

Režģoga aprēķins ar spraišļu-saišu jeb spiestu-stieptu elementu kopņu modeļu aprēķina metodi (SSM)

Kolonna

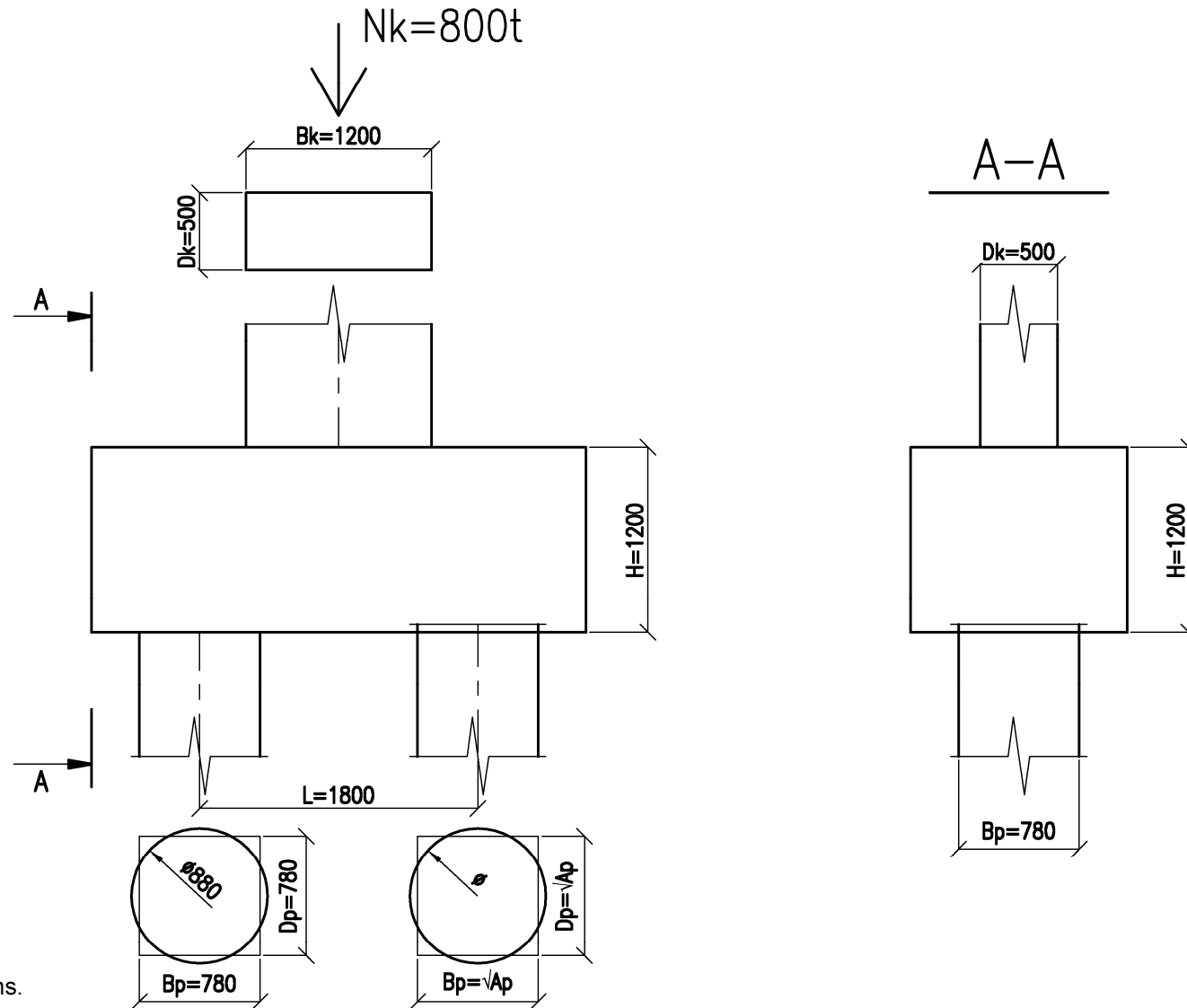
2 apaļas formas pāji

un režģogs,
kam pārbaudei pieņemts
augstums $H=1200\text{mm}$

Kolonnai centriski pielikta
koncentrēta slodze

Reducējam pāļu laukumu
uz kvadrātu

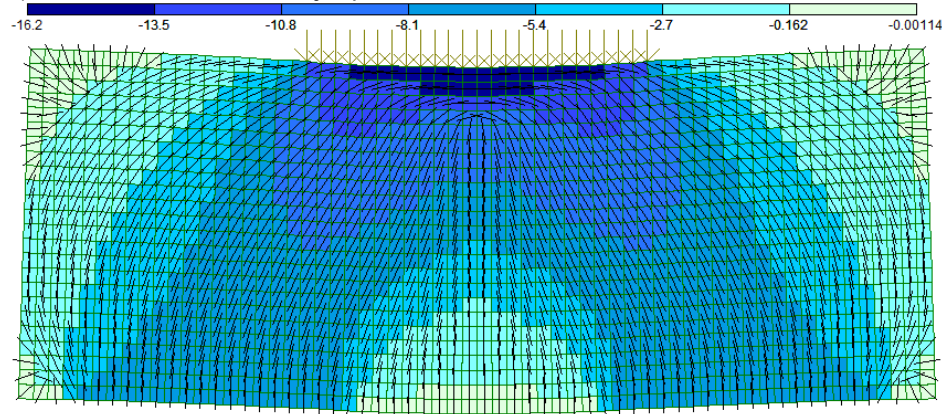
SSM konstruēšanai vajadzēs
pāja izmērus abās plaknēs,
bet 880mm nebūs korekts pieņēmums.



