



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 2020

UDK 624.154

Pakrastiņš L., Sprince A. Stiegrbetona  
konstrukciju aprēķina piemēri.  
Rīga: RTU, 2020.- 37 lpp.

ISBN 978-9934-8151-1-9

## 1. DZELZSBETONA PLĀTNES APRĒĶINA PIEMĒRS

### UZDEVUMS:

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

### IZEJAS DATI:

Telpu izmantošanas raksturs – kategorija C1. Kategorija C1 atbilst platības ar galdiem un tml., piemēram, telpas skolās, kafējnīcās, 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 –  $l_n=4m$

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 (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  $\alpha_{cc}$  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)  
 $f_{cd} = f_{ck} \cdot \alpha_{cc} / \gamma_s$   
 $f_{cd} = 30.0 \text{ MPa} \cdot 0.85 / 1.5 = \underline{17.0 \text{ MPa}}$
- Vidējā stiepes stiprība betonam  $f_{ctm} = 2.9$  MPa (LVS EN 1992-1-1:2005 tab.3.1.)

- Betona sekantes elastības modulis  $E_{cm} = 33.0$  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 parciālais 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)

## **1.1. 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 [mm]

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

$\Delta c_{dev}$  projekta novirzes pielāide [mm] (LVS EN 1992-1-1:2005 4.4.1.3. (1)P)

$\Delta c_{dev} = 10$  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; Saskaņā ar tab. 4.3N, elementiem ar plātnes ģeometriju un iedarbības klasei XC2, pieļaujams samazināt konstrukciju klasi par 1, šī uzdevumā uz klasi S3.

$c_{min,dur} = 20$  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.

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

Tātad  $c_{min} = 20 \text{ mm} \rightarrow c_{nom} = 20+10=\underline{30 \text{ mm}}$

## 1.2. 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 [m];

$l_n$  tīrais attālums starp balstu plaknēm [m];

Pēc dotā  $l_n = 4 \text{ m}$ ;

$a_1; a_2$  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 pieņemam mazāko  $a_1 = a_2 = 1/2t; 1/2 \cdot 200 = 100 \text{ mm}$

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

## 1.3. PLĀTNES BIEZUMA IZVĒLE:

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

$d_{min}$  efektīvais plātnes biezums [mm]

$l_{eff}$  plātnes laidums [mm]

20 laiduma un aprēķina augstuma attiecība vienkāršam plātnes balstījuma gadījumam, ja  $\rho$  - 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;

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

$h_{fakt}$  plātnes faktiskais augstums [mm]

$1/2\emptyset = 1/2 \cdot 12 = 6 \text{ mm}$  - puse no darba stiegras diametra (pieņemtā vērtība);

$h_{fakt} = 210 + 30 + 6 = 246 \text{ mm}$ , pieņemu plātnes biezumu 250 mm.

## 1.4.SLODŽU APRĒĶINS:

### Pastāvīgā slodze uz pārseguma un dzelzsbetona plātnes pašsvars:

Grīdas slānis	Biezums (mm)	Blīvums (kN/m <sup>3</sup> )	Raksturīga slodze g <sub>k</sub> (kN/m <sup>2</sup> )	Parciālais koeficients γ <sub>G</sub>	Aprēķina slodze g <sub>d</sub> (kN/m <sup>2</sup> )
Keramiskas granīta flīzes	10	26	0.26	1.35	0.35
Cementa javas slānis M100	30	19	0.57	1.35	0.77
Līmējama hidroizolācija	5	6	0.03	1.35	0.04
Dzelzsbetona plātne	250	25	6.25	1.35	8.44
Kopā:			<b>7.11</b>		<b>9.6</b>

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:

$$w_{QP} = (g_k + \psi_2 \cdot q_k)$$

kur  $\psi_2$  kombināciju faktors, kas nosaka mainīgo iedarbju reprezentatīvās kvazi-pastāvīgās vērtības (LVS EN 1990:2004 A1.1. tabula)

$$w_{QP} = (7.11 + 0.3 \cdot 3) = \underline{8.01 \text{ kN/m}^2}$$

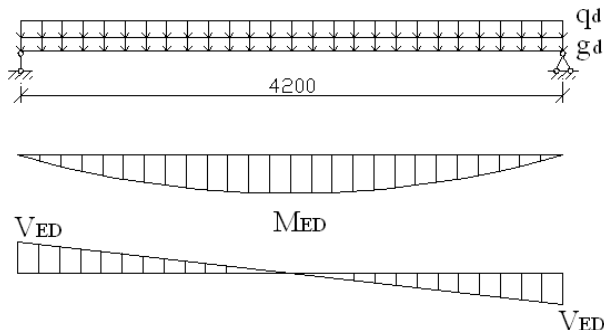
$$w_{ED} = (g_k \cdot 1.35 + q_k \cdot 1.5) = (g_d + q_d)$$

