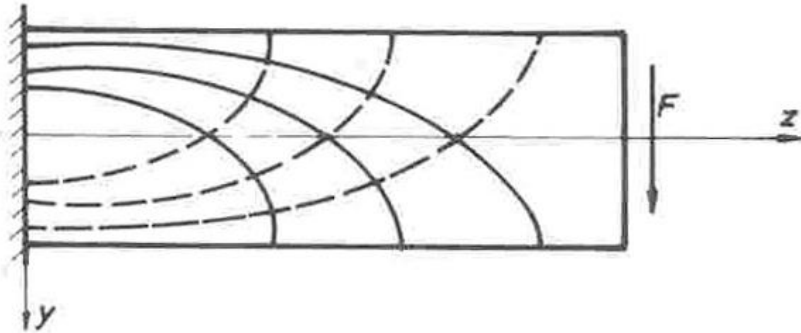
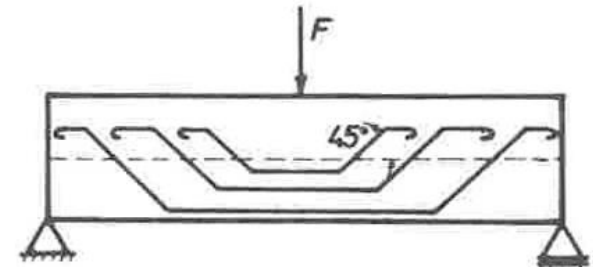
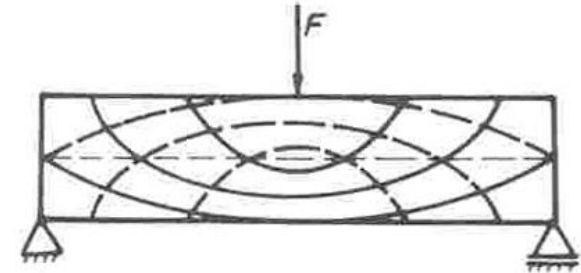


POPREČNA ARMATURA - uticaje transverzalnih sila i momenata torzije

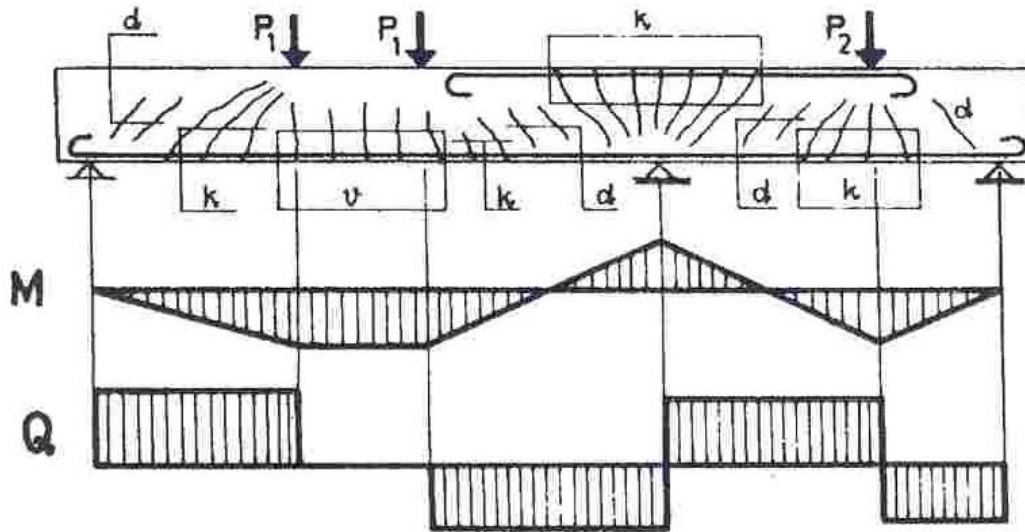
Uticaj transverzalnih sila



Trajektorije napona u konzolnoj gredi



Trajektorije napona i armatura u prosto oslonjenoj gredi



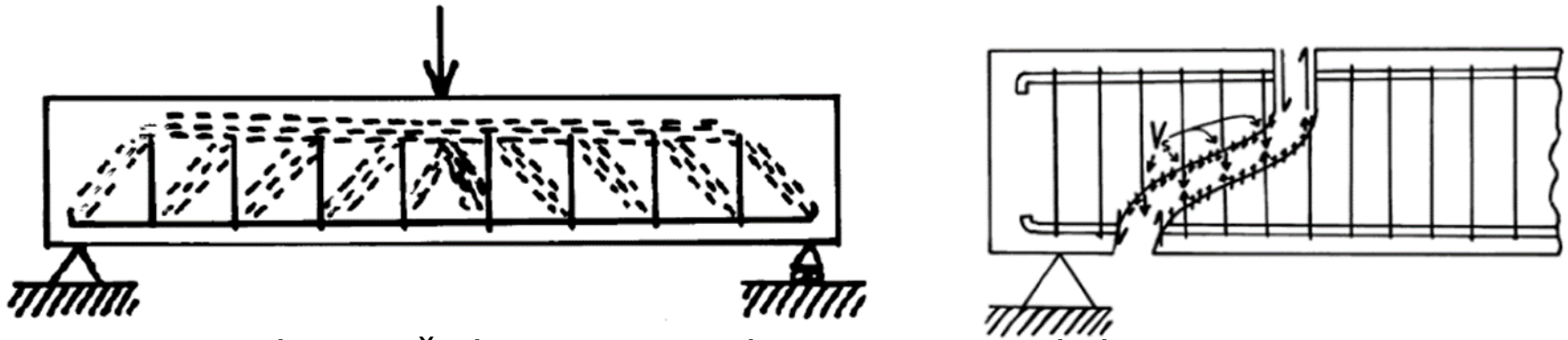
Tipovi prslina u AB gredi

Vertikalne prsline posljedica su dejstva momenta savijanja M u zoni gdje nema dejstva transverzalne sile. Kose prsline nastaju usljed dominantnog dejstva transverzalne sile Q . Prsline, pod uglom oko 45° su u zoni uz oslonac, u kojoj je savijanje približno jednako 0.

