

Pieļaujамie spriegumi stiegrojumā saskaņā ar EC2

1. Pieļaujamo spriegumu aprēķins šķērsstiegrojumā

1.1. Plaisu platumu aprēķins pēc EC2 7.3.4. punkta

Plaisu platumu aprēķina:

$$w_k = s_{r,max}(\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}) \quad (\text{EC2, 7.8})$$

kur:

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

ϵ_{cm} - betona vidējā deformācija starp plaisām;

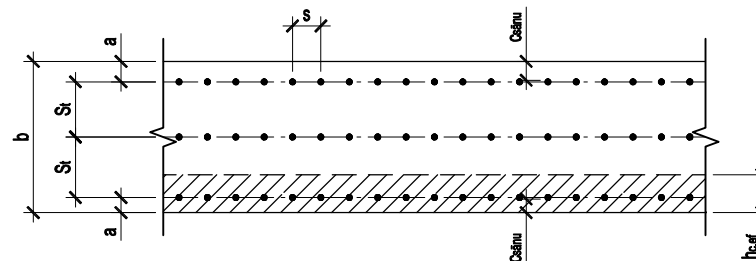
$s_{r,max}$ - maksimālais attālums starp plaisām. Pieņem, ka vienmēr izpildās EC2 7.3.4. (3) punkta nosacījums, lai varētu lietot EC2 (7.11) formulu - stiegru solis $\leq 5(c_w + \emptyset/2)$, jo EC2 (7.14) formula var radīt problēmas mazstiegrotos elementos - stiegru solis $> 5(c_w + \emptyset/2)$:

$$s_{r,max} = k_3 c_w + k_1 k_2 k_4 \emptyset / \rho_{p,eff} \quad (\text{EC2, 7.11})$$

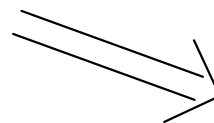
kur:

\emptyset - stiegrojuma diametrs;

c_w - stiegrojuma aizsargslānis;



Pieņem, ka: $S_t/2 \geq (h_{c,ef} - a)$



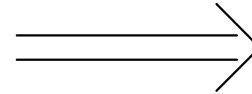
Starpību $\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}$ var izteikt:

$$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} = w_k / s_{r,max} = w_k / (k_3 c_w + k_1 k_2 k_4 \emptyset / \rho_{p,eff})$$

Pieļaujamie spriegumi stiegrojumā saskaņā ar EC2

Starpību $\epsilon_{sm}-\epsilon_{cm}$ aprēķina:

$$\epsilon_{sm}-\epsilon_{cm} = [\sigma_s \cdot k_t \cdot f_{ct,eff} (1 + \alpha_e \cdot \rho_{p,eff}) / \rho_{p,eff}] / E_s \geq 0.6 \cdot \sigma_s / E_s \quad (\text{EC2, 7.9})$$



$$(\epsilon_{sm}-\epsilon_{cm})_{max} = w_{k,lim} / s_{r,max}$$

kur:

σ_s - spriegums stieprajā stiegrojumā, pieņemot saplaisājušu šķēlumu;

α_e - stiegrojuma un betona elastības moduļu attiecība (jāievērtē arī šļūdi), ko

aprēķina:

$$\alpha_e = E_s / E_{cm}$$

$\rho_{p,eff}$ - stieptā stiegrojuma blīvums, ko aprēķina:

$$\rho_{p,eff} = A_s / A_{c,eff} \quad (\text{EC2, 7.10})$$

k_t - no slodzes ilguma atkarīgs faktors:

$$k_t = 0.4 - \text{ilgstošām slodzēm}$$

$f_{ct,eff}$ - betona stiepes stripības vidējā vērtība laika momentā, kad var sagaidīt pirmās plaisas parādīšanos:

$$f_{ct,eff} = f_{ctm}$$

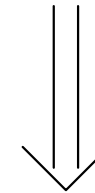
A_s - stieptā stiegrojuma laukums;

