



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

Студијски програм: **ГРАЂЕВИНАРСТВО ДИПЛОМСКЕ АКАДЕМСКЕ СТУДИЈЕ**

Modul: **КОНСТРУКЦИЈЕ**

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

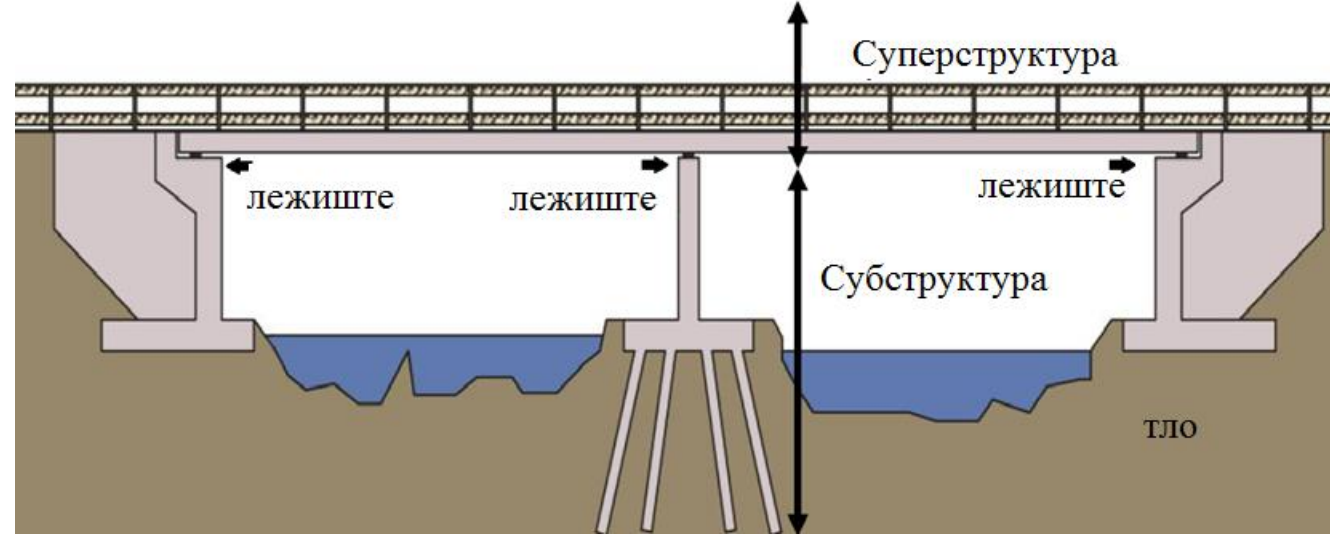
Назив предмета (шифра): **БЕТОНСКИ МОСТОВИ (МОК1БМ)**

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

Наслов предавања: **Гредни системи бетонских мостова**

Датум : **12.11.2024.**

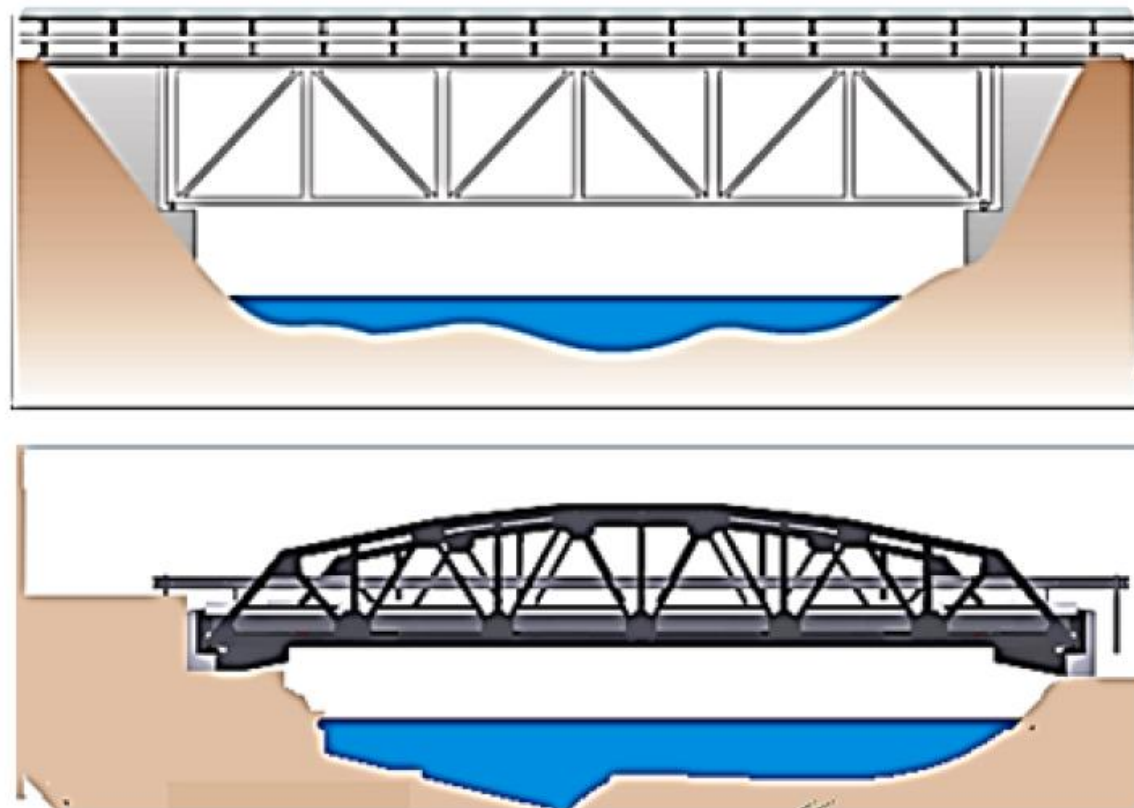
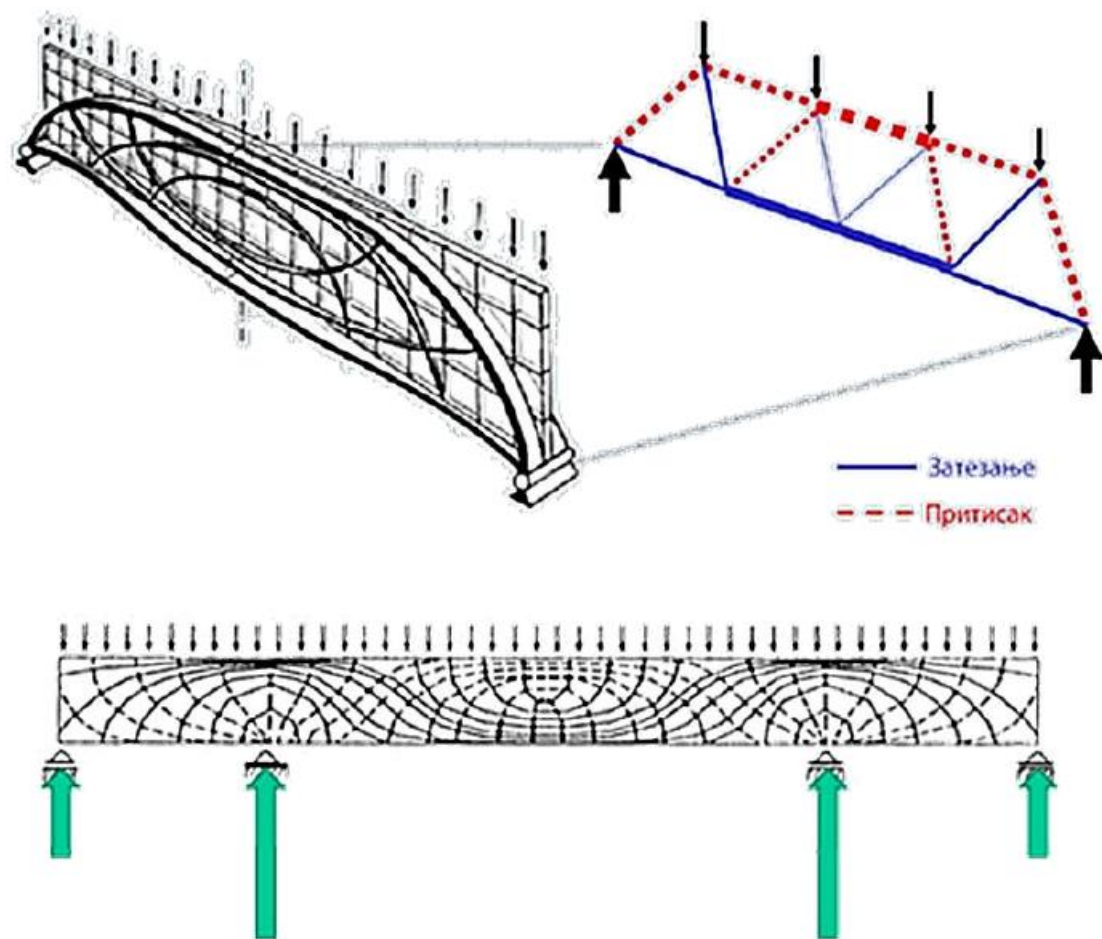
Типови гредних система бетонских мостова



- *Решетка*
- **Проста греда**
- *Греда с препустима*
- *Герберова греда*
- **Континуална греда**
- *Укљештена греда*



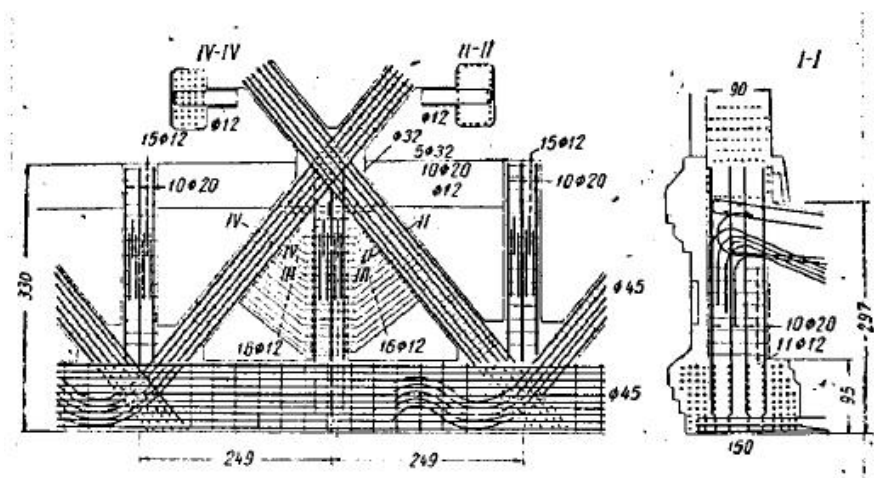
Трајекторије напона у гредама -решетке



Бетонски решеткасти мостови



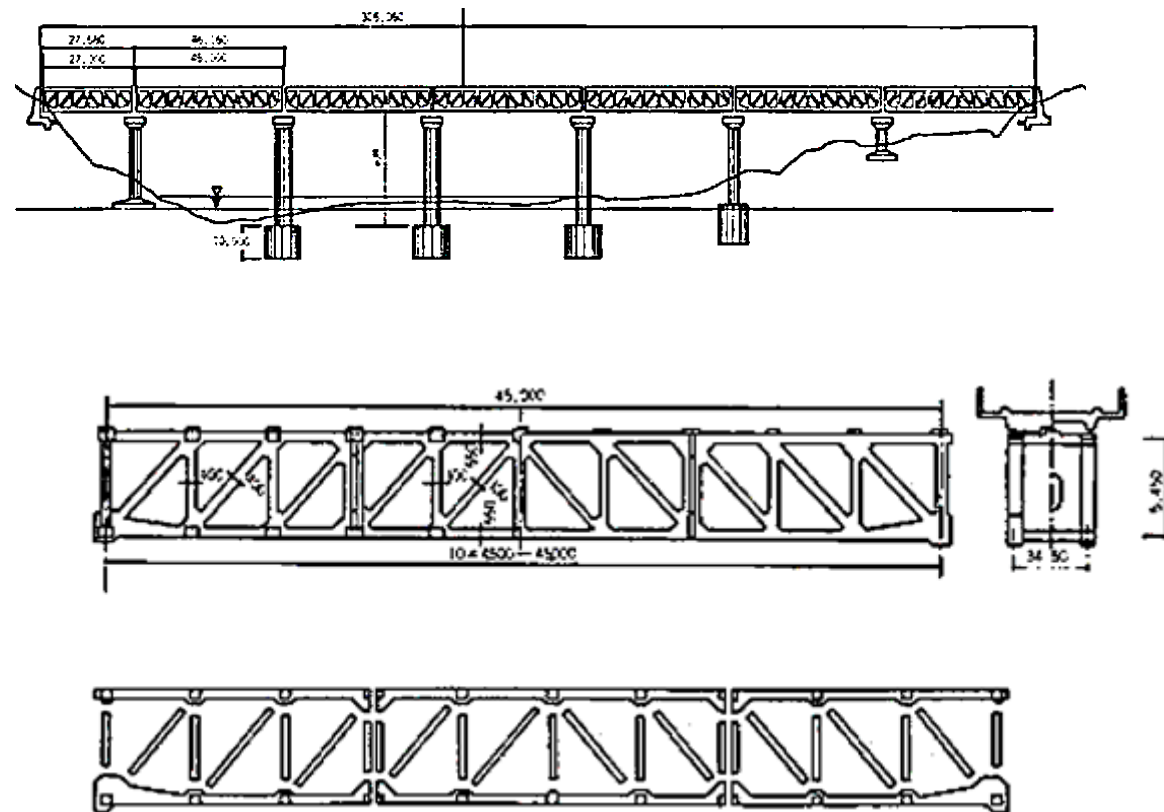
McMillin Bridge. WA : 1934.



Решеткаста главни носачи (бетон високе чврстоће, префабрикација) – Јапан 1976.

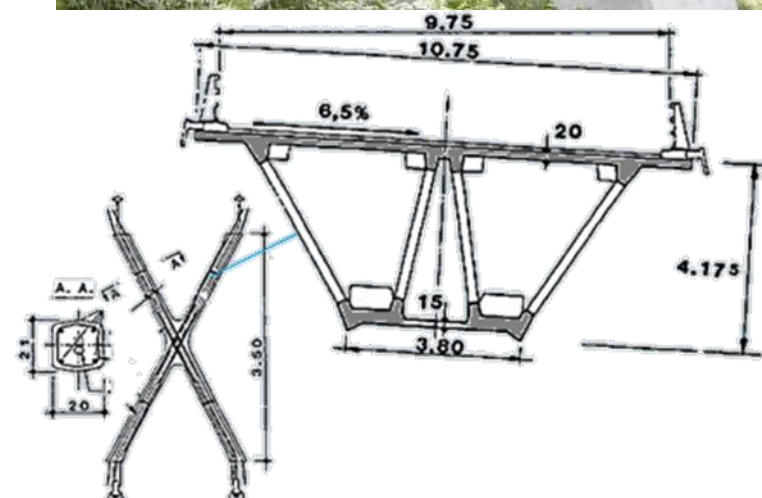


Akkagawa PC Truss Bridge (45m)



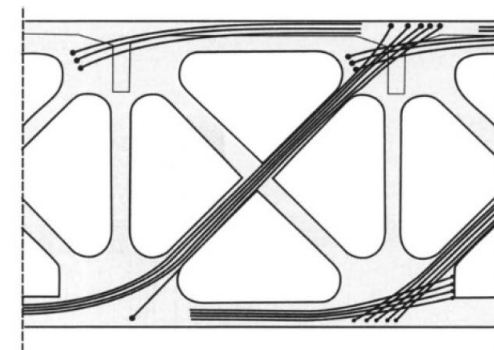
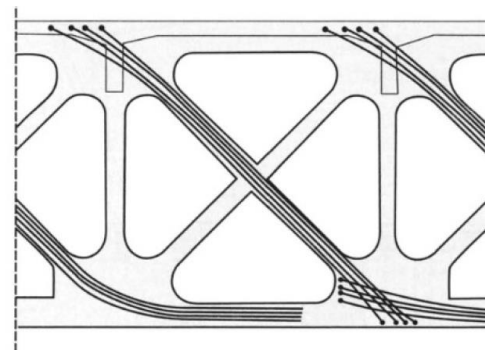
Akkagawa railway bridge

Решеткаста префабрикована ребра – Француска – 1989.

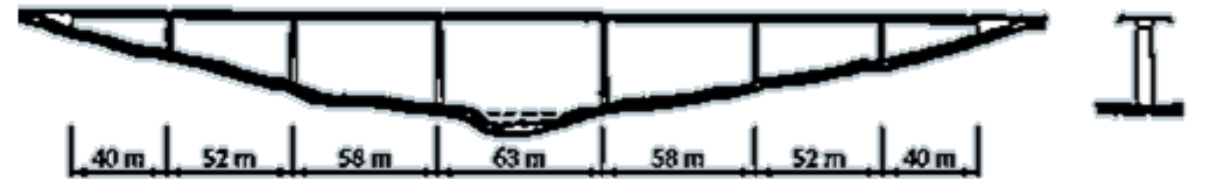
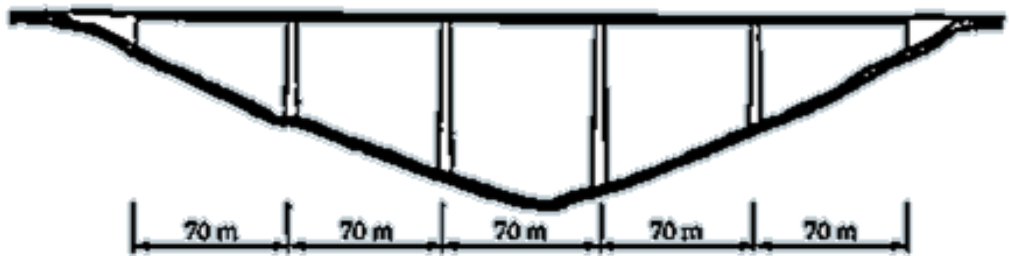
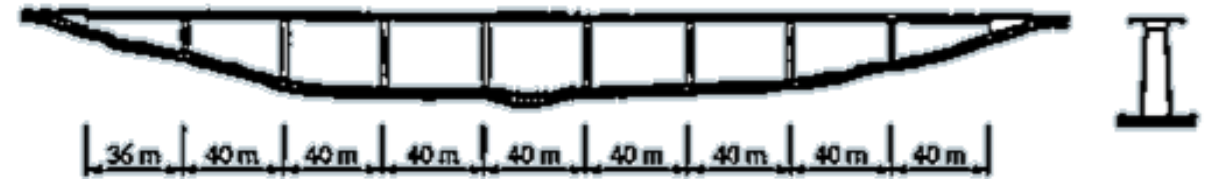
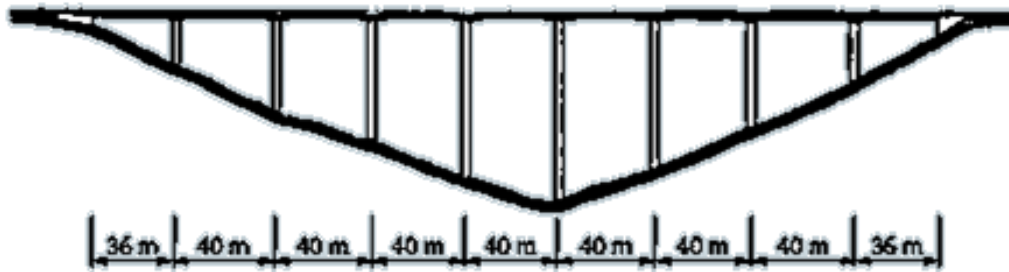




