



Универзитет у Београду – Грађевински факултет
www.grf.bg.ac.rs

Студијски програм: **ГРАЂЕВИНАРСТВО ДИПЛОМСКЕ АКАДЕМСКЕ СТУДИЈЕ**

Modul: **КОНСТРУКЦИЈЕ**

Година/Семестар: **I година / I семестар**

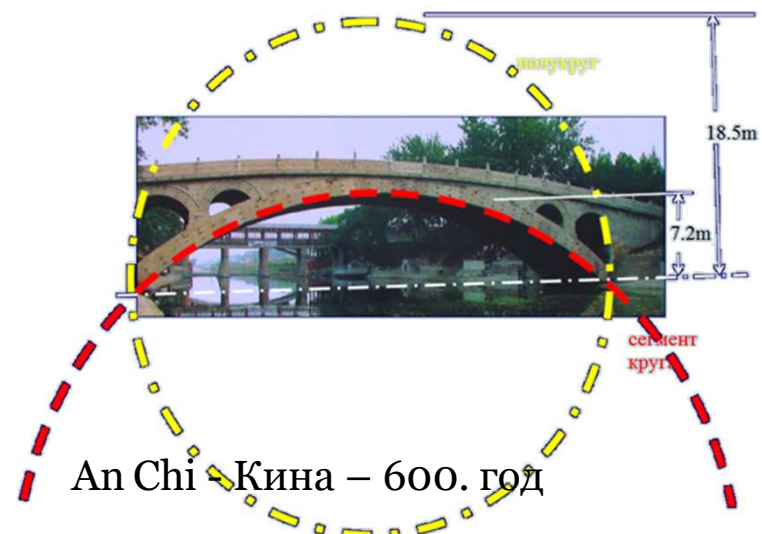
Назив предмета (шифра): **БЕТОНСКИ МОСТОВИ (М2К1БМ/М1К1БМ)**

Наставник : **В. Проф. Др Снежана Машовић**

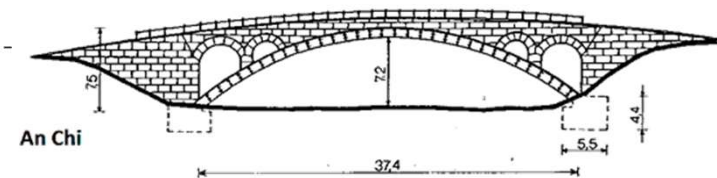
Наслов предавања: **Лучни бетонски мостови и њихово
извођење**

Датум : 26.12.2023.

Елементи масивних лучних мостова



An Chi Кина – 600. год

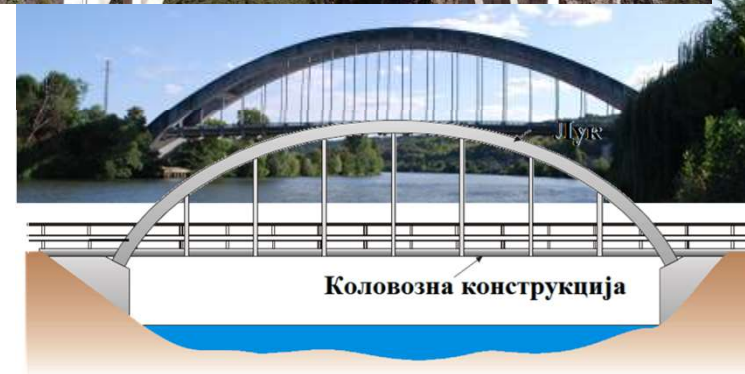
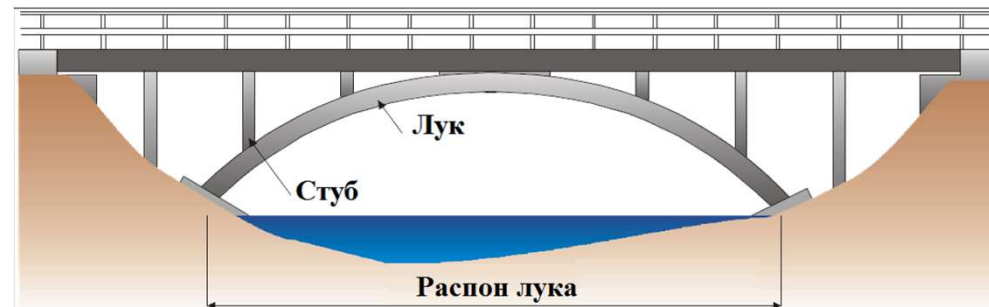
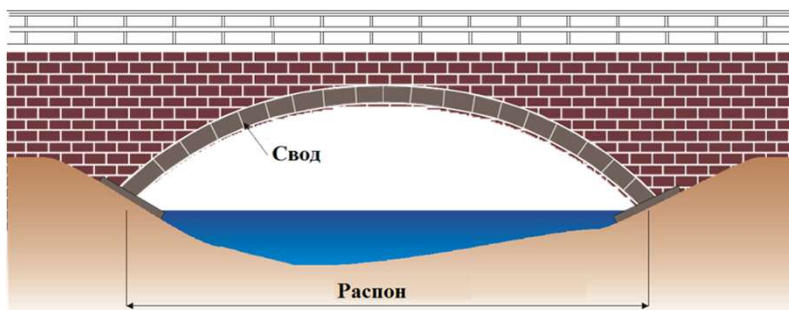


Масивни мостови ренесансе

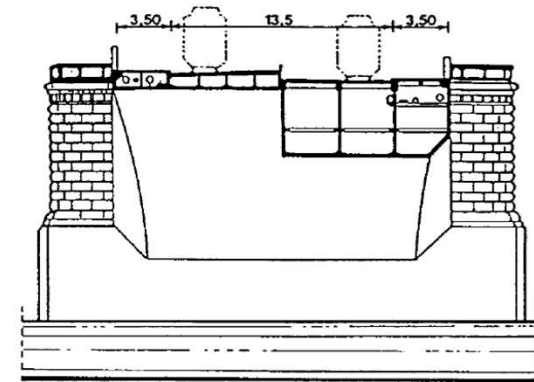
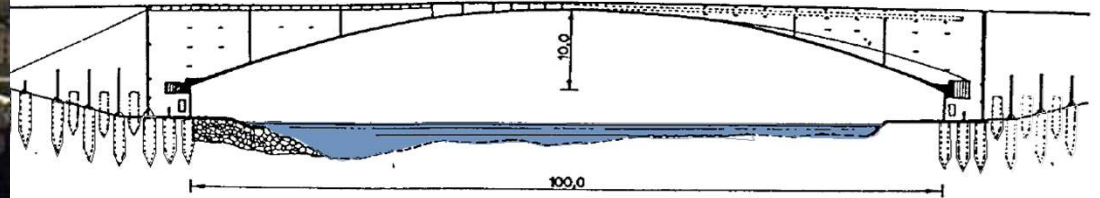


Грађевински факултет Универзитета у Београду, 2023.

Свод и лук



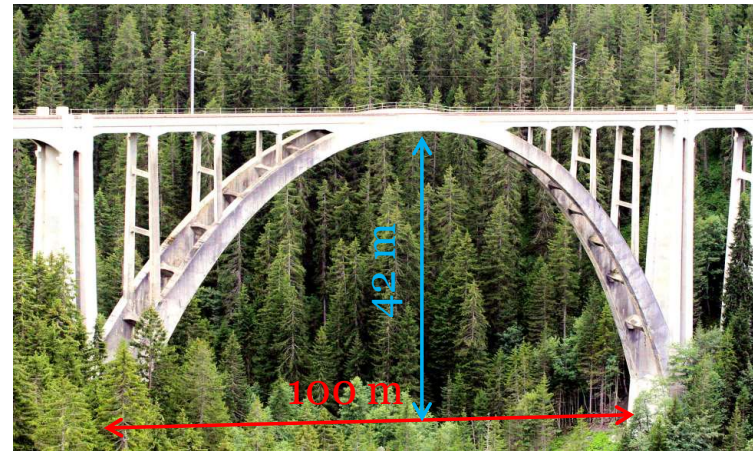
Мост Препорода 1910 – 100м



Швајцарска железница 1914.



Gründjítobel Viaduct



Langwieser Viaduct

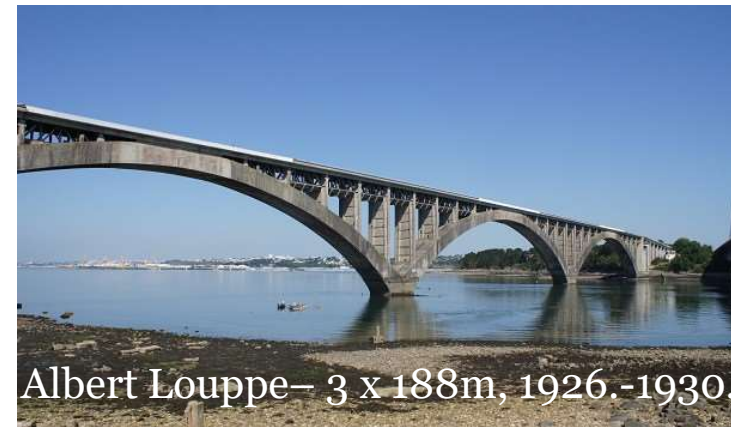
Лукови - Eugene Freyssinet



Veudre 3 x 72 m 1910.

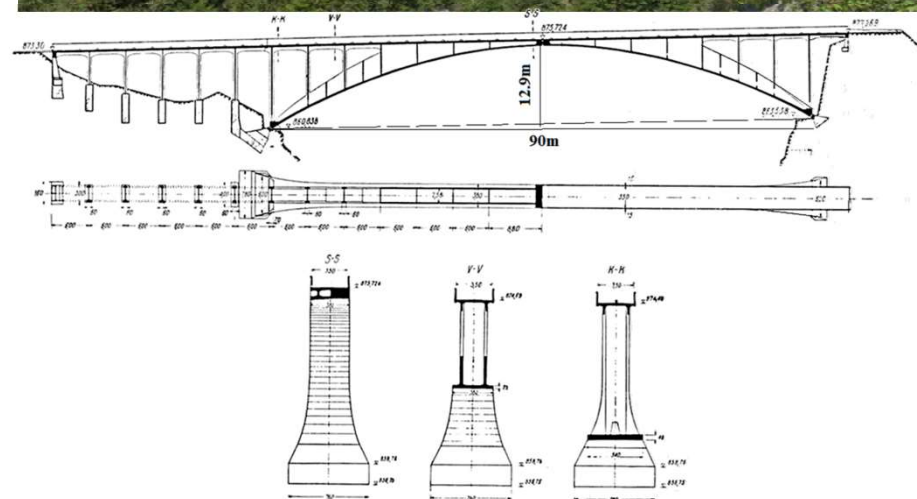
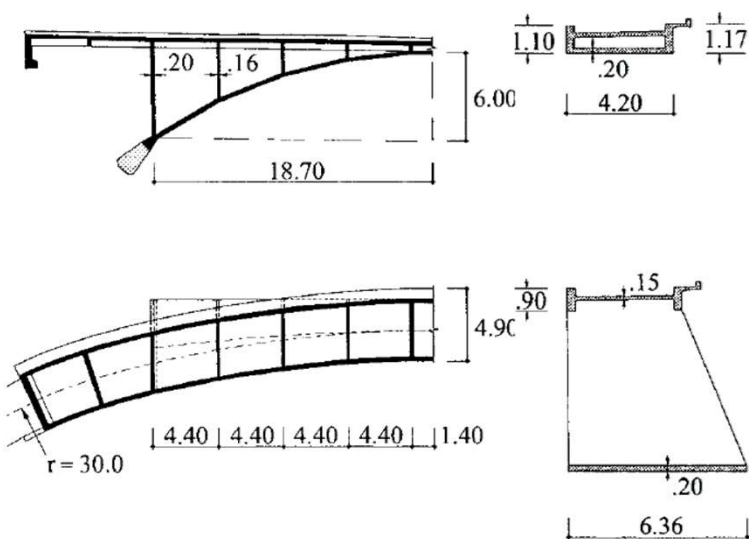


Saint Pierre du Vauvray – 131m, 1923.

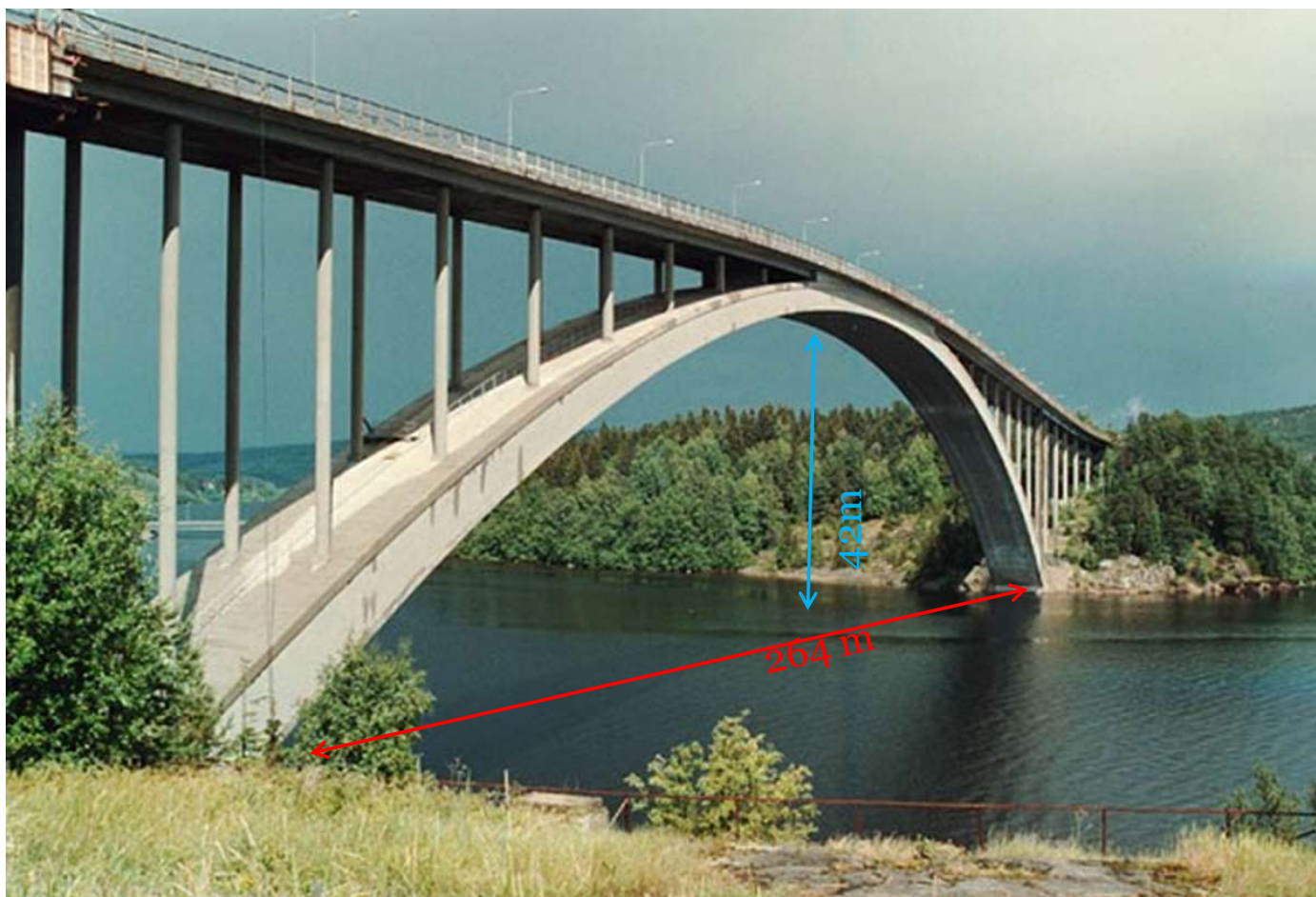


Albert Louppe – 3 x 188m, 1926.-1930.

Лукови - Robert Maillart

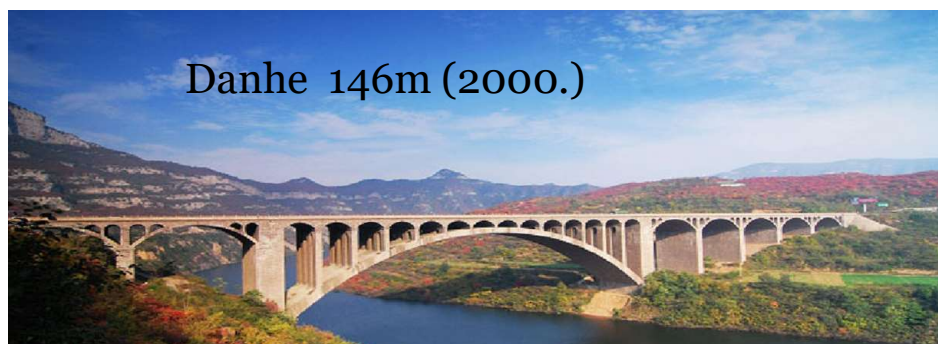


Мост Sandö 1943.



Грађевински факултет Универзитета у Београду, 2023.

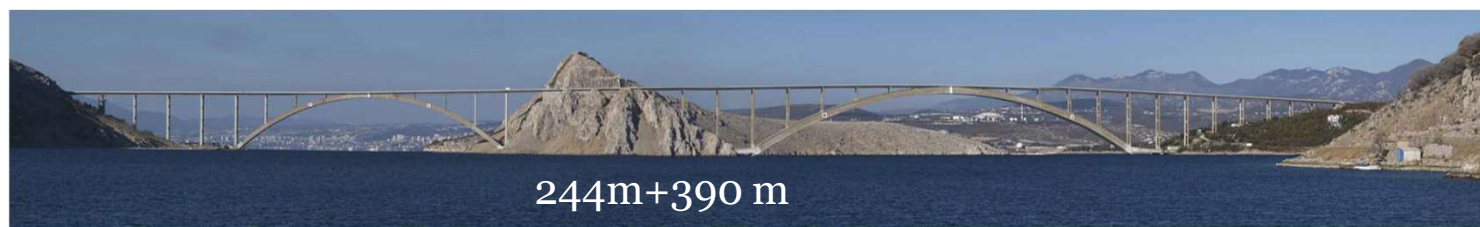
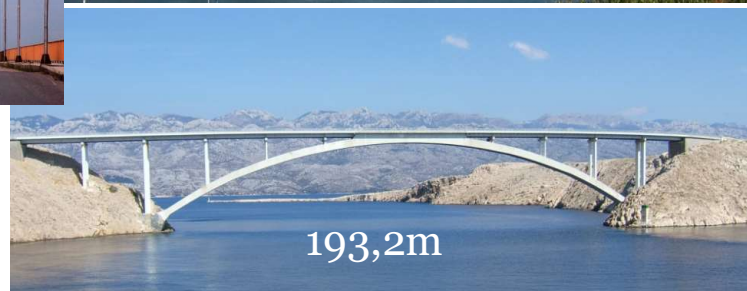
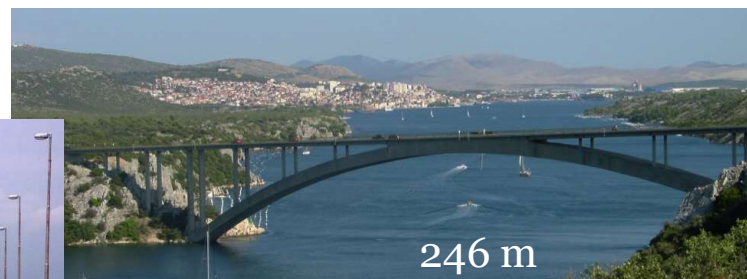
Савремени бетонски лукови



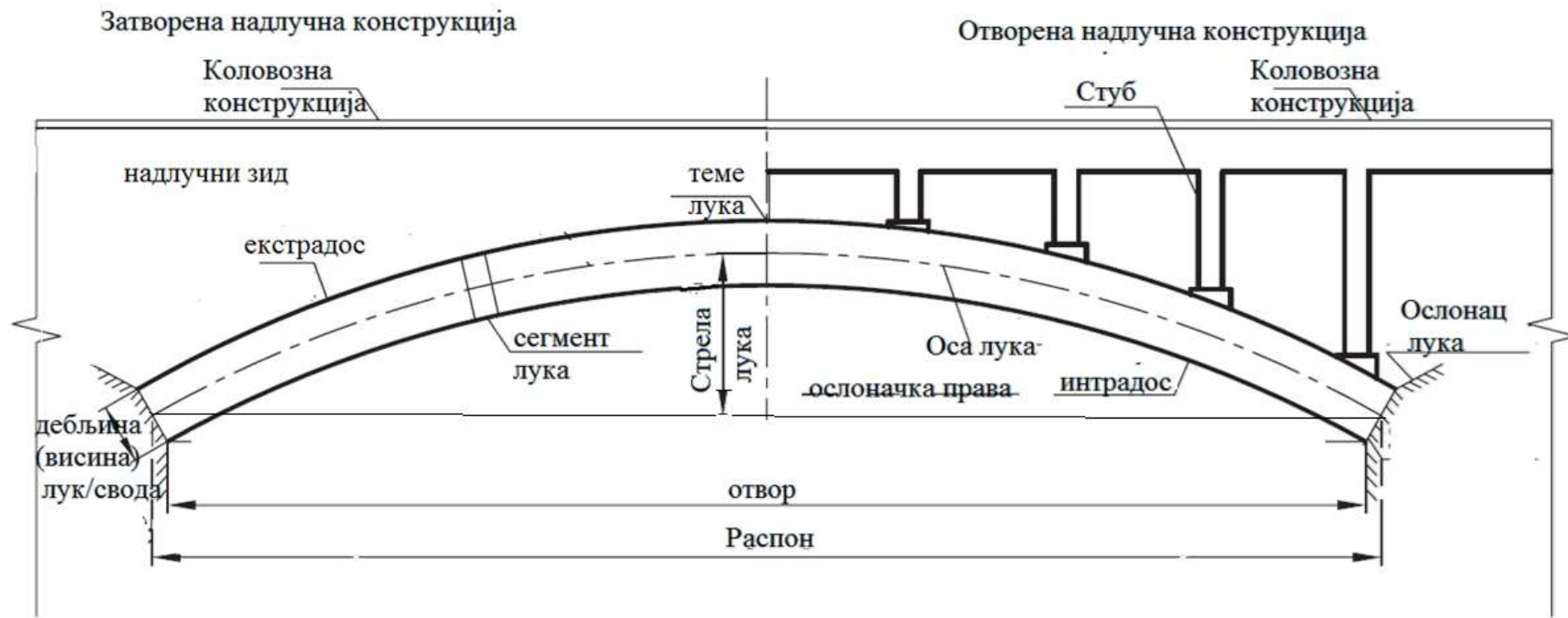
Распони савремених лукова

Бр.	Год.	Назив	Држава	распон
1	1997.	Wanxian*	Кина	420
2	1980.	Крк -1	Бивша Југославија	390
3	1995.	Jiangjiehe	Кина	330
4	2010.	Hoover dam bridge	УСА	320
5	1996.	Yongning	Кина	312
6	1964.	Gladesville	Аустралија	305
7	1965.	Friendship Bridge	Парагвај/Бразил	290
8	2003.	Ponte Infante D. Henrique	Португал	280
9	1983.	Bloukrans	Јужна Африка	272
10	1963.	Ponte da Arrabida	Португал	270
12	2010.	Viaduct Froschgrundsee	Немачка	270
13	2011.	Grumpental Bridge	Немачка	270
14	2005.	Fujikawa Bridge	Јапан	265
15	1943.	Sandö	Шветска	264

