \cdot \frac{283}{200 \cdot 10^3}$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0.00064 \geq 0.00085$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0.00064$$

Plaisu maksimālais solis:

stiegru solis $\leq 5(c + \phi/2)$ (LVS EN 1992-1-1:2005 7.3.4.(3)P), kur

ϕ stiegras diametrs;

c garenstiegrojuma aizsargslāņa biezums;

$200\text{mm} \leq 5(35 + 12/2) = 205$ mm, tātad maksimālos gala plaisu attālumus var izrēķināt:

$$s_{r,\max} = k_3 \cdot c + k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot \phi / \rho_{o,\text{eff}} \quad (\text{LVS EN 1992-1-1:2005 7.3.4.}), \text{ kur}$$

$k_1 = 0,8$ augstas saistes stiegrām;

$k_2 = 0,5$ liecei;

Valstī lietojamās k_3 un k_4 vērtības var atrast tās Nacionālajā Pielikumā. Rekomendējamās vērtības ir atbilstoši 3,4 un 0,425.

$$s_{r,\max} = 3.4 \cdot 35 + 0.8 \cdot 0.5 \cdot 0.425 \cdot 12 / 0.009 = 345.7 \text{ mm}$$

Līdz ar to plaisu platums:

$$w_k = 345.7 \cdot 0.00064 = \underline{0.22 \text{ mm}}$$

Pieļaujamais plaisu platums pēc LVS EN 1992-1-1:2005 tabulas 7.1N ir $w_{\max} = 0.3$ mm.

Tātad izpildās nosacījums $w_k = 0.22 \text{ mm} \leq w_{\max} = 0.3 \text{ mm}$

9. IZLIECES REGULĒŠANA:

- **1.VARIANTS** (Vienkāršotā pārbaude)

Laiduma un efektīvā plātnes biezuma robežattieciības pārbaude

$$\frac{l}{d_{\text{basic}}} \cdot F_1 \cdot F_2 \cdot F_3 \geq \frac{l}{d} \quad (\text{„How to Design Concrete Structures using Eurocode 2” att.3.}$$

20.lpp.)

l/d laidums/ efektīvā augstums robežvērtība

$$\sigma_s = 168.85 \text{ MPa}$$

$F_1 = 1$, jo $b_{\text{eff}} / b_w = 1.0$ („How to Design Concrete Structures using Eurocode 2” 19.lpp.)

$F_2 = 1$, jo laidums mazāks par 7 m („How to Design Concrete Structures using Eurocode 2” 19.lpp.)

$$F_3 = \frac{310}{\sigma_s} = \frac{310}{151.66} = 2.044 \quad (\text{„How to Design Concrete Structures using Eurocode 2” att.3.}$$

20.lpp.)

$$\rho_1 = \frac{A_{s,prov}}{b \cdot d} = \frac{565.5}{1000 \cdot 210} = 0.002 = 0.2\% , \text{ pieņem } \rho_1 = 0.4\%$$

$$\frac{l}{d_{basic}} = 26 \text{ („How to Design Concrete Structures using Eurocode 2” 5.att. 21.lpp.);}$$

$$\frac{l}{d} = \frac{4200}{210} = 20$$

$$26 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 2 = 52 \geq 20$$

$$\frac{l}{d_{basic}} = 52 \geq \frac{l}{d} = 20$$

Pārbaude izpildās

- **2. VARIANTS** (Izlieču pārbaude aprēķinu ceļā)

a) elementa maksimālais liekums nesaplaisājušam (uncracked) šķēlumam

$$\left(\frac{1}{r}\right)_{uc} = \frac{M}{E_{c,eff} \cdot I_{uc}} \text{ (Bill Mosley at all „Reinforced Concrete Design to Eurocode 2” 6.3.2.),}$$

kur

I_{uc} Inerces moments nesaplaisājušam (uncracked) šķēlumam

$$I_{uc} = \frac{b \cdot h^3}{12}$$

$$I_{uc} = \frac{1000 \cdot 250^3}{12} = 1302.1 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$\left(\frac{1}{r}\right)_{uc} = \frac{30.34 \cdot 10^6}{8.86 \cdot 10^3 \cdot 1302.1 \cdot 10^6} = 0.00000263 \frac{1}{mm} = 2.63 \cdot 10^{-6} \frac{1}{mm}$$

b) elementa maksimālais liekums saplaisājušam (cracked) šķēlumam:

Nosaka neitrālās ass atrašanos:

$$b \cdot x \cdot \frac{x}{2} = a_e \cdot A_s \cdot (d - x)$$

$$1000 \cdot \frac{x^2}{2} = 23.04 \cdot 565.5 \cdot (210 - x)$$

$$500x^2 + 13029.12x - 2736115.20 = 0$$

$$x = \underline{62.1 \text{ mm}}$$

I_{cr} Inerces moments saplaisājušam (cracked) šķēlumam

$$I_{cr} = \frac{bx}{3} + a_e \cdot A_s \cdot (d - x)^2 \text{ (Bill Mosley, John Bungey, Ray Hulse „Reinforced Concrete$$

Design to Eurocode 2” 143.lpp.)

$$I_{cr} = \frac{1000 \cdot 62.1}{3} + 23.04 \cdot 565.5 \cdot (210 - 62.1)^2 = 285 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$\left(\frac{1}{r}\right)_{cr} = \frac{M}{E_{c,eff} \cdot I_{cr}}$$

$$\left(\frac{1}{r}\right)_{cr} = \frac{30.34 \cdot 10^6}{8.86 \cdot 10^3 \cdot 285 \cdot 10^6} = 0.000012 \cdot \frac{1}{\text{mm}} = 12 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{1}{\text{mm}}$$

c) elementa vidējais liekums saplaisājušam un nesaplaisājušam (uncracked) šķēlumam

$$\left(\frac{1}{r}\right) = \xi \cdot \left(\frac{1}{r_{cr}}\right) + (1 - \xi) \cdot \left(\frac{1}{r}\right)_{uc} \text{ (Bill Mosley, John Bungey, Ray Hulse „Reinforced$$

Concrete Design to Eurocode 2” 143.lpp.), kur

$$\xi = 1 - \beta \left(\frac{\sigma_{sr}}{\sigma_s}\right)^2 = 1 - \beta \left(\frac{M_{cr}}{M}\right)^2, \text{ kur}$$

β koeficients, kas atkarīgs no slodzes darbības ilguma, priekš ilgstošas slodzes $\beta=0,5$

$$M_{cr} = f_{ctm} \cdot (b_w \cdot h^2 / 6)$$

$$M_{cr} = 2.9 \cdot (1000 \cdot 250^2 / 6) \cdot 10^{-6} = 30.2 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\xi = 1 - 0.5 \cdot \left(\frac{30.21}{30.34}\right)^2 = 0.5$$

$$\left(\frac{1}{r}\right) = 0.5 \cdot 12 \cdot 10^{-6} + (1 - 0.5) \cdot 2.63 \cdot 10^{-6} = 7.32 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{1}{\text{mm}}$$

