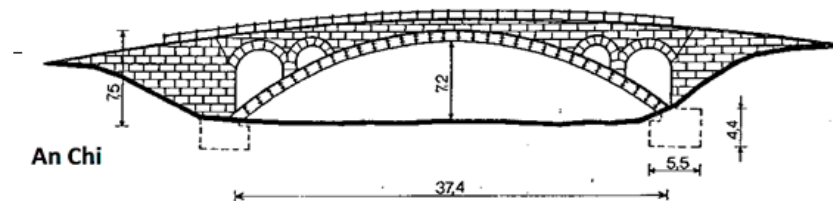
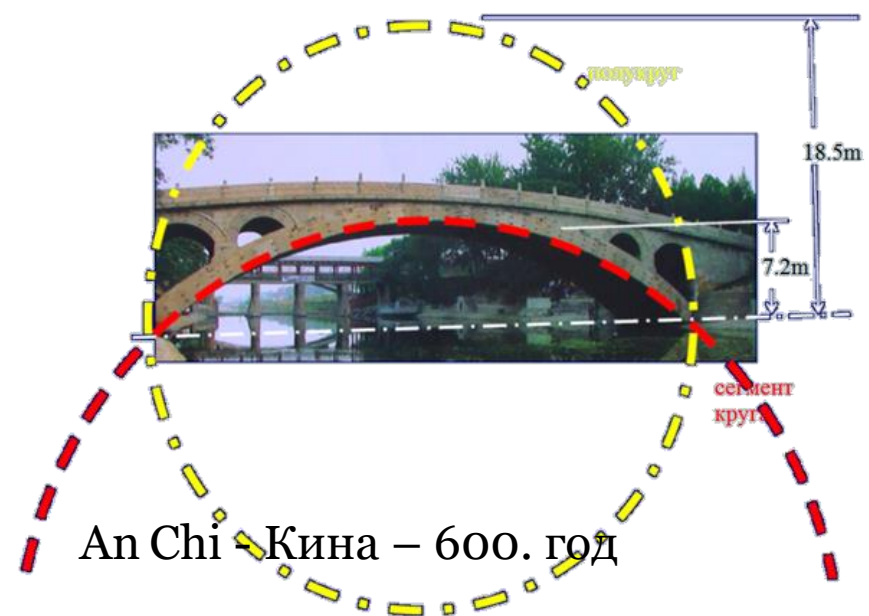
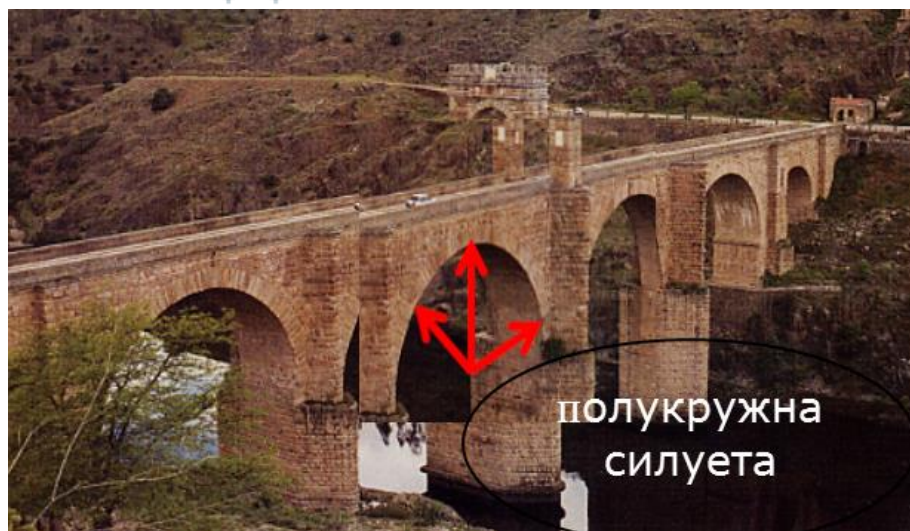
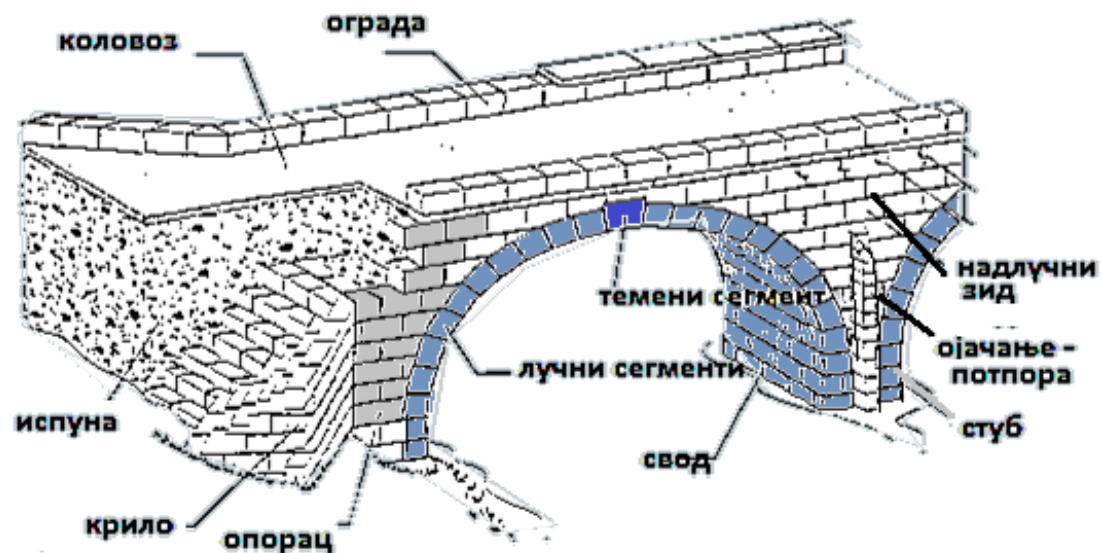




Универзитет у Београду – Грађевински факултет
www.grf.bg.ac.rs

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 : 10.12.2024.

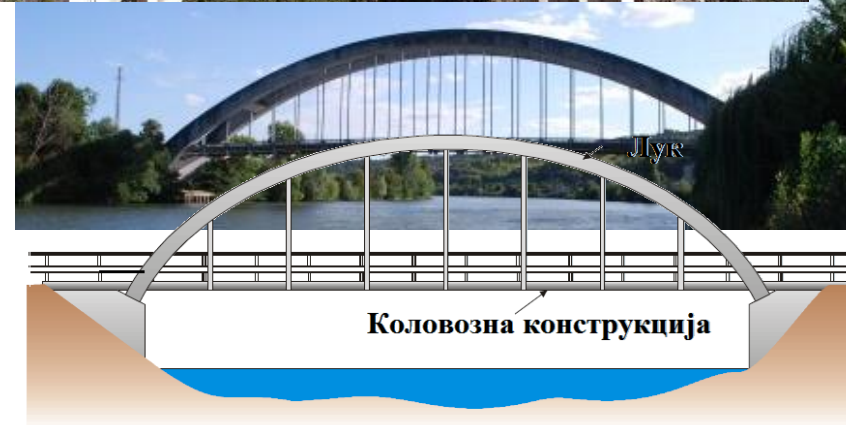
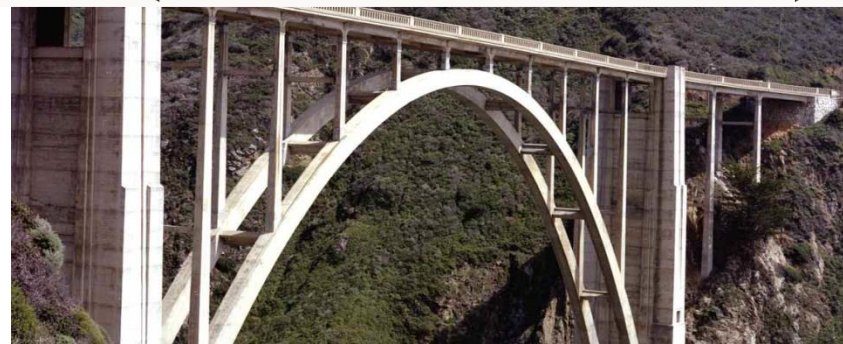
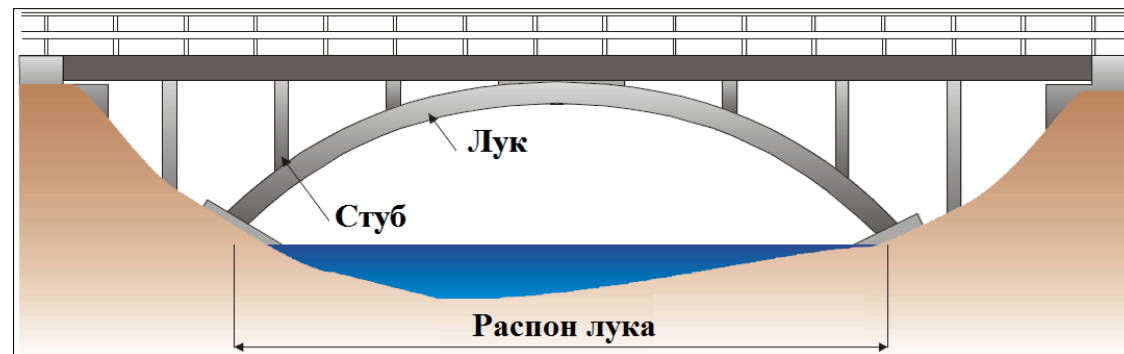
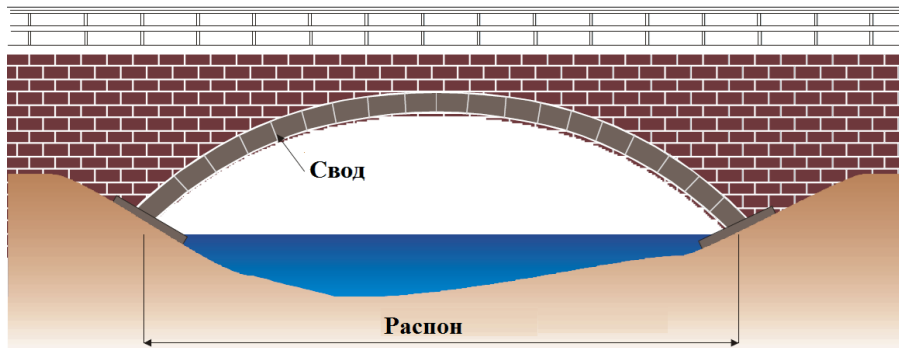
Елементи масивних лучних мостова



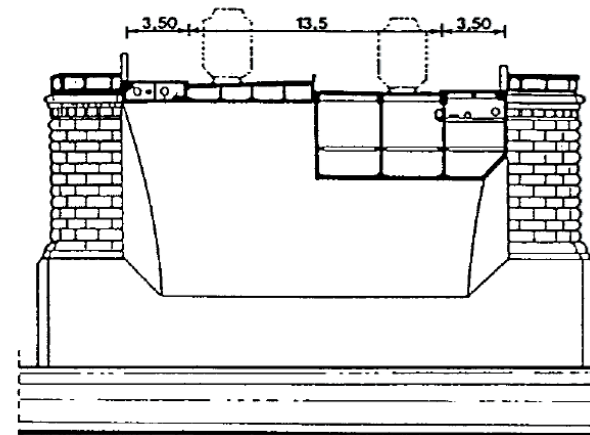
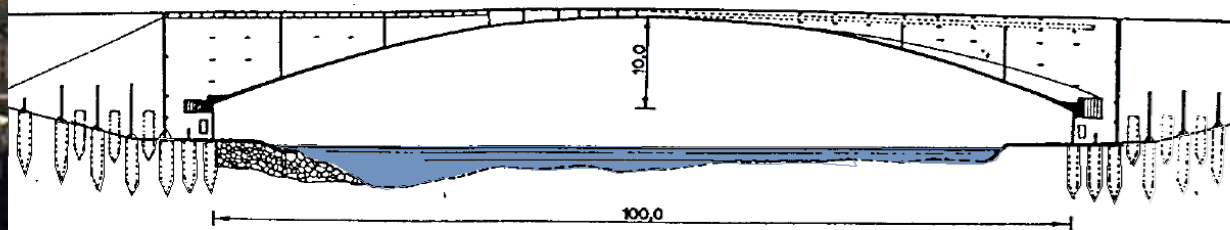
Масивни мостови ренесансе



Свод и лук



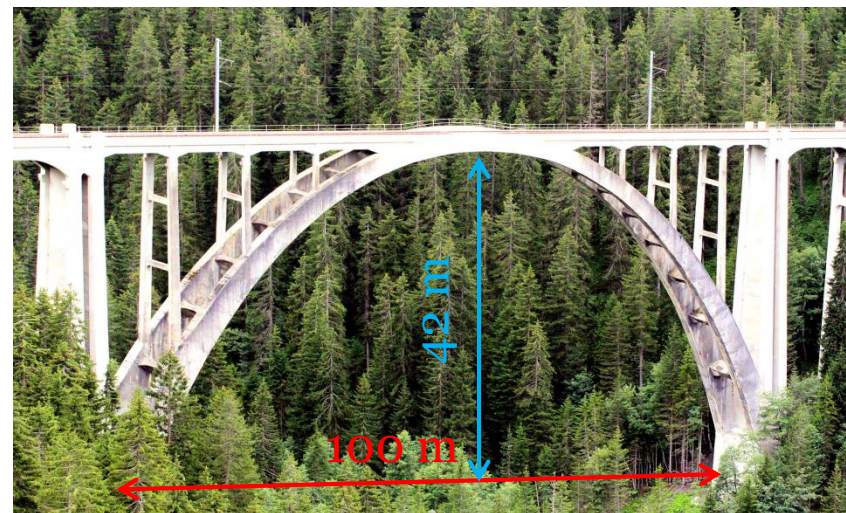
Мост Препорода 1910 – 100м



Швајцарска железница 1914.



Gründjitelobel Viaduct



Langwieser Viaduct

Лукови - Eugene Freyssinet



Veurdre 3 x 72 m 1910.

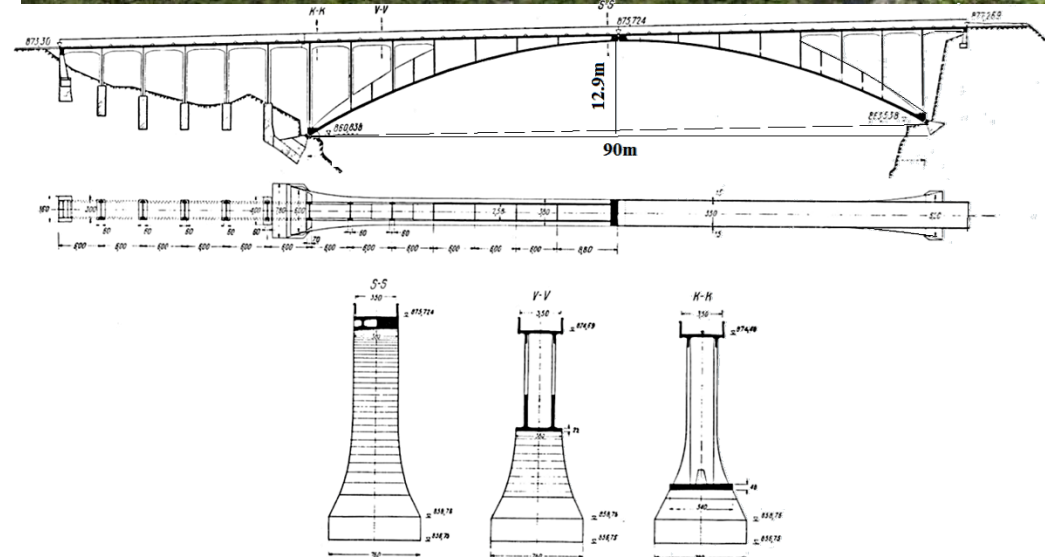
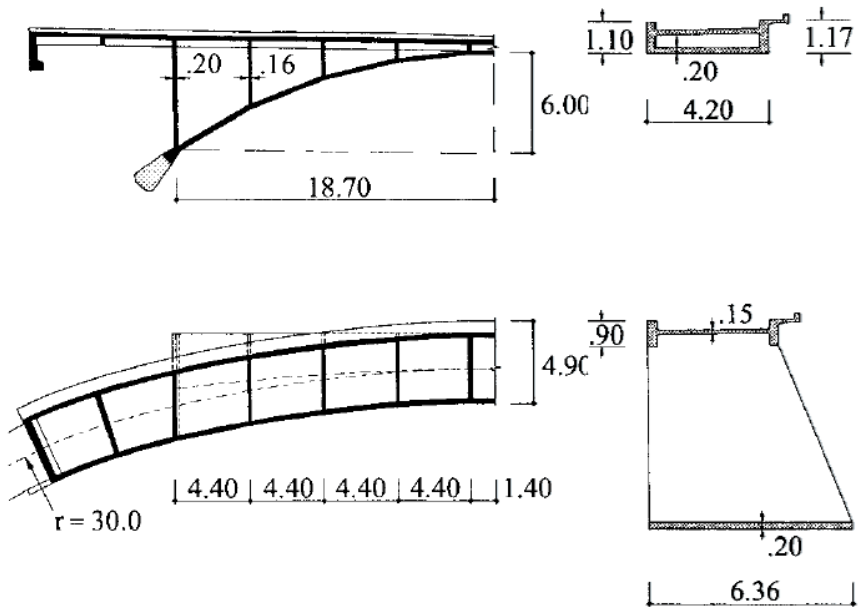


Saint Pierre du Vauvray – 131m, 1923.

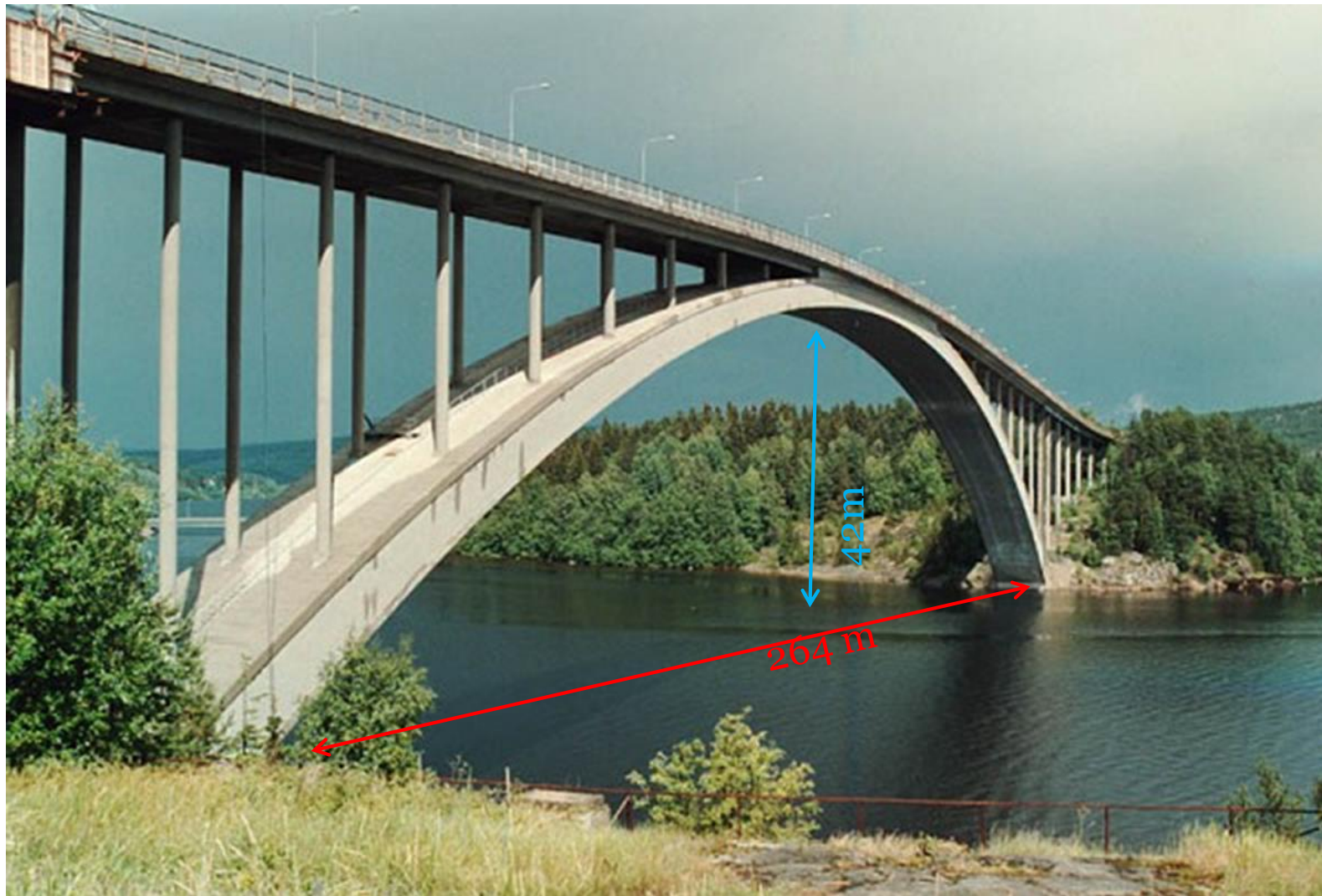


Albert Louppe – 3 x 188m, 1926.-1930.

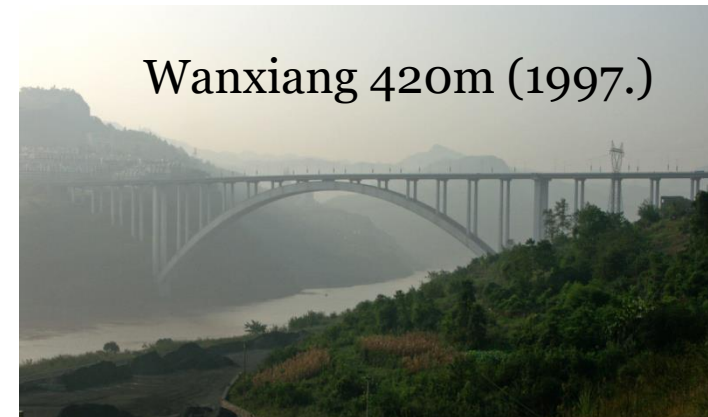
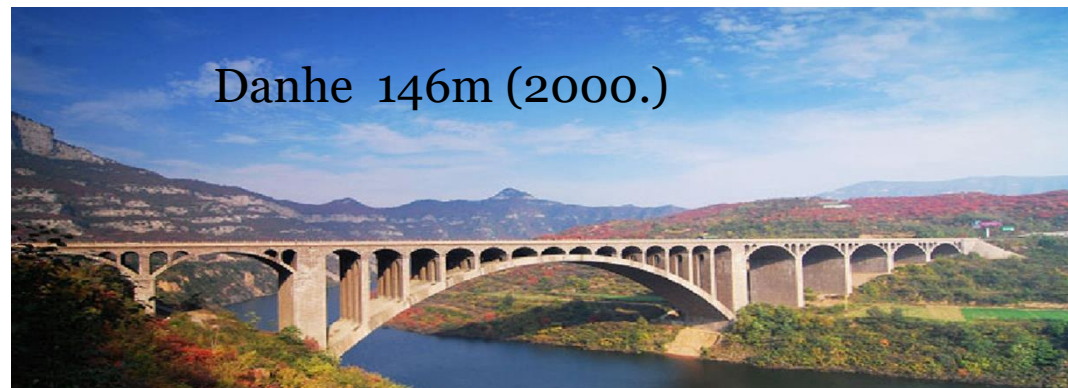
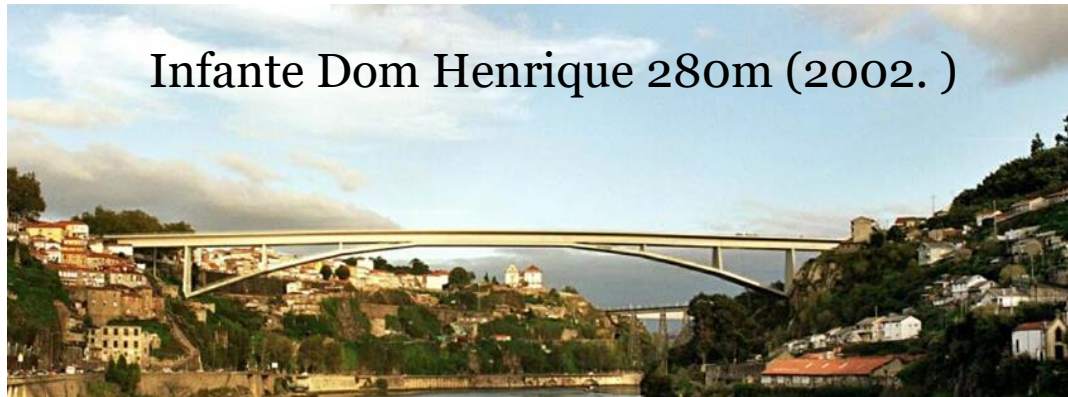
Лукови - Robert Maillart



Мост Sandö 1943.