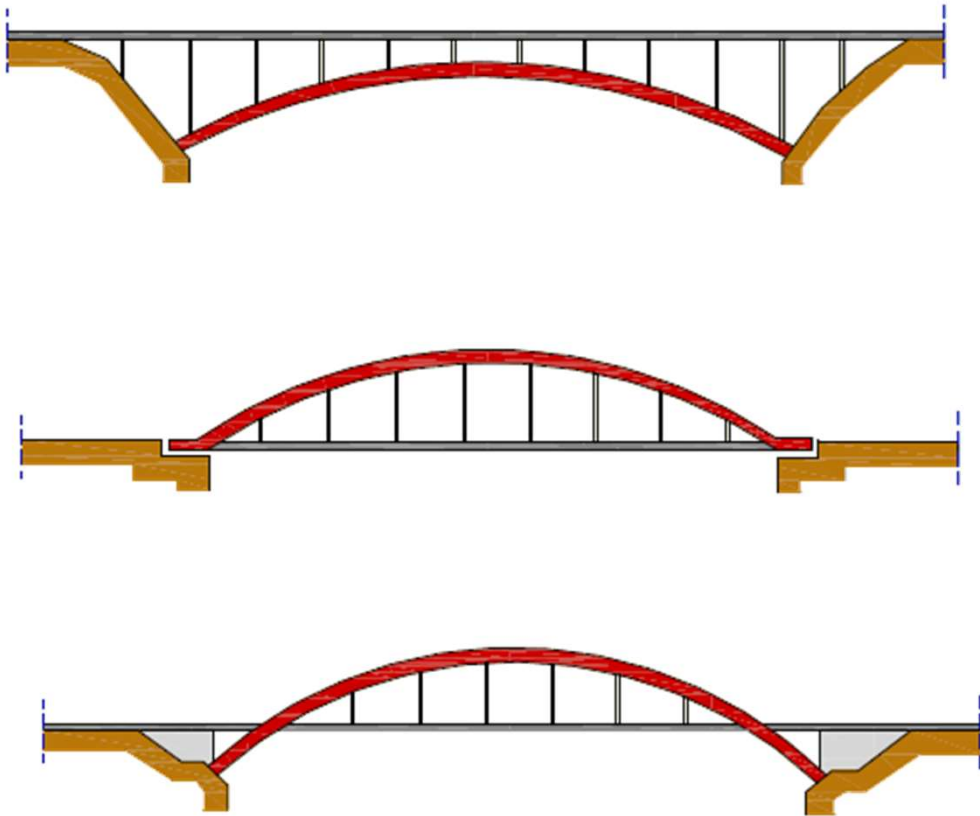
Бетонски лучни мостови великих распона у бившој Југославији



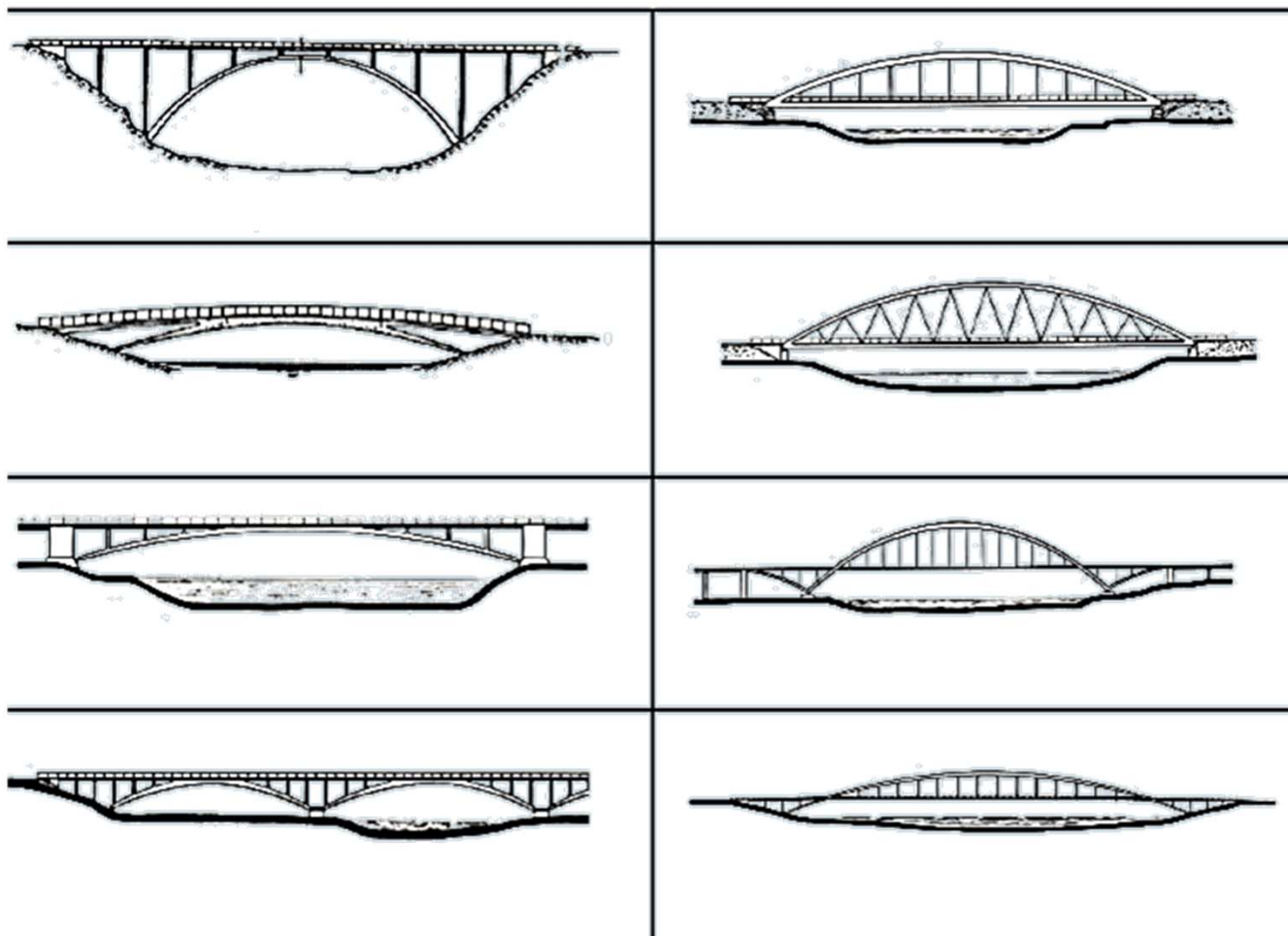
Појмови



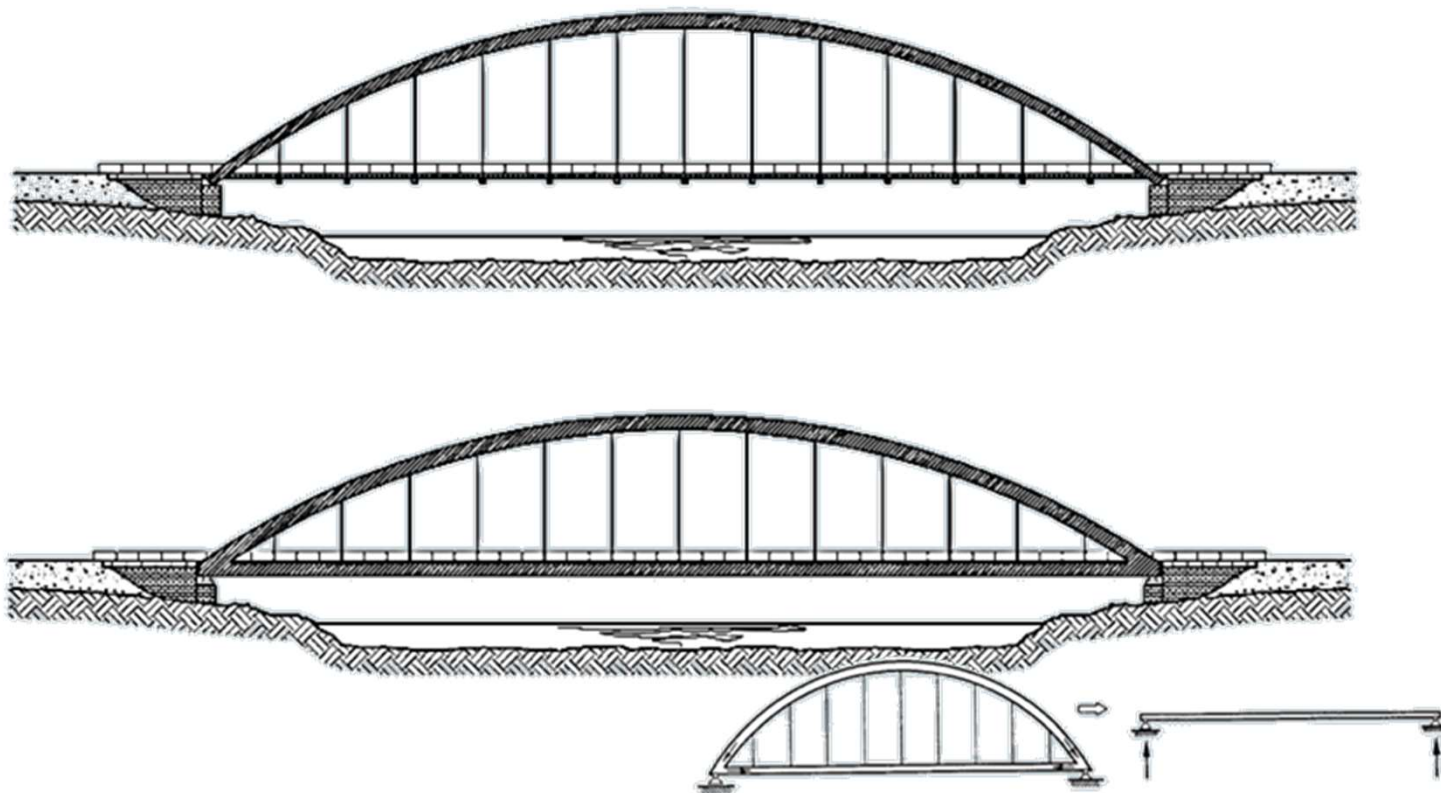
Лук и коловозна конструкција



Системи



Прави лук и ЛангEROVA гРЕДА (лук са затегом)



Грађевински факултет Универзитета у Београду, 2023.

Попречни пресеци лукова

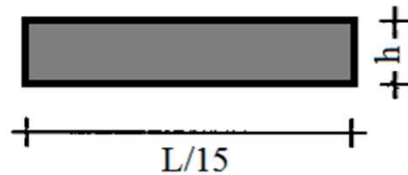
Пун свод

L : 40 - 100 m

h у темену лука

h : $L/40$ - $L/60$ (за мање распоне)

h : $L/60$ - $L/100$ (за веће распоне)

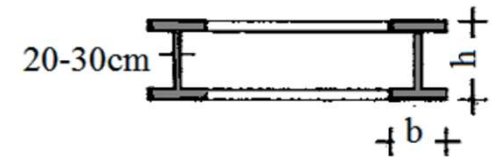


Удвојени разуђени лукови

L : 70-150 m

h : $L/40$ - $L/60$

h/b : 2-2.5

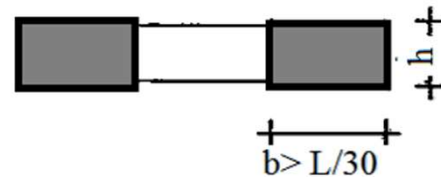


Удвојени свод

L : 40 - 100m

h у темену лука

h : $L/60$ - $L/100$

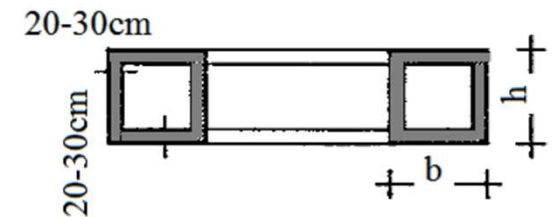


Удвојени сандучасти лукови

L : 100 - 200m

h : $L/50$ - $L/70$

h/b : 1 - 1.5

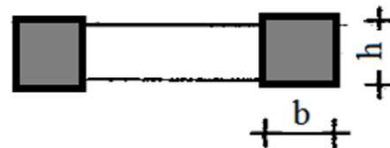


Удвојени пуни лукови

L : 40 - 100 m

h : $L/40$ - $L/60$

h/b : 1-2



Двоћелијски сандук

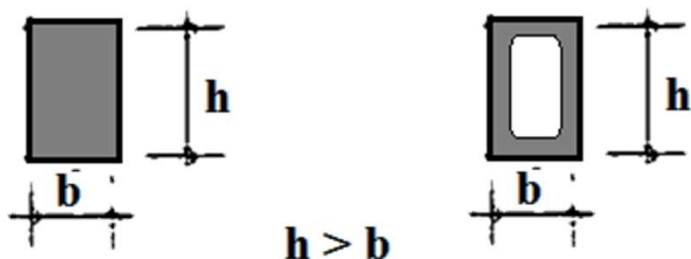
L : 150 - 200 m

h : $L/50$ - $L/100$

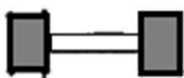


Попречно повезивање раздвојених лукова

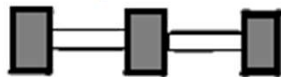
Пун лук (опционо шупљи лукови)



2 лука



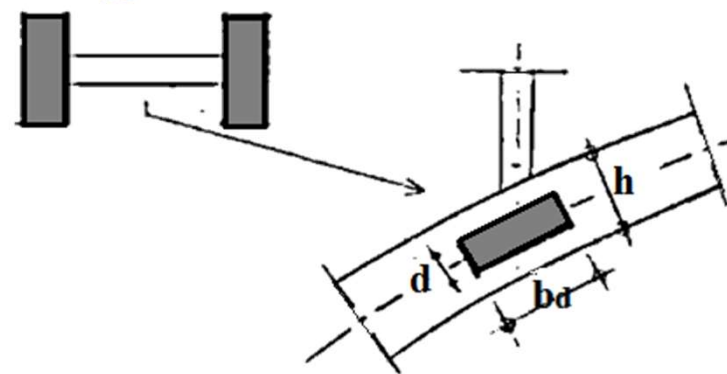
3 лука



4 лука (2 и 2 у пару)



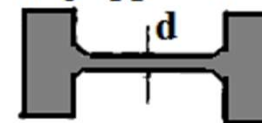
Укрупњење



$$d \sim h/3$$

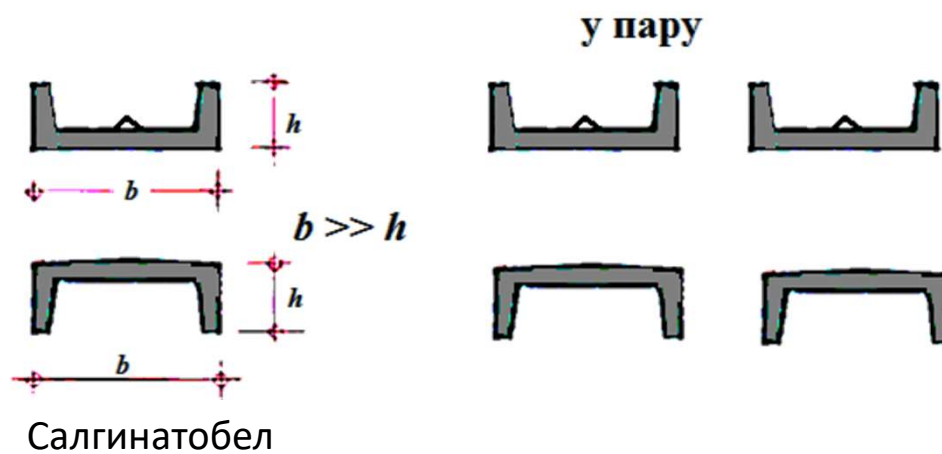
$$b \sim (3-4)d$$

Континуална
дијафрагма

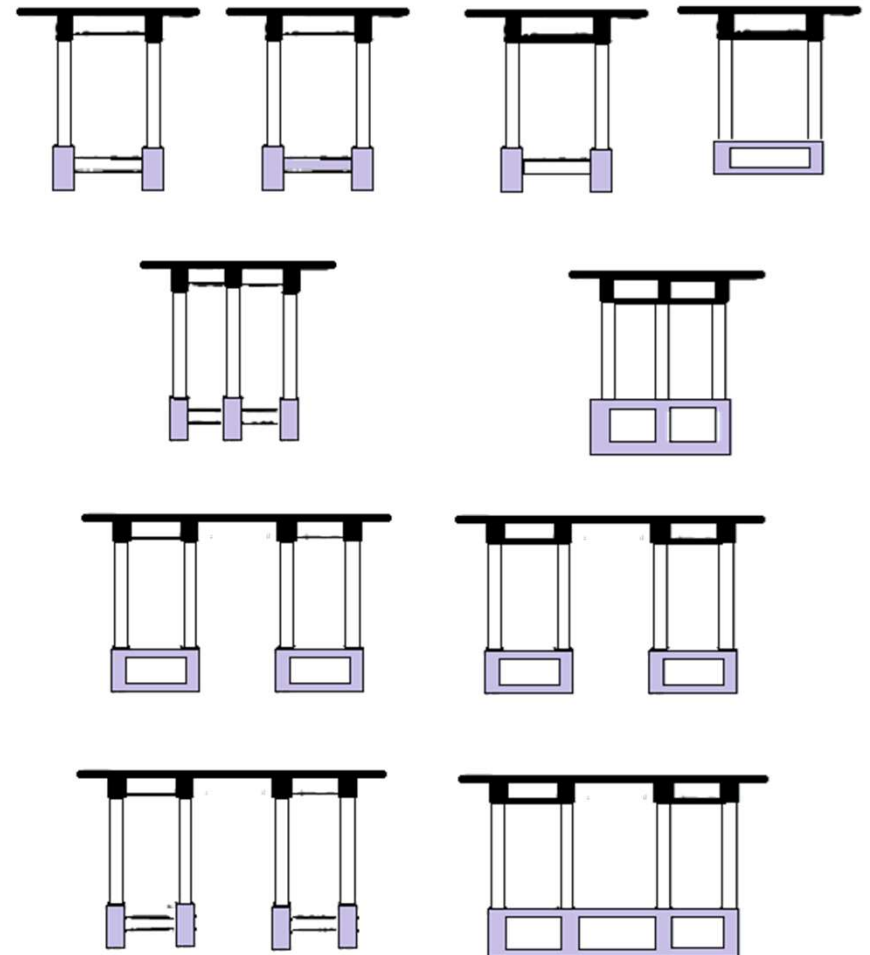
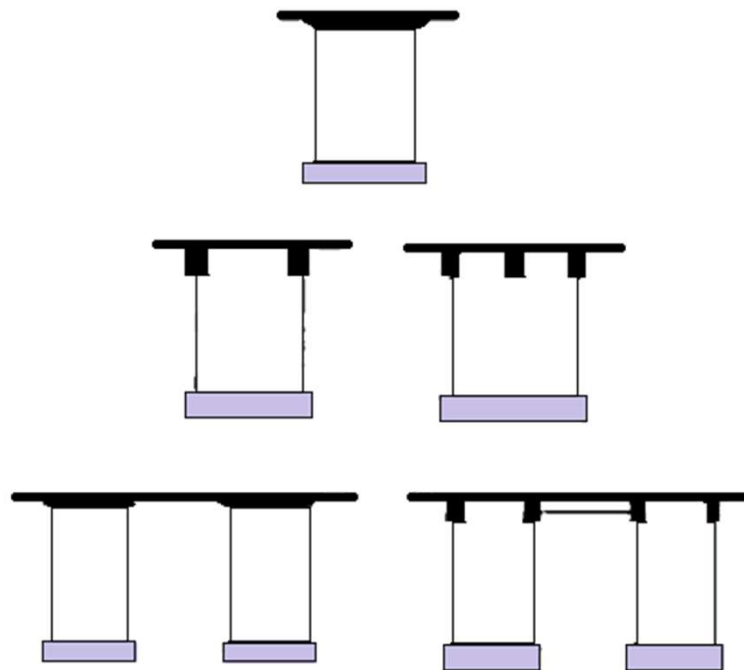


