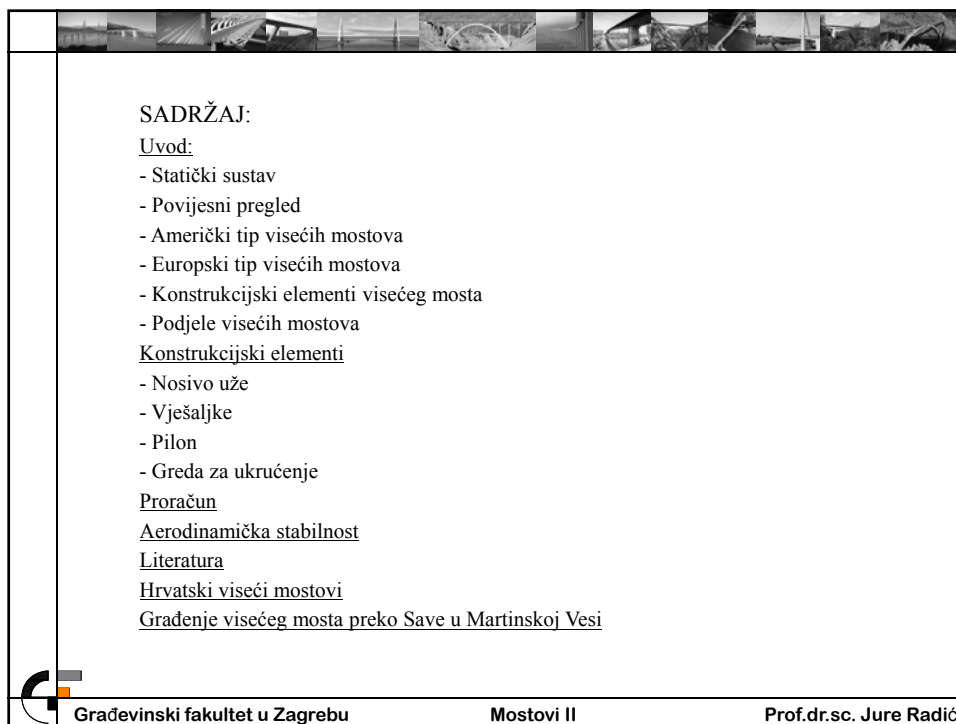
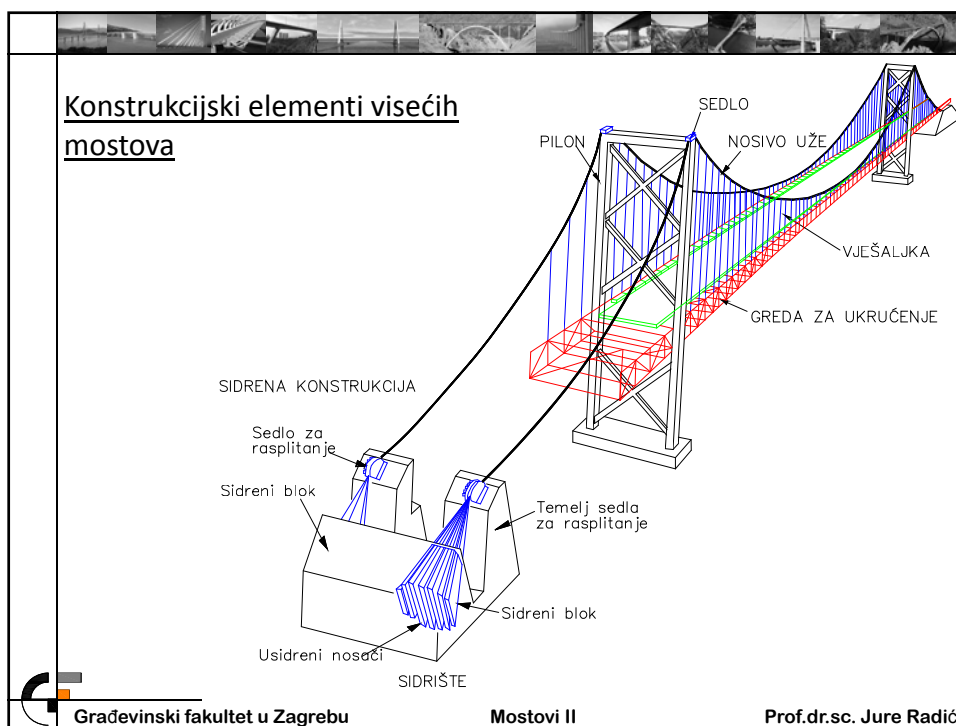
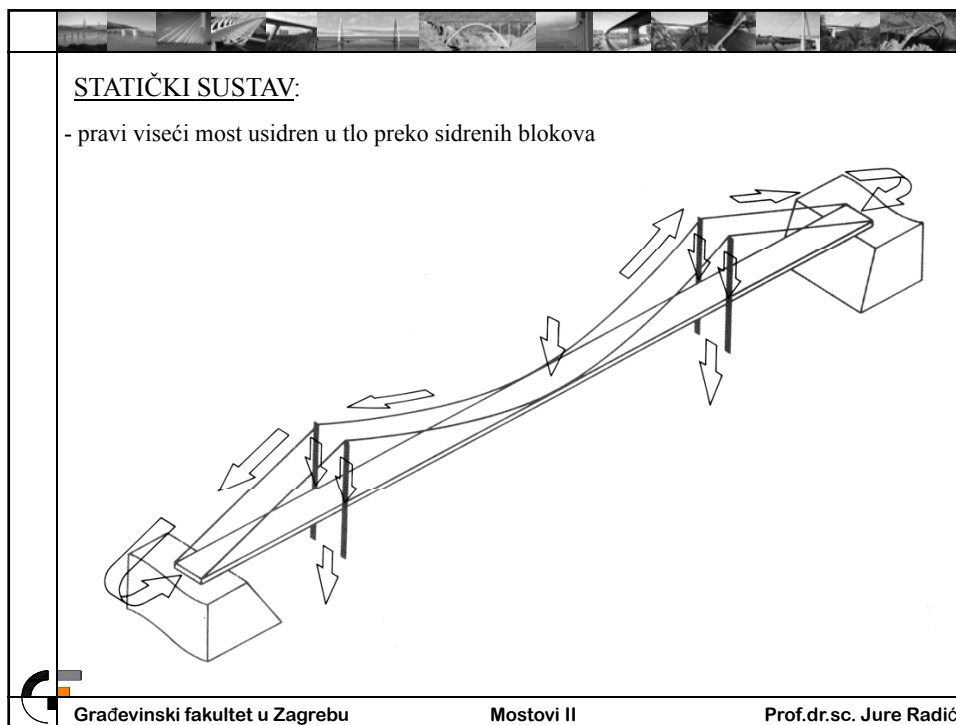






PODJELE VISEĆIH MOSTOVA

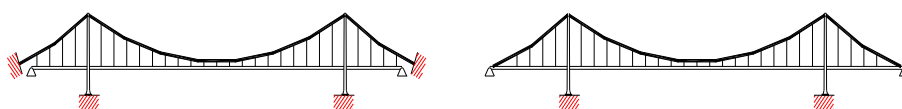
▪ PODJELA PREMA UNOSU SILE IZ UŽETA:

• PRAVI VISEĆI MOST

vertikalna i horizontalna komponenta sila iz užeta predaju se u sidreni blok

• NEPRAVI VISEĆI MOST

horizontalnu komponentu preuzima greda za ukrućenje, a vertikalnu sidrena konstrukcija



Građevinski fakultet u Zagrebu

Mostovi II

Prof.dr.sc. Jure Radić

▪ PODJELA PO BROJU OVJEŠENIH OTVORA:

• MOST S JEDNIM OTVOROM

na užu je ovješeno samo središnji otvor

• MOST S TRI OTVORA

na užu su ovješeni i srednji i bočni otvori



Građevinski fakultet u Zagrebu

Mostovi II

Prof.dr.sc. Jure Radić

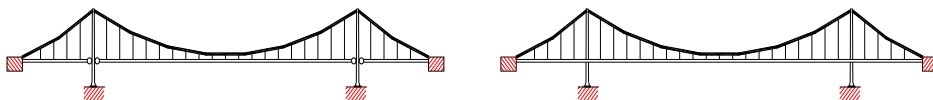
▪ PODJELA PO STATIČKOM SUSTAVU GREDE:

• DVOZGLOBNA GREDA

greda je zglobno oslonjena na mjestu pilona

• GREDA KAO KONTINUIRANI NOSAČ

na pilonima elastično ovješena greda ima (kruti)
ležaj i kontinuitet za savijanje



▪ PODJELA PO RASPOREDU VJEŠALJKI

• VERTIKALNE VJEŠALJKE

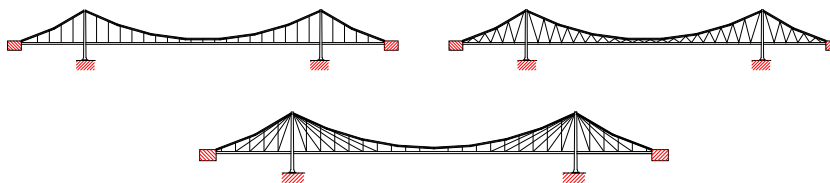
- vješaljke grede za ukrućenje ugrađuju se vertikalno

• DIJAGONALNE VJEŠALJKE

- pod opterećenjem u gredi nastaju uzdužne sile

• KOMBINIRANI SUSTAV

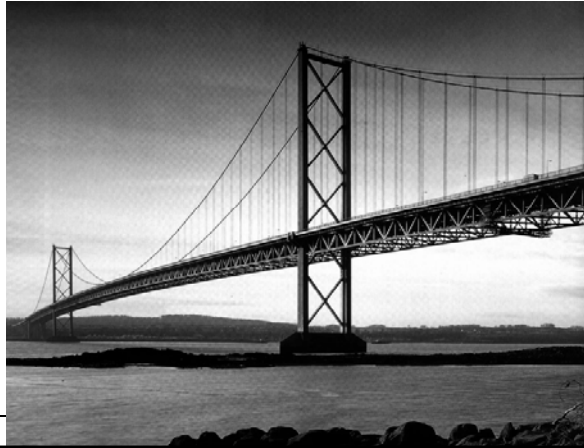
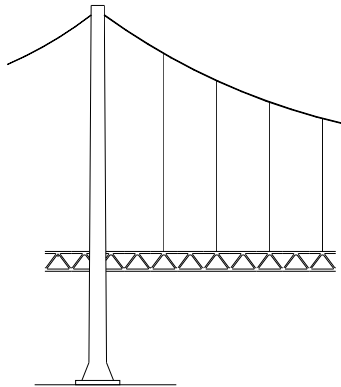
- uz vertikalne vješaljke ugrađuju se i kose zatege –
povećava se krutost sustava i smanjuje progibanje



Značajke različite izvedbe vješaljki:

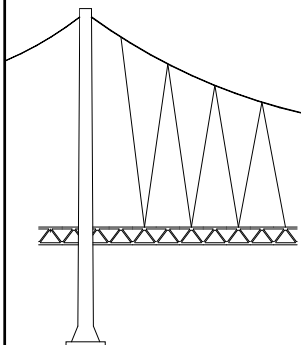
▪ vertikalnim vješaljka ostvaruju se:

- jednostavniji statički sustav za gredu za ukrućenje
- jednostavniju kontrolu geometrije i ostvarene sile u vješaljki



▪ dijagonalnim (kosim) vješaljka ostvaruje se:

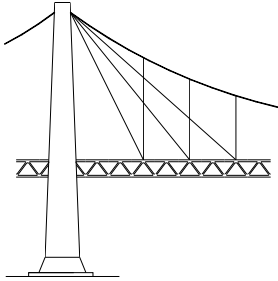
- veća krutost sustava formiranjem rešetke
- veće prigušenje i bolju aerodinamičku stabilnost
- imaju veliku oscilaciju sile – osjetljive na zamor

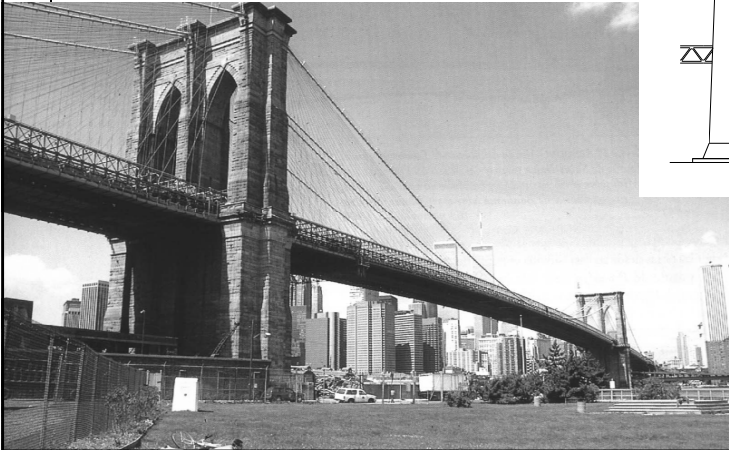




▪ kombiniranim sustavom ostvaruje se:

- velika krutost grede za ukrućenje
- manja osjetljivost na havarije





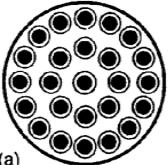
Prof.dr.sc. Jure Radić



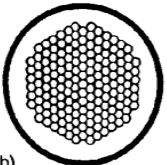
KONSTRUKCIJSKI ELEMENTI

NOSIVO UŽE

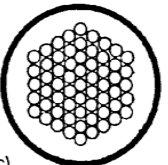
- izvodi se od čelika čvrstoće 1570 MPa i više (do 2000 MPa)
- plete se od žica promjera 5 do 7 mm
- ovisno o načinu slaganja žica razlikujemo užad načinjenu od:
 - snopova paralelnih žica
 - snopova paralelnih strukova
 - paralelnih šipki
 - zatvorene spiralne užadi (jednog ili više)
 - spiralnih užadi (jednog ili više)



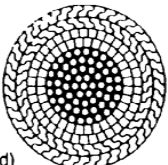
(a)



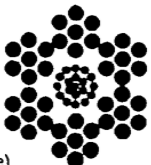
(b)



(c)

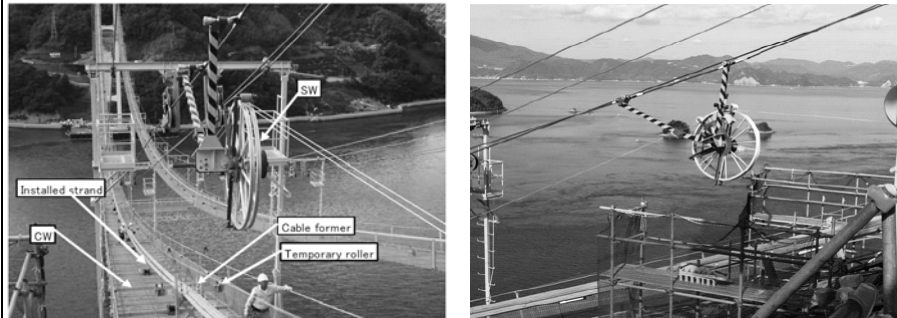


(d)



(e)

“aerial spinning”



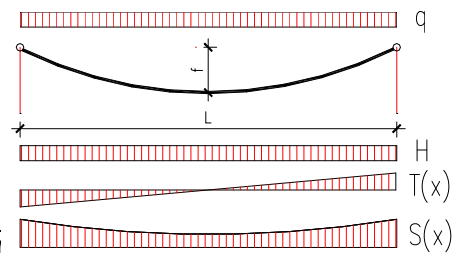
■ Osnove statičkog proračuna kabela:

- vertikalno opterećenje koje se preko vješaljki predaje užetu prenosi se po modelu lančaničice
- statičke značajke užeta su raspon L i strelica (provjes) f
- Uobičajeni odnos je: $f/L = (1/8 \text{ do } 1/10)$
- preliminarni izračun užeta određuje se iz izraza:

$H = (q \cdot L^2) / (8 \cdot f)$ - horizontalna komponenta sile u užetu

$S = H / \cos \alpha(x)$ - sila u pojedinom presjeku duž užeta

$A = S_{\max} / \sigma$ - potrebna površina užeta

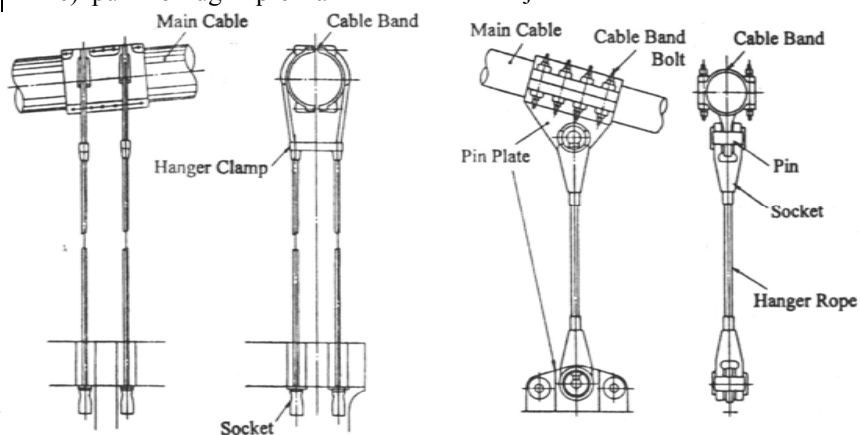


VJEŠALJKE

■ izvode se od:

- a) zatvorene spiralne užadi
- b) spiralne užadi
- c) punih okruglih profila

- na gredu za ukrućenje spajaju se preko trna ili sidrima
- na glavnu užad spajaju se pomoću obujmica



PILON SA SEDLOM

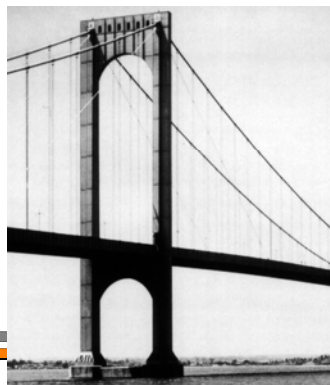
■ pilon vertikalno opterećenje od užeta predaje na tlo

■ visina pilona se određuje po izrazu: $H = H_0 + H_k + f$

H_0 - iz uvjeta visine plovnog profila (oko 50,0 m)

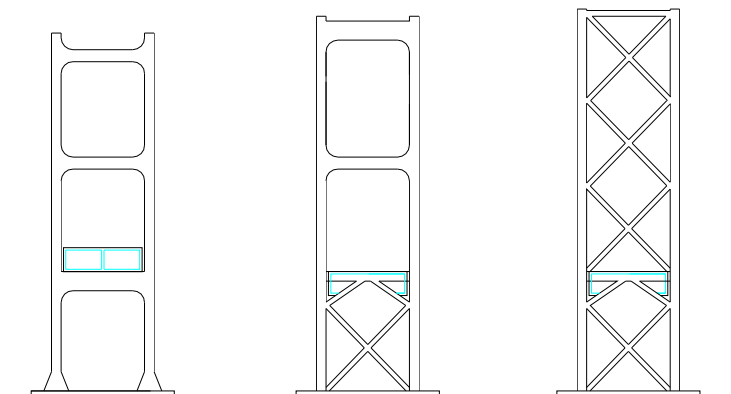
H_k - visina od donjeg ruba konstrukcije do užeta

f - strelica ($L/8$)



▪ u poprečnom smjeru pylon se može izvesti kao:

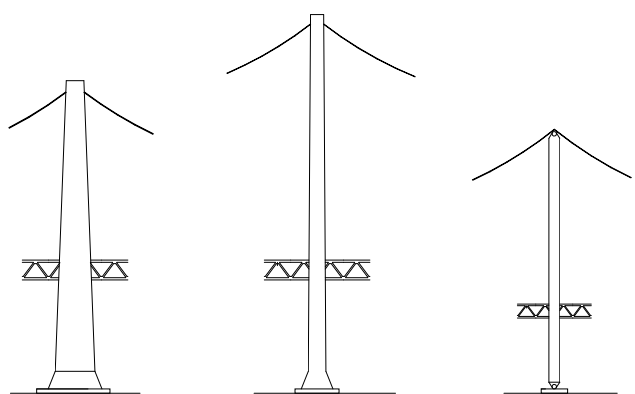
- okviri sustav
- rešetkasti sustav
- kombinirani sustav



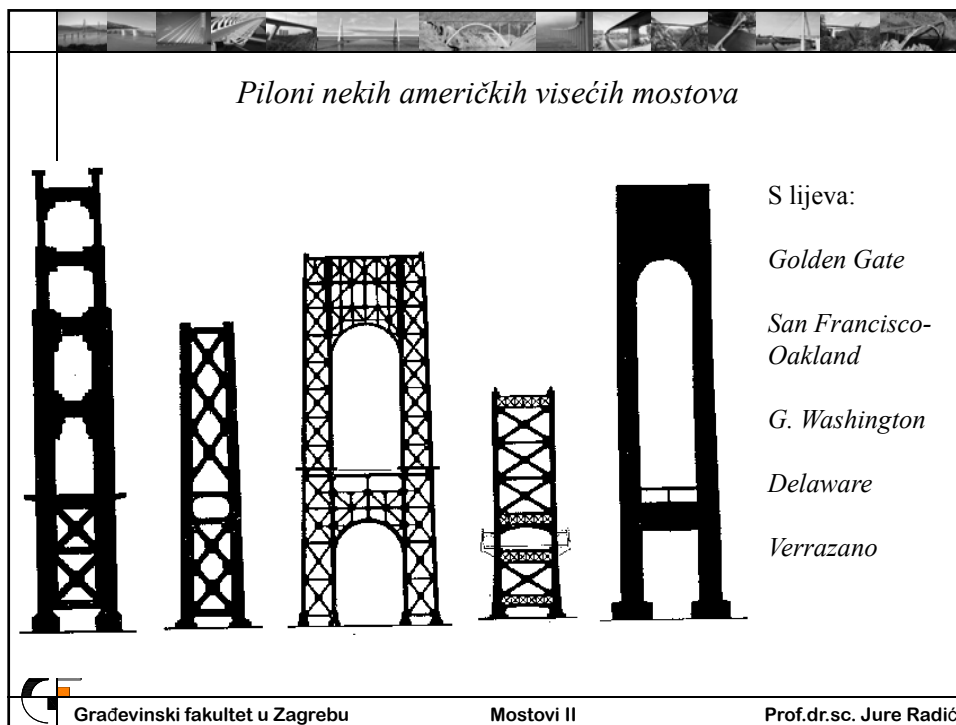
Građevinski f

▪ u uzdužnom smjeru pylon se izvodi kao:

- konzolni stup
- kruti konzolni stup
- pendl-stup



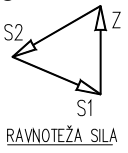
Građevinski fakultet



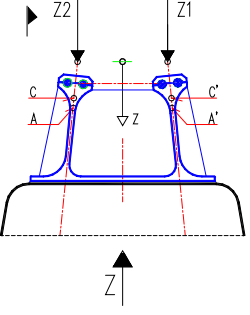
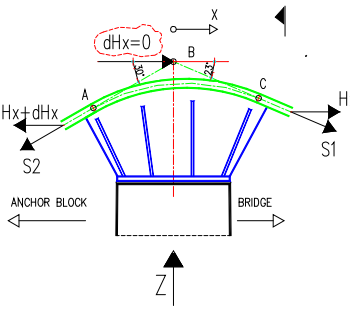


▪ SILE NA VRHU PILONA

- suvremene izvedbe pilona ne omogućuju preuzimanje uzdužnih sila na vrhu pilona
- iz trokuta sila određuje se akcija na sedlo i vrh pilona mora se osigurati kompatibilnost sustava u fazi montaže i uporabe



RAVNOTEŽA SILA

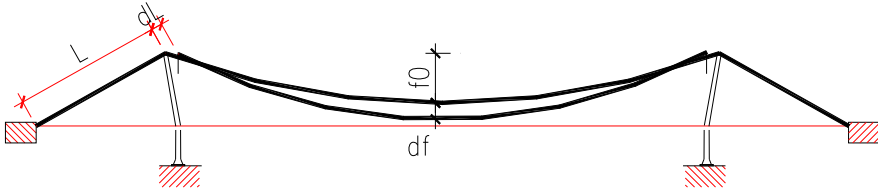



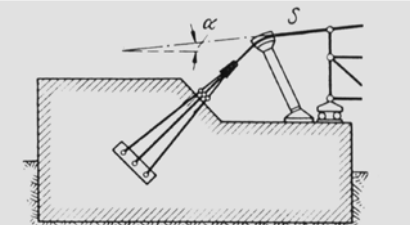
tet u Zagre



▪ **SEDLO U FAZI GRAĐENJA**

- sedlo na vrhu pilona i/ili sedlo u zoni rasplitanja u sidrenom bloku ostvaruju kompenzaciju duljine užeta između pilona i sidrenog bloka, nastalu prirastom sile u užetu u fazi izvedbe grede za ukrućenje



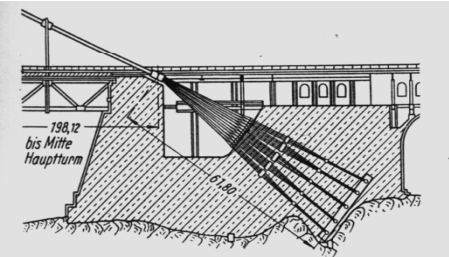
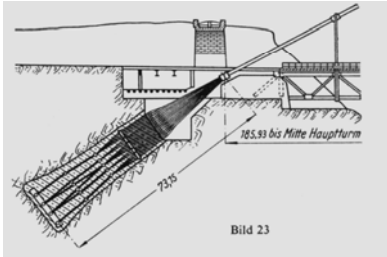



Mostovi



SIDRENA KONSTRUKCIJA

- Uobičajena je izvedba mostova sa sidrenjem užeta u sidreni blok (pravi viseći mostovi)
- Sidrena konstrukcija ima zadaću preuzeti vertikalnu i horizontalnu komponentu sile iz užeta
- Razlikujemo dvije grupe sidrenih konstrukcija:
 - gravitacijska sidrena konstrukcija
 - tunelska sidrena konstrukcija



Građevinski fakultet u Zagrebu

Mostovi II

Prof.dr.sc. Jure Radić

■ UVJET STABILNOSTI SIDRENOG BLOKA

$$G = \nu S \left(\sin \alpha \frac{\cos \alpha}{\tan \gamma} \right), \text{ gdje je } \gamma = \beta + \rho$$

G - potrebna težina sidrenog bloka

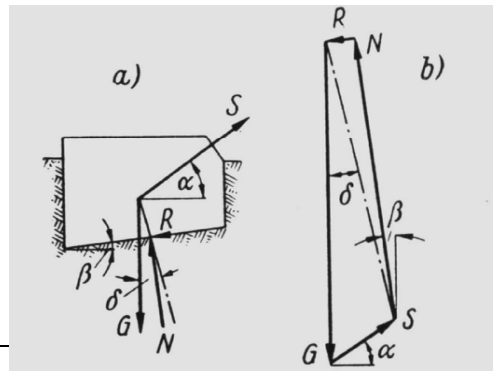
S - sila u užetu

ν - koeficijent sigurnosti za klizanje

α - nagib užeta prema horizontali

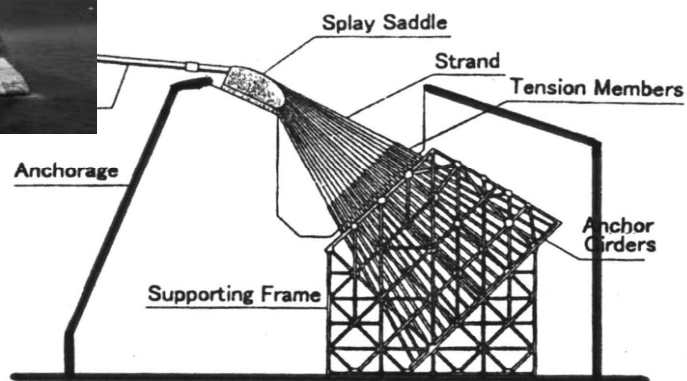
β - nagib donje plohe tla

ρ - kut trenja



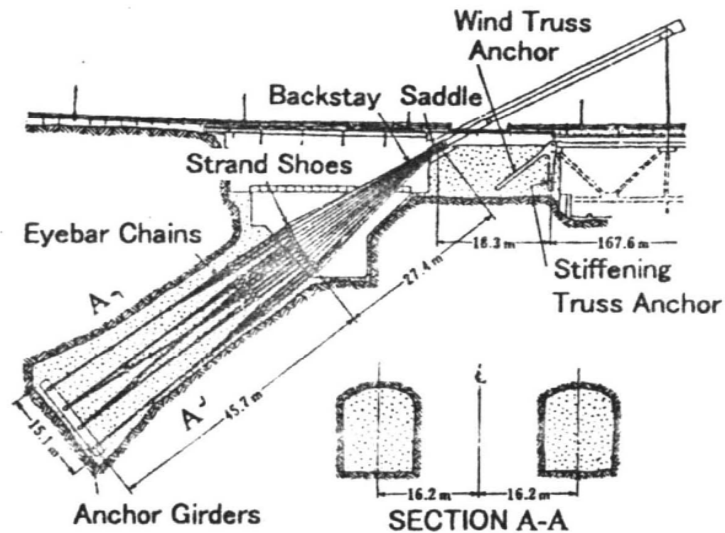
Građevinski fakultet u Zagrebu

GRAVITACIJSKI SIDRENI BLOK



Građevinski fakultet u

SIDRENI BLOK U TUNELU



Građevinski fakultet u Zagrebu

Mostovi II

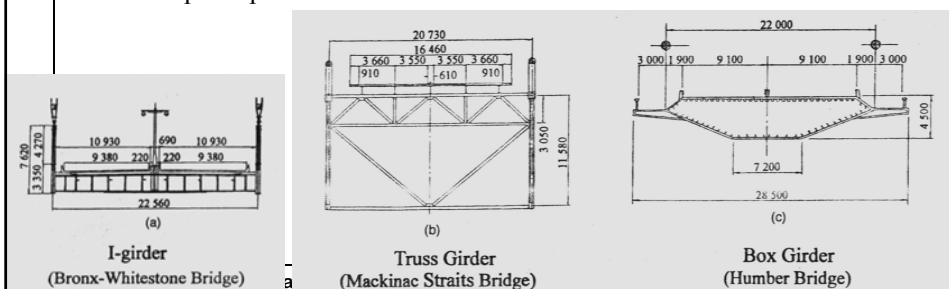
Prof.dr.sc. Jure Radić

GREDA ZA UKRUĆENJE

- sadrži nosive elemente kolnika
- preuzima opterećenja od djelovanja prometnog opterećenja i predaje ih vješaljkama
- preuzima horizontalna opterećenja (vjetar, potres ...) i predaje ih pilonima i upornjacima

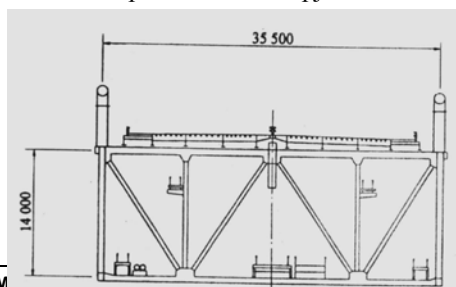
Podjela greda za ukrućenje:

- američki tip
- europski tip



▪ AMERIČKI TIP GREDE ZA UKRUĆENJE:

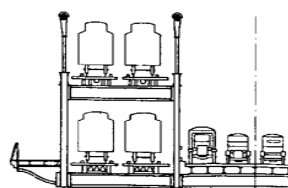
- spregovima prostorno stabilizirana rešetkasta konstrukcija
- visoka konstrukcija (H oko 10,0 i više metara) ima veliku krutost na savijanje
- nesimetrična opterećenja i vertikalne pobude preuzima visoka, kruta rešetka
- prikladna za promet na dva kata
- ekstremni oblik grede od punostijenih nosača pokazao se neuspješnim (*Tacoma*)



