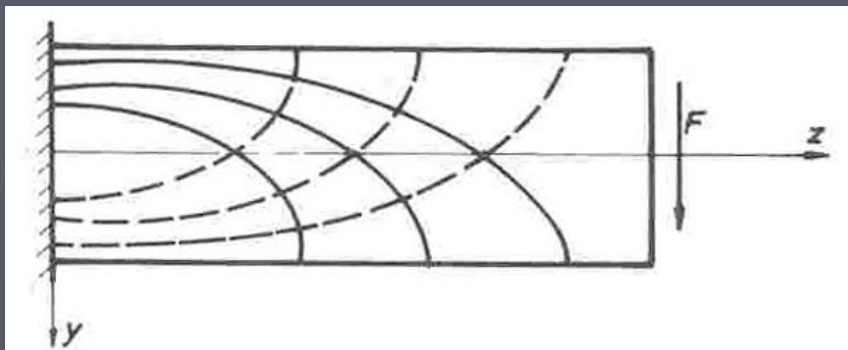
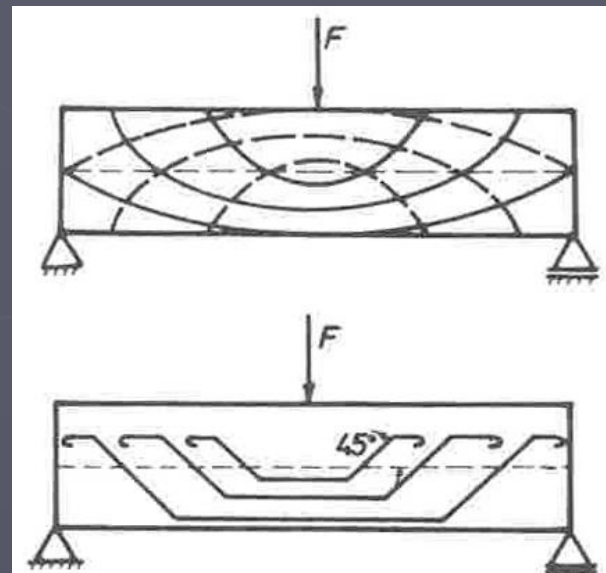


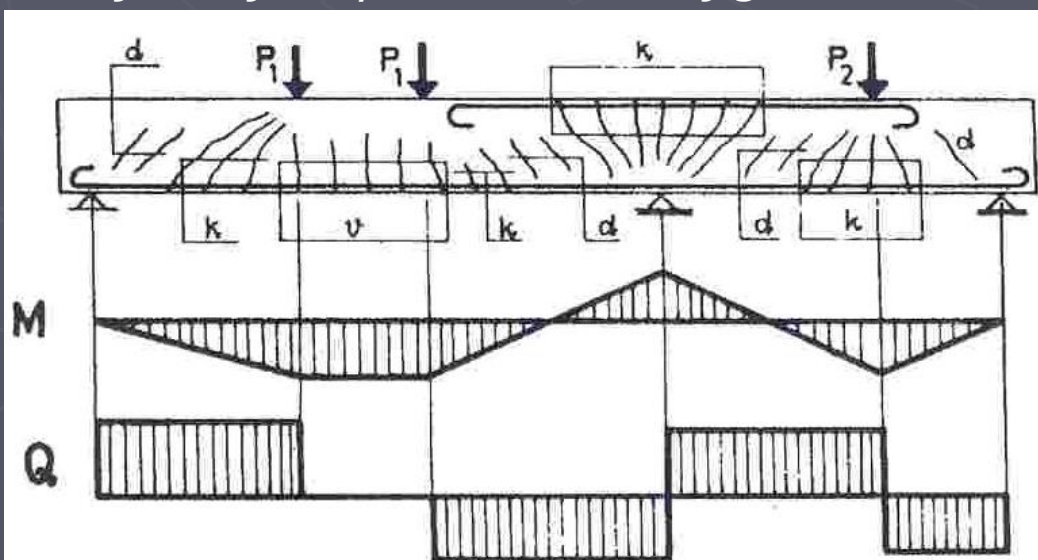
GLAVNI NAPONI ZATEZANJA za granične uticaje transverzalnih sila i momenata torzije



Trajektorije napona u konzolnoj gredi



Trajektorije napona i armatura u prosto oslonjenoj gredi



Tipovi prslina u AB gredi

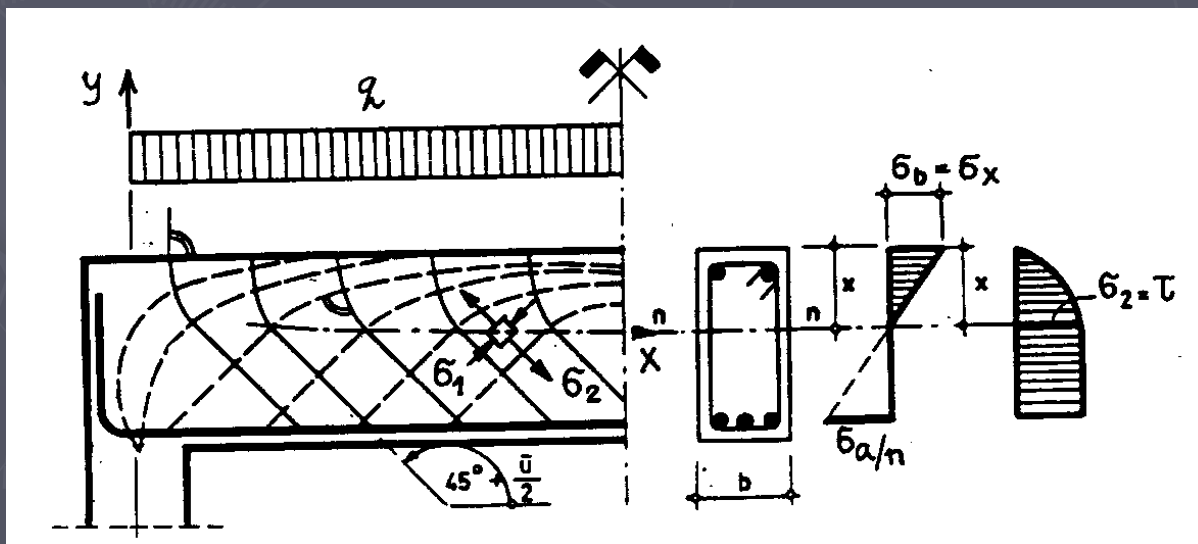
Vertikalne prsline posljedica su dejstva momenta savijanja M u zoni gdje nema dejstva transverzalne sile. Kose prsline nastaju usljed dominantnog dejstva transverzalne sile Q . Prsline, pod uglom oko 45° su u zoni u kojoj je savijanje približno jednako 0.

Kod linijskih nosača se pored momenata savijanja javljaju i transferzalne sile pa se moraju izračunati glavni naponi zatezanja koji su posljedica istovremenog djelovanja normalnih i smičućih napona. U području neposredno nad osloncem izraženi su σ_y naponi i oni tada smanjuju glavne napone zatezanja.

Izvan oslonaca ovi se naponi mogu zanemariti, pa se glavni naponi proračunavaju usvajajući $\sigma_y=0$ i $\sigma_x=\sigma_b$. U neutralnoj liniji gdje je $\sigma_b=0$, smičući naponi ujedno predstavljaju i glavne napone.

$$\sigma_2 = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} - \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2}$$

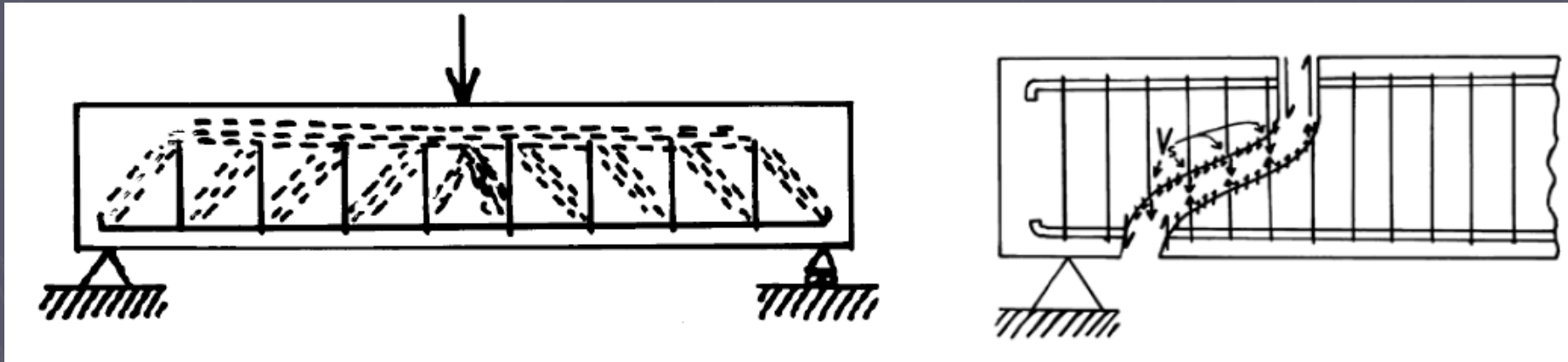
$$\sigma_{1,2} = \pm \tau$$



Za linijski nosač opterećen jednako podijeljenim opterećenjem, za stanje sa prslinom u presjeku, punom linijom prikazane su trajektorije zatezanja, a isprekidanom trajektorije pritiska.