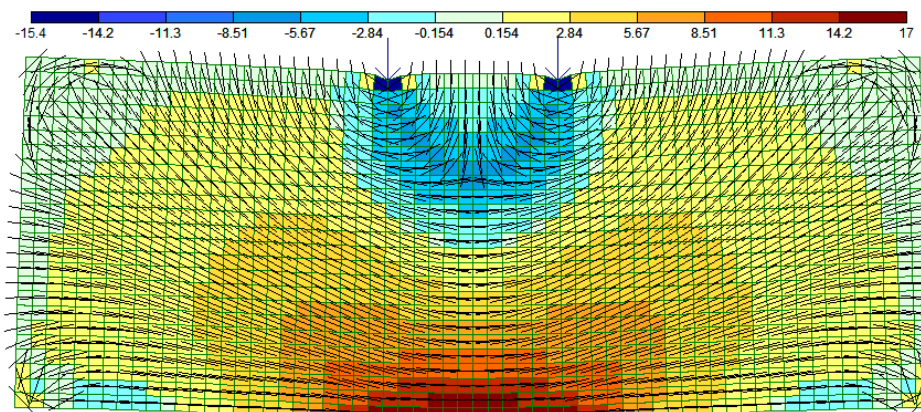
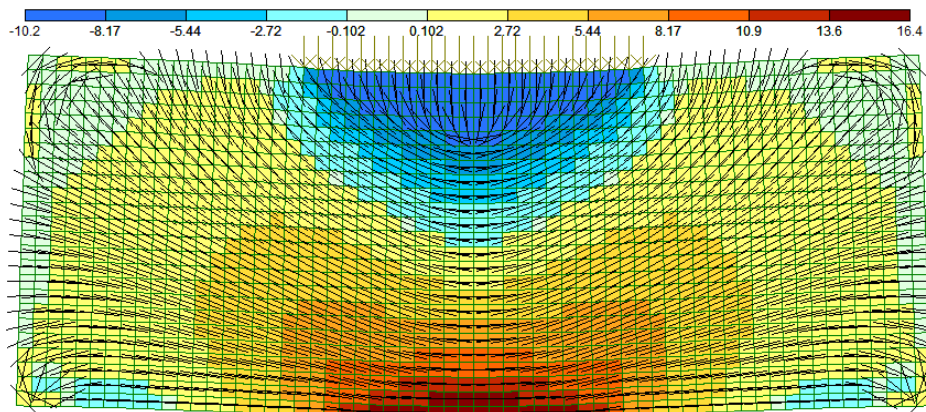
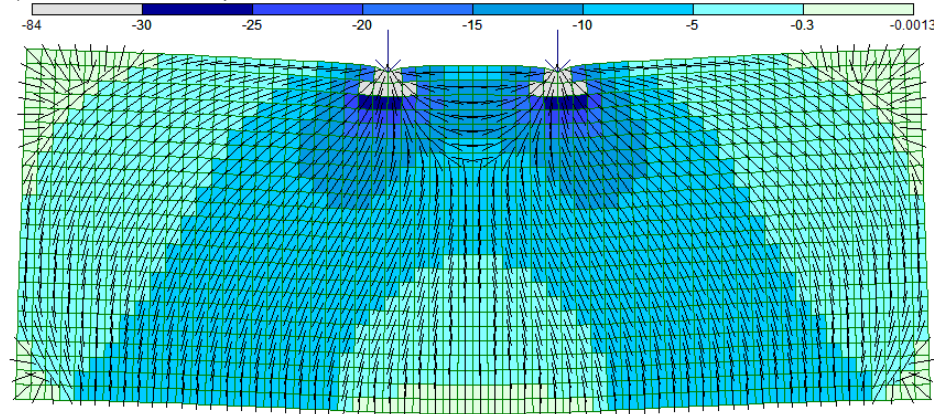
Principiālo spriegumu sadalījums

no elastīgā stadijā veikta GEM 2D aprēķina, lai apjaustu režģoga darbību elastīgā stadijā

1) kolonnas slodzi izkliedējot pa tās laukumu



2) kolonnas slodzi pieliekot koncentrēti



balsti modelēti kā atsperes pa pāja platumu.

Novērojumi:

2 spiesti atgāžņi – spraišļi, kam pēc principiālo spriegumu virzieniem novērojama t.s. „pudeles” forma un šķērsvirzienā darbojas stiepe.

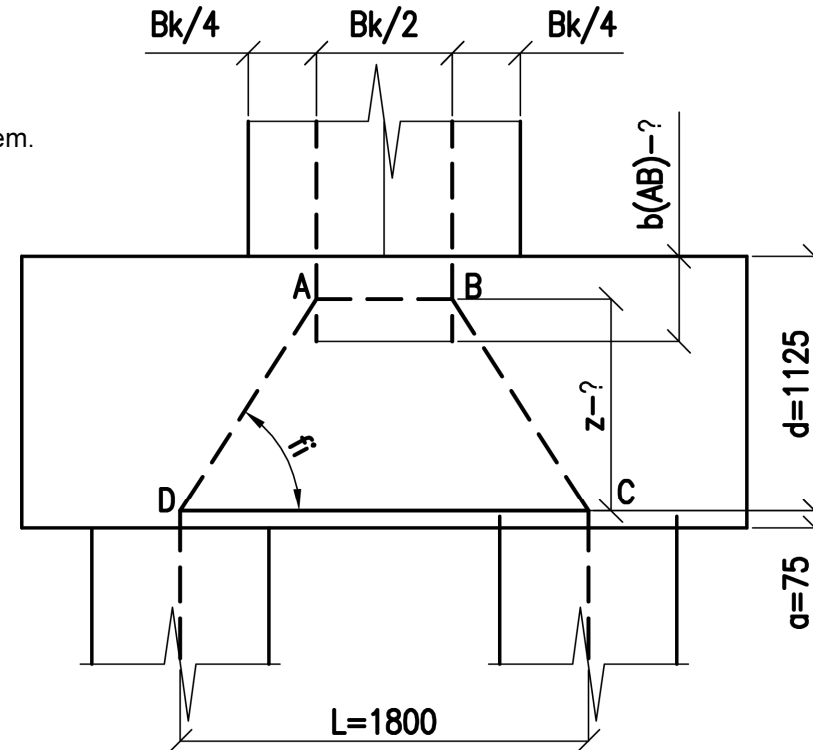
Apakšā stiepta savilce – saite.

