



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

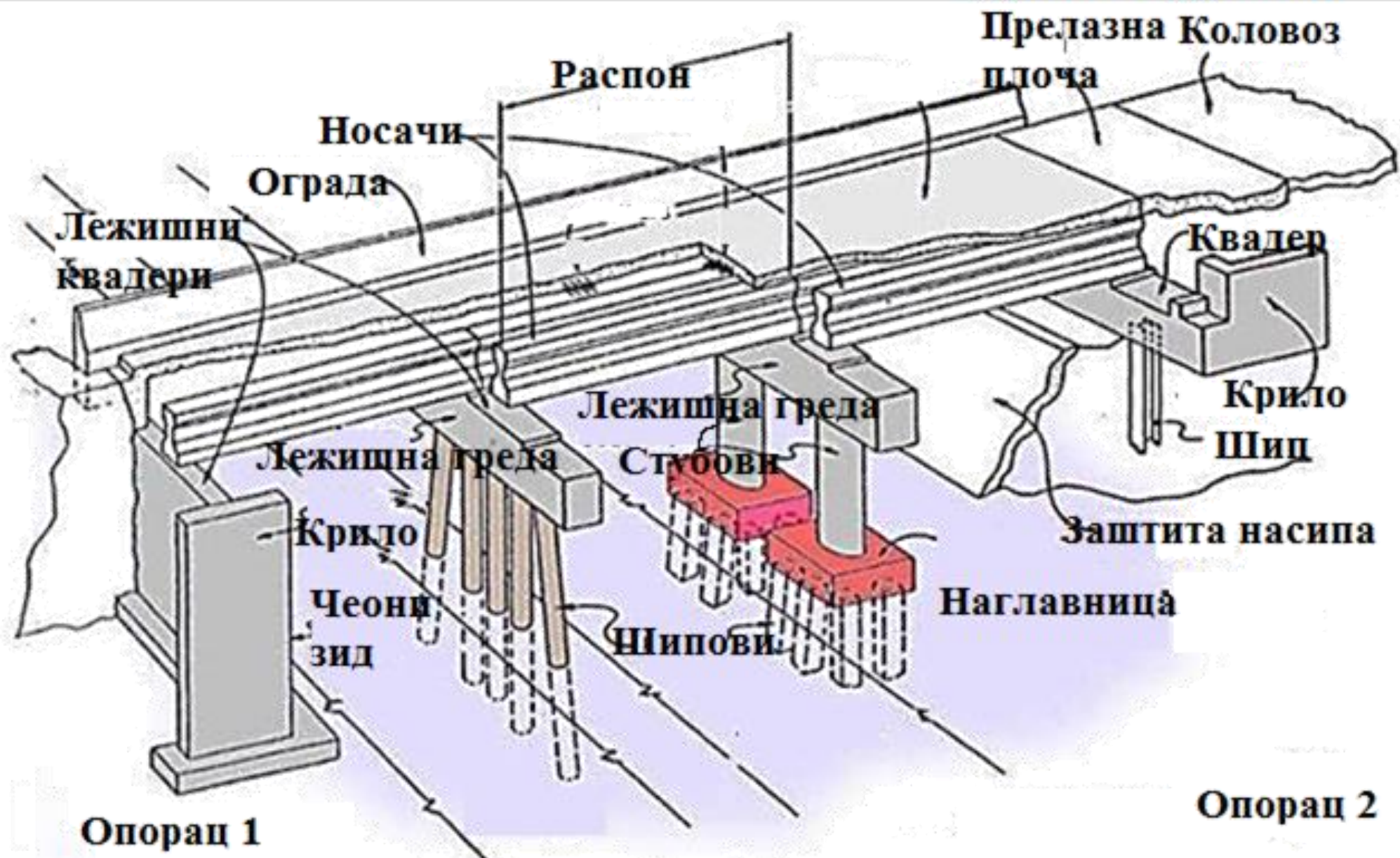
Студијски програм: **ГРАЂЕВИНАРСТВО ДИПЛОМСКЕ АКАДЕМСКЕ СТУДИЈЕ**
Modul: **КОНСТРУКЦИЈЕ**
Година/Семестар: **I година / I семестар**

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

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

Наслов предавања: **Субструктура мостова**

Датум : 19.11.2024.



Стубови моста

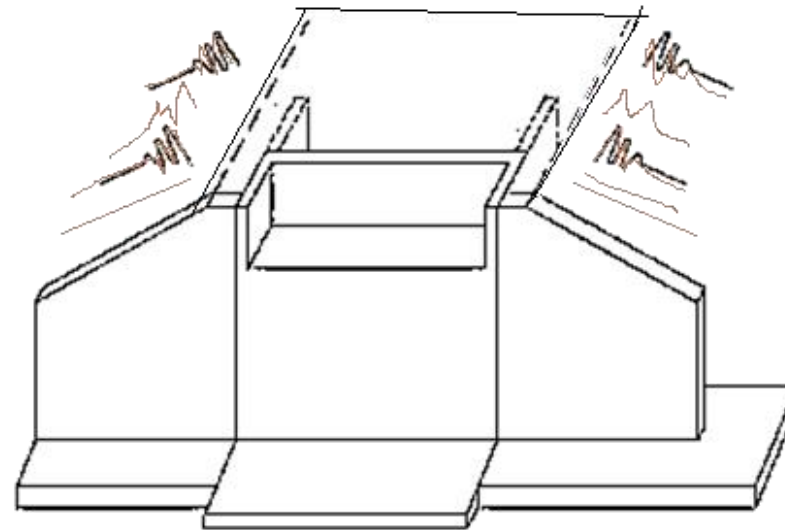
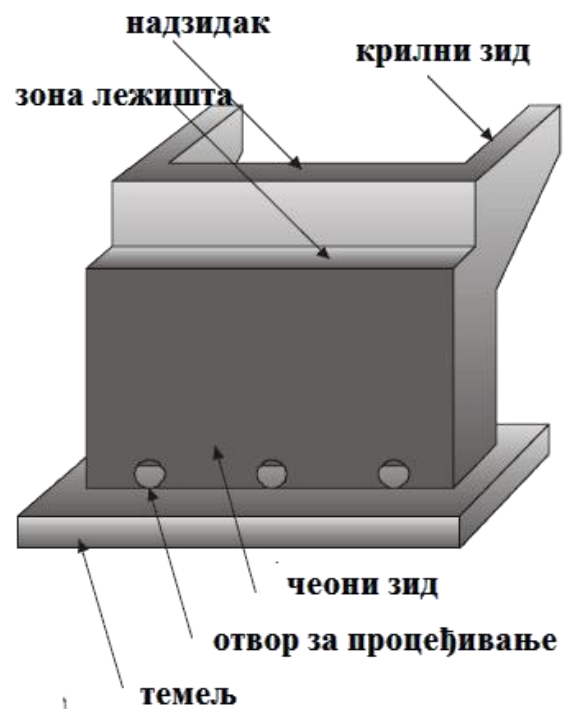
Крајњи стубови - опорци



Средњи стубови



Крајњи стуб опорац



Изглед

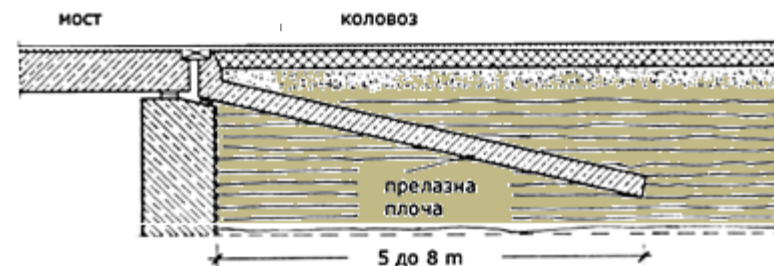
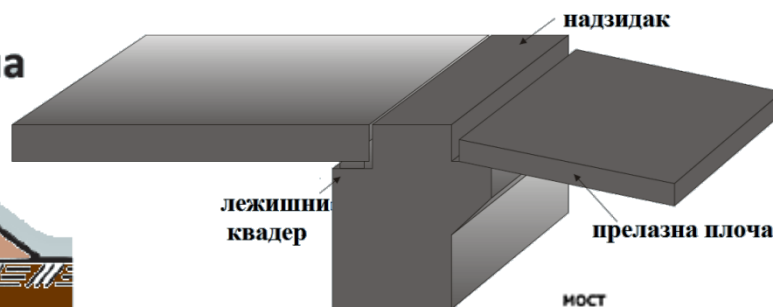
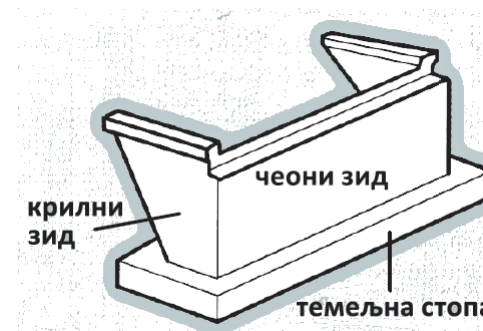
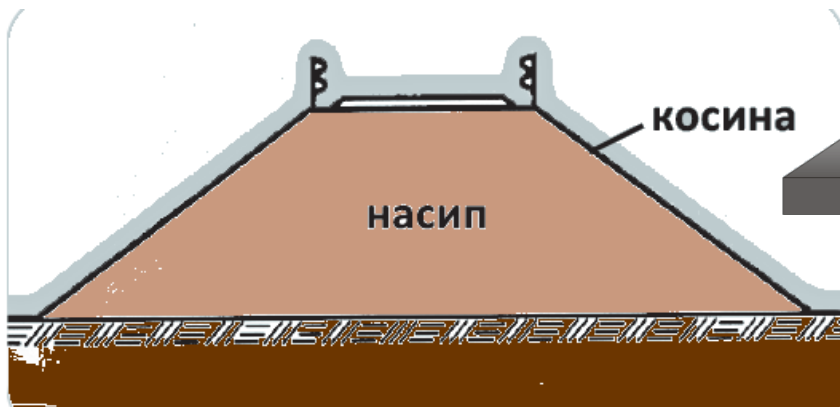


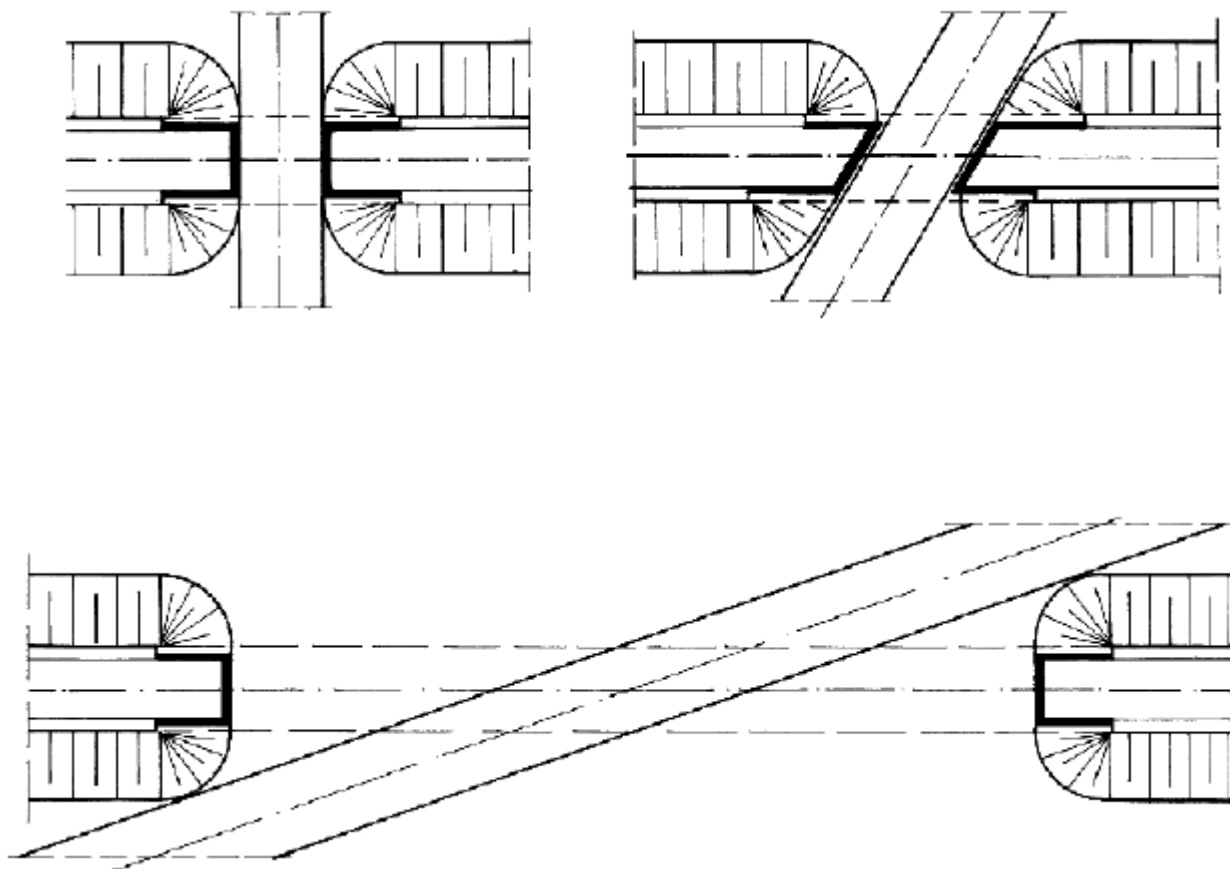
Пратећи елементи крајњих стубова

- УЛОГА:

Помажу при повезивању труп
пута на насипу и коловоза на мосту

- Крилни зидови
- Прелазне плоче





Спољне ивице крила на обликују према траси саобраћајнице. Постоји разлика између управних и закошених мостова, при чему је закошеност ограничена на око 40° . У ситуацијама укрштања под изразито оштрим углом препоручљиво је пројектовати мост под правим углом. Ово повећава укупну дужину моста. Могући економски ефекти овог пројекта се надокнађују јасним и једноставним пројектом опорца али и моста. За косоугаону ослањање, потребно је знатно више трошкова оплате, рада и материјала него што би икада било потребно за правоугаони упор. Конструктивни делови опорца су веома напрегнути у појединим областима уз захтев водонепропусности. Ако је бетона С 25/30, у темељимљ, за делове опорца ће зрвати С 30/37 или чак С 35/45.

