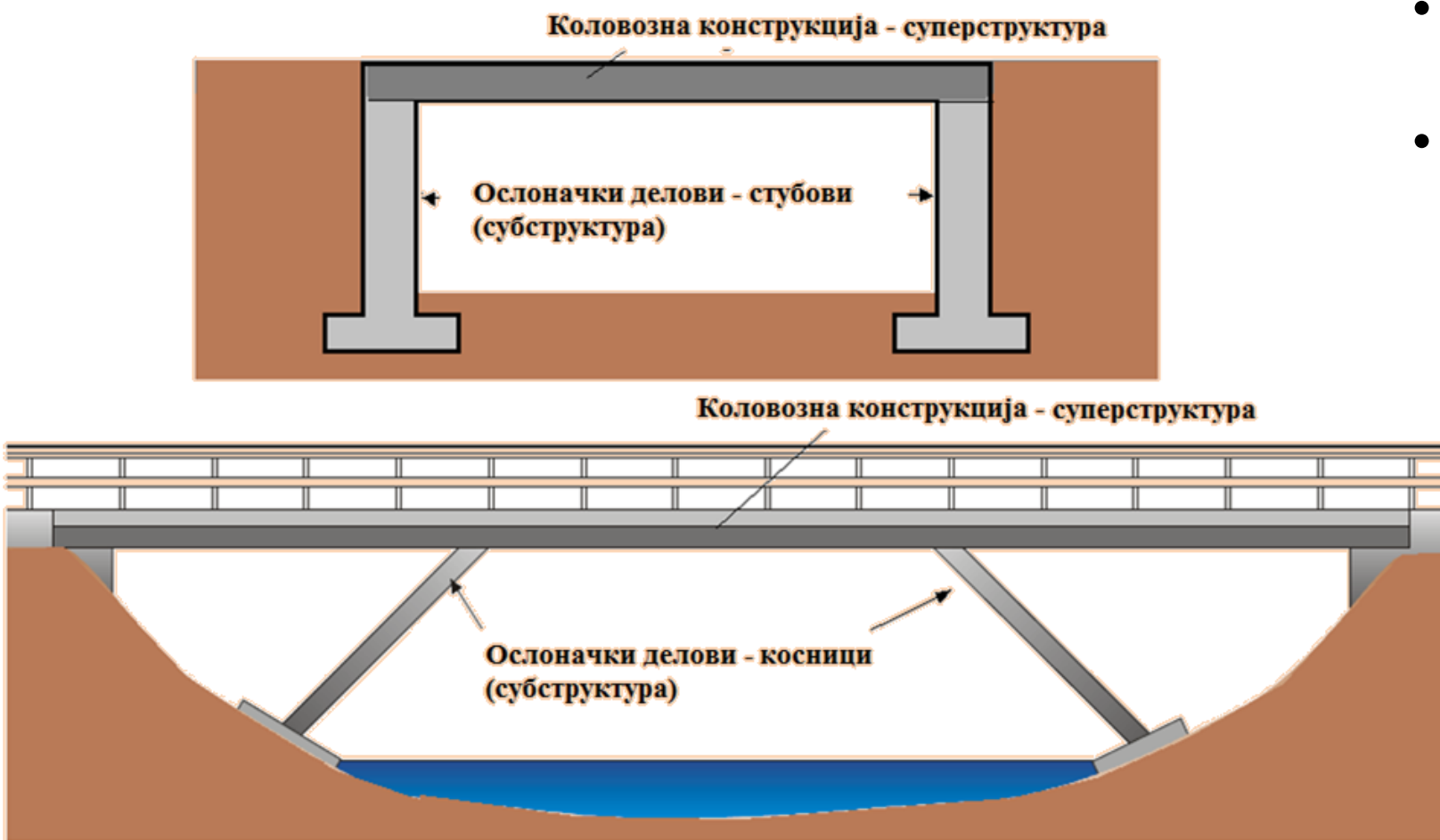




Универзитет у Београду – Грађевински факултет
www.grf.bg.ac.rs

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: **Рамовски системи бетонских мостова /
Темељи мостова**
Датум : 26.11.2024./25.

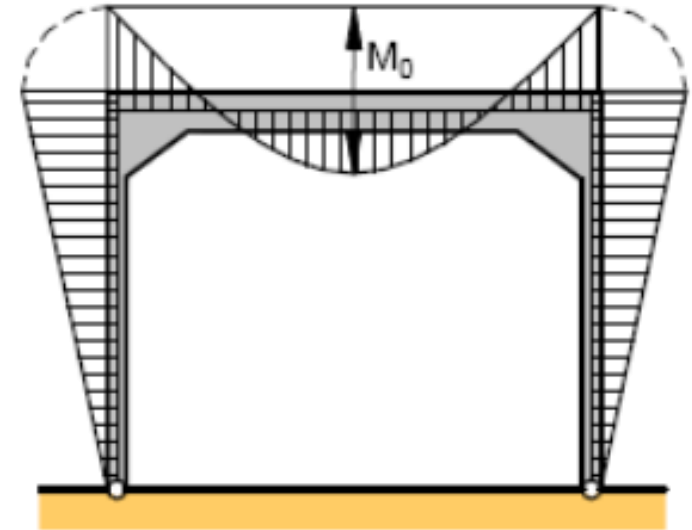
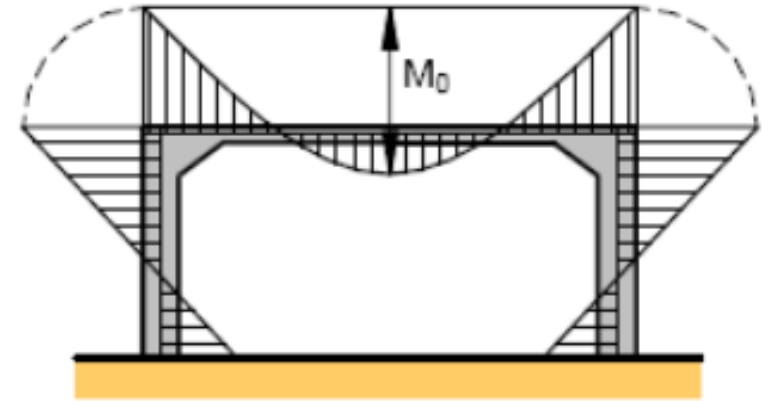
Рамовски системи



- Монолитна веза коловозне конструкције и стубова.
- Стубови могу бити:
 - вертикални = портални рамови;
 - коси = подупирала

Портални оквирни мостови

- Најчешће се изводе у једном отвору - тада се називају интегрални мостови
- Монолитна веза носача и стубова као и непомерљивост ослонаца представљају еластично укљештење носача у стубове оквира
- Расподела момента у носачу оквира на поље и ослоначки део зависи од распореда крутости
- Краћи стубови при истом попречном пресеку стубова смањују моменте у пољу коловозне конструкције
- Јављају се велике подужне силе у коловозној конструкцији
- Оптерећење од тла на крајњим стубовима прихвата и коловозна конструкција
- Могући су виткији попречни пресеци него код гредних носача (мање висине)



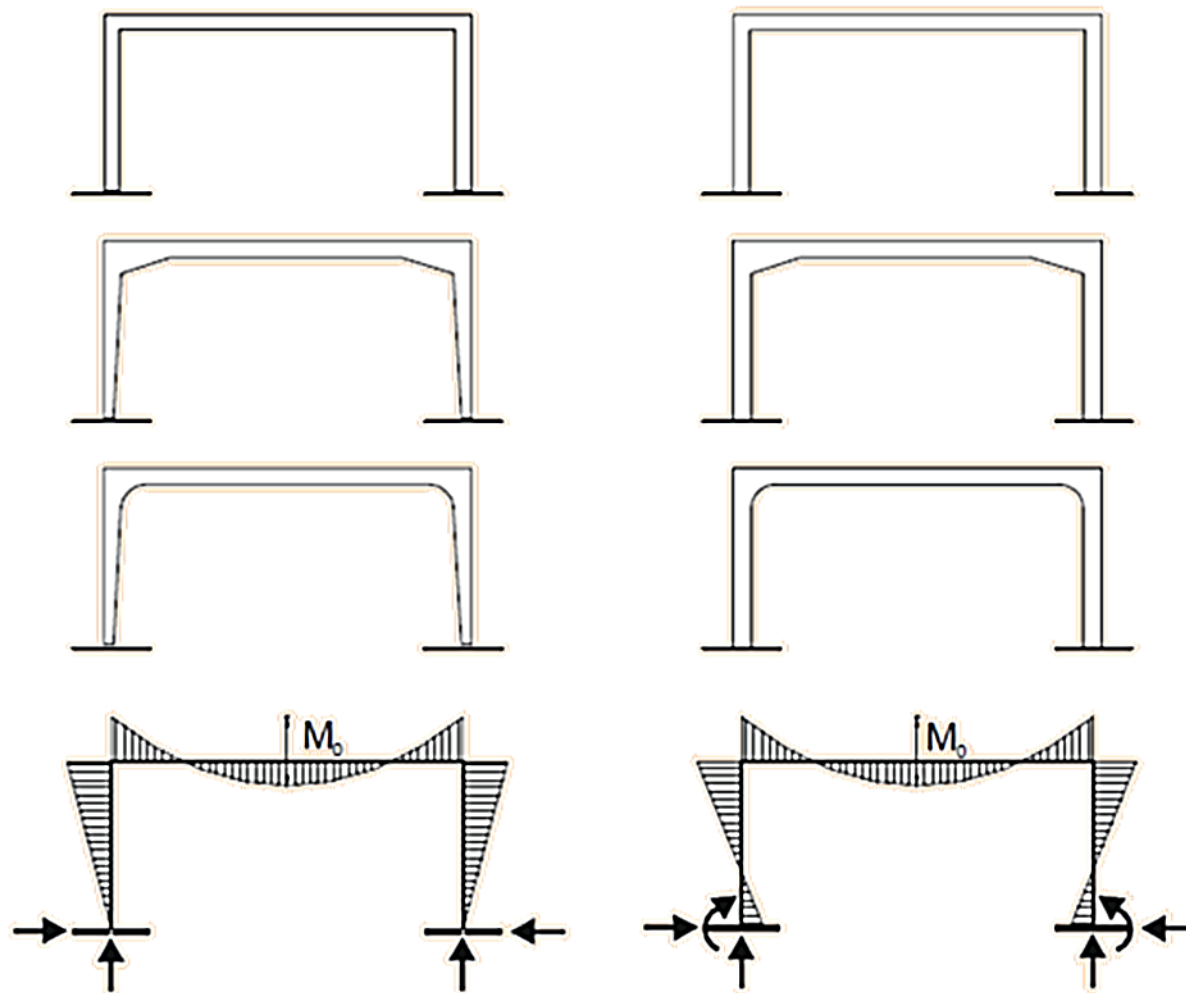
Оквири у једном отвору

Приказане су статичке шеме које се користе код мостовских конструкција:

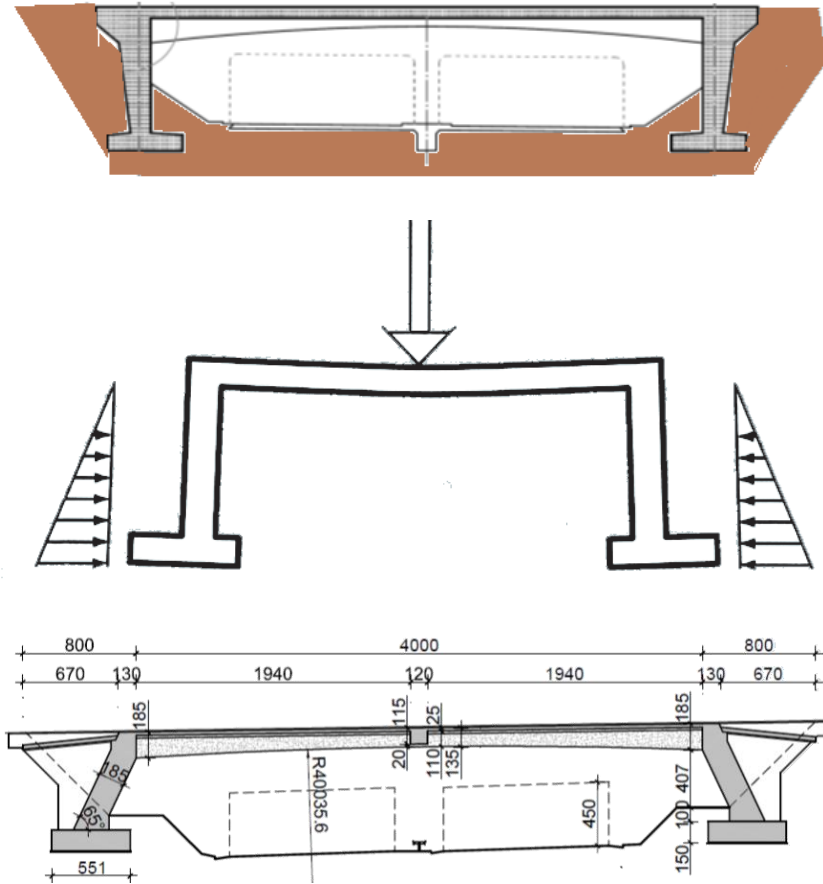
- оквир на два зглоба
- укљештени оквир.

Зглобови се углавном изводе редукцијом попречног пресека.

Осетљивост система на дифернцијално слегање, температурне утицаје и скупљање бетона расте са порастом статичке неодређености (укљештеног оквира). Међутим, код укљештеног оквира мањи су моменти од гравитационог оптерећења па су могући већи распони.

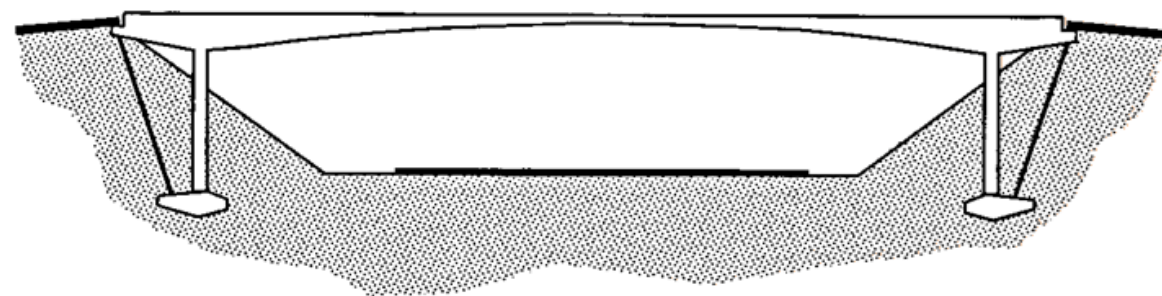
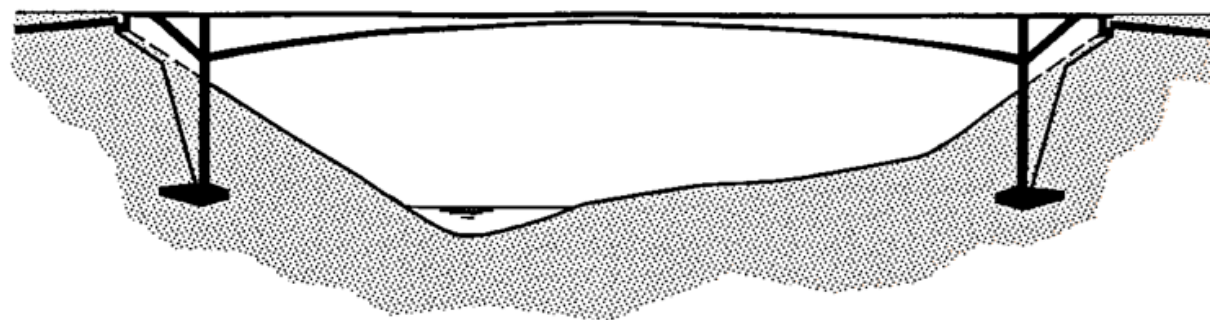


Обликовање носача рама у једном отвору



- Рамови у једном отвору се могу изводити до 70m распона (изузетно до око 100m);
- Висина носача рама код ослонца око $1/17$, у средини распона око $1/50$ распона;
- До 25m плочасти; 25-50m дупло Т у средње $3/4$ распона уз додатак доње плоче код опораца; преко 50m сандучасти пресеци .

Естетика

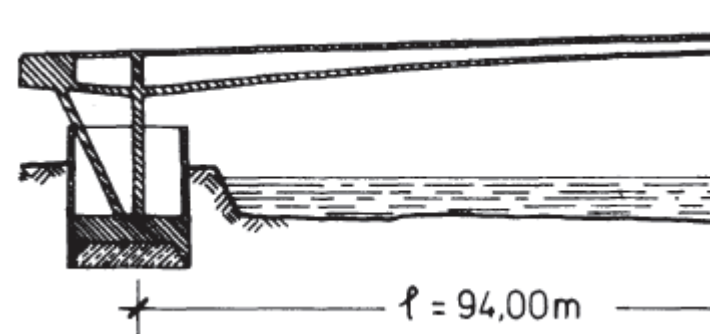
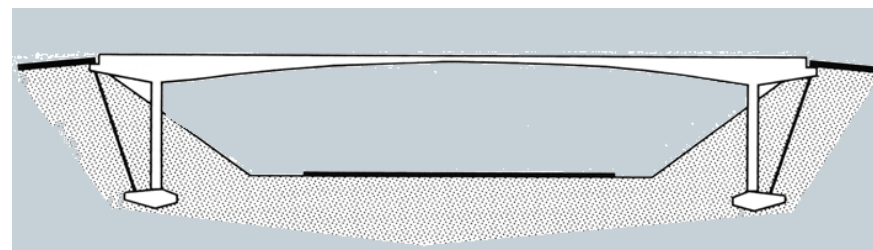
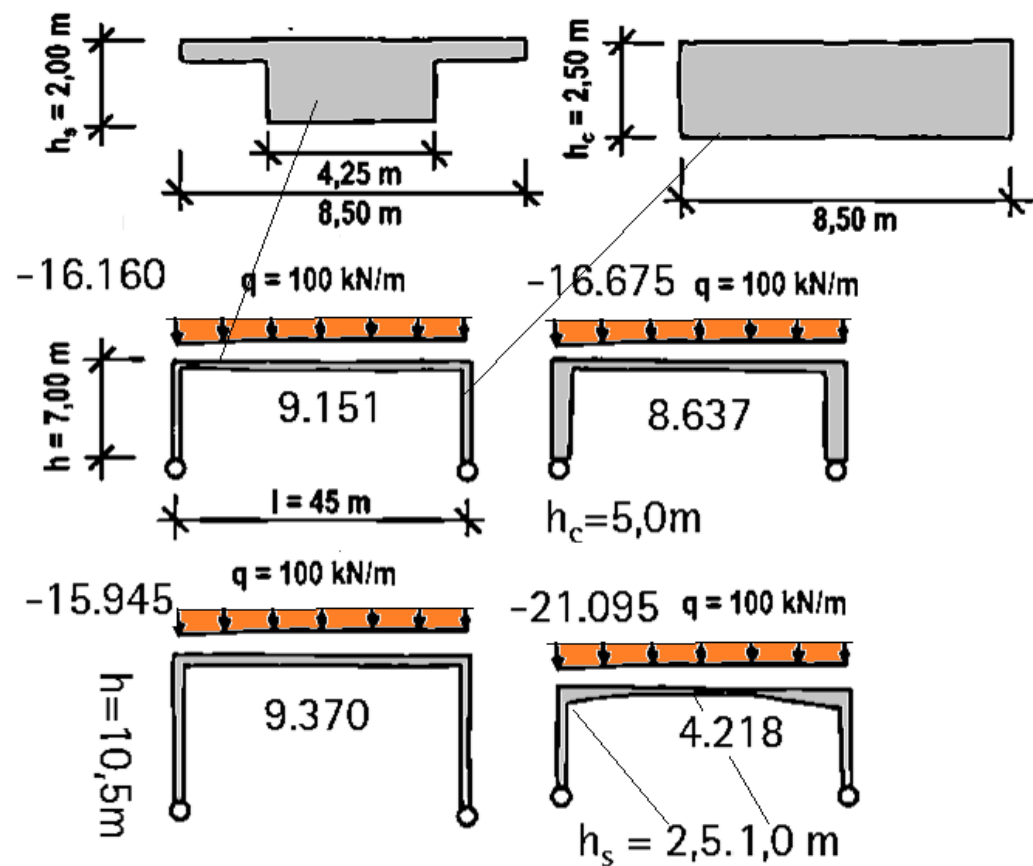