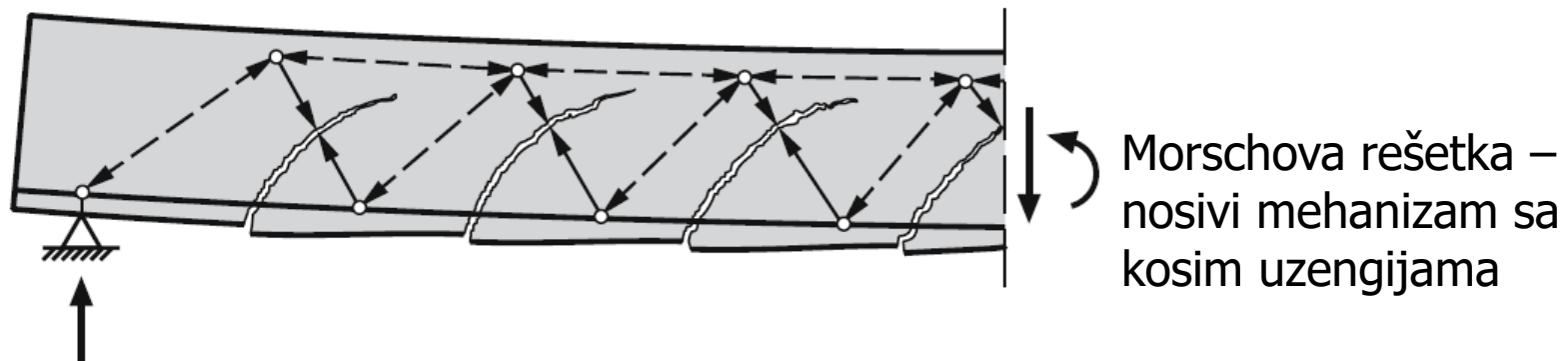
Metoda proračuna poprečne sile u standardu MEST EN 1992-1-1 je „standardna metoda“ i zasniva se na poboljšanoj Morsch-Ritterovoj metodi upoređenja naponskih stanja u betonskoj gredi sa rešetkom. U Morsch-Ritterovoj metodi se pretpostavlja:

- Pojasi rešetke su paralelni za nosač konstatne visine;
- Štapovi rešetke su zglobno spojeni sa čvorovima;
- Pritisnuti štapovi ispune su pod uglom od 45° prema uzdužnoj osi;
- Zategnuti štapovi rešetke su uzengije, kose šipke ili njihova kombinacija.

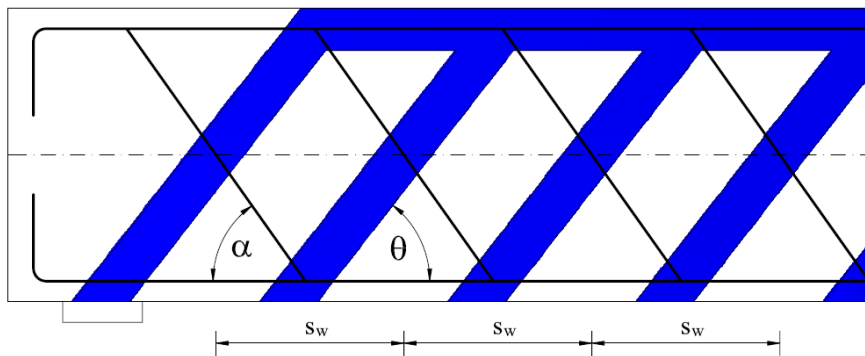
U standardu MEST EN 1992-1-1 se sprovodi slobodan izbor nagiba pritisnutih štapova u rasponu od 21.8° do 45° .



Morschova rešetka – nosivi mehanizam sa vertikalnim uzengijama

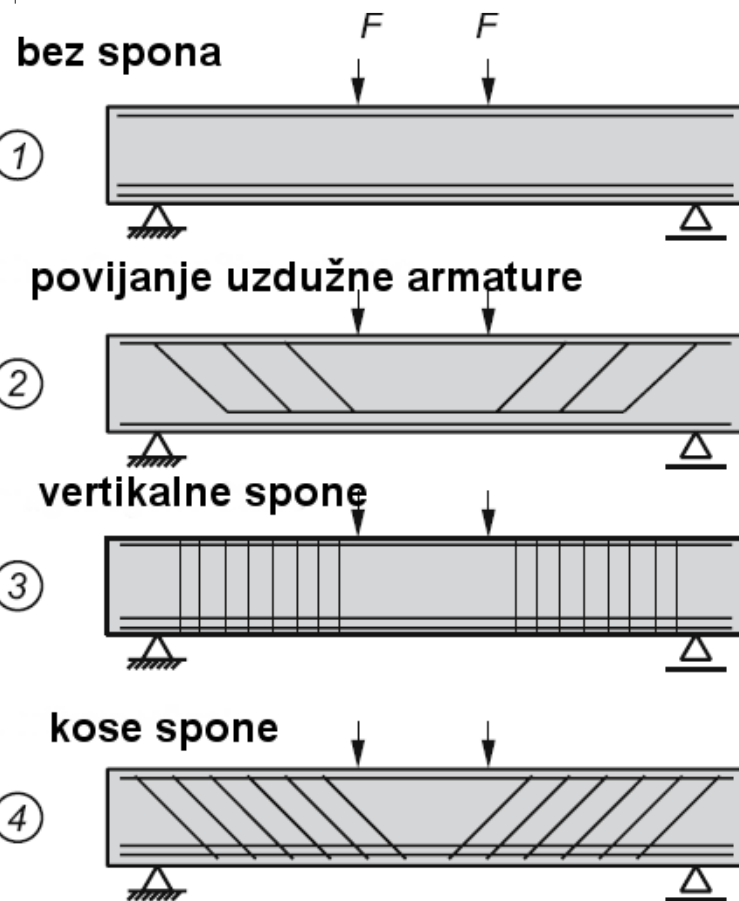
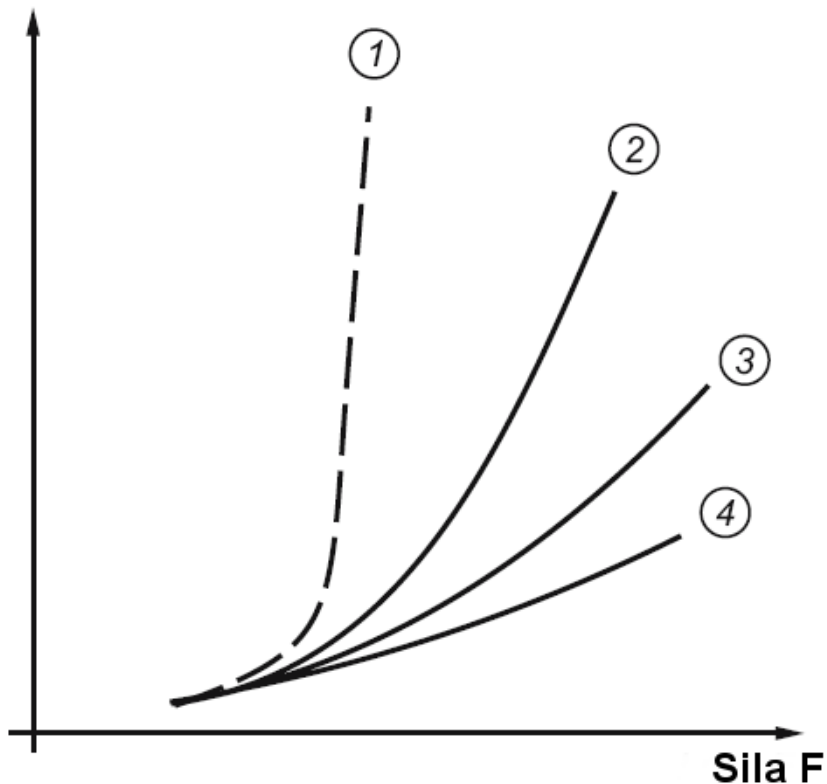