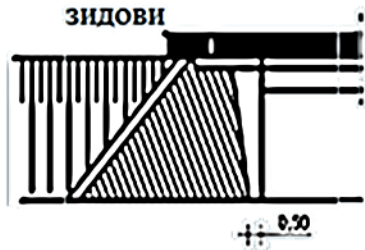
Типови крилних зидова

Паралелни
крилни зидови



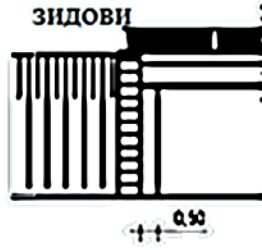
a

Коси крилни
зидови



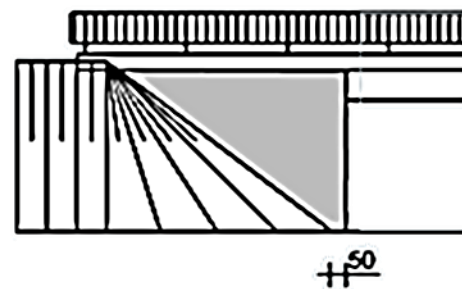
b

Управни крилни
зидови

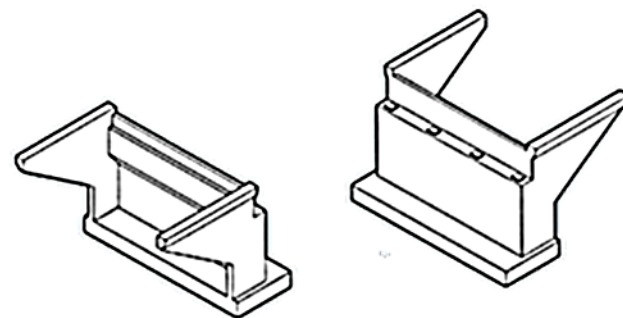
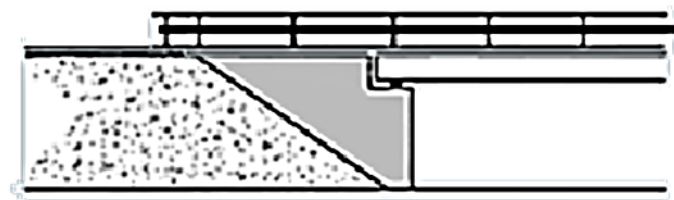
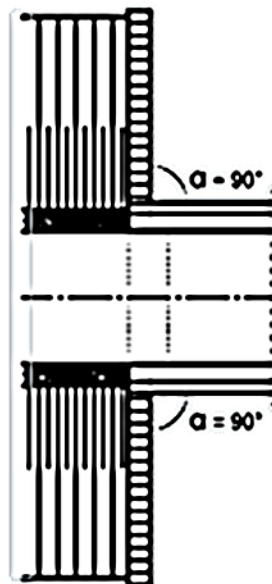
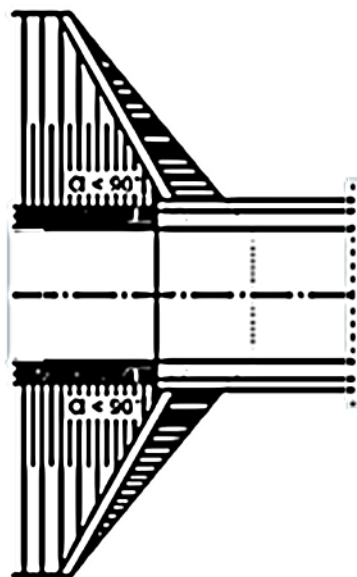
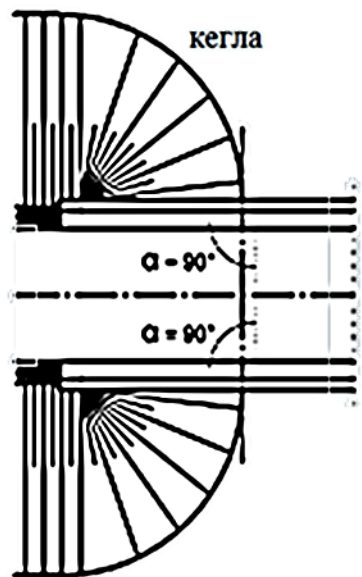


c

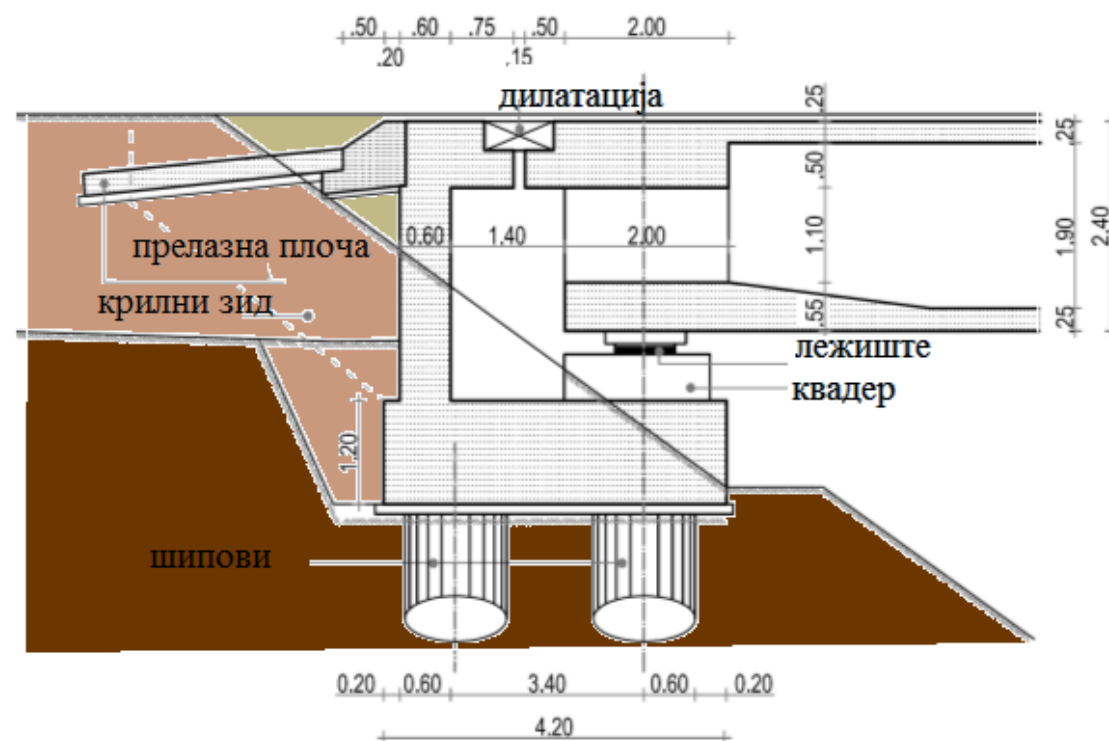
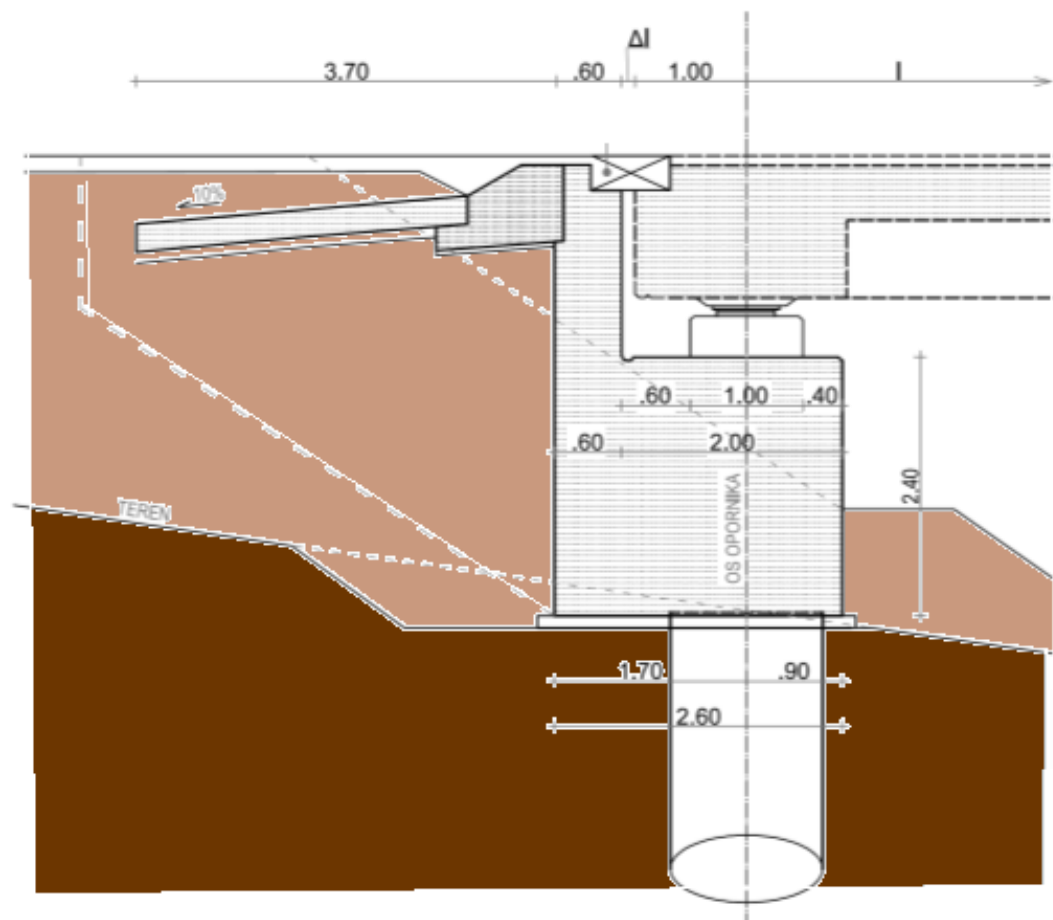
100



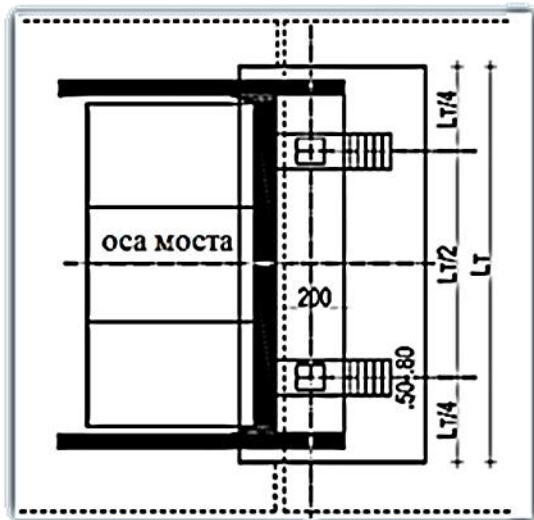
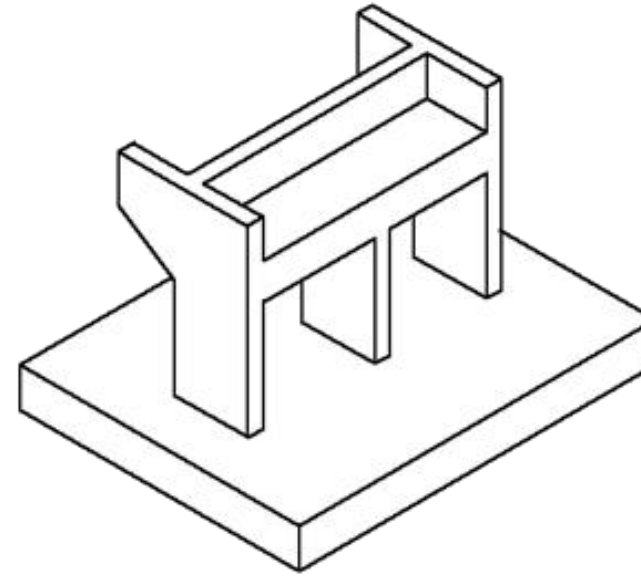
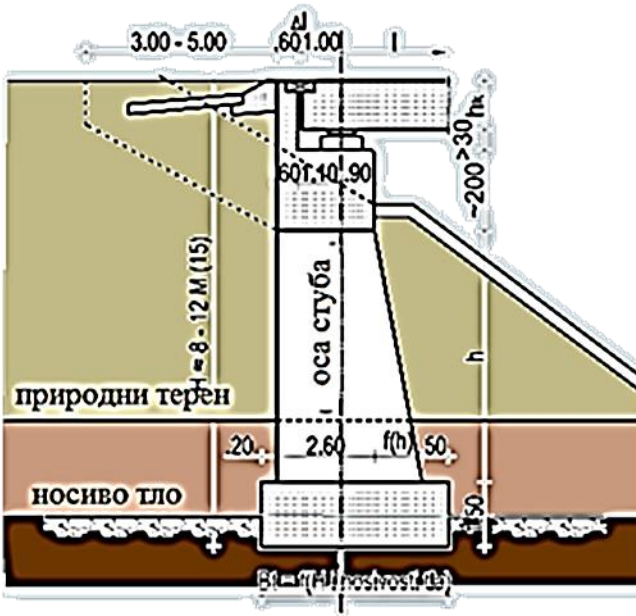
50



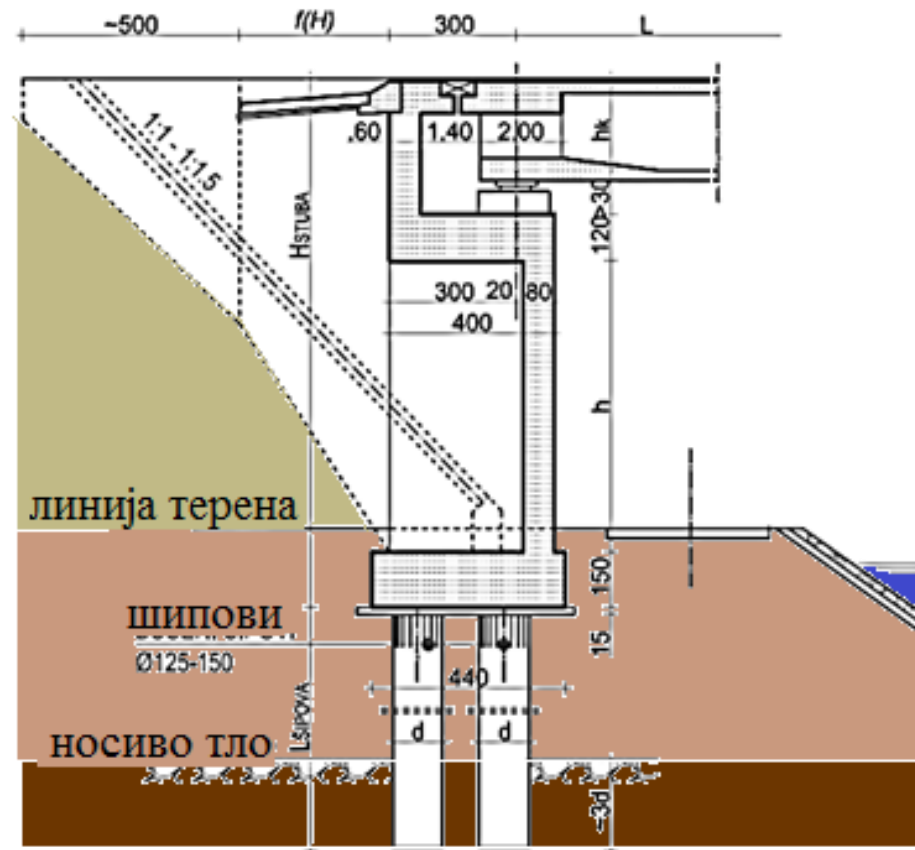
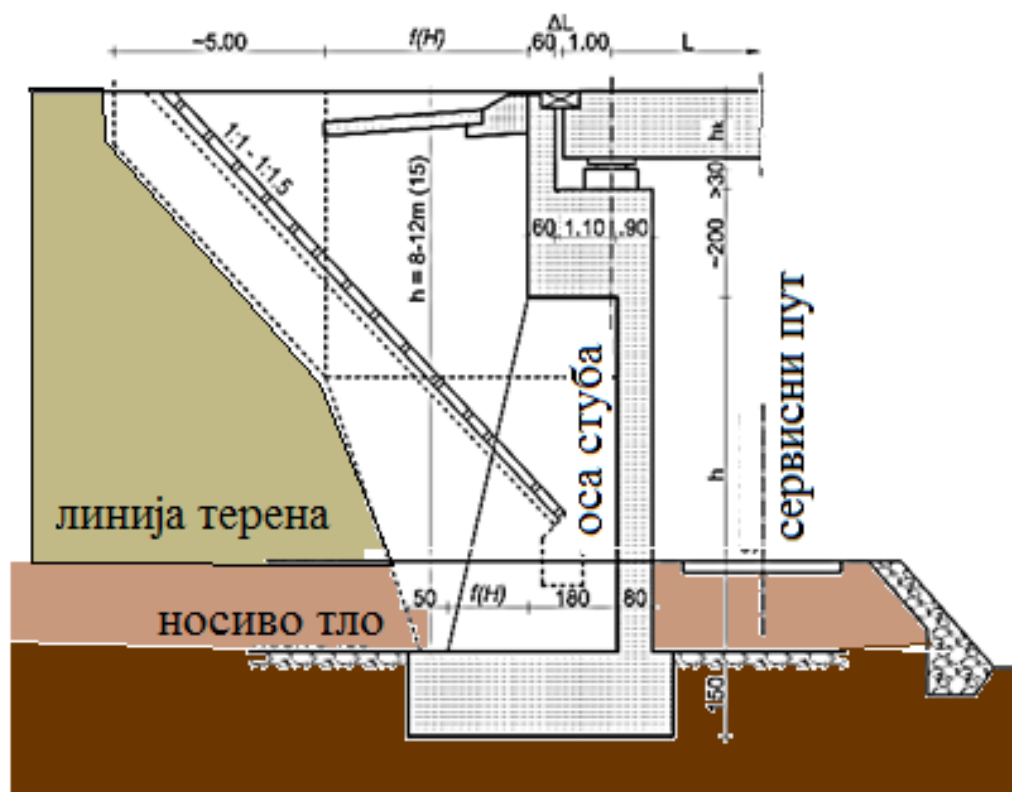
Редуковани опорац