Kolonnas mezglā – div-asīga spiede.

Spraišļu-saišu modeļa formas izvēle

Izvēlamies spraišļu-saišu modeli – **trapeces formā**, kas lieliski sasaucas ar iepriekš aplūkotajiem principiālo spriegumu kontūrgrafikiem.

- 1) Kolonnu sadalām divās daļās, pa kuru centriem pieliekam sadalīto slodzi $800/2=400t$.
- 2) Apakšējā josla tiek izvietota pa stiegrojuma smaguma centru, ko pieņemam $a=75mm$ attālumā no režģoga apakšējās virsmas.
- 3) Lai pabeigtu trapeces modeļa definēšanu atliek **trapeces augstums**, ko nosaka spiestās augšjostas augstums. Diemžēl viennozīmīga kritērija, kas definētu šīs joslas augstumu nav - jāizdara pieņēmums.!



Skaidrs, ka liels režģoga augstums nozīmē stāvāku leņķi ϕ un mazākas piepūles stieptajā saitē t.i. mazāku nepieciešamā stieptā stiegrojuma daudzumu, taču vienlaikus rezultē arī betona apjoma pieaugumā un pamatu izbūves/ ekskavācijas dziļuma palielinājumā. Tādēļ pamatota inženiertehniska vēlme šo augstumu pēc iespējas samazināt. Bet maza augstuma režģogam izvēloties lielu trapeces augstumu cieš augšējās spiestās joslas platums, kam jāuzņem atbilstoša spiedes piepūle – un šai gadījumā (šaurās kolonnas dēļ), izrādās, notiecošā loma režģoga aprēķinā – tādēļ aktuāls jautājums par maksimālo spiestās augšjostas platumu

Maksimālais spiestās joslas augstums,

ko iesakām nepārsniegt.

Piedāvājam noteikt grafiski:

- konstruējam līniju
no punkta D (stieptās joslas krustpunkts ar pāļu ass līniju)
uz kolonnas centru (ass līnijas krustpunktu ar režģoga augšmalu);

- pagarinām sadalītās kolonnas slodzes iedarbes līniju
līdz krustpunktam A ar konstruēto līniju,

no kurienes paralēli režģoga augšmalai vilktais nogrieznis AB
reprezentē augšjoslas smaguma centru.

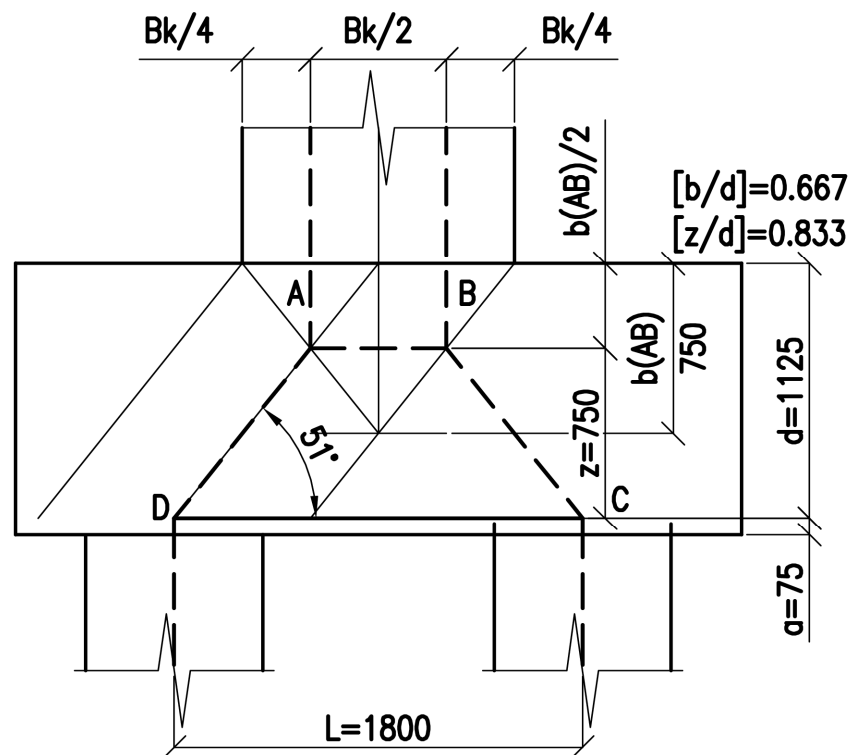
Tātad atbilstošais max augšjoslas platums vienāds ar
dubultu līnijas AB attālumu
no režģoga augšmalas – $b(AB)$.

