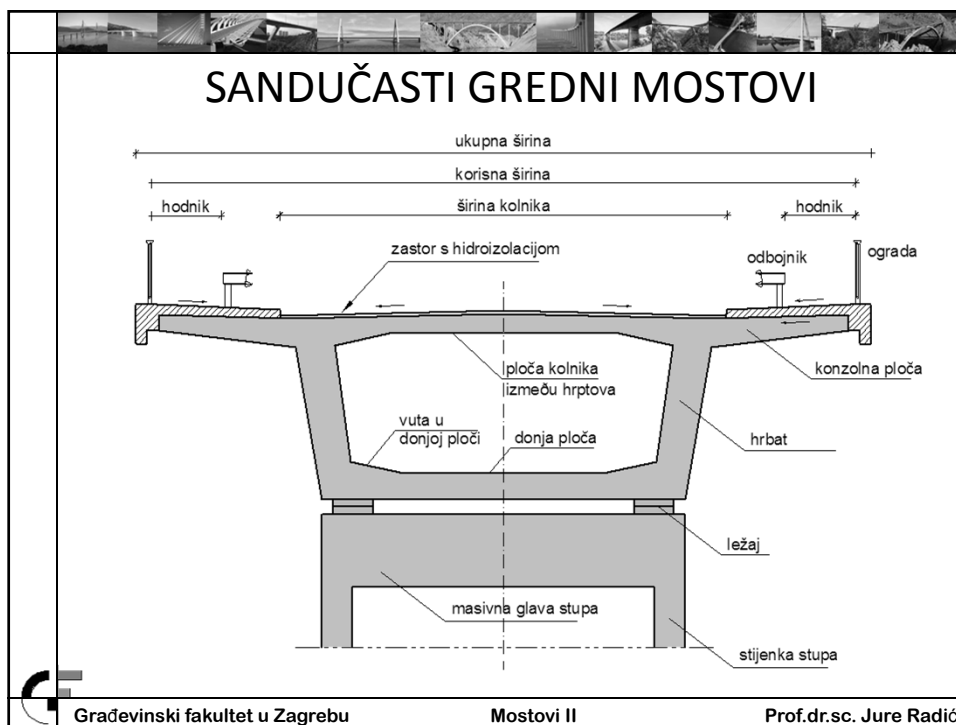




## PREDNOSTI PRED PLOČASTIM I REBRASTIM

- povećana trajnost (manja površina izložena djelovanju štetnih utjecaja iz okoliša),
- mogu se postići velike vitkosti,
- mogućnost ostvarenja znatno većih raspona,
- prikladni su za promjenjive širine mostova, jer se duljina konzola ploče može po volji mijenjati zahvaljujući upetosti u sanduk, a moguće je povećavati i međusobne razmake hrptova sanduka
- težište poprečnog presjeka ne leži previše na jednoj strani kao kod rebrastoga poprečnog presjeka,
- velika torzijska krutost poprečnog presjeka:
  - za velike konzole kolničke ploče,
  - za podupiranje sanduka vitkim stupovima samo u njegovoj osi (točkasto oslanjanje) i
  - za mostove u zavojima.



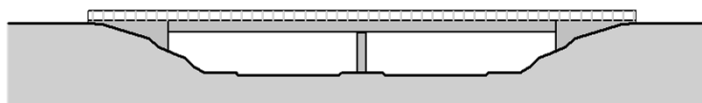
Građevinski fakultet u Zagrebu

Mostovi II

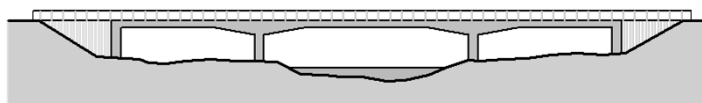
Prof.dr.sc. Jure Radić

## UZDUŽNI RASPORED I STATIČKI SUSTAVI

- $L < 80$  m,  $h = \text{const}$ ,  $L/h = 20 - 25$



- $L > 50$  m  $\Rightarrow$  nedovoljni  $h$  nad stupom  $\Rightarrow$  prekoračenje tlačnih naprezanja  $\Rightarrow$  podebljanje donje ploče na  $\frac{1}{4} - \frac{1}{2} L$ 
  - LEŽAJ:  $L/h = 16-20$  (18),
  - POLJE:  $L/h = 22-28$  (24).



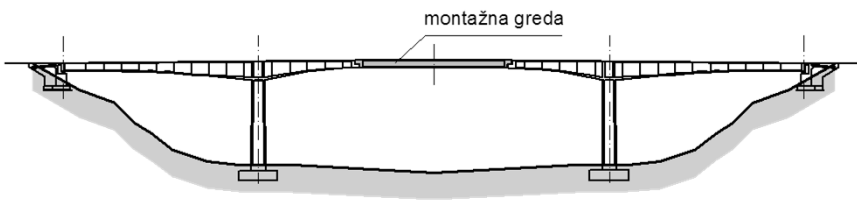
Građevinski fakultet u Zagrebu

Mostovi II

Prof.dr.sc. Jure Radić

### Statički sustav s umetnutom gredom

- ako je potrebno otkloniti utjecaj progiba krajeva prepusta
- kada nije moguće točno predviđanje progiba uslijed dugotrajnih deformacija,
- kada se očekuju diferencijalna slijeganja stupova



montažna greda

Građevinski fakultet u Zagrebu      Mostovi II      Prof.dr.sc. Jure Radić

### Statički sustav sa zglobovom u sredini

- **Prednosti :**
  - nije osjetljiv na promjene duljine grede od utjecaja temperature, sila prednapinjanja, skupljanja i puzanja betona, i deformacija temelja,
  - svaki je upeti stup sa svoje dvije konzole statički određen sustav. Momenti savijanja od vlastite težine ne mijenjaju predznak i ostaju jednaki u vremenu.
- **Mane:**
  - progibna linija nije glatka krivulja, već ima lomove na mjestima zglobova (smanjena udobnost vožnje),
  - vrijednosti progiba su veće u odnosu na kontinuirani sustav za 80% pri opterećenju od vlastite težine,
  - mnoge građevine dobile su na tim mjestima progibe koji višestruko nadmašuju predviđene, što je uzrokovalo skupe sanacije,
  - u seizmički aktivnim područjima ovakav statički sustav ima daleko veće seizmičke sile,
  - veći broj dilatacija pogodna su mjesta za nastanak oštećenja.

Građevinski fakultet u Zagrebu      Mostovi II      Prof.dr.sc. Jure Radić



## Kontinuirani rasponski sklop

- Moment u sredini polja jednak je nuli samo neposredno prije zatvaranja.



- Kako se kontinuitet ostvaruje prije dovršetka procesa puzanja, veličina i područje momenta pozitivnog predznaka u polju – rastu s vremenom.
- Uslijed zajedničkog djelovanja puzanja betona i temperaturnog gradijenta  $\Rightarrow$  razvijaju se značajna vlačna naprezanja u donjoj pojasnici blizu središta raspona.
- Predviđanje i ispravna procjena preraspodjele momenata tijekom vremena moguća je tek vrlo opsežnim proračunom (računala i vrlo složeni numerički modeli).



Građevinski fakultet u Zagrebu

Mostovi II

Prof.dr.sc. Jure Radić



## Spajanje stupa i rasponskog sklopa krutom ili zglobnom vezom

- KRUTA VEZA  $\Rightarrow$  nije povoljno opteretiti stup velikim utjecajima od momenata savijanja, jer to znatno poskupljuje i komplicira izvedbu.
- ZGLOB NAD STUPOM  $\Rightarrow$  (prenosi velike reakcije i eventualno preuzima pomake rasponskoga sklopa), s gledišta trajnosti i održavanja nije povoljno rješenje.
- IZBACIVANJEM ZGLOBA
  - uklanja se potreba za dodatnim podupiranjem kod gradnje, te se povećava krutost cijeloga sklopa,
  - u statičkom pogledu povećava se stupanj statičke neodređenosti i utjecaj preraspodjele opterećenja na gotovoj konstrukciji tijekom uporabe,
  - u svakoj fazi izvedbe mijenja statički sustav,  $\Rightarrow$  složenost i veća količina potrebnih proračuna, dimenzioniranja, provjera.
- KOMPROMIS  $\Rightarrow$  uvođenje okvirnih sustava s udvojenim gipkim stupovima.



Građevinski fakultet u Zagrebu

Mostovi II

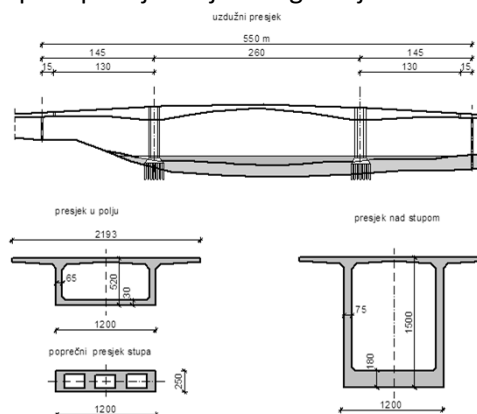
Prof.dr.sc. Jure Radić

## Okvirni sustavi s udvojenim gipkim stupovima

- STABILNOST pri gradnji konzolnim postupkom
  - Razmaknuti zidovi stupišta daju veću sigurnost protiv prevrtanja nejednoliko opterećenih konzola  $\Rightarrow$  otpada potreba za eventualnim dodatnim podupiranjem tijekom gradnje.



Most Gateway preko rijeke Brisbane, Australija, 1986.  
razmak stupova=8,5 m



Građevinski fakultet u Zagrebu

Mostovi II

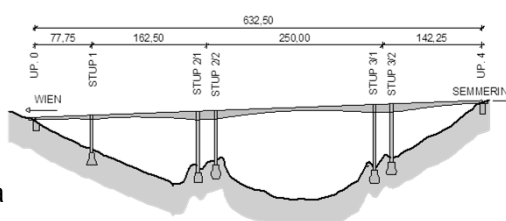
Prof.dr.sc. Jure Radić

## Okvirni sustavi s udvojenim gipkim stupovima

- GIPKOST ovakvog stupa
  - važna za preuzimanje pomaka od dugotrajnih i temperaturnih djelovanja u rasponskom sklopu. Sprečavanjem pomaka sile u sklopu mogu se povećati do iznosa koje je teško preuzeti.
  - osigurana je samo kod mostova s relativno visokim stupovima
  - Kod niskih  $\Rightarrow$  posebno oblikovanje  $\Rightarrow$  npr. oslanjanje stupova na elastomerne ležajeve



Most Schottwien, Austrija  
1991. god, razmak  
stupova = 20,5 m



Građevinski fakultet u Zagrebu

Mostovi II

Prof.dr.sc. Jure Radić

## Suvremena istraživanja

- Razvoj, dobivanje i upotreba kvalitetnoga laganog betona visokih čvrstoća LC60 prostorne težine 1940 kg/m<sup>3</sup>
- Većina mostova rekordnih raspona izvedena je upravo od tog materijala razreda čvrstoće LC60



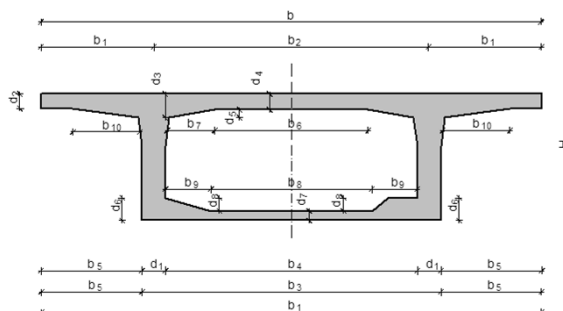
Raftsundet, 298 m



Stolmasundet, 301 m

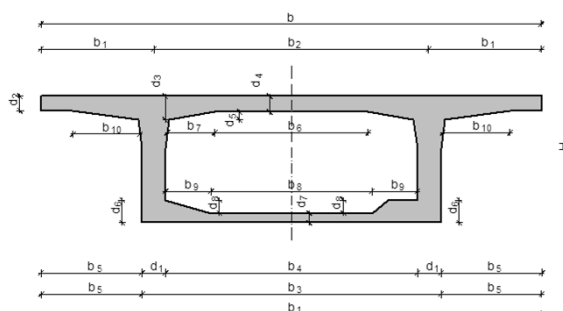
## PARAMETRI ZA OBLIKOVANJE POPREČNOG PRESJEKA

