

PREDNAPETI BETON



– 6 –

POSMIK ...

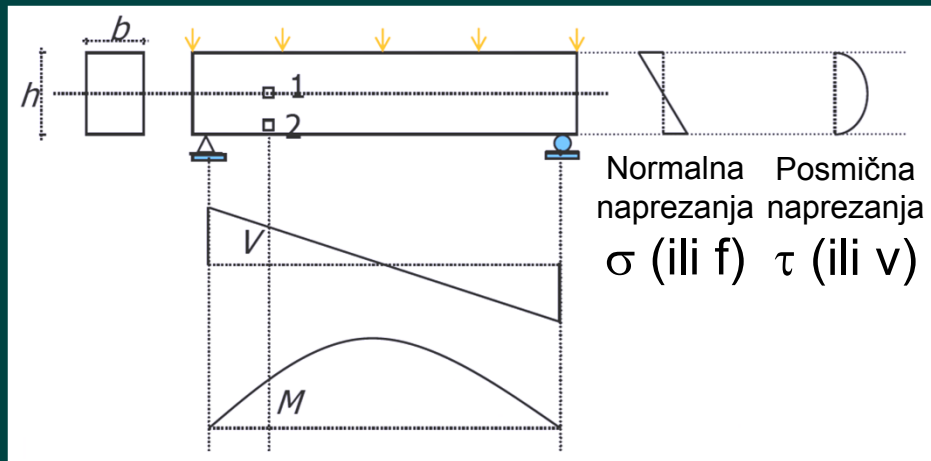
OPĆENITO O POSMIKU

- Posmik se u gredama razvija usljed:
 - savijanja ► posmična naprezanja od savijanja
 - zaokretanja ► posmična naprezanja od torzije.

- Za razumijevanje posmičnih naprezanja od savijanja razmatra se:
 - Naprezanja u neraspucaloj gredi
 - Vrste pukotina koje se razvijaju u kombinaciji savijanja i posmika
 - Komponente koje sudjeluju u nosivosti na posmik i oblici otkazivanja (sloma)
 - I konačno učinak uvođenja sile prednapinjanja.

NAPREZANJA U NERASPUCALOJ GREDI

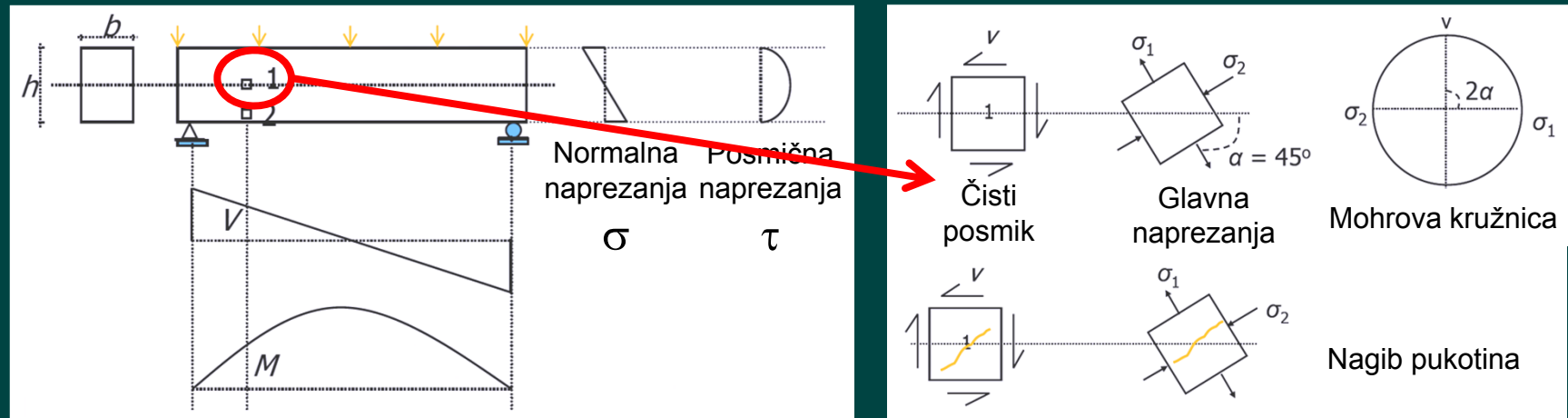
- Sile i naprezanja u slobodno oslonjenoj gredi:



- Kombinacija normalnih i posmičnih naprezanja proizvodi dvodimenzionalno polje naprezanja u nekoj točki grede.
- Prije raspucavanja, naprezanje koje preuzima čelik je zanemarivo.
- Kada glavno vlačno naprezanje prekorači naprezanje pri kojem se razvijaju pukotine ► beton raspucava i događa se preraspodjela naprezanja između betona i čelika.

NAPREZANJA U NERASPUHALOJ GREDI

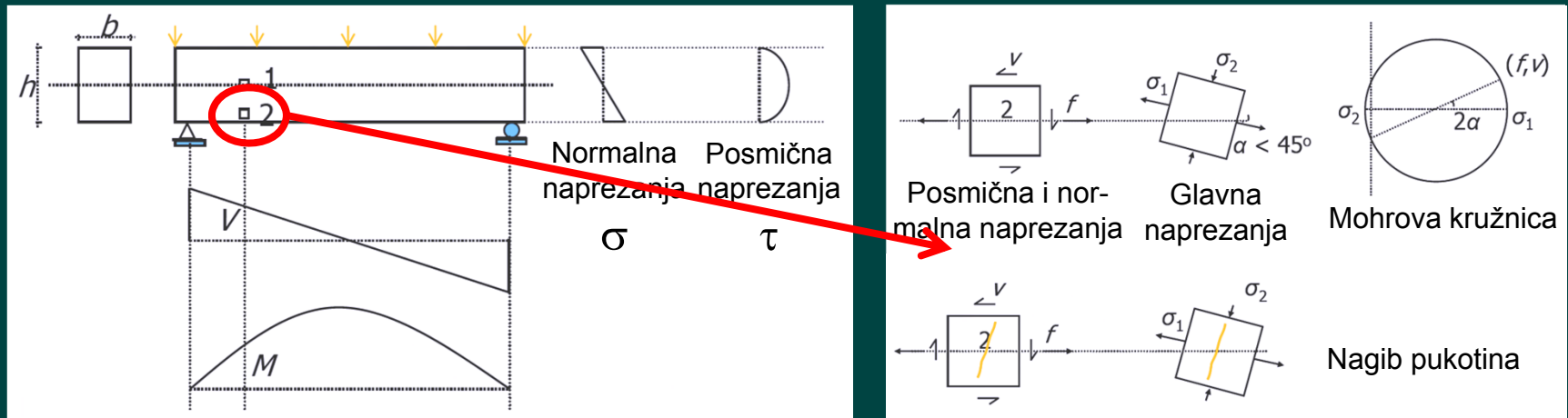
- Sile i naprezanja u slobodno oslonjenoj gredi:



- Za točku na neutralnoj osi (**element 1**) posmično naprezanje je maksimalno, a normalno naprezanje = 0 ► stanje **ČISTOG POSMIKA**.
- Ovo stanje može se promatrati na razini dvoosnog vlak-tlak naprezanja ► glavna naprezanja (vlak σ_1 i tlak σ_2) su pod kutem 45° u odnosu na N.O.
- **Mohrova kružnica** predstavlja stanje ravninskih naprezanja na površinama različitih nagiba koje prolaze kroz promatranu točku (horizontalna i vertikalna os predstavljaju normalna i posmična naprezanja) ► za čisti posmik središte kružnice podudara se s ishodištem osi.
- Kako je posmična sila najveća u blizini ležajeva, pukotine od posmika javljaju se blizu ležajeva formiraju se oko N.O. I okomite su na glavna vlačna naprezanja σ_1 , 45° u odnosu na N.O.