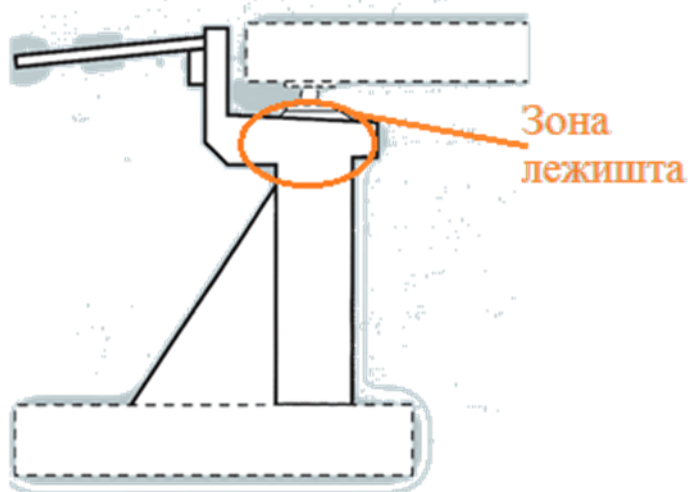
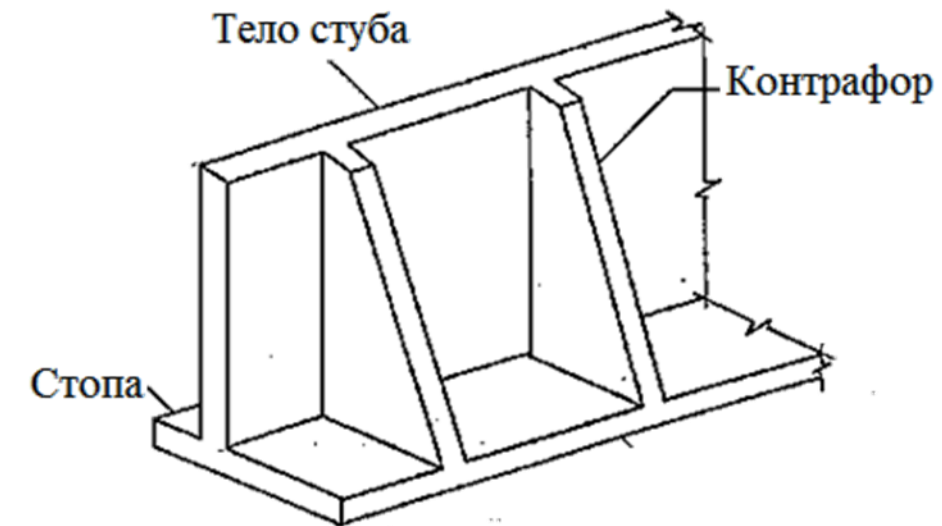
Пропуштен насип код високих стубова



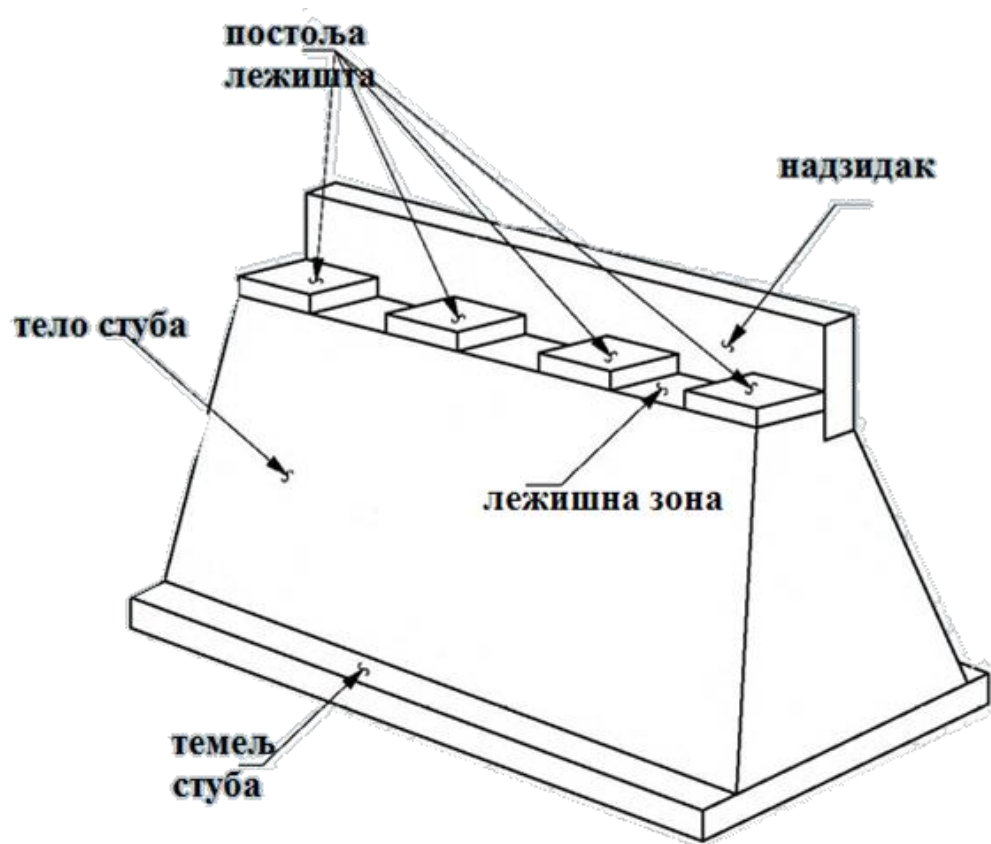
Високи стуб са контрафорима



Контрафор

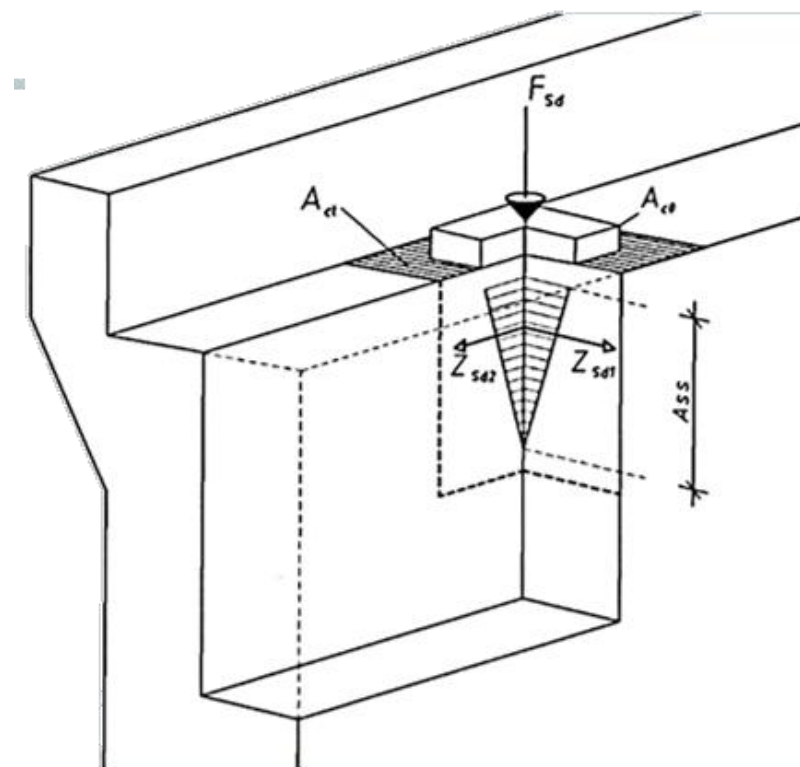
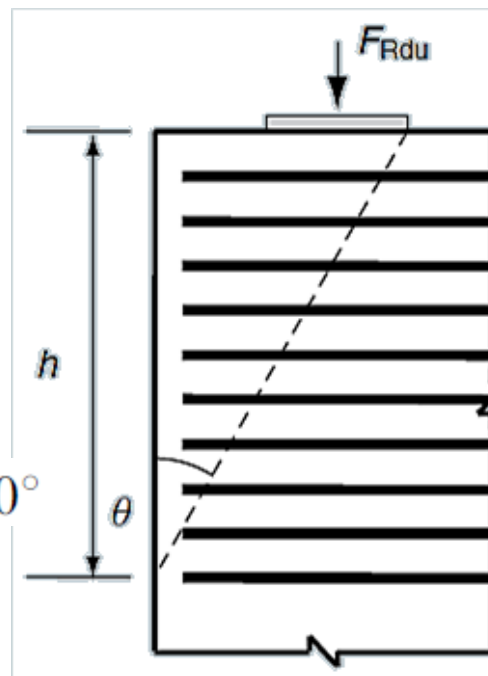