- Ukupna visina sanduka H odabire se:
  - prema rasponu mosta,
  - potrebnoj širini
  - postupku građenja
  - iz uvjeta prohodnosti kroz sanduk  $h = \min 200 \text{ cm}$  (potrebna za vrijeme radova prednapinjanja kabela u donjoj ploči i izvedbe segmenata)



## PARAMETRI ZA OBLIKOVANJE POPREČNOG PRESJEKA

- Razmak osi hrptova  $b_2$  uzima se od 0,5 do 0,6 ukupne širine mosta  $b$
- Duljina konzole  $b_5$  ne bi smjela biti veća od 350 cm.
- Duljina ploče između hrptova  $b_4 < 700$  cm  $\Rightarrow$  ako ne više komora.
- Debljina hrptova odabire se iz nekoliko uvjeta:
  - $d_1 \geq H/15$ ;  $d_1 \geq 30$  cm;  $d_1 \geq 20$  cm + 2 $\phi$ cijevi;  $d_1 \geq 4\phi$ cijevi,
  - i potrebi smještaja sidara kabla (spirala sidra)

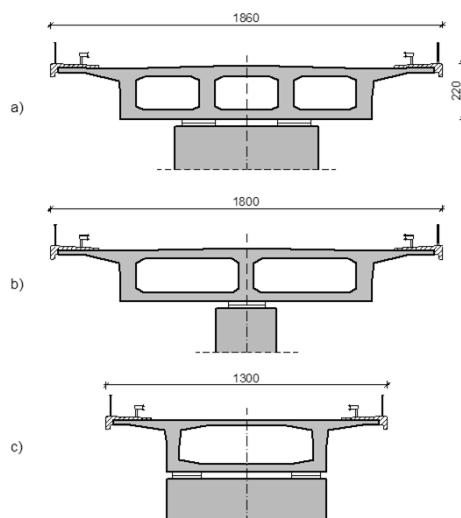


Građevinski fakultet u Zagrebu

Mostovi II

Prof.dr.sc. Jure Radić

## Poprečni presjeci sandučastih konstrukcija s tri, dvije i jednom komorom



smanjenje raspona  
kolničke ploče

izbjegavanje  
poprečnog  
prednapinjanja

 $13 < b < 18$  m

 $b/h > 6$ 
 $b < 13$  m

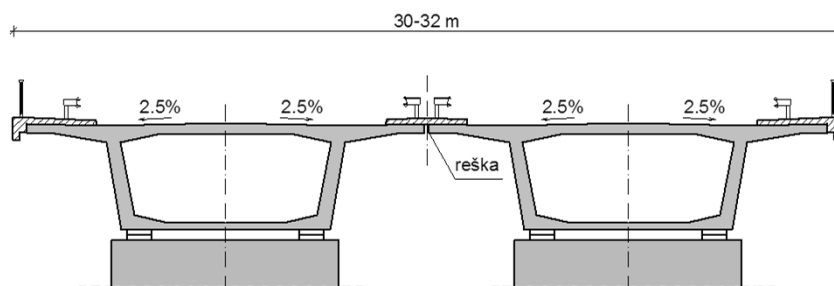
 $b/h < 6$ 

Građevinski fakultet u Zagrebu

Mostovi II

Prof.dr.sc. Jure Radić

Poprečni presjek dvaju sandučastih konstrukcija mosta  
na autocesti odvojenih uzdužnom reškom

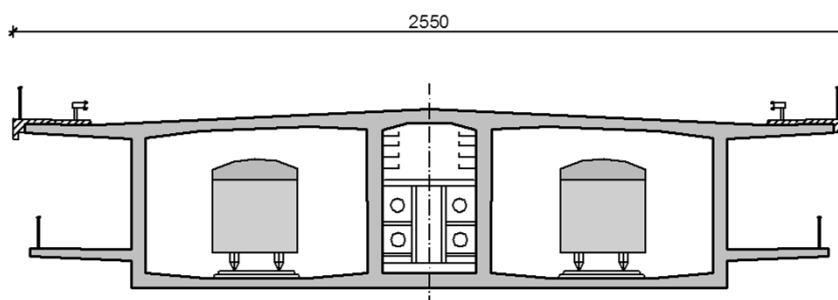


Građevinski fakultet u Zagrebu

Mostovi II

Prof.dr.sc. Jure Radić

Poprečni presjek sandučaste konstrukcije dvokatnog  
gradskog mosta



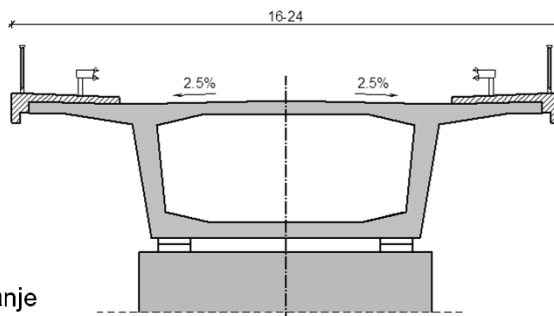
Građevinski fakultet u Zagrebu

Mostovi II

Prof.dr.sc. Jure Radić

## Tipičan poprečni presjek s nagnutim hrptovima

- estetski su prihvatljiviji od onih s vertikalnim (veliki L)
- njihova izvedba je složenija (vibriranje betona u kosom hrptu)
- nagnutost hrptova izaziva u gornjoj kolničkoj ploči dodatne vlačne sile u poprečnom smjeru
- $\text{tg } \alpha = 1/5 \text{ do } 1/4$ .

