

**GRAĐEVINSKI FAKULTET
ZAVOD ZA KONSTRUKCIJE
KATEDRA ZA MOSTOVE**

REŠETKASTI GLAVNI NOSAČI



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



OPĆENITO

- razvili se iz punostijernih nosača u drugoj polovici 19. st.
- hrbat zamijenjen križnim nizovima štapova od plosnog čelika
- manji utrošak materijala od punostijernih ali danas to sve više gubi značaj zbog porasta cijene rešetkastih nosača uslijed porasta cijene radne snage za izvedbu
- nezamjenjivi za željezničke gredne mostove većih raspona
- pri rasponima 40 – 60 m konkuriraju punostijernim nosačima
- često se koriste kao grede za ukrućenje zbog povoljnih aerodinamičkih svojstava
- još u 19.st. građeni slobodnom konzolnom gradnjom
- opterećenje se u pravilu unosi u čvorove iako danas postoje i rešetke sa savijanim pojasevima

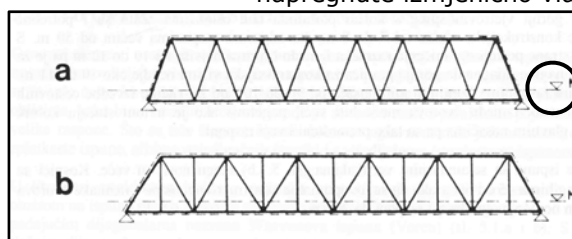


Građevinski fakultet u Zagrebu Mostovi II Prof.dr.sc. Jure Radić

TIPOVI REŠETKASTIH GLAVNIH NOSAČA

OSNOVNI ELEMENTI – ŠTAPOVI POJASA I ŠTAPOVI ISPUNE

- manji rasponi – paralelni pojasevi, veći rasponi – promjena konstruktivne
- visine duž raspona
- štapovi ispune
 - jednostruke i dvostruke rešetkaste ispune
 - višedijelna (mrežasta) ispuna
- Warren rešetka
 - najpogodnija za nosače mostova
 - uslijed pokretnog opterećenja dijagonale su napregnute izmjenično vlačno i tlačno



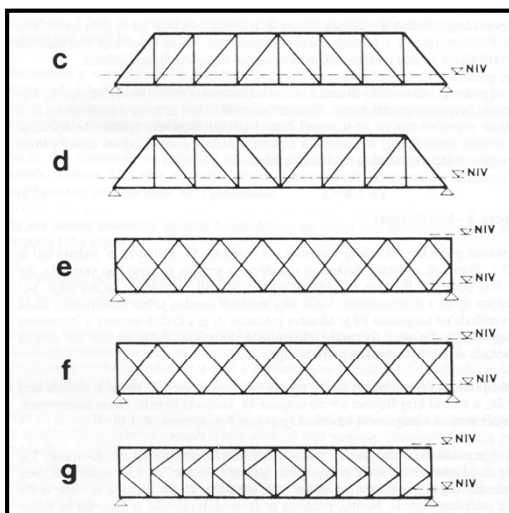
položaj nivelete

Građevinski fakultet u Zagrebu

Mostovi II

Prof.dr.sc. Jure Radić

Howe rešetka



Pratt rešetka –
vertikale nepovoljnije
opterećeni tlačni
elementi

slobodno položene
grede:
 $h_k/L = 1/7$ do $1/9$

kontinuirani nosači:
 $h_k/L = 1/9$ do $1/10$

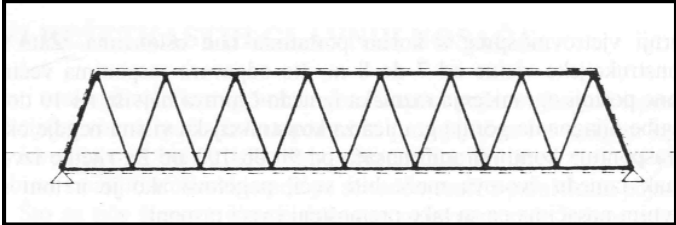
Građevinski fakultet u Zagrebu

Mostovi II

Prof.dr.sc. Jure Radić

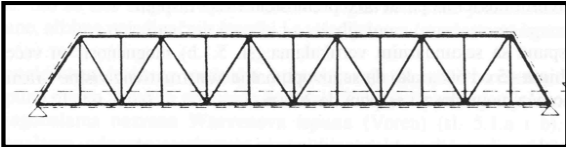


- tipizirani nosači za željezničke mostove pri rasponima 33 do 145 m – konstruktivne visine s $L/5$ do $L/7$
- velike visine stvaraju probleme u vezi s oblikovanjem tlačnih štapova pojasa i ispune – često je potrebna i sekundarna ispuna

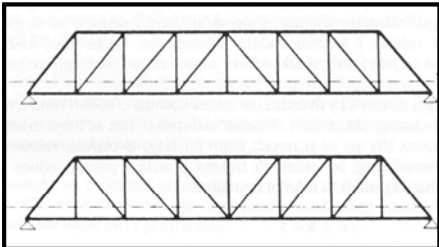


- povoljniji estetski dojam
- strmiji kosnici (55 do 65°)
- obavezan gornji vjetrovni spreg s kosim portalima nad osloncima
- minimalne konstrukcijske visine od 7 do 8 m – rasponi veći od 50 m
- ograničenje razmaka među čvorovima od 10 do 11 m – rasponi 90 do 100 m

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

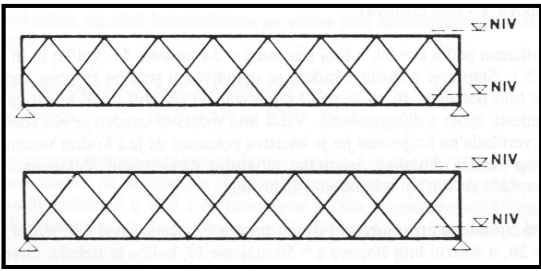



- kosnici pod nagibom 45 do 60°
- uz optimalne konstruktivne visine i razmake čvorova mogu se doseći rasponi do 200 m



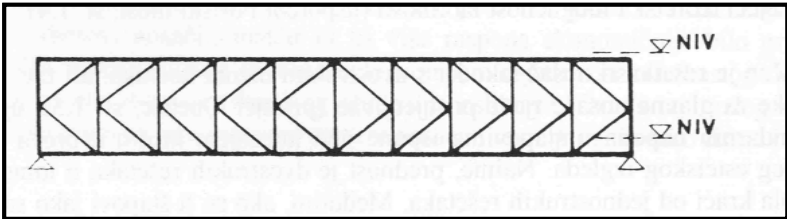
- vertikale su bitan nosivi element – služe i za poprečnu stabilizaciju pa su zato i podvrgnuti savijanju
- u vertikalama su jače izraženi sekundarna naprezanja nego kod drugih štapova

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



- dvostruki niz kosnika u obliku rombične ispune – dvostruke rešetke
- često se upotrebljavaju kao gredni nosači
- odnos broja štapova i čvorova za stabilnu rešetku: $s=2k-3$
- kada prema ovom izrazu nedostaje jedan štap za stabilnost on se ugrađuje u sredinu kao vertikala ili se krajnji štapovi izvode krući na savijanje bez zgloba na mjestu spoja s dijagonalama

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

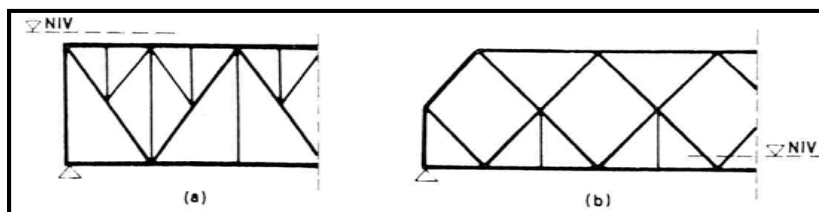


K ispuna

- rjeđe se primjenjuje zbog većih sekundarnih naprezanja u štapovima ispune pod utjecajima krutih čvorova i zbog nepovoljnog estetskog izgleda
- pogodna za horizontalne spregove kod širokih mostova
- prednost dvostrukih rešetki: tlačni štapovi su upola kraći od jednostrukih rešetaka
- ta prednost se gubi kada su ti štapovi jako savijani (K-ispuna)

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

- za veće konstrukcijske visine je optimalni razmak između čvorova 10-12 m pa se ugrađuju sekundarne rešetke:



- unos opterećenja u nosač:
 - poprečni nosač u svakom čvoru donjeg pojasa
 - poprečni nosači se priključuju samo preko vertikala (manji rasponi)



PRIMJENA TEORIJE I KONSTRUKCIJSKA PRAVILA

- koriste se pretpostavke teorije rešetkastih nosača
- sve češće se uzimaju u obzir i sekundarna naprezanja zbog problema umornosti

TEORIJA REŠETKASTIH NOSAČA – DVIJE PRETPOSTAVKE:

1. sile u štapovima rešetke izazivaju samo aksijalna naprezanja bez savijanja
2. svi štapovi u čvorovima slobodno se zakreću, odnosno spojevi u čvorovima odgovaraju zglobnim priključcima

STARO RJEŠENJE:

- pretpostavke teorije rešetkastih nosača mogu se zadovoljiti konstrukcijskom izvedbom zglobova u čvorovima – valjkasti trnovi provučeni kroz rupe svakog štapa
- takvo rješenje se pokazalo nepovoljnim jer su se trnovi brzo trošili a trenje se povećavalo i pojavljivala se korozija





NOVO RJEŠENJE:

- čvorovi se odmah u početku izvode kruti
- štapovi se priključuju u čvorove pomoću čvornih limova
- poštivanje konstrukcijskih pravila tako da se stvarni rad rešetke maksimalno približi teorijskim pretpostavkama
- pravila za oblikovanje:
 1. Birati što veće konstrukcijske visine nosača radi smanjivanja progiba pod pokretnim opterećenjem. Prije navedene optimalne konstrukcijske visine daju prihvatljive progibe, u pravilu manja od 1/1000 raspona
 2. Opterećenja se unose u nosač preko čvorova
 3. Štapovi se centriraju u čvorovima
 4. Vitkost štapova ne treba biti manja od $\lambda=50$ do 60 kako bi sekundarna naprezanja ostala u umjerenim granicama
 5. Birati minimalno potrebne veličine čvornih limova radi smanjivanja utjecaja upetosti u čvorovima


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



PRAVILO BR. 1. – KONSTRUKTIVNA VISINA I PROGIB

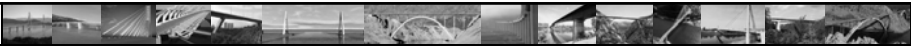
- proračun fiktivnog momenta tromosti za dobivanje progiba kao kod punostijenog nosača:

$$I = \frac{A_1 A_2}{A_1 + A_2} h_k^2$$

A_1, A_2 – prosječni brutto-presjek pojasa
 h_k – konstrukcijska visina

- zanemaruje se utjecaj deformacije hrpta odnosno štapova ispuna pa se dobivaju 20 do 30% manji progibi nego oni po teoriji rešetkastih nosača
- ti su rezultati ipak točniji zbog utjecaja krutih čvorova


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



PRAVILO BR. 2. – UNOS OPTEREĆENJA U NOSAČ

- kada je kolnička konstrukcija spregnuta s jednim pojasom taj pojas se tada i savija
- proračun se tada vrši superpozicijom rezultata sa dva nosiva sistema koji su:
 1. nosivi sistem gdje je savijani pojas računat kao kontinuirani nosač sa krutim osloncima u čvorovima rešetke
 2. nosivi sistem idealne (zglobni priključci štapova) rešetke koja je opterećena u čvorovima sa reakcijama iz sistema 1.



