

A cartoon illustration of three cavemen crossing a bridge made of a single log over a chasm. One caveman is on the left, looking towards the others. Two other cavemen are in the middle, hanging from the log with their feet. A speech bubble from the middle cavemen says "WONDERFUL THINGS THESE BRIDGES." The background is a light blue sky with white clouds.

WONDERFUL
THINGS
THESE BRIDGES.

Одсек ТЖА Мостови

Предавање 10 и 11
03. Мај 2019.

Системи придржани кабловима

- Висећи мостови
- Мостови са косим затегама
- Остали специјални системи (*extrados bridges, under-deck, stress-ribbon*)



Велики висућни мостови у свету



Висећи мостови на Дунаву

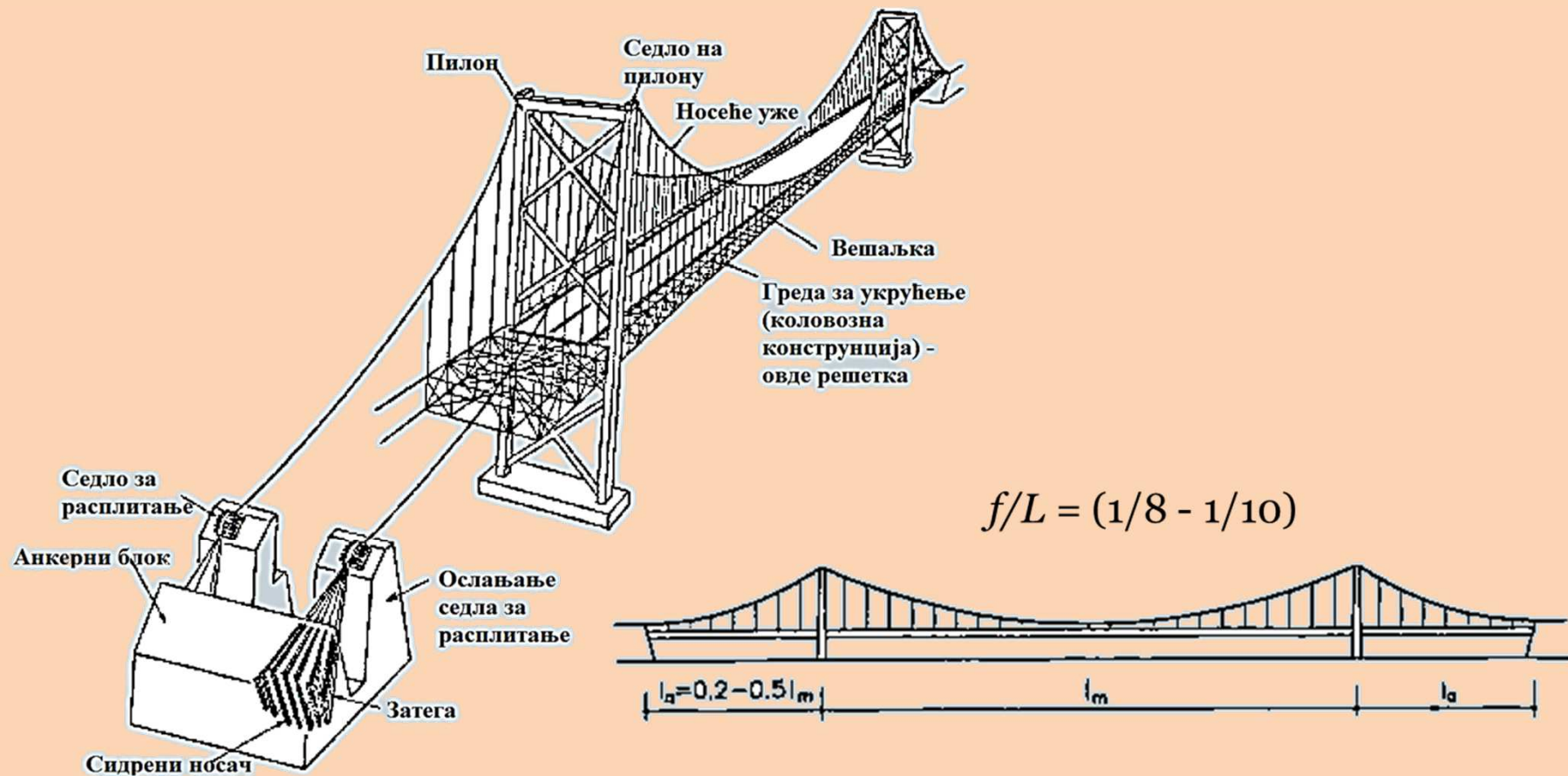
Мост Александра Карађорђевића
261m (1934.-1941)



Reichs Bridge 241m(1937.- 1976.)

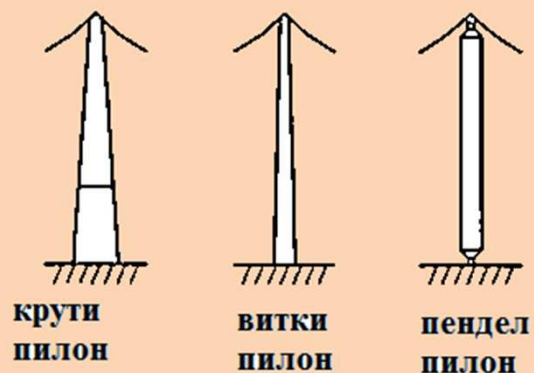


Основни елементи и односи

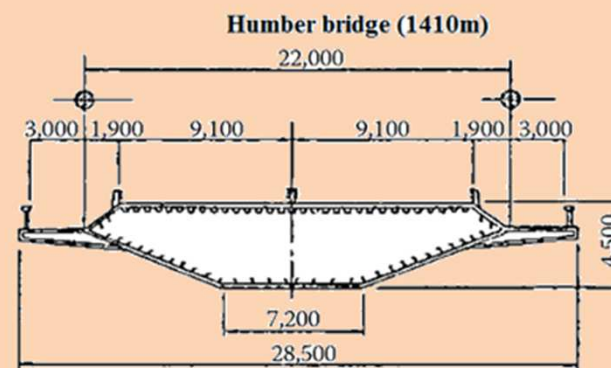
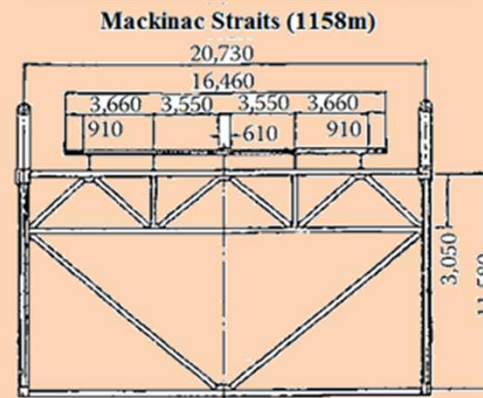
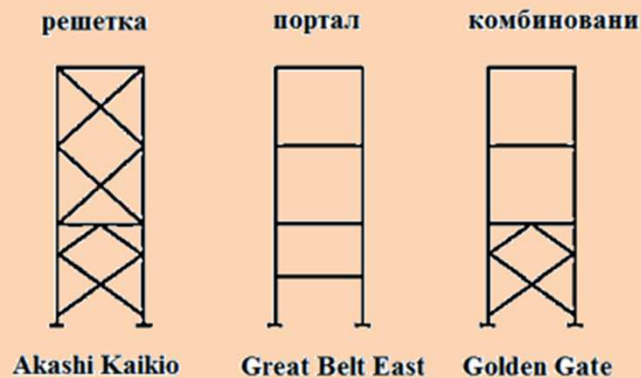


Пилони и коловозна конструкција

подужно



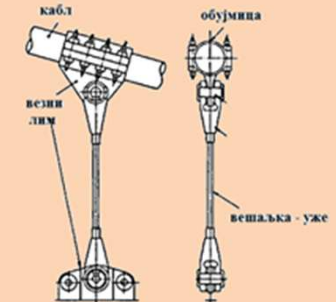
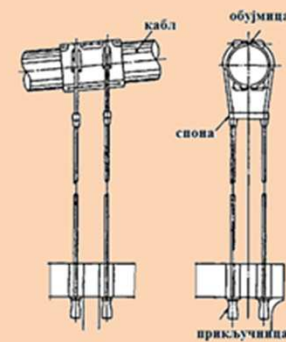
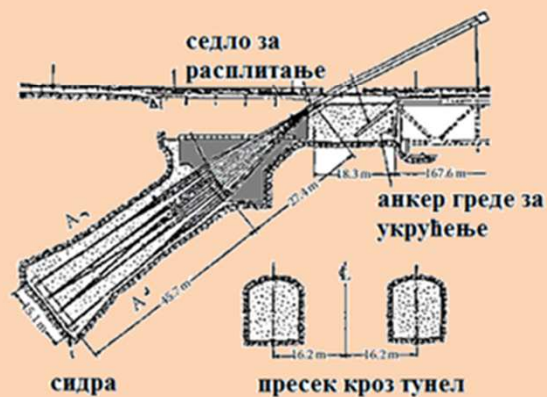
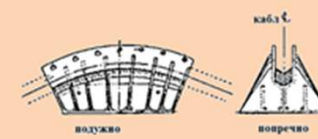
попечно



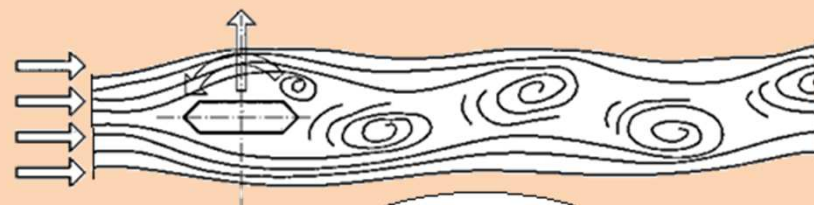
Каблови, сидрење, седла и вешалке



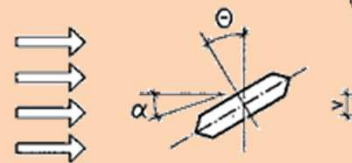
Akashi Kaikyo



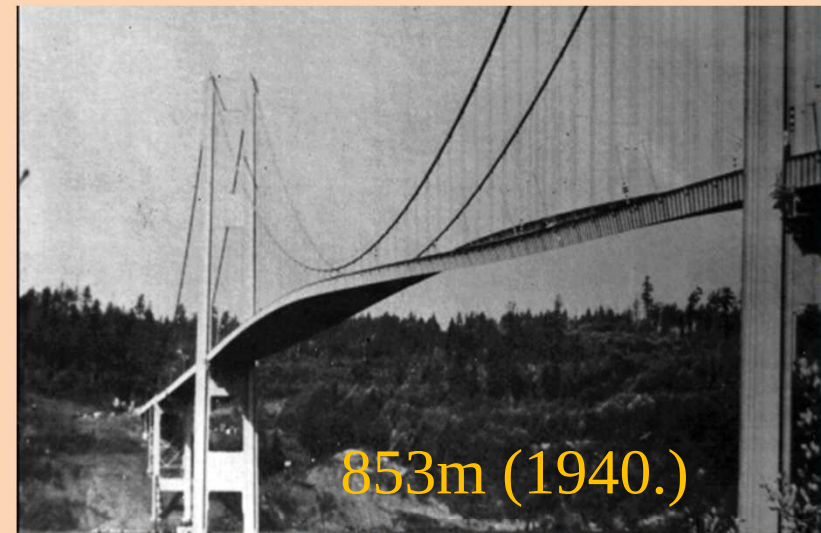
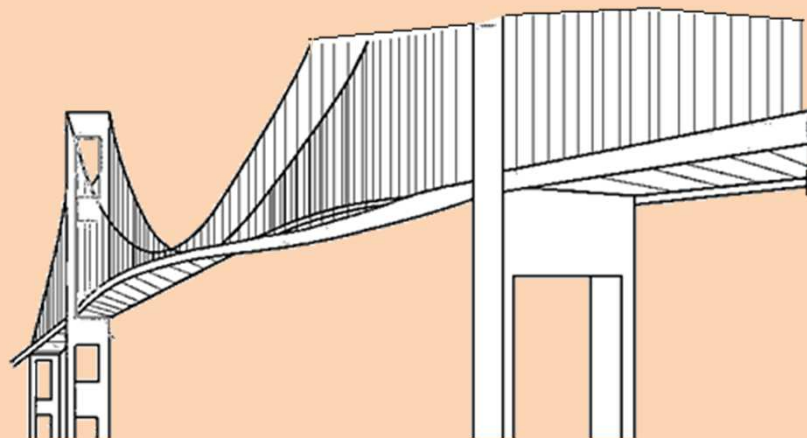
Аеродинамичка стабилност



$$f_T/f_B \geq 2.5$$



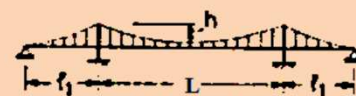
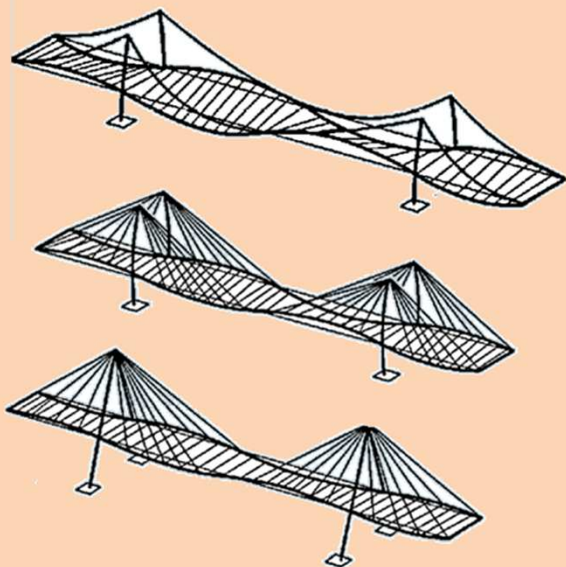
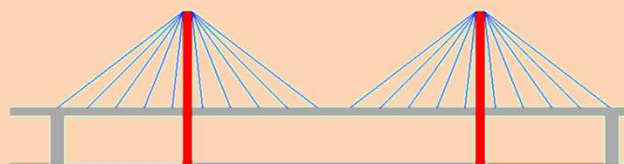
потребан однос
сопствених
фреквенција



853m (1940.)



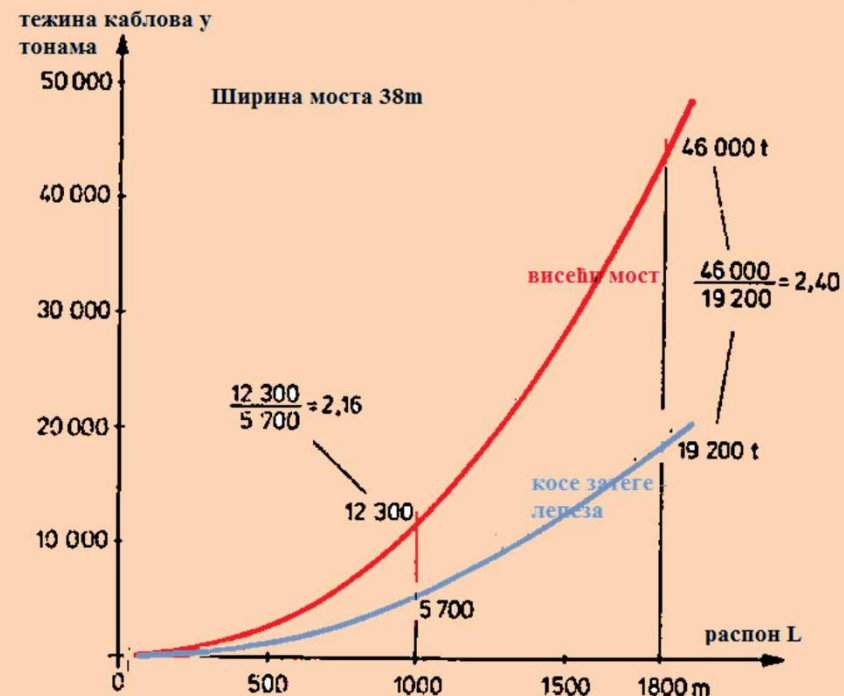
Сличности и разлике висяћих мостова и мостова са косим затезама



Висяћи мост
 $h/L = 1/9$



Мост са косим затезама
 $h/L = 1/5$



Рани челични мостови са косим затегама



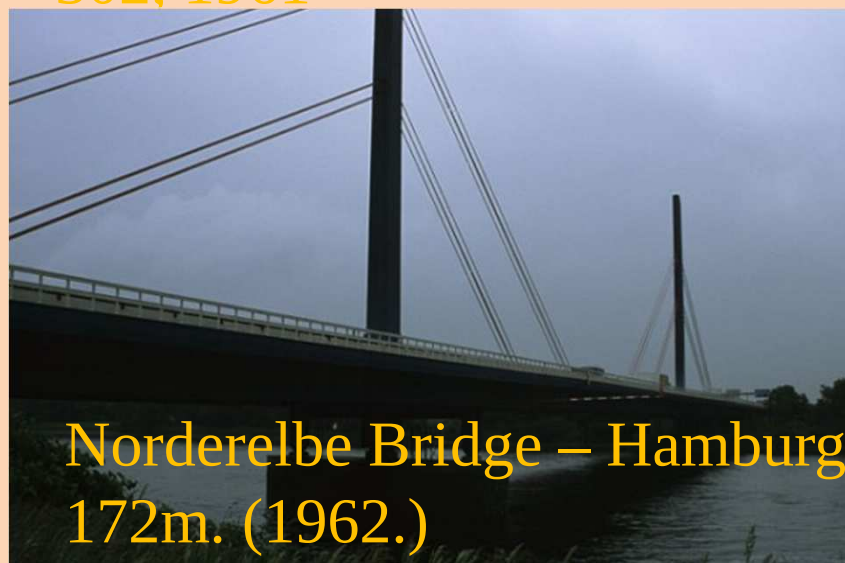
Strömsund Bridge, 182 m, 1955



Severins Bridge – Cologne,
302, 1961



Theodor Heuss Bridge –
Düsseldorf, 260, 1957

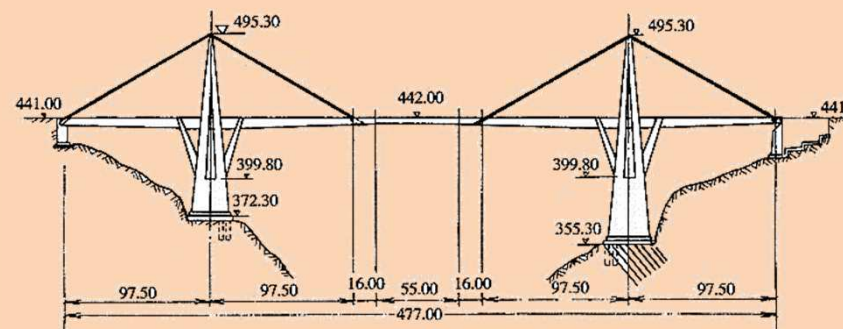
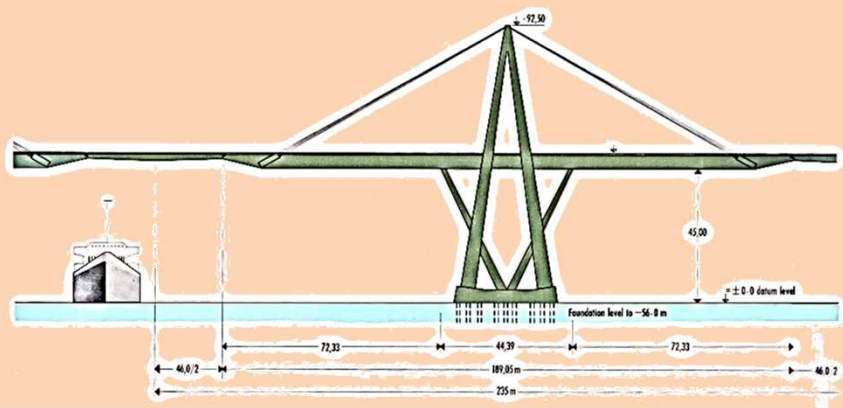


Norderelbe Bridge – Hamburg
172m. (1962.)

Riccardo Morandi (бетонска коловозна конструкција)



Maracaibo Bridge – Венецуела, 253,1962 Wadi Kuf 282 -1971 Либија



Бетонска коловозна конструкција - модерније форме



Coatzacoalcos мост, 1984, 288



Sunshine Skyway, 1987, 367



Alex Fraser 1986, 465



Skarnsundet bridge, 530, 1991.