Morschova rešetka – nosivi mehanizam sa kosim uzengijama



Uglovi nagiba pritisnutih i zategnutih dijagonala zamišljene rešetke

Širina pukotina w



Uticaj armiranja, vrste i položaja poprečne i podužne armature, na širinu pukotina

Uslov nosivosti na poprečne sile je da je računaska poprečna sila V_{Ed} manja ili jednaka računskoj nosivosti presjeka na poprečne sile V_{Rd} :

$$V_{Ed} \leq V_{Rd}$$

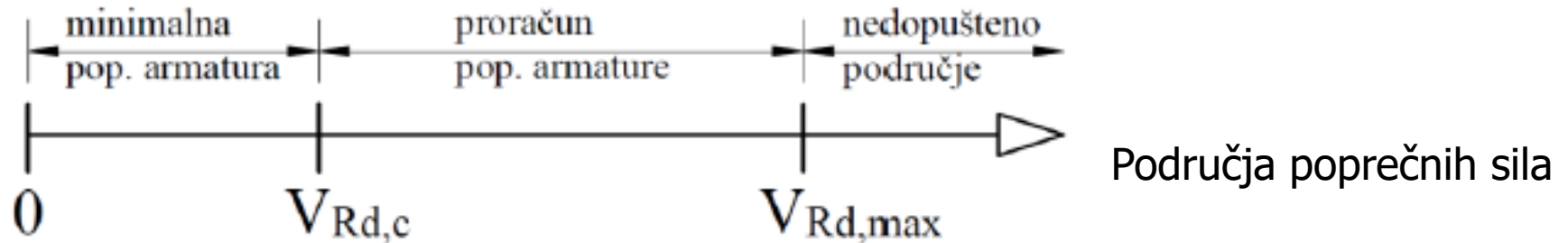
V_{Ed} je računaska poprečna sila $V_{Ed} = V_G \gamma_G + V_Q \gamma_Q$

V_{Rd} je računaska nosivost na poprečne sile

Računaska poprečna sila proračunava se na udaljenosti "a" od osi ležaja:

$$V'_{Ed} = V_{Ed} - a \cdot (\gamma_G \cdot g + \gamma_Q \cdot q) = V_{Ed} - a \cdot q_{Ed}$$

$$a = \frac{b_{supp}}{2} + d$$



Područje 1 $V_{Ed} \leq V_{Rd,c}$ potrebno je postaviti minimalnu poprečnu armaturu

Područje 2 $V_{Rd,c} \leq V_{Ed} \leq V_{Rd,max}$ potreban je proračun poprečne armature

Područje 3 $V_{Ed} \geq V_{Rd,max}$ - nedopušteno područje, promjena dimenzija presjeka

Proračunska nosivost na poprečne sile elemenata bez poprečne armature je data izrazom:

$$V_{Rd,c} = \left[C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3} + k_1 \cdot \sigma_{cp} \right] \cdot b \cdot d \geq V_{Rd,c,min}$$

$$V_{Rd,c} \geq V_{Rd,c,min} = (v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b \cdot d$$

$V_{Rd,c}$ je proračunska nosivost presjeka na poprečne sile bez poprečne armature. Smicanje u presjeku preuzima beton i uzdužna armatura.

Gdje su:

$$C_{Rd,c} = 0.18/\gamma_c = 0.18/1.5 = 0.12$$

$$k_1 = 0.15$$

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \leq 2.0$$

$$\rho_1 = \frac{A_{s1}}{b \times d} \leq 0.02$$

Koeficijent armiranja podužnom armaturom, sidrene propisno iza posmatranog presjeka

$$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c \leq 0.2 \cdot f_{cd}$$

Središnje naprezanje na pritisak u N/mm², gdje je N_{Ed} uzdužna sila u presjeku, +pritisak, a - zatezanje

A_c je površina betonskog presjeka, (mm²)

b je najmanja širina presjeka, (mm)

d je statička visina poprečnog presjeka, (mm)

$$v_{min} = 0.035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2}$$

Najveća računaska poprečna sila koja se može preuzeti bez otkazivanja pritisnutih štapova u rešetki je:

$$V_{Rd,max} = \alpha_{cw} \cdot b_w \cdot z \cdot v_1 \cdot f_{cd} \cdot \frac{1}{\text{ctg}\Theta + \text{tg}\Theta}$$

Gdje su:

α_{cw} je koeficijent koji uzima u obzir stanje napona u pritisnutom pojasu. Za elemente bez uzdužne sile $\alpha_{cw} = 1,0$.

Ako postoji sila pritiska u gredi α_{cw} se računa prema izrazima:

$$\alpha_{cw} = 1 + \frac{\sigma_{cp}}{f_{cd}} \quad \text{za } 0 < \sigma_{cp} \leq 0.25 \cdot f_{cd}$$

$$\alpha_{cw} = 1.25 \quad \text{za } 0.25 < \sigma_{cp} \leq 0.5 \cdot f_{cd}$$

$$\alpha_{cw} = 2.5 \cdot \left(1 - \frac{\sigma_{cp}}{f_{cd}} \right) \quad \text{za } 0.5 < \sigma_{cp} \leq 1 \cdot f_{cd}$$

z je krak unutrašnjih sila. U proračunu smicanja u gredi bez uzdužne sile smije se koristiti izraz $z=0,9d$

v_1 je koeficijent smanjenja čvrstoće za beton koji ima prsline usljed smicanja

$$v_1 = 0.6 \cdot \left(1 - f_{ck} / 250 \right)$$

θ je ugao između pritisnutog štapa i ose grede

α Ugao između poprečne armature i ose grede

Što je ugao θ manji to će biti manja količina potrebne poprečne armature. Za gredne elemente kod kojih se koriste vertikalne uzengije preporučuju se sljedeće vrijednosti $\text{ctg } \theta$.

- $\text{ctg } \Theta = 1.2$ za čisto savijanje, $\Theta = 39.8^\circ$
- $\text{ctg } \Theta = 1.2$ za savijanje s tlačnom silom, $\Theta = 39.8^\circ$
- $\text{ctg } \Theta = 1.0$ za savijanje s vlačnom silom, $\Theta = 45^\circ$

Dodatna sila zatezanja u uzdužnoj armaturi iznosi:

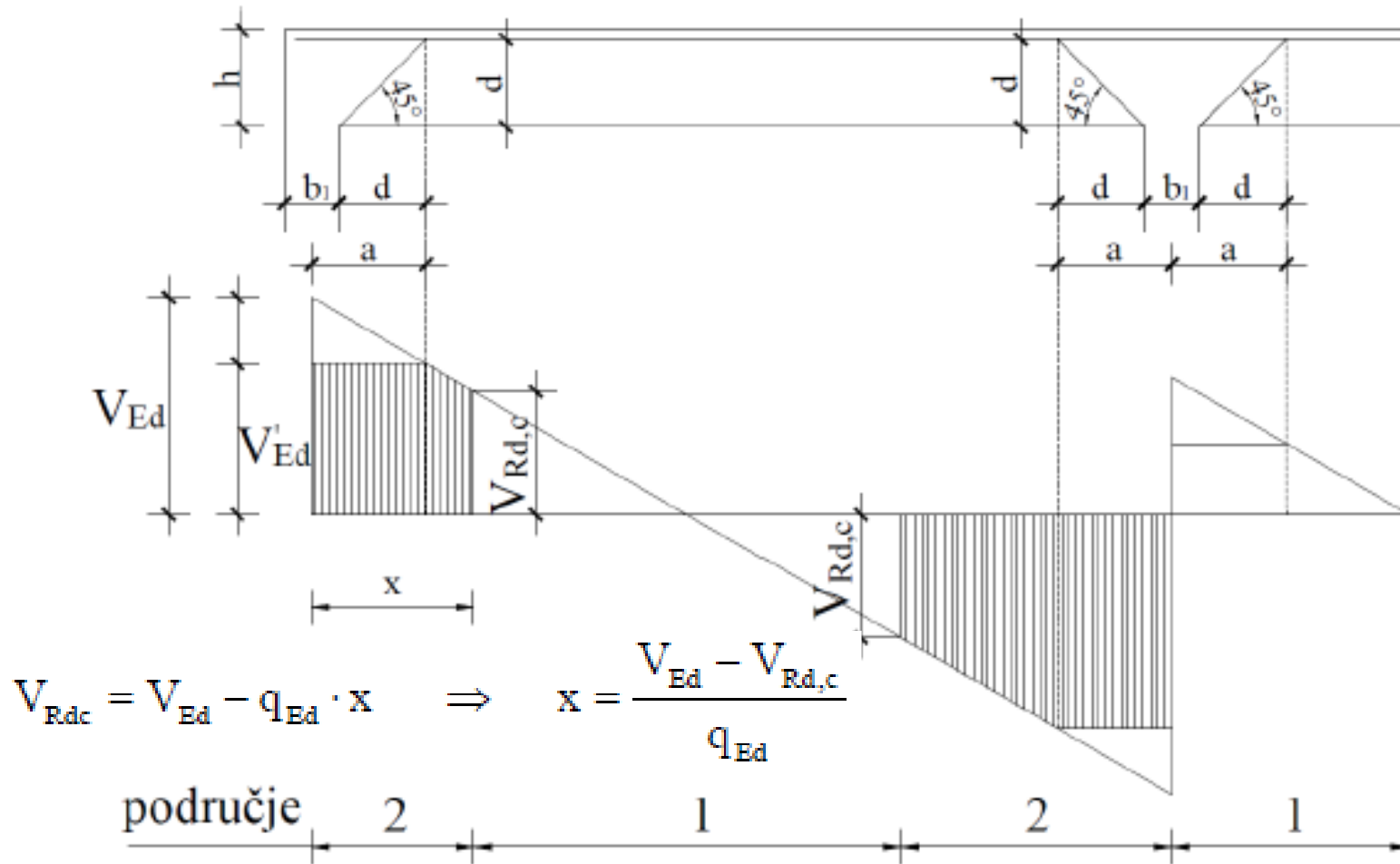
$$\Delta F_{td} = 0.5 \cdot V_{Ed} \cdot (\text{ctg } \Theta - \text{ctg } \alpha)$$

Da ne bi došlo do drobljena betona usljed sila pritiska mora da važi: $V_{Ed} < V_{Rd,max}$
Ako ovaj uslov nije zadovoljen potrebno je povećati visinu ili širinu grede.

Poprečna armatura se proračunava u cilju prihvatanja poprečnih sila ako je

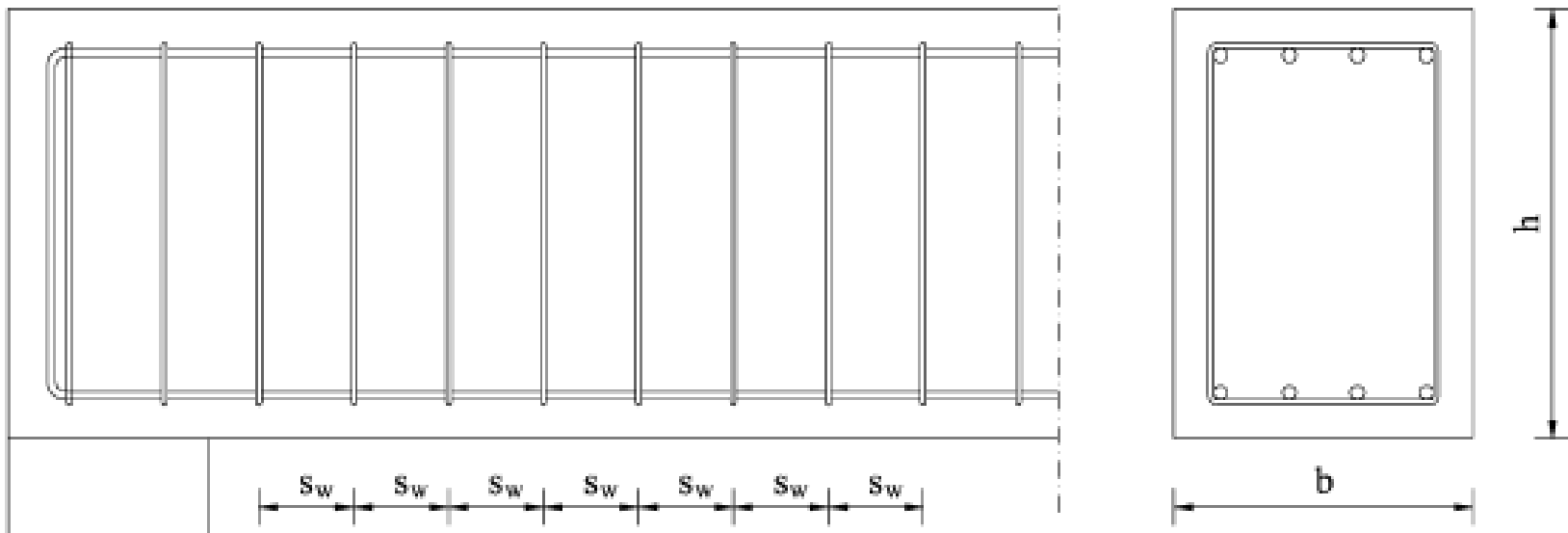
$$V_{Rd,c} \leq V_{Ed} \leq V_{Rd,max}$$

Određivanje razmaka vertikalnih i kosih uzengija



Dijagram poprečnih sila na primjeru grede s jednim prepustom

U području 1 se postavlja minimalna armatura, a u području 2 je potrebno proračunati poprečnu armaturu. Granica između područja je $V_{Rd,c}$, a udaljenost od ose oslanca do granice x određuje se gornjim izrazom.