NAPREZANJA U NERASPUHALOJ GREDI

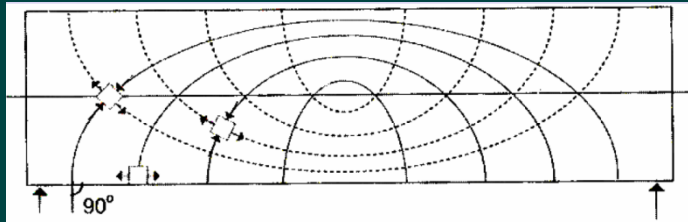
- Sile i naprezanja u slobodno oslonjenoj gredi:



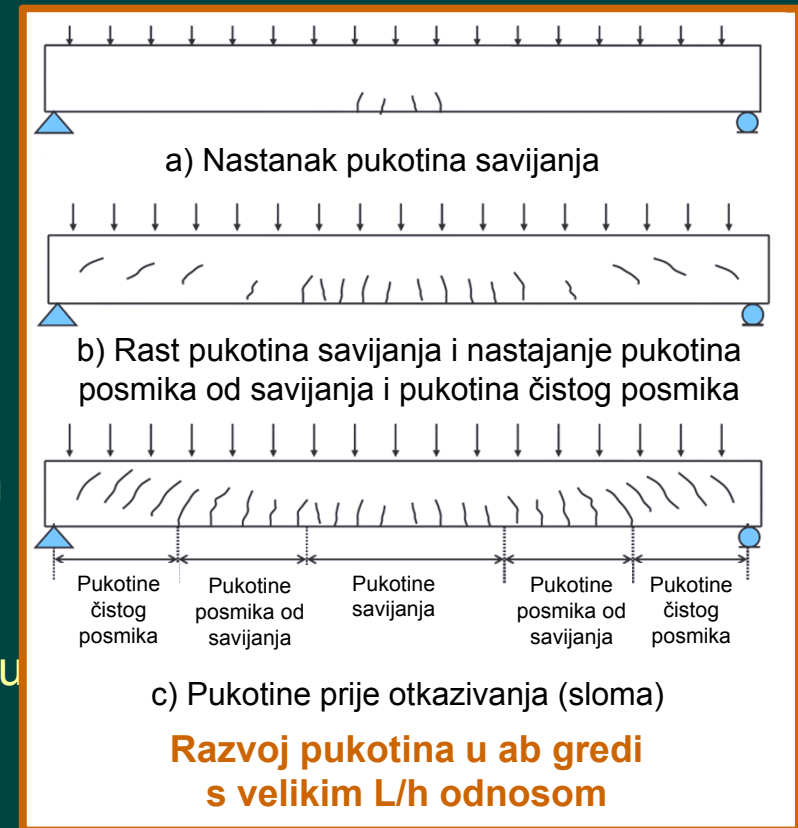
- Za točku blizu donjeg ruba grede – rub u vlaku (**element 2**) posmično naprezanje je blizu 0, a normalno naprezanje je maksimalno ► približno stanje jednoosnog vlačnog naprezanja.
- Glavno vlačno naprezanja (σ_1) je gotovo paraleleno s donjim rubom pod kutem $\ll 45^\circ$.
- Glavno tlačno naprezanja (σ_2) je zanemarivo
- **Mohrova kružnica** pomiče se prema osi glavnog vlačnog naprezanja
- Kako je moment savijanja najveći u sredini grede, pukotine od savijanja javljaju se blizu sredine raspona, okomite su na glavna vlačna naprezanja σ_1 , odnosno približno okomite na donji rub.

VRSTE PUKOTINA

- Iz prethodnog ► trajektorije glavnih napreznja:

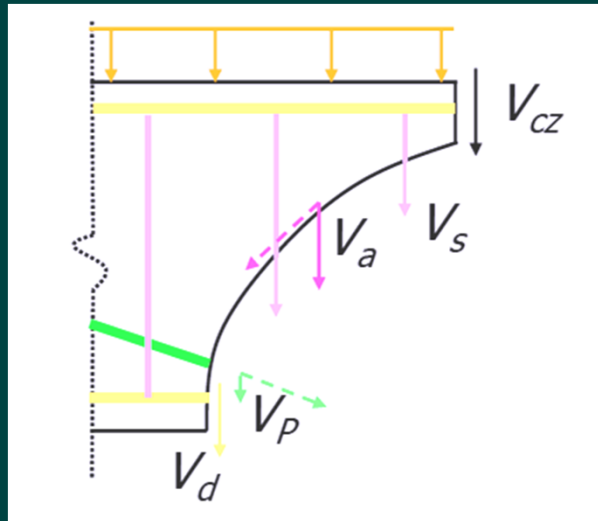


- Za slobodno oslonjenu gredu,
 - pod kontinuiranim opterećenjem,
 - bez prednapinjanjarazvijaju se tri vrste pukotina:
 - **Pukotine savijanja** – nastaju na donjem rubu blizu sredine raspona i napreduju prema gore
 - **Pukotine čistog posmika** – nastaju blizu N.O. blizu ležajeva i napreduju koso na os grede
 - **Pukotine posmika od savijanja** - nastaju na donjem rubu usljed savijanja i napreduju i usljed savijanja i usljed posmika



KOMPONENTE OTPORNOSTI NA POSMIK

- Unutarnje sile pri otkazivanju od posmika usljed savijanja:



- V_{cz} nosivost na posmik neraspucalog betona
- V_a nosivost na posmik od uklještenja agregata
- V_d nosivost na posmik usljed djelovanja klina (dowel action)
- V_s nosivost na posmik preko vilica
- V_p vertikalna komponenta sile prednapinjanja u nagnutim kabelima

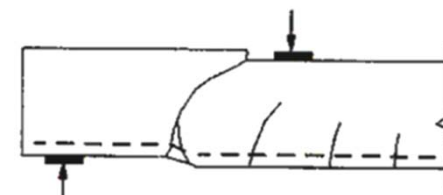
OBLICI SLOMA

- Pojava određenog oblika sloma ovisi o:
 - odnosu L/h
 - opterećenju
 - poprečnom presjeku grede
 - količini i sidrenju armature
- Za gredu
 - s malim odnosom L/h
 - ili s nedovoljno armaturemože se dogoditi slom od posmika
 - ovaj slom je iznenađan u usporedbi sa slomom od savijanja koji ipak bude najavljen.

PET OBLIKA SLOMA USLJED POSMIKA

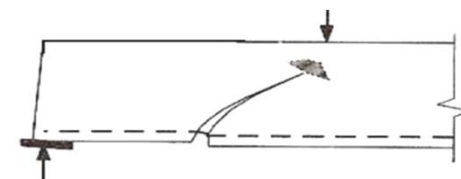
DIJAGONALNI VLAČNI SLOM

Nagnuta pukotina brzo napreduje zbog nedovoljne posmične armature



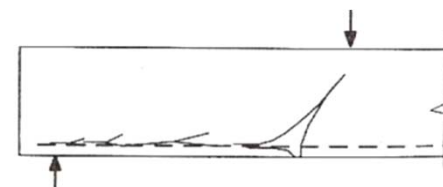
POSMIČNI TLAČNI SLOM

Beton se drobi blizu tlačne pojasnice iznad vrha nagnute pukotine



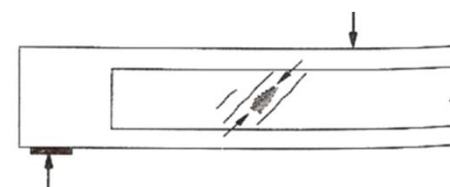
POSMIČNI VLAČNI SLOM

Usljed nedovoljnog sidrenja uzdužnih šipki, dijagonalne pukotine napreduju horizontalno duž šipke



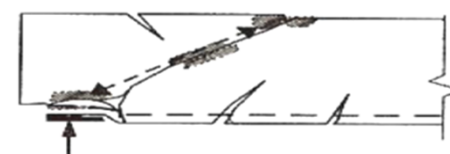
SLOM DROBLJENJA HRPTA

Beton u hrptu se drobi usljed nedovoljne debljine hrpta



LUČNI SLOM (ARCH RIB FAILURE)

Kod visokih greda, hrbat se može izvinuti i naknadno zdrobiti. Posljedica je slom sidrenja ili ležaja.