$A_{c,eff}$ - betona efektīvais stiepes laukums, kas aptver stiegrojumu augstumā $h_{c,ef}$, ko aprēķina pēc EC2 7.3.2. (3) punkta:

$$h_{c,ef} = 2.5(h-d) = 2.5 \cdot a$$

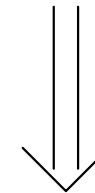
$$A_{c,eff} = h_{c,ef} \cdot L$$

L - aprēķina garums - 1m



Betona vidējo relatīvo garendeformāciju aprēķina:

$$\epsilon_{cm} = [k_t \cdot f_{ct,eff} (1 + \alpha_e \cdot \rho_{p,eff}) / \rho_{p,eff}] / E_s$$



Maksimāli pieļaujamo stiegrojuma relatīvo garendeformāciju aprēķina:

$$\epsilon_{sm,max} = \min \left\{ \begin{array}{l} (\epsilon_{sm}-\epsilon_{cm})_{max} + \epsilon_{cm} \\ (\epsilon_{sm}-\epsilon_{cm})_{max} / 0.6 \end{array} \right.$$

Pieļaujamie spriegumi stiegrojumā saskaņā ar EC2

2. Piemērs šķērsstiegrojuma pieļaujamo spriegumu aprēķinam

2.1. Izejas dati

Gabarītmēri un robežnosacījumi

Šķērsriezums			
b, cm	h, cm	c _{sānu} , cm	W _{k,lim} , mm
40	60	2,5	0,3

kur:

b - sijas platums;

h - sijas augstums;

c_{sānu} - aizsargslānis sijas sānos;

W_{k,lim} - maksimālais pieļaujamo plaisas atvēršanās lielums, ko nosaka pēc EC2 7.1N tabulas.

Matreriāli un ārējie vides apstākļi

Betons	C25/30
Stiegrojums	B500B (C)
RH, %	50
t ₀ , dienas	28

kur:

RH - gaisa mitrums;

t₀ - konstrukcija tiek noslogota pēc 28 dienām;

Slodzes

Slodzes un slodžu drošuma koeficienti		
G _k , kPa	Q _k , kPa	ψ ₂
12	3	0,3
γ _G	γ _Q	γ _{F,cal}
1,35	1,50	1,60

kur:

Slodzes tiek pieņemtas kā ilglaicīgas

Tiek pieņemtas raksturīgās vērtības pastāvīgajai slodzei G_k un mainīgajai slodzei Q_k.

Pēc EC0 6.5.3.(c) punkta aprēķina kvazi-pastāvīgo slodžu kombināciju:

$$E_{d,SLS} = G_k + Q_k \cdot \psi_2$$

kur:

ψ₂ - parciālais faktors, kuru nosaka no EC0 A.1.1. tabulas.

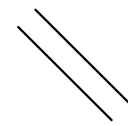
Pēc EC0 6.4.3.2.(1) punkta aprēķina aprēķina slodžu kombināciju:

$$E_{d,ULS} = G_k \cdot \gamma_G + Q_k \cdot \gamma_Q$$

kur:

γ_G - pastāvīgu iedarbju parciālais faktors, kas ievēro arī modeļa nenoteiktības un izmēru variācijas;

γ_Q - mainīgu iedarbju parciālais faktors, kas ievēro arī modeļa nenoteiktības un izmēru variācijas;



Nosaka attiecību starp kvazi pastāvīgo slodžu kombināciju un aprēķina slodžu kombināciju:

$$\gamma_{F,cal} = E_{d,ULS} / E_{d,SLS}$$

Pieļaujamie spriegumi stiegrojumā saskaņā ar EC2

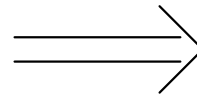
Maksimālie pieļaujamie spriegumi šķērsstiegrojumā pie kvazi-pastāvīgās kombinācijas:

$$\sigma_{s,max,SLS} = \epsilon_{sm,max} \cdot E_s$$

Pēc iegūtā rezultāta ir jāpārbauda vai izpildās sākotnēji pieņemtie lielumi:

- maksimālajam stiegrojuma diametram pēc EC2 7.2N tabulas
- maksimālajam stiegrojuma solim pēc EC2 7.3N tabulas

Jāņem vērā uz kādiem pieņēmumiem tabulā dotas vērtības.



