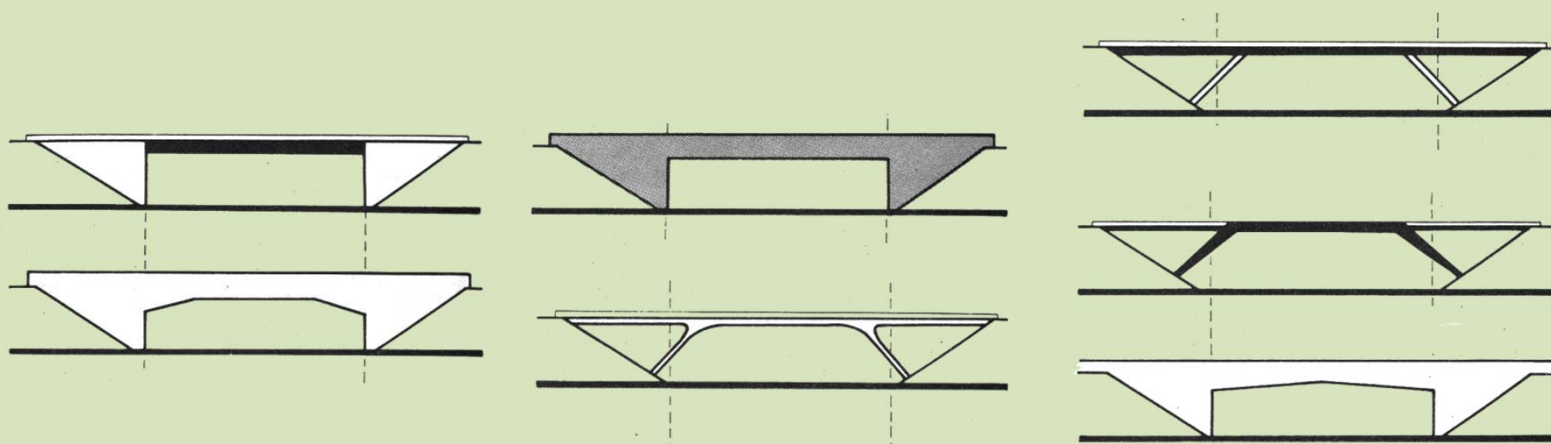




GRAĐEVINSKI FAKULTET
ZAVOD ZA KONSTRUKCIJE
KATEDRA ZA MOSTOVE

Okviri i razupore





OKVIRI





OKVIRNO DJELOVANJE I STATIČKI SUSTAVI

velike uzdužne sile

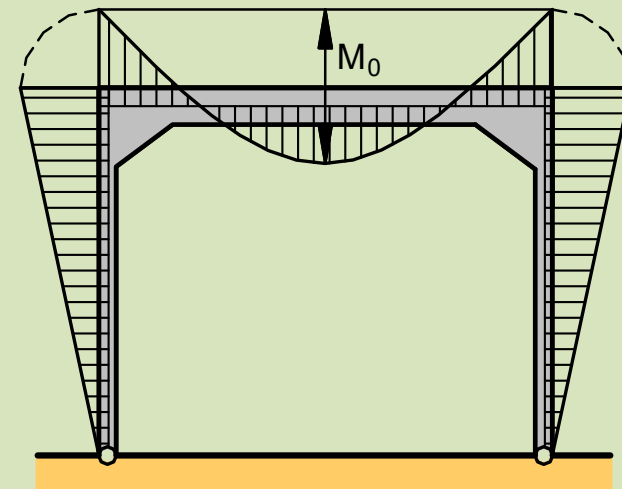
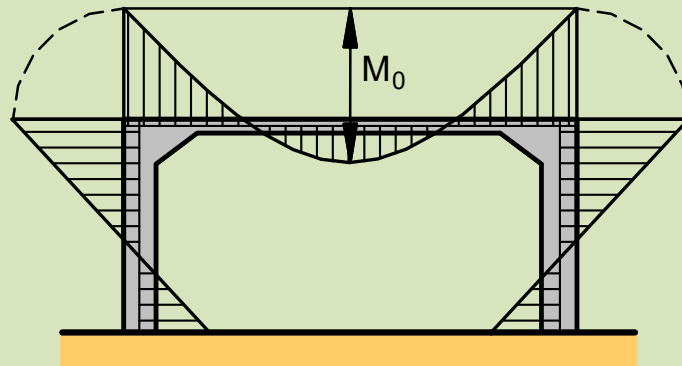
kruta veza rasponskog sklopa sa stupovima i/ili upornjacima