Уобичајене димензије

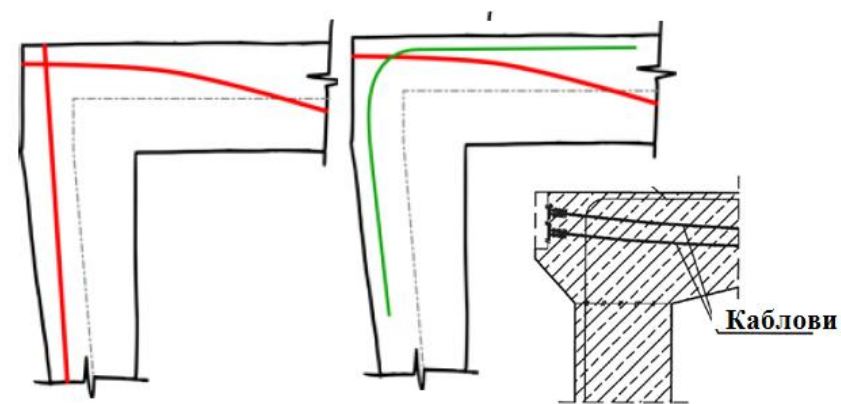
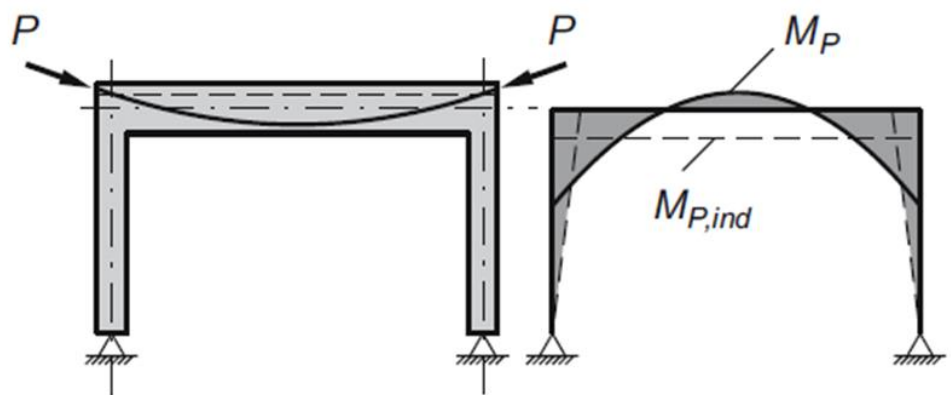
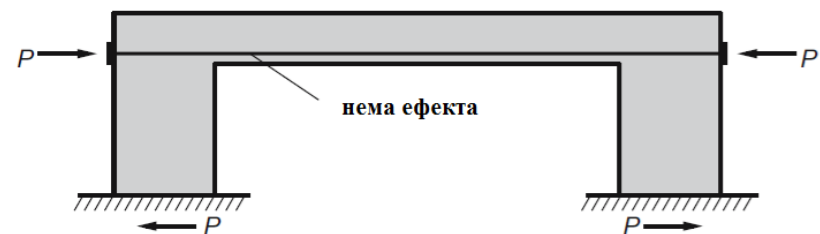
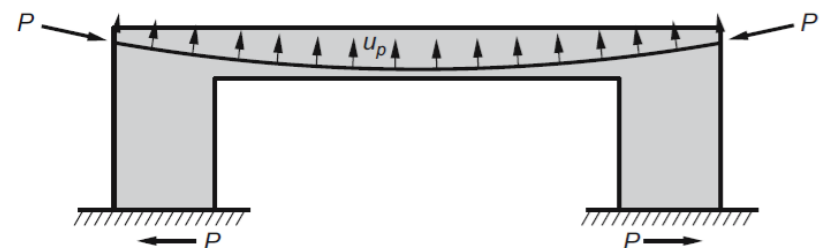
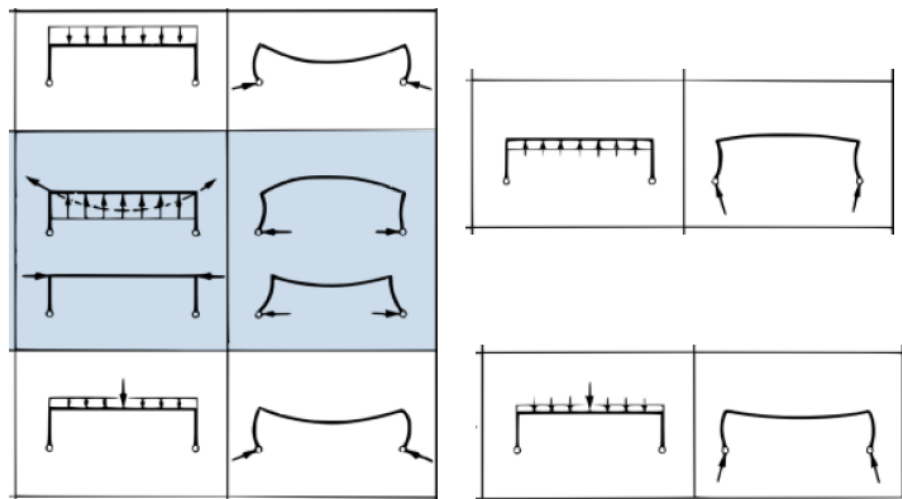
Друмски	Материјал	Распон	ослонац	поље	конст. висина
	армирано бетонски	< 20m	12-18	20-25	18-21
	претходно напрегнути	> 20 m	15-19	24-30	20-25
	спергнути	> 30 m	15-19	24-30	21-25

Железнички	Материјал	Распон	ослонац	поље	конст. висина
	армирано бетонски	< 20m	10-15	20-25	16-18
	претходно напрегнути	<i>ретко</i>			
	спергнути	> 20 m	15-18	25-30	18-21

Распоред пресечних сила

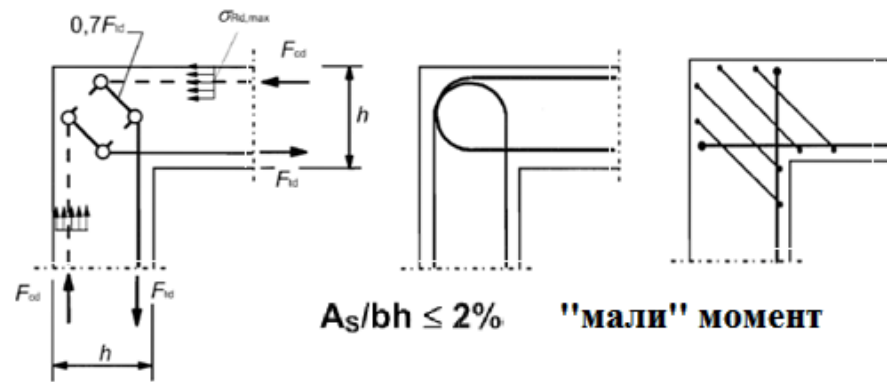


Ефекти претходног напрезања

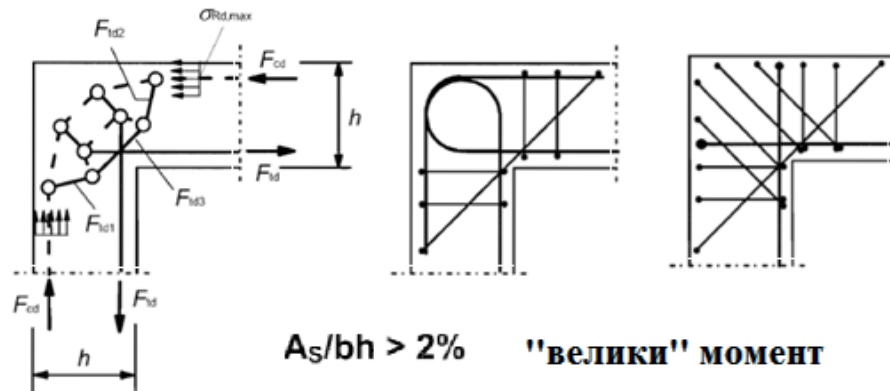


Армирање чворова на крајњем стубу

Момент који "отвара" чвор

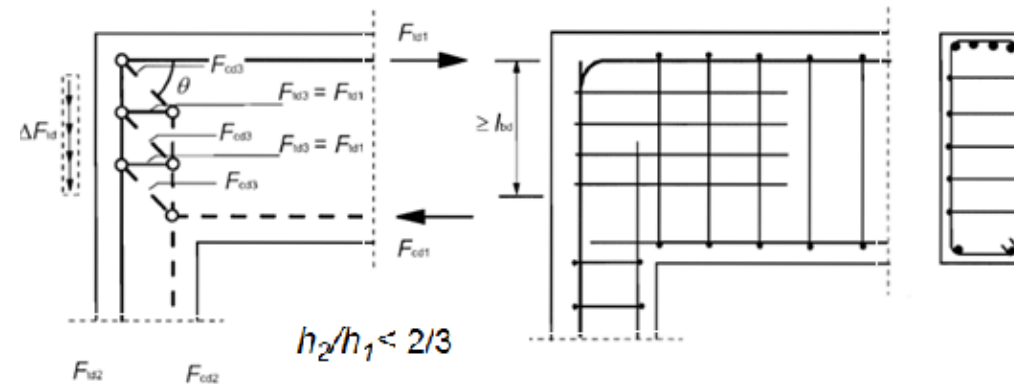
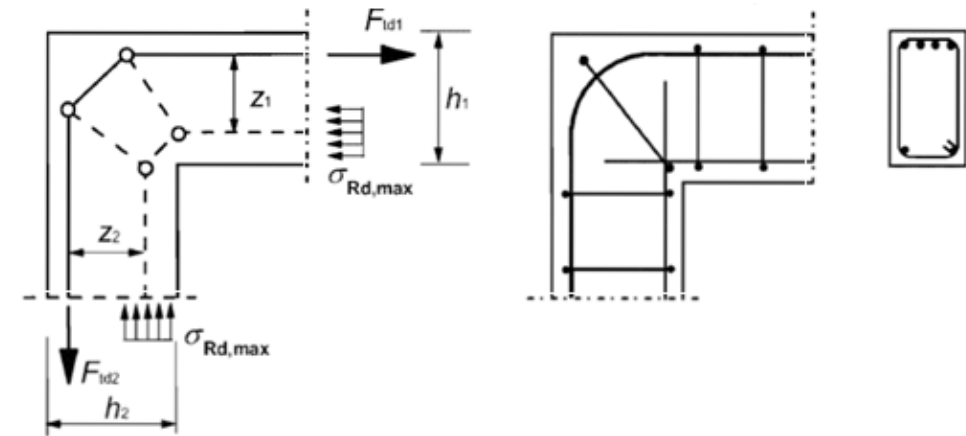


$A_s/bh \leq 2\%$ "мали" момент



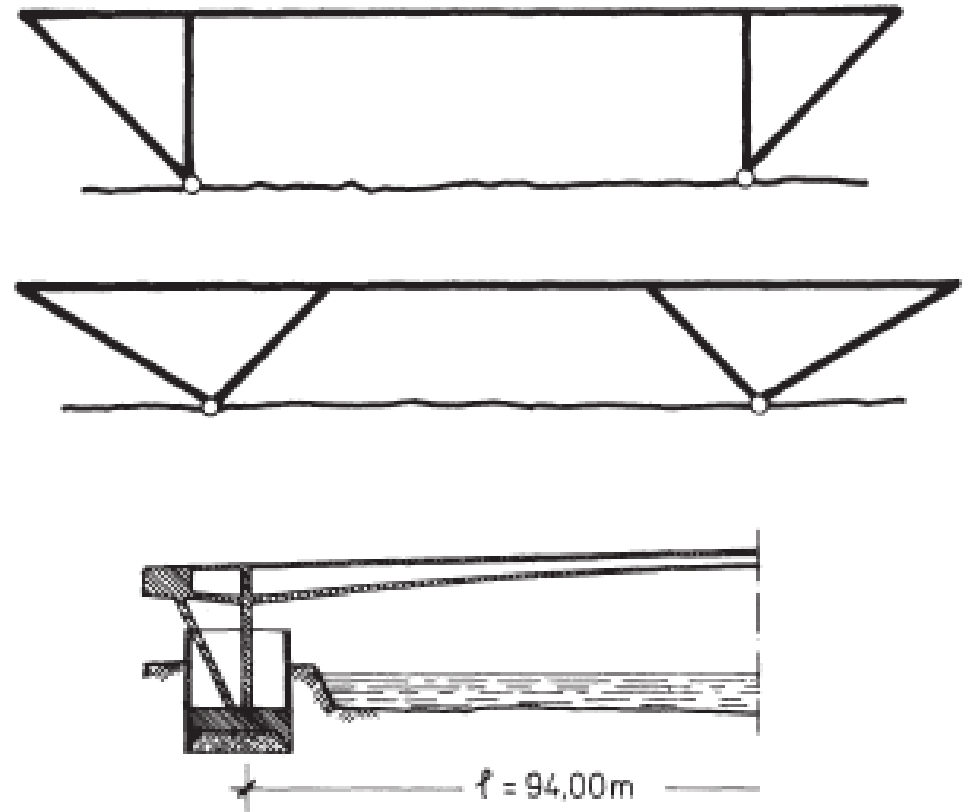
$A_s/bh > 2\%$ "велики" момент

Момент који "затвара" чвор

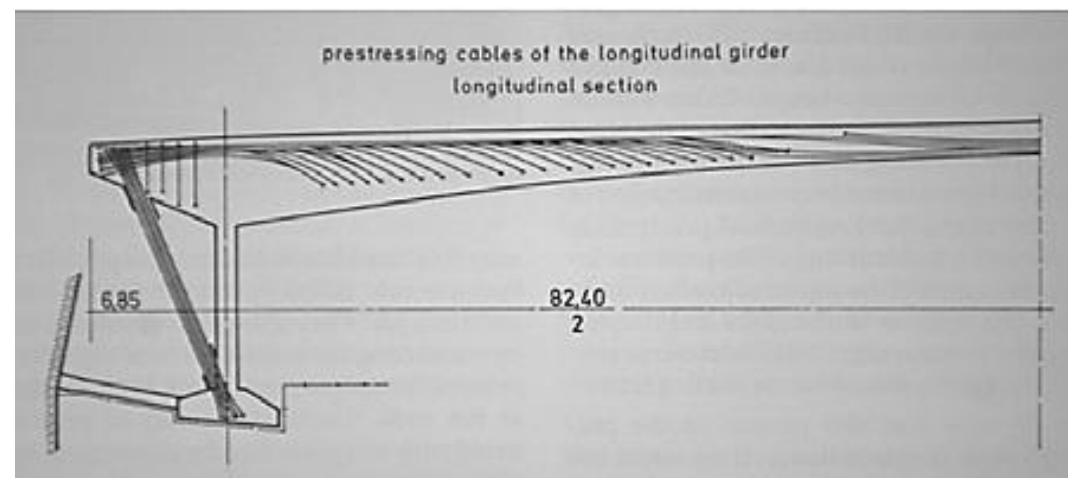
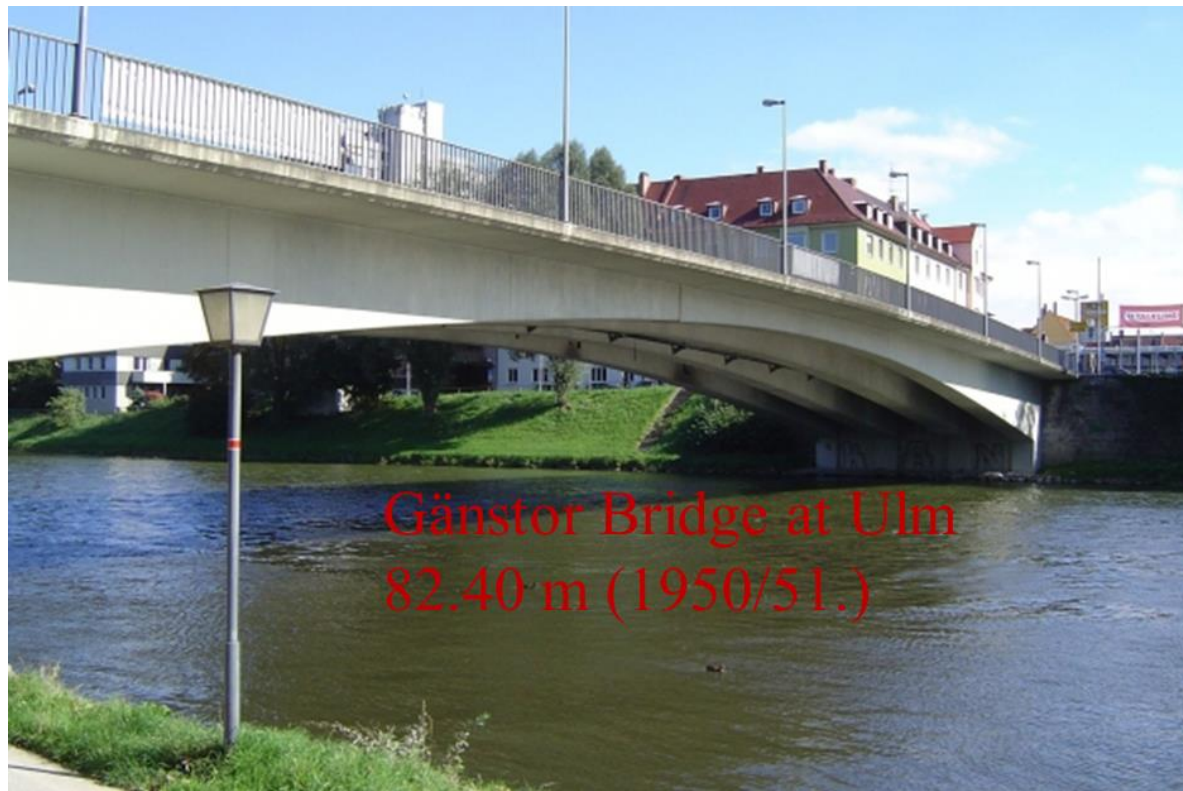


Окрвири у једном отвору са косим стубовима

- Крајњи стуб код ових система је разуђен и састоји се од притиснутог штапа и затеге (која је претходно напрегнута).
- Тиме се омогућава релативно скраћење коловозне конструкције док се остварује довољан степен укљештења коловозне конструкције.
- Систем са косим стубом у статичком смислу се приближава систему подупирала.