$d=15-20 \text{ cm}$

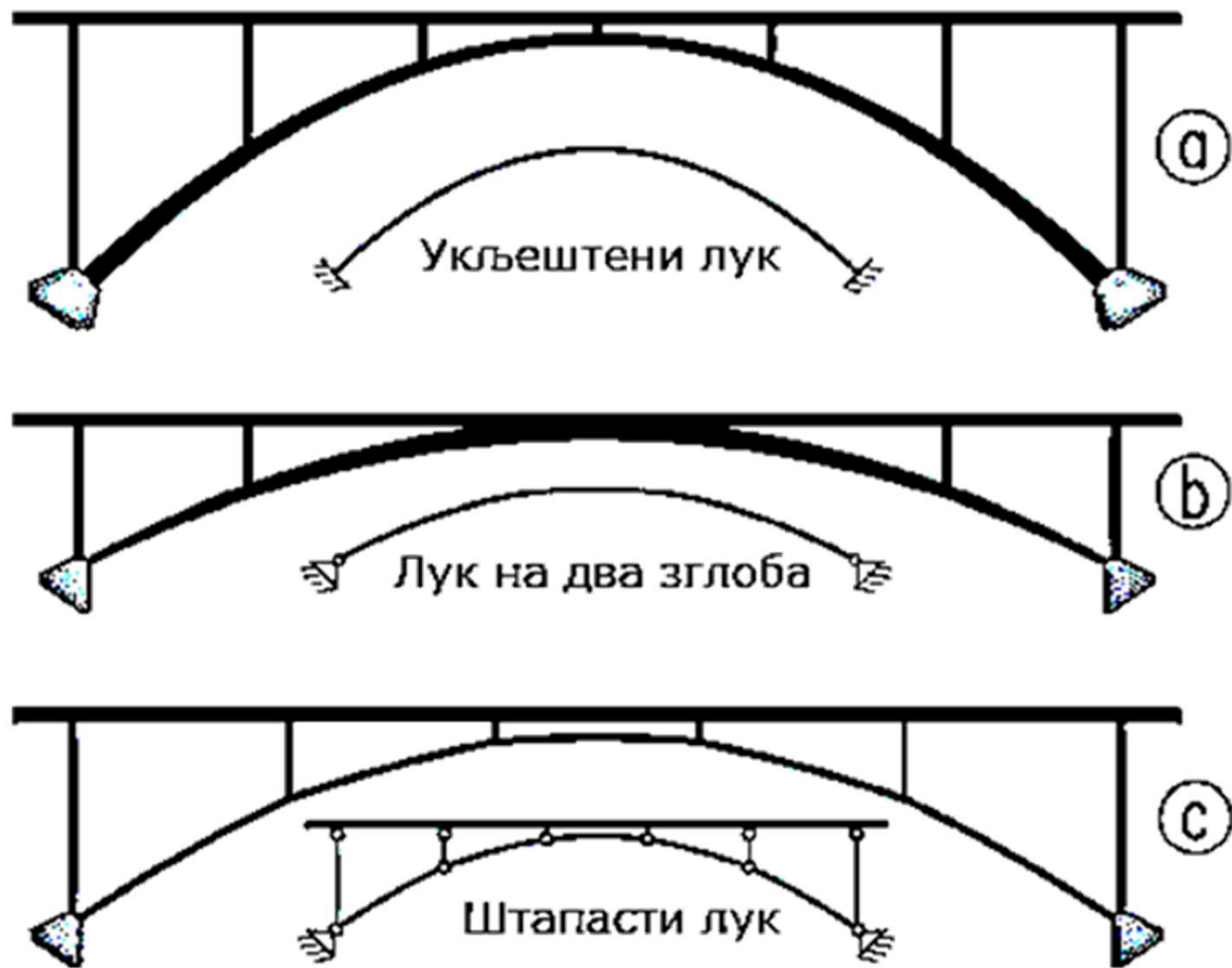
Разуђени пресеци лука



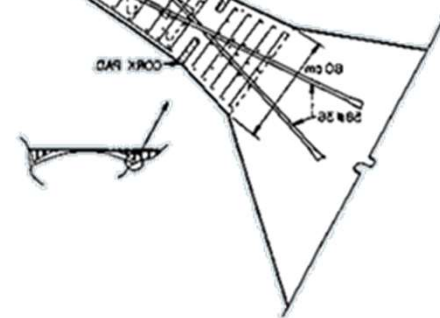
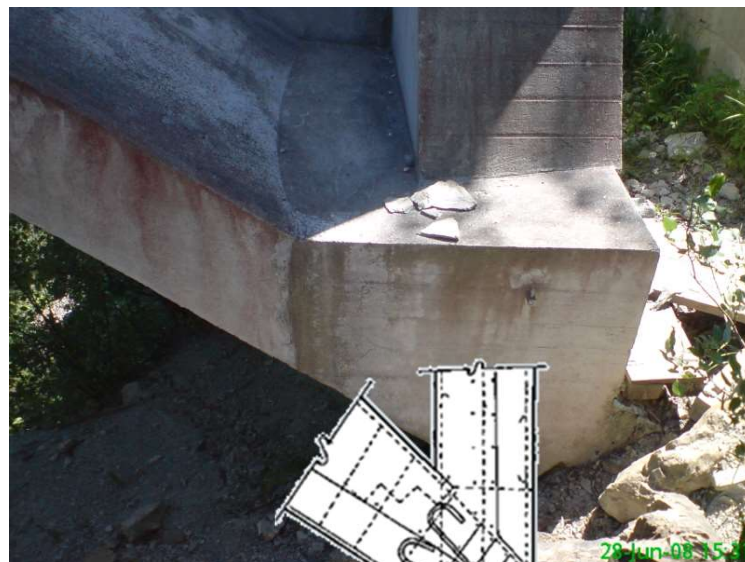
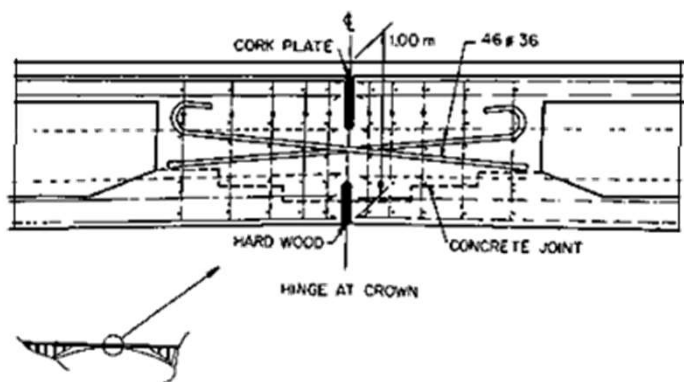
Усклађивање пресека лукова са пресецима коловозне конструкције



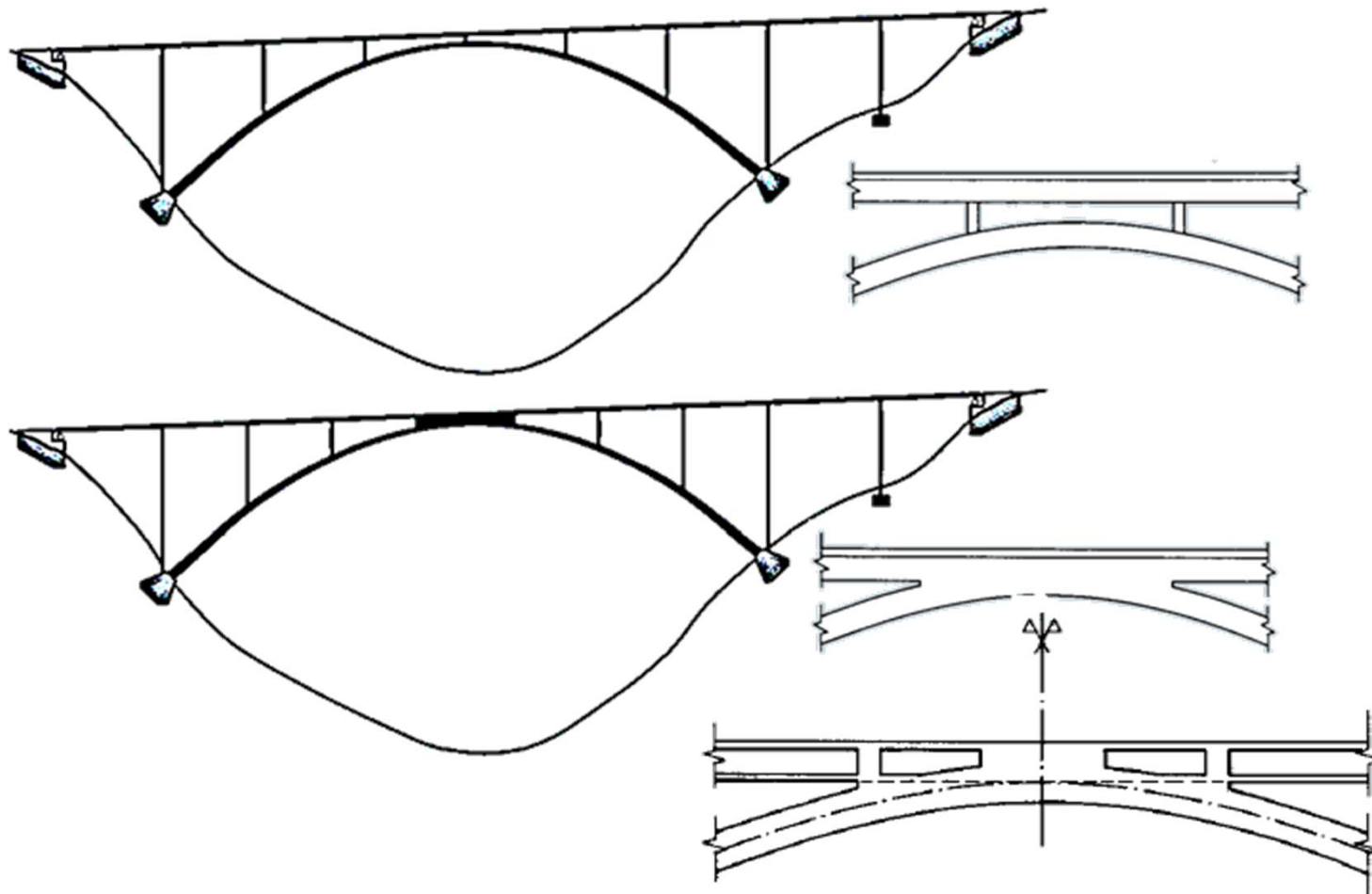
Статички системи и број зглобова



Статички систем - лук на три зглоба



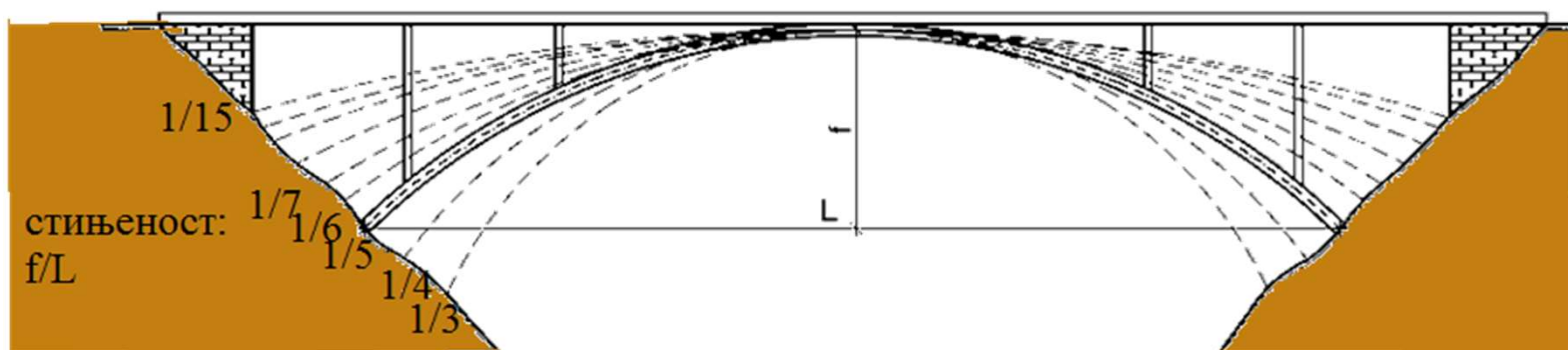
Веза лукова и коловозне конструкције у темену



Дубок и плитак лук - стињеност



Однос стреле и распона $1/2-1/10$



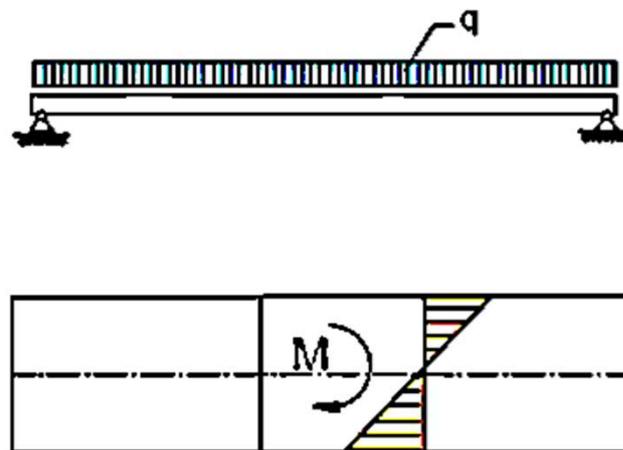
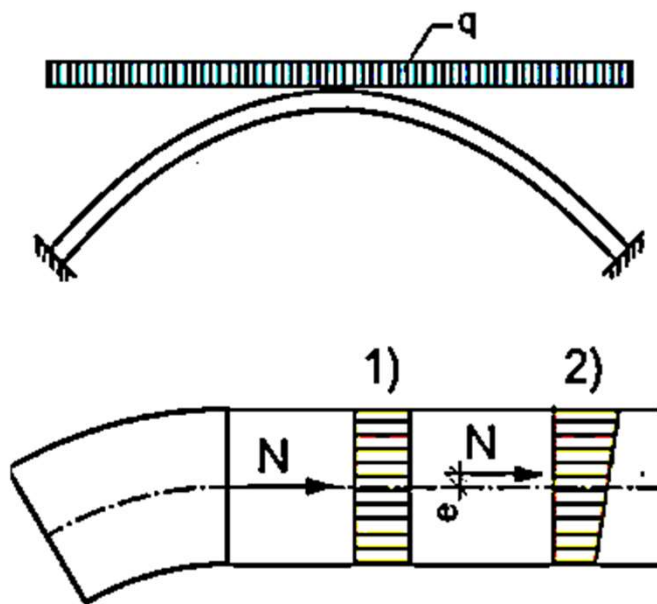
Лук и греда

Лук- природно претходно напрегнути систем

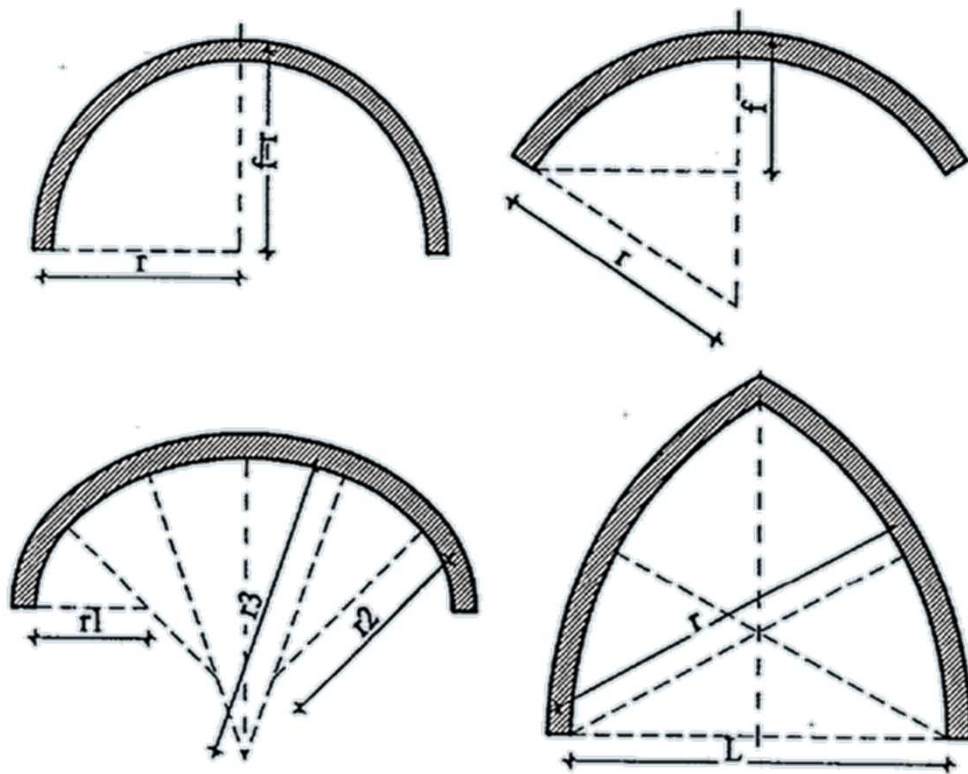
”Цена” тог преимућства:

Посебна коловозна конструкција

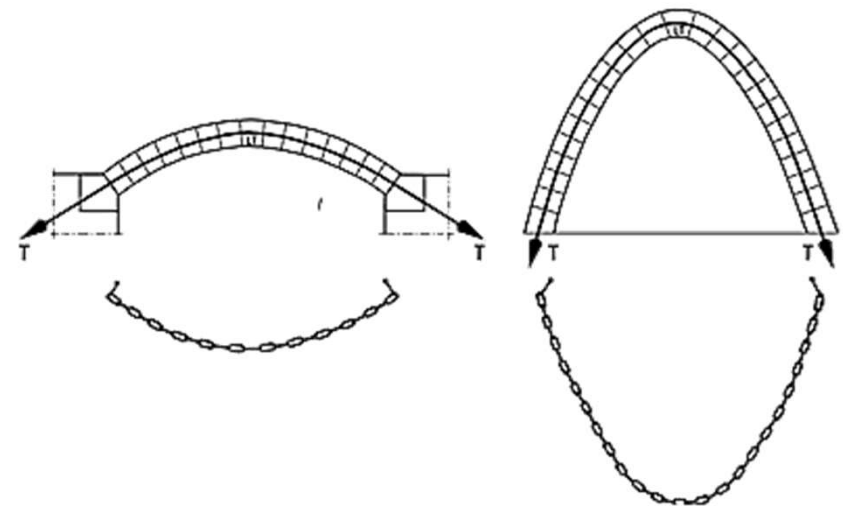
Паразитни утицаји (од температуре и скупљања)



Избор осе лука

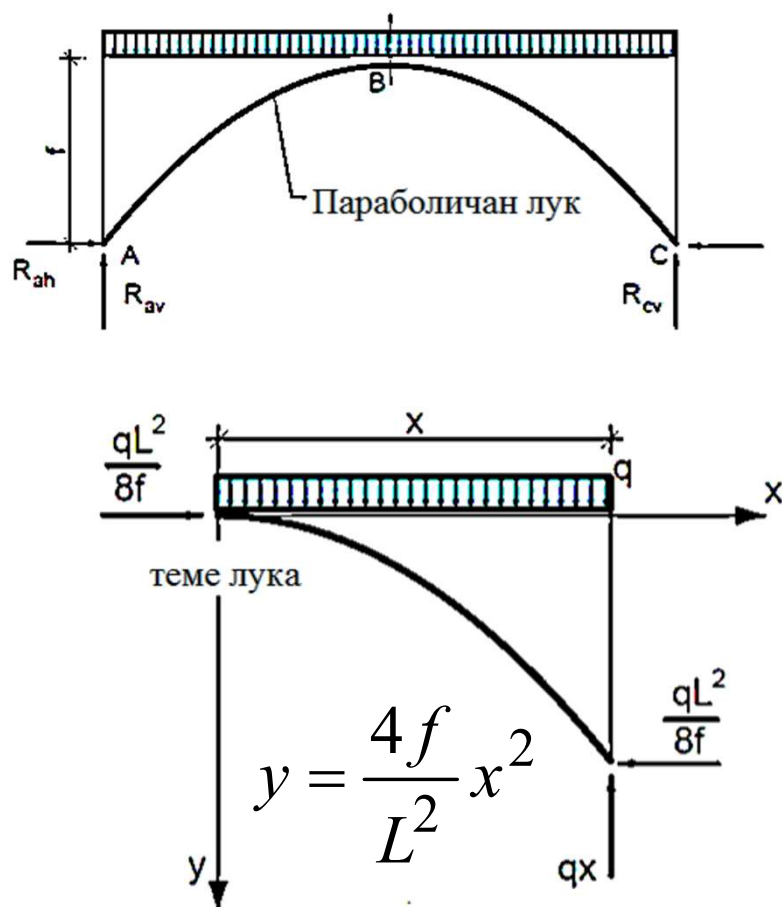


Верижно оптерећење и верижни лук



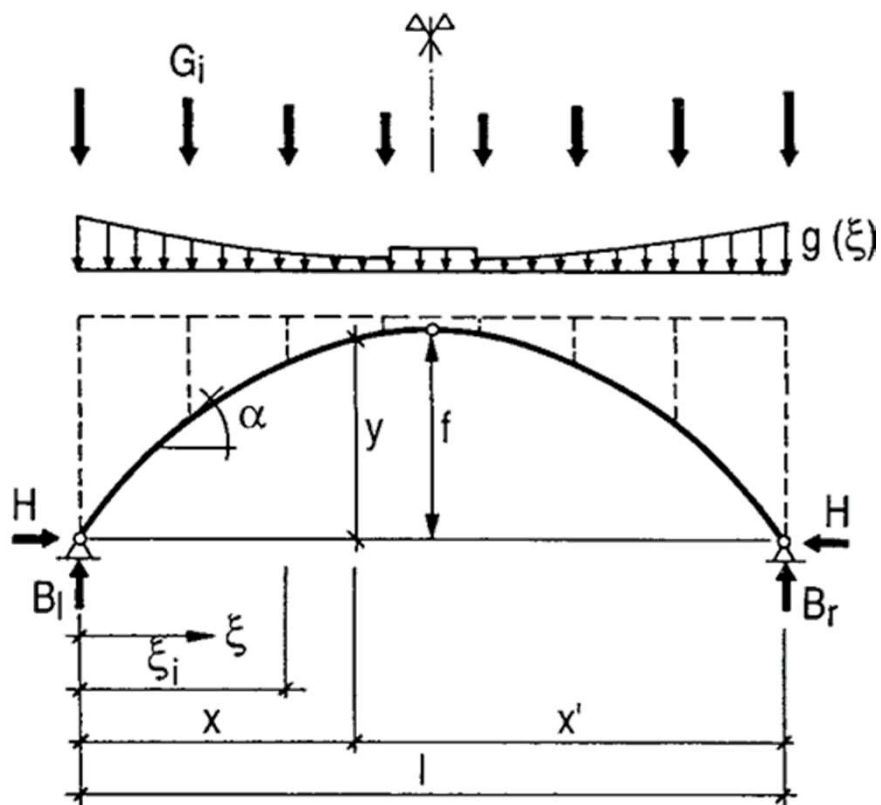
Облик осе верижног лука не зависи од величине оптерећења већ од закона промене оптерећења

Потпорна линија лука - одређивање

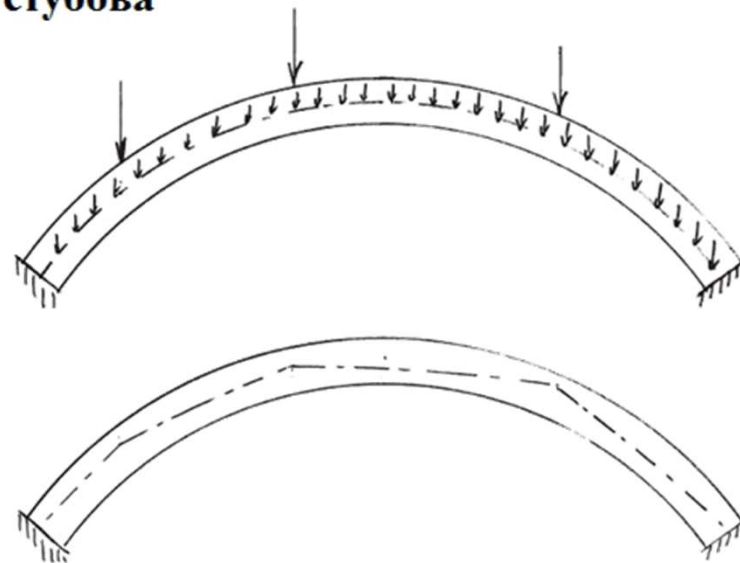


- Моменти савијања зависе од облика осе лука.
- Избором осе, за одређено оптерећење, по потпорној линији, моменти се свODE на нулу.
- Параболичан облик осе лука је најповољнији за случај једнако подељеног оптерећења.
- У првој апроксимацији се користи управо парабола.