Савремени бетонски лукови



Распони савремених лукова

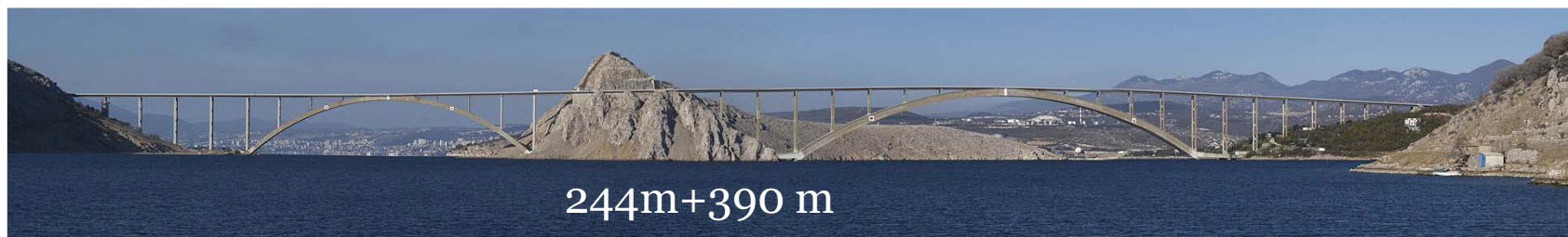
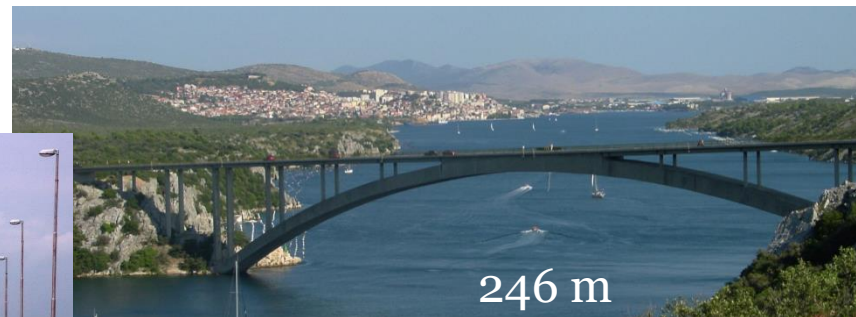
Бр.	Год.	Назив	Држава	распон
1	1997.	Wanxian*	Кина	420
2	1980.	Крк -1	Бивша Југославија	390
3	1995.	Jiangjiehe	Кина	330
4	2010.	Hoover dam bridge	УСА	320
5	1996.	Yongning	Кина	312
6	1964.	Gladesville	Аустралија	305
7	1965.	Friendship Bridge	Парагвај/Бразил	290
8	2003.	Ponte Infante D. Henrique	Португал	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

Shanghai–Kunming High-Speed Railway

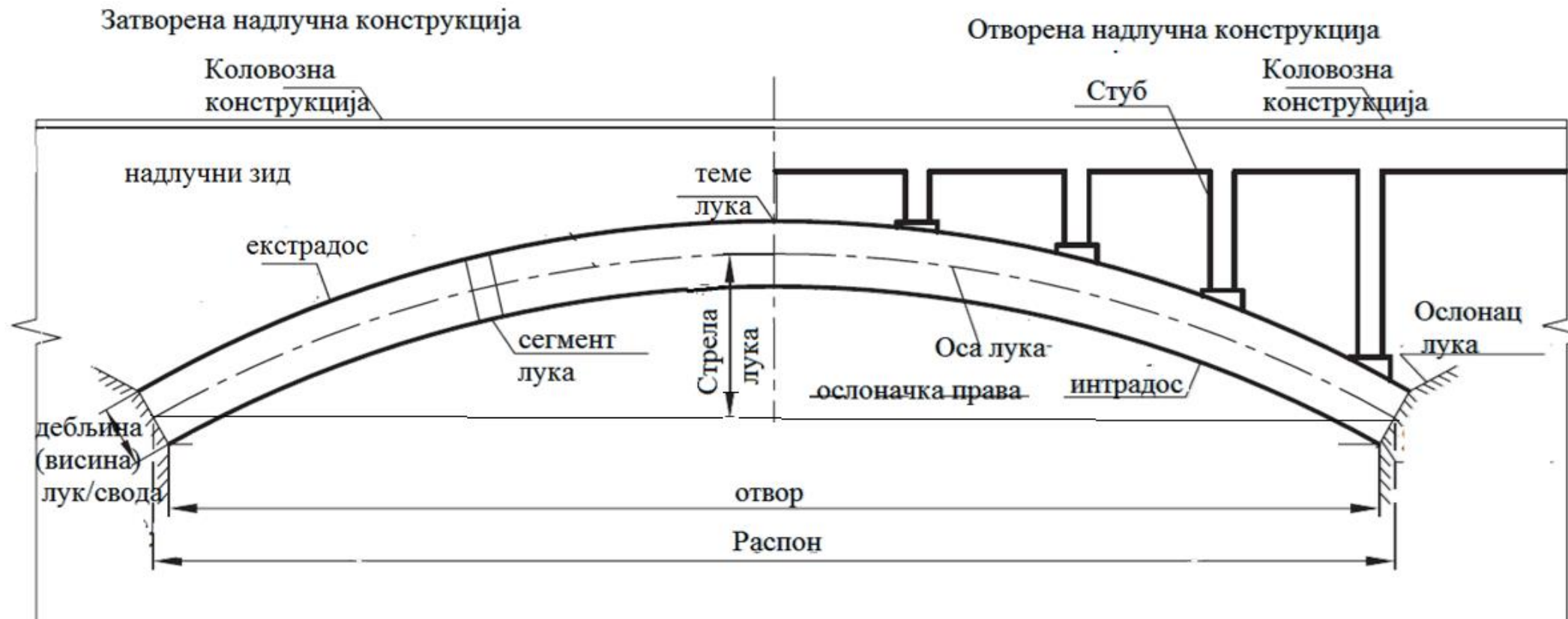


Распон 445m
(завршен 2016.)

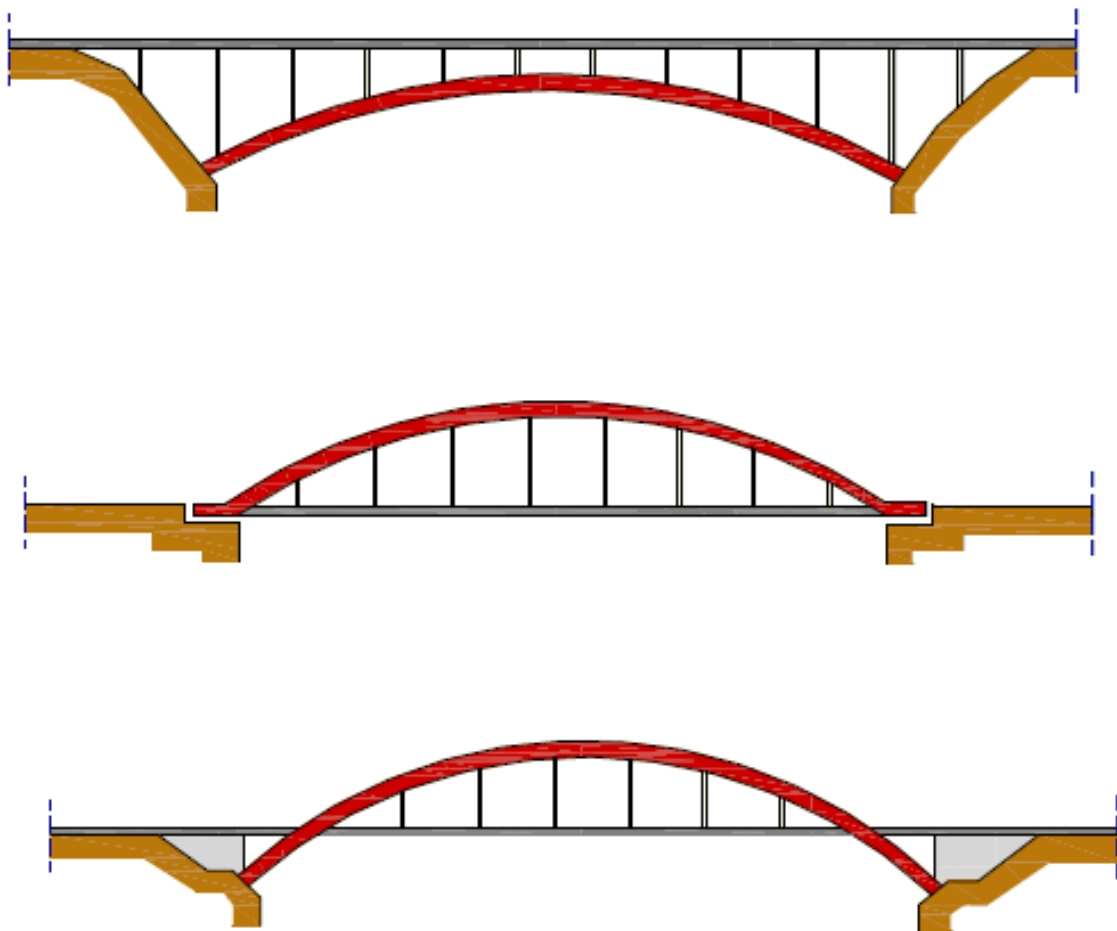
Бетонски лучни мостови великих распона у бившој Југославији



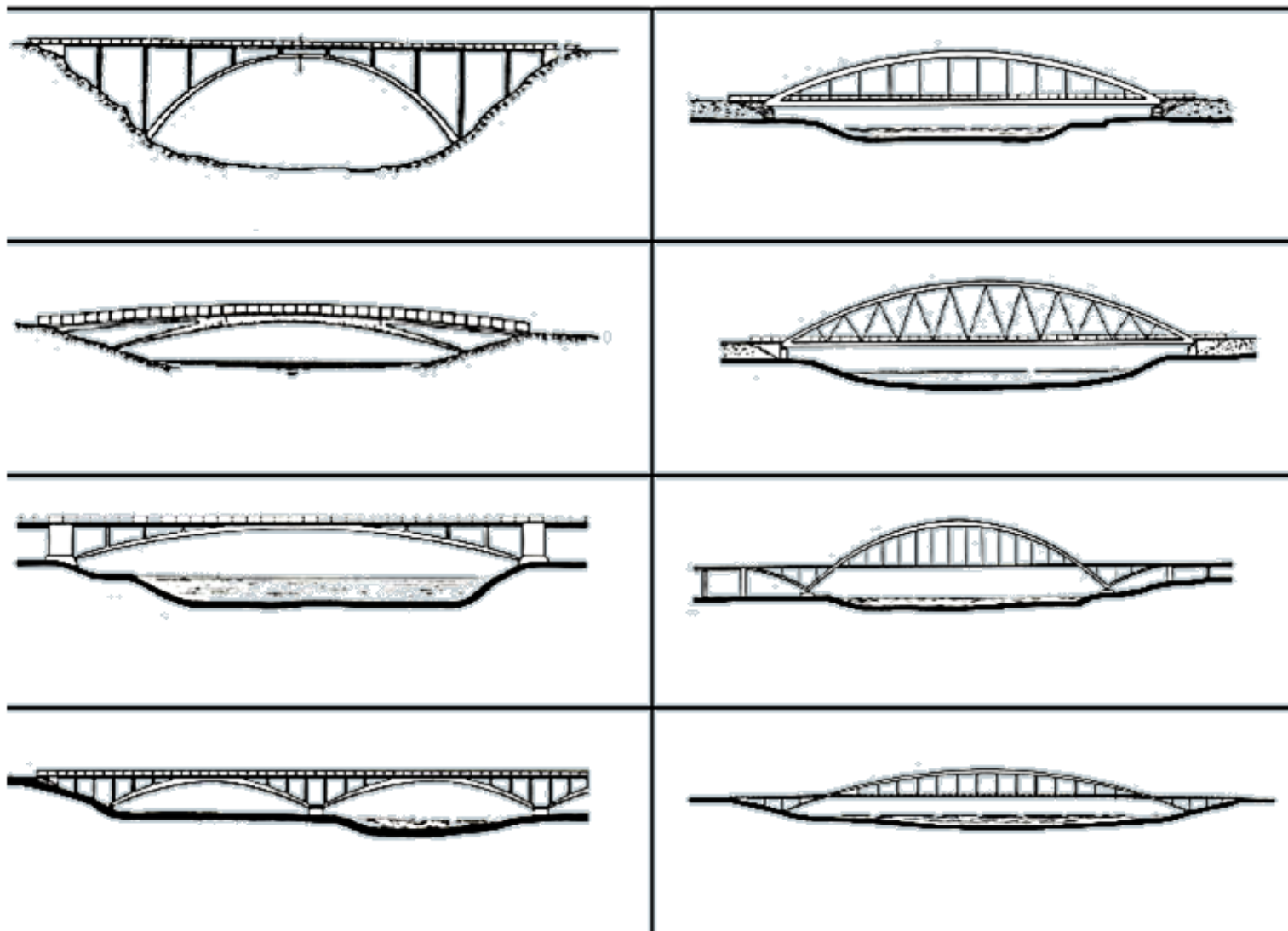
Појмови



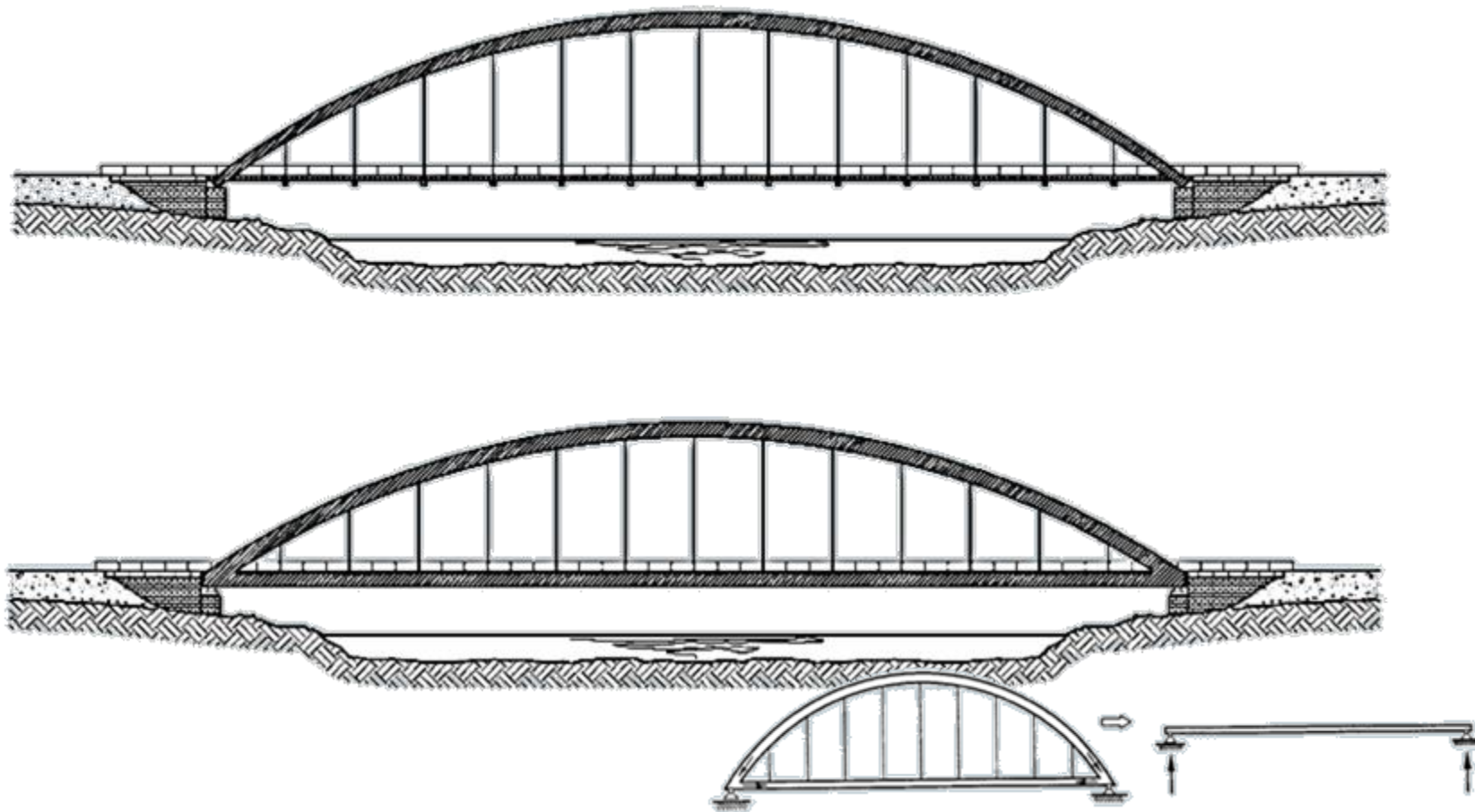
Лук и коловозна конструкција



Системи



Прави лук и ЛангEROва греда (лук са затегом)



Попречни пресеци лукова

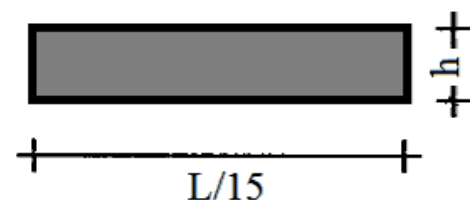
Пун свод

L : 40 - 100 m

h у темену лука

h : $L/40$ - $L/60$ (за мање распоне)

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

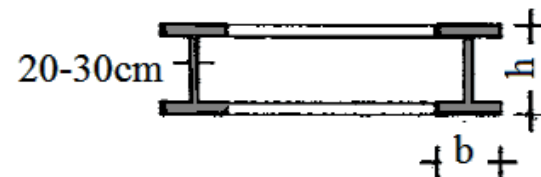


Удвојени разуђени лукови

L : 70-150 m

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

h/b : 2-2.5

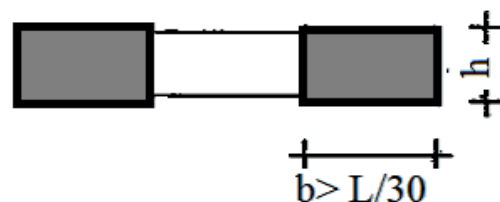


Удвојени свод

L : 40 - 100m

h у темену лука

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

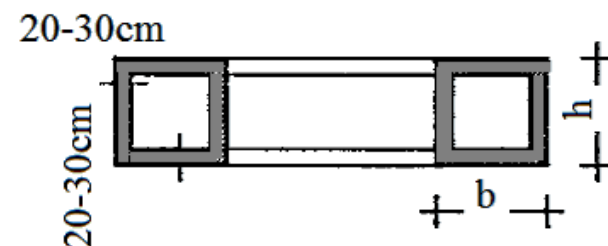


Удвојени сандучасти лукови

L : 100 - 200m

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

h/b : 1 - 1.5

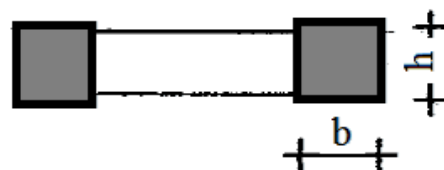


Удвојени пуни лукови

L : 40 - 100 m

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

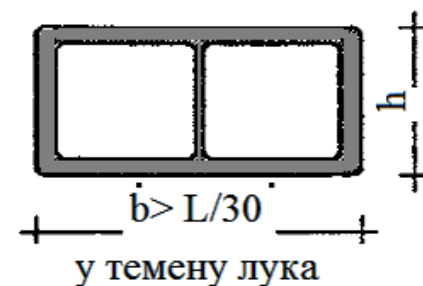
h/b : 1-2



Двоћелијски сандук

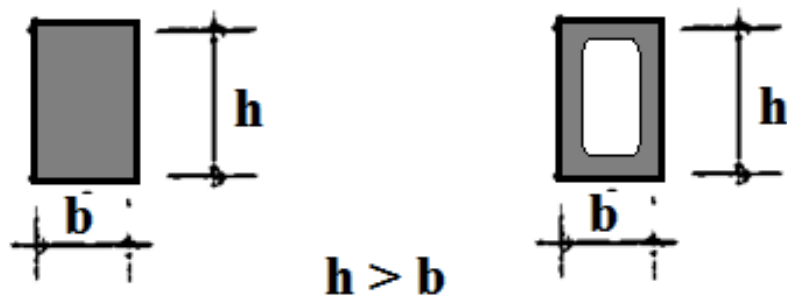
L : 150 - 200 m

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



Попречно повезивање раздвојених лукова

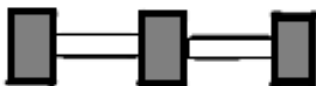
Пун лук (опционо шупљи лукови)



2 лука



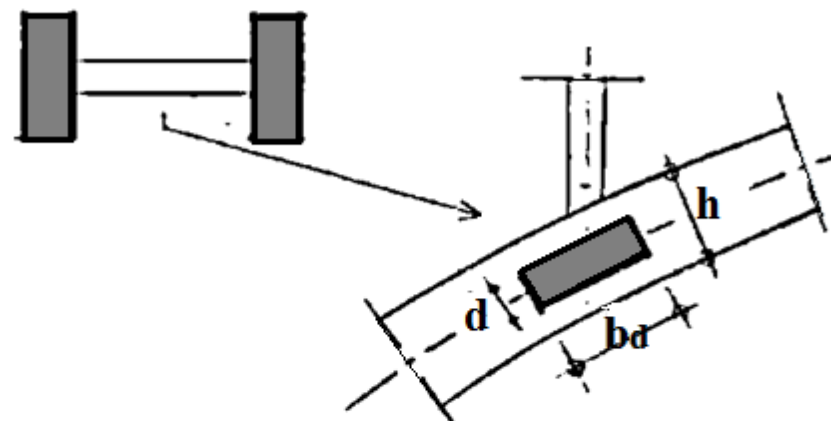
3 лука



4 лука (2 и 2 у пару)



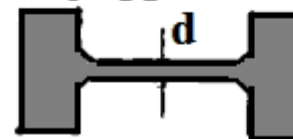
Укрупњење



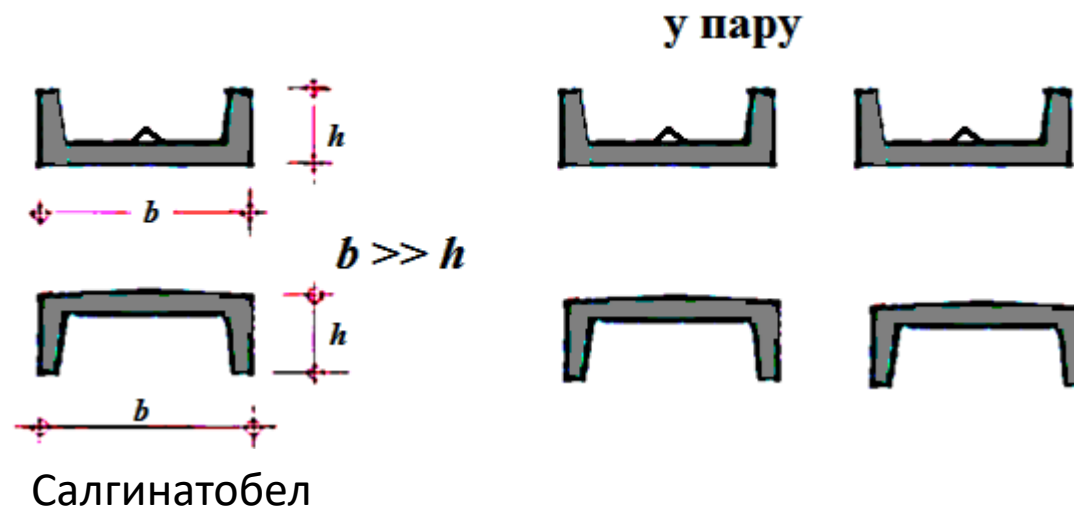
$$d \sim h/3$$

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

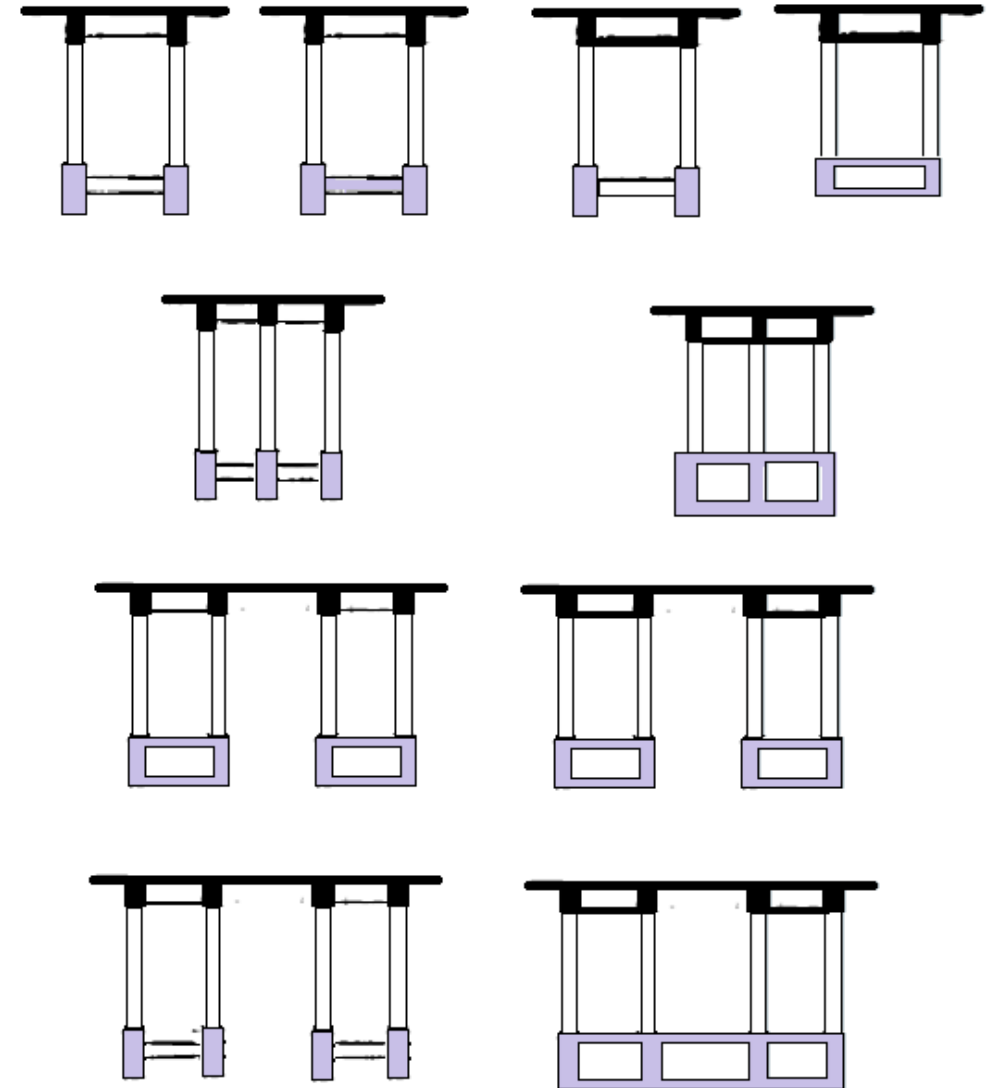
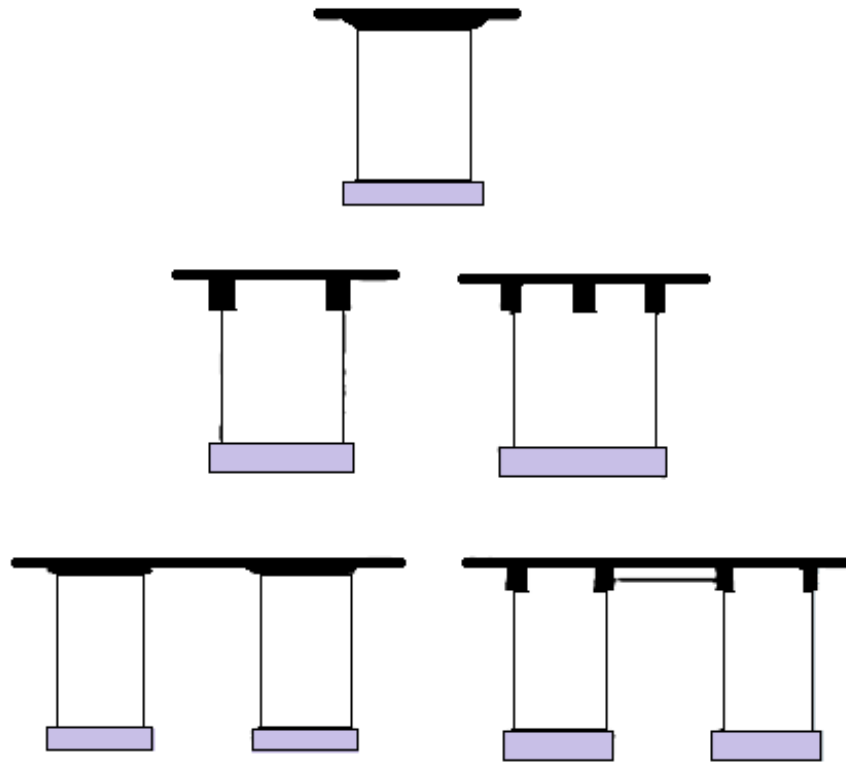
Континуална дијафрагма