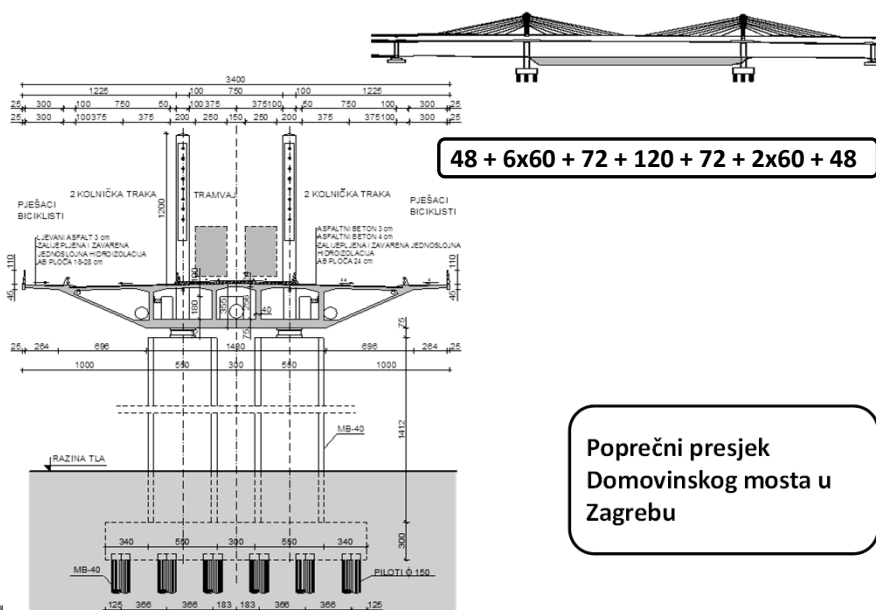


- otvori za prozračivanje
- otvori za odvodnju

Građevinski fakultet u Zagrebu

Mostovi II

Prof.dr.sc. Jure Radić

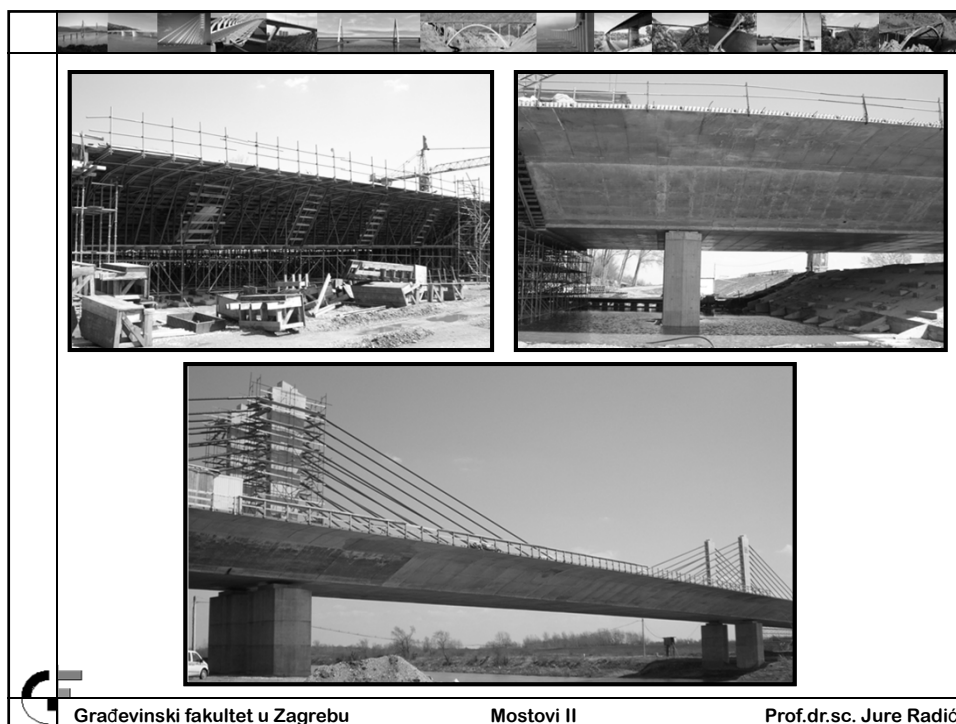


Poprečni presjek  
Domovinskog mosta u  
Zagrebu

Građevinski fakultet u Zagrebu

Mostovi II

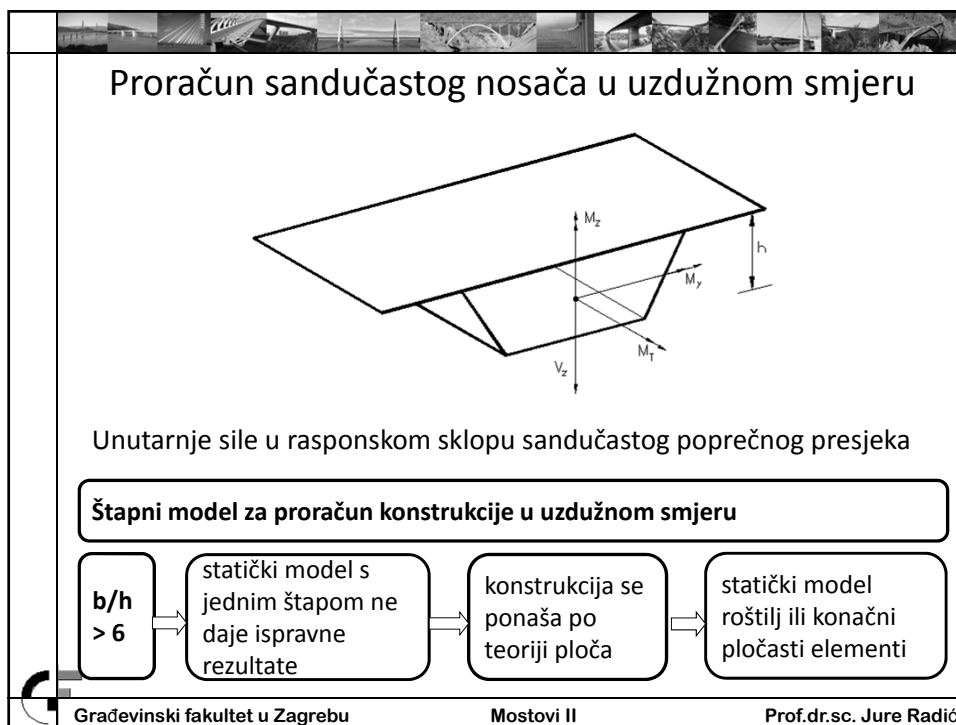
Prof.dr.sc. Jure Radić



Građevinski fakultet u Zagrebu

Mostovi II

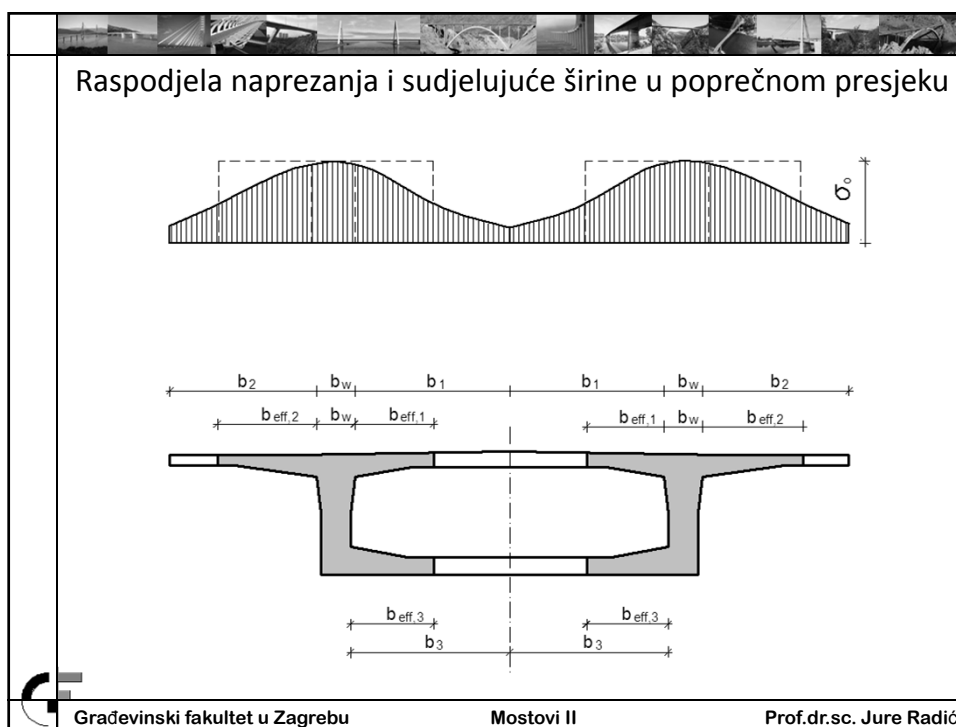
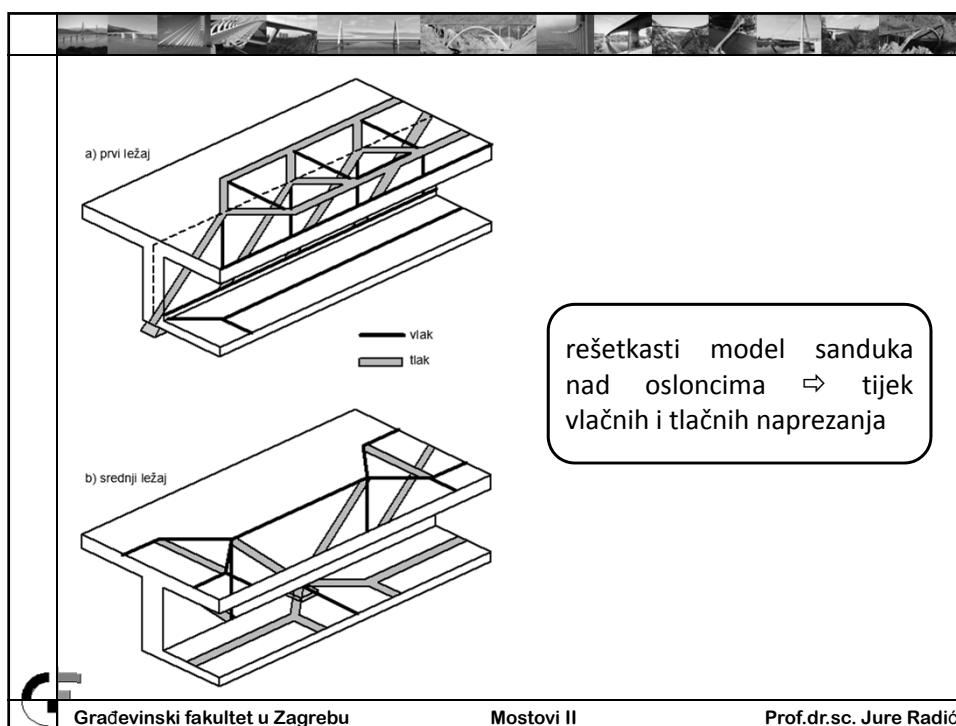
Prof.dr.sc. Jure Radić



Građevinski fakultet u Zagrebu

Mostovi II

Prof.dr.sc. Jure Radić



## Raspodjela naprezanja i sudjelujuće širine u poprečnom presjeku

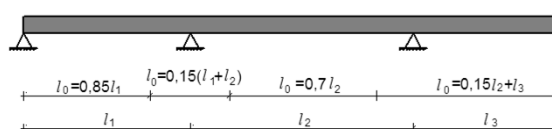
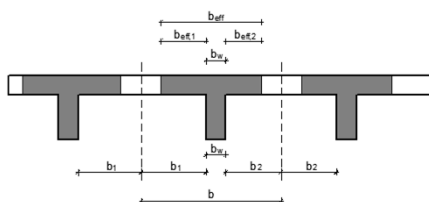
EN 1992-1-1:2004 iz pravila  
za proračunske širine  
pojasnica greda T ili L  
poprečnog presjeka

$$b_{eff,i} = \sum b_{eff,i} + b_w$$

$$b_{eff,i} = 0,2b_i + 0,1l_0 \leq 0,2l_0$$

$$b_{eff,i} \leq b_i$$

- $b_w$  širina hrpta,
- $b_i$  stvarna širina pojasnice,
- $l_0$  udaljenost nul-točaka momentnog dijagrama.

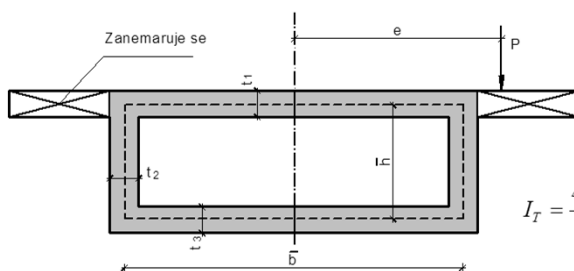


Građevinski fakultet u Zagrebu

Mostovi II

Prof.dr.sc. Jure Radić

## Torzijska krutost sandučastog poprečnog presjeka



$$I_T = \frac{4 \cdot \bar{A}^2}{\int \frac{ds}{t}} = \frac{4 \cdot (\bar{b} \cdot \bar{h})^2}{\sum_i \frac{s_i}{t_i}} = \frac{4 \cdot (\bar{b} \cdot \bar{h})^2}{\frac{\bar{b}}{t_1} + 2 \cdot \frac{\bar{h}}{t_2} + \frac{\bar{b}}{t_3}}$$

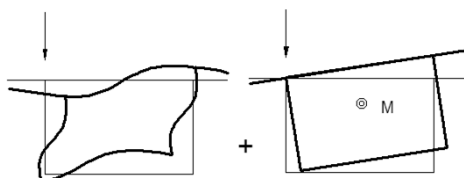
- Pretpostavka da poprečni presjek sanduka ostaje nepromjenljiv  $\Rightarrow$  uslijed djelovanja torzije ne mijenja bitno svoj oblik
- Kod mostova od prednapetog betona ova pretpostavka je ostvarena kad je sanduk na ležajima ukrućen poprečnim dijafragmama ili dovoljno krutim okvirom
- Kod kontinuiranih nosača obično je dovoljna krutost ostvarena podebljanjem rebara i donje ploče

Građevinski fakultet u Zagrebu

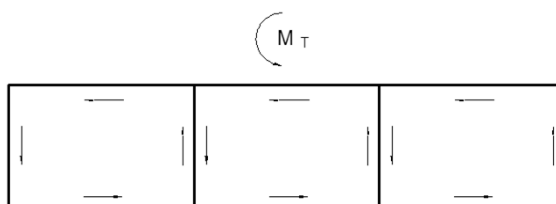
Mostovi II

Prof.dr.sc. Jure Radić

Kod tankostijenih poprečnih presjeka velikih sandučastih nosača  
 $\Rightarrow M_T \Rightarrow$  deformacije poprečnog presjeka  $\Rightarrow$  dodatni poprečni momenti  
 savijanja okvira sanduka  $\Rightarrow$  zbog malih vrijednosti zanemarivi



Posmična se naprezanja od torzije u unutrašnjim rebrima poništavaju  $\Rightarrow$   
 unutarnja rebra zanemarujemo pri proračunu IT.

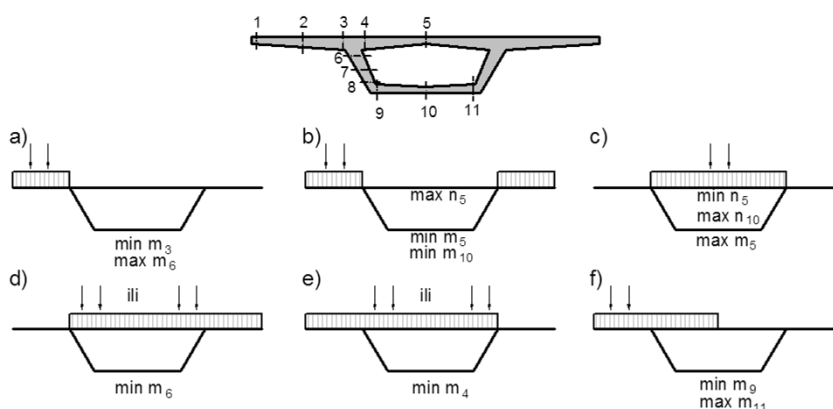


Građevinski fakultet u Zagrebu

Mostovi II

Prof.dr.sc. Jure Radić

### Proračun u poprečnom smjeru

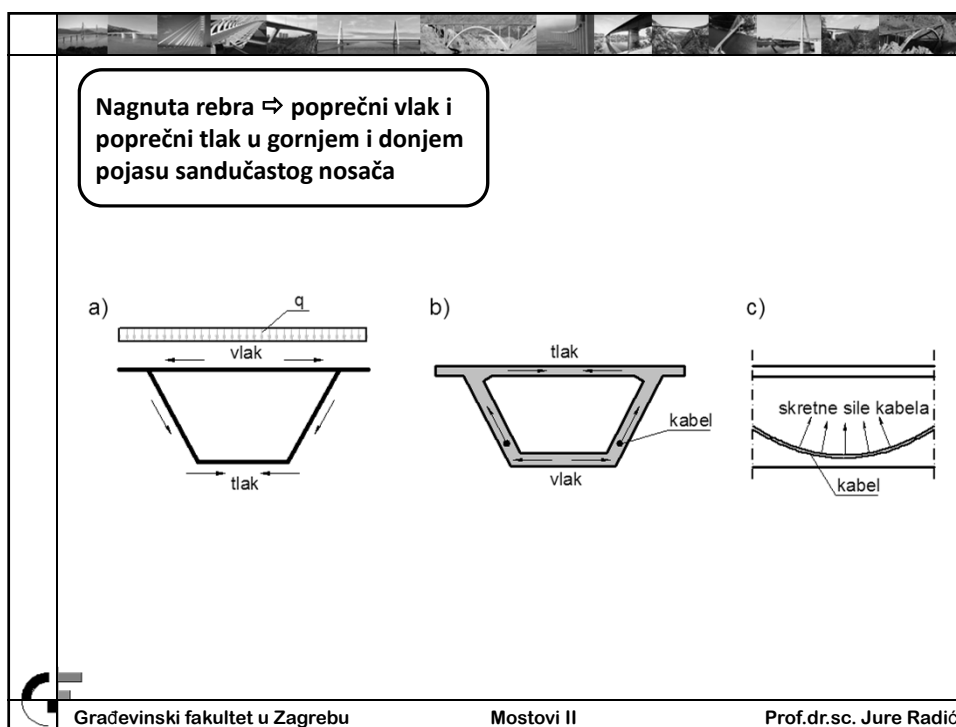
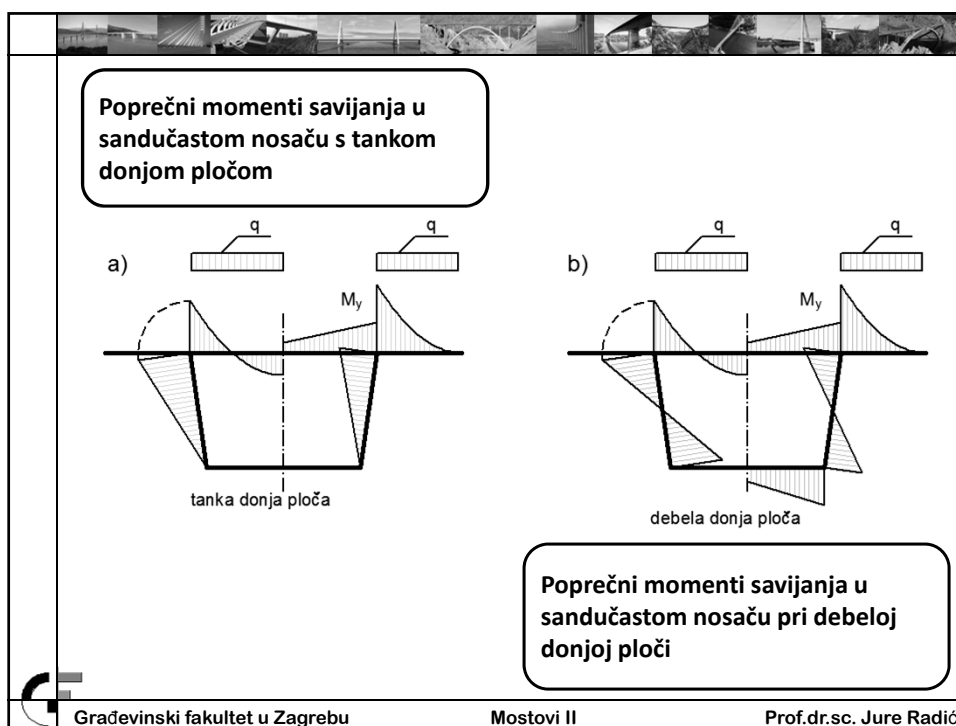