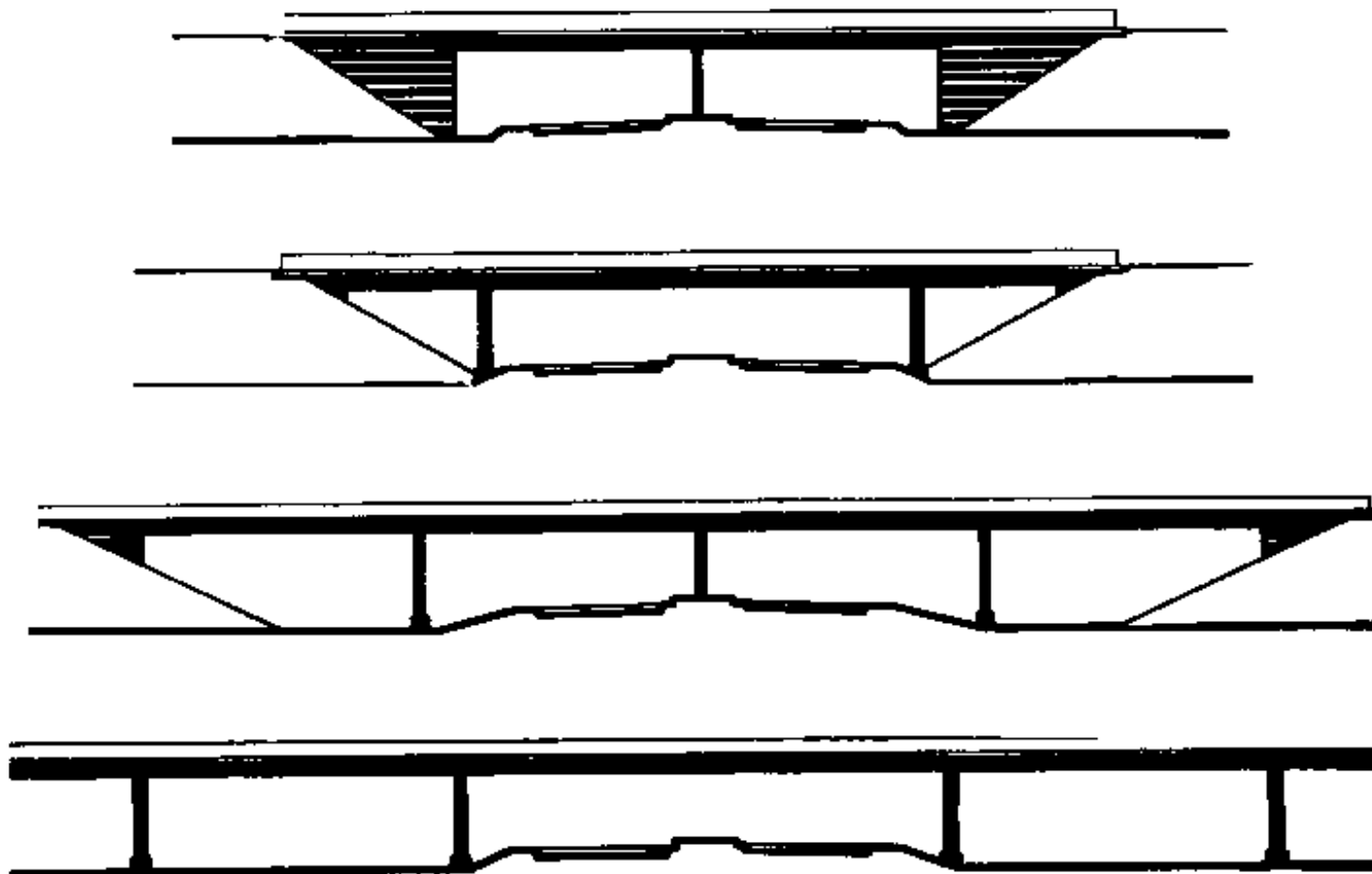
Мост Mangfallbrücke је изванредна конструкција у којој су ребра сандука замењене решетком ради уштеде на тежини и из естетских разлога. Коси затезни штапови су преднапрегнути шипкама. Распони су 90 m - 108 m - 90 m.



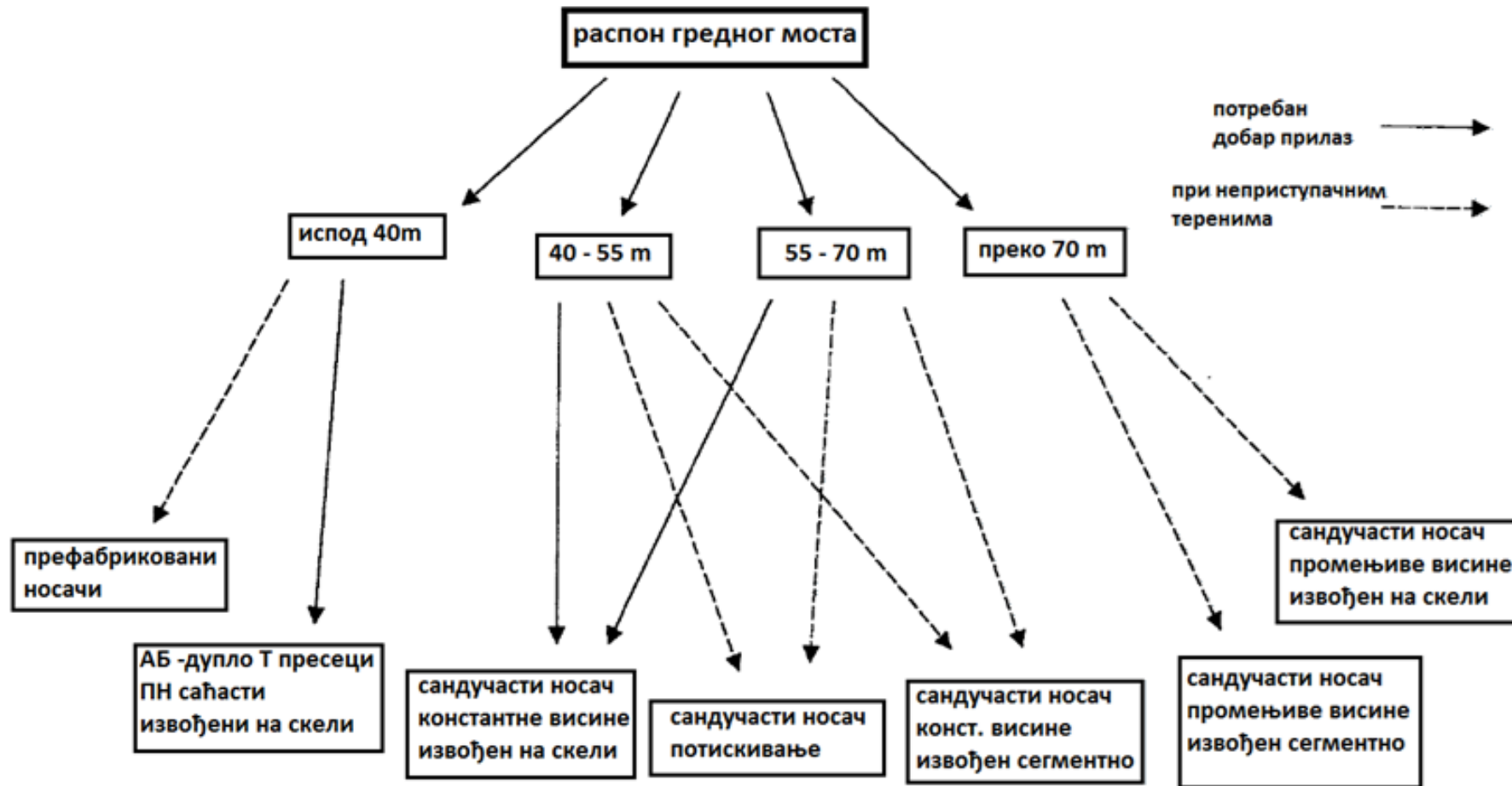
Избор распона и броја поља гредних мостова



Идејна решења: системи и дужина моста



Избор попречног пресека коловозне конструкције



Проста греда

Самосталан систем



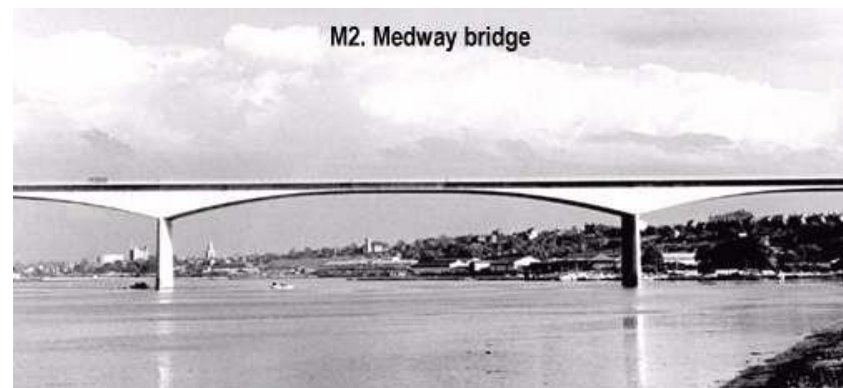
У склопу неког другог
система
(нпр.: Герберовог носача,
низ простих греда)



Силуετε носача

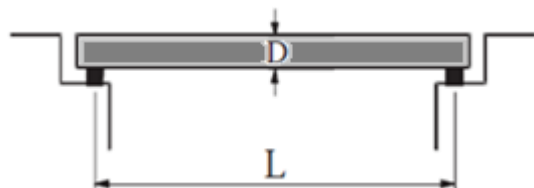


код полуупуштеног/
упуштеног коловоза



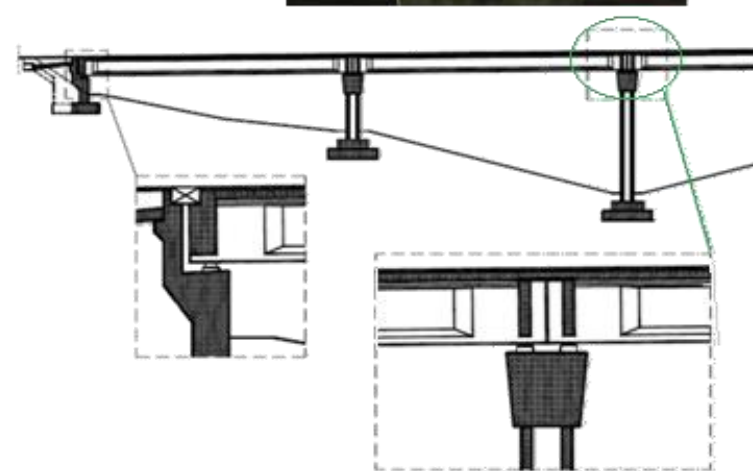
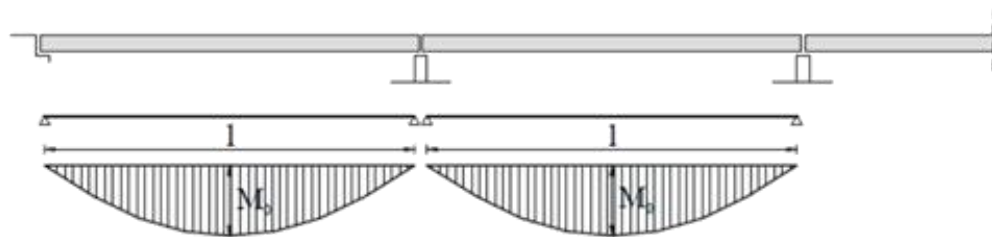
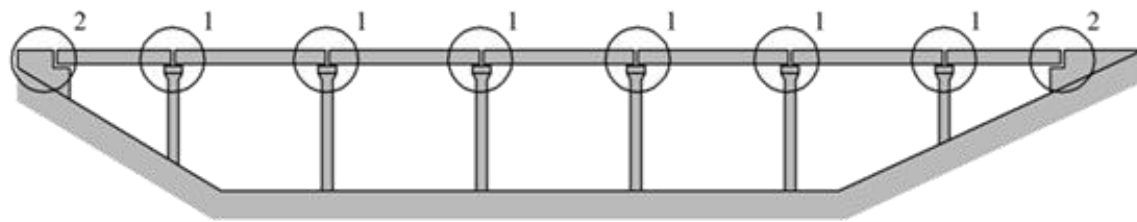
Распони и висине пресека

- Од армираног бетона
 - Друмски до 25м
 - Железнички до 20м
- Од претходно напрегнутог бетона
 - Друмски до 50м
 - Железнички до 35м

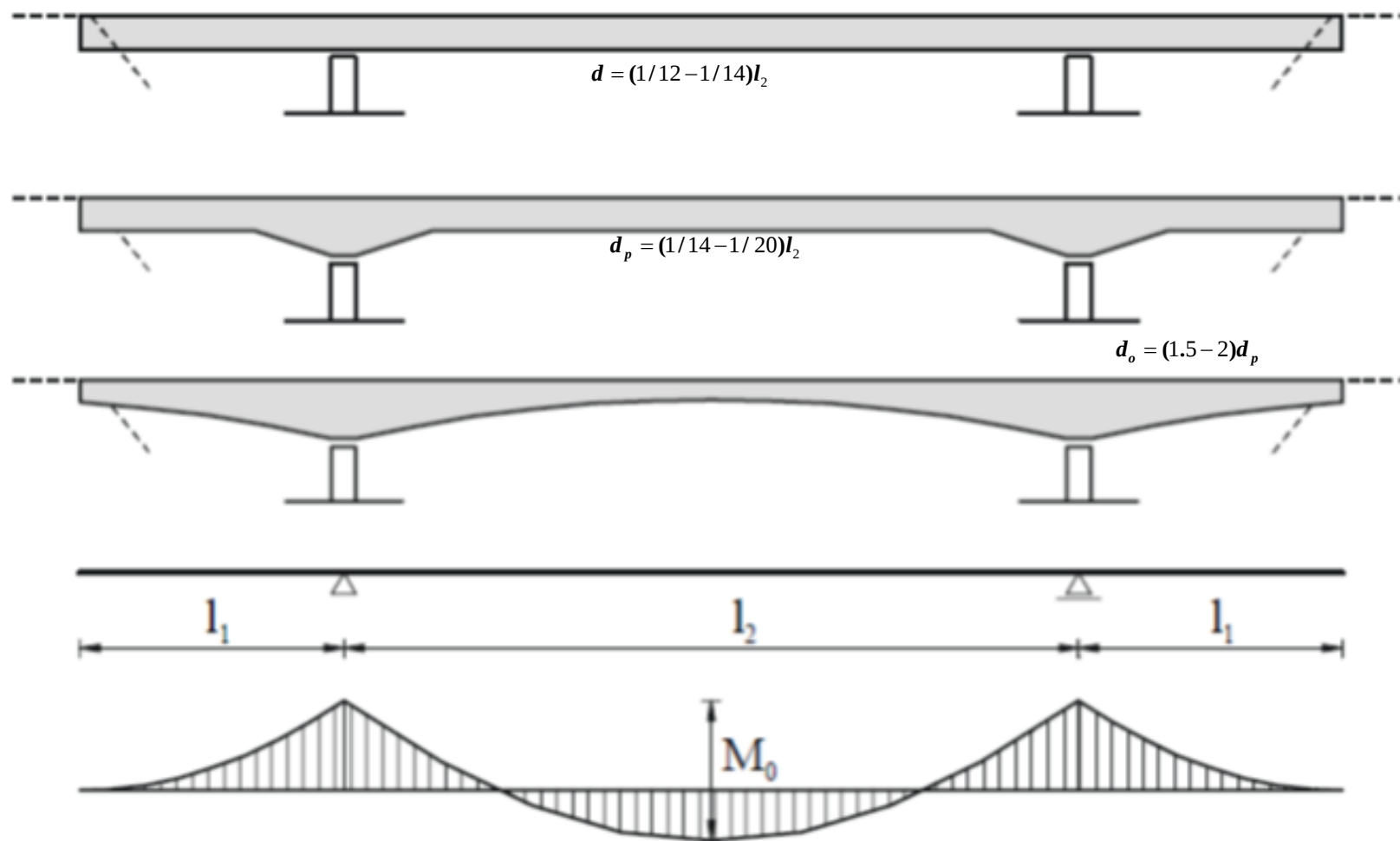


- Од армираног бетона
 - Плочасти $d \sim L/20$ ($L_{\max} = 15,0 \text{ m}$)
 - Ребрасти $d \sim (1/8-1/12)L$ ($L_{\max} = 25,0 \text{ m}$)
- Од претходно напрегнутог бетона
 - Плочасти $d \sim L/25$ ($L_{\max} = 25,0 \text{ m}$)
 - Ребрасти $d \sim (1/15-1/20)L$ ($L_{\max} = 50,0 \text{ m}$)

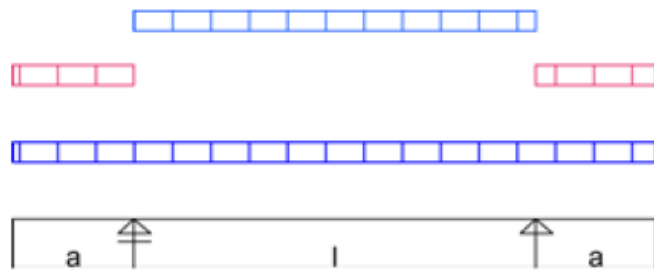
Низ простих греда



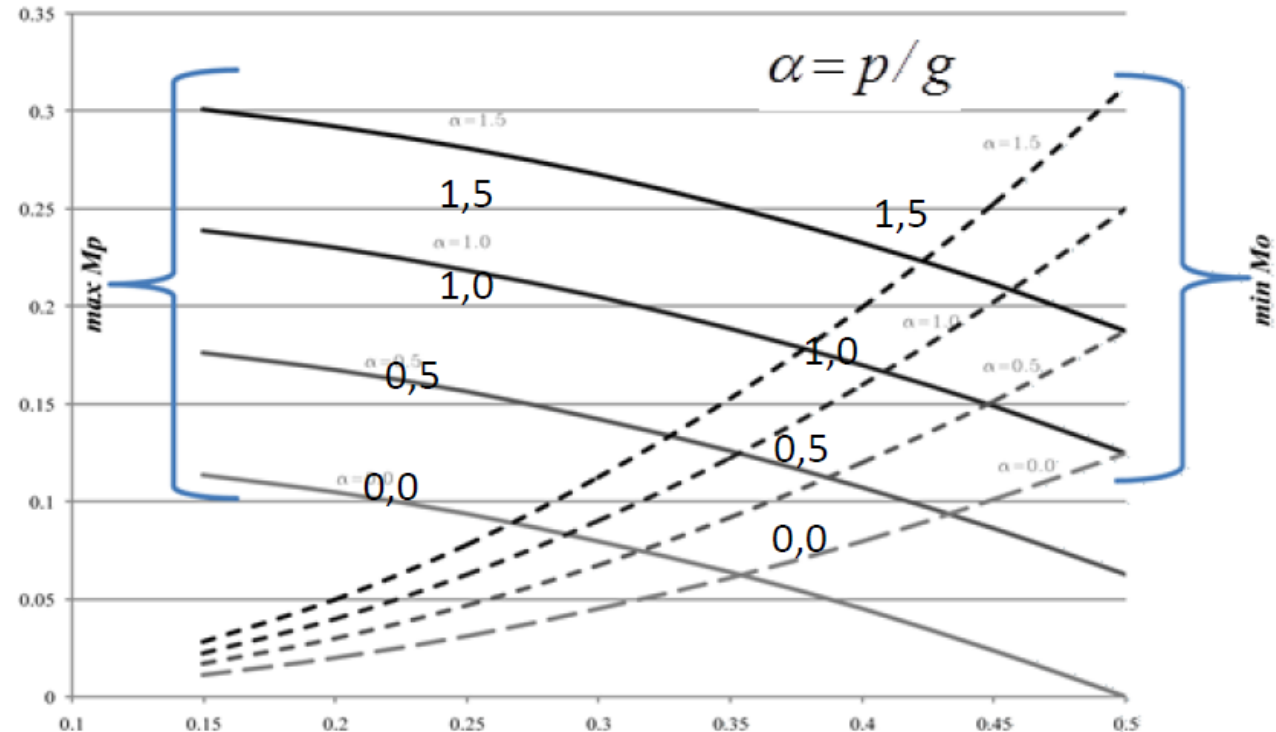
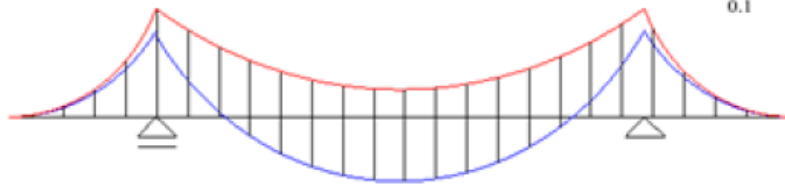
Греда с препустима