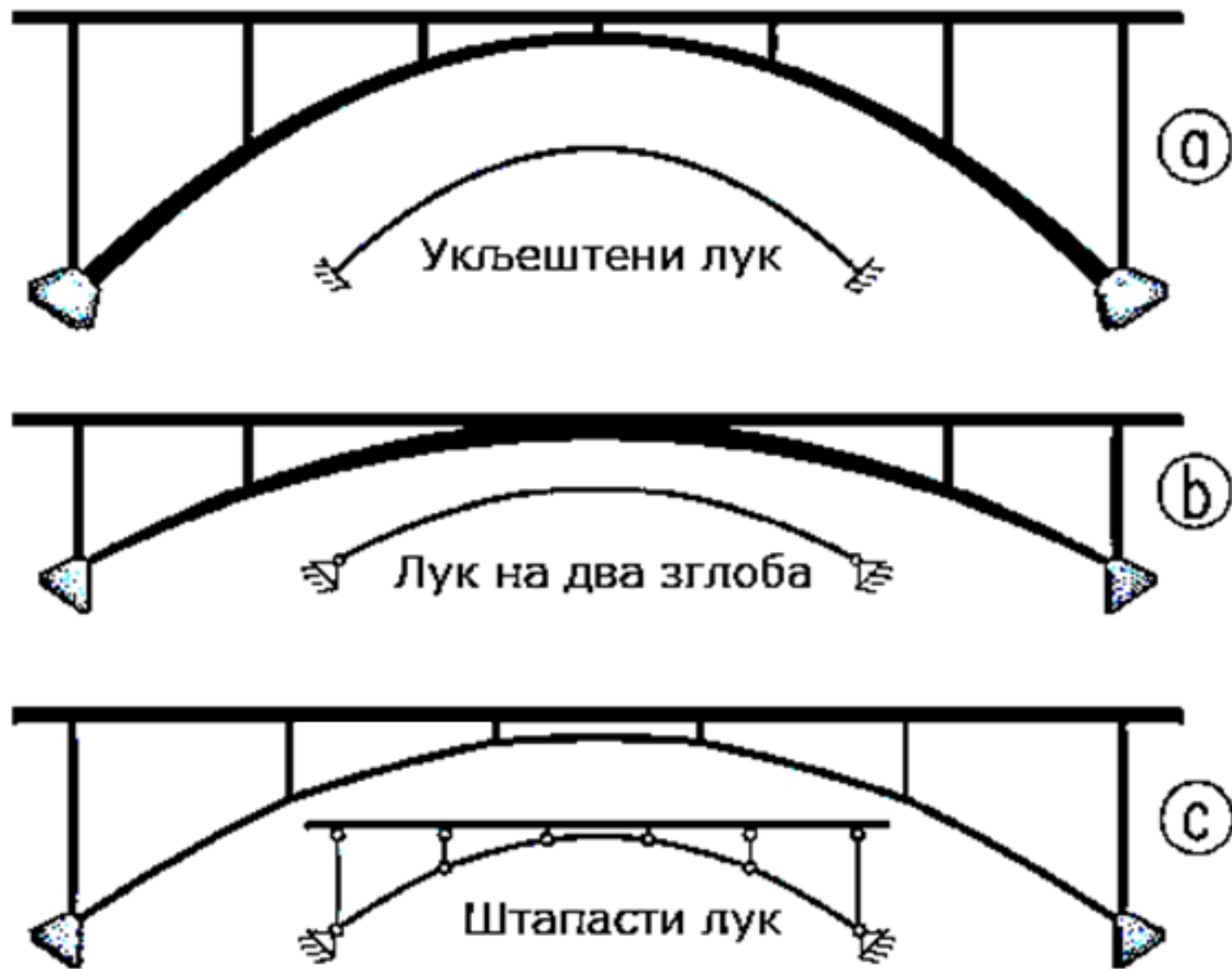
Разуђени пресеци лука



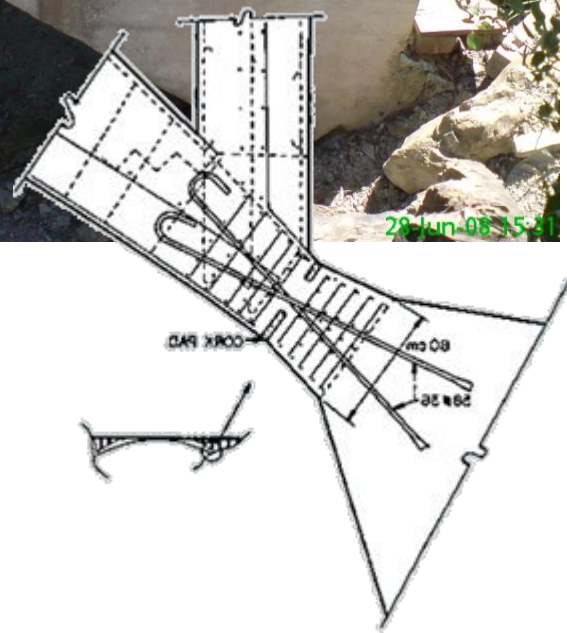
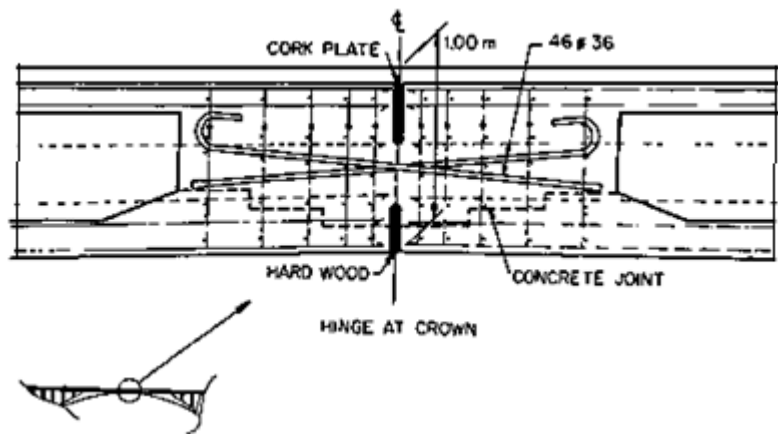
Усклађивање пресека лукова са пресецима коловозне конструкције



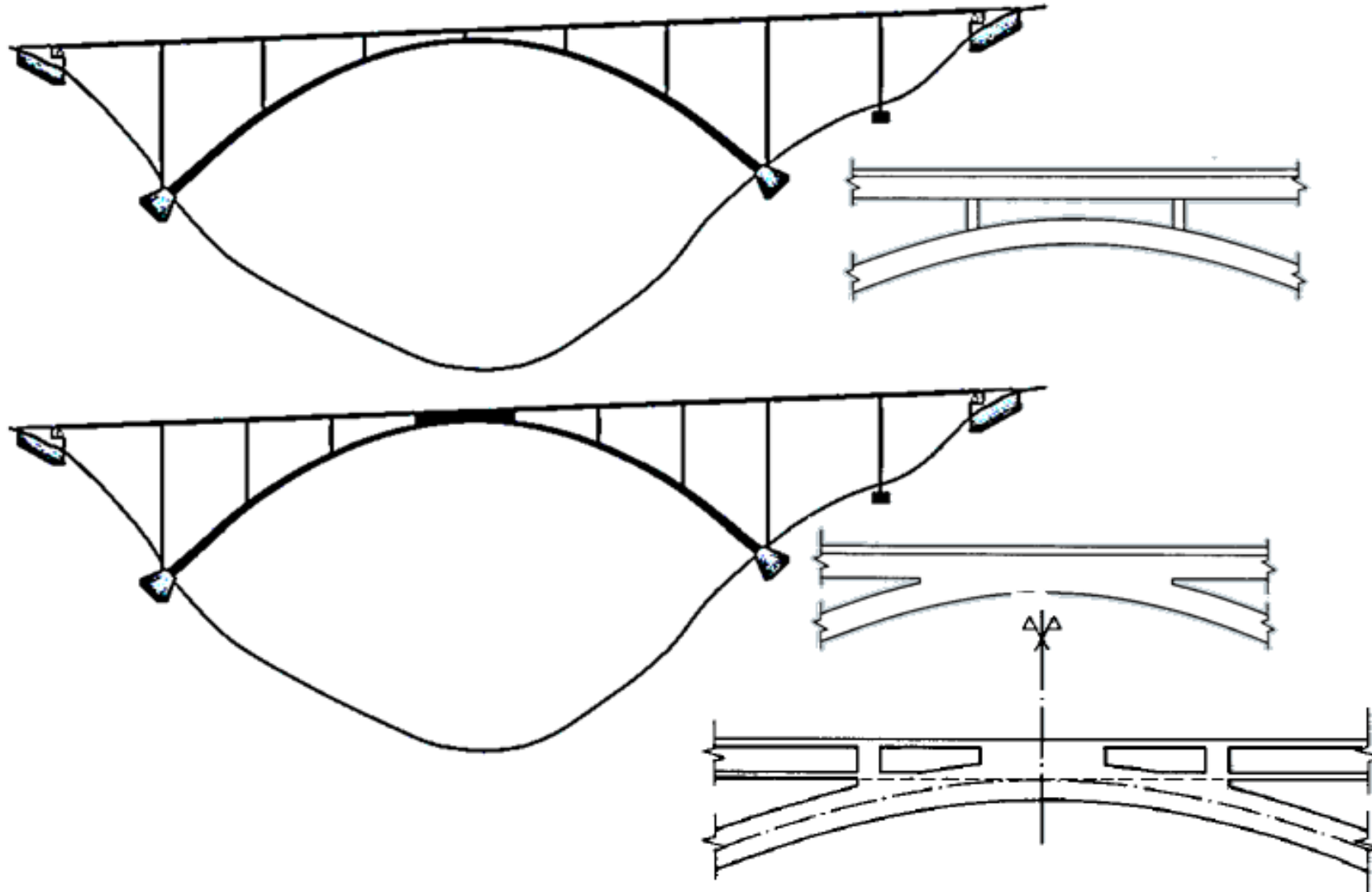
Статички системи и број зглобова



Статички систем - лук на три зглоба



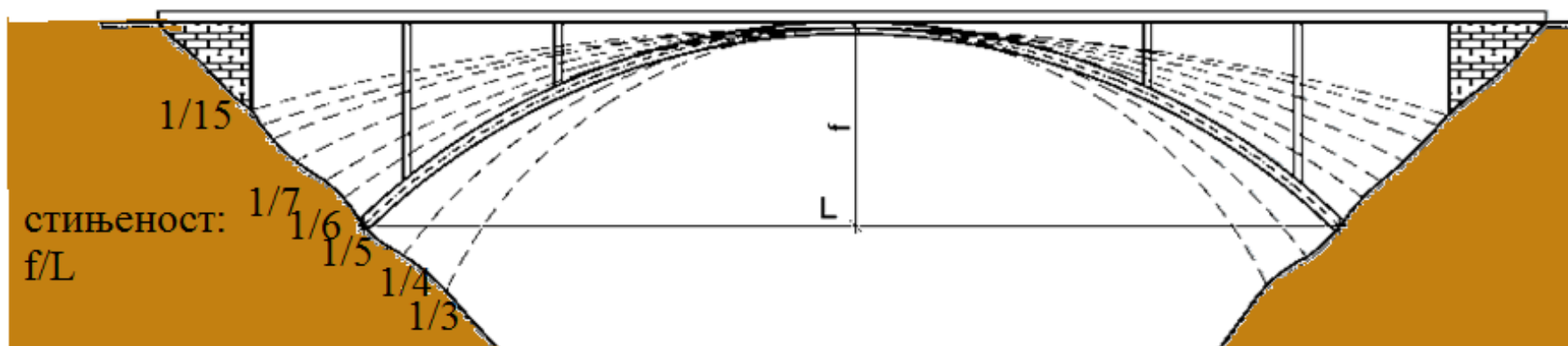
Веза лукова и коловозне конструкције у темену



Дубок и плитак лук - стињеност



Однос стреле и распона $1/2-1/10$



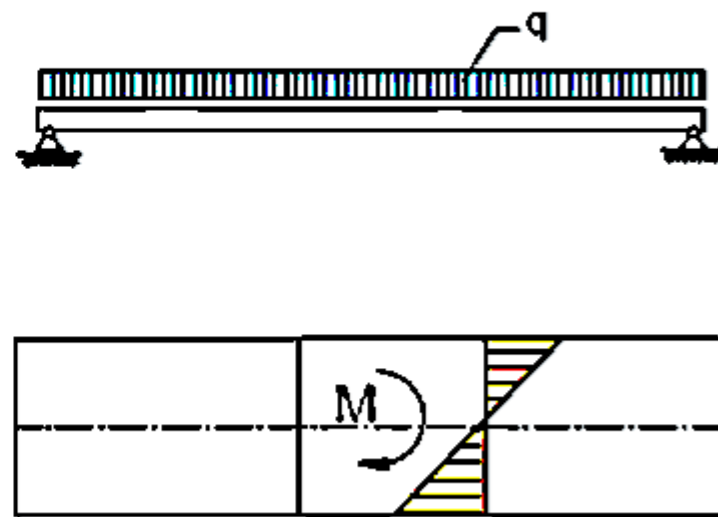
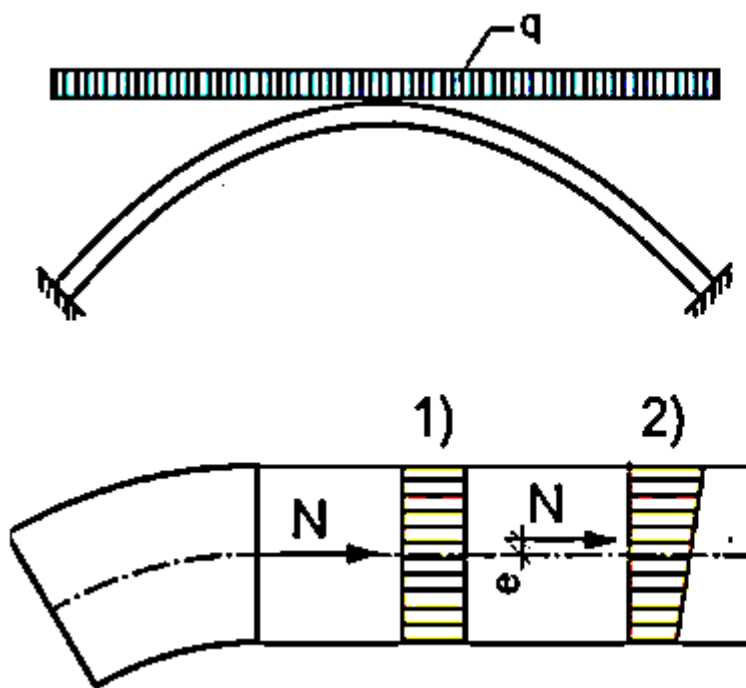
Лук и греда

Лук- природно претходно напрегнути систем

”Цена” тог преимућства:

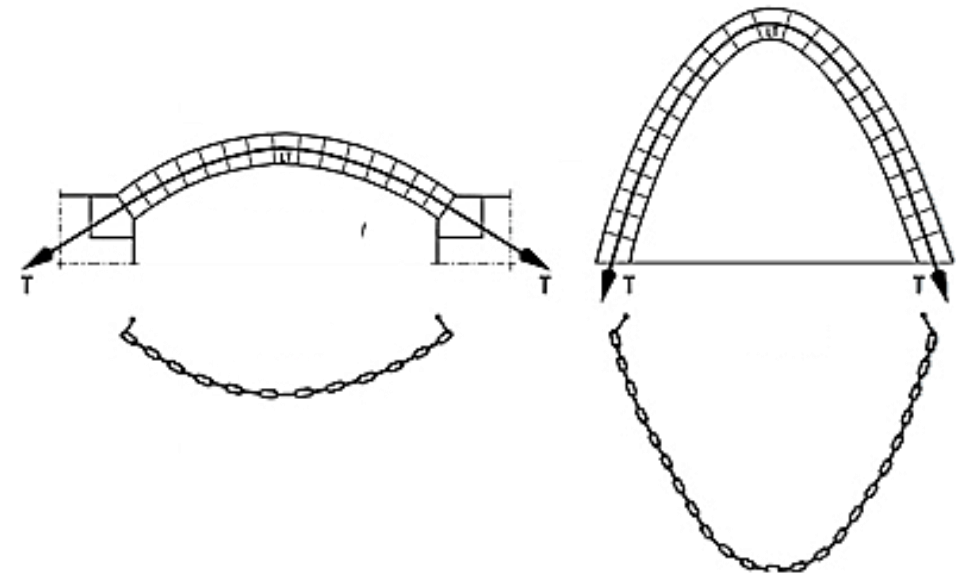
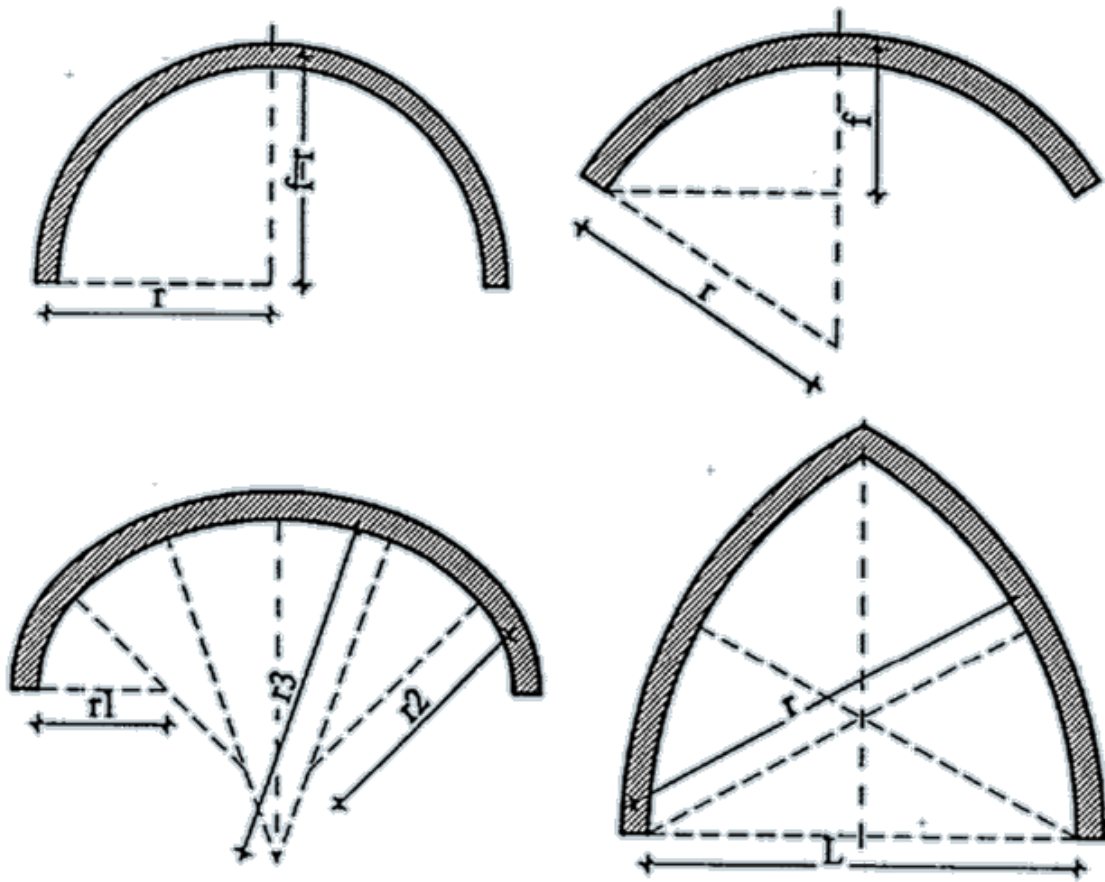
Посебна коловозна конструкција

Паразитни утицаји (од температуре и скупљања)



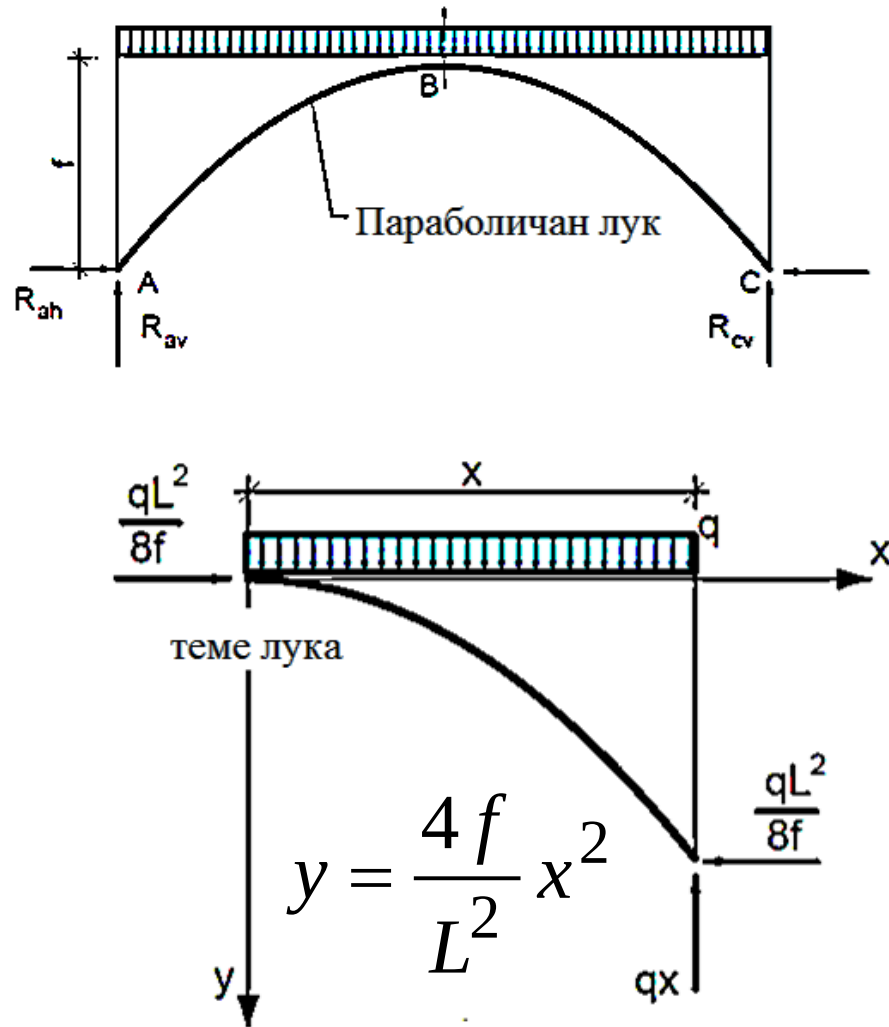
Избор осе лука

Верижно оптерећење и верижни лук



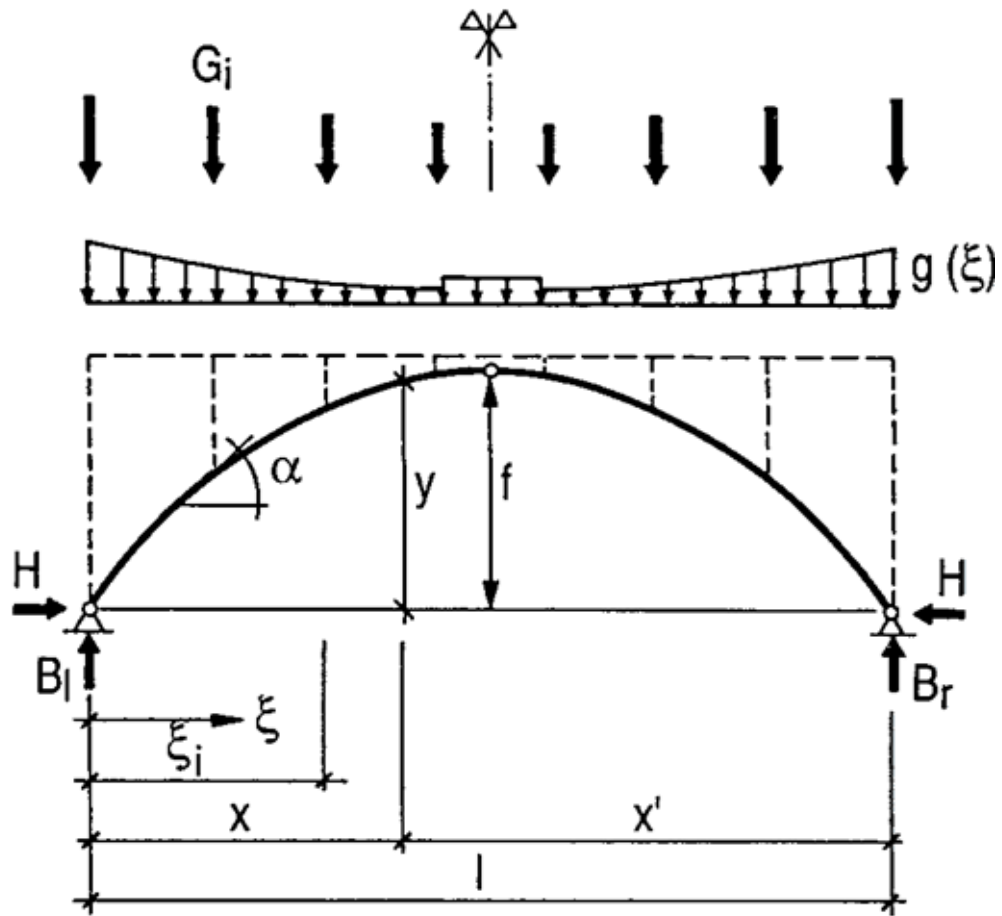
Облик осе верижног лука не зависи од величине оптерећења већ од закона промене оптерећења

Потпорна линија лука - одређивање

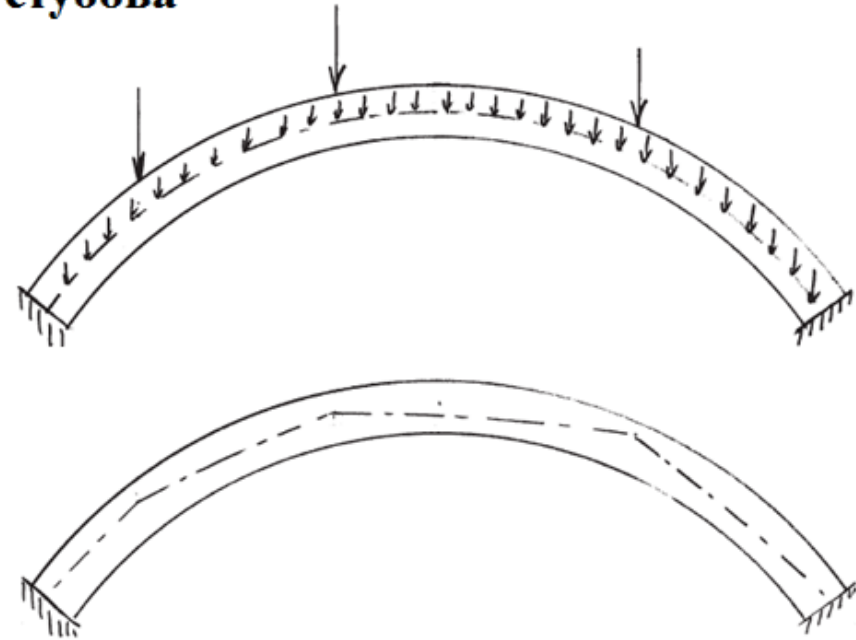


- Моменти савијања зависе од облика осе лука.
- Избором осе, за одређено оптерећење, по потпорној линији, моменти се свODE на нулу.
- Параболичан облик осе лука је најповољнији за случај једнако подељеног оптерећења.
- У првој апроксимацији се користи управо парабола.