Норвешка

У Србији

Нови железнички мост у
Београду, 254, 1977



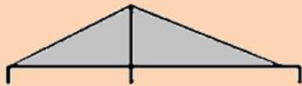
Мост слободе у Новом саду, 351,
1991-1999.



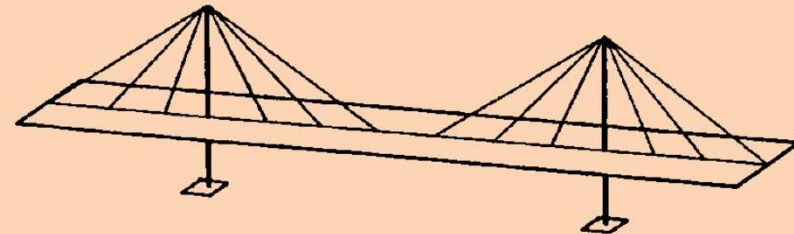
Мост на Ади, 375, 2012

Број пилона и равни затега

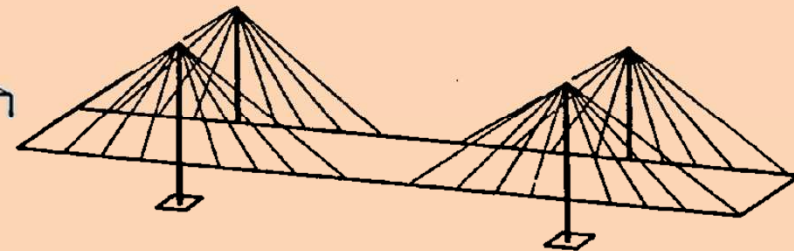
Један пилон



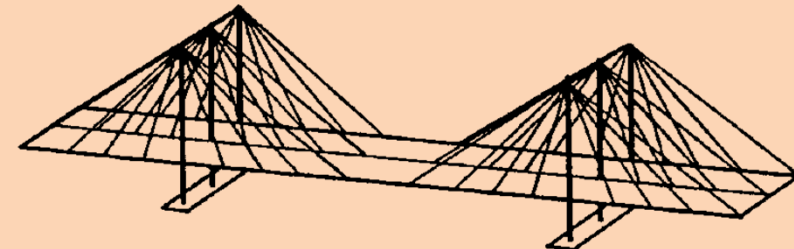
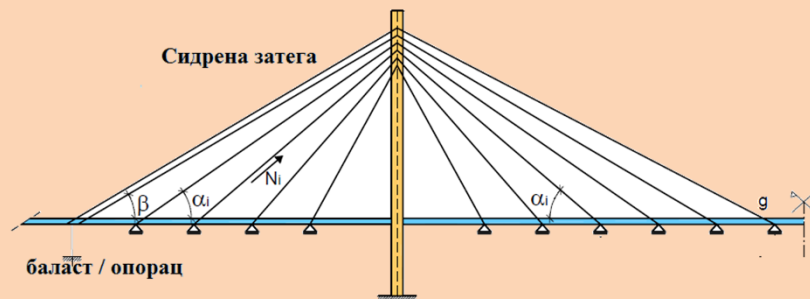
Два пилона



Више пилона

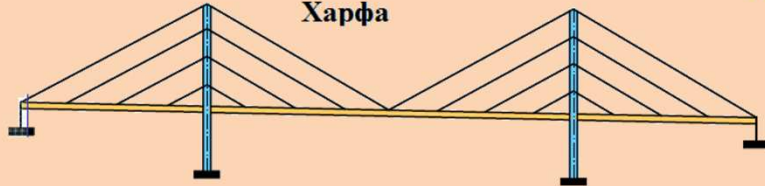


Сидрена затега

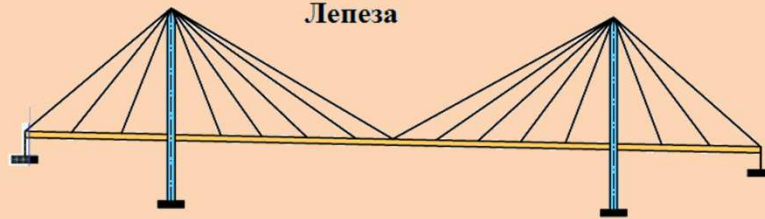


Распоред затега

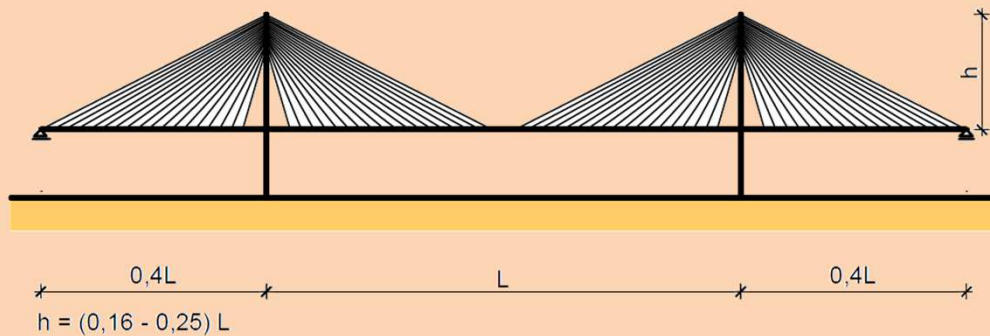
Харфа



Лепеза

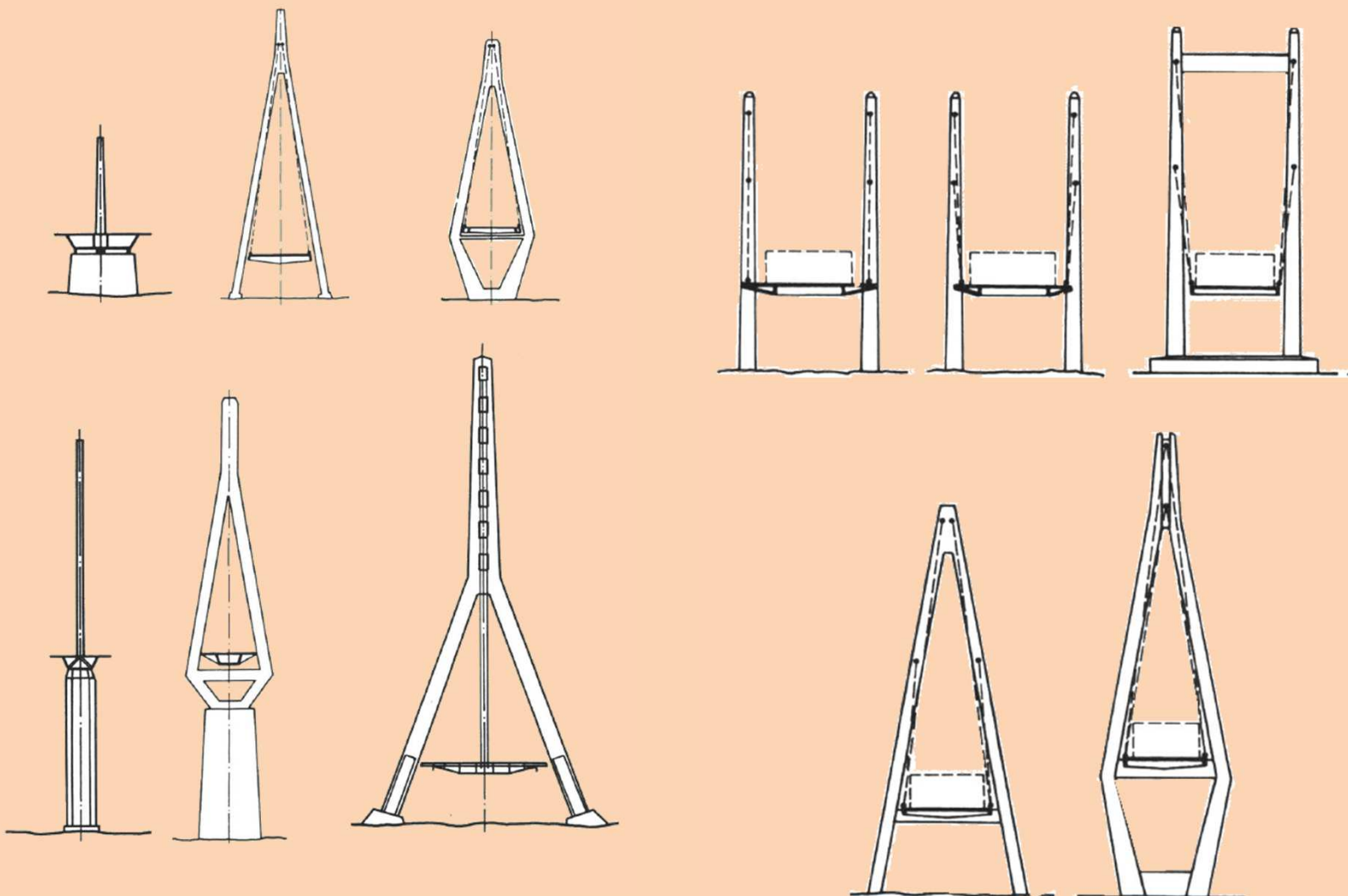


Квазилепеза

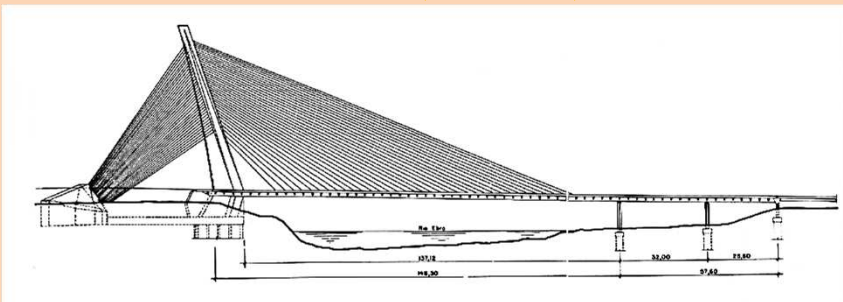


- Харфа:
 - Естетски прихватљивије(?)
 - Прикључци затега под истим углом олакшавају извођење
 - Повећана стабилност пилона
 - Више затега, веће силе притиска у греди и већи моменти у пилону
 - Силе у затегама уједначене
- Лепеза:
 - све се затеге сидре у врху пилона, што ствара проблеме код усидрења
- Квазилепеза:
 - економична,
 - најћешћа примена
- Као опште правило, најдужи каблови не треба постављати под углом са хоризонталним положајем мање од $21^\circ - 23^\circ$, како би били ефикасни при преносу вертикалног оптерећења. То значи да је однос висине пилона изнад коловозне конструкције типично $1:5$ дужине главног распона. Ако су пилони нижи прелазе у такозване привидне мостове са косим затегама.

Обликовање пилона



Коси пилони



Број и размак затега

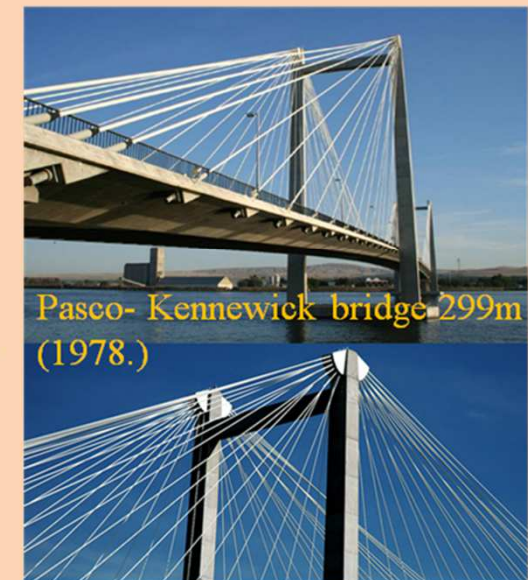
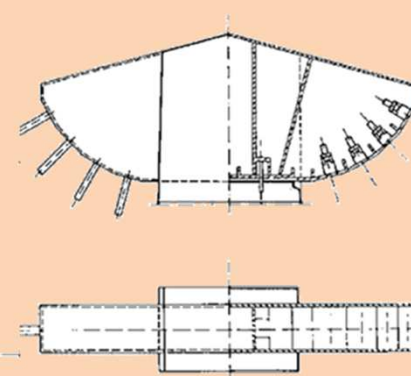
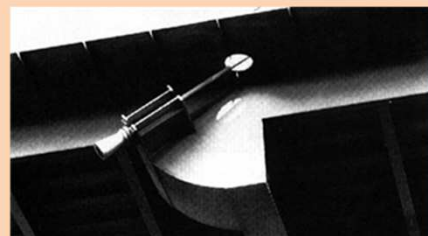
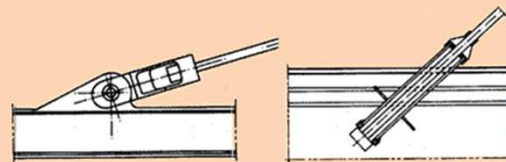
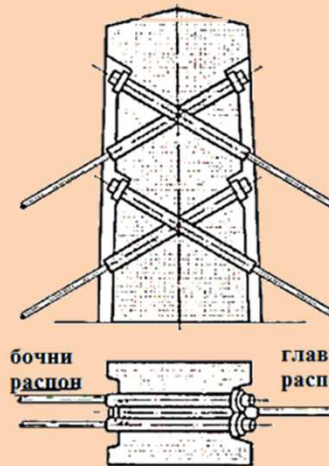
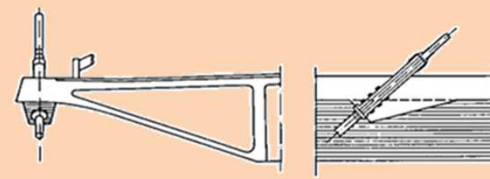
Рани

- 2 до 6 редова затега у средњем распону
- Међуразмаци затега 30 до 70 m
- Захтева круту греду
- Висина греде према распону
 $h/L \geq 1/70$
- Отежано сидрење затега (велике силе)
- Извођење уз помоћне конструкције

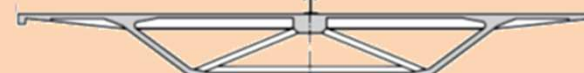
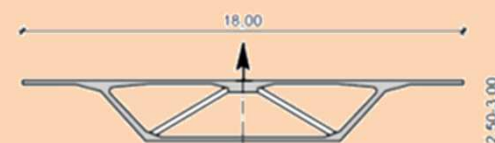
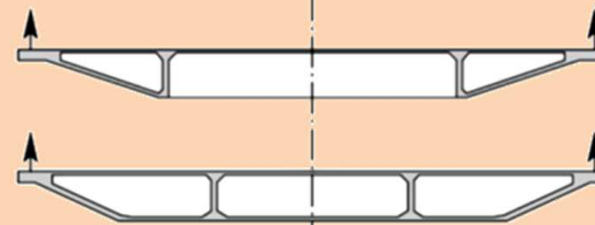
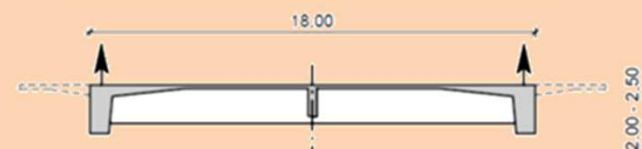
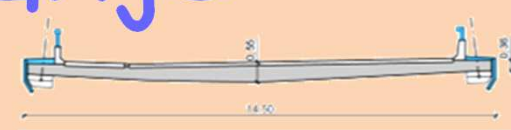
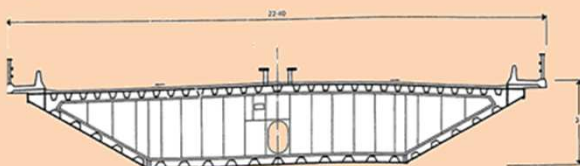
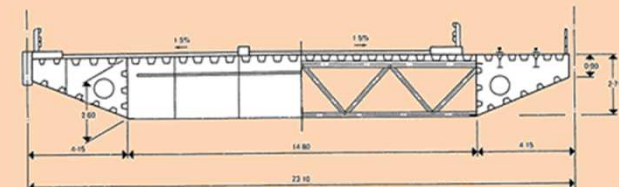
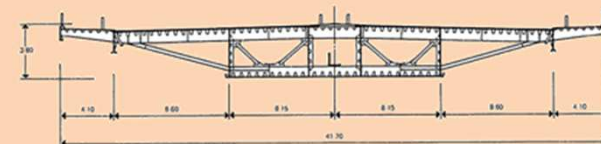
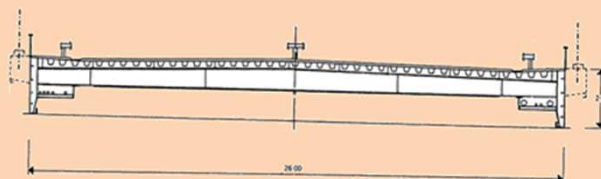
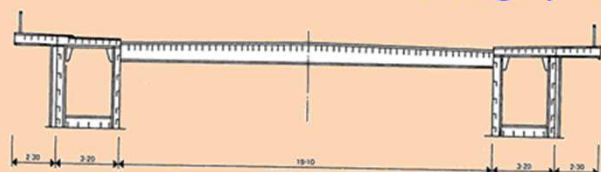
Савремени

- Међуразмаци затега 5-15 m (бетонске греде), 10-20 m (челичне греде)
- Висина греде према распону
 $h/L \geq 1/150-1/400$
- Мање концентрисане силе на местима сидрења и мањи моменти
- Једноставно извођење сукцесивном монтажом уз додавање затега

Затеге и сидрење

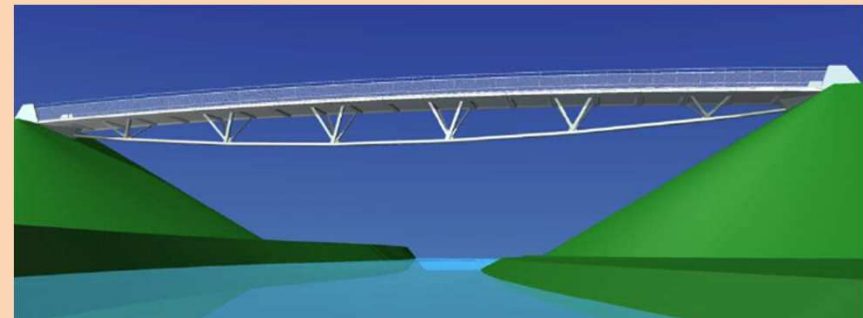


Пресеци коловозне конструкције

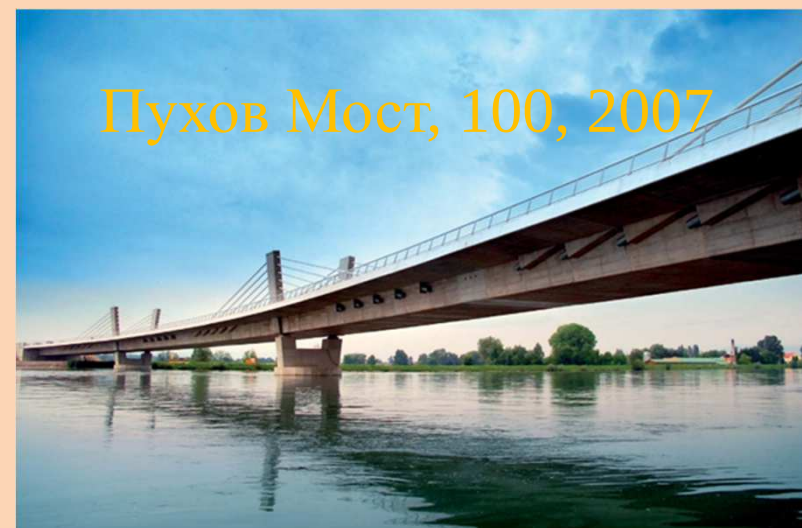
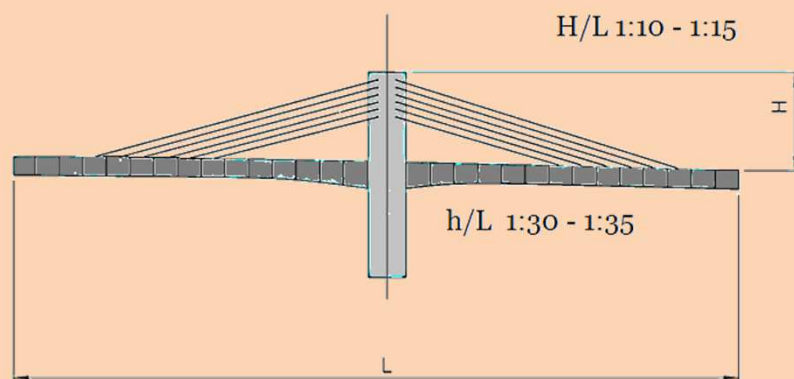