$$w_{ED} = (9.6 + 4.5) = \underline{14.1 \text{ kN/m}^2}$$

## 1.5. APRĒĶINA SHĒMA UN PIEPŪĻU NOTEIKŠANA:

Aprēķinu veic vienam tekošajam metram;  $b = 1000$  mm, kur

$b$  aprēķina plātnes platums



Lieces momenta aprēķins:

$$M_{QP} = \frac{w_{QP} \cdot l_{eff}^2 \cdot \psi_2 \cdot 1 \text{ t.m}}{8}, \text{ kur}$$

$M_{QP}$  lieces momenta kvazi-pastāvīgā vērtība apskatāmajā šķēlumā, kas rodas no ārējās slodošanas

$$M_{QP} = \frac{8.01 \cdot 4.2^2 \cdot 0.3}{8} = 5.3 \text{ kN} \cdot \text{m} = 5.3 \cdot 10^6 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

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

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

$$M_{ED} = \frac{14.1 \cdot 4.2^2}{8} = 31.09 \text{ kN} \cdot \text{m} = 31.09 \cdot 10^6 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

Šķērsspēka aprēķins:

$$V_{ED} = \frac{w_{ED} \cdot l_{eff}}{2}, \text{ kur}$$

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

$$V_{ED} = \frac{14.1 \cdot 4.2}{2} = 29.61 \text{ kN}$$

## 1.6. GARENSTIEGROJUMA APRĒĶINS UN PĀRBAUDES:

Spiesta stiegrojuma nepieciešamības pārbaude:

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

$$K = \frac{31.09 \cdot 10^6}{1000 \cdot 210^2 \cdot 30} = 0.023$$

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

kur  $K' = 0.60\delta - 0.18\delta^2 - 0.21 = 0.205$  („How to Design Concrete Structures using Eurocode 2” 19.lpp.);

$\delta$  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 šķērsriezuma laukums stieptajā zonā:

Iekšējā spēku pāra plecs  $z$ :

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

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

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

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

$$A_{s, req} = \frac{31.09 \cdot 10^6}{434.8 \cdot 199.5} = 358.42 \text{ mm}^2$$

No stiegru šķērsriezuma 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 pieļaujamais stiegrojuma šķērsriezuma laukums  $A_{s, min}$ :

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

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

Betona šķērsriezuma laukums  $A_c$ :

$$A_c = b \cdot h$$

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



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

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

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

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

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

Pārbaude izpildās

### 1.7. 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 [N]

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

$$V_{Rd,c} = (0.12 \cdot 1.98 \cdot (100 \cdot 0.00269 \cdot 30)^{1/3}) \cdot 1000 \cdot 210 = 0.0998 N = 99.8 kN$$

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

Garenstiegrojuma koeficients  $\rho_l$  :

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

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

Faktors (koeficients)  $k$ :

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

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

$$k = 1.98 \leq 2$$

$$V_{ED} = 0.0296 \text{ kN} \leq V_{Rd,c} = 0.0998 \text{ N}$$

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)

## 1.8. PLAISU REGULĒŠANA:

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

**Nosacījumi, kuriem jāizpildās:**

$$A_{S,prov} \geq A_{S,min}^{crack}$$

$$s \leq s_{max}$$

$$d_s \leq d_{max}$$

### 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

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

$A_{ct}$  betona laukums stiepes zonā;

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

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

$\sigma_s$  pieļaujamā maksimālā sprieguma stieģrojumā absolūtā vērtība tieši pēc plaisas izveidošanās. Šo spriegumu var pieņemt vienādu ar stieģrojuma 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 iespējama spēku samazināšanās:  $k = 1,0$  sienīņas plātnēm ar  $h \leq 300 \text{ mm}$  vai plaukiem ar platumu mazāku par 300 mm;

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

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

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

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

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.)