Однос распона и препуста

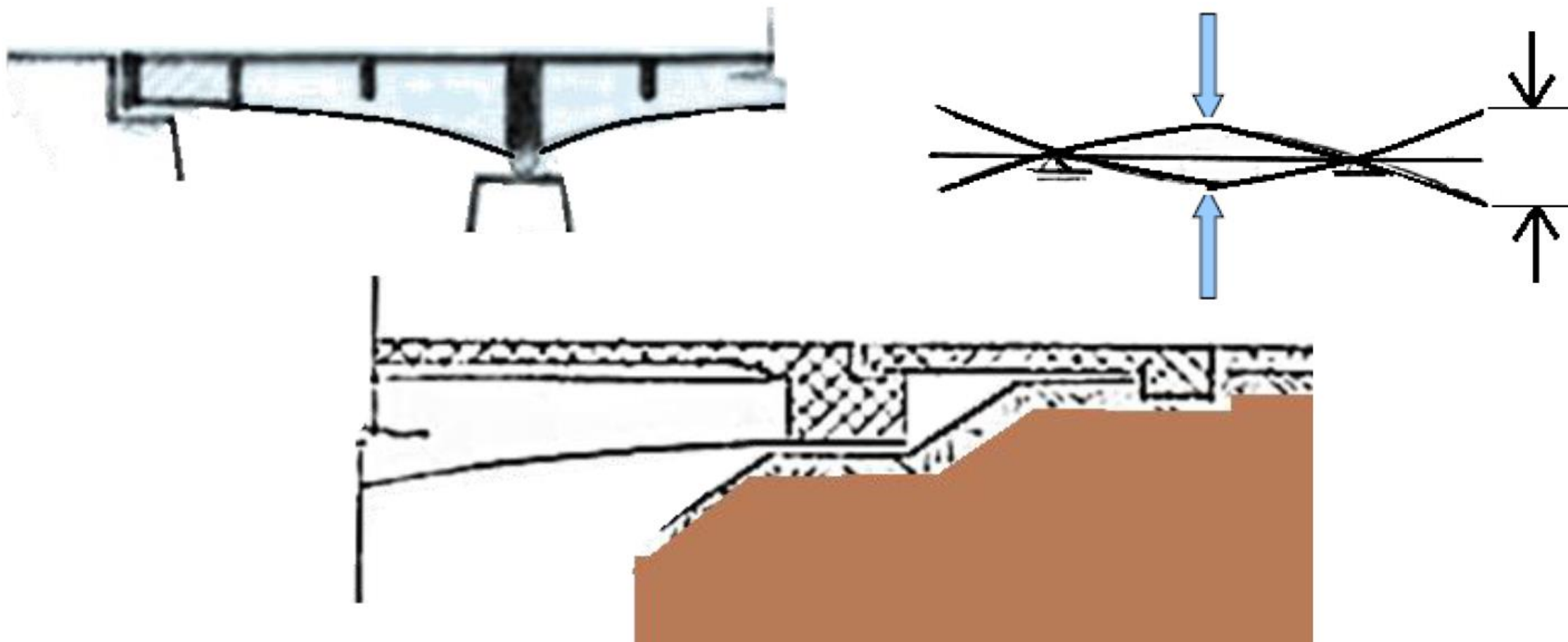


При константној укупној дужини моста $L=2a+l$, а зависно од односа повременог и сталног оптерећења

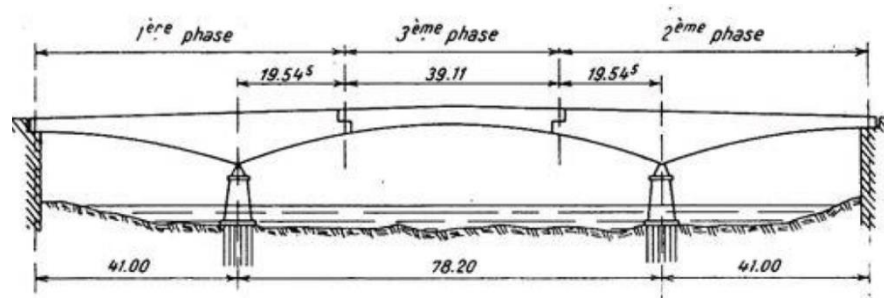


Анвелопа и захваћена површина дају оптималан однос препуста и распона на око 0.35

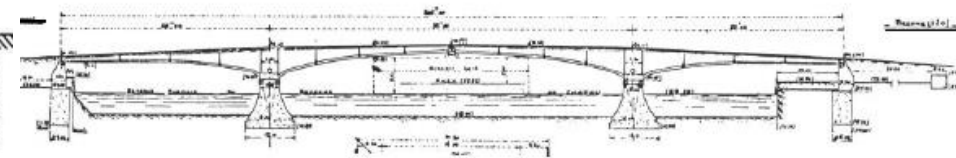
Деформабилност и веза са насипом



Герберова и континуална греда

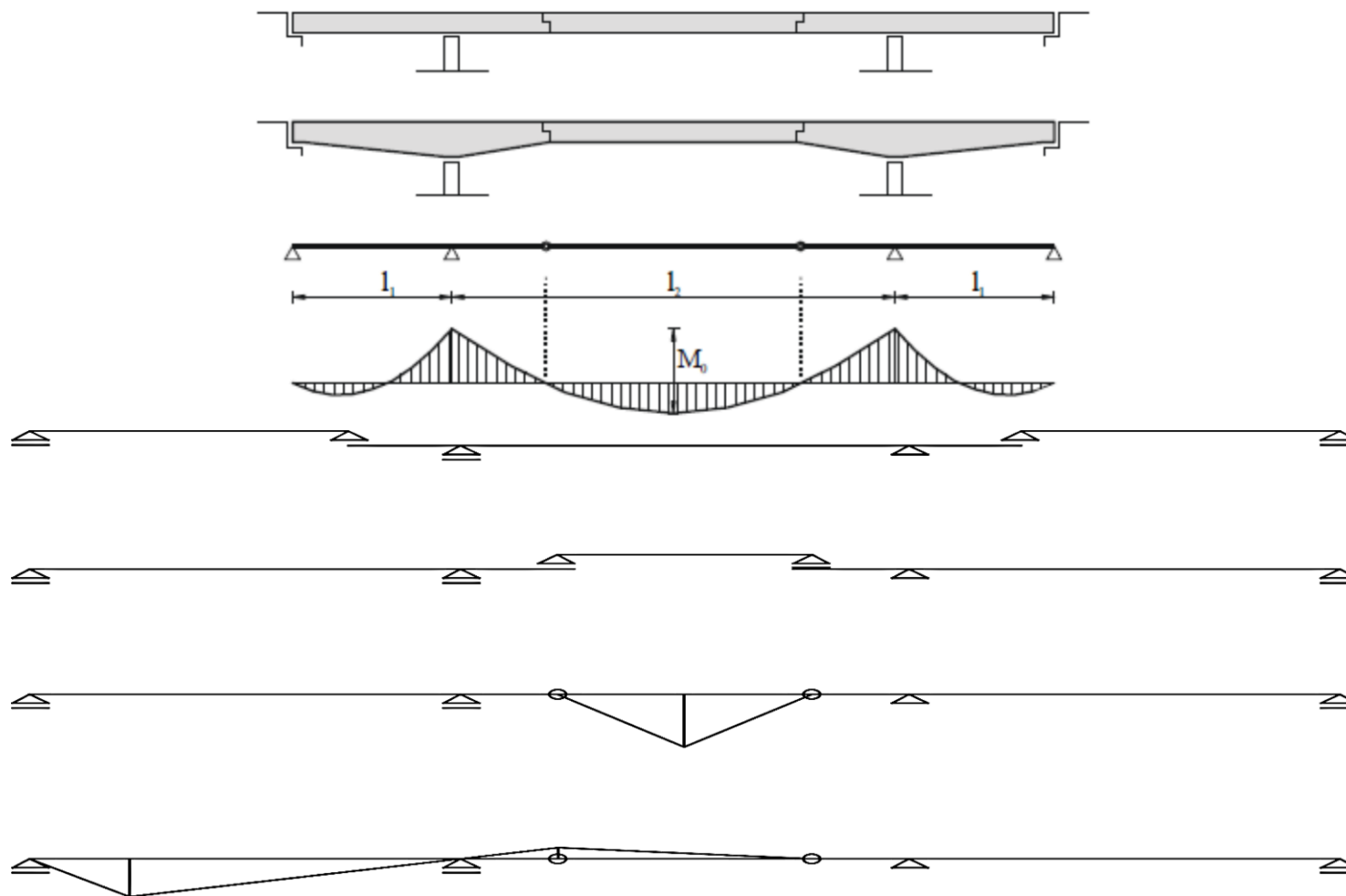


Le Pont de Villeneuve-Saint-Georges (1939-1940)



Безон – Париз (1942. – 95m)