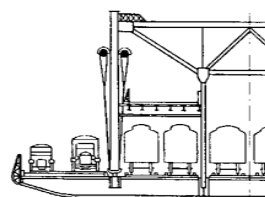
Građevinski fakultet u Zagrebu

M

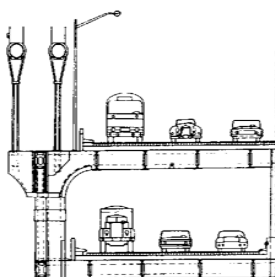
Poprečni presjeci - američke izvedbe



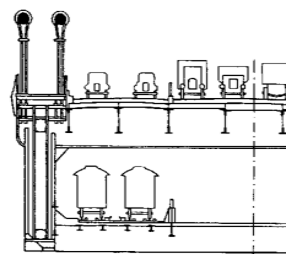
Manhattanbrücke, New York



Williamsburgbrücke, New York



Narrowsbrücke, New York

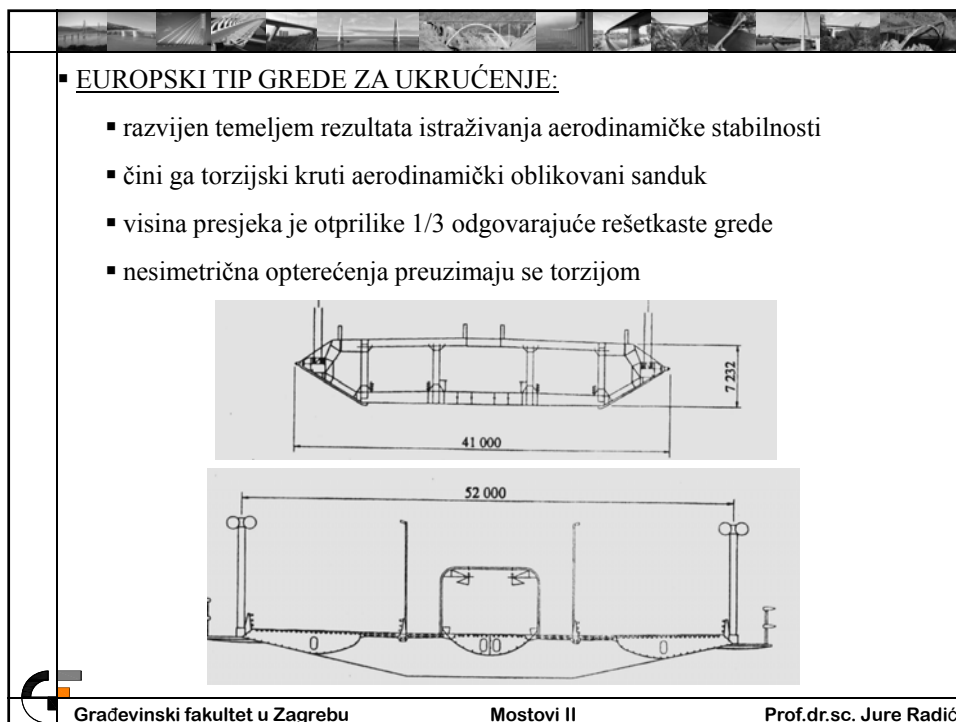
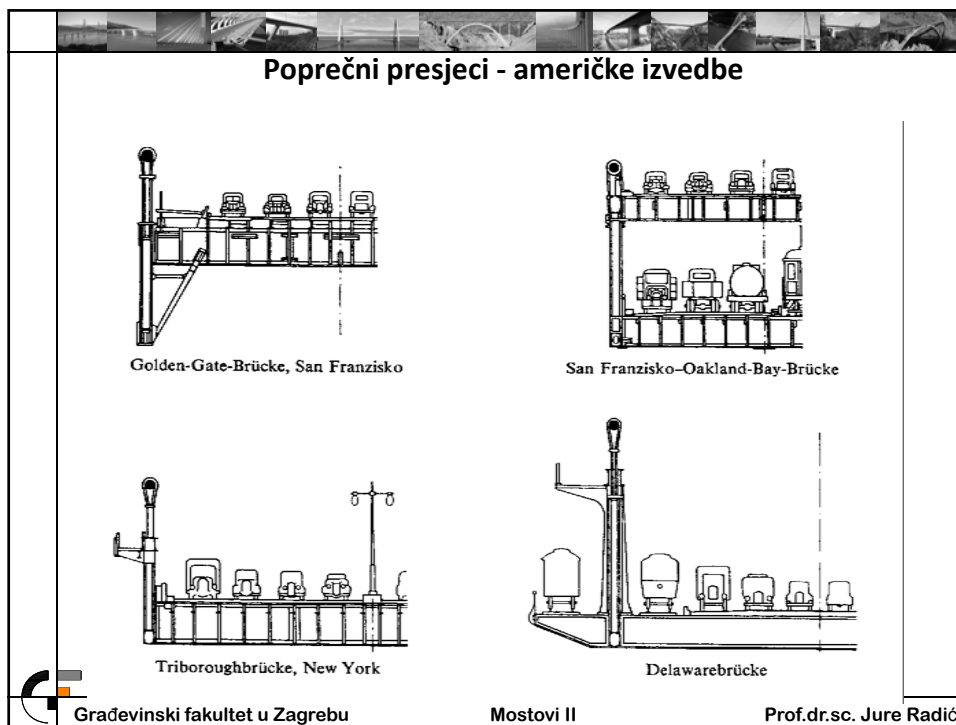


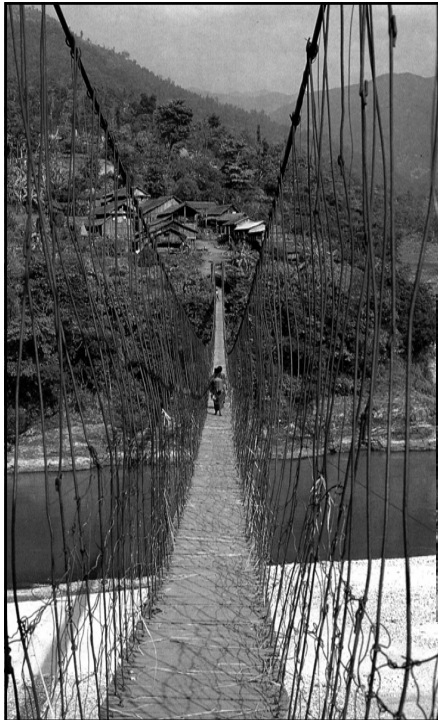
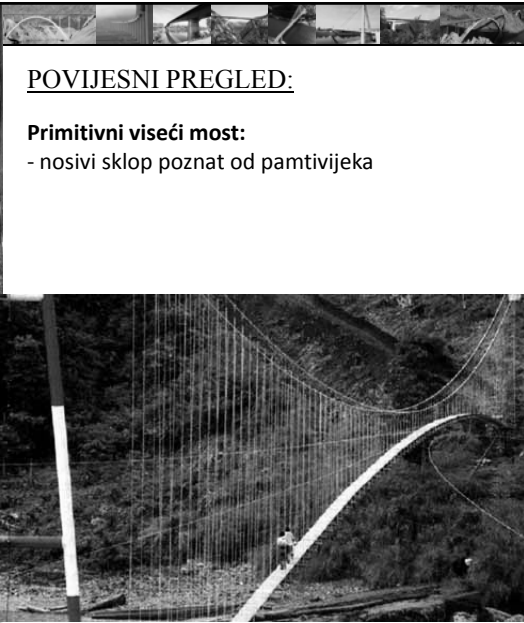
George-Washington-Brücke, New York

Građevinski fakultet u Zagrebu

Mostovi II

Prof.dr.sc. Jure Radić



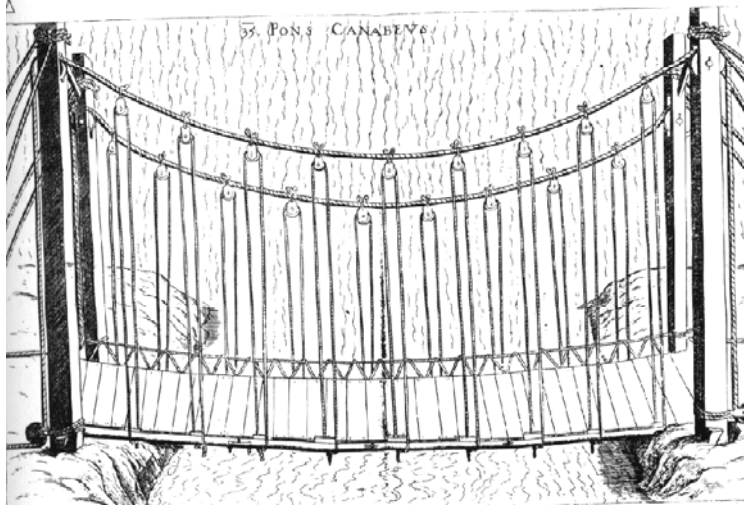



POVIJESNI PREGLED:

Primitivni viseći most:
- nosivi sklop poznat od pamtivyjeka

...grade se i danas

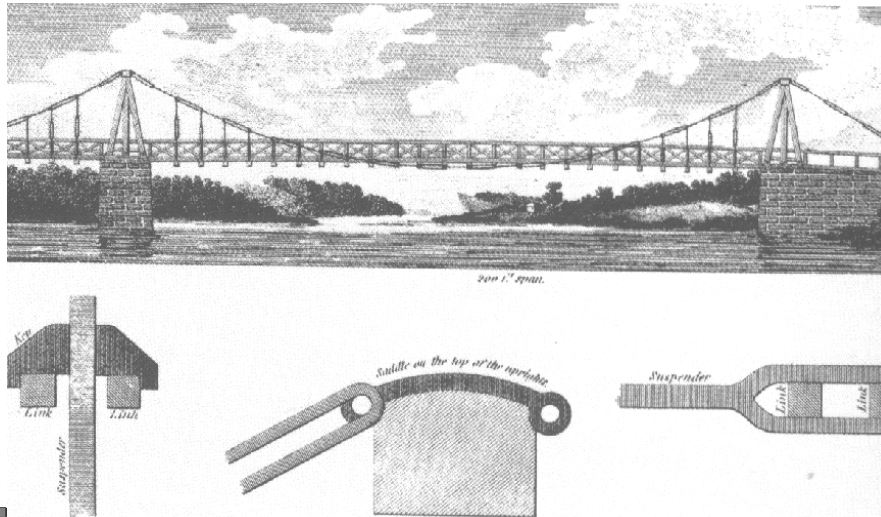
Mostovi II Prof.dr.sc. Jure Radić



Faust Vrančić:
knjiga *Machinae Novae* (1615)

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

Finlay: lančasti viseći most (1807)

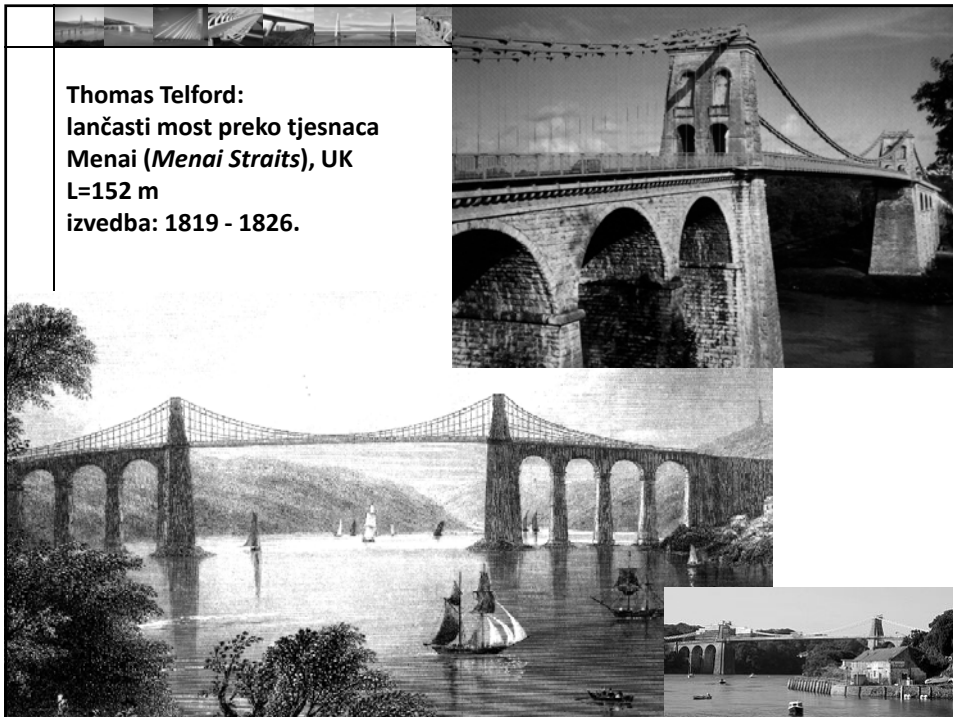


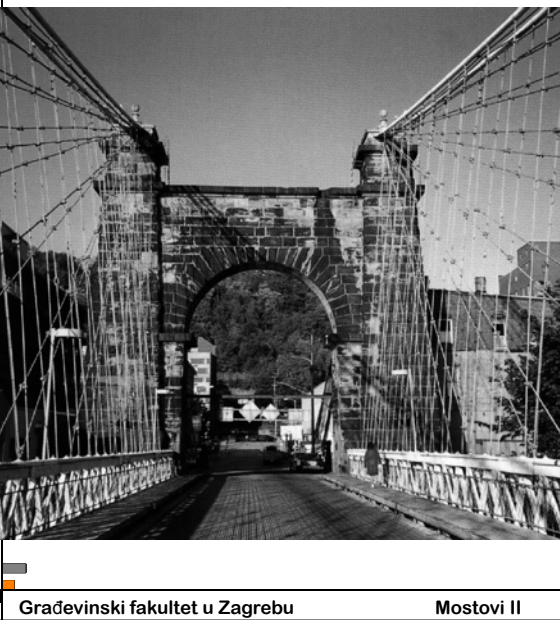
Građevinski fakultet u Zagrebu

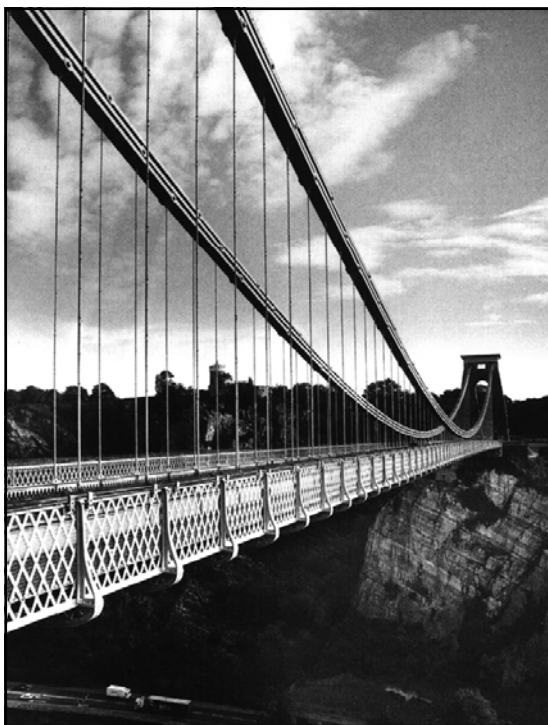
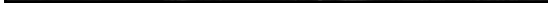
Mostovi II

Prof.dr.sc. Jure Radić

Thomas Telford:
lančasti most preko tjesnaca
Menai (*Menai Straits*), UK
L=152 m
izvedba: 1819 - 1826.



		
	most <i>Wheeling</i>, Ohio, SAD	
		• projektant Charles Ellet • izvedba: 1846. • $L=340$ m • kabeli od željeznih žica • oštećen uslijed jake oluje 1854. • obnovljen dodavanjem kosih zatega • Obnavljan i proširivan više puta
	Građevinski fakultet u Zagrebu	Mostovi II

	Most <i>Clifton</i>, UK • izvedba: 1864. - projektant: Isambard Kingdom Brunel • $L=214$ m • jedan od najvećih mostova sa paraboličnim užetom
	Prof.dr.sc. Jure Radić



Američki tip visećih mostova

- Početak gradnje američkih visećih mostova uvjetno se može vezati za projektanta Johanna Röbbling-a.
- On je patentirao novi način izvedbe nosivih kabela “aerial spinning”, koji se i danas koristi.
- Njegovo remek-djelo most *Brooklyn* i danas je simbol New York-a.
- *Američki tip* visećeg mosta ima gredu za ukrućenje rešetkastog tipa.



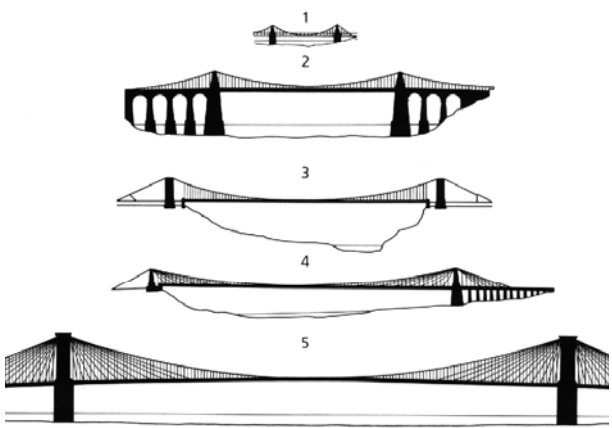
Johann Roebling: Željeznički most preko Niagare (1859)

- izvorni postupak izvedbe kabela “aerial spinning”





Rasponi prije mosta *Brooklyn*



1. Finlay, L=61 m
2. Telford, *Menai Straits*, L=152 m
3. Joseph Chaley *Freiburg*, L=273 m
4. Charles Ellet, *Wheeling*, 308 m
5. *Brooklyn*, 486 m