”Разуђен” стуб

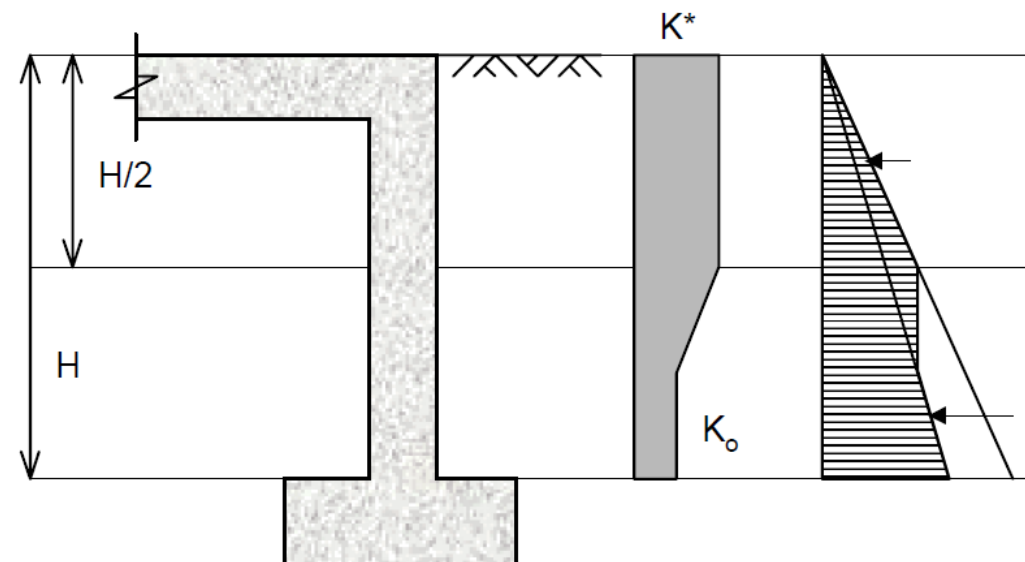
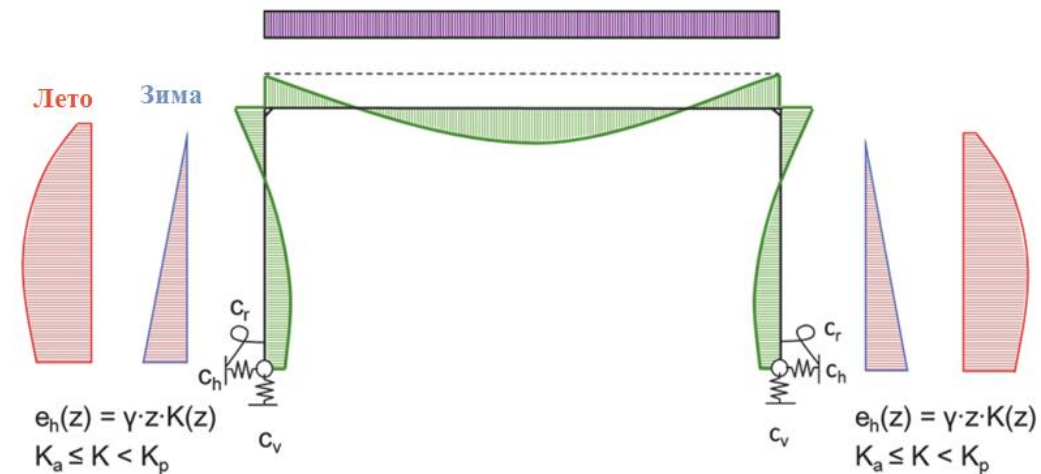
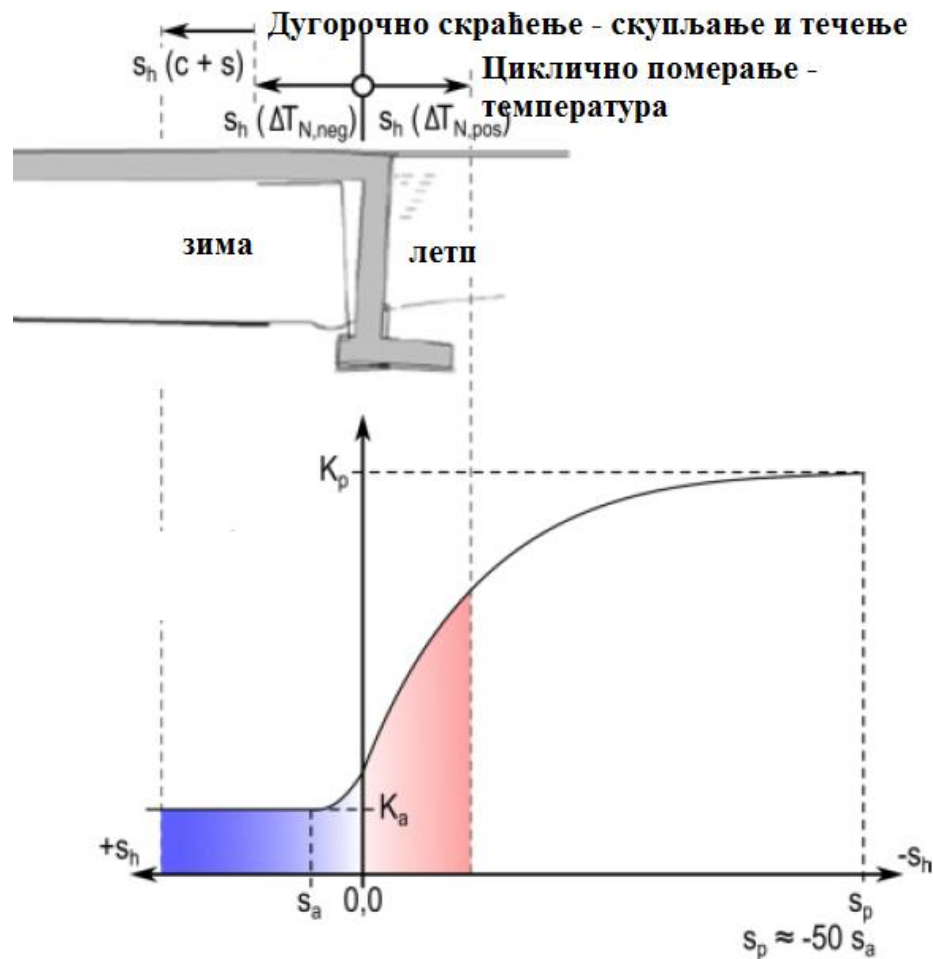


Talbrücke Zahme Gera

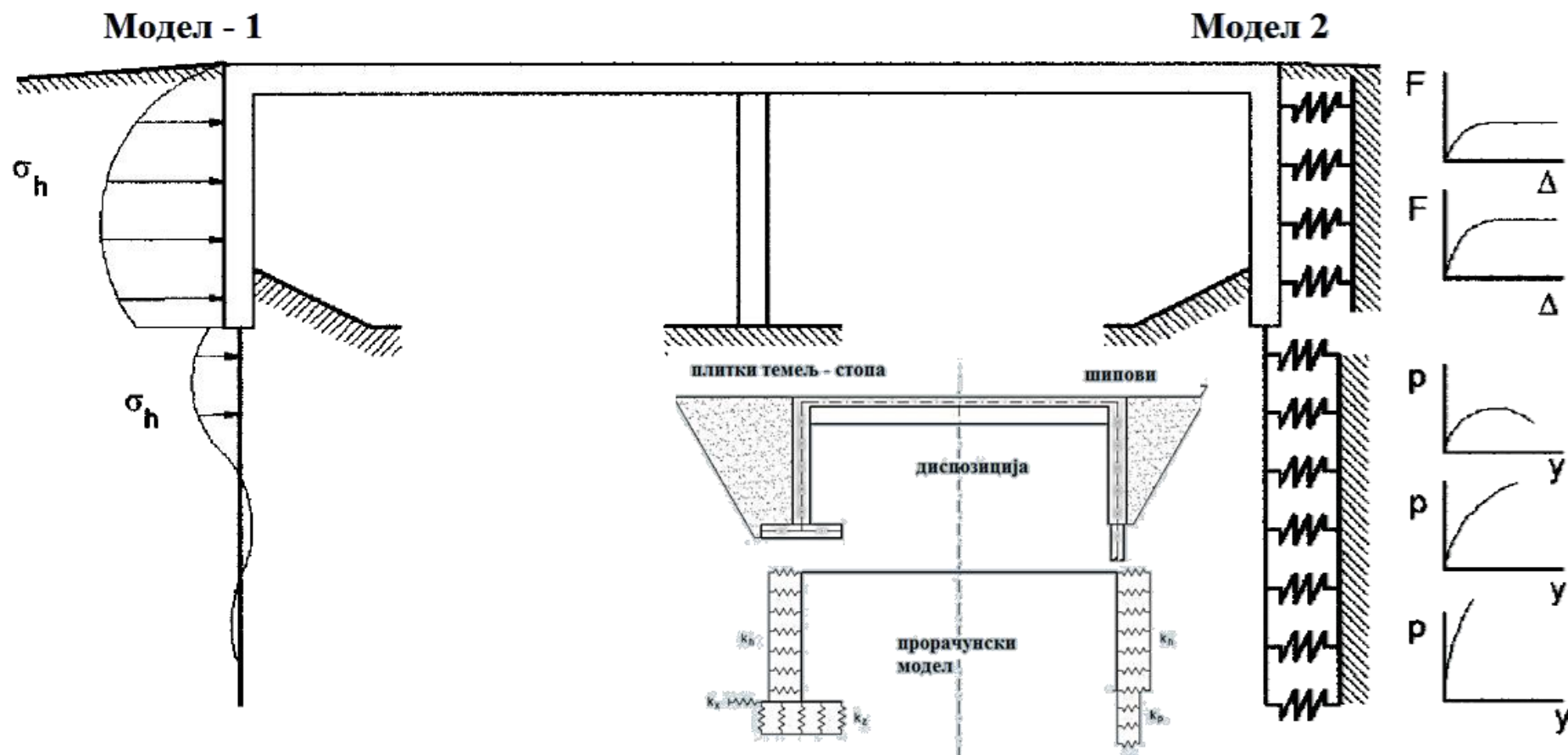


Посебан тип оквирне конструкције реализован је изградњом моста у долини Захме Гера. Мост има четири распона са крутом везом између стубова, у форми слова **Y**, и коловозне конструкције уз слободно ослањање на опорцима. Грањање врхова стубова у горњој области омогућено је веома витка суперструктура са распонима 115 m + 145 m + 145 m + 115, висина преднапрегнутог бетонског сандука у распонима и на опорцима је 3,80 m и параболично расте на 6,70 m до рачва на стубу. Између виљушки стубова, доња плоча је подебљана за 400 mm, што је резултирало конструкцијском висином од 6,30 m у оси стуба. Виткост изнад ослонаца је дакле $1/22$ а у пољима $1/38$.

Ефекти принудних деформација – интеракција конструкције и тла

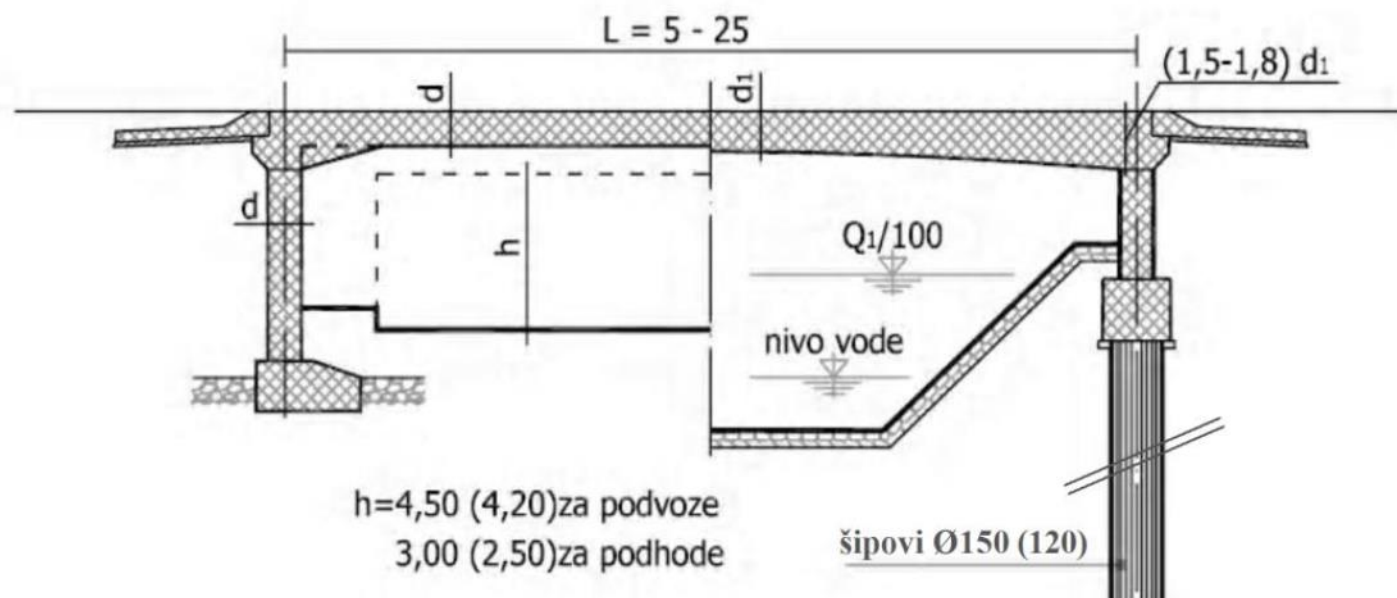


Моделирање



TEREN

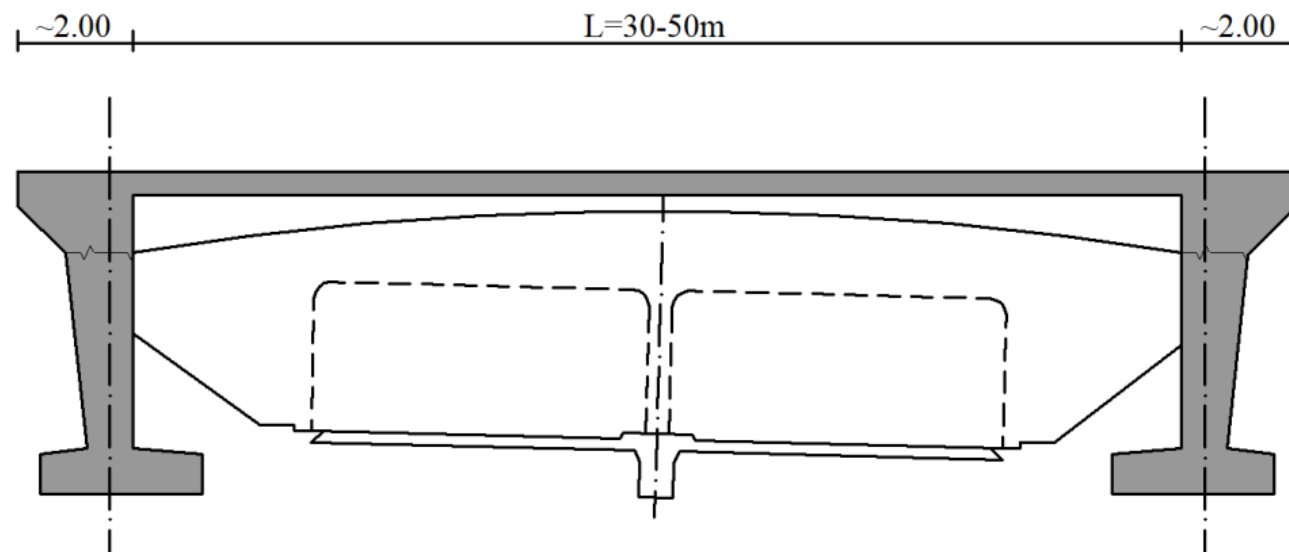
TAMPON

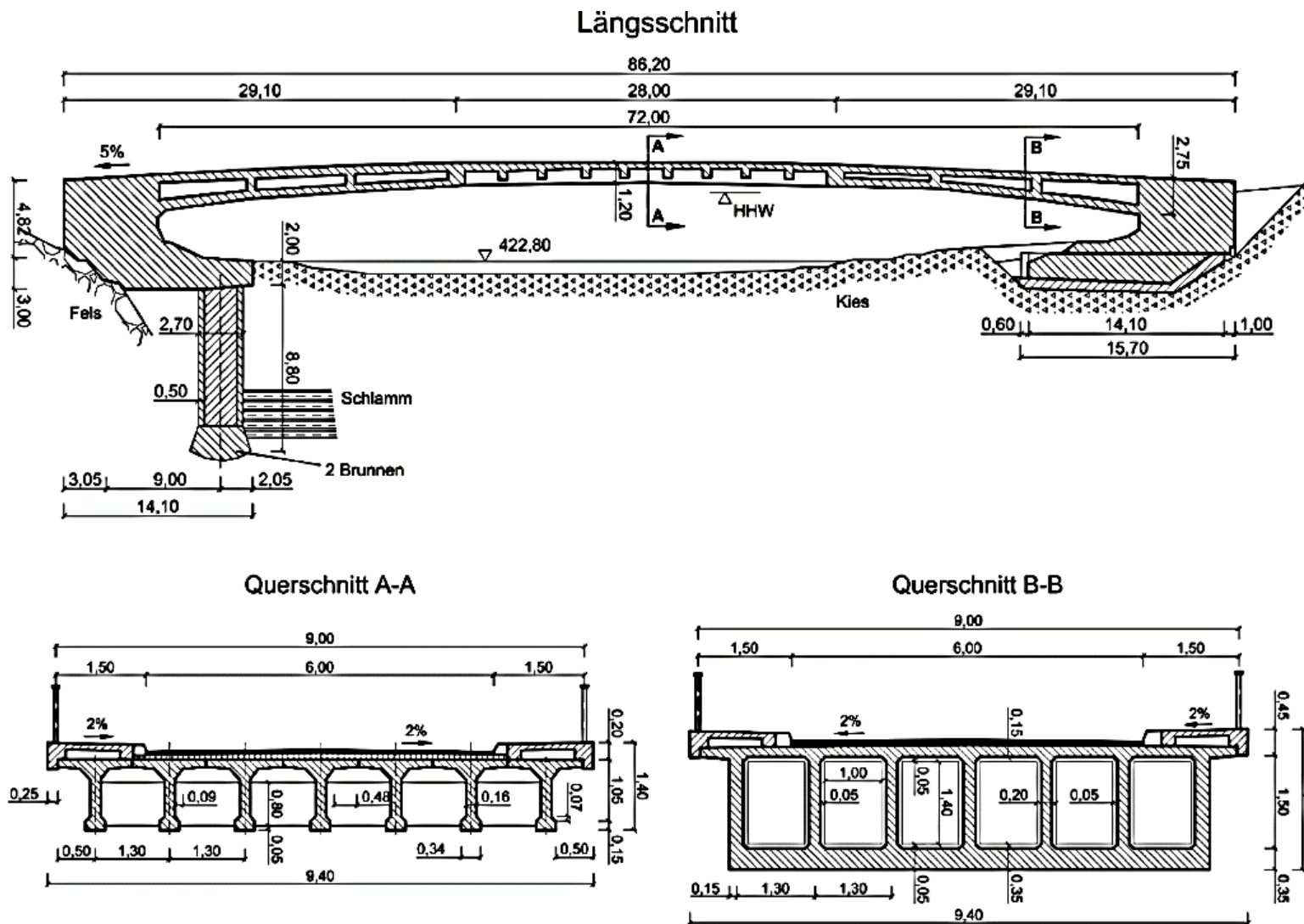


h=4,50 (4,20)za podvoze
3,00 (2,50)za podhode

šipovi Ø150 (120)

Грађ

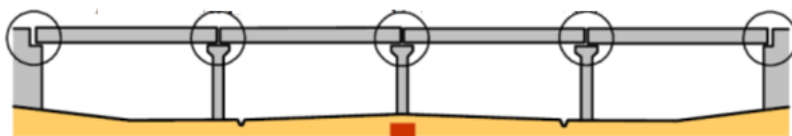




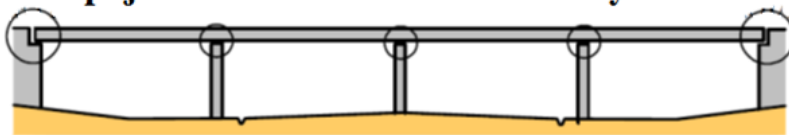
Мост Траун у Аустрији, изграђен између 1955. и 1956. године. То је преднапрегнута једнораспонска интегрална распона 72,0 m, конструкцијске висине 1,20 m у средини распона и резултирајуће виткости 60. Ранији радови на поправци нису утицали на носећи систем моста и конструкција је коришћена за саобраћај без ограничења до 2016. Међутим, све већа оптерећења и други захтеви на носећој конструкцији довели су до тога да је мост замењен новом конструкцијом. .