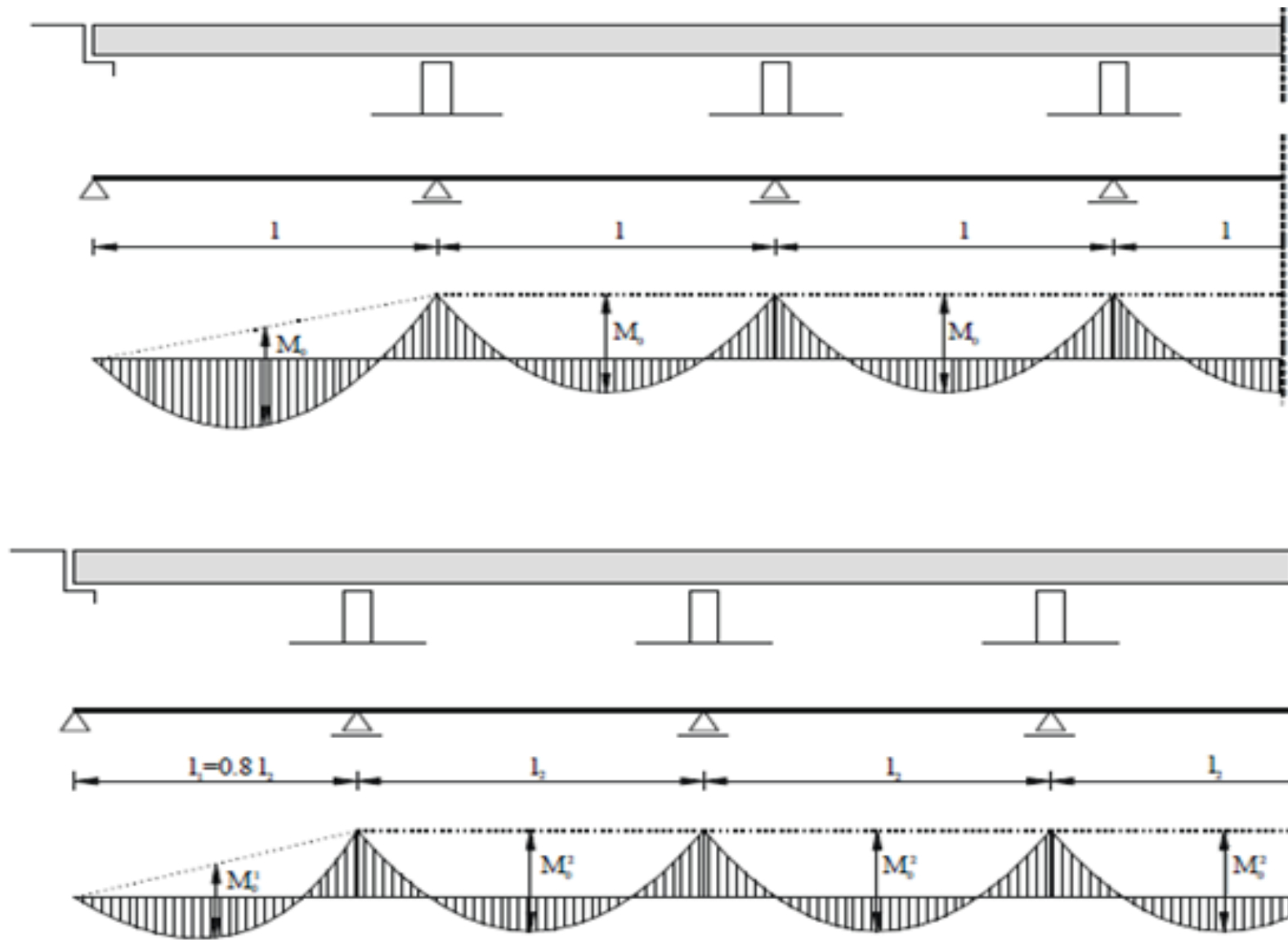
Герберова греда



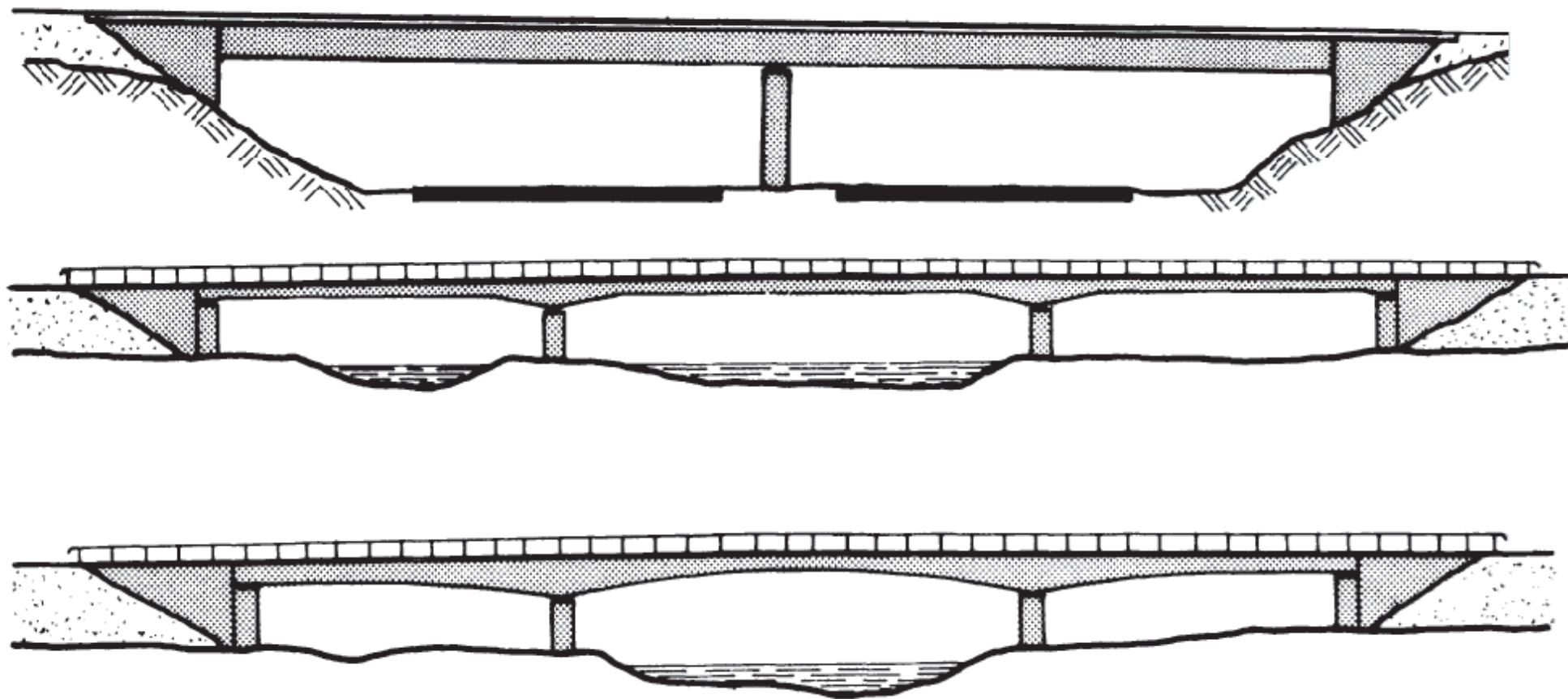
Герберов зглоб - проблематика



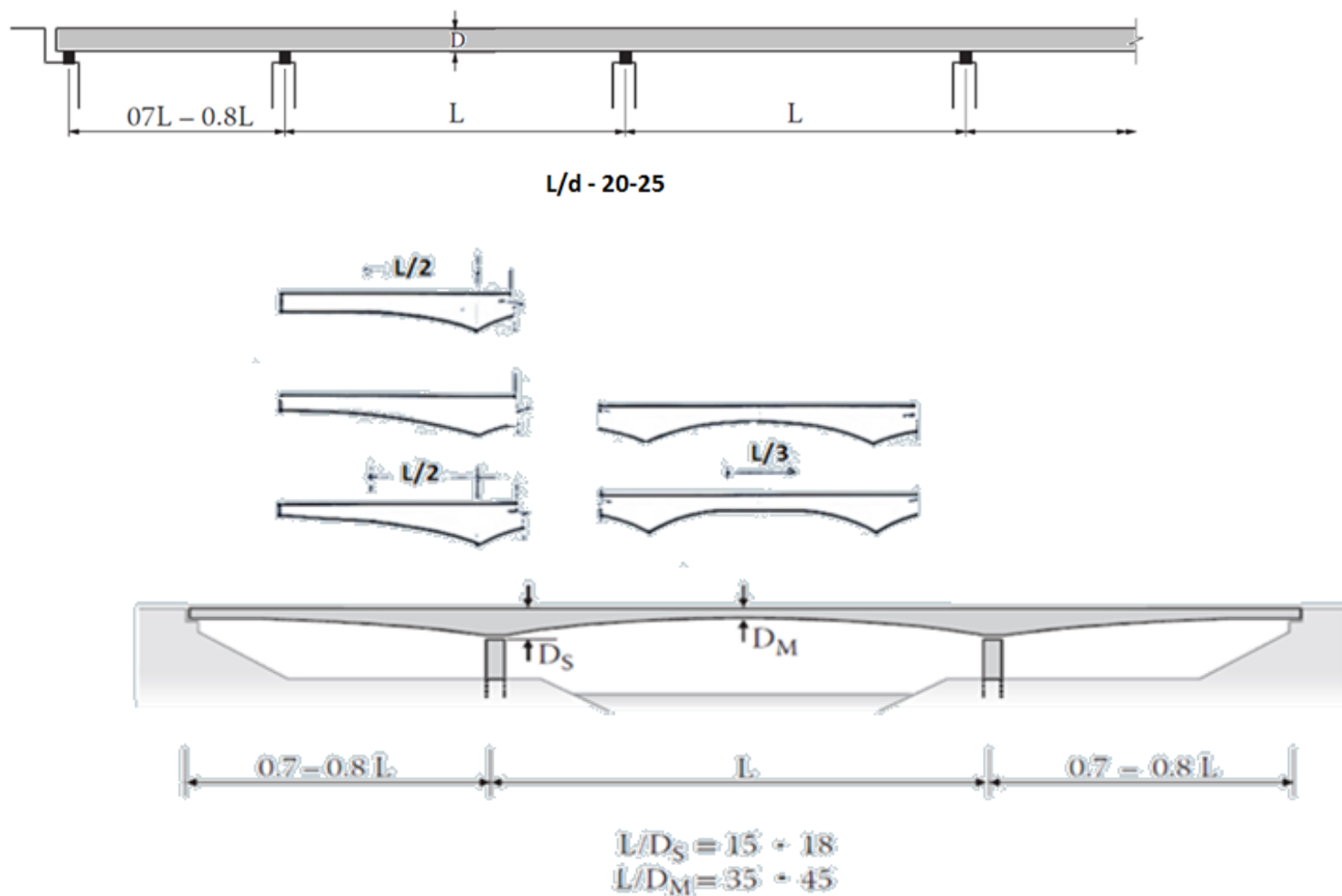
Континуална греда



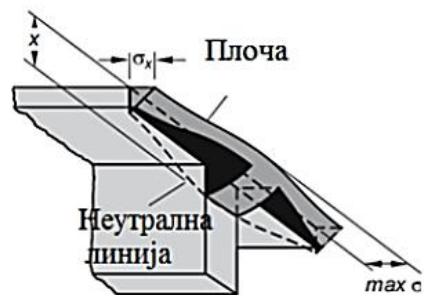
Обликовање континуалних греда



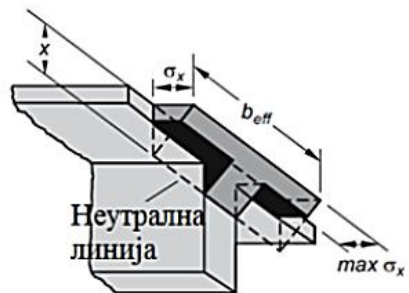
Висине коловозне конструкције



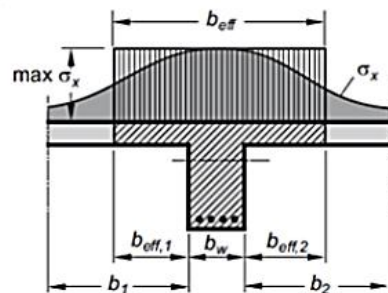
Ефективна ширина главних носача



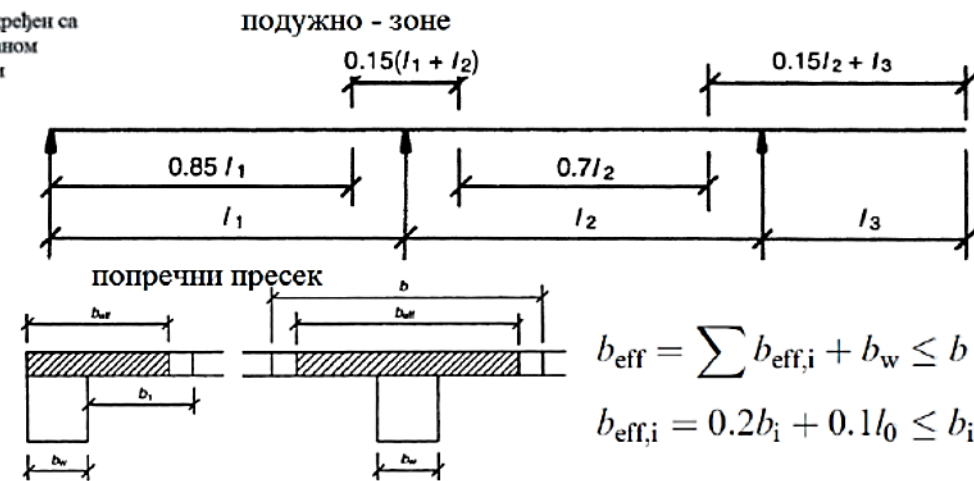
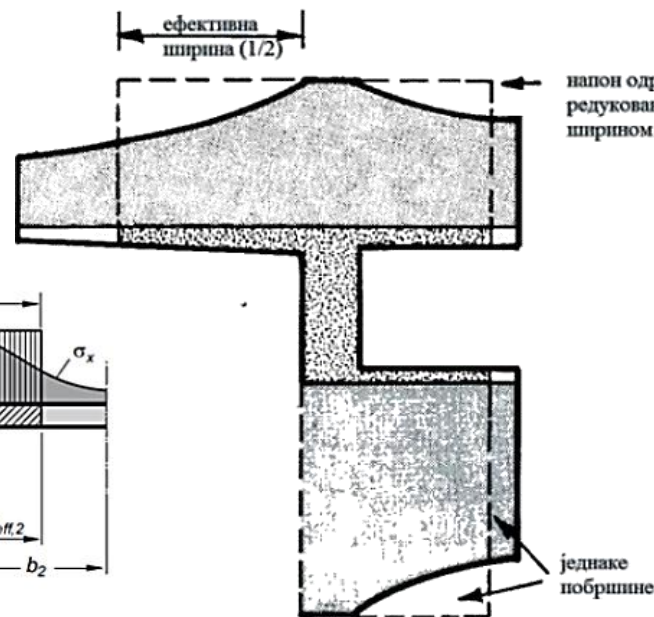
Распоред напона притиска



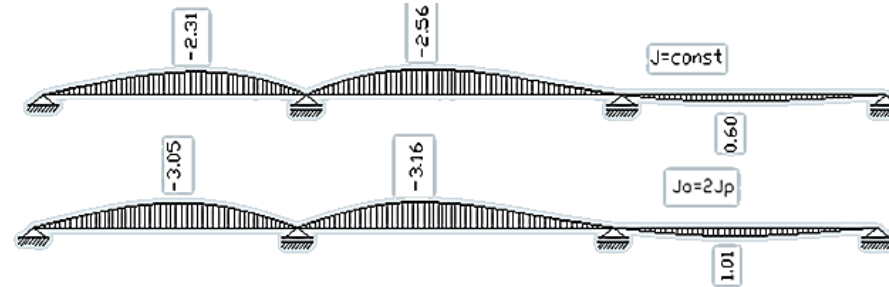
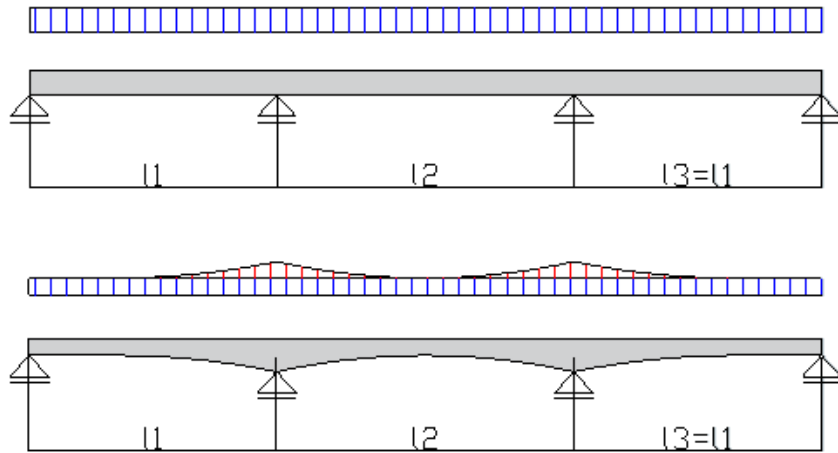
Идеализација



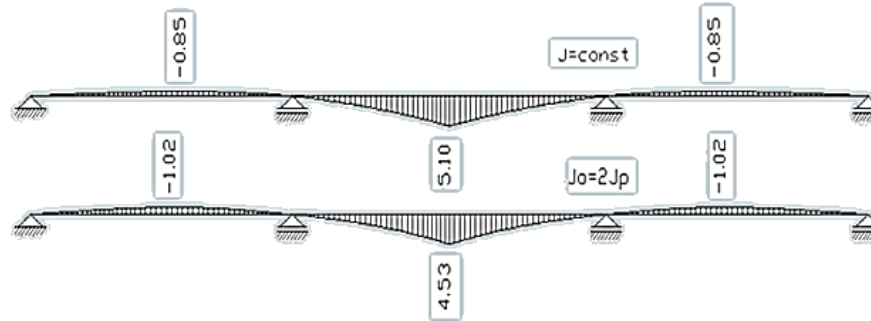
Прорачунски модел



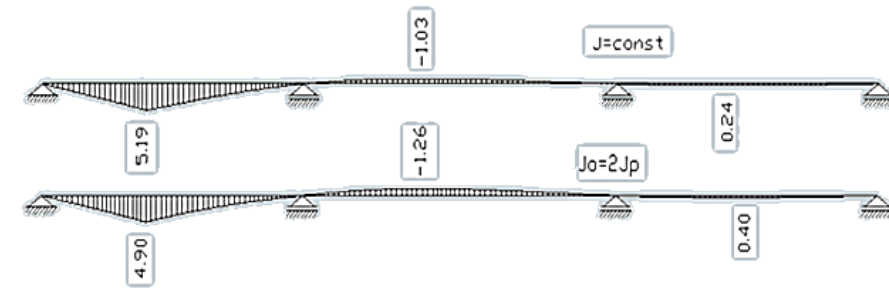
Ефекат повећања висине код средњих ослонаца



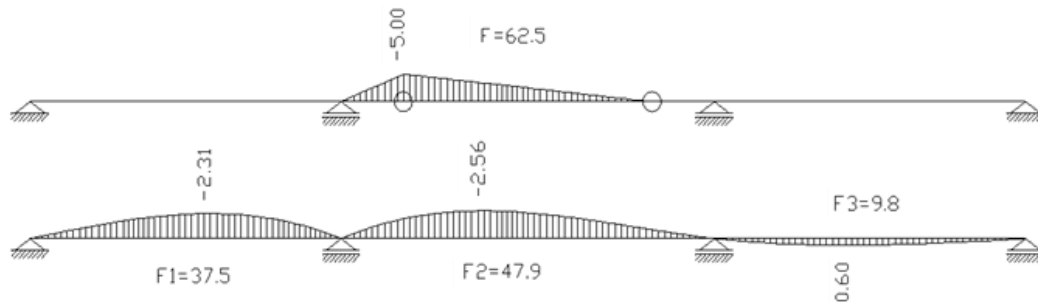
$M_{go} \sim 1.26 M_{go, const}$; $M_{po} \sim 1.24 M_{po, const}$ (где је p једнако подељено)



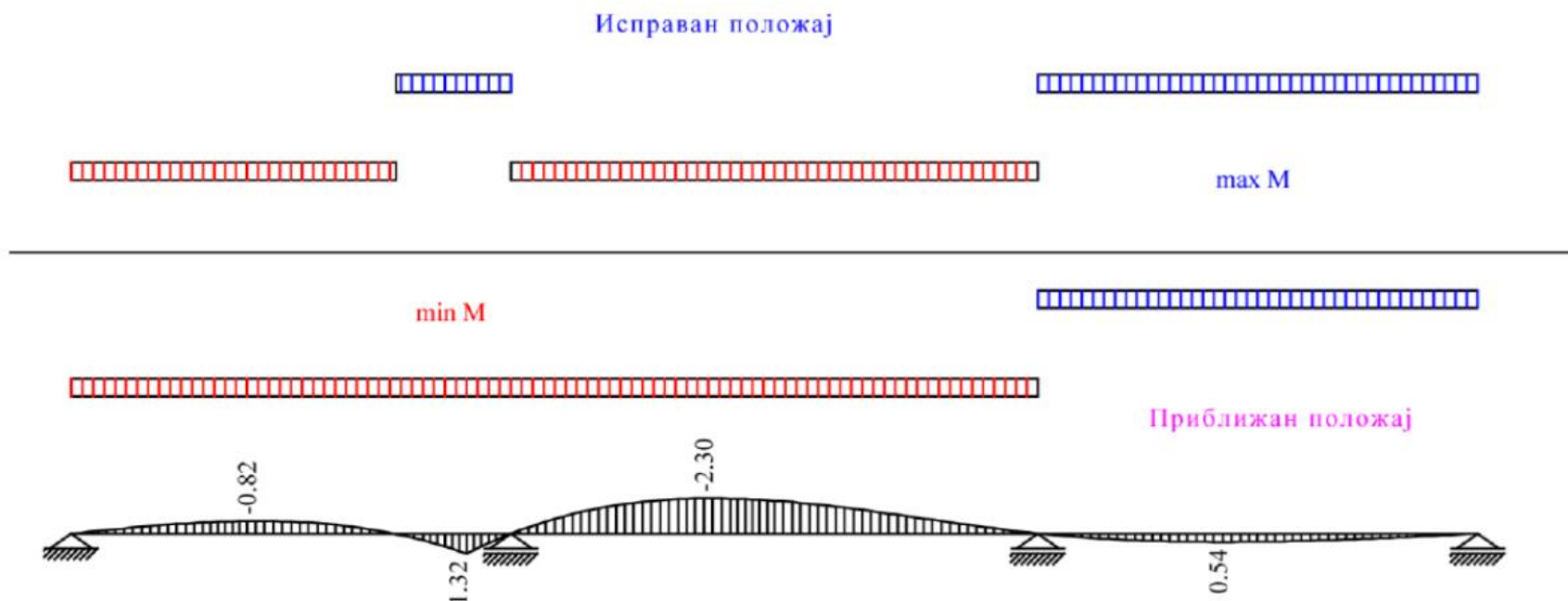
$M_{go} 0.63 M_{go, const}$; $M_{ps} \sim 0.85 M_{ps, const}$ (где је p једнако подељено)



$M_g, 0.4l_1 \sim 0.89 M_g, 0.4l_1, const$; $M_p, 0.4l_1 \sim 0.97 M_p, 0.4l_1, const$ (где је p једнако подељено)



Превојне тачке – покретно оптерећење



При константном моменту инерције, а за покретно оптерећење, грешка је:

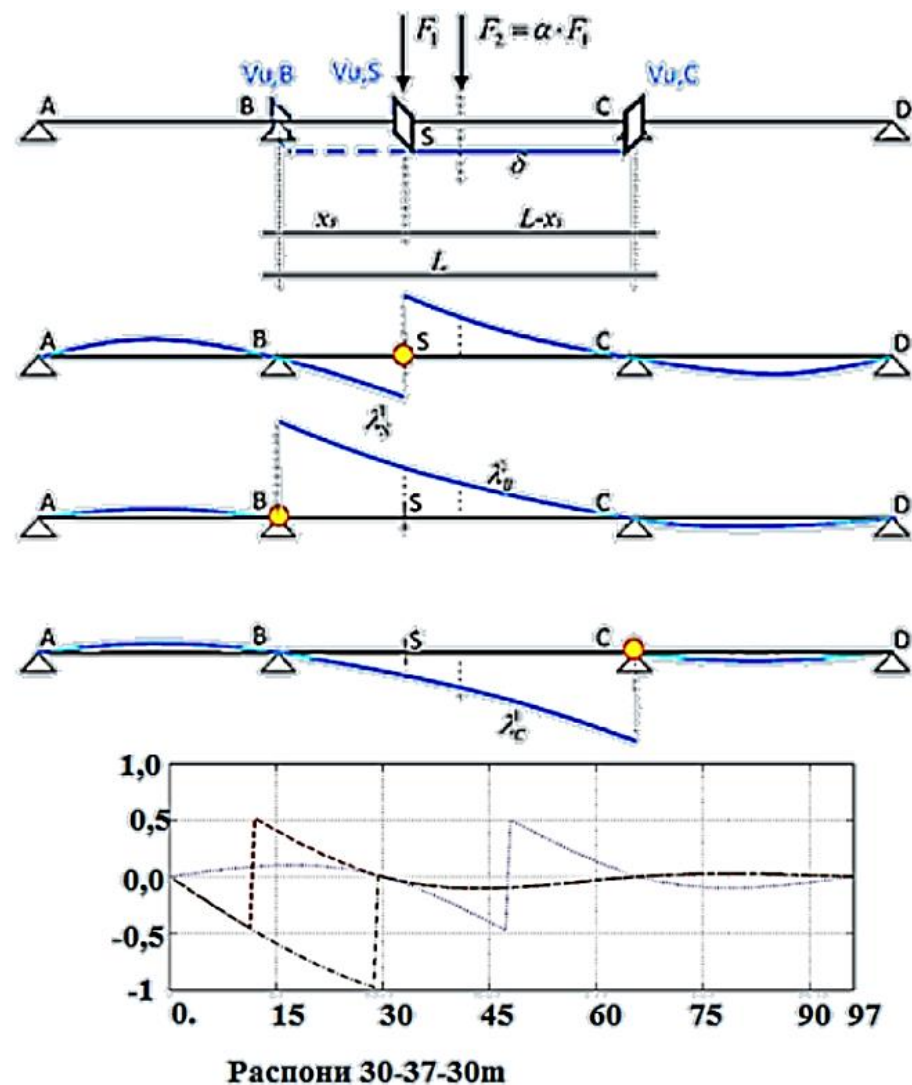
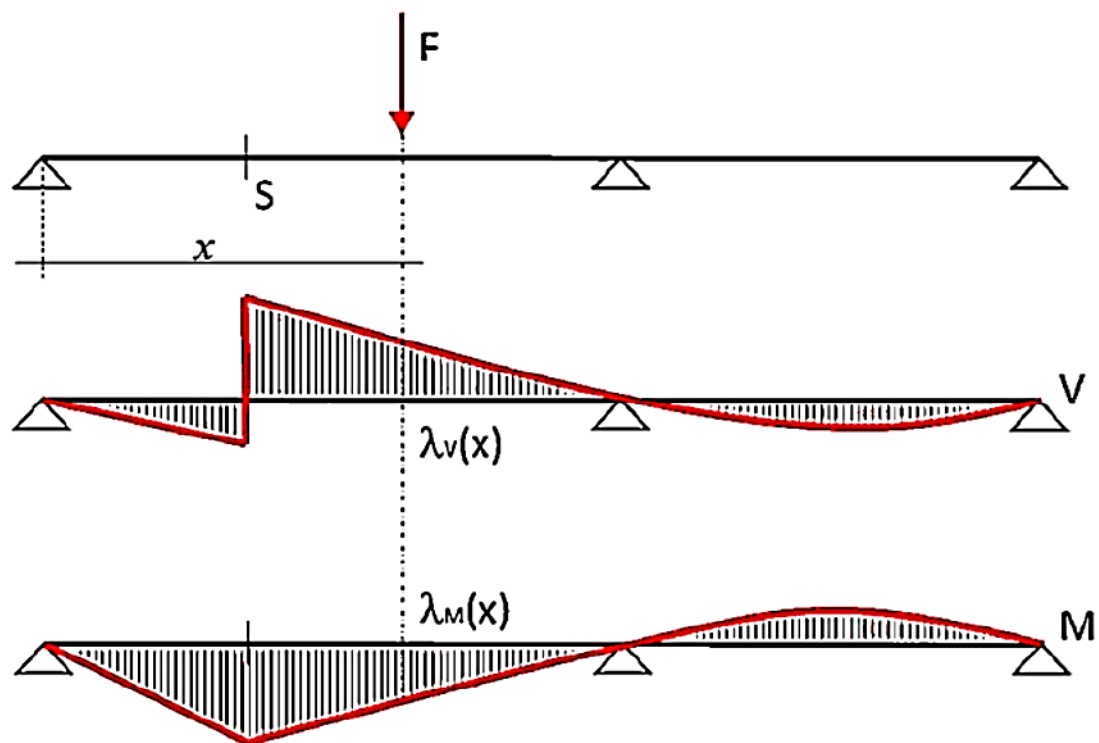
- За негативне momente 12% (није на страни сигурности)
- За позитивне momente 31% (није на страни сигурности)

При промењивом моменту инерције, а за покретно оптерећење, грешка је:

- За негативне момент 5.3% (није на страни сигурности)
- За позитивне момете 24% (није на страни сигурности)