3) Rukuma izliekums:

a) Aprēķināt rukuma liekumu saplaisājušam (cracked) šķēlumam

$$\left(\frac{1}{r}\right)_{cr} = \varepsilon_{cs} \cdot a_e \cdot \frac{S}{I_{cr}}, \text{ (Bill Mosley, John Bungey, Ray Hulse „Reinforced Concrete Design$$

to Eurocode 2” 144.lpp.), kur

S laukuma statiskais moments

$$S = A_s \cdot (d - x)$$

$$S = 565.5 \cdot (210 - 62.1) = 83637.5 \text{ mm}^3 = 84 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

ε_{cs} rukuma deformācija

$\varepsilon_{cs} = 470 \cdot 10^{-6}$ (Bill Mosley, John Bungey, Ray Hulse „Reinforced Concrete Design to Eurocode 2” tab. 6.13. 140.lpp.),

$$\left(\frac{1}{r}\right)_{cr} = 470 \cdot 10^{-6} \cdot 23.04 \cdot \frac{84 \cdot 10^3}{285 \cdot 10^6} = 3.2 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{1}{mm}$$

b) Aprēķināt rukuma liekumu nesaplaisājušam (uncracked) šķēlumam:

$\left(\frac{1}{r}\right)_{uc} = \varepsilon_{cs} \cdot a_e \cdot \frac{S}{I_{uc}}$ (Bill Mosley, John Bungey, Ray Hulse „Reinforced Concrete Design to Eurocode 2” 140.lpp.), kur

$$S = A_s \cdot (d - x)$$

$$S = 565.5 \cdot \left(210 - \frac{250}{2}\right) = 48067.5 \text{ mm}^3 = 48 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$\left(\frac{1}{r}\right)_{uc} = 470 \cdot 10^{-6} \cdot 23.04 \cdot \frac{48 \cdot 10^3}{1302.1 \cdot 10^6} = 0.4 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{1}{mm}$$

c) Aprēķina vidējo rukuma liekumu:

$$\left(\frac{1}{r}\right) = \xi \cdot \left(\frac{1}{r}\right)_{cr} + (1 - \xi) \cdot \left(\frac{1}{r}\right)_{uc}$$

$$\left(\frac{1}{r}\right) = 0.5 \cdot 3.2 \cdot 10^{-6} + (1 - 0.5) \cdot 0.4 \cdot 10^{-6} = 1.8 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{1}{mm}$$

4) Izlieces aprēķins:

a) liekums no slodzes = $7.32 \cdot 10^{-6}$ 1/mm

Izliekums no rukuma = $1.8 \cdot 10^{-6}$ 1/mm

Kopējais izliekums = $9.12 \cdot 10^{-6}$ 1/mm

Vienkārši balstītai plātnei ar vienmērīgi izkliedētu slodzi maksimālā izliece:

$f = 0.104 \cdot L^2 \cdot \frac{1}{r}$ (Bill Mosley, John Bungey, Ray Hulse „Reinforced Concrete Design to Eurocode 2” 141.lpp.),

$$f = 0.104 \cdot 4200^2 \cdot 9.12 \cdot 10^{-6} = \underline{16.7 \text{ mm}}$$

b) Pieļaujamā plātnes izliece:

$$f_u = \frac{L}{250}$$

$$f_u = \frac{4200}{250} = \underline{16.8 \text{ mm}}$$

c) pārbaude:

$$f = 16.7 \text{ mm} < f_u = 16.8 \text{ mm}$$

Pārbaude izpildās

10. KONSTRUKTĪVO PRASĪBU PĀRBAUDE

Stiegru solis maksimālā momenta darbības zonā

$$s = 200 \text{ mm} \begin{cases} \leq s_{\max} = 2h = 500 \text{ mm} \\ \leq s_{\max} = 250 \text{ mm} \end{cases} \quad (\text{LVS EN 1992-1-1:2005 9.3.1.1. (3)P})$$

11. SEKUNDĀRAIS STIEGROJUMS:

$$\min A_{s,w} = 0.2 \cdot A_{s,prov} \quad (\text{LVS EN 1992-1-1:2005 9.3.1.1. (2)P})$$

$$\min A_{s,w} = 0.2 \cdot 565.5 = 113.2 \text{ mm}^2$$

No stiegru šķērsgriezuma laukumu tabulas iegūstam, ka nepieciešams: 2,5 stiegras ar soli 400 mm; Ø10 mm; $A_{s,prov} = 314 \text{ mm}^2$

$$s = 400 \text{ mm} \begin{cases} \leq s_{\max} = 3h = 750 \text{ mm} \\ \leq s_{\max} = 400 \text{ mm} \end{cases} \quad (\text{LVS EN 1992-1-1:2005 9.3.1.1. (3)P})$$

Pieņemu:

$$\text{Ø}=10 \text{ mm}$$

$$S_w=400 \text{ mm}$$

$$n=2$$

$$A_{s,w} = \pi r^2 \cdot n = 3.14 \cdot 5^2 \cdot 4 = 314 \text{ mm}^2 > \min A_{s,w} = 113.2 \text{ mm}^2$$

12. UGUNSDROŠĪBA:

Pēc LVS prEN 1992-1-2:2003 atbilstoši pēc tab. 5.8. un 5.9, plātne atbilst standarta ugunsizturībai REI 240.

DZELZSBETONA SIJAS APRĒĶINA PIEMĒRS

UZDEVUMS:

Noteikt T-veida dzelzsbetona sijas nepieciešamo stiegrojumu, veicot visas nepieciešamās pārbaudes.

IZEJAS DATI:

Sijas platums $b_w = 300$ mm;

Sijas augstums $h = 660$ mm;

Trīs laidumu sija, visi attālumi starp balstiem vienādi – $l = 5.0$ m; Otrā virzienā solis starp sijām – 4.0 m;

Pārseguma plātnes augstums $h_f = 180$ mm;

Sijas balstījuma platums 300 mm;

Sijai pielikta vienmērīgi izkliedēta aprēķina slodze $w_d = 190$ kN/m;

Betona klase – C30/37;

Stiegru klase – B500;

Ārējās iedarbības klase XC2 (LVS EN 1992-1-1:2005 tab.4.1.) – mitrs, reti sauss. Betona virsmas, kas pakļautas ilglaicīgam kontaktam ar ūdeni;

Ekspluatācijas ilguma kategorija S4 – paredzamais ekspluatācijas ilgums 50 gadi.