Poprečna vertikalna armatura u gredi, s_w je razmak između uzengija

$$s_w = \frac{A_{sw,1} \cdot m \cdot f_{yw,d} \cdot 0.9 \cdot d \cdot \text{ctg} \theta}{V_{Ed}}$$

Potreban razmak između vertikalnih uzengija

$$s_w = \frac{A_{sw,1} \cdot m \cdot f_{yw,d} \cdot 0.9 \cdot d \cdot \sin \alpha}{V_{Ed}} (\text{ctg} \theta + \text{ctg} \alpha)$$

Potreban razmak između kosih uzengija

Gdje je:

α je nagib uzengija u odnosu na uzdužnu osu

m je sječnost uzengija ($m=2$ za uzengiju na skici)

A_{sw}^1 je površina poprečnog presjeka jedne šipke uzengije

$$f_{yw,d} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} \quad \text{Računska čvrstoća armature za uzengije}$$

Nakon raspucavanja nosača, sila u donjem pojasu, odnosno sila u armaturi iznosi:

$$F_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{z} + 0.5 \cdot V_{Ed} \cdot (\operatorname{ctg} \theta - \operatorname{ctg} \alpha)$$

Pri tome treba paziti da sila $F_{Ed} < \frac{M_{Ed, \max}}{z}$

Gdje je $M_{Ed, \max}$ najveći proračunski moment uzduž grede.

Minimalna poprečna armatura $A_{sw, \min}$ (ili maksimalno rastojanje odabranih uzengija)

Minimalna poprečna armatura se mora postaviti čak i kada proračun pokaže da ona nije potrebna. Postoje dva uslova za izbor minimalne armature. Potrebno je proračunati najveće rastojanje između uzengija po oba kriterijuma, a nakon toga odabrati manje rastojanje.

Prvi uslov:

Prema EN 1992-1-1:

$$\rho_{w, \min} = 0.08 \frac{\sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}} \qquad s_{w, \max} = \frac{A_{sw}}{\rho_{w, \min} \cdot b_w \cdot \sin \alpha}$$

Drugi uslov:

Vrijednost proračunske poprečne sile V_{Ed}	Razred tlačne čvrstoće betona	
	$\leq C50/60$ $\leq LC50/55$	$\geq C 55/67$ $\geq LC 55/60$
	Uzdužni razmak spona $S_{w,max}$	
$0 < V_{Ed} \leq 0.3 V_{Rd,max}$	$0.75 \cdot d \leq 30\text{cm}$	$0.75 \cdot d \leq 20\text{cm}$
$0.3 V_{Rd,max} < V_{Ed} \leq 0.6 V_{Rd,max}$	$0.55 \cdot d \leq 30\text{cm}$	$0.55 \cdot d \leq 20\text{cm}$
$0.6 V_{Rd,max} < V_{Ed} \leq V_{Rd,max}$	$0.3 \cdot d \leq 20\text{cm}$	

Najveći razmaci uzengija u zonama smicanja, zavisno od vrijednosti računске poprečne sile

Vrijednost proračunske poprečne sile V_{Ed}	Razred tlačne čvrstoće betona	
	$\leq C50/60$ $\leq LC50/55$	$\geq C 55/67$ $\geq LC 55/60$
	Poprečni razmak spona $S_{wt,max}$	
$0 < V_{Ed} \leq 0.3 V_{Rd,max}$	$0.75 \cdot d \leq 60\text{cm}$	$0.75 \cdot d \leq 40\text{cm}$
$0.3 V_{Rd,max} < V_{Ed} \leq 0.6 V_{Rd,max}$	$0.75 \cdot d \leq 60\text{cm}$	$0.75 \cdot d \leq 40\text{cm}$
$0.6 V_{Rd,max} < V_{Ed} \leq V_{Rd,max}$	$0.3 \cdot d \leq 20\text{cm}$	

Najveći dozvoljeni razmaci uzengija

$$r_{w,\min} = 0.5 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}}$$

Evrokod 8 (EN1998-1 5.4.3.1.2) definiše min koef arm i rastojanje poprečne arm na sledeći način:

$$s_1 = \min \begin{cases} h_w / 4 \\ 24d_{bw} \\ 225 \text{ mm} \\ 8d_{bl} \end{cases}$$

U do sada važećim propisima minimalni procenti armiranja poprečnom armaturom

Ako je $\tau_n(T) > \tau_r(T) \min \mu_u$, na dužini osiguranja λ je:

$$\min \mu_u = 0,2\%, \quad \mu_u = \frac{m x a_{u^{(1)}}}{b x e_u} \quad \text{i} \quad \min A_{au} = \min \mu_u \times b \times e_u$$

Treba birati, zbog prslina, tanje profile

$$\max e_u \leq \begin{cases} h/2 \\ b \\ 25 \text{ cm} \end{cases}$$

Za $3\tau_r < \tau_n < 5\tau_r$

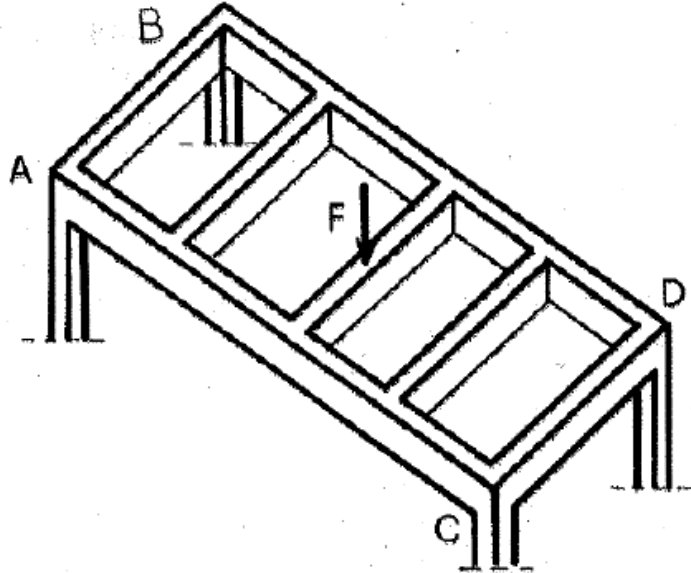
$$\max e_u = \min \begin{cases} h/3 \\ 20 \text{ cm} \end{cases}$$

$$\max e_k = \min \begin{cases} h/2 \\ 25 \text{ cm} \end{cases}$$

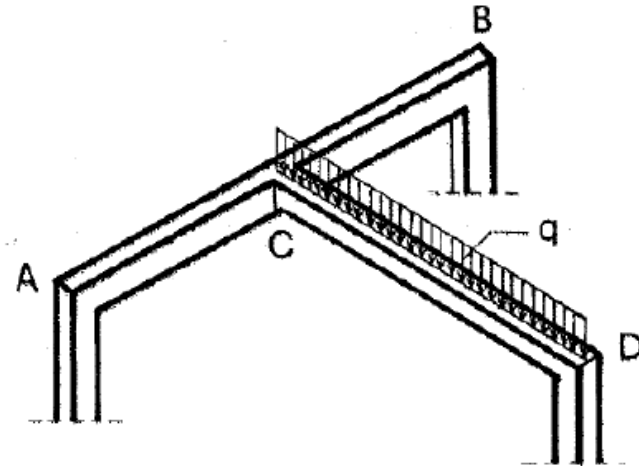
U **seizmički aktivnim područjima** maksimalna rastojanja uzengija, u gredama, uz oslonce su $e_u = 10 \text{ cm}$, a u polju $e_u = 20 \text{ cm}$. U stubovima, uz oslonce, maksimalna rastojanja uzengija su $e_u = 7.5 \text{ cm}$.