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



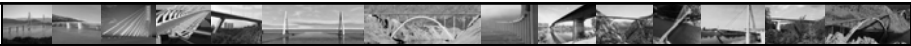
PRAVILO BR. 3. - EKSCENTRICITETI

- unatoč centriranju štapova uvijek se pojavljuju ekscentriciteti zbog nesimetričnosti pojasnih štapova
- po njemačkim propisima dopušta se ekscentričnost od $e \leq 0,1k$, gdje je k udaljenost jezgre od težišta presjeka – ovo uzrokuje promjenu naprezanja na rubovima presjeka od 10% u odnosu na aksijalno naprezanje
- izraz koji to dokazuje:

$$\sigma = \frac{N}{A} \pm \frac{Ne}{W} = \frac{N}{A} \left(1 \pm e \frac{A}{W} \right) = \frac{N}{A} \left(1 \pm \frac{e}{k} \right)$$
- ekscentricitet može biti i posljedica od
 - savijanja od vlastite težine
 - tlaka vjetra
- ovi ekscentriciteti se ograničavaju ograničavanjem vitkosti $\lambda \leq 70$ – manje vitki štapovi nisu osjetljivi na deformacije
- također se ekscentricitet može ograničiti i ograničavanjem poprečnih progiba štapova ispod $l_k/5000$



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



PRAVILO BR. 4. - VITKOSTI

$$(50 \div 60) < \lambda < 200 \text{ (za tlačne štapove)}$$

$$< 250 \text{ (za vlačne štapove)}$$

- štapovi velike vitkosti mogu se primjenjivati samo za malu tlačnu silu jer je nosivost takvih štapova mala



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



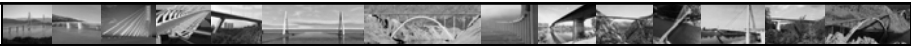
PRAVILO BR. 5. – VELIČINE ČVORNIH LIMOVA

- veličina čvornog lima utječe na stupanj upetosti štapova i na duljinu izvijanja štapa
- različite zemlje u svojim propisima imaju različito definirane duljine izvijanja u i izvan ravnine rešetke
- kod nas vrijedi redukcija duljine izvijanja sa faktorom 0,8 u odnosu na sistemsku duljinu štapa
- razlike proizlaze iz različitih faktora sigurnosti dok su krivulje granične nosivosti jednake

UZ POŠTIVANJE NAVEDENIH PRAVILA GLOBALNA ANALIZA MOŽE SE PROVESTI PREMA PROPISIMA TEORIJE ELASTIČNOSTI SA PRETPOSTAVKOM ZGLOBOVA U ČVOROVIMA.



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



GRANIČNO STANJE NOSIVOSTI

- zanemaruju se naprezanja od utjecaja krutog spajanja u čvorovima

GRANIČNO STANJE UPORABLJIVOSTI

- dokazuju se progibi i sekundarna naprezanja
- kada je to potrebno za progibe se dopušta primjena proračunskog modela sa zglobovima u čvorovima
- model za sekundarna naprezanja nije definiran

POSEBNA GRANIČNA STANJA

- dokaz umornosti pod utjecajem sekundarnih naprezanja



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



SEKUNDARNI NAPREZANJA

- naprezanja koja nastaju od stvarnog ponašanja konstrukcije
- oni se preraspodjeljuju unutar konstrukcije pa ne djeluju na ležajne reakcije i odatle naziv sekundarni

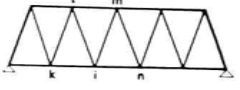
UZROCI:

- kruti priključci u čvorovima
- ekscentriciteti zbog pomaka osi u čvorovima rešetke
- vlastita težina štapova
- vlastita stanja naprezanja zbog zavarivanja i valjanja
- opterećenja od savijanja izravno opterećenih štapova

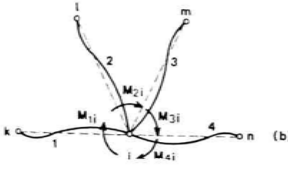


Građevinski fakultet u Zagrebu Mostovi II Prof.dr.sc. Jure Radić

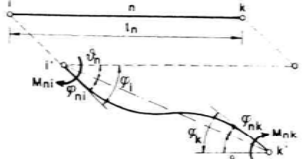
Stvarno djelovanje u čvorovima rešetkastih nosača



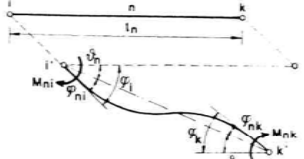
zakretanje čvorova



(b)



savijanje štapa i-k



(c)

sistemska skica nosača – okvirni nosač s nepoznatim momentima i poprečnim silama na krajevima svakog štapa

(a)

zakretanje čvorova savijanje štapa i-k

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

Proračun sekundarnih naprezanja uzrokovanih savijanjem za pojasne štapove bez pomoćnih vertikalna

- elastična linija nosača je sinusoida

$$y = f \sin \frac{\pi x}{L} \quad f - \text{progib nosača u sredini raspona } L$$

- iz odnosa $M = -EIy''$ slijedi za sredinu raspona:

$$M = EI \frac{\pi^2 f}{L^2} \approx 10EI \frac{f}{L^2}$$

- prosječno naprezanje zbog savijanja u pojasu biti će:

$$\sigma_{ms} = \frac{M}{I} e = \pm 10E \frac{e}{L} \frac{f}{L}$$

- uz ukupni progib od $f/L \sim 1/700$, $E = 21000 \text{ kN/cm}^2$ dobivamo brojčane vrijednosti za sekundarno naprezanje:

$$\sigma_{ms} = \pm \frac{10 \cdot 21000}{700} \frac{e}{L} = \pm 300 \frac{e}{L} \text{ kN/cm}^2$$

e – udaljenost ruba presjeka od njegovog težišta
L – raspon nosača

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



- kod nosača sa pomoćnim vertikalama u kontinuiranom pojasu nastaje još dodatno savijanje uza samu vertikalu

$$\Delta\sigma_{ms} = \frac{5\bar{\sigma}_v}{\frac{a^2}{eh} + \frac{24W}{aA_v}}$$

$\bar{\sigma}_v$ - naprezanje od čvornog tereta u vertikali
 a - razmak između čvorova
 h - visina nosača, dužina vertikale
 $W=I/e$ - moment otpora pojasa
 A_v - površina vertikale

- kao naprezanje uzrokovano statičkim opterećenjem ovako izračunato povećanje nema značaja
- za naprezanje od umaranja mjerodavno vanjsko opterećenje biti će odgovarajuće reducirano pa je često slučaj da je zbroj reduciranog vanjskog opterećenja i sekundarnih naprezanja u zadovoljavajućim granicama
- rešetke s aktivnim vertikalama (Pratt ili Howe) imaju veća sekundarna naprezanja koje dosežu i do 50% osnovnih naprezanja
- proračunom se moraju predvidjeti mjesta gdje će se konstrukcijski oblikovati zglobovi kako bi se ta naprezanja smanjila


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



OBLIKOVANJE ŠTAPOVA

Nekada:

- jednostijeni i zakovicama spajani štapovi
- čvorni lim kao spojni element u čvoru se priključuje s unutarne ili vanjske strane vertikalnih stijena dvostijenog pojasnog štapa

Danas:

- dvostijeni od 40 m pa na dalje, spajanje zavarivanjem
- čvorni lim se uvezuje u ravninu vertikalnih stijena pojasnih štapova i sastavni je dio presjeka pojasa
- Dimenzioniranje se provodi na ekstremne sile zasebno za svaki štap a mijenjaju se samo debljine elemenata dok vanjske izmjere štapova ostaju jednake


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

Tipični poprečni presjeci štapova za rešetkaste glavne nosače

GORNJI POJAS
pretežno tlačni - zatvoreni torzijski kruti presjek ili poluotvoreni presjek

DONJI POJAS
dvodjelni otvoreni ili poluotvoreni presjeci, a samo kod većih sila i zatvoreni

ISPUNA

vlačni tlačni

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

Redoslijed u oblikovanju štapova za nosač

1. bira se osnovni presjek tlačnog pojasa kojim se pokriva najmanja sila u nosaču a tada se izvodi postupno ojačanje za iduće štapove
 - težišta svih štapova moraju se zadržati unutar dopustivih odstupanja
2. oblikovanje tlačnih štapova i ispuna
 - širine se biraju tako da štapovi potpuno ulaze između čvornih limova ili
 - pločasti dijelovi paralelni s čvornim limom sučelno se sudaraju s pločama čvornog lima
3. oblikovanje vlačnih elemenata pojasa i ispune
 - aktivna površina je praktički jedini parametar za oblikovanje presjeka

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



Osnovne dimenzije za visinu pojasnog štapa:

$$H_{(cm)} = L_{(m)} - \frac{L_{(m)}^2}{400}$$

$$H_{(cm)} = \frac{320L_{(m)}}{320 + L_{(m)}}$$

$$H_{(cm)} = \frac{320h_{k(m)}}{40 + h_{k(m)}}$$

$$B = (0,8 \div 0,9)H$$

H – visina štapa u cm
 h_k – konstrukcijska visina nosača u m
 B – širina štapa

Osiguranje globalne i lokalne nosivosti za granično stanje:

- globalna nosivost tlačnih štapova je vezana uz definirane vitkosti s propisanim dužinama izvijanja
- lokalna nosivost se osigurava za aktiviranje pune površine svakog elementa presjeka tj. zahtjeva se usporedna vitkost za lokalno izbočavanje:

$$\bar{\lambda}_p \leq 0,673$$

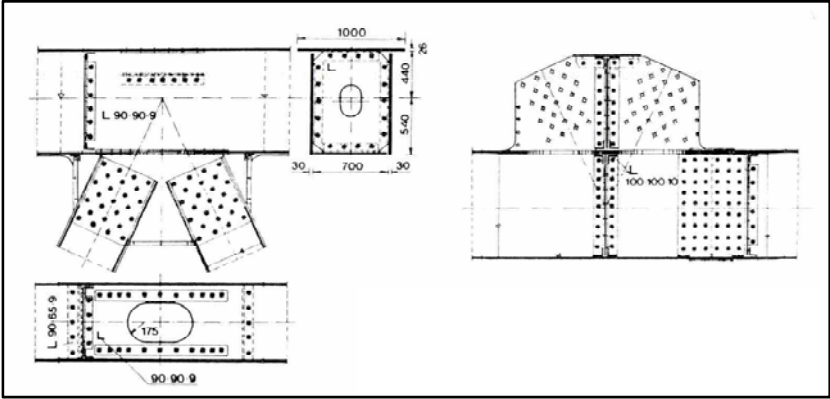
 Građevinski fakultet u Zagrebu Mostovi II Prof.dr.sc. Jure Radić