ATRISINĀJUMS:

Papildus iegūtie dati:

Betonam

- Betona cilindriskā stiprība $f_{ck,cyl} = 30.0$ MPa = 30.0 N/mm² (LVS EN 1992-1-1:2005 tab.3.1.)
- Materiāla parciālais faktors (drošuma koeficients) betonam pastāvīgai un mainīgai slodzei ir $\gamma_c = 1.5$ (LVS EN 1992-1-1:2005 tab.2.1N.)
- Koeficients, kurš ievērtē ilglaicīga slogojums ietekmi uz spiedes stiprību un nelabvēlīgos efektus, kas rodas no slodzes pielikšanas veida. Koeficienta α_{cc} rekomendējamai vērtībai ir jābūt starp 0.8 līdz 1.0. un to var atrast tās Nacionālajā Pielikumā. Rekomendējamā vērtība ir 1.0 (LVS EN 1992-1-1:2005 3.1.6 (1)P). Pieņemts: $\alpha_{cc} = 0.85$.
- Betona aprēķina pretestība (LVS EN 1992-1-1:2005 3.1.6.(1)P)

$$f_{cd} = f_{ck} \cdot \alpha_{cc} / \gamma_c$$

$$f_{cd} = 30.0 \text{ MPa} \cdot 0.85 / 1.5 = \underline{17.0 \text{ MPa}}$$

Stiegrojumam

- Projektā ir paredzēts profilētais stiegrojums B500. Līdz ar to raksturīgā (normatīvā) stiegrojuma tecēšanas robeža $f_{yk} = 500.0 \text{ MPa} = 500 \text{ N/mm}^2$ (LVS EN 1992-1-1:2005 tab. C.1.)
- Materiāla parcālais faktors (drošuma koeficients) stiegrojumam pastāvīgai un mainīgai slodzei ir $\gamma_s = 1.15$ (LVS EN 1992-1-1:2005 tab.2.1N.)
- Stiegrojuma aprēķina pretestība (LVS EN 1992-1-1:2005)

$$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_c$$

$$f_{yd} = 500.0 \text{ MPa} / 1.15 = \underline{434.8 \text{ MPa}}$$

1. Nominālais aizsargslānis

Nominālais aizsargslānis: $c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev}$ (LVS EN 1992-1-1:2005 4.4.1.1. (2)P), kur

c_{nom} nominālais aizsargslāņa biezums

c_{min} minimālo aizsargslāņa biezumu (LVS EN 1992-1-1:2005 4.4.1.2. (2)P)

Δc_{dev} projekta novirzes pielāide (LVS EN 1992-1-1:2005 4.4.1.3. (1)P)

$$\Delta c_{dev} = 10 \text{ mm}$$

$c_{min} = \max \{c_{min,b}; c_{min,dur} + \Delta c_{dur,\gamma} - \Delta c_{dur,st}, -\Delta c_{dur,add}; 10 \text{ mm}\}$, kur

$c_{min,b}$ minimāls aizsargslānis sakarā ar saistes prasībām, ja nominālais maksimālo pildījuma daļiņu izmērs ir lielāks par 32 mm, $c_{min,b}$ jāpalielina par 5 mm, skatīt 4.4.1.2 (3)P; Pieņem darba stiegru diametru sijai – 25 mm, tādēļ $c_{min,b} = 25 \text{ mm}$ (LVS EN 1992-1-1:2005 tab.4.2.)

$c_{min,dur}$ minimāls aizsargslānis pret apkārtējās vides iedarbību, skatīt 4.4.1.2 (5)P;

$$c_{min,dur} = 25 \text{ mm} \text{ (LVS EN 1992-1-1:2005 tab.4.4N.)}$$

$\Delta c_{dur,\gamma}$ papildus drošuma elements, skatīt 4.4.1.2 (6)P;

$\Delta c_{dur,st}$ minimālā aizsargslāņa biezuma samazinājums nerūsējošā tērauda lietošanas gadījumā, skatīt 4.4.1.2 (7)P;

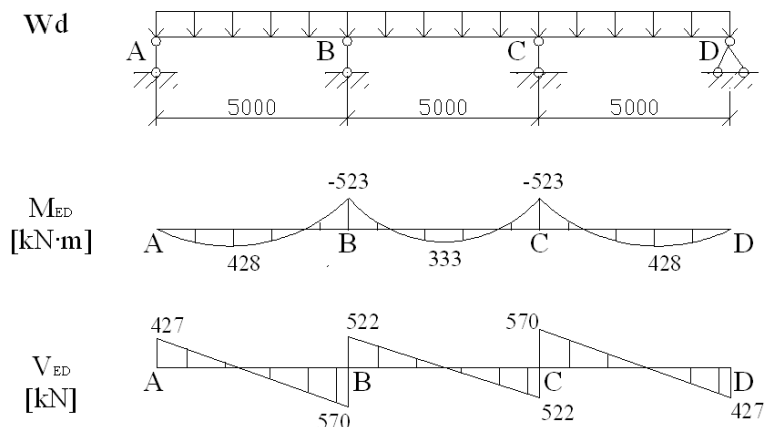
$\Delta c_{dur,add}$ minimālā aizsargslāņa biezuma samazinājums papildus aizsardzības izmantošanas gadījumā, skatīt 4.4.1.2 (8)P.

$$\Delta c_{dur,\gamma}, \Delta c_{dur,st}, \Delta c_{dur,add} = 0$$

$$c_{min} = 25 \text{ mm} \rightarrow c_{nom} = 25 + 10 = \underline{35 \text{ mm}} \text{ (garenstieģrojumam)}$$

$$c_{min} = 25 \text{ mm} \rightarrow c_{nom} = 25 + 10 = \underline{35 \text{ mm}} \text{ (šķērsstieģrojumam)}$$

2. Aprēķina shēma un piepūļu noteikšana:

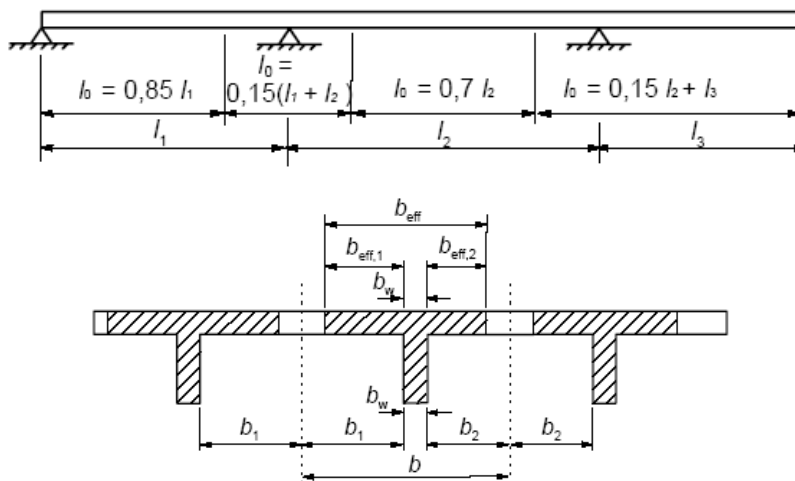


3. Garenstiegrojuma aprēķins un pārbaudes:

- Pirmajā un trešajā laidumā aprēķināmais šķērsgriezums T- veida Moments 428 kN · m

Sijas efektīvā platuma noteikšana:

$b_{eff} = \sum b_{eff,i} + b_w \leq b$ (LVS EN 1992-1-1:2005 5.3.2.1.), kur



b Šķērsgriezuma faktiskais plaukta platums T profila sijā

b_w T profila sijas sienīņas platums

$b_{eff} = b_w + 2 \cdot [0.2 \cdot b' + 0.1 \cdot 0.85 \cdot l] (\leq b = b_w + 2 \cdot [0.2 \cdot 0.85 \cdot l])$ kur $b' = b_1 = b_2$