Šādi iegūtā max augšjoslas platuma vērtība $b(AD)_{\max}=750\text{mm}$
nedaudz pārsniedz mums zināmo
liekta (Bernulli) elementa
spiestās zonas balansa augstuma vērtību

$$x_{bal} = \frac{1}{\varepsilon_{yd} / \varepsilon_{cu} + 1} d \approx 0,617d \approx 694\text{mm}.$$

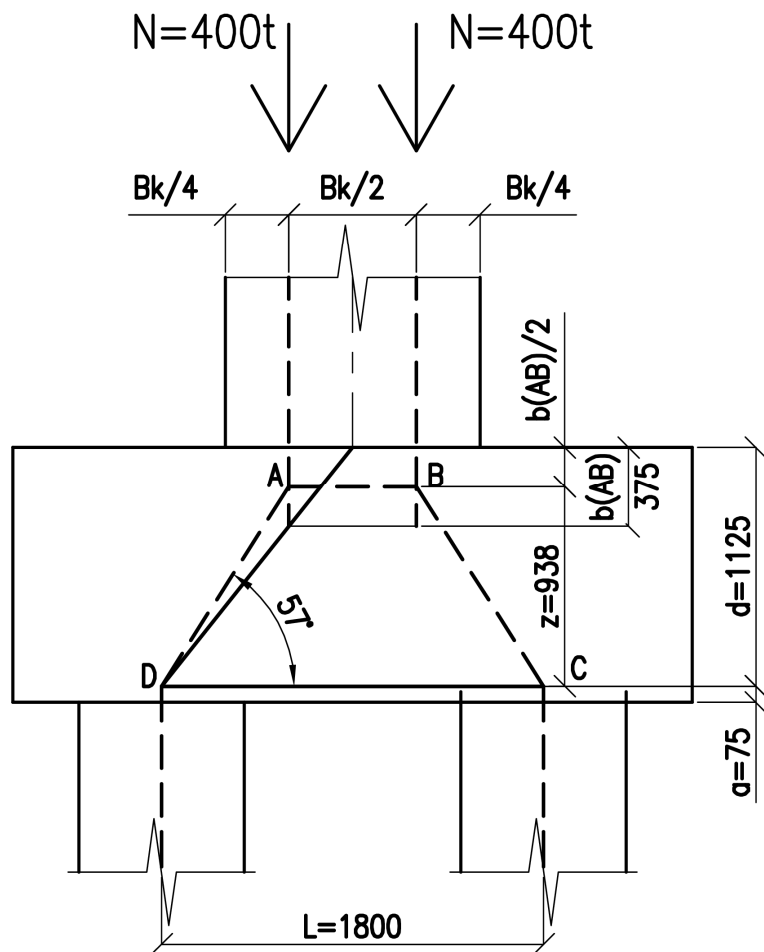
Taču tā kā aplūkotais režģogs uskatāms par t.s.
traucēto apgabalu (Disturbed-region),
nav spēkā plakano šķēlumu teorija un
šī robežvērtība mums nav saistoša.

Pieņemot spiestās augšjoslas platumu lielāku par augstāk rekomendēto,
novērojams, ka atgāžņa AD platums projicējas ārpus
mezgla AB „spiedes trīsstūra” (div-asīgā spiedē strādājošā reģiona) –
nevar uzskatīt, ka iegūtā spiestā spraišļa platums tiek utilizēts pilnā apmērā.



Definētā SSM ģeometrija,

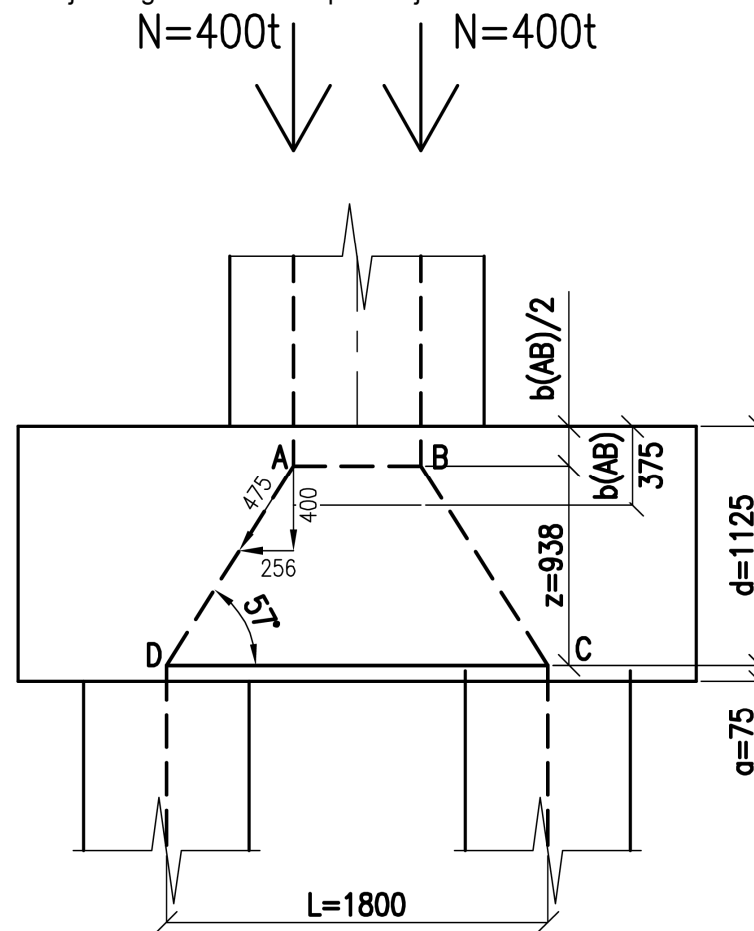
Aprēķinām izvēlamies SSM ar spiestās joslas augstumu vienādu ar pusi no minētā maksimālā $b(AB)=b(AB)_{max} / 2$.



piepūļu noteikšana

Piepūles nosaka ar būvmehānikas metožu palīdzību, tādādēļ vēlam, lai iegūtā sistēma būtu statiski noteicama.