Прорачун потпорне линије – реално оптерећење



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

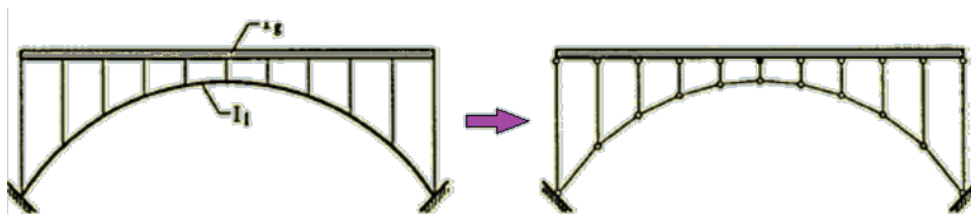


Линија притисака унутар дебљине лука

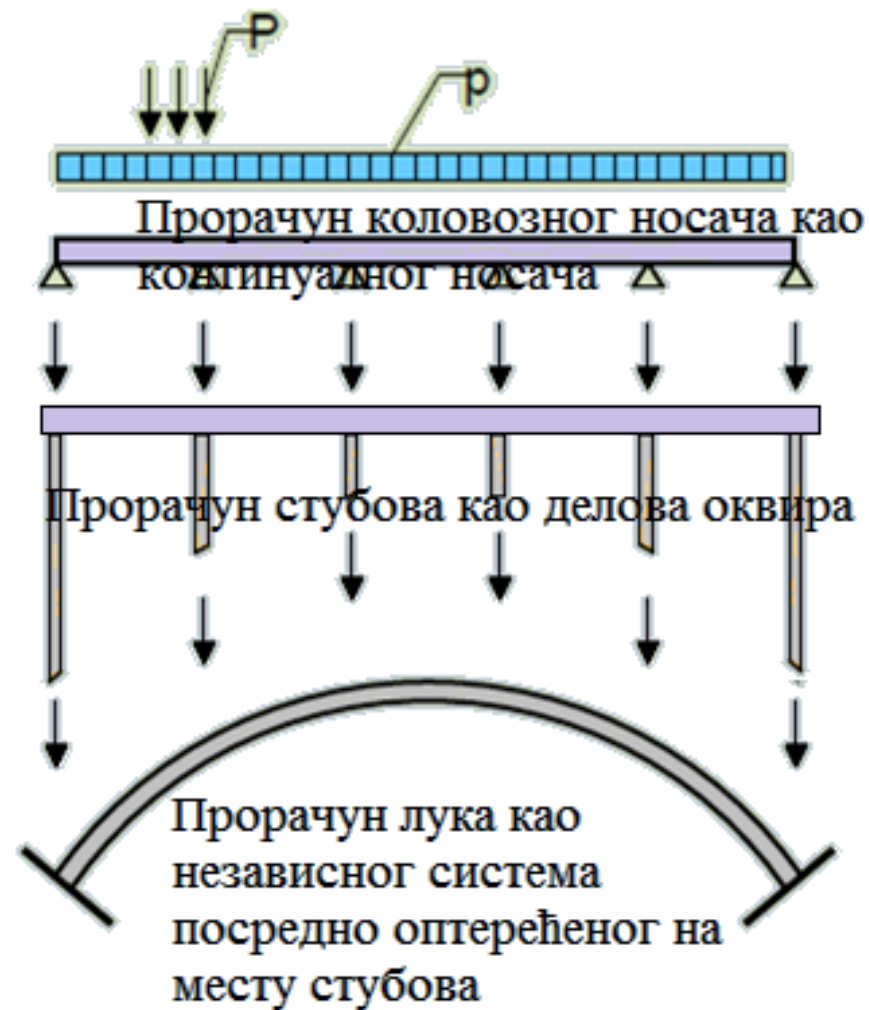
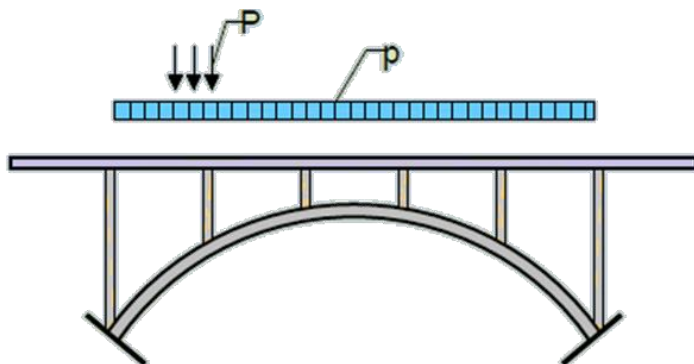
Статички третман лучних мостова

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

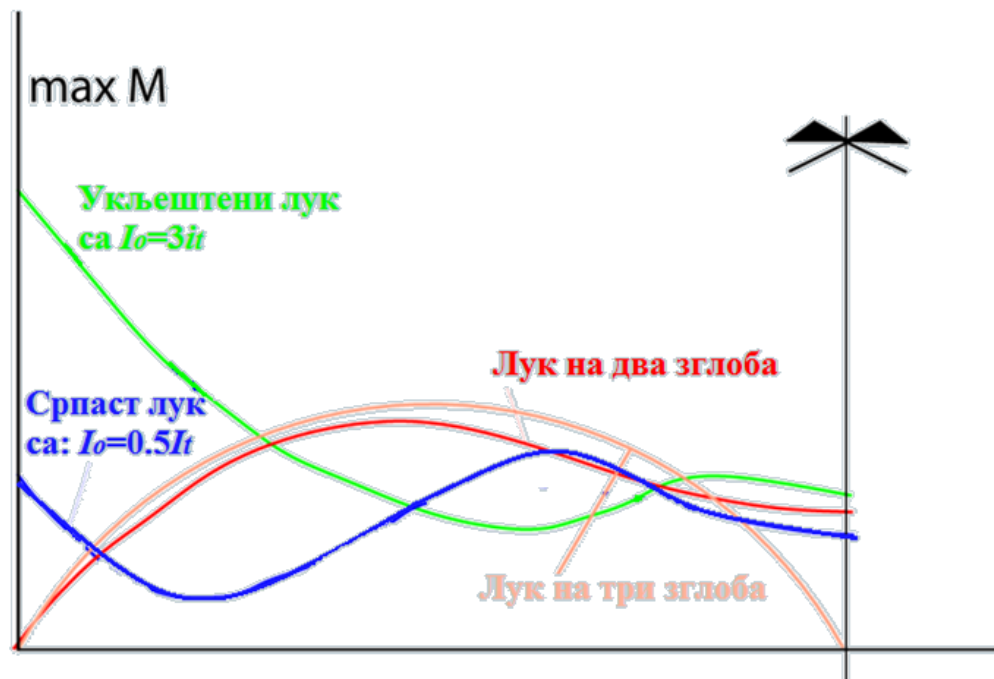
- Греда подупрta луком (Упрошћени модел $I_l/I_g \geq 20$)
- Лук укрупњен гредом ($I_l/I_g \leq 1$)



- Заједнички рад лука и греде



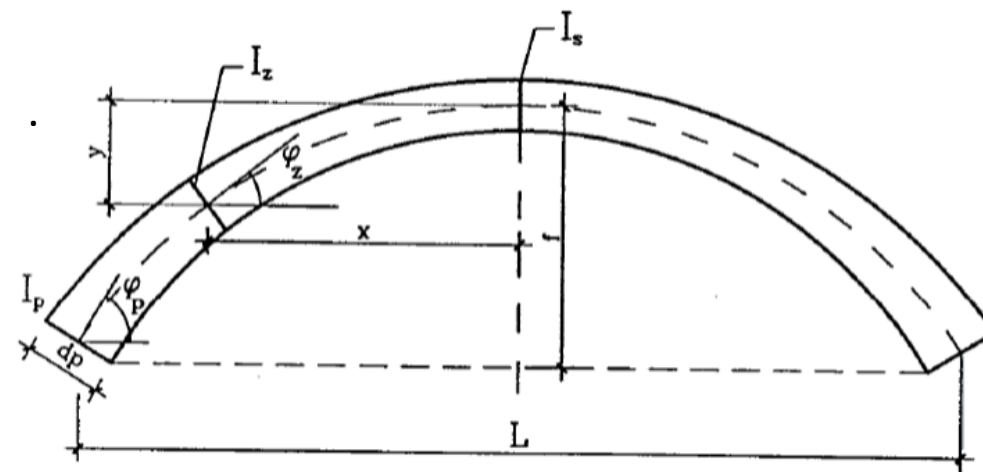
Закон промене попречног пресека лука



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



Ritterov
израз

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

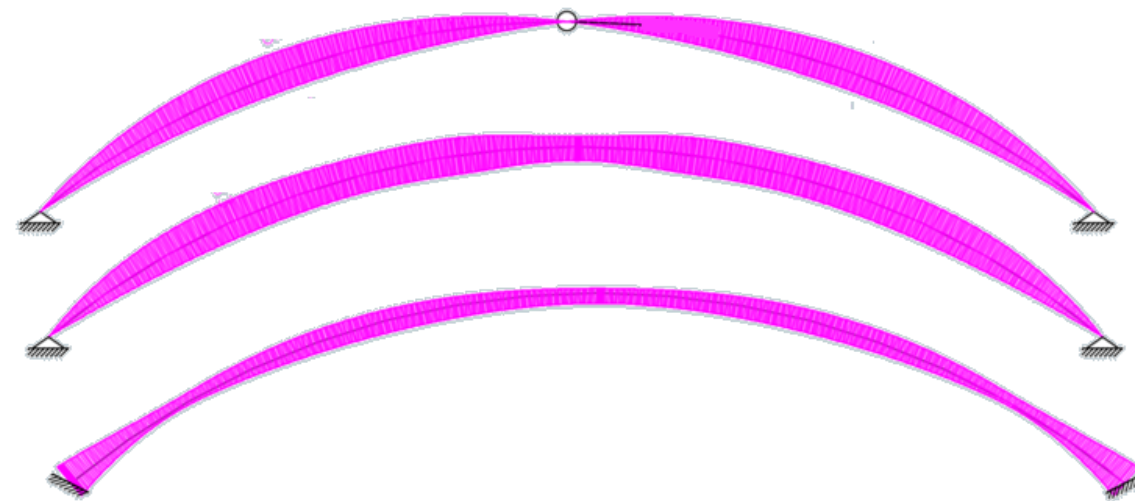
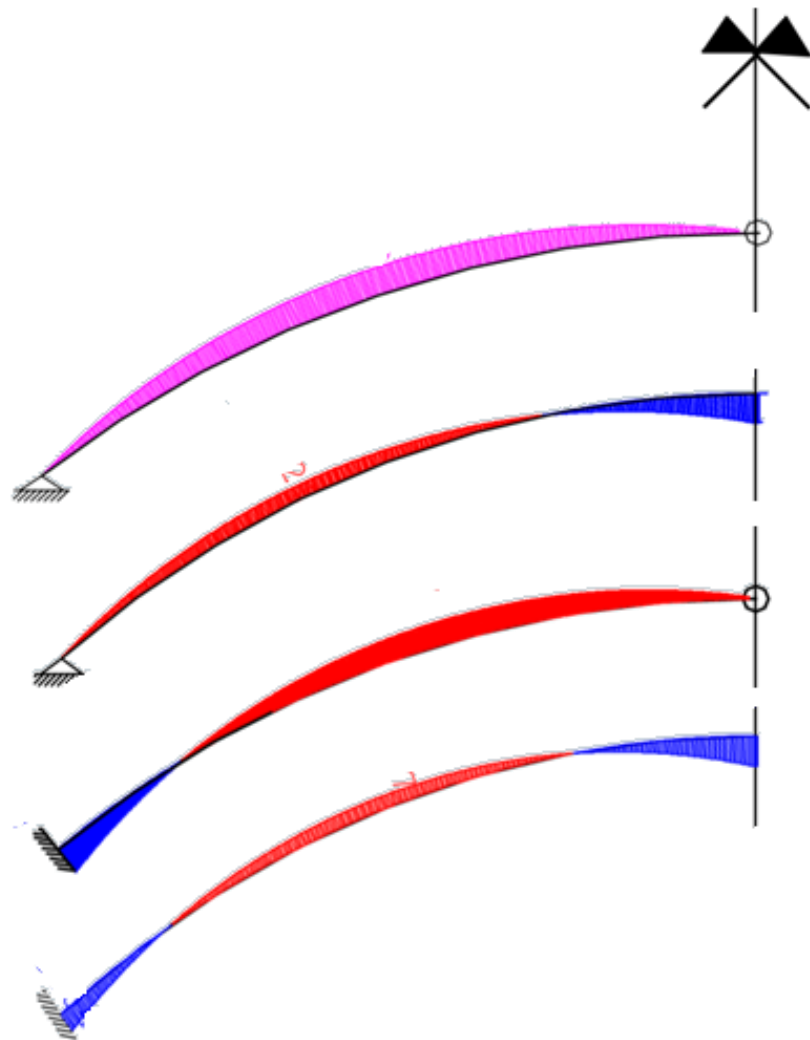
$$\zeta = \frac{x}{L/2}$$

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

за друмске мостове 0,3

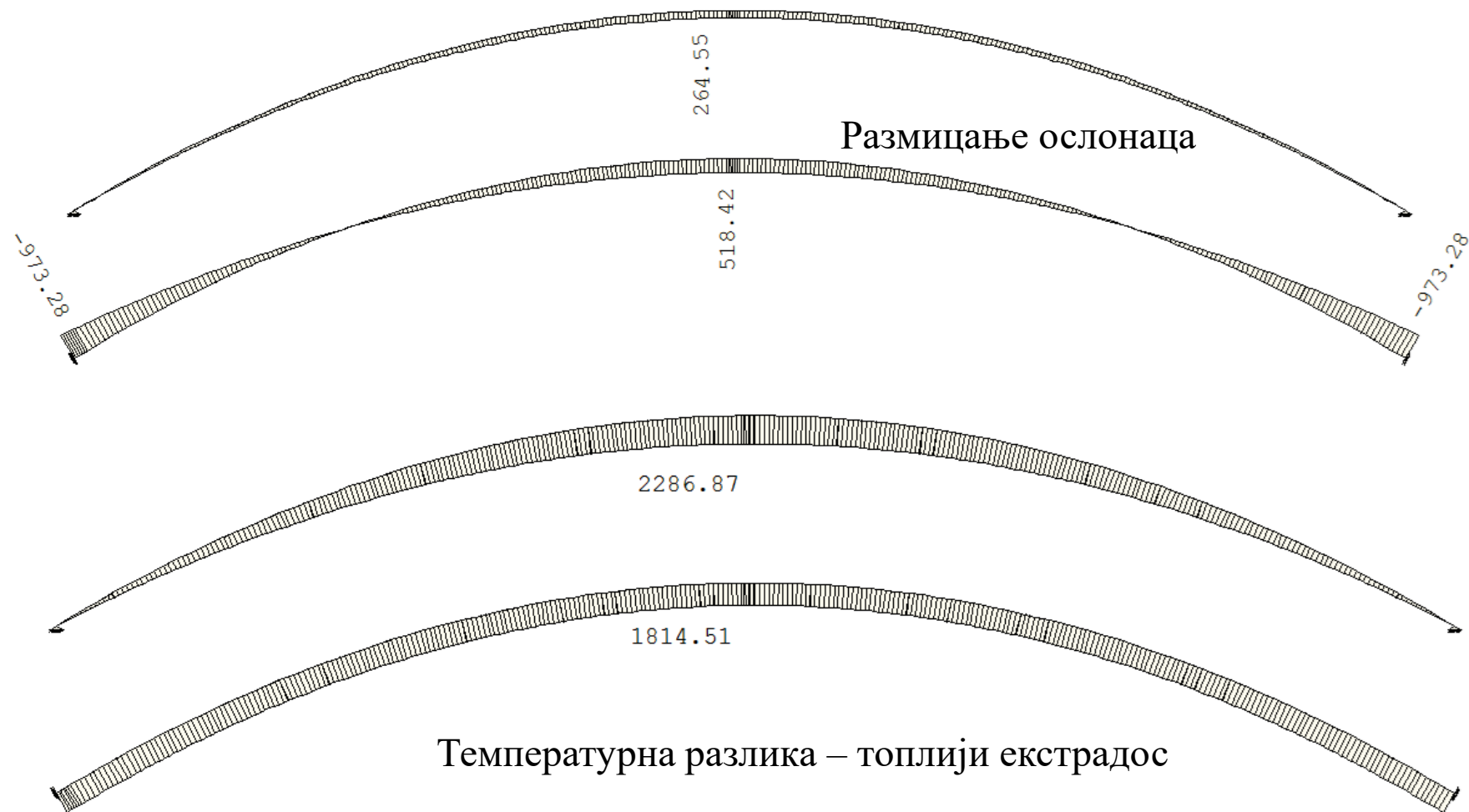
за железничке мостове 0,20- 0,25

Број зглобова и утицаји у луку

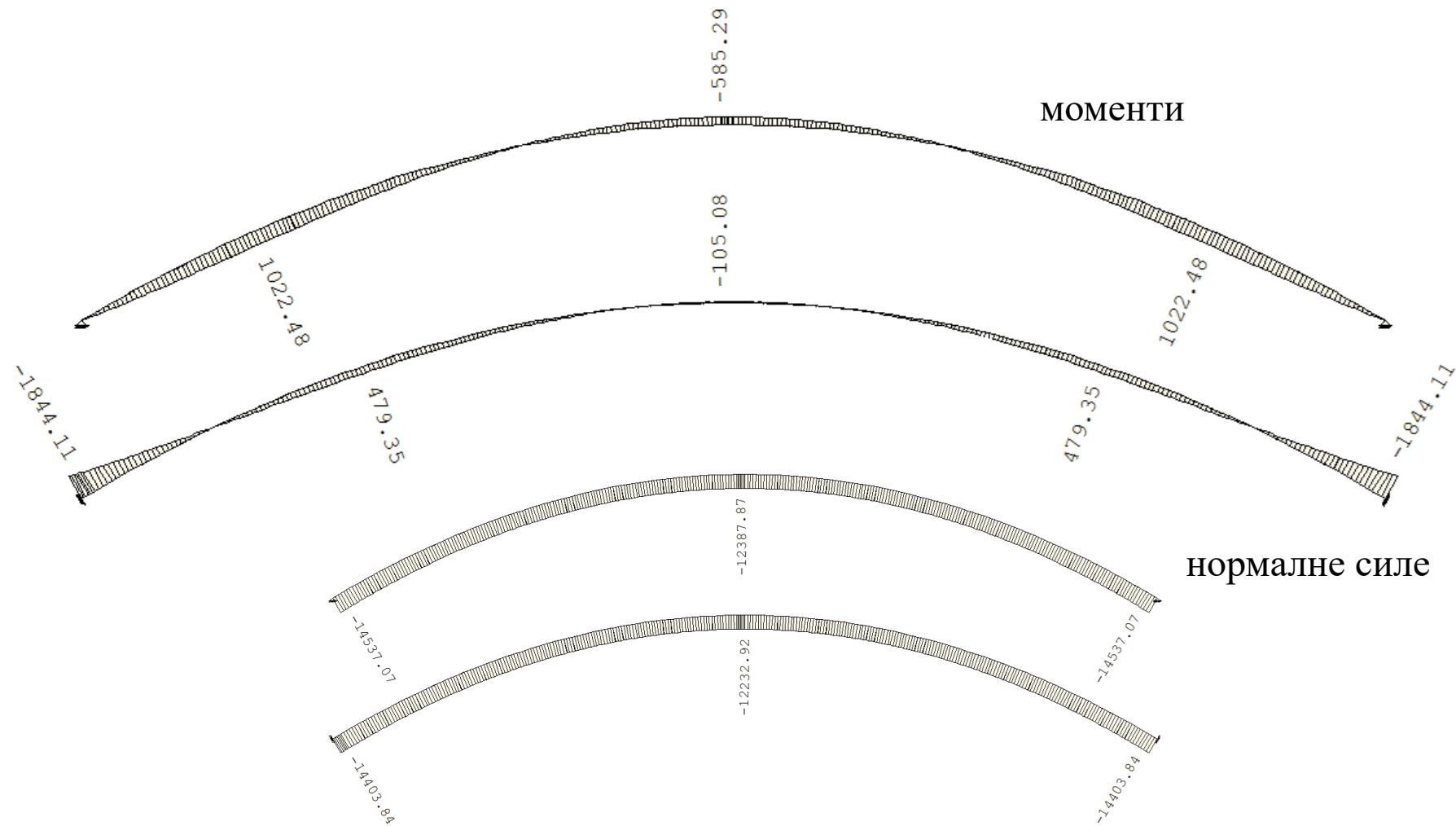


Величине момената расту са бројем зглобова, хоризонтални притисци имају приближно исту вредност

”Паразитни” моменти

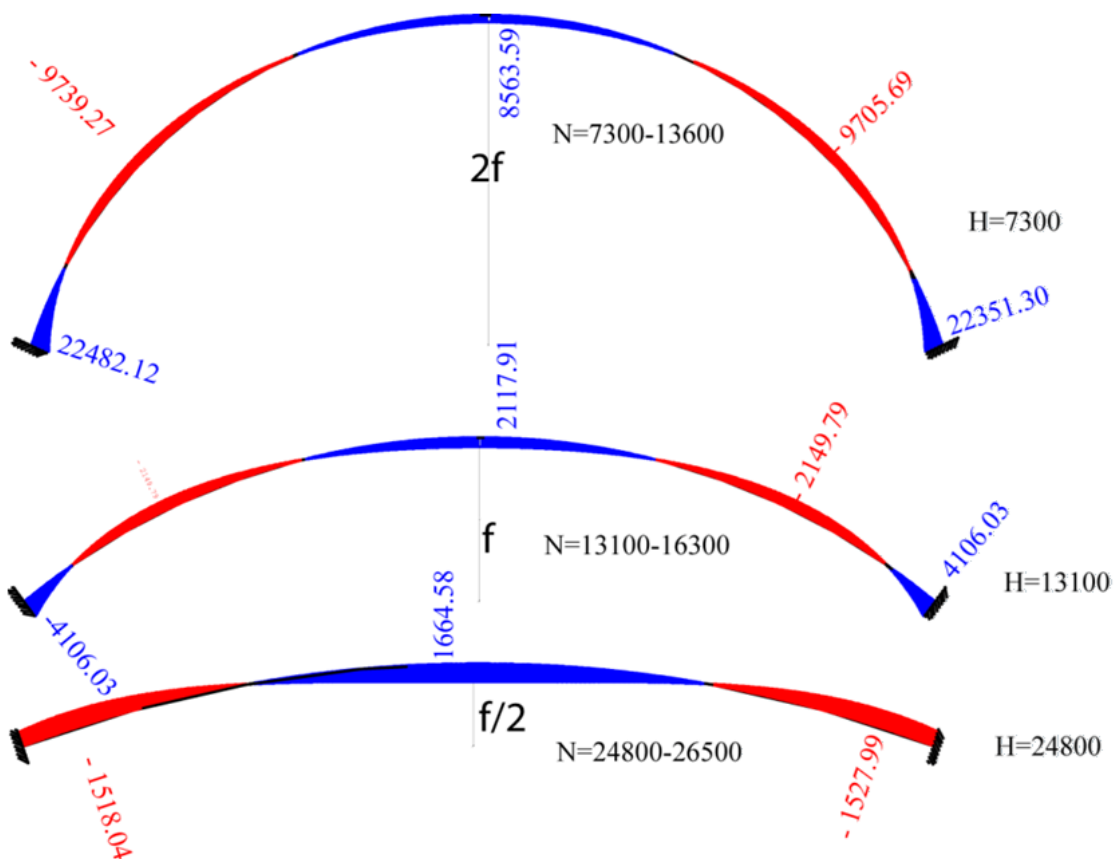


Сопствена тежина лука



Оптималне стињености

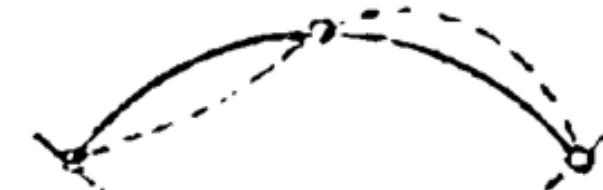
- Смањењем стреле при истом распону и истом закону промене момената инерције моменти од покретног оптерећења се не мењају значајно (сличне утицајне линије)
- Осетљивост лукова на скупљање, течење, температуру и размицање ослонаца расте са смањењем стињености и постају пресудни за стабилност плитких лукова.
- 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