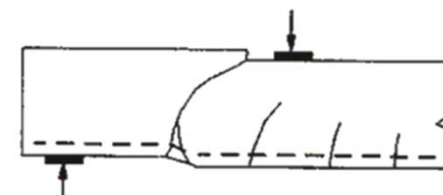
OBLICI SLOMA

- Cilj proračuna na posmik je izbjeći posmični slom
 - ▶ gredu treba projektirati da otkazuje usljed savijanja kada je prekoračena granična čvrstoća savijanja.
- Stoga u proračunu na posmik valja spriječiti svaki oblik otkazivanja
- Proračun uključuje:
 - Dimenzioniranje vilica,
 - Ograničenje prosječnog posmičnog naprezanja u betonu
 - Osiguranje dovoljne debljine hrpta
 - Osiguranje dovoljne duljine sidrenja uzdužnih šipki

PET OBLIKA SLOMA USLJED POSMIKA

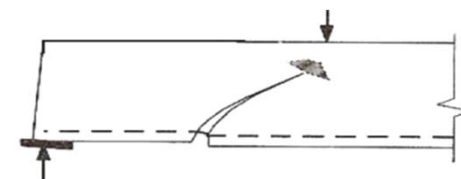
DIJAGONALNI VLAČNI SLOM

Nagnuta pukotina brzo napreduje zbog nedovoljne posmične armature



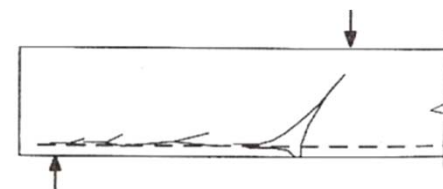
POSMIČNI TLAČNI SLOM

Beton se drobi blizu tlačne pojasnice iznad vrha nagnute pukotine



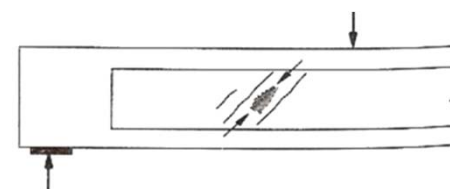
POSMIČNI VLAČNI SLOM

Usljed nedovoljnog sidrenja uzdužnih šipki, dijagonalne pukotine napreduju horizontalno duž šipke



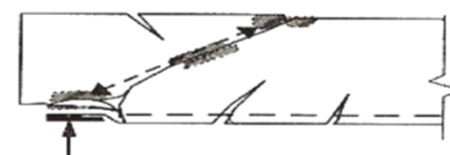
SLOM DROBLJENJA HRPTA

Beton u hrptu se drobi usljed nedovoljne debljine hrpta



LUČNI SLOM (ARCH RIB FAILURE)

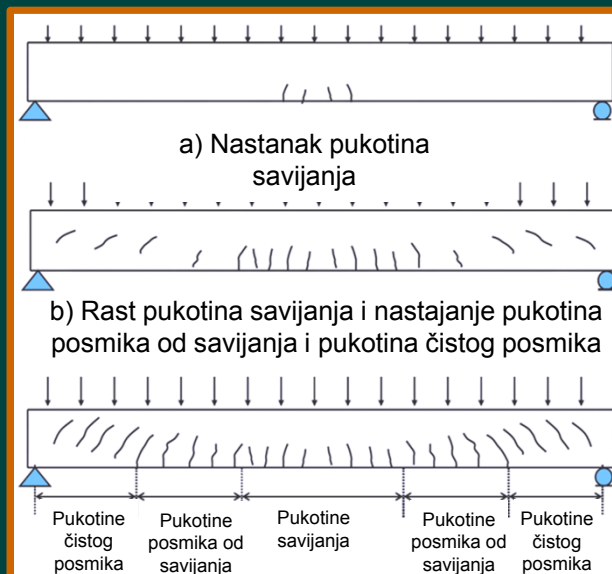
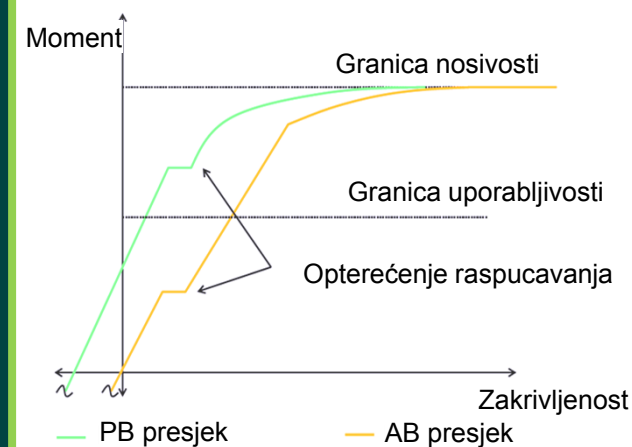
Kod visokih greda, hrbat se može izvinuti i naknadno zdrobiti. Posljedica je slom sidrenja ili ležaja.



UČINAK PREDNAPINJANJA

- Uz prisutnost sile prednapinjanja:
 - raspucavanje od savijanja pojavit će se pri većem opterećenju
 - posmične pukotine javljaju se pod većim opterećenjem.
- Kod punog i ograničenog prednapinjanja
 - ne javljaju se pukotine od savijanja pod uporabnim opterećenjem.
- Kada se opterećenje povećava iznad opterećenja raspucavanja
 - pukotine se razvijaju na sličan način kao kod ab.
- ALI nagib pukotina
 - od posmika usljed savijanja
 - i čistog posmika

je smanjen ovisno o razini prednapinjanja i vođenju kabela.

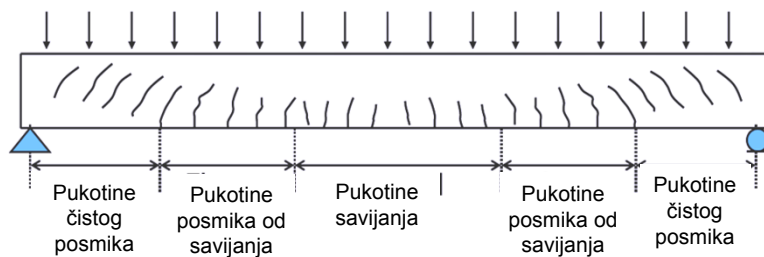
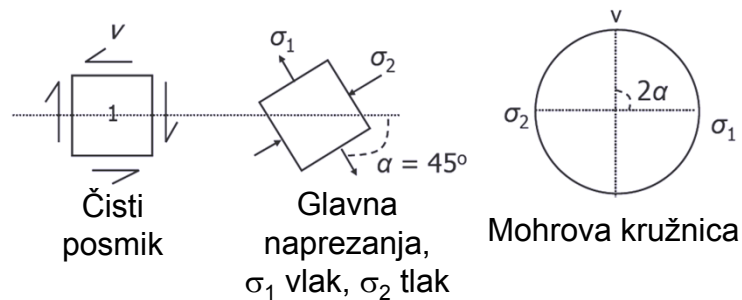
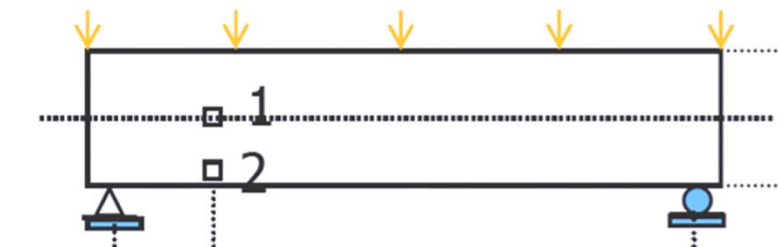