raspodjela momenata savijanja na polja i oslonce ovisno o krutostima elemenata

veća krutost stupova daje manje momente u poljima

moguće vrlo male konstrukcijske visine rasponskog sklopa

Okviri





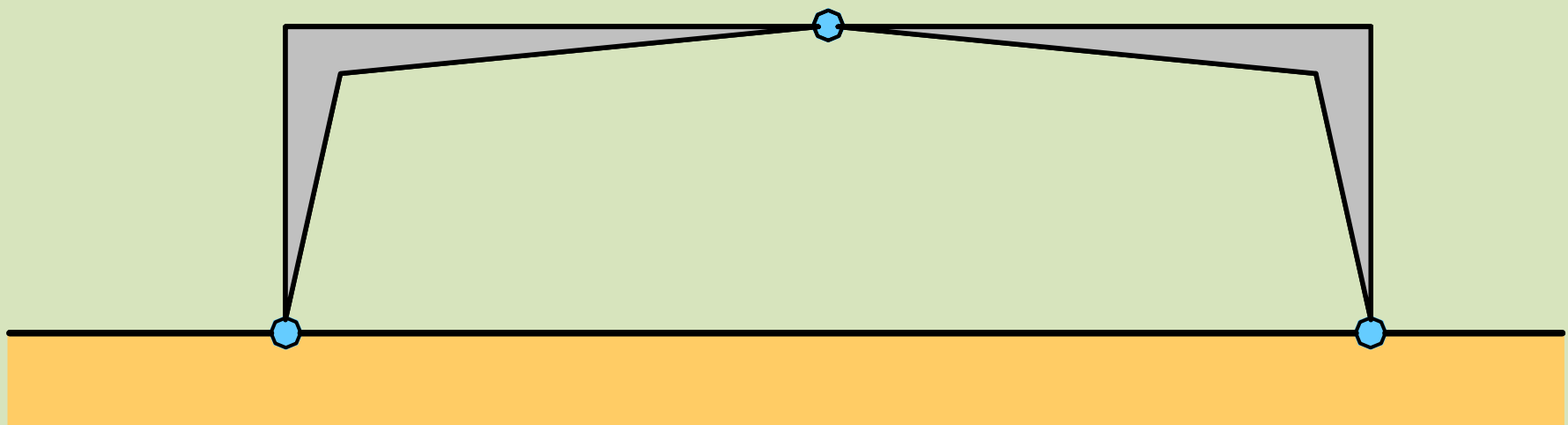
TROZGLOBNI OKVIRI

statički određene konstrukcije - nema dodatnih sila od utjecaja skupljanja i puzanja betona, temperaturnih promjena i popuštanja i razmicanja oslonaca