Прорачун потпорне линије – реално оптерећење



Лук са сопственом тежином и осталим сталним теретом који се преноси преко стубова

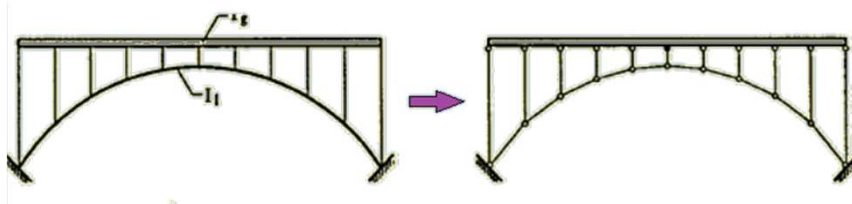


Линија притисака унутар дебљине лука

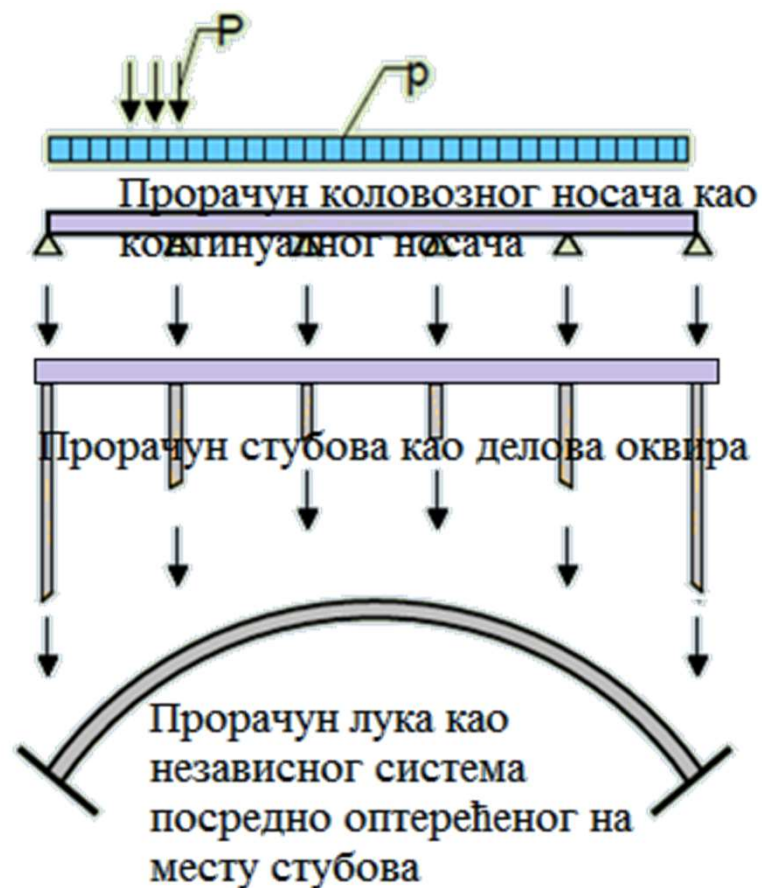
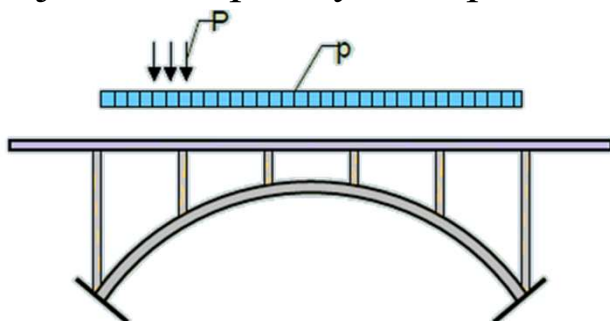
Статички третман лучних мостова

- Учешће коловозне конструкције у целокупном сложену систему лука и коловозне конструкције:

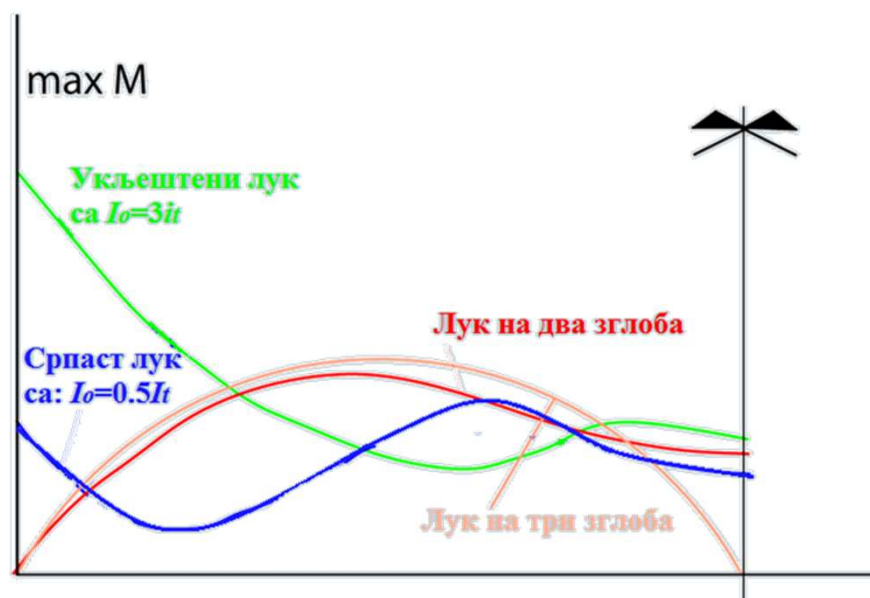
- Греда подупрta луком (Упрошћени модел ($I_l/I_g \geq 20$))
- Лук укрупњен гредом ($I_l/I_g \leq 1$)



- Заједнички рад лука и греде



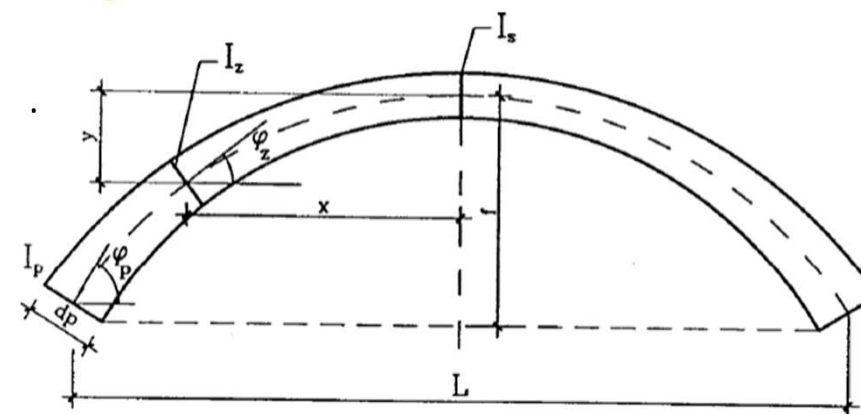
Закон промене попречног пресека лука



Пресек расте од темена ка ослонцима (укљештени лук)

Пресек опада од темена ка ослонцима – српаст лук – Vallete I (лук са ослончким зглобовима = лук на два зглоба)

Пресек расте од темена до извесне тачке а затим се смањује ка опорцима - Vallete II



$$I_z = \frac{I_s}{(1 - (1 - n) \cdot \zeta) \cos \varphi_z}$$

Ritterov
израз

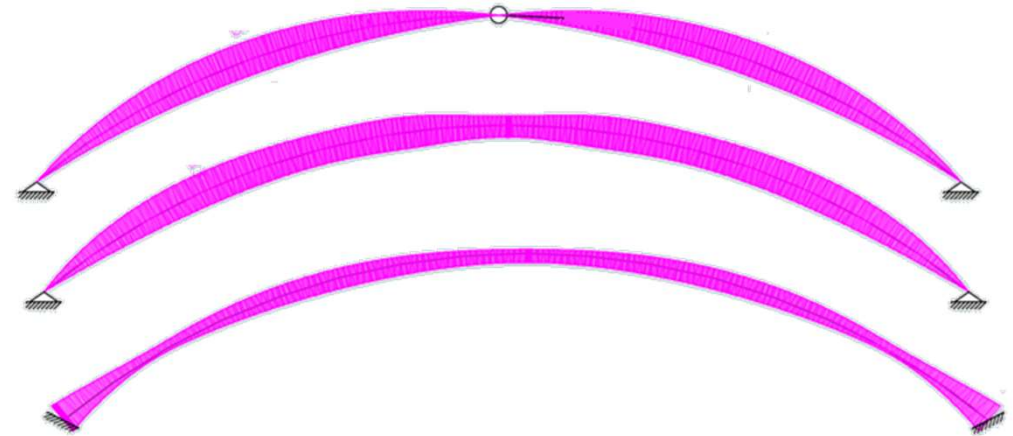
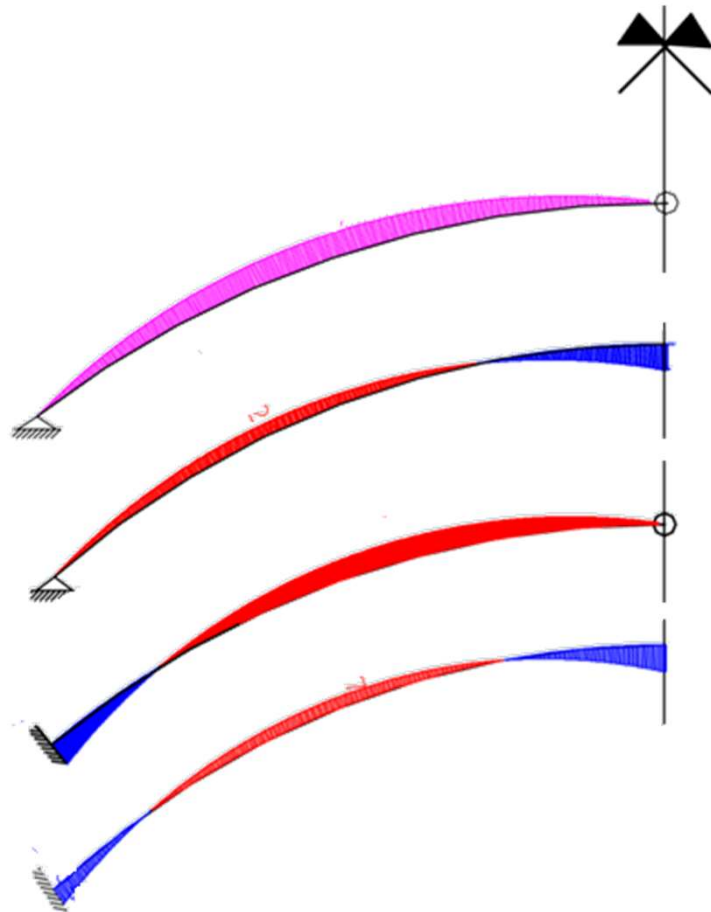
$$\zeta = \frac{x}{L/2}$$

n – коефицијент који зависи од односа сталног и покретног оптерећења уобичајено:

за друмске мостове 0,3

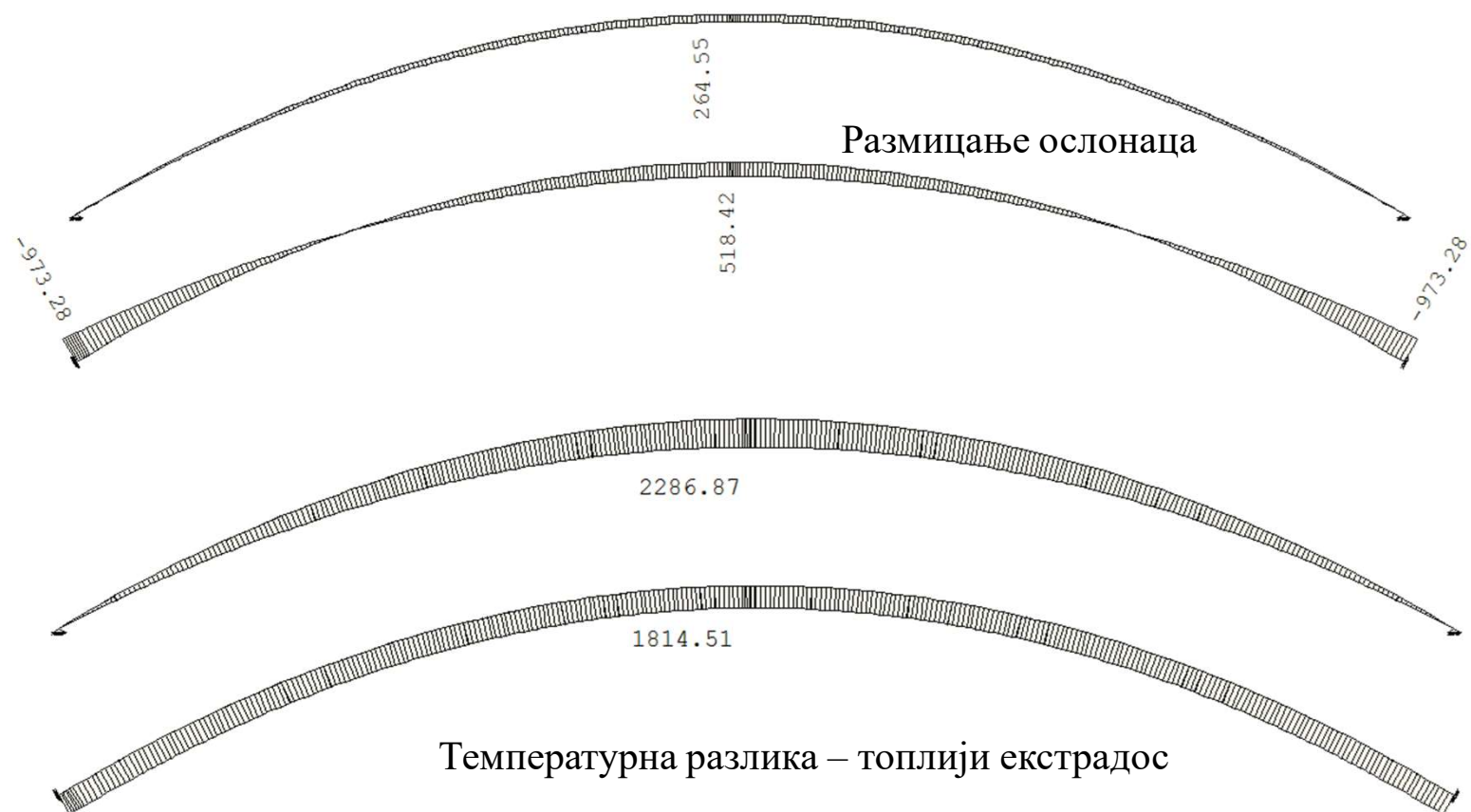
за железничке мостове 0,20- 0,25

Број зглобова и утицаји у луку

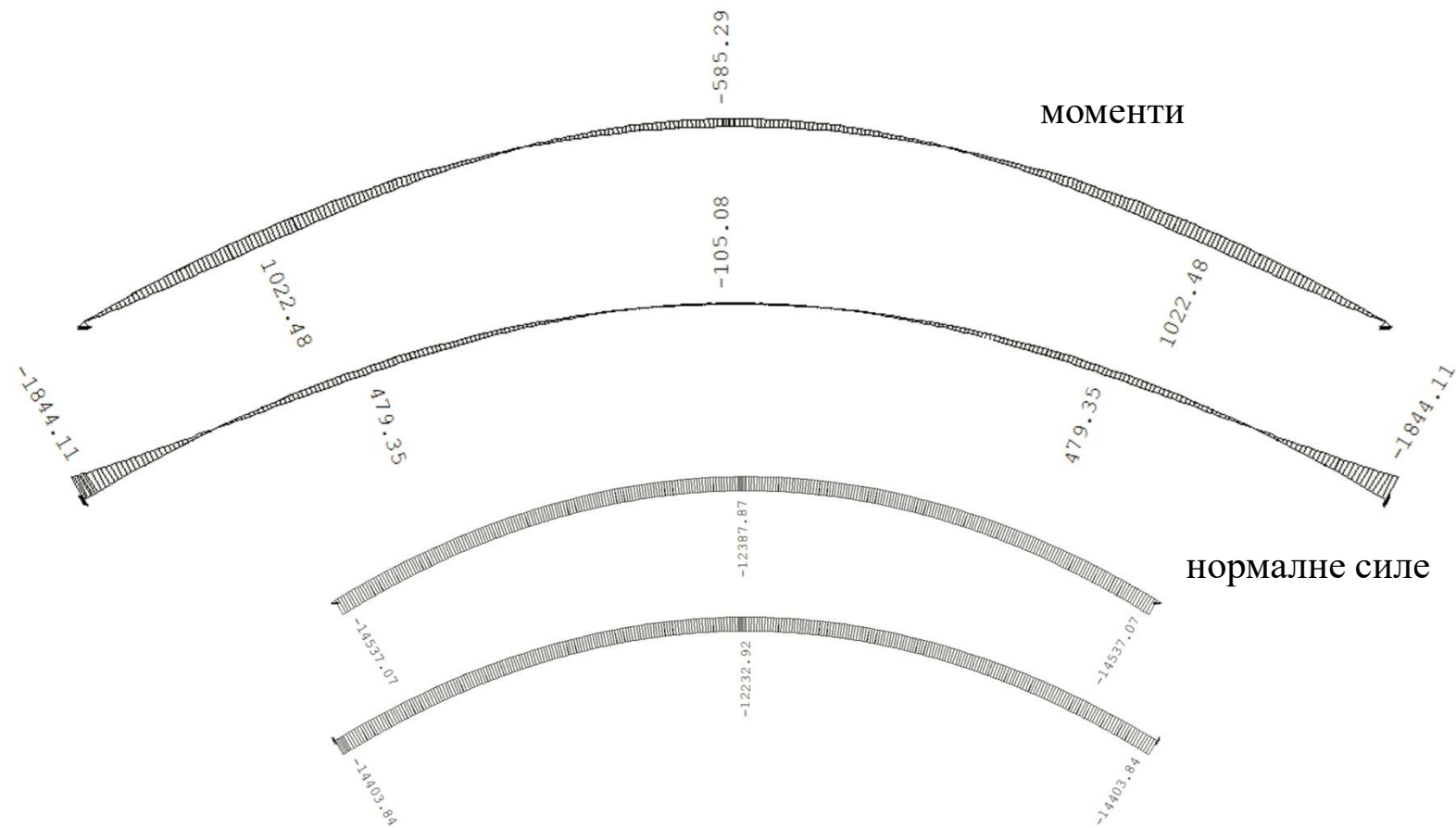


Величине момената расту са бројем зглобова, хоризонтални притисци имају приближно исту вредност