Risinājums: grafisks ar t.s. spēku trijstūri:



vai analītisks – izmantojot triģonometrijas formulas:

$$N_{AD} = N_{BC} = \frac{-400t}{\sin 57} \approx 475t$$

$$N_{AB} = N_{AD} \cdot \cos 57 = -475t \cdot \cos 57 \approx -256t \quad N_{DC} = -N_{AB} = 256t$$

Mezglu konstruēšana un elementu aprēķini

Tā kā mezglā saiet tikai spiesti stieņi (un novērojama div-asīga spiede), tad saskaņā ar EN 1992-1-1 6.5.4(4)a) spiesto stieņu stiprību mezglā ierobežo ar:

$$R_d = 1,0 \cdot v' \cdot f_{cd} = 1,0 \cdot 0,88 \cdot \frac{0,85 \cdot 30 \text{ MPa}}{1,5} \approx 15,0 \text{ MPa}$$

Kolonnas pārbaude lokālā (mezgla) spiedē:

$$\frac{N}{B_k D_k} = \frac{800t}{1200 \text{ mm} \cdot 500 \text{ mm}} \approx 13,3 \text{ MPa} <$$

$$< 1,0 \cdot v' \cdot f_{cd} \approx 15,0 \text{ MPa}$$

Spiestās augšjoslas AB pārbaude lokālā (mezgla) spiedē:

$$\frac{N_{AB}}{b(AB) \cdot D_k} = \frac{256t}{375 \text{ mm} \cdot 500 \text{ mm}} \approx 13,7 \text{ MPa} <$$

$$< 1,0 \cdot v' \cdot f_{cd} \approx 15,0 \text{ MPa}$$

Spiestā spraišļa AD pārbaude lokālā (mezgla) spiedē:

$$\frac{N_{AD}}{b(AD) \cdot D_k} = \frac{475t}{708 \text{ mm} \cdot 500 \text{ mm}} \approx 13,4 \text{ MPa} <$$

$$< 1,0 \cdot v' \cdot f_{cd} \approx 15,0 \text{ MPa}$$

Spraišļa platums $b(AD)$ iegūst

kopējot spraišļa ass līniju uz kolonnas stūri

un mezgla AB spiedes trijstūra virsotni – spiestās joslas apakšējās robežas centra punktu.

Kā redzams formulās, pārbaudēm izmanto kolonnas dziļumu $D_k = 500 \text{ mm}$, nevis režģoga.

Konkrētajā gadījumā pārbaudes izpildās, jo izvēlēts optimāls režģoga augstums $H=1200 \text{ mm}$ un piemērots spiestās joslas augstums.

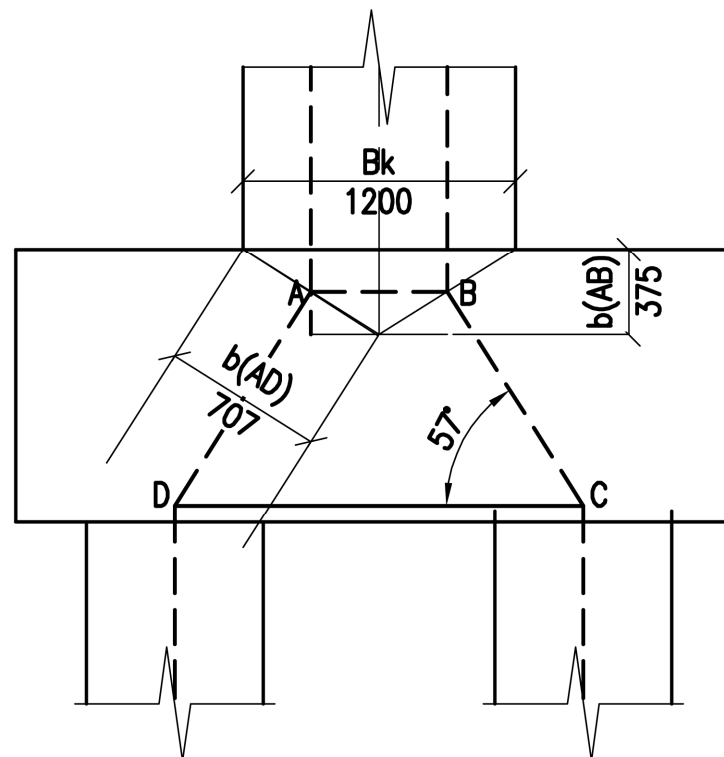
Tā, piemēram, režģoga augstumam $H=900 \text{ mm}$, pat izmantojot maksimālo $b(AB)_{\text{max}}$, spiestās augšjoslas pārbaudi izpildīt nebūtu iespējams.

Ja kāda objektīva iemesla dēļ nebūtu iespējams palielināt H ,

tad problēmas risinājumu varētu meklēt mezgla efektīvā dziļuma palielināšanā,

veicot papildus nepieciešamo šķērsvirziena saišu (režģoga dziļuma plaknē) aprēķinu un izvietojot tam atbilstošu papildstieģojumumu aptveru formā.