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

$w_{gp}$  kvazi pastāvīgā slodze [kN/m<sup>2</sup>]

$w_d$  kopējā aprēķina slodze [kN/m<sup>2</sup>]

$$w_{gp} = g_k + \psi_2 \cdot q_k$$

$$w_{gp} = 7.11 + 0.3 \cdot 3 = 8.01 \text{ kN/m}^2$$

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

$$w_d = 9.6 + 4.5 = 14.1 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_s = \frac{500 \cdot 8.01 \cdot 358.42}{1.15 \cdot 14.1 \cdot 565.5} = 156.55 \text{ MPa} = 156.55 \text{ N/mm}^2$$

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 jeb precīzais 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;

$\varepsilon_{sm}$  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;

$\varepsilon_{cm}$  vidējā deformācija betonā starp plaisām.

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

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

$\sigma_s$  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.),

$\alpha_e$  efektīvā modulārā attiecība

$$a_e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{200}{33} = 6.06$$

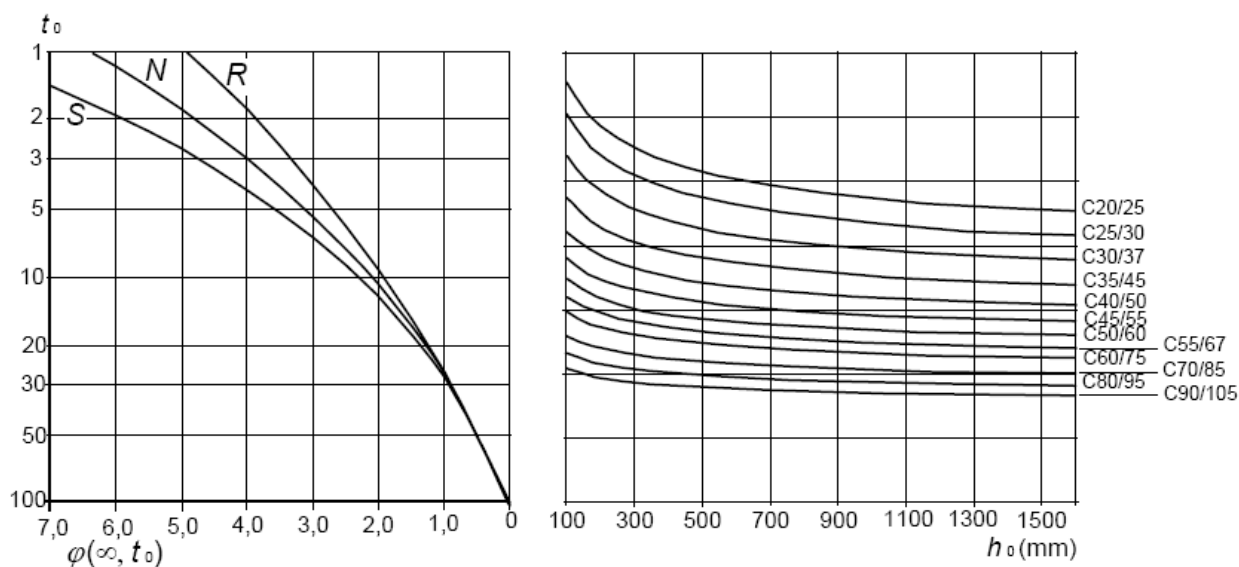
Stieģrojuma darbības efektīvas zonas augstums:  $b \cdot x \cdot \frac{x}{2} = a_{eLT} \cdot A_s \cdot (d - x)$

$$a_{eLT} = \frac{E_s}{E_{c,eff}}$$

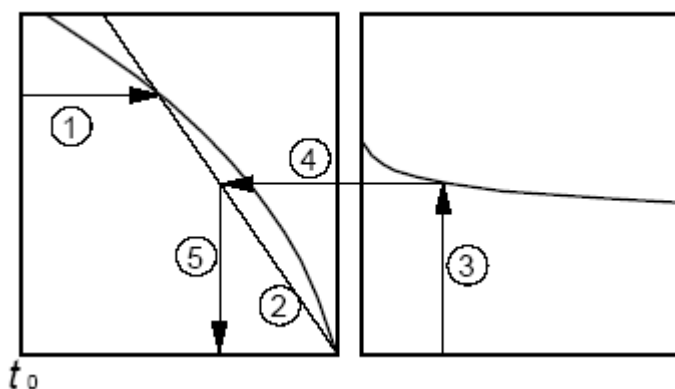
$E_{c,eff}$  efektīvais elastības modulis

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

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



a) iekšējie apstākļi – RH = 50%



PIEZĪME.

- Krustošanās punkts starp līnijām 4 un 5 var būt arī virs punkta 1.
- Ja  $t_0 > 100$ , pietiekami precīzs ir pieņēmums, ka  $t_0 = 100$  (var lietot pieskari).