Интегрални мостови

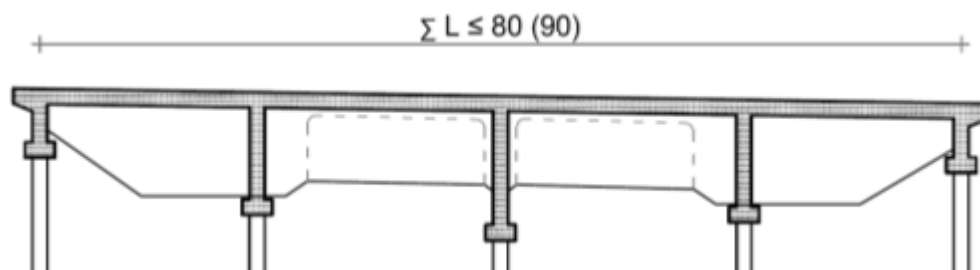
Низ простих греда - пуно дилатација



Континуирана греда - дилатације на крајевима лежишта на свим стубовима

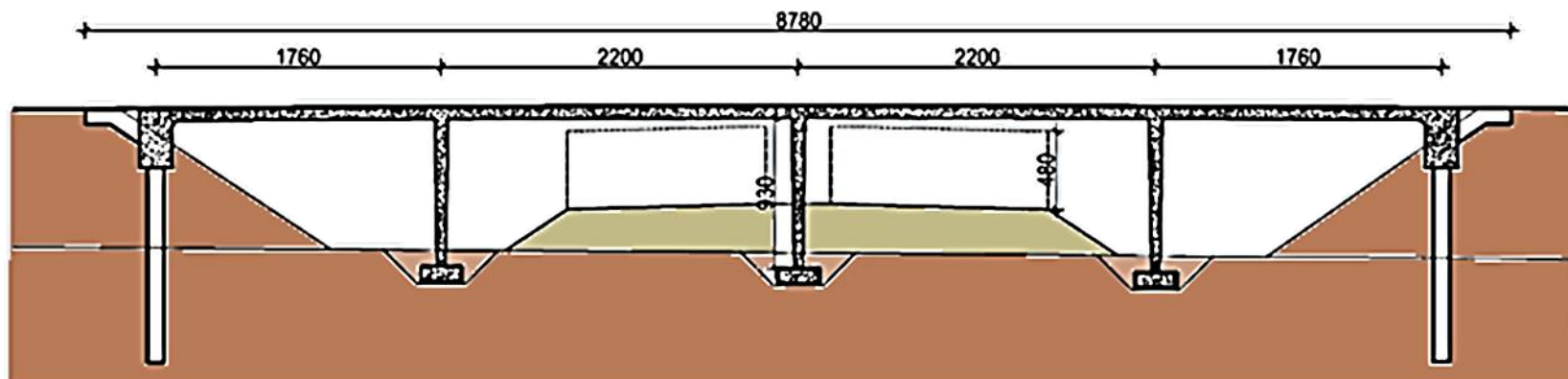


Семинтегрални мост - дилатације и лежишта само на опорцима

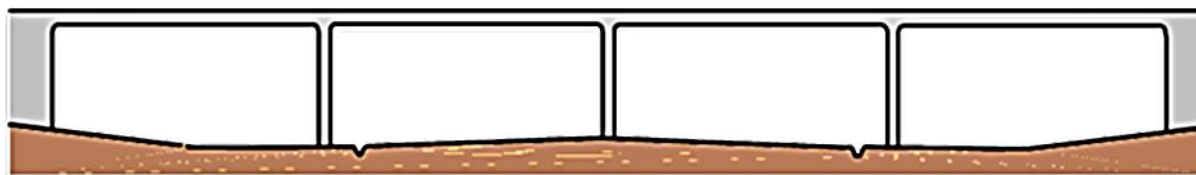


- Интегрални мостови су мостови оквирних конструкција без дилатација и лежишта.
- Димензије конструкције су робустније
- Интегрални мостови се не препоручују код косих конструкција, када је угао закошења мањи од 30° и код оквирних конструкција веће дужине са ниским крутим стубовима.
- Изостанак лежишта и дилатација са циљем повећања трајност и смањењем трошкова градње и одржавања.
- Величина “паразитних” утицаја зависи од геометрије објекта, односа крутости коловозне конструкције конструкције и стубова и крутости темељног тла.
- Реално моделирање крутости темељног тла

Интегрални / семиинтегрални мост



◆ Интегрални мост



Лежиште

◆ Семиинтегрални мост

Лежиште

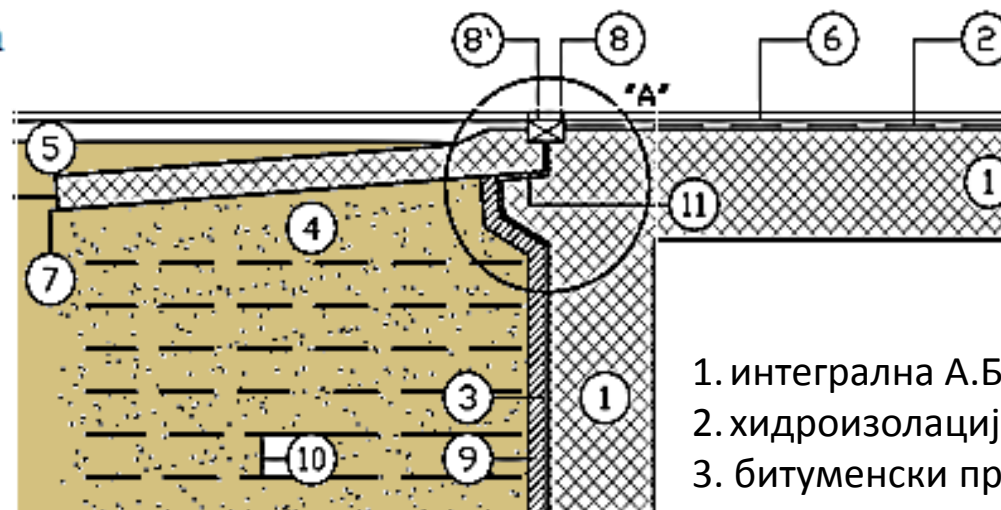


Прелаз са насипа на интегрални мост

Распон конструкције до
15m

асфалт
на објекту

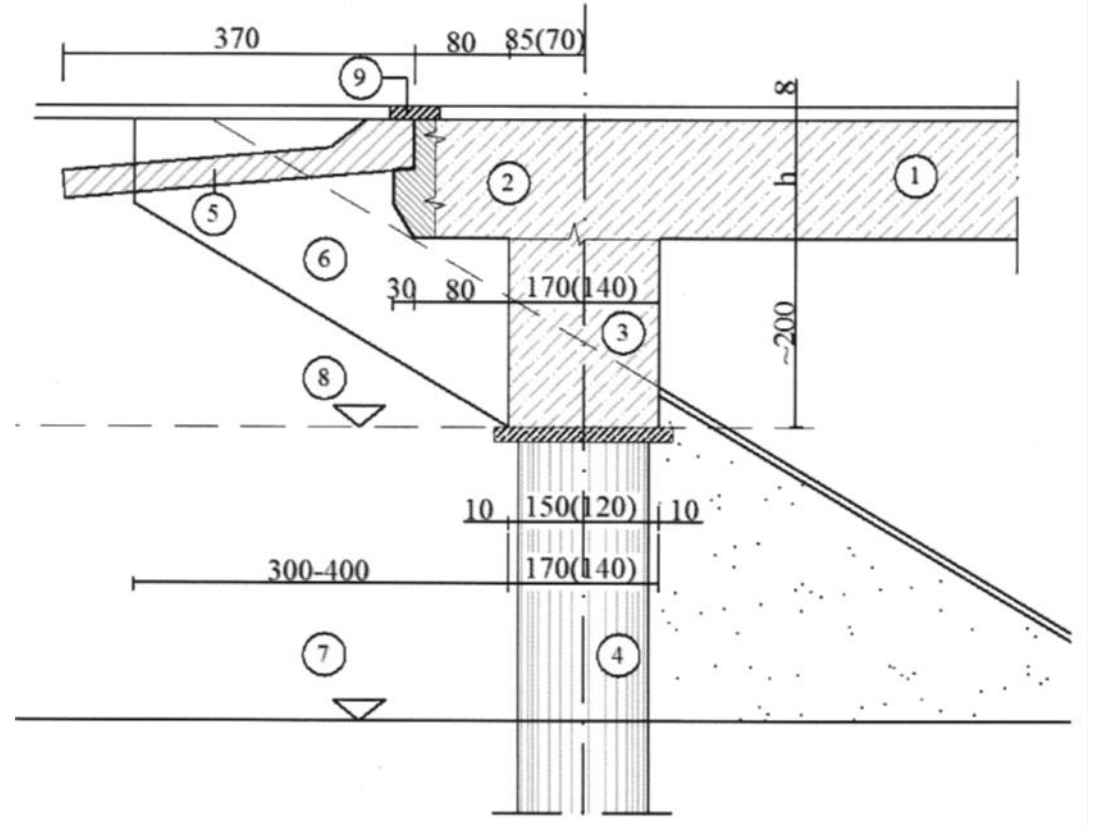
хидроизолација



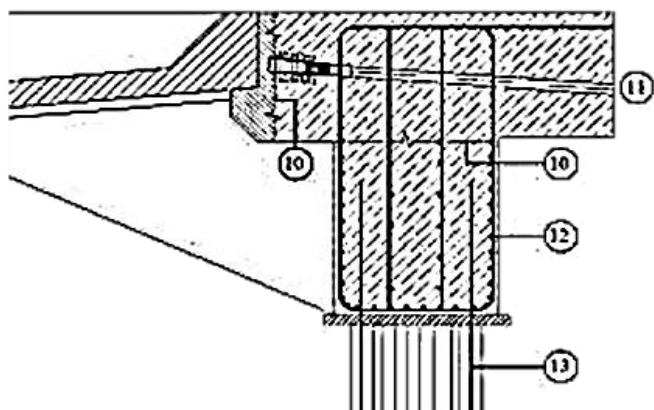
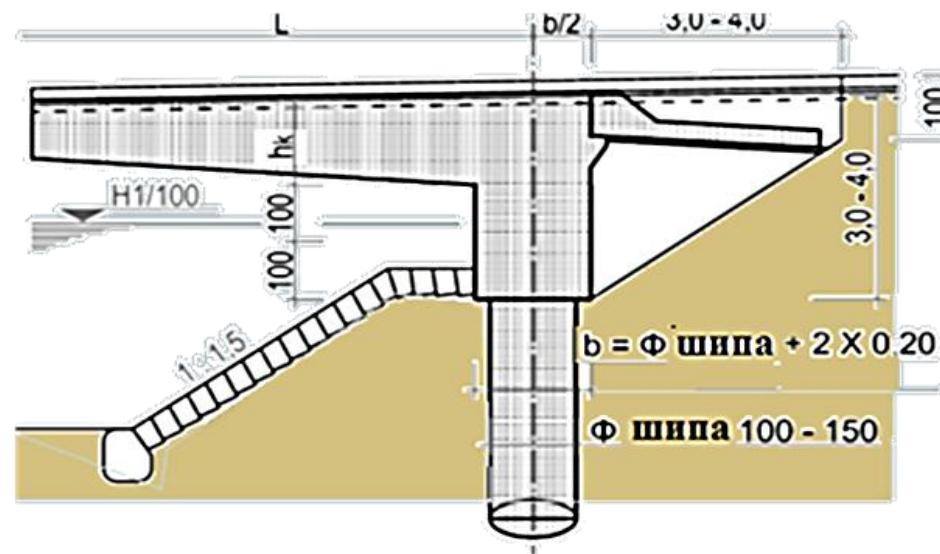
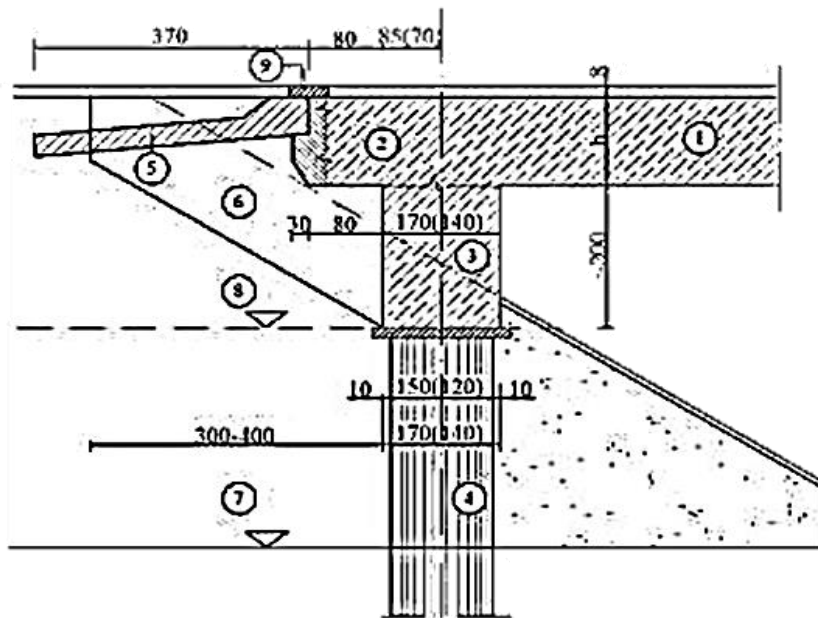
1. интегрална А.Б. конструкција
2. хидроизолација
3. битуменски премаз
4. насип од каменитог материјала
5. коловозна констр. пута
6. асфалт на објекту
7. А.Б. прелазна плоча
8. асфалтна дилатација
9. стиродур 10-30 цм
10. геомреже
11. неопрен лежишта

Проблематика интегралног опорца

- За објекте дужине 40–80 m треба пројектовати флексибилне обалне стубове што се најлакше постиже обједињавањем темеља на бушеним шиповима и обалног стуба, са краћим конзолним крилним зидовима и одговарајућом изградом насипа (модификовани засипи). На слици је приказано решење са еластичним крајњим стубом где се изнад шипа формира греда око 20cm шира од пречника шипа и висока 2,0m која се везује монолитно са коловозном конструкцијом.



Детаљ интегралног опорца на шиповима



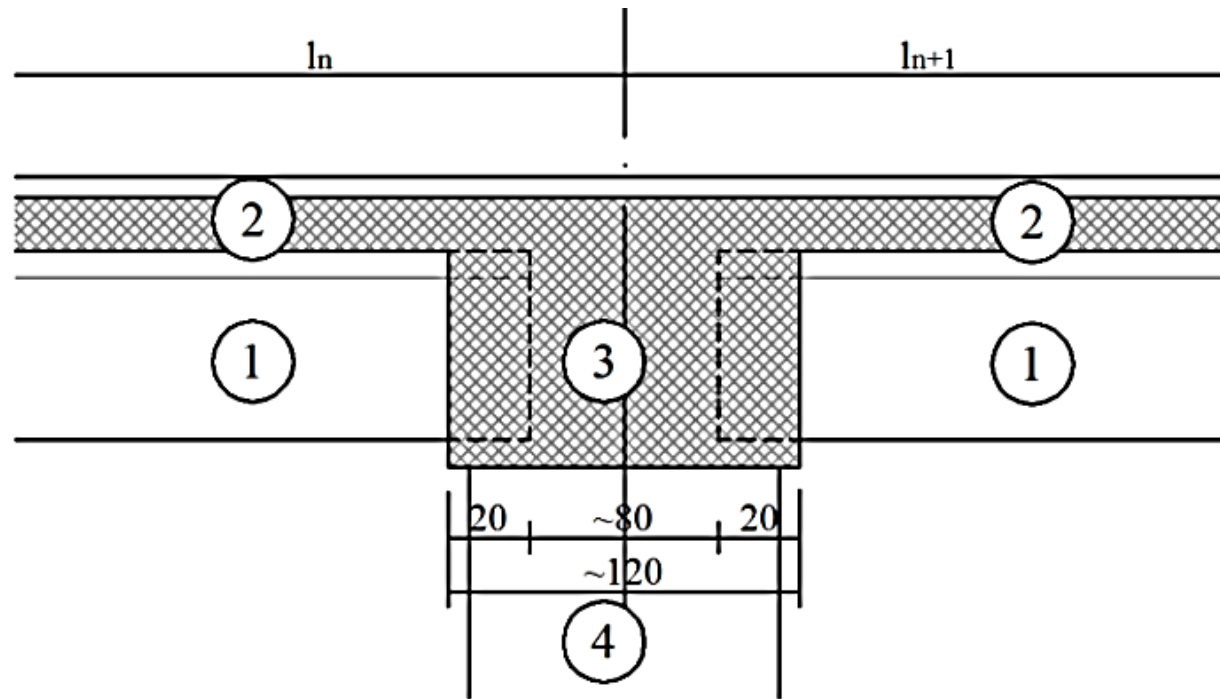
2. Препуст коловозне конструкције
3. Редуковани опорац – греда изнад шипова
4. Шипови $\Phi 150$ ($\Phi 120$)
5. Прелазна плоча
6. Конзолни крилни зидови
7. Ниво терена
8. Ниво насипа за израду шипова
9. Асфалтна дилатација 10- 30 cm
10. Радне спојнице
11. Каблови за претходно напрезање
12. Арматура греде
13. Арматура шипова

Интегрални мостови са више отвора

- Уколико је већа дужина (до 80-90m) моста могу се изводити и рамовски системи са више отвора и са крутом везом коловозне конструкције и свиих стубова укључиво и крајње. Број отвора (поља) је 3-4.
- Ограничење укупне дужине проистиче из значајних утицаја услед температуре, која захтева дилатирање конструкције на крајевима моста, односно споја коловозне конструкције са крајњим стубовима, те активирања пасивног притиска тла и последично уноса значајних подужних сила у коловозну конструкцију. При анализи интегралних мостова је неопходно увести интеракцију тла и конструкције.
- При већим дужинама рамовски системи се пројектују као семи-интегрални, што значи да се на крајњим стубовима постављају лежишта и дилатације.

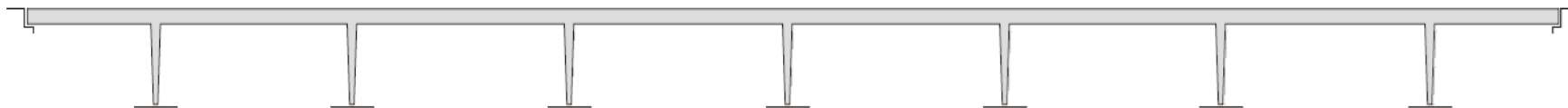


Веза средњих стубова са коловозном конструкцијом код рамовских – интегралних мостова



1. MONTAŽNI TNOSAČ
2. AB PLOČA BETONIRANA "IN SITU"
3. AB POPREČNI NOSAČI
4. SREDNJI STUB MOSTA

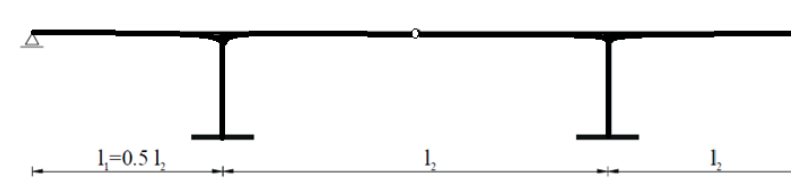
Континуални оквири



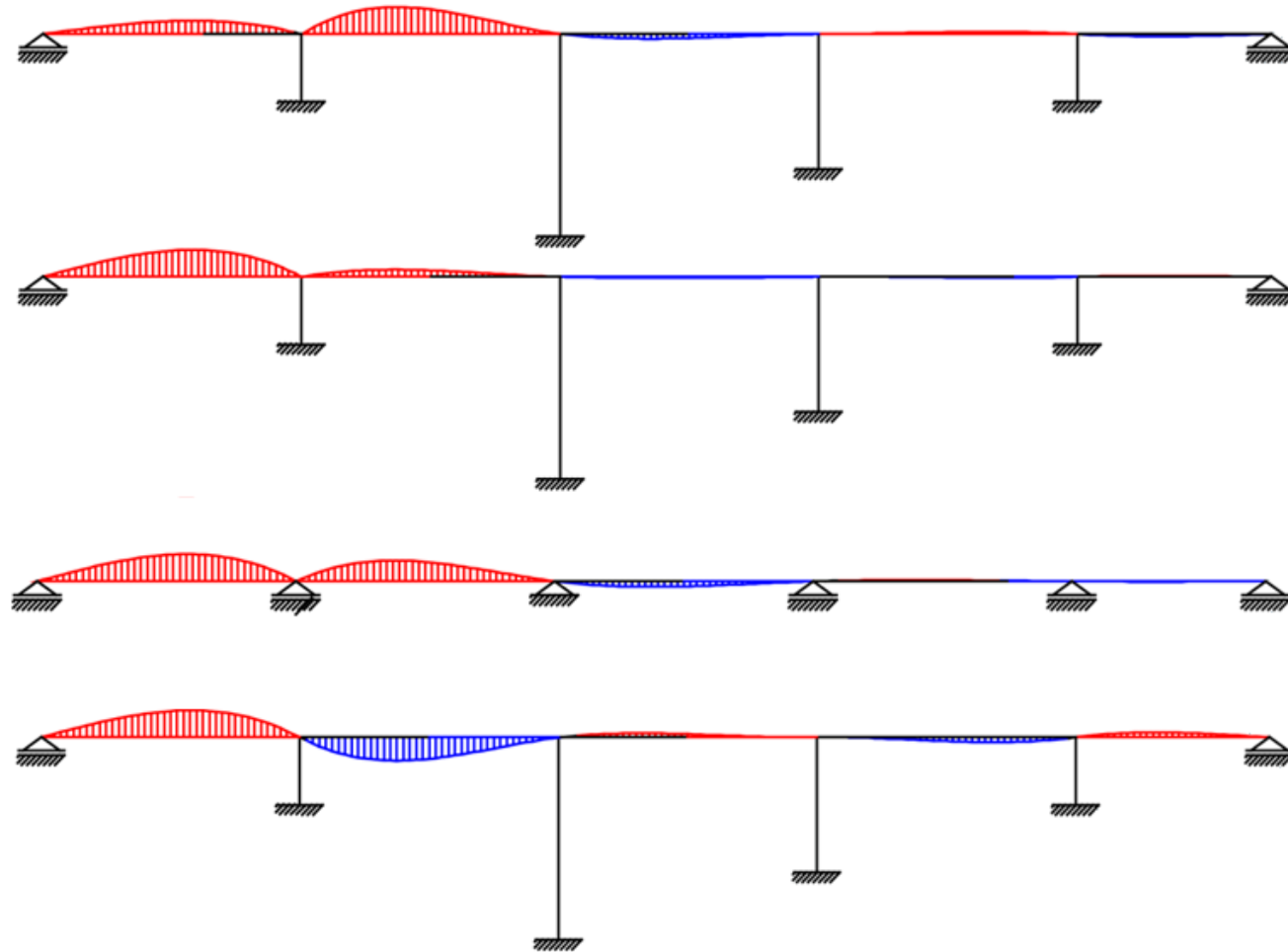
- Изразито континуални оквири су системи оквира код којих су крутости носача и стубова истог реда величине и при томе постоји релативно велики број поља;
- Нису погодни за мостовске конструкције;
- У носачу оквира распоред момената се не разликује битно у односу на континуалне носаче.