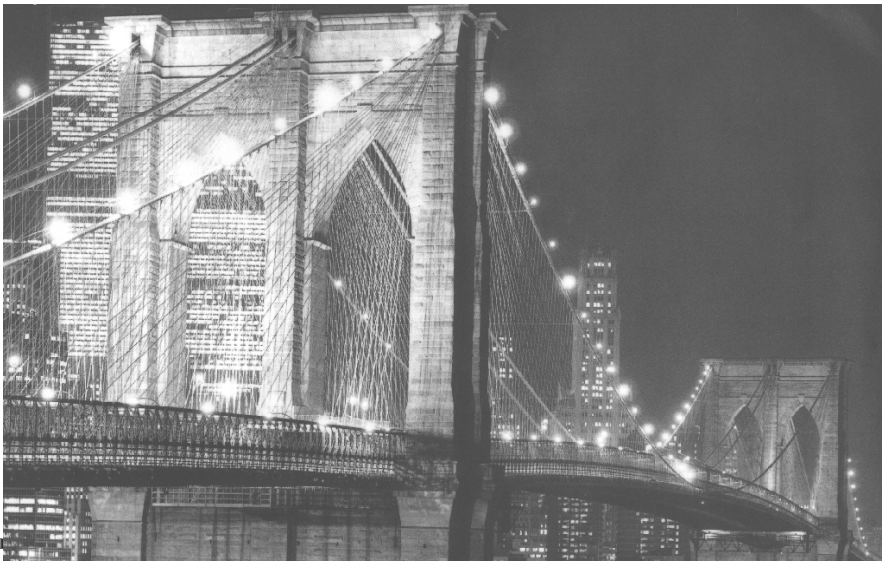

Građevinski fakultet u Zagrebu

Mostovi II

Prof.dr.sc. Jure Radić



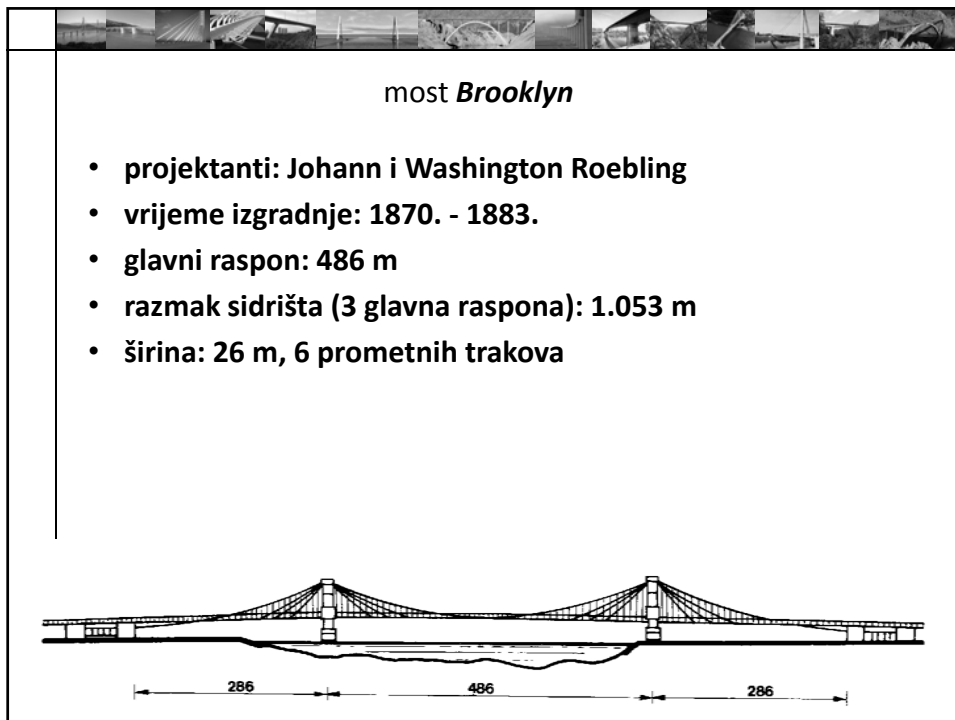
most *Brooklyn*

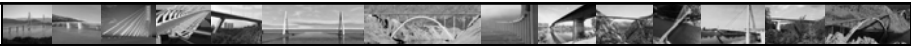



Građevinski fakultet u Zagrebu

Mostovi II

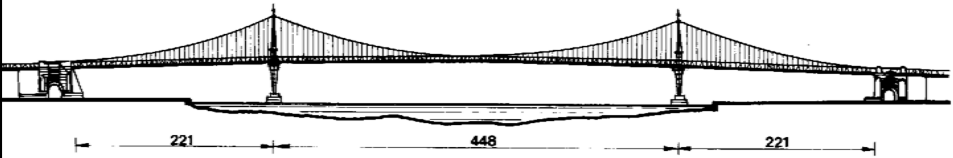
Prof.dr.sc. Jure Radić





most *Manhattan*

- projektant: R. R. Buck, G. Lindenthal, R. Modjeski
- vrijeme izgradnje: 1901. - 1909.
- glavni raspon: 448 m
- razmak sidrišta (3 glavna raspona): 890 m





Građevinski fakultet u Zagrebu

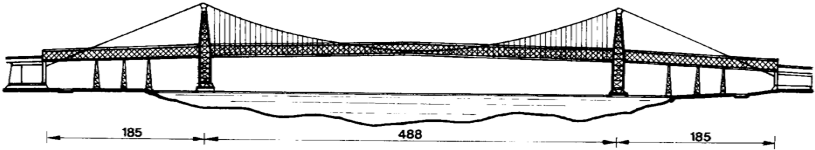
Mostovi II

Prof.dr.sc. Jure Radić



most *Williamsburg*



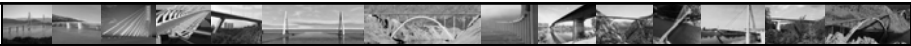





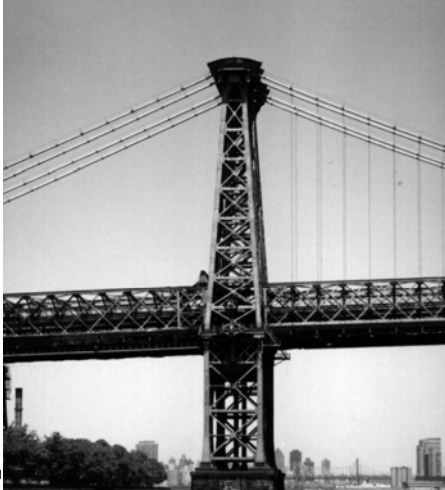
Građevinski fakultet u Zagrebu

Mostovi II

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 trakova + 2 kolosijeka metroa


Građevinski fakultet u Zagrebu

Mostovi II

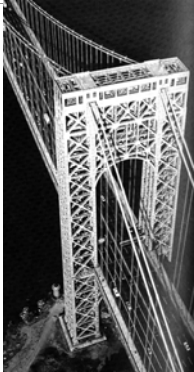
Prof.dr.sc. Jure Radić



Most *George Washington*



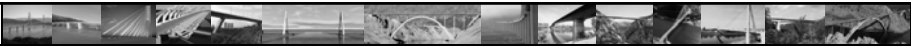





Građevinski fakultet u Zagrebu

Mostovi II

Prof.dr.sc. Jure Radić



Most *George Washington*

- projektant: Othmar Ammann
- glavni statičar: Leon S. Moisseiff
- prepreka: rijeka Hudson
- vrijeme izgradnje: 1927. - 1931.
- glavni raspon: 1.067 m
- razmak sidrišta (3 glavna raspona): 1.451 m
- širina: 2 x 36,3 m (promet u dvije razine)
- visina slobodnog profila: 64,9 m


Građevinski fakultet u Zagrebu

Mostovi II

Prof.dr.sc. Jure Radić



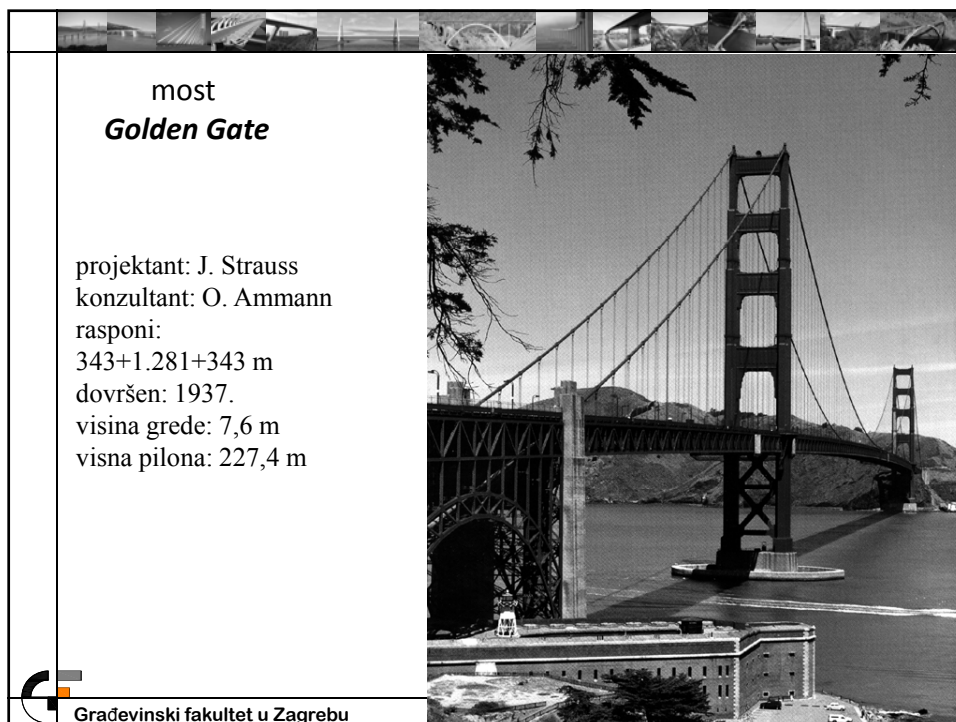
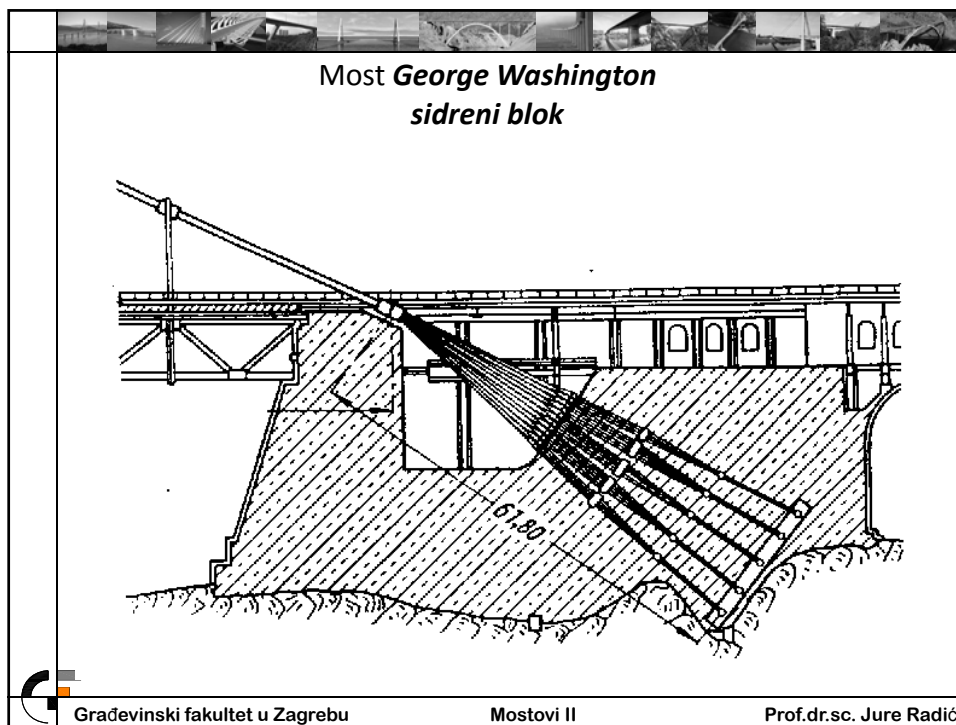
Most *George Washington*

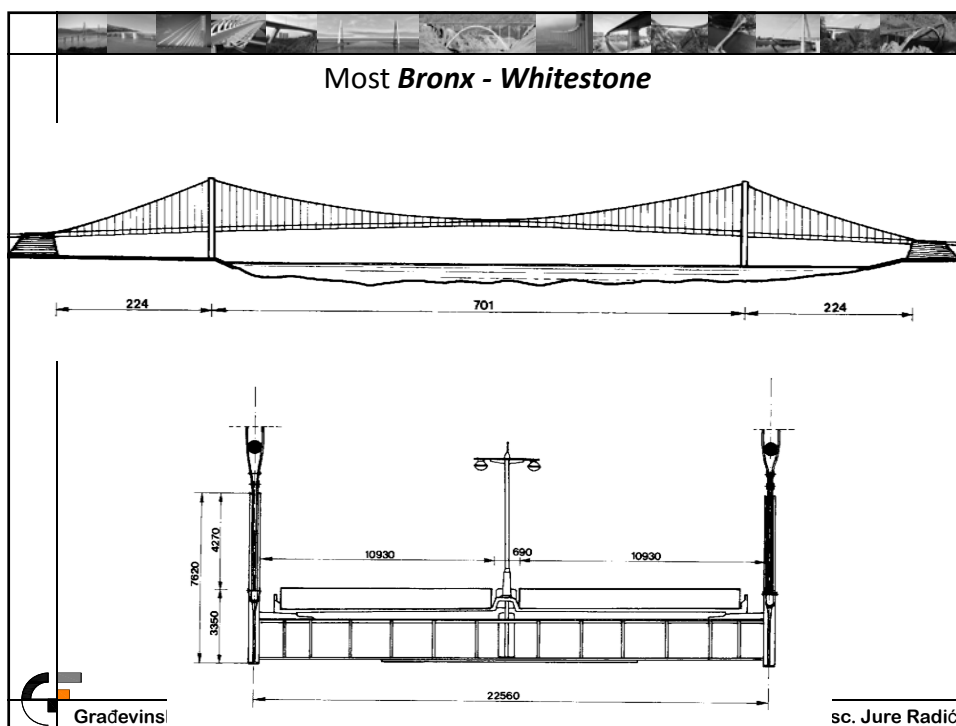


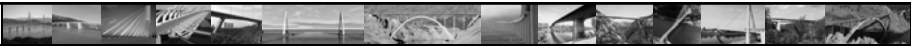

Građevinski fakultet u Zagrebu

Mostovi II

Prof.dr.sc. Jure Radić







Most *Bronx - Whitestone*

- projektant: Othmar Amman
- prepreka: East River
- vrijeme izgradnje: 1937. - 1939.
- glavni raspon: 701 m
- razmak sidrišta (3 glavna raspona): 1149 m
- širina: 30,5 m
- visina slobodnog profila: 45,7 m



Građevinski fakultet u Zagrebu

Mostovi II

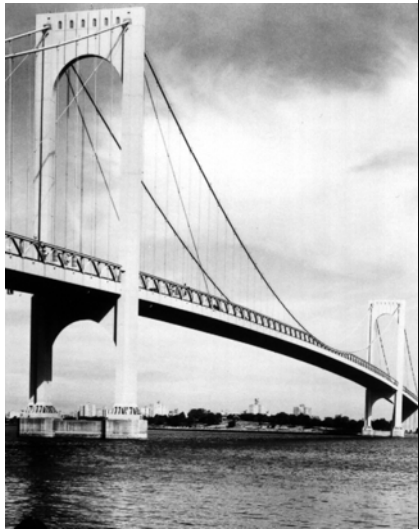
Prof.dr.sc. Jure Radić



Most *Bronx - Whitestone*

izvorni izgled – punostijeni nosači
(1940)





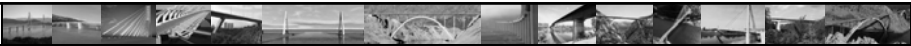
s dodanom rešetkom (1943)
nakon rušenja *Tacome*



Građevinski fakultet u Zagrebu

Mostovi II

Prof.dr.sc. Jure Radić



most *Tacoma Narrows*

- projektant: Leon S. Moiseiff
- veličina glavnog raspona: 853 m
- širina kolničke konstrukcije: 12 m
- greda za ukrućenje – vitki punostijeni nosači
- dovršen: 1940.
- srušio se iste godine

Građevinski fakultet u Zagrebu

Mostovi II

Prof.dr.sc. Jure Radić



most *Tacoma Narrows*
rušenje 1940.

Građevinski fakultet u Zagrebu

Mostovi II

Prof.dr.sc. Jure Radić

Neki geometrijski odnosi greda za ukrućenje			
Most	<i>Tacoma Narrows</i> (1940)	<i>Bronx-Whitestone</i> (1939)	<i>George Washington</i> (1931)
raspon/ visina grede	1:350	1:209 (1:91)	1:120 (1:89)
širina/ glavni raspon	1:72	1:31	1:33
bočni raspon/ glavni raspon	1:2,6	1:3,1	1:5,6
Napomena: Odnosi raspon/visina u zagradi su za most <i>Bronx-Whitestone</i> nakon dodavanja rešetke, a za most <i>George Washington</i> nakon izvedbe donjeg kolnika			
 Građevinski fakultet u Zagrebu Mostovi II Prof.dr.sc. Jure Radić			



most **Mackinac**

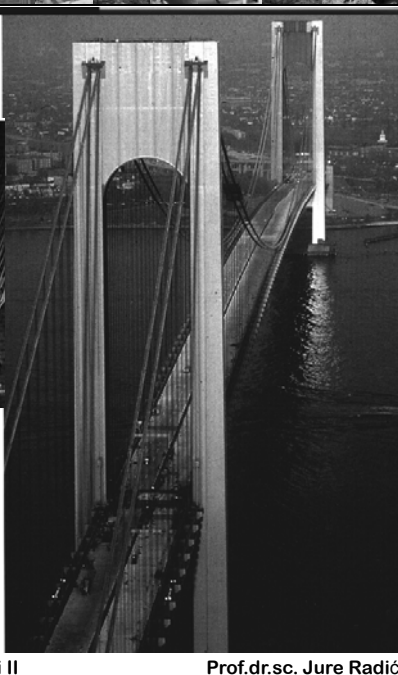
Prvi veliki viseći most izveden nakon rušenja *Tacome*
izvedba: 1954. - 1957.
rasponi: 548+1.158+548 m
ukupna duljina zavješnog dijela: 2254 m
projektant: David Steinman
visina pilona: 168 m





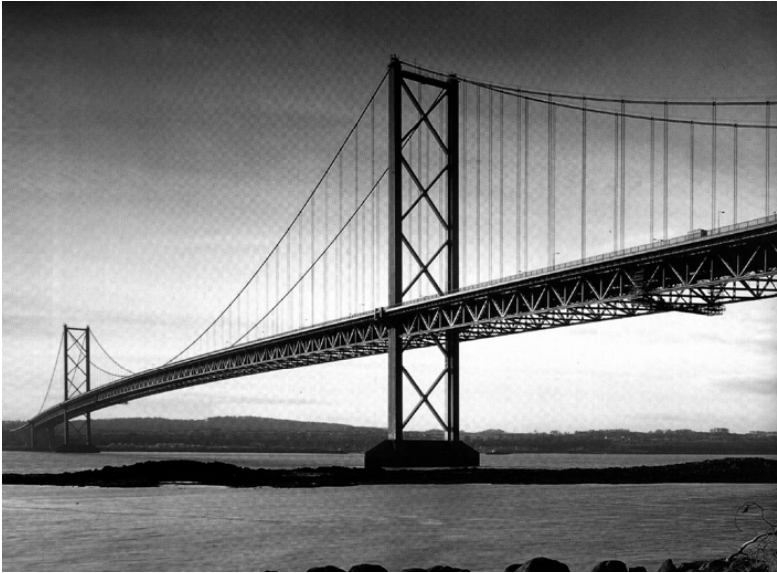
 Građevinski fakultet u Zagrebu
 Mostovi II

	
	most <i>Verrazano Narrows</i> • projektant: Othmar Amman • vrijeme izgradnje: 1959. - 1964. • glavni raspon: 1.298 m • razmak sidrišta (3 glavna raspona): 2.038 m
	

	
	most <i>Verrazano Narrows</i>  unutrašnjost sidrenog bloka 
	 Građevinski fakultet u Zagrebu Mostovi II Prof.dr.sc. Jure Radić



most *Firth of Forth*, $L=1.064$ m, Škotska, 1964.