Uticaj torzije na elemente

Torzija u elementima A-C i B-D



Torzija u elementu A-B



Primjeri kompatibilne torzije

Kompatibilna torzija u armiranobetonskim konstrukcijama nastaje zbog monolitnog spoja između elemenata, a nije prijeko potrebna za ravnotežu elementa, pa se za granično stanje nosivosti može zanemariti. Zbog naprezanja torzijom u elementima koji torziju prihvataju (elementi AC i BD na slici lijevo, odnosno AB na slici desno) nastaju dugotrajne plastične deformacije, prsline, što znatno smanjuje njihovu torzionu krutost. Posljedica pojave prsline na mjestima oslanjanja je znatno smanjenje momenta torzije ili njegovo potpuno iščezavanje i odgovarajući porast momenata savijanja shodno uslovima ravnoteže.

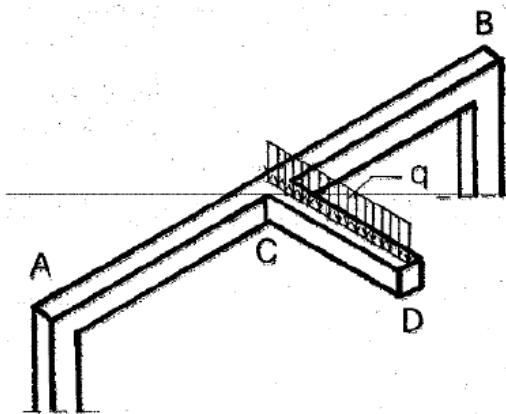
Ravnatežna se torzija u konstrukciji pojavljuje kao posljedica uslova ravnoteže u nekom konstruktivnom elementu.

Element CD na slici u statičkom je smislu konzolno uklješten u element AB.

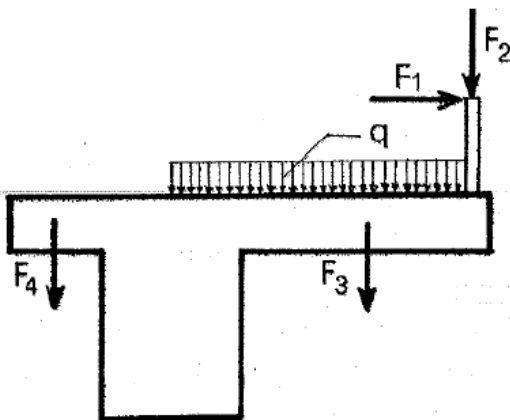
Element AB prima moment savijanja (na mjestu uklještenja) u elementu CD kao moment torzije. Da bi element CD zaista bio uklješten u element AB, element AB se dimenzioniše na dejstvo torzije.

Ravnatežna torzija djeluje istim intenzitetom za naponsko stanje I (bez prslina) i za naponsko stanje II (pojava prslina), tj. ne smanjuje se opadanjem torzione krutosti. Ako je u pitanju ravnatežna torzija, proračun na torziju mora uvijek biti sproveden.

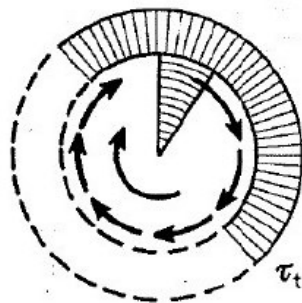
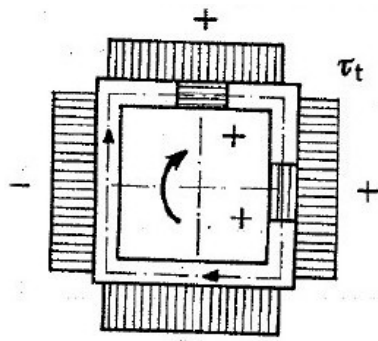
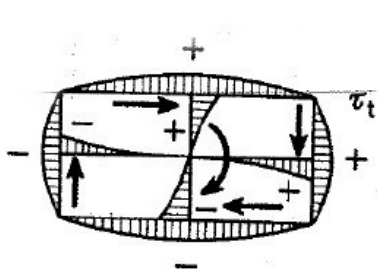
Torzija u elementu A-B



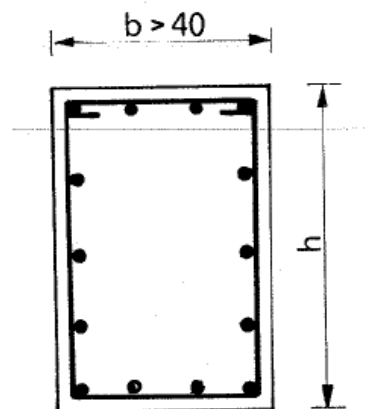
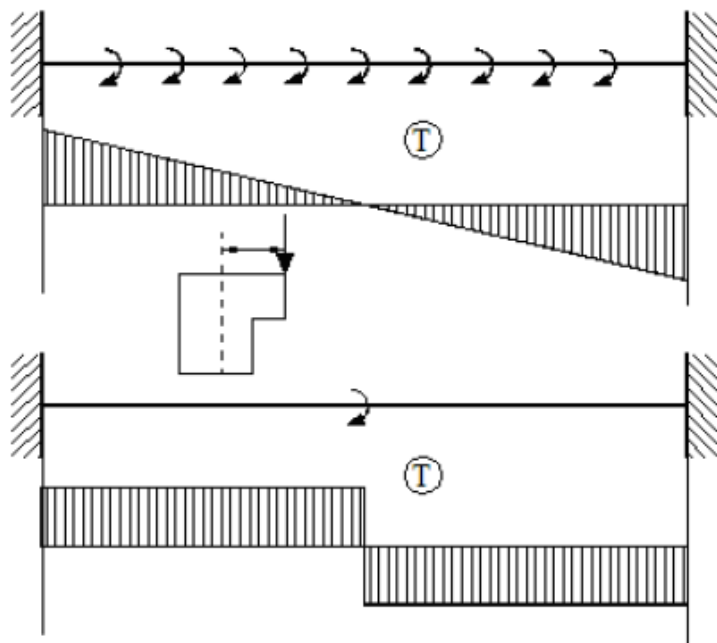
Torzija u gredi T-presjeka



Primjeri ravnatežne torzije



Dijagrami smicanja usljed momenta torzije za neke poprečne presjeke



Uzengije koje preuzimaju momente torzije se preklapaju po kraćoj strani i razmak ne bi smio biti veći od 20 cm.

Uzdužna i poprečna armatura za preuzimanje momenta torzije.

Dijagram torzije oblikom odgovara dijagramu poprečnih odnosno transferzalnih sila

Na gornjoj slici je dijagram torzije u nosaču, koji je izložen dejstvu ravnomjerno raspodijeljenog torzionog momenta po dužini nosača. Donja slika prikazuje uticaj torzije u nosaču koji je izložen dejstvu koncentrisanog torzinog momenta.

Dejstvi torzije i transverzaknih sila najčešće djeluju istovremeno u oslonačkim zonama nosača. Nosač na slici istovremeno će u osloncu imati i uticaje momenta torzije i transverzalne sile (minimalno usljed dejstva sopstvene težine nosača).