Položaji pokretnog opterećenja za proračun sanduka u poprečnom smjeru

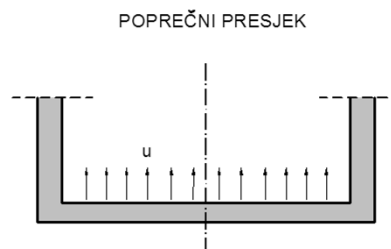
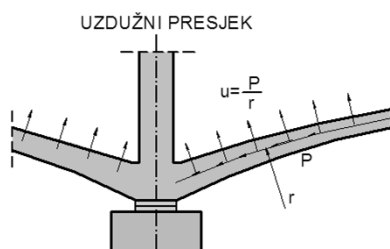
Građevinski fakultet u Zagrebu

Mostovi II

Prof.dr.sc. Jure Radić



Zaobljeni donji pojas  $\Rightarrow$  skretne sile usmjerene prema gore  $\Rightarrow$  poprečni momenti savijanja suprotnog smjera od onih izazvanih vlastitom težinom



## POSTUPCI IZVEDBE (MEĐUDJELOVANJE IZVEDBE I PRORAČUNA)

- slobodna konzolna gradnja
  - građenje betoniranjem odsječaka na licu mjesta
  - građenja predgotovljenim (montažnim) odsječcima (3 – 5 m)
- uzdužno potiskivanje
  - odsječci se betoniraju iza upornjaka
- izvedba na skeli
  - Izvedba na fiksnoj skeli, oslonjenoj o tlo,
  - izvedba na pomičnoj skeli, oslonjenoj na vrhove stupova (lansirna skela)
- izvedba montažom predgotovljenih odsječaka punog raspona ili velike duljine
  - pomagala velike nosivosti i duljine (navlačna rešetka).



- Most Koranske Mlinice na budućoj obilaznici Slunja, predviđeno je graditi kombinacijom dvaju postupaka
  - središnji sklop promjenjive visine preko tri polja izvest će se konzolnim postupkom, betoniranjem odsječaka na mjestu,
  - rubna polja (most je niže nad tlom) bit će izvedena na skeli.

Građevinski fakultet u Zagrebu

Mostovi II

Prof.dr.sc. Jure Radić

- Most Kamačnik ⇨, kombinacija konzolne izvedbe i građenja na skeli uz korištenje privremenih potpora (stupova)
- Dijelovi mosta i oprema za gradnju nisu smjeli ući u kanjon zbog uvjeta očuvanja okoliša, što je bitno odredilo raspored mosta, ali i način izvedbe konzolnim postupkom, bez pomoćnih oslonaca unutar kanjona

Građevinski fakultet u Zagrebu

Mostovi II

Prof.dr.sc. Jure Radić

• Most Kamačnik



Građevinski fakultet u Zagrebu

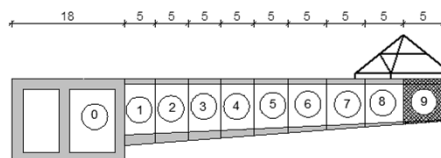
Mostovi II

Prof.dr.sc. Jure Radić

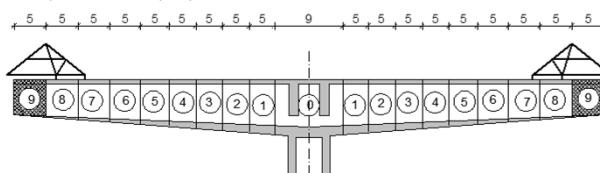
## KONZOLNA GRADNJA I PRIKLADAN PRORAČUN

- način izradbe rasponskoga sklopa mosta redanjem odsječaka
- prednapinjanjem se povezuje s prethodnim
- svaki od njih preuzima opterećenje od sljedećih, uz dodatno opterećenje od težine radne skele i oplata, koja se pri tome ne oslanja na tlo

a) konzolni postupak



b) balansno-konzolni postupak



Građevinski fakultet u Zagrebu

Mostovi II

Prof.dr.sc. Jure Radić

## KONZOLNA GRADNJA I PRIKLADAN PRORAČUN

### Osobito pogodno:

- kada su vodene prepreke duboke ili široke
- kada su vodeni tokovi brzi, s mogućnošću pojave visoke vode
- kada su stupovi osobito visoki, odnosno prepreka naročito duboka
- kada postoji potreba za slobodnim odvijanjem prometa pod mostom tijekom gradnje

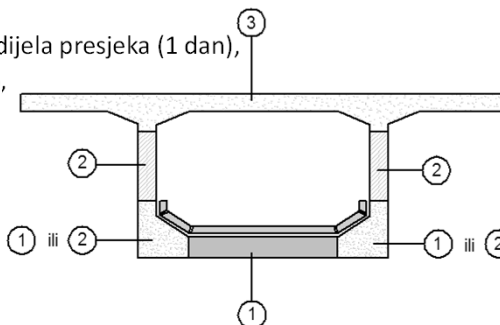
### S obzirom na mjesto betoniranja segmenata:

- postavljanje gotovih segmenata konstrukcije (montažna)
  - Dugi vijadukti, mali i srednji rasponi, tipski poprečni presjeci
- izvedba nosača betoniranjem na mjestu gradnje (monolitna)
  - Veliki mostovi, neuobičajeni presjeci, vanstandardni rasponi

## Monolitna konzolna izvedba

- Greda se izvodi i betonira na mjestu u pokretnoj radionici (krletki). Faze izvedbe jednog segmenta  $h > 3$  m:
  - pomicanje i geodetsko namještanje krletke i oplata (pola dana),
  - postavljanje armature donje ploče i hrptova, i zaštitnih cijevi kabela (1)
  - betoniranje donje ploče i pola visine hrpta (1 dan),
  - postavljanje preostale armature hrpta i gornje ploče te zaštitnih cijevi kabela (1 dan),
  - betoniranje preostalog dijela presjeka (1 dan),
  - njega betona (2-3 dana),
  - prednapinjanje kabela.

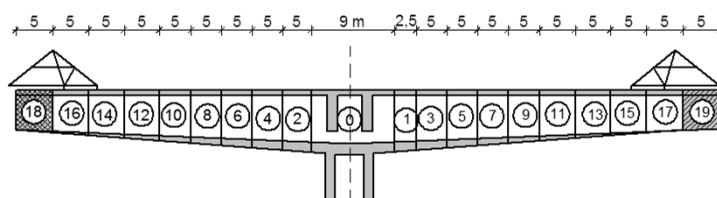
- $h < 3$  m – armiranje i betoniranje odjednom



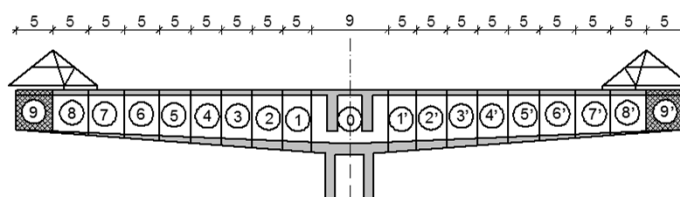
## Monolitna konzolna izvedba

- S obzirom na duljinu prvog segmenta

a) nesimetrična izvedba segmenata



b) simetrična izvedba segmenata

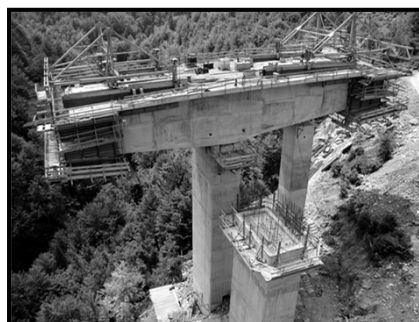


Građevinski fakultet u Zagrebu

Mostovi II

Prof.dr.sc. Jure Radić

## Monolitna konzolna izvedba



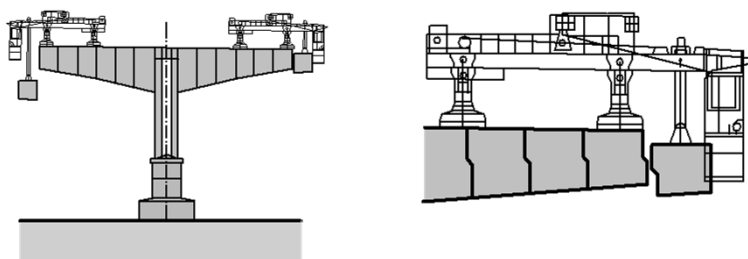
Građevinski fakultet u Zagrebu

Mostovi II

Prof.dr.sc. Jure Radić

## Montažna konzolna izvedba

- PREDNOSTI u odnosu na betoniranje na licu mjesta
  - Betoniranje se obavlja u radionici  $\Rightarrow$  moguća stroža kontrola kakvoće i bolja njega betona.
  - Odsječci su u trenutku opterećivanja već dosegli dovoljnu starost  $\Rightarrow$  smanjuju se dugotrajne deformacije na mostu
  - Moguće je montirati više odsječaka dnevno  $\Rightarrow$  ubrzati gradnju



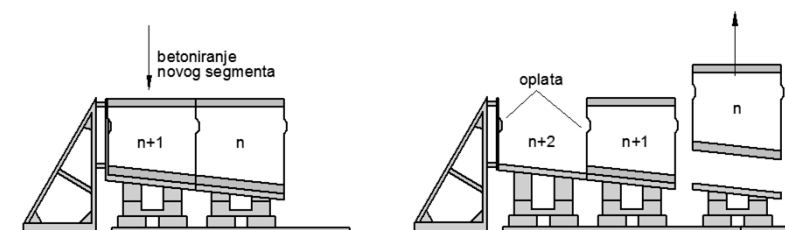
Građevinski fakultet u Zagrebu

Mostovi II

Prof.dr.sc. Jure Radić

## Montažna konzolna izvedba

- MANE u odnosu na betoniranje na licu mjesta
  - Radne reške  $\Rightarrow$  slaba mjesta u konstrukciji  $\Rightarrow$  potrebno je koristiti vrlo kvalitetno polimerno ljepilo i nazubljenja, odsječci moraju savršeno pristajati  $\Rightarrow$  to nije lako ostvariti jer je poprečni presjek promjenjive visine  $\Rightarrow$  kod mostova u zavoju dodatne komplikacije geometrije
  - nejednolika temperature po visini presjeka  $\Rightarrow$  mali broj velikih pukotina  $\Rightarrow$  smanjenje poprečnog presjeka tlačne zone
  - 20-30% više prednapetih kabela