Зона лежишта – лежишни квадери

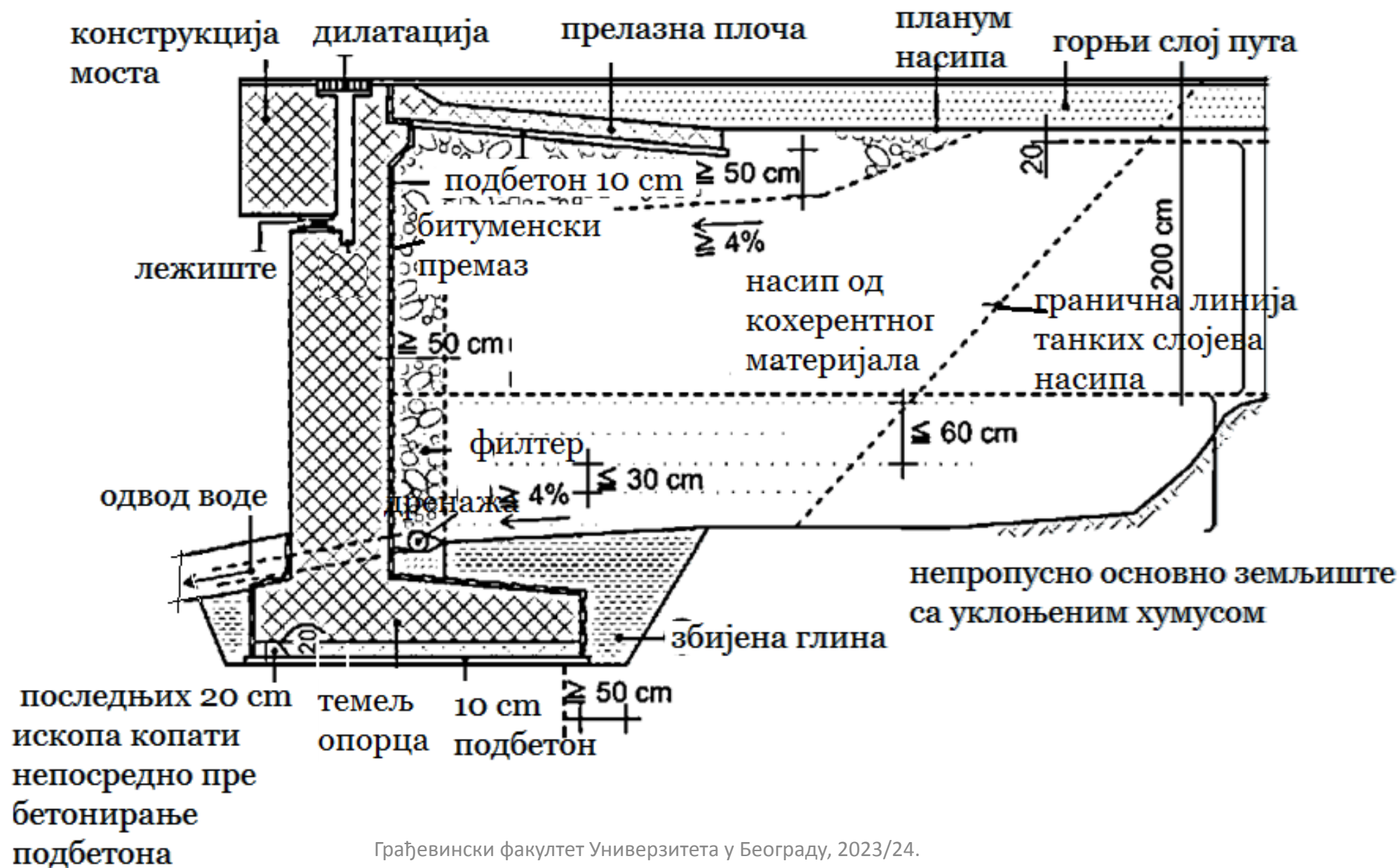


$$\theta = 30^\circ$$

$$A_r f_{yd} \geq F_{Rdu}/2$$



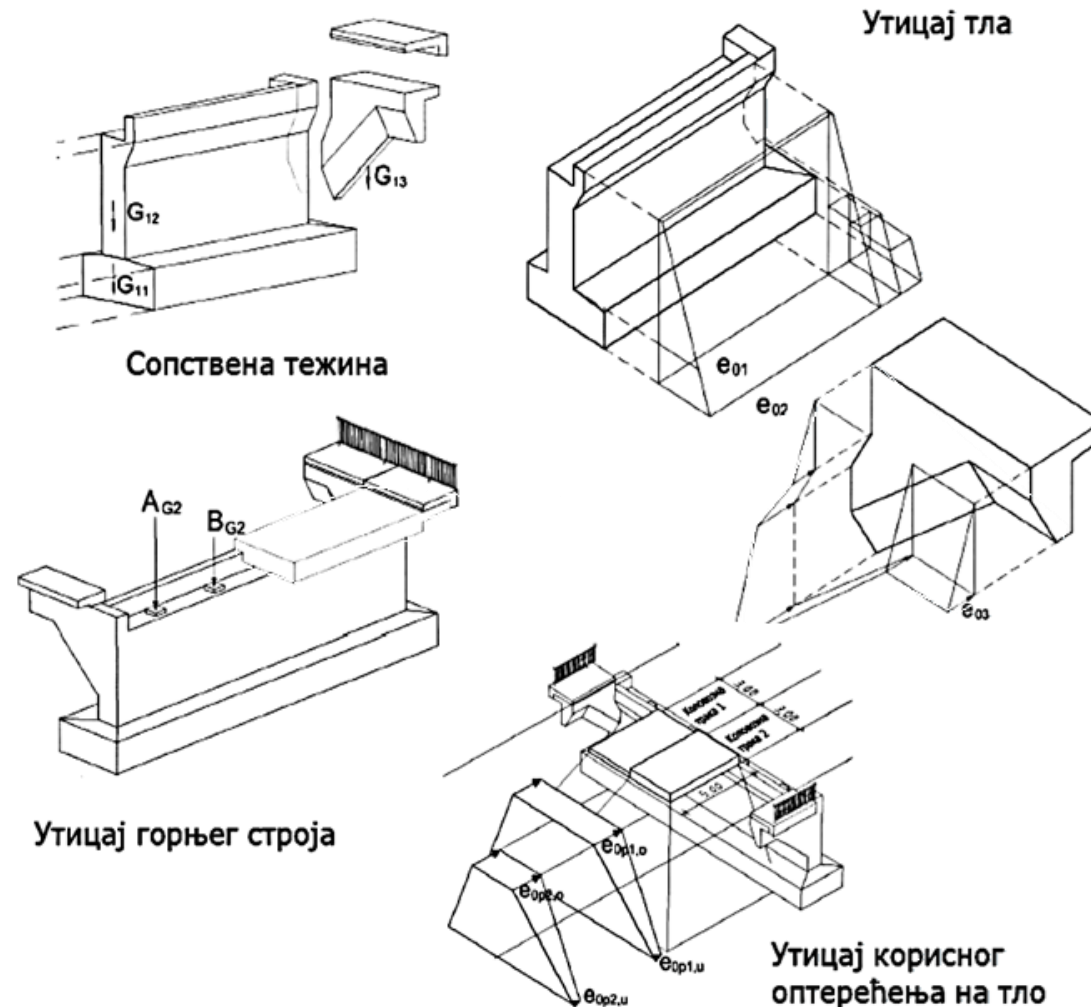
Детаљи опорца и насипа



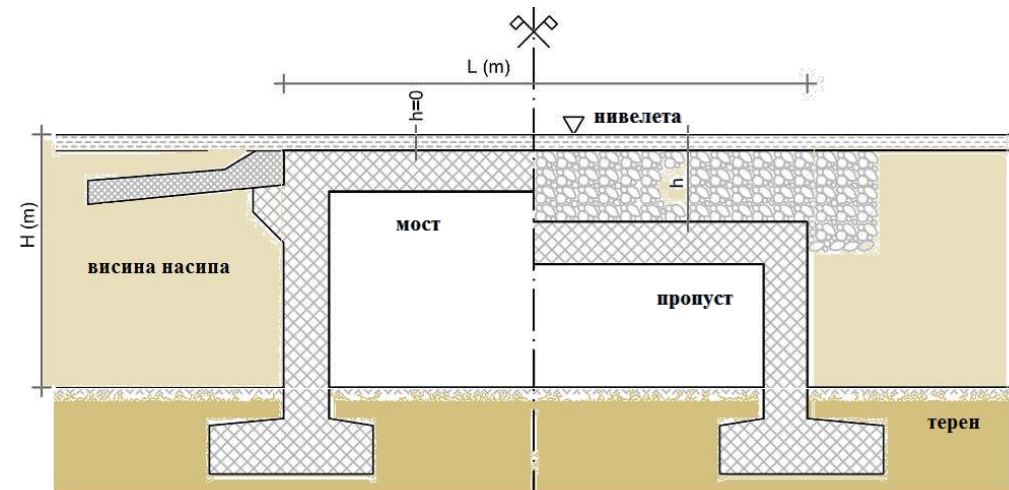
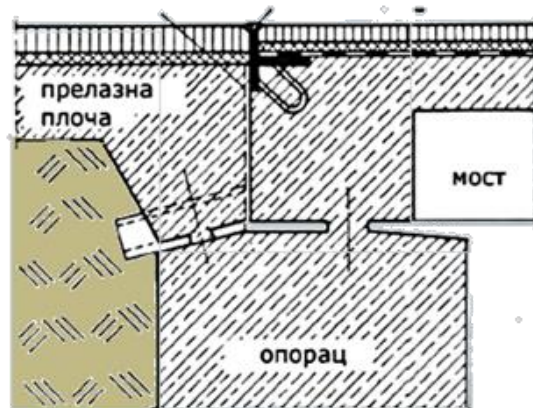
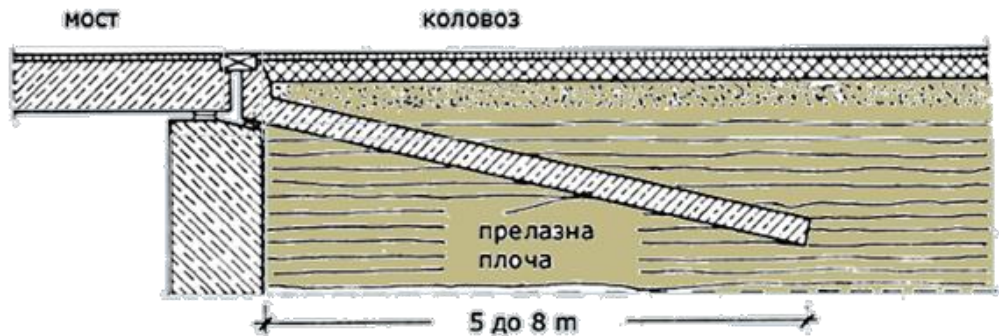
Стабилност опорца

● Провере:

- ✓ Сам опорац без реакције моста
- ✓ Опорац без моста али са насипом и корисним оптерећењем на насипу
- ✓ Стално оптерећење завршеног моста са притиском земље и без притиска земље
- ✓ Најнеповољнија комбинација (уз хоризонталне силе)

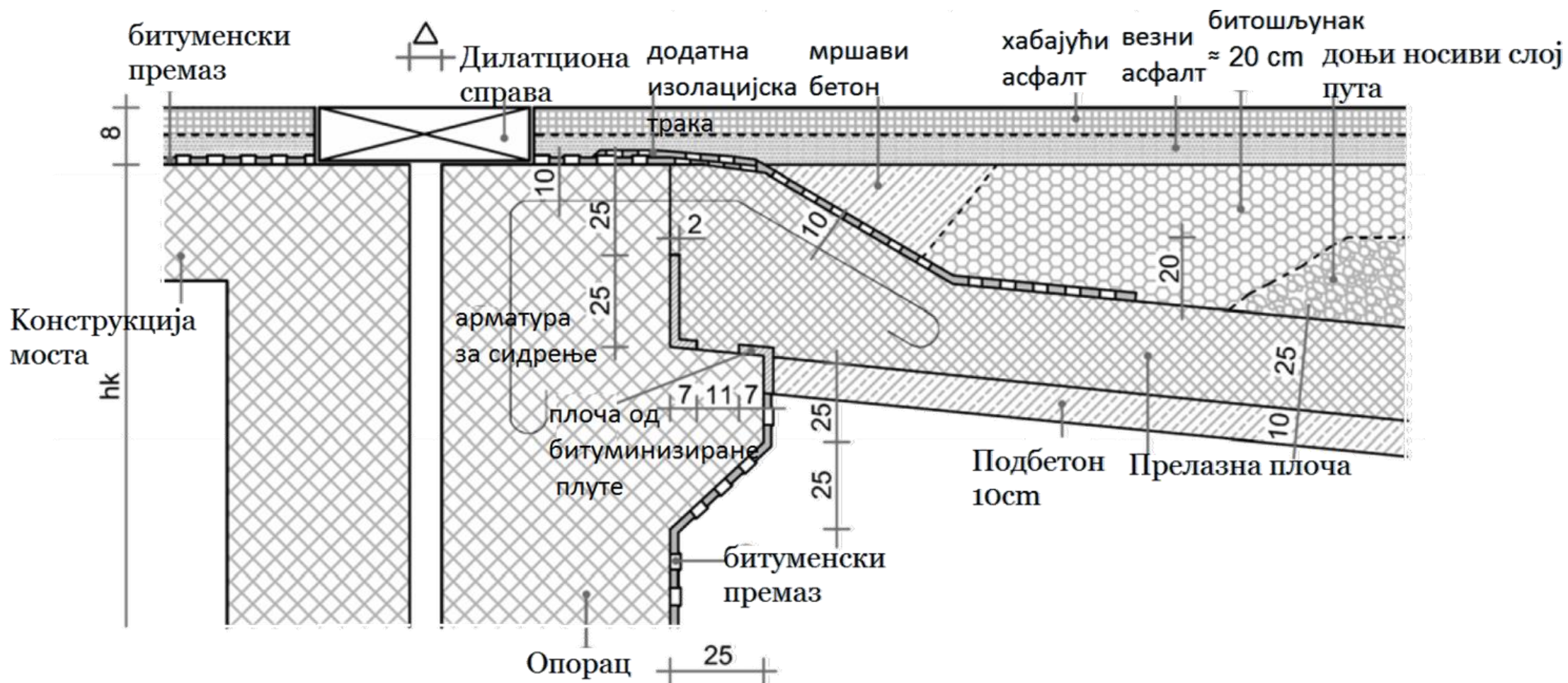


Прелазне плоче



КАТЕГОРИЈА ПУТА	Висина насипа H (m)			Положај горње површине објекта у односу на нивелету h (m)	
	≤ 6	6 – 10	> 10	0	> 1,0
АУТОПУТЕВИ И МАГИСТРАЛНИ ПУТЕВИ	ДА	ДА	ДА	ДА	НЕ
РЕГИОНАЛНИ И ЛОКАЛНИ ПУТЕВИ	НЕ	ДА	ДА	није неопходна прелазна плоча ако су предузете одговарајуће мере и очекује се разлика у слегању <20 mm	НЕ
НЕКАТЕГОРИСИРАНИ ПУТЕВИ	НЕ	НЕ	ДА		НЕ

Детаљи везе прелазне плоче у насипу



Средњи стубови

У води



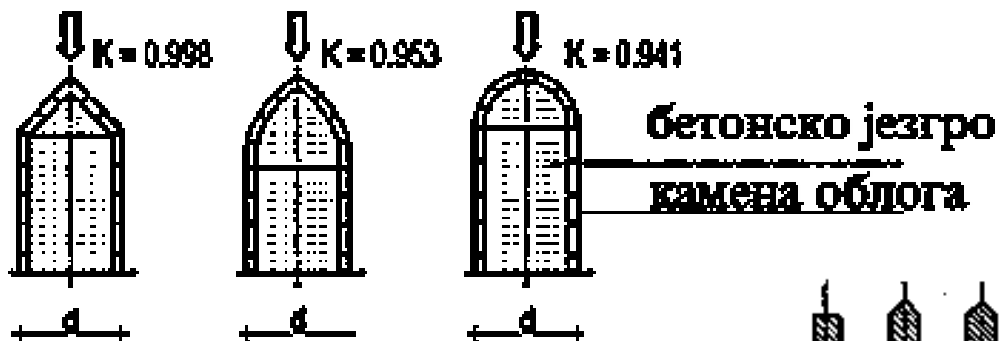
На сувом



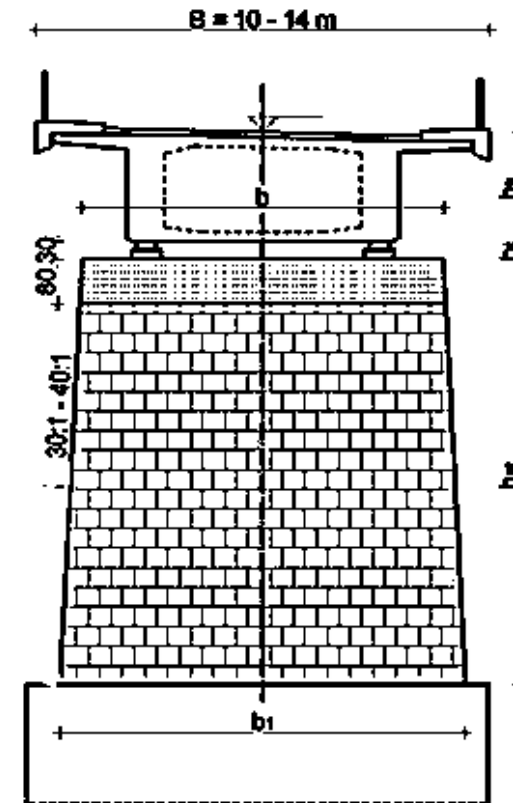
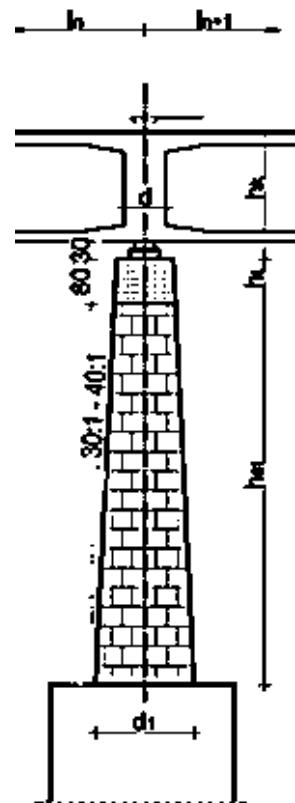
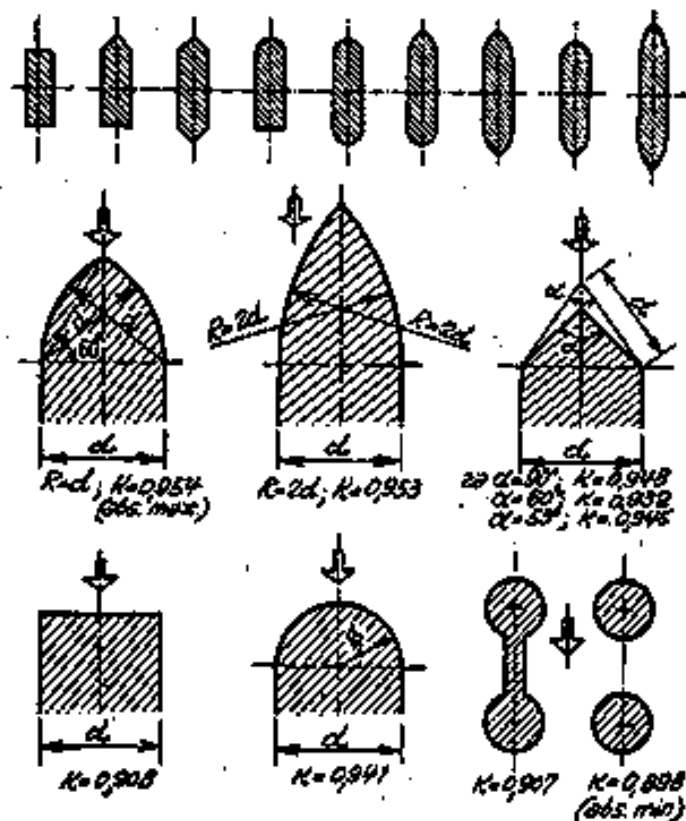
Обликовање масивних речних стубова