zglobovi: betonski ili betonski elastični

nedostatak - zglob u prečki - prekida kontinuitet kolnika

Okviri





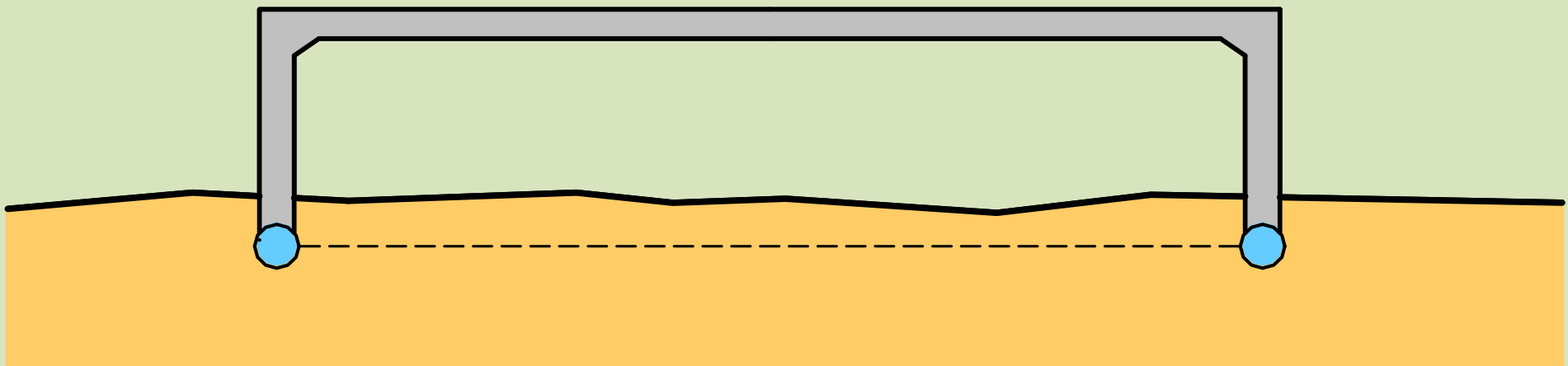
DVOZGLOBNI OKVIRI

statički jedanput neodređeni sustavi

nisu osjetljivi na različita slijegavanja temelja, nego samo na razmicanje oslonaca