Razvoj pukotina u ab gredi s velikim L/h odnosom

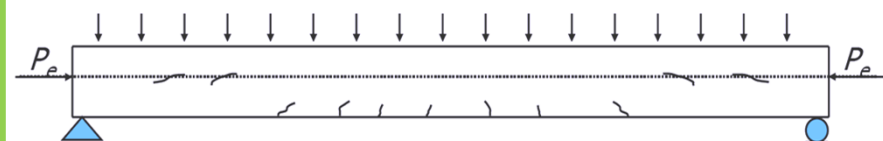
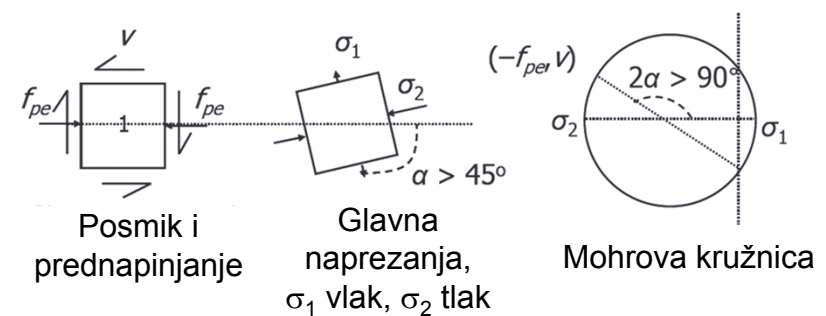
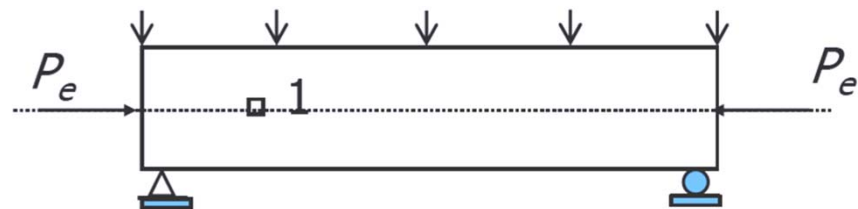
UČINAK PREDNAPINJANJA

- ...prikazuje se na gredi s centričnim prednapinjanjem:

AB GREDA



PB GREDA



PRORAČUN NA POSMIK ZA GSN

1. Uvjet nosivosti na posmik bez posmične armature: $V_{Ed} \leq V_{Rd,c}$

■ Nosivost prednapetog betonskog elementa bez posmične armature $V_{Rd,c}$:

□ u područjima koja su RASPUCALA od savijanja:

1.a

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

□ u područjima koja NISU RASPUCALA od savijanja (savojna vlačna čvrstoća je manja od $f_{ctk,0,05}/\gamma_C$) otpornost na posmik ograničava se na vlačnu čvrstoću betona:

1.b

$$V_{Rd,c} = \frac{I \cdot b_w}{S} \sqrt{(f_{ctd})^2 + \alpha_l \sigma_{cp} f_{ctd}}$$

2. Ako je $V_{Ed} > V_{Rd,c}$ potrebna je posmična armatura iz uvjeta $V_{Ed} \leq (V_{Rd,c} + V_{Rd,s})$:

■ Nosivost vilica na poprečne sile $V_{Rd,s}$:

$$V_{Rd,s} = \frac{A_{sw}}{s} z f_{ywd} \cot \theta$$

3. Osim toga, da ne bi došlo do drobljenja betona, treba zadovoljiti $V_{Ed} \leq V_{Rd,max}$:

■ Maksimalna nosivost na poprečne sile, ograničena drobljenjem betona $V_{Rd,max}$:

$$V_{Rd,max} = \alpha_{cw} b_w z v_1 f_{cd} / (\cot \theta + \tan \theta)$$

PRORAČUN NA POSMIK ZA GSN

- Nosivost prednapetog betonskog elementa bez posmične armature $V_{Rd,c}$ (u N)
 - u područjima koja su RASPUCALA od savijanja:

1.a

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

f_{ck}

karakteristična tlačna čvrstoća u MPa

k

$$= 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \leq 2,0$$

sa d u mm

ρ_l

$$= \frac{A_{sl}}{b_w d} \leq 0,02$$

A_{sl}

je površina vlačne armature, koja se nastavlja izvan promatranog presjeka za $\geq (l_{bd} + d)$

b_w

najmanja širina poprečnog presjeka u vlačnom području (mm)

σ_{cp}

$$= N_{Ed}/A_c < 0,2 f_{cd} \quad (\text{u MPa})$$

N_{Ed}

uzdužna sila u poprečnom presjeku od opterećenja i/ili prednapinjanja (u N).
 $N_{Ed} > 0$ za tlak

A_c

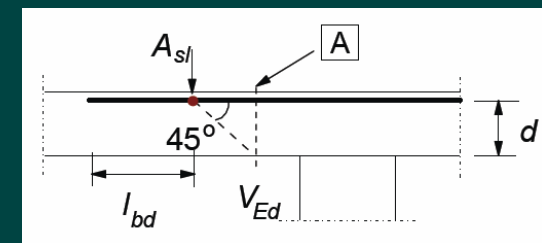
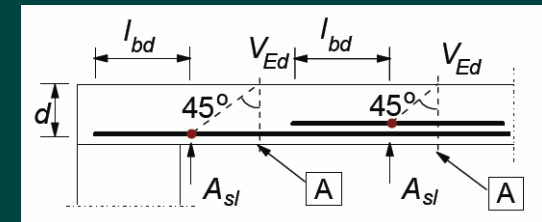
površina betonskog poprečnog presjeka

$C_{Rd,c}$

$0,18/\gamma_c$

k_1

0,15



PRORAČUN NA POSMIK ZA GSN

- Nosivost prednapetog betonskog elementa bez posmične armature $V_{Rd,c}$ (u N)
 - u područjima koja NISU RASPUCALA od savijanja

1.b

$$V_{Rd,c} = \frac{I \cdot b_w}{S} \sqrt{(f_{ctd})^2 + \alpha_l \sigma_{cp} f_{ctd}}$$

I moment tromosti presjeka

b_w širina poprečnog presjeka u težišnoj osi uz prisustvo cijevi za kabele u hrptu:

cijevi s injektiranjem, vanjskog promjera $\phi > b_w/8$

$$\Rightarrow b_{w,nom} = b_w - 0,5 \Sigma \phi$$

metalne cijevi s injektiranjem, promjera $\phi \leq b_w/8$

$$\Rightarrow b_{w,nom} = b_w$$

neinjektirane cijevi, injektirane plastične cijevi, slobodni kabeli

$$\Rightarrow b_{w,nom} = b_w - 1,2 \Sigma \phi$$

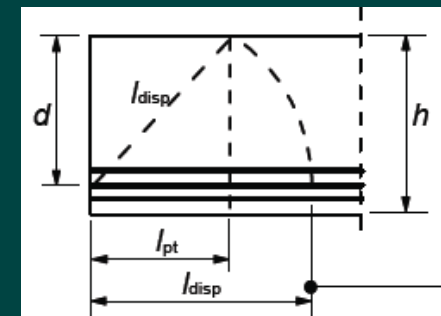
S moment površine iznad i oko težišne osi

α_l $= l_x / l_{pt2} \leq 1,0$ za prethodno napete kabele,
 $= 1,0$ za ostale vrste prednapinjanja

l_x udaljenost promatranog presjeka od početne točke duljine prijenosa l_{pt} (duljina preko koje se sila prednapinjanja P_0 potpuno prenosi na beton, vidi predavanje *Detalji i pravila*)

l_{pt2} gornja granica za duljinu prijenosa $= 1,2 l_{pt}$

σ_{cp} $= N_{Ed} / A_c$ (MPa) tlačno naprezanje u težišnoj osi od uzdužne sile i/ili predapinjanja
 ($N_{Ed} > 0$ za tlak)