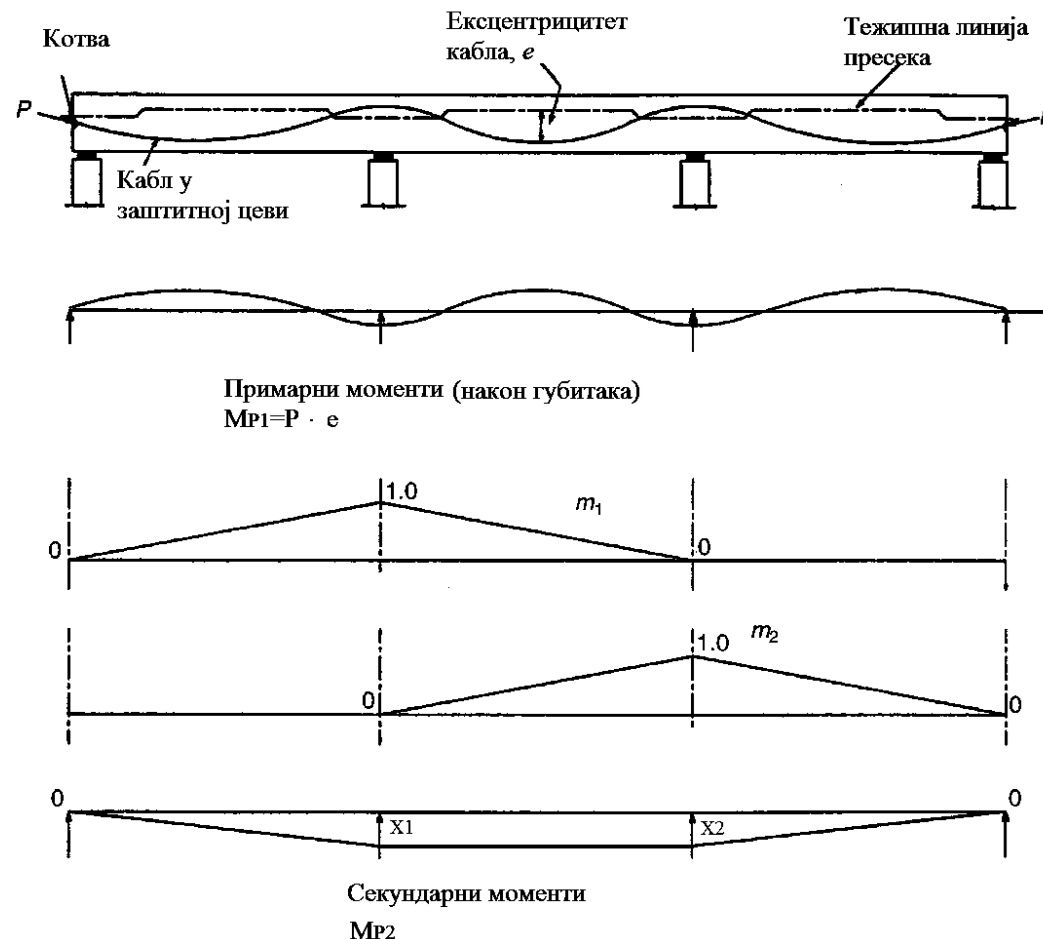
Срећна околност је да су ти позитивни моменти и тако релативно мали

Утицајне линије – трансверзална сила

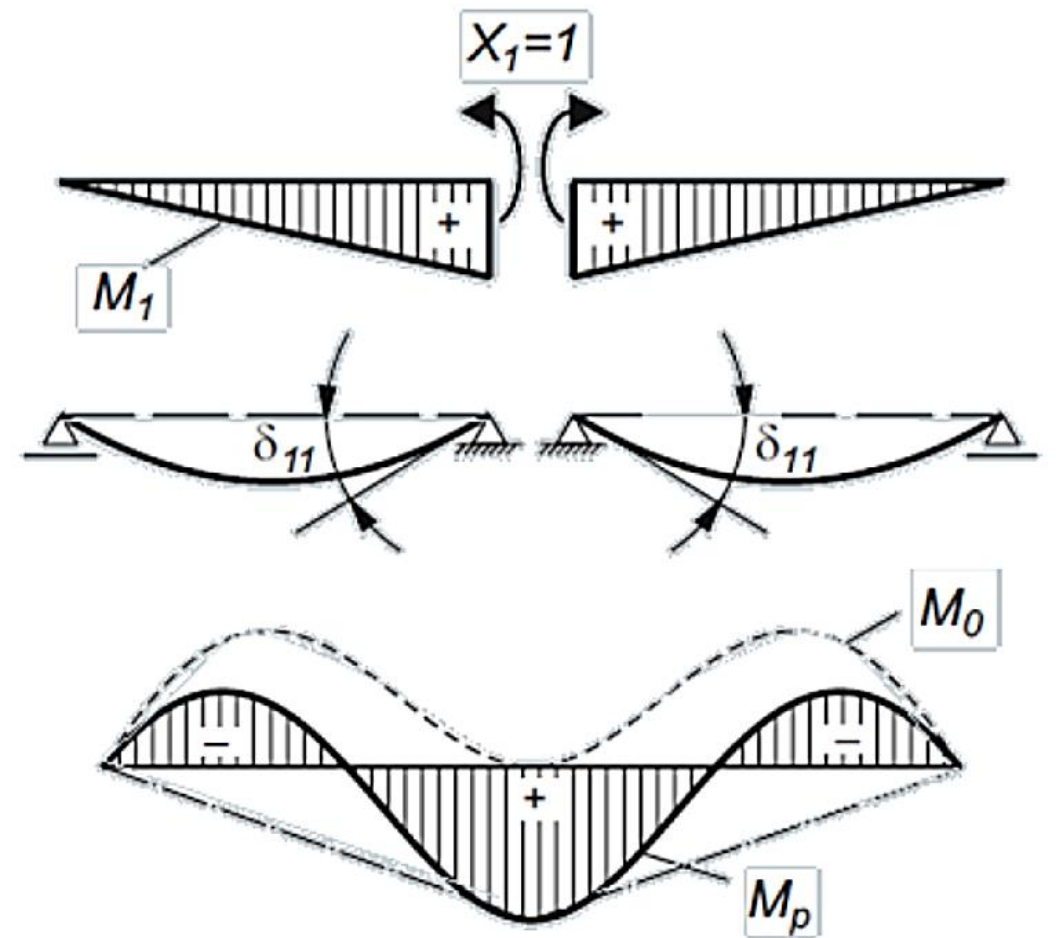
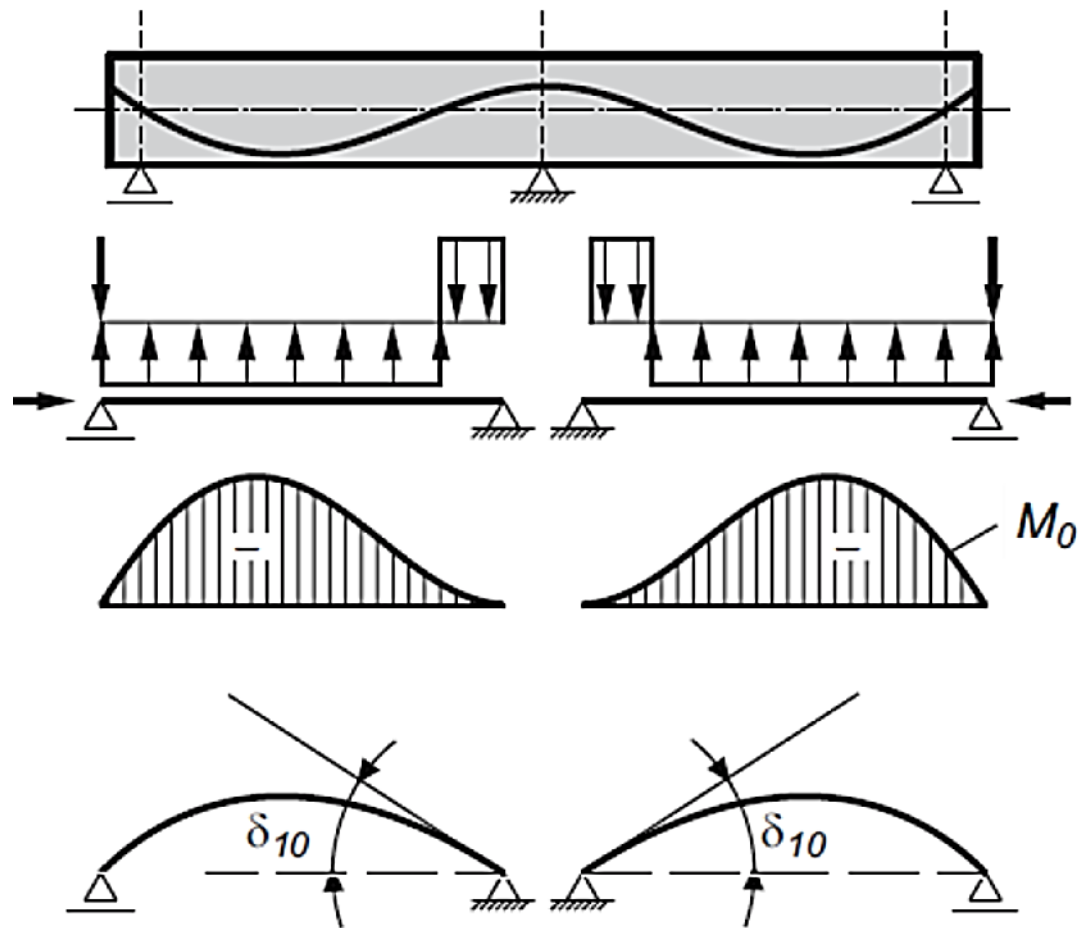


Претходно напрезање

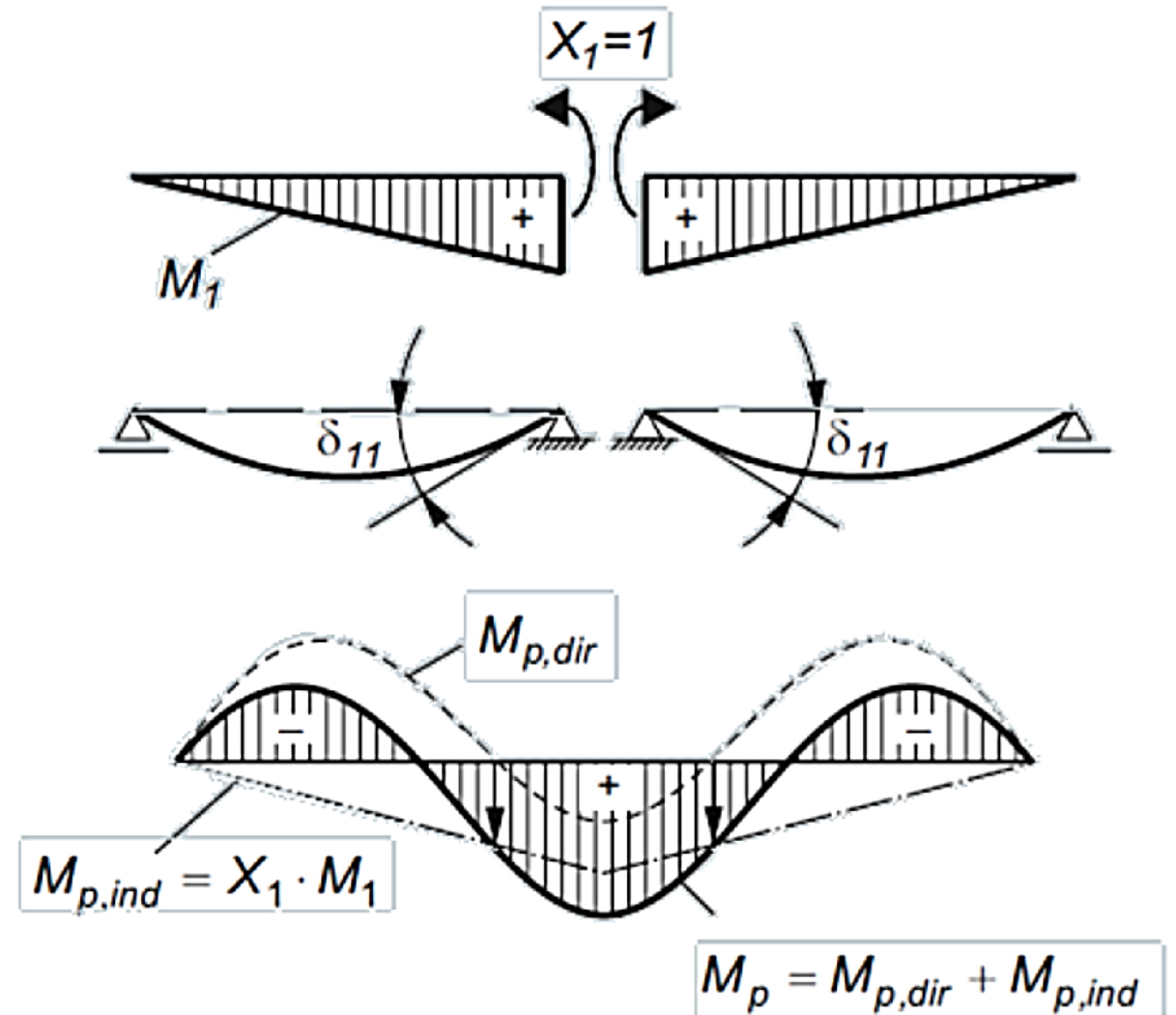
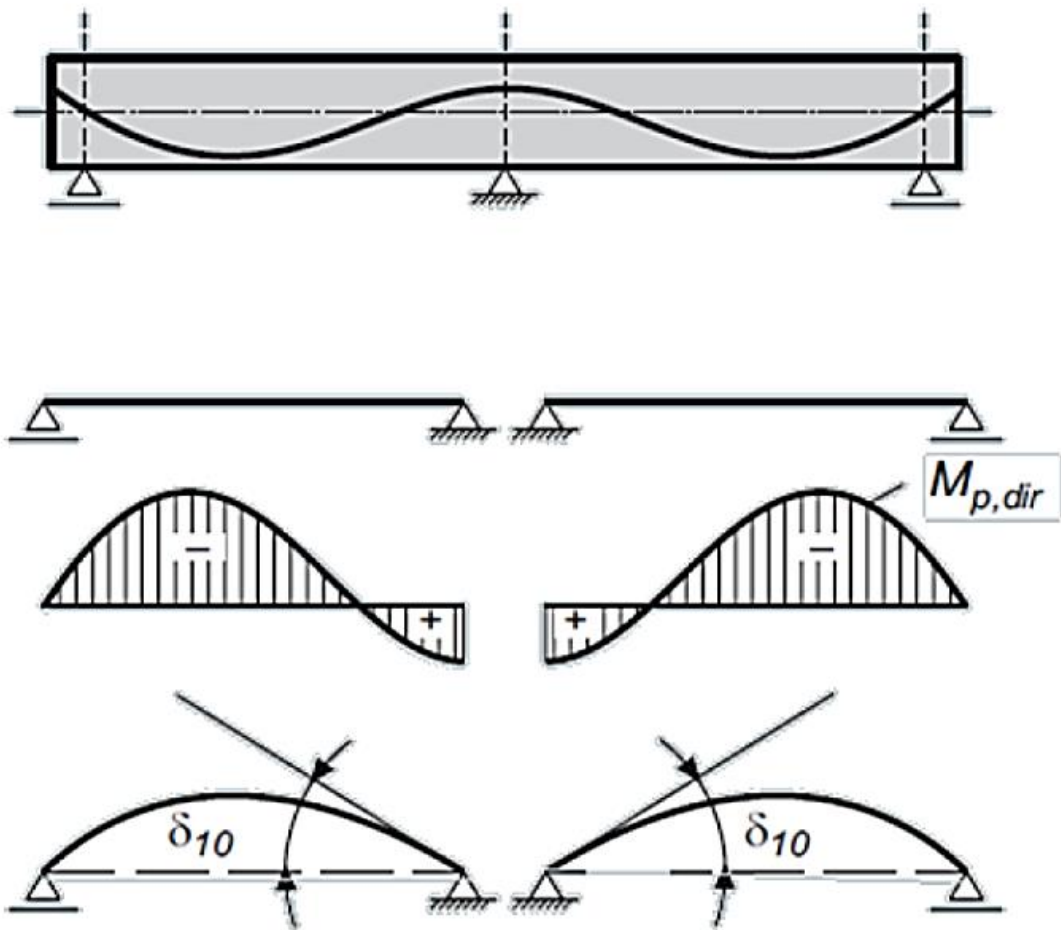
- Примарни и секундарни моменти
 - Примарни (једини који постоје у статички одређеним системима) – афини су траси каблова и једнаки сила помножена са ексцентрицитетом
 - Секундарни – настају услед спреченог померања у статички неодређеним системима
 - Еквивалентно оптерећење
- Губитци силе претходног напрезања:
 - Зависе од усвојеног система претходног напрезања, начина претходног напрезања и облика трасе каблова;
 - Постоје почетни и временски губитци
 - Еквивалентно оптерећење након губитака



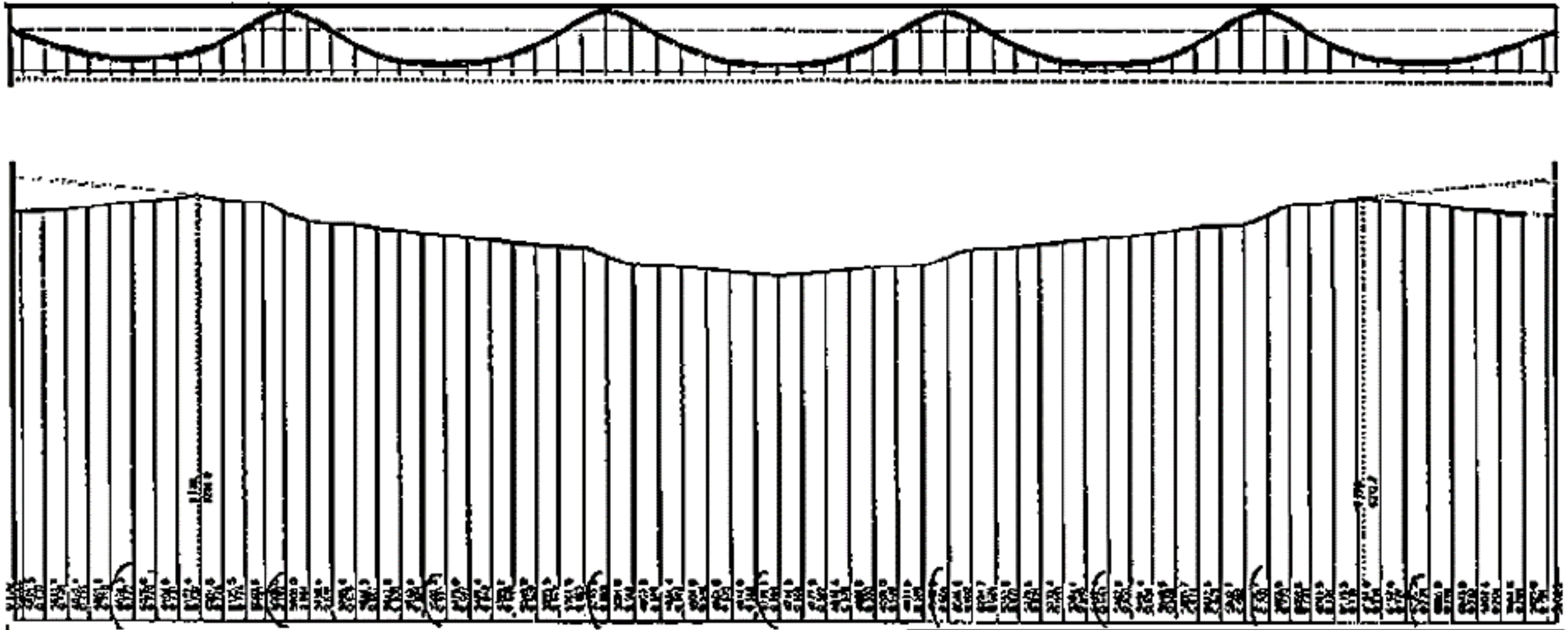
Ефекти претходног напрезања



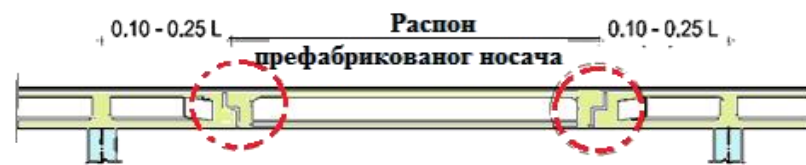
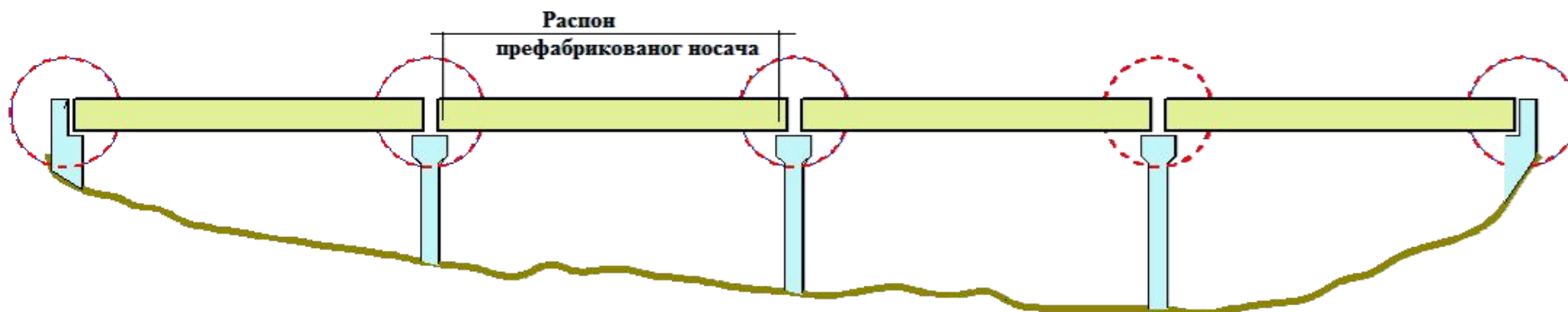
Одређивање примарних и секундарних утицаја претходног напрезања