prednost u odnosu na trozglobne okvire je neprekinutost kolnika

Okviri

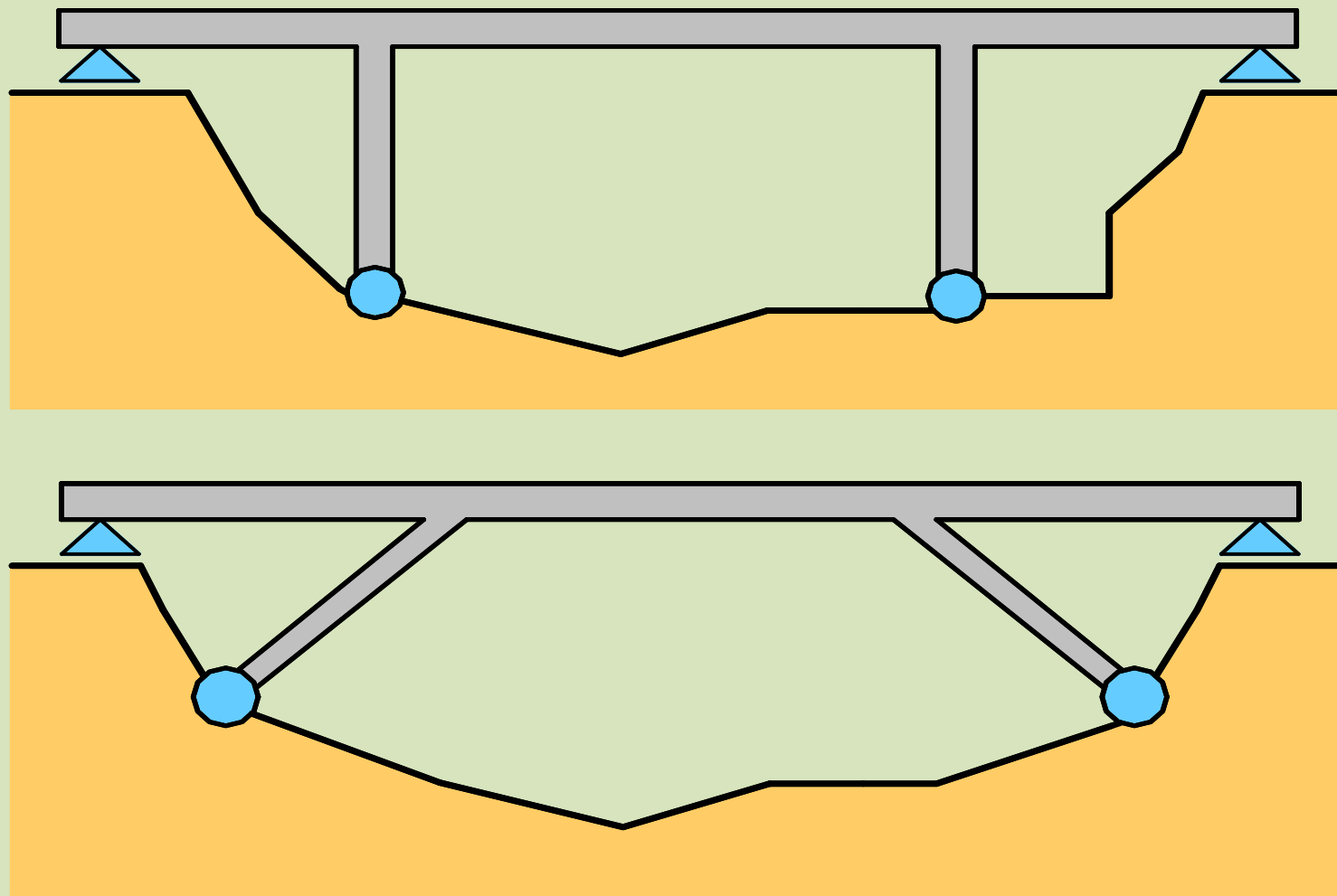




DVOZGLOBNI OKVIRI S KRATKIM KRAJNJIM POLJIMA

betonski zglobovi – jako armirani suženi presjeci (elastični zglobovi) – nazivaju se i Freysinnet-ovi zglobovi

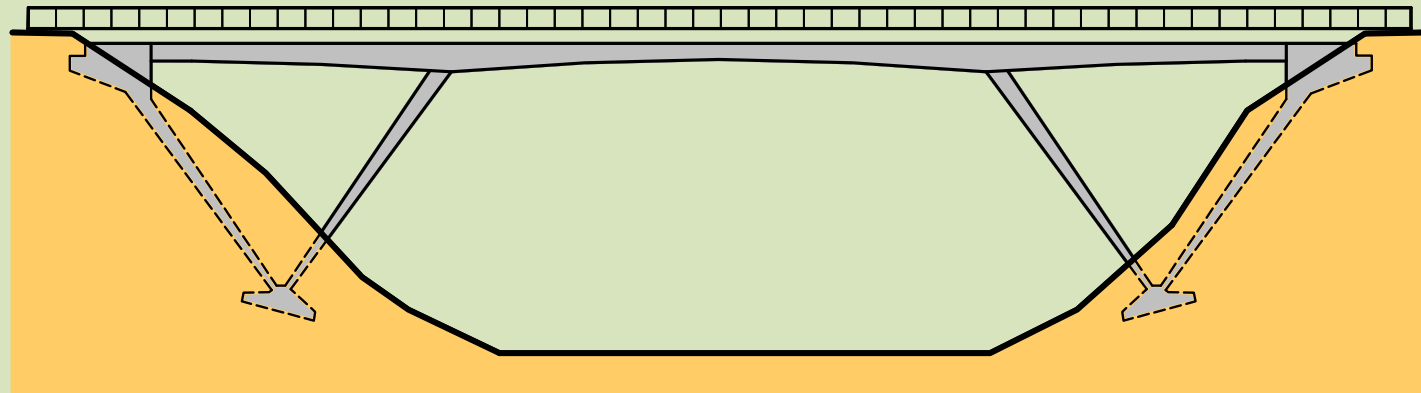
Okviri



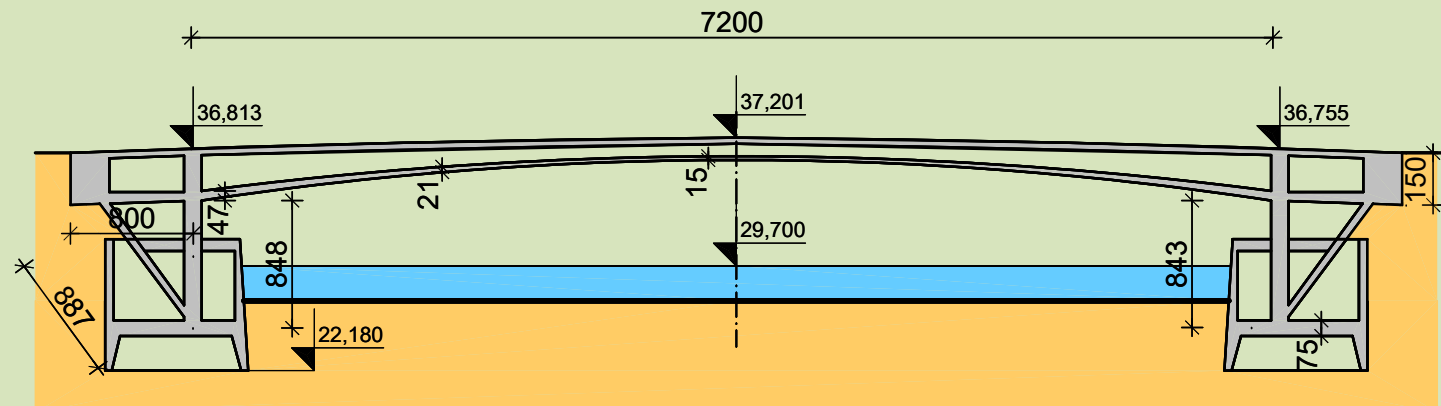


OKVIRI SA TROKUTASTIM STUPOVIMA

oblikuju se kao razupore, ako su srednji stupovi kosi



ako su srednji stupovi ravni, donji pojas rasponskog sklopa obično se projektira zakrivljen, kao kod kontinuiranih greda izvedenih slobodnim konzolnim postupkom