Osiguranje presjeka na glavne napone zatezanja usljed dejstva smicanja

U presjeku djeluje transverzalna sila smicanja T



4.3.2.1.1. Mjerodavna transverzalna sila i nominalni (računski) napon smicanja - PBAB 87, član 88

$$\tau_n(y_b) = \frac{T_{mu}}{b(y_b)z}$$

$$b = \text{const.} \Rightarrow \tau_n = \frac{T_{mu}}{b z}$$

Problem određivanja glavnih napona zatezanja za AB presjeke sa prslinom se svodi na problem određivanja maksimalnih smičućih napona, pa se ovaj proračun često zove i proračun presjeka prema smicanju, iako se radi o proračunu presjeka prema glavnim naponima zatezanja.

Napon smicanja u neutralnoj liniji za presjeke sa prslinom iznosi:

$$\tau = \frac{T}{bz}$$

Krak unutrašnjih sila se kod pravougaonih presjeka mijenja u vrlo uskim granicama duž ose nosača, uobičajeno je da se u proračunu smicanja kao srednja vrijednost uzima:

$$z \sim 0.9h$$

Pa je konačno:

$$\tau = \frac{T}{0.9bh}$$

Što ujedno predstavlja maksimalne napone smicanja u pravougaonom presjeku .

Za "T" presjek važi da je: $z = \bar{h} - d_p/2$

Redukcija transferzalnih sila u dijelu oslonca

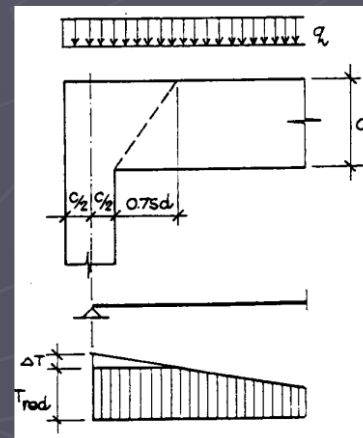
A smičući napon za "T" presjek iznosi:

$$\tau = \frac{T}{b_0 \left(h - \frac{d_p}{2} \right)}$$

b_0 predstavlja širinu rebra,

d_p debljinu ploče,

h statičku visinu.



Može se smatrati da se dio jednako podijeljenog opterećenja q na dužini $c/2 + 0.75d$ direktno "uliva" u oslonac i prema tome ne izaziva smičuće napone u tom području.

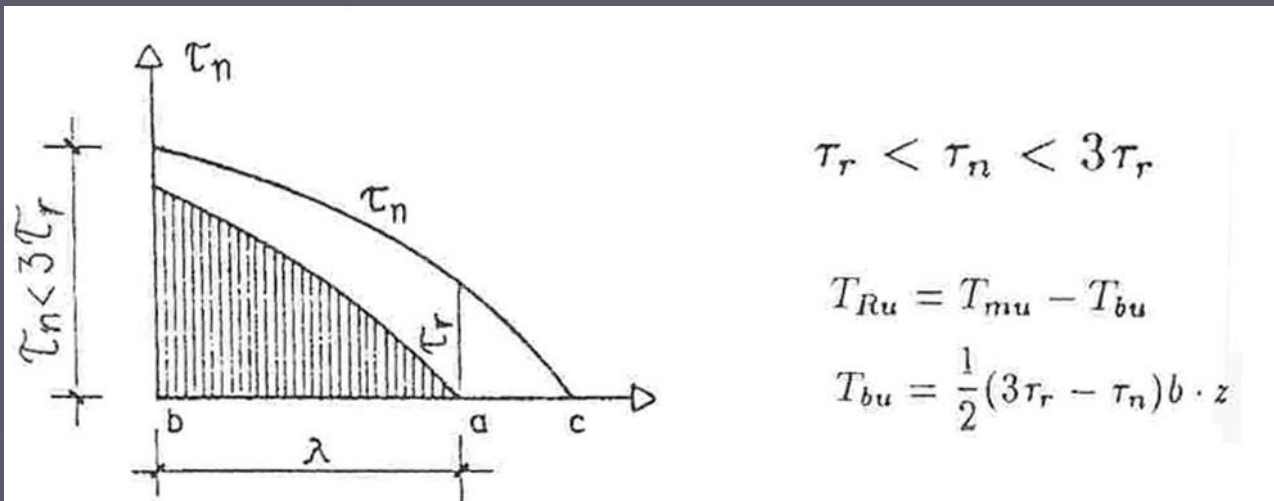
Pravinikom PBAB 87, član 87 i 88, kada se odredi napon smicanja τ_n , on se upoređuje sa računskom čvrstoćom betona pri smicanju τ_r , koja zavisi od kvaliteta betona.

MB	15	20	30	40	50	60
τ_r (MPa)	0.6	0.8	1.1	1.2	1.5	1.6

Moguća su sledeća tri slučaja:

1. Računska čvrstoća betona na smicanje τ_r je veća od najveće vrijednosti napona smicanja. Beton armiran konstruktivnom armaturom (uzengijama i glavnom podužnom armaturom) prima sve glavne napone zatezananja, pa računski armatrua nije potrebna;
2. Ukoliko je najveći napon smicanja u granicama $\tau_r < \tau_n < 3\tau_r$ jedan dio napona primiće beton, a ostatak se predaje armaturi. Neophodno je proračunati potrebnu armaturu za osiguranje, uzengije i koso postavljene profile, na dijelu nosača od mjesta gdje je prekoračena računski čvrstoća betona na smicanje, pa sve do oslonca. Ova dužina se naziva dužina osiguranja λ .

Ako je $\tau_r < \tau_n < 3 \tau_r$ dio mjerodavne sile T_{mu} prima beton (sila T_{bu}). Silu T_{Ru} prima armatura.



Računanje redukovane sile smicanja T_{ru} iz uslova da silu T_{bu} prima beton

Minimalni procenat armiranja poprečnom armaturom (uzengijama) na ovom dijelu nosača iznosi:

$$\mu_{u,min} = \frac{m a_{au}^{(1)}}{b e_u} \times 100 \geq 0.2\%$$

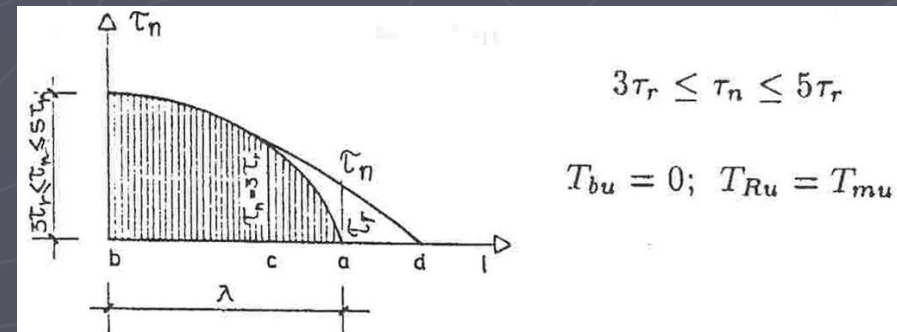
Gdje je:

e_u razmak uzengija,

m sječnost uzengija

a_{au} površina poprečnog presjeka uzengije

- Ukoliko je najveći napon smicanja u granicama $3\tau_r < \tau_n < 5\tau_r$ cijeli napon smicanja se predaje armaturi. Obavezno se postavlja poprečna i/ili koso povijena armatura koja prima smicanje. Najveći napon smicanja ne smije prekoračiti $5\tau_r$. U slučaju prekoračenja moraju se uvećati dimenzije presjeka.