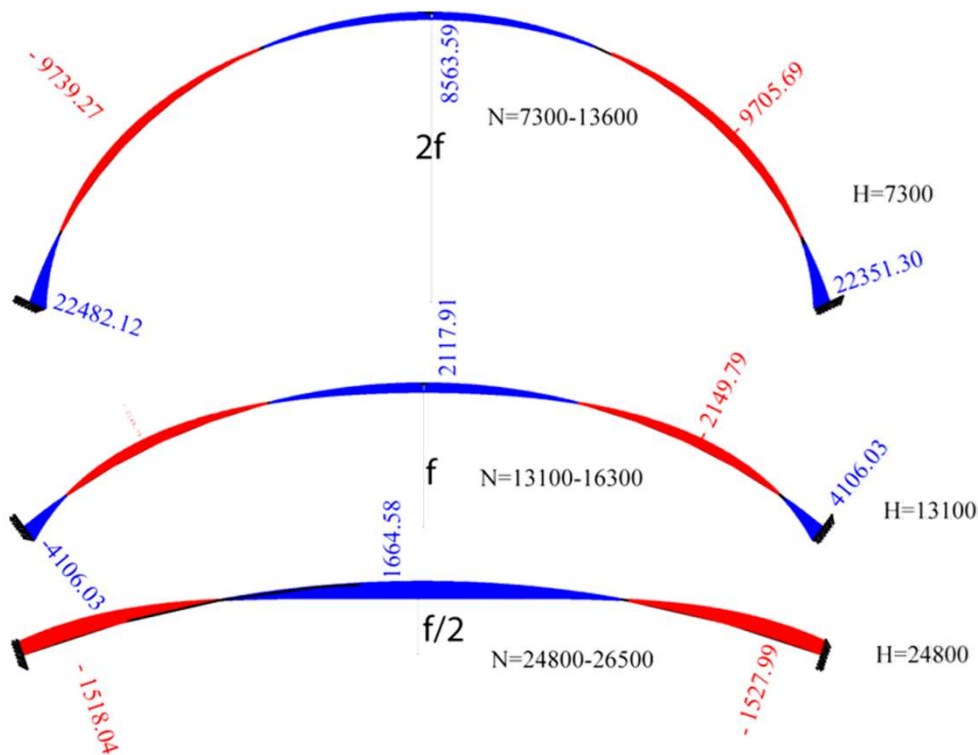
„Паразитни” моменти



Сопствена тежина лука



Оптималне стињености

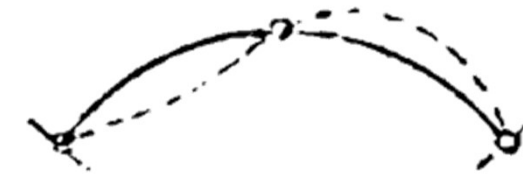


- Смањењем стреле при истом распону и истом закону промене момената инерције моменти од покретног оптерећења се не мењају значајно (сличне утицајне линије)
- Осетљивост лукова на скупљање, течење, температуру и размицање ослонаца расте са смањењем стињености и постају пресудни за стабилност плитких лукова.
- Нормалне силе расту, до одређене границе, приближно реципрочно смањењу стреле лука
- Дубоки лук има релативно малу нормалну силу, при приближно истим моментима од покретног оптерећења
- Оптимална стињеност лука опада са величином распона
- Секундарни ефекти расту са порастом статичке неодређености

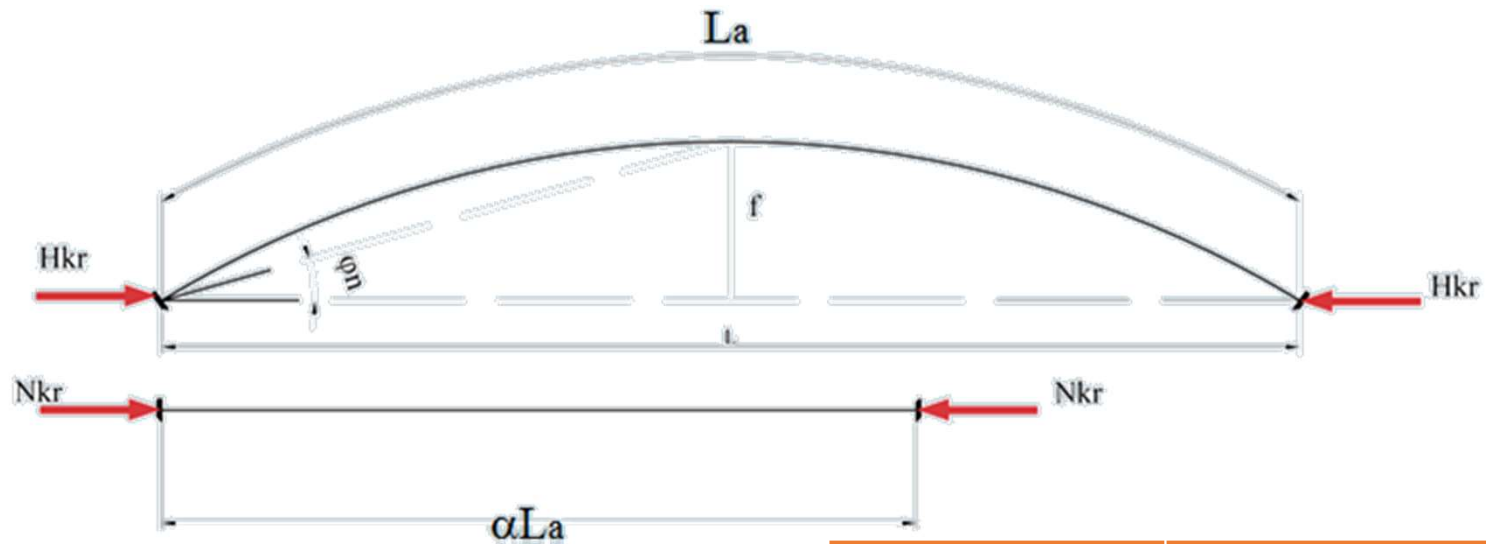
Стабилност – извијање у својој равни

”Теорија другог реда је тачна (у границама претпоставки), али је дуга и приметна. Конструктор увек тежи да је учини излишном самом конструктивном концепцијом.”

Тројановић



Извијање лука витак лук теорија II реда упрошћен метод



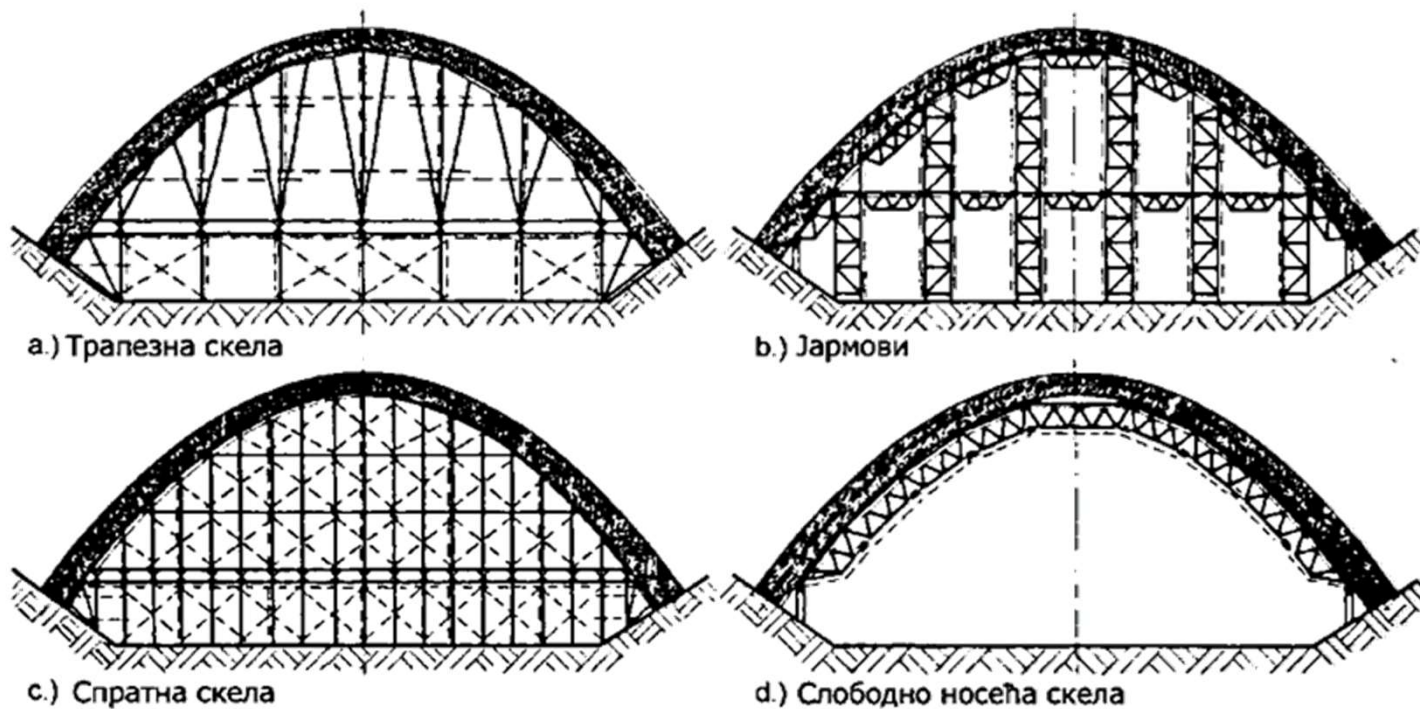
$$H_{kr} = N_{kr} \cdot \cos \phi_n$$

$$N_{kr} = \frac{\pi^2 E I_s r}{(\alpha L_a)^2}$$

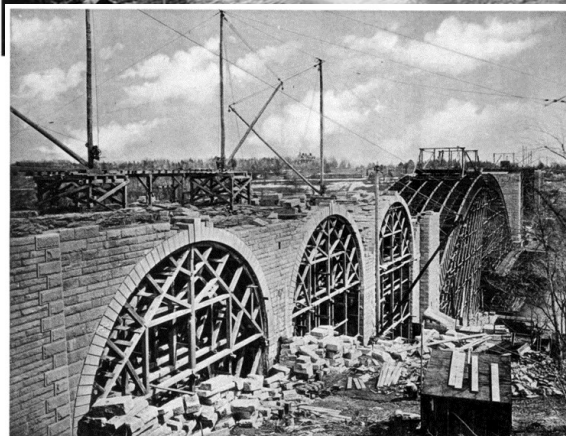
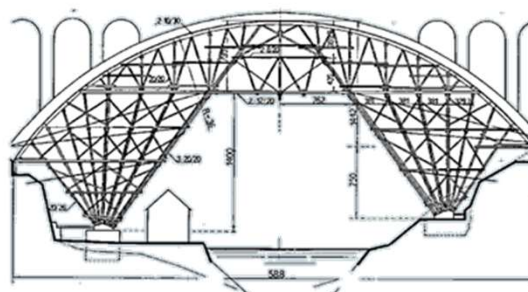
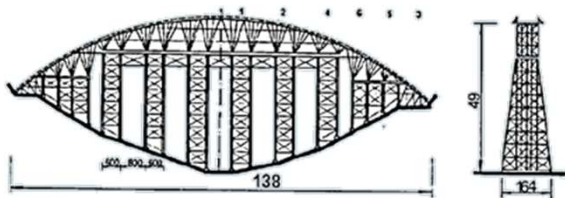
$$M^{II} = \frac{1}{1 - \frac{H}{H_{kr}}} M^I$$

Систем	α
Укљештени лук	0.36
Двозглобни лук	0.54
Трозглобни лук	0.58

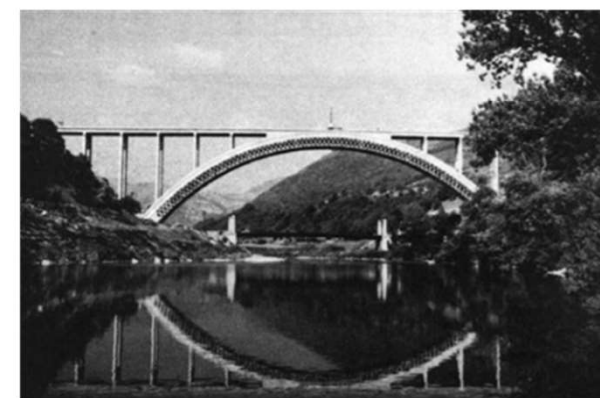
Скеле за лучне мостове



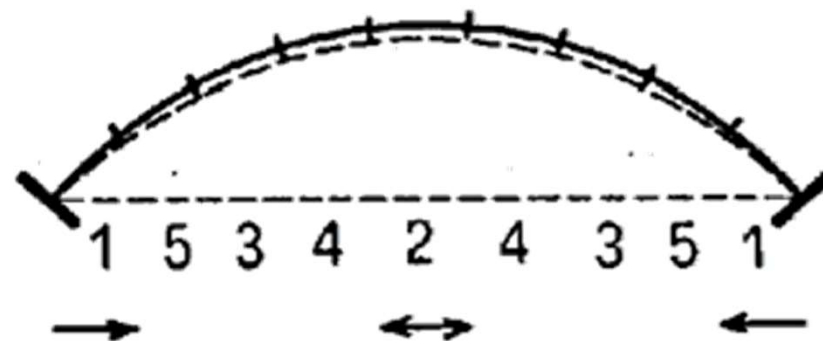
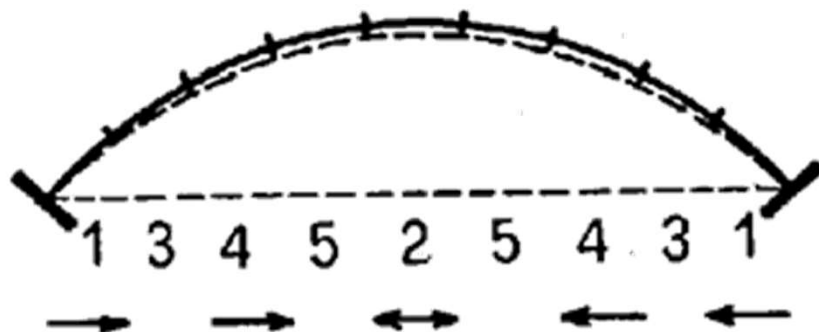
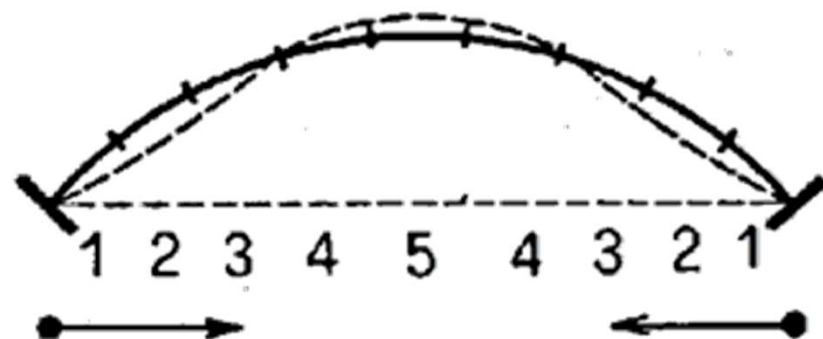
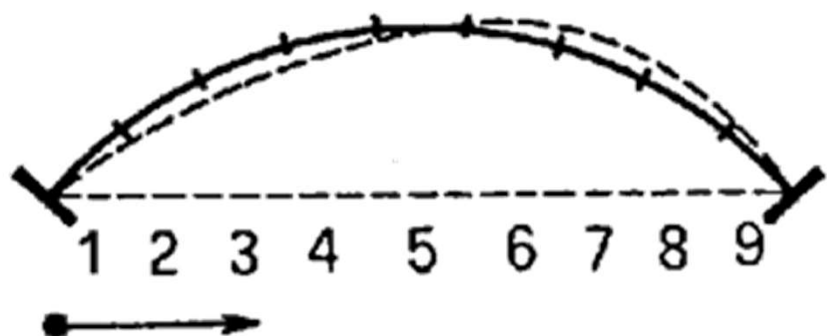
Скеле



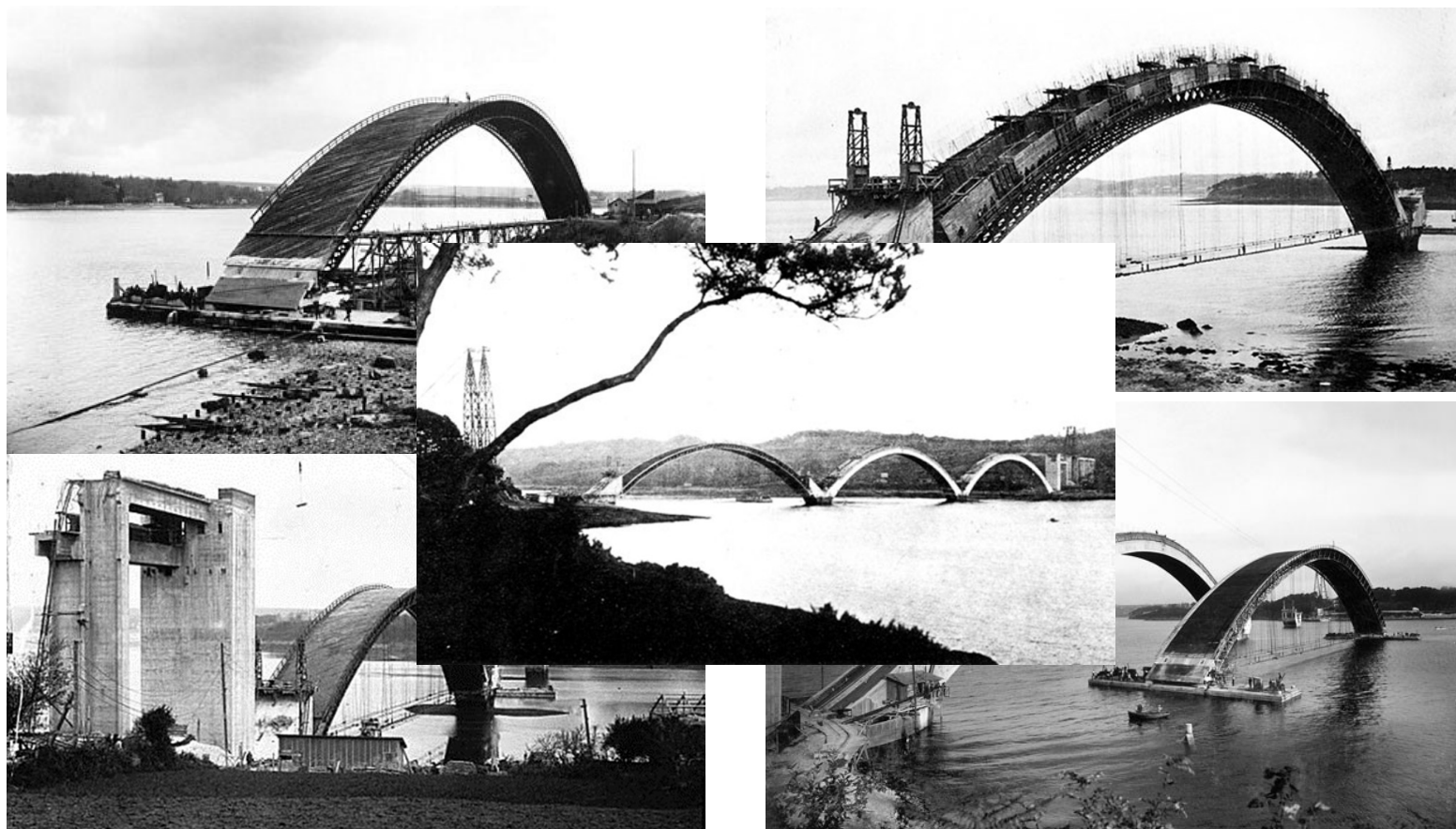
WEST SIDE, MARCH 23, 1888.