Континуални оквири на витким стубовима

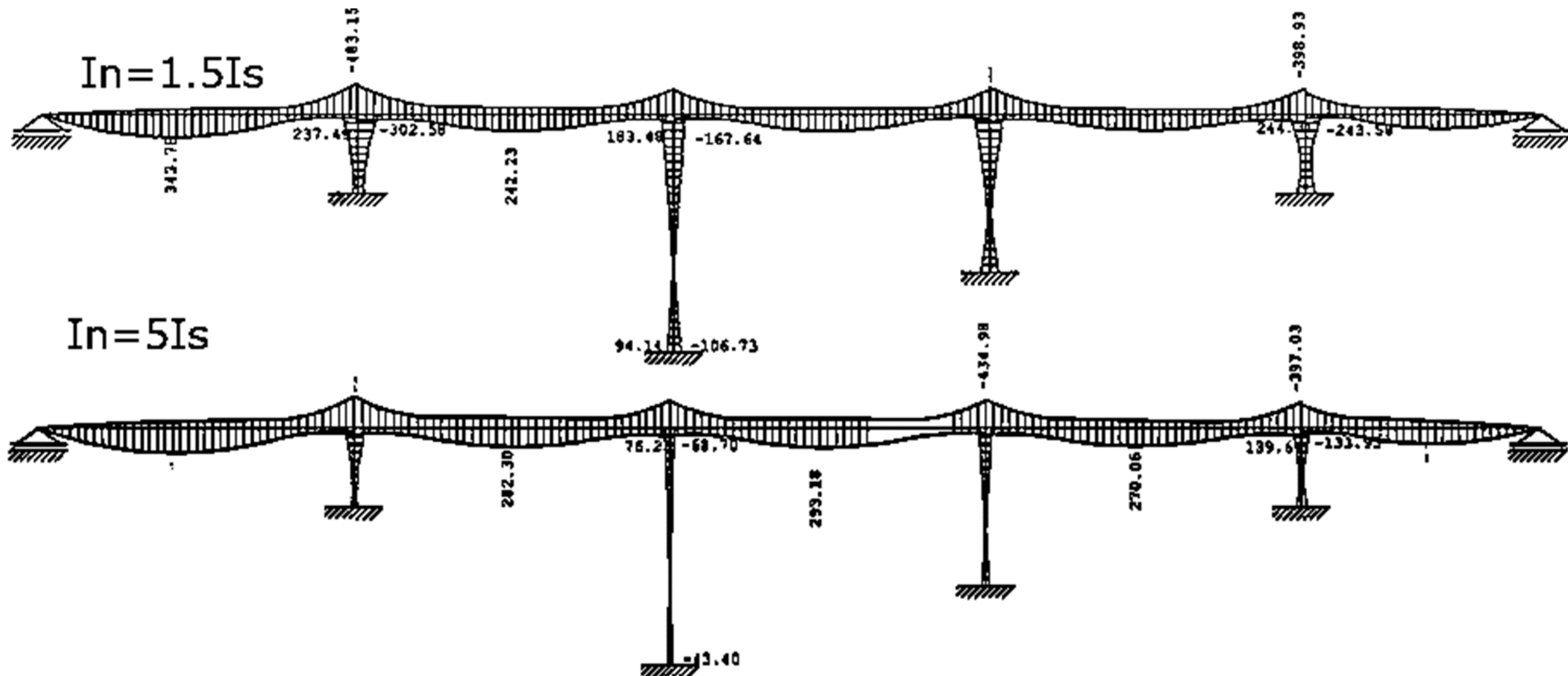
- Велика крутост носача оквира у односу на стубове.
- Могуће је системе расчлањено анализирати:
 - Носач као континуална греда;
 - Стубови као укљештени штапови оптерећени моментима услед температуре, кочења ...;
- Конзолни системи (до 300 m)



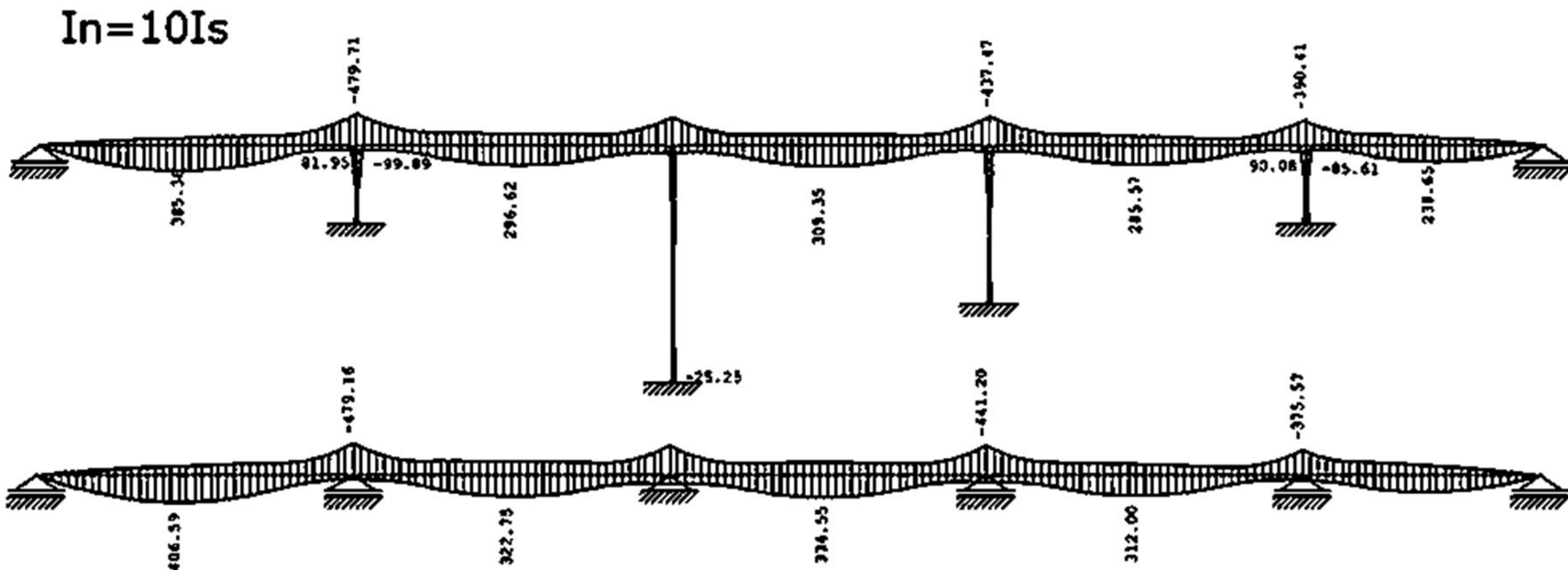
Утицајне линије за моменте у носачу над стубом и момената у врху стуба



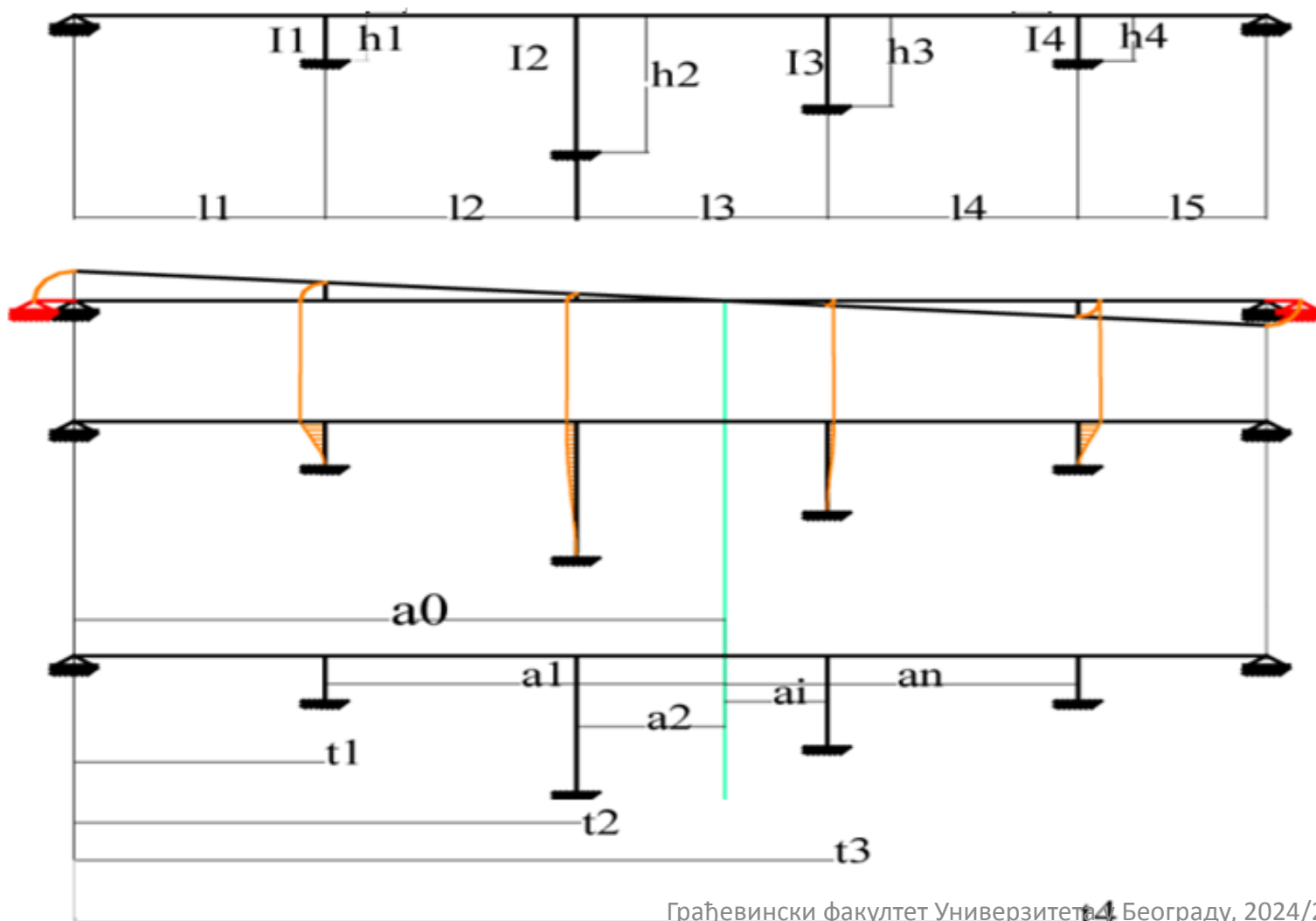
Ефекат крутости стубова – анвелопе момената (вертикално оптерећење)



Ефекат крутости стубова – анvelope момената (вертикално оптерећење)



Приближан прорачун утицаја у стубовима (промена температуре у носачу рама)



$$M_i = \frac{6E \cdot I_i}{h_i^2} \cdot \delta_i = \frac{6E \cdot I_i}{h_i^2} \cdot \alpha_t \cdot t \cdot a_i;$$

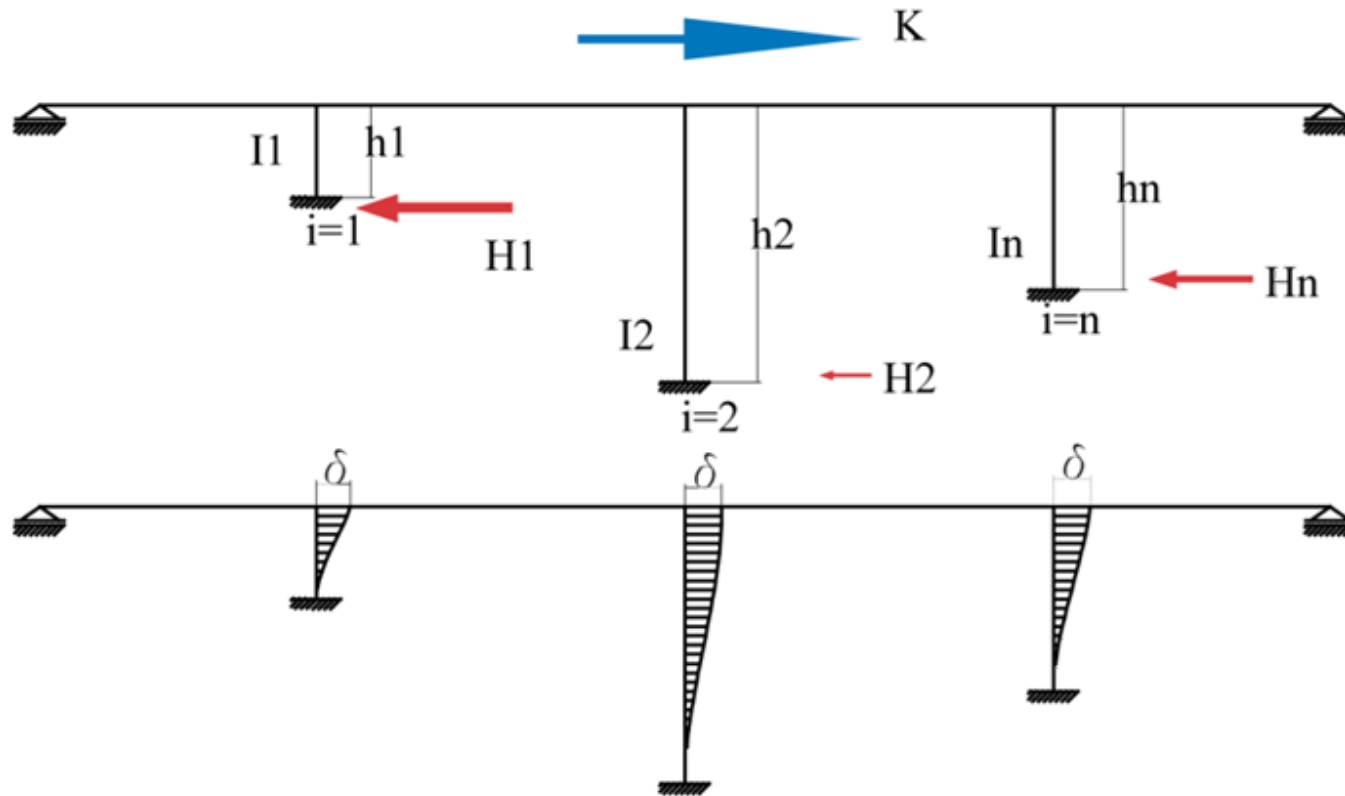
$$H_i = \frac{2M_i}{h_i} = \frac{12E \cdot I_i}{h_i^3} \cdot \alpha_t \cdot t \cdot a_i$$

$$\sum H_i = 0$$

$$\sum_{i=1}^n \frac{I_i}{h_i^3} \cdot a_i = 0; \quad a_i = a_0 - t_i$$

$$a_0 = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{I_i}{h_i^3} \cdot t_i}{\sum_{i=1}^n \frac{I_i}{h_i^3}}$$

Приближан прорачун утицаја у стубовима (сила кочења)



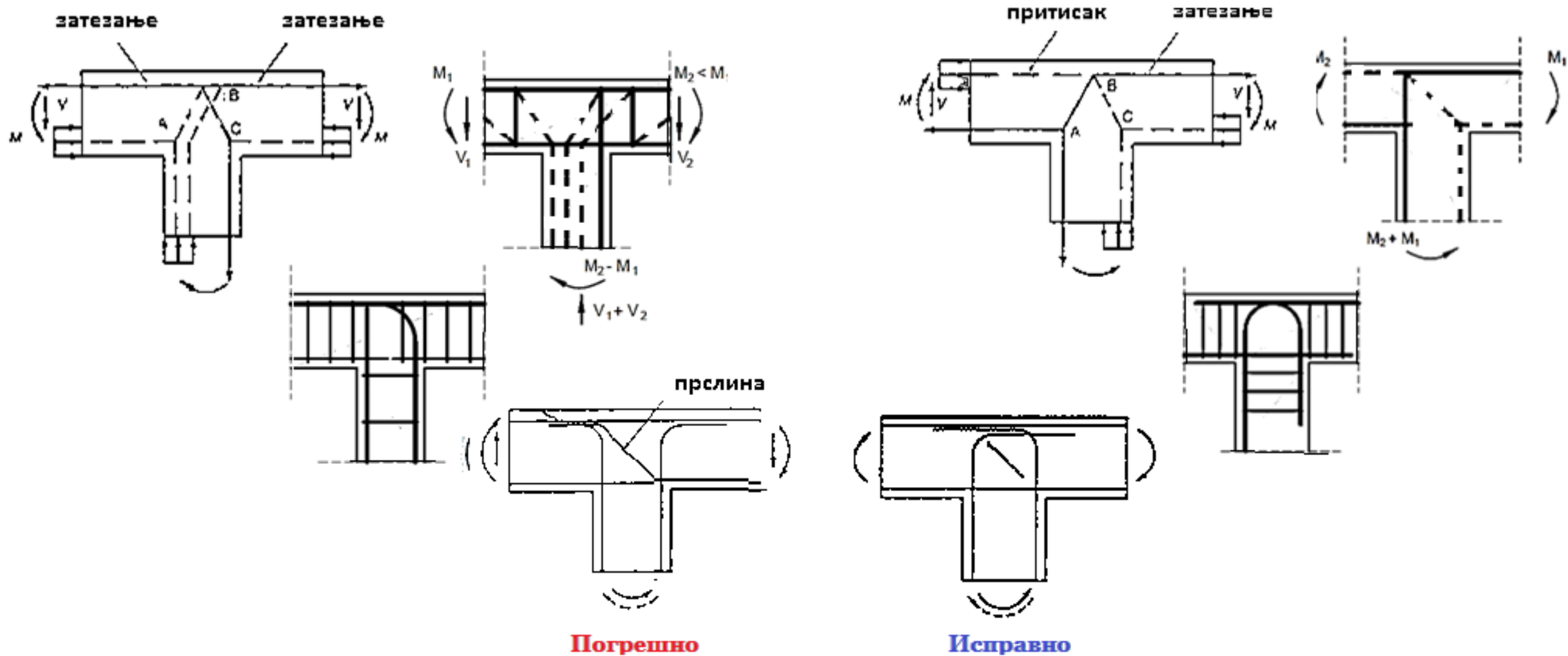
$$\delta_i = \delta = const$$

$$\frac{H_1 \cdot h_1^3}{12E \cdot I_1} = \frac{H_2 \cdot h_2^3}{12E \cdot I_2} = \dots = \frac{H_i \cdot h_i^3}{12E \cdot I_i} = \dots = \frac{H_n \cdot h_n^3}{12E \cdot I_n}$$

$$H_1 + H_2 + \dots + H_i + \dots + H_n = K$$

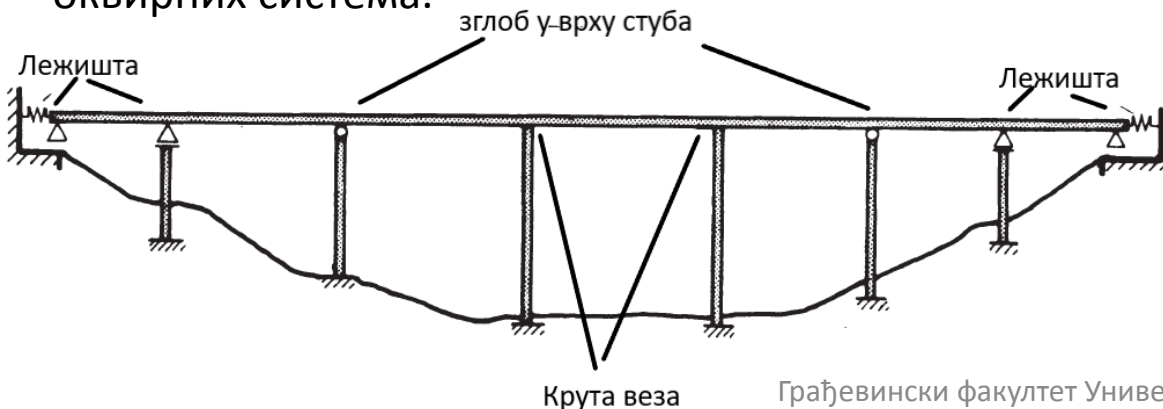
$$\Rightarrow H_i, M_i$$

Чворови изнад вертикалног средњег стуба

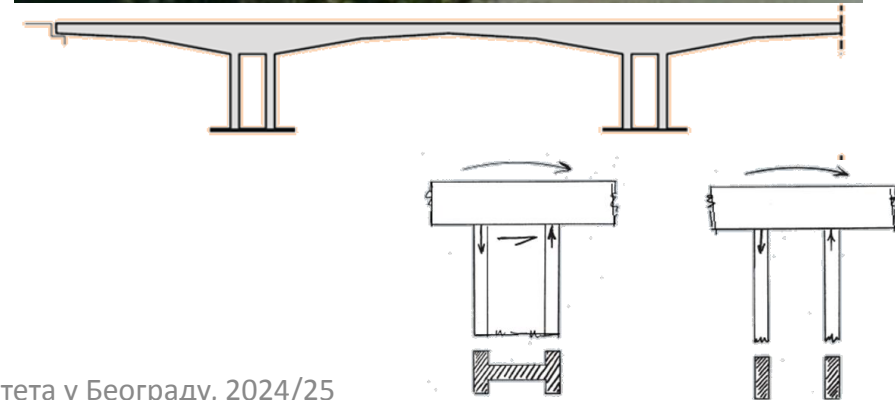


Дугачки мостови

- Кад год је остварена монолитна веза стубова и коловозне конструкције систем се може класификовати као оквир.
- Код дугих мостова, који најчешће имају и велике распоне, уобичајено је да се крута веза предвиди на највишим стубовима (обично у околини средине моста) док се на осталим стубовима предвиђа зглобна веза или веза путем лежишта. На тај начин се избегава појава великих утицаја од темепературе, односно омогућава дилатирање конструкције.
- Ови системи су заправо комбинација гредних и оквирних система.