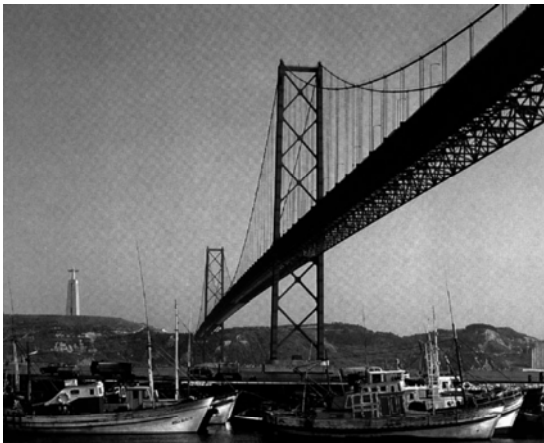


Građevinski fakultet u Zagrebu

Mostovi II

Prof.dr.sc. Jure Radić





25 de Abril, $L=1.013$ m
Lisabon, 1966.



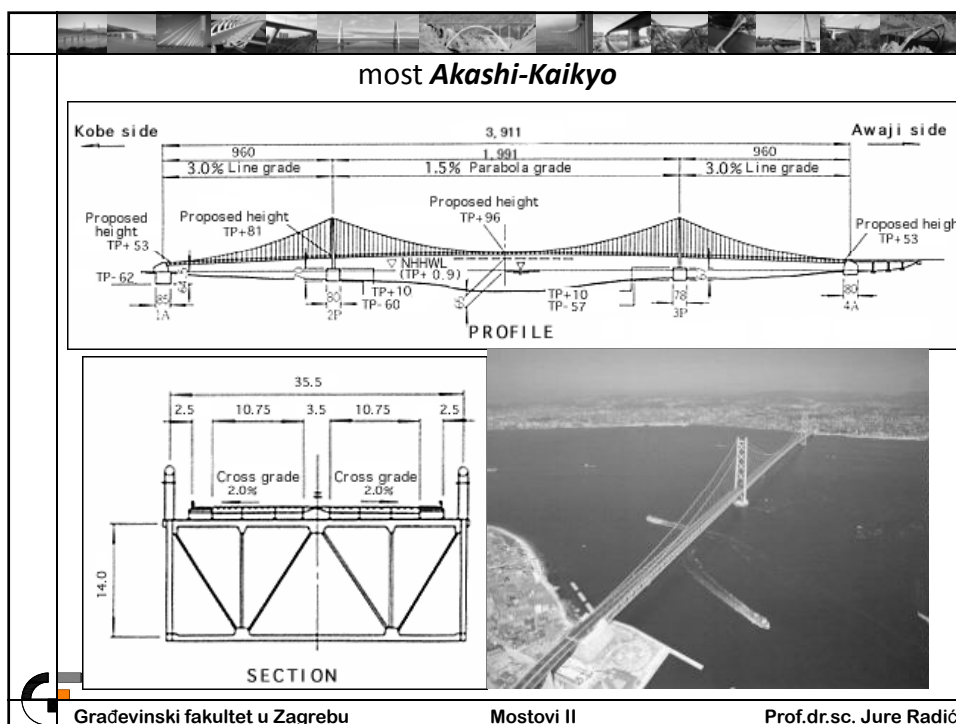
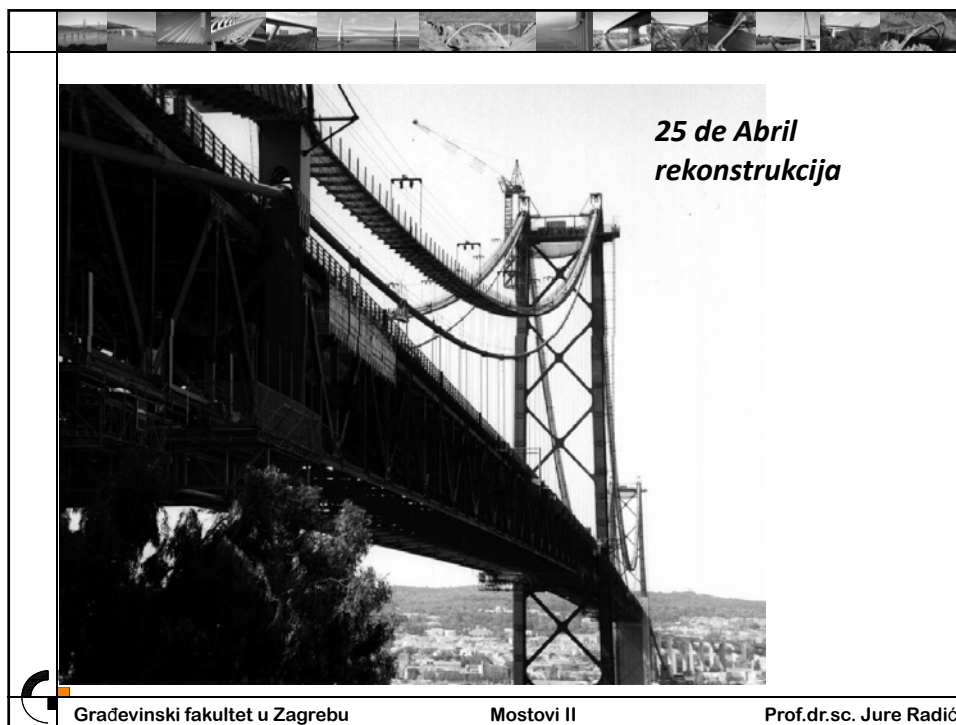
Span Dimensions (m)					
945.11	199.28	483.42	1012.88	483.42	98.64



Građevinski fakultet u Zagrebu

Mostovi II

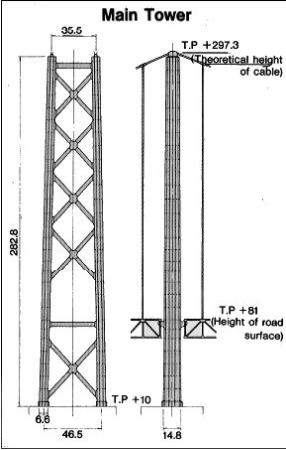
Prof.dr.sc. Jure Radić

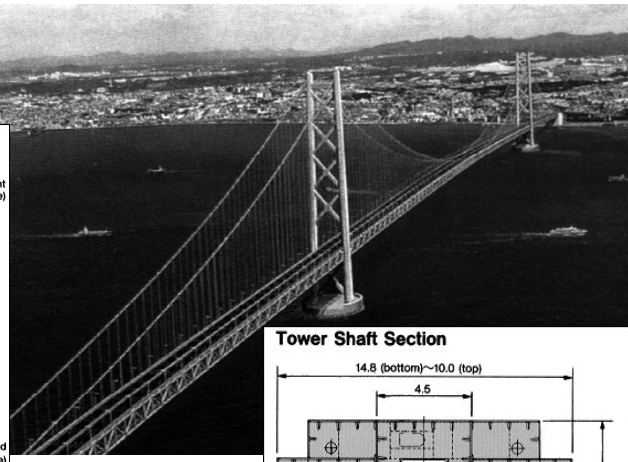


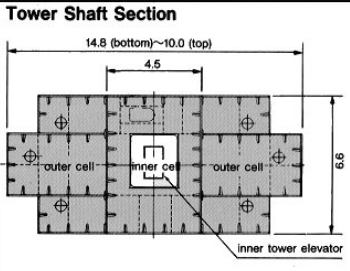


most *Akashi-Kaikyo*

Pilon: pogledi i presjek







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



Europski tip visećih mostova

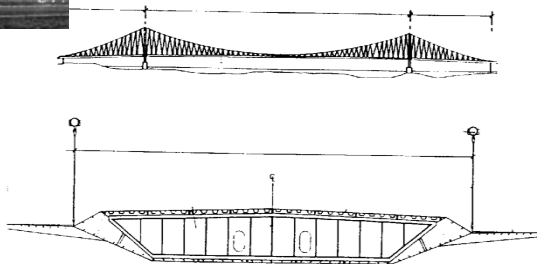
- **Pod europskim tipom** visećeg mosta podrazumijeva se greda za ukrućenje aerodinamički oblikovanog sandučastog poprečnog presjeka.
- **Američki tip** visećeg mosta ima gredu za ukrućenje uobičajeno rešetkastog tipa. Punostijeni glavni nosači nisu se dokazali u praksi (vidi most *Tacoma*).

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





most **Severn**,
L=988 m, U.K., 1966.





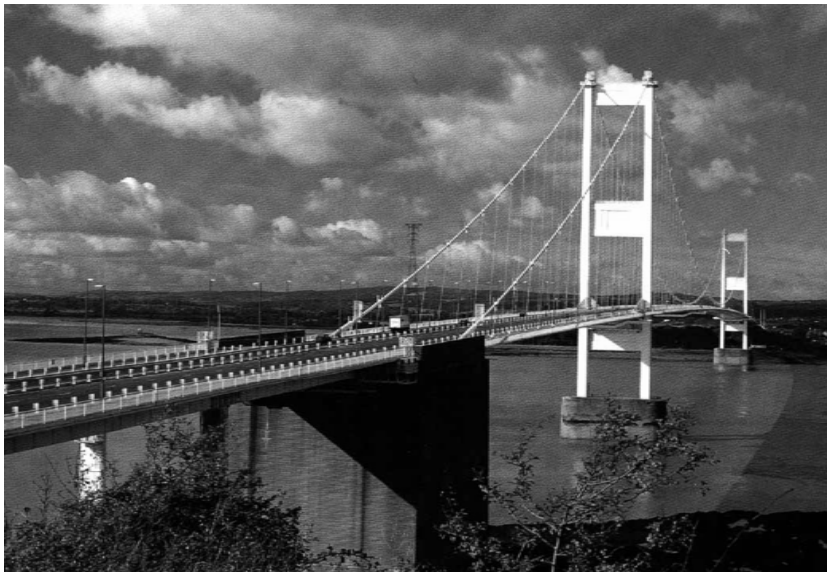
Građevinski fakultet u Zagrebu

Mostovi II

Prof.dr.sc. Jure Radić



most **Severn**, rekonstrukcija 1992.

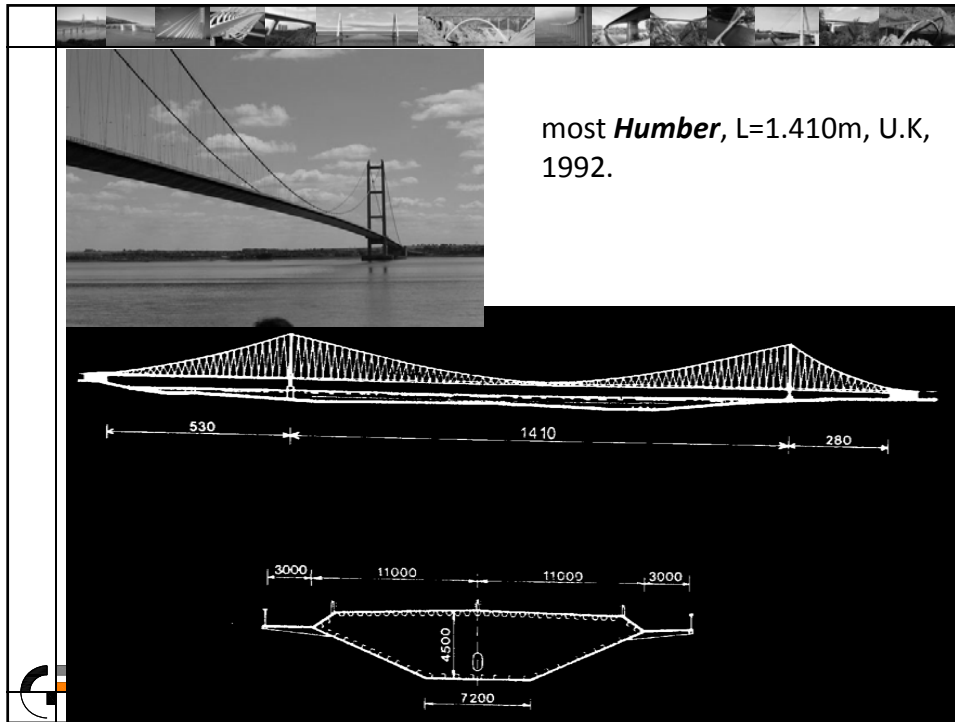


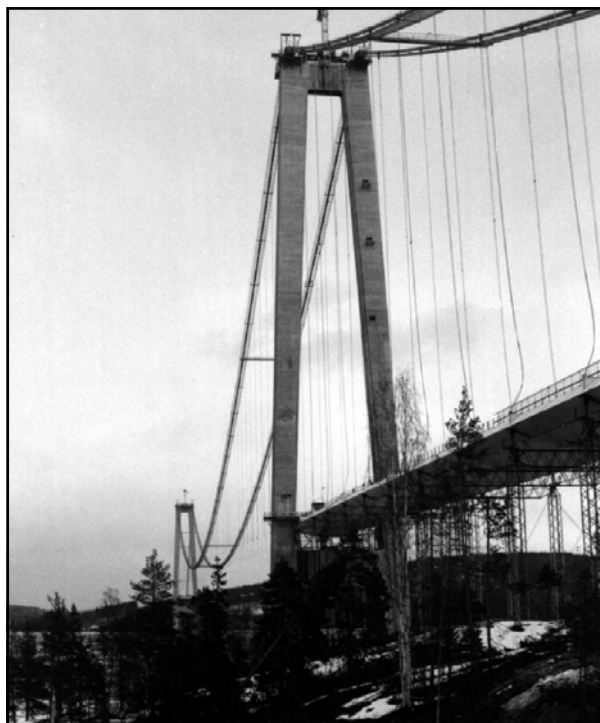


Građevinski fakultet u Zagrebu

Mostovi II

Prof.dr.sc. Jure Radić

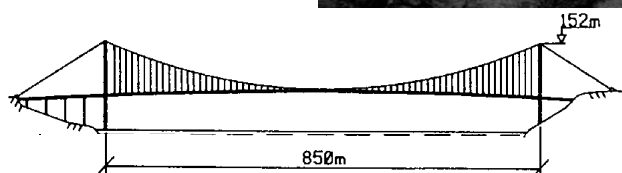




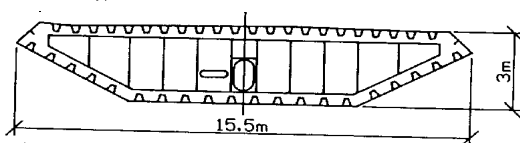
most **Högå Kusten**,
L=1.210m, Švedska,
1997.