Razupore

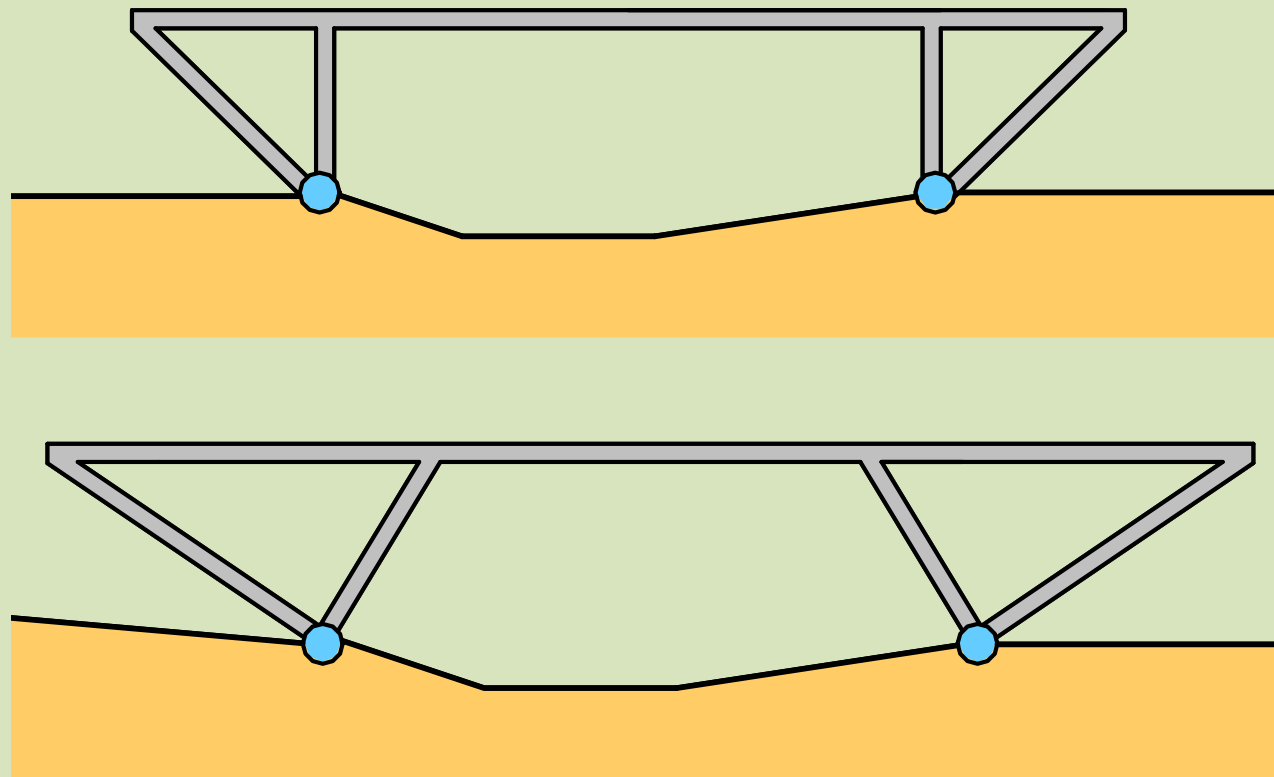


DVOZGLOBNI OKVIRI SA TROKUTASTIM STUPOVIMA

prikladni za prijelaze preko autocesta

rasponska konstrukcija prihvaćena kosim štapovima koji izlaze iz zglobova

Okviri

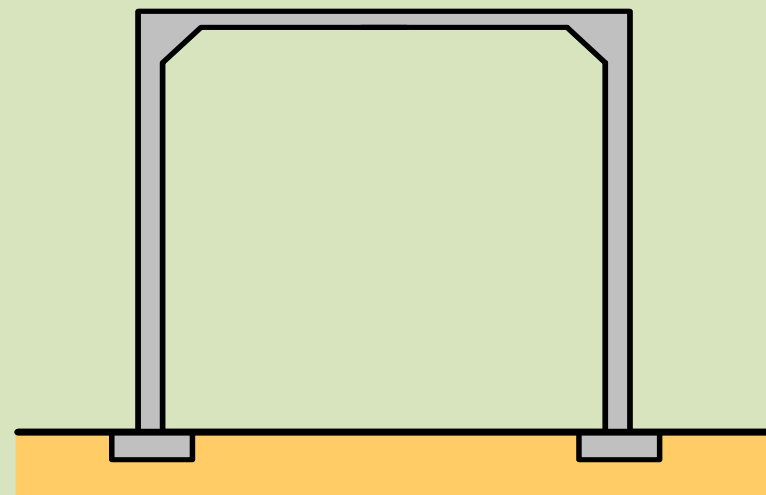




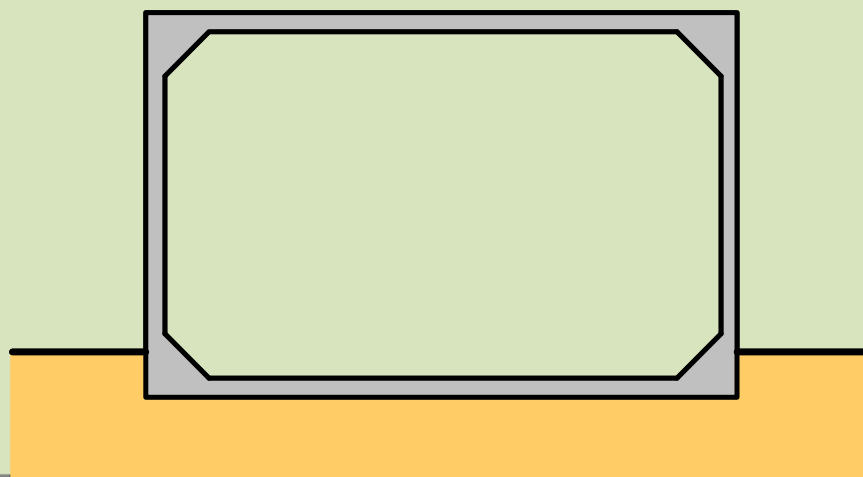
UPETI OKVIRI

prikladni za manje podvožnjake ili propuste