**Betona šļūdes koeficienta  $\varphi(\infty, t_0)$  noteikšanas metode normālos apkārtējās vides apstākļos (LVS EN 1992-1-1:2005 3.1.att.)**

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

$$2A_c / u = 2 \cdot (1000 \cdot 250) / 2500 = 200, \text{ kur}$$

$A_c$  Betona šķērsriezuma laukums

$u$  Betona profila ar laukumu  $A_c$  perimetrs

šis koeficients bezgalīgam laiku periodam ir:

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

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

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

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

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

Kur  $x_c$  – nesaplaisājušam (uncraced) šķēlumam

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

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

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_s}{A_{c,eff}} = \frac{A_s}{b \cdot h_{c,ef}} \quad (\text{Bill Mosley at all „Reinforced Concrete Design to EC 2”})$$

151.lpp.), kur  $b = 1000 \text{ mm}$

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

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

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

Izvēlas minimālo vērtību  $h_{c,ef} = \min 100 \text{ mm}; \underline{62.6} \text{ mm}; 125 \text{ mm}$

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

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{283 - 0.4 \cdot \frac{2.9}{0.009} \cdot (1 + 6.06 \cdot 0.009)}{200 \cdot 10^3} \geq 0.6 \cdot \frac{283}{200 \cdot 10^3}$$

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

Pieņem  $\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0.00085$

### Plaisu maksimālais solis:

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

$\phi$  stiegras diametrs;

$c$  garenstiegrojuma aizsargslāņa biezums;

Ja saistes stiegrojuma solis pārsniedz  $5(c + \phi/2)$  (skatīt 7.2. attēlu) vai, ja stiepes zonā nav saistes stiegrojuma, plaisu platuma augšējo robežu var atrast, pieņemot maksimālo plaisu soli: (LVS EN 1992-1-1:2005 7.3.4. (7.14))

$$s_{r,\max} = 1,3 (h - x).$$

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

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

$k_1 = 0,8$  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  $w_{\max} = 0,3 \text{ mm}$ .

Tātad izpildās nosacījums  $w_k = 0,22 \text{ mm} \leq w_{\max} = 0,3 \text{ mm}$

## 1.9. IZLIECES REGULĒŠANA:

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

Laiduma un efektīvā plātnes biezuma robežattiecības pārbaude

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

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.)

$F2 = 1$ , jo laidums mazāks par 7 m („How to Design Concrete Structures using Eurocode 2” 19.lpp.)

$$F3 = \frac{310}{\sigma_s} = \frac{310}{151.66} = 2.044 \text{ („How to Design Concrete Structures using Eurocode 2” att.3.}$$

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**

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

kur

$I_{uc}$  Inerces moments nesaplaisājušam (uncracked) šķēlumam

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

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

$$\left(\frac{1}{r}\right)_{uc} = \frac{5.3 \cdot 10^6}{8.68 \cdot 10^3 \cdot 1302.1 \cdot 10^6} = 0.00000046 \frac{1}{mm} = 0.46 \cdot 10^{-6} \frac{1}{mm}$$

#### **b) elementa maksimālais liekums saplaisājušam (cracked) šķēlumam:**

Nosaka neitrālās ass atrašanos:

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



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

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

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

$I_{cr}$  Inerces moments saplaisājušam (cracked) šķēlumam

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

Design to Eurocode 2” 143.lpp.)

$$I_{cr} = \frac{1000 \cdot 62.1^3}{3} + 23.04 \cdot 565.5 \cdot (210 - 62.1)^2 = 364.8 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

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

$$\left(\frac{1}{r}\right)_{cr} = \frac{5.3 \cdot 10^6}{8.68 \cdot 10^3 \cdot 364.8 \cdot 10^6} = 0.000000167 \cdot \frac{1}{\text{mm}} = 1.67 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{1}{\text{mm}}$$

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

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

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

$$\xi = 1 - \beta(\sigma_{sr} / \sigma_s)^2 = 1 - \beta(M_{cr} / M_{ED})^2,$$

$\zeta = 0$  nesaplaisājušiem šķēlumiem (LVS EN 1992-1-1:2005 7.4.3. (P); izteiksme (7.19.))

