



BETONSKE KONSTRUKCIJE 2

vježbe, 17.-18.12.2019.

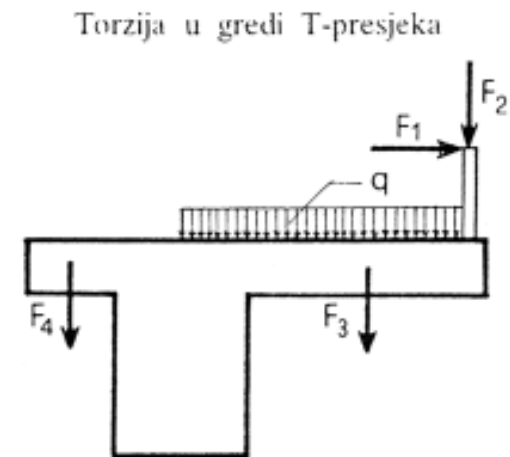
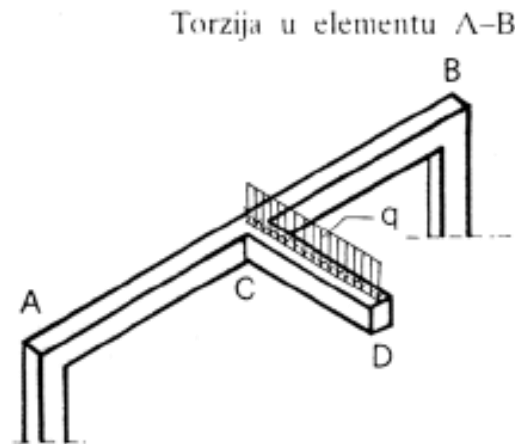
Asistentica: Adriana Cerovečki, mag.ing.aedif.
acerovecki@gfos.hr

| DATUM | SATI | TEMATSKA CJELINA |
|------------------------|------|--|
| 15.-16.10.2019. | 2 | <ul style="list-style-type: none">• uvod• ponavljanje poznatih postupaka dimenzioniranja (ploče nosive u 2 smjera) |
| 22.-23.10.2019. | 2 | <ul style="list-style-type: none">• ponavljanje poznatih postupaka dimenzioniranja (sitnobreičasti strop) |
| 29.-30.10.2019. | 2 | <ul style="list-style-type: none">• ekscentrični vlak i tlak (metoda Wuckovsky) |
| 05.-06.11.2019. | 2 | <ul style="list-style-type: none">• dvostruko armiranje Wuckovski• ekscentrični tlak i vlak (interakcijski dijagrami) |
| 12.-13.11.2019. | 2 | <ul style="list-style-type: none">• ekscentrično opterećenje i vitkost stupova |
| 19.-20.11.2019. | 2 | <ul style="list-style-type: none">• ekscentrično opterećenje i vitkost stupova |
| 26.-27.11.2019. | 2 | <ul style="list-style-type: none">• ekscentrično opterećenje i vitkost stupova + ponavljanje za kolokvij |
| Dogovoriti | 2 | <ul style="list-style-type: none">• konzultativne vježbe |
| 03.-04.12.2019. | 2 | <ul style="list-style-type: none">• KOLOKVIJ |
| 10.-11.12.2019. | 2 | <ul style="list-style-type: none">• dimenzioniranje elemenata punog i šupljeg poprečnog presjeka• koso savijanje – dimenzioniranje pomoću dijagrama |
| 17.-18.12.2019. | 2 | <ul style="list-style-type: none">• torzija |
| 07.-08.01.2020. | 2 | <ul style="list-style-type: none">• torzija• proračun na proboj |
| 14.-15.01.2020. | 2 | <ul style="list-style-type: none">• proračun na proboj |
| 21.-22.01.2020. | 2 | <ul style="list-style-type: none">• Konzultativne vježbe |
| 23.01.2020. | 2 | <ul style="list-style-type: none">• KOLOKVIJ + predaja programa u zakazanom terminu |

U rasporedu su moguće izmjene! Obavijest o eventualnim izmjenama biti će dana na vježbama i/ili na internetskim stranicama predmeta.