$b = b_w + 2 \cdot [0.2 \cdot 0.85 \cdot l] = 300 + 2 \cdot [0.2 \cdot 0.85 \cdot 5000] = 2000 \text{ mm}$

$b_{eff} = 300 + 2 \cdot [(0.2 \cdot (2000 - 300/2)) + (0.085 \cdot 5000)] = 1890 \text{ mm}$

$$b_f = b_{eff} = 1890 \text{ mm}$$

Darbīgais augstums (attālums no spiestās zonas līdz darba stiegrojuma smaguma centram):

$$d_{fakt} = h - (c_{min} + aptveres \varnothing + 1/2\varnothing), \text{ kur}$$

d_{fakt} sijas faktiskais augstums

$$\text{aptveres } \varnothing = 10 \text{ mm}$$

$$1/2\varnothing = 12.5 \text{ mm} - \text{puse no darba stiegras diametra (pieņemts);}$$

$$d_{fakt} = 660 - (25 + 10 + 1/2 \cdot 25) = 612.5 \text{ mm pieņemts } d_{fakt} = 600 \text{ mm}$$

Spiesta stiegrojuma nepieciešamības pārbaude:

$$K = \frac{M_{ED}}{b_f \cdot d^2 \cdot f_{ck}} \text{ („How to Design Concrete Structures using Eurocode 2” 27.lpp.);}$$

$$K = \frac{428 \cdot 10^6}{1890 \cdot 600^2 \cdot 30} = 0.022$$

$$K \leq K' \text{ („How to Design Concrete Structures using Eurocode 2” 27.lpp.);}$$

$$\text{kur } K' = 0.60\delta - 0.18\delta^2 - 0.21 = 0.21 \text{ („How to Design Concrete Structures using Eurocode 2” 27.lpp.);}$$

δ momenta pārdalījuma attiecība 1.0, momenti nedrīkst pārdalīties („How to Design Concrete Structures using Eurocode 2” 4.tabula 27.lpp.);

$$K = 0.022 \leq K' = 0.208$$

Tādējādi stiegrojums ir nepieciešams tikai stieptajā zonā

Stiegrojuma šķērsriezuma laukums stieptajā zonā:

Iekšējā spēku pāra plecs z :

$$l_a = z/d = 0.950 \text{ („How to Design Concrete Structures using Eurocode 2” tab.5 27.lpp.)}$$

Table 5
z/d for singly reinforced rectangular sections

K	z/d	K	z/d
≤0.05	0.950 ^a	0.13	0.868
0.06	0.944	0.14	0.856
0.07	0.934	0.15	0.843
0.08	0.924	0.16	0.830
0.09	0.913	0.17	0.816
0.10	0.902	0.18	0.802
0.11	0.891	0.19	0.787
0.12	0.880	0.20	0.771

Key
a Limiting z to 0.95d is not a requirement of Eurocode 2, but is considered to be good practice.

$$z = l_a \cdot d = 0.95 \cdot 600 = 570 \text{ mm}$$

$$d - z = 600 - 570 = 30 \text{ mm} (< h_f / 2 = 180 / 2 = 90 \text{ mm})$$

Cits aprēķina variants:

$$x / d = 2.5 \cdot (1 - z / d)$$

$$x / d = 2.5 \cdot (1 - 0.95) = 0.125$$

$$x = 0.125 \cdot 600 = 75 \text{ mm} (< h_f = 180 \text{ mm})$$

Tā kā spriegumu bloks atrodas plauktā, šķēlums aprēķinās kā taisnstūra šķērs griezumam, kur $b = b_f$.

Nepieciešamais stiegrojuma laukums $A_{s, req}$:

$$A_{s, req} = \frac{M_{ED}}{f_{yd} \cdot z} \text{ („How to Design Concrete Structures using Eurocode 2” 27.lpp.)}$$

$$A_{s, req} = \frac{428 \cdot 10^6}{434.8 \cdot 570} = 1726 \text{ mm}^2$$

No stiegru šķērs griezumam tabulas iegūstam, ka nepieciešams:

3H25 un 2H16; $A_{s, prov} = 1872 \text{ mm}^2$ (apakšējais stiegrojums)

Pieņemtā stiegrojuma pārbaude:

Minimālais pieļaujams stiegrojuma šķērs griezumam laukums $A_{s, min}$:

$$A_{s, min} = \frac{0.26 \cdot f_{ctm} \cdot b \cdot d}{f_{yk}} \text{ (LVS EN 1992-1-1:2005 9.2.1.1. (1)P)}$$

$$A_{s,\min} = \frac{0.26 \cdot 2.9 \cdot 1890 \cdot 570}{500} = \underline{1625 \text{ mm}^2}$$

Betona šķērsriezuma laukums A_c :

$$A_c = b \cdot h$$

$$A_c = 1890 \cdot 600 = \underline{1134000 \text{ mm}^2}$$

Maksimālais stiegrojuma šķērsriezuma laukums $A_{s,\max}$:

$$A_{s,\max} \leq 0.04 \cdot A_c$$

$$A_{s,\max} \leq 0.04 \cdot 1134000 \text{ (LVS EN 1992-1-1:2005 9.2.1.1. (3)P)}$$

$$A_{s,\max} \leq 45360 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,\min} = 1625 \text{ mm}^2 \leq A_{s,\text{prov}} = 1872 \text{ mm}^2 \leq A_{s,\max} = 45360 \text{ mm}^2$$

Pārbaude izpildās

- Uz iekšējiem balstiem aprēķināmais šķērsriezums taisnstūrveida Moments 523 kN · m

$$K = \frac{M_{ED}}{b \cdot d^2 \cdot f_{ck}}$$

$$K = \frac{523 \cdot 10^6}{300 \cdot 580^2 \cdot 30} = 0.173$$

$K \leq K'$ („How to Design Concrete Structures using Eurocode 2” 27.lpp.);

$$K = 0.173 \leq K' = 0.167$$

Tādējādi stiegrojums ir nepieciešams arī spiestajā zonā

Stiegrojums spiestajā zonā:

$$A'_{s,req} = \frac{(K - K') \cdot f_{ck} \cdot b \cdot d^2}{0.87 \cdot f_{yk} \cdot (d - d')} \text{ („How to Design Concrete Structures using Eurocode 2”$$

27.lpp.);

$$A'_{s,req} = \frac{(0.173 - 0.167) \cdot 30 \cdot 300 \cdot 580^2}{0.87 \cdot 500 \cdot (580 - 50)} = \underline{79 \text{ mm}^2}$$

Spiestā (*apakšējā*) stiegrojuma mazo šķērsriezuma laukumu var nodrošināt, pagarinot apakšējo laiduma stiegrojumu uz iekšējiem balstiem.