Остали специјални системи

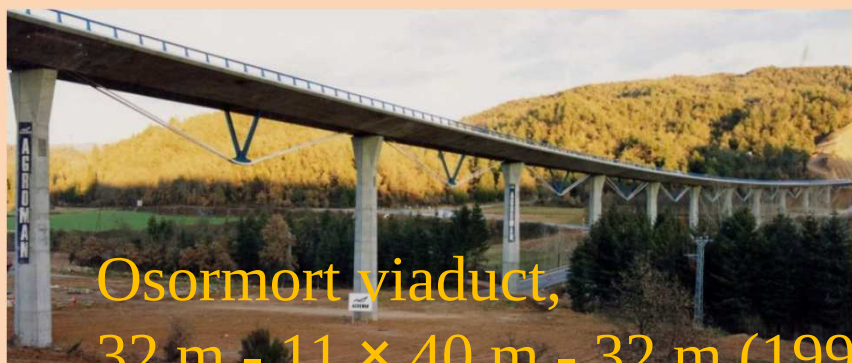
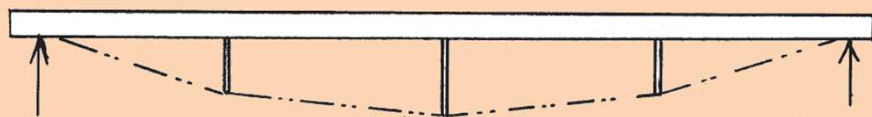
- Extradosed Bridges
(“привидни” мостови
са косим затегама)
- Under deck (подупрти
кабловима –
двопојасни)
- Stress ribbon
(ланчаница)



Примери привидних мостови са косим затедама



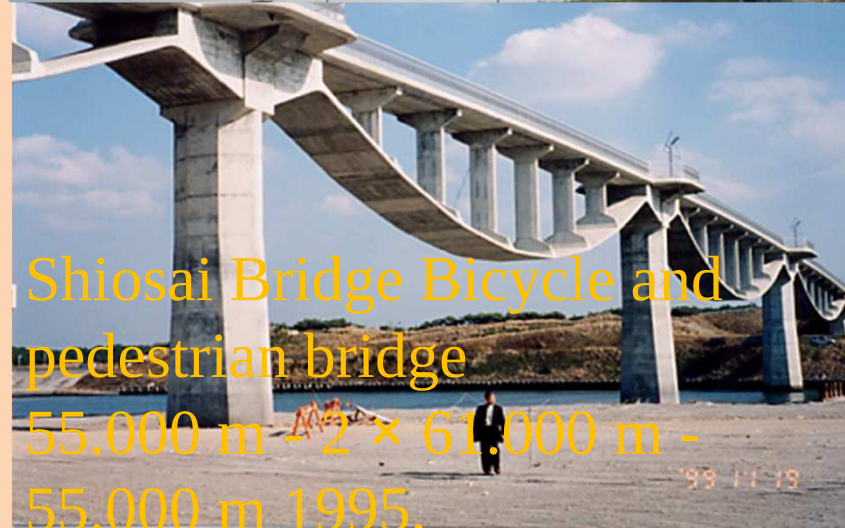
Примери мостови подупртих кабловима



Osormort viaduct,
32 m - 11 × 40 m - 32 m (1994.)



Kirchheim overpass,
18 - 34 - 18 m (1992.)



Shiosai Bridge Bicycle and
pedestrian bridge
55.000 m - 2 × 61.000 m -
55.000 m 1995.

Комбиновани систем



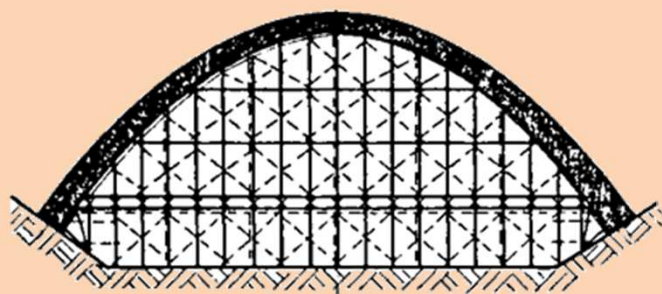
Ланчанице - stress ribbon bridge



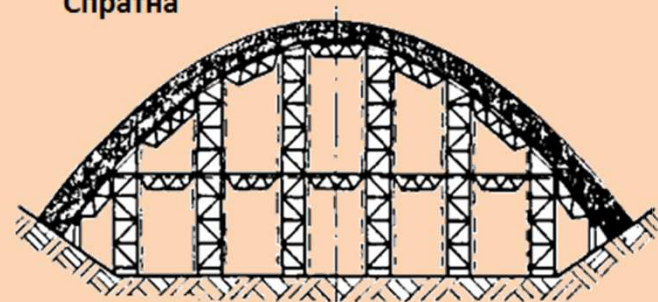
Малдонадо, Уругвај
30 m - 90 m - 30 m
(1965./2000)

ИЗВОЂЕЊЕ МОСТОВА

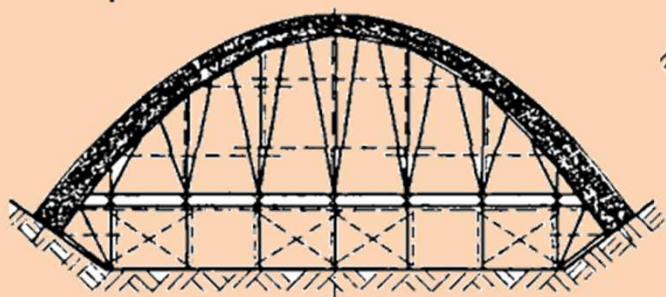
Непокретне скеле за лучне мостове



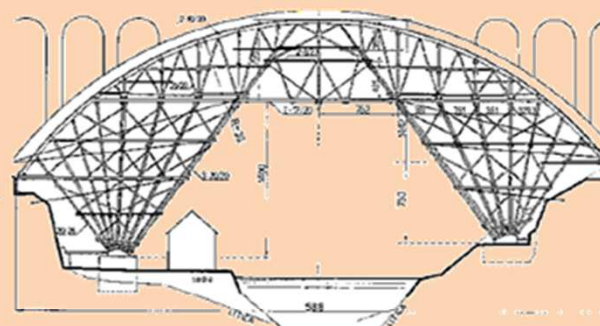
Спратна



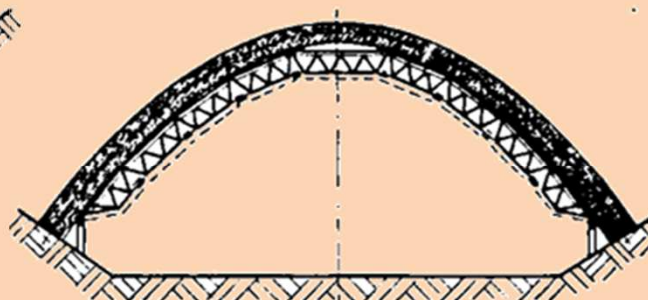
Јармови



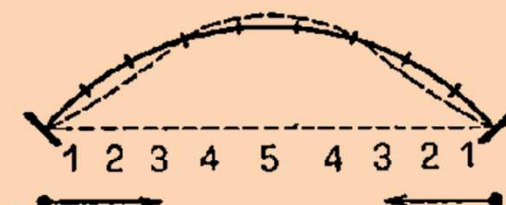
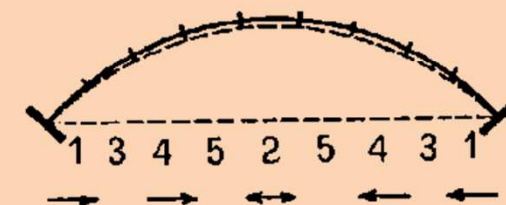
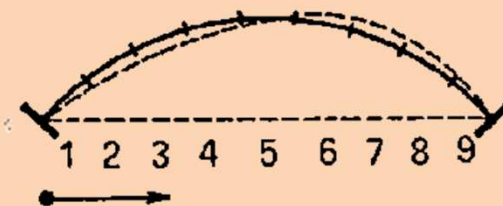
Трапезна
Др Снежана Машовић



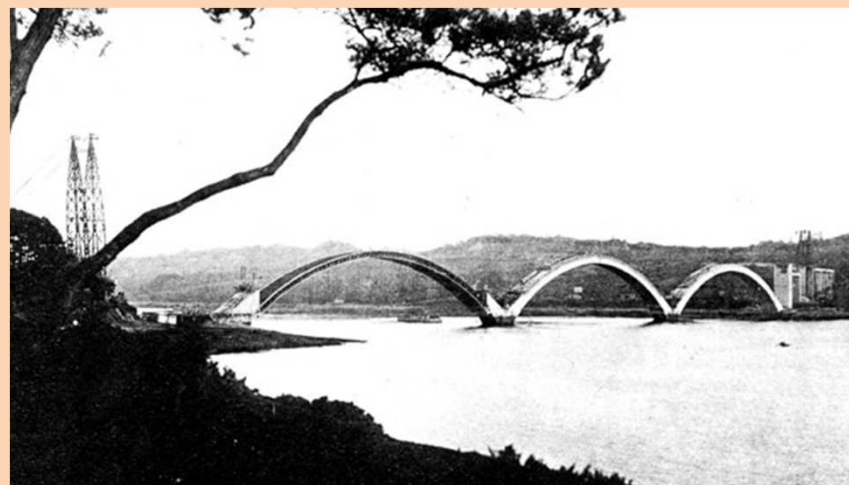
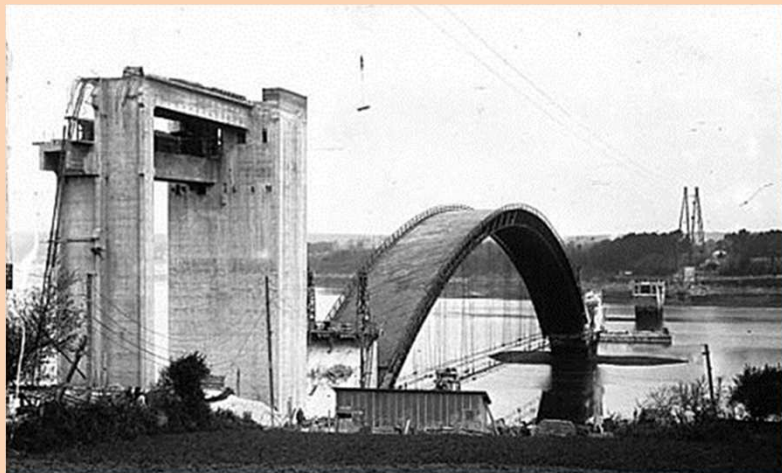
Лепезаста



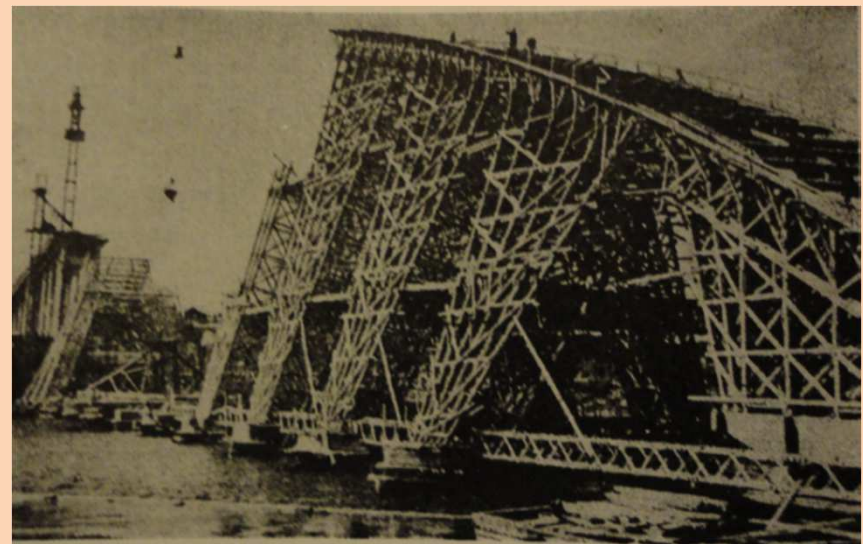
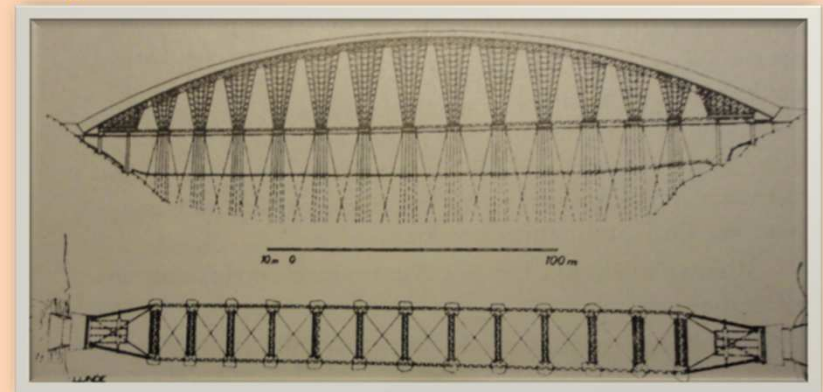
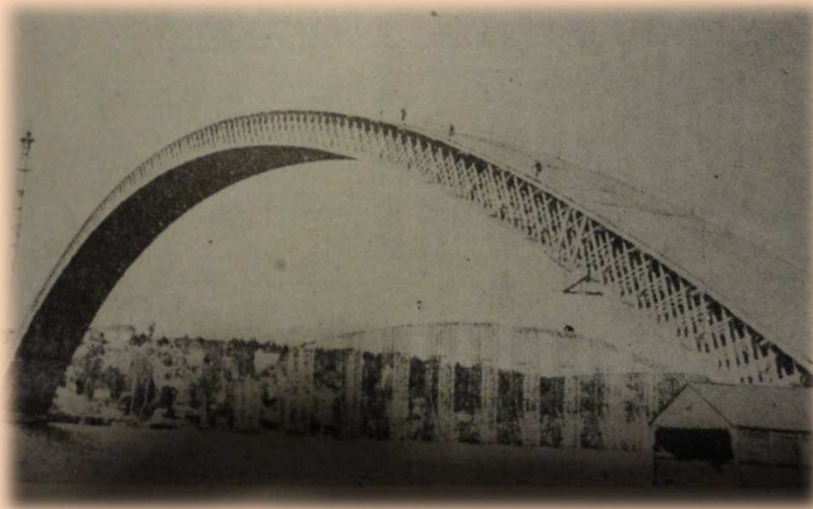
Слободно-носећа



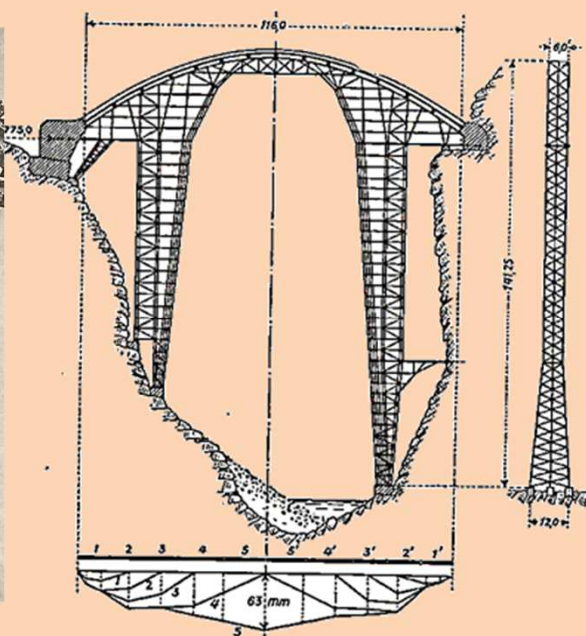
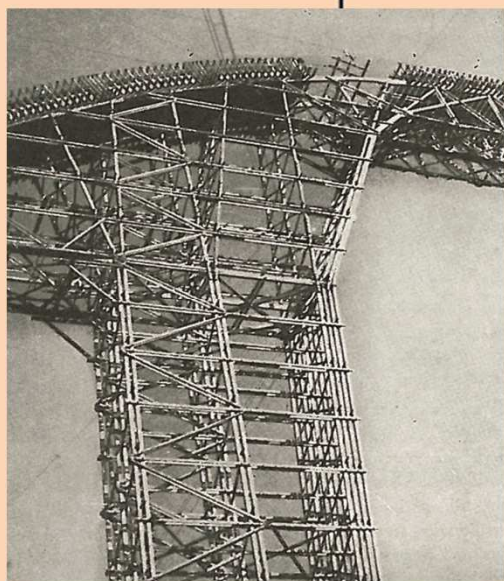
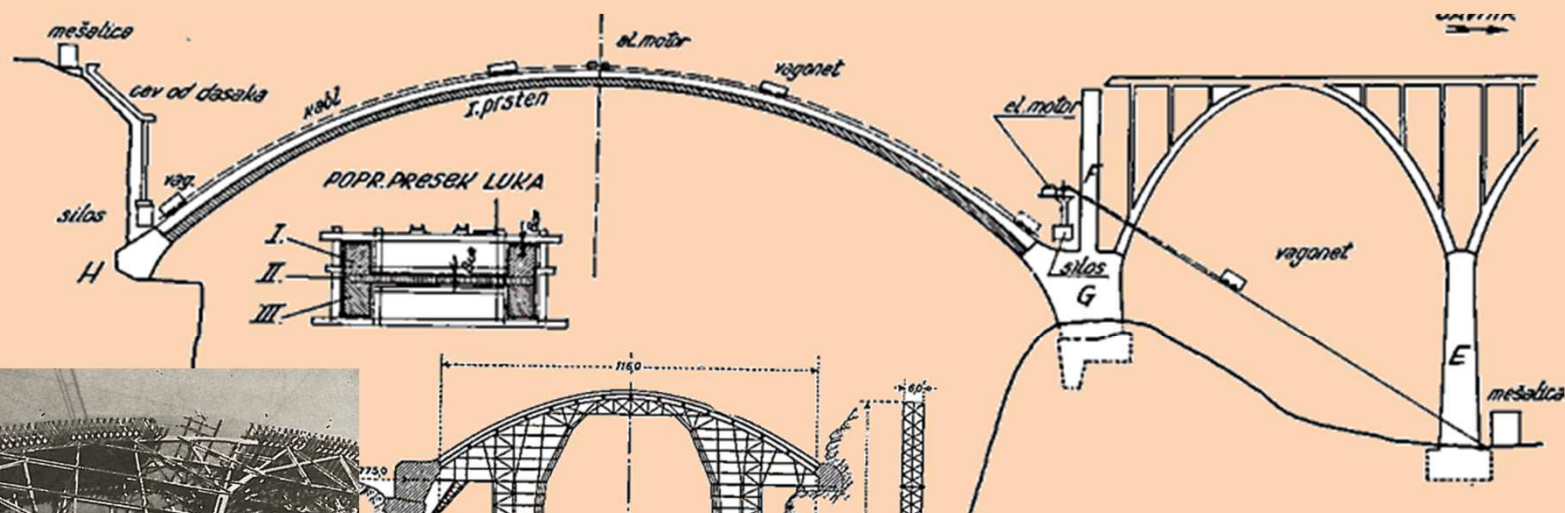
Мост Albert Louppe пројектант Eugene Freyssinet, Plougastel (1926-1930)