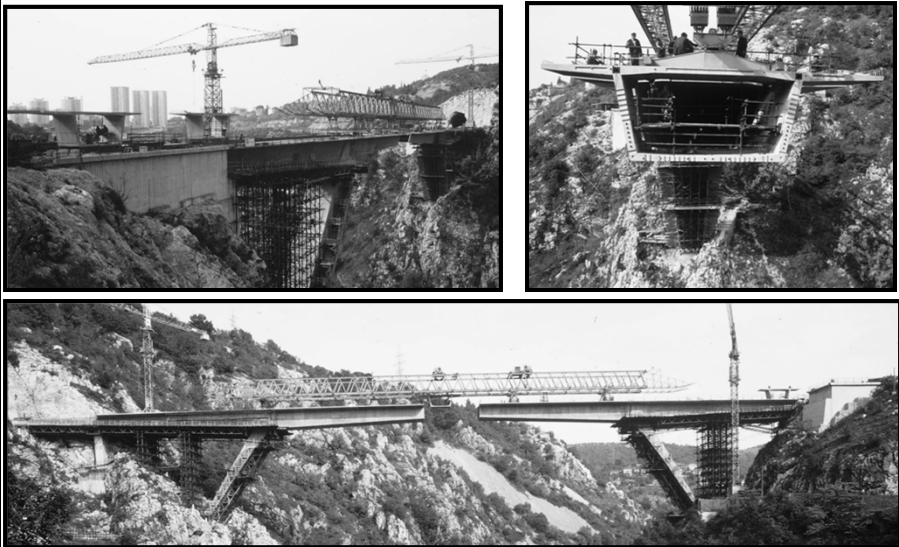


Građevinski fakultet u Zagrebu

Mostovi II

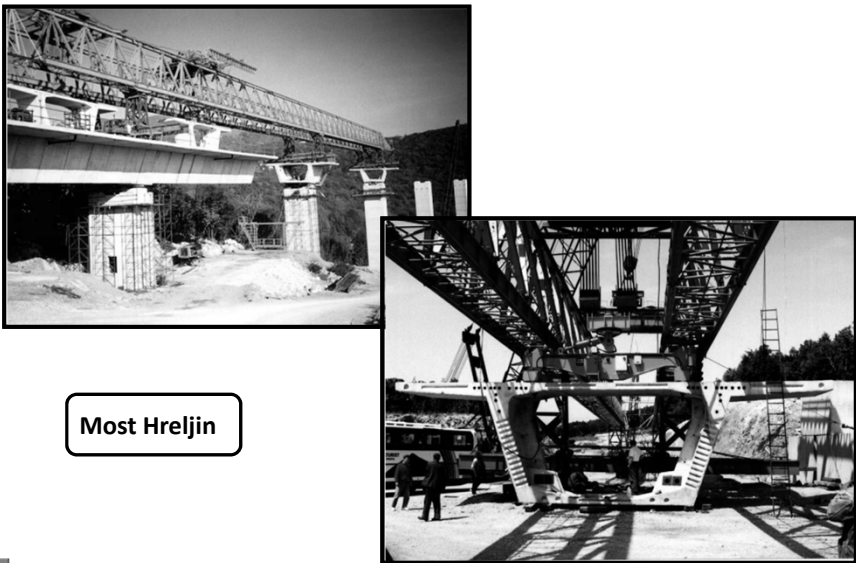
Prof.dr.sc. Jure Radić

Montažna konzolna izvedba



Građevinski fakultet u Zagrebu      Mostovi II      Prof.dr.sc. Jure Radić

Montažna konzolna izvedba

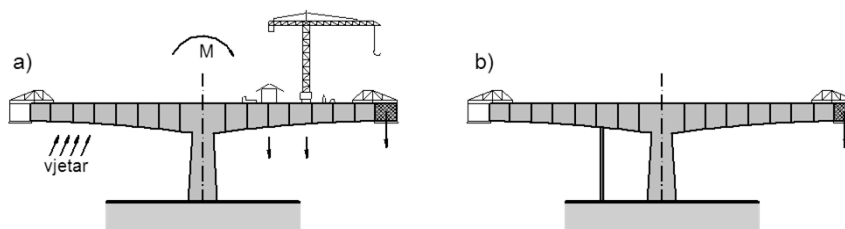


Most Hreljin

Građevinski fakultet u Zagrebu      Mostovi II      Prof.dr.sc. Jure Radić

## Osiguranje stabilnosti

- segmenti ne nastaju simetrično  $\Rightarrow \Delta M$
- ako stup ne može izdržati razliku momenta savijanja, potrebno je predvidjeti privremene oslonce
- prednosti imaju:
  - nesimetrična izvedba,  $\Delta M$  koji se predaje na stup je manji
  - korištenje sustava s dvostrukim zidovima



Građevinski fakultet u Zagrebu

Mostovi II

Prof.dr.sc. Jure Radić

## Proračun nadvišenja rasponskog sklopa

- niveleta se korigira i izvodi prema nadvišenim točkama koje imaju oblik neke krivulje
- pri proračunu nadvišenja potrebno je u dogovoru s izvođačem sastaviti plan svih radova na mostu

$$\bar{f}_{nad} = f_{uk} - f_{izv}$$

potrebno nadvišenje konstrukcije

suma svih pomaka

Od: vl.tež. odsječka, prednapinjanja, sk+puz, otpuštanja privr.oslonaca, slijeganja tla, od opt.krletkom, otpuštanja preša, skraćenja stupova

pomak od svih do tada izvedenih dijelova konstrukcije

$$f_{nad} = \bar{f}_{nad} + f_{kr'l,x}$$

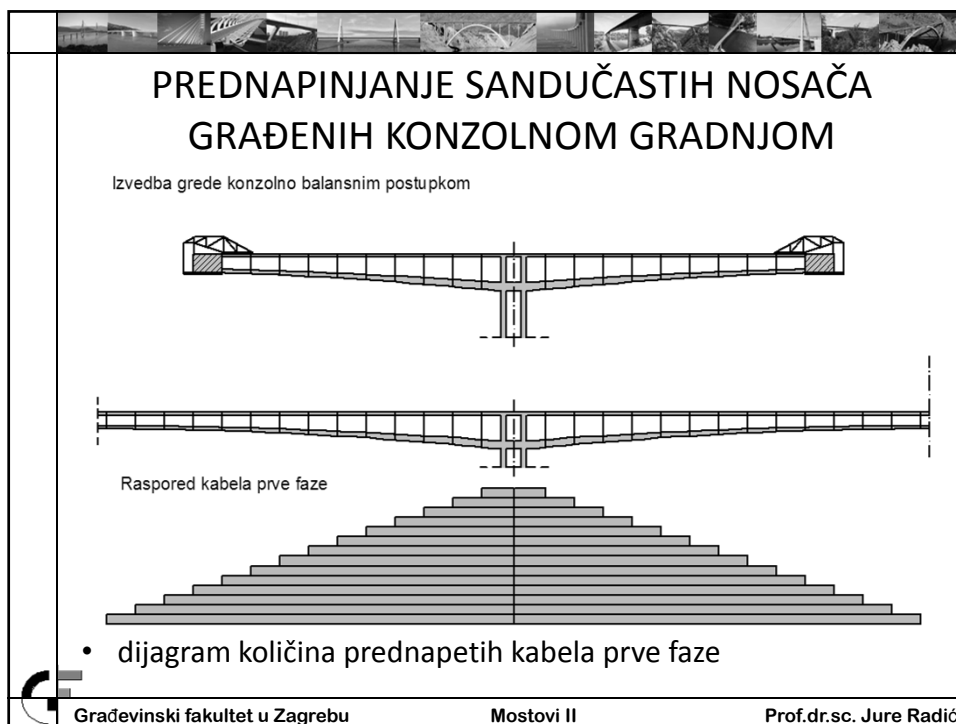
dobiveni pomak nadvišenja potrebno je povećati za vrijednost progiba krletke od svježeg betona tog segmenta

Konačno nadvišenje prilikom geodetskog namještanja oplata za izvedbu pojedinog segmenta grede

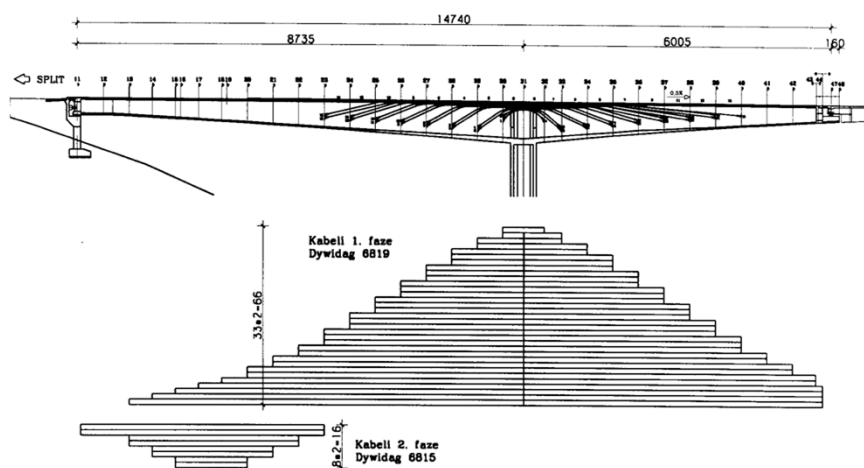
Građevinski fakultet u Zagrebu

Mostovi II

Prof.dr.sc. Jure Radić



## DUBROVAČKI MOST: raspored kabela 1. i 2. faze

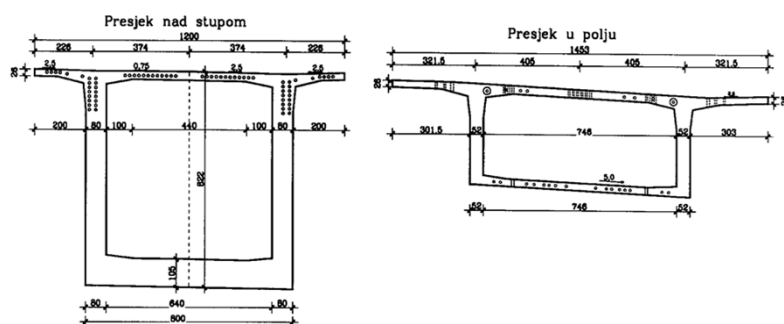


Građevinski fakultet u Zagrebu

Mostovi II

Prof.dr.sc. Jure Radić

## DUBROVAČKI MOST: raspored kabela 1. i 2. faze



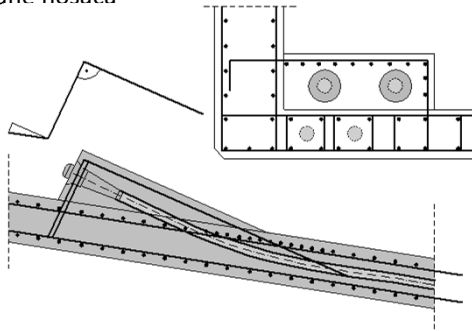
Građevinski fakultet u Zagrebu

Mostovi II

Prof.dr.sc. Jure Radić

## PREDNAPINJANJE SANDUČASTIH NOSAČA GRAĐENIH KONZOLNOM GRADNjom

- tijekom izvedbe najprije se ugrađuju samo zaštitne cijevi, u koje se postupno uvlače jedino oni kabeli koji se prednapinju na kraju tog segmenta
- kabeli koji se prednapinju naknadno, kad je most već završen, uvlače se u prethodno ugrađene zaštitne cijevi i sidre u istakama ploče ili rebra s unutarnje strane nosača