Stiegrojums spiestajā zonā:

$l_a = 0.82$ (Bill Mosley, John Bungey, Ray Hulse „Reinforced Concrete Design to Eurocode 2” att.7.5.), tad:

$$A_{s,req} = \frac{0.167 \cdot f_{ck} \cdot b \cdot d^2}{0.87 \cdot f_{yk} \cdot z} + A'_{s,req} \quad (\text{„How to Design Concrete Structures using Eurocode 2”$$

27.lpp.);

$$A_{s,req} = \frac{0.167 \cdot 30 \cdot 300 \cdot 580^2}{0.87 \cdot 500 \cdot (0.82 \cdot 580)} + 79 = 2444 + 79 = \underline{2523 \text{ mm}^2}$$

Pieņem 4H25 stiegras plus 2H20, $A_s = 2588 \text{ mm}^2$ (*augšējām stiegrojumam*)

Pieņemtā stiegrojuma pārbaude:

Minimālais pieļaujamais stiegrojuma šķērsriezuma laukums $A_{s,min}$:

$$A_{s,min} = \frac{0.26 \cdot f_{ctm} \cdot b \cdot d}{f_{yk}} \quad (\text{LVS EN 1992-1-1:2005 9.2.1.1. (1)P})$$

$$A_{s,min} = \frac{0.26 \cdot 2.9 \cdot 300 \cdot 570}{500} = \underline{258 \text{ mm}^2}$$

Betona šķērsriezuma laukums A_c :

$$A_c = b \cdot h$$

$$A_c = 300 \cdot 600 = \underline{180000 \text{ mm}^2}$$

Maksimālais stiegrojuma šķērsriezuma laukums $A_{s,max}$:

$$A_{s,max} \leq 0.04 \cdot A_c$$

$$A_{s,max} \leq 0.04 \cdot 180000 \quad (\text{LVS EN 1992-1-1:2005 9.2.1.1. (3)P})$$

$$A_{s,max} \leq 7200 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,min} = 258 \text{ mm}^2 \leq A_{s,prov} = 2523 \text{ mm}^2 \leq A_{s,max} = 7200 \text{ mm}^2$$

Pārbaude izpildās

- Vidējā laidumā aprēķināmais šķērsriezums T- veida Moments $333 \text{ kN} \cdot \text{m}$

Sijas efektīvā platuma noteikšana:

$$b_{eff} = b_w + 2 \cdot [0.2 \cdot b' + 0.1 \cdot 0.7 \cdot L] \quad (\leq b = b_w + 2 \cdot [0.2 \cdot 0.7 \cdot L])$$

$$b = b_w + 2 \cdot [0.2 \cdot 0.7 \cdot L] = 300 + 2 \cdot [0.2 \cdot 0.7 \cdot 5000] = 1700 \text{ mm}$$

$$b_{eff} = 300 + 2 \cdot [(0.2 \cdot (2000 - 300/2)) + (0.07 \cdot 5000)] = \underline{1740 \text{ mm}}$$

Spiesta stiegrojuma nepieciešamības pārbaude:

$$K = \frac{M_{ED}}{b_f \cdot d^2 \cdot f_{ck}} \text{ („How to Design Concrete Structures using Eurocode 2” 27.lpp.)};$$

$$K = \frac{333 \cdot 10^6}{1740 \cdot 600^2 \cdot 30} = 0.018$$

$$K \leq K' \text{ („How to Design Concrete Structures using Eurocode 2” 27.lpp.)};$$

kur $K' = 0.60\delta - 0.18\delta^2 - 0.21 = 0.21$ („How to Design Concrete Structures using Eurocode 2” 27.lpp.);

δ momenta pārdalījuma attiecība 1.0 („How to Design Concrete Structures using Eurocode 2” 4.tabula 27.lpp.);

Momenti nedrīkst pārdalīties.

$$K = 0.018 \leq K' = 0.208$$

Tādējādi stiegrojums ir nepieciešams tikai stieptajā zonā

Stiegrojuma šķērsriezuma laukums stieptajā zonā:

Iekšējā spēku pāra plecs z :

$$l_a = z/d = 0.950 \text{ („How to Design Concrete Structures using Eurocode 2” tab.5 27.lpp.)};$$

$$z = l_a \cdot d = 0.95 \cdot 600 = 570 \text{ mm}$$

$$d - z = 600 - 570 = 30 \text{ mm} (< h_f/2 = 180/2 = 90 \text{ mm})$$

Tā kā spriegumu bloks atrodas plauktā, šķēlums aprēķinās kā taisnstūra šķērsriezums, kur $b = b_f$

Nepieciešamais stiegrojuma laukums $A_{s, req}$:

$$A_{s, req} = \frac{M_{ED}}{f_{yd} \cdot z} \text{ („How to Design Concrete Structures using Eurocode 2” 27.lpp.)};$$

$$A_{s, req} = \frac{333 \cdot 10^6}{434.8 \cdot 570} = 1343 \text{ mm}^2$$

No stiegru šķērsriezuma laukumu tabulas iegūstam, ka nepieciešams:

3H25 mm; $A_{s, prov} = 1470 \text{ mm}^2$ (*apakšējais stiegrojums*)

Pieņemtā stiegrojuma pārbaude:

Minimālais pieļaujamais stiegrojuma šķērsriezuma laukums $A_{s,min}$:

$$A_{s,min} = \frac{0.26 \cdot f_{cm} \cdot b \cdot d}{f_{yk}} \quad (\text{LVS EN 1992-1-1:2005 9.2.1.1. (1)P})$$

$$A_{s,min} = \frac{0.26 \cdot 2.9 \cdot 1700 \cdot 570}{500} = \underline{1461 \text{ mm}^2}$$

Betona šķērsriezuma laukums A_c :

$$A_c = b \cdot h$$

$$A_c = 1700 \cdot 600 = \underline{1020000 \text{ mm}^2}$$

Maksimālais stiegrojuma šķērsriezuma laukums $A_{s,max}$:

$$A_{s,max} \leq 0.04 \cdot A_c$$

$$A_{s,max} \leq 0.04 \cdot 10420000 \quad (\text{LVS EN 1992-1-1:2005 9.2.1.1. (3)P})$$

$$A_{s,max} \leq 40800 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,min} = 1461 \text{ mm}^2 \leq A_{sprov} = 1470 \text{ mm}^2 \leq A_{s,max} = 40800 \text{ mm}^2$$

Pārbaude izpildās

4. Sijas aprēķins šķērsspēka iedarbībā:

Spiešā betona stiprība starp slīpajām plaisām (check for crushing of the strut at the maximum shear force)

- Maksimālais šķērsspēks uz malējo laidumu AB un CD balstiem B un C:

$$v_{ED} = V_{ED} - w_d \cdot \frac{1}{2} \text{ balsta platuma}$$

$$v_{ED} = 570 - 190 \cdot \frac{1}{2} \cdot 300 = \underline{542 \text{ kN}}$$

$$V_{Rd,max} = 0.124 \cdot b_w \cdot d \cdot \left(1 - \frac{f_{ck}}{250}\right) \cdot f_{ck} \quad (\theta = 22^\circ, \cot \theta = 2.5)$$

$$V_{Rd,max} = 0.124 \cdot 300 \cdot 600 \cdot \left(1 - \frac{30}{250}\right) \cdot 30 = \underline{589 \text{ kN}} \quad (> V_{ED} = 542 \text{ kN})$$