Распоред бетонирања

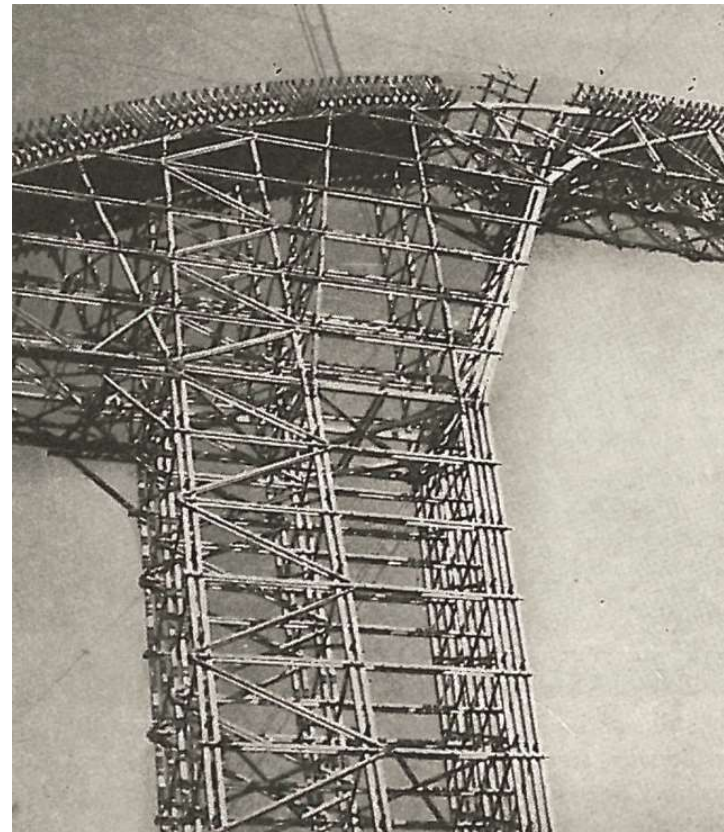
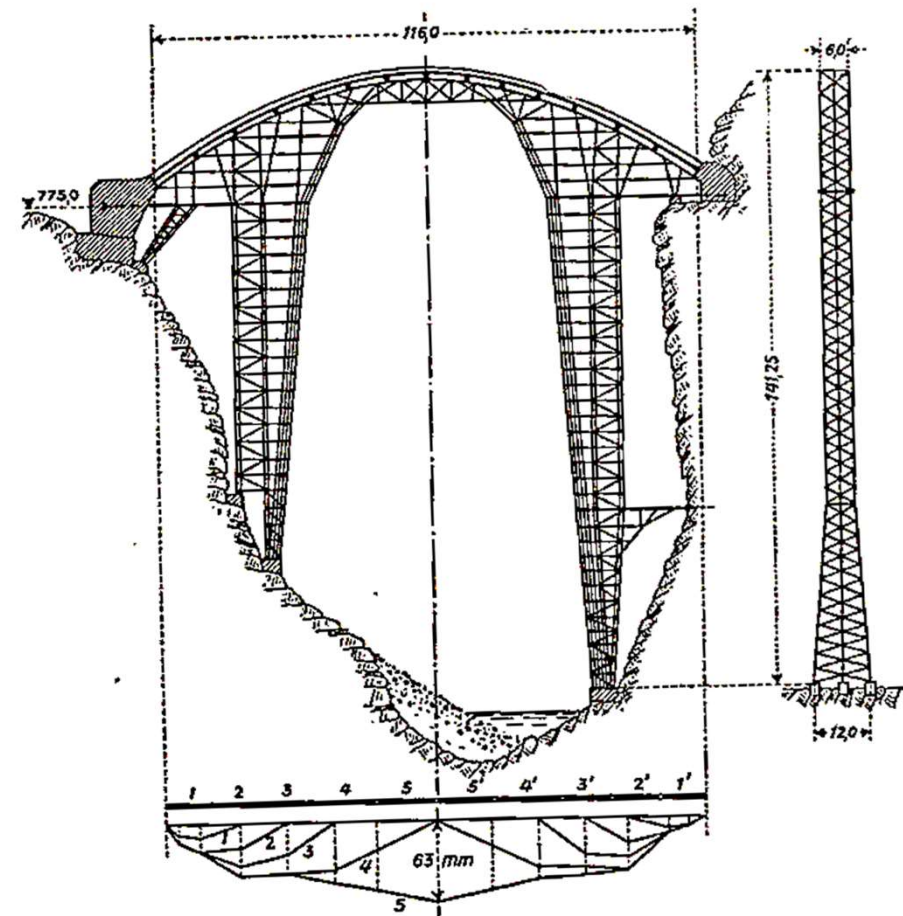


Извођење моста Albert Louppe



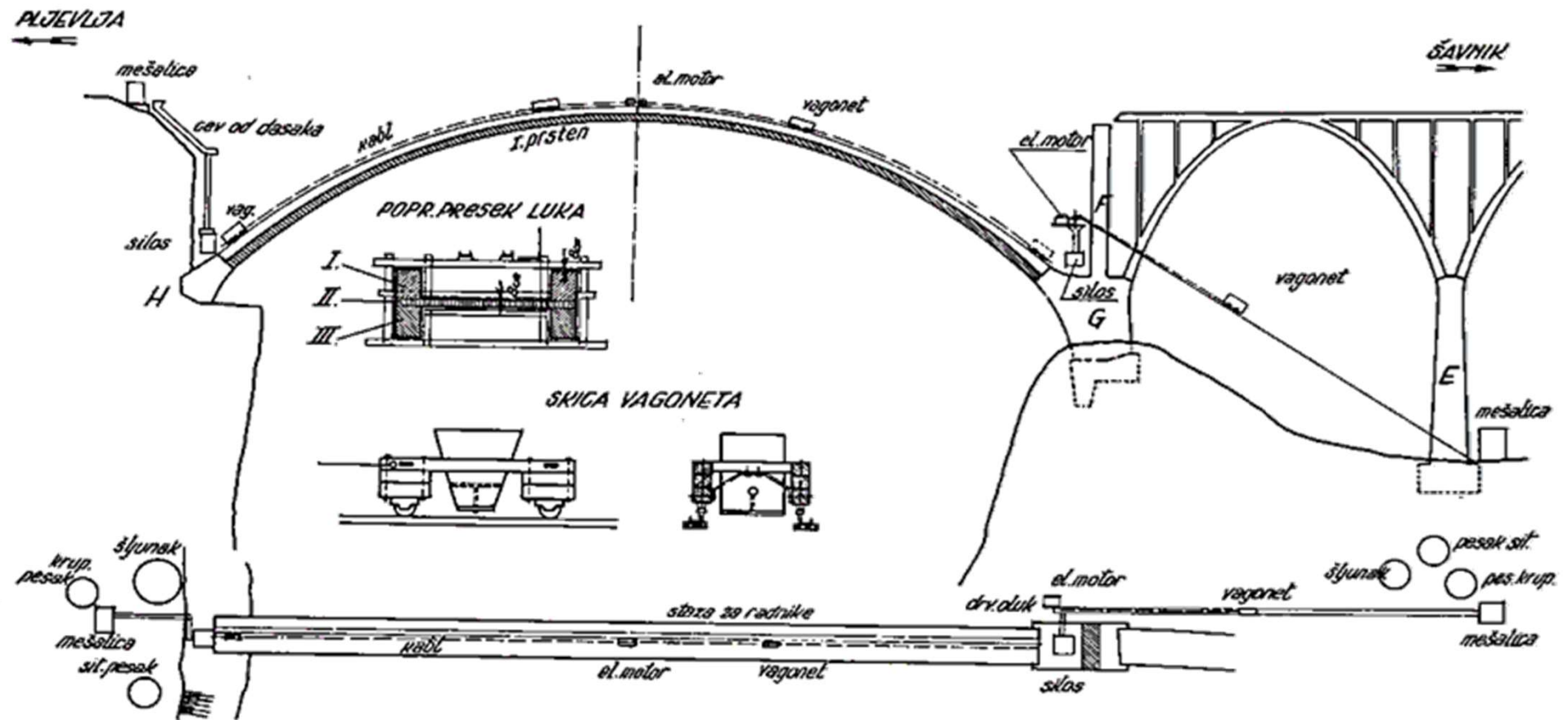
Грађевински факултет Универзитета у Београду, 2023.

Скела главног отвора моста на Тари



Грађевински факултет Универзитета у Београду, 2023.

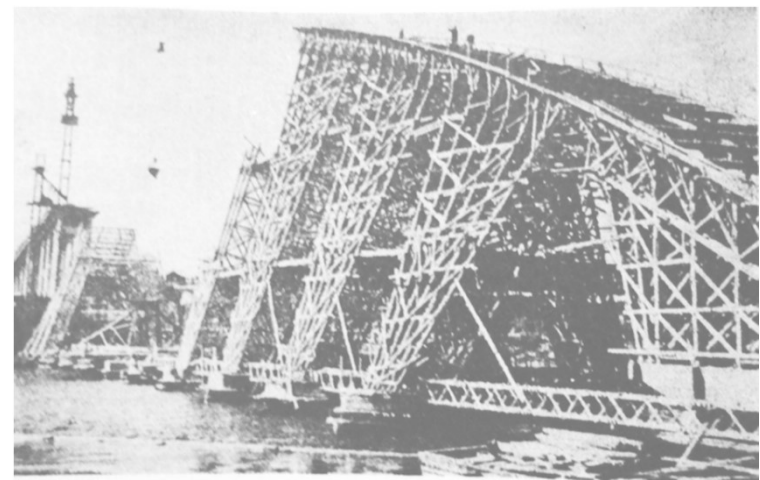
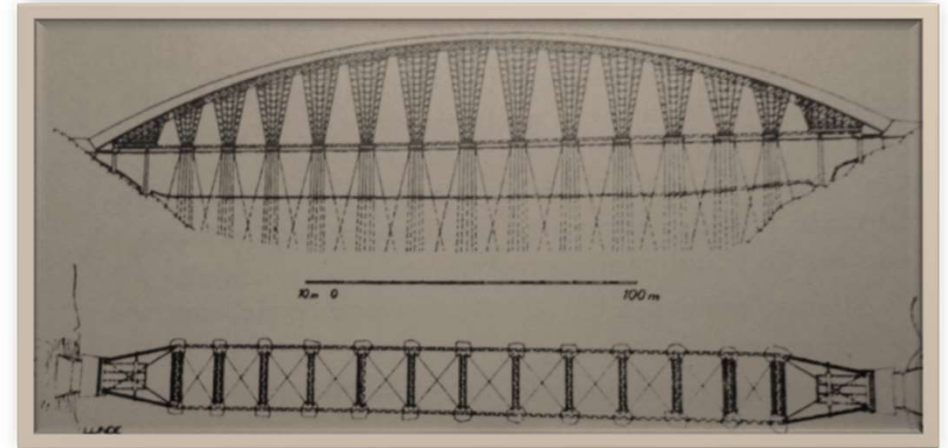
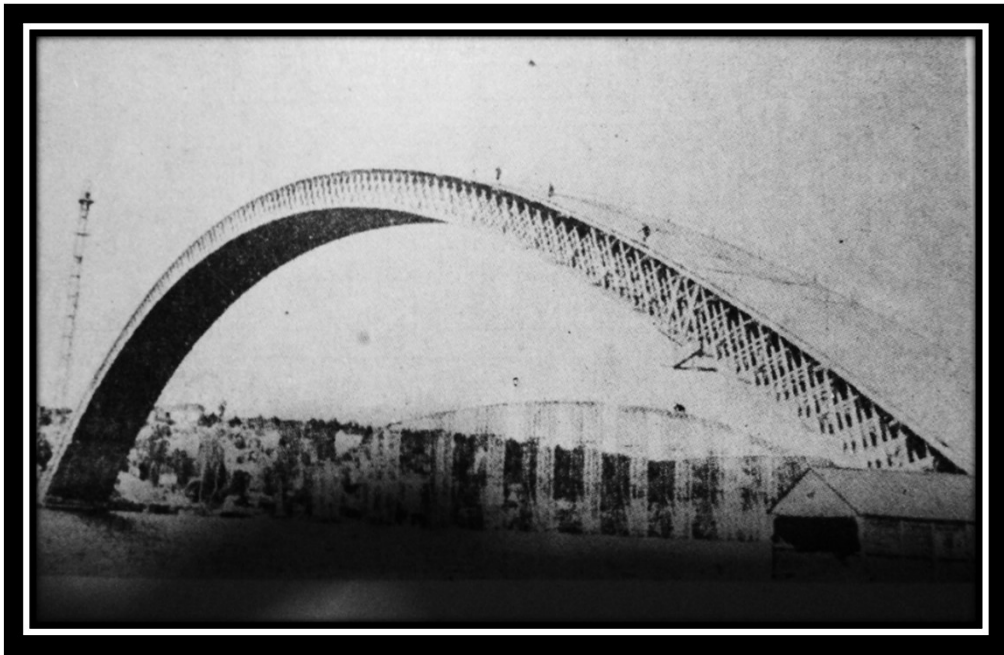
Бетонирање главног лука моста на Тари



Скеле за бочне отворе моста на Тари

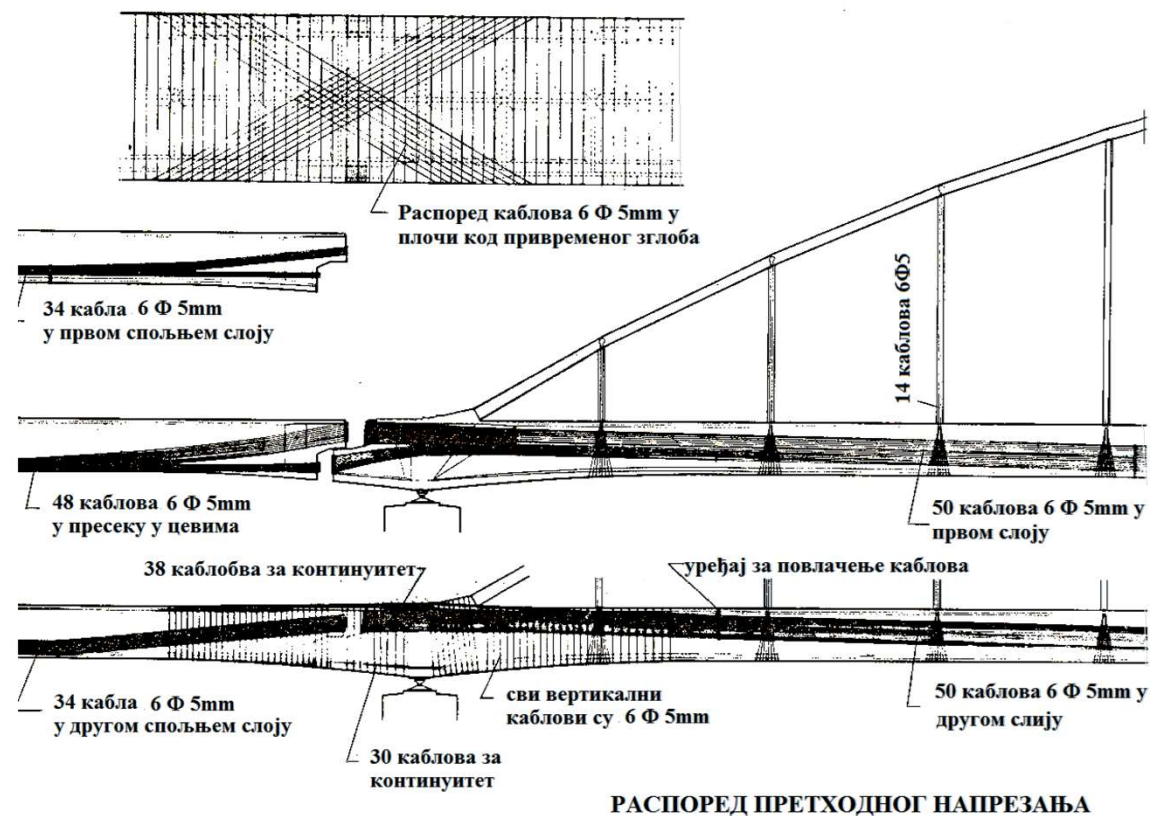
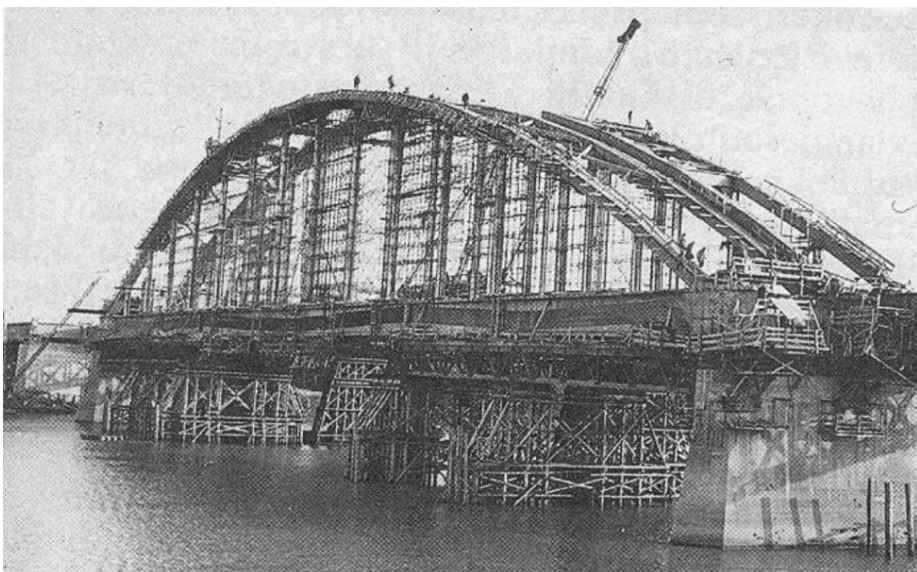


Мост Сандо (Шветска 1939-1943)

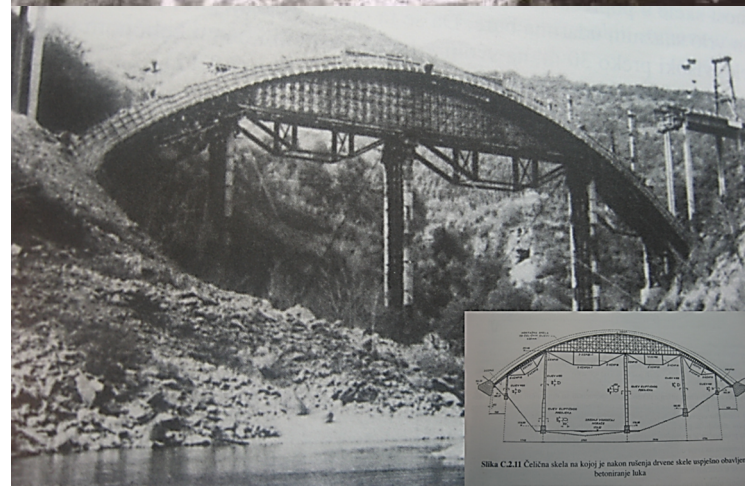
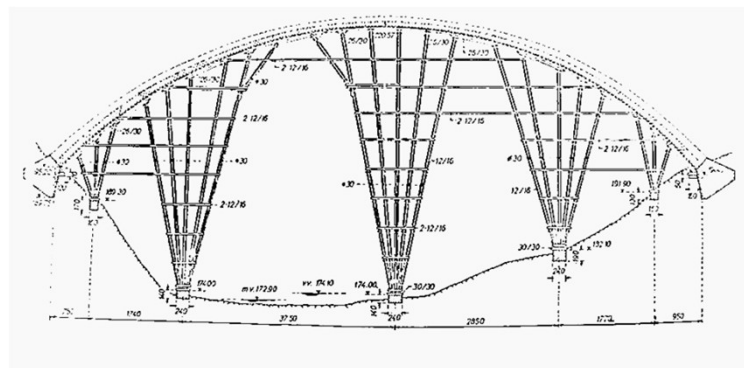


Грађевински факултет Универзитета у Београду, 2023.

Мост преко Тисе код Титела 1956. - 1958



Мост Пјенавац (1962)



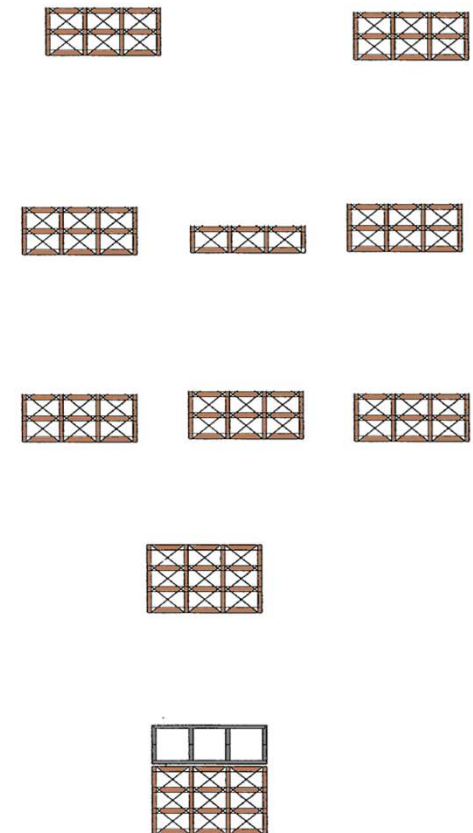
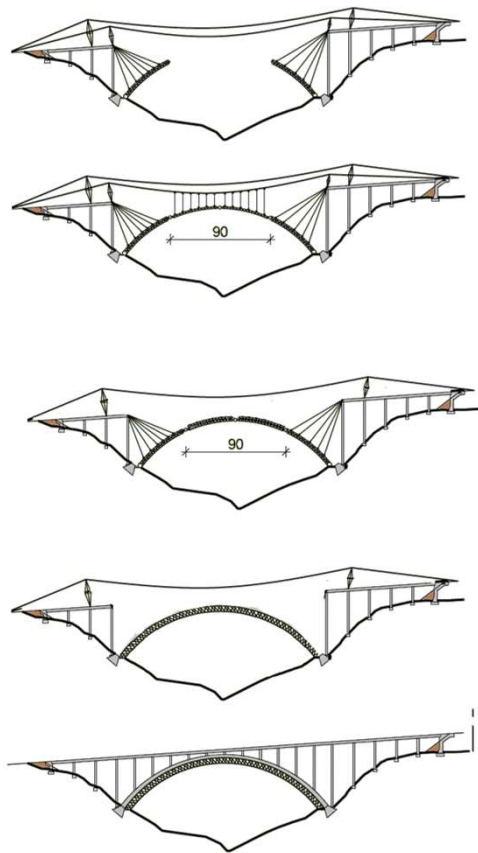
Грађевински факултет Универзитета у Београду, 2023.