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

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

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

$$\xi = 1 - 0.5 \cdot \left(\frac{30.21}{31.09}\right)^2 = 0.53$$

$$\left(\frac{1}{r}\right) = 0.53 \cdot 1.67 \cdot 10^{-6} + (1 - 0.53) \cdot 0.46 \cdot 10^{-6} = 1.1 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{1}{\text{mm}}$$

### 3) Rukuma izliekums:

#### a) Aprēķināt rukuma liekumu saplaisājušam (cracked) šķēlumam

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

to Eurocode 2” 144.lpp.), kur

$S$  laukuma statiskais moments

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

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

$\varepsilon_{cs}$  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.),

$$\left(\frac{1}{r}\right)_{cr} = 470 \cdot 10^{-6} \cdot 23.04 \cdot \frac{84 \cdot 10^3}{364.8 \cdot 10^6} = 2.5 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{1}{mm}$$

#### b) Aprēķināt rukuma liekumu nesaplaisājušam (uncracked) šķēlumam:

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

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:

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

$$\left(\frac{1}{r}\right) = 0.53 \cdot 2.5 \cdot 10^{-6} + (1 - 0.53) \cdot 0.4 \cdot 10^{-6} = 1.51 \cdot 10^{-6} \frac{1}{mm}$$

#### 4) Izlieces aprēķins:

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

Izliekums no rukuma =  $1.51 \cdot 10^{-6}$  1/mm

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

Vienkārši balstītai plātnei ar vienmērīgi izkliedētu slodzi maksimālā izliece:

$$f = 0.104 \cdot L^2 \cdot \frac{1}{r} \quad (\text{Bill Mosley, John Bungey, Ray Hulse, „Reinforced Concrete Design to$$

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

### 1.10. KONSTRUKTĪVO PRASĪBU PĀRBAUDE

Stiegru solis maksimālā momenta darbības zonā

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

### 1.11. SEKUNDĀRAIS STIEGROJUMS:

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

$$\min A_{sw} = 0.2 \cdot 565.5 = 113.2 \text{ mm}^2$$

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:**

$\varnothing=10$  mm

$S_w=400$  mm

$n=2$

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

### **1.12. UGUNSDROŠĪBA:**

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

## 2. DZELZSBETONA SIJAS APRĒĶINA PIEMĒRS

### UZDEVUMS:

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

### IZEJAS DATI:

Ribas platums  $b_w = 300$  mm;

Ribas 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/mm<sup>2</sup> (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  $\alpha_{cc}$  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)

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

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

## 2.1. 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)

$\Delta c_{dev}$  projekta novirzes pielāide (LVS EN 1992-1-1:2005 4.4.1.3. (1)P)

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

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

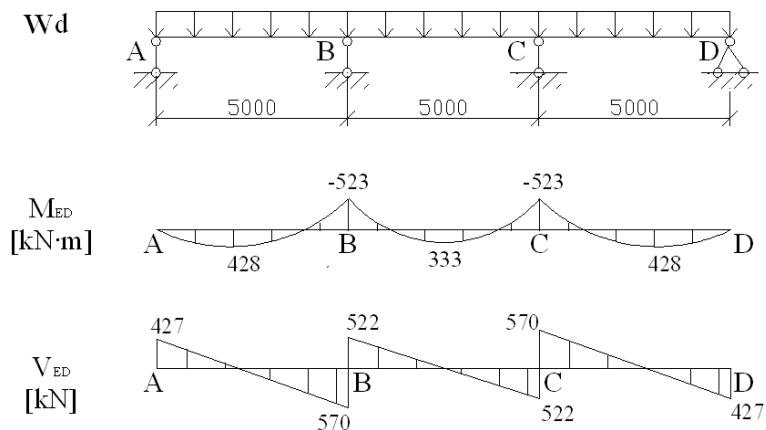
$\Delta c_{dur,add}$  minimālā aizsargslāņa biezuma samazinājums papildus aizsardzības izmantošanas gadījumā, skatīt 4.4.1.2 (8)P.