Maksimālos pieļaujamos aprēķina spriegumus šķērsstiegrojumā nosaka:

$$\sigma_{s,max,ULS} = \sigma_{s,max,SLS} \cdot \gamma_{F,cal}$$

2.2. Rezultātu kopsavilkums

	$\sigma_{s,max,SLS}$, MPa					$\sigma_{s,max,ULS}$, MPa				
	S, mm					S, mm				
D, mm	100	150	200	250	300	100	150	200	250	300
8	210	148	115	94	79	336	238	185	151	127
10	244	175	136	112	94	392	281	219	179	152
12	260	198	155	128	108	417	318	249	205	174
14	259	219	172	142	121	415	352	277	228	194
16	261	231	188	156	133	419	371	302	250	213

Pieļaujамie spriegumi stieģrojumā saskaņā ar EC2

3. Pieļaujamo spriegumu aprēķins garenstieģrojumā

Aprēķins tiek veikts identiski, kā šķērssstieģrojumam. Papildus ir jāievērtē, ka:

$$h_{ef} = \min \begin{cases} 2.5 \cdot a \\ (h-x)/3 \end{cases}$$

3.1. X ass novietojuma aprēķins

X ass novietojuma aprēķins balstīts uz plakānu šķēlumu hipotēzi. Pirmajā tuvinājumā pieņem, ka nestspējas aprēķinos tiks izmantota pilna stieptā stieģrojuma aprēķina pretestība.

Kopspēks, kas darbojas šķēlumā:

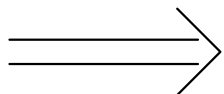
$$\Sigma F = F_{cc} - F_s = 0$$

$$F_{cc} = F_s$$

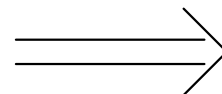
Spiedes spēks, kas darbojas šķēlumā:

$$F_{cc} = \sigma_{cc} \cdot b \cdot x$$

$$\sigma_{cc} = \epsilon_{cc} \cdot E_{c,eff}$$



$$F_{cc} = \epsilon_{cc} \cdot E_{c,eff} \cdot b \cdot x$$



$$F_{cc} = E_{c,eff} \cdot b \cdot d \cdot \epsilon_{cc}^2 / (\epsilon_s + \epsilon_{cc})$$

No šķēluma nosaka:

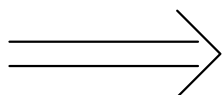
$$x/d = \epsilon_{cc} / (\epsilon_s + \epsilon_{cc})$$

$$x = d \cdot \epsilon_{cc} / (\epsilon_s + \epsilon_{cc})$$

Stiepes spēks, kas darbojas šķēlumā:

$$F_s = \sigma_s \cdot A_s$$

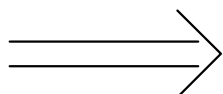
$$\sigma_s = \epsilon_s \cdot E_s$$



$$F_s = \epsilon_s \cdot E_s \cdot A_s$$

No spēku līdzsvara izsaka:

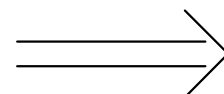
$$F_{cc} = F_s$$



$$\epsilon_s \cdot E_s \cdot A_s = E_{c,eff} \cdot b \cdot d \cdot \epsilon_{cc}^2 / (\epsilon_s + \epsilon_{cc}) \quad / \cdot (\epsilon_s + \epsilon_{cc})$$

$$\epsilon_{cc}^2 = A_s \cdot E_s / E_{c,eff} \cdot (\epsilon_s^2 + \epsilon_s \cdot \epsilon_{cc}) / (b \cdot d)$$