mogu im se pridodati i kratka krajnja polja kao i dvozglobnim okvirima



ZATVORENI OKVIRI



kod podhodnika, prolaza pri visokoj podzemnoj vodi ili na osobito lošem tlu

kad se podzemne željeznice provode uzduž gradskih ulica izravno ispod cestovnih površina

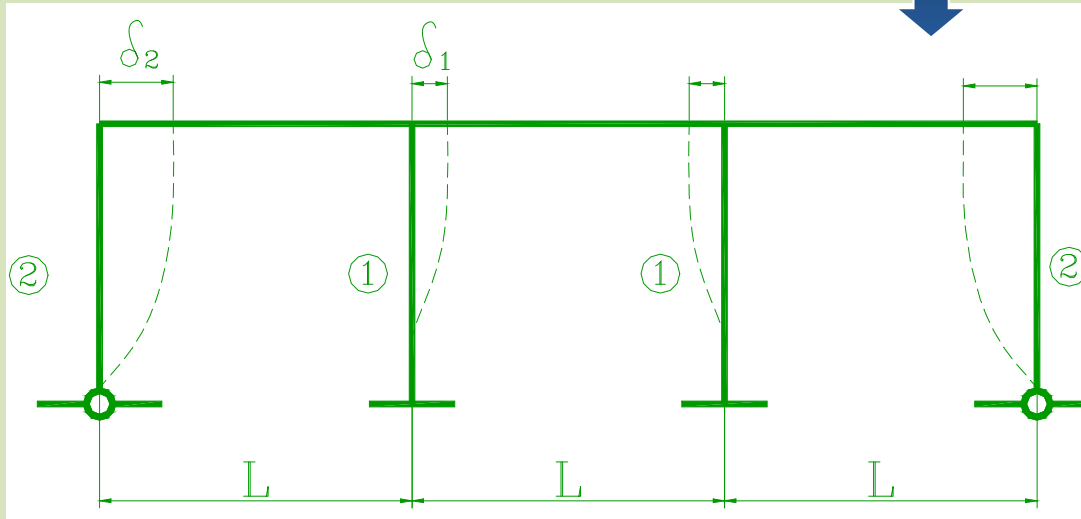


KONTINUIRANI OKVIRI

dodatne sile od djelovanja jednolike promjene temperature, te skupljanja i puzanja betona