Prof.dr.sc. Jure Radić

Most **Askøy**,
L=850m, Norveška
(1992)



pogled



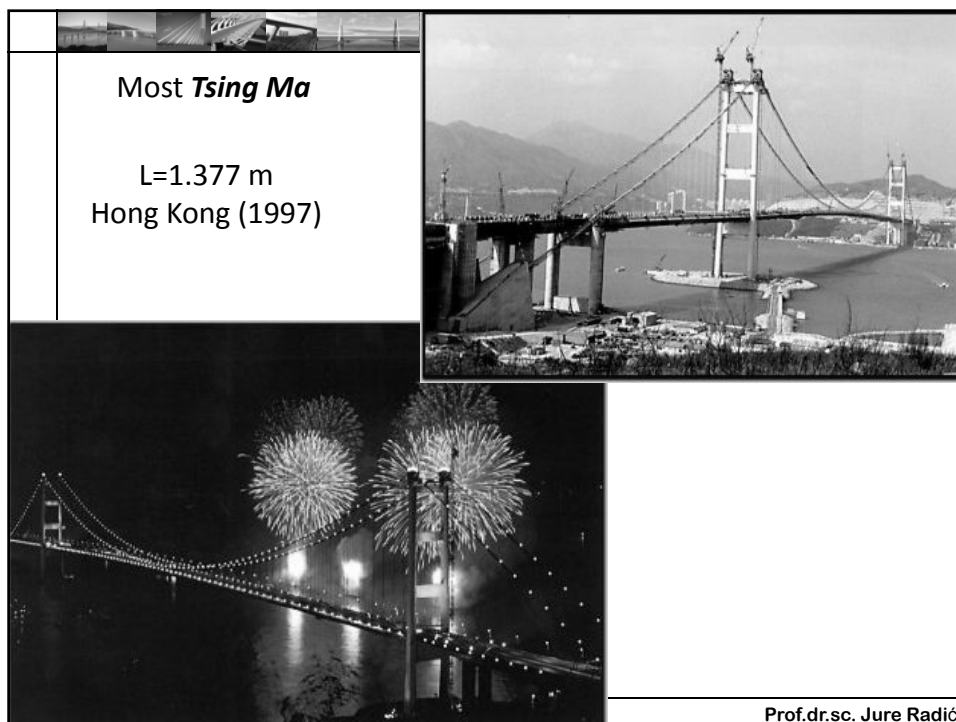
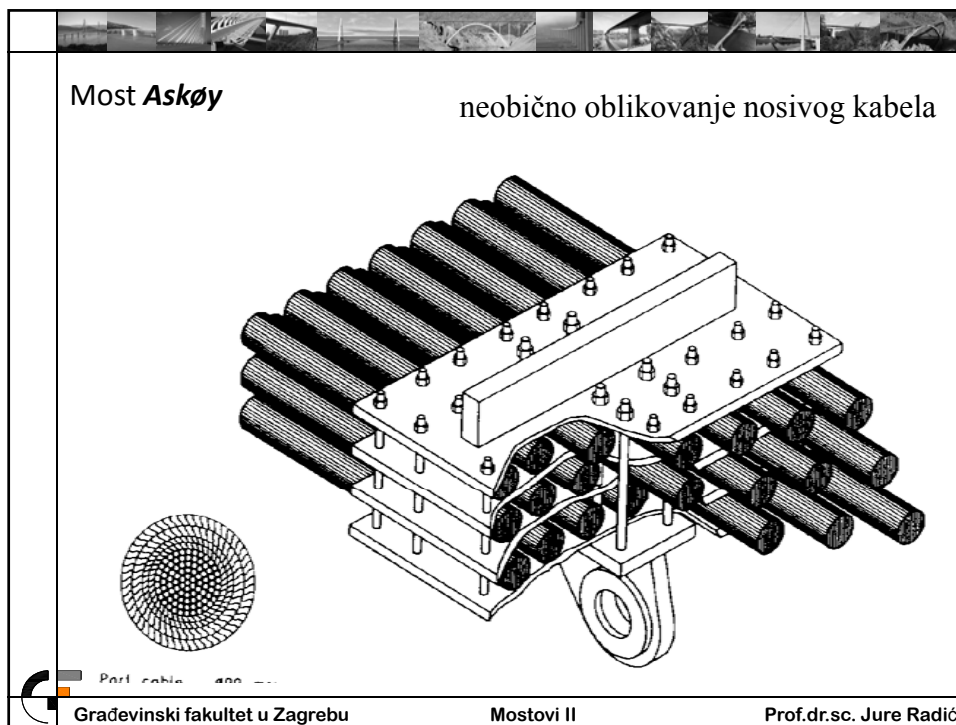
poprečni presjek

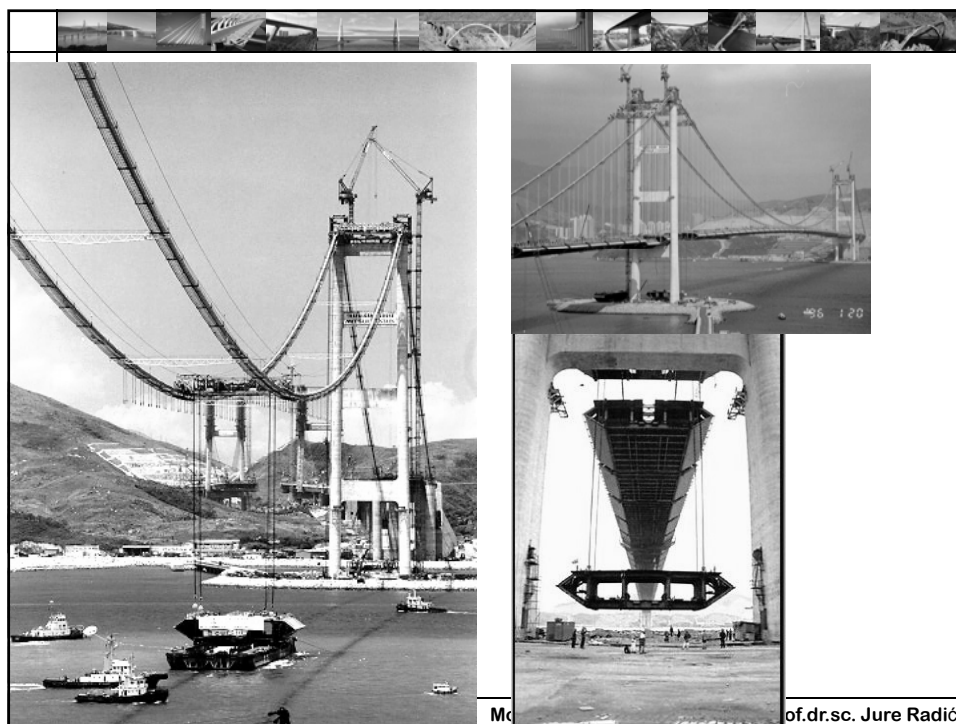
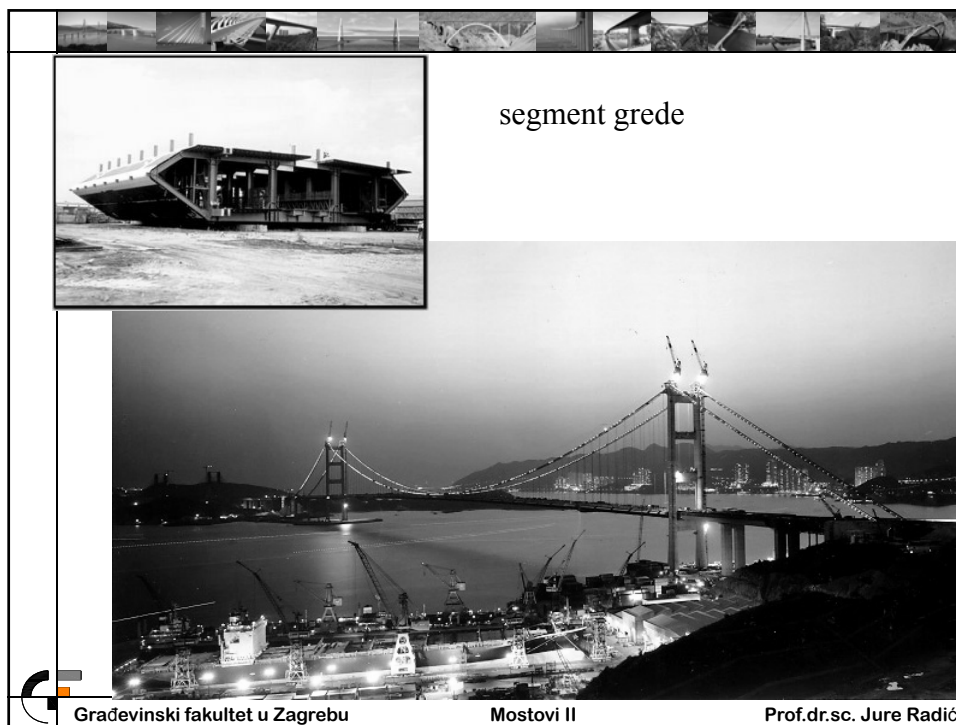
section, main span girder

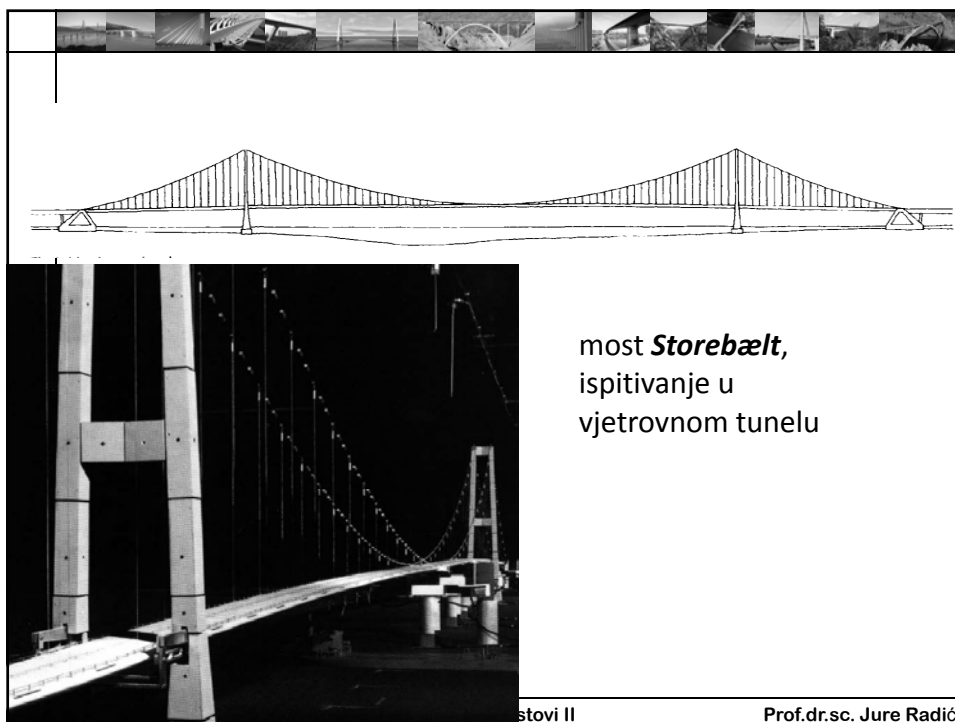
Građevinski fakultet u Zagrebu

Mostovi II

Prof.dr.sc. Jure Radić







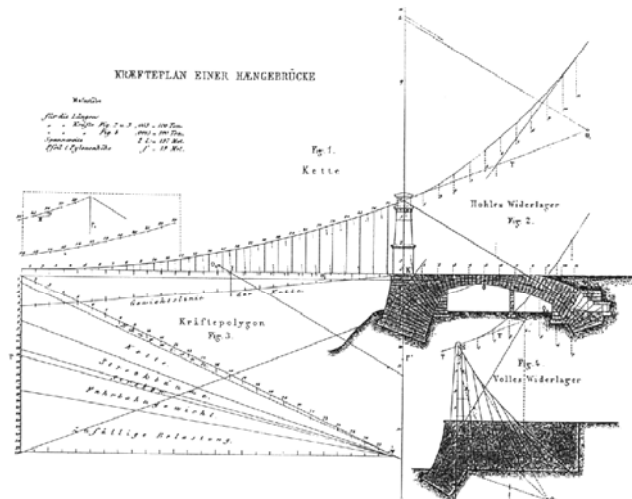
most **Storebælt**, $L=1.624$ m, Danska (1998)



PRORAČUN

- Prva teorija: Navier (1823)
- Rankine (1858): uključuje u analizu gredu za ukrućenje
- Melan: razvitak elastične teorije
- Teorija II reda
 - Ritter 1877.
 - Levy 1886.
 - Melan 1888.

Karl Culmann 1866: grafička statika



Građevinski fakultet u Zagrebu

Mostovi II

Prof.dr.sc. Jure Radić

- Prvu teoriju za proračuna postavio je *Navier 1823. godine.*
- Vrhunac u razvoju teorije ostvario je *Melan 1888. godine.*
- Teorija se zasniva na proračunu kod kojeg se greda za ukrućenje ponaša kao elastičan štap
- Po ovoj teoriji proračunati su američki mostovi, a pretpostavke su:
 - Nosivo užje je element opisan samo aksijalnom krutošću,
 - Greda za ukrućenje je horizontalna i ravna, konstantne krutosti
 - Vlastita težina grede i užadi je jednoliko raspodijeljena,
 - Užad preuzima ukupnu vlastitu težinu



ić

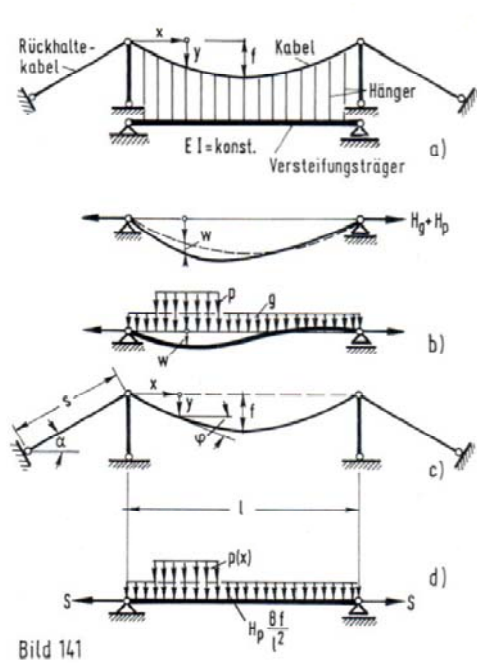


Bild 141

Predpostavke:

1. Ukupnu VT nosi sam kabel
2. Greda kontinuirano ovješena (ne na diskretne vješaljke)
3. Piloni i vješaljke su nedeformabilni na uzdužne sile
4. Kabel je na pilonima udužno pomično oslonjen

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



- Prema pretpostavki 1. oblik kabla je za vlastitu težinu g parabola
- y pozitivno prema dolje; H_g = horizontalni vlak u kabelu od g

$$y = \frac{g}{2H_g}x(l-x)$$

za f = provjes u sredini mosta slijedi:

$$g + H_g y'' = 0 \rightarrow H_g = \frac{g l^2}{8f}$$

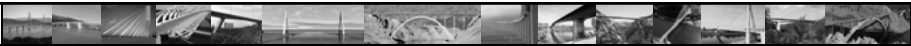
Za prometno opterećenje $p(x)$ i promjenu temperature t u gredi nastaju progibi $w(x)$, koji su prema pretpostavkama 2. i 3. jednaki vertikalnim pomacima kabla

Pomacima $w(x)$ pridruženi su momenti savijanja $M(x)$ i poprečne sile $Q(x)$ u gredi

Horizontalni vlak H_g raste za veličinu H_p na vrijednost

$$H = H_g + H_p$$

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



- Na gredu za ukrućenje djeluje kontinuirano opterećenje $q(x)$, koje se sastoji od $p(x)$ i $s(x)$, gdje je $s(x)$ prema gore djelujuće razmazano opterećenje sila u vješaljka na m'

$$q(x) = p(x) - s(x)$$

- Na kabel opterećenje $s(x)$ djeluje kao kontinuirano opterećenje prema dolje
- Za deformirani element kabla sukladno vrijedi diferencijalna jednačba:

$$g + s(x) + H[y''(x) + w''(x)] = 0 \rightarrow s(x) = -g - H[y''(x) + w''(x)]$$

Gornja jednačba sadrži jednačbe ravnoteže $\Sigma V=0$ i $\Sigma M=0$ na infinitezimalnom elementu dx kabla bez fleksijske krutosti

Rezultantna koordinata u deformiranom obliku iznosi: $y + w$

$$q(x) = g + p(x) + H \cdot y''(x) + H \cdot w''(x)$$

Taj dio opterećenja ubacuje se u osnovnu jednačbu savijanja štapa EI = krutost grede za ukrućenje

$$EI w''''(x) - H \cdot w''(x) = p(x) + H_p \cdot y''(x)$$



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



U gornjoj jednačbi pretpostavljeno je da je EI =konst i zanemaren je doprinos posmičnih deformacija.

Prva pretpostavka se općenito ostvaruje konstrukcijskim oblikovanjem, a druga je zbog vitkosti grede zadovoljena.

Jednačba predstavlja osnovnu jednačbu za gredu za ukrućenje pravih u tlo usidrenih visećih mostova.

H_p je neodređena (i odgovara statički neodređenoj veličini X kod proračuna prema teoriji 1.reda).

Diferencijalna jednačba se može riješiti, ako je poznata veličina H_p .

Da se H_p može izračunati potreban je deformacijski uvjet, koji kaže:

Zbroj horizontalnih projekcija infinitezimalnih promjena duljine kabla je jednak nuli.

Drugim riječima razmak usidrenja kabla se ne mijenja.



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

Sljedeća slika pokazuje element kabela duljine ds u početnom stanju sa horizontalnom komponentom H_g .

Ispod je prikazan isti element produljen za Δds u deformiranom položaju sa horizontalnom komponentom $H = H_g + H_p$.