- Šķērsstiegras malējo laidumu AB un CD balstos A un D:

Šķērsspēks:

$$v_{ED} = V_{ED} - w_d \cdot (0.15 + 0.6)$$

$$v_{ED} = 427 - 190 \cdot (0.15 + 0.6) = \underline{285 \text{ kN}}$$

Šķērsstiegru aprēķins:

$$\frac{A_{sw}}{s} = \frac{v_{ED}}{0.78 \cdot d \cdot f_{yk} \cdot \cot \theta}$$

$$\frac{A_{sw}}{s} = \frac{285 \cdot 10^3}{0.78 \cdot 600 \cdot 500 \cdot 2.5} = 0.49$$

Pieņem aptveres H8 ar soli 200mm < s_{apt,max} = 0.75·d=0.75·600=450 mm, A_{sw}/s=0.50

(Bill Mosley, John Bungey, Ray Hulse „Reinforced Concrete Design to Eurocode 2” pielikuma tab.A4)

Table A.4 A_{sw}/s for varying stirrup diameter and spacing

Stirrup diameter (mm)	Stirrup spacing (mm)										
	85	90	100	125	150	175	200	225	250	275	300
8	1.183	1.118	1.006	0.805	0.671	0.575	0.503	0.447	0.402	0.366	0.335
10	1.847	1.744	1.57	1.256	1.047	0.897	0.785	0.698	0.628	0.571	0.523
12	2.659	2.511	2.26	1.808	1.507	1.291	1.13	1.004	0.904	0.822	0.753
16	4.729	4.467	4.02	3.216	2.68	2.297	2.01	1.787	1.608	1.462	1.34

Note: A_{sw} is based on the cross-sectional area of two legs of the stirrup.

- Šķērsstiegras malējo laidumu AB un CD balstos B un C:

Šķērsspēks:

$$v_{ED} = V_{ED} - w_d \cdot (0.15 + 0.58)$$

$$v_{ED} = 356 - 190 \cdot (0.15 + 0.58) = \underline{431 \text{ kN}}$$

Šķērsstiegru aprēķins:

$$\frac{A_{sw}}{s} = \frac{v_{ED}}{0.78 \cdot d \cdot f_{yk} \cdot \cot \theta}$$

$$\frac{A_{sw}}{s} = \frac{431 \cdot 10^3}{0.78 \cdot 580 \cdot 500 \cdot 2.5} = 0.762$$

Pieņem aptveres H10 ar soli 200mm < s_{apt,max} = 0.75·d=0.75·600=450 mm, A_{sw}/s=0.762

(Bill Mosley, John Bungey, Ray Hulse „Reinforced Concrete Design to Eurocode 2” pielikuma tab.A4)

- Šķērsstiegras vidējā laiduma BC balstos B un C:

Šķērsspēks:

$$v_{ED} = V_{ED} - w_d \cdot (0.15 + 0.6)$$

$$v_{ED} = 522 - 190 \cdot (0.15 + 0.6) = \underline{380 \text{ kN}}$$

Pieņem aptveres H10 ar soli 225 mm.

- Minimālais šķērsstiegru daudzums:

$$\frac{A_{sw,min}}{s} = \frac{0.08 \cdot f_{ck}^{0.5} \cdot b_w}{f_{yk}}$$

$$\frac{A_{sw,min}}{s} = \frac{0.08 \cdot 30^{0.5} \cdot 300}{500} = 0.263$$

Pieņem aptveres H8 ar soli 300mm, $A_{sw}/s=0.335$

(Bill Mosley, John Bungey, Ray Hulse „Reinforced Concrete Design to Eurocode 2” pielikuma tab.A4)

$$V_{min} = \frac{A_{sw,min}}{s} \cdot 0.78 \cdot d \cdot f_{yk} \cdot \cot \theta$$

$$V_{min} = 0.335 \cdot 0.78 \cdot 600 \cdot 500 \cdot 2.5 \cdot 10^{-3} = \underline{196 \text{ kN}}$$

- Šķērsstiegras pēc aprēķina nepieciešams izvietot x_i attālumā no balstiem, pārējā laidumā nepieciešams nodrošināt minimālo šķērsstiegrojuma daudzumu.

$$x_1 = \frac{V_{ED} - V_{min}}{w_u} - 0.15$$

Pirmā un trešā laiduma balstos A un D:

$$x_1 = \frac{427 - 196}{190} - 0.15 = 1.07 \text{ m}$$

Pirmā un trešā laiduma iekšējos balstos B un C:

$$x_2 = \frac{570 - 196}{190} - 0.15 = 1.82 \text{ m}$$

Vidējā laiduma balstos B un C:

$$x_3 = \frac{522 - 196}{190} - 0.15 = 1.57 \text{ m}$$

DZELZSBETONA KOLONNAS APRĒĶINA PIEMĒRS

Aprēķins veikts saskaņā ar: LVS EN 1990:2004, LVS EN 1991-1-1:2003

UZDEVUMS:

Noteikt iekšējās dzelzsbetona kolonnas šķērsriezuma izmērus un nepieciešamo stiegrojumu, veicot visas nepieciešamās pārbaudes.

IZEJAS DATI:

Kolonnas šķērsriezuma izmēri $b \times h = 300 \times 300$ mm

Kolonnas augstums $H=3.5$ m

Betona klase – C30/37

Stiegru klase – B500, stiegru izvietojums šķērsgriezumā – simetrisks;

Ārējās iedarbības klase XC2 (LVS EN 1992-1-1:2005 tab.4.1.) – mitrs, reti sauss. Betona virsmas, kas pakļautas ilglaicīgam kontaktam ar ūdeni.

Ekspluatācijas ilguma kategorija S4 – paredzamais ekspluatācijas ilgums 50 gadi.