4.3.4.4.2. Količina dodatne podužne armature
usled izabranih uglova θ i α - PBAB 87, član 93

$$\Delta A_{a1} = \frac{\Delta Z_{au}}{\sigma_v} = \frac{T_{mu}}{2\sigma_v} (\operatorname{ctg}\theta - \operatorname{ctg}\alpha) \geq 0$$

4.3.5. Armiranje presjeka za glavne napone zatezanja
usled transverzalnih sila

4.3.5.1. Obezbjedenje presjeka samo uzengijama

$$e_u = \frac{a_u^{(1)}}{A_{ak}} \cdot 100$$

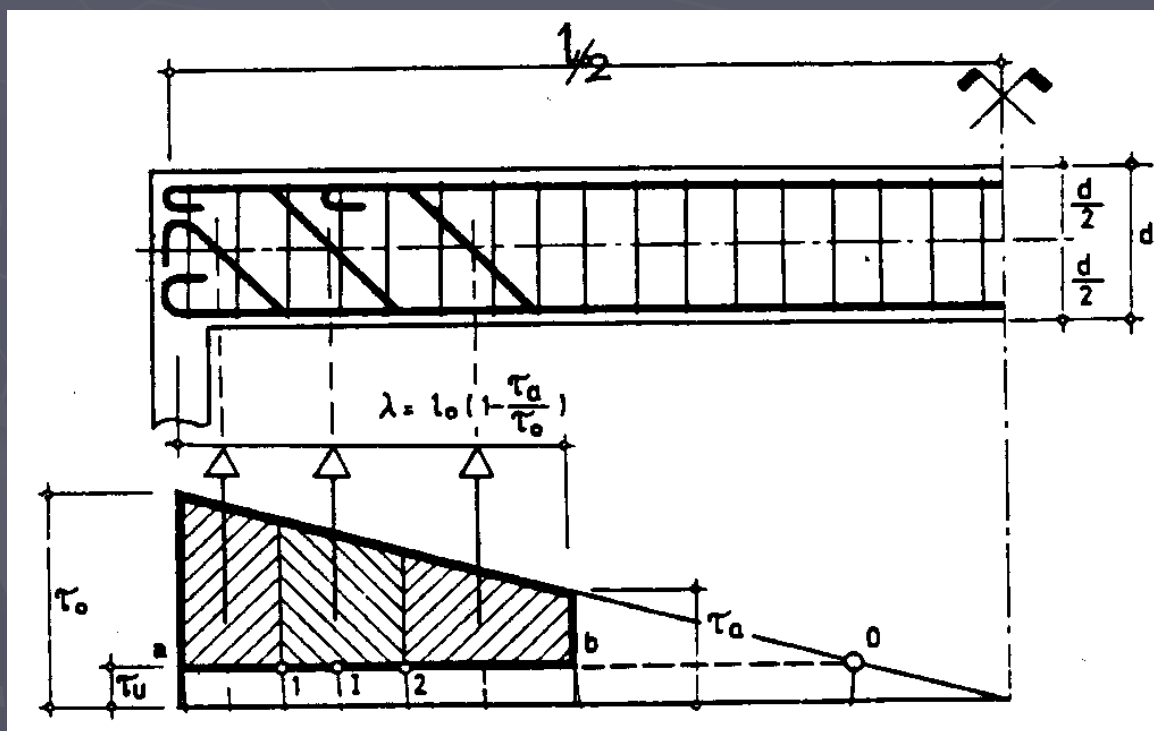
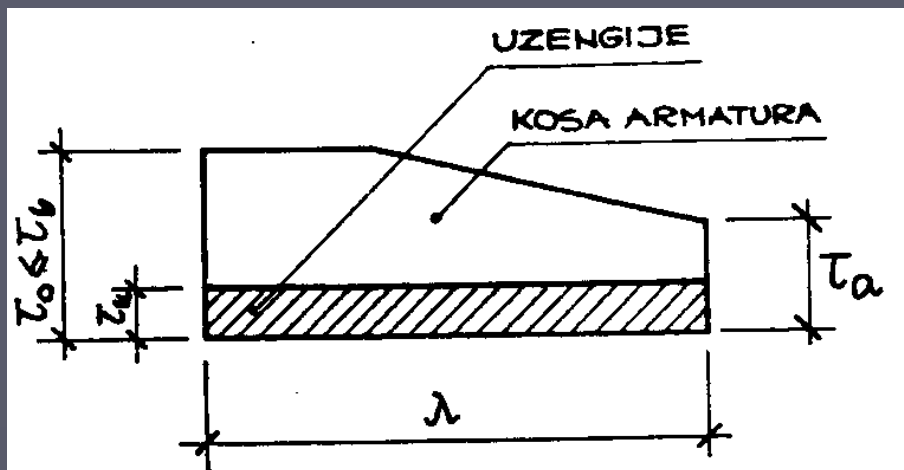
$$m \cdot a_u^{(1)} = \frac{\tau_{Ru,u} \cdot b \cdot e_u}{\sigma_v (\cos\alpha + \sin\alpha \cdot \operatorname{ctg}\theta)}$$

4.3.5.2. Obezbjedenje presjeka uzengijama i kosim
gvoždima

$$\tau_{Ru,u} = \frac{m \cdot a_u^{(1)}}{b \cdot e_u} \cdot \sigma_v \cdot (\cos\alpha + \sin\alpha \cdot \operatorname{ctg}\theta)$$

$$T_{Ru,u} = z \cdot b \cdot \tau_{Ru,u} = z \cdot b \cdot \frac{m \cdot a_u^{(1)}}{b \cdot e_u} \cdot \sigma_v \cdot (\cos\alpha + \sin\alpha \cdot \operatorname{ctg}\theta)$$

$$H_{vu,u} = \lambda_1 \cdot b \cdot \tau_{Ru,u} \Rightarrow H_{vu,k} = H_{vu} - H_{vu,u}$$



Osiguranje glavnih napona zatezanja uzengijama i kosom armaturom

4.3.5.3 Minimalni procenti armiranja poprečnom armaturom

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

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

Treba birati, zbog prslina, tanje profile

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

$$\text{Za } 3\tau_r < \tau_n < 5\tau_r \quad \max e_u = \min \begin{cases} h/3 \\ 20 \text{ cm} \end{cases} \quad \max e_k = \min \begin{cases} h/2 \\ 25 \text{ cm} \end{cases}$$

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 $e_u = 7.5 \text{ cm}$.

Primjeri osuguranja na smicanje – transverzalne sile



Zadatak 1.

Za AB nosač praviugaonog poprečnog presjeka sistema proste grede, zadatog raspona, stalnog i povremenog opterećenja sračunati: granične uticaje M_u i T_u , odrediti dimenzije i armaturu nosača prema najvećoj vrijednosti momenta savijanja M_u za slučaj dilatacija $\varepsilon_a/\varepsilon_b = 6,0/3,5 \text{ ‰}$. Za tako određene dimenzije poprečnog presjeka sračunati potrebnu armaturu na dužini osiguranja λ za granične uticaje od transferzalnih sila T_u .

MB 30

GA 240/360

$l = 8,0 \text{ m}$

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

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

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

Rješenje:

Ulazni podaci

MB 30

GA 240/360

$l = 8,0 \text{ m}$



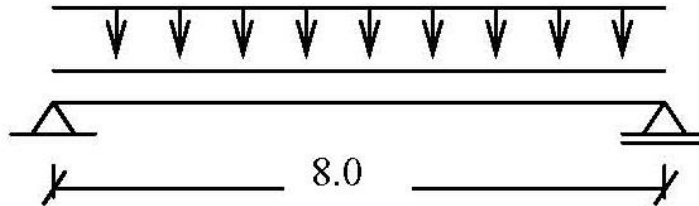
$f_b = 2,05 \text{ kN/cm}^2$

$\sigma_v = 24 \text{ kN/cm}^2$

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

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

1.1. Statička šema



1.2. Statički uticaji

$$q_u = 1.6 \times 25 + 1.8 \times 33 = 99.4 \text{ kN/m}$$

$$M_u = \frac{q_u x l^2}{8} = \frac{99.4 \times 8^2}{8} = 795.2 \text{ kNm}$$

$$T_u = \frac{q_u x l}{2} = 397.6 \text{ kN}$$

1.3. Dimenzionsanje

$$\text{Ako je } \varepsilon_a / \varepsilon_b = 6.0 / 3.5 \% \implies k_b = 1.99 \quad \bar{\mu}_1 = 29,824 \%$$

$$h = k_b x \sqrt{\frac{M_u}{b x f_b}} = 1.99 x \sqrt{\frac{795.2}{0.35 \times 2.05}} = 63.25 \approx 63 \text{ cm}$$

$$A_a = \frac{\mu_1}{100} x b x h x \frac{f_b}{\sigma_v} = \frac{29.824}{100} x 35 x 63 x \frac{2.05}{24} = 56,4 \text{ cm}^2$$

usvaja se: 9 ϕ 28 (55.42 cm²)

$$a_a = \frac{5}{9} x \left(2.8 + \frac{2.8}{2} \right) + \frac{4}{9} x \left(2.8 + 2.8 + 3.0 + \frac{2.8}{2} \right) = 6,78 \text{ cm}$$

$$d = 63,25 + 6,78 \approx 70 \text{ cm}$$

usvaja se greda dimenzija: 35/70

1.4. Osiguranje od smicanja

Računski napon smicanja $\tau_n = \frac{T_u}{b x z} = \frac{397.6}{35 \times 0.9 \times 63} = 0.20 > \tau_r = 0.11 \text{ kN/cm}^2$