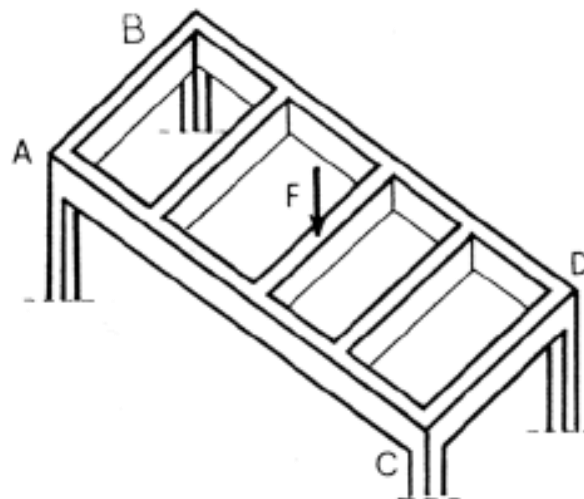
Torzija

- primarna torzija (ravnotežna)

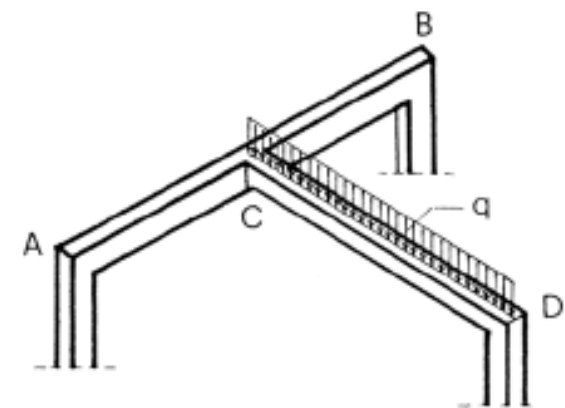


- sekundarna torzija (kompatibilna)

Torzija u elementima A-C i B-D



Torzija u elementu A-B



Torzija

- Kad statička ravnoteža konstrukcije ovisi o nosivosti njezinih pojedinih elemenata na torziju (**ravnotežna torzija**), **potreban je potpun proračun na torziju**, koji obuhvaća i granično stanje nosivosti i granično stanje uporabljivosti.
- Ako kod statički neodređenih konstrukcija torzija nastaje zbog krute veze elemenata (**kompatibilna torzija**) i kad stabilnost konstrukcije ne ovisi o torzijskoj nosivosti njezinih elemenata, tada se, općenito, za granično stanje nosivosti torzija **ne uzima u obzir**.
- Kad torziju za granično stanje nosivosti nije potrebno uzimati u obzir, valja predvidjeti najmanju armaturu u obliku spona i uzdužne armature da bi se spriječilo prekomjerno raspucavanje betona.

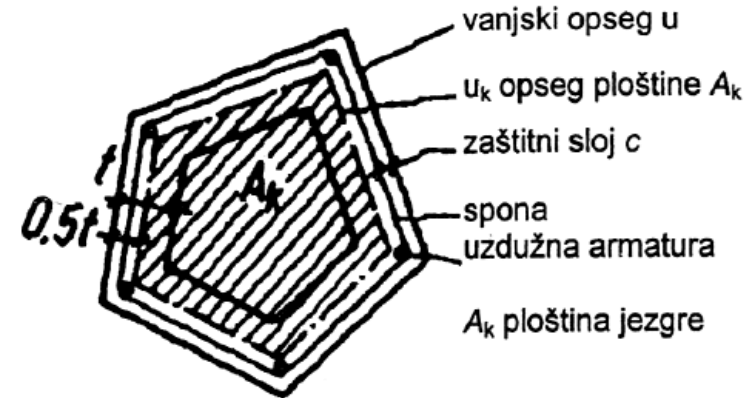
- Proračun torzije mora zadovoljiti uvjete:

$$T_{Sd} \leq T_{Rd1}$$

$$T_{Sd} \leq T_{Rd2}$$

$t \leq t_{stvarno}$ – za šuplji presjek

$$t \geq 2c$$



T_{Rd1} - proračunska nosivost presjeka na torzijski moment s obzirom na betonske tlačne štapove

T_{Rd2} - proračunska nosivost presjeka na torzijski moment kojeg preuzima poprečna armatura