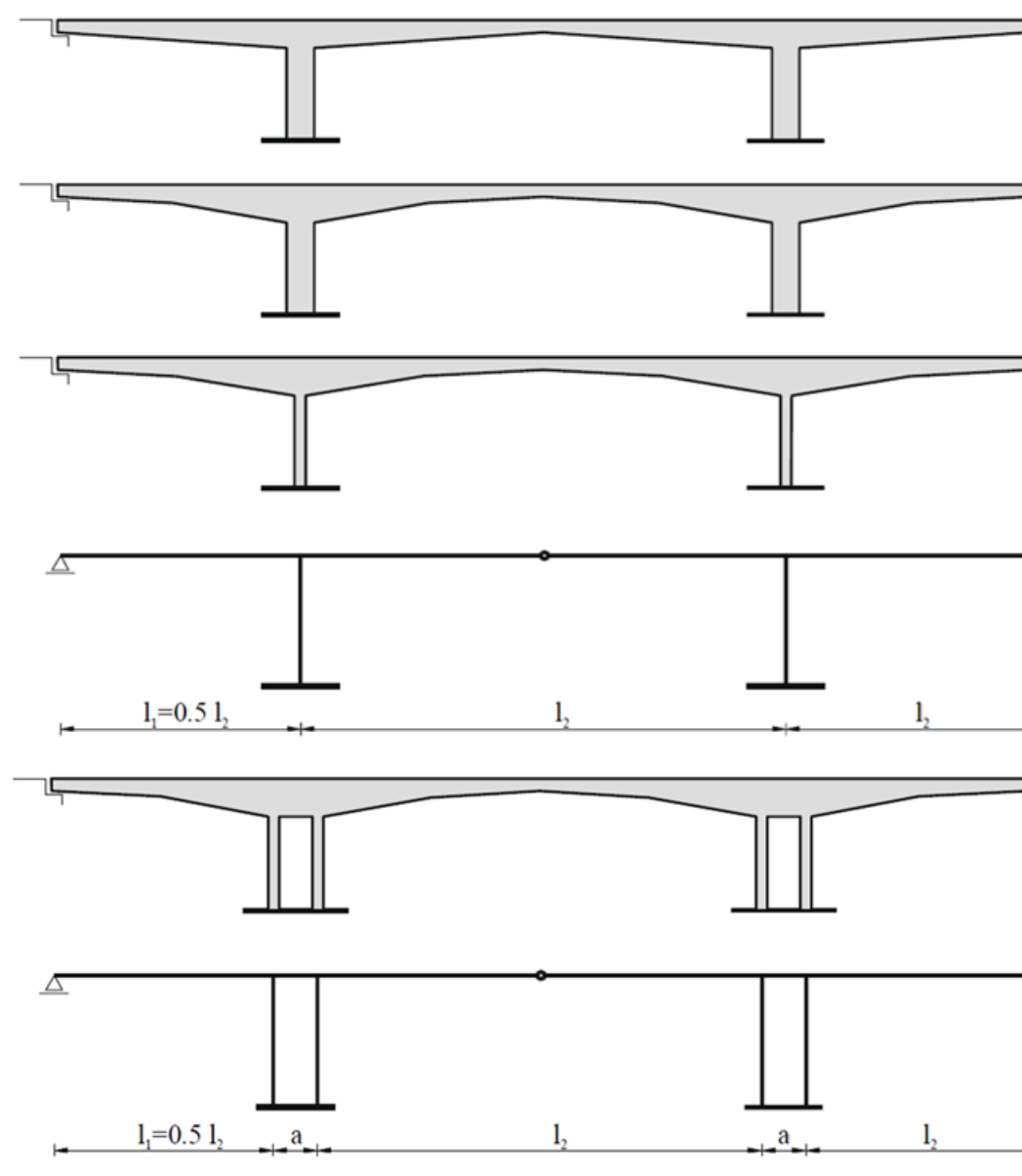
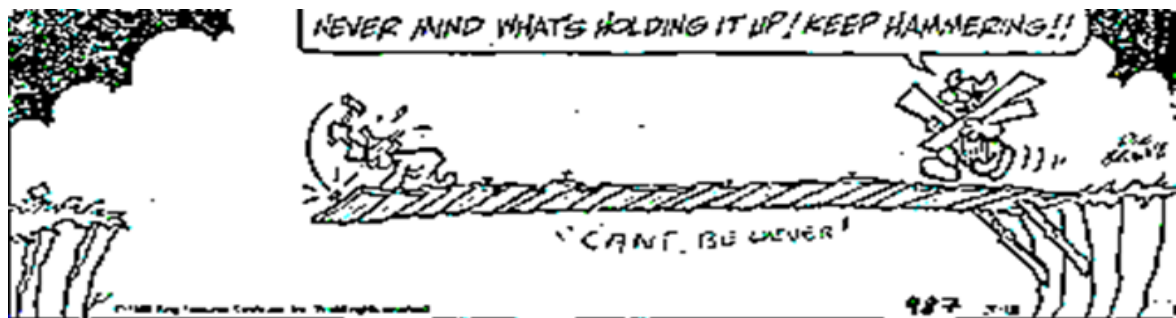


- Дилатирање се може омогућити такозваним удвојеним стубовима, односно постављањем платна на стубном месту на међусобном размаку од $1/25$ - $1/13$ распона. На примеру моста на слици доле види се ово решење.
- Типичан пример су конзолни мостови односно мостови који се изводе конзолним поступком



Конзолни системи

- Посебан тип оквирних носача су такозвани конзолни системи који добијају име према начину извођења (распони и до 300 m), Током извођења потребно је обезбедити да стубови прихвате велике моменте због чега су крути. У првобитној форми у средини средњег распона извођен је трансверзални зглоб, али проблеми угиба на месту овог зглоба изискивали су решење без трансверзалног зглоба. Савремена решења мостова који се изводе овим поступком подразумевају да стубови буду витки а да се конструкција укрути привремено у току извођења, или да се формирају у виду удвојених платна.



Примери конзолних система у бетону

Мост Бешка 1975. (201m)



São João – Porto 1991. (250 m)

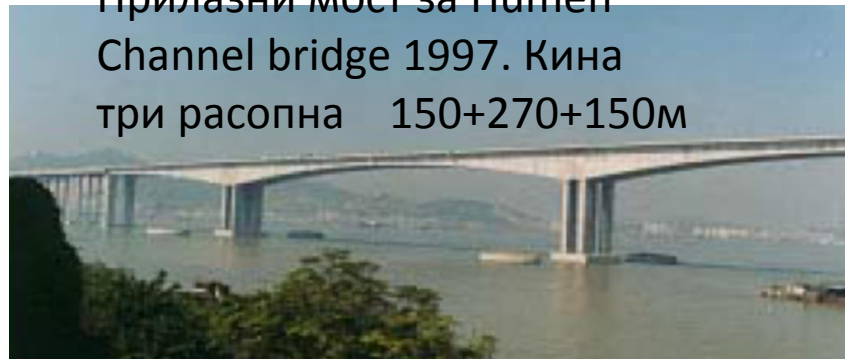


Два Gateway моста Brisbane

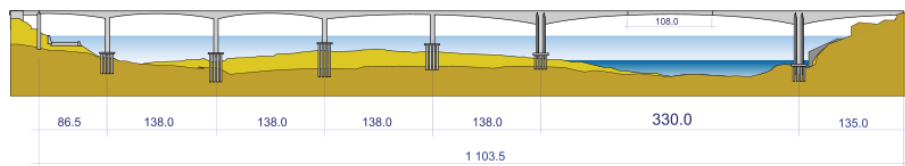
1986./ 2010. – (260m)



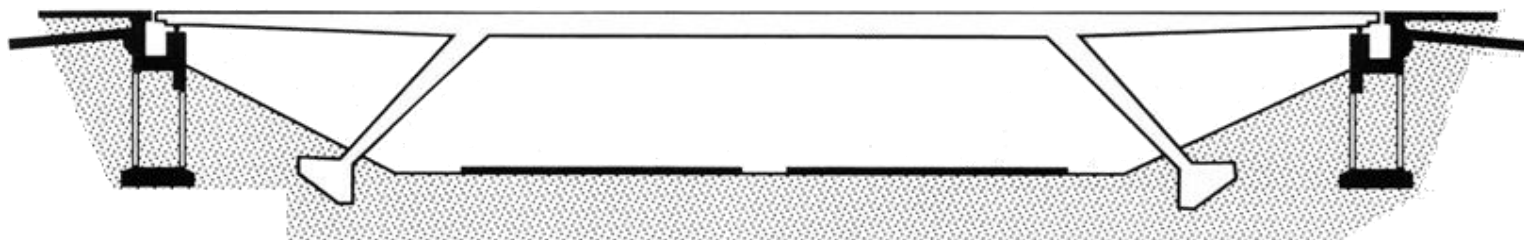
Прилазни мост за Humen
Channel bridge 1997. Кина
три расопна 150+270+150m



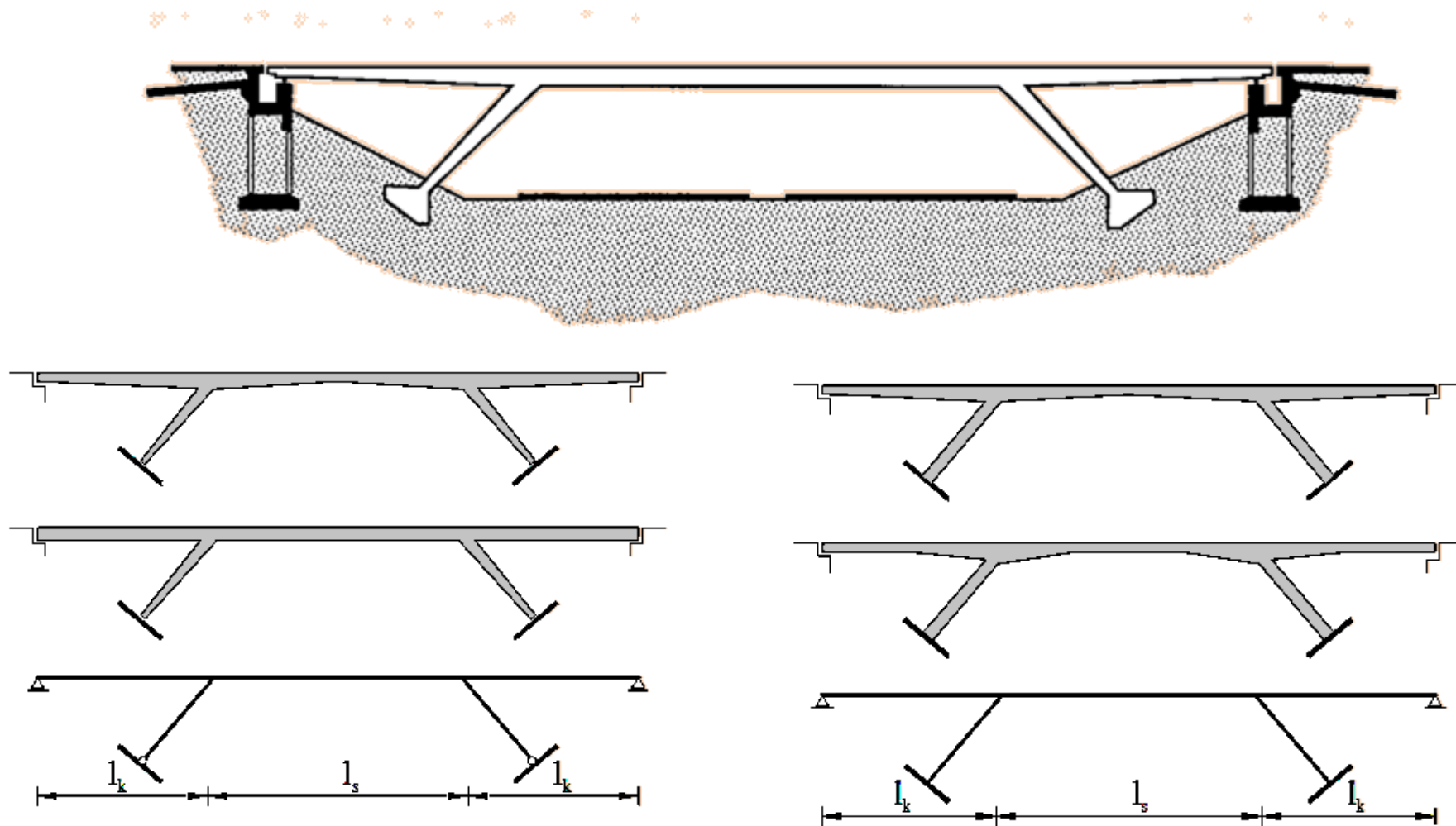
The Shibampo Yangtze River Bridge- Кина
распон 330m



Систем подупирало



Систем подупирало- варијанте

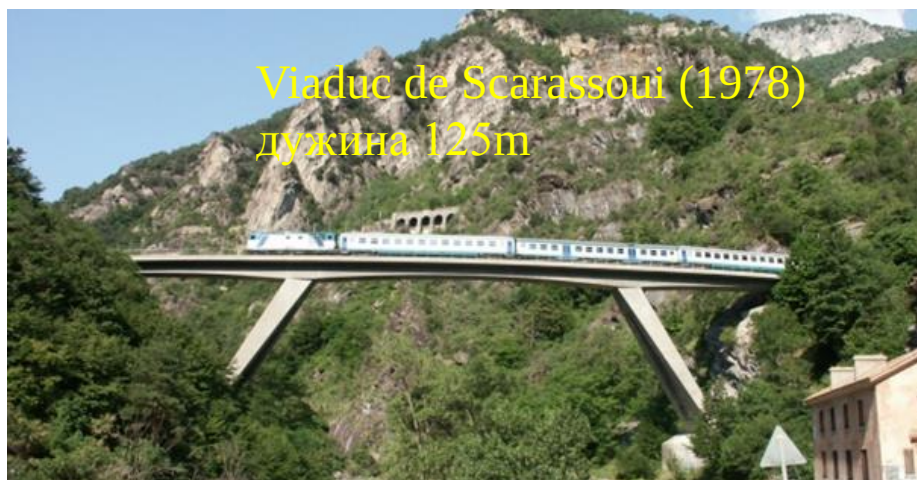


Обликовање подупирала

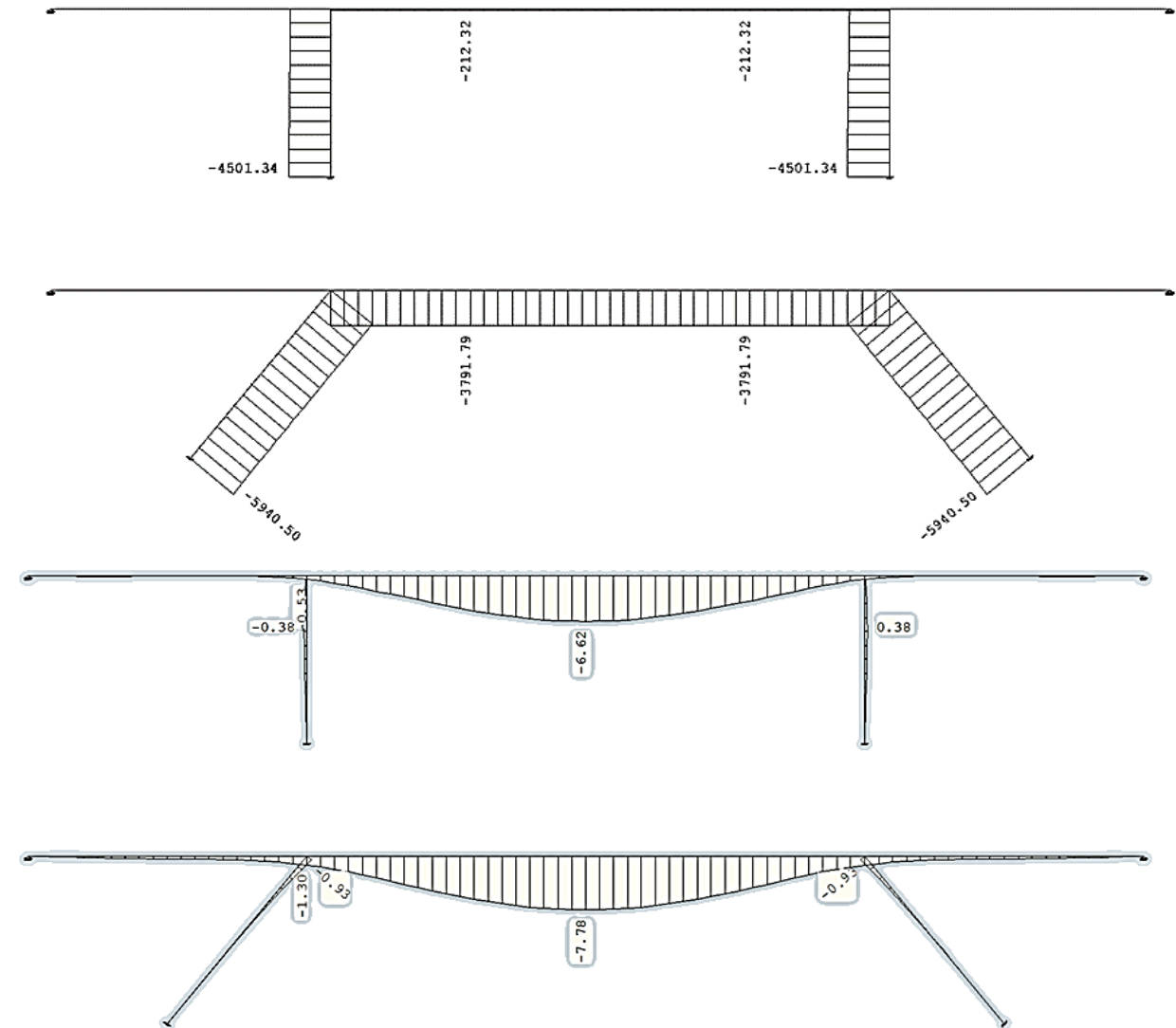
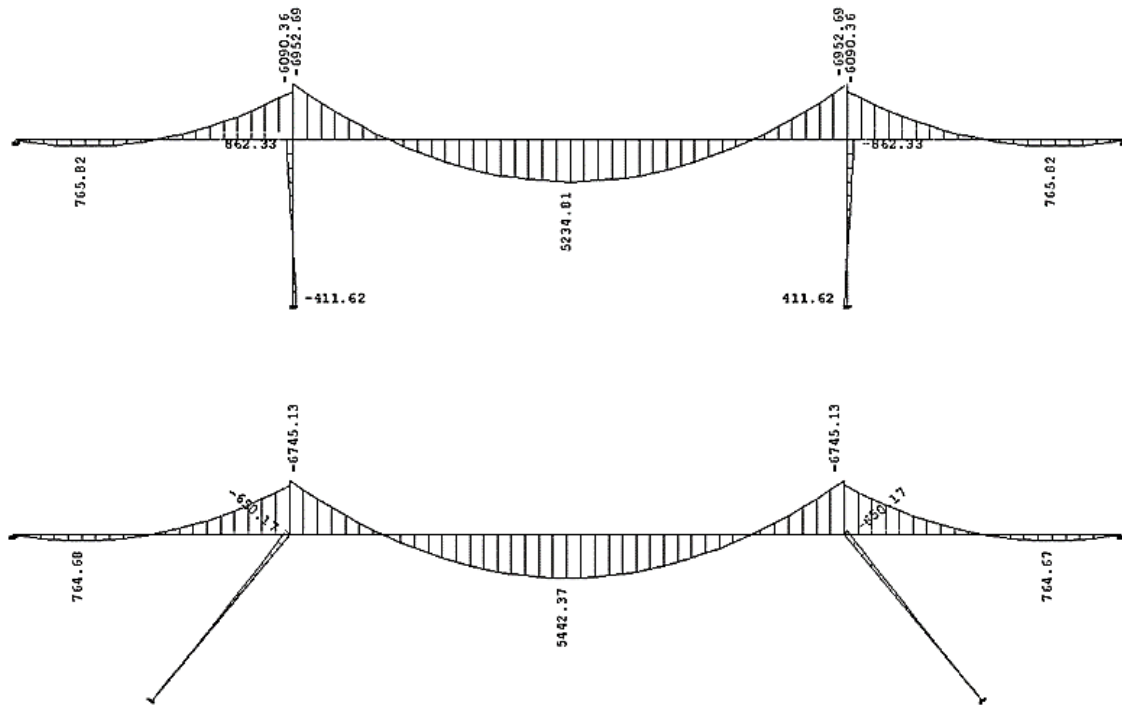
- У средњем делу коловозне конструкције са јављају значајне силе притиска.
- Углавном су крајњи распони ослоњени преко лежишта.
- Веома погодно решење за надвожњаке изнад аутопутева.
- Постављањем косог стуба смањен је распон коловозне конструкције док се обезбеђује већи слободни профил.
- Препоручљиво је да се нагиб стуба од вертикале не буде мањи од 45°, а најбоље 60 степени. Са повећањем нагиба смањује се величина хоризонталне реакције (хоризонтална реакција).
- Висине стубова зависе од топографских услова, али обично изnose висина 25-50% средњег распона. Било је случајева и мањих.
- Веза стубова са гредом је углавном путем зглоба (мост Газела - челик).