$\tau_r < \tau_n < 3\tau_r$ Dio transferzalne sile koja se povjerava betonu je:

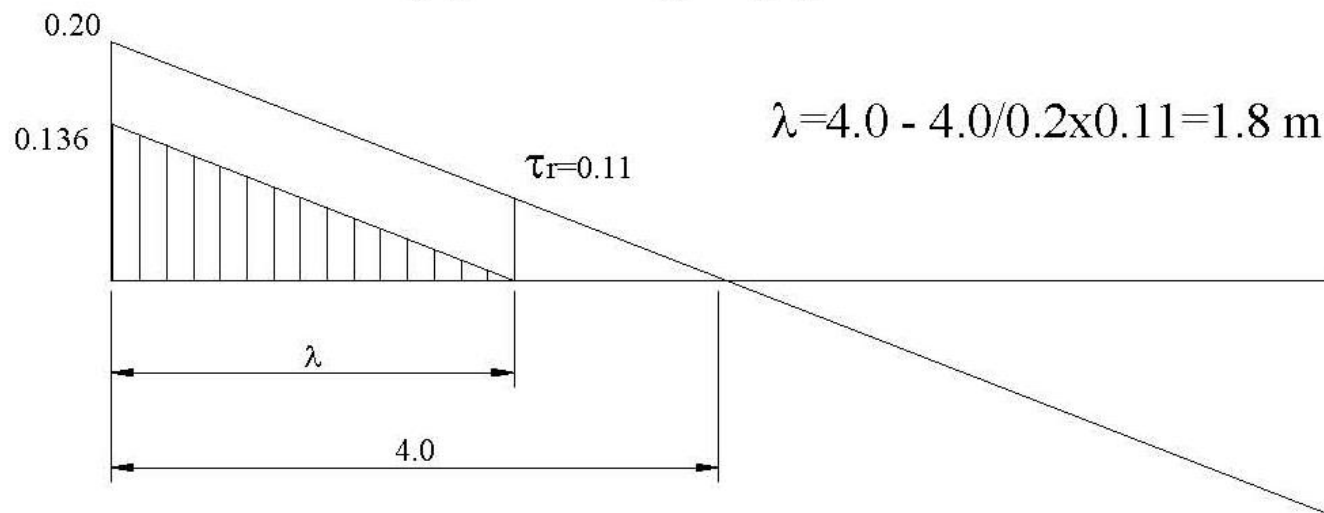
$$T_{bu,1} = \frac{1}{2} \times (3 \times \tau_r - \tau_n) \times b \times z = \frac{1}{2} \times (3 \times 0.11 - 0.20) \times 35 \times 0.9 \times 63 = 129 \text{ kN},$$

pa je redukovana transferzalna sila $T_{ru,1} = T_u - T_b = 397.6 - 129 = 268.9 \text{ kN}$

Redukovani napon je:

$$\tau_{ru} = \frac{268.9}{35 \times 0.9 \times 63} = 0.1355 \text{ kN/cm}^2$$

Dužina λ na kojoj se vrši osiguranje je:



1.4.1. Osiguranje vertikalnim uzengijama na dužini $\lambda=1,8\text{m}$

Dio horizontalne sile koju primaju uzengije je: $H_{vu,u} = z \times b \times \tau_{ru,u}$

$$\tau_{ru,u} = \frac{m \alpha a_u^{(1)}}{b x e_u} \times \sigma_v \times (\cos \alpha + \sin \alpha \times \text{ctg} \theta)$$

$\tau_{ru,u}$ - napon smicanja koji se prihvata uzengijama;

m - sječnost uzengija;

$a_u^{(1)}$ - površina presjeka profila uzengije,

b - širina AB presjeka;

e_u - rastojanje uzengija;

σ_v - granica tečenja čelika od kojeg su uzengije;

α - ugao nagiba zategnutih štapova u modelu rešetke ($\alpha=90^\circ$ za vert. uzengije);

θ - ugao nagiba pritisnutih štapova u modelu rešetke, obično $\theta=45^\circ$.

I Ako su uzengije $\phi_u 8/10$

$$\tau_{ru,u} = \frac{2 \times 0.5}{35 \times 10} \times 24 \times (\cos 90 + \sin 90 \times \text{ctg} 45) = 0,068 \text{ kN/cm}^2 < 0.1355$$

Uzengije $\phi_u 8/10$ ne bi zadovoljile.

II Ako su uzengije $\phi_u 10/7^5$

$$\tau_{ru,u} = \frac{2 \times 0.79}{35 \times 7.5} \times 24 \times (\cos 90 + \sin 90 \times \text{ctg } 45) = 0,144 \text{ kN/cm}^2 > 0.1355$$

ili $H_{vu,u} = 0.144 \times 35 \times 0.9 \times 63 = 285.77 \text{ kN} > 268.9 \text{ kN}$

Usvajaju se uzengije: $\phi_u 10/7^5$ na 1.8 m od oslonca, u polju $\phi_u 10/15$.

- Dodatna zategnuta podužna armatura iznosi:

$$\Delta A_{a1,u} = \frac{T_{ru,u} + T_{bu}}{2 \times \sigma_y} (\text{ctg } \theta - \text{ctg } \alpha)$$

$$T_{ru,u} = \tau_{ru,u} \times b \times z = 0,144 \times 35 \times 0,9 \times 63 = 285,77 \text{ kN}$$

$$T_{bu} = 129 \text{ kN}$$

$$\Delta A_{a1,u} = \frac{285.7 + 129}{2 \times 24} (\text{ctg } 45^\circ - \text{ctg } 90^\circ) = 8,64 \text{ cm}^2$$

usvaja se: $+2\phi 28$

1.4.2. Osiguranje vertikalnim uznegijama i koso položenim profilima $\alpha=45^\circ$

Koso polženi profili su po pravilu dio povijene podužne zategnute armature A_{a1} .

Usvojena je poprečna armatura $\phi_u 8/10$. Dio napona smicanja koji primaju uzengije je:

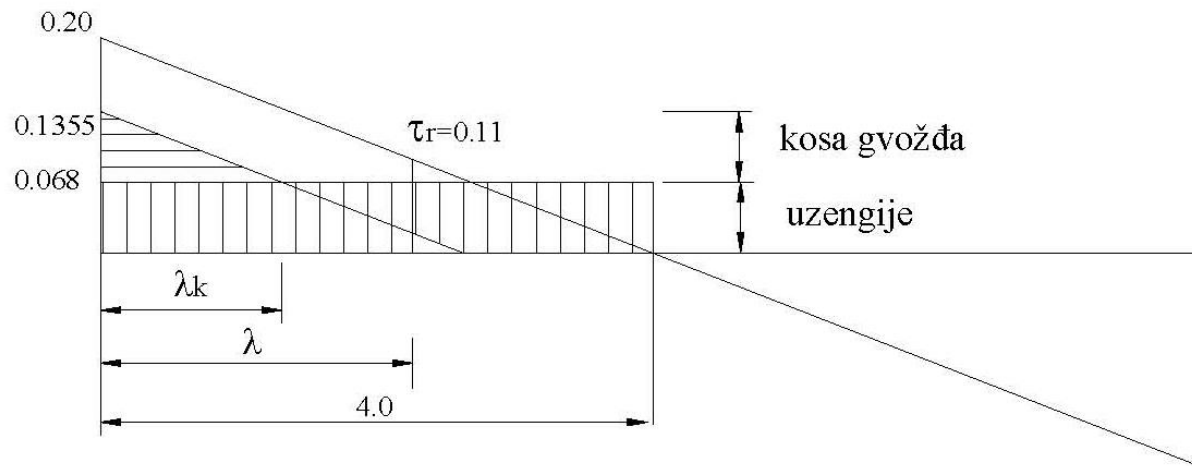
$$\tau_{ru,u} = \frac{2 \times 0.5}{35 \times 10} \times 24 \times (\cos 90 + \sin 90 \times \text{ctg} 45) = 0,068 \text{ kN/cm}^2$$

$$T_{ru,u} = \tau_{ru,u} \times b \times z = 0,068 \times 35 \times 0,9 \times 63 = 134,95 \text{ kN}$$

$$T_{bu} = 129 \text{ kN}$$

$$\Delta A_{a1,u} = \frac{134,94 + 129}{2 \times 24} \times (\text{ctg} 45 - \text{ctg} 90) = 5,5 \text{ cm}^2 \text{ dodatna zategnuta armatura}$$

$$\mu_u = \frac{m a_u^{(1)}}{b \times e_u} = \frac{2 \times 0.5}{35 \times 10} \times 100 = 0,286\% > \min 0.2\%$$



$$\lambda = 4.0 - 4.0 / 0.2 \times 0.11 = 1.8 \text{ m} \quad \lambda_k = \frac{0.136 - 0.068}{0.136} \times 1.8 = 0.9 \text{ m}$$

- Horizontalna sila koju prima koso položena armatura, pod uglom od 45^0 .

$$H_{vu,k} = 35 \times 0.068 \times \frac{90}{2} = 107,1 \text{ kN}$$

$$\Delta A_{a1,k} = \frac{H_{vu,k}}{\sigma_y x (\cos \alpha + \sin \alpha \times \text{ctg} \theta)} = \frac{107.1}{24 x (\cos 45^0 + \sin 45^0 \times \text{ctg} 45^0)} = 3.16 \text{ cm}^2$$

usvaja se iz konstruktivnih razloga: $1\phi 28$ ($6,15 \text{ cm}^2$)

$\Delta A_{a1,k} = 0$ – dodatna podužna zategnuta armatura jednaka je 0, za $\theta = 45^0$ i $\alpha = 45^0$.