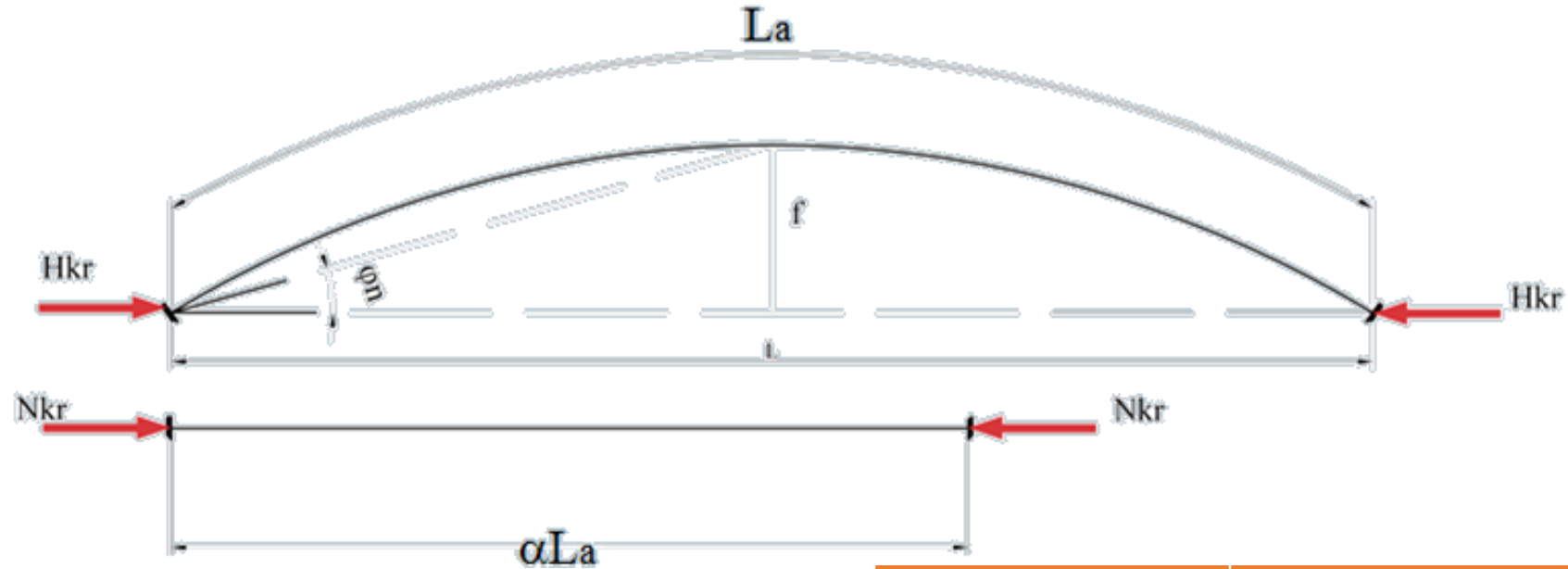
”Теорија другог реда је тачна (у границама претпоставки), али је дуга и приметна. Конструктор увек тежи да је учини излишном самом конструктивном концепцијом.”

Тројановић



Извијање лука

витак лук теорија II реда упрошћен метод



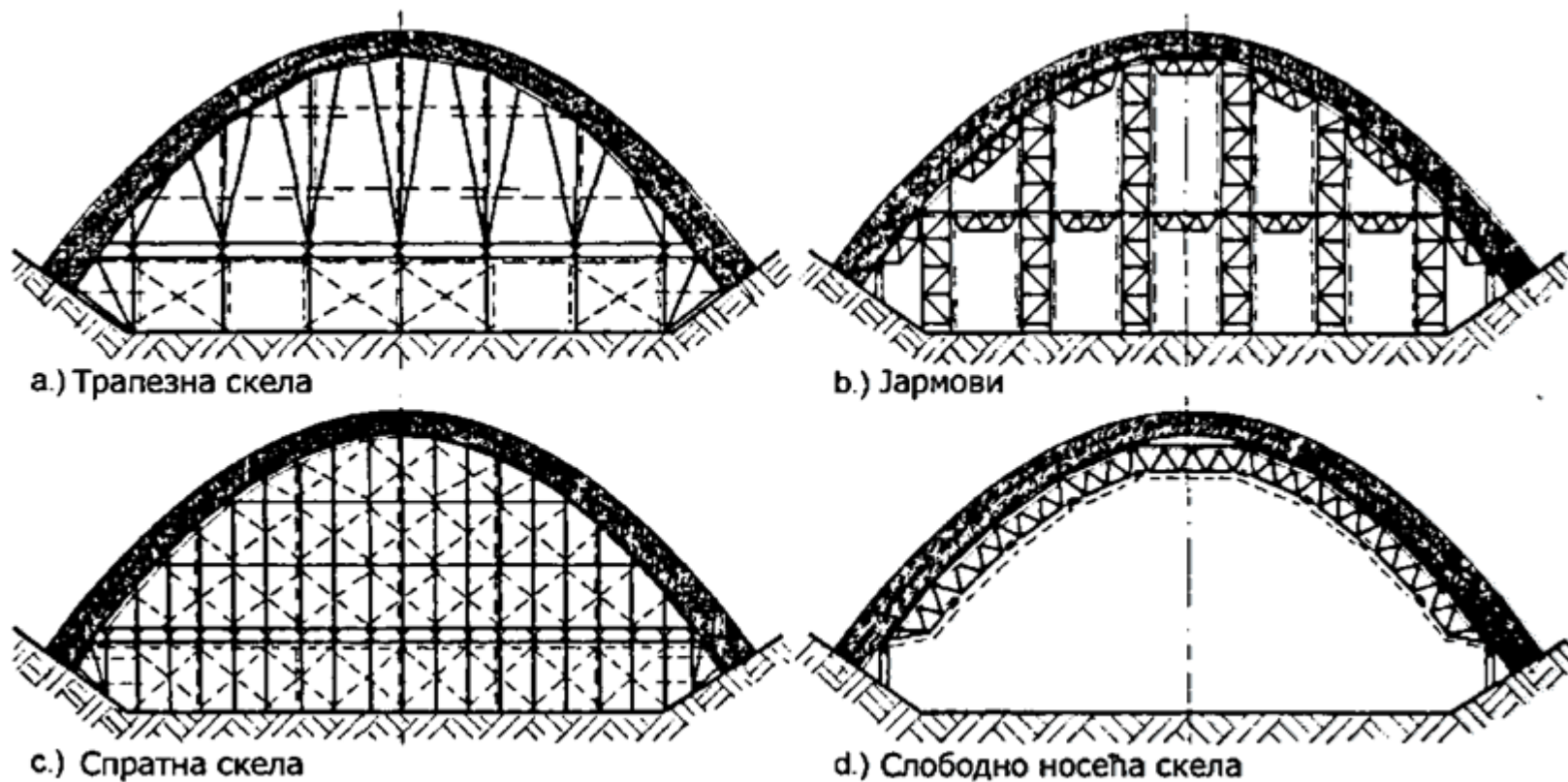
$$H_{kr} = N_{kr} \cdot \cos \phi_n$$

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

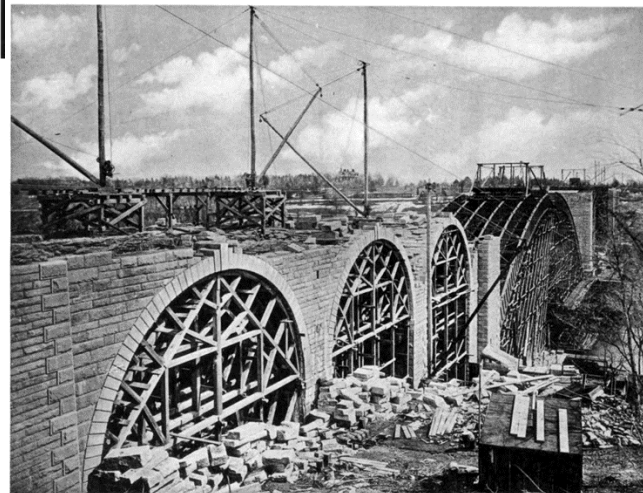
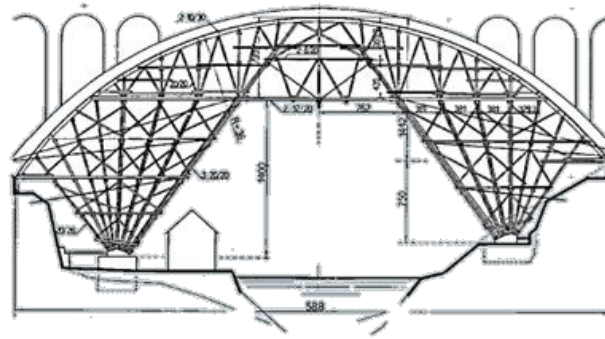
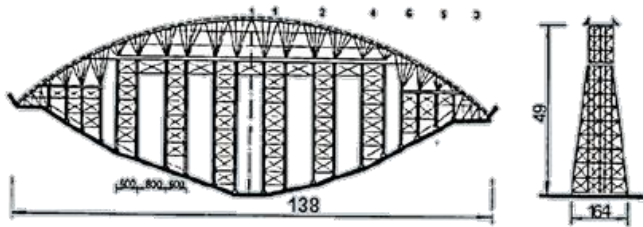
$$M^{II} = \frac{1}{1 - \frac{H}{H_{kr}}} M^I$$

Систем	α
Укљештени лук	0.36
Двозглобни лук	0.54
Трозглобни лук	0.58

Скеле за лучне мостове



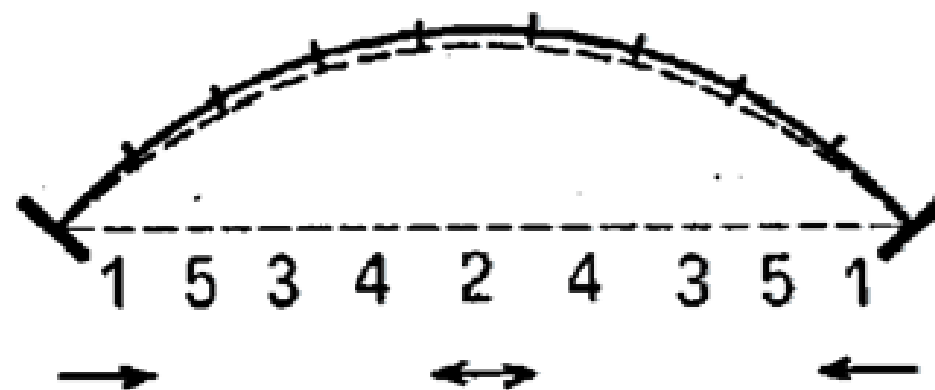
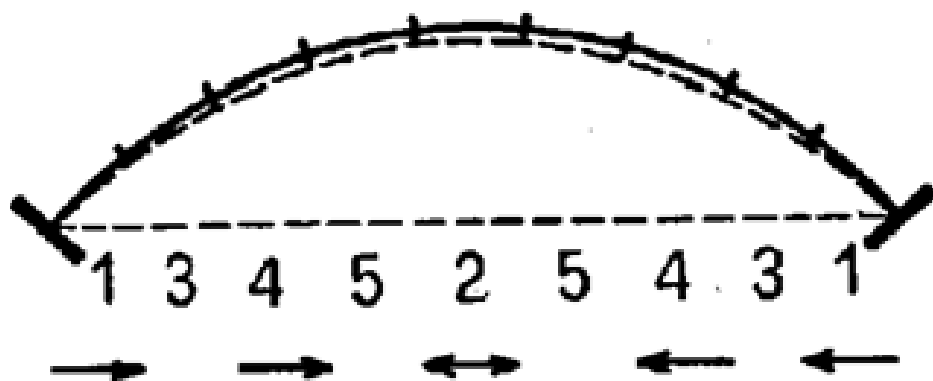
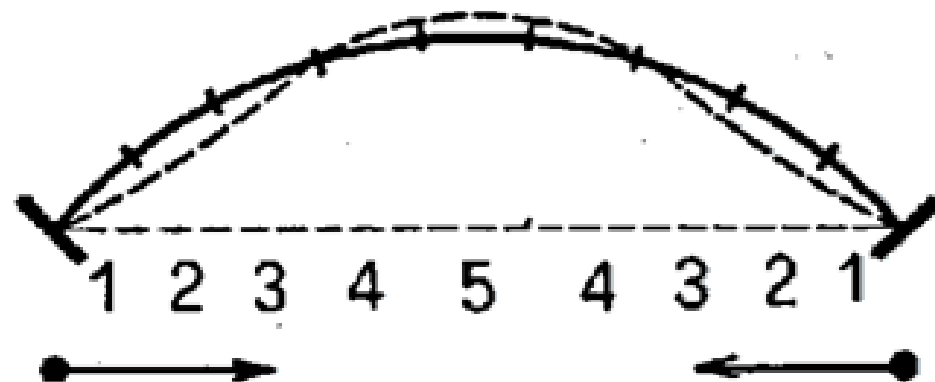
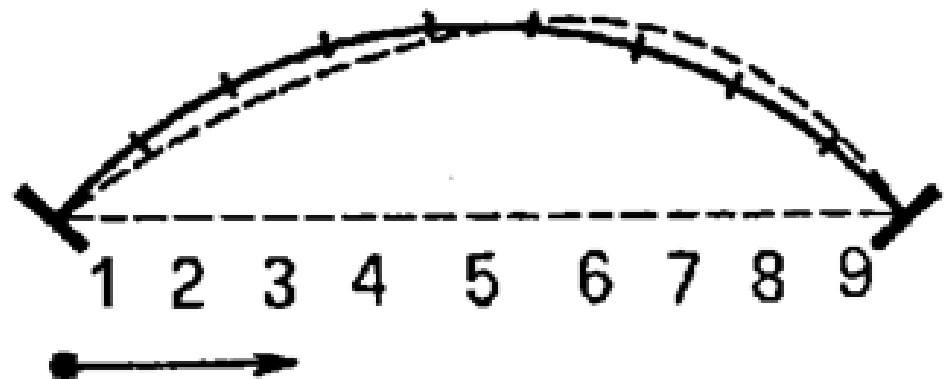
Скеле



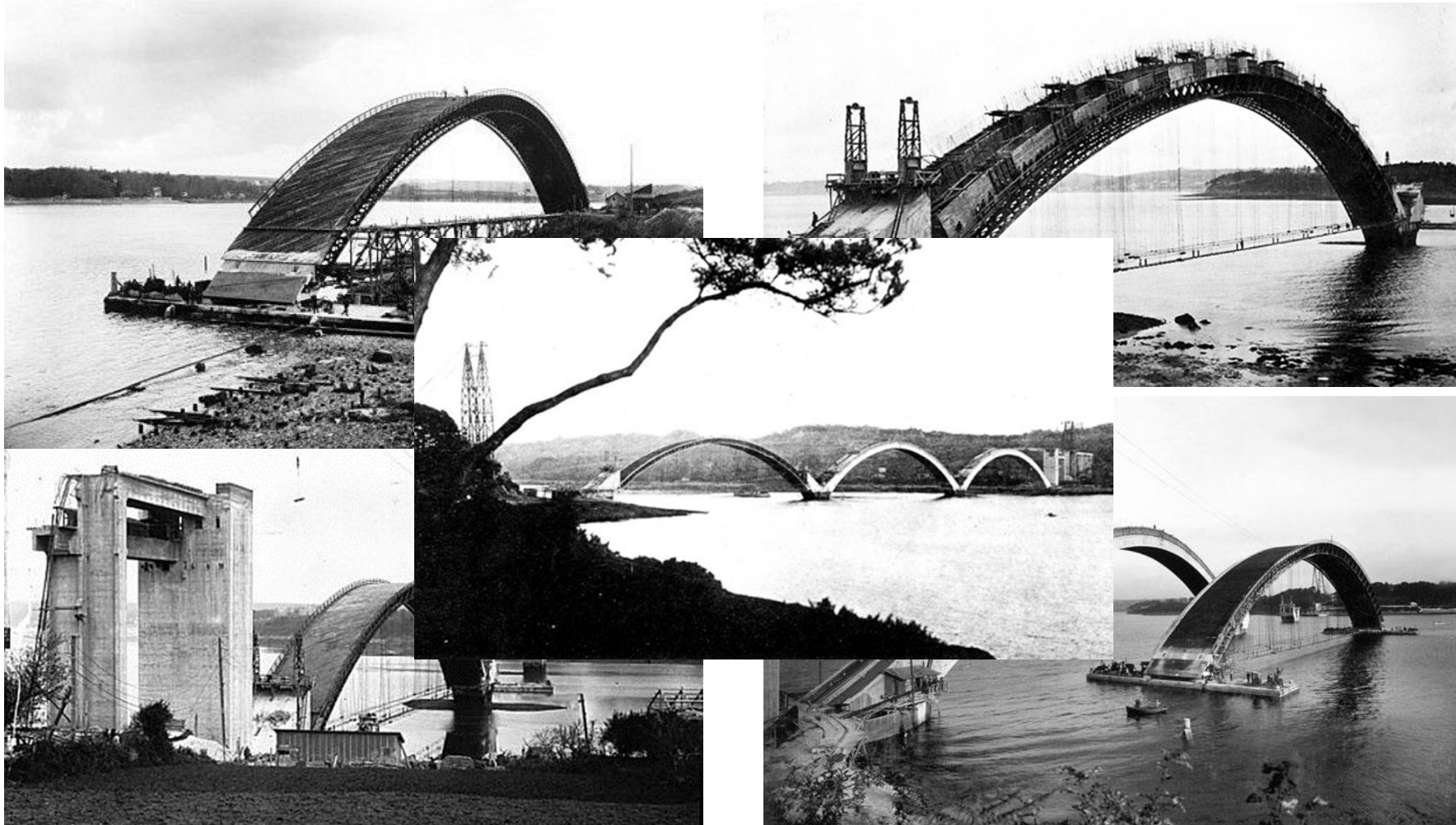
WEST SIDE, MARCH 23, 1888.



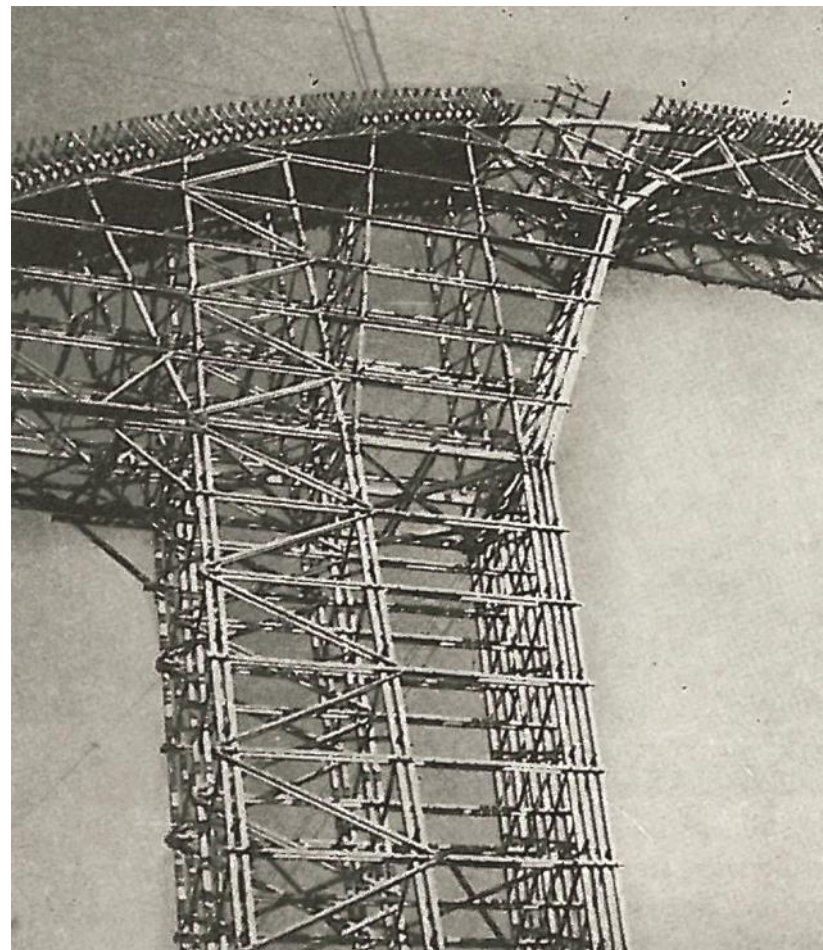
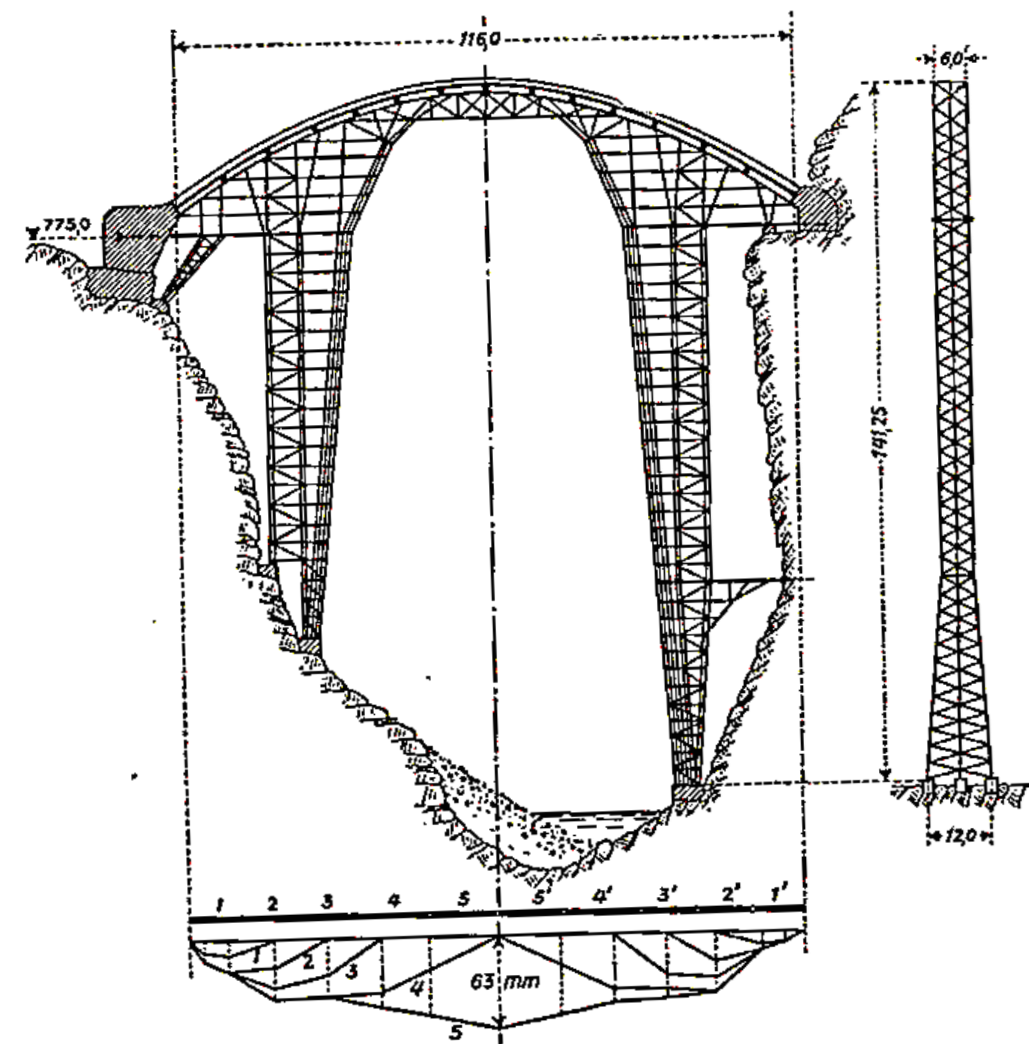
Распоред бетонирања