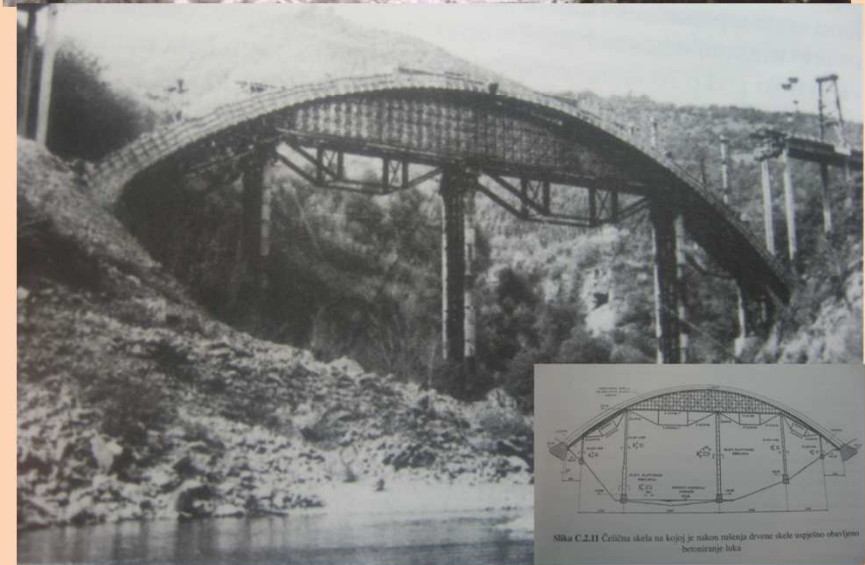
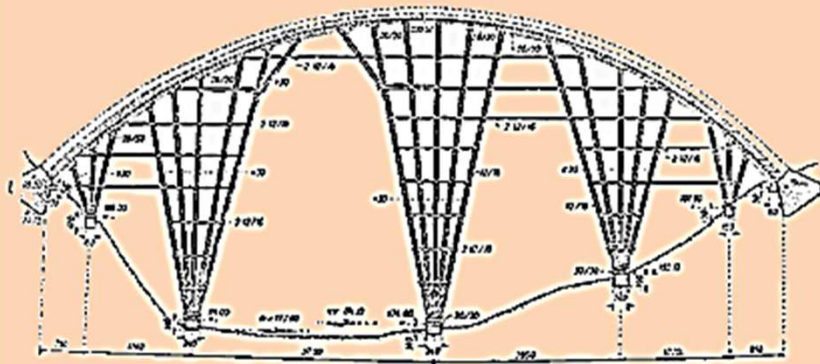
Мост Sando (Шветска 1939-1943)



Мост на Ђурђевића Тари 116m (М. Trojanović) 1938-1940



Мост Пјенавац (1962 - несрећа)



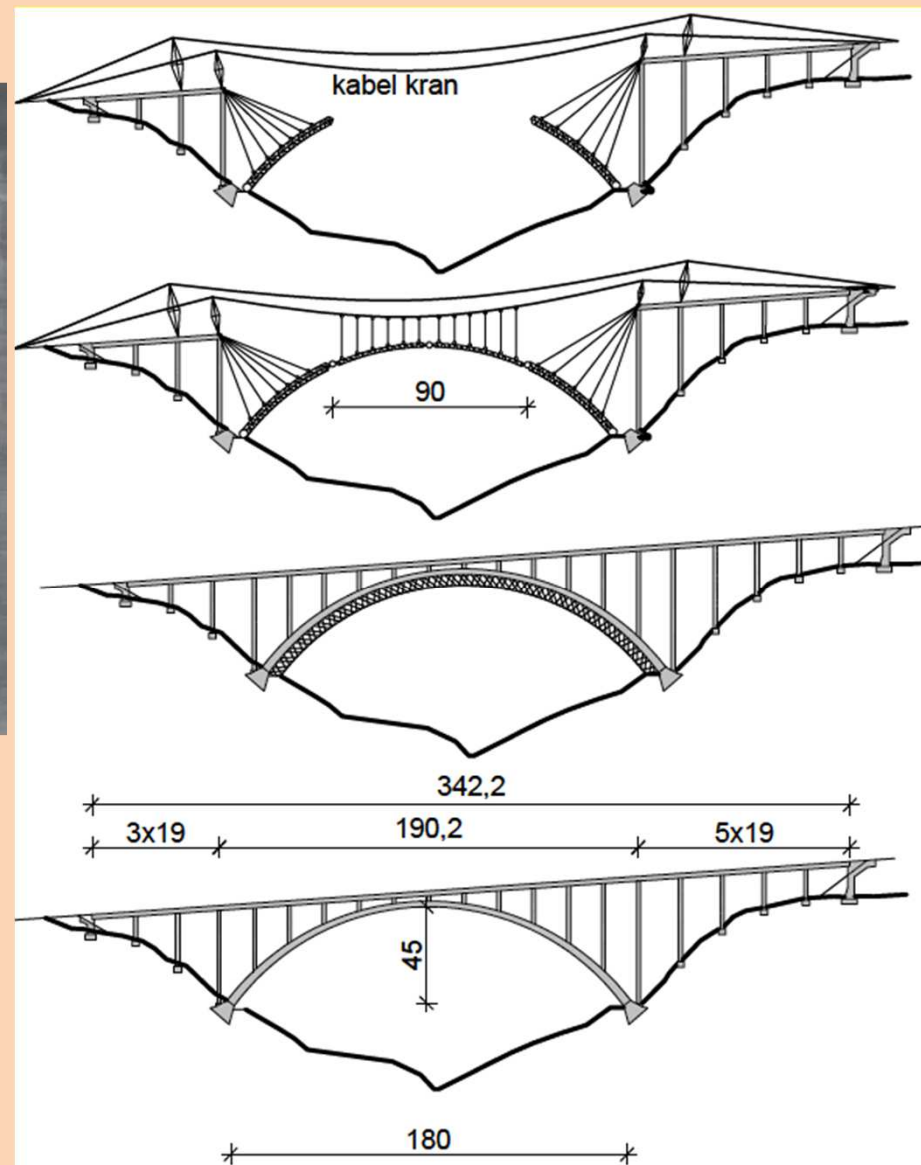
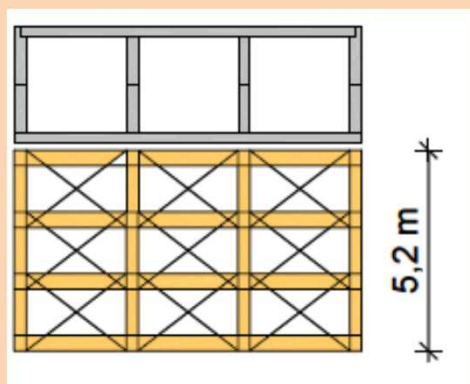
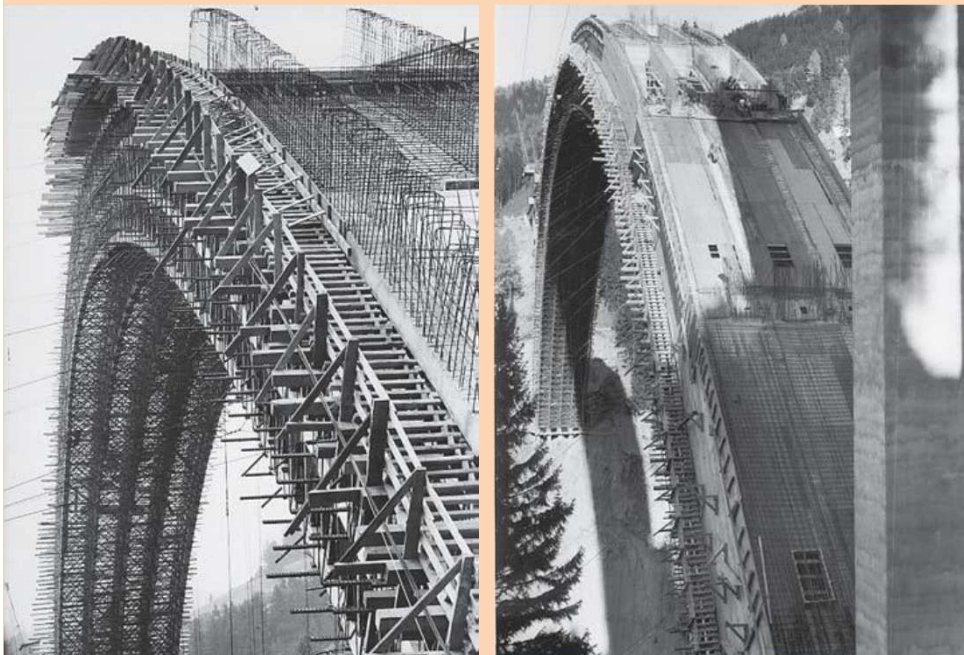
Слободно носећа скела - МОНТАЖА



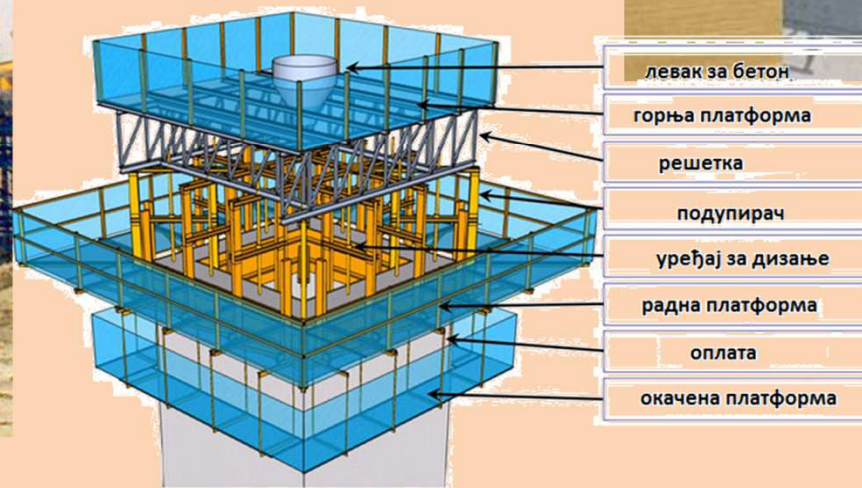
Мост преко Дунава у Новом Саду (1957-1961)



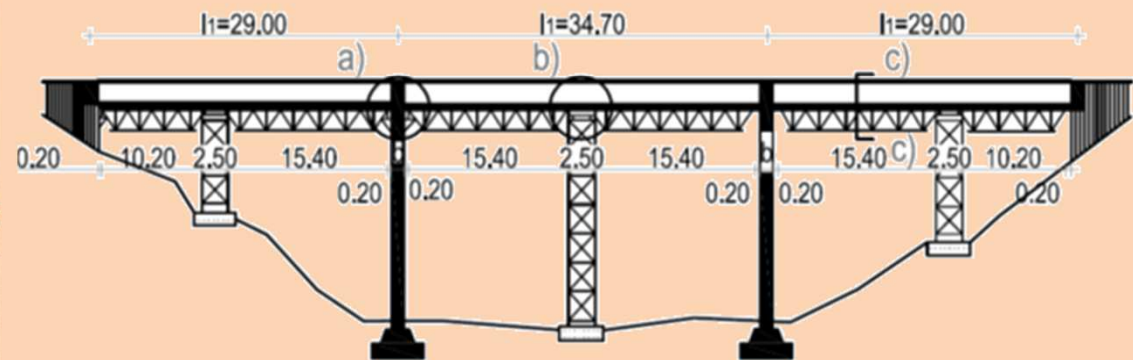
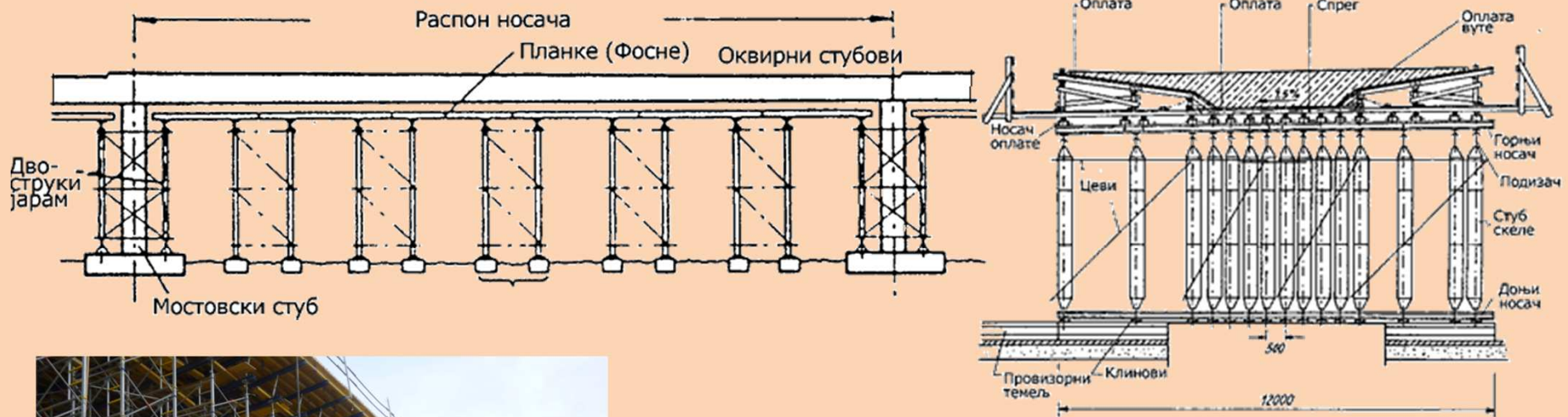
Монтажа лучне скеле Cruciani - Nosslachbrücke 1967



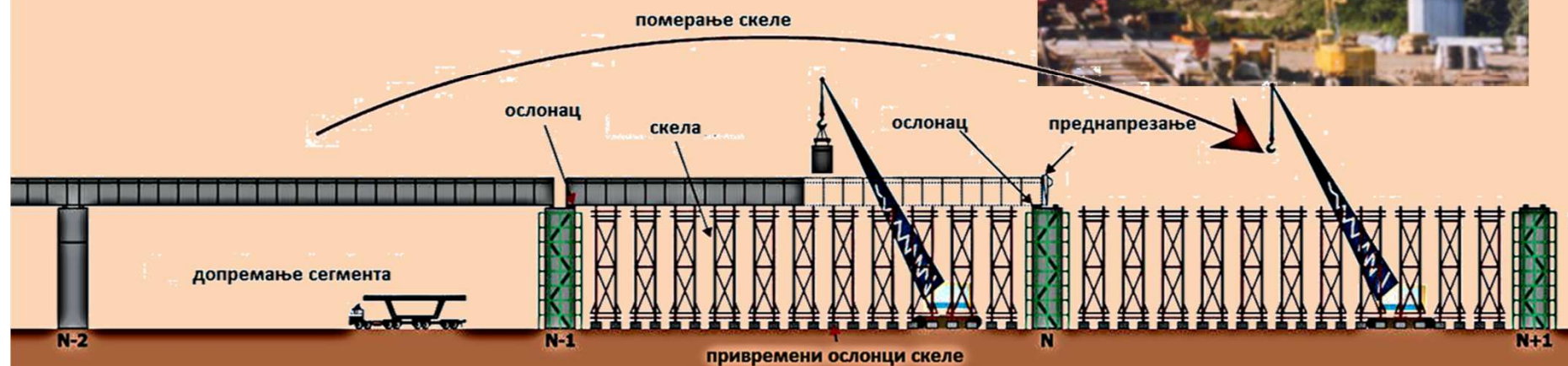
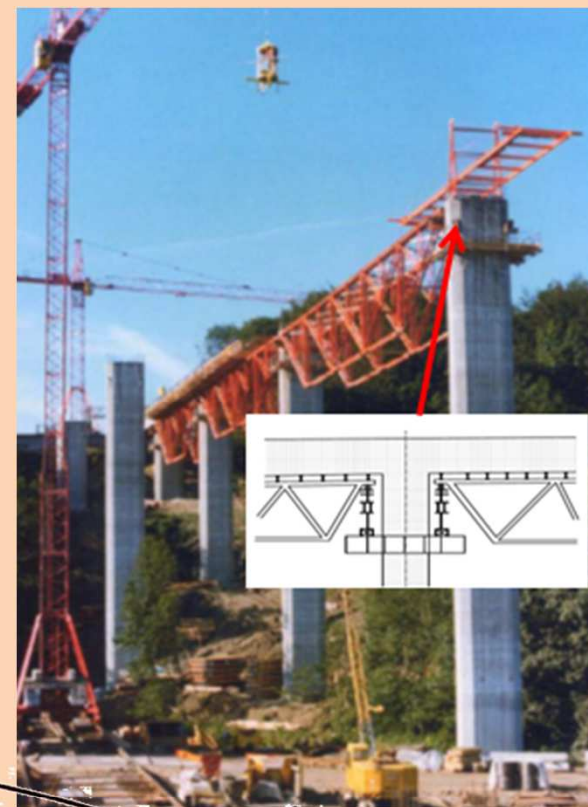
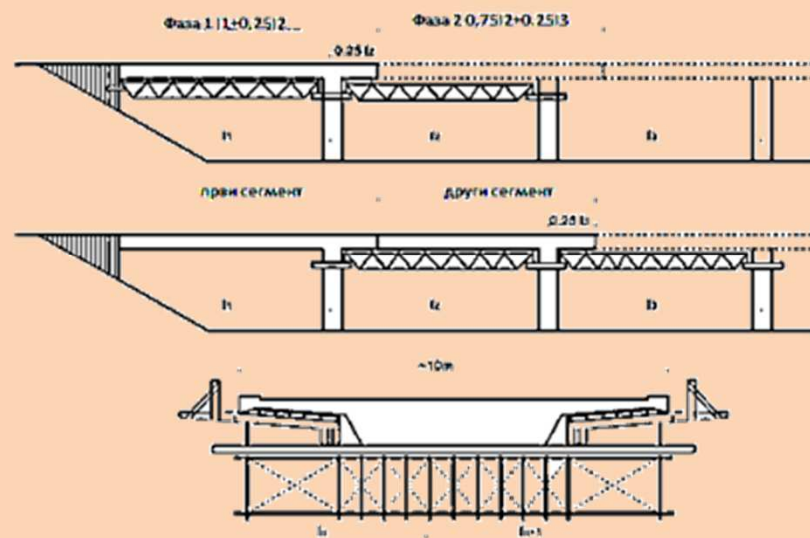
Извођење стубова секторска и клизна оплата



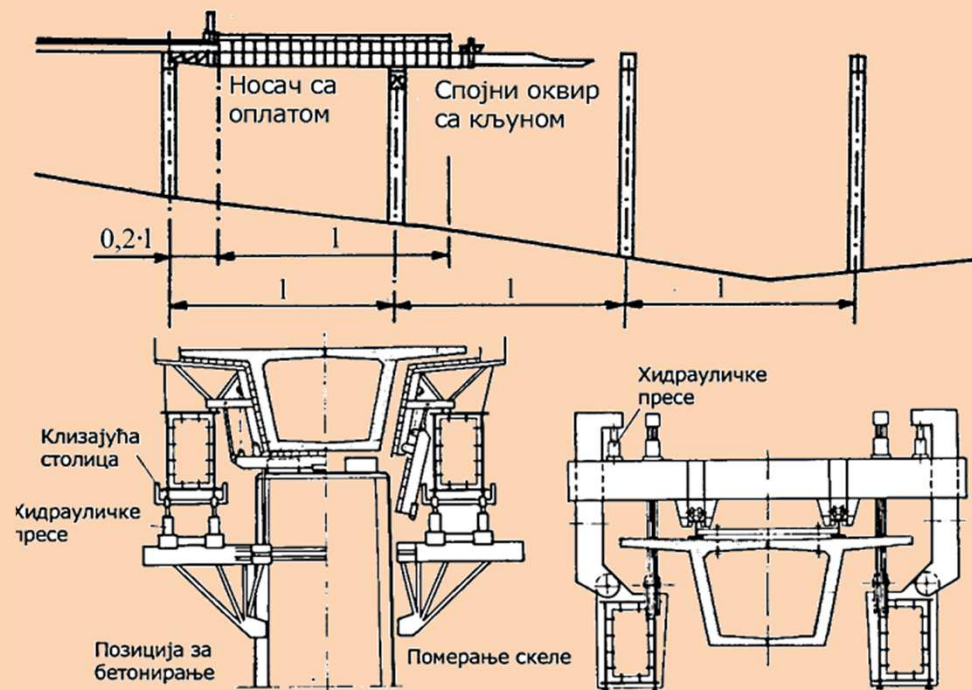
Непокретна скела за гредне и рамовске системе