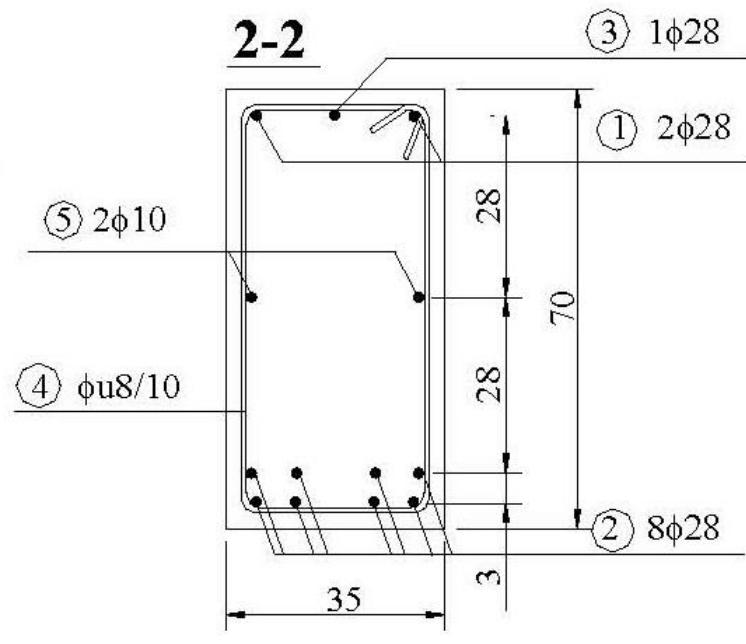
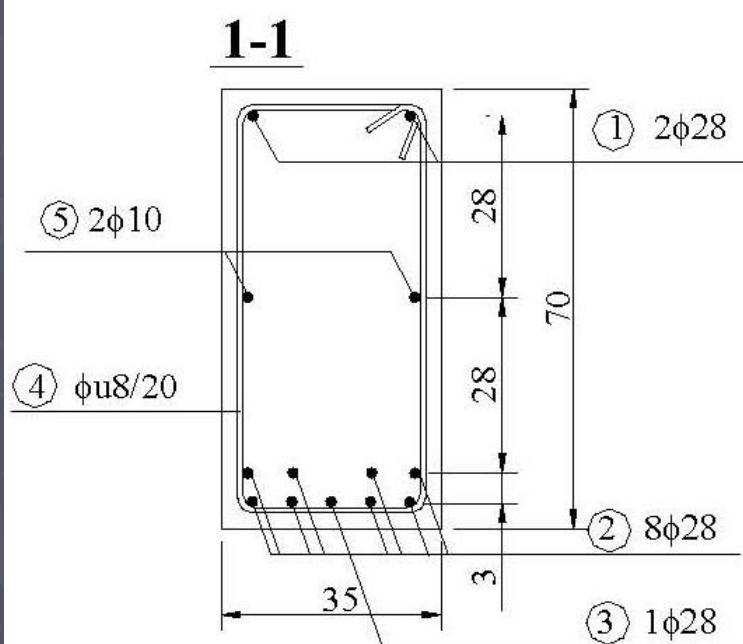
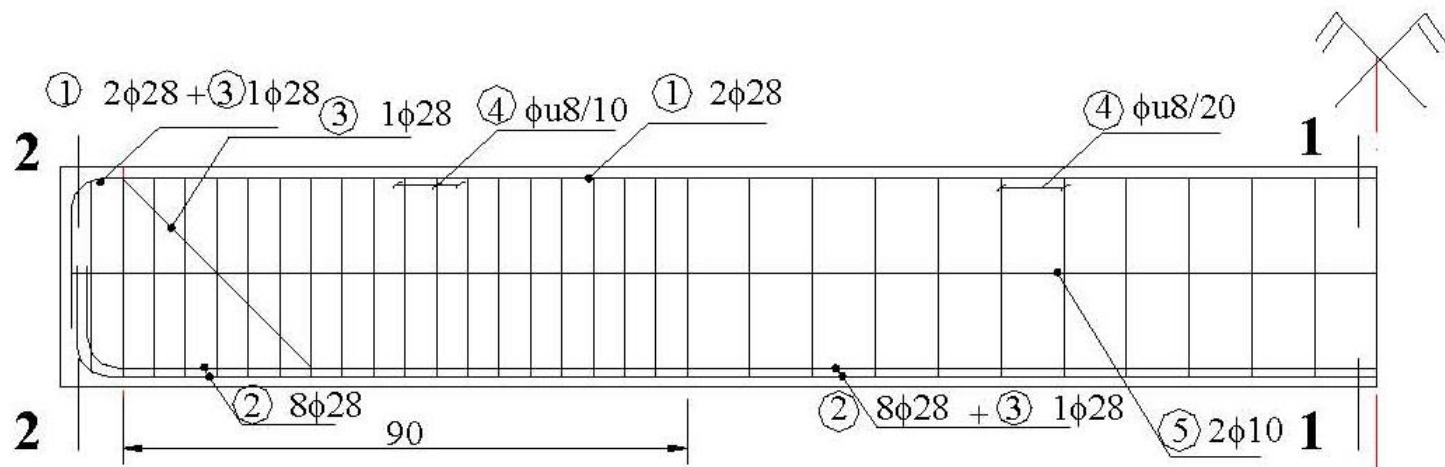
- Armatura koja prima uticaje savijanja na 1.8 m od oslonca

$$M_u = 397.6 \times 1.8 - \frac{99.4 \times 1.8^2}{2} = 554,6 \text{ kNm}$$

$$A_{a1s} = \frac{554.6 \times 100}{0.9 \times 63 \times 24} = 40,7 \text{ cm}^2$$

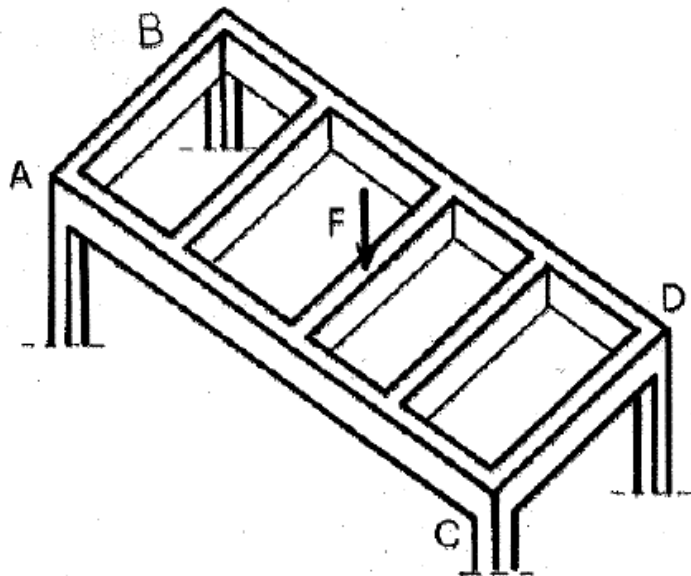
- Ukupna podužna armatura: $A_{a1} = A_{a1s} + \Delta A_{a1} = 40,7 + 5,5 = 46.2 \text{ cm}^2$

usvaja se: $8\phi 28$ (49.2 cm^2)