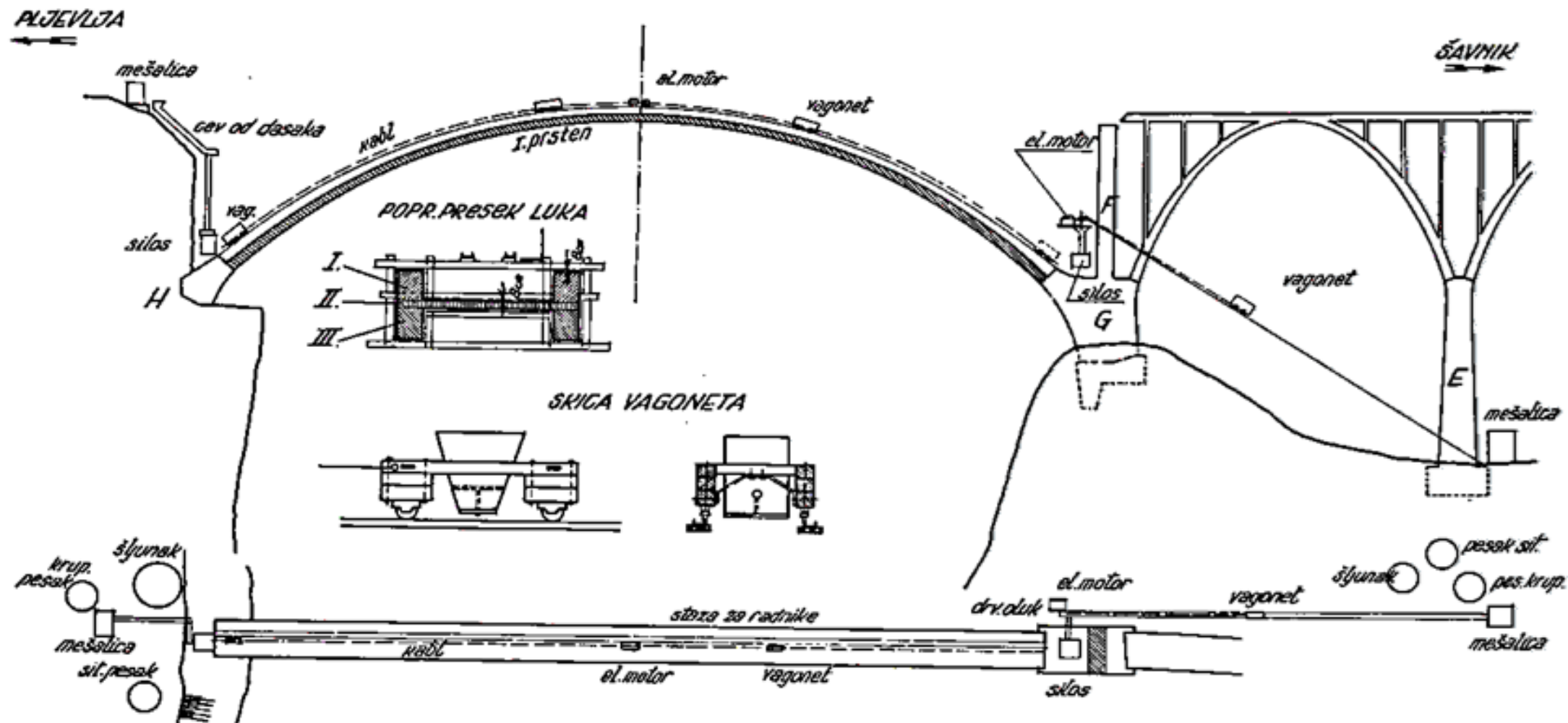
Извођење моста Albert Louppe



Скела главног отвора моста на Тари



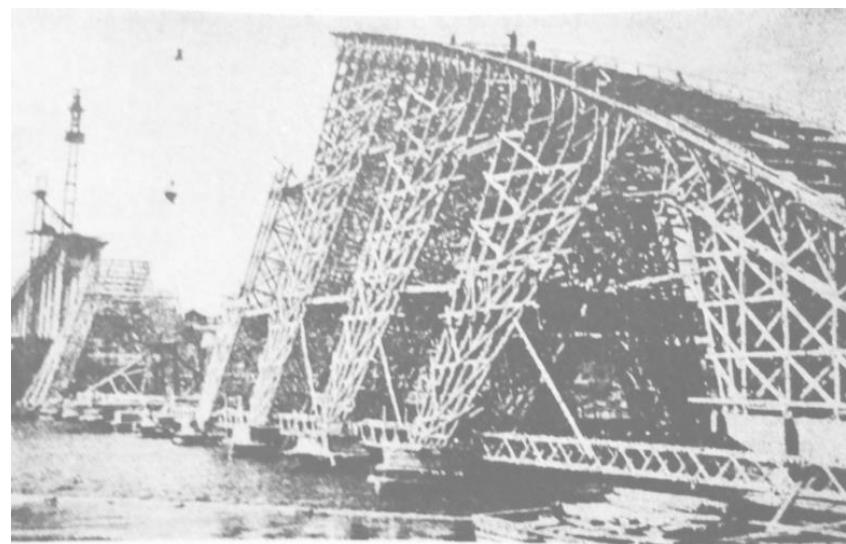
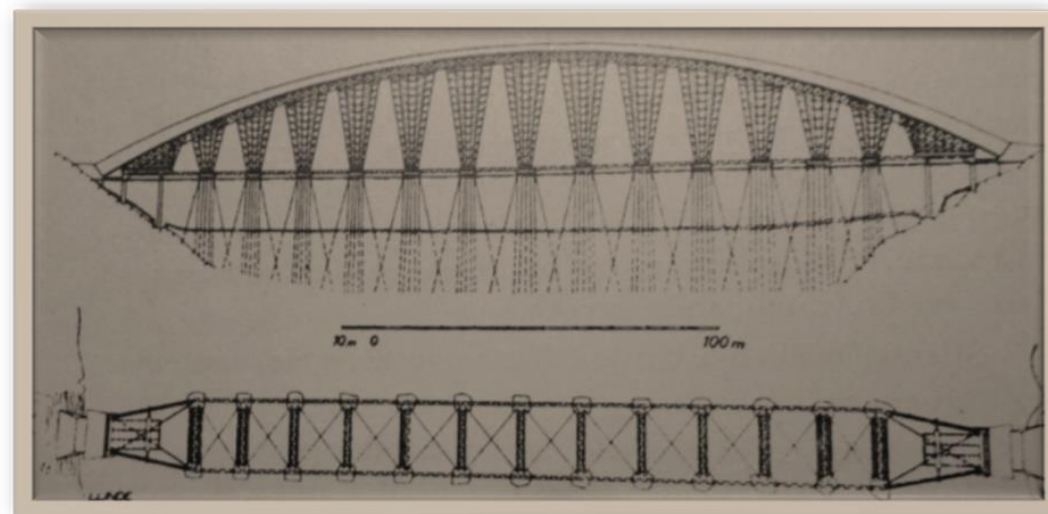
Бетонирање главног лука моста на Тари



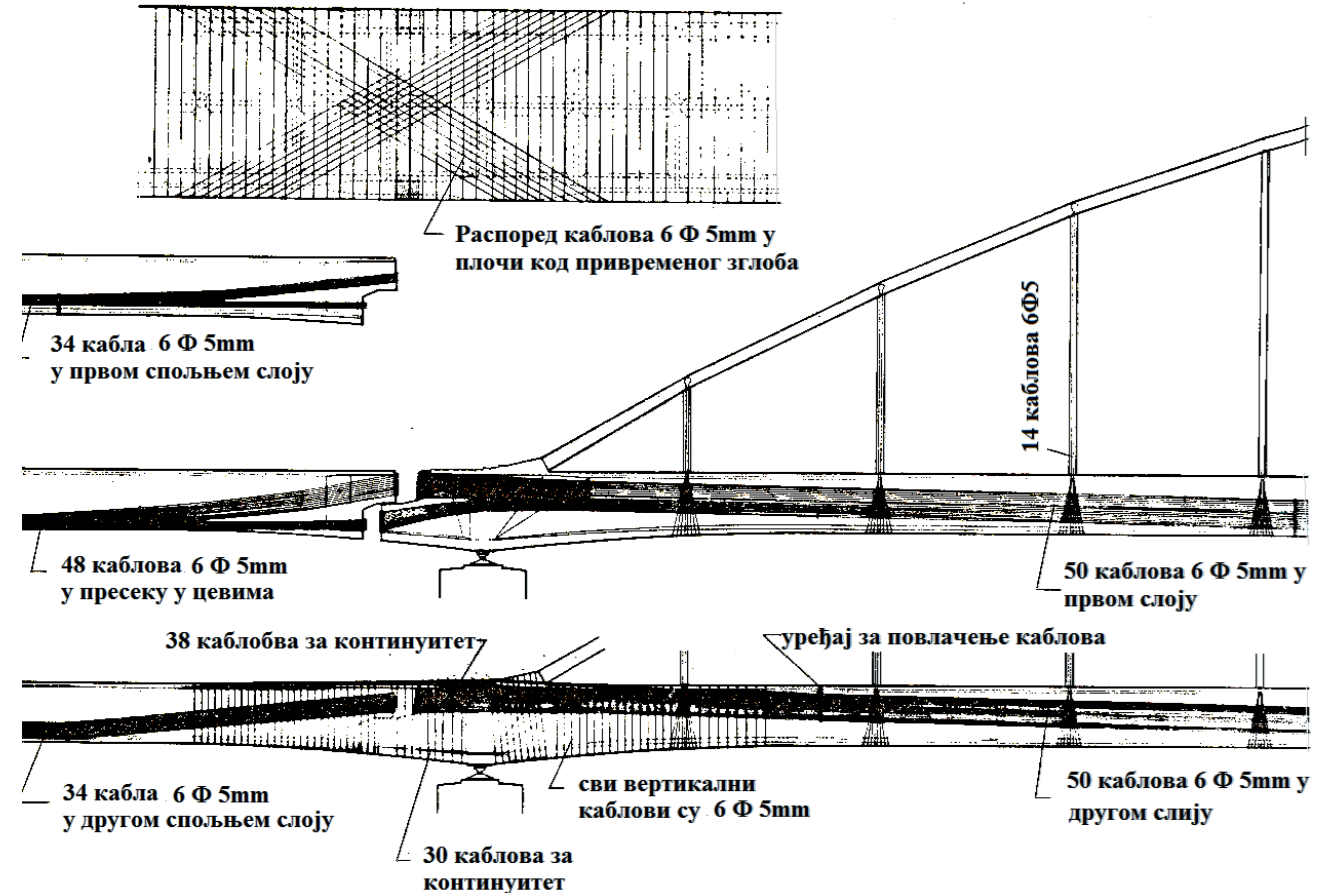
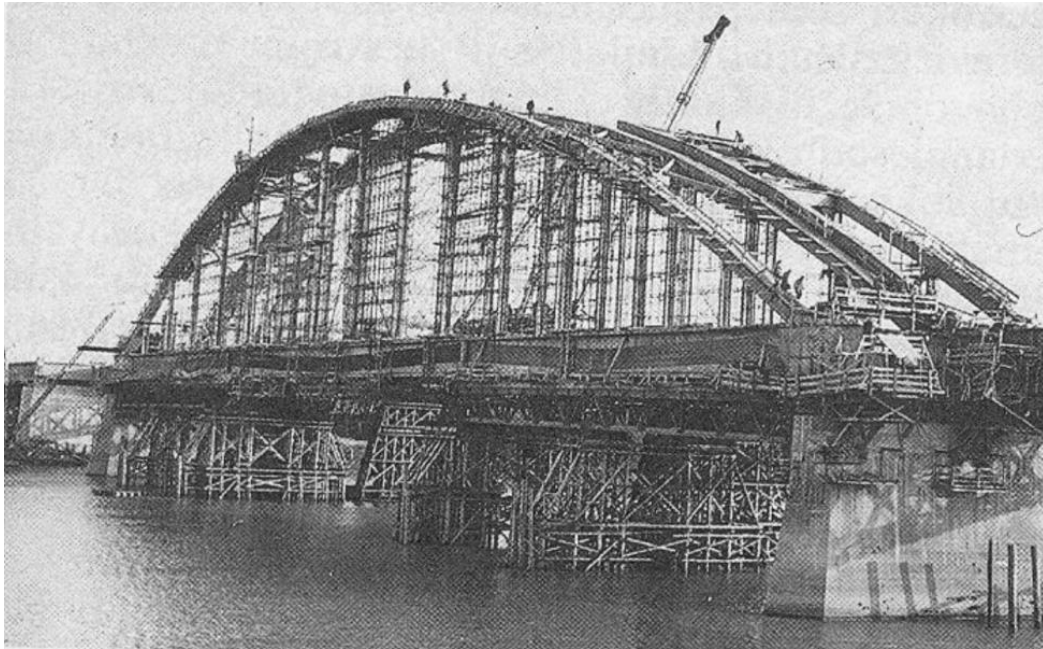
Скеле за бочне отворе моста на Тари



Мост Сандо (Шветска 1939-1943)

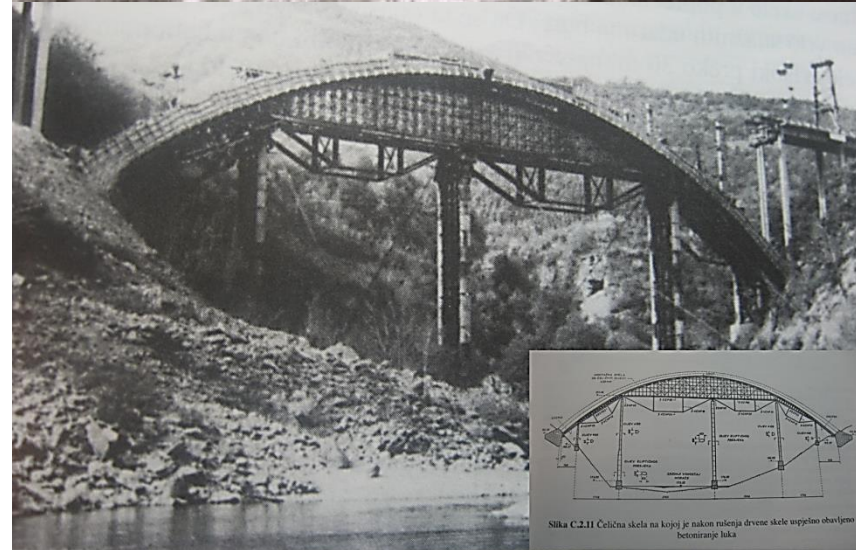
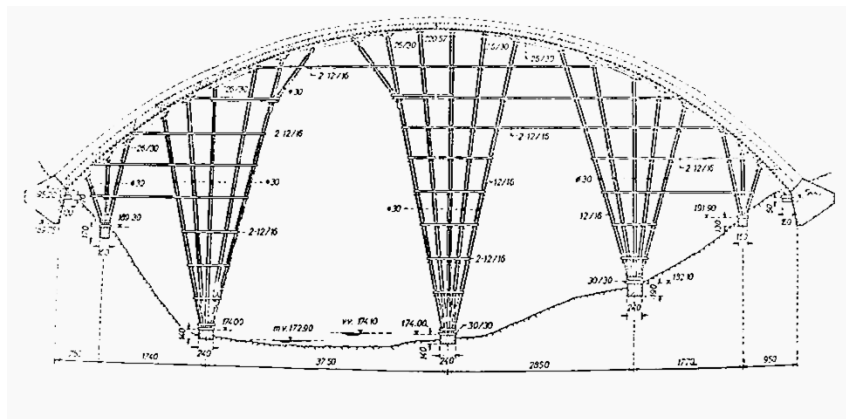


Мост преко Тисе код Титела 1956. - 1958

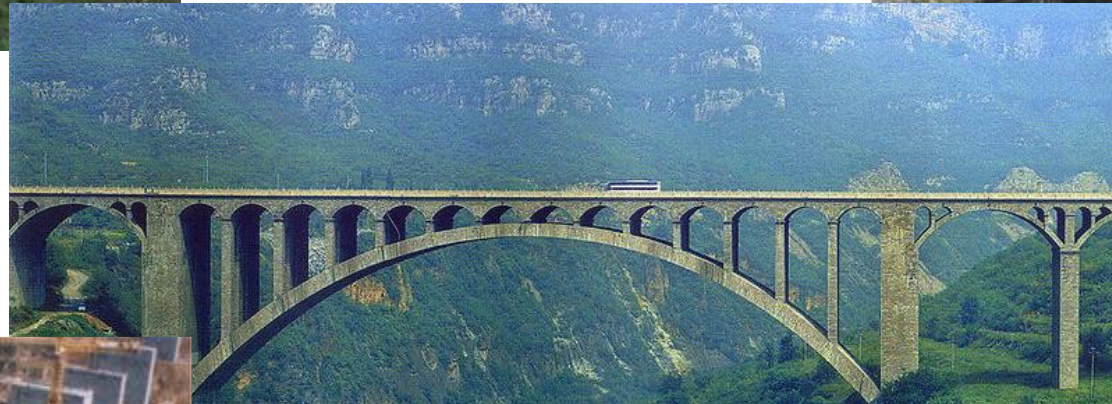


РАСПОРЕД ПРЕТХОДНОГ НАПРЕЗАЊА

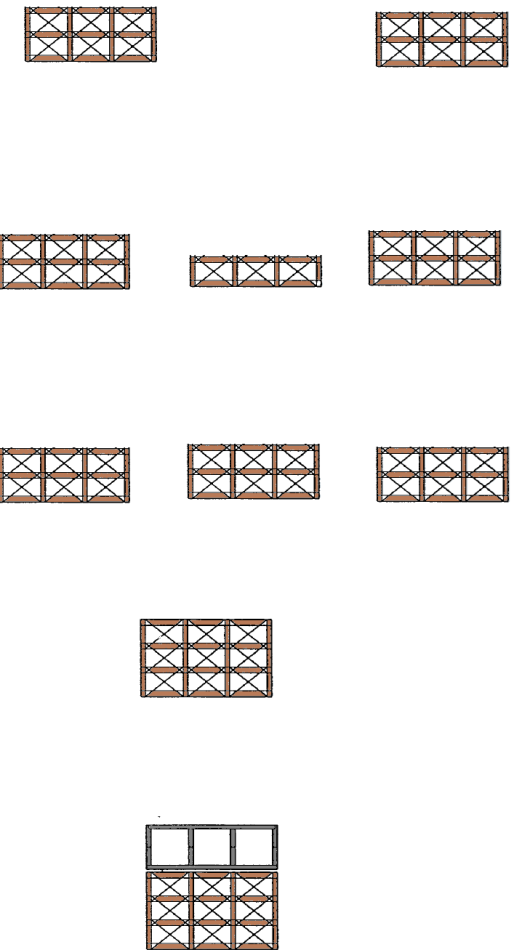
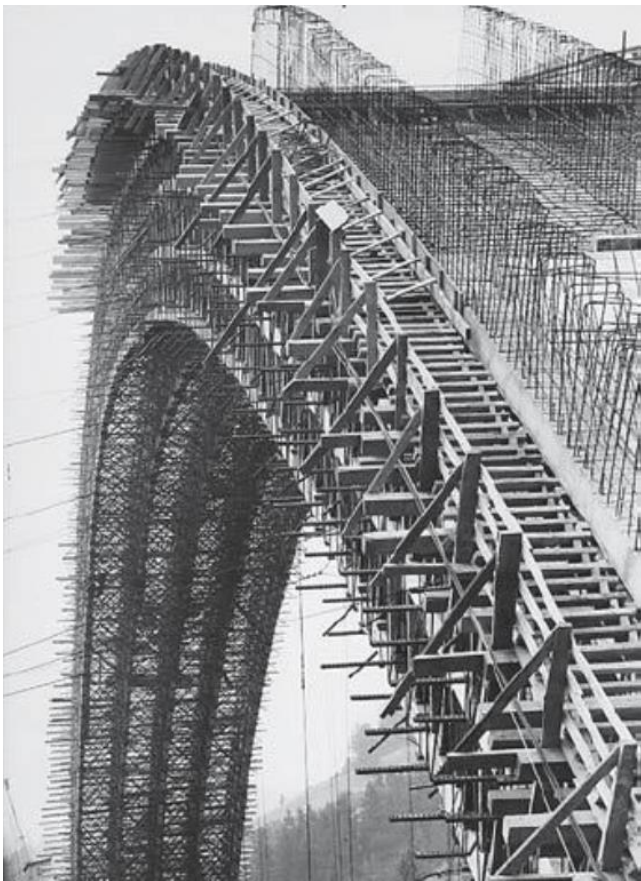
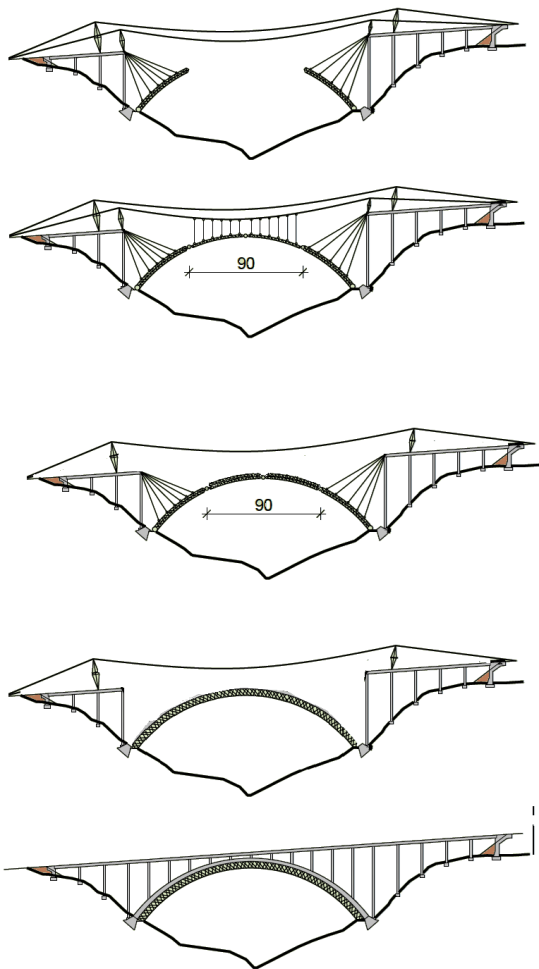
Мост Пјенавац (1962)



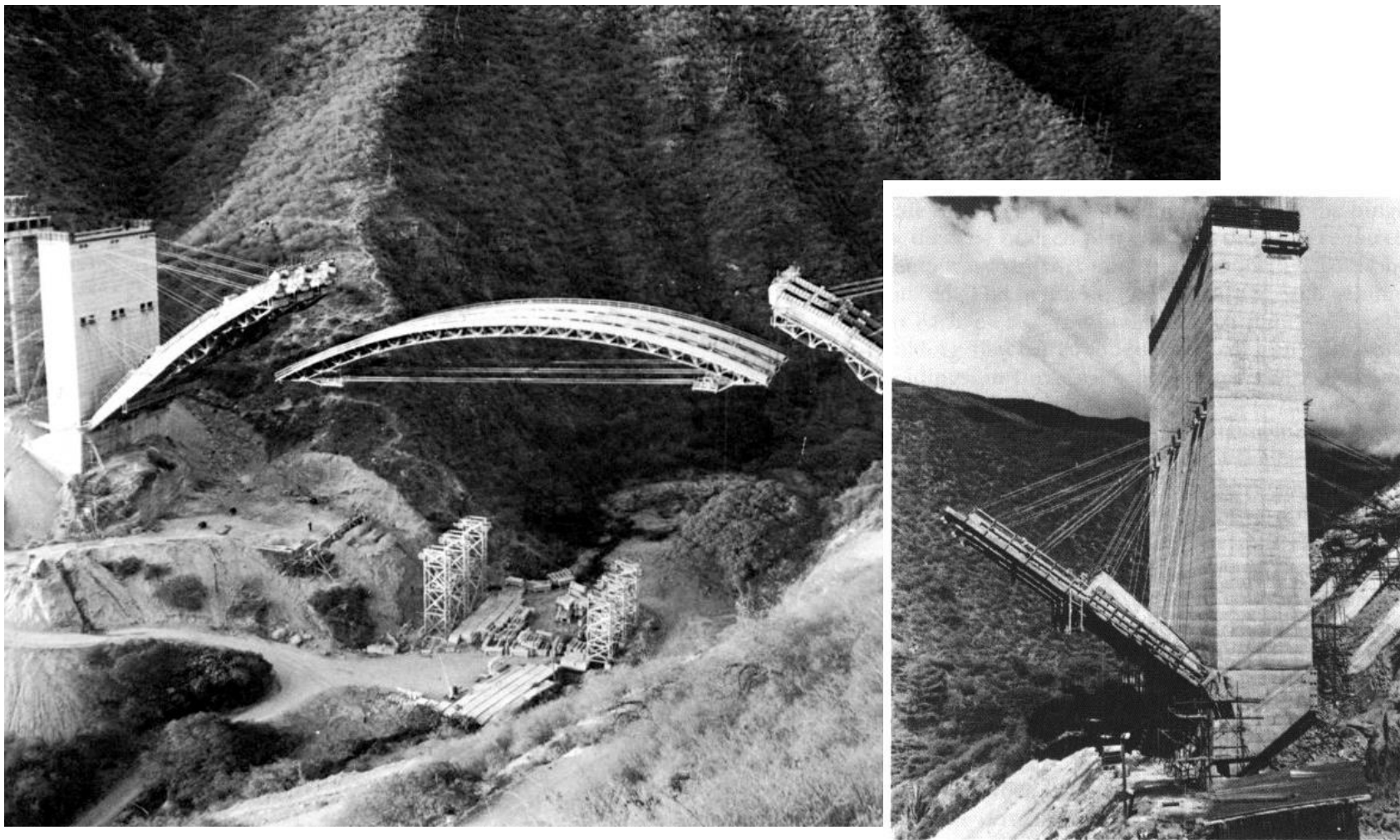
Мост Danhe камени лучни мост 146m (2000)