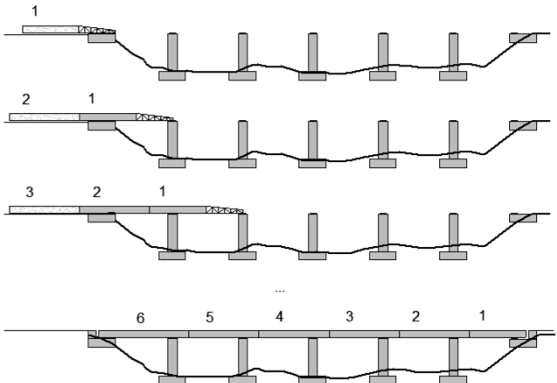
Građevinski fakultet u Zagrebu      Mostovi II      Prof.dr.sc. Jure Radić

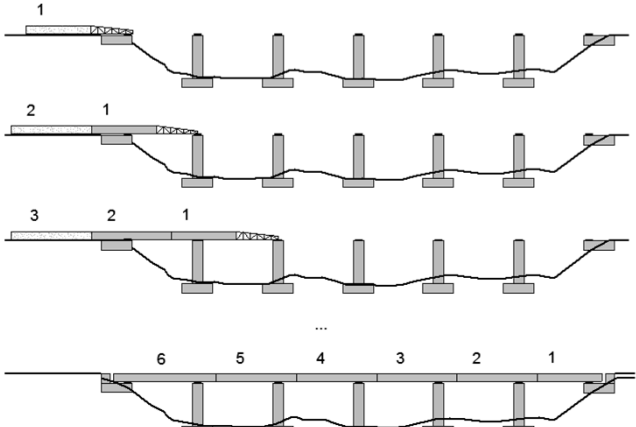
## PREDNAPINJANJE SANDUČASTIH NOSAČA GRAĐENIH KONZOLNOM GRADNjom

- vanjsko prednapinjanje (2. faza, nakon spajanja konzola, preuzimaju pozitivne momente savijanja od  $\Delta g$  i  $p$ ).
- glavne prednosti:
  - gubitci sile zbog trenja znatno su manji u odnosu na klasično prednapinjanje,
  - betoniranje je znatno olakšano jer nema zaštitnih cijevi unutar presjeka
  - injektiranje kabela je olakšano i lakše se kontrolira
  - moгуćnost lakše sanacije ovakvih mostova.
- Glavna mana
  - bitno veći utrošak kabela



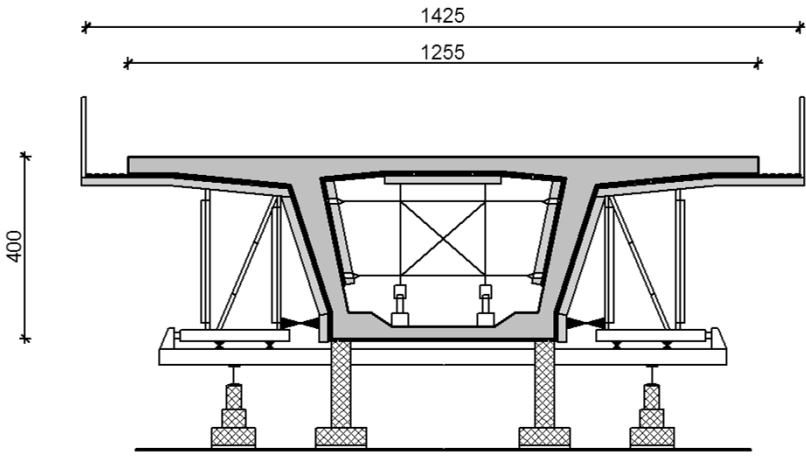
Građevinski fakultet u Zagrebu      Mostovi II      Prof.dr.sc. Jure Radić

|                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|-------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| UZDUŽNO POTISKIVANJE I PRIKLADAN PRORAČUN |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|                                           | <p style="text-align: center;"><b>UZDUŽNO POTISKIVANJE I PRIKLADAN PRORAČUN</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>na uređenom prostoru iza upornjaka, na pripremljenome platou i u jedinstvenoj oplati, betoniraju se odsječki grede (<math>L/6</math> do <math>L/2</math>)</li> <li>potiskuju se prešama za svoju duljinu</li> <li>postupak se ponavlja dok krajnji poprečni nosač prvog odsječka ne nalegne na ležaje drugog upornjaka</li> </ul> <div style="text-align: center;">  </div> |
|                                           | <p>Građevinski fakultet u Zagrebu      Mostovi II      Prof.dr.sc. Jure Radić</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |

|                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|-------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| UZDUŽNO POTISKIVANJE I PRIKLADAN PRORAČUN |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|                                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>pogodan za raspone do 50 (najviše 60 m) i duljine veće od 150 m</li> <li>primjenjivo kod mostova u pravcu ili kod mostova gdje je rasponski sklop u prostornoj krivulji konstantnog radijusa</li> <li>u smislu projektiranja i razrade detalja bolje je odabrati srednje rasponne jednakih ili skoro jednakih duljina i krajnje rasponne do 0,75 duljine standardnog raspona</li> </ul> <div style="text-align: center;">  </div> |
|                                           | <p>Građevinski fakultet u Zagrebu      Mostovi II      Prof.dr.sc. Jure Radić</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |

**UZDUŽNO POTISKIVANJE I PRIKLADAN PRORAČUN**

- vitkost  $L/h \leq 17$ , uobičajeno  $L/h = 12$  (dulji rasponi) – 15 (kraći rasponi)
- oplata sandučastoga poprečnog presjeka namijenjenog za potiskivanje



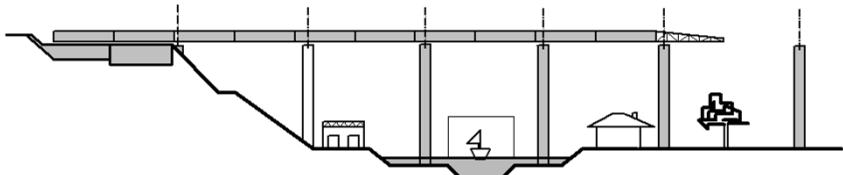
Građevinski fakultet u Zagrebu      Mostovi II      Prof.dr.sc. Jure Radić

**UZDUŽNO POTISKIVANJE I PRIKLADAN PRORAČUN**

- bez skele, nemamo problema s preprekama ispod mosta
- Pogon za izvedbu odsječaka
  - oplata, betonara, kran, skladišta, oprema za potiskivanje

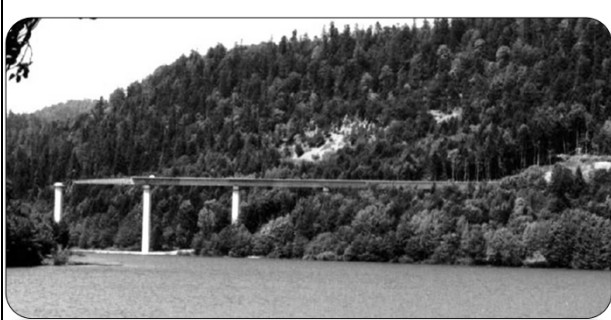
uvijek je na istome mjestu  $\Rightarrow$  precizna izvedba, snižava troškove proizvodnje i transporta.

- Radni ciklus se prilagođuje proizvodnji jednog segmenta na tjedan
  - radne reške u nul-točke M
  - uobičajena duljina jednog odsječka  $L/2$  (15 – 25 m)
  - ovisno o veličini poprečnog presjeka i duljini raspona  $\downarrow$  1/3 ili 1/4 raspona
  - na mostu nema dilatacija jer je svaki sljedeći odsječak sljubljen na prethodni.

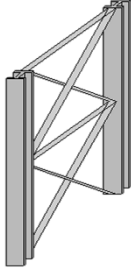
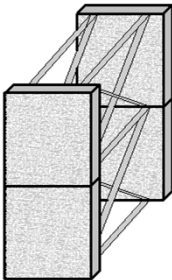
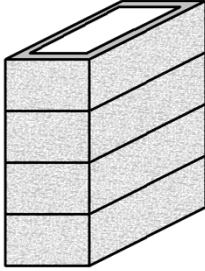


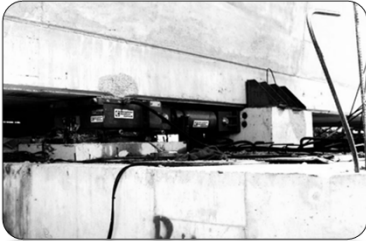
Građevinski fakultet u Zagrebu      Mostovi II      Prof.dr.sc. Jure Radić



|                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| UZDUŽNO POTISKIVANJE I PRIKLADAN PRORAČUN<br> |                                                                                                                                                                                                                                      |
|                                                                                                                                | <div data-bbox="363 320 976 638">  </div> <div data-bbox="446 761 654 828"> <p>Vijadukt Bajer</p> </div> <div data-bbox="794 649 1278 918">  </div> |
|                                                                                                                                | Građevinski fakultet u Zagrebu      Mostovi II      Prof.dr.sc. Jure Radić                                                                                                                                                                                                                                             |

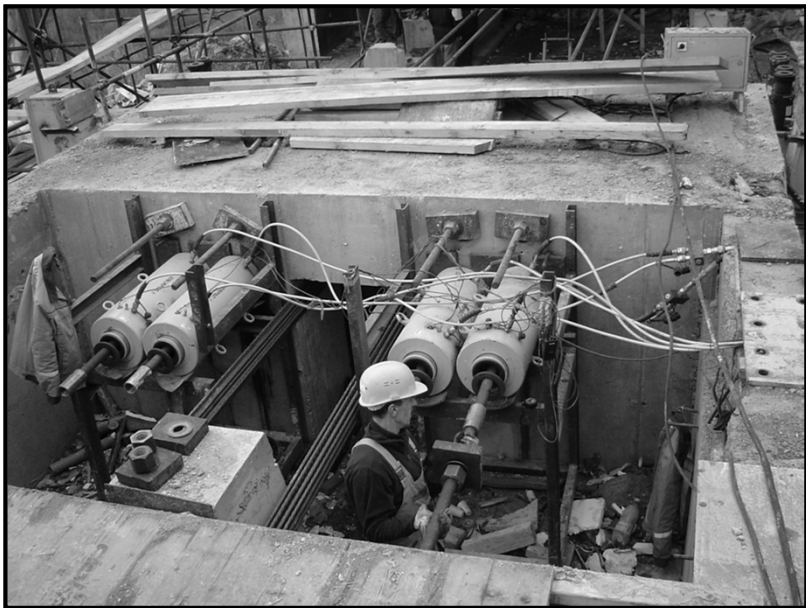
|                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| UZDUŽNO POTISKIVANJE I PRIKLADAN PRORAČUN<br> |                                                                                                                                                                                                                                        |
|                                                                                                                                  | <div data-bbox="363 1294 837 1653">  </div> <div data-bbox="446 1736 582 1803"> <p>Most Kuk</p> </div> <div data-bbox="730 1534 1248 1921">  </div> |
|                                                                                                                                  | Građevinski fakultet u Zagrebu      Mostovi II      Prof.dr.sc. Jure Radić                                                                                                                                                                                                                                                 |

|                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|-------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| UZDUŽNO POTISKIVANJE I PRIKLADAN PRORAČUN |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|                                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>L &gt; 50</math> m, velike vitkosti <math>L/h \Rightarrow</math> izvedba privremenih stupova <math>\Rightarrow</math> smanjenje centričnog prednapinjanja <math>\Rightarrow</math> ublažavanje inače potrebnog značajnog povećanja ugrađenog materijala kod velikih raspona</li> <li>• Oblikovanje:             <ul style="list-style-type: none"> <li>– ovisi o visini (<math>H &gt; 40</math> m <math>\Rightarrow</math> racionalni samo u iznimnim slučajevima, praktično ih treba izvesti od predgotovljenih elemenata)</li> <li>– da li se predviđaju za ponovnu upotrebu (čelik, ali osjetljiv na temp.promjene) ili se uništavaju pri uklanjanju (AB), moguće kombinacije (spregnuti stupovi - čelične cijevi ispunjene betonom CFST)</li> </ul> </li> </ul> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">    </div> |
|                                           | <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <span>Građevinski fakultet u Zagrebu</span> <span>Mostovi II</span> <span>Prof.dr.sc. Jure Radić</span> </div>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |