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

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

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

## 2.2. Aprēķina shēma un piepūļu noteikšana:

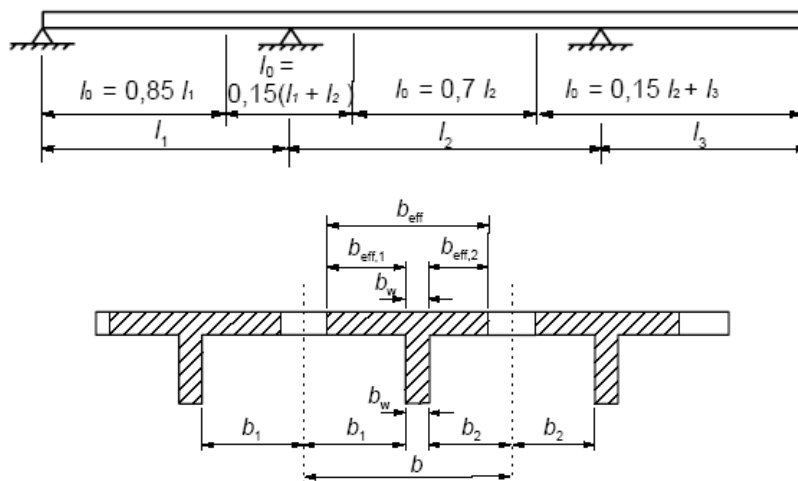


## 2.3. Garenstiegrojuma aprēķins un pārbaudes:

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

Sijas efektīvā platuma noteikšana ( $l=l_0$ - vienlaiduma brīvi balstītai sijai):

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



$b$  Šķērsriezuma 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  $b' = b_1 = b_2$

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

$b_{eff} = 300 + 2 \cdot [(0.2 \cdot (2000 - 300 / 2)) + (0.85 \cdot 5000)] = 1890 \text{ mm}$

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

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

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

$d_{fakt}$  sijas faktiskais augstums

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

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

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

**Spiesta stiegrojuma nepieciešamības pārbaude:**

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

$$K = \frac{428 \cdot 10^6}{1890 \cdot 612.5^2 \cdot 30} = 0.02$$

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

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

$\delta$  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**

<b>K</b>	<b><math>z/d</math></b>	<b>K</b>	<b><math>z/d</math></b>
≤0.05	0.950 <sup>a</sup>	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

$$z = l_a \cdot d = 0.95 \cdot 612.5 = 581.88 \text{ mm}$$

$$d - z = 612.5 - 581.9 = 30.6 \text{ mm} (< h_f / 2 = 180 / 2 = 90 \text{ mm})$$

Cits aprēķina variants:

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

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

$$x = 0.125 \cdot 612.5 = 76.56 \text{ mm} (< h_f = 180 \text{ mm})$$

Tā kā spriegumu bloks atrodas plauktā, šķēlums aprēķinās kā taisnstūra šķērsriezums, kur

$$b = b_f.$$

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

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

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

No stiegru šķērsriezuma laukumu tabulas iegūstam, ka nepieciešams:

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

**Pieņemtā stiegrojuma pārbaude:**

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

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

$$A_{s,\min} = \frac{0.26 \cdot 2.9 \cdot 300 \cdot 600}{500} = \underline{271.44 \text{ mm}^2}$$

Betona šķērsriezuma laukums  $A_c$ :

$$A_c = b \cdot h$$

$$A_c = 1890 \cdot 660 = \underline{1247000 \text{ mm}^2}$$

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

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

$$A_{s,\max} \leq 0.04 \cdot 1247000 \text{ (LVS EN 1992-1-1:2005 9.2.1.1. (3)P)}$$

$$A_{s,\max} \leq 49880 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,\min} = 271.44 \text{ mm}^2 \leq A_{s,\text{prov}} = 1872 \text{ mm}^2 \leq A_{s,\max} = 49880 \text{ mm}^2$$

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 stieptajā 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,  $A_s = 2588 \text{ mm}^2$  (*augšējā stiegrojumam*)

### Pieņemtā stiegrojuma pārbaude:

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

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

$$A_{s,min} = \frac{0.26 \cdot 2.9 \cdot 300 \cdot 600}{500} = \underline{271.44 \text{ mm}^2}$$

Betona šķērsriezuma laukums  $A_c$ :

$$A_c = b \cdot h$$

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

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

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

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

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

$$A_{s,min} = 271.44 \text{ mm}^2 \leq A_{s,prov} = 2523 \text{ mm}^2 \leq A_{s,max} = 7200 \text{ mm}^2$$

### Pārbaude izpildās

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

### Sijas efektīvā platuma noteikšana:

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

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

$$b_{eff} = 300 + 2 \cdot [(0.2 \cdot (2000 - 300 / 2)) + (0.7 \cdot 5000)] = \underline{1740 \text{ mm}}$$

### **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.);

$\delta$  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 šķērsgriezuma laukums stieptajā zonā:**

Iekšējā spēku pāra plecs  $z$ :

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

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

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

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

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

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

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

No stiegru šķērsgriezuma laukumu tabulas iegūstam, ka nepieciešams:

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

### Pieņemtā stiegrojuma pārbaude:

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

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

$$A_{s,min} = \frac{0.26 \cdot 2.9 \cdot 300 \cdot 600}{500} = \underline{271.44 \text{ mm}^2}$$