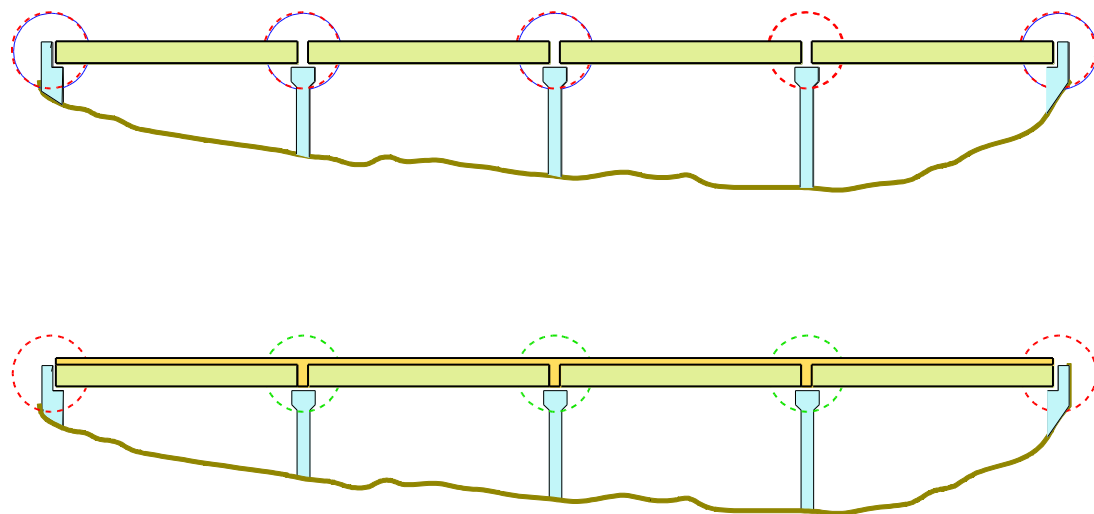
Сила у кабловима дуж носача



Употреба префабрикованих носача

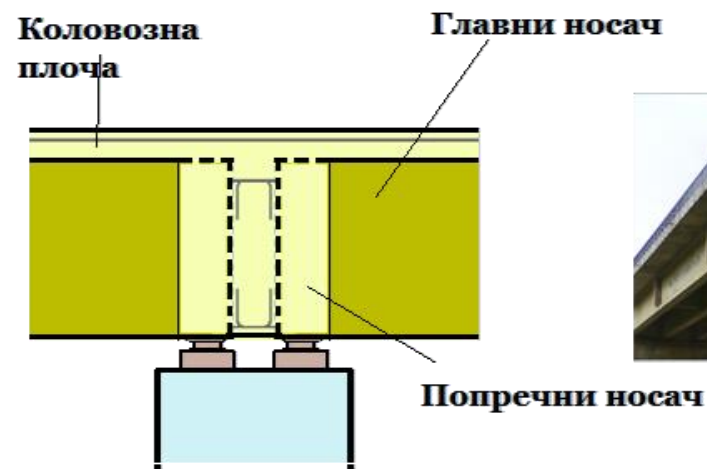
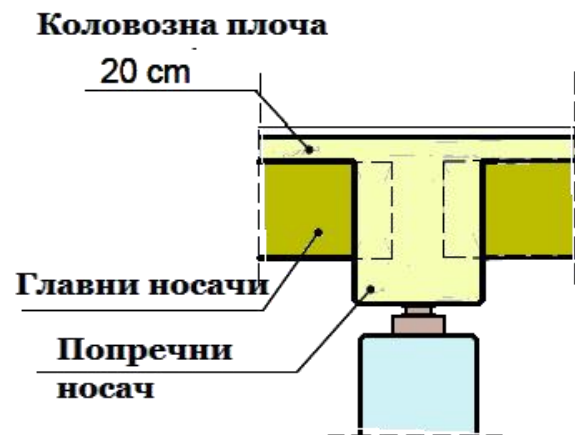
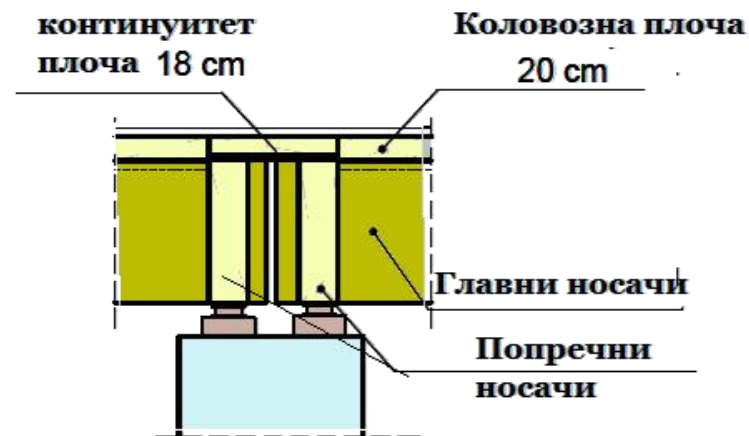
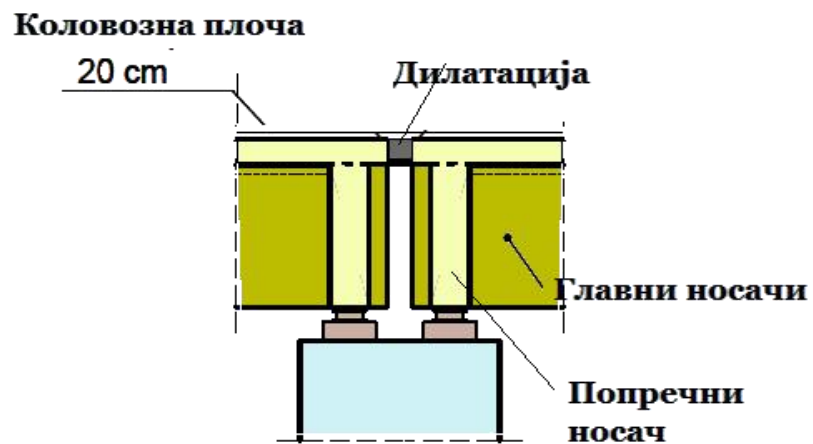


Формирање коловозне површине



- Низ простих греда:
 - Елеминисање ефекта диференцијалног слегања;
 - Попречни носачи над лежиштима - 40 cm
 - Дилатациона справа (проблем трајности)
 - Континуитет плоча
- Континуирани носач (пуни континуитет)
 - Побољшана трајност
 - Попречни носач - >150 cm

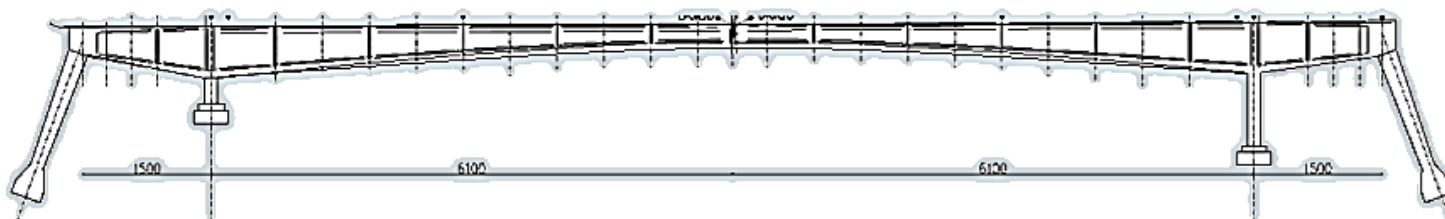
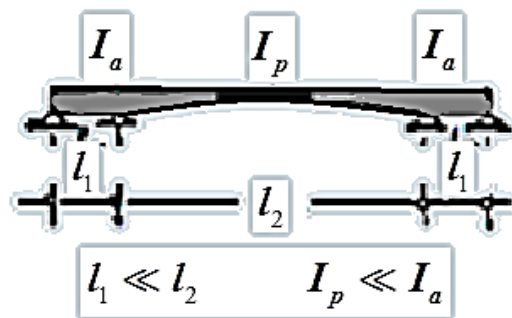
Остварење континитета



Осањања над средњим стубовима



Укљештена греда



Ослањање гредних мостова



Остваривање везе коловозне конструкције гредних мостова са стубовима

Бетонски зглобови

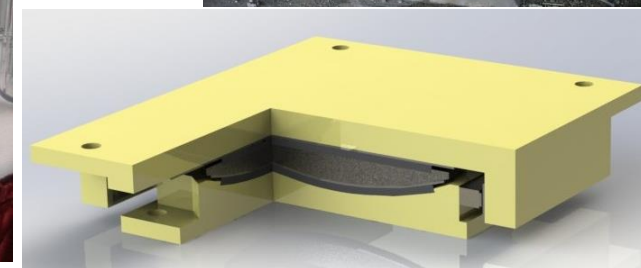
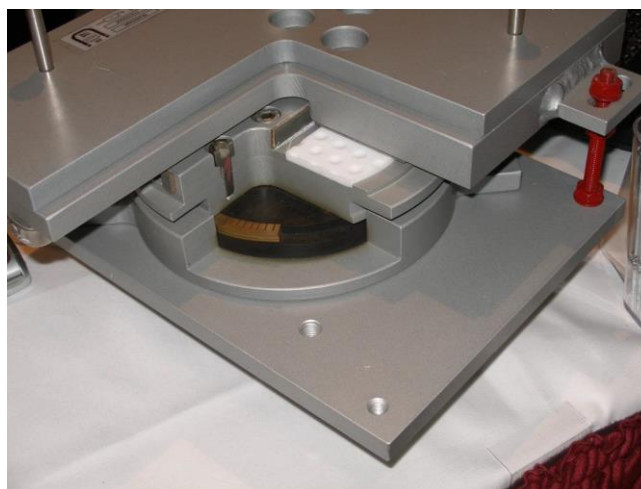


Механичка лежишта

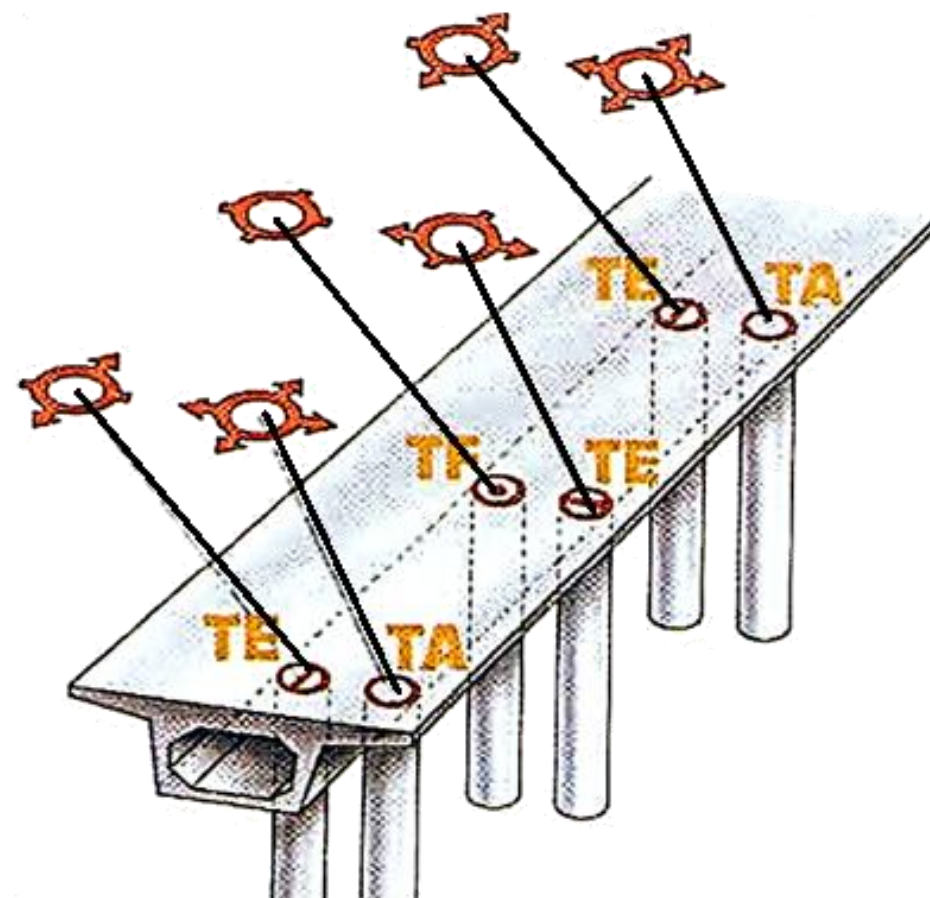
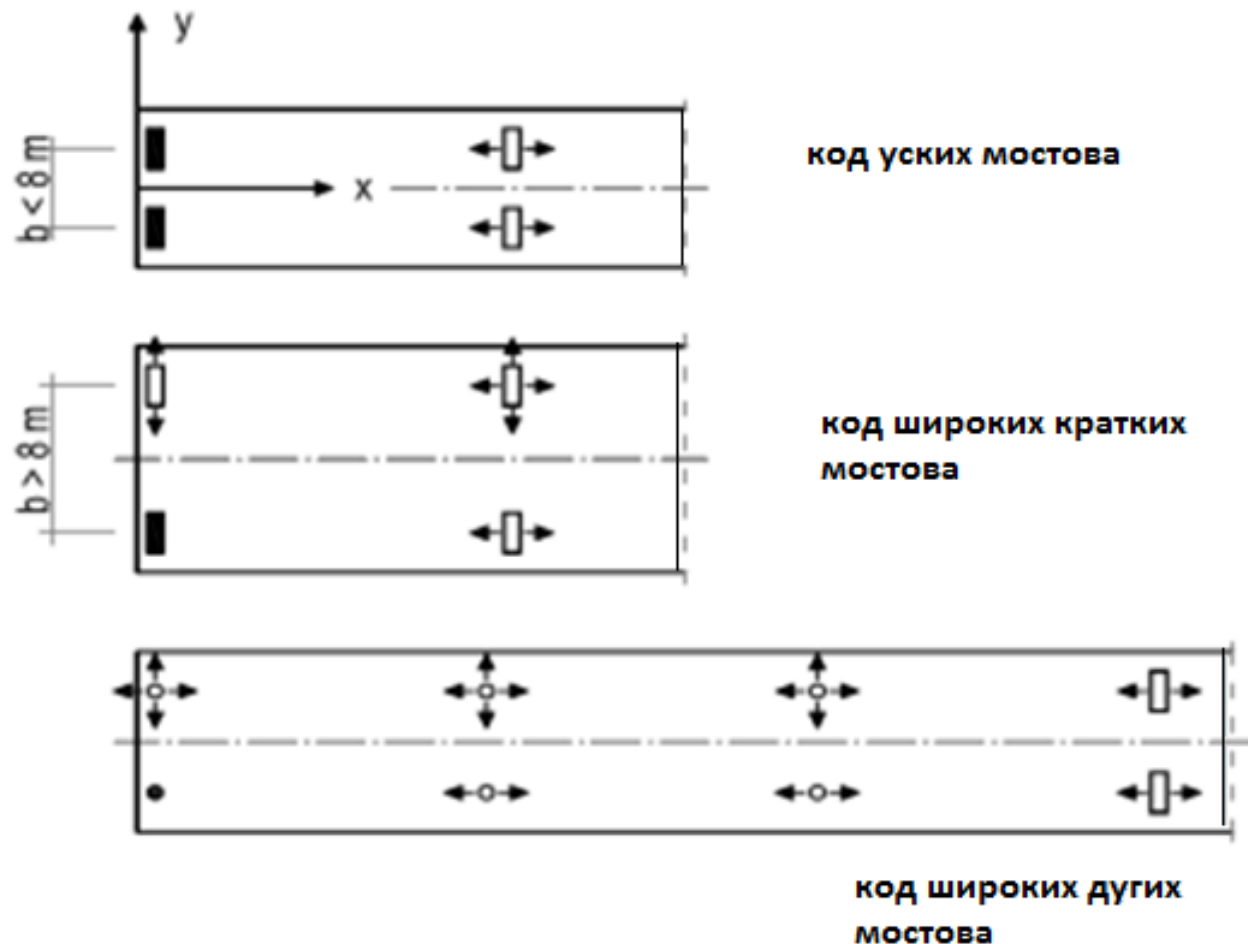