|                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|-------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| UZDUŽNO POTISKIVANJE I PRIKLADAN PRORAČUN |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|                                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• uređaj za potiskivanje s hidrauličkim prešama za potiskivanje i podizanje smješten je pri upornjaku</li> <li>• preše sidrimo i opiremo o upornjak ili temelje</li> <li>• brzina samog pomaka prema naprijed je od 3 do 6 m/h, ovisno o tipu preše i pumpi</li> </ul> <div style="display: flex; justify-content: space-around;">  </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 20px;">   </div> |
|                                           | <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <span>Građevinski fakultet u Zagrebu</span> <span>Mostovi II</span> <span>Prof.dr.sc. Jure Radić</span> </div>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |

|                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|--------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>UZDUŽNO POTISKIVANJE I PRIKLADAN PRORAČUN</b> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|                                                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• najčešći i najbrži postupak - potiskivanje trenjem, dva sustava preša:             <ul style="list-style-type: none"> <li>– horizontalne koje potiskuju konstrukciju (potisne preše) i</li> <li>– vertikalne koje trenjem prenose silu potiskivanja u rasponski sklop (podizne preše)</li> </ul> </li> </ul> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. podiznom prešom greda se podigne s kočnog bloka</li> <li>2. potisne preše (hod 250 mm) guraju podizne preše po kliznoj plohi s malim koeficijentom trenja</li> <li>3. na glavu podizne preše prema rasponskom sklopu pričvršćene su naborane čelične ploče koje osiguravaju koeficijent trenja od otprilike 0,75 između ploče i betona <math>\Rightarrow</math> rasponski sklop se pomiče naprijed.</li> <li>4. odpuštanjem podiznih preša rasponski sklop se spušta na kočni blok i potisne preše vraćaju sustav u početni položaj</li> </ol> <div data-bbox="798 481 1244 952"> </div> |
|                                                  | Građevinski fakultet u Zagrebu      Mostovi II      Prof.dr.sc. Jure Radić                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |

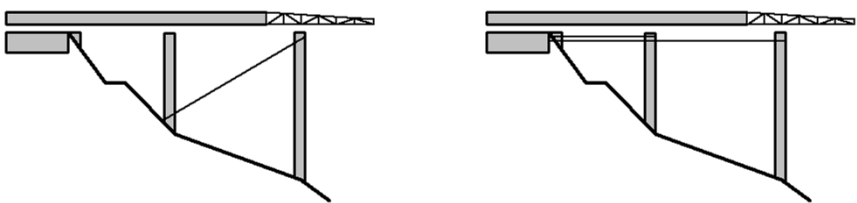
|                                                  |                                                                            |
|--------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|
| <b>UZDUŽNO POTISKIVANJE I PRIKLADAN PRORAČUN</b> |                                                                            |
|                                                  | <div data-bbox="375 1400 1268 1803"> </div>                                |
|                                                  | Građevinski fakultet u Zagrebu      Mostovi II      Prof.dr.sc. Jure Radić |

|                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|-------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| UZDUŽNO POTISKIVANJE I PRIKLADAN PRORAČUN |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|                                           | <div data-bbox="411 331 1220 936" data-label="Image">  </div> <div data-bbox="375 958 660 985" data-label="Text">         Građevinski fakultet u Zagrebu       </div> <div data-bbox="791 958 890 985" data-label="Text">         Mostovi II       </div> <div data-bbox="1062 958 1272 985" data-label="Text">         Prof.dr.sc. Jure Radić       </div> |

|                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|-------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| UZDUŽNO POTISKIVANJE I PRIKLADAN PRORAČUN |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|                                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• privremeni klizni ležaji ili klizne površine na konačnim ležajima i poprečne vodilice – klizna površina je teflonska</li> <li>• betonski blok pomoćnog ležaja obično je izveden iz betona visoke čvrstoće i prednapete krom-čelik-ploče</li> <li>• gornja površina betonskog bloka mora biti takvog oblika da se klizne ploče mogu umetnuti bez teškoća</li> </ul> <div data-bbox="402 1503 903 1899" data-label="Image">  </div> <div data-bbox="925 1503 1238 1899" data-label="Image">  </div> <div data-bbox="375 1933 660 1960" data-label="Text">         Građevinski fakultet u Zagrebu       </div> <div data-bbox="791 1933 890 1960" data-label="Text">         Mostovi II       </div> <div data-bbox="1062 1933 1272 1960" data-label="Text">         Prof.dr.sc. Jure Radić       </div> |

## Stabilnost stupova

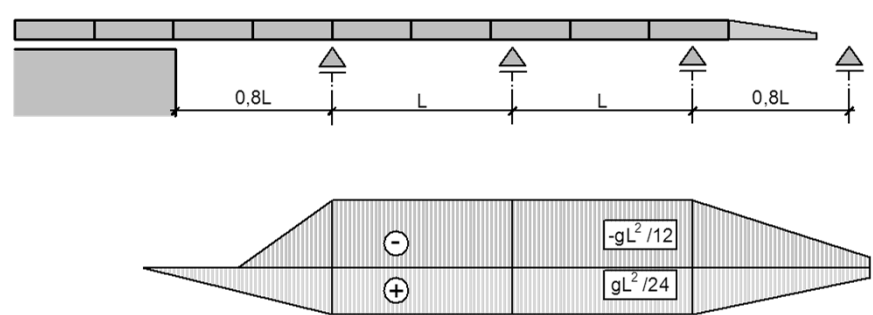
- stupovi mosta opterećeni su horizontalnom silom od trenja u razini ležaja u smjeru potiskivanja  $\Rightarrow$  stabilnost stupova mora biti osigurana odgovarajućim oblikovanjem ili privremenim pridržanjem:
  - kosim zategama (sidre se u temelj prethodnog stupa ili direktno u tlo geotehničkim sidrima), gdje su rasponi i duljina mosta mali
  - horizontalnim sidrenjem u upornjak (omogućava smanjenje sila od potiskivanja na upornjak), svaki vrh stupa mora se posebno pridržati, inače bi deformacije stupova bile kumulativne i postale bi prevelike



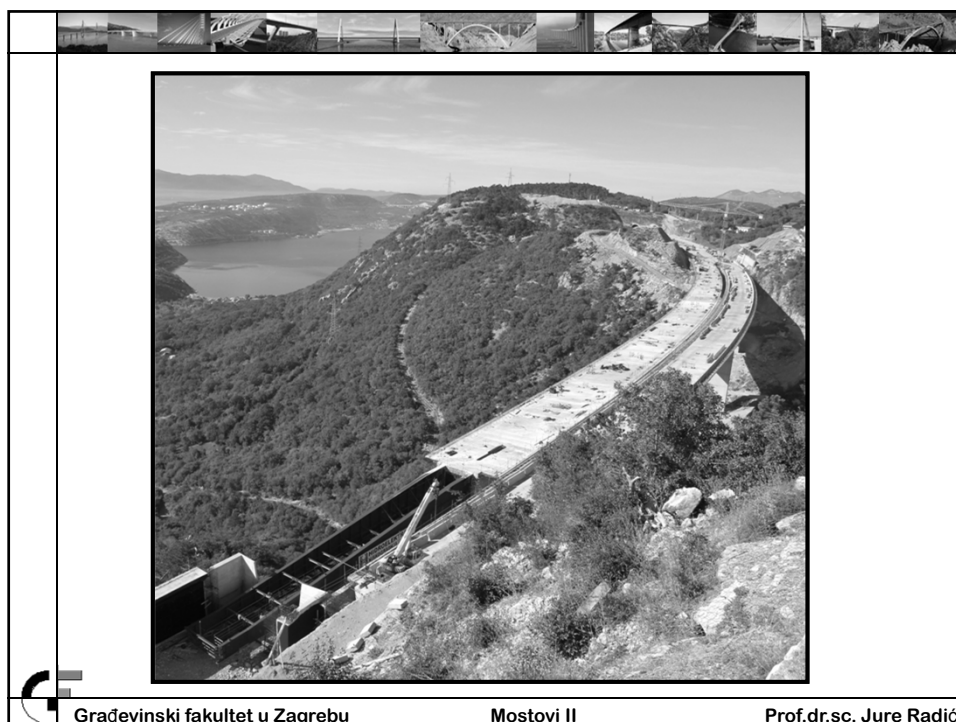
Građevinski fakultet u Zagrebu      Mostovi II      Prof.dr.sc. Jure Radić

## Proračun u uzdužnom smjeru

- približna anvelopa momenata od vlastite težine
- vlačna naprezanja se naizmjenice javljaju na gornjem i donjem rubu konstrukcije  $\Rightarrow$  za vrijeme izvedbe gredu je potrebno centrično prednapeti



Građevinski fakultet u Zagrebu      Mostovi II      Prof.dr.sc. Jure Radić



Građevinski fakultet u Zagrebu

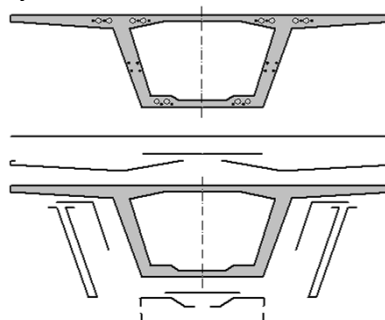
Mostovi II

Prof.dr.sc. Jure Radić

## PREDNAPINJANJE SANDUČASTIH NOSAČA GRAĐENIH UZDUŽNIM POTISKIVANJEM

- 1. faza – TIJEKOM IZGRADNJE – CENTRIČNO PREDNAPINJANJE
  - kabelima položenim u gornjoj i donjoj ploči sanduka
  - preuzimaju se istodobno negativni i pozitivni momenti savijanja
  - nastavljane na radnim reškama  $\Rightarrow$  tanje donje ploče potrebno je podebljati na mjestima nastavljanja.

Moguće je i vanjsko  
centr. prednapinjanje  
pomoću istaka (kod  
velikih  $L$  ili  $L/h$ ),  
uklanjanje za konačno  
stanje



Građevinski fakultet u Zagrebu

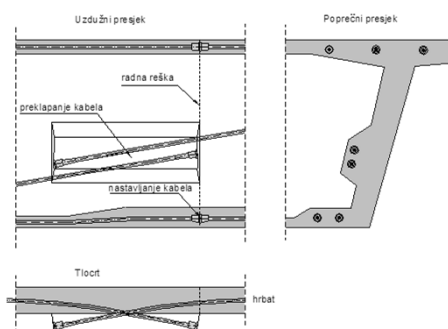
Mostovi II

Prof.dr.sc. Jure Radić

## PREDNAPINJANJE SANDUČASTIH NOSAČA GRAĐENIH UZDUŽNIM POTISKIVANJEM

### • 2. faza – KONAČNO STANJE – KONTINUITETNO PREDNAPINJANJE

- u ugrađene zaštitne cijevi u hrptovima sanduka
- nakon što je konstrukcija potisnuta u konačni položaj
- uvlače se, mogu se protezati kroz više polja (3-4) i prednapinju
- na mjestima preklapanja nastavljaju se na mjestima hrptova



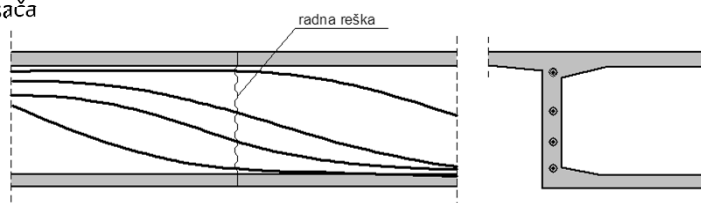
Građevinski fakultet u Zagrebu

Mostovi II

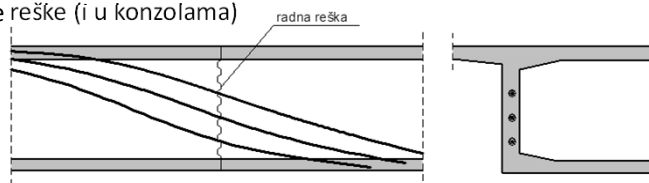
Prof.dr.sc. Jure Radić

## PREDNAPINJANJE SANDUČASTIH NOSAČA GRAĐENIH UZDUŽNIM POTISKIVANJEM

- raspodjela kabela preko čitave visine rebra uobičajenog sandučastog nosača



- kod izvedbe potiskivanjem kabele leže u pojasnim pločama i rebrima, tako da je samo u manjim područjima potrebna dodatna armatura spojne reške (i u konzolama)