Betona šķērsriezuma laukums  $A_c$ :

$$A_c = b \cdot h$$

$$A_c = 300 \cdot 660 = \underline{198000 \text{ mm}^2}$$

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

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

$$A_{s,max} \leq 0.04 \cdot 198000 \quad (\text{LVS EN 1992-1-1:2005 9.2.1.1. (3)P})$$

$$A_{s,max} \leq 7920 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,min} = 271.44 \text{ mm}^2 \leq A_{sprov} = 1343 \text{ mm}^2 \leq A_{s,max} = 7920 \text{ mm}^2$$

Pārbaude izpildās

### 2.4. Sijas aprēķins šķērsspēka iedarbībā:

Spiestā 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  $200 \text{ mm} < s_{\text{apt,max}} = 0.75 \cdot d = 0.75 \cdot 600 = 450 \text{ mm}$ ,  $A_{sw}/s = 0.51$

(sk.tabulu)

Attiecības $A_{sw}/s$ vērtība *										
Aptveru diametrs [mm]	Aptveru izvietojuma solis [mm]									
	75	100	125	150	175	200	225	250	275	300
6	0,76	0,57	0,46	0,38	0,33	0,29	0,25	0,23	0,21	0,19
8	1,35	1,01	0,81	0,67	0,58	0,51	0,45	0,40	0,37	0,34
10	2,09	1,57	1,26	1,05	0,90	0,79	0,70	0,63	0,57	0,52
12	3,01	2,26	1,81	1,51	1,29	1,13	1,00	0,90	0,82	0,75
14	4,11	3,08	2,46	2,05	1,76	1,54	1,37	1,23	1,12	1,03
16	5,36	4,02	3,22	2,68	2,30	2,01	1,79	1,61	1,46	1,34

\*Aprēķinot izvietojuma soli  $A_{sw}$  pieņemts, kā summa no divu aptveru šķērgriezuma laukumiem

- 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  $200 \text{ mm} < s_{\text{apt,max}} = 0.75 \cdot d = 0.75 \cdot 600 = 450 \text{ mm}$ ,  $A_{sw}/s = 0.79$

- 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,  $A_{sw}/s=0.34$

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

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

### 3. 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 šķērsriezumā – 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  $\alpha_{cc}$  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)

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

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

### **3.1. 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)

$\Delta c_{dev}$  projekta novirzes pielāide (LVS EN 1992-1-1:2005 4.4.1.3. (1)P)

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

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

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

$\Delta c_{dur,y}$  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  $35+8=\underline{43 \text{ mm}}$

### 3.2. Stiegrojuma daudzums 1. stāva ārējai kolonnai:

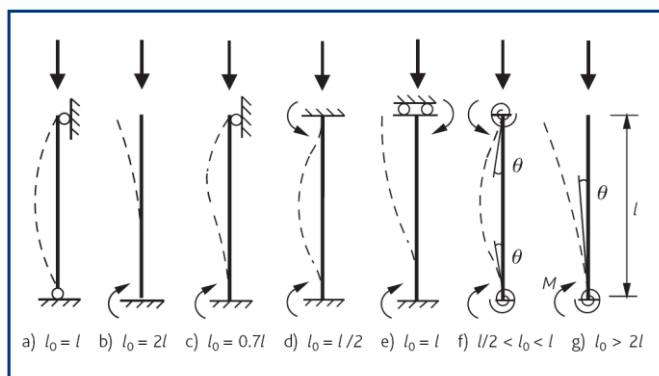
$$M_{\text{augšs}} = 74.9 \text{ kN}\cdot\text{m}, M_{\text{apakšs}} = 0 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

#### 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  $M_{\text{Ed}}$ :

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

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

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

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

$e_i$  – 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  $\lambda$ :

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

$i$  – 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 $\lambda_{lim}$ :

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

$n$  – relatīvais normālais spēks

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

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

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

$$A = 0.7$$

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

$\omega$  – 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

Attālums no spiestās malas līdz spiestā stieģrojuma smaguma centram,:  $d_2 = c_{nom} + \varnothing_{apt} + 1/2\varnothing$

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

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:

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

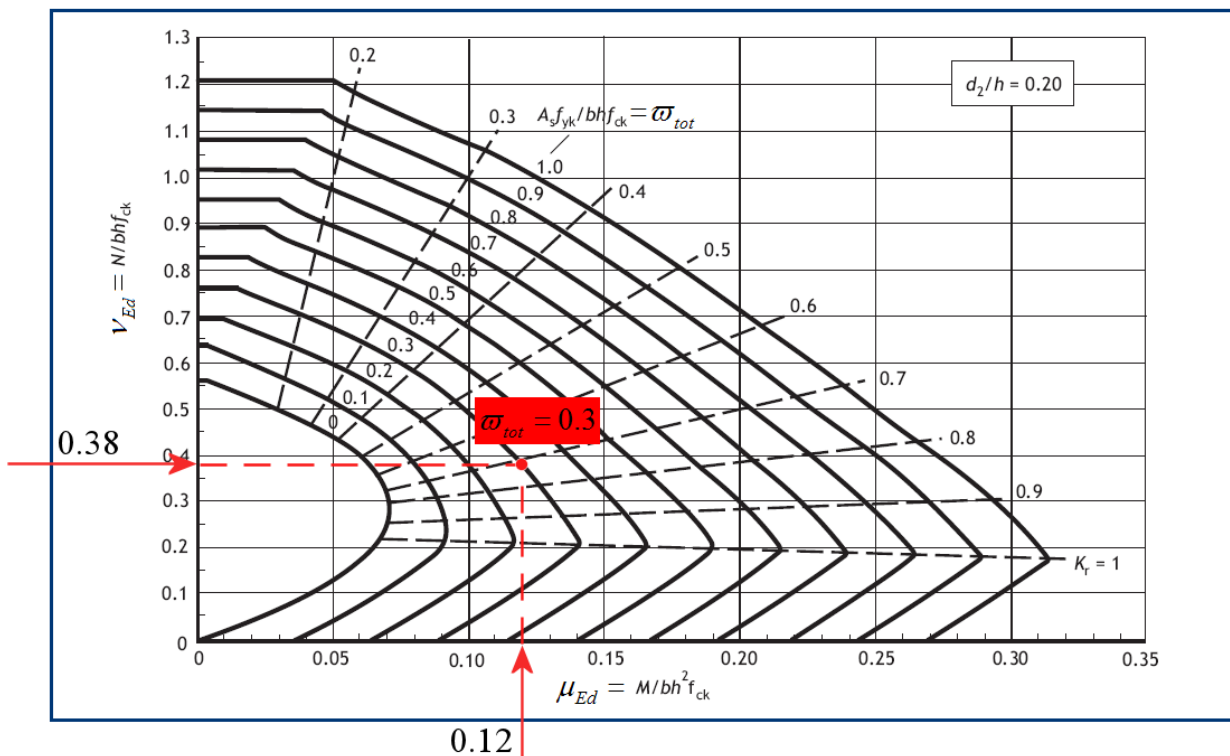
$$\mu_{Ed} = M_{Ed} / b \cdot h^2 \cdot f_{ck} = \frac{95.2 \cdot 10^6}{300 \cdot 300^2 \cdot 30} = 0.12$$

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

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

Konstruktīvā prasība: min 4Ø12 (pēc topošā LVS EC2 NA)

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 mazāka no trim sekojošiem attālumiem:

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

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

## SATURS

1. DZELZSBETONA PLĀTNES APRĒĶINA PIEMĒRS.....	3
1.1. Nominālais aizsargslānis.....	4
1.2. Plātnes aprēķina laidums.....	5
1.3. Plātnes biezuma izvēle.....	5
1.4. Slodžu aprēķins.....	5
1.5. Aprēķina shēma un piepūļu noteikšana.....	6
1.6. Garenstiegrojuma aprēķins un pārbaudes.....	7
1.7. Slīpo šķēlumu stiprības pārbaude elementiem bez šķērsstiegrojuma.....	8
1.8. Plaisu regulēšana.....	9
1.9. Izlieces regulēšana.....	13
1.10. Konstruktīvo prasību pārbaude.....	17
1.11. Sekundārais stiegrojums.....	17
1.12. Ugunsdrošība.....	18
2. DZELZSBETONA SIJAS APRĒĶINA PIEMĒRS.....	19
2.1. Nominālais aizsargslānis.....	20
2.2. Aprēķina shēma un piepūļu noteikšana.....	21
2.3. Garenstiegrojuma aprēķins un pārbaudes.....	21
2.4. Sijas aprēķins šķērs spēka iedarbībā.....	27
3. DZELZSBETONA KOLONNAS APRĒĶINA PIEMĒRS.....	30
3.1. Kolonnas aizsargslānis.....	31
3.2. Stiegrojuma daudzums 1. stāva ārējai kolonnai.....	32
IZMANTOTĀS LITERATŪRAS SARAKSTS.....	35