Мост Danhe камени лучни мост 146m (2000)

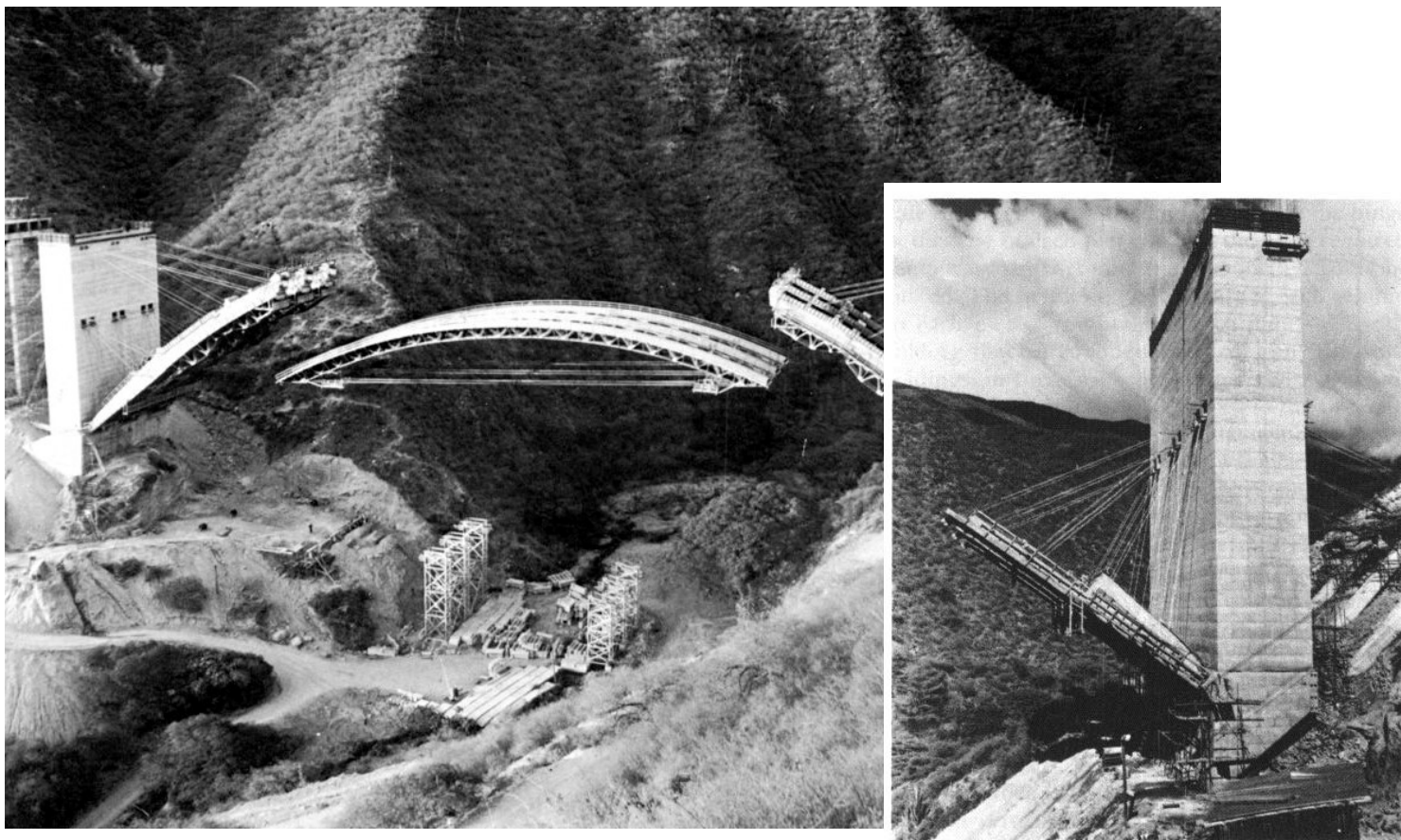


Грађевински факултет Универзитета у Београду, 2023.

Монтажа слободно носеће скеле пример

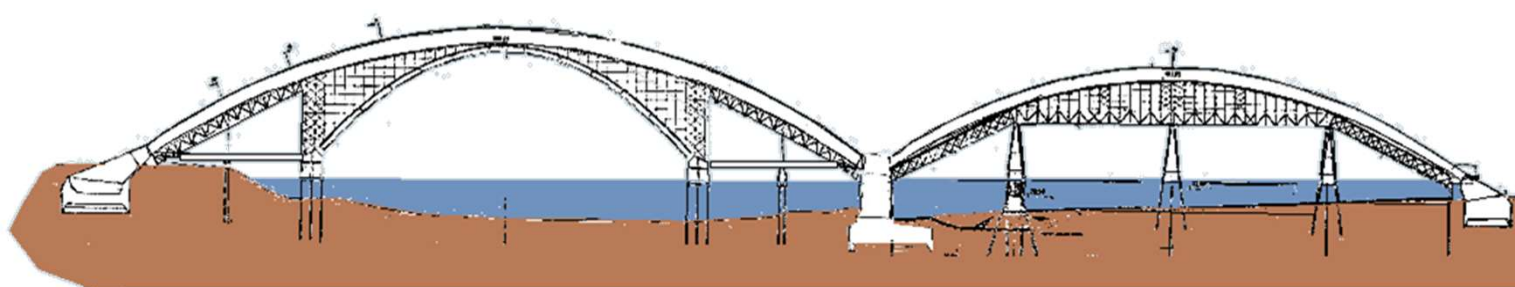


Монтажа слободно носеће скеле - Caracas Viaduct (1951-1953)



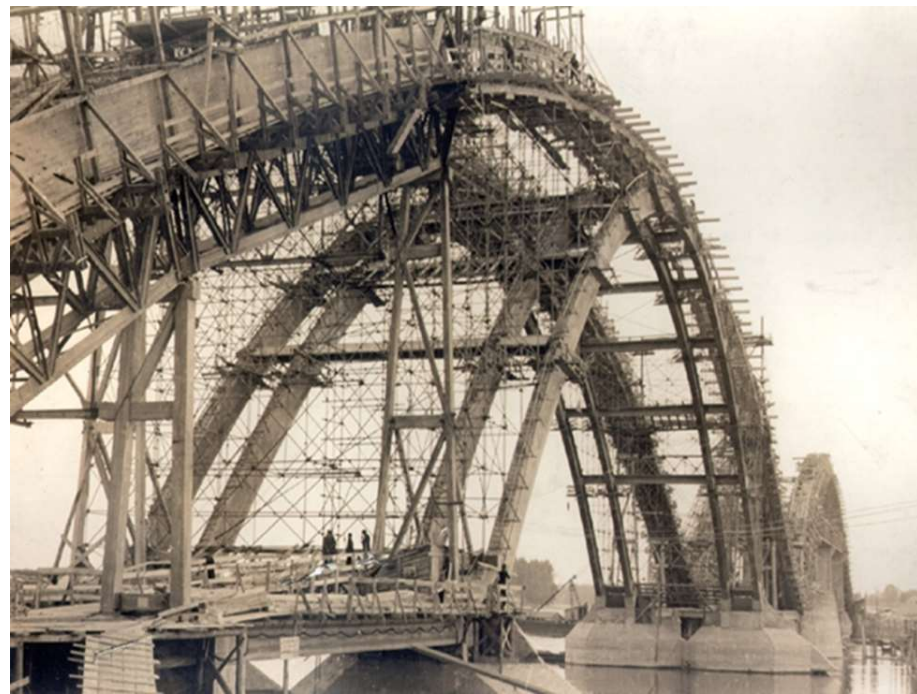
Грађевински факултет Универзитета у Београду, 2023.

Мост преко Дунава у Новом Саду (1957-1961)



Грађевински факултет Универзитета у Београду, 2023.

Скела под великим луком

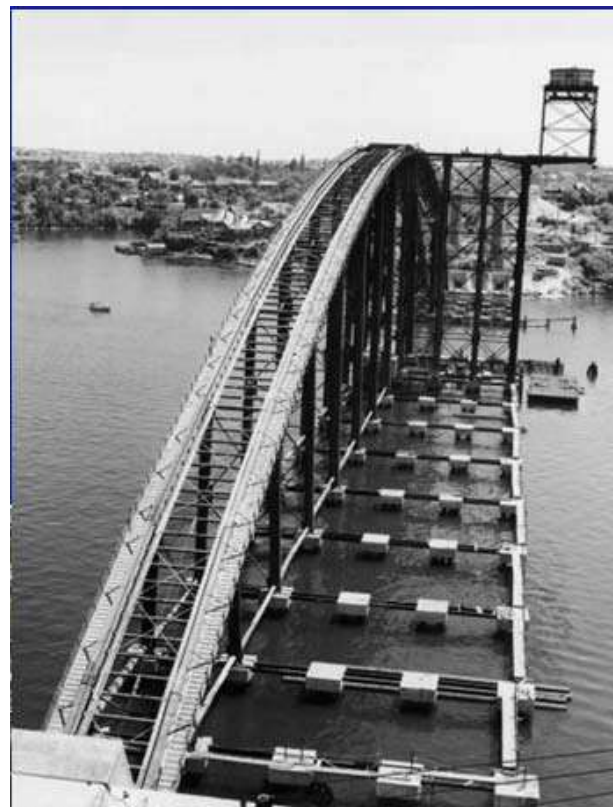


Gladesville 305m (1959-1964)

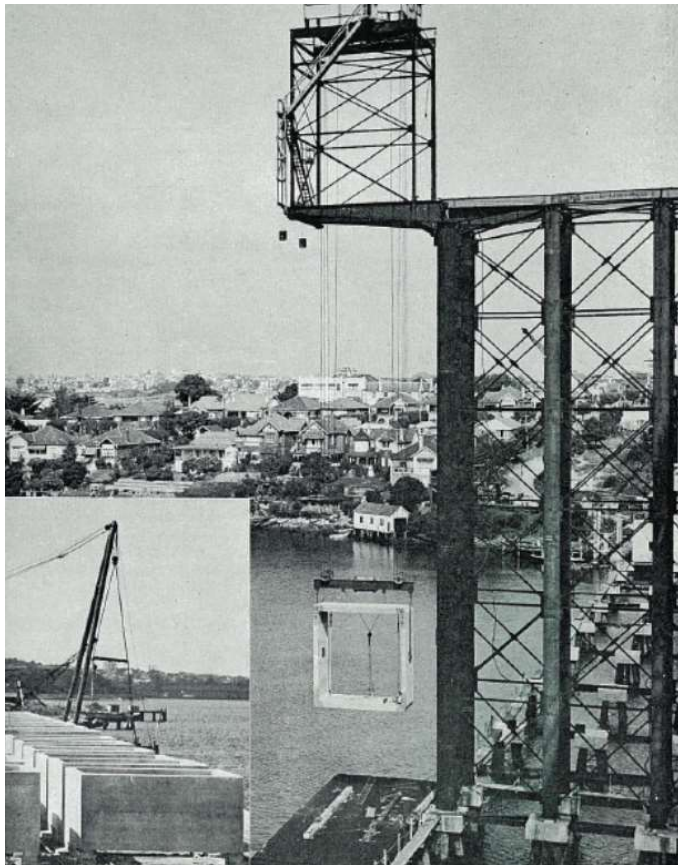


https://www.youtube.com/watch?v=Yat-CwdOpsg&ab_channel=NSWRoads

Формирање скеле



Постављање сегмената

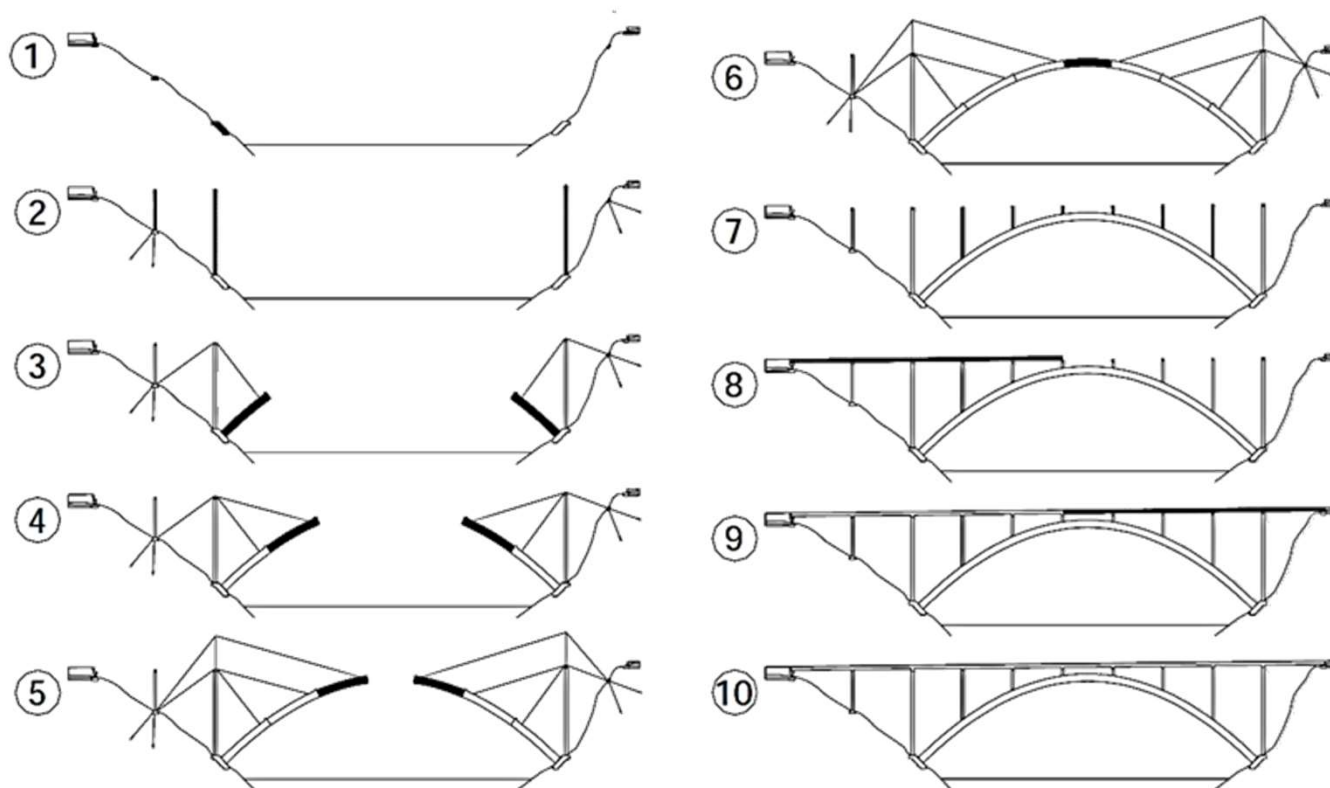


Грађевински факултет Универзитета у Београду, 2023.

Извођење Gladesville моста

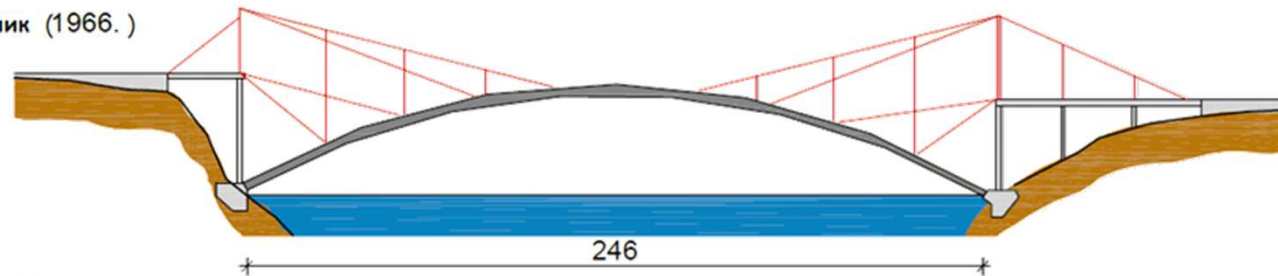


Принцип конзолног извођења лукова

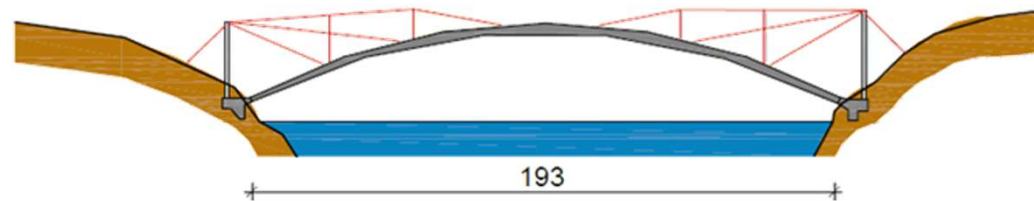


Велики Југословенки мостови

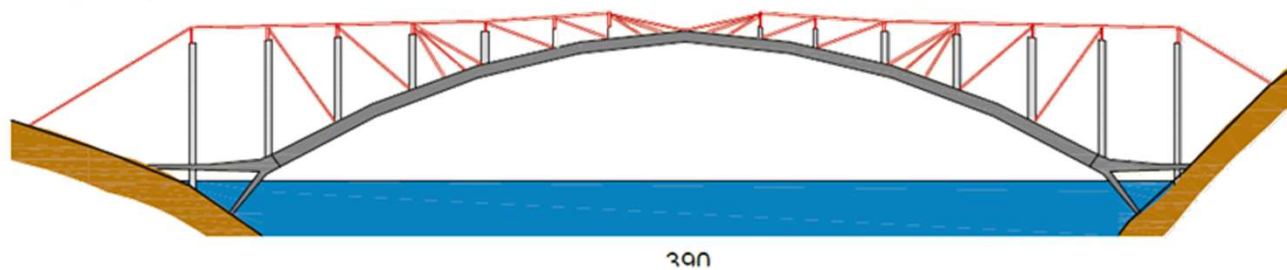
Шибеник (1966.)



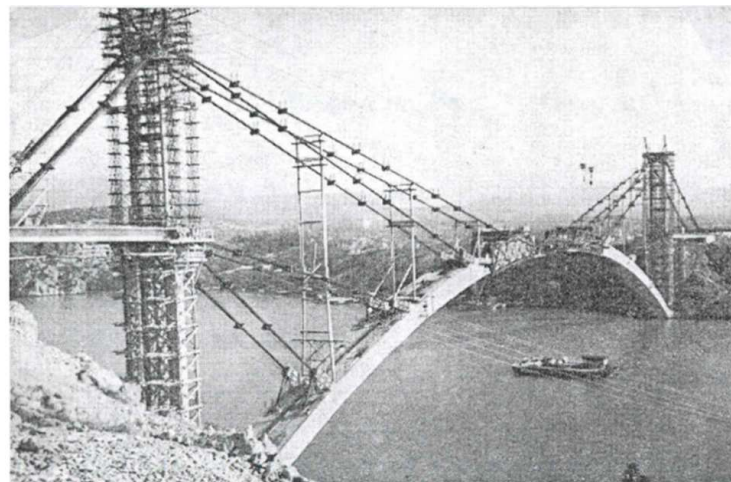
Паг (1968.)



Крк (1980.)

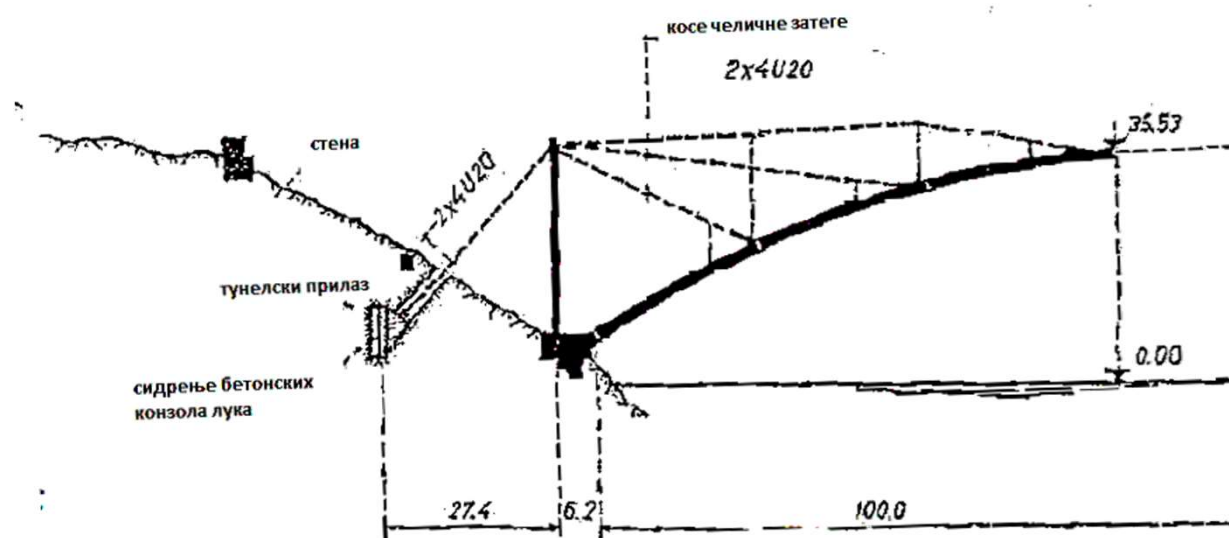
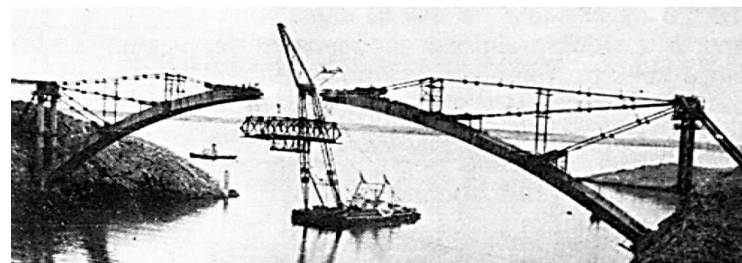


Грађење Шибеничког моста



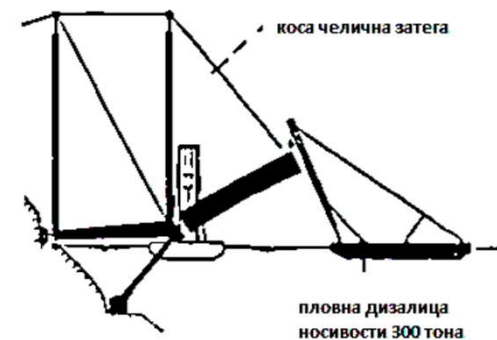
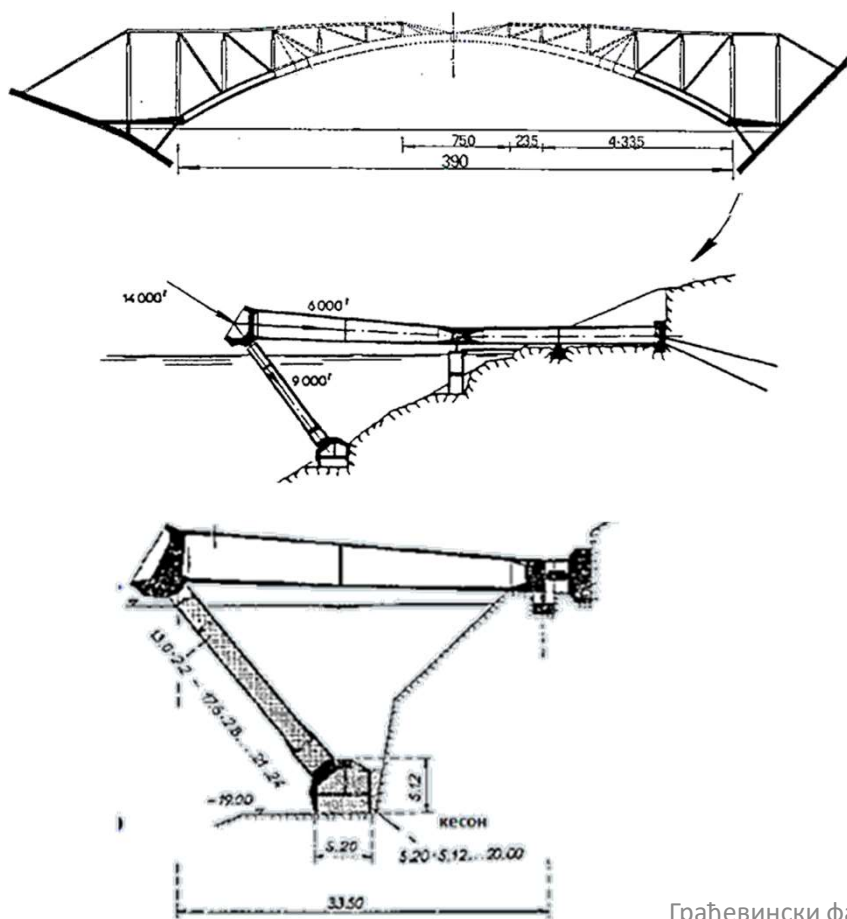
Грађевински факултет Универзитета у Београду, 2023.