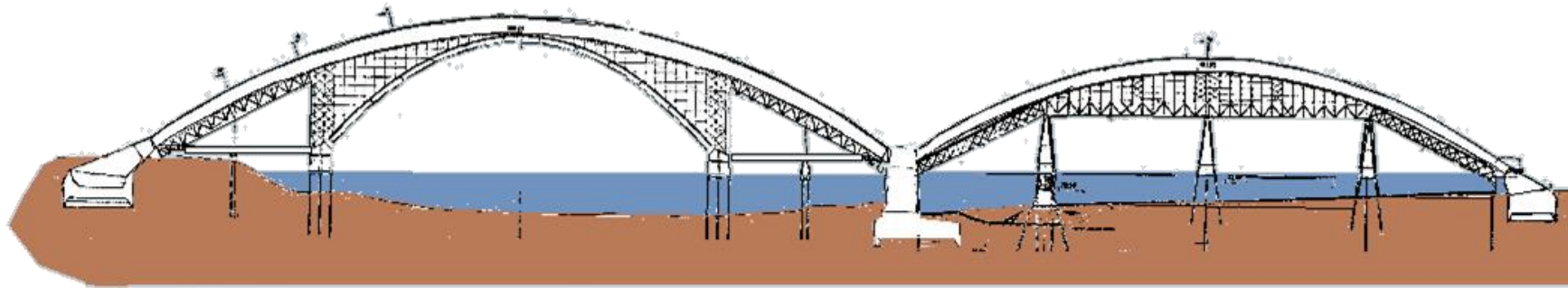
Монтажа слободно носеће скеле пример



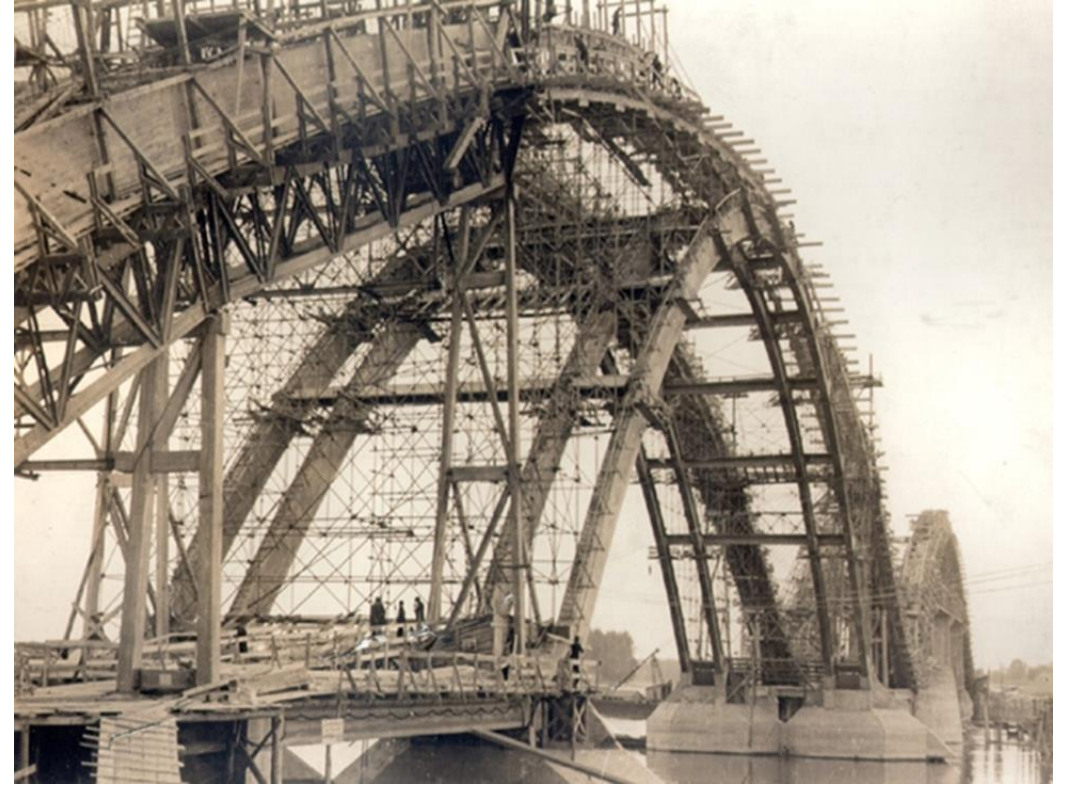
Монтажа слободно носеће скеле - Caracas Viaduct (1951-1953)



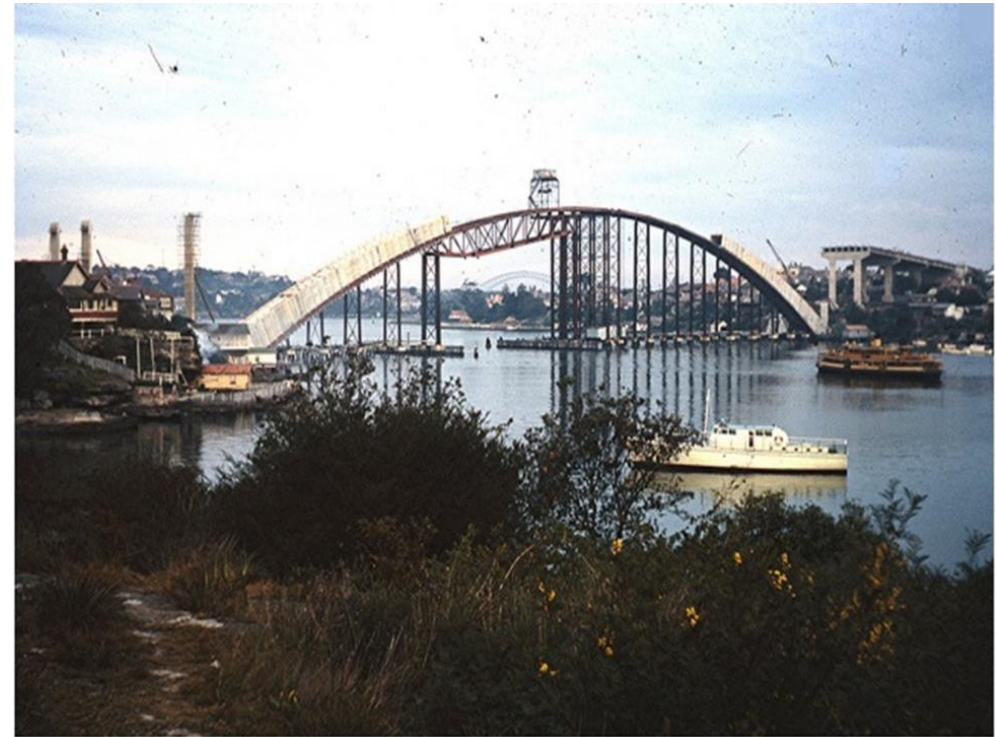
Мост преко Дунава у Новом Саду (1957-1961)



Скела под великим луком

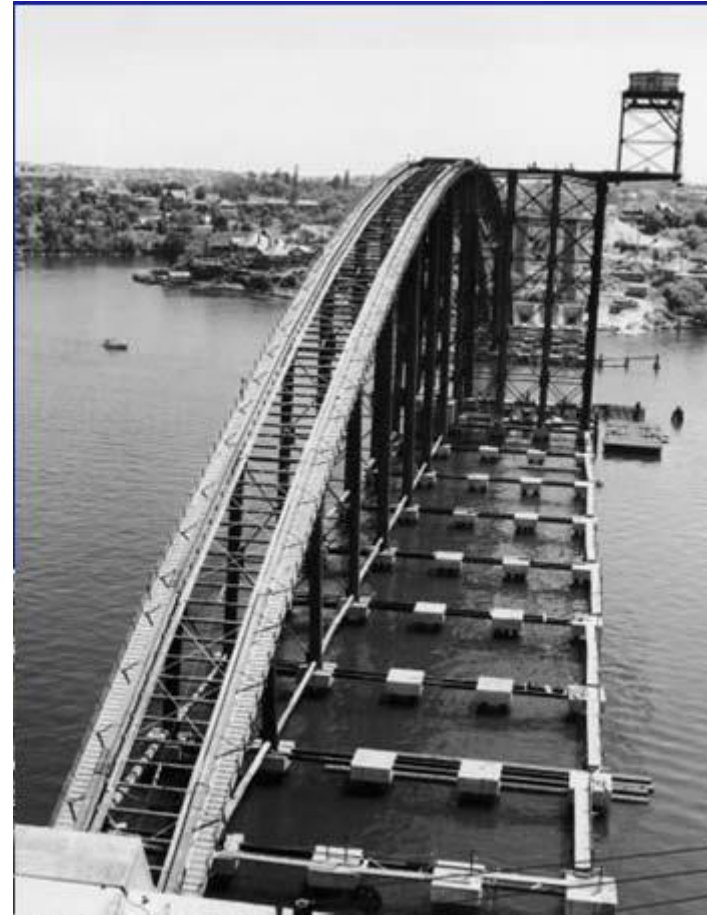


Gladesville 305m (1959-1964)

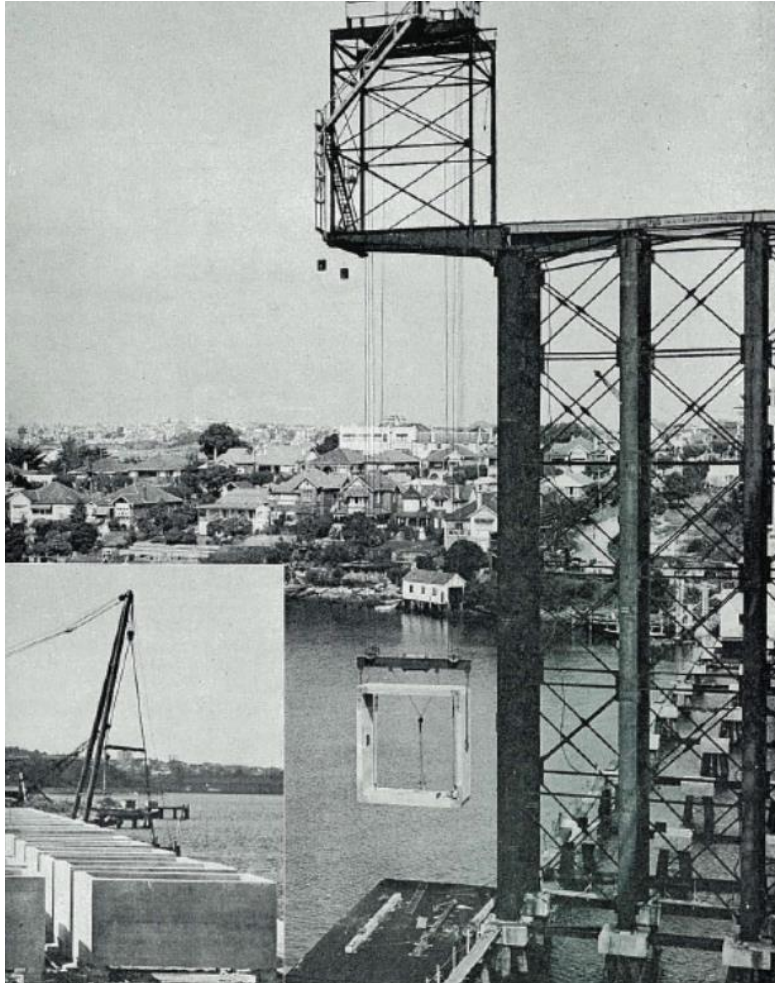


https://www.youtube.com/watch?v=Yat-CwdOpsg&ab_channel=NSWRoads

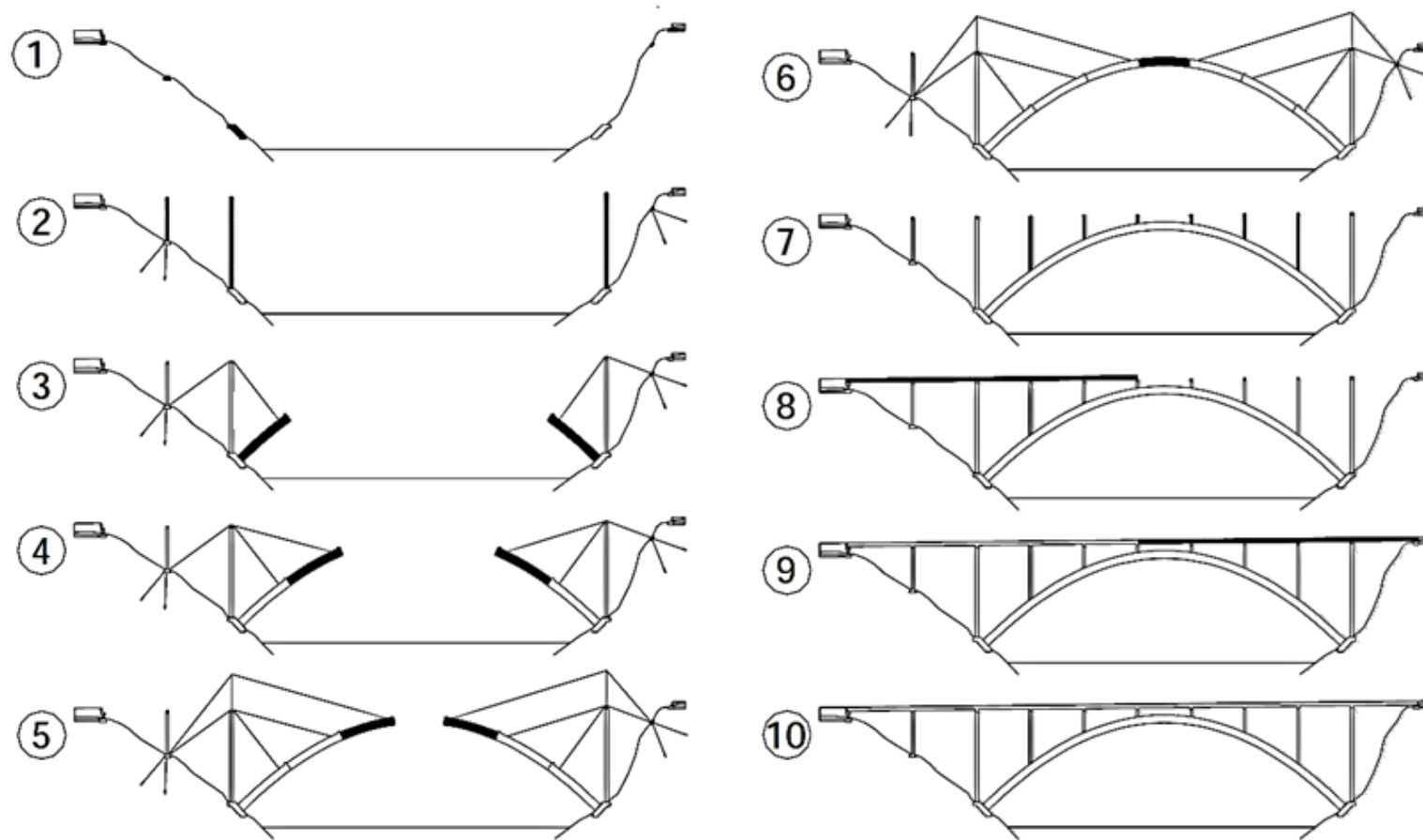
Формирање скеле



Постављање сегмената

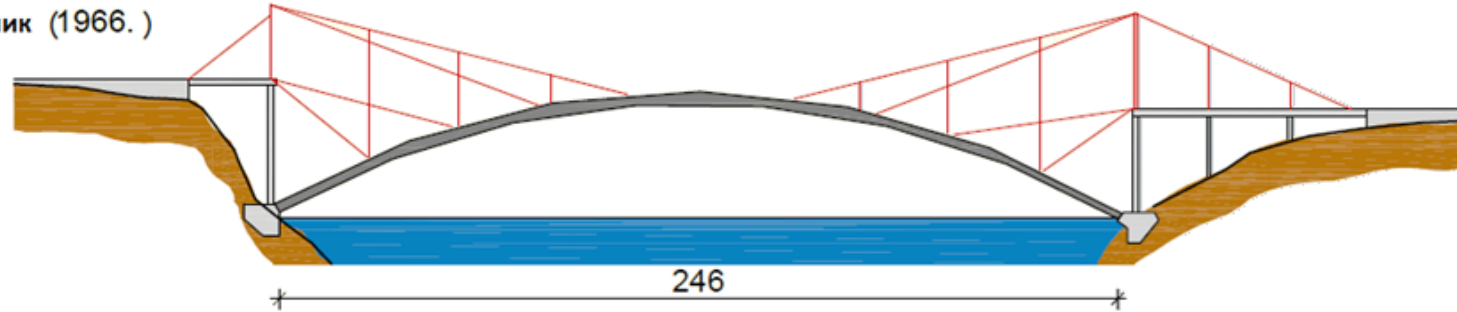


Принцип конзолног извођења лукова

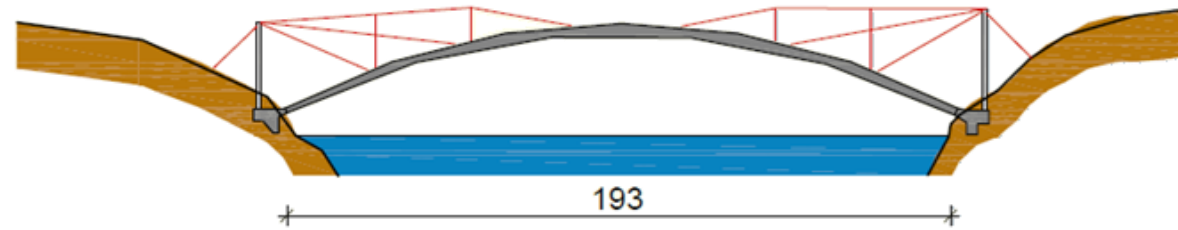


Велики Југословенки мостови

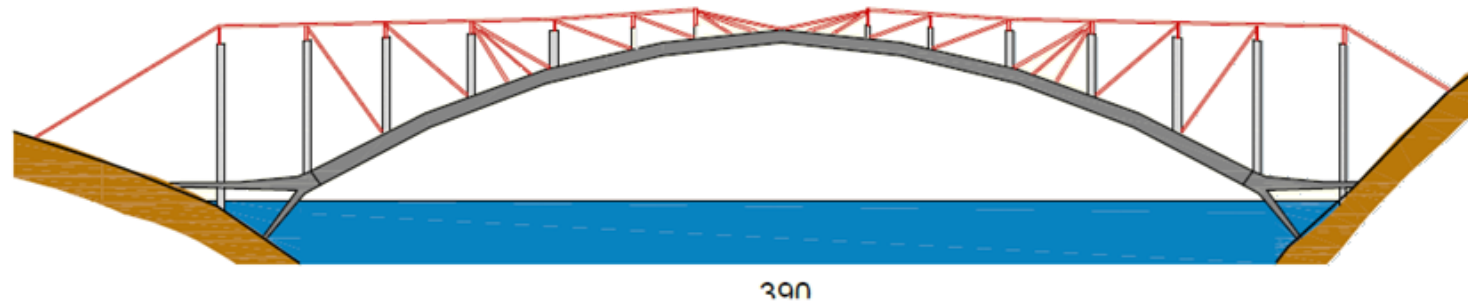
Шибеник (1966.)



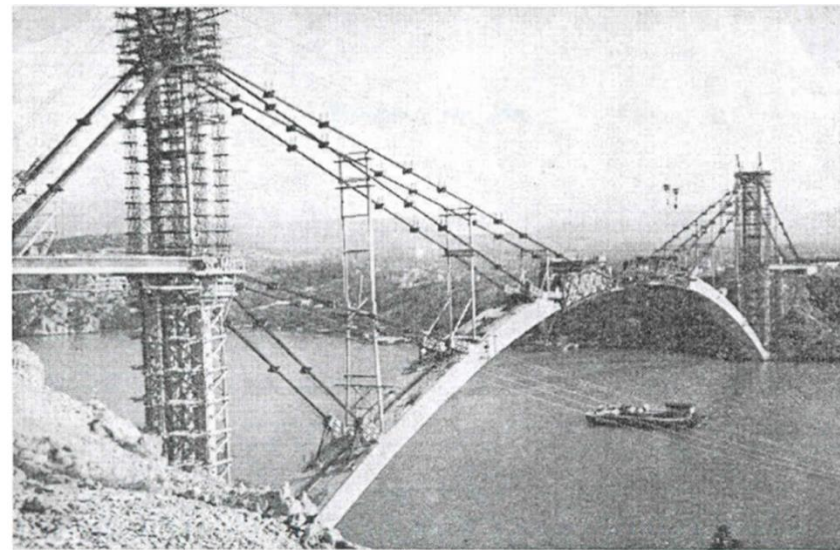
Паг (1968.)



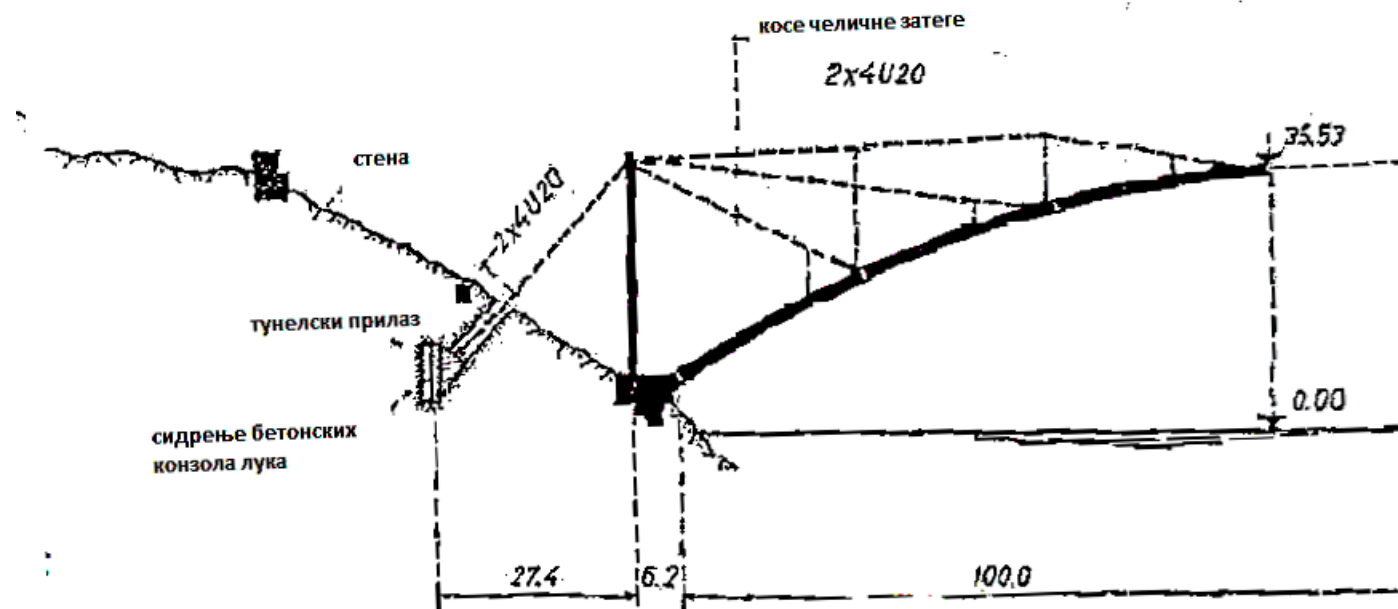
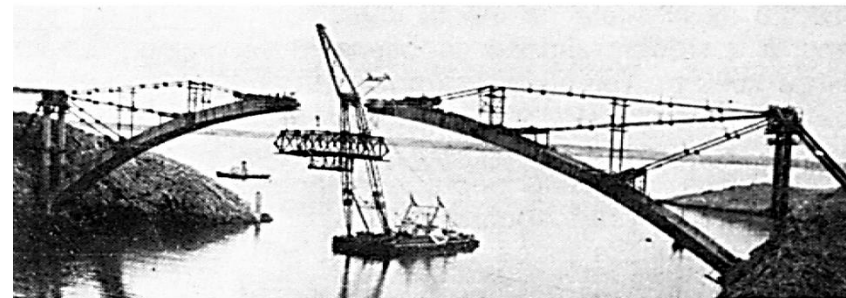
Крк (1980.)