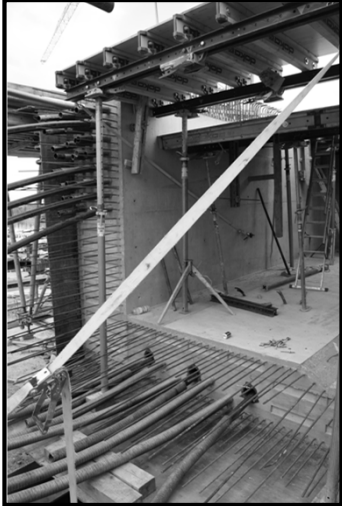


Građevinski fakultet u Zagrebu

Mostovi II

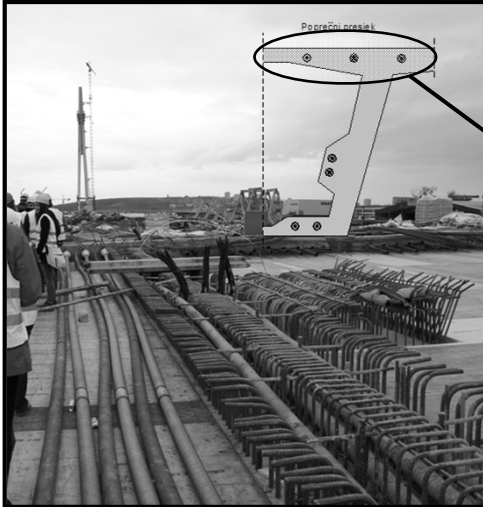
Prof.dr.sc. Jure Radić

**PREDNAPINJANJE SANDUČASTIH NOSAČA  
GRAĐENIH UZDUŽNIM POTISKIVANJEM**




Građevinski fakultet u Zagrebu      Mostovi II      Prof.dr.sc. Jure Radić

**PREDNAPINJANJE SANDUČASTIH NOSAČA  
GRAĐENIH UZDUŽNIM POTISKIVANJEM**




Građevinski fakultet u Zagrebu      Mostovi II      Prof.dr.sc. Jure Radić

## ARMIRANJE I PREDNAPINJANJE KOLNIČKE PLOČE

pravila za rebrasti presjek

- vlačna područja: razmaci  $\leq 15$  cm
- širina pukotina  $\leq 0,2$  mm
- tlačna područja: razmaci  $\leq 30$  cm (20 cm)
- $b > 10$  m – poprečno prednapinjanje (za  $g+0,3q$  nema vlaka)



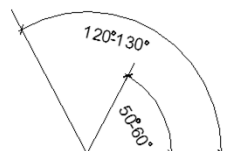
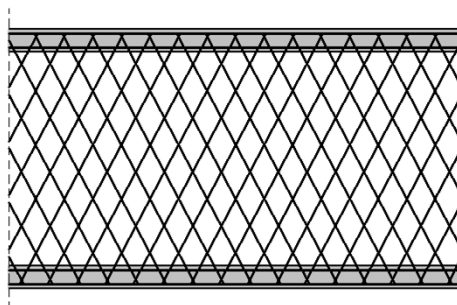
Građevinski fakultet u Zagrebu

Mostovi II

Prof.dr.sc. Jure Radić

## ARMIRANJE I PREDNAPINJANJE DONJE PLOČE

- pravila
  - armatura donje ploče mora se preklapati s vilicama rebara u obliku petlje
  - u područjima s velikim uzdužnim tlačnim naprezanjima gornji i donji red armature treba povezati s oko 9 vilica/m<sup>2</sup>
  - pri velikim torzijskim
  - naprezanjima – kosa armatura



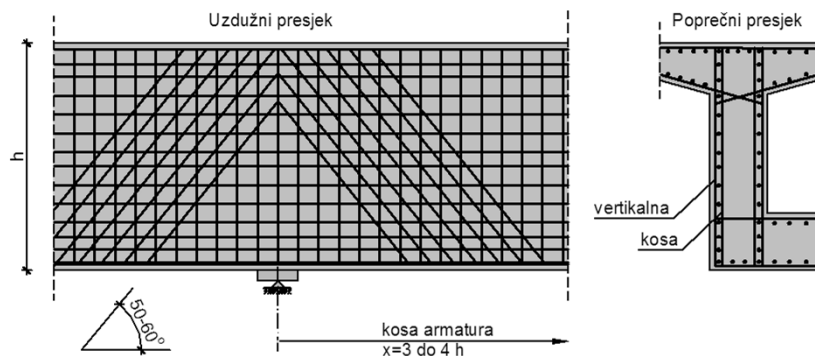
Građevinski fakultet u Zagrebu

Mostovi II

Prof.dr.sc. Jure Radić

## ARMIRANJE I PREDNAPINJANJE HRPTOVA

- za velika posmična naprezanja blizu oslonaca  $\Rightarrow$  kose vilice u kombinaciji s uspravnim vilicama i uzdužnom armaturom
- profili vilica do 16 mm ( $h < 3,0$  m), 20 mm ( $h < 5,0$  m)  $\Rightarrow$  s gornje strane vrlo često nisu na raspolaganju dovoljne duljine sidrenja
- gornja uzdužna – sudjelujuća širina, donja uzdužna –  $0,2 h$ ,  $\Phi \leq 28$  mm



Građevinski fakultet u Zagrebu

Mostovi II

Prof.dr.sc. Jure Radić

## ARMIRANJE I PREDNAPINJANJE HRPTOVA



Građevinski fakultet u Zagrebu

Mostovi II

Prof.dr.sc. Jure Radić

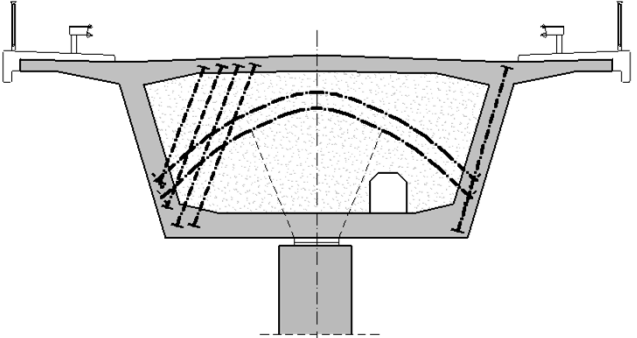
## POPREČNA UKRUĆENJA

- poprečni nosači, dijafragme ili poprečni okviri izvode se u pravilu samo na ležajima da:
  - spriječe uvijanje poprečnog presjeka i
  - predaju momente torzije i poprečne sile na ležaje
- oslanjanje
  - direktno – debljina 30-50 cm
  - indirektno – debljina 50-80cm
- debeli elementi:
  - donja ploča (širina/debljina  $< 10$ )  $\Rightarrow$  dovoljno uz hrptove izvesti dva rebra
  - hrptovi (visina/debljina  $< 7$ ) i donja ploče,  $\Rightarrow$  poprečni nosač može se potpuno izostaviti (krutost sanduka dovoljna)


 Građevinski fakultet u Zagrebu      Mostovi II      Prof.dr.sc. Jure Radić

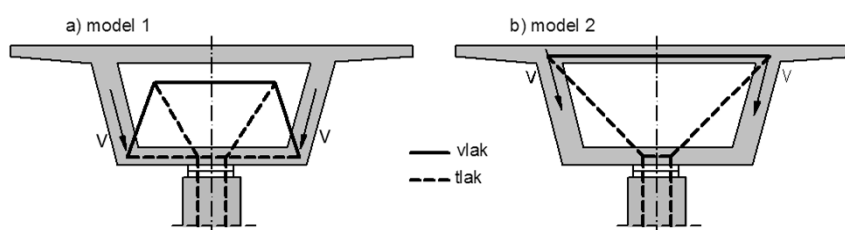
## POPREČNA UKRUĆENJA

- kod indirektnog oslanjanja jedan se dio prijenosa sila preuzima kabelima u poprečnom nosaču  $\Rightarrow$  sidre se s vanjske strane hrptova nosača u blizini donjeg pojasa
- kako je prostor za sidrenje i smještaj kabela ograničen i uglavnom nedovoljan za potpuno prednapinjanje, može se 40% do 60% ležajne reakcije preuzeti armaturom obješenom o gornji pojas poprečnog nosača




 Građevinski fakultet u Zagrebu      Mostovi II      Prof.dr.sc. Jure Radić

## Rešetkasti modeli za lokalne statičke proračune

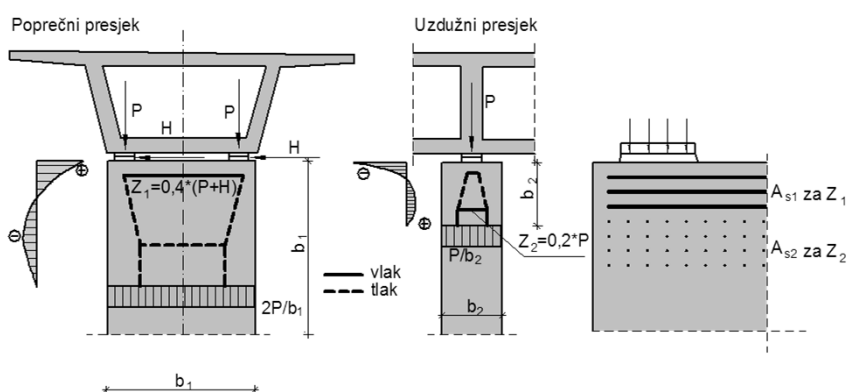


Građevinski fakultet u Zagrebu

Mostovi II

Prof.dr.sc. Jure Radić

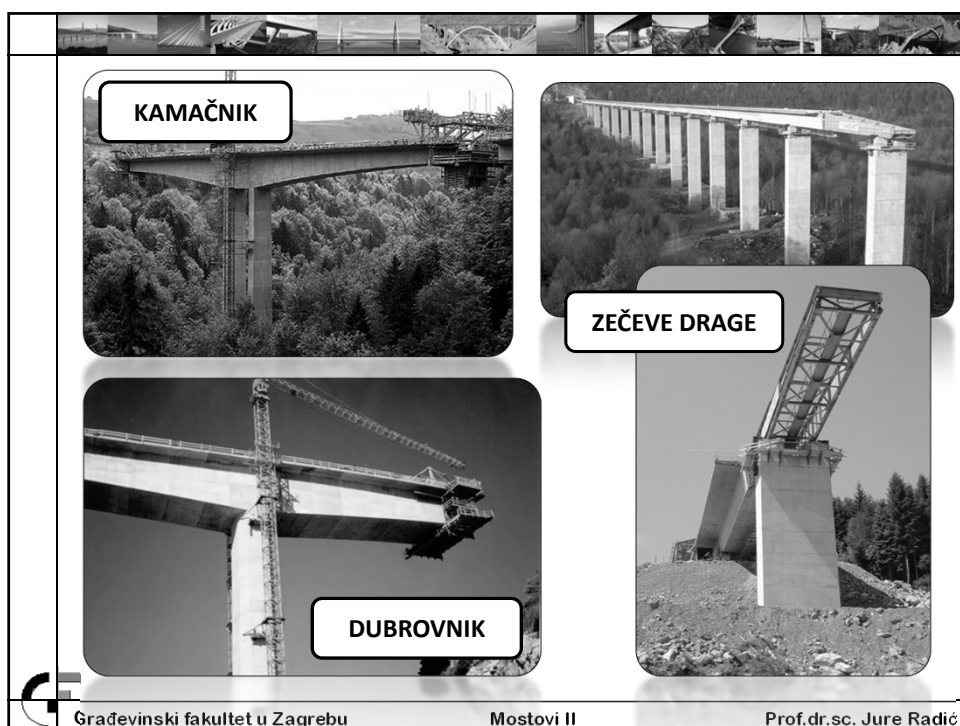
## Velike reakcije na oslonce – prihvaćanje sila cijepanja



Građevinski fakultet u Zagrebu

Mostovi II

Prof.dr.sc. Jure Radić



Građevinski fakultet u Zagrebu

Mostovi II

Prof.dr.sc. Jure Radić