- vlačni štapovi moraju biti kruti a kriterij za krutost je različit u pojedinim zemljama
- oblik poprečnog presjeka mora biti stalan
- torzijska stabilnost se osigurava ugradnjom poprečnih dijafragmi najmanje u trećinama dužine tlačnog štapa ili polovinama vlačnog štapa
- kod poluotvorenih presjeka otvoreni dio se povezuje spojnim limovima prema potrebi pa se na mjestima limova onda ugrađuju i dijafragme
- kod zatvorenih presjeka dijafragme se mogu vezati najviše za tri stijenke a na četvrtoj ostaje reška; na svakoj slijedećoj dijafragmi u istom štapu reška se ostavlja na drugoj stijenci
- prohodni presjeci: 700 x 800 mm

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

Nešto drugačije rješenje za Warren-ovu ispunu

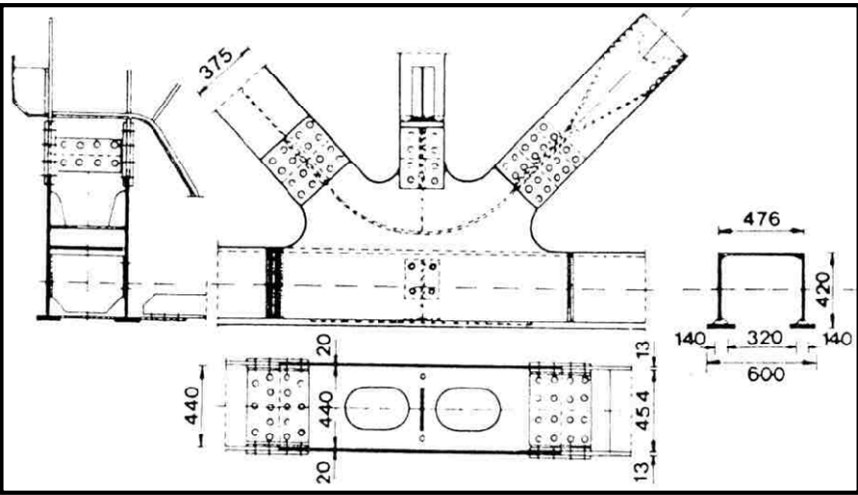


Kontinuirani rešetkasti nosač raspona 94+108+110 m za jednokolosječni željeznički most

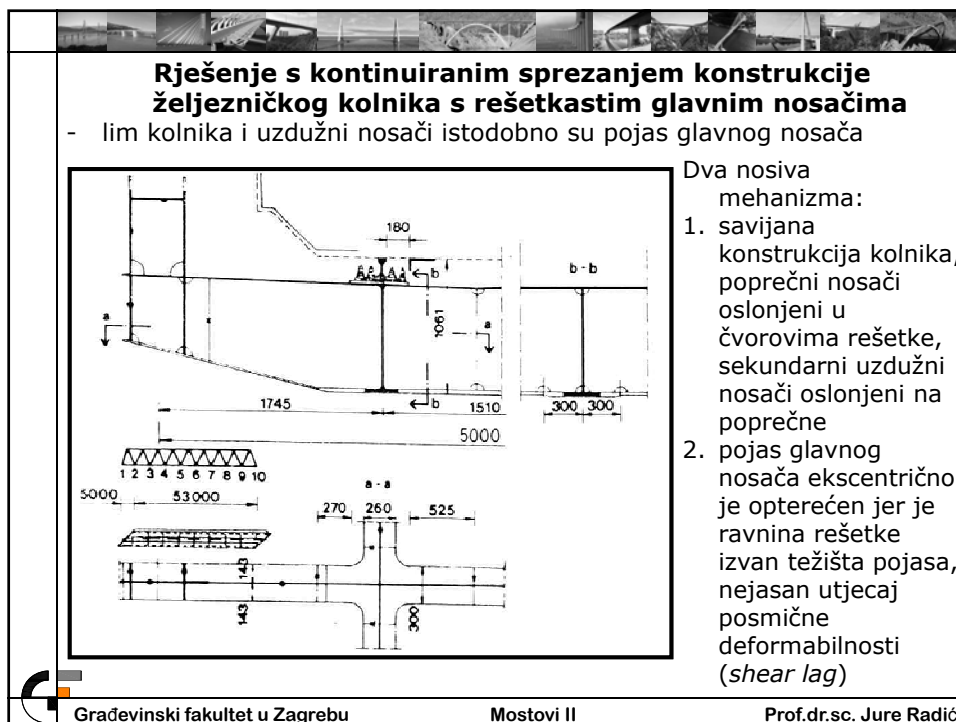
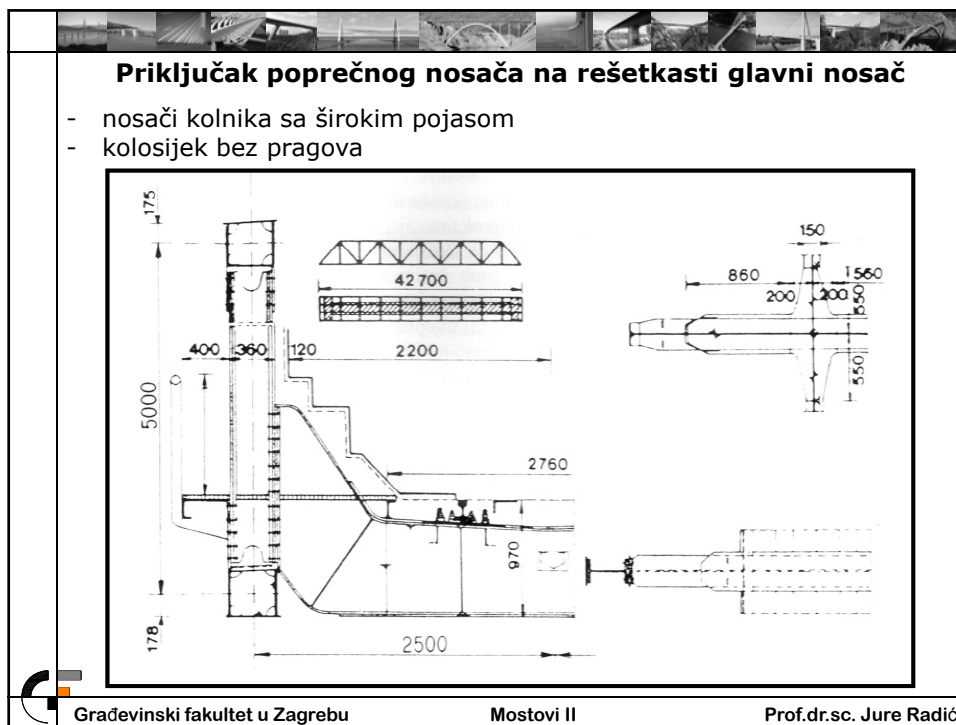
- otvori u gornjem i donjem pojasu zbog pristupa alatima za spajanje vijcima
- vijčani spojevi dijafragme i čvornog lima zbog izostanka zavara koji su manje nosivi na zamor

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

**Primjer rješavanja jednog od donjih čvorova
(jednokolosječni željeznički most raspona 41 m)**



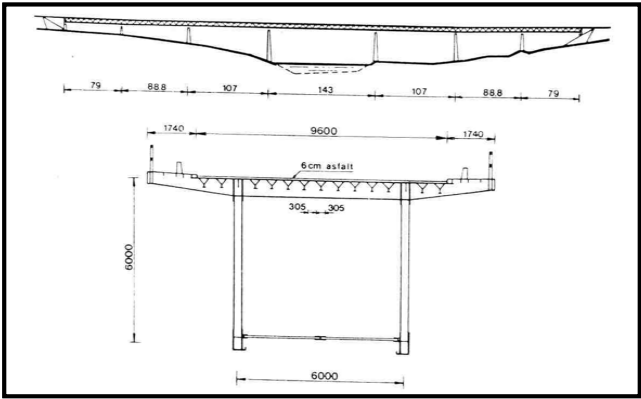
Građevinski fakultet u Zagrebu Mostovi II Prof.dr.sc. Jure Radić





Most preko rijeke Fulda u Njemačkoj, 1961.

- ortotropna čelična ploča kolnika je pojas rešetkastih nosača
- sprezanje kolnika s rešetkastim glavnim nosačima ekonomičnije iskorištava rešetkastu konstrukciju
- dva nosiva sustava – savijani pojas kolničke ploče i rešetkasti nosač sa širokim pojasima =>teško definirati sudjelujuću širinu



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



- pokazani rešetkasti mostovi sa sprezanjem kolnika spadaju u izrazito lagane konstrukcije, gdje je masa približno 40% manja nego u punostijenim konstrukcijama sa ortotropnom pločom
- međutim danas se u pogledu troškova rešetkasti mostovi izjednačuju sa punostijenima zbog sve skuplje izrade, pa za sada nemaju budućnosti u razvijenim sredinama
- kada je radna snaga jeftinija ovakve su konstrukcije ekonomične
- zbog toga suvremene tehnologije sele u takva područja

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



ČVORNI LIMOVI

Osnovna zadaća:

- prijenos resultantne sile iz ispune u pojas

Dimenzije su uvjetovane:

1. silama ispune, primjenjenim spojnim sredstvom i konstrukcijskom izvedbom spoja
2. debljina čvornog lima ovisi o načinu preuzimanja vanjskih sila, koncentraciji naprezanja i općenito o kriterijima koji su vezani uz preraspodjelu naprezanja

Treba nastojati da dimenzije čvornih limova budu što manje zbog ekonomskih razloga i zbog smanjenja sekundarnih naprezanja u štapovima.