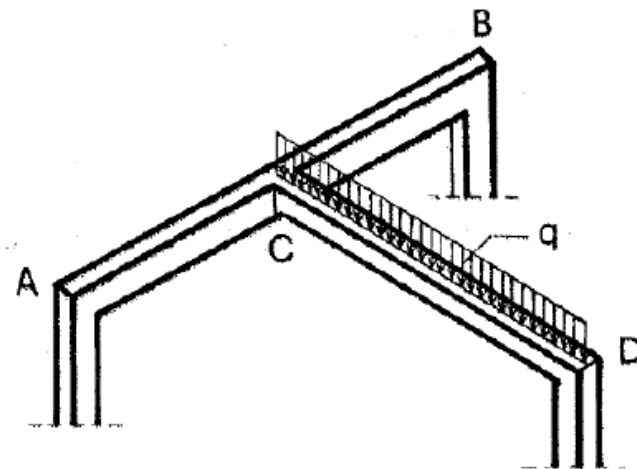


Uticaj torzije na elemente

Torzija u elementima A-C i B-D



Torzija u elementu A-B



Primjeri kompatibilne torzije

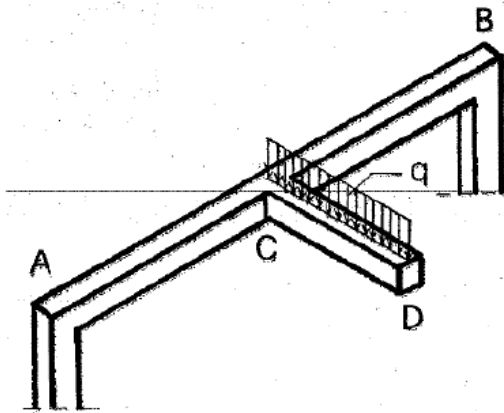
Kompatibilna je torzija ona torzija u armiranobetonskim konstrukcijama koja nastaje zbog monolitnog spoja između elemenata, a nije prijeko potrebna za ravnotežu, pa se za granično stanje nosivosti može zanemariti. Zbog naprezanja torzijom u elementima nastaju dugotrajne plastične deformacije, prsline, što znatno smanjuje torzionu krutost. Posljedica je toga 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.

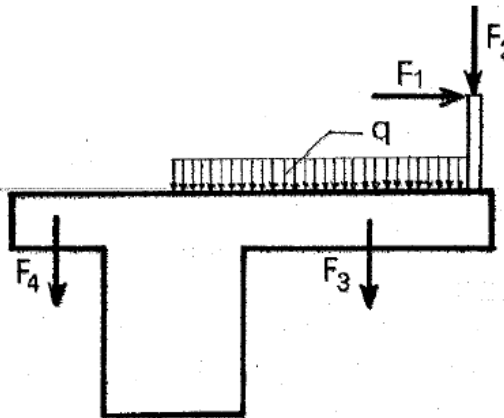
Element CD na slici u statičkom je smislu konzolno uklješten u element AB. Element AB prima moment savijanja (na mjestu uklještenja) u elementu CD kao moment torzije. Da bi element CD zaista bio uklješten u element AB, element AB se dimenzioniše na dejstvo torzije.

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.

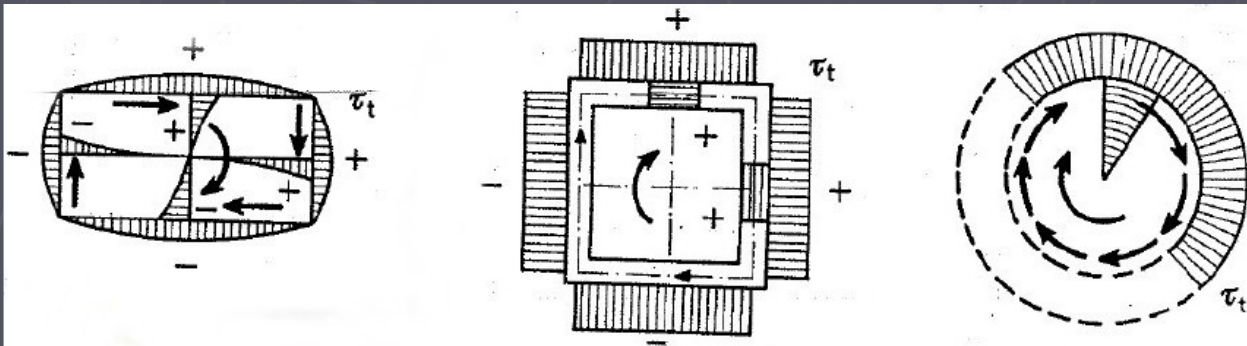
Torzija u elementu A-B



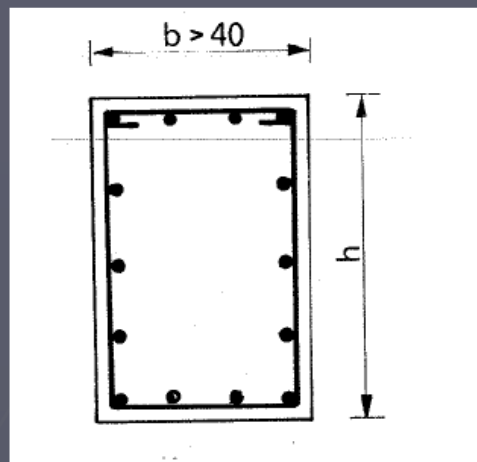
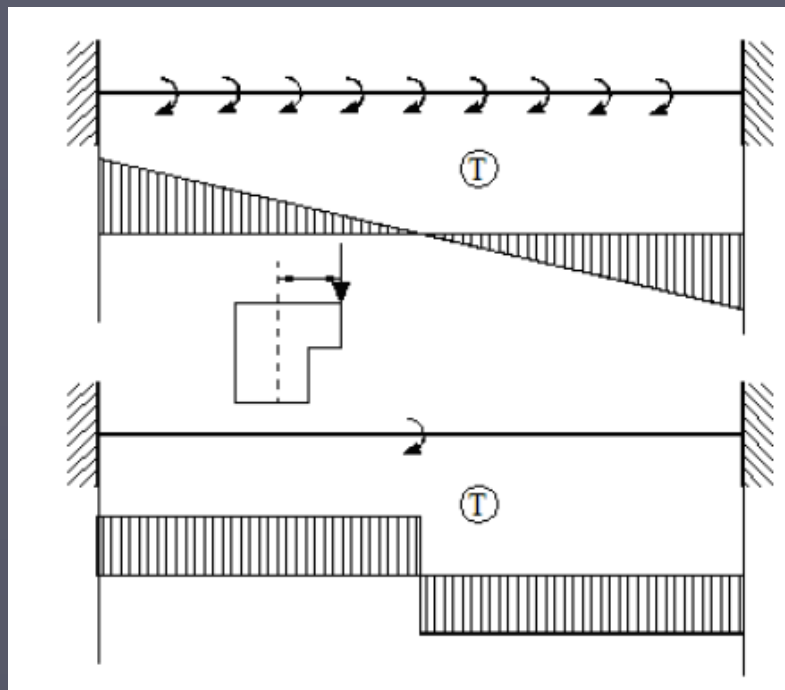
Torzija u gredi T-presjeka



Primjeri ravnatežne torzije



Dijagrami smicanja usljed momenta torzije za neke poprečne presjeke



Uzdužna i poprečna armatura za preuzimanje momenta torzije.

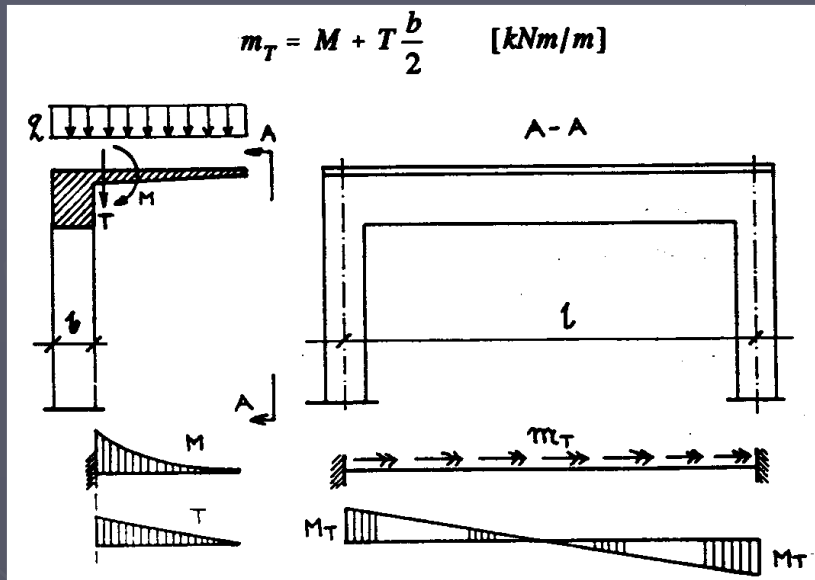
Dijagram torzije oblikom odgovara dijagramu poprečnih odnosno transferzalnih sila

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

Dejstvu 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.