Обликовање узводног чела стуба

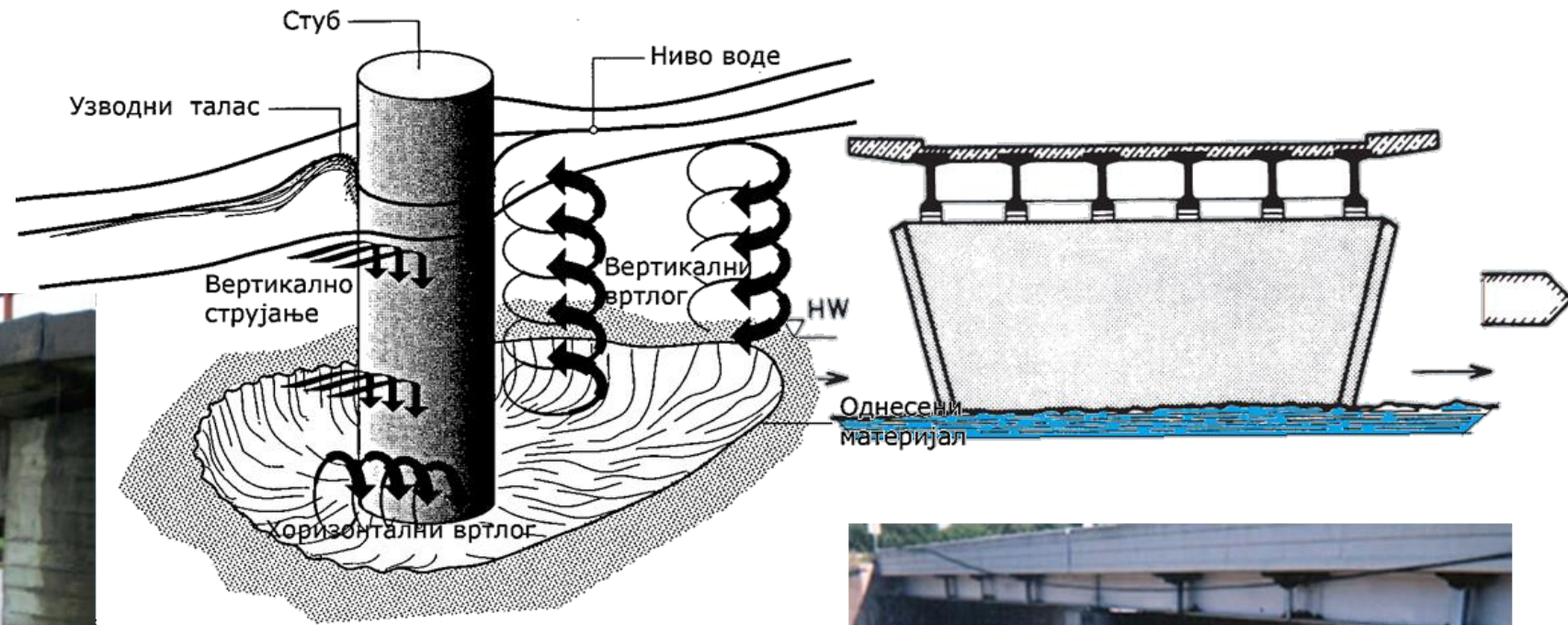
коэффициент протока



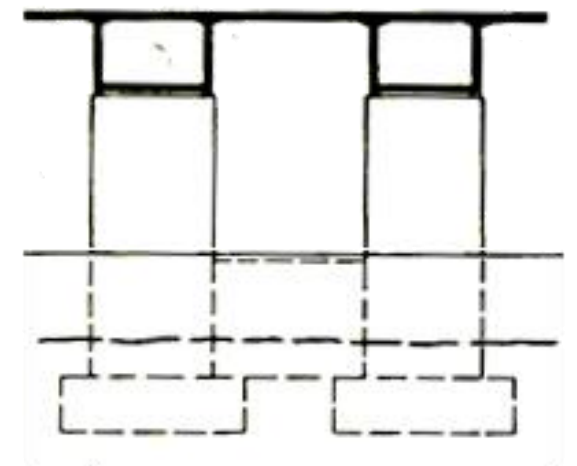
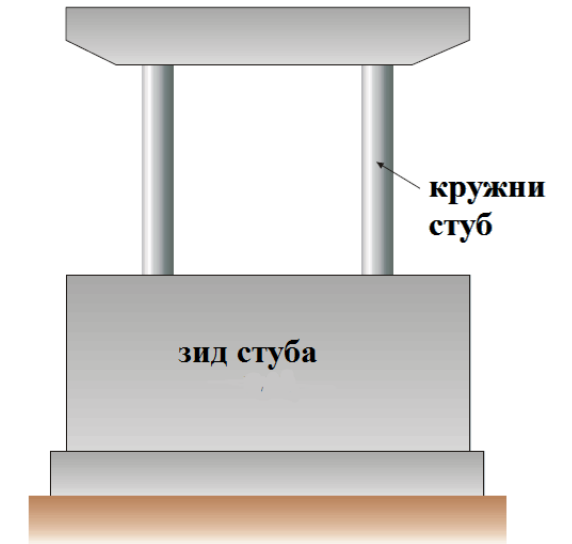
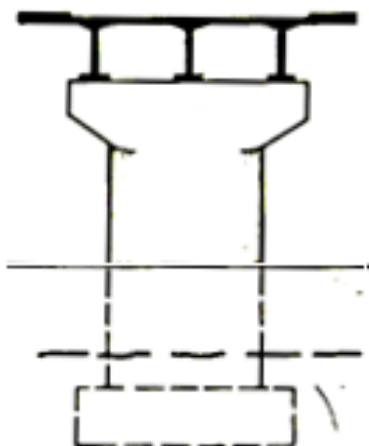
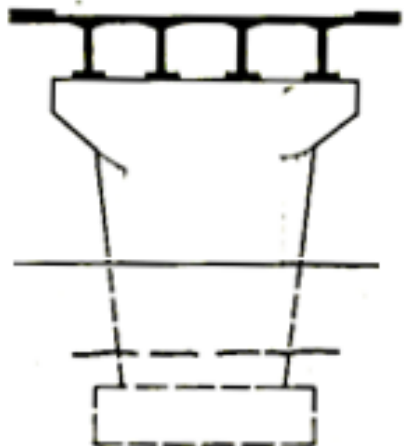
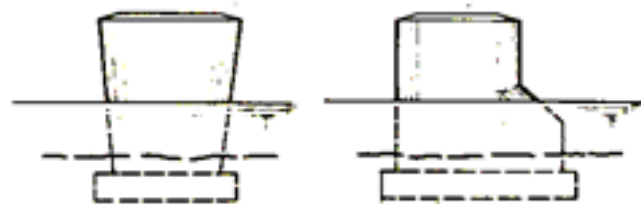
Речни стубови увек имају правоугаоне основе са кружним или елиптичним крајевима у правцу водотока.



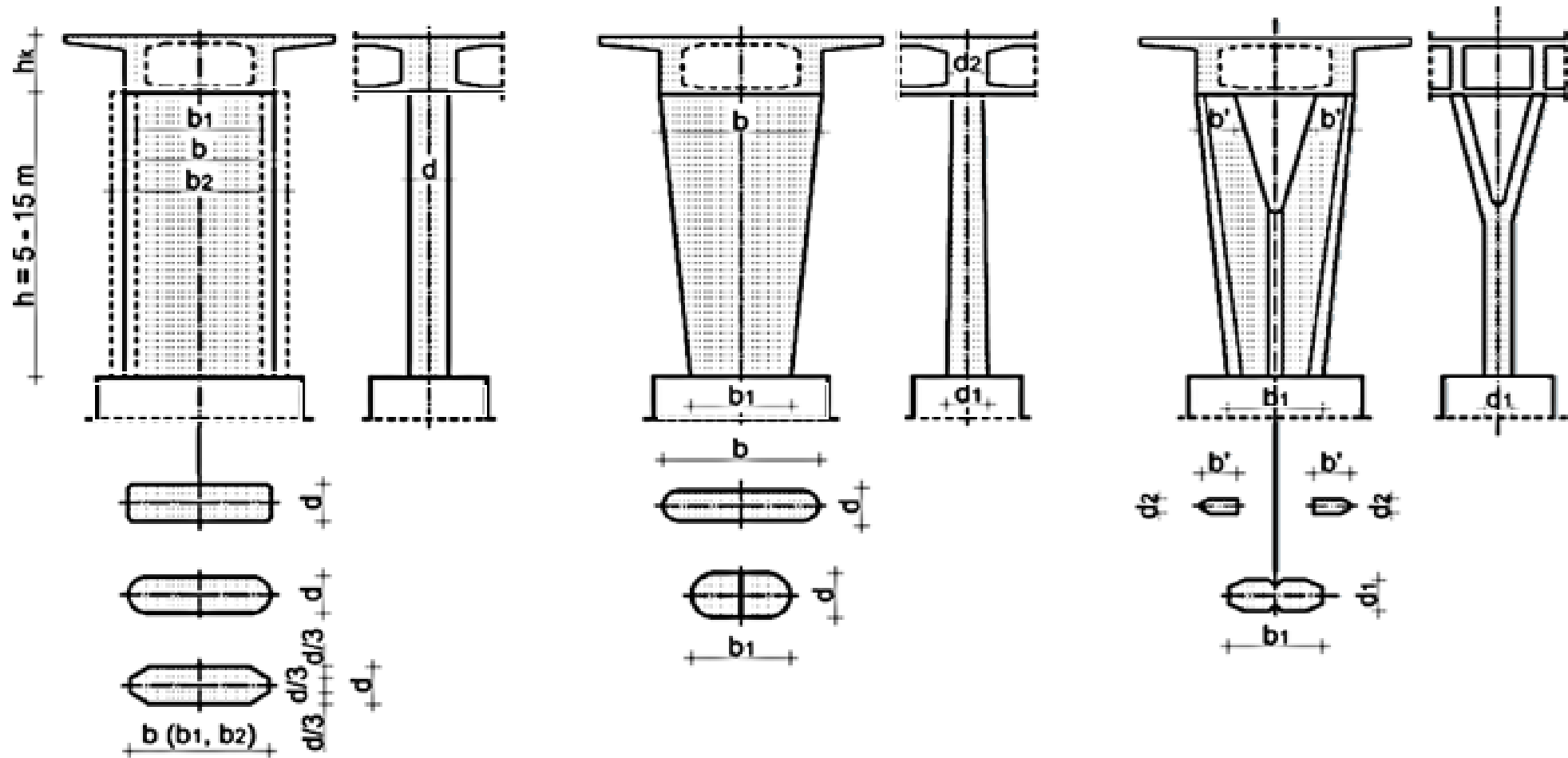
Подлокавање



Речни стубови при широким коловозним конструкцијама

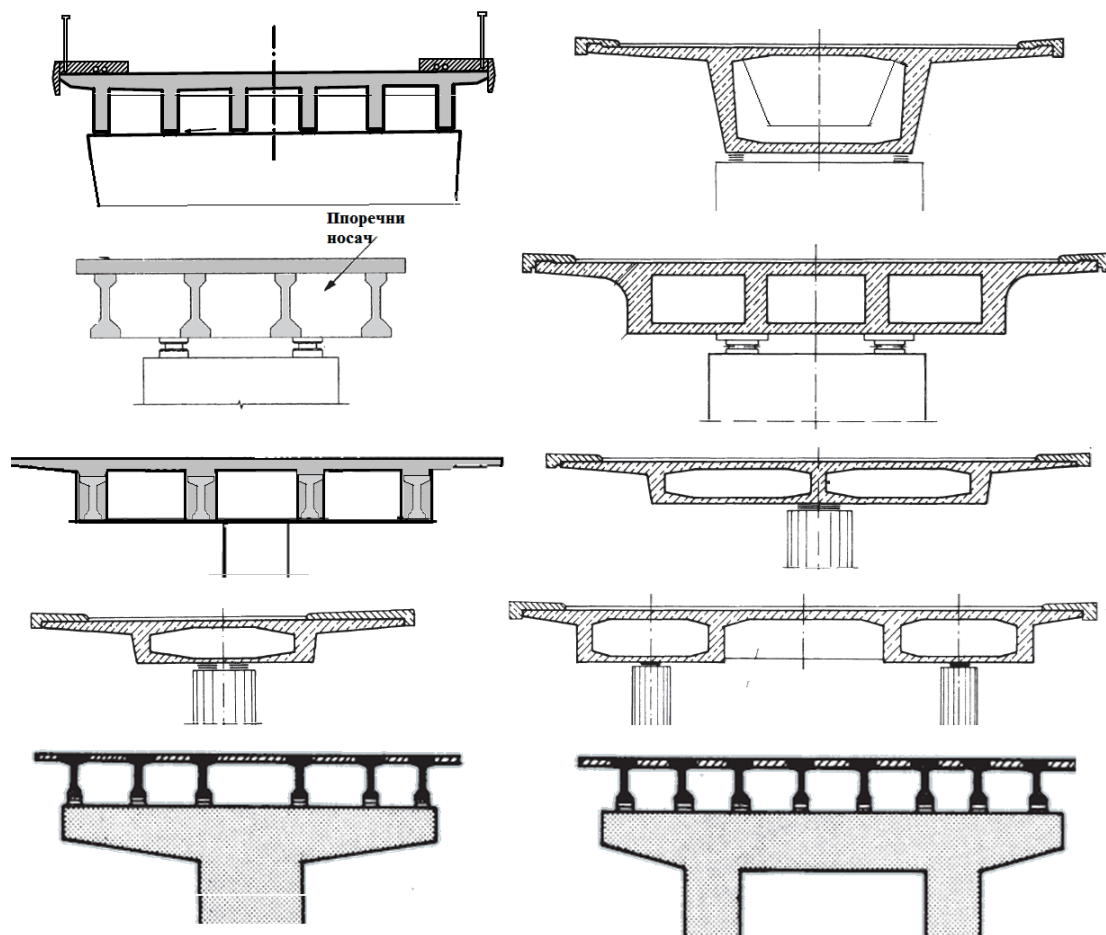


Средњи стубови (платна) вијадукта и надвожњака

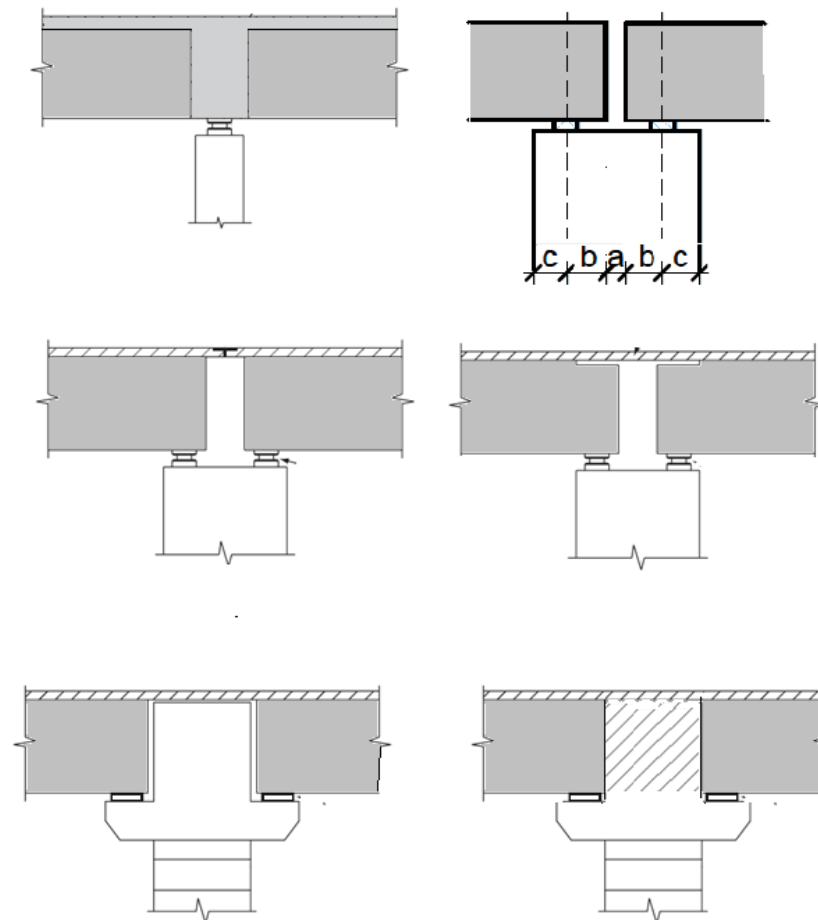


Ослањање подужних носача – димензије стуба

Попречно

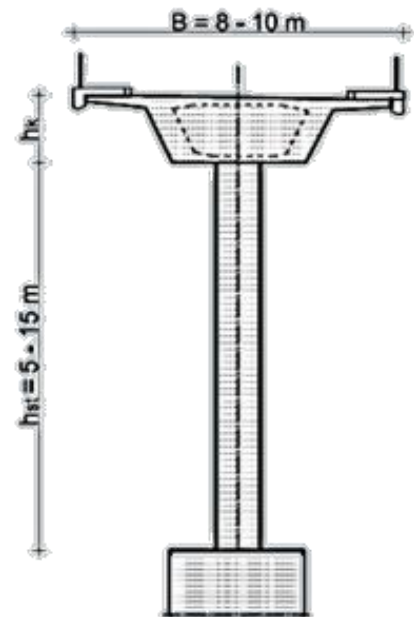


Подужно

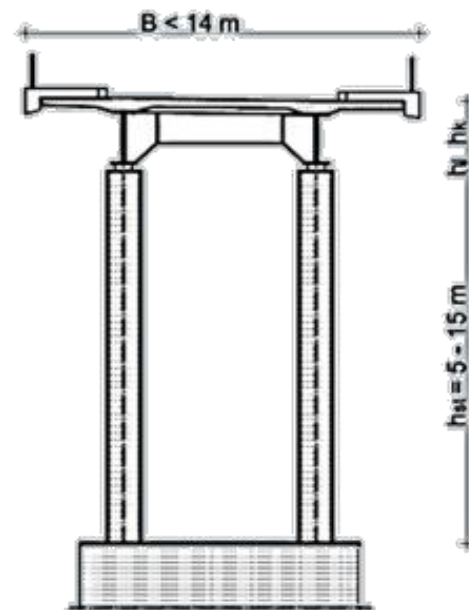
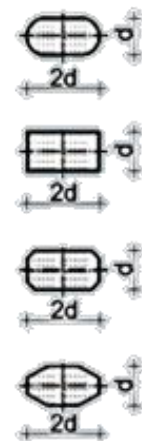
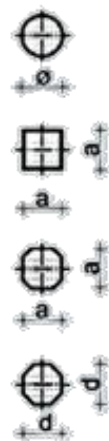