Građevinski fakultet u Zagrebu

Mostovi II

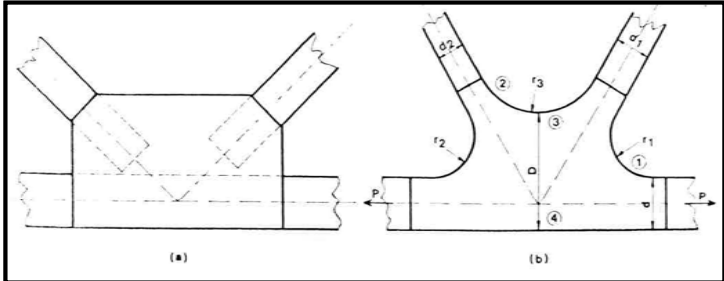
Prof.dr.sc. Jure Radić



- osnovna dimenzija se odabire za priključak najveće sile štapova ispune a zatim se prilagođuje konstrukcijskim potrebama

Razlikujemo:

- a) čvorne limove koji se u čvoru priključuju na puni pojasni presjek i samo su spojni element
- b) čvorne limove koji su ukomponirani u presjek pojasa



- kod zakovanih konstrukcija
- postoje i rješenja sa zavarenim štapovima
- sa prednapetim vijcima – izraženija koncentracija naprezanja

- ekonomičnije i konstrukcijski jasnije rješenje
- primjenjuje se u suvremenoj mostogradnji



Građevinski fakultet u Zagrebu

Mostovi II

Prof.dr.sc. Jure Radić

Spojna sredstva i metode:

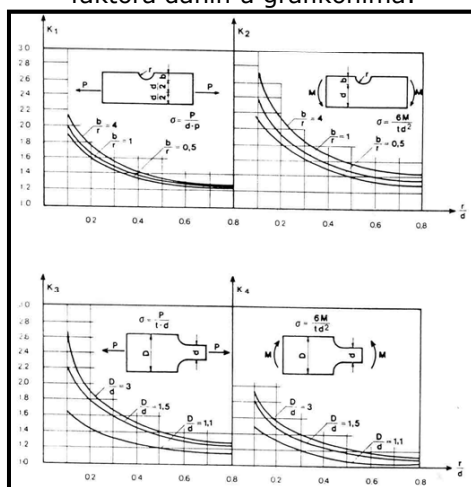
- do 1970. zakovice i visokovrijedni vijci
- danas isključivo visokovrijedni vijci s prednapinjanjem (pogotovo u slučaju glavnih nosača) ili bez njega
- prednapeti visokovrijedni vijci se koriste da bi se spriječilo proklizavanje i diferencijalni pomaci u spoju
- alternativa je danas u potpunosti zavarena rešetka
- pri tome ne treba zaboraviti da su zavareni spojevi su osjetljivi na umornost pa se zahtjeva visoka kvaliteta izrade

Građevinski fakultet u Zagrebu

Mostovi II

Prof.dr.sc. Jure Radić

- Za određivanje debljine čvornog lima potrebno je definirati aktivnu površinu na koju djeluje napadna sila
- Kada je čvorni lim ukomponiran u presjek štapa služimo se eksperimentalnim podacima o koncentraciji naprezanja preko faktora danih u grafikonima:



jednostrano oslabljeni štapovi -
pojasevi

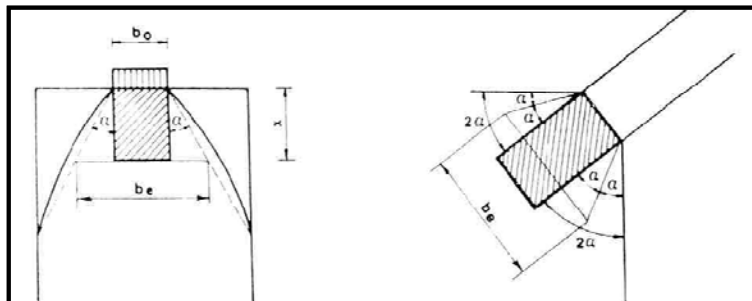
za dvostrana proširenja -
štapovi ispune

Građevinski fakultet u Zagrebu

Mostovi II

Prof.dr.sc. Jure Radić

- Kada je čvorni lim vezni element koji preuzima silu iz neoslabljenog presjeka štapa tada se služimo aproksimativnim proračunskim modelima:



- simetrični priključak

$$b_e = b_0 + 2xtg\alpha$$

$$\alpha \leq 30^\circ$$

$$\sigma = \frac{S}{b_e \cdot t}$$

- nesimetrični priključak

$$b_e = b_0 + x(tg\alpha_1 + tg\alpha_2)$$

$$\alpha_1 \leq 30^\circ, \alpha_2 \leq 30^\circ$$

$$\text{ekscentricitet: } e = 0,5x(tg\alpha_1 - tg\alpha_2)$$



Građevinski fakultet u Zagrebu

Mostovi II

Prof.dr.sc. Jure Radić

- u čvornom limu se lokalno mogu pojaviti i nepredviđena stanja naprezanja, koja mogu dosegnuti do granice popuštanja
- za normalne konstrukcijske čelike djelomična plastifikacija neće biti štetna niti će postojati problem stabilnosti s obzirom na dimenzije lima
- potencijalna opasnost prijeti od krhkog loma izazvanog djelomičnim plastificiranjem ili umaranjem – prisutnost višeosnog stanja naprezanja u limu
- iz tog razloga treba voditi računa sa se zavarivanja obavljaju u najpovoljnijem položaju dalje od mjesta koncentracije naprezanja i da se većim radiusima u oblikovanju čvornih ploha povoljno utječe na koncentracije naprezanja



Građevinski fakultet u Zagrebu

Mostovi II

Prof.dr.sc. Jure Radić

SUVREMENE IZVEDBE

Viseći mostovi – rešetkasti nosač kao greda za ukrućenje

Željeznički mostovi – rešetkasti glavni nosači

- iz već spomenutih razloga (cijena izvedbe) primjena rešetkastih nosača je danas vidljivo opala
- sprežanjem kolničke ploče i glavnih nosača povećava se konkurentna sposobnost rešetkastih konstrukcija

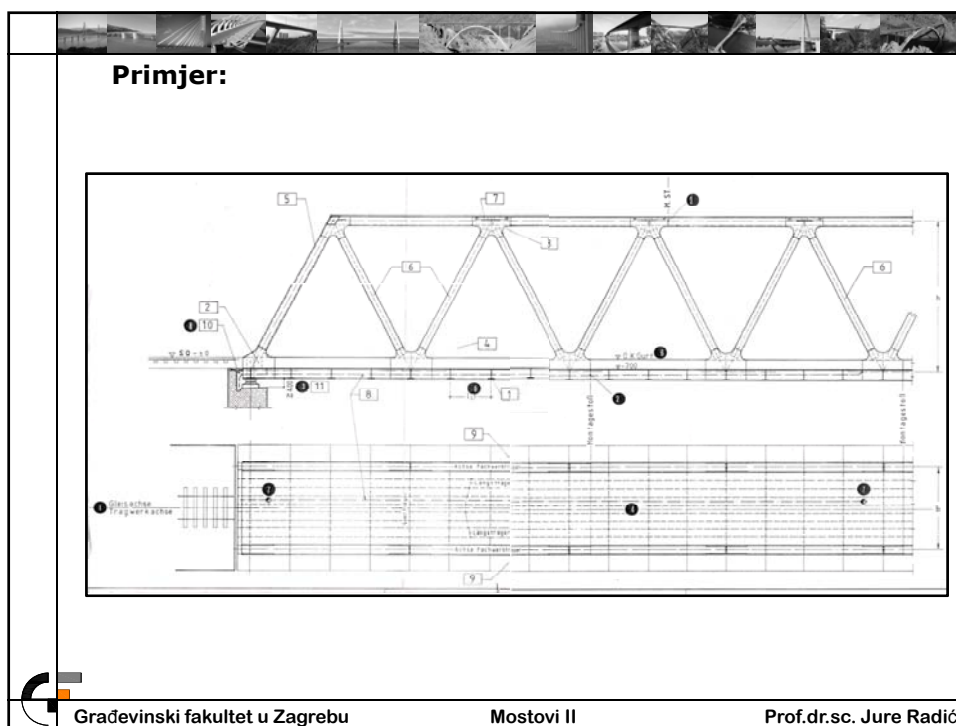
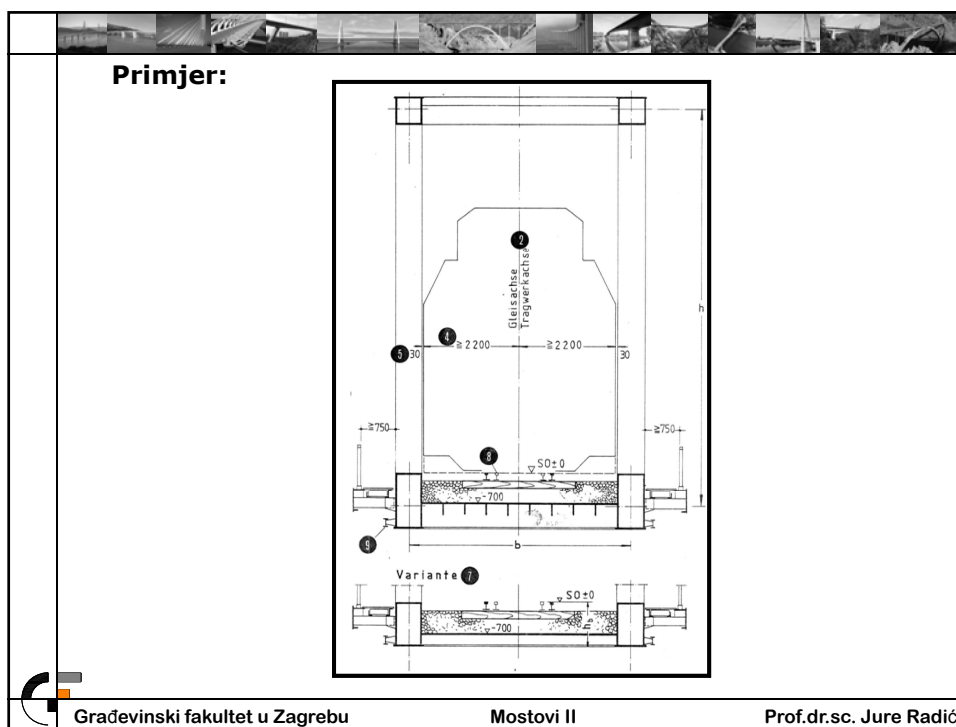
Rešetkasti mostovi u nas i u svijetu:

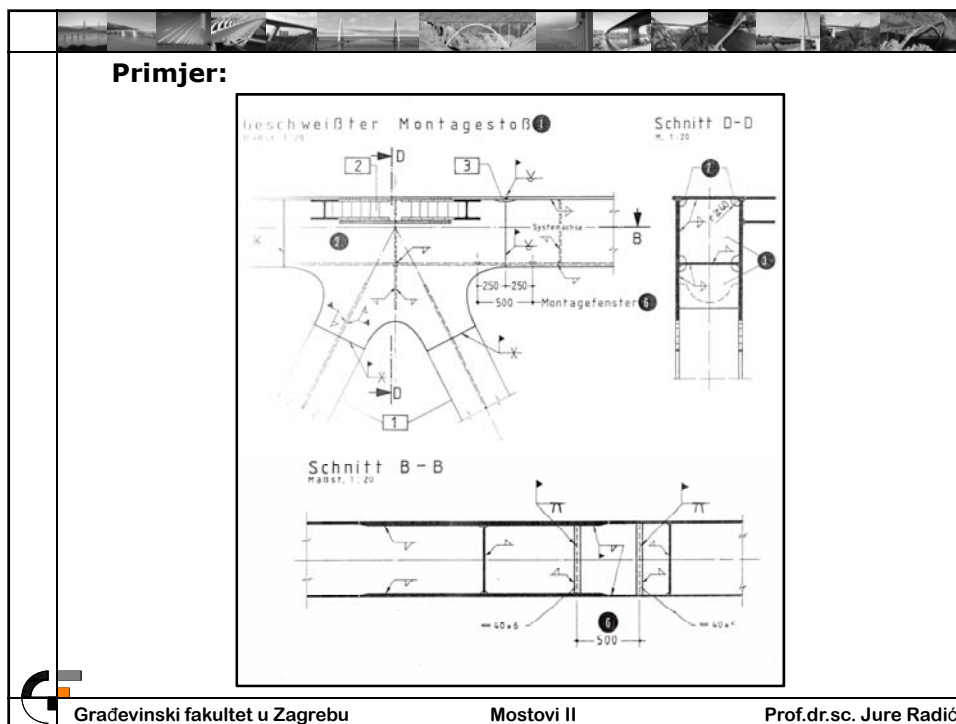
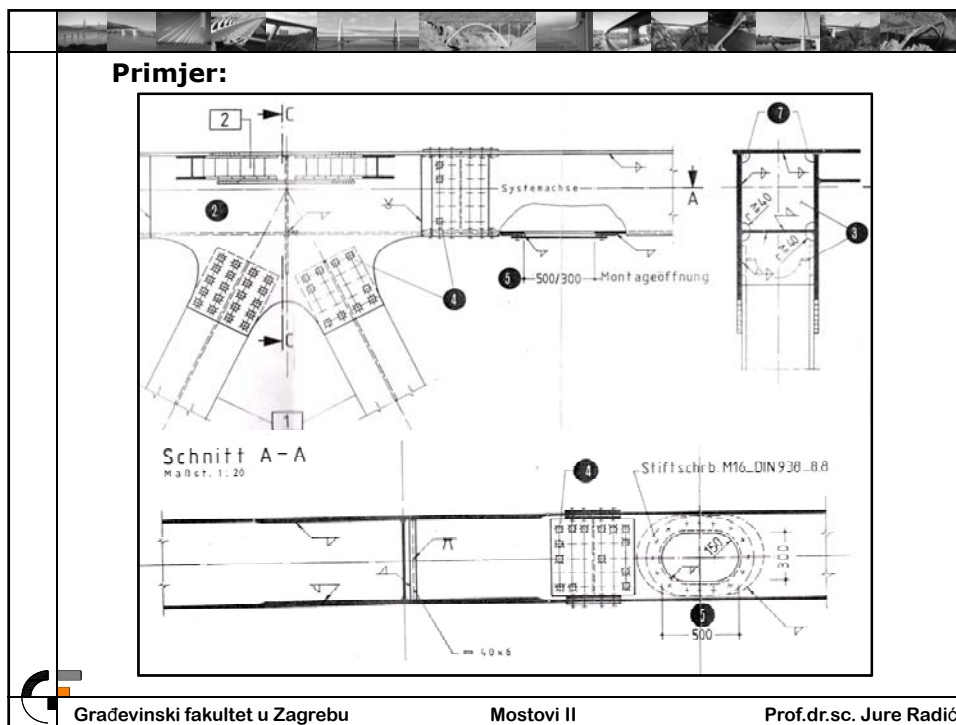
- Most preko Save u Bosanskoj Gradiški, 1960., rasponi 73+94+73 m, Warren-ova ispuna bez vertikala, cestovni promet
- Most preko Save u Slavonskom Brodu, Warren-ova ispuna bez vertikala, cestovni i željeznički promet, srušen u ratu 1992.g.
- Most preko Dunava kod Pančeva, 1961., rasponi 5x162 m, cestovni i željeznički promet
- Most na pruzi Beograd-Bar preko kanjona Male Rijeke dubokog do 200 m, 1972., rasponi 81+93+151+93+81 m

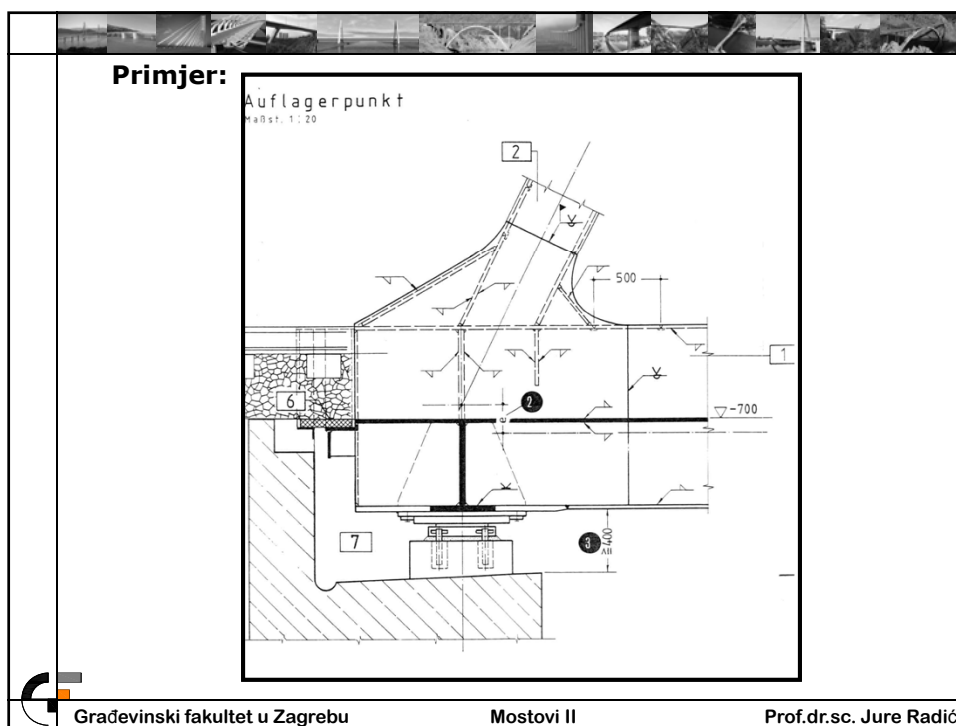
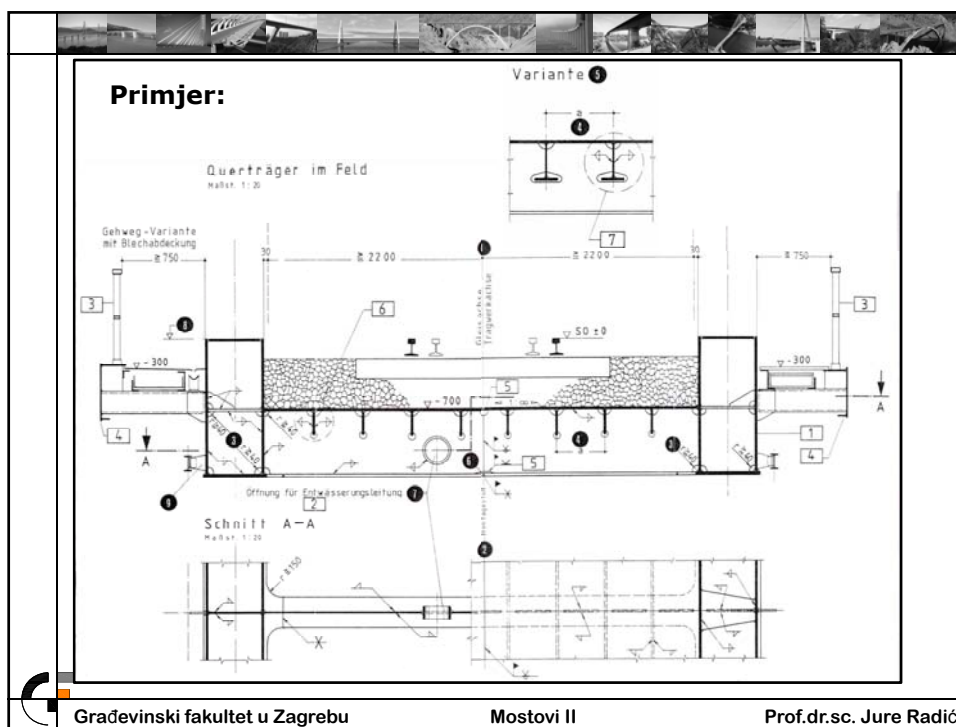
Građevinski fakultet u Zagrebu
Mostovi II
Prof.dr.sc. Jure Radić

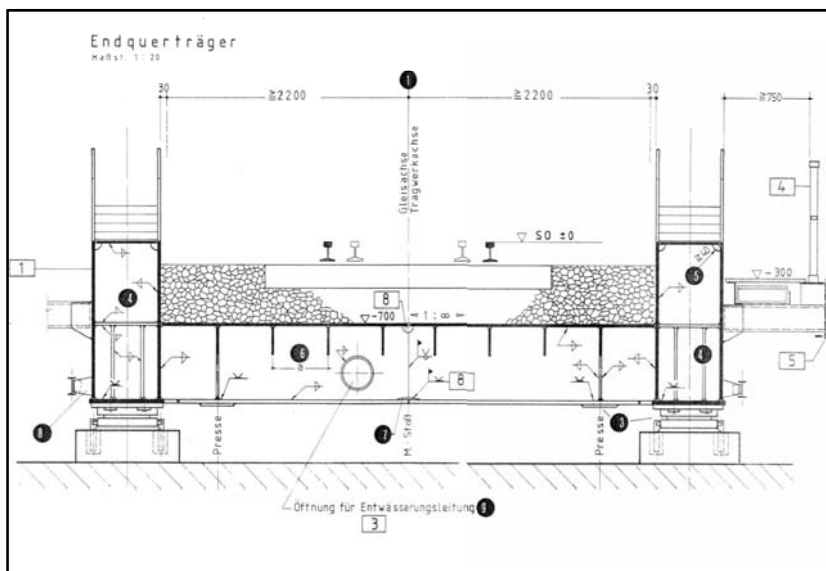
Primjer:

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





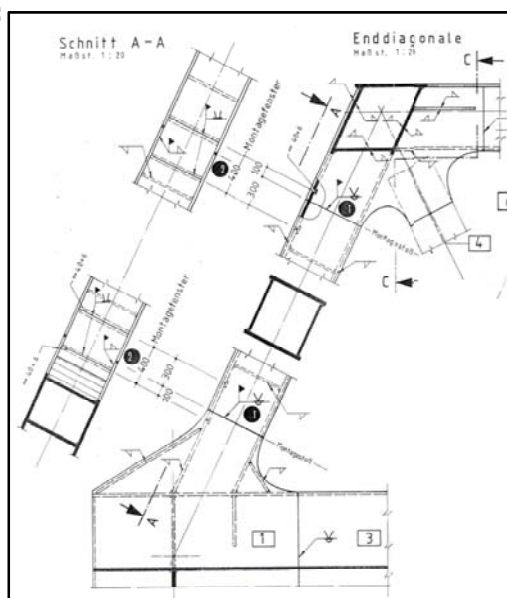


Primjer:

Građevinski fakultet u Zagrebu

Mostovi II

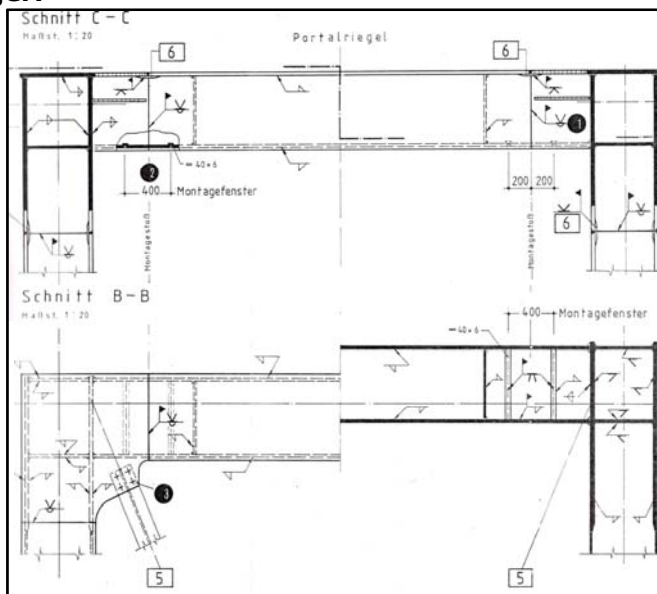
Prof.dr.sc. Jure Radić

Primjer:

Građevinski fakultet u Zagrebu

Mostovi II

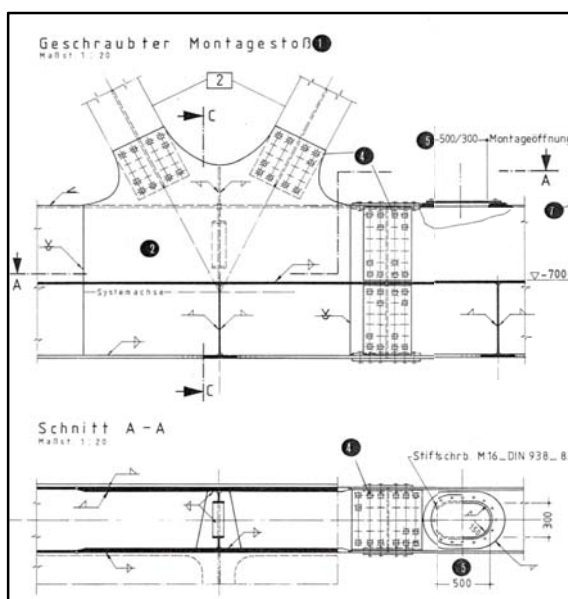
Prof.dr.sc. Jure Radić

Primjer:

Građevinski fakultet u Zagrebu

Mostovi II

Prof.dr.sc. Jure Radić

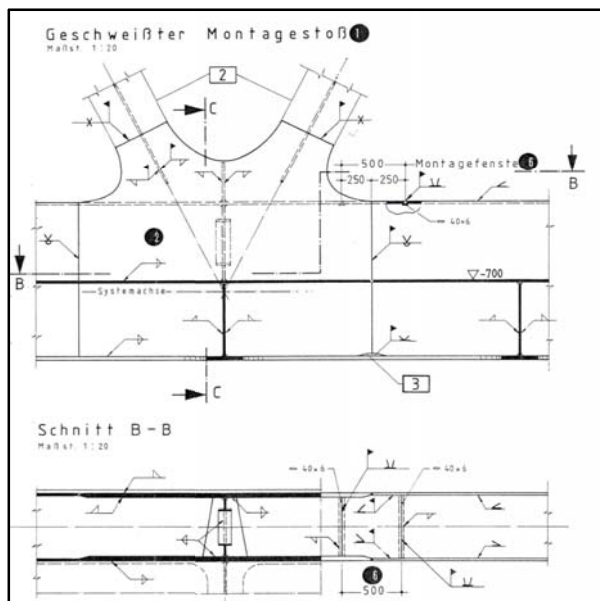
Primjer:

Građevinski fakultet u Zagrebu

Mostovi II

Prof.dr.sc. Jure Radić

Primjer:



Građevinski fakultet u Zagrebu

Mostovi II

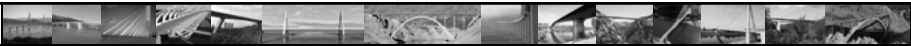
Prof.dr.sc. Jure Radić

Gredni rešetkasti mostovi

Građevinski fakultet u Zagrebu

Mostovi II

Prof.dr.sc. Jure Radić



- Most preko Save u Bosanskoj Gradiški, 1960., rasponi 73+94+73 m, Warren-ova ispuna bez vertikalala, cestovni promet0





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



- Most preko Save u Slavonskom Brodu, Warren-ova ispuna bez vertikalala, cestovni i željeznički promet, srušen u ratu 1992.g.




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

- Most preko Save u Slavonskom Brodu, Warren-ova ispuna bez vertikalala, cestovni i željeznički promet, srušen u ratu 1992.g.



Građevinski fakultet u Zagrebu

Mostovi II

Prof.dr.sc. Jure Radić

- Most preko Save u Slavonskom Brodu, Warren-ova ispuna bez vertikalala, cestovni i željeznički promet, srušen u ratu 1992.g.



Građevinski fakultet u Zagrebu

Mostovi II

Prof.dr.sc. Jure Radić

	
	• Most na pruzi Beograd-Bar preko kanjona Male Rijeke dubokog do 200 m, 1972., rasponi 81+93+151+93+81 m 
	Građevinski fakultet u Zagrebu Mostovi II Prof.dr.sc. Jure Radić

	
	• 1917., Pont de Quebec, Canada, Quebec City, 549m 
	Građevinski fakultet u Zagrebu Mostovi II Prof.dr.sc. Jure Radić

Građevinski fakultet u Zagrebu

Mostovi II

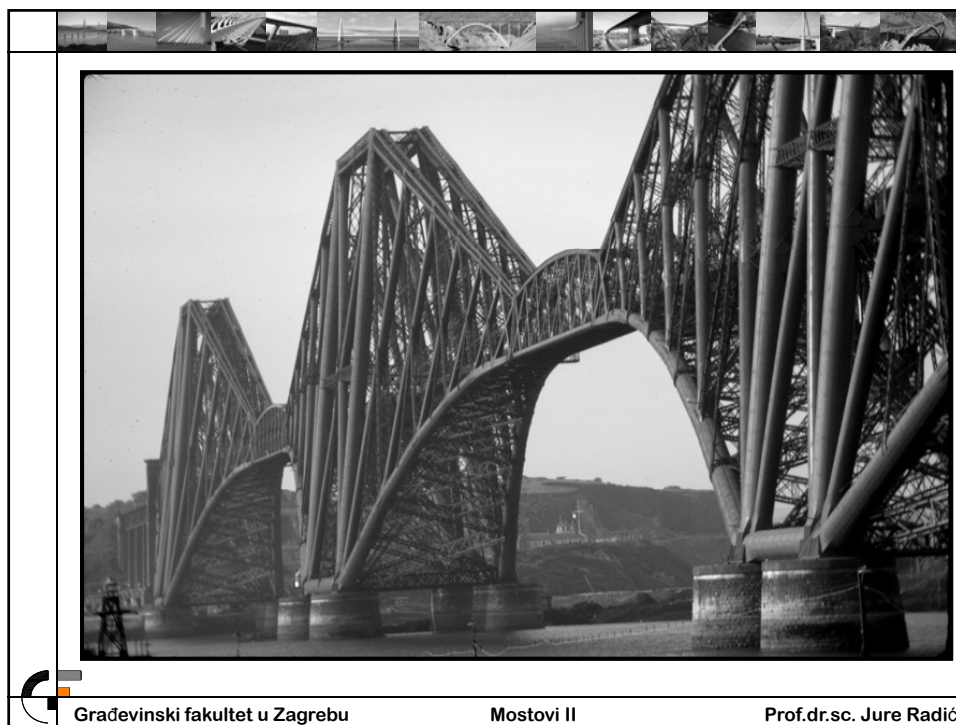
Prof.dr.sc. Jure Radić

- 1890., Firth of Forth, UK Edinburgh, 521 m

Građevinski fakultet u Zagrebu

Mostovi II

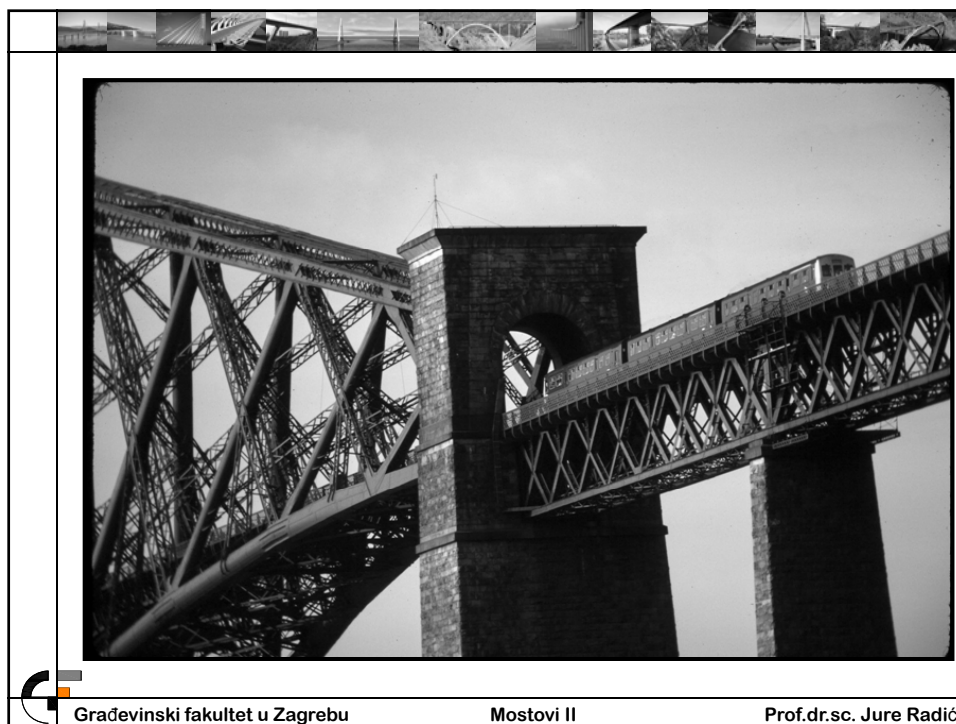
Prof.dr.sc. Jure Radić



Građevinski fakultet u Zagrebu

Mostovi II

Prof.dr.sc. Jure Radić

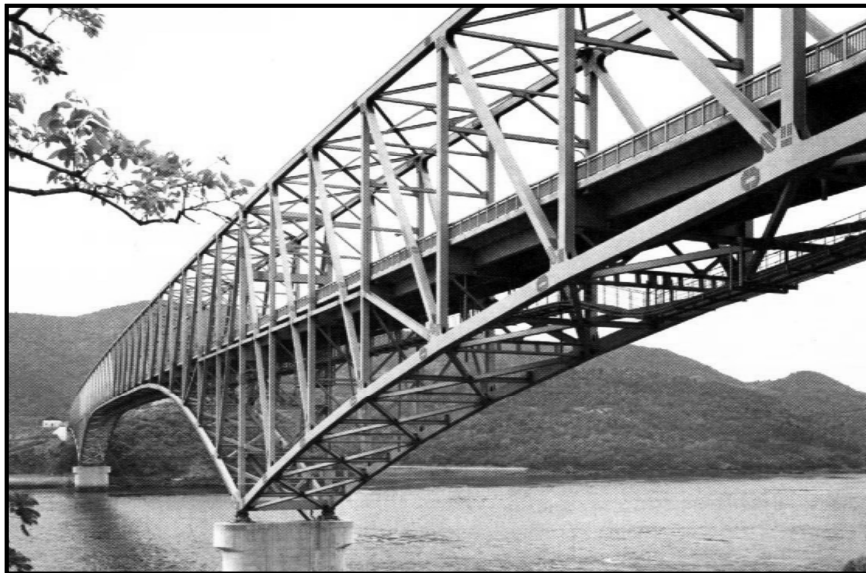


Građevinski fakultet u Zagrebu

Mostovi II

Prof.dr.sc. Jure Radić

- most Minato Ohashi, Osaka, Japan, 1974.