Пашки мост – помоћни стубови

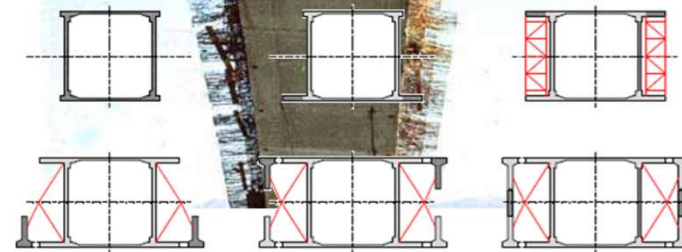
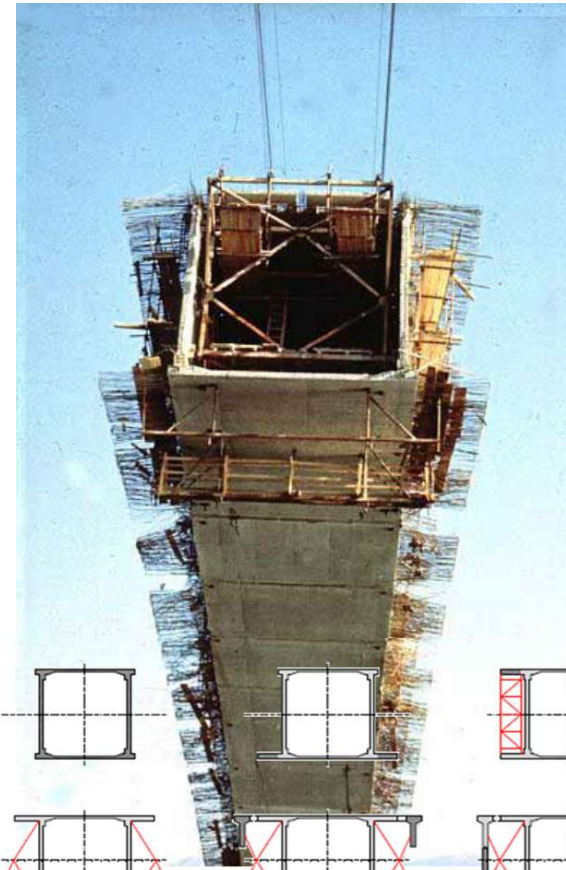


Грађевински факултет Универзитета у Београду, 2023.

Мост Крк завршен 1979.

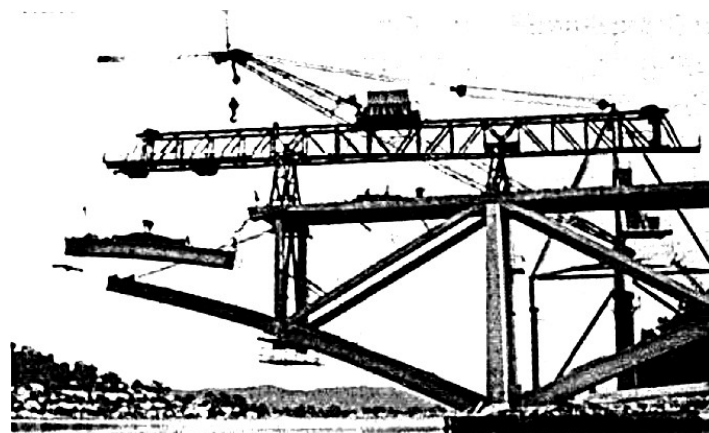
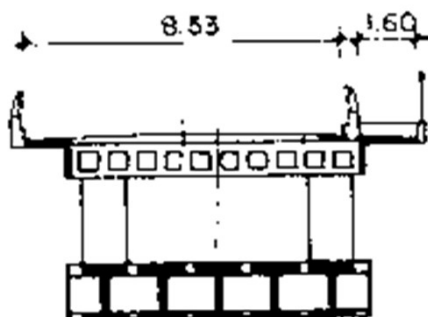


Грађевински факултет Универзитета у Београду, 2023.



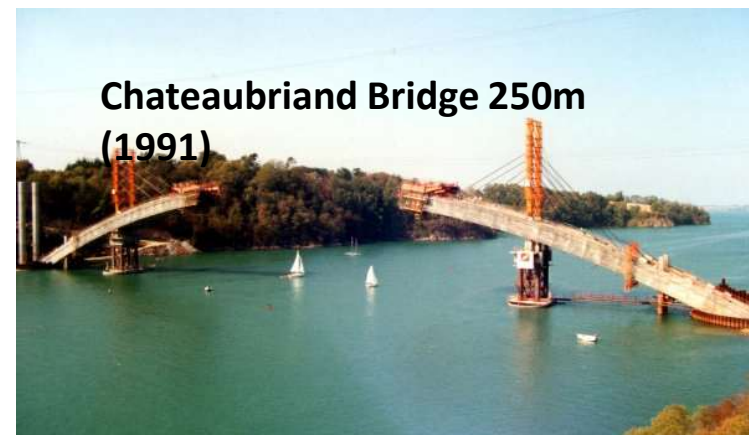
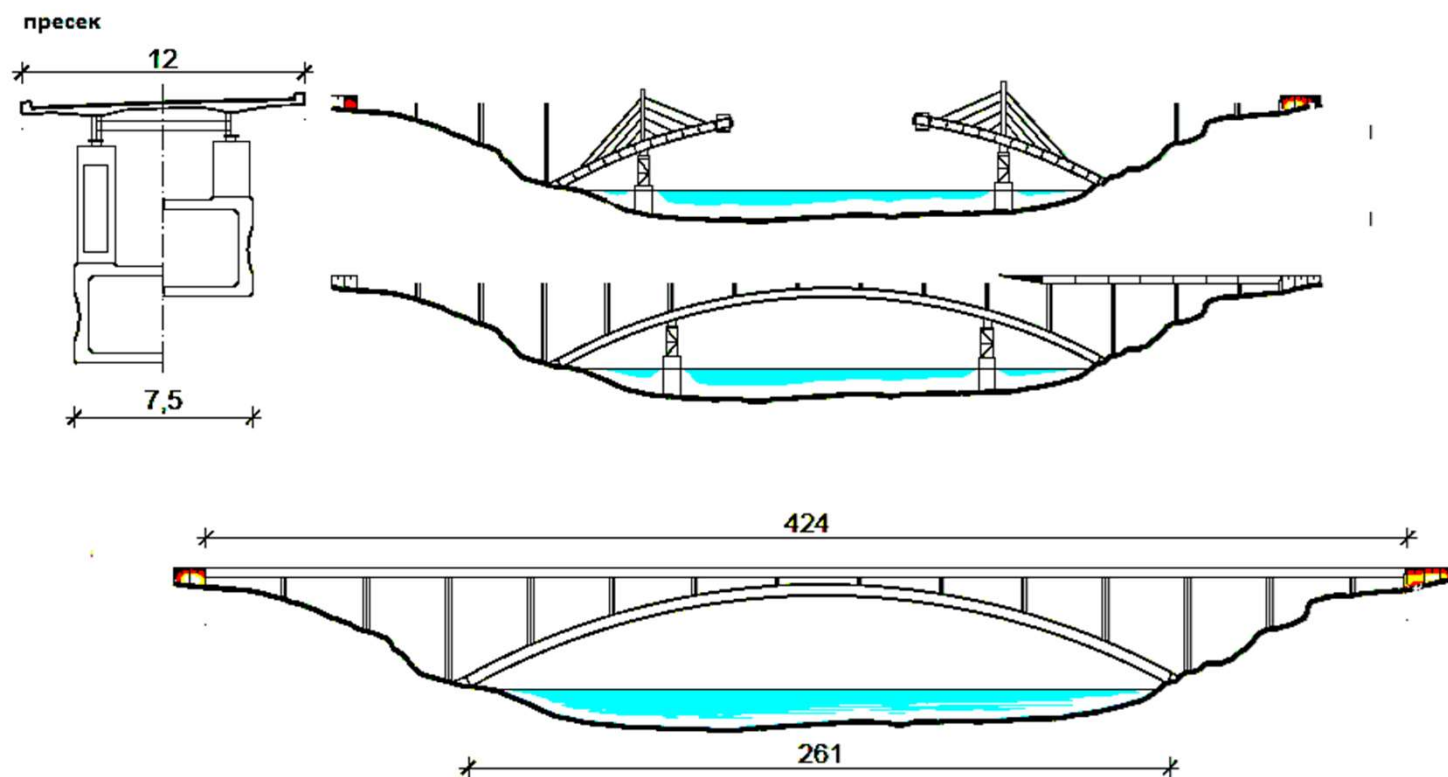
Грађевински факултет Универзитета у Београду, 2023.

Мост Рип Аустралија (182m)

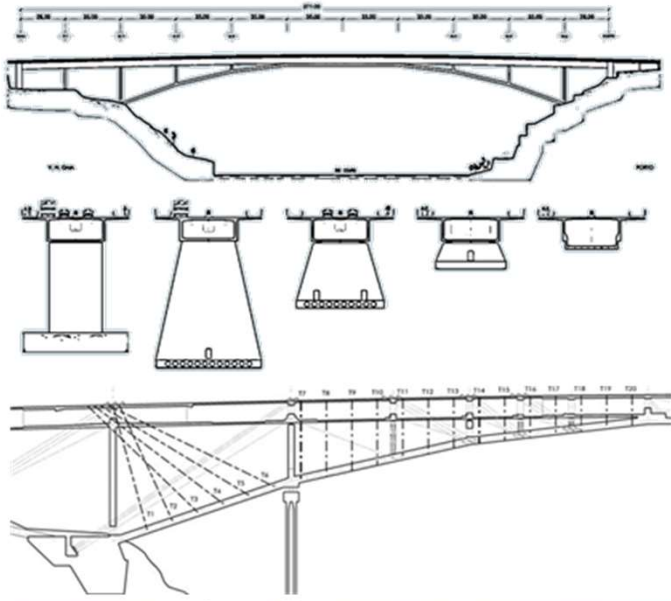


Грађевински факултет Универзитета у Београду, 2023.

Модификована конзолна градња



Infinite Dom Henrique мост (1999-2002)



Распон лука је $L = 280$ m, а стрела 25 m, тако да однос стреле и распона лука (f/L) износи приближно $1/11$.

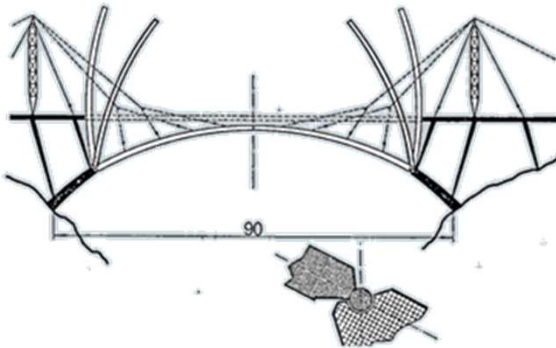
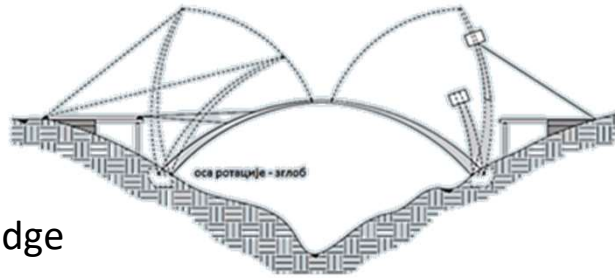
Светски рекорд са правим сегментима лукова, са константном дебљином од 1,50 m (приближно $L/187$) (уобичајене дебљине лучних носача : $L/40 \div L/60$)



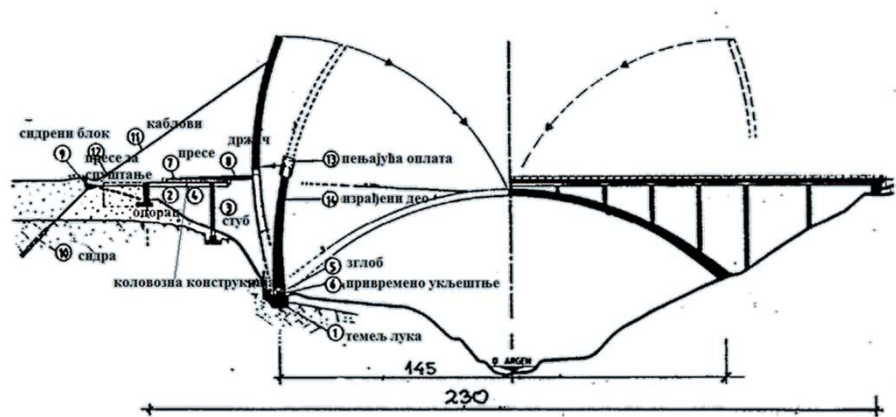
Грађевински факултет Универзитета у Београду, 2023.

Ротација полу лукова око хоризонталне осе

Storms River Bridge
90 m (1954).

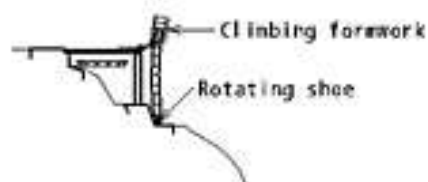


Argentobel, (1985.)



Construction Procedure

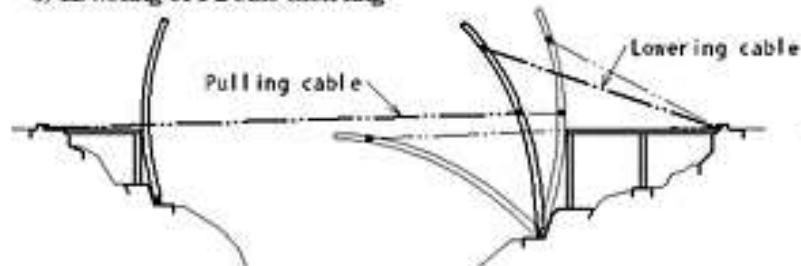
- 1) Construction of stiffening girders in the side span
- 2) Installation of rotating shoes
- 3) Vertical construction of arch ring (Phase 1)



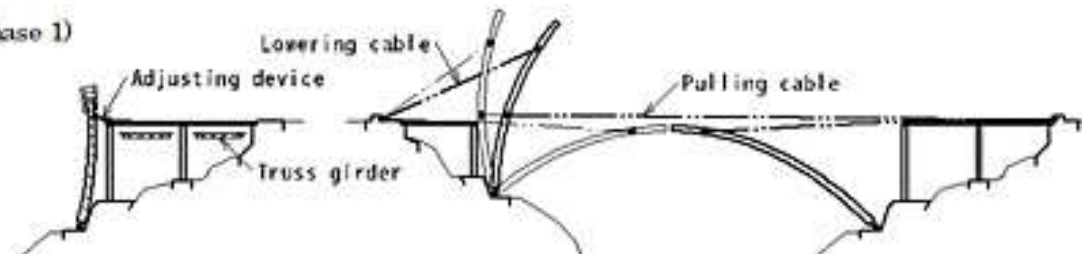
- 4) Vertical construction of arch ring (Phase 2)



- 5) Lowering of P2 side arch ring



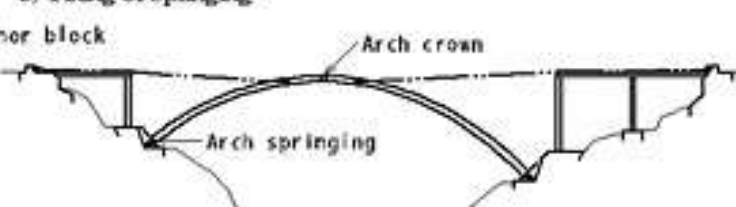
- 6) Lowering of P1 side arch ring



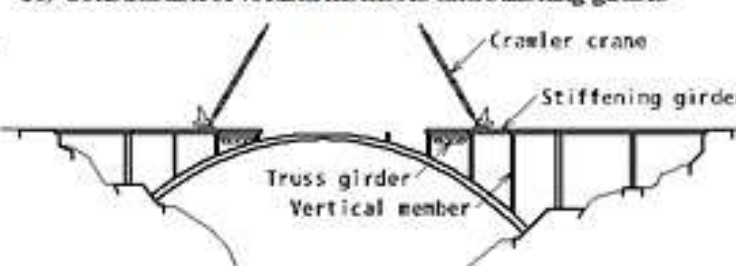
- 7) Closing of crown

- 8) Releasing Lowering cables

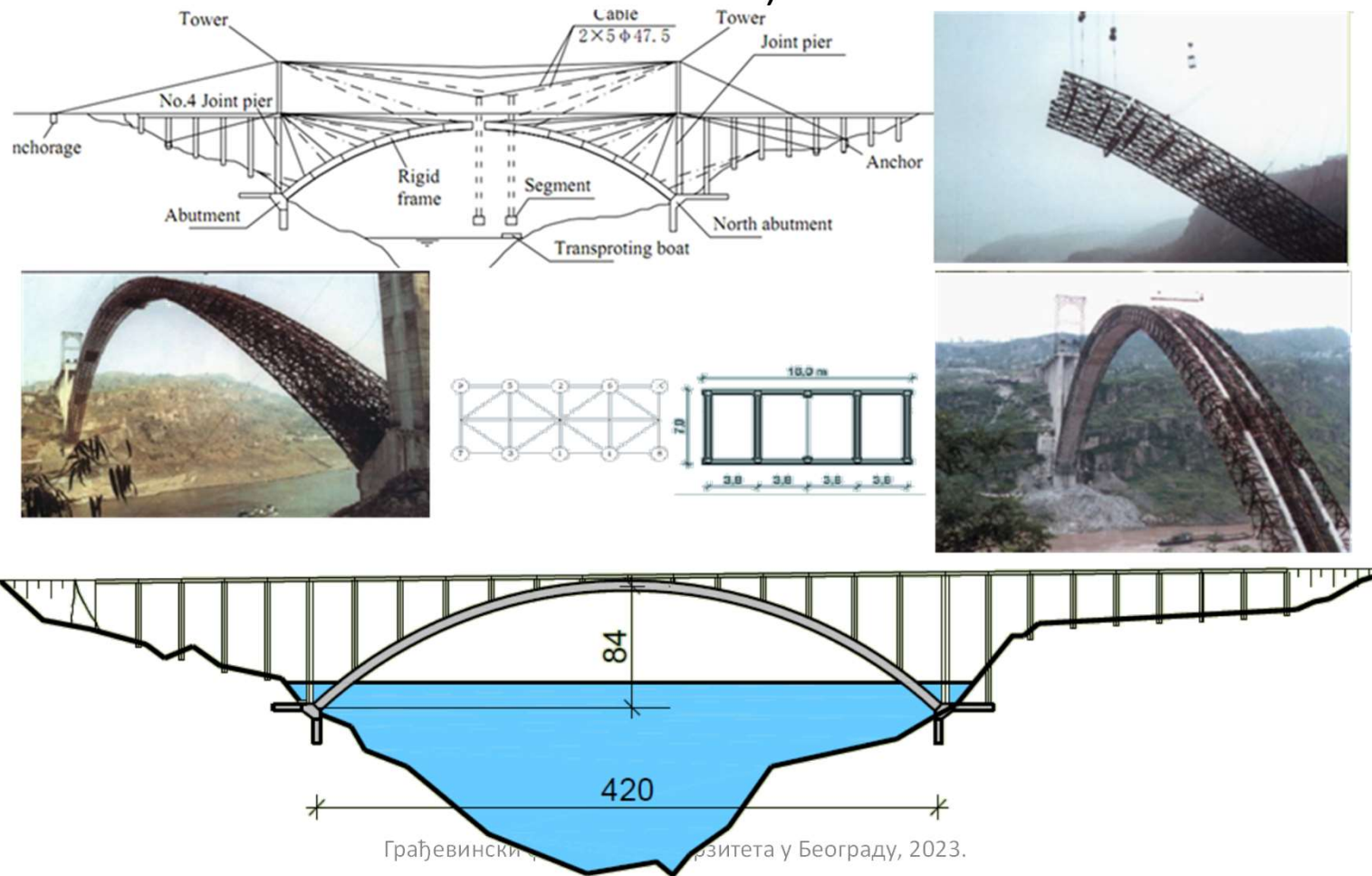
- 9) Fixing of springing



- 10) Construction of vertical members and stiffening girders



Wanxiang 420m (1997) – цеви испуњене бетоном (Concrete-Filled Steel Tube- CFST)



Shanghai–Kunming High-Speed Railway



Распон 445m
(завршен 2016.)

Грађевински факултет Универзитета у Београду, 2023.

Yajisha Bridge 360 m (1999.) цеви испуњене бетоном





(a) Rotating



(b) completion of rotation