Појединачни и вишеделни стубови

Кружни квадратни
2,0 – 2,5 m



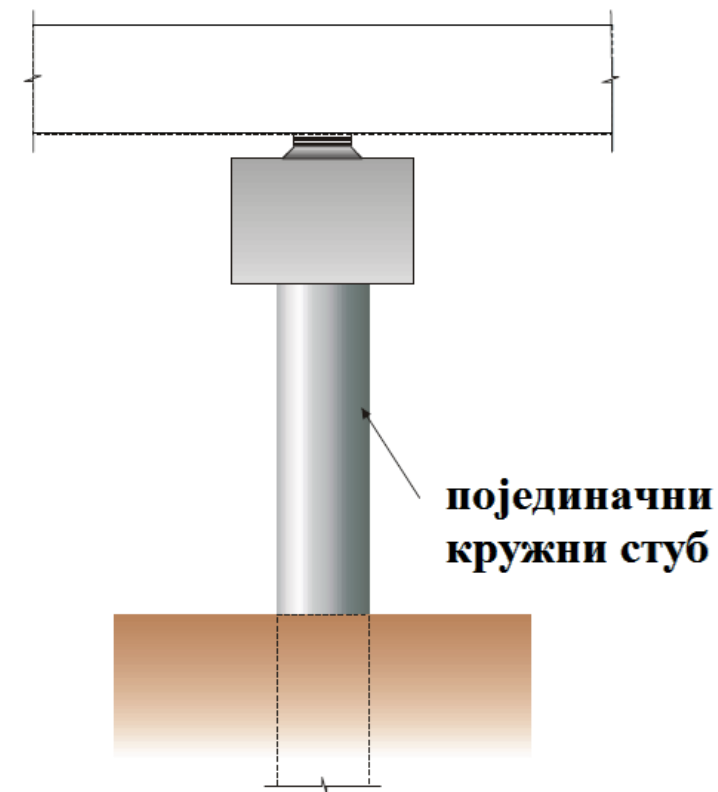
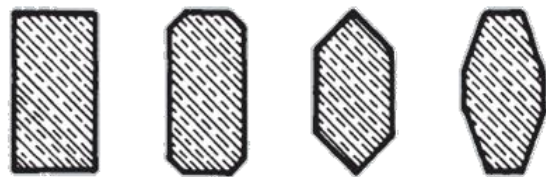
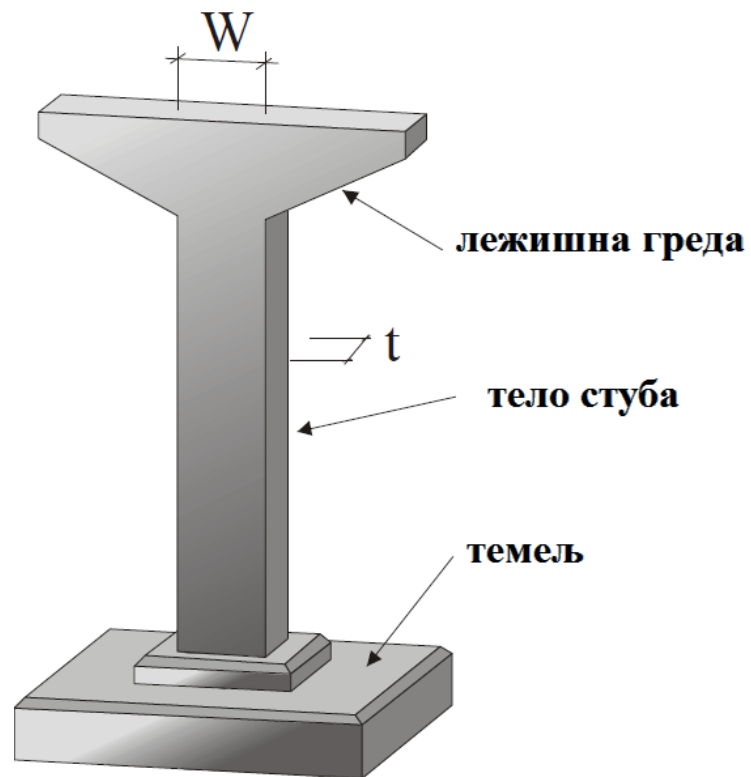
пресеци



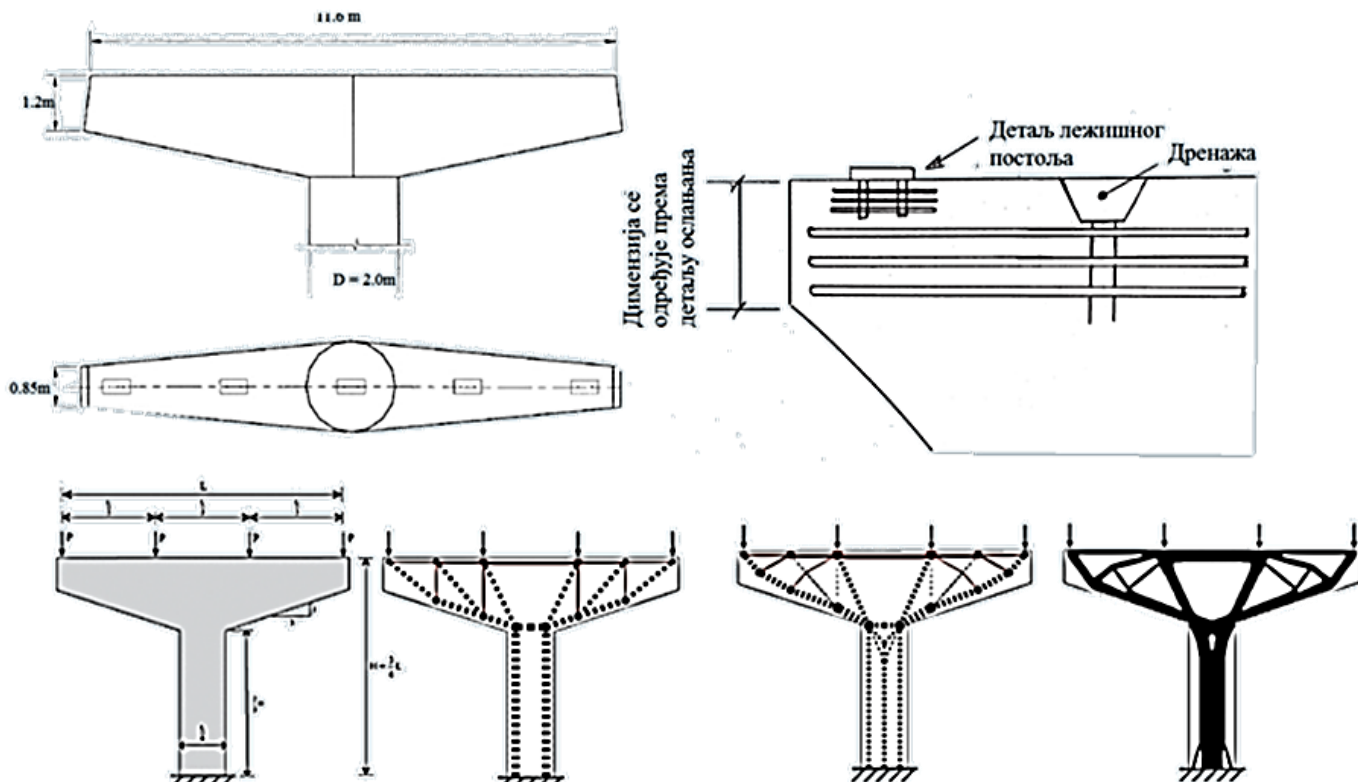
Правоугаони
(1,5–2,0)/(3,0– 4,0) m



Појединачни стубови са лежишном гредом



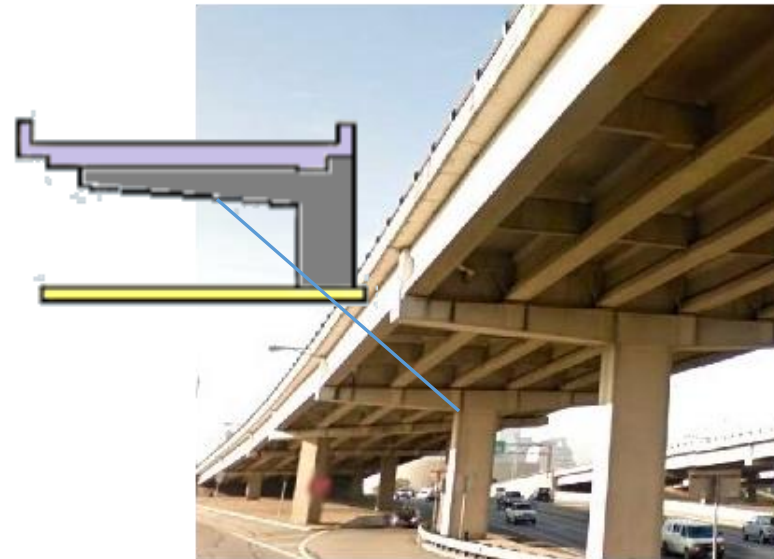
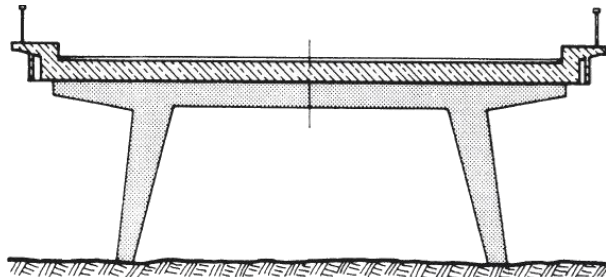
Лежишна греда



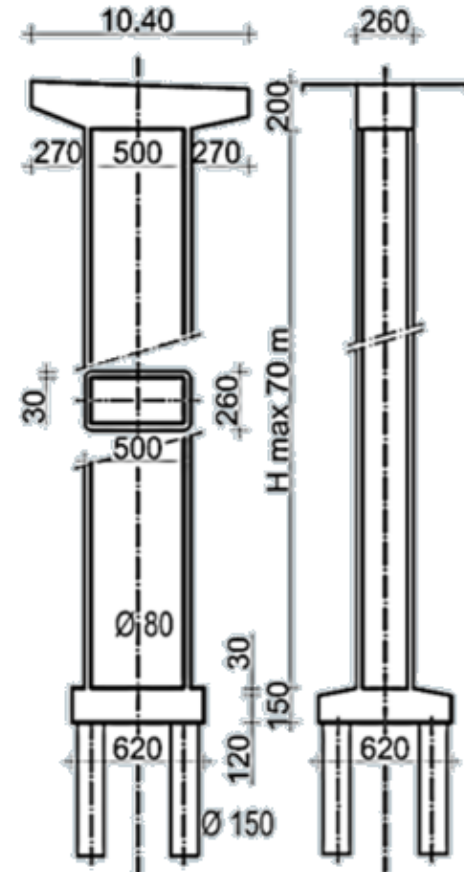
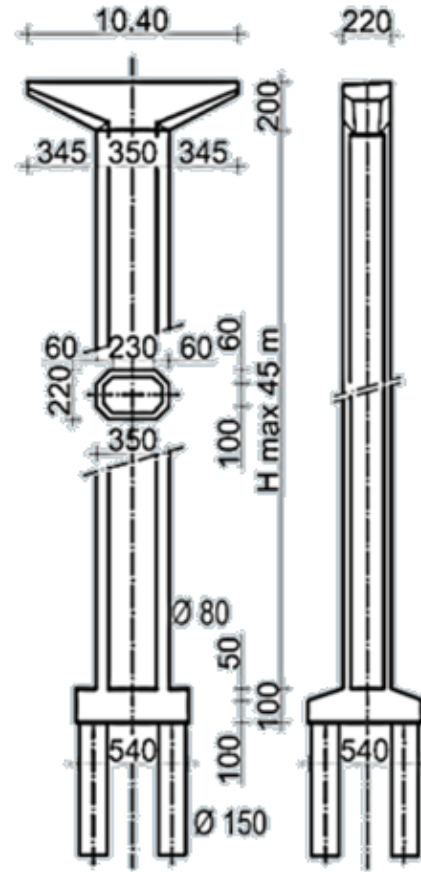
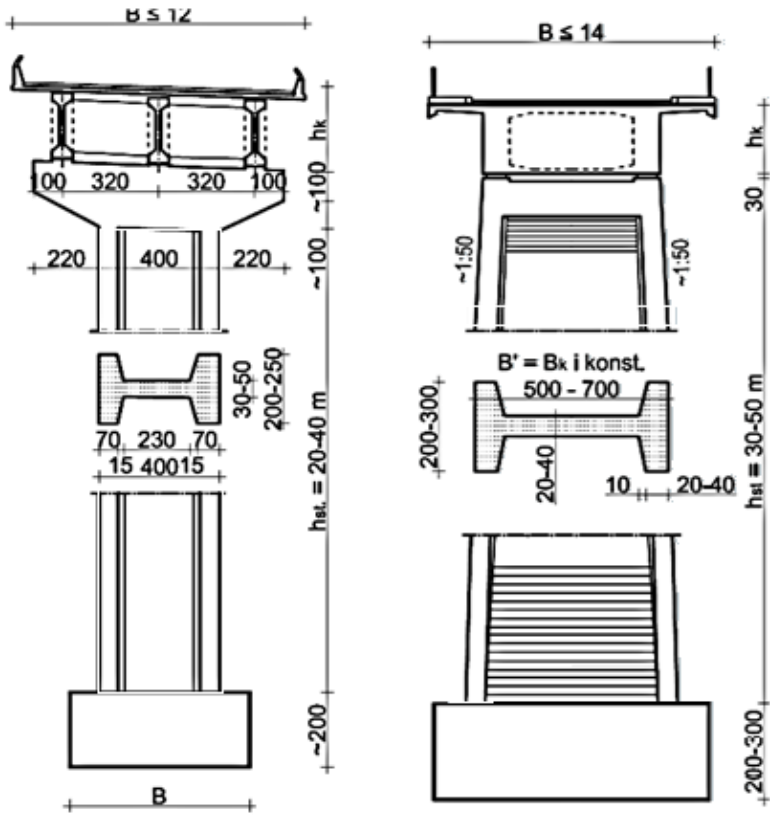
Портални – вишеделни стубови



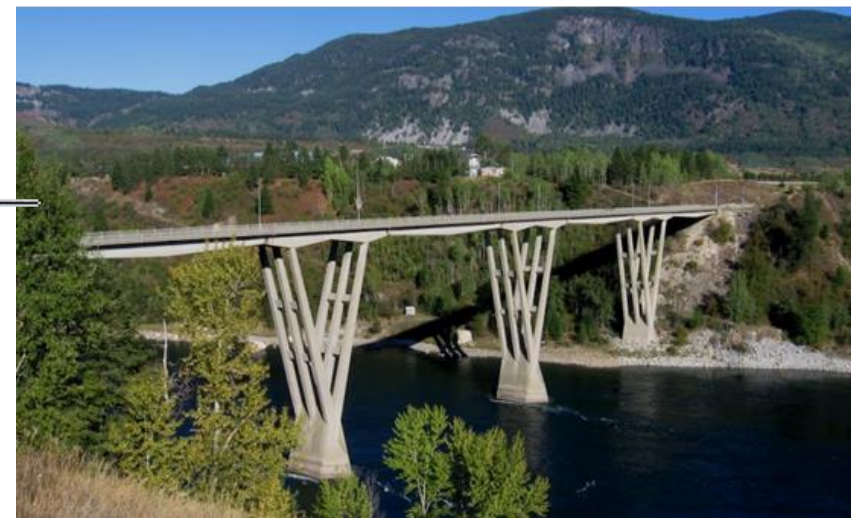
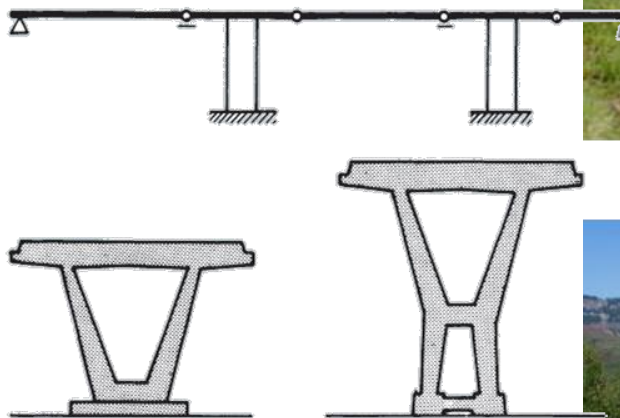
Специјална решења



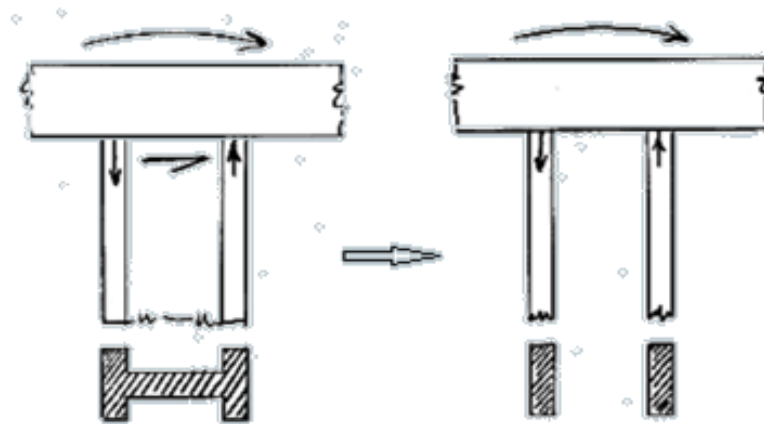
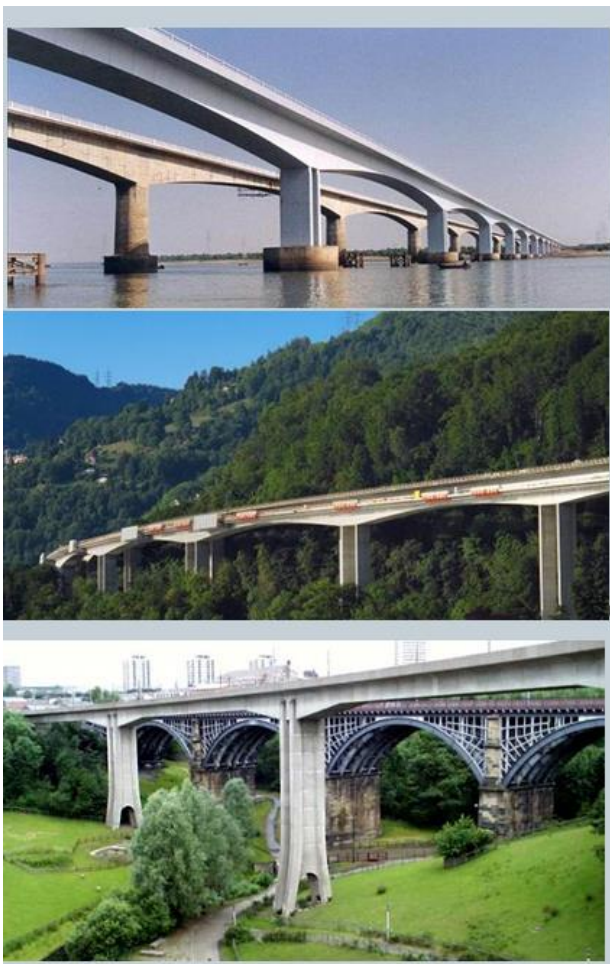
Пресеци високих стубова