Типови механичких лежишта

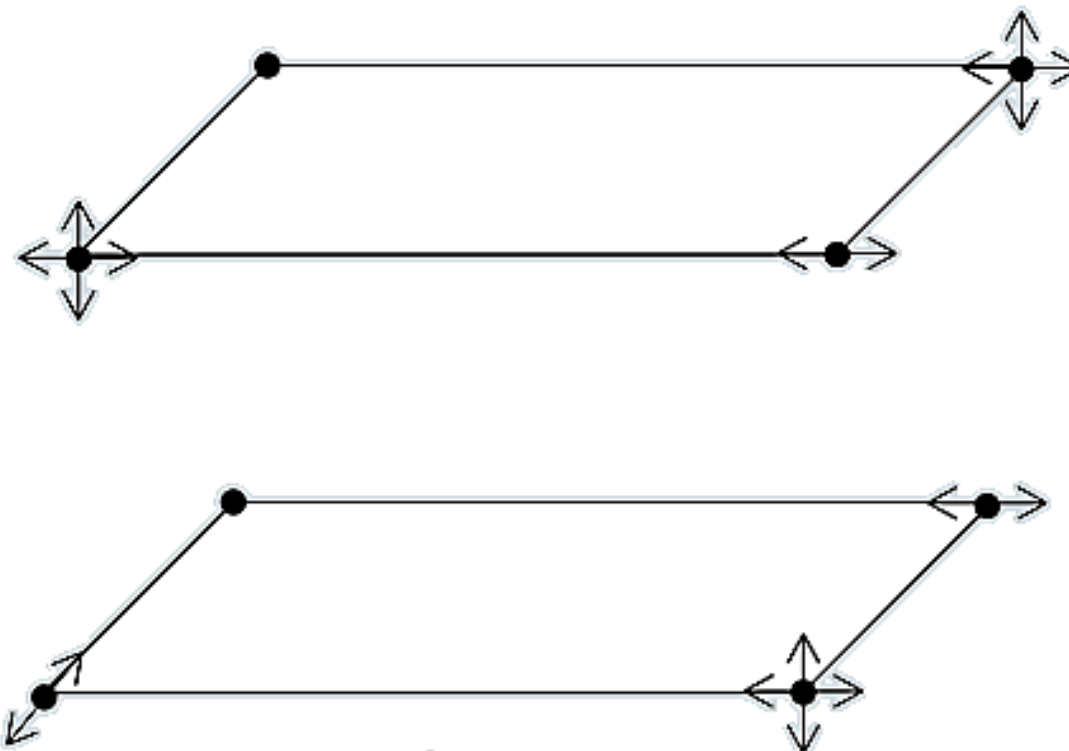
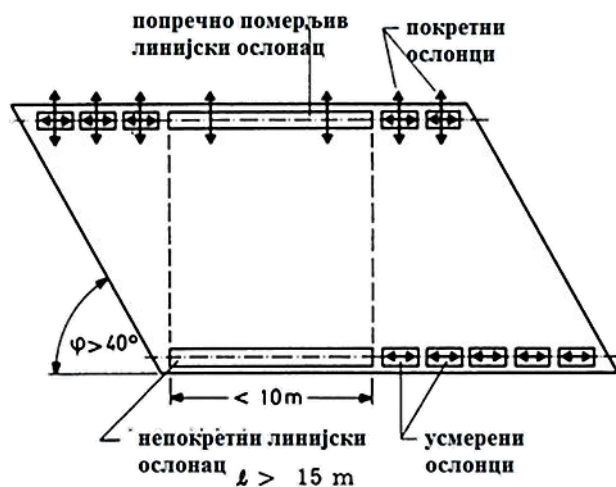
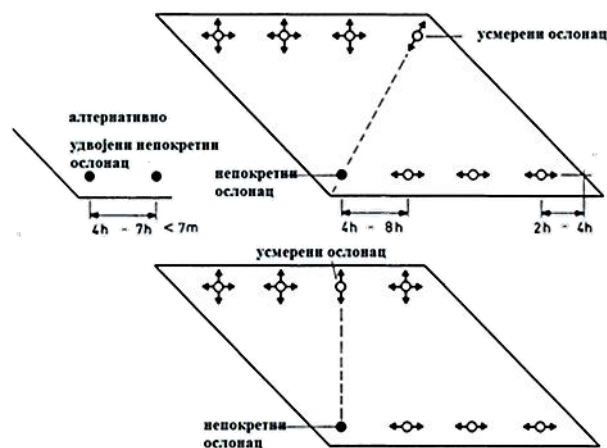
- Челична лежишта
- Еластомерна лежишта
- Лончаста лежишта
- Сферна лежишта



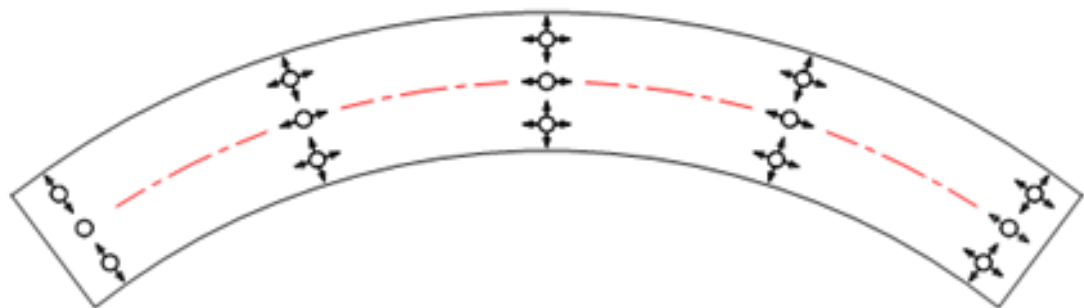
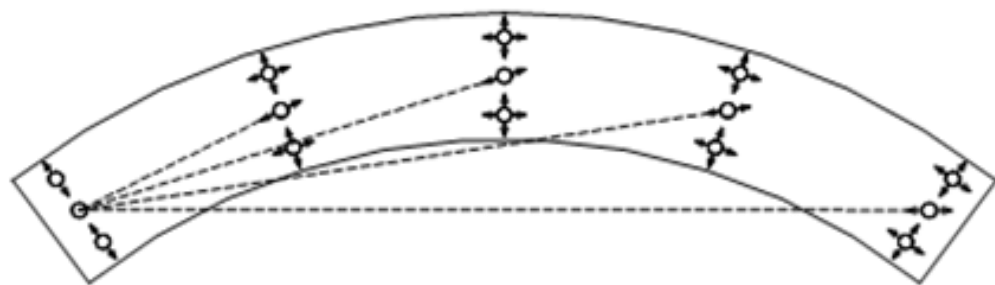
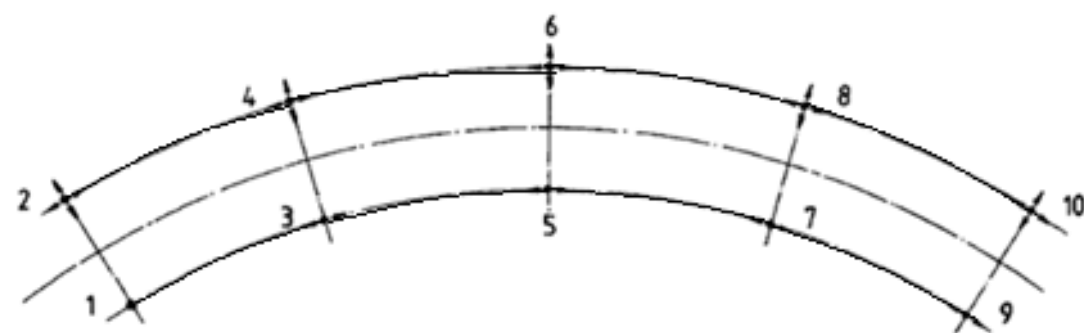
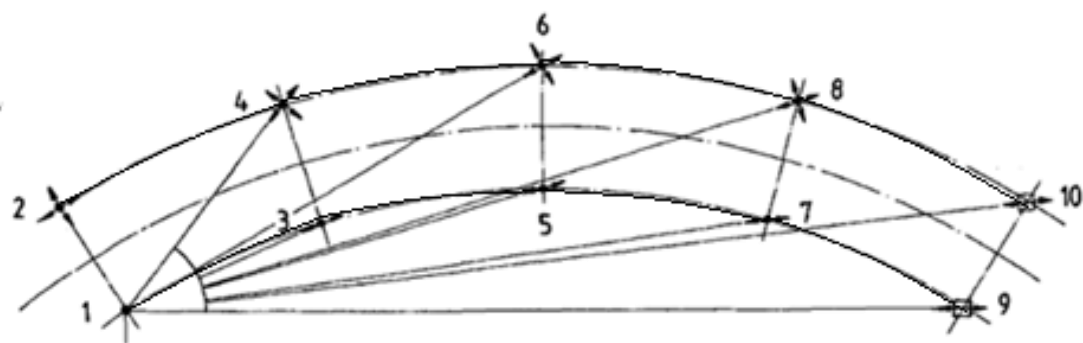
Диспозиција лежишта - мостови у правцу



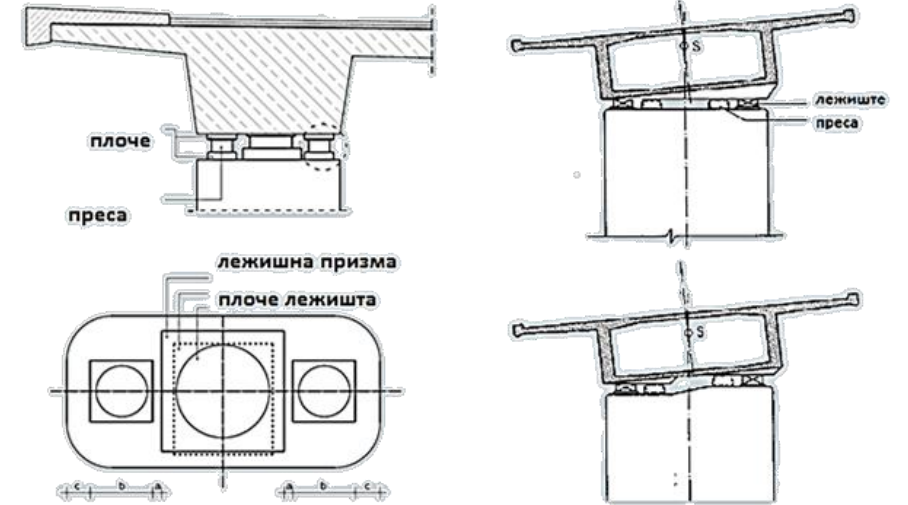
Диспозиција лежишта код косих мостова



Диспозиција лежишта код мостова у кривини



Оштећења и замена лежишта



Ослањање преко лежишта

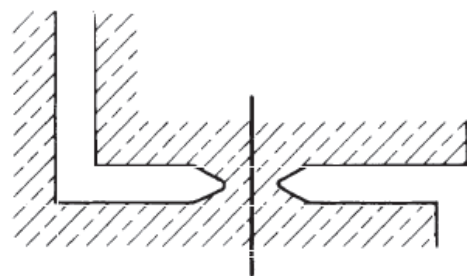
Предности

1. У неким случајевима једноставније извођење него у случају монолитне везе.
2. Сеизмички напони у коловозној конструкцији су смањени, у поређењу са онима у монолитном вези за подужно сеизмичко дејство готово су елиминисани.
3. Једноделни стубови имају слично понашање у подужним и попречним правцима; ако су спектрална убрзања у ова два правца слична, сеизмички моменати и трансвезалне силе у стубовима ће бити слични, омогућавајући оптималан пројекат стуба

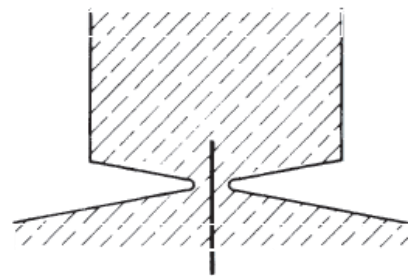
Мане

- Лежишта захтевају прегледе, одржавање и понекад замену.
- Уколико стуб има вишеделни пресек повезан лежишном гредом ови елементи нису оптимално искоришћени за прихватање земљотреса:
 - У подужном правцу се понашају као вертикалне конзоле
 - У попречном правцу њихови врхови су "укљештени" у лежишну греду

Бетонски зглоб

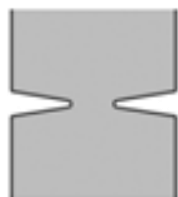


Опорац

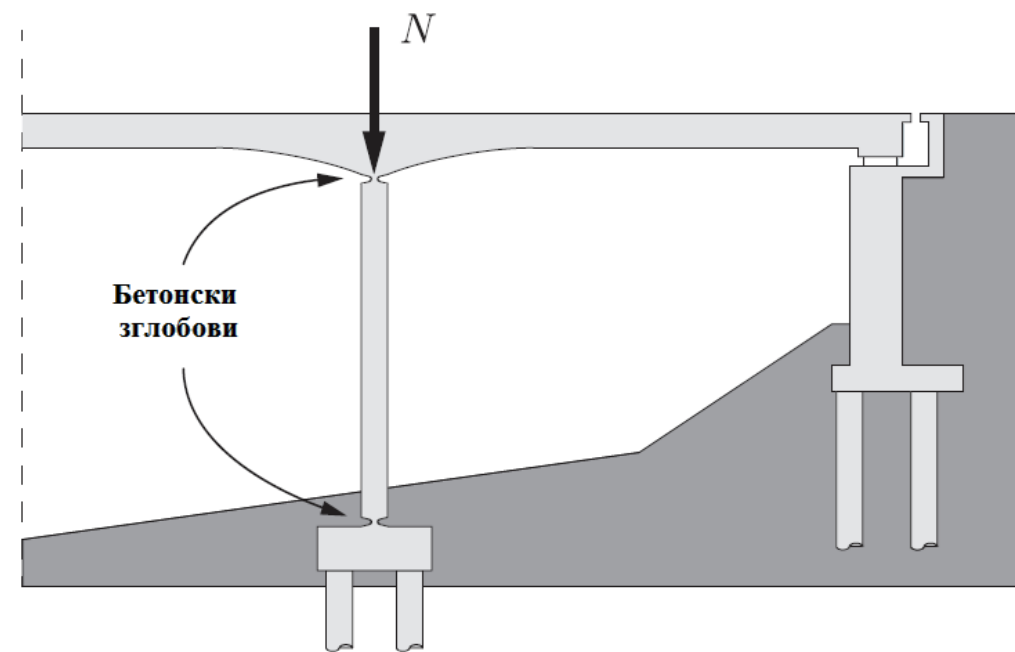
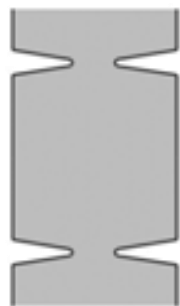


Средњи стуб

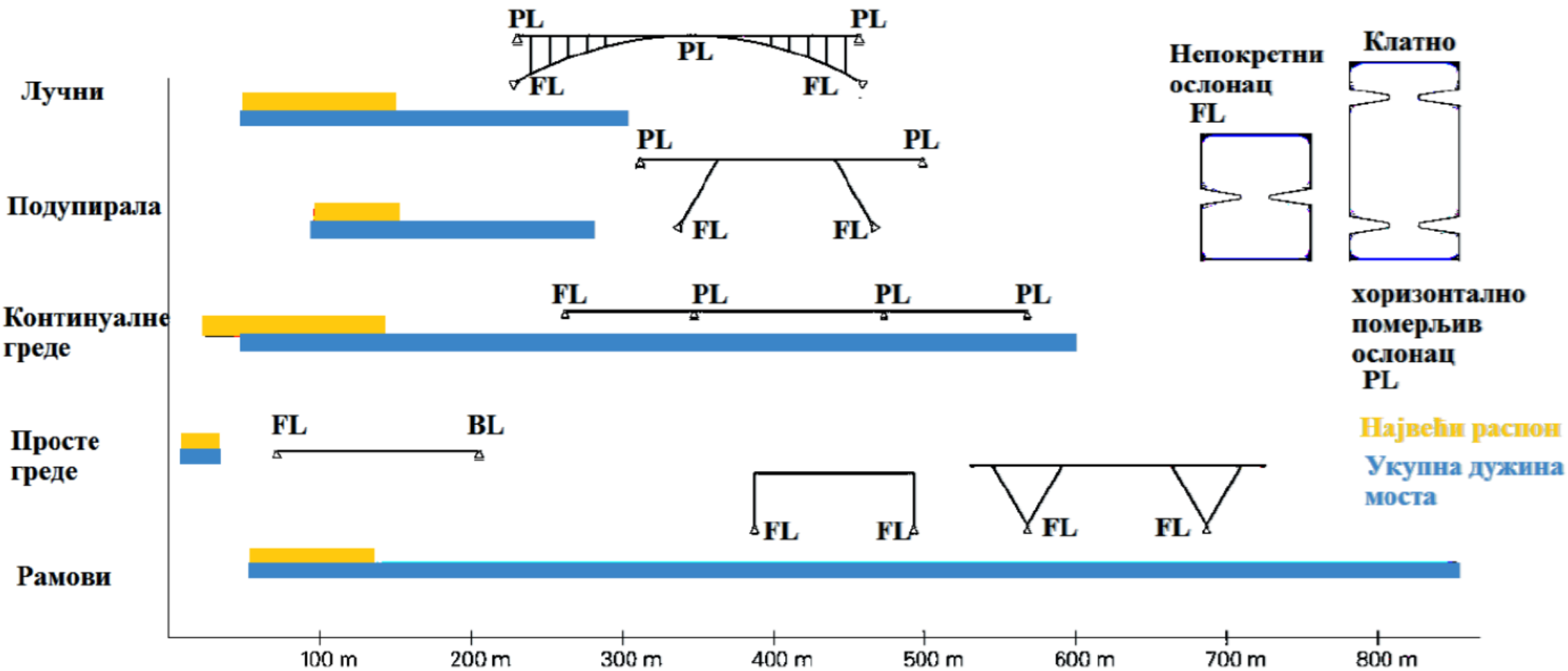
Непокретни ослонац
Фресинеов зглоб



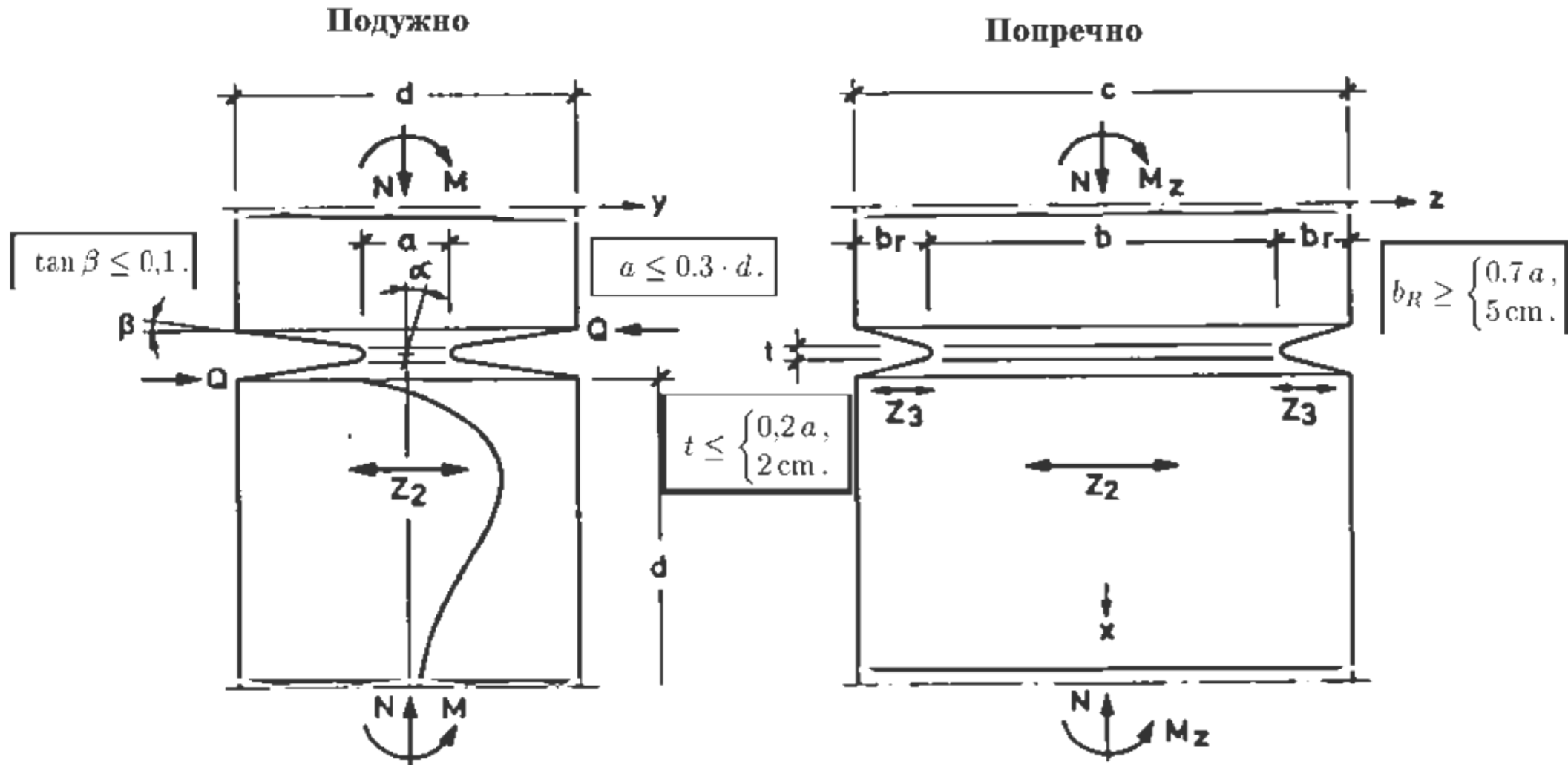
Покретан ослонац -
двоструки Фресинеов
зглоб (клатно)