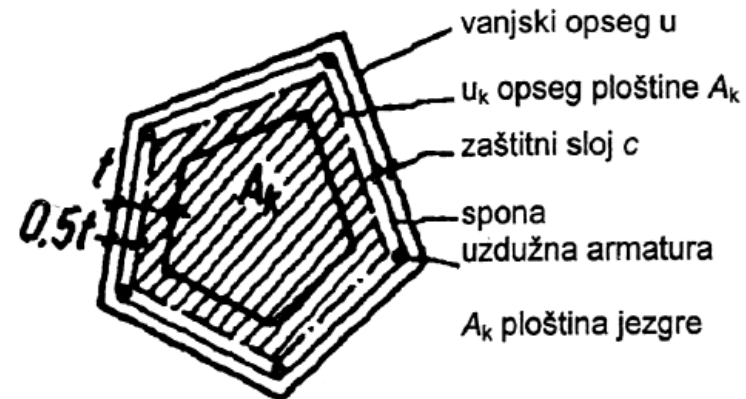
$$T_{Rd1} = \frac{2 v' f_{cd} t A_k}{\cot \theta + \tan \theta} \quad v' = 0.7 \left(0.7 - \frac{f_{ck}}{200} \right) \geq 0.35 \quad \text{napomena* } f_{ck} \rightarrow \text{N/mm}^2$$

$$0.4 < \cot \theta < 2.5$$

$$T_{Rd2} = 2 A_k f_{ywd} \frac{A_{sw}}{s} \cot \theta$$

Iz ove formule se dobije izraz za proračun poprečne armature uz $T_{Rd2} = T_{sd}$

$$A_{s1} f_{y1d} = \frac{T_{Rd2} u_k}{2 A_k} \cot \theta$$

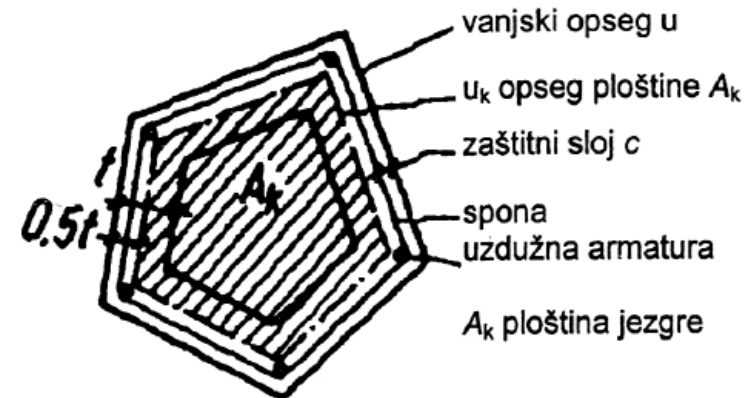


- u_k - opseg plohe s ploštinom A_k
- s - razmak spona – sami pretpostavimo $s_w \leq \frac{u_k}{8}$
- f_{ywd} - proračunska granica popuštanja spona
- f_{y1d} -proračunska granica popuštanja uzdužne armature A_{s1}
- A_{sw} - ploština presjeka spona unutar debljine t
- A_{s1} - dodatna potrebna ploština presjeka uzdužne armature za prihvat torzije

- Kada je poznata ili pretpostavljena poprečna i uzdužna armatura, određuje se nagib tlačnih štapova i nosivost preko armature.

$$\tan^2 \theta = \frac{A_{sw} f_{ywd} \cdot u_k}{s A_{s1} \cdot f_{y1d}}$$

$$T_{Rd2} = 2 A_k \sqrt{\frac{A_{sw} f_{ywd}}{s} \frac{A_{s1} f_{y1d}}{u_k}}$$



- Kad izračunata vrijednost za kut θ izlazi iz granica danih jednačinom ($0.4 < \cot \theta < 2.5$), valja uzeti bližu graničnu vrijednost.
- Pretpostavlja se da rezultanta vlačnih sila $F_{s1} = A_{s1} f_{y1d}$ djeluje u težištu zamjenjujućega tankostjenoga presjeka. Jedan dio potrebne uzdužne armature (ili natege) dopušteno je razmjestiti uzduž osi poddijelova presjeka. Međutim, da bi se osiguralo da će se kosa sila tlačnih štapova prenijeti u spone, valja u svakom kutu predviđenoga presjeka predvidjeti barem jednu uzdužnu šipku.

Torzija i poprečna sila

- Naprezanja u betonu koja su rezultat istodobnoga djelovanja poprečne sile i momenta torzije u pojedinim dijelovima tankostjenoga zamjenjujućega presjeka ne smiju premašiti vrijednost $\sigma_c = v f_{cd}$

$$\left[\frac{T_{Sd}}{T_{Rd1}} \right]^2 + \left[\frac{V_{Sd}}{V_{Rd2}} \right]^2 \leq 1$$

T_{Rd1} - proračunska nosivost presjeka na torzijski moment prema jednadžbi

V_{Rd2} - proračunska nosivost na poprečnu silu koju preuzimaju kosi tlačni štapovi po kutom θ