ATRISINĀJUMS:

Papildus iegūtie dati:

Betonam

- Betona cilindriskā stiprība $f_{ck,cyl} = 30.0$ MPa (LVS EN 1992-1-1:2005 tab.3.1.)
- Materiāla parciālais faktors (drošuma koeficients) betonam pastāvīgai un mainīgai slodzei ir $\gamma_c = 1.5$ (LVS EN 1992-1-1:2005 tab.2.1N.)
- Koeficients, kurš ievērtē ilglaicīga slogojums ietekmi uz spiedes stiprību un nelabvēlīgos efektus, kas rodas no slodzes pielikšanas veida. Koeficienta α_{cc} rekomendējamai vērtībai ir jābūt starp 0.8 līdz 1.0. un to var atrast tās Nacionālajā Pielikumā. Rekomendējamā vērtība ir 1.0 (LVS EN 1992-1-1:2005 3.1.6 (1)P). Pieņemts: $\alpha_{cc} = 1.0$
- Betona aprēķina pretestība (LVS EN 1992-1-1:2005 3.1.6.(1)P)

$$f_{cd} = f_{ck} \cdot \alpha_{cc} / \gamma_c$$

$$f_{cd} = 30.0 \text{ MPa} / 1.5 = \underline{20.0 \text{ MPa}}$$

Stiegrojumam

- Projektā ir paredzēts profilētais stiegrojums B500. Līdz ar to raksturīgā (normatīvā) stiegrojuma tecēšanas robeža $f_{yk}=500.0$ MPa (LVS EN 1992-1-1:2005 tab. C.1.)
- Materiāla daļējais faktors (drošuma koeficients) stiegrojumam pastāvīgai un mainīgai slodzei ir $\gamma_s=1.15$ (LVS EN 1992-1-1:2005 tab.2.1N.)
- Stiegrojuma aprēķina pretestība (LVS EN 1992-1-1:2005)

$$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_c$$

$$f_{yd} = 500.0 \text{ MPa} / 1.15 = \underline{434.8 \text{ MPa}}$$

1. Kolonnas aizsargslānis c:

Nominālais aizsargslānis: $c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev}$ (LVS EN 1992-1-1:2005 4.4.1.1. (2)P), kur

c_{nom} nominālais aizsargslāņa biezums

c_{min} minimālo aizsargslāņa biezumu (LVS EN 1992-1-1:2005 4.4.1.2. (2)P)

Δc_{dev} projekta novirzes pielāide (LVS EN 1992-1-1:2005 4.4.1.3. (1)P)

$$\Delta c_{dev} = 10 \text{ mm}$$

$$c_{min} = \max \{c_{min,b}; c_{min,dur} + \Delta c_{dur,y} - \Delta c_{dur,st}, -\Delta c_{dur,add}; 10 \text{ mm}\}, \text{ kur}$$

$c_{min,b}$ minimāls aizsargslānis sakarā ar saistes prasībām, atsevišķām stiegrām vienāds ar stiegru diametru, skatīt 4.4.1.2 (3)P;

Pieņem darba stiegru diametru kolonnai – 25 mm, tādēļ $c_{min,b} = 25$ mm (LVS EN 1992-1-1:2005 tab.4.2.)

$c_{min,dur}$ minimāls aizsargslānis pret apkārtējās vides iedarbību, skatīt 4.4.1.2 (5)P;

$$c_{min,dur} = 25 \text{ mm (LVS EN 1992-1-1:2005 tab.4.4N.)}$$

$\Delta c_{dur,y}$ papildus drošuma elements, skatīt 4.4.1.2 (6)P;

$\Delta c_{dur,st}$ minimālā aizsargslāņa biezuma samazinājums nerūsējošā tērauda lietošanas gadījumā, skatīt 4.4.1.2 (7)P;

$\Delta c_{dur,add}$ minimālā aizsargslāņa biezuma samazinājums papildus aizsardzības izmantošanas gadījumā, skatīt 4.4.1.2 (8)P.

$$\Delta c_{dur,y}, \Delta c_{dur,st}, \Delta c_{dur,add} = 0$$

$$c_{min} = 25 \text{ mm} \rightarrow c_{nom} = 25+10=\underline{35 \text{ mm}} \text{ (garenstiegrojumam)}$$

$$c_{min} = 25 \text{ mm} \rightarrow c_{nom} = 25+10=\underline{35 \text{ mm}} \text{ (aptverēm)}$$

Aizsargslāņa lielums aptverēm ir dominējošs, tāpēc palielinām aizsargslāni garenstiegrojumam līdz $35+8=\underline{43 \text{ mm}}$

2. Stiegrojuma daudzums noteikts 1. stāva ārējai kolonnai:

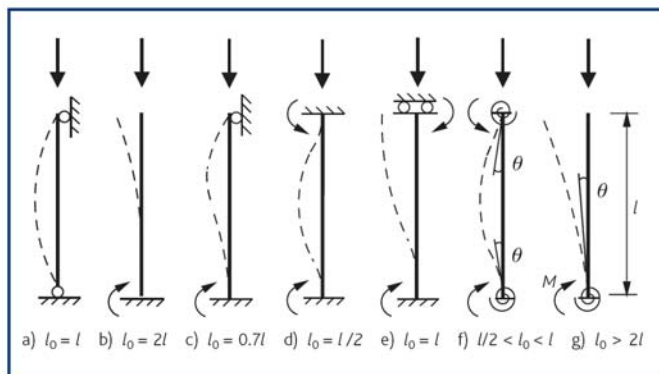
$$M_{\text{augšs}} = 74.9 \text{ kN}\cdot\text{m}, M_{\text{apakšs}} = 0 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$\text{Maksimālais: } N_{Ed} = 1015 \text{ kN}$$

Effektīvais kolonnas garums

Effektīvais garums regulāram rāim ar savienotiem elementiem:

$$l_0 = 0.7 \cdot l \text{ (LVS EN 1992-1-1:2005 5.8.3.2 att.5.7)}$$



l – tīrais kolonnas augstums

$$l_0 = 0.7 \cdot 3.5 = 2.45 \text{ m}$$

Aprēķina moments M_{Ed} :

$$M_{Ed} = \max [M_{01}, M_{02}]$$

pirmā kārtas galu (iespīlējuma) momenti, $|M_{02}| \geq |M_{01}|$.

$$M_{01} = \min [M_{\text{augšs}}; M_{\text{apakšs}}] + e_i \cdot N_{Ed}$$

$$M_{02} = \max [M_{\text{augšs}}; M_{\text{apakšs}}] + e_i \cdot N_{Ed}$$

e_i – ģeometriskā neprecizitāšu ekscentritāte (gadījuma ekscentritāte)

$$e_0 = \max [l_0/400; h/30; 20] = \max [245/400; 300/30; 20] = \max [6.12; 10; 20] = 20 \text{ mm}$$

$$M_{02} = 74.9 + 1015 \cdot 0.02 = 95.2 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{01} = 0 + 1015 \cdot 0.02 = 20.3 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Lokanums λ :

$$\lambda = l_0 / i \text{ (LVS EN 1992-1-1:2005 5.8.3.2.), kur}$$

i – inerces rādiuss taisnstūra šķērsgrīzumam

$$i = h / \sqrt{12} \text{ (LVS EN 1992-1-1:2005 5.8.3.2.)}$$

$$i = 0.087 \text{ m}$$

$$\lambda = 2.45 / 0.087 = 28$$

Lokanuma robežvērtība λ_{lim} :

$$\lambda_{lim} = 20 \cdot (A \cdot B \cdot C) / \sqrt{n} \text{ (LVS EN 1992-1-1:2005 5.8.3.1.)}, \text{ kur}$$

n – relatīvais normālais spēks

$$n = N_{Ed} / A_c \cdot f_{cd}$$

$$n = 1015 \cdot 10^3 / (300^2 \cdot 30 / 1.5) = 0.56$$

$$A = 1 / (1 + 0.2 \varphi_{ef}), \quad (\text{ja } \varphi_{ef} \text{ nav zināms, var izmantot } A = 0.7)$$

$$A = 0.7$$

$$B = \sqrt{1 + 2 \cdot \omega} \quad (\text{ja } \omega \text{ nav zināms, var izmantot } B = 1.1);$$