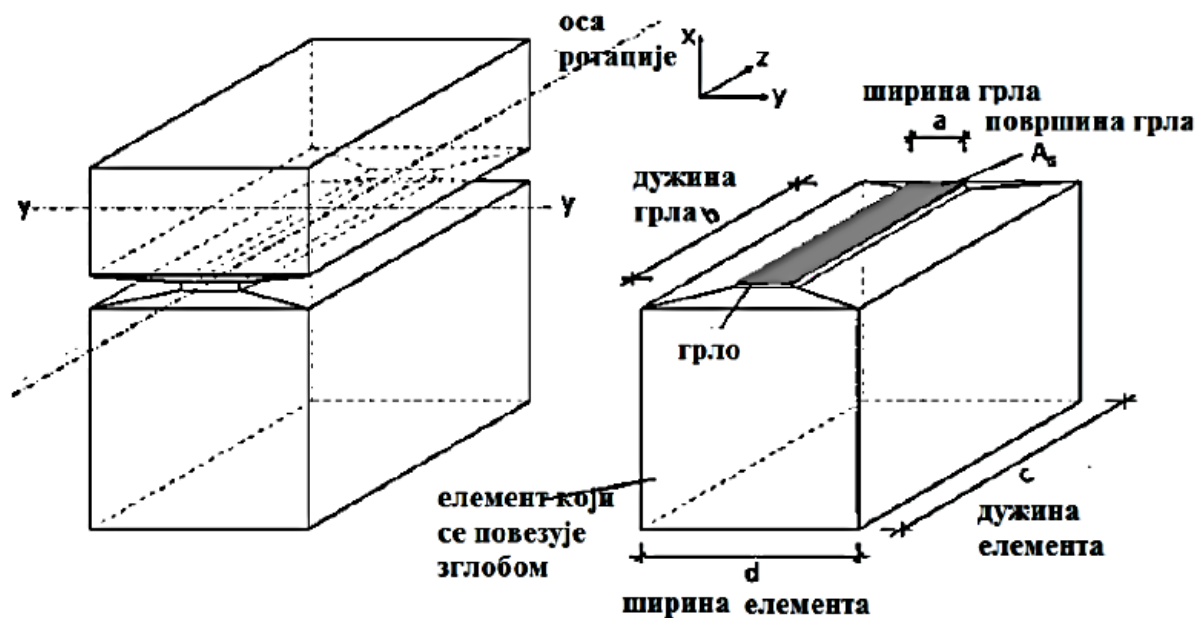
Варијанте ослањања преко бетонских зглобова



Фресинеов зглоб - обликовање



Контроле бетонског дела зглоба



$$A_{g,min} = a \cdot b = \frac{10 \cdot N_{d,max}}{\sqrt{3} \cdot f_{cd} \cdot \left[1 + \lambda \cdot \underbrace{\left(1 - \alpha_d \cdot \frac{E_{com}}{12800 \cdot \sqrt{3} \cdot f_{cd}} \right)}_{\leq 1} \right]} \leq 128000 \cdot \frac{N_d}{\alpha_d \cdot E_{com}}$$

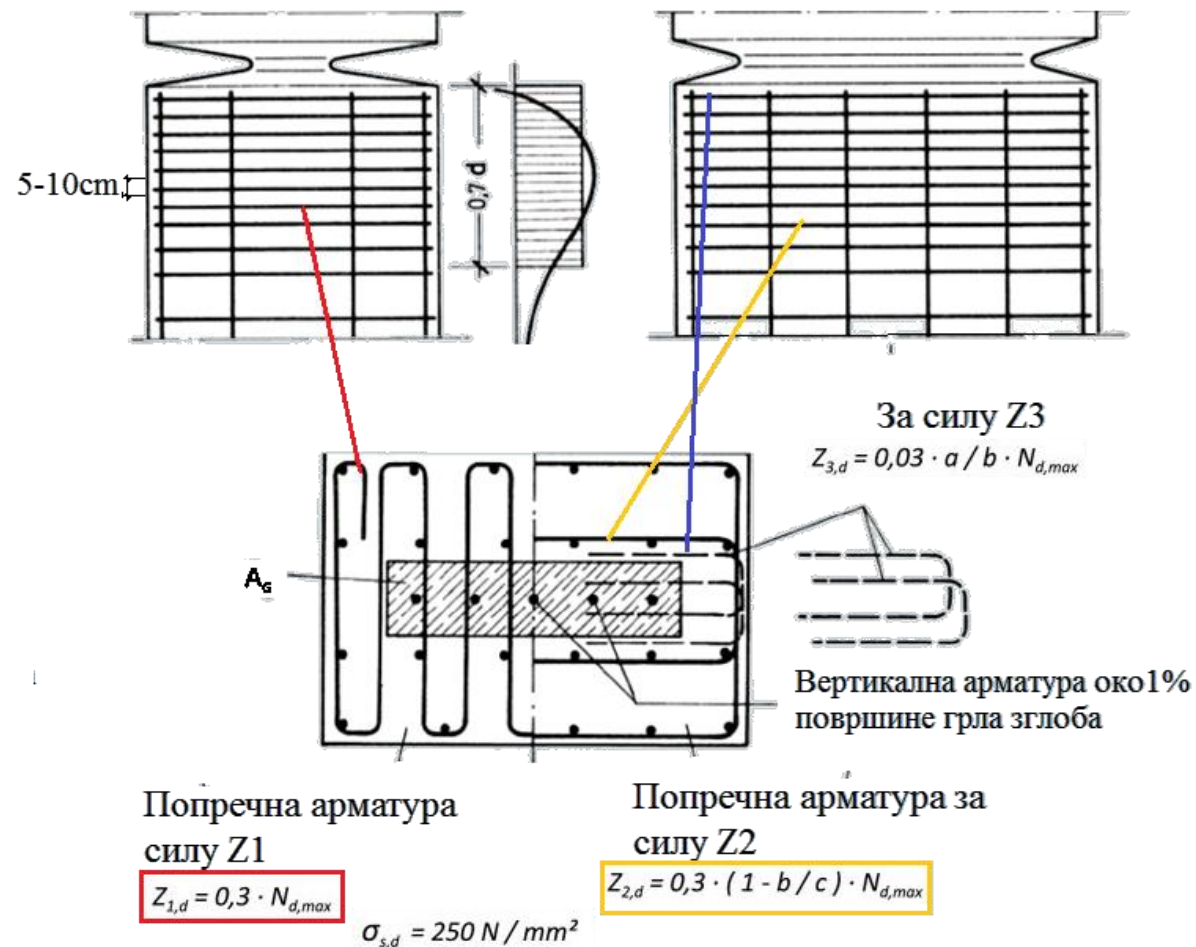
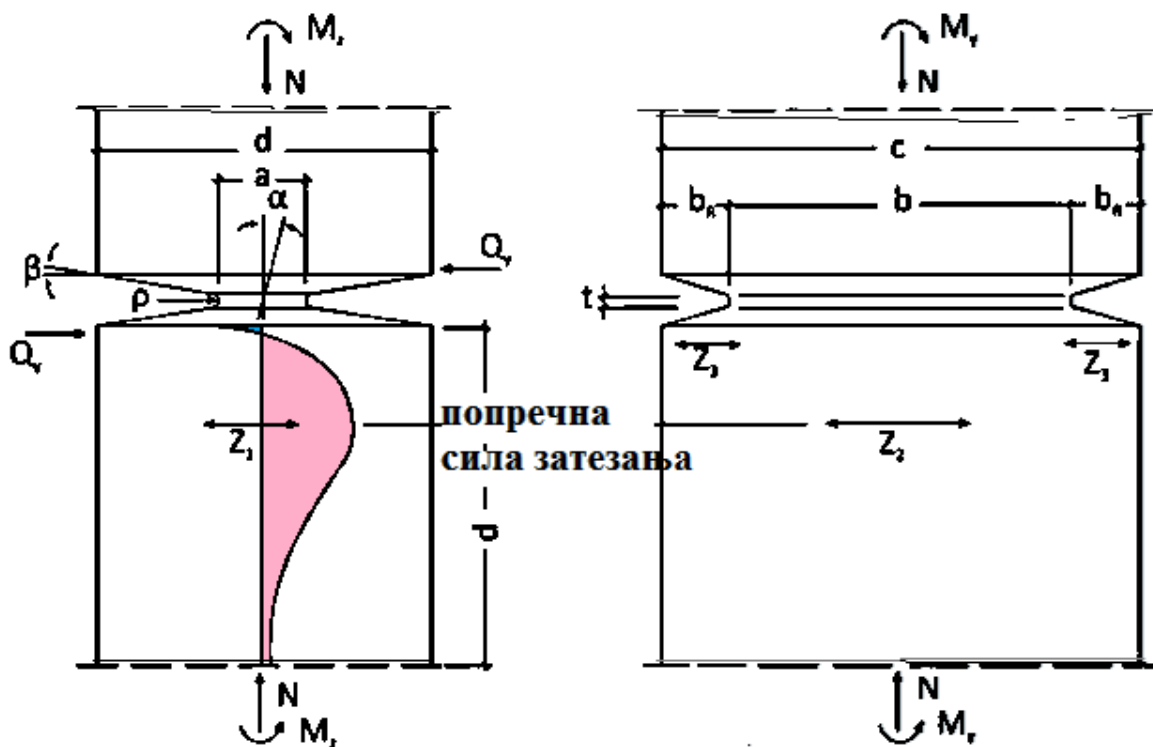
$$\lambda = 1,2 - 4 \cdot \frac{a}{d} \leq 0,8$$

$$\alpha_{Rd} = 128000 \cdot \frac{N_d}{a \cdot b \cdot E_{com}} \geq \alpha_d = 0,5 \cdot \alpha_G + \alpha_Q$$

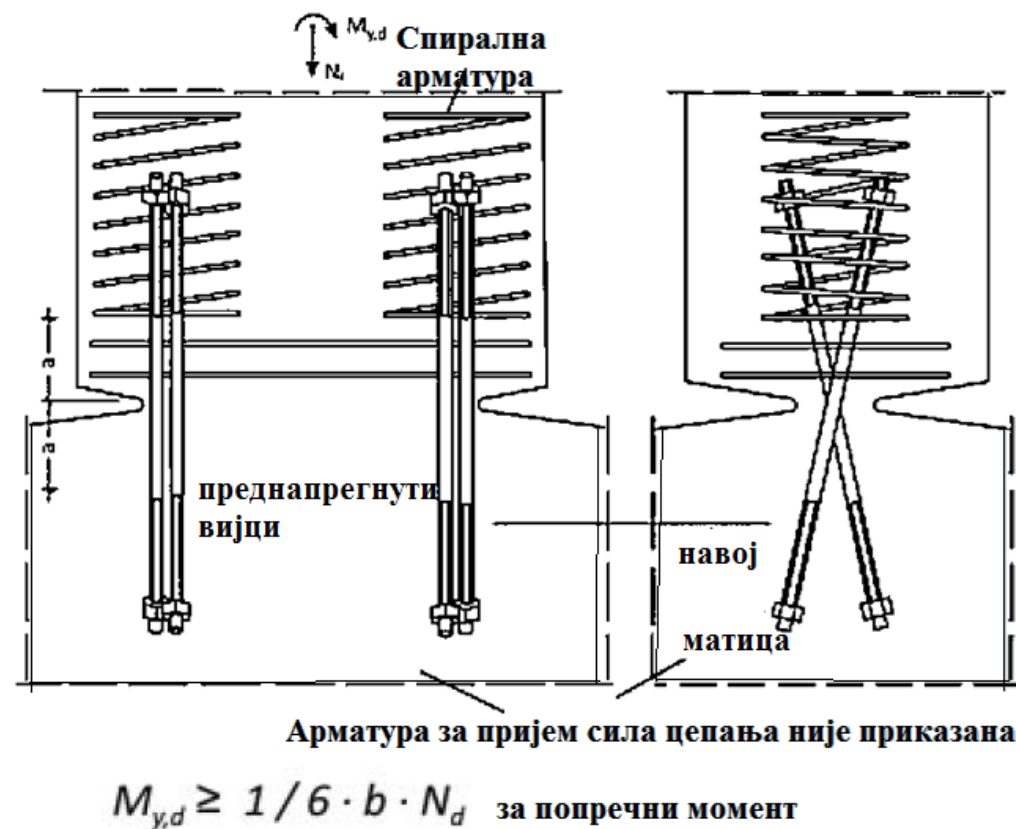
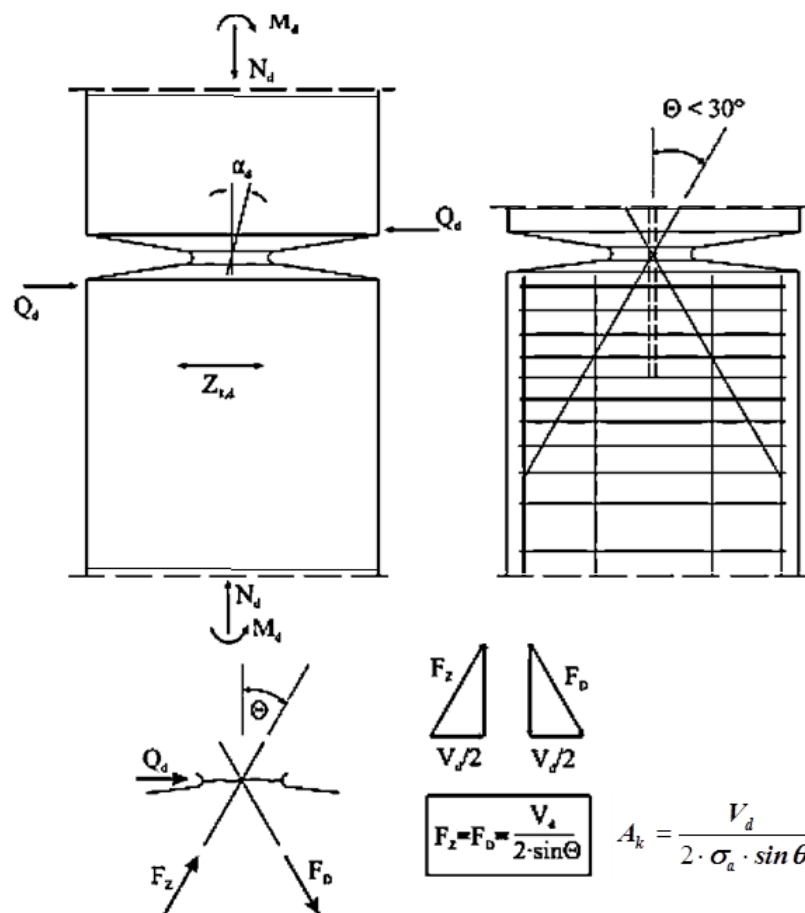
[kN ; cm² ; N/mm² ; ‰]

$$m = \frac{M_y}{N \cdot a} = \begin{cases} m_1 & 0 \leq m \leq 1/6 \quad 0 \leq \psi \cdot \alpha_d \leq 9 \quad m_1 = \frac{\psi \cdot \alpha_d}{54} \\ m_2 & 1/6 \leq m \leq 1/3 \quad 9 \leq \psi \cdot \alpha_d \leq 36 \quad m_2 = \frac{1}{2} - \sqrt{\frac{1}{\psi \cdot \alpha_d}} \end{cases} \quad \psi = \frac{9 \cdot E_{com} \cdot A_g}{20000 \cdot N_d}$$

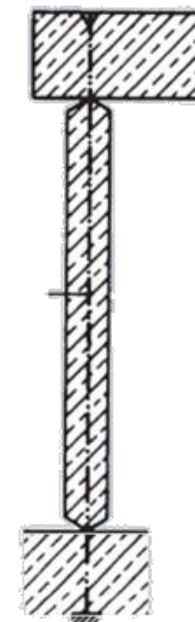
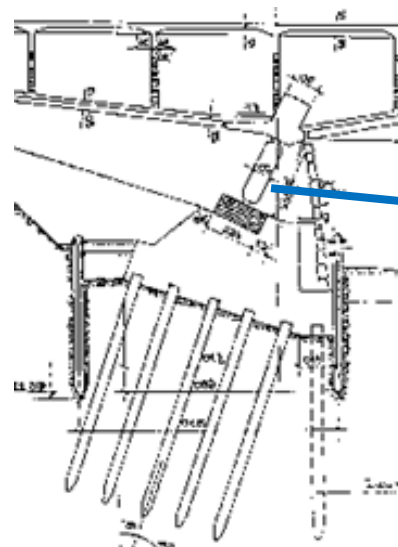
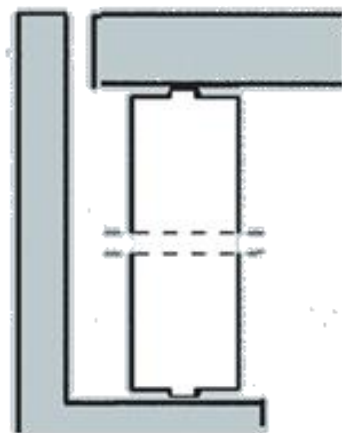
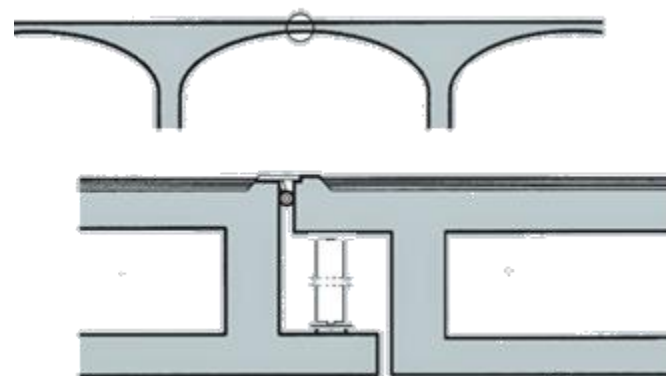
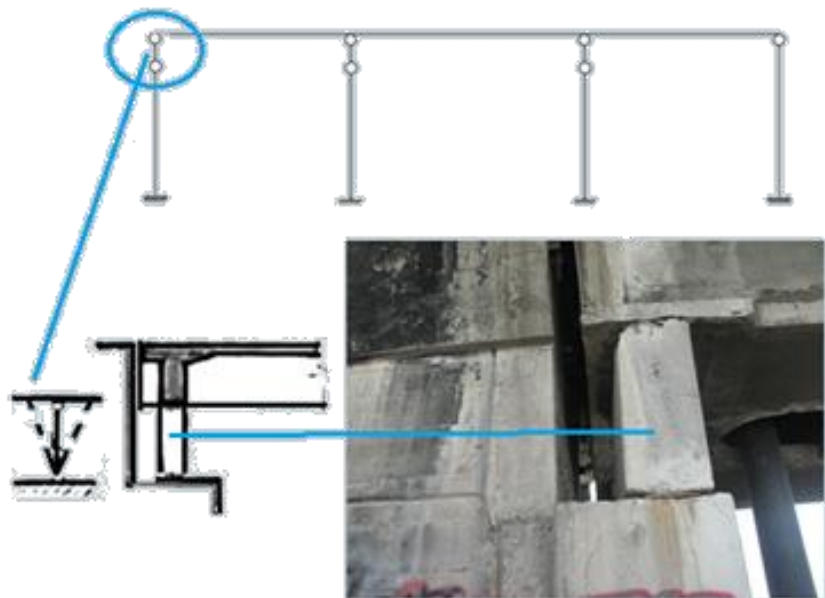
Армирање зглоба



Трансвертална сила у зглобу



Бетонско клатно – покретни ослонац



Резиме

- Приближно 70% бетонских мостова су гредних система (укључиво и рамове на витким стубовима).
- Условљено начином извођења као и функционалношћу и трајношћу поједини системи се готово више не примењују.
- Савремени гредни бетонски мостови су система континуираних греда или континуалних греда.
- Избор начина ослањања треба да омогући адекватно понашање система (слободне деформације конструкције у подужном правцу).