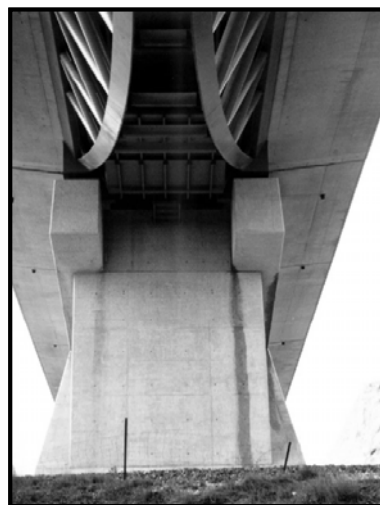


Građevinski fakultet u Zagrebu

Mostovi II

Prof.dr.sc. Jure Radić

- vijadukt l'Arc, TGV
- Aix en Provence, 1998.

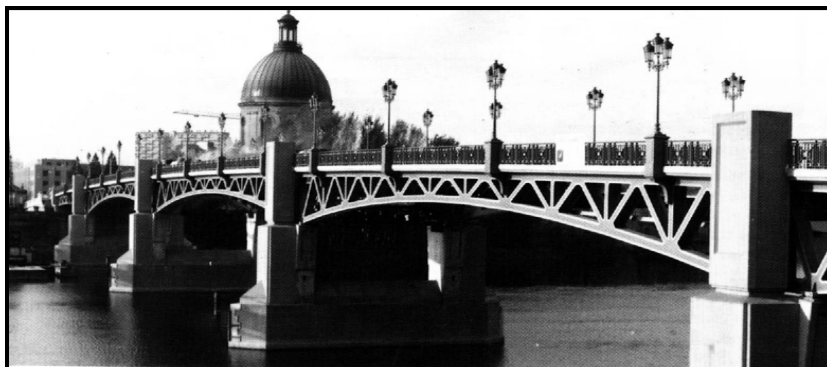


Građevinski fakultet u Zagrebu

Mostovi II

Prof.dr.sc. Jure Radić

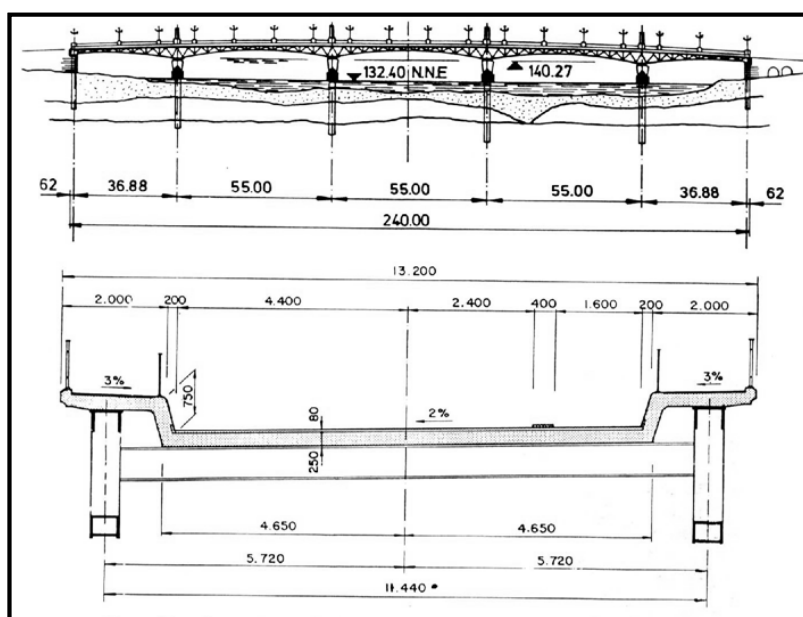
- most u Toulouse-u, Francuska



Građevinski fakultet u Zagrebu

Mostovi II

Prof.dr.sc. Jure Radić



Građevinski fakultet u Zagrebu

Mostovi II

Prof.dr.sc. Jure Radić

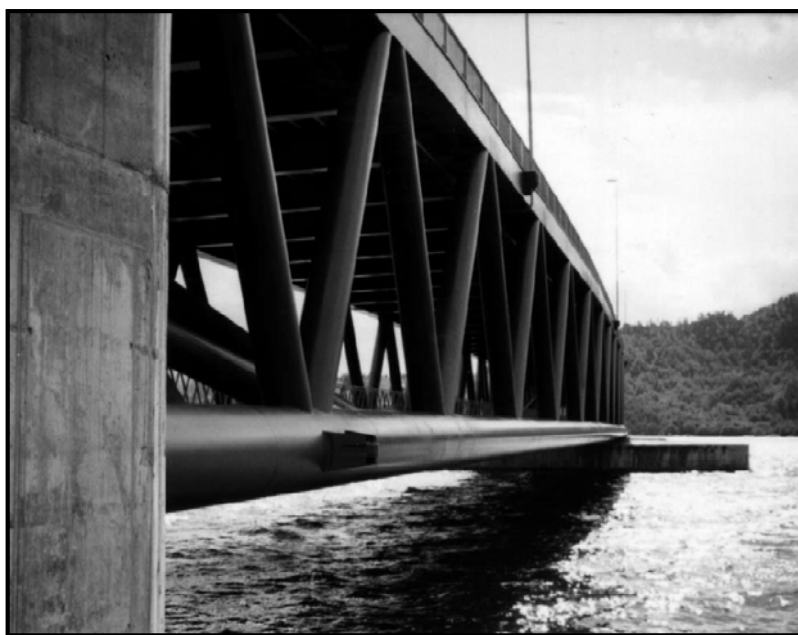
- most Bergsoysundet, Norveška



Građevinski fakultet u Zagrebu

Mostovi II

Prof.dr.sc. Jure Radić



Građevinski fakultet u Zagrebu

Mostovi II

Prof.dr.sc. Jure Radić

Zavješeni rešetkasti mostovi

Građevinski fakultet u Zagrebu

Mostovi II

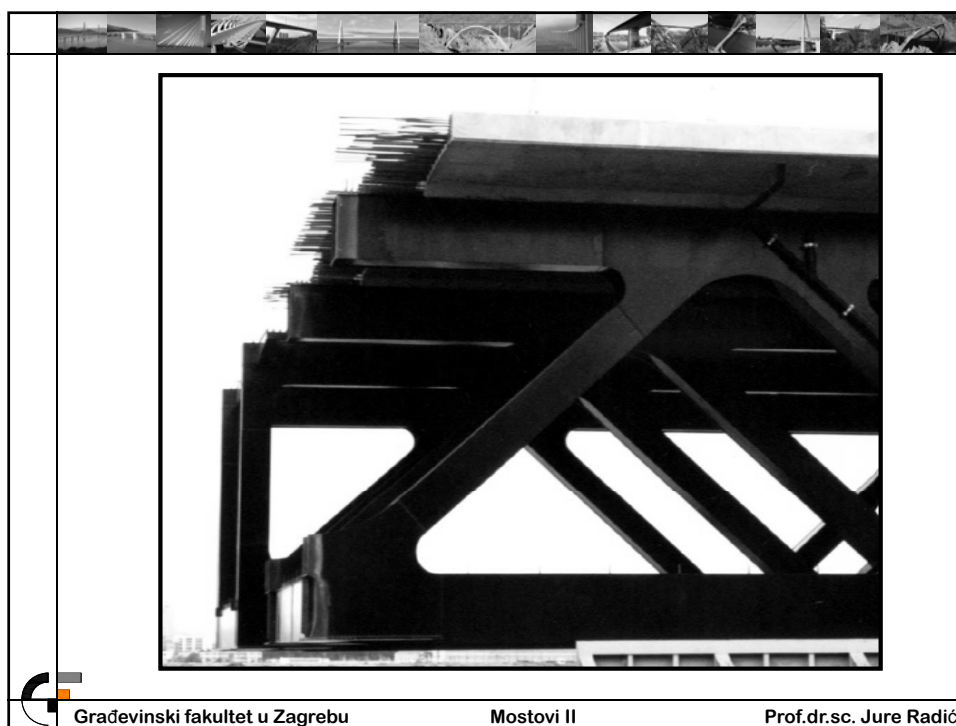
Prof.dr.sc. Jure Radić

- Most Öresund, l=490 m, Danska-Švedska, 2000

Građevinski fakultet u Zagrebu

Mostovi II

Prof.dr.sc. Jure Radić



Lučni rešetkasti mostovi



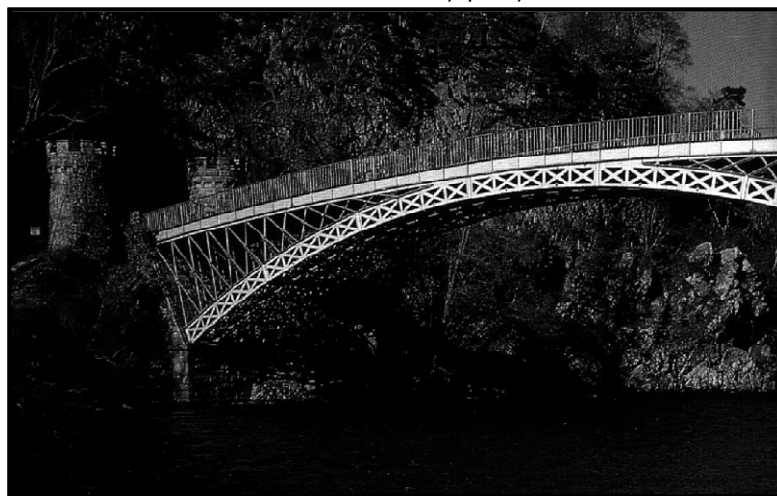
Građevinski fakultet u Zagrebu

Mostovi II

Prof.dr.sc. Jure Radić

- 18, 19. i prva polovina 20. stoljeća

Most Craigellachie, Škotska, 1815. g.
 Graditelj: Thomas Telford
 Prvi željezni rešetkasti luk
 $L=50\text{ m}$, $f/L=0,13$



Građevinski fakultet u Zagrebu

Mostovi II

Prof.dr.sc. Jure Radić

- 18, 19. i prva polovina 20. stoljeća

Most Eads, St.Louis, USA, 1874. g.