Секторске скеле или делимичне скеле

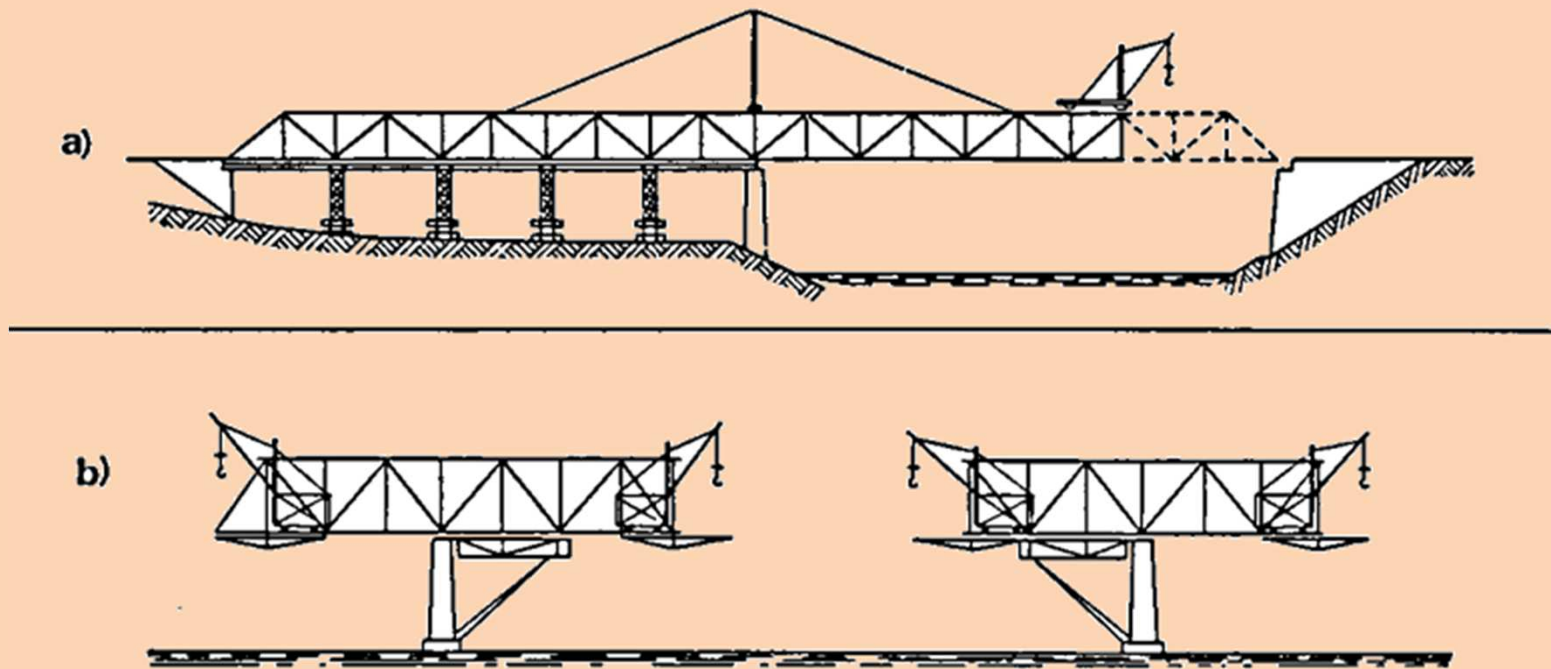


Покретне скеле

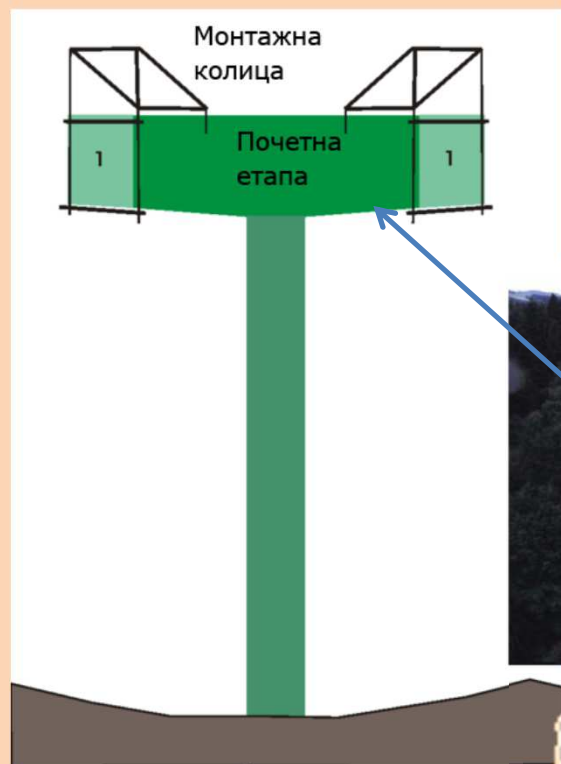


Извођење поље по поље

Слободна изградња / монтажа Решеткасти челични мостови

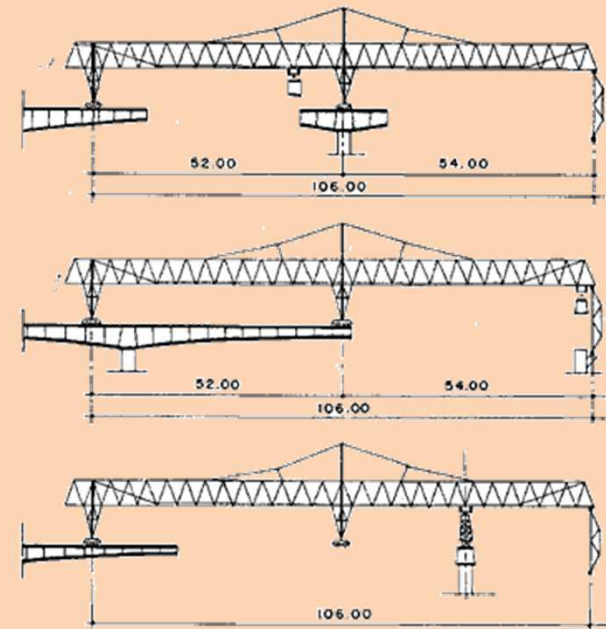
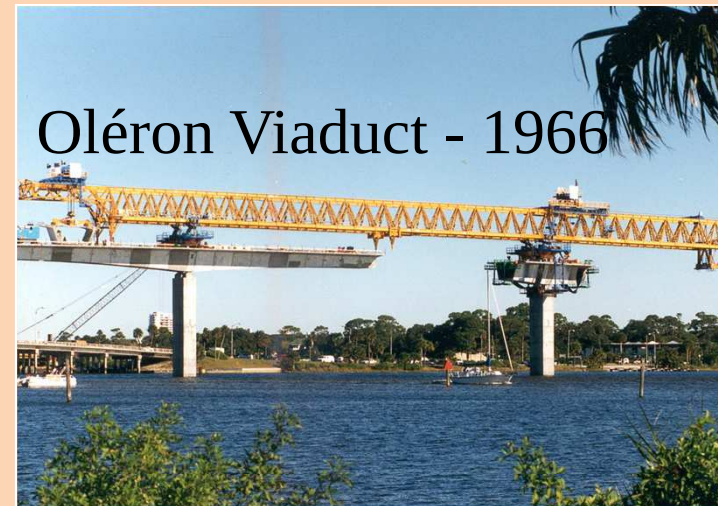


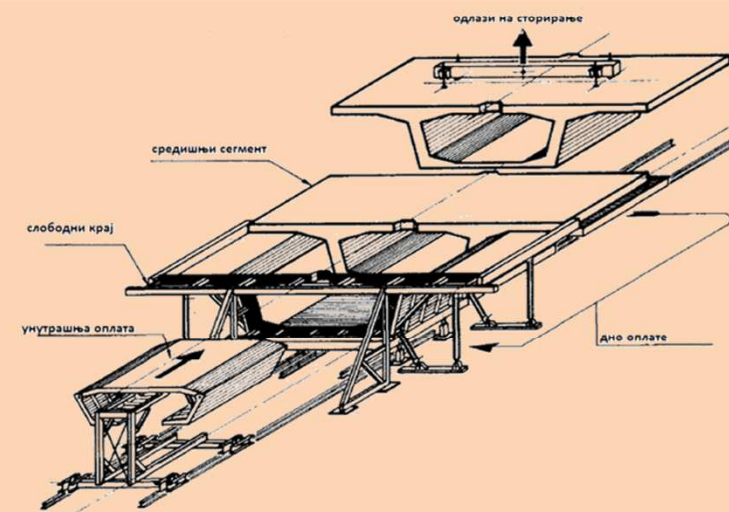
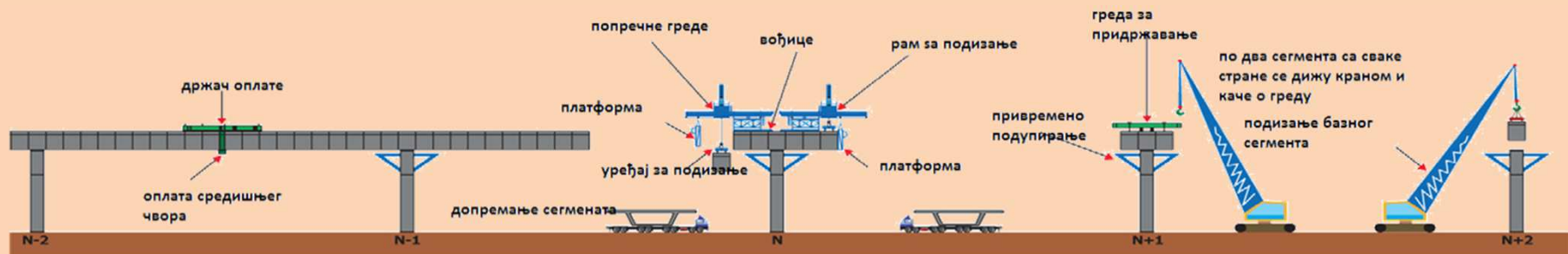
Принцип конзолоног извођења



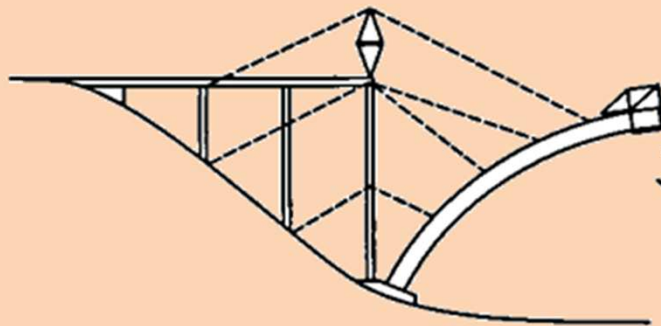
Сегментни мостови

- По угледу на челик
- Контрола квалитета
- Високи инвестициони трошкови
- Економични код дугачких мостова
- Врло популаран начин изградње

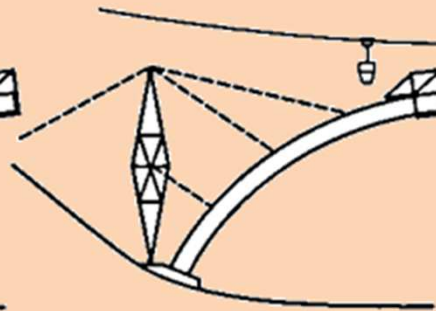




Конзолно извођење бетонских лукова



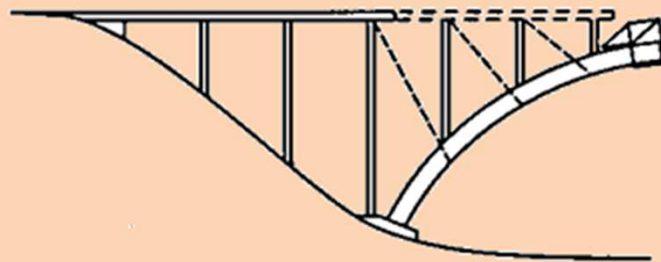
а) Обешен на прилазни мост



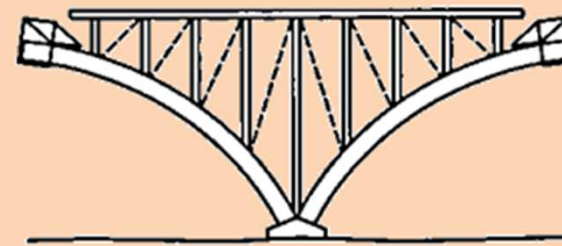
б) Са помоћним пилоном



с) Са помоћним стубом

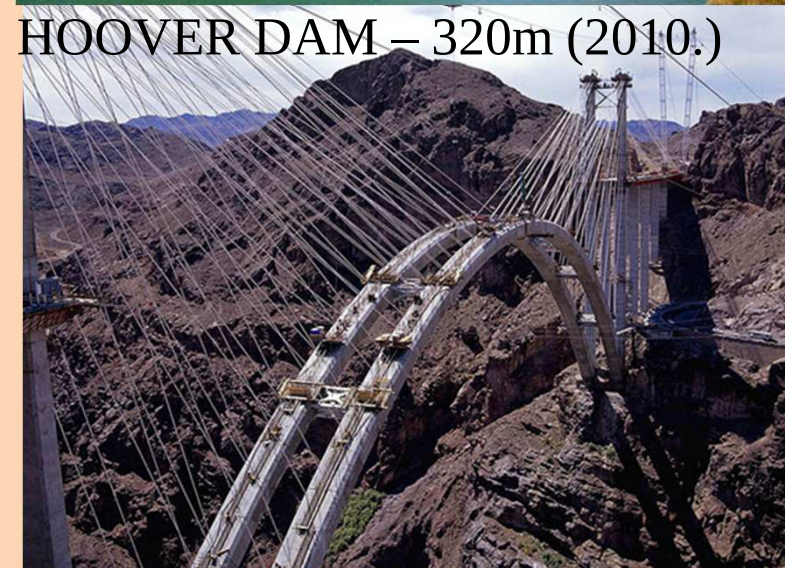
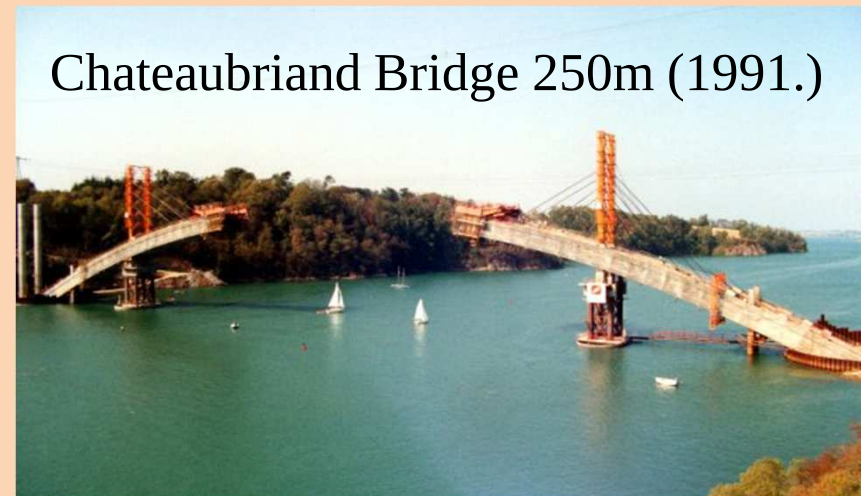
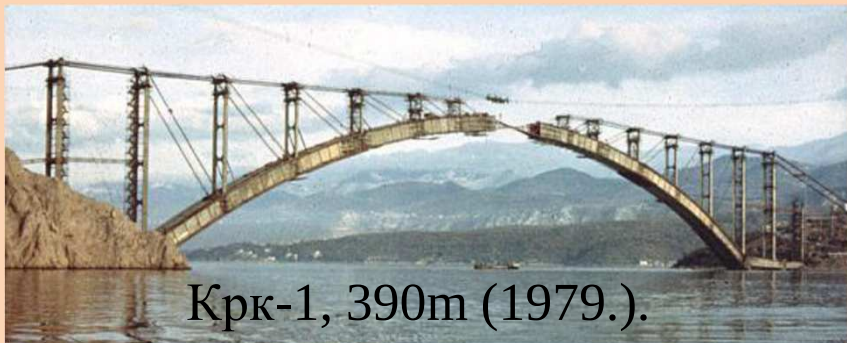


д) Монтажа са дијагоналама

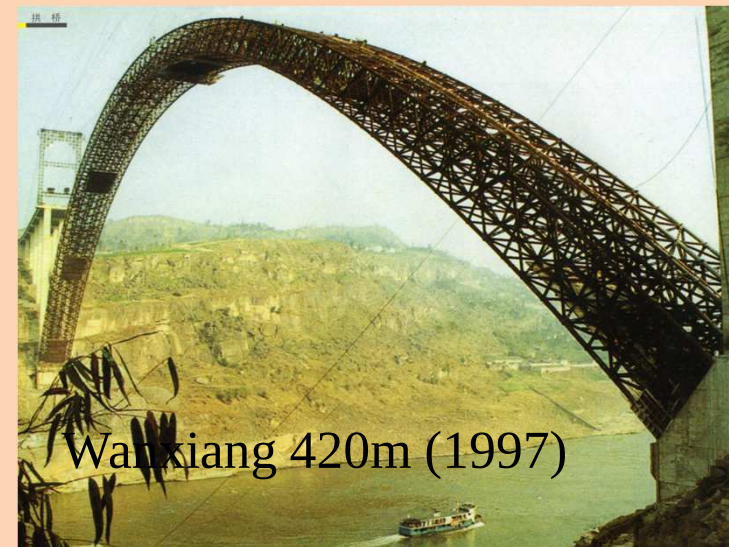


е) Избалансирана решетка

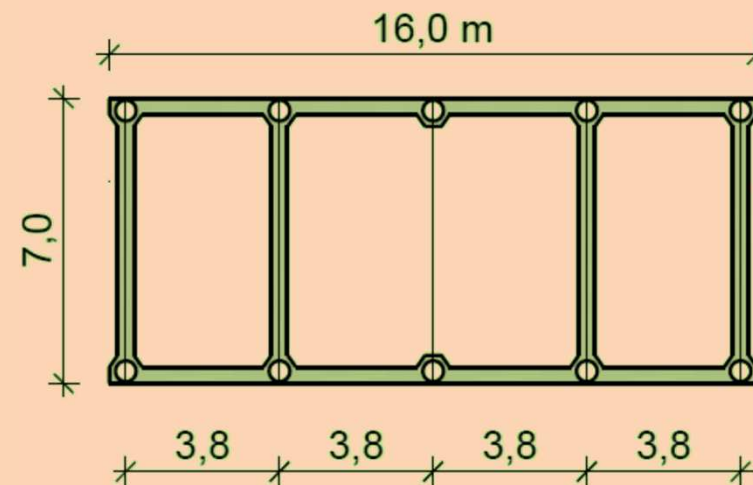
Примери



Примери



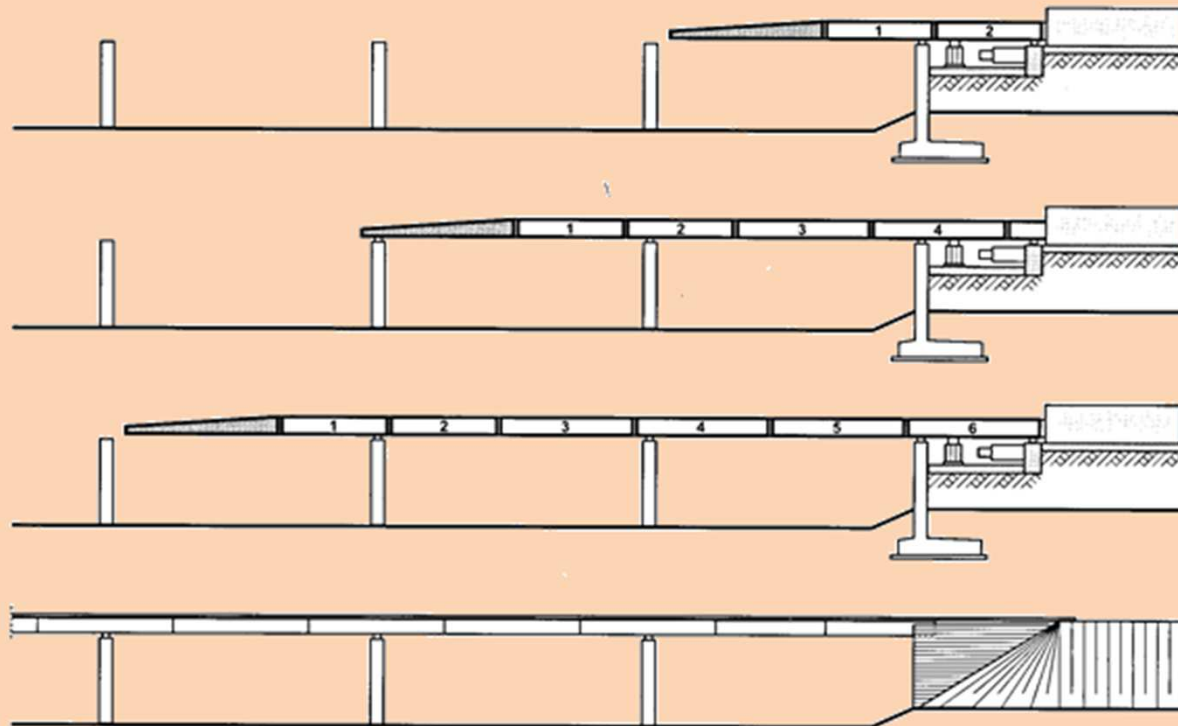
INFANTE DOM HENRIQUE 280m
(2000.)