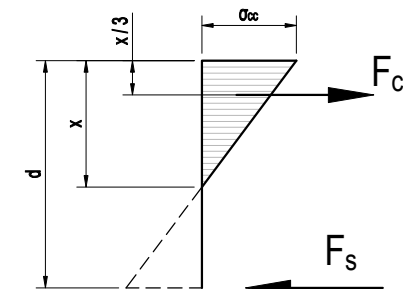
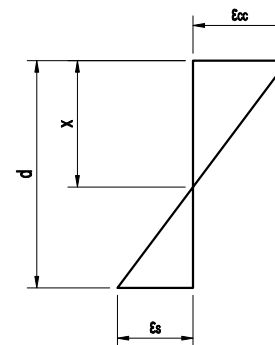
$$E_s / E_{c,eff} = \alpha_e$$



$$\epsilon_{cc}^2 - [A_s \cdot \alpha_e \cdot \epsilon_s / (b \cdot d)] \cdot \epsilon_{cc} - A_s \cdot \alpha_e \cdot \epsilon_s^2 / (b \cdot d) = 0$$



$$x = d \cdot \epsilon_{cc} / (\epsilon_s - \epsilon_{cc})$$



Pielaujamie spriegumi stiegrojumā saskaņā ar EC2

2. Rezultātu kopsavilkums sijām

Pie $c_{AP}=25\text{mm}$ un $\varnothing_{sw}=12\text{mm}$

h, cm	$\sigma_{s,max,SLS}$, MPa					$\sigma_{s,max,ULS}$, MPa				
	\varnothing_s , mm					\varnothing_s , mm				
	20	22	25	28	32	20	22	25	28	32
60	360	365	372	377	384	435	435	435	435	435
80	360	365	372	377	384	435	435	435	435	435
100	360	365	372	377	384	435	435	435	435	435
120	360	365	372	377	384	435	435	435	435	435
150	360	365	372	377	384	435	435	435	435	435

Pie $c_{AP}=50\text{mm}$ un $\varnothing_{sw}=12\text{mm}$

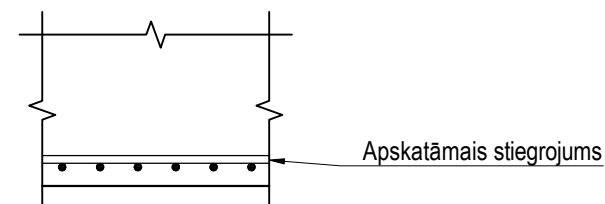
h, cm	$\sigma_{s,max,SLS}$, MPa					$\sigma_{s,max,ULS}$, MPa				
	\varnothing_s , mm					\varnothing_s , mm				
	20	22	25	28	32	20	22	25	28	32
60	254	256	259	262	266	408	411	416	421	427
80	248	249	250	251	255	399	399	401	403	410
100	248	249	250	251	253	399	399	401	403	407
120	248	249	250	251	253	399	399	401	403	407
150	248	249	250	251	253	399	399	401	403	407

Pieļaujamie spriegumi stiegrojumā saskaņā ar EC2

3. Rezultātu kopsavilkums divos virzienos strādājošiem režģiem

Pie $c_{AP}=50\text{mm}$ un $\varnothing_{AP}=25\text{mm}$ (katrā virzienā viens stiegrojuma slānis)

h, cm	$\sigma_{s,max,SLS}$, MPa					$\sigma_{s,max,ULS}$, MPa				
	\varnothing_s , mm					\varnothing_s , mm				
	20	22	25	28	32	20	22	25	28	32
60	227	227	228	230	232	365	365	366	368	372
80	222	221	221	223	225	356	355	355	357	360
100	221	220	219	219	219	355	353	351	351	352
120	221	220	219	219	219	355	353	351	351	352
150	221	220	219	219	219	355	353	351	351	352



Pie $c_{AP}=50\text{mm}$ un $\varnothing_{SW}=25\text{mm}$ (katrā virzienā divi stiegrojuma slāņi)

h, cm	$\sigma_{s,max,SLS}$, MPa					$\sigma_{s,max,ULS}$, MPa				
	\varnothing_s , mm					\varnothing_s , mm				
	20	22	25	28	32	20	22	25	28	32
60	191	190	188	188	188	307	304	302	301	301
80	191	188	186	185	185	306	302	298	297	296
100	192	188	184	183	182	308	301	296	293	292
120	192	188	184	181	180	309	301	295	291	288
150	192	188	184	181	180	309	301	295	291	288