Graditelj: J.B. Eads

Čelični most

$L=153+158,5+153$ m, $f/L=0,102$

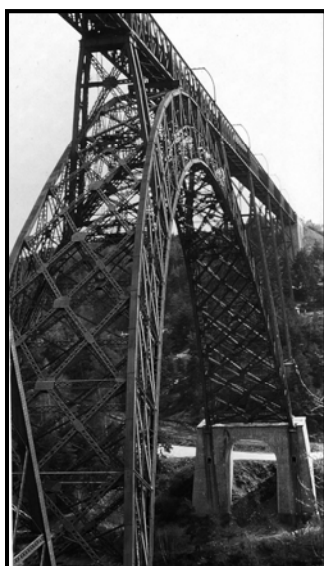


Građevinski fakultet u Zagrebu

Mostovi II

Prof.dr.sc. Jure Radić

- 18, 19. i prva polovina 20. stoljeća

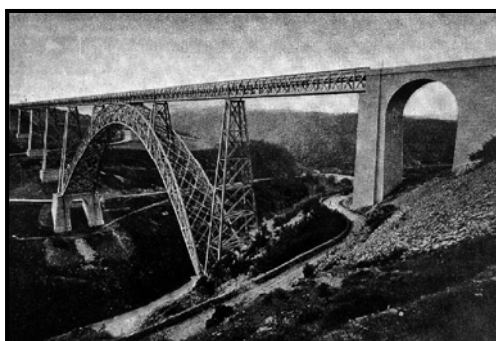


Vijadukt Garabit
Francuska, 1884.g.

graditelj: Eiffel

vareno željezo

$L=165$ m, $f/L=0,365$



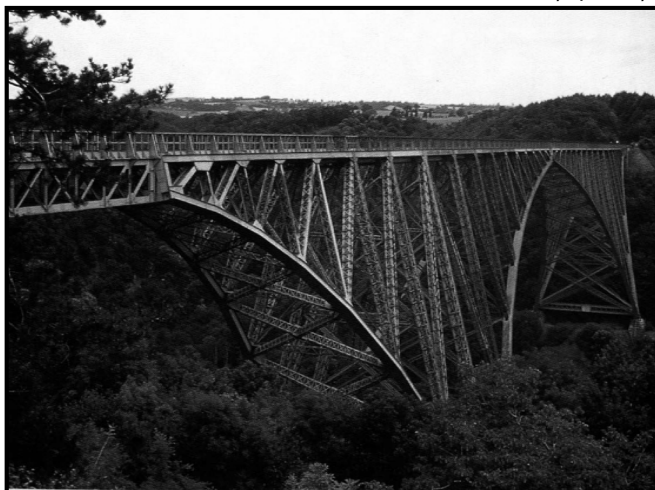
Građevinski fakultet u Zagrebu

Mostovi II

Prof.dr.sc. Jure Radić

- 18, 19. i prva polovina 20. stoljeća

Vijadukt Viaur,
Francuska, 1902. g.
graditelj: Bodin
 $L=220$ m, $f/L=0,244$



Građevinski fakultet u Zagrebu

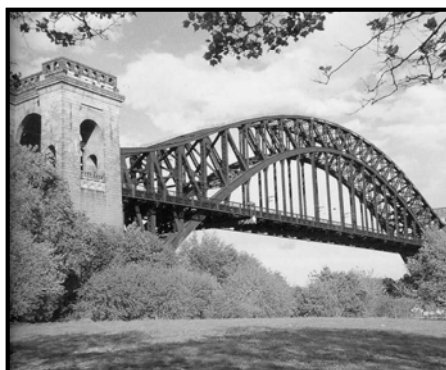
Mostovi II

Prof.dr.sc. Jure Radić

- 18, 19. i prva polovina 20. stoljeća

Most Hell Gate, New York: dvozgladni
rešetkasti luk; $L=298$ m;
Sydney Harbour Bridge; $L=503$ m;

Most Hell Gate



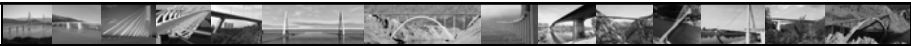
Usporedba:

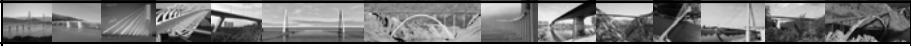


Građevinski fakultet u Zagrebu

Mostovi II

Prof.dr.sc. Jure Radić

		
18, 19. i prva polovina 20. stoljeća	Sydney Harbour 	Bayonne 
Most Vasterbron preko jezera Mälarsee u Stockholmu, 1933. g.; raspona 204 m; Bayonne preko zaljeva Kill van Kull; raspona 511 m; Sydney Harbour Bridge, raspona 503m;		
 Građevinski fakultet u Zagrebu	Mostovi II	Prof.dr.sc. Jure Radić

		
Suvremeni čelični rešetkasti luk	New River Gorge, USA, 1977. g. $L=518\text{ m}$, $f/L=1/4,8$	
		
 Građevinski fakultet u Zagrebu	Mostovi II	Prof.dr.sc. Jure Radić

Viseći mostovi sa rešetkastim rasponskim sklopom

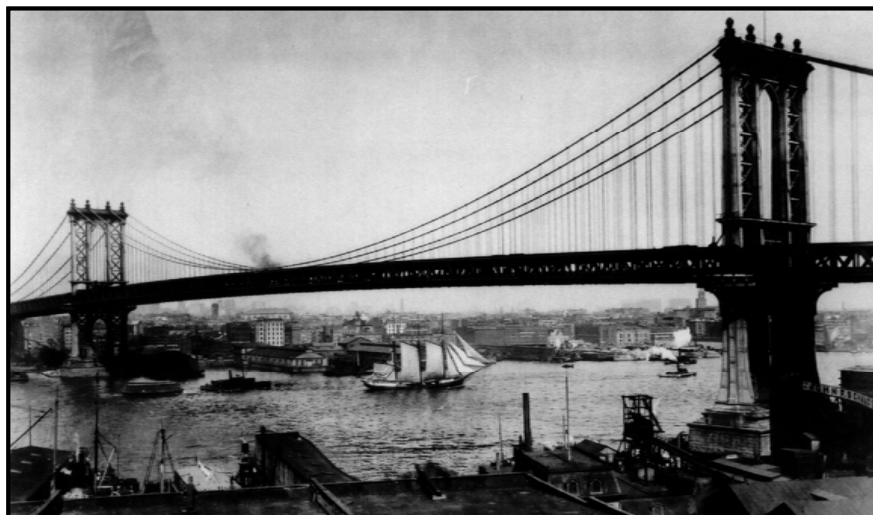


Građevinski fakultet u Zagrebu

Mostovi II

Prof.dr.sc. Jure Radić

- most Manhattan

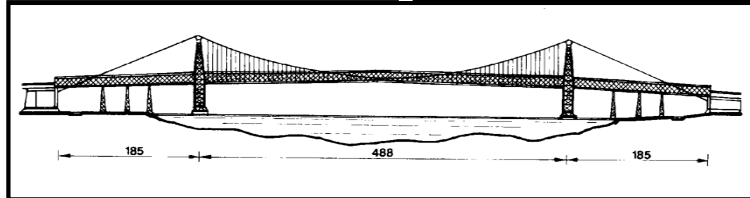


Građevinski fakultet u Zagrebu

Mostovi II

Prof.dr.sc. Jure Radić

- most Williamsburg

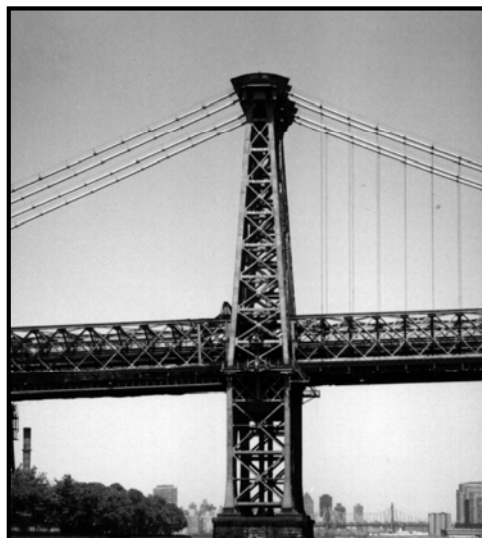


Građevinski fakultet u Zagrebu

Mostovi II

Prof.dr.sc. Jure Radić

- most Williamsburg



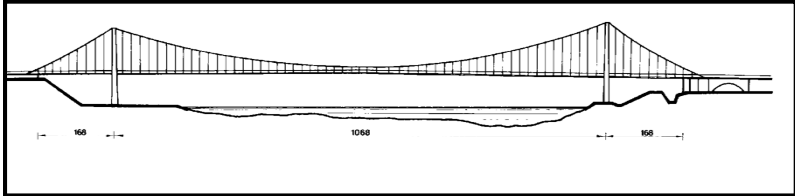
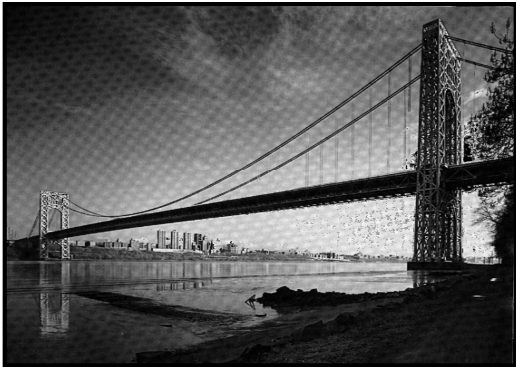
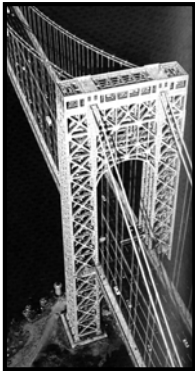
- projektanti: Leffert L. Buck, G. Lindenthal
- vrijeme izgradnje: 1896. - 1903.
- glavni raspon: 488 m
- razmak sidrišta (3 glavna raspona): 670 m
- 8 cestovnih traka + 2 kolosijeka metroa

Građevinski fakultet u Zagrebu

Mostovi II

Prof.dr.sc. Jure Radić

• most George Washington

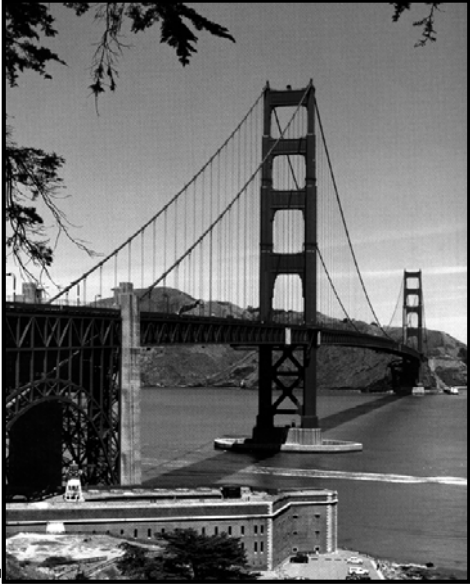




Građevinski fakultet u Zagrebu Mostovi II Prof.dr.sc. Jure Radić

• most George Washington



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

		
• Most Golden Gate		• projektant: J. Strauss • konzultant: O. Ammann • rasponi: • 343+1281+343 m • dovršen: 1937. • visina grede: 7,6 m • visna pilona: 227,4 m
	Građevinski fakultet u Zagrebu	Mostovi II Prof.dr.sc. Jure Radić

		
• most Verrazano Narrows		
• projektant: Othmar Amman • vrijeme izgradnje: 1959. - 1964. • glavni raspon: 1298 m • razmak sidrišta (3 glavna raspona): 2038 m		
		
	Građevinski fakultet u Zagrebu	Mostovi II Prof.dr.sc. Jure Radić

- most Akashi-Kaikyo, Japan, 1998, $L=1.991$ m

Građevinski fakultet u Zagrebu

Mostovi II

Prof.dr.sc. Jure Radić

- most 25. Abril, Lisabon 1966.,
 $L = 1.013$ m

Span Segment	Length (m)
Approach (left)	945.11
First Span	199.26
Second Span	483.42
Main Span	1012.88
Third Span	483.42
Approach (right)	98.64

Građevinski fakultet u Zagrebu

Mostovi II

Prof.dr.sc. Jure Radić