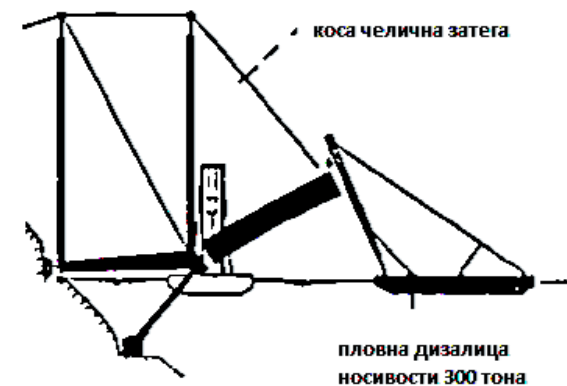
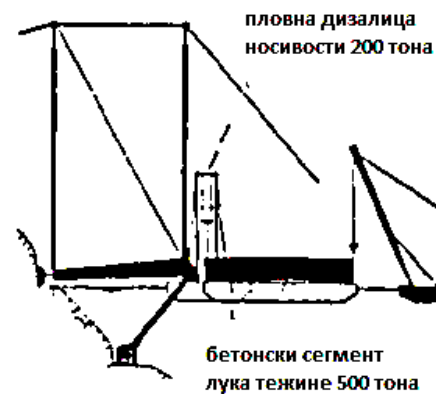
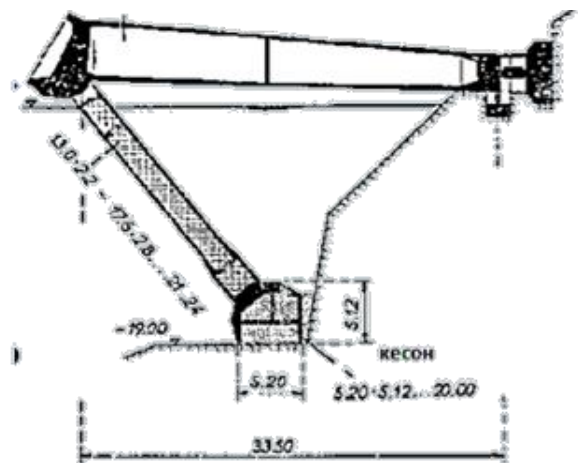
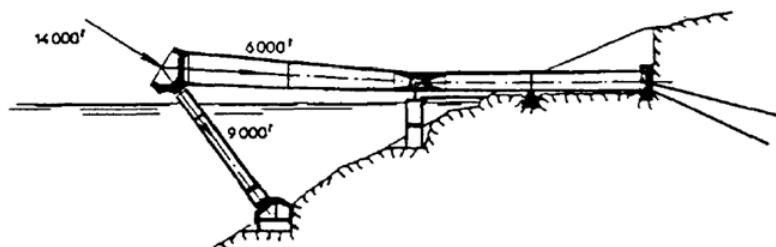
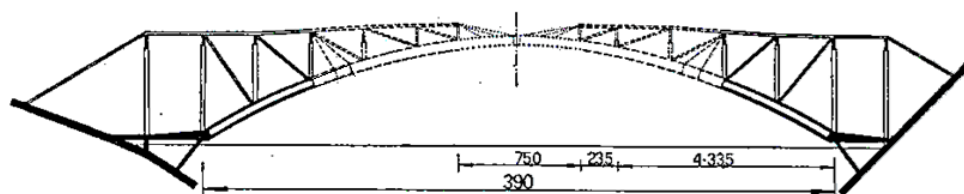
Грађење Шибеничког моста



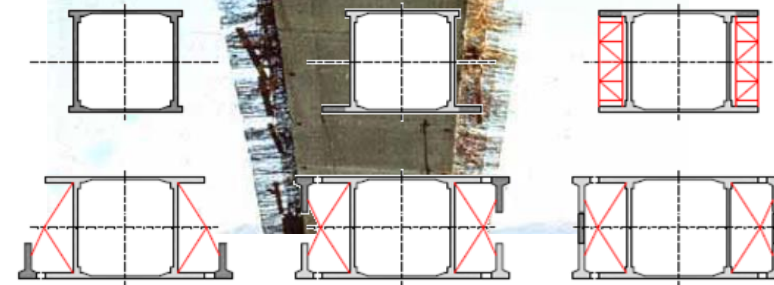
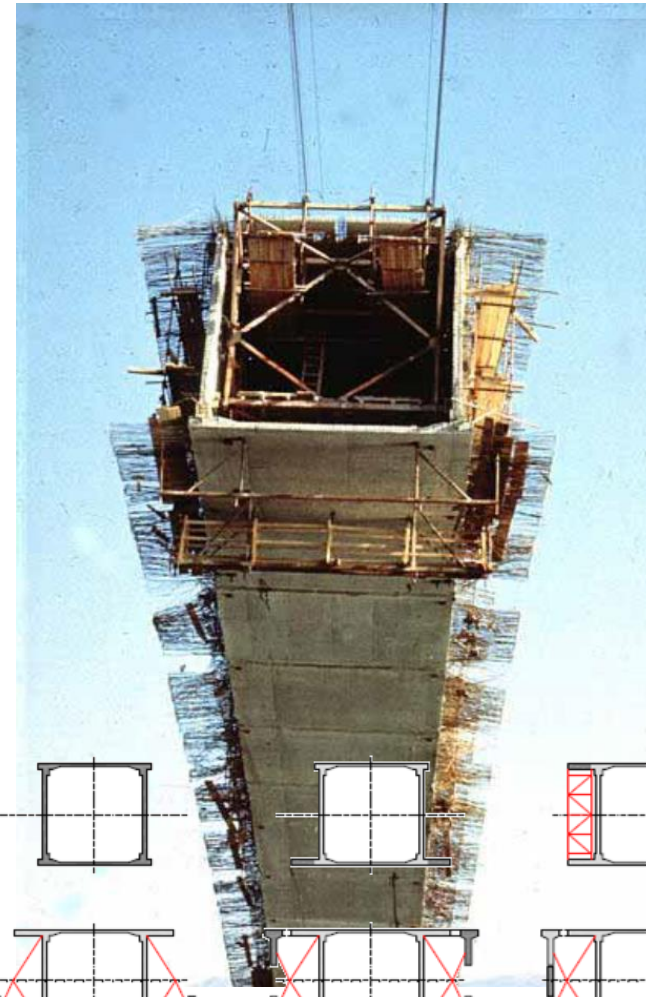
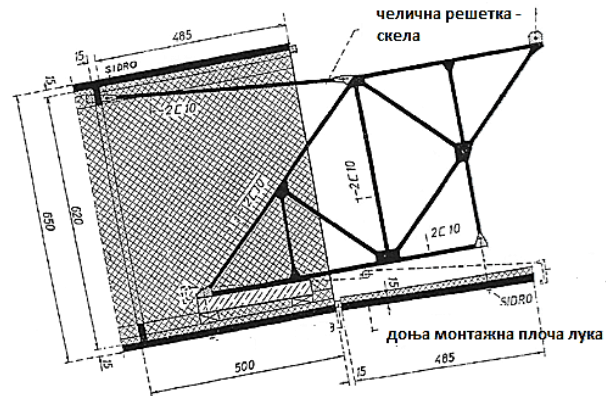
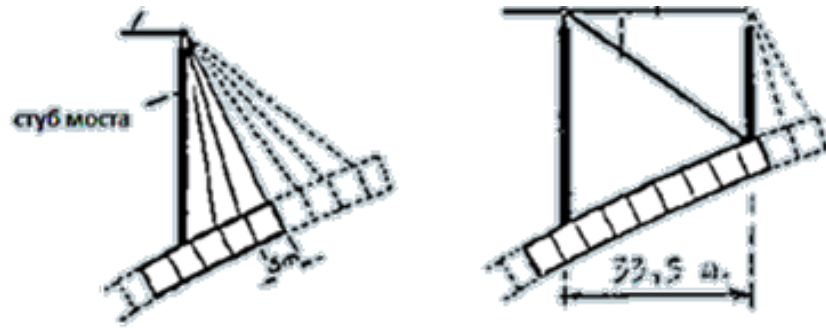
Пашки мост – помоћни стубови



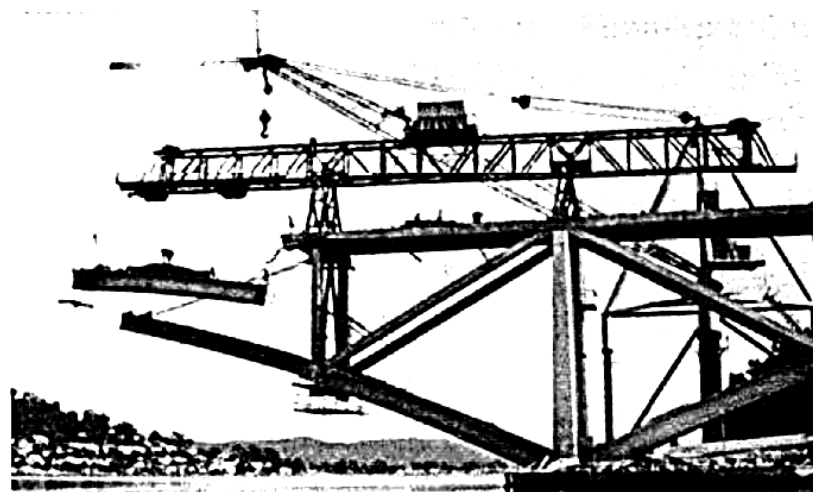
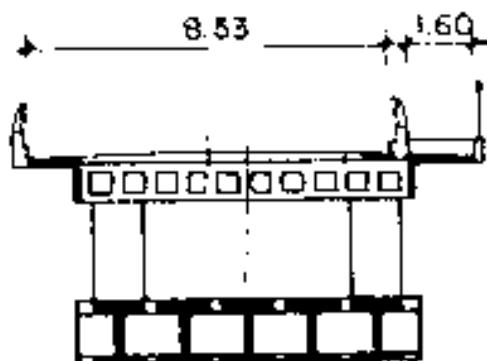
Мост Крк завршен 1979.



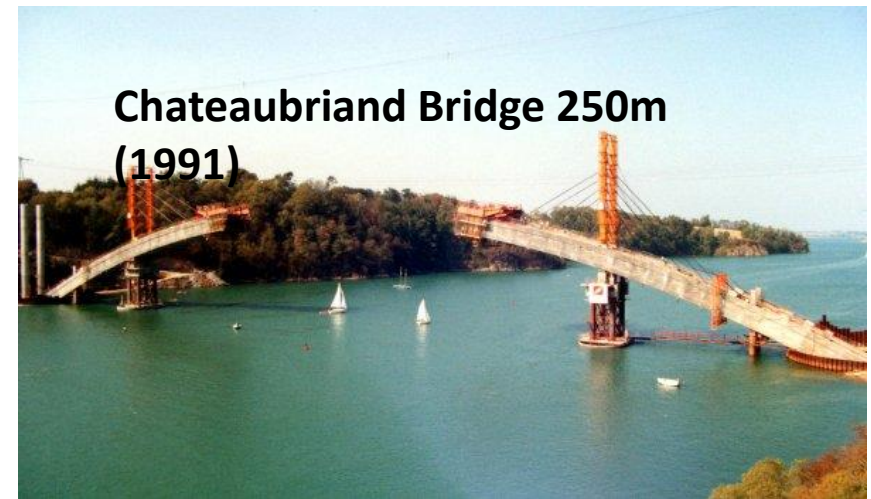
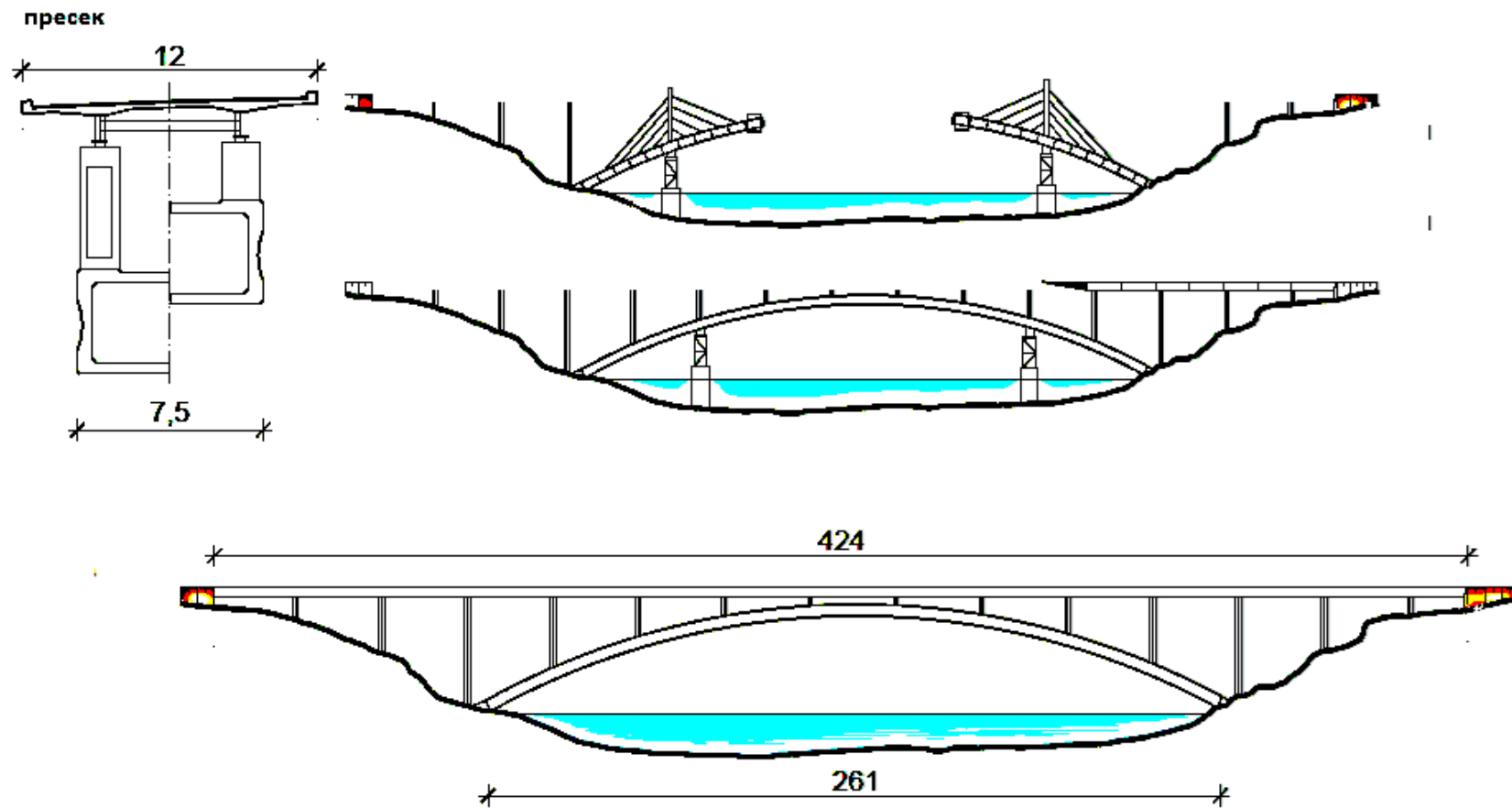
Конзолна монтажа и формирање пресека великог лука у фазама



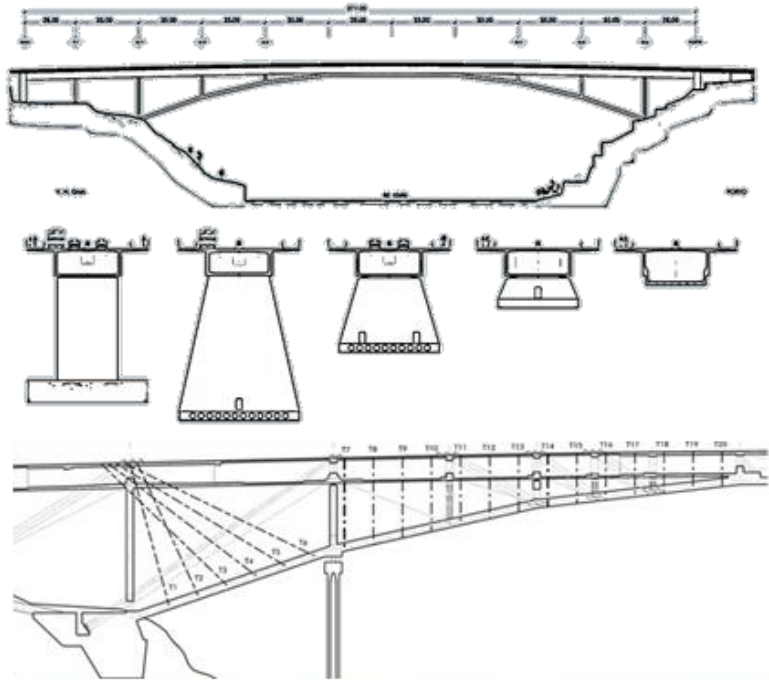
Мост Рип Аустралија (182m)



Модификована конзолна градња



Infinite Dom Henrique мост (1999-2002)



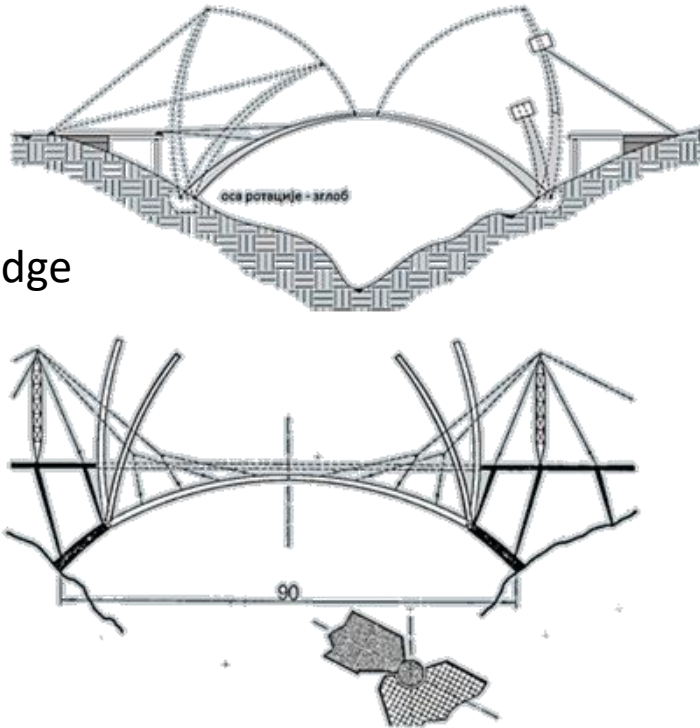
Распон лука је $L = 280$ m, а стрела 25 m, тако да однос стреле и распона лука (f/L) износи приближно $1/11$.

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

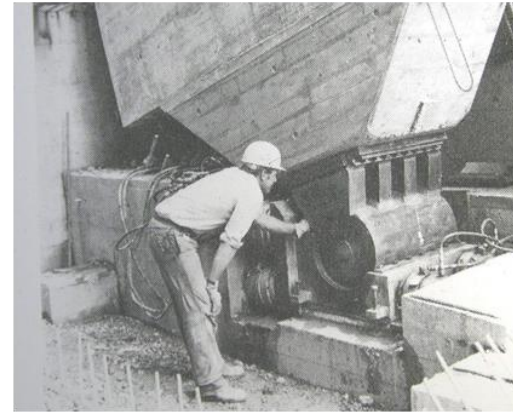
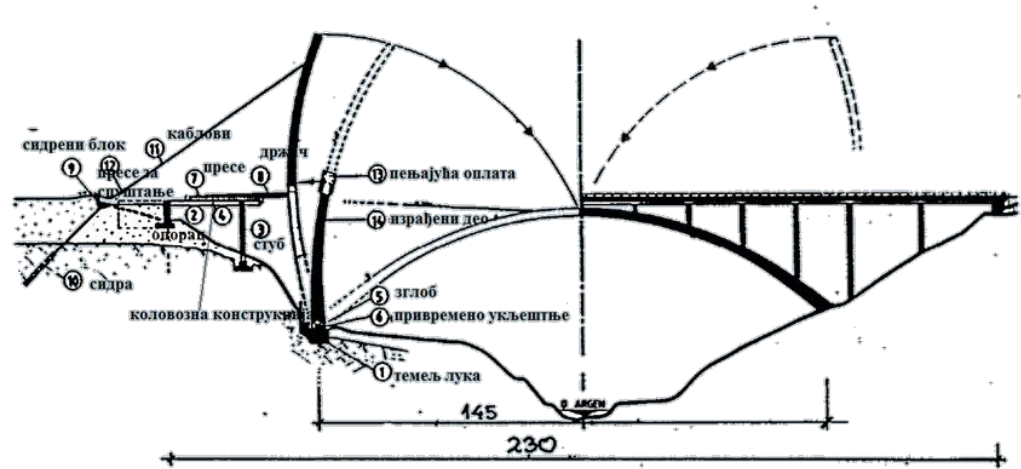


Ротација полу лукова око хоризонталне осе

Storms River Bridge
90 m (1954).

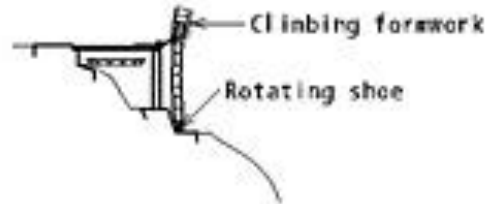


Argentobel, (1985.)

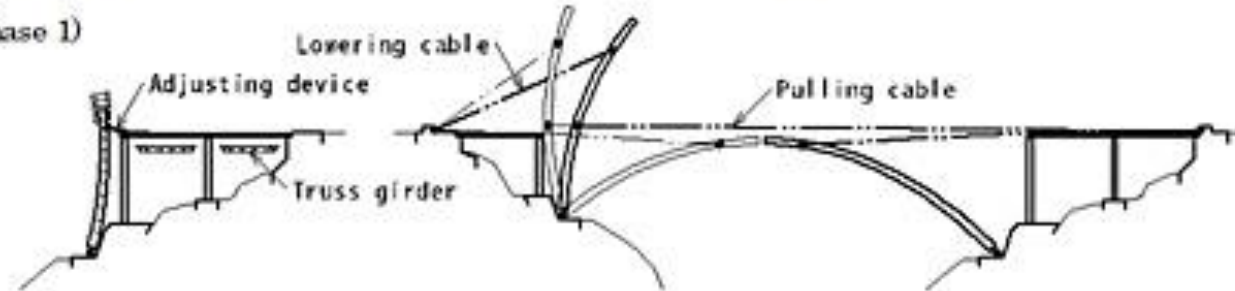


Construction Procedure

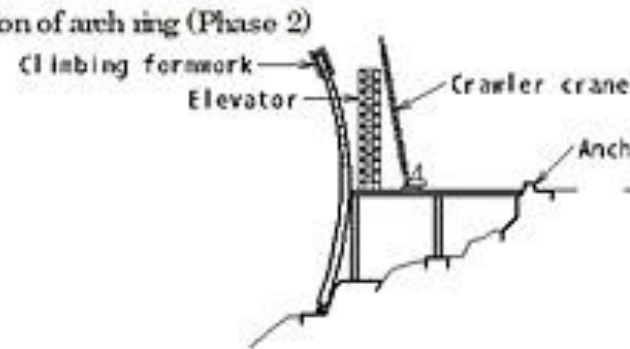
- 1) Construction of stiffening girders in the side span
- 2) Installation of rotating shoes
- 3) Vertical construction of arch ring (Phase 1)



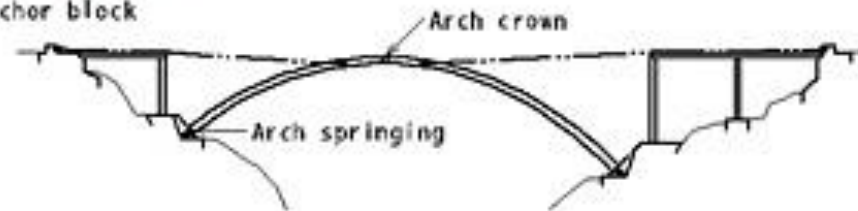
- 6) Lowering of P1 side arch ring



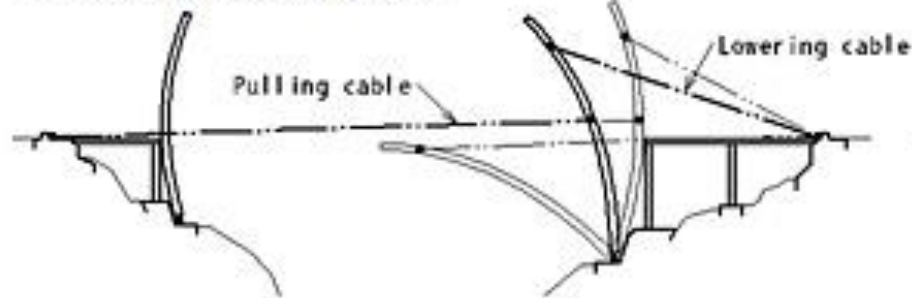
- 4) Vertical construction of arch ring (Phase 2)



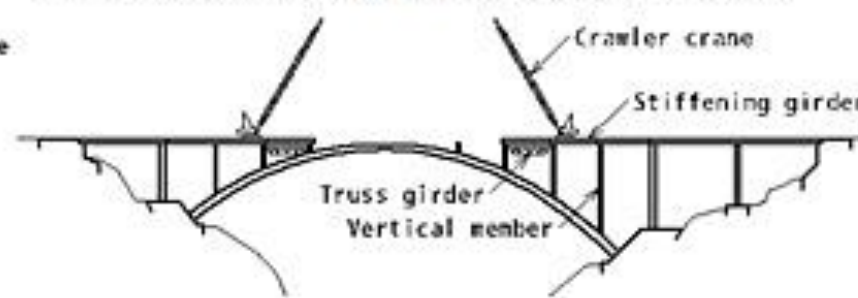
- 7) Closing of crown
- 8) Releasing Lowering cables
- 9) Fixing of springing



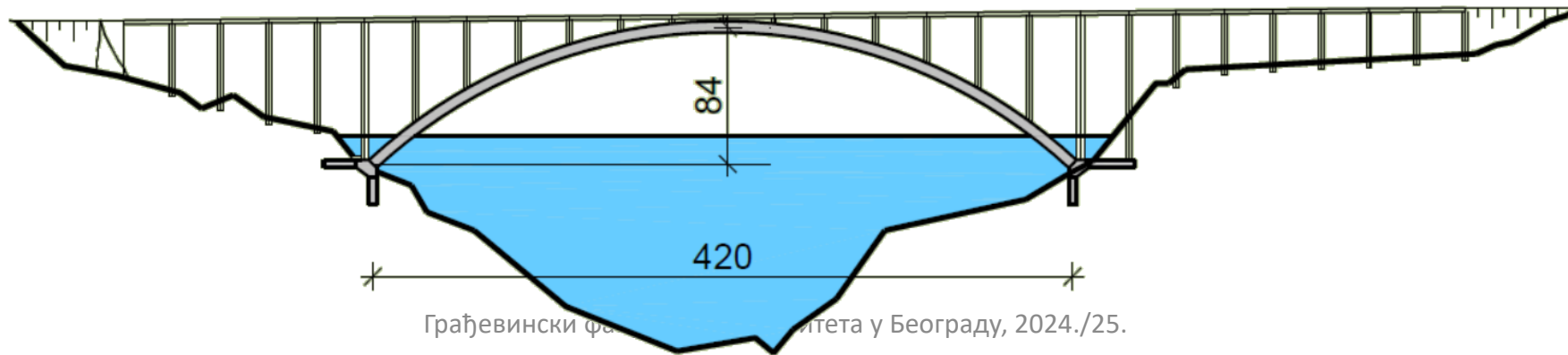
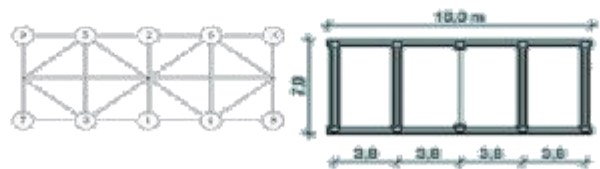
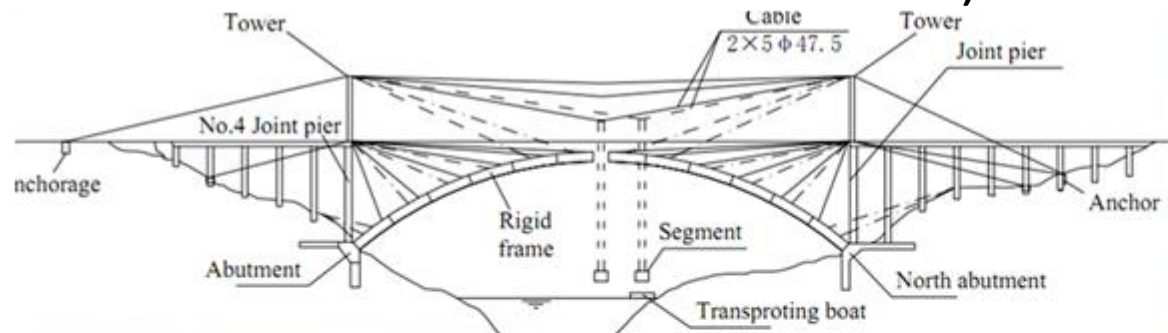
- 5) Lowering of P2 side arch ring



- 10) Construction of vertical members and stiffening girders



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



Yajisha Bridge 360 m (1999.) цеви испуњене бетоном



Вертикална ротација



Хризонтална ротација



(a) Rotating



(b) completion of rotation