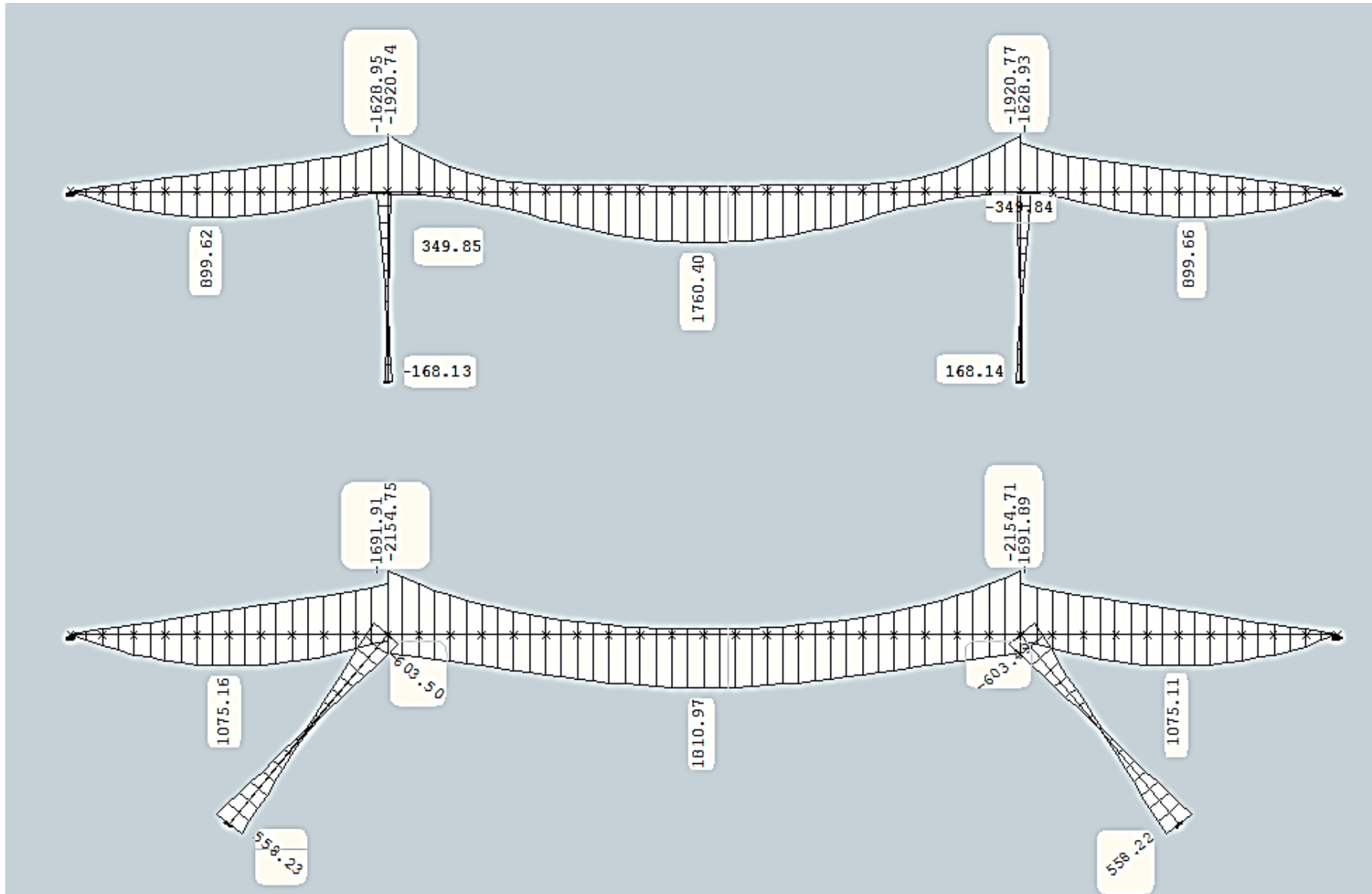
Естетика



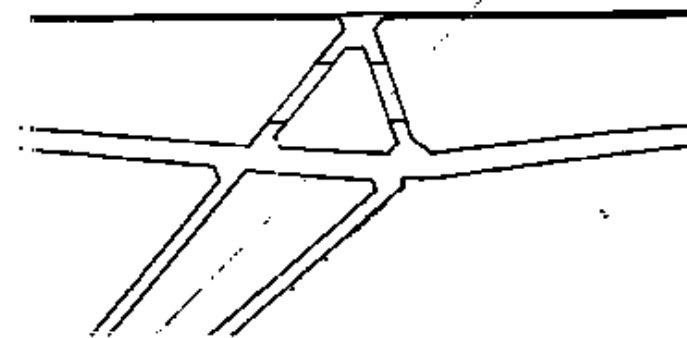
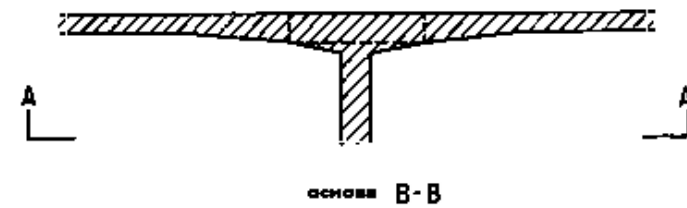
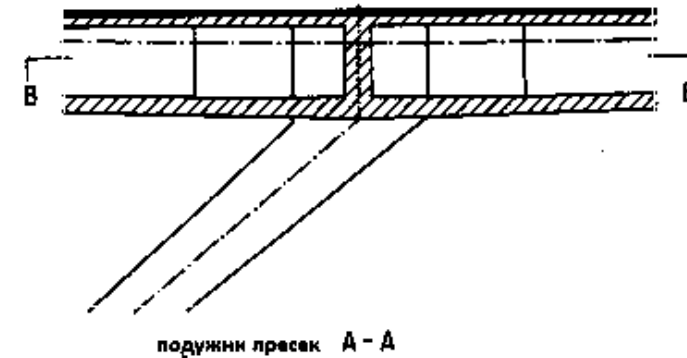
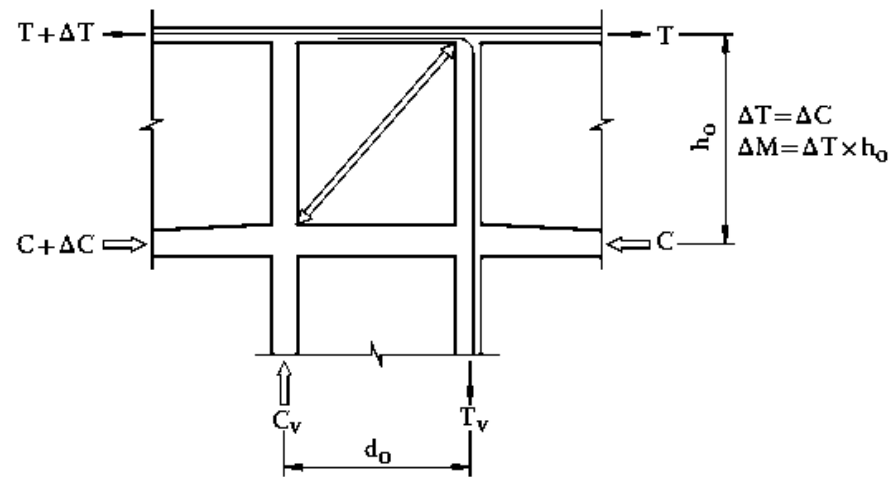
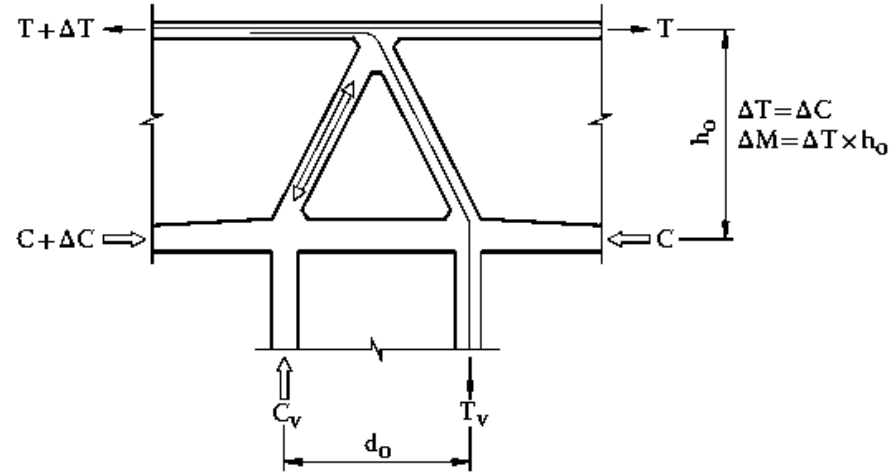
Поређење (сопствене тежина)



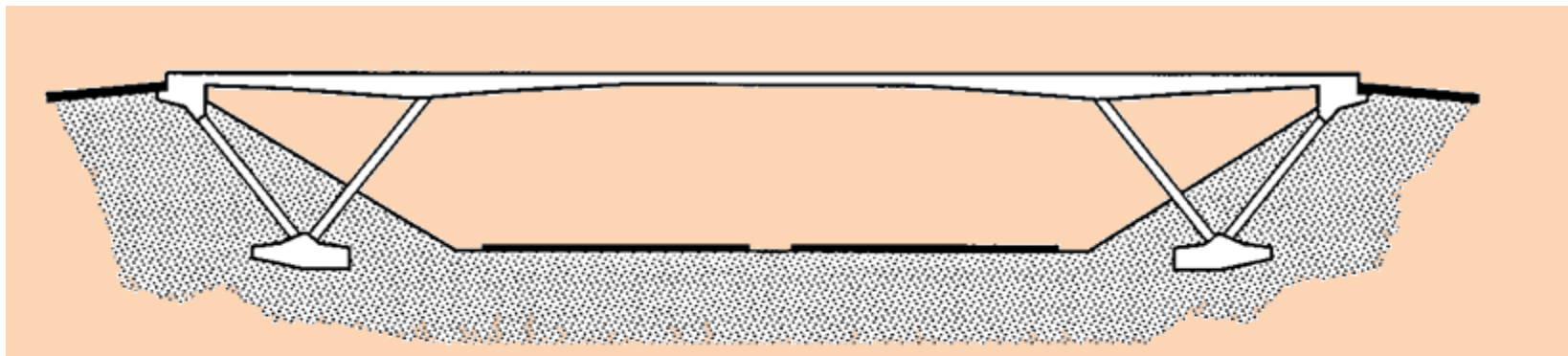
Поређење – покретно оптерећење



Чворови код средњих стубова сандучасте коловозне конструкције



Стубови V облика



Pont de la Voulte-sur-Rhône,

1955.



Железнички мост преко
Мајне 1984.



Pont Saint-Michel Toulouse,
1962.



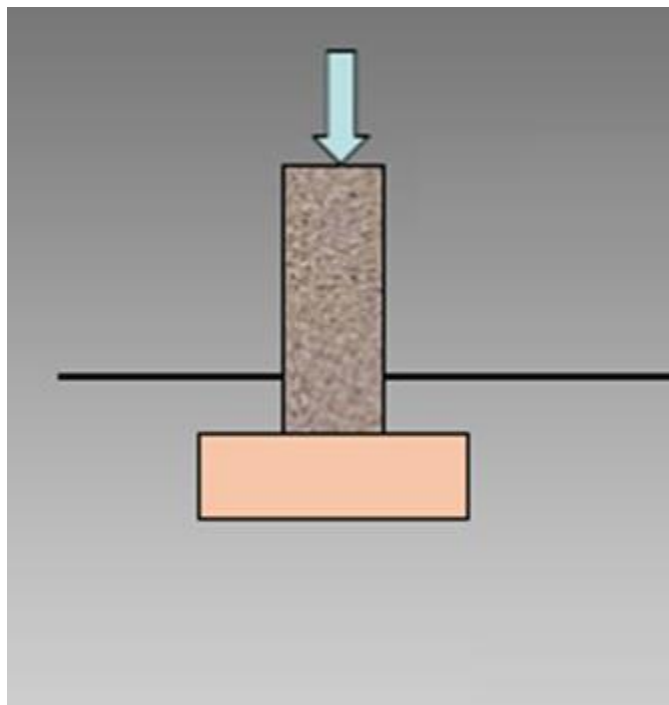
Пенза Сура — низ подупирала
1975.

Одлике система са V стубовима

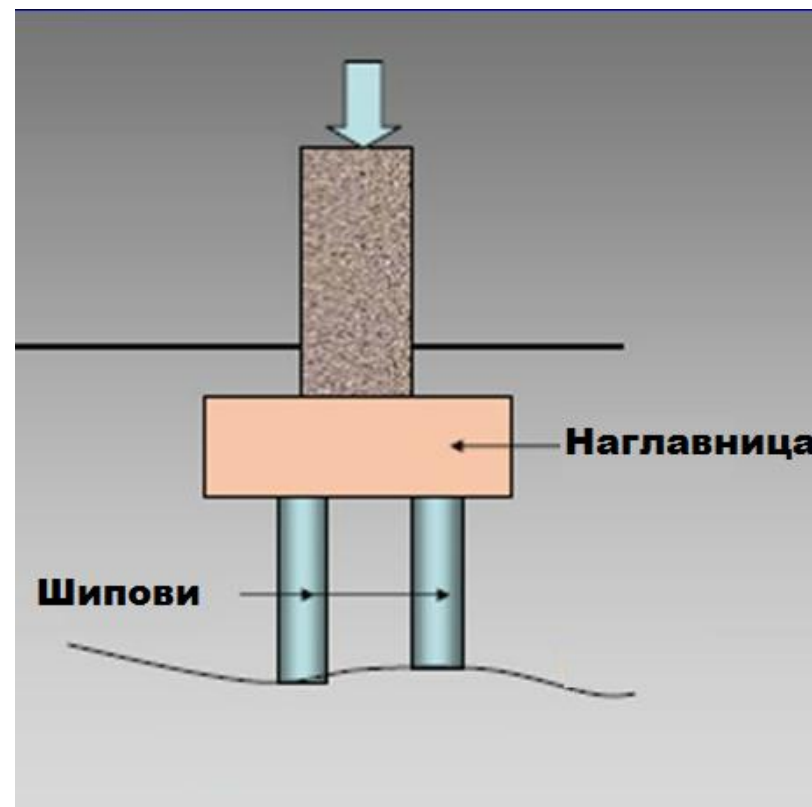
- Подсећају на низ подупирала и у статичком смислу се слично и понашају.
- Мостови овог типа имају све погодности као и мостови типа подупирала при чему је хоризонтална реакција на средњим стубовима значајно мања што олакшава темељење. Оваквим обликовањем стубова су заправо распони коловозне конструкције мањи, што омогућује виткије коловозне конструкције, уз истовремено смањен број темеља.

Темљи мостовских стубова

Плитки



Дубоки



Типови темеља

- Избор начина фундирања се врши на основу геолошко-геомеханичког елабората. Примењују се доле наведени начини фундирања мостовских стубова:
 - Плитко фундирање
 - Дубоко фундирање
 - Шипови
 - Бунари
 - Кесони
- Понекад је могуће на различитим стубним местима изабрати различите начине фундирања, уз задовољење услова по диференцијалном слегању на који се конструкција моста проверава.
- Уобичајено је да се мостовске конструкције контролишу на величину диференцијалног слегања од 1-2cm.
- При извођењу темеља мостовских стубова значајне су разлике да ли се извођење обавља у сувом или у воденој препреци.

Потребне контроле

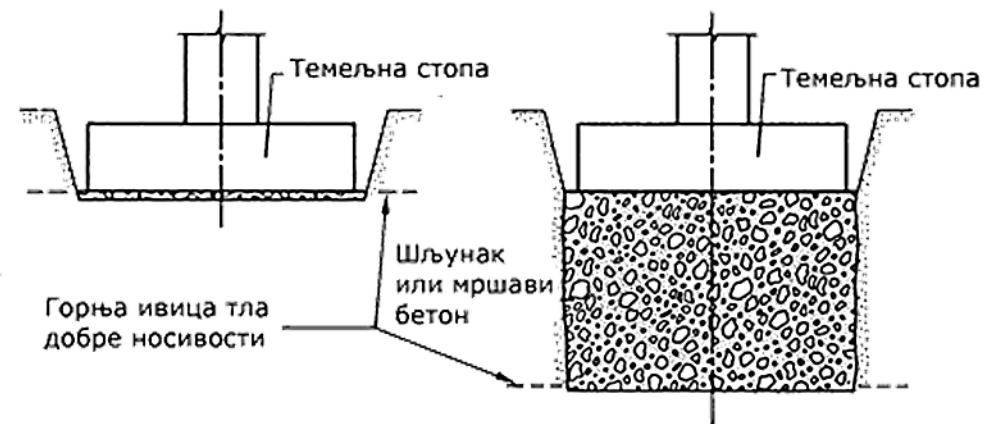
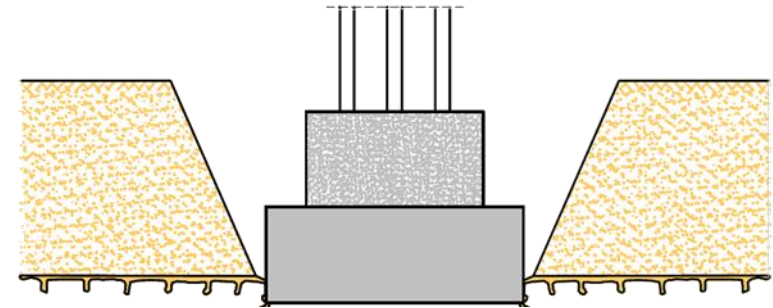
Зависно од изабраног типа фундамирања у табели су приказане неопходне контроле које је потребно спровести.

потребне контроле

врста темеља	носивост	претурање	клизање	хоризонтално померање
плитки темељи	да	да	да	–
бунари/кесони	да	–	–	да
шипови	да	–	–	да

Плитко фундаирање

- Плитко фундаирање је економиченије од дубоког па се примењује увек кад се могу задовољити услови носивости и слегања тла испод моста.
- Уобичајено је да се примењује кад је тло добре носивости на малој дубини (5-7 m).
- У стабилном терену без већег прилива подземне воде изводи се у широком ископу.



Плитко фундирање у води

Код мањих река могуће је, у пероиду ниског водостаја, преусмерити водоток и фундирати уз црпљење воде.