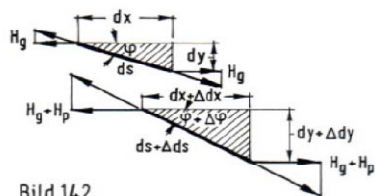


Bild 14.2

Promjena duljine uslijed prometnog opterećenja p i promjene temperature t iznosi:

$$\Delta ds \approx \frac{H_p}{\cos(\varphi + \Delta\varphi)} \cdot \frac{ds}{EA} + \alpha_t t ds \approx \frac{H_p}{\cos\varphi} \frac{ds}{EA} + \alpha_t t ds$$

$$(ds + \Delta ds)^2 = (dx + \Delta dx)^2 + (dy + \Delta dy)^2$$

$$dx \cdot \Delta ds = dx \cdot \Delta dx + dy \cdot \Delta dy \rightarrow \Delta dx = \Delta ds \frac{ds}{dx} - \Delta dy \frac{dy}{dx}$$

Kako vrijedi

$$\frac{dx}{ds} = \cos\varphi ; \Delta dy \approx dw$$

horizontalno produljenje kabela iznosi:

$$\Delta dx = \frac{H_p}{\cos\varphi} \frac{ds}{EA} \frac{ds}{dx} + \alpha_t t \frac{ds}{dx} - dw y' \rightarrow \Delta dx = \frac{H_p}{EA \cos^2\varphi} dx + \frac{\alpha_t t}{\cos^2\varphi} dx - dw y'$$

Integracija uzduž cijele duljine l , od lijevog do desnog usidrenja i formuliranje deformacijskog uvjeta

$$\int_0^l \Delta dx = 0$$

$$\text{daje: } \frac{H_p}{EA} \int_0^l \frac{dx}{\cos^2\varphi} + \alpha_t t \int_0^l \frac{dx}{\cos^2\varphi} - \int_0^l w' y' dx = 0$$

Zadnji član gornjeg izraza se parcijalno integrira:

$$\int_0^l w' y' dx = -y' \int_0^l w(x) dx$$

Prvi član je zbog $w(0) = w(l) = 0$ jednak nuli, a $y'' = \text{konst}$, pa preostaje:

$$\int_0^l w' y' dx = w y' \Big|_0^l - \int_0^l w y'' dx$$

S kraticama

$$L_k = \int_0^l \frac{dx}{\cos^3 \varphi}, \quad L_t = \int_0^l \frac{dx}{\cos^2 \varphi}$$

iz jednačbe
$$\frac{H_p}{EA} \int_0^l \frac{dx}{\cos^3 \varphi} + \alpha_t t \int_0^l \frac{dx}{\cos^2 \varphi} - \int_0^l w' y' dx = 0$$

dobija se jednačba za određivanje vrijednosti H_p :

$$H_p \frac{L_k}{EA} + \alpha_t t \cdot L_t + y'' \int_0^l w(x) dx = 0$$

Značajke kabela L_k i L_t za osnovni sustav iznose:

$$L_k = l_1 \left[1 + 8 \left(\frac{f_1}{l_1} \right)^2 \right] + \frac{2s}{\cos^2 \alpha}; \quad L_t = l_1 \left[1 + \frac{16}{3} \left(\frac{f_1}{l_1} \right)^2 \right] + 2 \frac{2s}{\cos \alpha}$$

Rješenje se traži rješavanjem osnovne diferencijalne jednačbe

$$EI w'''' - (H_g + H_p) w'' = p - H_p \frac{8f}{l^2}$$

gdje se slobodne vrijednosti određuju iz rubnih uvjeta.

■ Osnovna diferencijalna jednačba može se prikazati u obliku izraza za ukupni moment grede:

$$M(x) = M_0(x) - H_p y(x) - (H_w + H_p) \eta(x)$$

$M_0(x)$ - moment savijanja od pokretnog opterećenja na gredi s rasponom između pilona
 H_w, H_p - vlačne sile u užetu od stalnog i pokretnog opterećenja
 $y(x)$ - ordinata kabela
 $\eta(x)$ - progib od pokretnog opterećenja

The diagram illustrates a cross-section of a cable-stayed bridge. It shows the main cable with tension forces $H_w + H_p$ at the piers. The cable deflection is denoted by $y(x)$. The deck deflection under a moving load $p(x)$ is denoted by $\eta(x)$. The bending moment in the deck is $M(x)$. The total span between piers is L , and the position of the load is x .

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

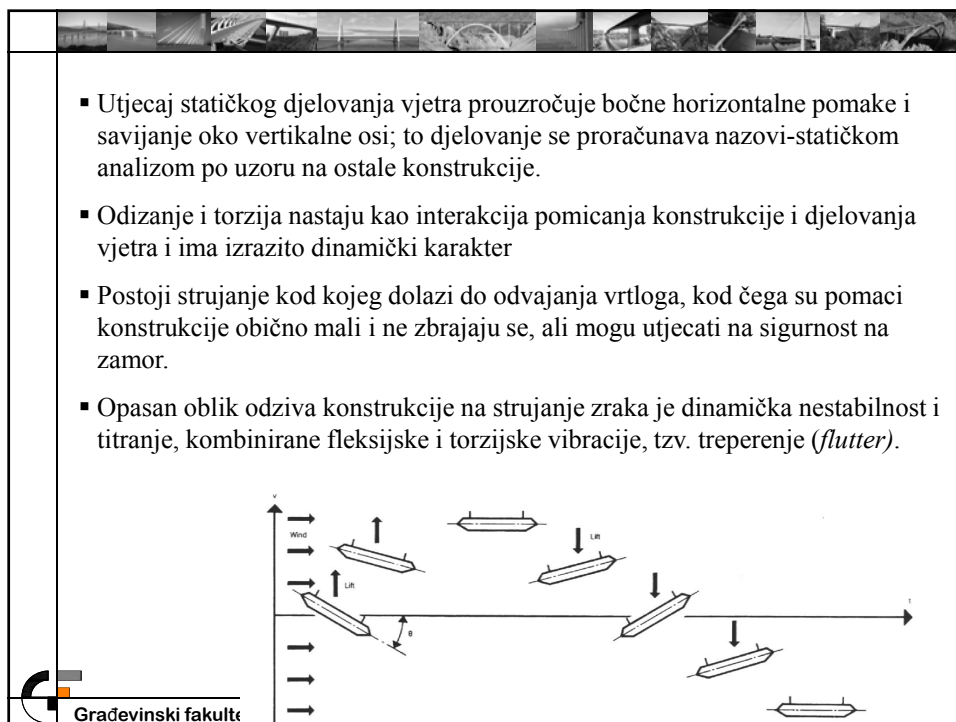
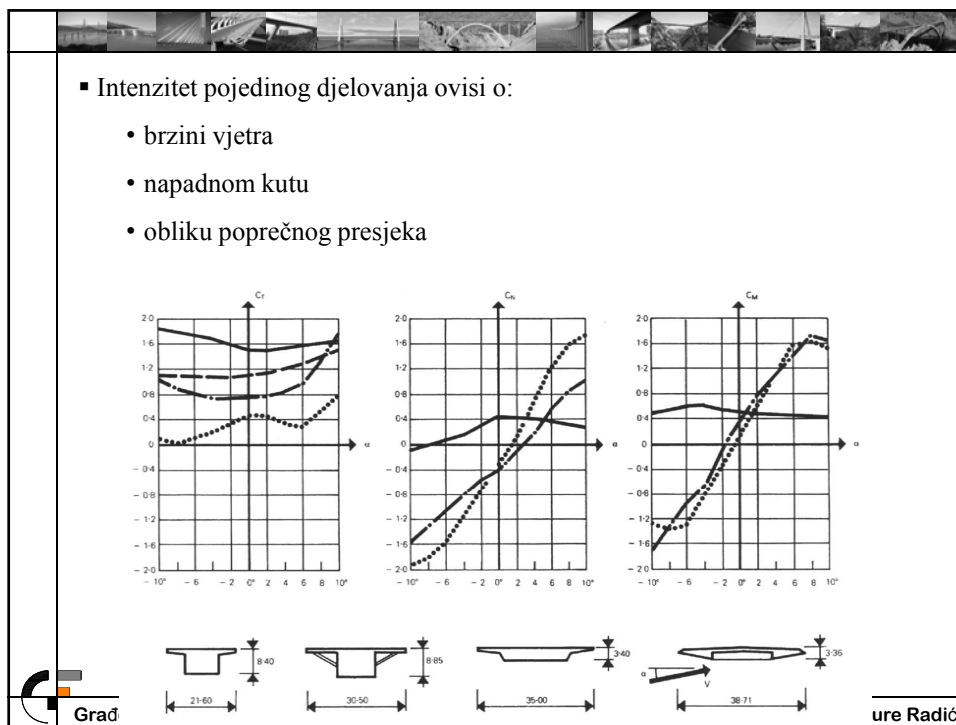
AERODINAMIČKA STABILNOST

■ Sadrži spoznavanje odziva konstrukcije na strujanje zraka (vjetar)
 ■ Kod visećih mostova kritičan je odziv grede za ukrućenje
 ■ Strujanje zraka uzrokuje statičko i dinamičko djelovanje u sva tri oblika

a) Horizontalni potisak (*drag*): $T = C_T \cdot q_0 \cdot A$
 b) Vertikalno odizanje (*lift*): $N = C_N \cdot q_0 \cdot A$
 c) Torzijski moment: $M = C_M \cdot q_0 \cdot A$

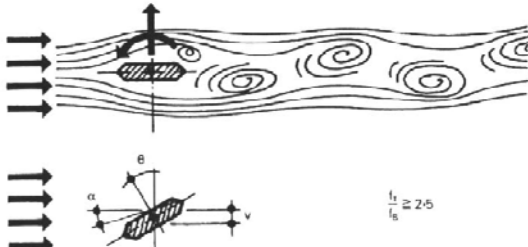
The diagram shows a cross-section of a bridge deck with width B and height h . Aerodynamic forces are represented: horizontal drag T acting to the right, vertical lift N acting upwards, and a torsional moment M acting around the vertical axis.

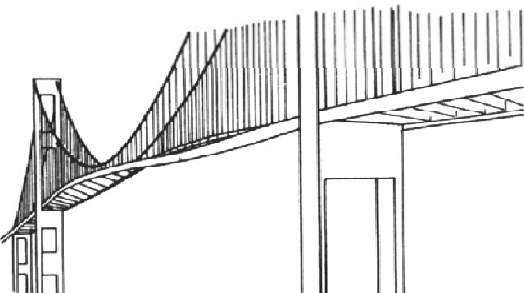
Građevinski fakultet u Zagrebu Prof.dr.sc. Jure Radić





- Pojmovi mjerodavni pri aerodinamičke stabilnosti su:
- kritična brzina vjetra
- osnovna frekvencija torzijskih oscilacija
- osnovna frekvencija oscilacija okomito na smjer vjetra.






Građevinski fakultet u Zagrebu



- PREPORUKE ZA IZVEDBU GREDE ZA UKRUĆENJE:

Za osiguranje aerodinamičke stabilnosti O.H. Ammann daje izraz:

$$S = 1600 (g / f) + 160000 (I / t^4) > 600$$

g - težina mosta
f – provjes kabela
I -moment inercije grede za ukrućenje
t = L/100, gdje je L=razmak pilona
(Za most *Tacoma*: S=170)

- Opće preporuke za gredu za ukrućenje su:

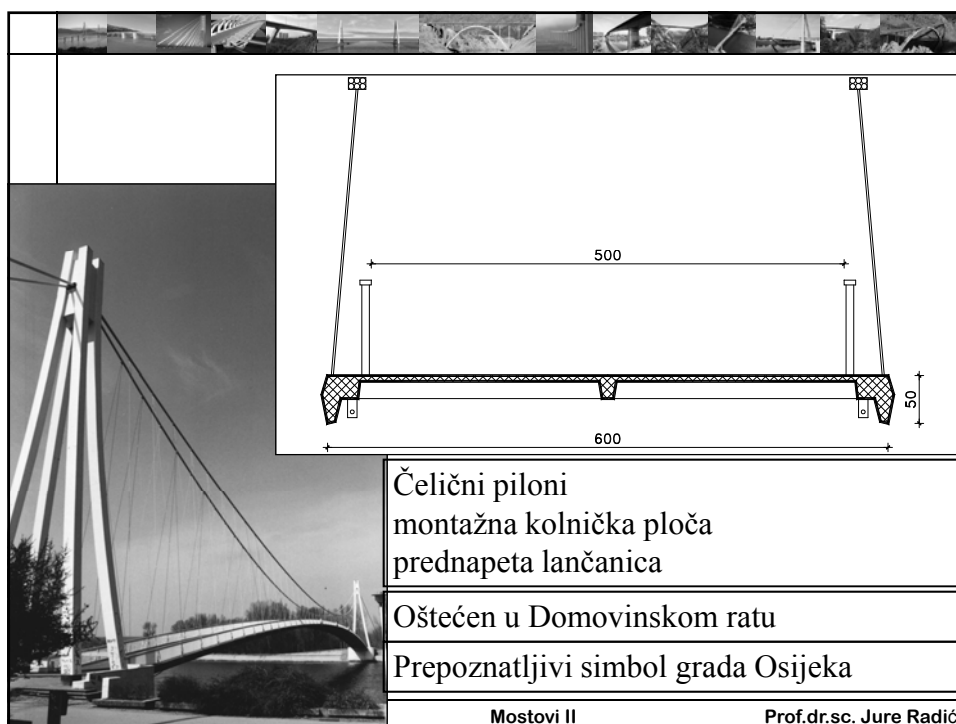
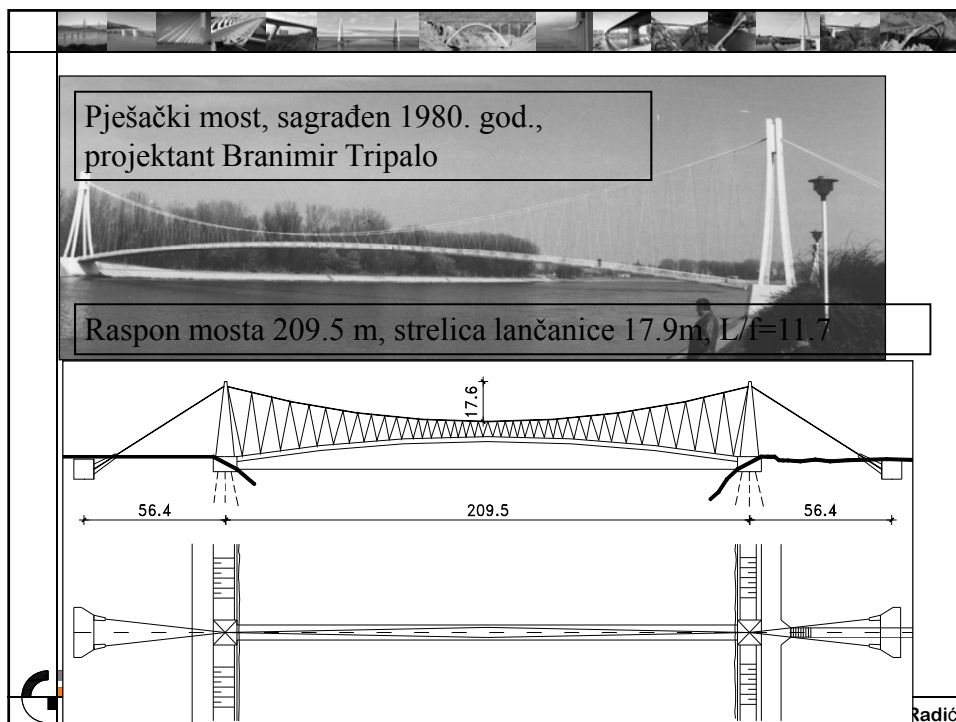
$H / L = 1/170;$
 $B / L = 1/53;$
 $f / L = 1/9$


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

	
	<u>LITERATURA</u> 1) Horvatić, D.; Šavor, Z.: <i>Metalni mostovi</i>, HDGK Zagreb, Zagreb 1998. 2) <i>Stahlbau, Handbuch für Studium und Praxis, Band 2</i>, Stahlbau-Verlags-GmbH 1964. 3) Petersen, Ch.: <i>Stahlbau</i>, F. Vieweg & Sohn, Braunschweig / Wiesbaden, 1988. 4) Chen, Wai-Fah; Duan, Lian: <i>Bridge Engineering Handbook</i>, CRC Press, 2000. 5) Rasthofer, D.: <i>Six Bridges: The Legacy of Othmar H. Ammann</i>, Yale University Press, New Haven and London, 2000. 6) <i>Forth Road Bridge</i>, Institute of Civil Engineers, London, 1967.
Građevinski fakultet u Zagrebu Mostovi II Prof.dr.sc. Jure Radić	

	
	<u>HRVATSKI VISEĆI MOSTOVI</u> ▪ Ne postoji potreba za visećim mostovima velikih raspona. ▪ Primjenjivi u posebnim okolnostima. ▪ Dva suvremeno koncipirana pješačka mosta: • Most preko Drave u Osijeku, raspon 209,0 m, 1980. god.
Građevinski fakultet u Zagrebu M	







- Most preko Save u Martinskoj Vesi, L=145,0m (2002)





Građevinski fakultet u Zagrebu

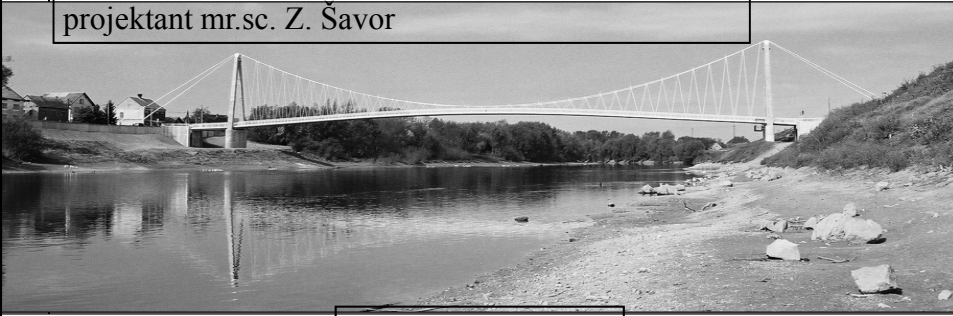
Mostovi II

Prof.dr.sc. Jure Radić

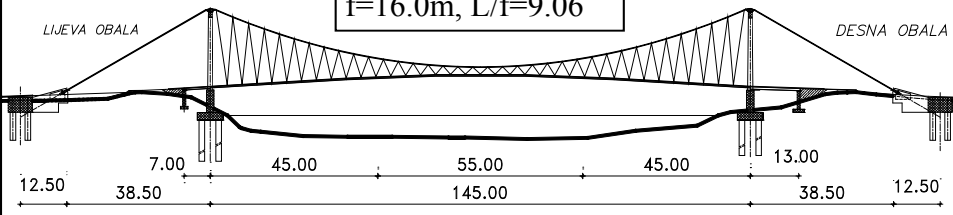


- Most preko Save u Martinskoj Vesi, L=145,0m (2002)