- Proračun spona provodi se odvojeno za prihvaćanje torzija i za poprečnu silu. Kut nagiba tlačnih štapovova θ uzima se isti za torziju i za poprečnu silu.
- Za puni presjek neće biti potrebna armatura za prihvaćanje torzije i poprečne sile, osim minimalne armature, ako su zadovoljeni idući uvijeti:

$$T_{Sd} \leq \frac{V_{Sd} b_w}{4.5}$$
$$V_{Sd} \left[1 + 4.5 \frac{T_{Sd}}{V_{Sd} b_w} \right] \leq V_{Rd1}$$

Torzija i poprečna sila

- Za metodu slobodnog izbora tlačnih štapova nagib tlačnih štapova se bira u granicama:

1. Kada se uzdužna armatura vodi do ležaja $0,4 \leq \text{ctg}\theta \leq 2,5$
2. Kada se uzdužna armatura prekida u polju $0,5 \leq \text{ctg}\theta \leq 2,0$

- Za elemente bez uzdužne sile kut će biti $\theta=39^\circ$
- Prema uputama za upotrebu EC2 -> $4/7 \leq \text{ctg}\theta \leq 7/4$

- Nosivost tlačnih štapova

$$V_{Rd2} = \frac{v \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot z}{\text{ctg}\theta + \text{tg}\theta} \quad v = 0,7 - \frac{f_{ck}}{200} \geq 0,5$$

- Nosivost poprečne armature

$$V_{Rd3} = \frac{A_{sw} \cdot f_{ywd} \cdot z \cdot \text{ctg}\theta}{s_w}$$

Iz ove formule se dobije izraz za proračun poprečne armature uz $V_{Rd3} = V_{sd}$

Torzija i moment savijanja

- Naprezanja u betonu koja su rezultat istodobnoga djelovanja poprečne sile i momenta torzije u pojedinim dijelovima tankostjenoga zamjenjujućega presjeka ne smiju premašiti vrijednost $\sigma_c = \nu f_{cd}$

$$\sigma_2 = \frac{\sigma_{Sd}}{2} - \sqrt{\left(\frac{\sigma_{Sd}}{2}\right)^2 + \tau_{Sd}^2} \leq 0.85 \cdot f_{cd}$$

$$\tau_{Sd} = \frac{T_{Sd}}{2 A_k t} \quad \text{- računsko normalno tlačno naprezanje}$$

$$\sigma_{Sd} = \frac{M_{Sd}}{z \cdot b \cdot x} \quad \text{- računsko posmično naprezanje uzrokovano torzijom}$$

- Potrebnu uzdužnu armaturu za savijanje i torziju treba odvojeno odrediti, pri čemu valja primjenjivati ova pravila:
 1. U vlačnom području od savijanja treba torzijsku uzdužnu armaturu dodati uzdužnoj armaturi potrebnoj za preuzimanje naprezanja od savijanja i uzdužne sile;
 2. U tlačnom području od savijanja uzdužna armatura za prihvat torzije nije potrebna ako su vlačna naprezanja od torzije manja od tlačnih naprezanja izazvanih savijanjem.

Torzija i moment savijanja

- Torzijske spone trebaju biti zatvorene i sidrene na preklop te trebaju tvoriti kut od 90° s osi elementa.
- Spone trebaju biti djelotvorno usidrene. Nastavci na preklop na vanjskoj strani hrpta dopušteni su samo kod primjene rebrastih šipki.
- Najmanje 50 % potrebne poprečne armature mora se sastojati od spona.
- Uzdužne šipke treba tako postaviti da u svakom kutu postoji jedna šipka, a druge treba raspodijeliti jednolično po unutarnjem opsegu spona s razmakom od najviše 350 mm.
- Uzdužni razmak torzijskih spona ne smije premašiti $u^k/8$. Osim toga, uzdužni razmak torzijskih spona ne smije premašiti:

$$\begin{array}{ll} V_{Sd} \leq 1/5 V_{Rd2} & s_{\max} = 0.8 d \leq 300 \text{ mm;} \\ 1/5 V_{Rd2} < V_{Sd} \leq 2/3 V_{Rd2} & s_{\max} = 0.6 d \leq 300 \text{ mm;} \\ 2/3 V_{Rd2} < V_{Sd} \leq 1.0 V_{Rd2} & s_{\max} = 0.3 d \leq 200 \text{ mm.} \end{array}$$



Hvala na pozornosti!
Pitanja?

Adriana Cerovečki, mag.ing.aedif.
acerovecki@gfos.hr