Монтажа подужних носача читавог распона

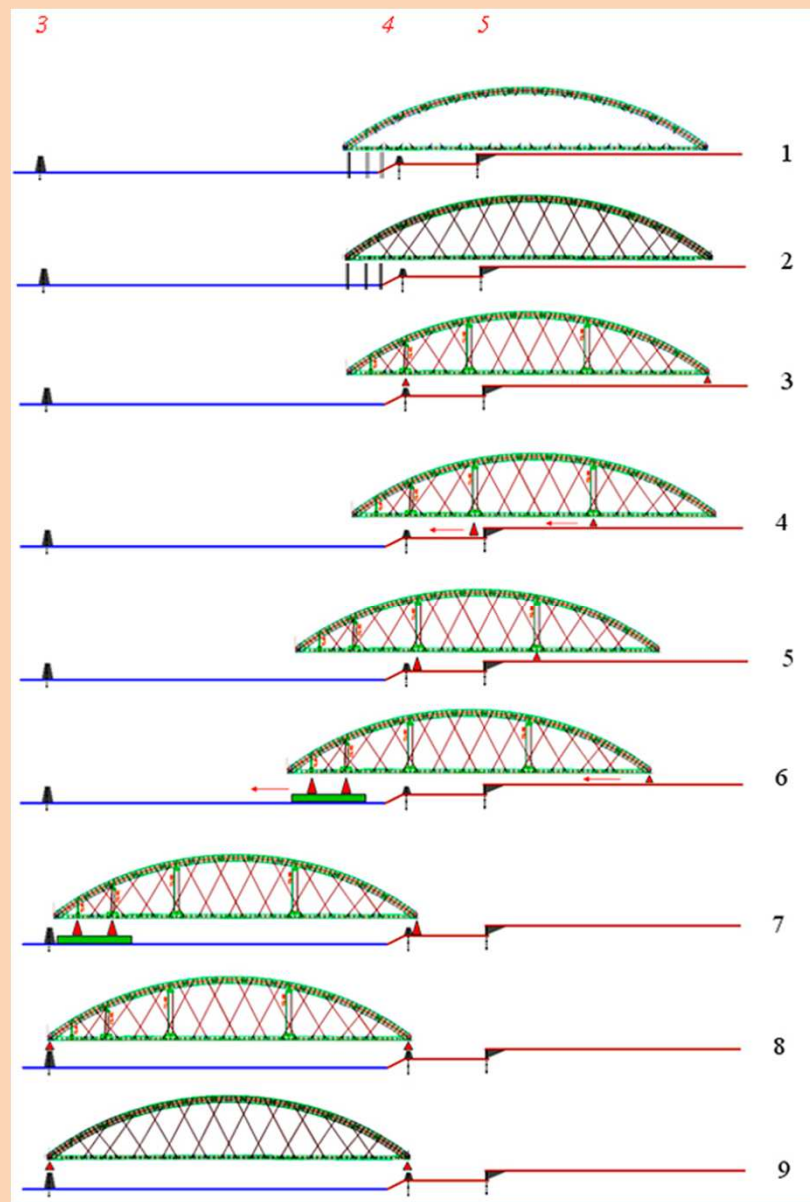


Подужно потискивање / превлачење

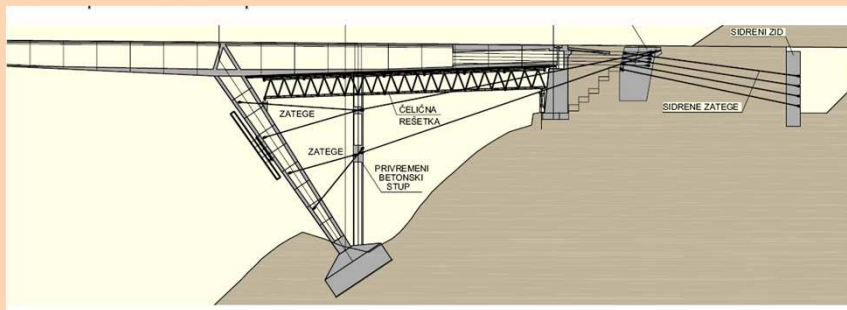


- Конструкција се монтира / бетонира на једном месту и превлачи се у свој крајњи положај
- Погодно за мостове у правцу и у константној хоризонталној кривини
- Сви пресеци морају да приме и негативне и позитивне моменте
- Већу утрошак материјала

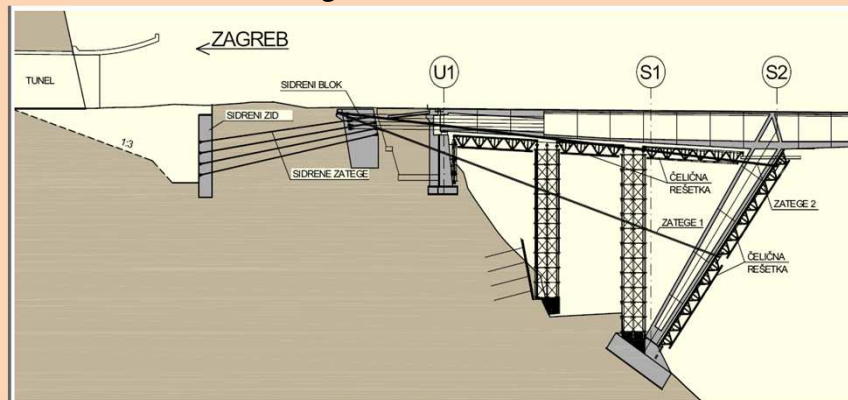




Извођење рамовских система подупирала



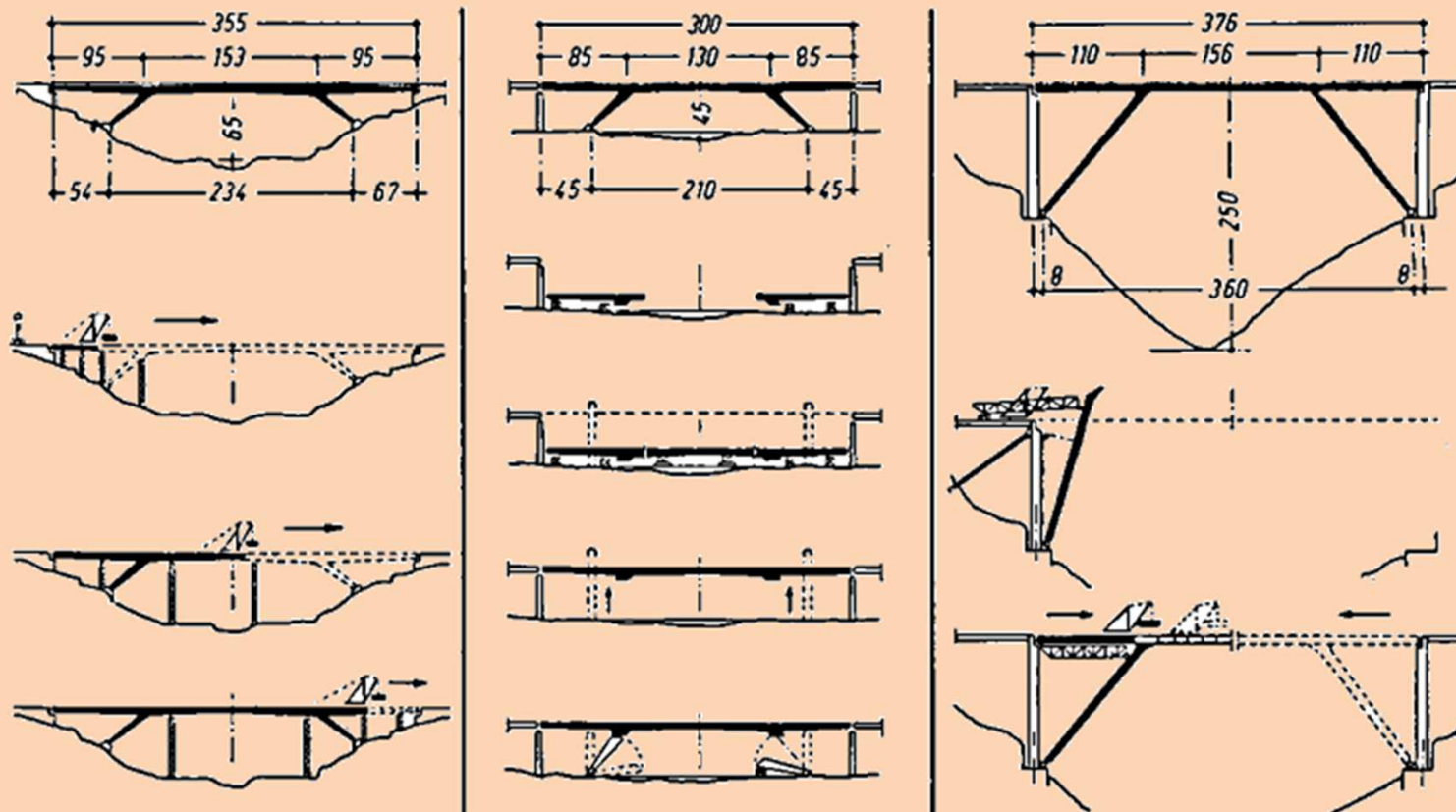
Ријечина



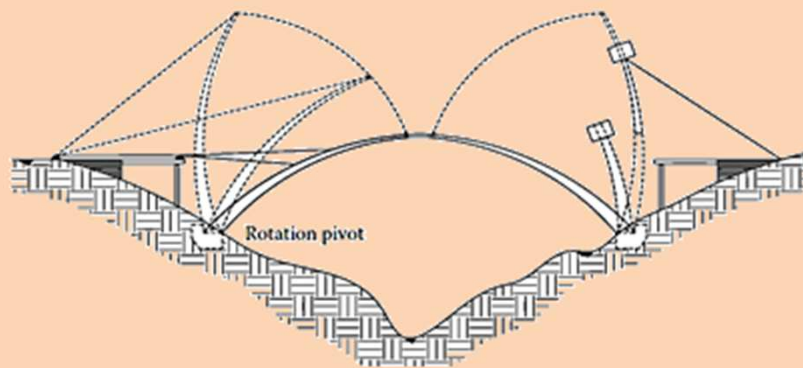
Гарабит



Монтажа подупирала у челику



Ротација полу лукова око хоризонталне осе



Yajisha Bridge 360 m (1999.)

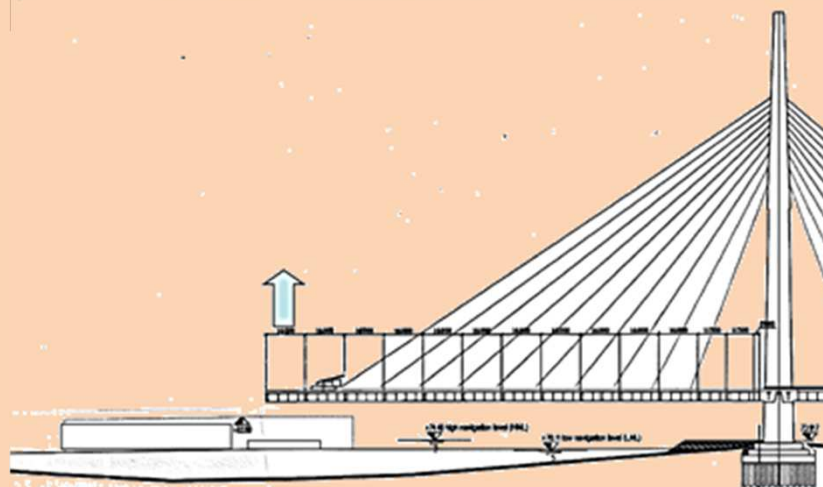


Др Снежана Машовић

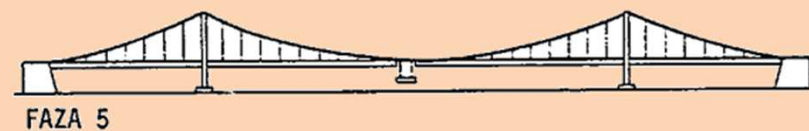
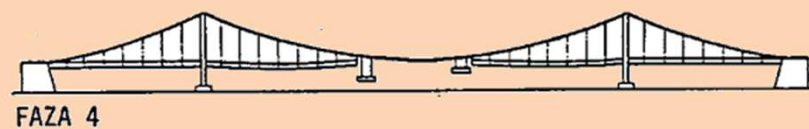


Школска 2018/19

Конзолно извођење мостова са косим затегама



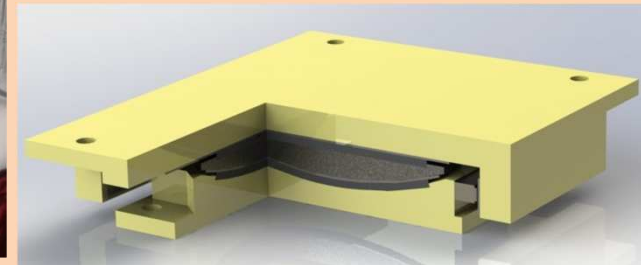
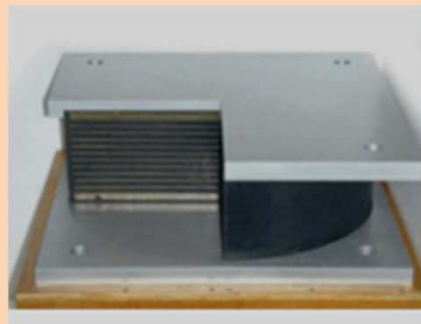
Извођење висућних мостова



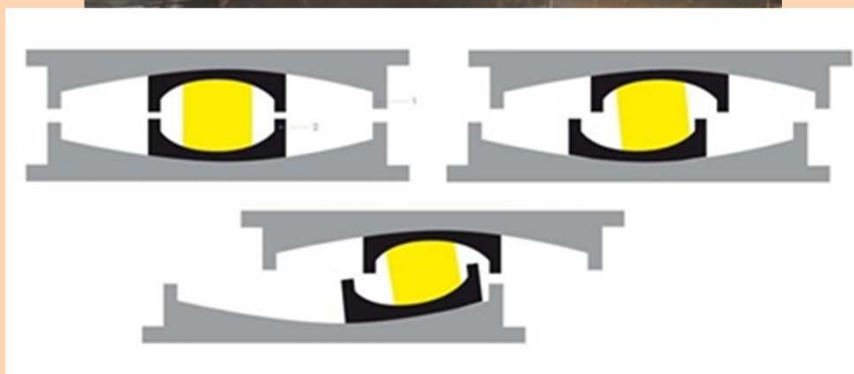
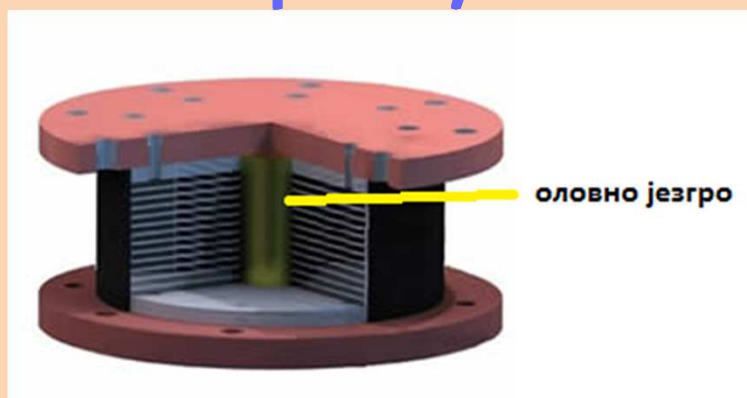
ОПРЕМА МОСТОВА

Типови лежишта

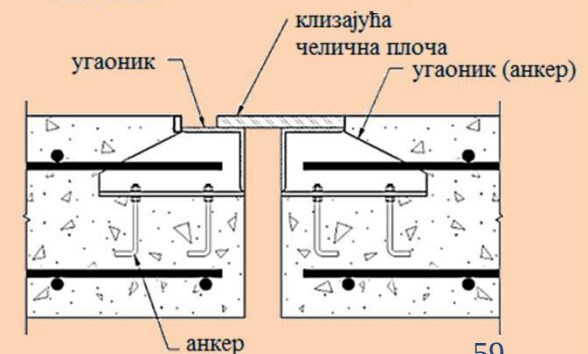
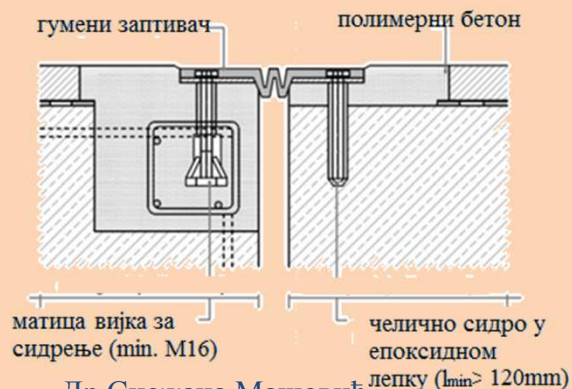
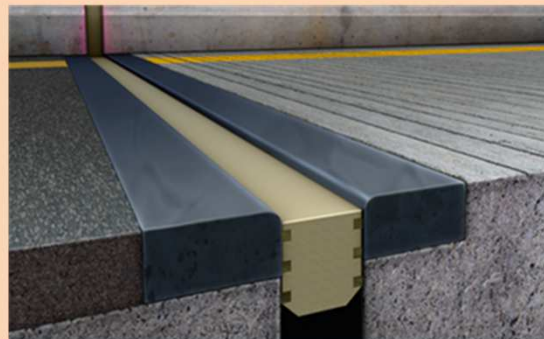
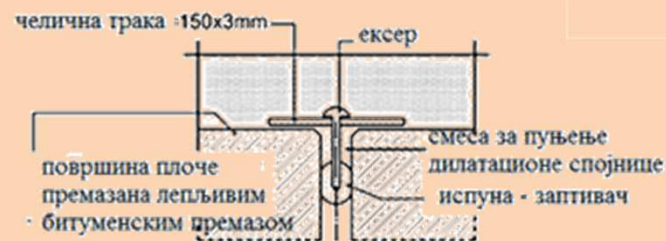
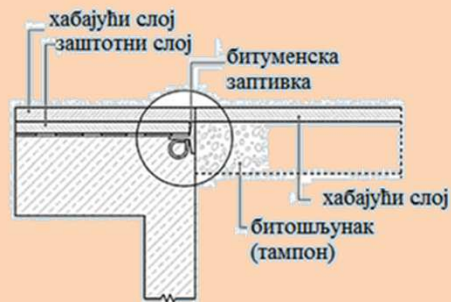
- Челична лежишта
- Еластомерна лежишта
- Лончаста лежишта
- Сферна лежишта



Специјална лежишта (сеизмички изолатори) и пригушивачи (абсорбери)