Mezglis A-B



Mezgli D un C

Tā kā mezglā saiet kā spiesti, tā stiepti stieņi,
 tad saskaņā ar EN 1992-1-1 6.5.4(4)b
 spiesto stieņu stiprību mezglā ierobežo:

$$R_{d2} = 0,85 \cdot v' \cdot f_{cd} = 0,85 \cdot 0,88 \cdot 17 \text{ MPa} \approx 12,7 \text{ MPa}$$

Pāļa formāla pārbaude lokālā (mezglā) spiedē:

$$\frac{N/2}{A_p} = \frac{400t}{\pi \cdot (880\text{mm})^2 / 4} \approx 6,6 \text{ MPa} <$$

$$< 0,85 \cdot v' \cdot f_{cd} \approx 12,7 \text{ MPa}$$

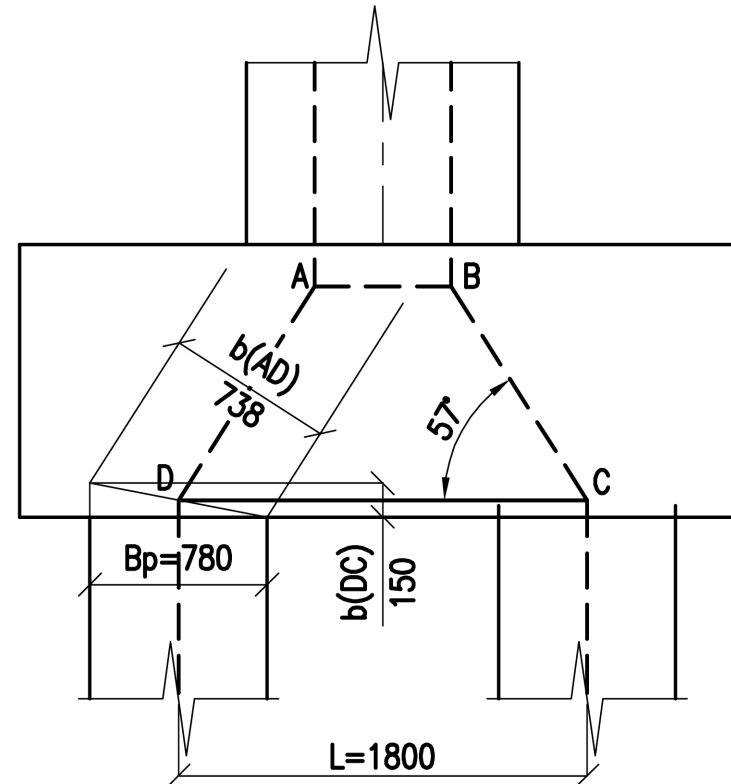
Spiestā spraišļa AD pārbaude lokālā (mezglā) spiedē:

$$\frac{N_{AD}}{b_{AD} D_{k,eq}} = \frac{475t}{738\text{mm} \cdot 780\text{mm}} \approx 8,25 \text{ MPa} <$$

$$< 0,85 \cdot v' \cdot f_{cd} \approx 12,7 \text{ MPa}$$

Spraišļa platums $b(AD)$ noteikts
 kopējot spraišļa ass līniju uz
 pāļa iekšmalas stūri pie režģoga apakšējās virsmas
 un mezglā D virsotni - attālumā $b(DC)$ no pāļa ārējās stūra

*kā redzams attēlā: izmantots uz kvadrātu reducētais pāļa izmērs.



Stieptā saite DC

SSM aprēķinam uzskatām par nepieciešamu papildus samazināt stiegru tērauda aprēķina stiprību, to pamatojot ar ekspluatācijas robežstāvokļa prasību izpildi, konkrēti – plaisu ierobežošanu.

Par pieņemamu stiprības samazinājumu šeit esam pieņēmuši sekojošo:

$$R_{yd} = k \cdot \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = 0,7 \cdot \frac{500MPa}{1,15} \approx 305MPa$$

Nepieciešamais stiegojuma laukums:

$$A_s = \frac{N_{CD}}{R_{yd}} = \frac{256t}{305MPa} \approx 9651mm^2,$$

$$\text{kam atbilst } 10 \text{ } \varnothing 36 \rightarrow \text{stiegrojuma solis } s \approx \frac{\varnothing_p + 2a}{n} \approx \frac{880mm + 2 \cdot 75mm}{10} \approx 100mm$$

Nepieciešamais stiegojuma enkurojuma garums aiz balsta zonas pēc EN 8.4:

$$l_{bd} = a_1 \cdot a_2 \cdot a_3 \cdot a_4 \cdot a_5 \cdot \frac{\varphi \cdot \sigma_{sd}}{4 \cdot 2,25 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \alpha_{ct} \cdot f_{ctk,0,05} / \gamma_c} =$$
$$= 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,847 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot \frac{36mm \cdot 305MPa}{4 \cdot 2,25 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 2,03MPa/1,5} \approx 970mm$$

Spiestais spraislis AD

Spiestam spraislim,
kam šķērsvirzienā darbojas stiepes piepūle (skat. GEM principiālos spriegumus),
saskaņā ar EN 1992-1-1 6.5.2(2)
arpēķina stiprība nosakāma pēc sakarības:

$$R_d = 0,6 \cdot v' \cdot f_{cd} = 0,6 \cdot 0,88 \cdot 17,0 \text{ MPa} \approx 9,0 \text{ MPa}$$

Kā redzams attēlā,
novērojama nesaiste starp spiestā spraišļa izmēriem
augšējam un apakšējam mezglam,
ko ievērtējam pieņemot vidējās vērtības:

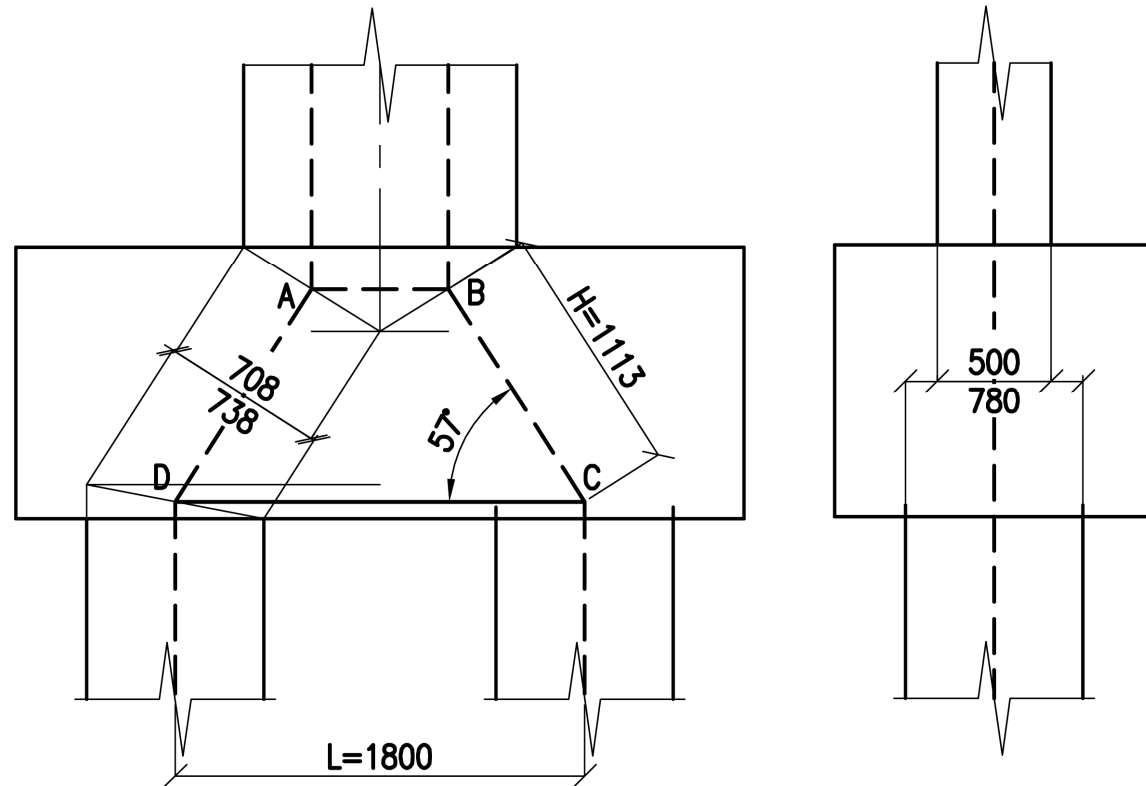
$$b(AD) = \frac{708 + 738}{2} = 723 \text{ mm}$$

$$d(AD) = \frac{500 + 780}{2} = 640 \text{ mm}$$

Tādējādi spraišļa pārbaude:

$$\frac{N_{AD}}{b(AD) \cdot d(AD)} = \frac{475 \text{ t}}{723 \text{ mm} \cdot 640 \text{ mm}} \approx 10,3 \text{ MPa} \not\leq 0,6 \cdot v' \cdot f_{cd} \approx 9,0 \text{ MPa}$$

Neizpildās!



Palīgā nāk EN 1992-1-1 6.5.3. punkts,
kas piedāvā spraisli paplašināt izvietojot tajā stieptās saites,
kas iegrožo spraišļa šķērsdeformācijas.

Maksimālais paplašinājums, ko šādi var nodrošināt:

$$b_{ef} = 0,5H + 0,65a = 0,5 \cdot 1113\text{mm} + 0,65 \cdot 500\text{mm} \approx 1060\text{mm} >$$

ievērojami pārsniedz mums nepieciešamo:

$$> b_{req} = \sqrt{A_{req}} = \sqrt{\frac{N_{AD}}{0,6 \cdot v' \cdot f_{cd}}} \approx 727\text{mm}$$

$$\text{kur } a = \min \left(\begin{array}{l} D_k = 500\text{mm} \\ D_{p,eq} = 780\text{mm} \\ h = H/2 = 1113\text{mm}/2 \approx 557\text{mm} \end{array} \right) = 500\text{mm}$$

Nosakām stiepes piepūli, ko jāspēj uzņemt stiegrojuma saitēm:

$$T(b > H/2) = \frac{1}{4} \left(1 - 0,7 \frac{a}{0,5H} \right) F =$$

$$= \frac{1}{4} \left(1 - 0,7 \frac{500\text{mm}}{0,5 \cdot 1113\text{mm}} \right) \cdot 475\text{t} \approx 44,1\text{t}$$