Osiguranje presjeka na glavne napone zatezanja usljed dejstva smicanja izazvanog momentom torzije M_t



Tipičan primjer torzije je oslanjanje konzolne ploče na gredu, u kojoj usljed prenosa momenta savijanja sa konzole na gredu u gredi nastaje torzija. Smatra se da stubovi obezbjeđuju uklještenje gredi tako da je torzioni moment na osloncu grede:

$$M_T = m_T l / 2 \quad (\text{kNm})$$

Primjer grede istovremeno opterećene torzijom i savijanjem

Računski (nominalni, mjerodavni) smičući napon se izračunava prema izrazu:

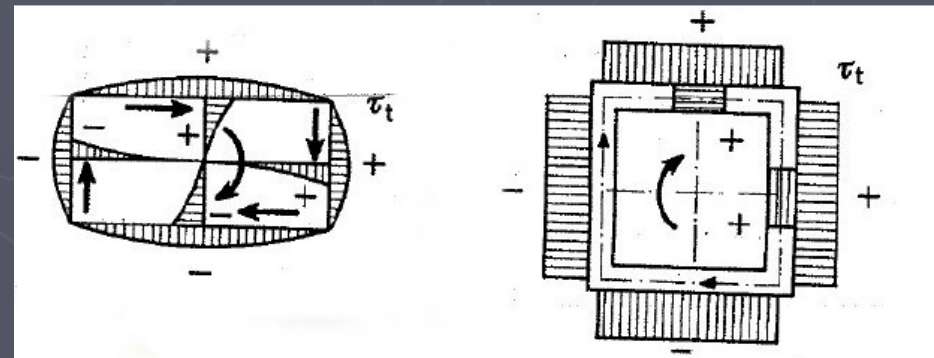
$$\tau_n = \frac{M_{Tu}}{2 \cdot A_{bo} \delta_o}$$

Gdje su:

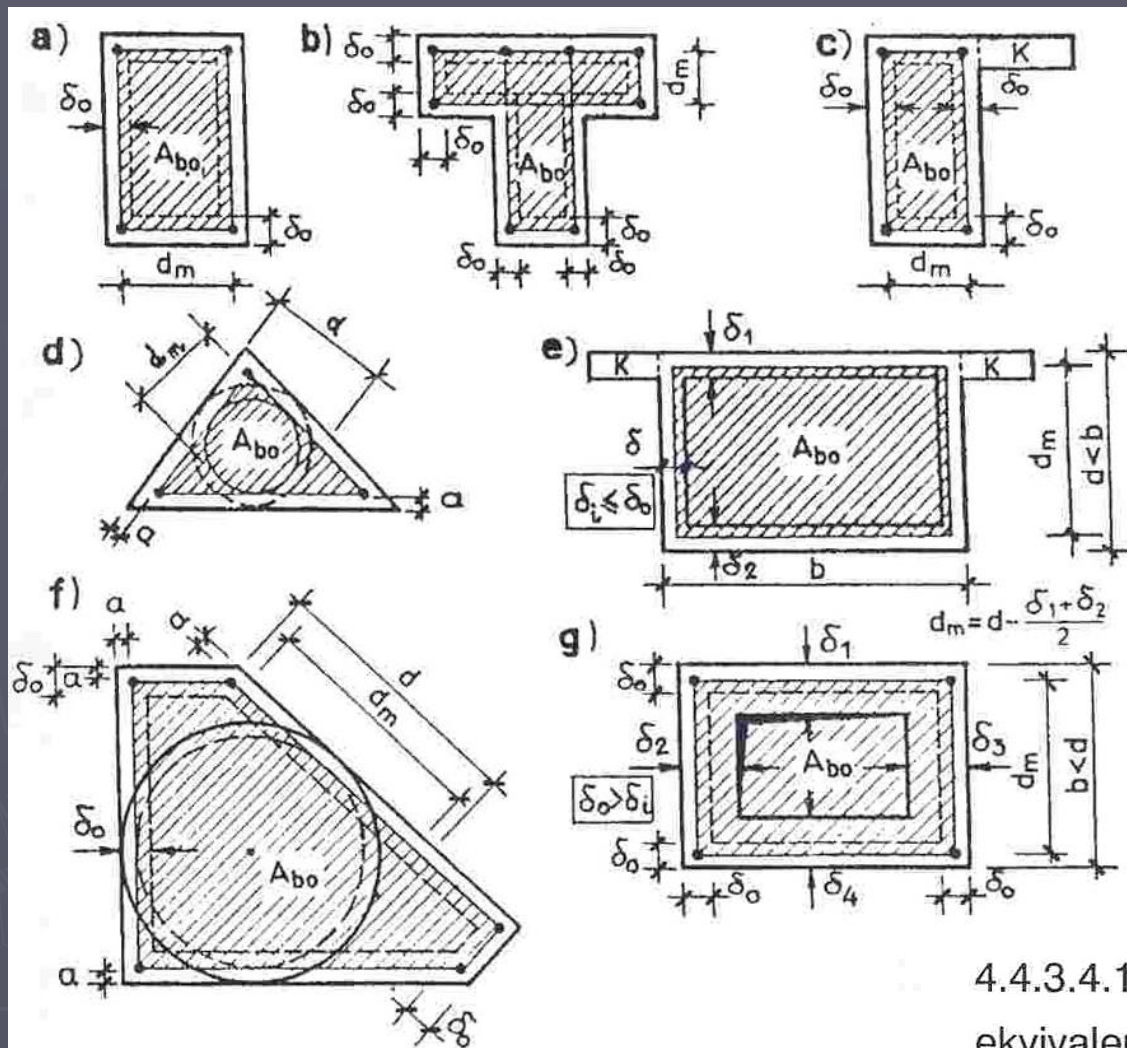
δ_o – računaska debljina zida ekvivalentnog tankozidnog presjeka;

A_o – površina poprečnog presjeka, šrafirani dio;

M_{Tu} – granični moment torzije.



Torzija u jednom pravougaonom i u jednom sandučastom nosaču



4.4.3.4.1. Određivanje računske debljine zida ekvivalentnog tankozidnog profila δ_o

$$\delta_o = d_m/8 \quad d_m = (d - a)$$

$$\delta_o \geq \delta \Rightarrow \delta_o = \delta$$

$$\delta_o < \delta \Rightarrow \delta_o = d_m/8$$

4.4.3.4.2. Određivanje površine poprečnog presjeka - A_{bo}

4.4.3.5. Osiguranje presjeka za momente torzije

4.4.3.5.1. Granične vrijednosti mjerodavno smičućeg napona - PBAB 87, član 97

$$\tau_n \leq \tau_r \qquad \tau_n > 5 \tau_r$$

4.4.3.5.2. Određivanje redukovanog momenta torzije za slučaj $\tau_n > \tau_r$ - PBAB 87, član, 97

$$\tau_r < \tau_n < 3 \tau_r \quad M_{TRu} = M_{Tu} - M_{Tbu}$$
$$M_{Tbu} = \frac{1}{2}(3\tau_r - \tau_n) \cdot 2A_{bo} \cdot \delta_o = (3\tau_r - \tau_n)A_{bo} \cdot \delta_o$$

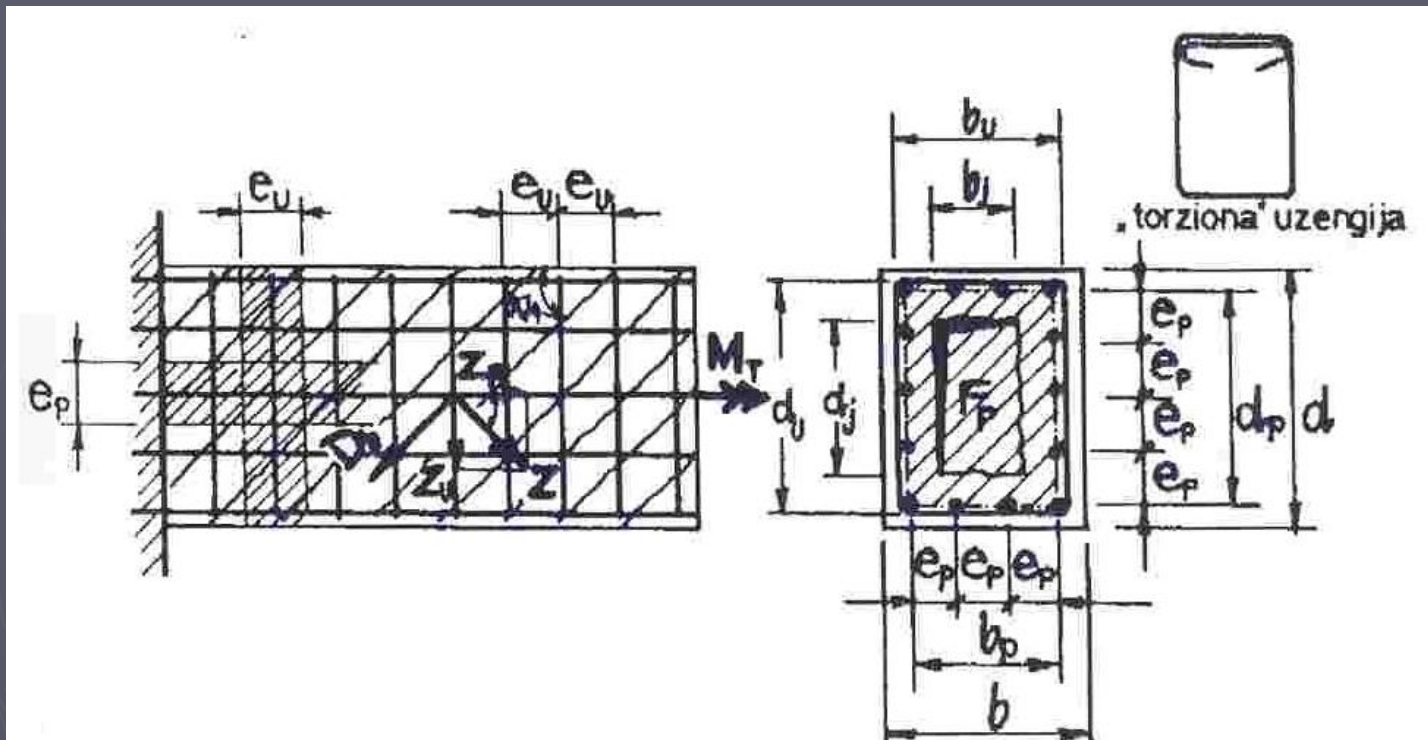
$$3 \tau_r < \tau_n < 5 \tau_r \quad M_{Tbu} = 0$$