Transverzalne sile i momenti torzija u nosačima izazivaju efekte smicanja. Presjeke je neophodno obezbijediti na glavne napone smicanja usljed zatezanja.

Primjeri osuguranja na smicanje – transverzalne sile

Primjer 1.

Za AB nosač praviugaonog poprečnog presjeka sistema proste grede, zadatog raspona, stalnog i povremenog opterećenja sračunati: granične uticaje M_{Ed} i V_{Ed} , odrediti dimenzije i armaturu nosača prema najvećoj vrijednosti momenta savijanja M_{Ed} za slučaj dilatacija $e_{s1}/e_c = 8.0/3.5 ‰$. Za tako određene dimenzije poprečnog presjeka sračunati potrebnu armaturu na dužini osiguranja l za granične uticaje od transferzalnih sila V_{Fd} .

C30/37

B500

$l = 8.0 \text{ m}$

$g = 25 \text{ kN/m}$

$p = 33 \text{ kN/m}$

Nacrtati plan armature za polovinu grede, poduzni presjek, u razmjeri R 1:20.
Detalje u razmjeri R 1:10.

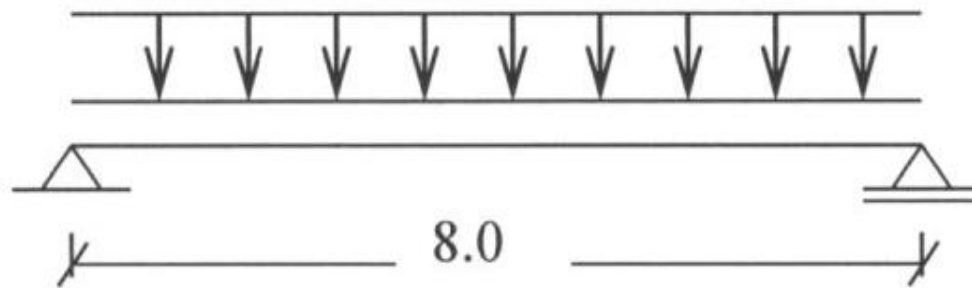
Rješenje:

Ulazni podaci

$$C30/37 \supset f_{cd} = \frac{f_{ck}}{g_c} = \frac{30}{1.5} = 20 \text{ MPa} = 2.0 \text{ kN} / \text{cm}^2$$

$$B500 \supset f_{yd} = \frac{f_{yk}}{g_s} = \frac{500}{1.15} = 434.8 \text{ MPa} = 43.48 \text{ kN} / \text{cm}^2$$

1.1. Statička šema



1.2. Statički uticaji

$$q_{Ed} = 1.35 \cdot 25 + 1.5 \cdot 33 = 83.25 \text{ kN/m}$$

$$M_{Ed} = \frac{q_{Ed} \cdot l^2}{8} = \frac{83.25 \cdot 8^2}{8} = 666 \text{ kNm}$$

$$V_{Ed} = \frac{q_{Ed} \cdot l}{2} = \frac{83.25 \cdot 8}{2} = 333 \text{ kN}$$

1.3. Dimenzionsanje

$$\text{Ako je } \varepsilon_{s1}/\varepsilon_c = 8.0/3.5 \text{ ‰} \quad \Rightarrow \quad \mu_{ed} = 0.183 \quad \zeta = 0.873$$

$$\mu_{ed} = \frac{M_{aEd}}{b_w \cdot d^2 \cdot f_{cd}} \Rightarrow \text{potr } d = \sqrt{\frac{M_{Ed}}{\mu_{ed} \cdot b_w \cdot f_{cd}}} = \sqrt{\frac{666 \cdot 100}{0.183 \cdot 35 \cdot 2}} = 72 \text{ cm}$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{666 \cdot 100}{0.873 \cdot 72 \cdot 43.48} = 24.4 \text{ cm}^2 \Rightarrow \text{usvojeno } 5 \phi 25 (24.5 \text{ cm}^2)$$

$$c_{nom} = 3.5 \text{ cm}; d_1 = \frac{3 \cdot (3.5 + 1 + 2.5 / 2) + 2 \cdot (3.5 + 1 + 2.5 + 2.5 / 2)}{5} = 6.75 \text{ cm}$$

$$\text{potr } h = \text{potr } d + d_1 = 72 + 6.75 = 78.75 \text{ cm} \Rightarrow \text{usvojeno } b_w / h = 35 / 80 \text{ cm}$$

$$\text{stvr } h = d - d_1 = 80 - 6.75 = 73.25 \text{ cm}$$

1.4. Osiguranje od smicanja

-Proračunska vrijednost nosivost pri smicanju elementa bez armature za smicanje:

$$V_{Rd,c} = \left[C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \rho_1 f_{ck})^{1/3} + k_1 \cdot \sigma_{cp} \right] \cdot b_w \cdot d \geq V_{Rd,c,\min}$$

$$V_{Rd,c,\min} = (v_{\min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$$

$$C_{Rd,c} = 0.18 / \gamma_C = 0.18 / 1.5 = 0.12$$

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1 + \sqrt{\frac{200}{732.5}} = 1.522 \leq 2$$

$$\rho_1 = \frac{A_{s1}}{b_w \cdot d} = \frac{3\phi 25}{b_w \cdot d} = \frac{14.7}{35 \cdot 73.25} = 0.005744 \leq 0.02$$

$$f_{ck} = 30 \text{ MPa}$$

$$k_1 = 0.15$$

$$\sigma_{cp} = \frac{N_{Ed}}{A_c} = 0$$

$$V_{Rd,c} = \left[0.12 \cdot 1.522 \cdot (100 \cdot 0.005744 \cdot 30)^{1/3} + 0.15 \cdot 0 \right] \cdot 350 \cdot 732.5$$

$$V_{Rd,c} = 120943.7 \text{ N} = 120.9 \text{ kN}$$

$$v_{\min} = 0.035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} = 0.035 \cdot 1.522^{3/2} \cdot 30^{1/2} = 0.36$$

$$V_{Rd,c,\min} = (0.36 + 1.522 \cdot 0) \cdot 350 \cdot 732.5$$

$$V_{Rd,c,\min} = 92295 \text{ N} = 92.3 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = 333 \text{ kN} > V_{Rd,c} = 120.9 \text{ kN} \Rightarrow \text{potreban proračun armature za smicanje}$$

-Proračunska vrijednost maksimalne sile smicanja koju element može da prihvati, ograničena lomom betona u pritisnutim štapovima:

$$V_{Rd,\max} = \alpha_{cw} \cdot b_w \cdot z \cdot v_1 \cdot f_{cd} / (\text{ctg}\theta + \text{tg}\theta)$$

$\alpha_{cw} = 1$ za konstrukcije koje nijesu PN

$$z = 0.9 \cdot d = 0.9 \cdot 73.25 = 66 \text{ cm}$$

$$v_1 = 0.6 \cdot \left[1 - \frac{f_{ck}}{250} \right] = 0.6 \cdot \left[1 - \frac{30}{250} \right] = 0.528$$

$$\theta = 45^\circ \Rightarrow \text{ctg}\theta = 1, \text{tg}\theta = 1$$

$$V_{Rd,max} = 1 \cdot 35 \cdot 66 \cdot 0.528 \cdot 2 / 1 \cdot 1 = 2440 \text{ kN}$$

Što je kut Θ manji to će biti i manja količina potrebne poprečne armature. Smanjenjem kuta Θ povećat će se dodatna vlačna sila ΔF_{td} i veći pomak dijagrama vlačnih sila. Za gredne elemente kod koji se koriste vertikalne spone preporučuju se sljedeće vrijednosti za $\text{ctg } \Theta$.