Pješački most, pušten u promet 2002. godine,
projektant mr.sc. Z. Šavor



$f=16.0m, L/f=9.06$

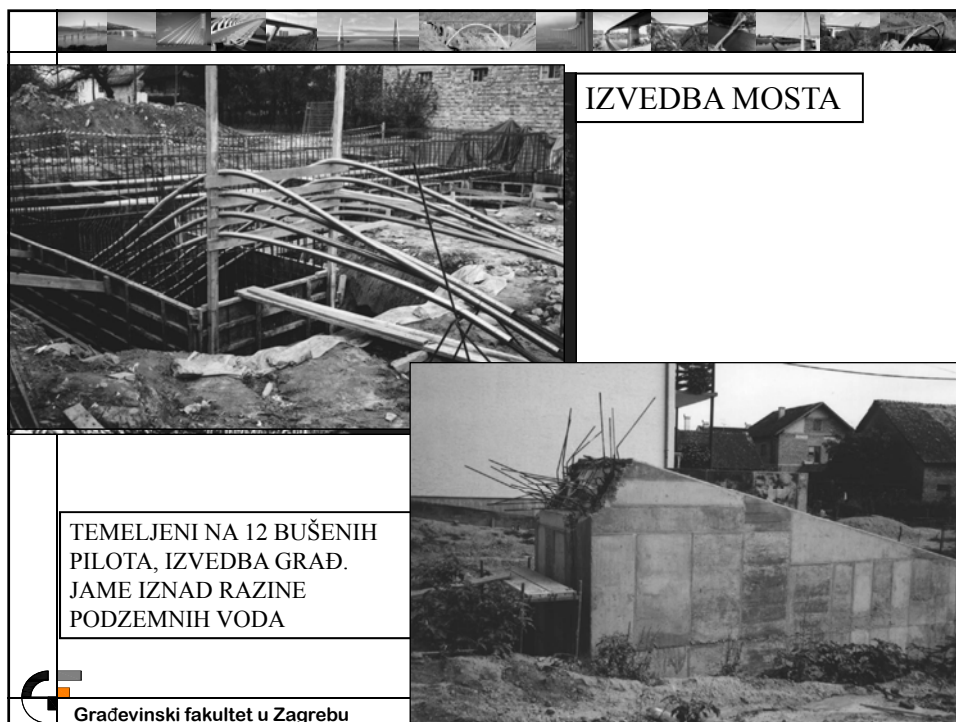
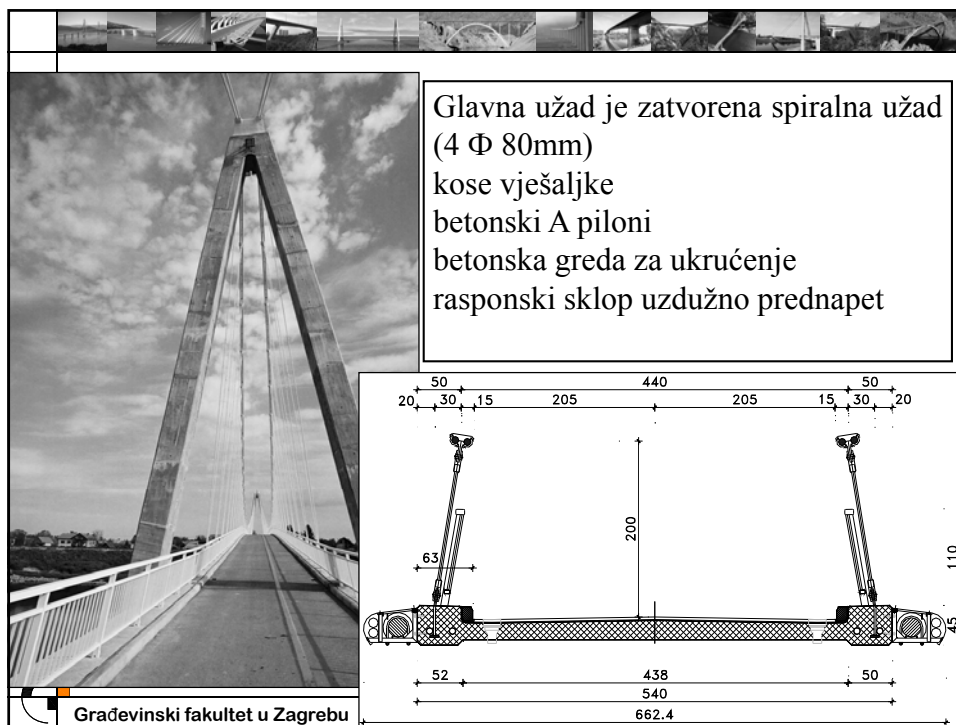


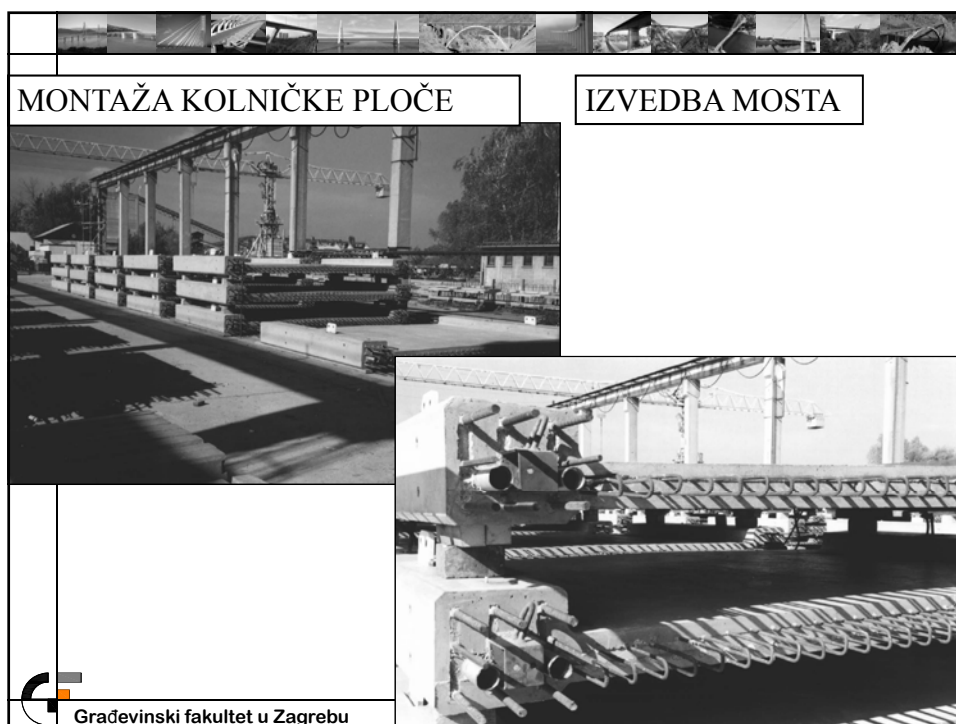
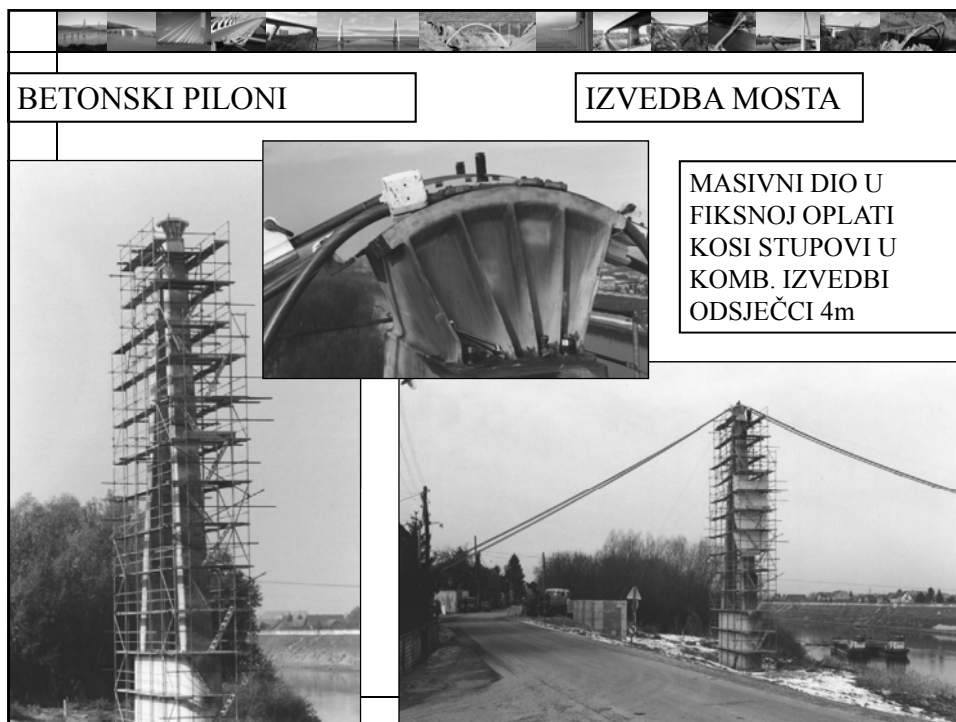


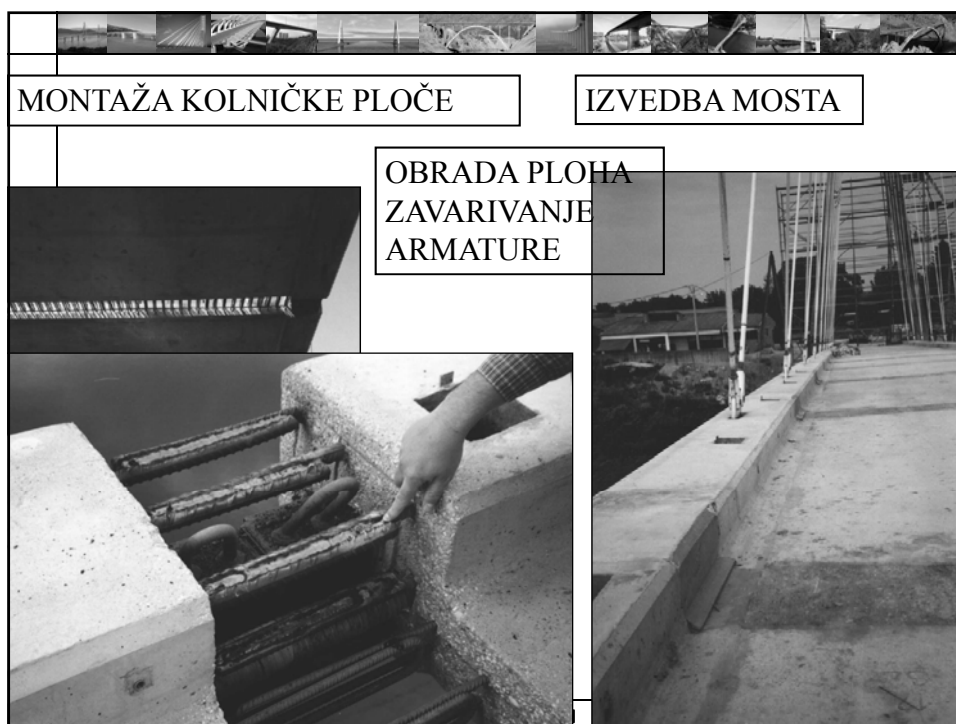
Građevinski fakultet u Zagrebu

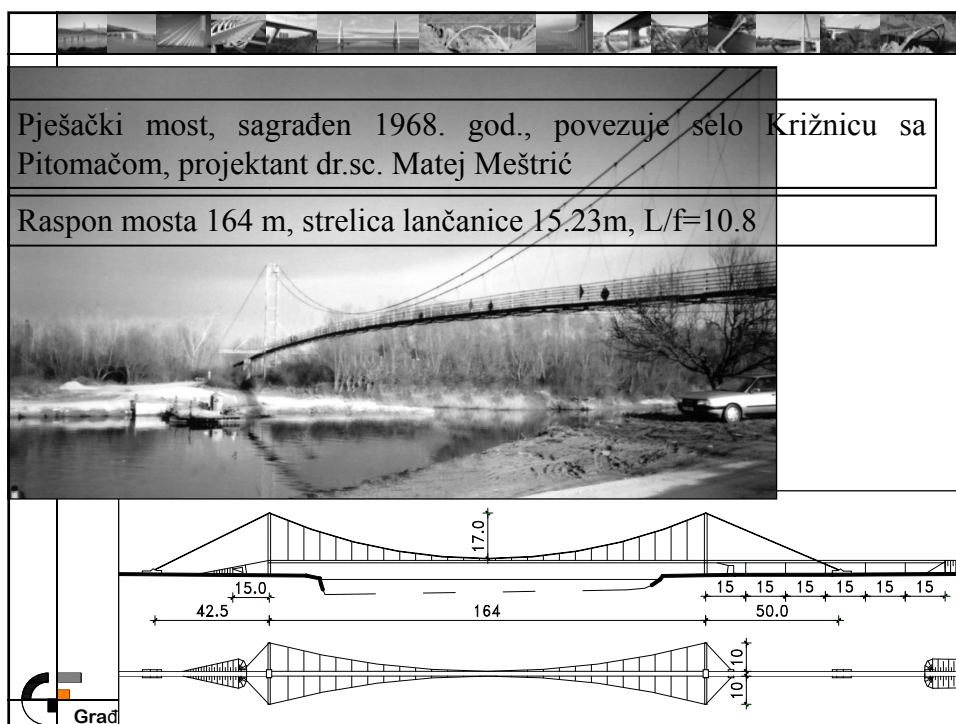
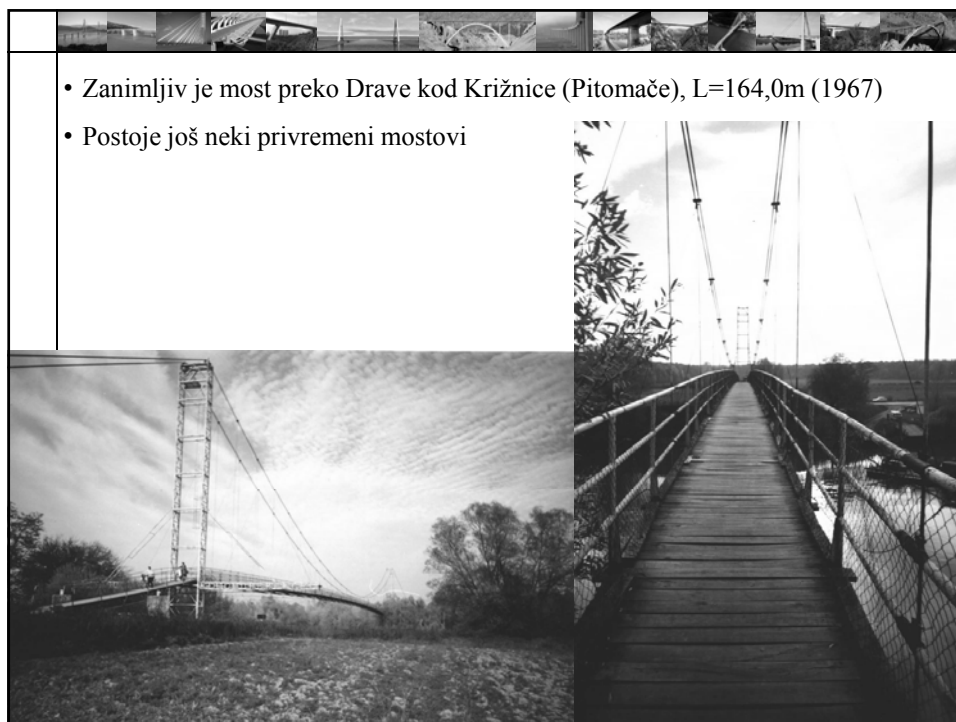
Mostovi II

Prof.dr.sc. Jure Radić





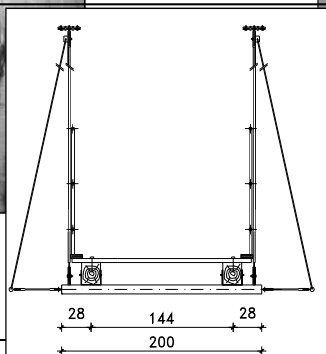




MOST PREKO DRAVE KOD PITOMAČE



- Glavna nosiva užad od po 2 Φ 40mm
- vertikalne vješaljke, bet. čelik Φ 18mm
- rešetkasti poprečni nosači
- uzdužni nosači od drvenih greda 18x20 cm
- pomost od drvenih platica
- horizontalni vjetrovni spreg, gl. Uže Φ 25mm, kosa i horiz. Užad Φ 10mm



Čelični piloni od zavarenih bešavnih cijevi

MOST PREKO DRAVE KOD PITOMAČE

Obnova mosta 1994. Godine, osim dotrajale ograde, glavnih drvenih uzdužnih greda i pomosta, trebalo je zamijeniti i užad vjetrovnog sprega, koja je tijekom Domovinskog rata bila oštećena. Drvene grede zamijenjene sa rešetkastim "R" nosačima, izmjenjene su drvene plattice, izvršena je zamjena užadi vjetrovnog sprega od ϕ 10 na ϕ 12 mm, odnosno od ϕ 25 na ϕ 30 mm.