ω – mehāniskā stieģrojuma koeficients

$$\omega = A_s \cdot f_{yd} / A_c \cdot f_{cd}$$

A_s – kopīgais garenstieģrojuma laukums

$$\omega = A_s \cdot 438.8 / (300^2 \cdot 20) = A_s \cdot 0.00024$$

Pieņemu: 4Ø25, $A_s = 1960 \text{ mm}^2$, tad

$$\omega = 1960 \cdot 0.00024 = 0.473$$

$$B = \sqrt{1 + 2 \cdot 0.473} = 1.4$$

$$C = 1.7 - M_{01} / M_{02}$$

$$C = 1.7 - 20.3 / 95.2 = 1.49$$

$$\lambda_{lim} = 20 \cdot (0.7 \cdot 1.4 \cdot 1.49) / \sqrt{0.56} = 39.0 (> \lambda = 28)$$

Ja $\lambda < \lambda_{lim}$, tātad kolonna nav lokana (2. kārtas efektus nav jāņem vērā)

$$M_{ED} = M_{02}$$

Stieģrojuma aprēķins

Kopējais kolonnas aizsargslāņa biezums: $d_2 = c_{nom} + \varnothing_{apt} + 1/2\varnothing$

$$d_2 = 35 + 8 + 12.5 = 55.5 \text{ mm}$$

Nepieciešamo stieģrojuma daudzumu var tikt noteikt no attēla 9d,

(„How to Design Concrete Structures using Eurocode 2” 39.lpp), zinot attiecību:

$$d_2/h = 55.5/300 = 0.185 \text{ mm}$$

Iedarbju raksturojošie relatīvie rādītāji:

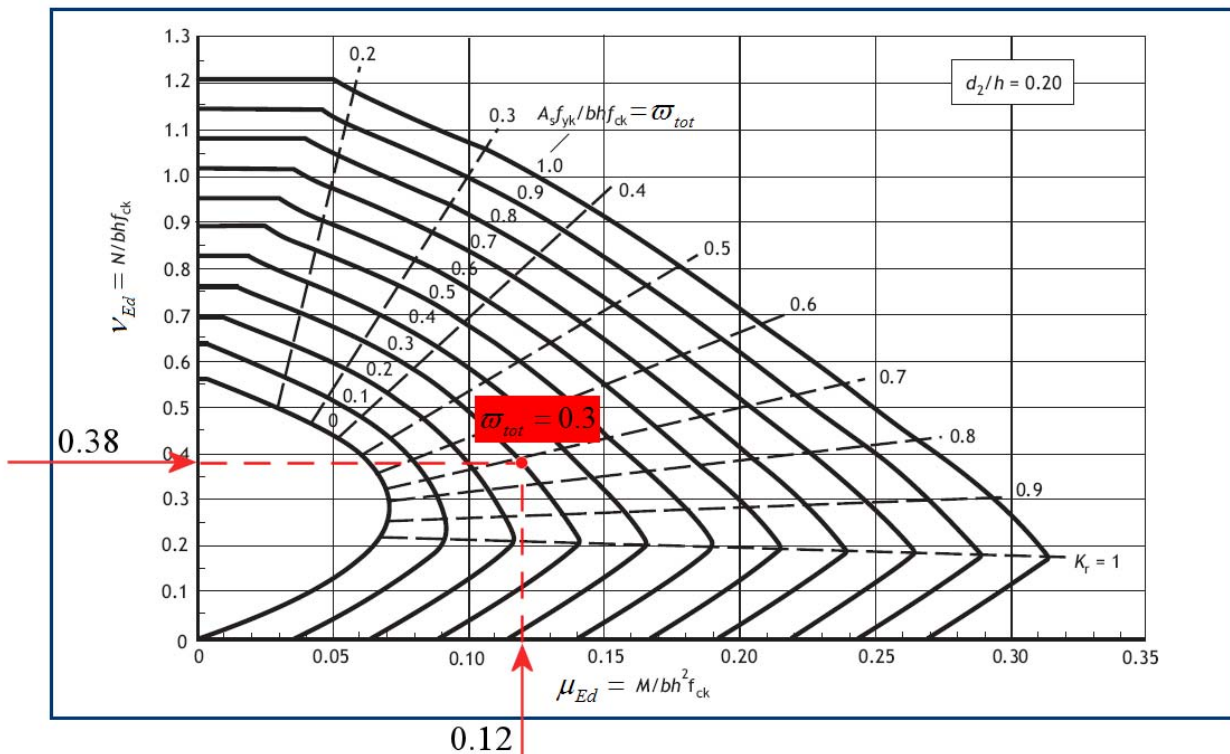
$$v_{Ed} = N_{Ed} / b \cdot h \cdot f_{ck} = 1015 \cdot 10^3 / 300^2 \cdot 30 = 0.38$$

$$\mu_{Ed} = M_{Ed} / b \cdot h^2 \cdot f_{ck} = \frac{95.2 \cdot 10^6}{300 \cdot 300^2 \cdot 30} = 0.12$$

Pieņemot $d_2/h = 0.2$ mm no attēla 9d:

$$\varpi_{tot} = A_s \cdot f_{yk} / b \cdot h \cdot f_{ck} = 0.3$$

Figure 9d
Column design chart for rectangular columns $d_2/h = 0.20$



$$A_s = \varpi_{tot} \cdot b \cdot h \cdot f_{ck} / f_{yk} = 0.3 \cdot 300 \cdot 300 \cdot 30 / 500 = 1620 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Pieņem: } 4\text{Ø}25 \text{ B500 (4H25), } A_s &= 1960 \text{ mm}^2 > A_{s,\min} = \text{Max} [0, 1N_{Ed}/f_{yd}; 0, 002A_c] = \\ &= \text{Max} [0, 1 \cdot 1015 \cdot 10^3 / 434,8; 0, 002 \cdot 300^2] = \text{Max} [233 \text{ mm}^2; 180 \text{ mm}^2] \end{aligned}$$

Šķērsvirziena stiegrojuma (aptveres, cilpas vai spirālveida stiegras) diametram kolonnās jābūt ne mazākam kā 6 mm vai 1/4 no garenvirziena stiegru maksimālā diametra. Metinātu sietu stiegru diametram, ja siets veido šķērsvirziena stiegrojumu, jābūt ne mazākam par 5 mm.

Šķērsvirziena stiegrojuma solis kolonnas garuma virzienā nedrīkst pārsniegt $s_{cl,max}$. Rekomendējamā vērtība ir mazākā no trim sekojošiem attālumiem:

- 20 garenvirziena stiegru minimālie diametri;
- kolonnas mazākā dimensija;
- 400 mm.

Pieņem: Ø8 B500 ar soli = 300 mm (H8@300).