PRORAČUN NA POSMIK ZA GSN

- Nosivost vilica na poprečne sile $V_{Rd,s}$:

2.

$$V_{Rd,s} = \frac{A_{sw}}{s} z f_{ywd} \cot \theta$$

A_{sw}

površina posmične armature

s

razmak vilica

z

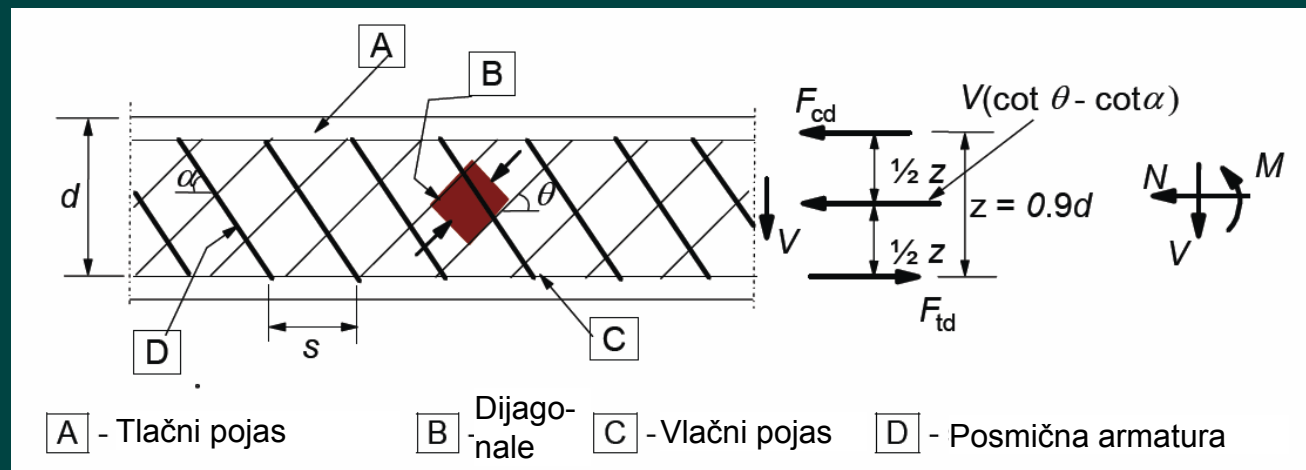
krak unutrašnjih sila

f_{ywd}

proračunska granica popuštanja čelika vilica

θ

nagib između tlačne dijagonale i osi grede, uz ograničenje $1 \leq \cot \theta \leq 2,5$



PRORAČUN NA POSMIK ZA GSN

- Maksimalna nosivost na poprečne sile, ograničena drobljenjem betona $V_{Rd,max}$:

3.

$$V_{Rd,max} = \alpha_{cw} b_w z \nu_1 f_{cd} / (\cot \theta + \tan \theta)$$

α_{cw}

koeficijent kojim se uzima u obzir stanje naprezanja u tlačnom pojasu

1 Bez prednapinjanja

$$\begin{array}{ll} (1 + \sigma_{cp}/f_{cd}) & \text{za } 0 < \sigma_{cp} \leq 0,25 f_{cd} \\ 1,25 & \text{za } 0,25 f_{cd} < \sigma_{cp} \leq 0,5 f_{cd} \\ 2,5 (1 - \sigma_{cp}/f_{cd}) & \text{za } 0,5 f_{cd} < \sigma_{cp} < 1,0 f_{cd} \end{array}$$

ν_1

faktor smanjenja čvrstoće za beton koji je raspucao u posmiku

preporučeno $\nu_1 = \nu$

$$\nu = 0,6 \left[1 - \frac{f_{ck}}{250} \right]$$

ako je proračunsko naprezanje posmične armature ispod $80\% f_{yk}$ može se uzeti

$$\begin{array}{ll} \nu_1 = 0,6 & \text{za } f_{ck} \leq 60 \text{ MPa} \\ \nu_1 = 0,9 - f_{ck}/200 > 0,5 & \text{za } f_{ck} \geq 60 \text{ MPa} \end{array}$$

MINIMALNA POSMIČNA ARMATURA

- Koeficijent posmične armature dan je izrazom:

$$\rho_w = A_{sw} / (s \cdot b_w \cdot \sin \alpha)$$

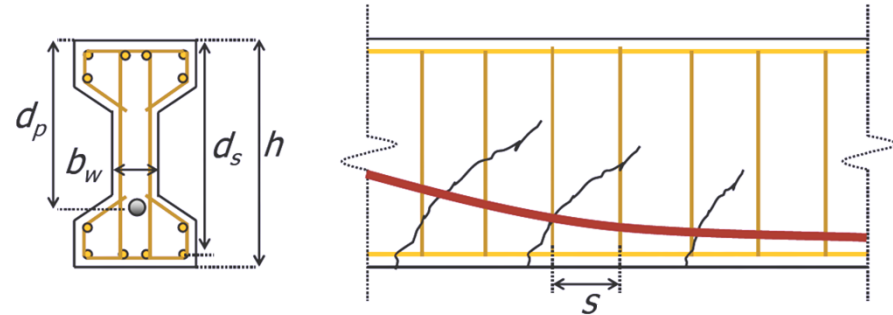
- $\rho_w \geq \rho_{wmin}$
- A_{sw} površina posmične armature na razmaku s (površina svih grana)
- s razmak posmične armature uzduž grede
- b_w širina hrpta
- α nagib posmične armature u odnosu na uzdužnu os
(=0 za vertikalne vilice)

- Minimalni koeficijent posmične armature:

$$\rho_{w,min} = (0,08 \sqrt{f_{ck}}) / f_{yk}$$

MAKSIMALNI RAZMAK VILICA

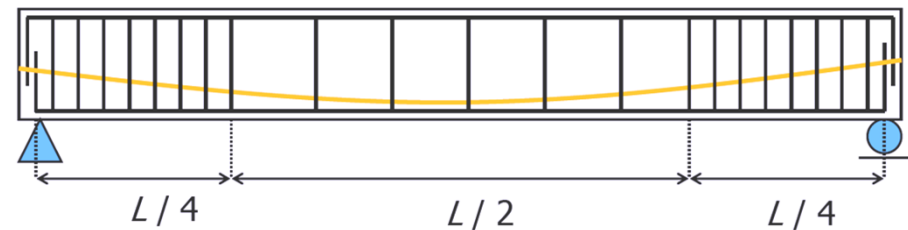
- Razmak vilica ograničen je kako bi dijagonalna pukotina bila pokrivena barem jednom vilicom:



- Maksimalni razmak vilica uzduž grede:

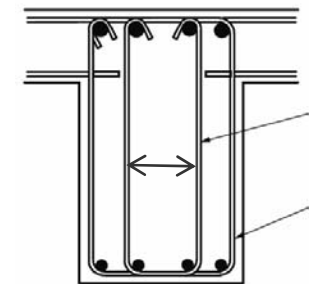
$$s_{l,max} = 0,75d$$

- Tipični razmak vilica: gušći uz ležajeve, rijedži u polju:



- Maksimalni razmak vertikala vilica poprijeko:

$$s_{t,max} = 0,75d \leq 600 \text{ mm}$$



PREDNAPETI BETON

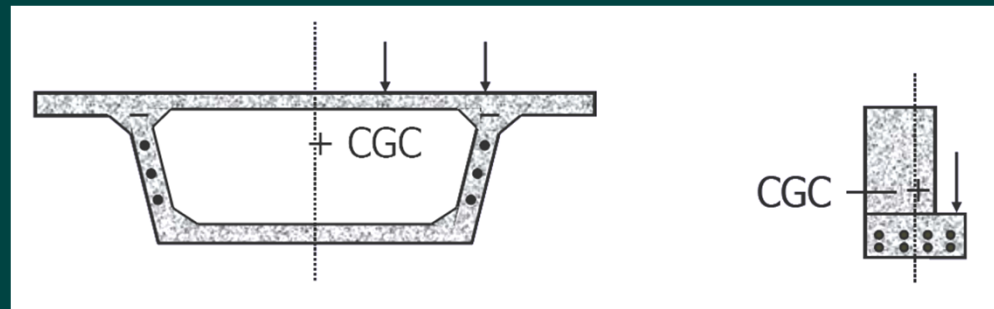


– 6 –

... I TORZIJA

OPĆENITO O TORZIJI

- Torzija se u gredama razvija usljed
 - opterećenja ekscentričnog u odnosu na težišnu os – **RAVNOTEŽNA TORZIJA**
 - Primjeri:



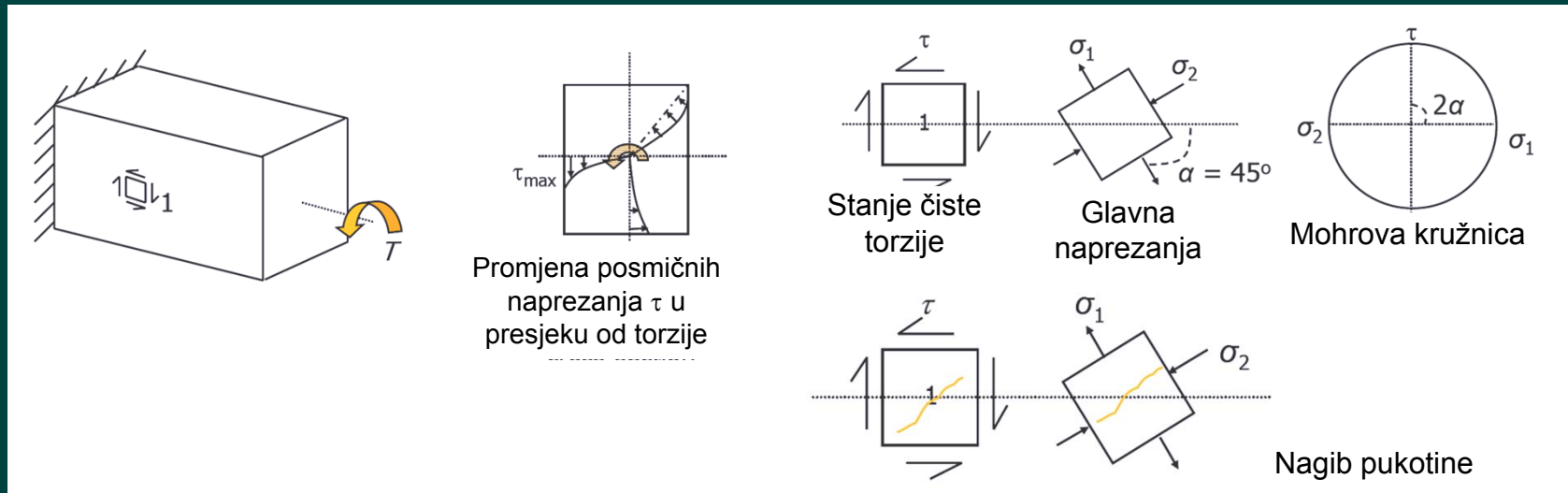
- izvrtanja jednog elementa, kako bi se zadržala kompatibilnost deformacija s elementom s kojim je prvi povezan – **TORZIJA KOMPATIBILNOSTI**
 - Primjer: primarna greda podupire sekundarnu – ako su sekundarne grede proračunate s odgovarajućim rubnim uvjetima primarne grede nije potrebno provjeravati na torziju.
 - Ako stabilnost statički neodređene konstrukcije nije ovisna o njenoj torzijskoj otpornosti dovoljno je odrediti minimalnu armaturu u obliku vilica i uzdužnih šipki kako bi se spriječilo raspucavanje.

OPĆENITO O TORZIJI

- Za razumijevanje ponašanja greda pri torziji razmatra se:
 - Naprezanja u neraspucaloj gredi bez prednapinjanja, od čiste torzije, bez savijanja, s konstantnim momentom torzije
 - Razvoj pukotina od čiste torzije
 - Komponente koje sudjeluju u nosivosti na čistu torziju
 - Oblici otkazivanja (sloma) pod kombinacijom torzije i savijanja.
 - I konačno učinak uvođenja sile prednapinjanja.

NAPREZANJA U NERASPUCALOJ GREDI

■ Greda izložena čistoj torziji:

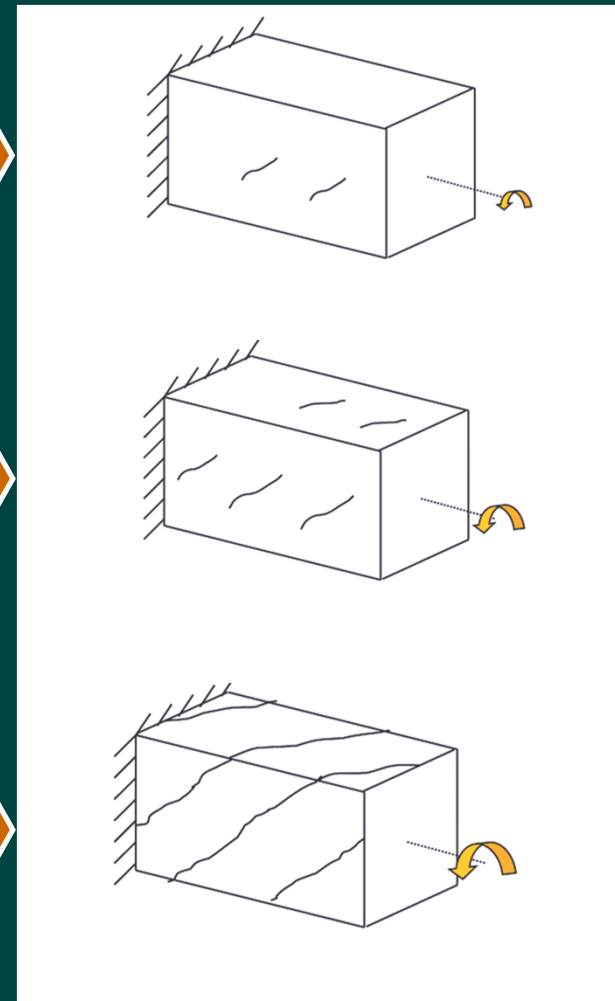


- Prije raspucavanja, napreznje koje preuzima čelik je zanemarivo.
- Kada glavno vlačno napreznje prekorači napreznje raspucavanja, u betonu se otvaraju pukotine i dolazi do preraspodjele napreznja između betona i čelika.
 - Za točku u sredini duže stranice presjeka (**element 1**) torzijsko posmično napreznje je najveće.
 - Glavno vlačno napreznje σ_1 je pod kutem **45°** u odnosu na os grede.

Pukotine od torzije javljaju se na dužoj strani grede i okomito na vlak σ_1 .

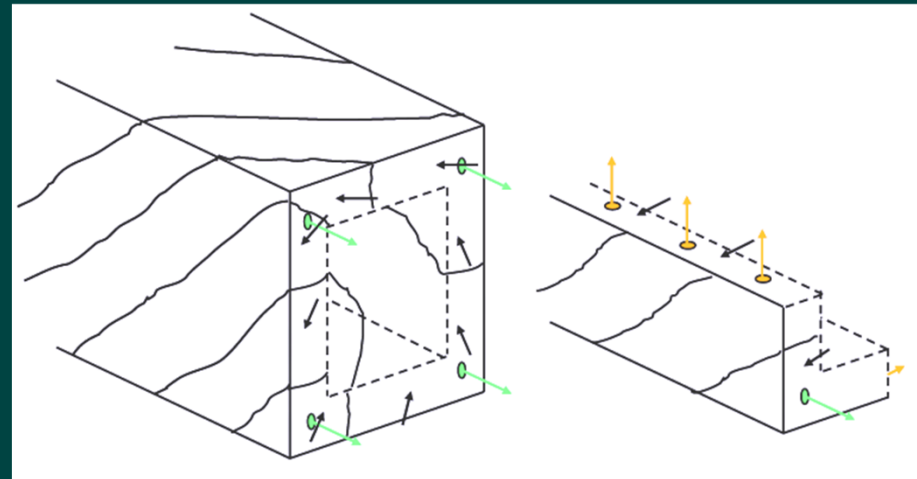
RAZVOJ PUKOTINA OD ČISTE TORZIJE

- Pukotine koje se razvijaju od torzije prate trajektorije glavnih naprezanja.
- Prvenstveno se razvijaju pukotine u sredini duže strane presjeka.
- Nadalje otvaraju se pukotine u sredini kraće strane presjeka.
- Nakon što se pukotine spoje okružuju cijeli obujam grede.