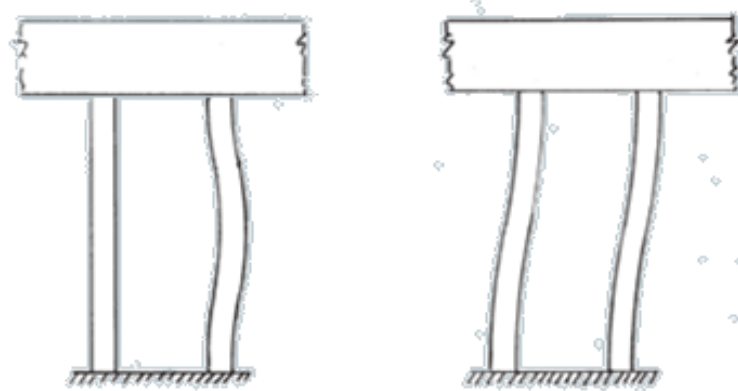
V стубови



Удвојена платна



форме извијања



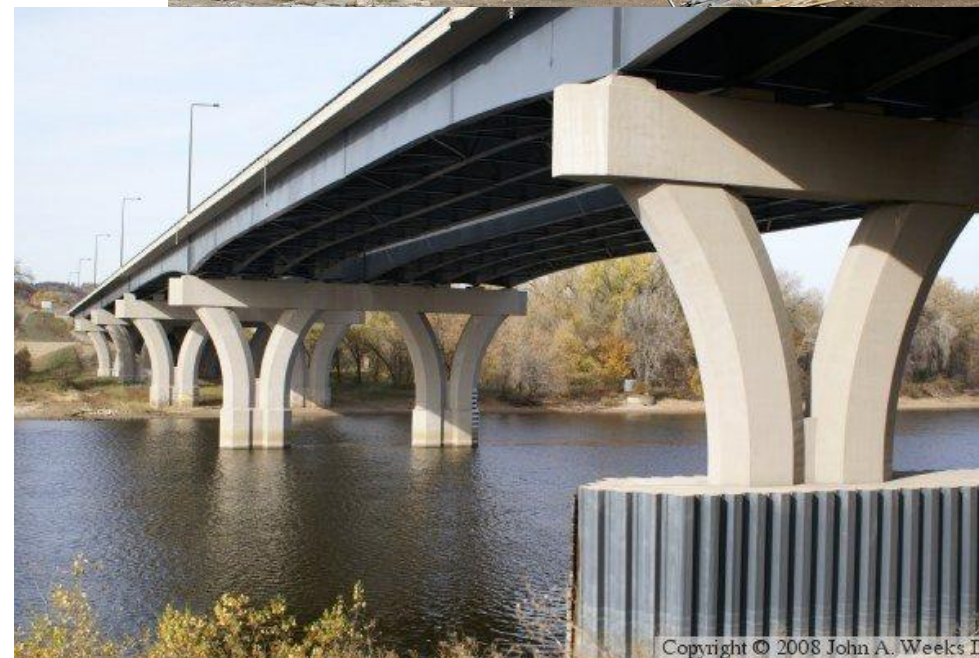
Степен укљештења коловозне конструкције у овакве стубове се смањује што су они међусобно ближе.

Ако су платна на већем растојању оба ће бити притиснута под саобраћајним оптерећењем. Дилатирање конструкције се може остварити и помоћу лежишта.

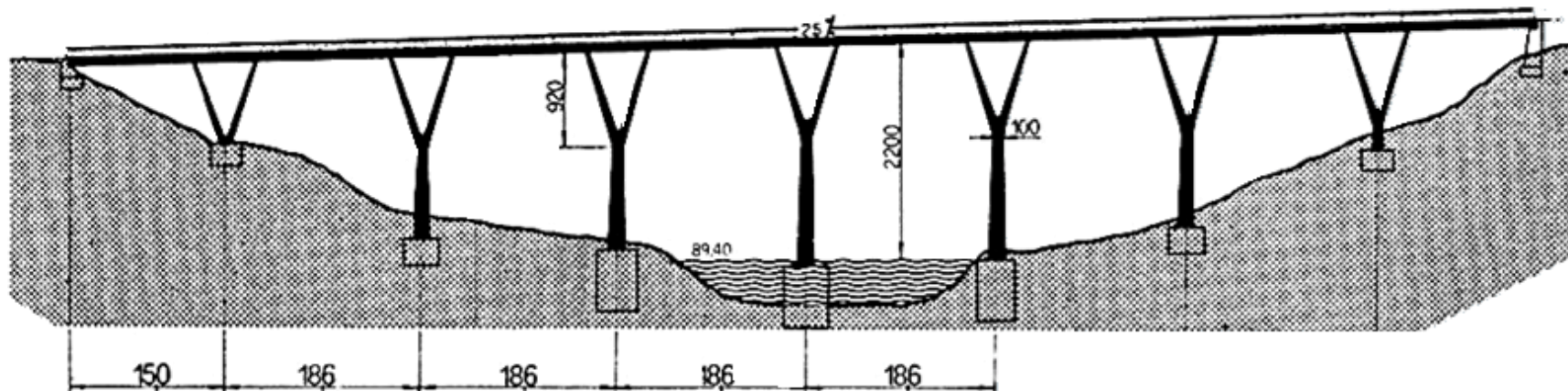
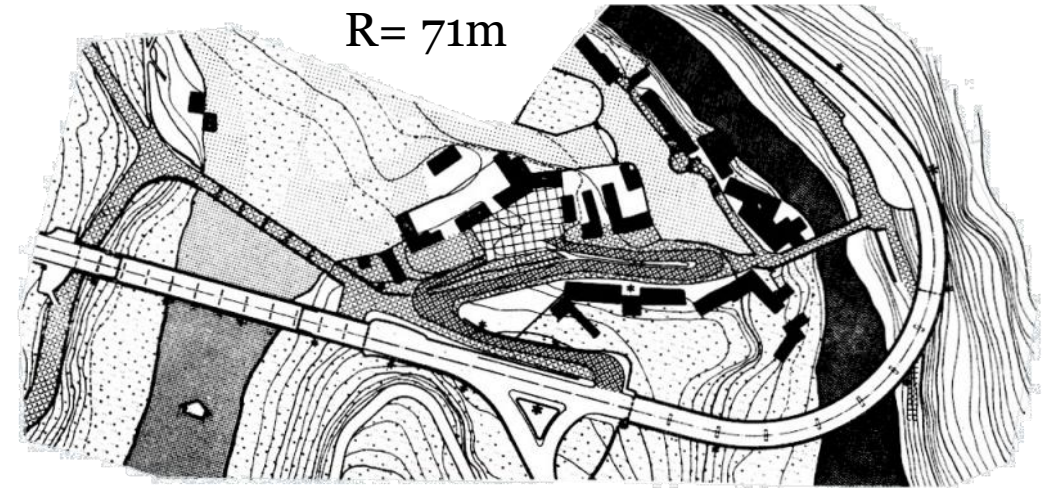
Оптимални размак удвојених платна $1/25$ - $1/13$ распона. При мањем размаку платна се монолитно везују са коловозном конструкцијом.

Ако су платна ниска могуће је направити и већи број њих.

Естетика



Мост на реци Корани у Слунју

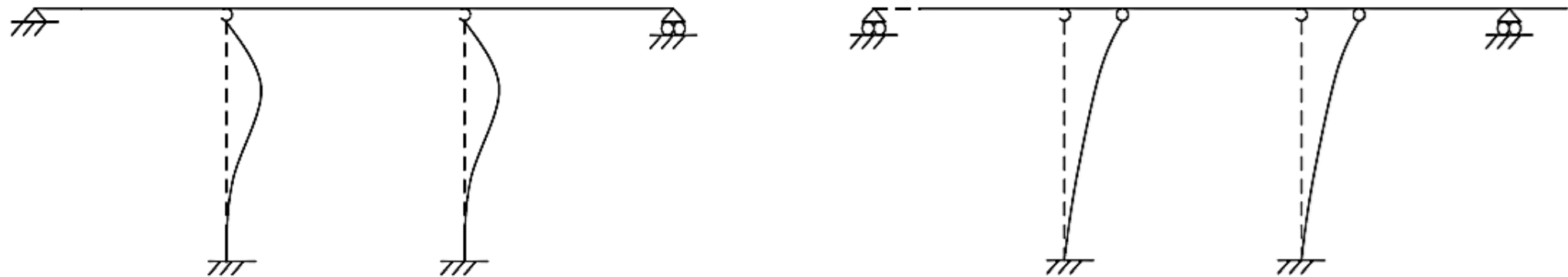


Веза стубова и коловозне конструкције

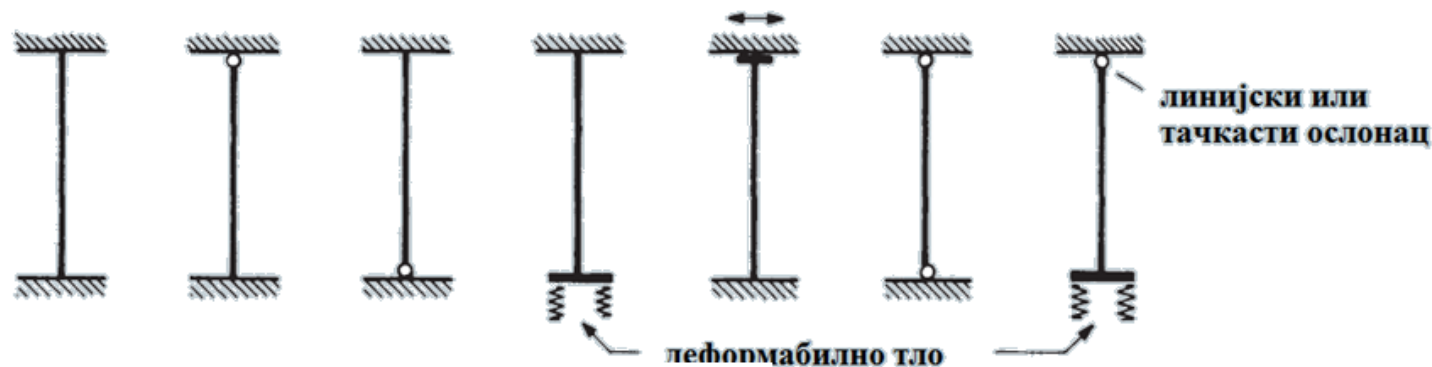
	Лежишта	Монолитна веза
Предности	1. Једноставна уградња него у случају монолитне везе. 2. Сеизмички напони у коловозној конструкцији су смањени, у поређењу са онима у монолитном вези за подужно сеизмичко дејство готово су елиминисани. 3. Једноделни стубови имају слично понашање у подужним и попречним правцима; ако су спектрална убрзања у ова два правца слична, сеизмички моменати и трансвезалне силе у стубовима ће бити слични, омогућавајући оптималан пројекат стуба.	1. Повољније је од везе помоћу лежишта који су непокретни у оба правца. 2. Спречавање одизање или спадање са ослонаца као и значајна заостала померања коловозне конструкције које се касније тешко враћају у свој првобитни положај. 3. Дисипација енергије се могу развити не само на дну стубова, већ и на њиховим врховима (не односи се на једноделне стубове под попречном сеизмичким дејством). 4. Смањују се ефекти другог реда у високим стубовима (не важи код једноделних стубова у попречном правцу кад суперструктура није бочно укрућена на опорцима).
Мане	1. Трајност: прегледи, одржавање и замена. 2. Стубови вишеделних пресека са лежишном гредом нису оптимално искоришћени за прихватање земљотреса: а) У подужном правцусе понашају као вертикалне конзоле б) У попречном правцу њихови врхови су ”укљештени” у лежишну греду	1. За више од два распона, стубови спречавају подужно померање коловозне конструкције услед температурних дејстава и скупљања. 2. Монолитна веза искључује употребу сеизмичке изолације и / или допунске дисипације енергије. 3. У чвору између коловозне конструкције и стуба се јављају значајни напони смицања под сеизмичким дејством; Комликовано извођење детаља густе арматуре у чвору

Виткост и ефекти другог реда

- Виткост > 40
- Обично се налази између 50 и 70
- Прорачун по теорији II реда
- Код извођења привремене виткосты могу да буду и до 220

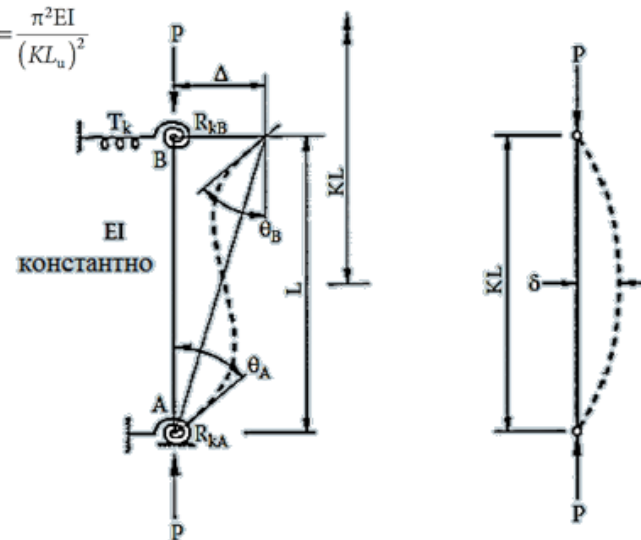


Статичке шеме средњих стубова



облик извијања	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)
теоријска К	0.5	0.7	1.0	1.0	2.0	2.0
препоручена прорачунска	0.65	0.80	1.2	1.0	2.10	2.0
иделизовано ослањање (спречене деформације)	   	ротација и транслација транслација ротација све ослобођено				

$$P_c = \frac{\pi^2 EI}{(KL_u)^2}$$



ANSI/AISC 360-10

Ефективна дужина стубова моста

Монолитна веза са суперструктуром

- У подужном правцу :
 - Чиста висин стуба (врх стуба се помера трансляторно без ротације)
- У попречном правцу:
 - Кад је суперструктура попречно придржана на опорцима и има велику крутост у својој равни:
 - Половина висине стуба (попречно померање и ротација спречени у врху стуба)
 - Кад је суперструктура није попречно укрућена на опорцима или има малу крутост у својој равни, или је мост веома дугачак:
 - За појединачне пресеке двострука висина
 - За вишеделне пресеке пуна висина (врх стуба може да се помера попречно без ротације).