Код већих водотока израђују се привремени насипи ширине 6-8m који повезују обалу са стубним местом и темељна јама се штити загатиме од челичних талпи уз подграђивање

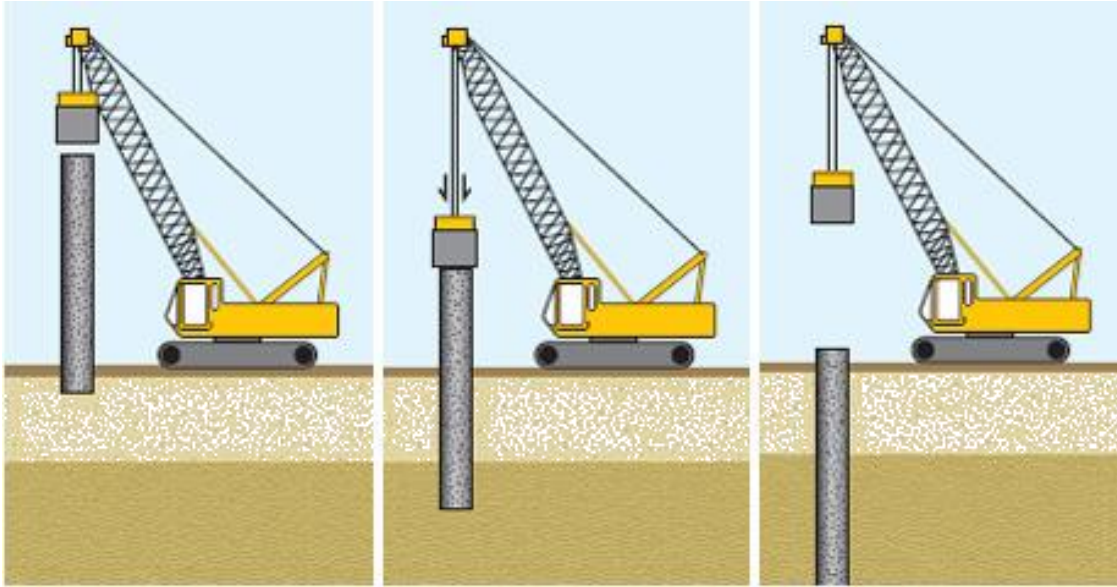


1

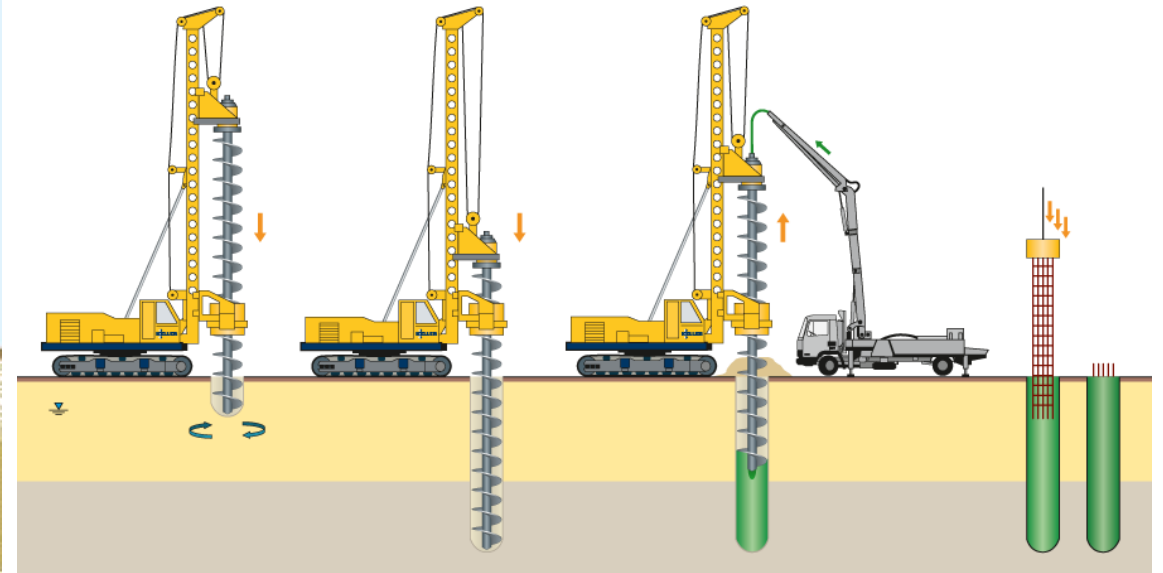


Величина контактне површине се одређује уз претпоставку да је расподела притисака на тло праволинијска. Димензија стопе је толика да се у приказаном случају не јављају напони затезања. Дебљина стопе се бира на основу напона смицања услед пробоја. Приказан је модел решетке као помоћ за избор дебљине темења. Дијагонала притиска заклапа угао 45° са темењном спојницом, такође се препоручује да је угао линије између спољње ивице темеља и ивице стуба у односу на темењну спојницу буде минимално 30° .

Побијани и бушени шипови

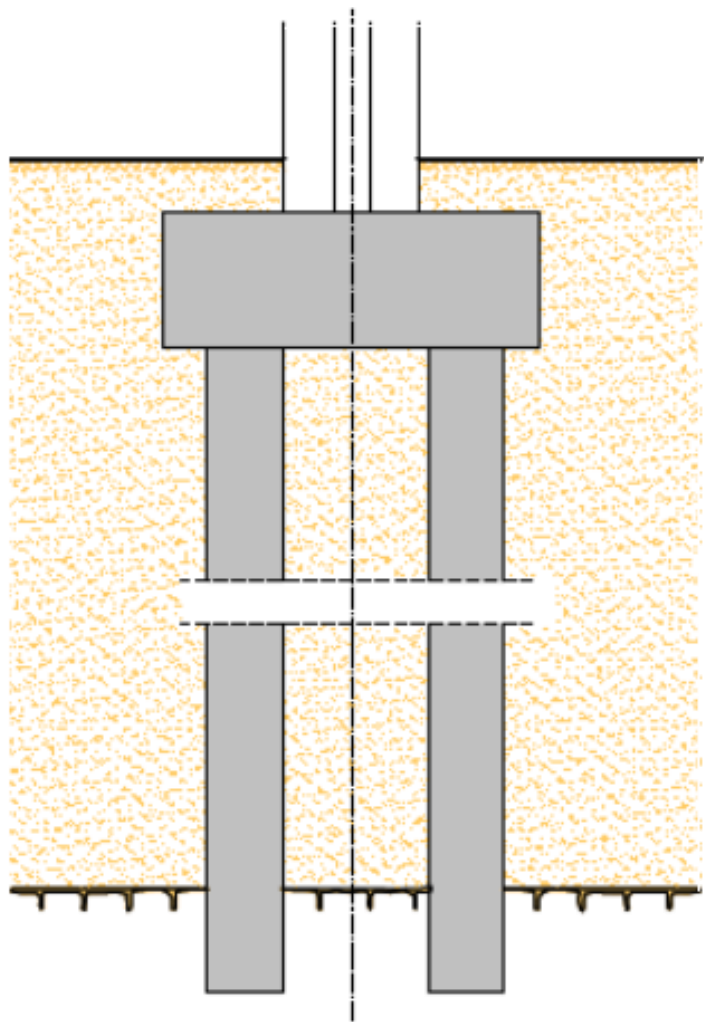


Побијени шипови се побијају се у тло ударцима маља и могу се употребљавати уколико тло не садржи камене прослојке или камене блокове.



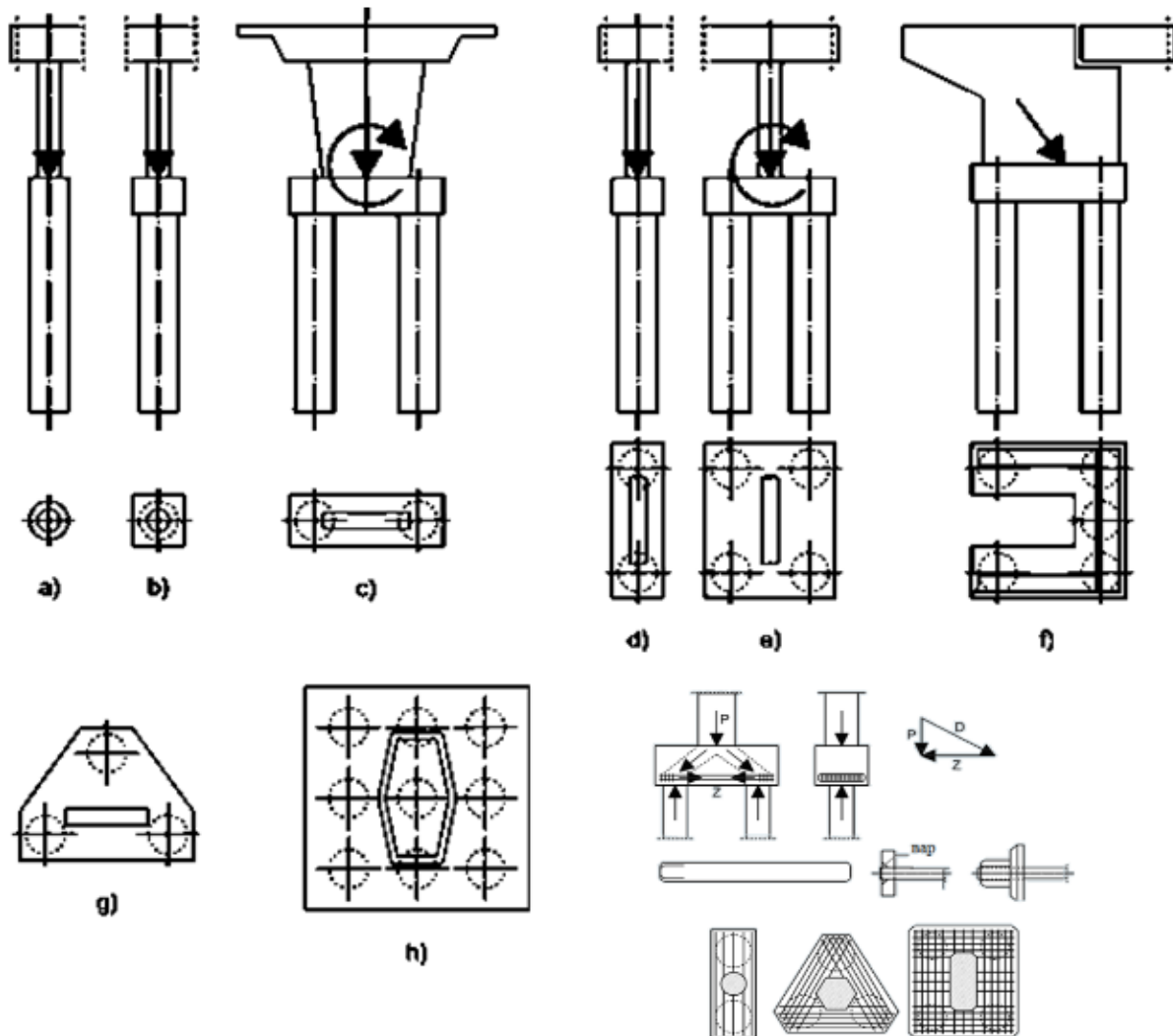
Бушени шипови се формирају бушењем и вађењем материјала уз заштиту обложне челичне колоне или уз заштиту помоћу бентонитске суспензије.

Темељи на бушеним шиповима



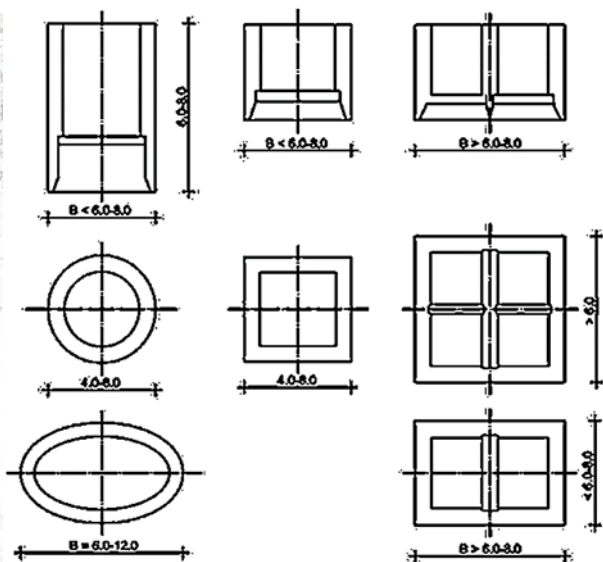
- Користе се код лошијег квалитета тла
- Кад је носиво тло дубоко
- Пречник 80 – 300 см.
- У носиво тло треба ући бар 1.5 пречника ако шип не носи и на трење
- Не препоручују се коси шипови, а ако се користе морају да буду способни да носе и моменте савијања услед слегања тла. Поред тога исказују мање дуктилно понашање.
- Дорбо се понашају током земљотреса изузев кад је тло подложно ликвидацији.

Распоред шипова и утицаји



Код мањих објеката могуће је средње стубове фундирати на једном шипу обично полупречника 1,5m, који се наставља у стуб. Али много је чешћи случај да се стубови темеље на групи шипова који су у врху повезани наглавном гредом минималне дебљине 1,5m. Распоред шипова се прилагођава утицајима које се са стуба преносе у тло. Поред тога, треба водити рачуна о размаку између шипова које се прописује у зависности од врсте тла и предвиђеног пресноса оптерећења (трењем или искључиво по бази шипа) и креће се између 2.5-5.0 пречника шипа.

Бунарски темељ

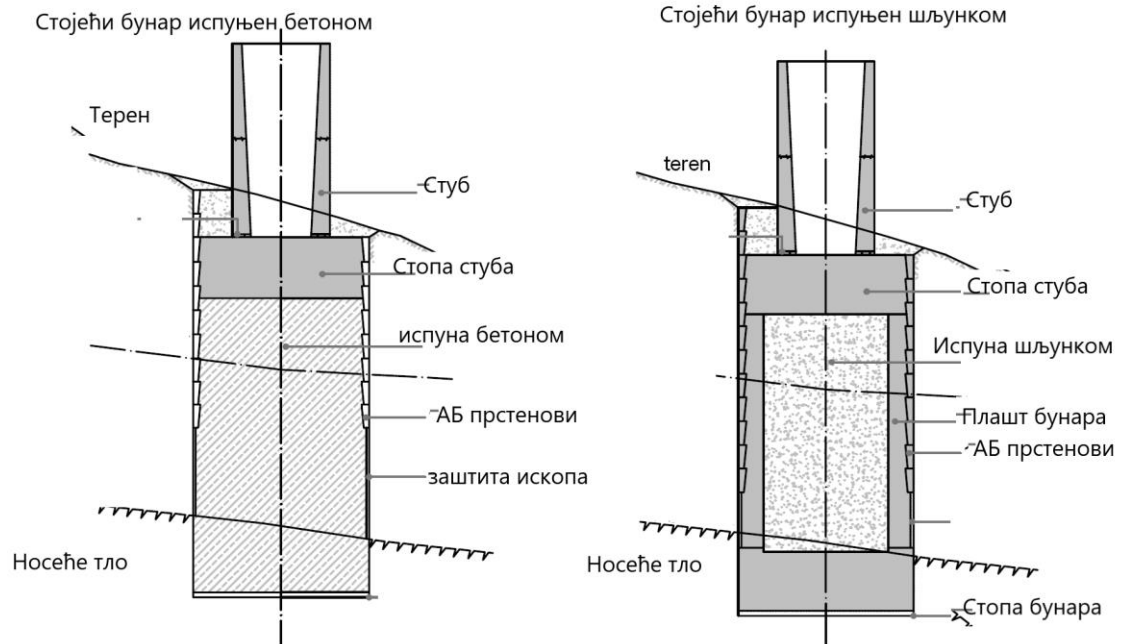
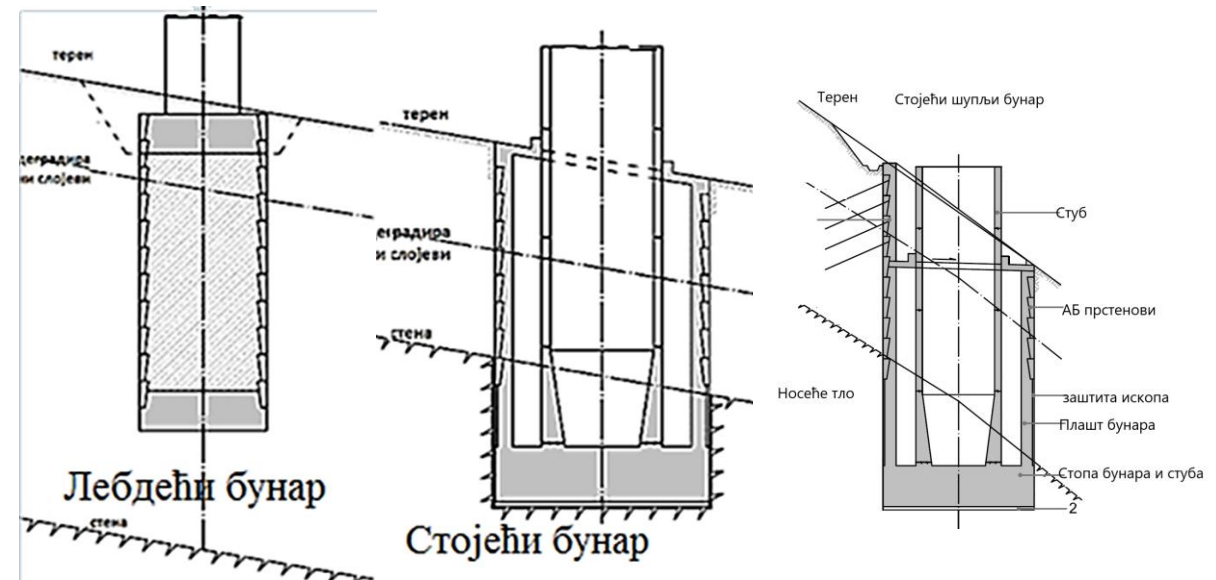


- Бунар је вертикални шахт, отворен и горе и доле који се спишта у тло копањем материјала унутар бунара
- Примењују као појединачни или у групи
- Пресек је начешће кружни полупречника 3-15m
- Изводе се на природном терену или вештачком острву (водене препрека) кад се истовремено користе за заштиту грађевинске јаме уместо талпи.
- Ископ се врши уз или без црпљења воде из подручја унутар бунара.

Бунари

ТИПОВИ И ЕЛЕМЕНТИ

- Стојећи усидрен у носеће тло бар 2.0m
- Лебдећи – носи трењем по плашту, дно бунара не допире до носећег тла, ретко се користи
- Испуњени, шљунком или бетоном, стуб се ослања преко темељне плоче на врху бунара
- Шупљи – стуб се ослања на темељ бунара, стуб је знатно виши и флексибилнији
- Бунари могу да се изводе на месту ископа у висини 2,0 - 4,0 m. Извођење може бити уз бетонирање на лицу места или уз примену монтажних префабрикованих прстенова.
- Ископ унитар бунара и спуштање иду истовремено. По спуштању једног дела бетонира се наредни и понавља поступак спуштања поткопавањем.



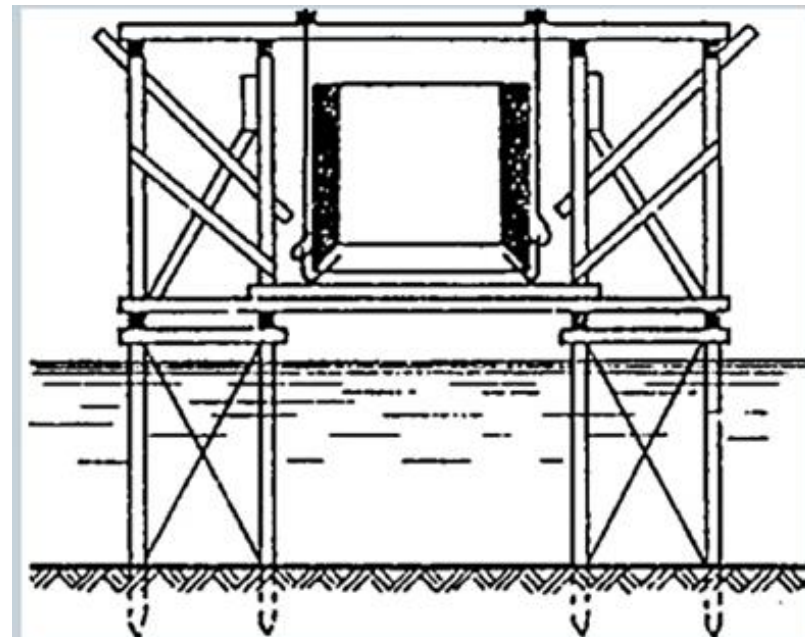
Израда бунара у са вештачког острва

Бунари се изводи на мјесту ископа, на вештачком острву, у висини 2,0 до 4,0 м. Извођење може бити са бетонирањем на лицу места сегмената (прстенова) или са монтажним префабрикованим елементима (прстена). Механизовани ископ у бунару и спуштање бунара изводи се једновремено.



Водена препрека

- Спуштање бунара кроз воду захтева сложеније технологије извођења, опреме, скеле.
- Може се извести помоћу моћних дизалица.
- Потапање пливајућег сандука, вешањем и спуштањем са скела ослоњених на побијене шипове, или са пловних објеката.



При дубинама већим од око 4m бунар се спушта са скеле или пловила



Кесони



- Отворен је на дну а затворен изнад радне коморе
- Примењују се кад постоји опасност од хидрауличног слома у тлу
- Дубине воде 12-35m
- Притисак ограничен на 0,35МПа (који радници могу да поднесу)