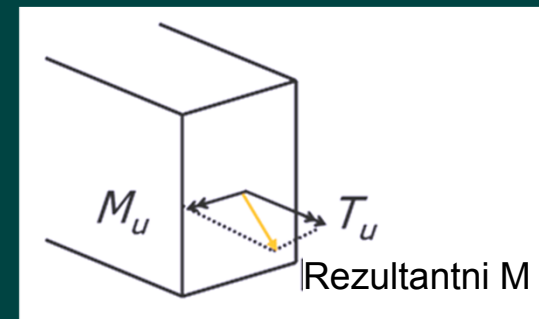
KOMPONENTE NOSIVOSTI NA TORZIJU

- Nakon raspucavanja u betonu se javljaju tlačne dijagonale.
 - Šipke armature dijeluju kao vlačne spones.
 - Kako je posmično naprezanje veće blizu stranica presjeka, tlak u betonu je dominantan u krajnjem području – tankostjeno cijevno djelovanje.
 - Debljina stijene cijevi je područje tijeka posmičnih naprezanja u kojem se pretpostavlja da su ona konstantna.
 - Područje betona unutar cijevi može se zanemariti u proračunu nosivosti.
- Prostorna rešetka
- Komponente nosivosti na torziju:
 - Nosivost tlačnih štapova betona
 - Nosivost poprečne armature
 - Nosivost uzdužne armature



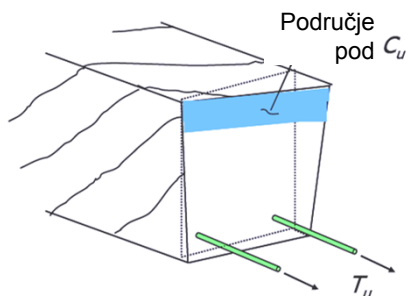
OBLICI OTKAZIVANJA POD KOMBINACIJOM TORZIJE I SAVIJANJA

- Za gredu izloženu istovremeno savijanju i torziji oblici sloma objašnjavaju se teorijom kosog savijanja
 - promatrana ravnina sloma je pod nagibom u odnosu na os grede.
- Moment savijanja M_u (M_{Rd}) i moment torzije T_u (T_{Rd}) zajedno generiraju rezultatni moment pod nagibom u odnosu na os grede
 - ovaj moment izaziva tlak C_u i vlak T_u u ravnini nagnutoj s obzirom na os grede.



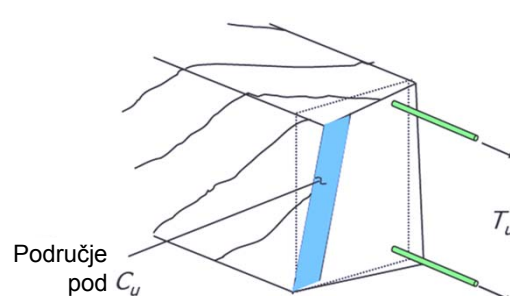
Modificirani slom savijanjem (oblik 1)

Kada je učinak $M_u >$ od T_u



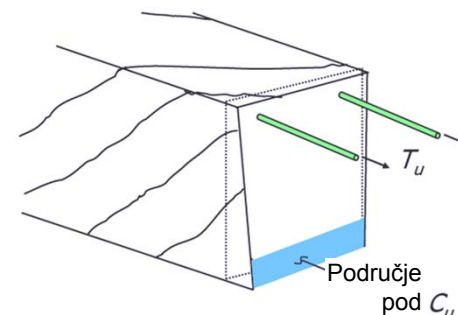
Bočni slom savijanjem (oblik 2)

Kod greda sa tankim hrptovima, kada su učinci M_u i T_u slični



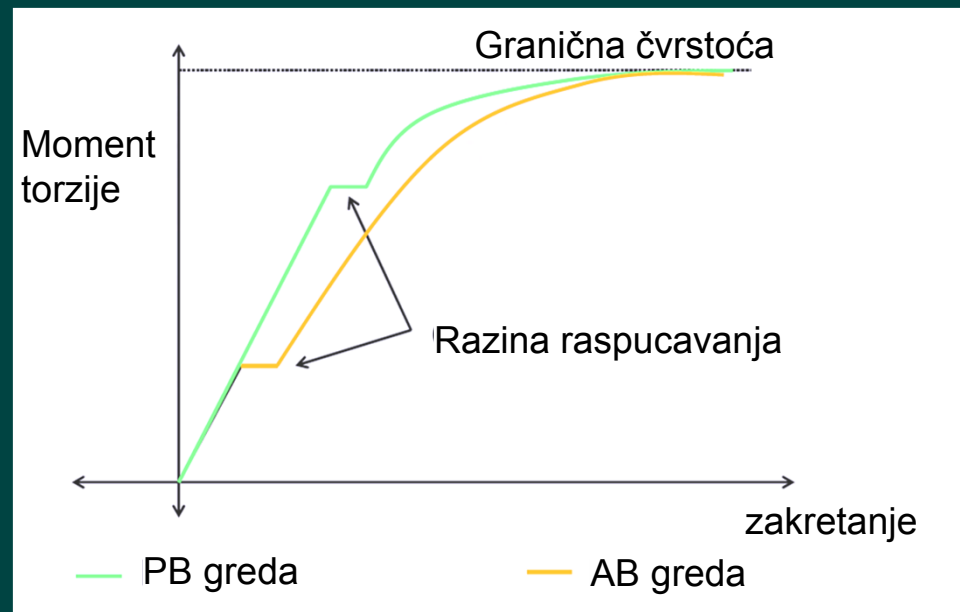
Negativni slom savijanjem (oblik 3)

Kod je učinak T_u velik i mala gornja armatura



UČINAK UVOĐENJA SILE PREDNAPINJANJA

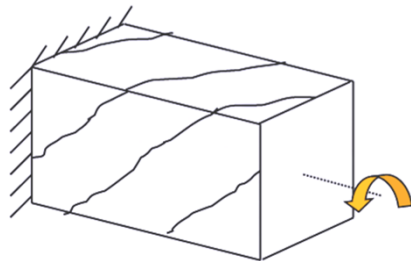
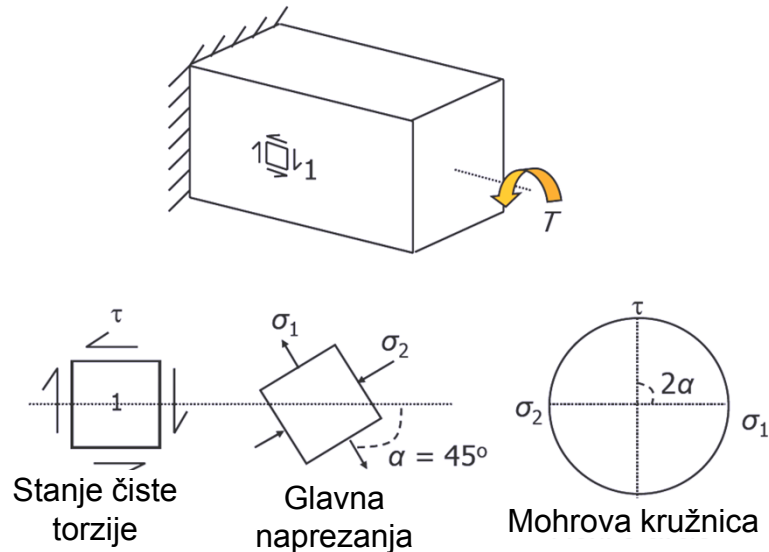
- Uz prisutnost sile prednapinjanja:
 - raspucavanje će se pojaviti pri većem opterećenju
- Kada se opterećenje povećava iznad opterećenja raspucavanja
 - pukotine se razvijaju na sličan način kao kod ab
 - ali nagib pukotina mijenja se ovisno o razini prednapinjanja.