Pri kontroli presjeka na smicanje računski napon smicanja u betonu, τ_n , (nastao usljed uticaja momenata torzije u presjeku) se upoređuje sa računskom čvrstoćom betona na smicanje τ_r koja zavisi od kvaliteta betona.

Ako je $\tau_r < \tau_n < 3 \tau_r$ dio mjerodavne sile M_{Tu} prima beton (sila M_{Tbu}). Silu M_{TRu} prima poprečna i podužna armatura.

Ako je $3\tau_r < \tau_n < 5\tau_r$ ne vrši se redukcija uticaja od transverzalnih sila, već se cjelokupna sila prihvata armaturom.

Potrebna površina poprečne i podužne armature u presjeku – osiguranje od uticaja torzije



Podužna i poprečna armatura za prihvatanje efekata torzije

Kako su uzengije koje primaju torziju zategnute po čitavom svom obimu neophodno je da se njihovi krajevi preklope – zatvore.

Uzengija izuzetno rijetko djeluje bez savijanja, stoga je neophodno armaturu sračunati iz uslova sabiranja armature, tako da pokriva oba ova dejstva. Količina armature može se redukovati kako momenti savijanja i torzije opadaju.

4.4.4.2. Potrebna površina poprečne armature PBAB 87, član 98

$$Z_{av} = Z'_{av} \cdot e_u \qquad Z'_{av} = \bar{T}_T \cdot \operatorname{tg} \theta \qquad Z_{av} = a_u^{(1)} \cdot \sigma_v$$
$$a_u^{(1)} = \frac{M_{TRu} \cdot e_u}{2 A_{bo} \cdot \sigma_v} \cdot \operatorname{tg} \theta \qquad \min a_u^{(1)} = \frac{\tau_r \delta_o e_u}{2 \sigma_v}$$

4.4.4.3. Potrebna površina podužne armature - PBAB 87, član 99

$$Z'_{ap} = \bar{T}_T \cdot \operatorname{ctg} \theta \qquad \Sigma Z'_{ap} = Z_{ap} = \bar{T}_T \cdot O \cdot \operatorname{ctg} \theta \qquad Z_{ap} = A_{ap} \cdot \sigma_v$$
$$A_{ap} = \frac{M_{Tu}}{2 A_{bo} \cdot \sigma_v} \cdot O \cdot \operatorname{ctg} \theta$$

4.5. Proračun AB presjeka pri istovremenom dejstvu graničnih uticaja transverzalnih sila i momenata torzije

4.5.1 Princip superpozicije dejstava po PBAB 87

4.5.2. Određivanje računskih smičućih napona od istovremenog dejstva momenata torzije i transverzalnih sila

- PBAB 87, član 100

$$\max \tau_n \leq 5 \tau_r$$

$$\tau_n = \tau_n(T + M_T) = \tau_n(T) + \tau_n(M_T)$$

$$\tau_n(y_b) = \frac{T_{mu}}{b(y_b)z} \qquad \tau_n = \frac{M_{Tu}}{2 \cdot A_{bo} \delta_o}$$

4.5.3. Određivanje armature kod simultanih naprezanja

4.5.3.1. Određivanje poprečne armature za istovremeno dejstvo transverzalnih sila i momenata torzije - PBAB 87, član 100

$$\tau_n \leq \tau_r$$

Primjeri osuguranja na smicanje – momenti torzije



Zadatak 2.

Za nosač zadanog poprečnog presjeka za granični moment torzije izvršiti proračun napona τ_n i sračunati potrebnu armaturu u presjeku.

MB 30

GA 240/360

$M_{tu} = 20 \text{ kNm}$

$b = 30 \text{ cm}$

$d = 60 \text{ cm}$

Nacrtati plan armature za polovinu grede u razmjeri R 1:10.

Rješenje:

Ulazni podaci

MB 30

GA 240/360

$M_{tu} = 20 \text{ kNm}$



$f_b = 2,05 \text{ kN/cm}^2$

$\sigma_v = 24 \text{ kN/cm}^2$

$b/d = 30/60$

d_m – debljina tankozidnog presjeka

$$b_m = 30 - 3,5 \times 2 = 23 \text{ cm} \quad \delta_0 = \frac{23}{8} = 2,875 \text{ cm}$$

$$A_{b0} = (30 - 7) \times (60 - 7) = 1219 \text{ cm}^2$$

$$O_{b0} = 2 \times (30 - 7) + 2 \times (60 - 7) = 152 \text{ cm}$$

$$\tau_n = \frac{M_{tu}}{2 \times A_{b0} \times \delta_0} = \frac{20 \times 100}{2 \times 1219 \times 2,875} = 0,285 > 0,11 \text{ kN/cm}^2$$

$0.11 \text{ kN/cm}^2 < 0,285 < 0.33 \text{ kN/cm}^2$ dio torzije povjerava se betonu

$$M_{tbu} = (3 \times \tau_r - \tau_n) \times A_{bo} \times \delta_0 = (3 \times 0.11 - 0.285) \times 1219 \times 2.875 = 157.7 \text{ kNcm} = 1.577 \text{ kNm}$$

Redukovani moment torzije je: $M_{tru} = 20 - 1.577 = 18.42 \text{ kNm}$

Za odabrani nagib $\theta = 45^\circ$ i uzengiju $\phi 8$ ($a_u^{(1)} = 0.5 \text{ cm}^2$) dobija se rastojanje e_u

$$e_u = \frac{2 \times A_{bo} \times \sigma_v \times a_u^{(1)}}{M_{tru} \times \text{tg} \theta} = \frac{2 \times 1219 \times 24 \times 0.5}{18.49 \times 100 \times \text{tg} 45^\circ} = 15.8 \text{ cm}$$

$$\min a_u = \frac{\tau_r \times \delta_0 \times e_u}{2 \times \sigma_v} = \frac{0.11 \times 2.875 \times 15.8}{2 \times 24} \quad 0.104 \text{ cm}^2 < 0.5 \text{ cm}^2$$

$$\max e_u = \begin{cases} 25 \text{ cm} \\ d_m/2 = 23/2 = 11.5 \text{ cm} \end{cases}$$

usvojeno: $\phi_u 8/10$

$$\text{Podužna armatura: } A_a = \frac{M_{tru} \times O}{2 \times A_{bo} \times \sigma_v} = \frac{2000 \times 152}{2 \times 1219 \times 24} = 5,19 \text{ cm}^2$$

usvojeno: $8\phi 10$ ($6,32 \text{ cm}^2$)

Šipke se raspoređuju ravnomjerno po obimu na maksimalnom rastojanju $e_p = 30 \text{ cm}$

$$e_p = \frac{2x A_{bo} x \sigma_v x a_p^{(1)}}{M_{tu} x ctg \theta} = \frac{2x1219x24x0.79}{2000xctg 45^0} = 23,1 \text{ cm}$$

Šipke u uglovima pokrivaju: $\frac{23.4+17.8}{2} = 20,6 \text{ cm} < 23,1 \text{ cm}$

Ako je $e_{pstv} > e_p$ bira se veće ϕ .