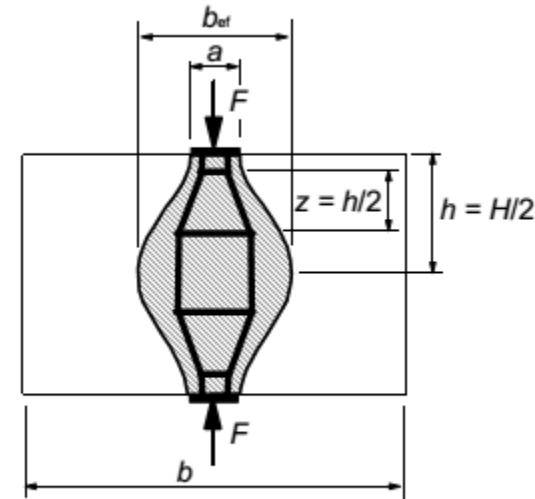
Sadalot šo spēku z un x komponentēs nosakām nepieciešamos vertikālo un horizontālo aptveru laukumus:

$$A_{sw,z} = \frac{T \cdot \sin \theta}{f_{yd}} = \frac{44,1\text{t} \cdot \sin 57,4^\circ}{305\text{MPa}} \approx 1219\text{mm}^2$$

uz vienu spraisli $8\emptyset 14 \rightarrow s \sim 150\text{mm}$

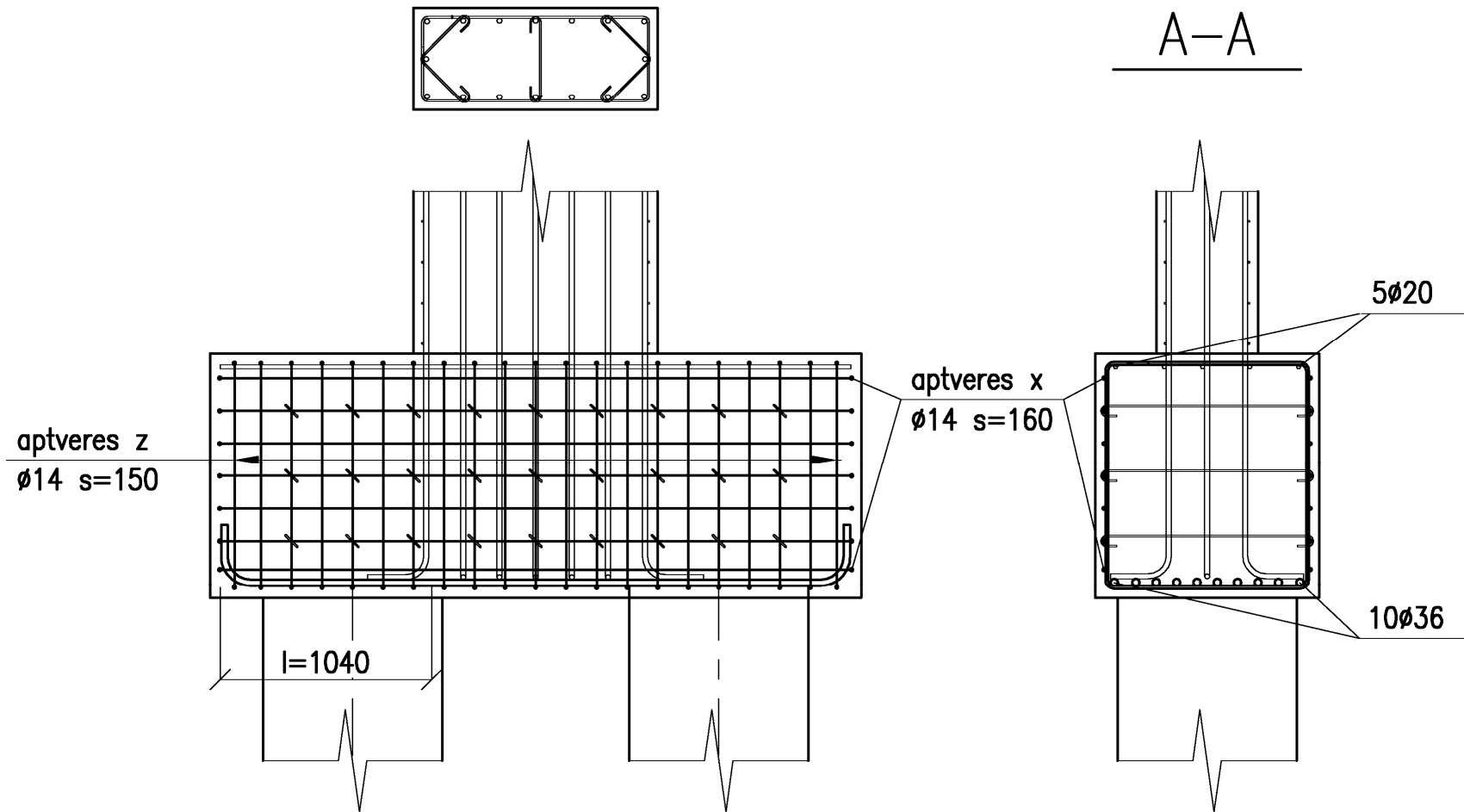
$$A_{sw,x} = \frac{T \cdot \cos \theta}{f_{yd}} = \frac{44,1\text{t} \cdot \cos 57,4^\circ}{405\text{MPa}} \approx 780\text{mm}^2$$

$6\emptyset 14 \rightarrow s \sim 200\text{mm}$



$$b_{ef} = 0,5H + 0,65a; a \leq h$$

Režģoga stiegrojums



Pēc aprēķina stieptajā saitē izvieta 10 $\varnothing 36$ garenstiegras.

Kā redzams attēlā nepieciešamais stieptā stiegrojuma enkuroja garums aiz balsta zonas tiek izpildīts ar uzviju – profilakses nolūkos stiegras esam uzlocījuši.

Spiestajā augšjoslā konstruktīvi izvietotas 5 $\varnothing 20$ garenstiegras – aptveru stūros un pie katras kolonnas garenstiegru rindas.

Vertikālās aptveres $\varnothing 14$ izvietotas kā noteikts aprēķinā – ar soli $s=150\text{mm}$,

bet horizontālo aptveru solis samazināts no $s\sim 200\text{mm}$ uz 160mm t.i. ievietota viena papildus aptvere, lai varētu simetriski izvietot āķus.