- $\text{ctg } \Theta = 1.2$ za čisto savijanje, $\Theta = 39.8^\circ$
- $\text{ctg } \Theta = 1.2$ za savijanje s tlačnom silom, $\Theta = 39.8^\circ$
- $\text{ctg } \Theta = 1.0$ za savijanje s vlačnom silom, $\Theta = 45^\circ$

$$V_{Ed} = 333 \text{ kN} < V_{Rd,max} = 2440 \text{ kN}$$

-Sila smicanja V_{Ed} treba da zadovolji uslov:

$$V_{Ed} \leq 0.5 \cdot b_w \cdot d \cdot v \cdot f_{cd}$$

$$V_{Ed} = 333 \text{ kN} \leq 0.5 \cdot 35 \cdot 73.25 \cdot 0.528 \cdot 2 = 1353.6 \text{ kN}$$

-Proračunska sila smicanja na rastojanju a :

$$V'_{Ed} = V_{Ed} - a \cdot (\gamma_G \cdot g + \gamma_Q \cdot q) = V_{Ed} - a \cdot q_{Ed}$$

$$a = b_1 / 2 + d = 35 / 2 + 73.25 = 90.75 \text{ cm}$$

$$V'_{Ed} = 333 - 0.9075 \cdot 83.25 = 257.5 \text{ kN}$$

-Potrebni razmak poprečne armature s_w se određuje na sledeći način:

pretpostavka $\phi 8 \Rightarrow A_{sw,1} = 0.8^2 \cdot \pi / 4 = 0.5 \text{ cm}^2$

$$s_w = \frac{m \cdot A_{sw,1}}{V'_{Ed}} \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot \text{ctg} \theta = \frac{2 \cdot 0.5}{257.5} \cdot 0.9 \cdot 73.25 \cdot 43.48 \cdot \text{ctg} 45 = 11.1 \text{ cm}$$

\Rightarrow usvojeno $\phi 8 / 10$

ILI (AKO NE REDUKUJEMO TRANSVEZALNU SILU)

pretpostavka $\phi 10 \Rightarrow A_{sw,1} = 1^2 \cdot \pi / 4 = 0.79 \text{ cm}^2$

$$s_w = \frac{m \cdot A_{sw,1}}{V_{Ed}} \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot \text{ctg} \theta = \frac{2 \cdot 0.79}{333} \cdot 0.9 \cdot 73.25 \cdot 43.48 \cdot \text{ctg} 45 = 13.6 \text{ cm}$$

\Rightarrow usvojeno $\phi 10 / 12^5$

-Koeficijent armature za smicanje:

$$\rho_w = \frac{A_{sw}}{s \cdot b_w \cdot \sin \alpha} = \frac{2 \cdot 0.5}{10 \cdot 35 \cdot \sin 90} = 0.0029$$

$$\rho_{w,\min} = 0.08 \cdot \frac{\sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}} = 0.08 \cdot \frac{\sqrt{30}}{500} = 0.000876$$

$$\rho_w > \rho_{w,\min}$$

Kako je:

$$V_{Ed} \leq 0.3 \cdot V_{Rd,max}$$

$$V_{Ed} = 333 \text{ kN} \leq 0.3 \cdot 2440 = 732 \text{ kN}$$

onda je:

$$s_1 = \min \begin{cases} 0.75d = 0.75 \cdot 55 \text{ cm} \\ 300 \text{ mm} = 30 \text{ cm} \end{cases} \Rightarrow \text{usvojena arm zadovoljava}$$

-Evrokod 8

$$\rho_{w,min} = 0.5 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} = 0.5 \cdot \frac{2.9}{500} = 0.0029$$

$$s_1 = \min \begin{cases} h_w / 4 = 80 / 4 = 20 \text{ cm} \\ 24d_{bw} = 24 \cdot 0.8 = 19.2 \text{ cm} \\ 225 \text{ mm} = 22.5 \text{ cm} \\ 8d_{bl} = 8 \cdot 2.5 = 20 \text{ cm} \end{cases} \Rightarrow \text{usvojena armatura zadovoljava}$$

-Dužina λ (x ili l_{cr}) na kojoj se vrši osiguranje je:

$$\lambda = 4 - \frac{4 \cdot 120.9}{333} = 2.75 \text{ m}$$

$$x = \frac{V_{Ed} - V_{Rdc}}{q_{Ed}} = \frac{333 - 120.9}{83.25} = 2.55 \text{ m}$$

$$l_{cr} = h_w (EC8) = 0.7 \text{ m}$$

-Dodatna sila zatezanja u podužnoj armaturi ΔF_{td} , usljed smicanja V_{Ed} , na rastojanju a :

$$\Delta F_{td} = M_{Ed,a} / z + 0.5 \cdot V'_{Ed} \cdot (\text{ctg}\theta - \text{ctg}\alpha)$$

$$M_{Ed,a} = V_{Ed} \cdot a = 333 \cdot 0.9 = 300 \text{ kNm}$$

$$V'_{Ed} = \frac{m \cdot A_{sw,1}}{s_w} \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot \text{ctg}\theta = \frac{2 \cdot 0.5}{10} \cdot 0.9 \cdot 73.25 \cdot 43.48 \cdot \text{ctg}45 = 286.6 \text{ kN}$$

$$\Delta F_{td} = 300 / (0.9 \cdot 73.25) + 0.5 \cdot 286.6 = 147.8 \text{ kN}$$

$$\Delta A_{td} = \Delta F_{td} / f_{yd} = 147.8 / 43.48 = 3.4 \text{ cm}^2$$

-Dodatna sila zatezanja u podužnoj armaturi ΔF_{td} , usljed smicanja V_{Ed} , u osloncu:

$$\Delta F_{td} = 0.5 \cdot V_{Ed} \cdot (\text{ctg}\theta - \text{ctg}\alpha)$$

$$V_{Ed} = \frac{m \cdot A_{sw,1}}{s_w} \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot \text{ctg}\theta = \frac{2 \cdot 0.79}{12.5} \cdot 0.9 \cdot 73.25 \cdot 43.48 \cdot \text{ctg}45 = 362.3 \text{ kN}$$

$$\Delta F_{td} = 0.5 \cdot 362.3 = 181 \text{ kN}$$

$$\Delta A_{td} = \Delta F_{td} / f_{yd} = 181 / 43.48 = 4.1 \text{ cm}^2$$

-Ukupna podužna armatura: $A_{s1} = A_{s1} + \Delta A_{td} = 24.4 + 3.4 = 27.8 \text{ cm}^2$

usvaja se: $6\phi 25$ (29.5 cm^2)