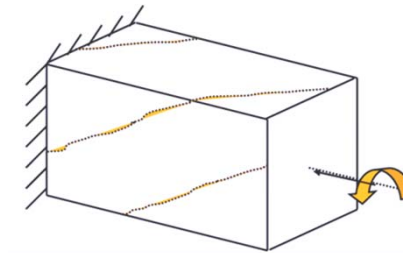
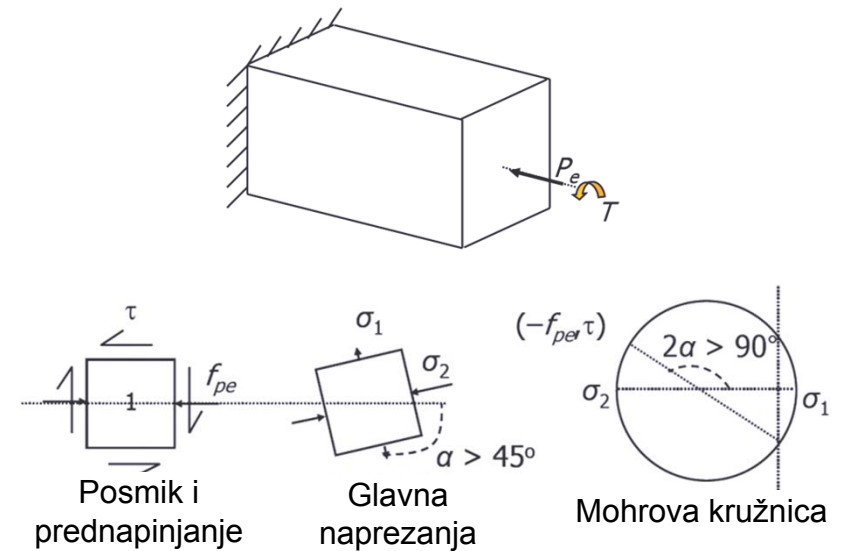
UČINAK UVOĐENJA SILE PREDNAPINJANJA

- ..prikazuje se za gredu pod čistom torzijom sa centričnim prednapinjanjem:

AB KONZOLA



PB KONZOLA



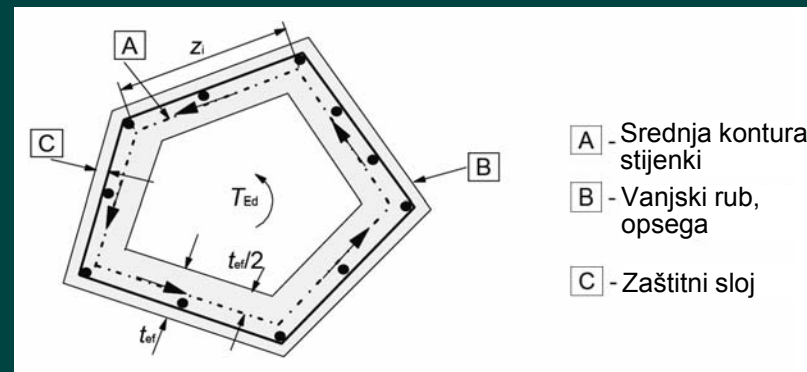
PRORAČUN NA TORZIJU ZA GSN

- Posmično naprezanje u stijenci presjeka izloženog čistom savijanju:

$$\tau_{t,i} t_{ef,i} = \frac{T_{Ed}}{2A_k}$$

- Posmična sila u i-toj stijenci usljed torzije:

$$V_{Ed,i} = \tau_{t,i} t_{ef,i} z_i$$



- T_{Ed} primijenjeni djelujući moment torzije
- A_k površina unutar srednje konture stijenki presjeka uključujući i šuplinu kod sandučastih presjeka
- $\tau_{t,i}$ torzijsko posmično naprezanje u i-toj stijenci
- $t_{ef,i}$ djelotvorna debljina stijenke = $A/u \geq 2c$. Za šuplje presjeke stvarna debljina je gornja vrijednost
- A ukupna površina betonskog presjeka uključujući i šuplinu kod sandučastih presjeka
- u vanjski opseg presjeka
- z_i duljina stijenke presjeka između točaka presjeka sa susjednim stijenkama

- Učinci torzije i posmika za šuplje i pune presjeke mogu se superponirati uz pretpostavku jednakog nagiba tlačnih dijagonala θ

PRORAČUN NA TORZIJU ZA GSN

- Potrebna uzdužna armatura za preuzimanje torzije ($T_{Ed}=T_{Rd1}$):

$$\frac{\sum A_{sl} f_{yd}}{u_k} = \frac{T_{Ed}}{2A_k} \cot \theta$$

- u_k vanjski opseg presjeka površine A_k
- f_{yd} granica popuštanja čelika uzdužne armature A_{sl}
- θ nagib između tlačne dijagonale i osi grede

- U tlačnim pojasevima, uzduž. arm. može se smanjiti proporcionalno raspoloživoj tlačnoj sili.
- U vlačnim pojasevima, uzduž. arm. za torziju valja dodati armaturi dobivenoj iz drugih uvjeta.
- Uzdužna torzijska armatura se raspoređuje po duljini stijenke z_i , jednoliko po unutarnjem rubu vilica, sa razmakom ≤ 350 mm

- Minimalna armatura u obliku vilica za torziju:

određuje se kao i kod proračuna na posmik pri čemu maksimalni razmak ne smije prekoračiti

- $u/8$
- $0,75d$
- manju dimenziju poprečnog presjeka,

$$T_{Rd2} = 2 \cdot A_{swT}^1 \cdot A_k \cdot f_{ywd} \cdot \frac{\cot \theta}{s_{wT}}$$
$$s = \frac{s_w \cdot s_{wT}}{(s_w + s_{wT})}$$

PRORAČUN NA TORZIJU ZA GSN

- Kako se ne bi prekoračila maksimalna torzijska otpornost $T_{Rd, Max}$ (nosivost betona)

$$T_{Rd, max} = 2v \alpha_{cw} f_{cd} A_k t_{ef, i} \sin \theta \cos \theta$$

presjeka izloženog torziji i posmiku valja zadovoljiti uvjet:

$$T_{Ed} / T_{Rd, max} + V_{Ed} / V_{Rd, max} \leq 1,0$$

- T_{Ed} proračunski djelujući moment torzije
- V_{Ed} proračunska djelujuća poprečna sila
- $V_{Rd, max}$ maks. nosivost na poprečne sile, ograničena drobljenjem betona (sl.16)
- α_{cw} koeficijent kojim se uzima u obzir stanje naprezanja u tlačnom pojasu (sl.16)
- v faktor smanjenja čvrstoće za beton koji je raspucao u posmiku (slajd16)

- Kod pravokutnih punih presjeka, dovoljna je minimalna uzdužna armatura uz uvjet:

$$T_{Ed} / T_{Rd, c} + V_{Ed} / V_{Rd, c} \leq 1,0$$

- gdje se za $T_{Rd, c}$ zamjenjuje

$$\tau_{t, i} = f_{ctd}$$

PREDNAPETI BETON



**– Sljedeće predavanje –
PROGIBI I PUKOTINE I
PRIJENOS PREDNAPINJANJA**