Ослањање суперструктуре преко лежишта

- У подужном правцу :
 - Двострука висина стуба
- У попречном правцу:
 - Кад је суперструктура попречно придржана на опорцима и има велику крутост у својој равни:
 - Уколико се лежишта налазе директно на стубовима: 70% висине стуба (врх стуба спречен да се хоризонтално помера али могућа ротација).
 - За вишеделне пресеке са лежишном гредом: половина висине стуба до лежишне греде (врху стуба спречена ротација и попречна транслација)
 - Кад је суперструктура није попречно укрућена на опорцима или има малу крутост у својој равни, или је мост веома дугачак:
 - За појединачне пресеке двострука висина
 - За вишеделне пресеке са лежишном гредом: висина стуба до лежишне греде (врху стуба спречена ротација али могуће хоризонтално померање)

Косо савијање

ИНТРАКЦИЈА СЕ ЗАНЕМАРУЈЕ АКО ВАЖИ:

$$\lambda_y / \lambda_z \leq 2.0$$

или

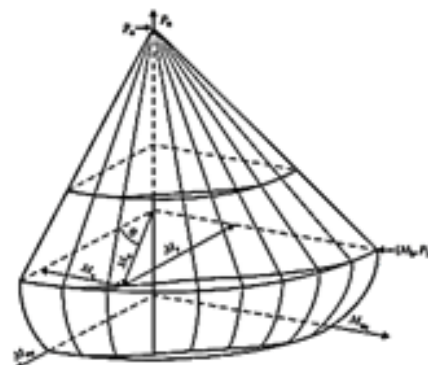
$$\lambda_z / \lambda_y \leq 2.0$$

и

$$\frac{e_y / h_{eq}}{e_z / b_{eq}} \leq 0.2$$

или

$$\frac{e_z / b_{eq}}{e_y / h_{eq}} \leq 0.2$$



$$\left(\frac{M_{Edz}}{M_{Rdz}} \right)^a + \left(\frac{M_{Edy}}{M_{Rdy}} \right)^a \leq 1.0$$

$M_{Edz/y}$ прорачунски момент око одговарајуће осе укључујући момент другог реда

$M_{Rdz/y}$ носивост пресека на савијање у одговарајућем правцу

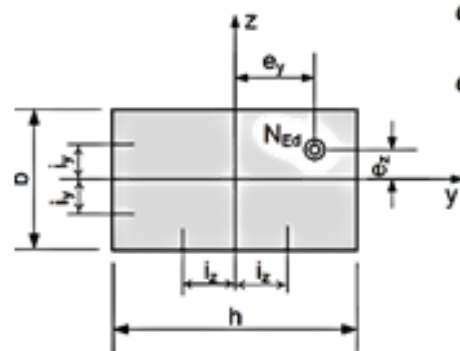
a експонент :

за кружне и елиптичне пресеке $a=2$

за правоугаоне пресеке:

N_{Ed}/N_{Rd}	0.1	0.7	1.0
a	1.0	1.5	2.0

uz linearnu interpolaciju za međuvrednosti;



$$b_{eq} = i_y \cdot \sqrt{12} \quad h_{eq} = i_z \cdot \sqrt{12}$$

$$e_z = M_{Edy} / N_{Ed}$$

$$e_y = M_{Edz} / N_{Ed}$$

M_{Edy} укупан прорачунски момент око y осе

M_{Edz} укупан прорачунски момент око z осе

N_{Ed} прорачунска вредност аксијалне силе

N_{Rd}

A_c

A_s

$= A_c f_{cd} + A_s f_{yd}$ прорачунск носивост на аксијалну силу, са:

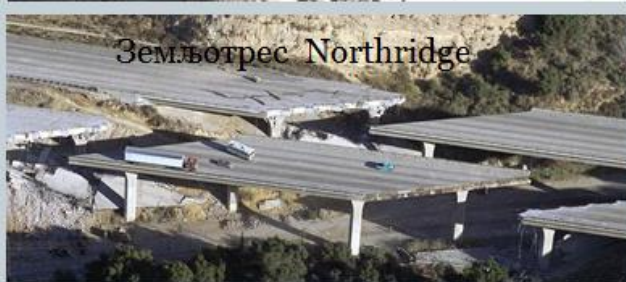
површина бетонског пресека

површина подужне арматуре

Ефекти земљотресног оптерећења на мостове



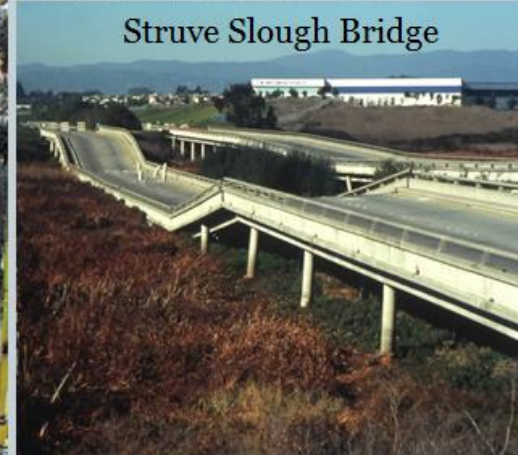
Земљотрес Northridge



Cypress Street Viaduct
Земљотрес Loma Prieta



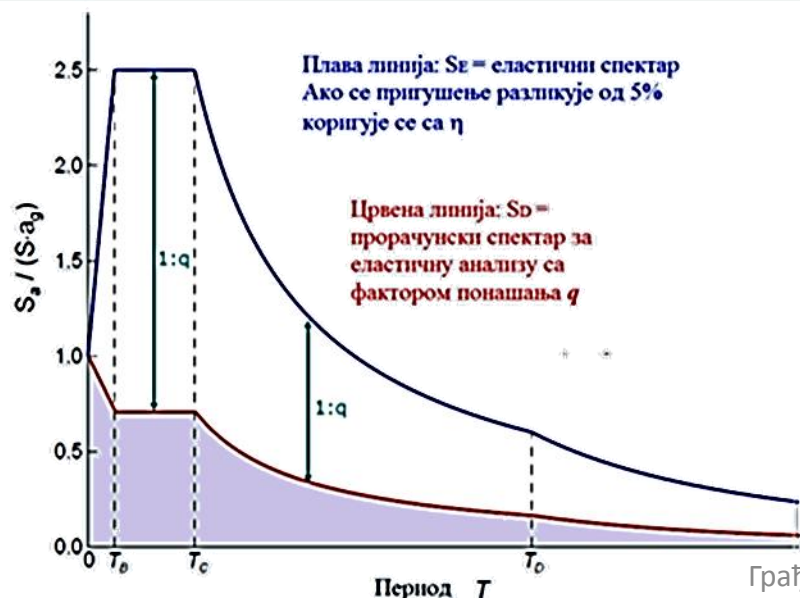
Struve Slough Bridge



Земљотреса Кобе

Дуктилно понашање

- Дуктилност је мера способности конструкције (или њењог елемента) да апсорбује енергију.
- Избор између фактора дуктилности моста има пресудни утицај на димензионисање његових стубова јер су пластични зглобови допуштени само у стубовима.
- Пластични зглобови се димензионишу према граничном моменту и нормалној сили из сеизмичке комбинације оптерећења.
- За бетонске стубове мора се обезбедити утезање зоне у пластичним зглобовима

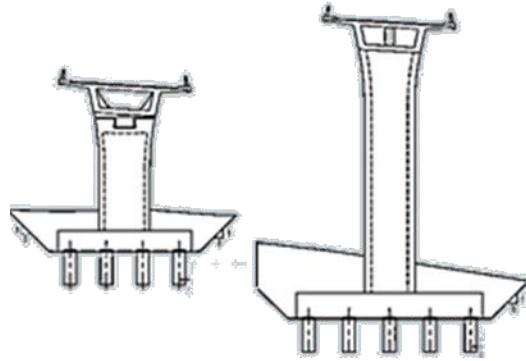


Елемент	Понашање	
	Ограничено дуктилно	Дуктилно
АБ стубови		
Вертикални стубову савијање	1.5	3.5 ^a
Коси стубови савијање	1.2	2.1 ^a
Шипови испод наглавнице		
Вертикални савијање	1.0	2.1
Коси шипови	1.0	1.5
Опорци круто везани са суперструктуром		
Уопштено	1.5	1.5
Интегрални рам у 1 отвору	1.0	1.0
Лукови	1.2	2.0

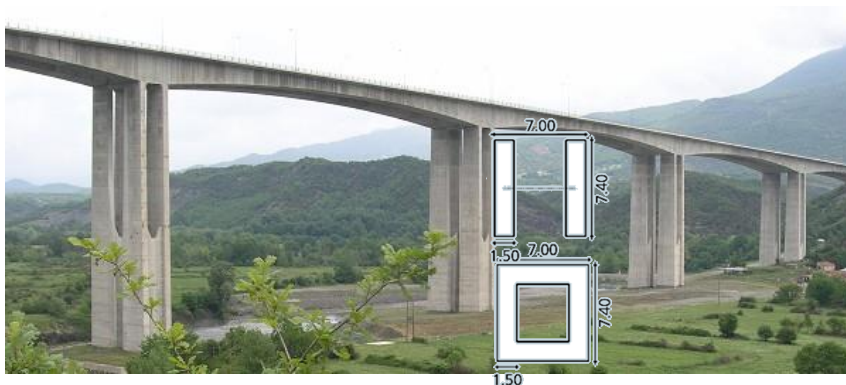
- Високи фактор понашања q се постиже:
 - избором положаја пластичних зглобова у зони доступној прегледу
 - однос L_s/h , не сме да буде мањи од 3.0,
 - однос $\eta_k = N_{Ed}/(A_s f_{ck})$, у сеизмичкој комбинацији оптерећења треба да буде испод 0.3,.

Начини ослањања за постизање дуктилности

Крута, монолитна, веза стуба са суперструктуром се може ограничити на неколико највиших стубова приближно сличне висине.

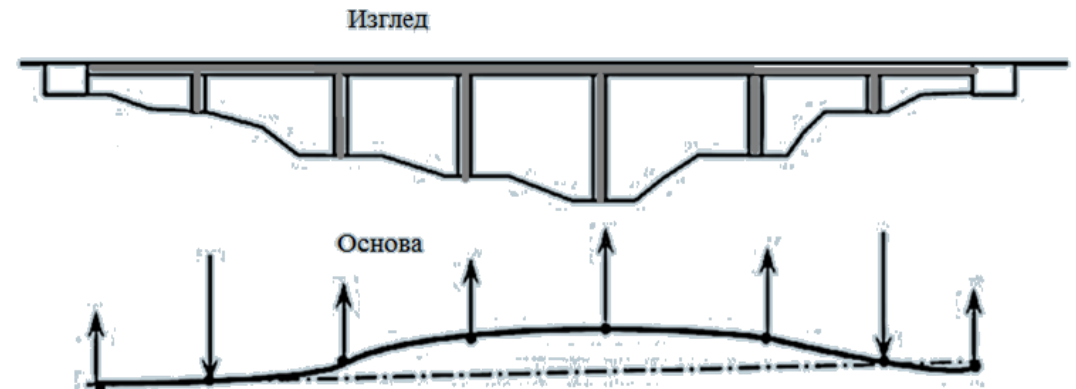


Удвојени стубови са два паралелна платна са евентуално сандучастим пресеком у доњем делу највиших стубова.



Пожељна крута веза у попречном правцу на свим стубовима дуге мостовске конструкције (скоро уједначена расподеле сеизмичког оптерећења).

Код релативно кратких мостова (нпр. са 3-5 распона) са флексибилним стубовима не треба суперструктуру попречно укрутити на крутим опорцима



Код дугих мостова, крутих опораца (и њима блиских стубова) у попречном правцу долази до неповољне расподеле попречног смицања. Зато се, на овим местима постављају попречно флексибилна лежишта.

Избор пресека стуба

Пуни кружни пресек:

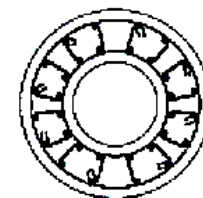
Пуни кружни пресека (3-4m) се избегавају због велике масе неармираног бетона у језгру.



Шупљи кружни пресеци:

Проблем утесања унутрашњом спиралом, Постављају се радијалне шипке (S)

Алтернативно подебљати зидове како би дилатација одговарала неутегнутом бетону. Доња граница дебљине ($1/8$ унутрашњег пречника) према Eurocode има позитиван ефекат.



Пуни правоугаони пресеци:

Могућа спирална арматура око вертикалних шипки смештених по кружницама

Велики број узенгија ради обухватања вертикалних шипки



Платна:

Изразито дуктилан у подужном правцу

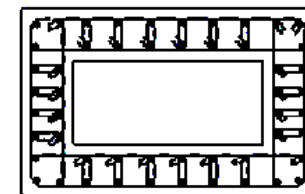
Мала дуктилност у попречном правцу (готово сигурно ради у еластичној области)

Највећа мана ових пресека је велико сеизмичко оптерећење које преносе на темеље, скоро еластично понашање темеља ($q = 1.5$).

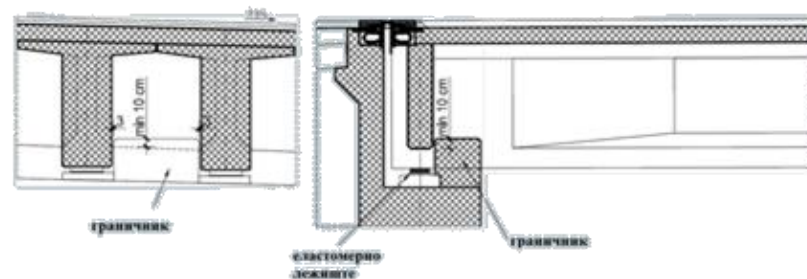
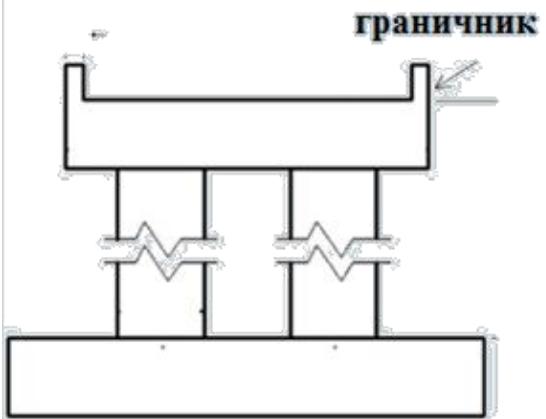
Шупљи правоугаони пресеци:

Веома ефектни код високих стубова

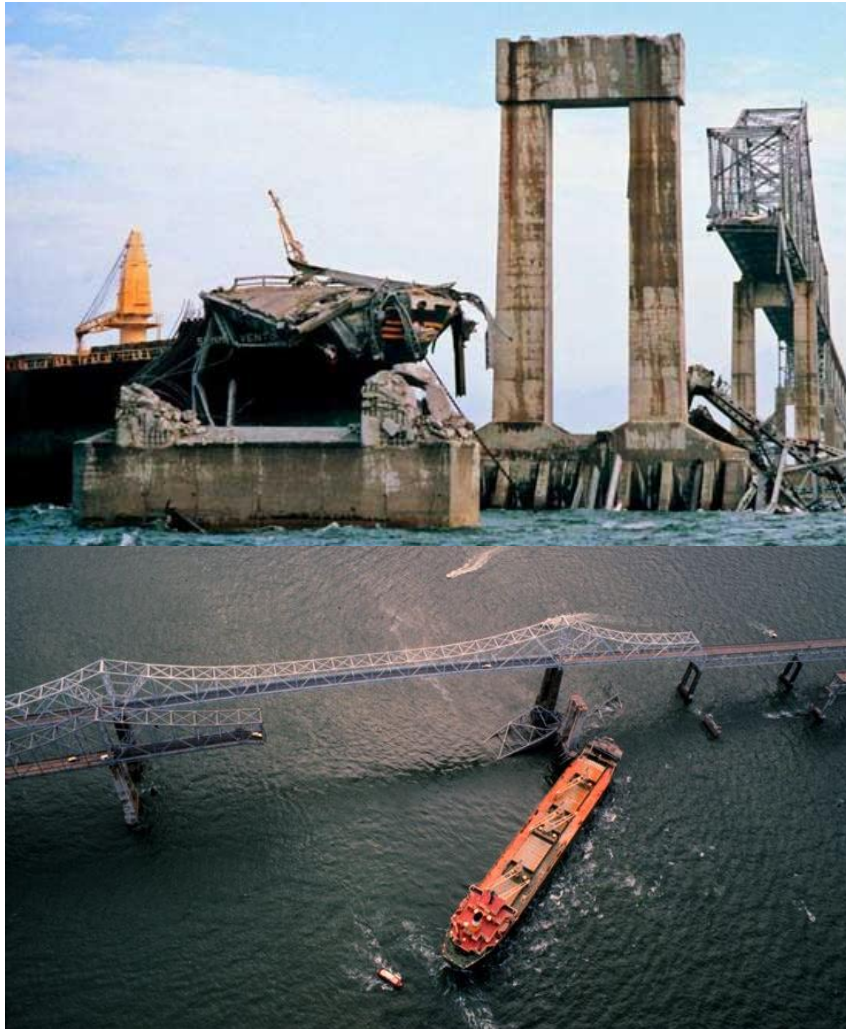
Eurocode 8 захтева дебљине зидова у области пластичних зглобова од најмање $1/8$ чистог унутрашњег размака у оба правца за спречавање локалног избочавања зидова када раде као притиснуте фланше



Граничници



Удар брода и заштита



Удар возила и заштита