Типови дилатационих справа за мања померања



Др Снежана Машовић

Школска 2018/19

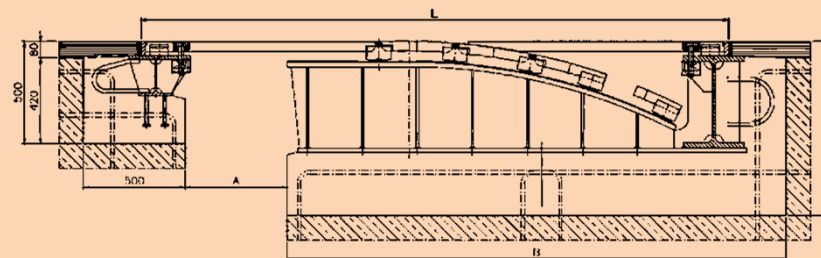
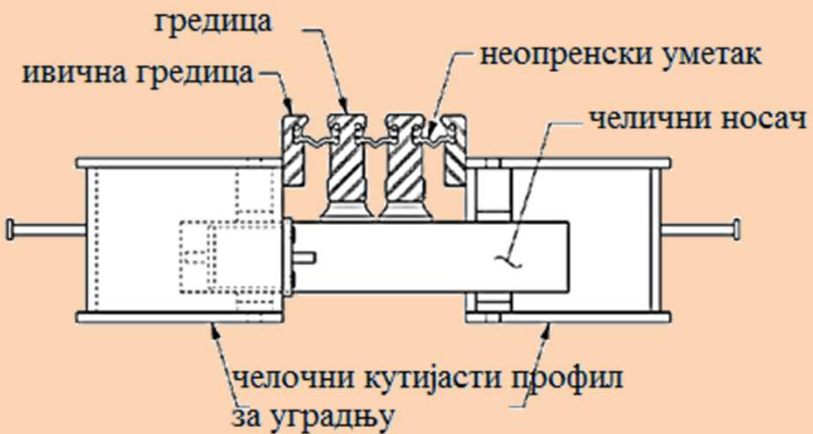
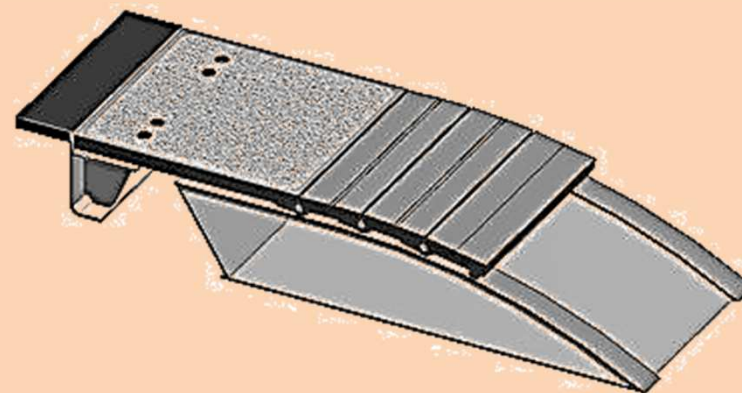
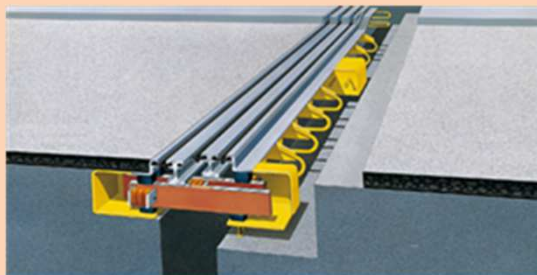
59

Дилатације за средња помјерања ($150 \pm 75 \text{ mm}$)

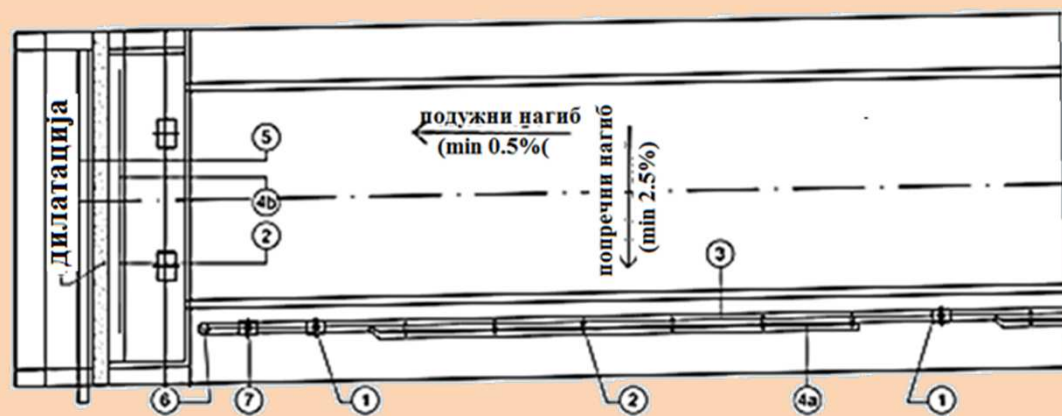
- Дилатације од челичних профила са гуменим улошцима
- Дилатације са армираним гуменим заптивачем
- Дилатације у облику чешља



Дилатације за велика померања ($300 \pm 150 \text{ mm}$)



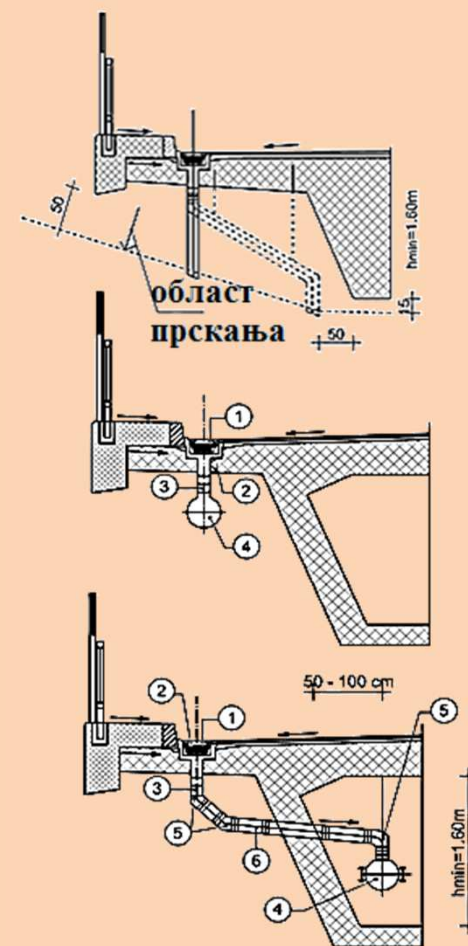
Дренажни систем



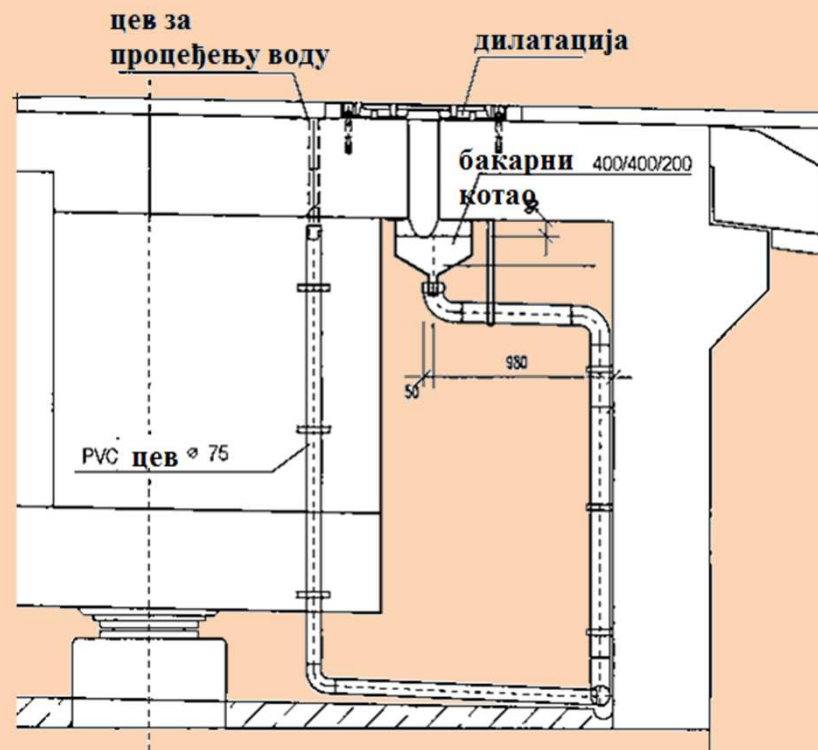
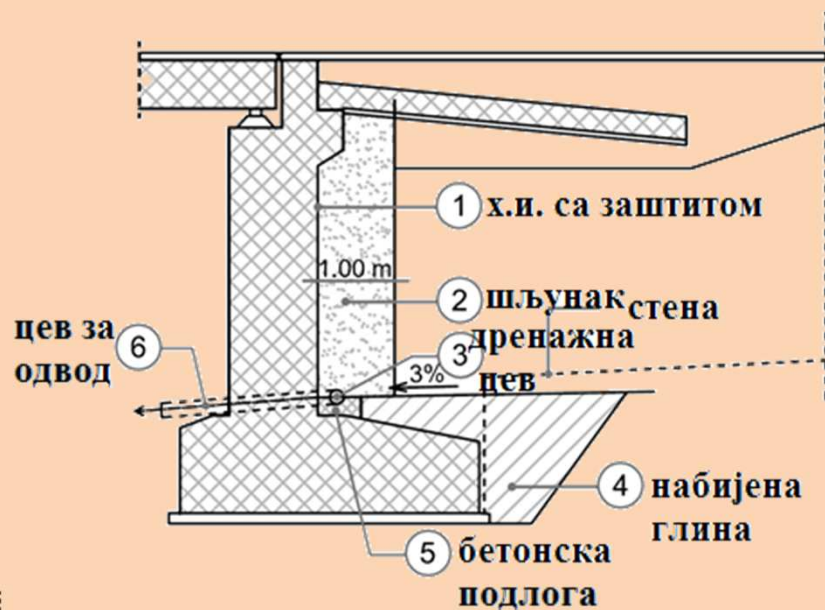
- 1 – сливник за одвод површинске воде
- 2 – цевчица за одвод процеђене воде са спојем на сабирни уздужни вод процеђене воде
- 3 – сабирни уздужни вод
- 4a – сабирни уздужни вод за одвод процеђене воде
- 4b – сабирна попречна цев за одвод процеђене воде испод дилатације



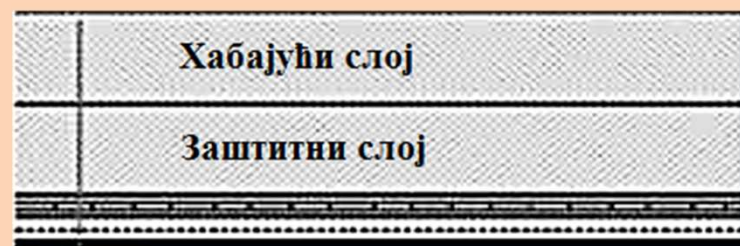
- 5 – одводњавање површине лежишта опорца
- 6 – вертикална цев
- 7 – шахт за чишћење
- 8 – врата за чишћење
- 9 – ревизиони шахт



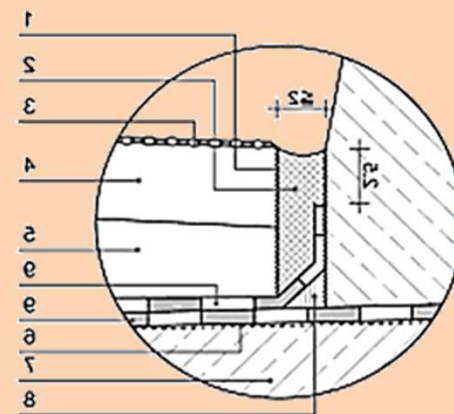
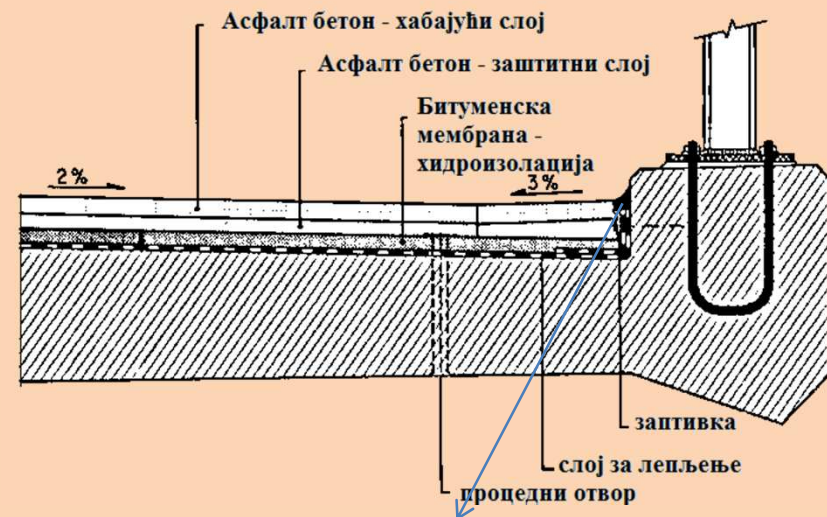
Детаљи код опорца



Коловозни застор и хидроизолација

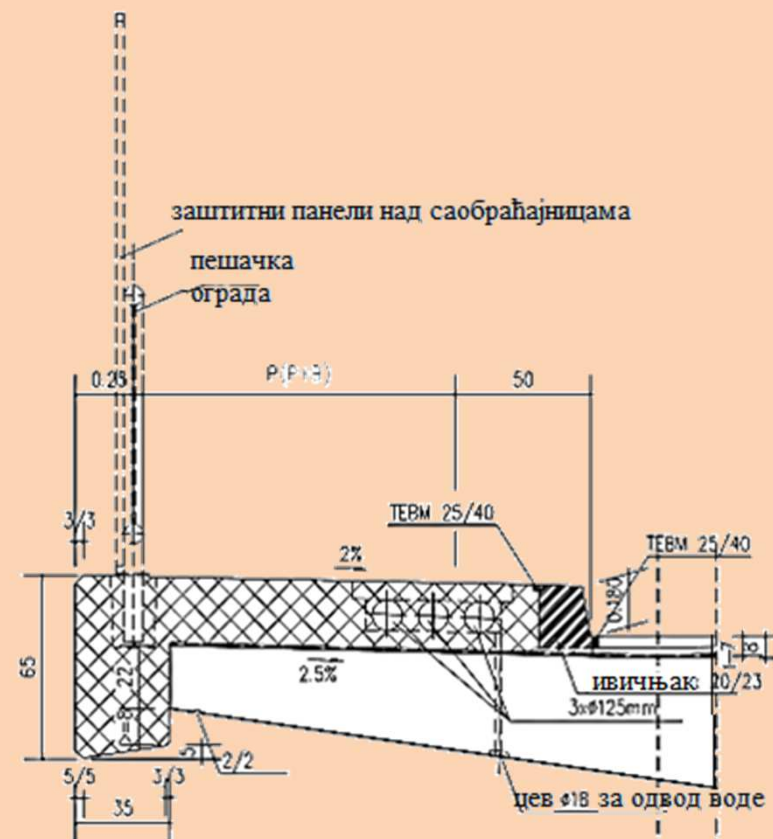


- једнослојна битуменска трака
- слојеви за лепљење:
равнајући слој,
заливени премаз
основни премаз
- АБ коловозна плоча

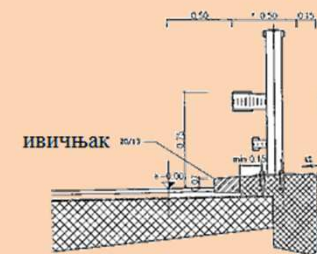
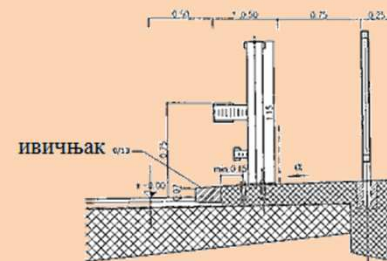
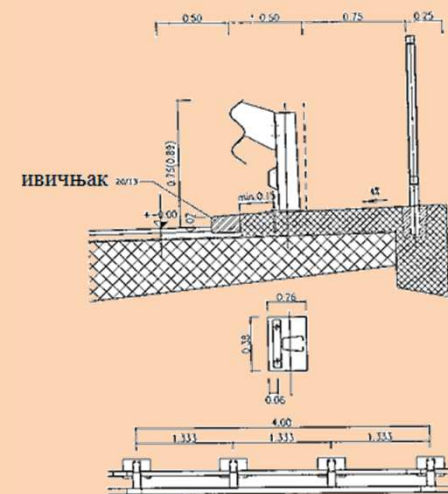
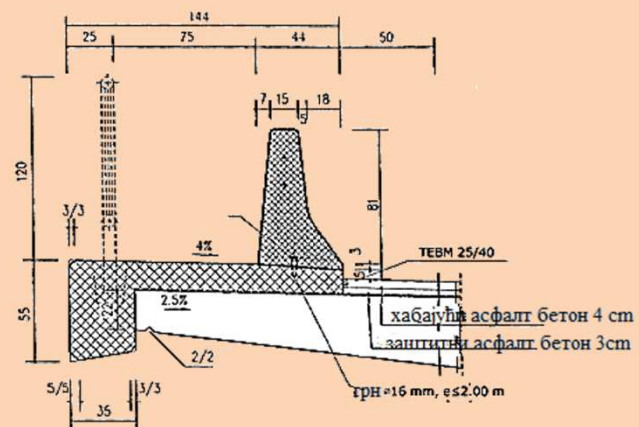
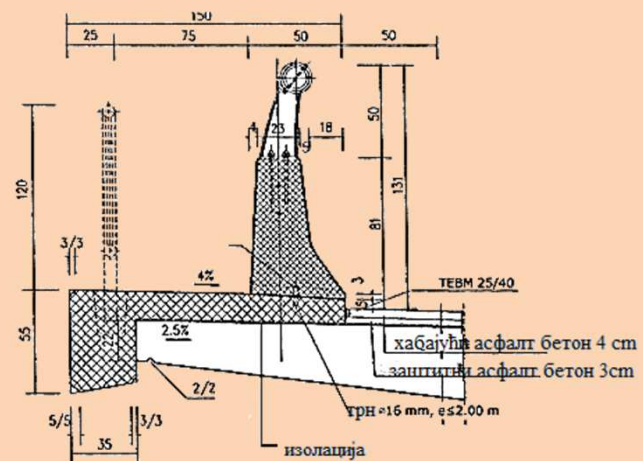
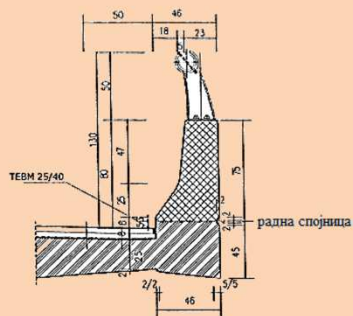
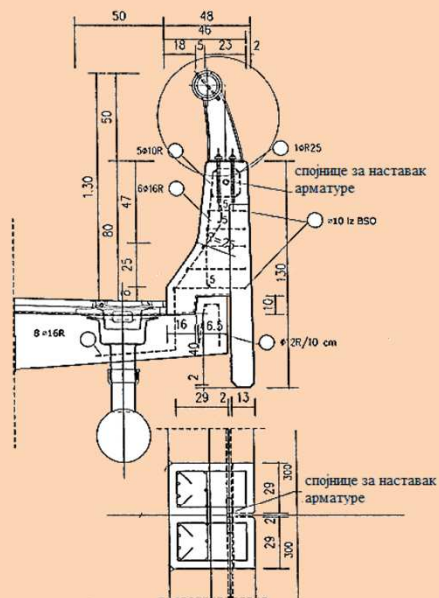


Technical drawing showing a cross-section of a concrete structure with reinforcement details. The drawing includes dimensions and labels for various components:

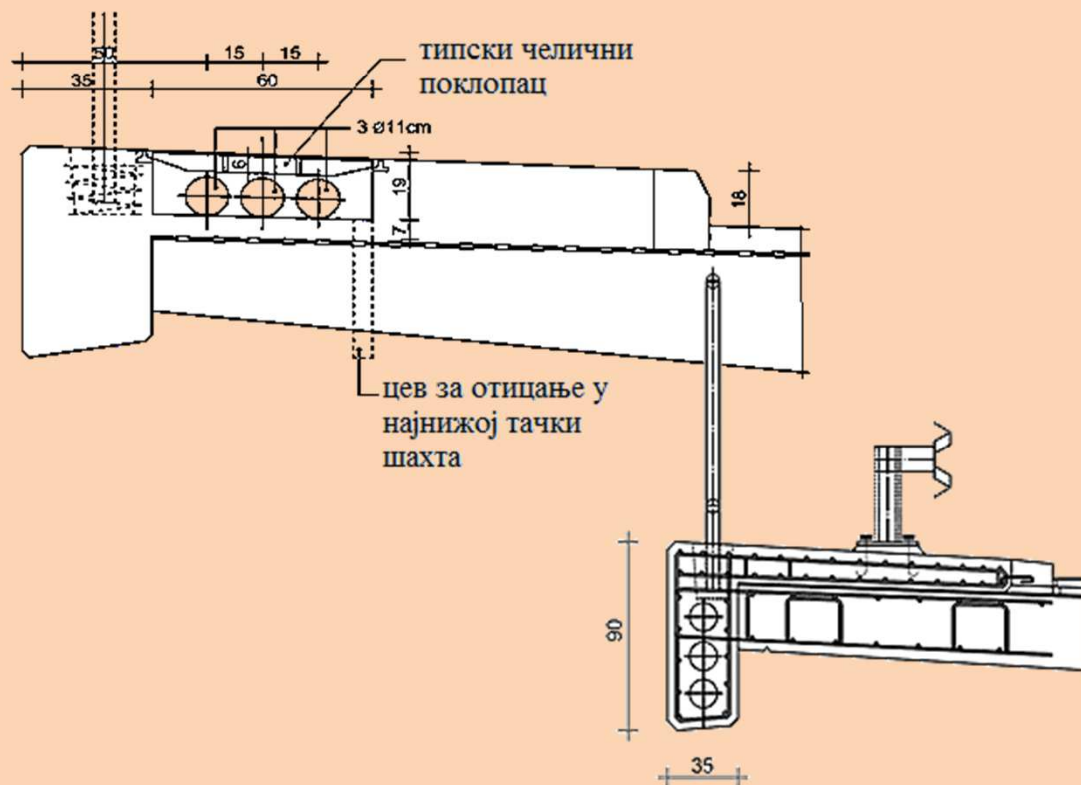
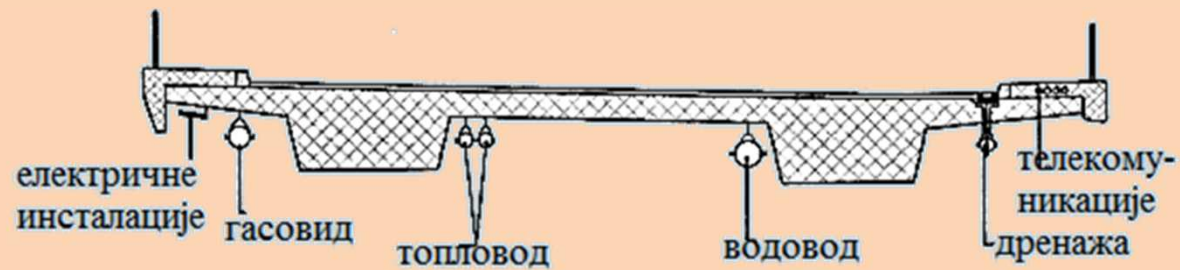
- Dimensions:**
 - Top horizontal dimension: 190-200
 - Top right horizontal dimension: 50
 - Top left horizontal dimension: 25
 - Top middle horizontal dimension: 75
 - Top right horizontal dimension: 40-50
 - Top right horizontal dimension: $\leq 50^{\circ}$, min. 15^{\circ}
 - Bottom left horizontal dimension: 5/6
 - Bottom left horizontal dimension: 35
 - Bottom left horizontal dimension: 3/3
 - Bottom left horizontal dimension: 2/2
 - Bottom left horizontal dimension: 2.5%
 - Bottom left horizontal dimension: 4%
 - Bottom left horizontal dimension: $\phi 10, e=20.6m$
 - Bottom left horizontal dimension: $\phi 10, e=6.5cm$
 - Bottom left horizontal dimension: $\phi 10, e=11.5cm$
 - Bottom left horizontal dimension: $\phi 17$
 - Bottom left horizontal dimension: $\phi 8, l=23cm, e=6cm$
 - Bottom left horizontal dimension: $\phi 10, e=30cm$
 - Bottom left horizontal dimension: $\phi 14, e \leq 30cm$
- Labels:**
 - пешачка ограда (Pedestrian fence)
 - одбојна ограда (Windbreak fence)
 - заштитна ширина (Protective width)
 - TEBM 10/10
 - TEBM 25/40
 - звичњак 13/20
 - прикључна арматура (Reinforcement connection)



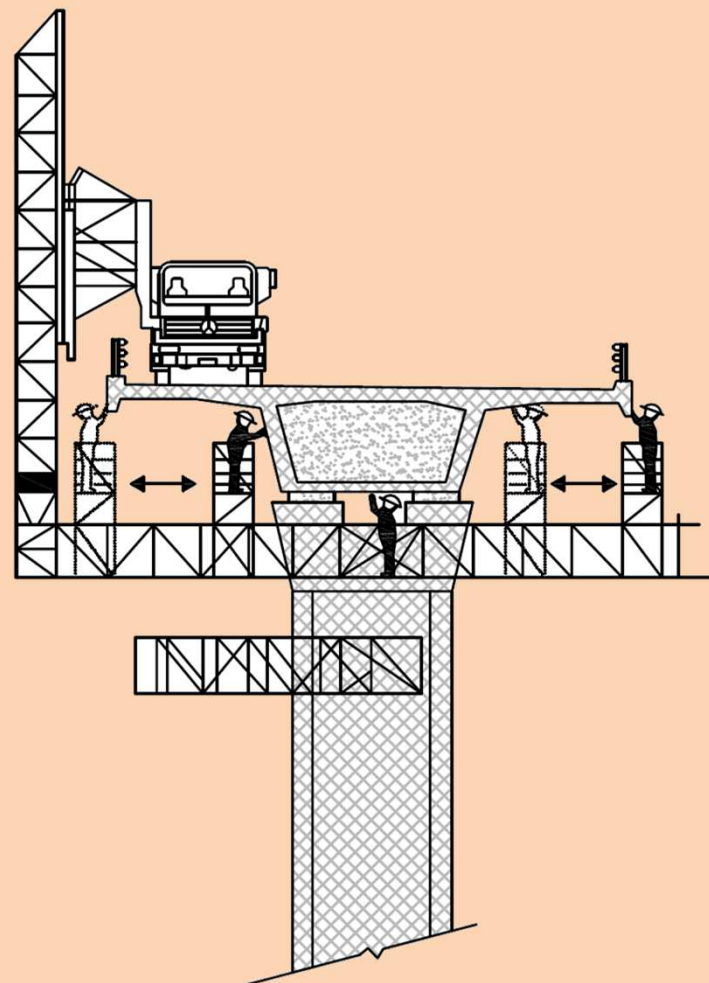
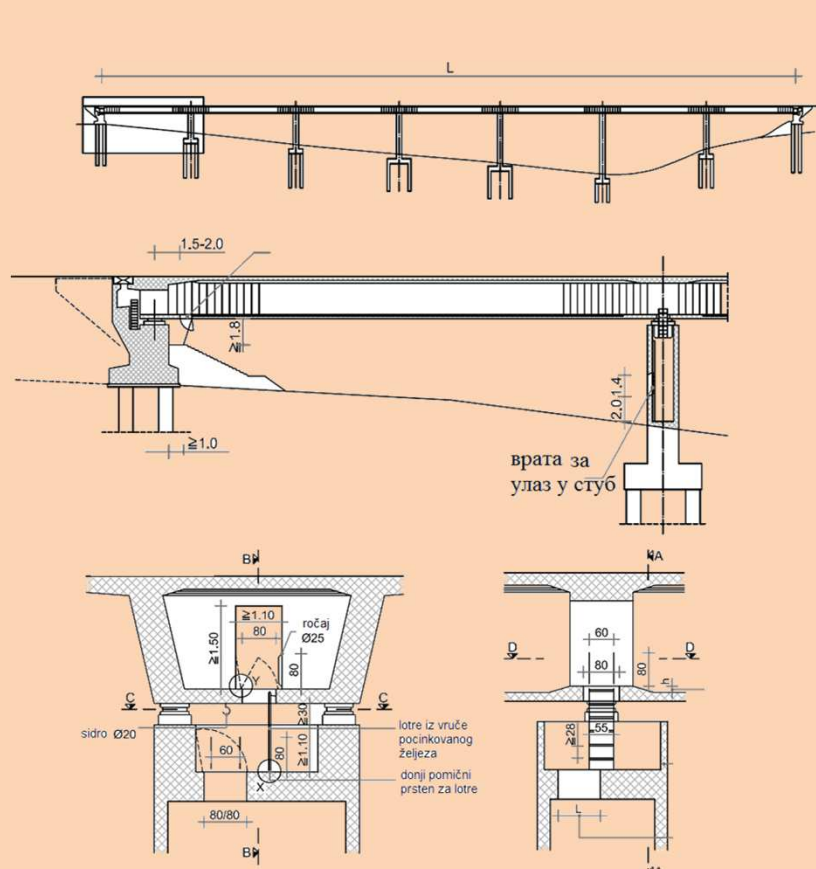
Ограде



Инсталације



Опрема за приступ ради прегледа и одржавања



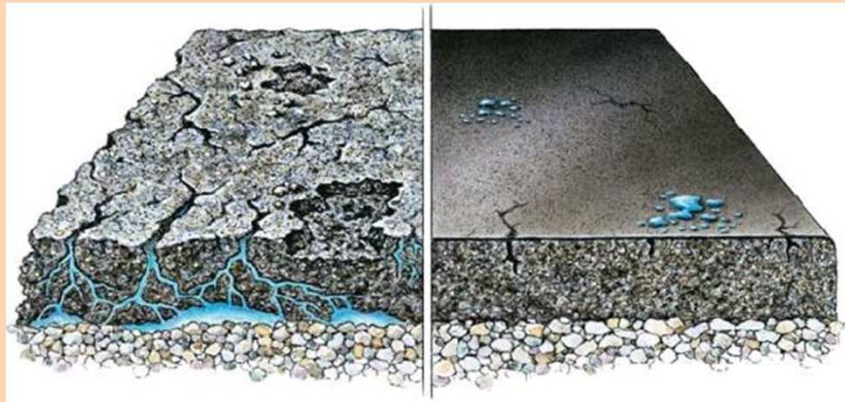
ПРОЦЕСИ УГРОЖАВАЊА МОСТОВА

Узроци пропадања

- Бетон
 - Мржњење и одмржњавање уз дејство соли
 - Алкално агрегатна реакција
 - Дејство сулфата
- Армирани и претходно напрегнути бетон
 - Корозија арматуре и каблова за преднапрезање
- Челик
 - Корозија
 - Замор

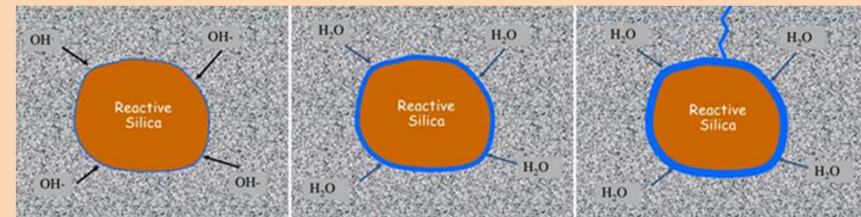
Мржњење и одмржавање

- Зависи од порозности бетона
- 5 до 100 година
- Јавља се љуштење на површини бетона, прскање, такође расте опасност до корозије арматуре уколико се оштећења не санирају.



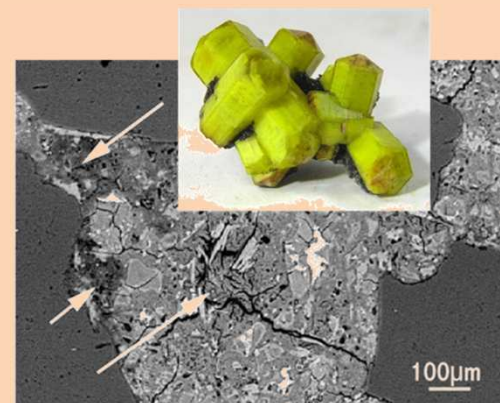
Алкално агрегатна реакција

- Заједнички појам за алкално силикатну реакцију и алкално карбонатну реакцију
- Предуслови:
 - Висока pH-вредност бетона
 - Присуство SiO_2 у агрегату (кварц, опалин, стакло итд.)
 - Влага



Дејство сулфата

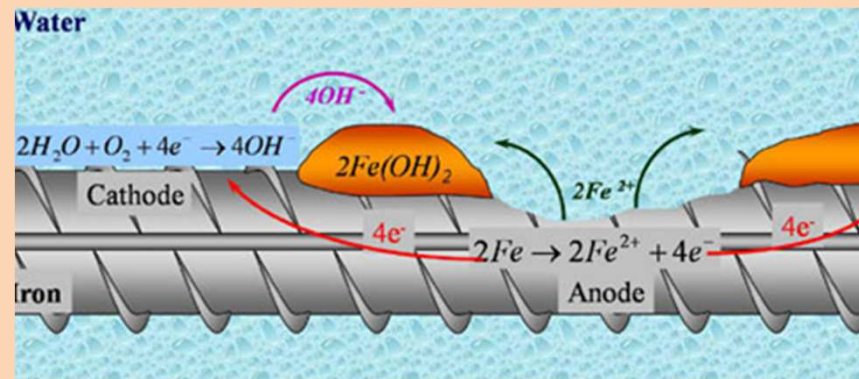
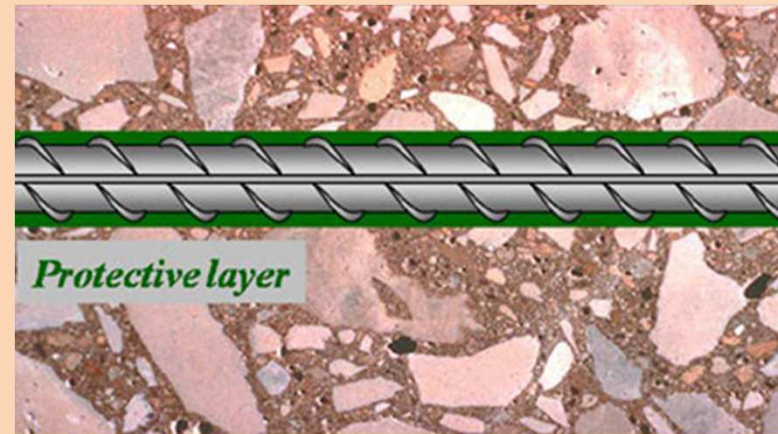
- Екстерно и интерно
- Заједнички појам за
 - Формирање еtringита
 - $(6(\text{CaO}) \cdot (\text{Al}_2\text{O}_3) \cdot 3(\text{SO}_3) \cdot 32 \text{H}_2\text{O})$
 - Реакција није до краја разјашњена
 - Обично прати алкално агрегатну реакција
 - 15 до 25 година
 - Формирање таумасита
 - $\text{Ca}_3\text{Si}(\text{CO}_3)(\text{SO}_4)(\text{OH})_6 \cdot 12(\text{H}_2\text{O})$
 - Разјашњења реакција
 - Разграђује цементну пасту $(3\text{CaO} \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O})$ у далеко слабији таумасит
 - 0 до 15 година



Initial	After 6 months	After 12 months	After 24 months
			
Weight ratio 100	Weight ratio 100	Weight ratio 83	Weight ratio 45

Корозија арматуре

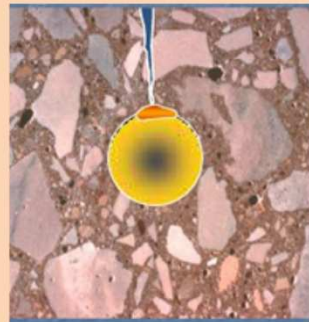
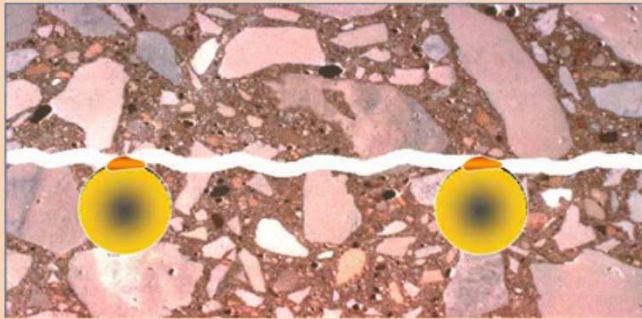
- Арматура је заштићена у алкалном миљеу
- Депасивација услед хлорида или карбонатизације бетона
 $\text{Ca(OH)}_2 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CaCO}_3 + 2\text{H}_2\text{O}$
- Предуслови
 - Кисеоник
 - Електролит (влага)
 - Депасивација површине арматуре
- Време иницијације
 - Пермеабилност бетона
 - 5 до 50 година



Корозија арматуре

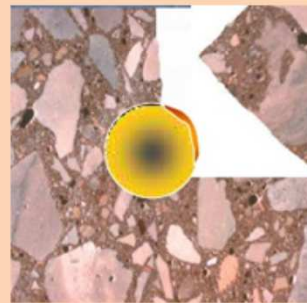
- Тачкаста корозија у присуству хлорида
- Површинска корозија карбонатизиваном бетону
- Напонска корозија – утицај водоника

Деламинација

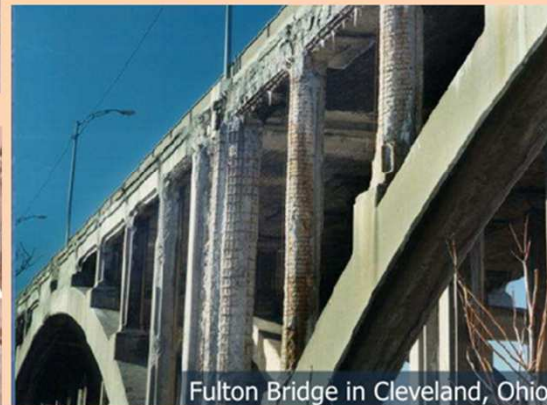


Прслине

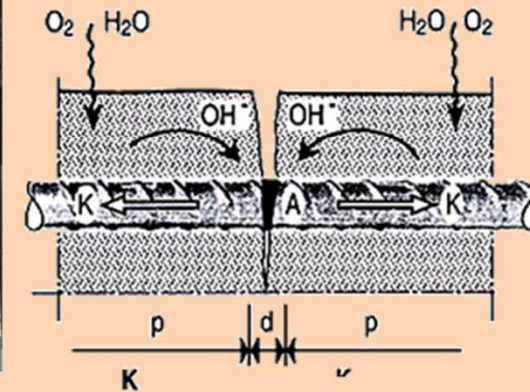
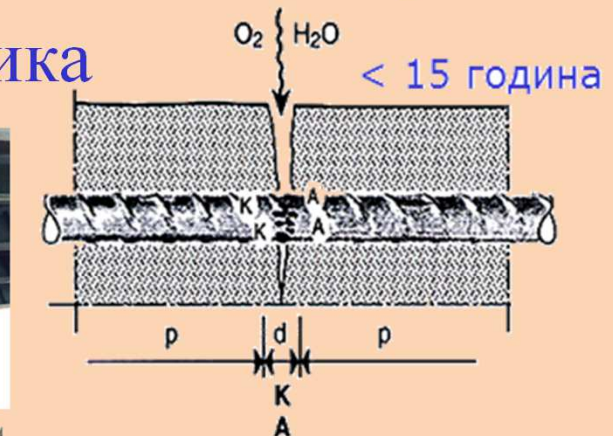
Др Снежана Машовић



Љуштење



Fulton Bridge in Cleveland, Ohio



> 25 година

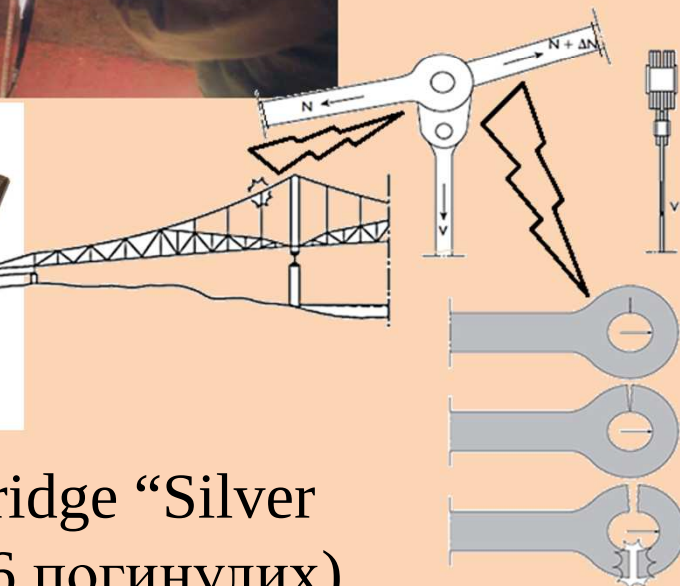
Корозија челика

- Добро разјашњен феномен
- Тачкаста корозија
– Лутајуће струје
- Површинска корозија
- Напонска корозија
- Захтева редовно чишћење челичних површина и наношење антикорозивне заштите.



Замор челика

- Посебно опасан феномен
 - Стварање прлина у челику при релативно ниским напонима (односно напонским разликама)
- 10 до 50 милиона напонских промена
- Време: зависно од саобраћаја
- Захтева пажљиве инспекције
- Чести узрок колапса мостова



Point Pleasant Bridge “Silver Bridge” 1967 (46 погинулих)

Замор бетона

- Релативно нов феномен
- Коловозне плоче изложене великом концентрисаном силом (точак камиона)
- Обично праћен корозијом
- “Заморни” пробој плоче