ovise o veličini skraćenja rasponskog sklopa i o krutosti štapova

Okviri



$$M_1 = \pm \frac{6EI_1\delta_1}{h^2} \quad M_2 = \pm \frac{3EI_2\delta_2}{h^2}$$

$$\delta_1 = -(\epsilon_s + \epsilon_p) \cdot \frac{L}{2} + \alpha \Delta t \cdot \frac{L}{2}$$

$$\delta_2 = 3\delta_1$$

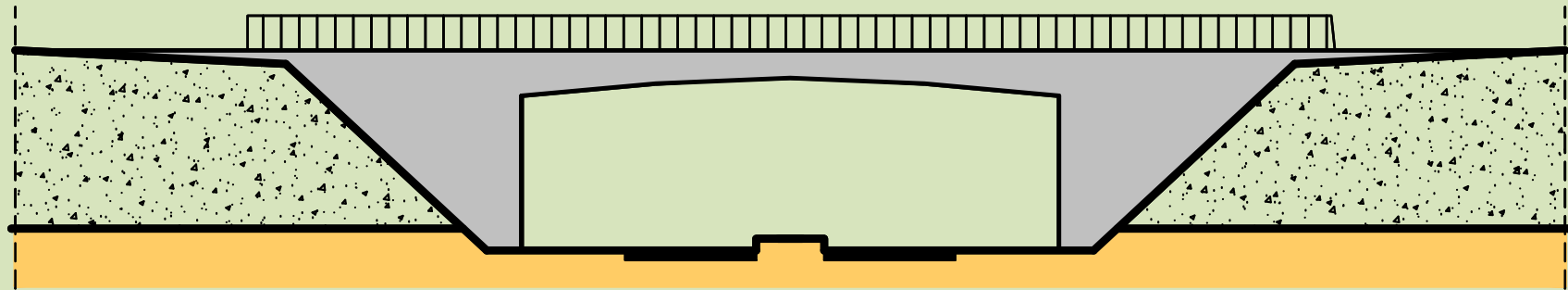
krajnji su stupovi stoga u pravilu manje krutosti i/ili izvode se sa zglobovima

$$M_2 = M_1 \Rightarrow I_2 < I_1$$

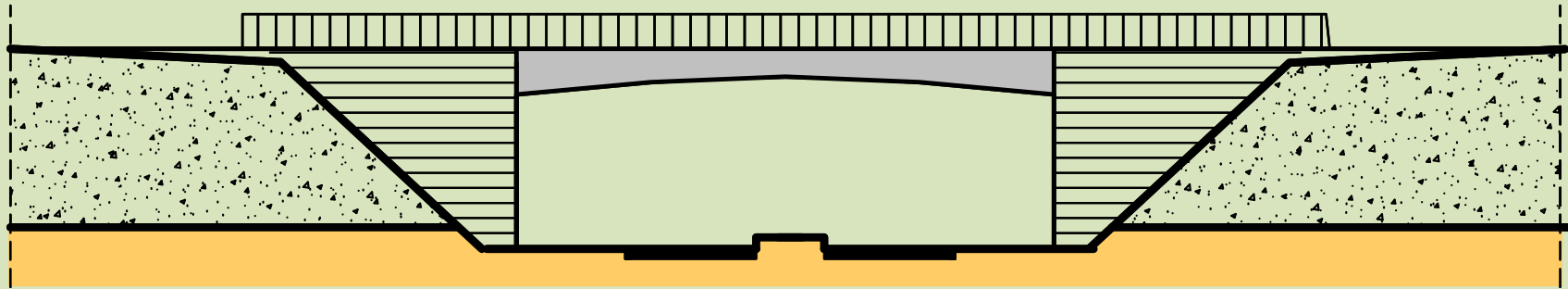


OBLIKOVANJE OKVIRA – OKVIRI S JEDNIM OTVOROM

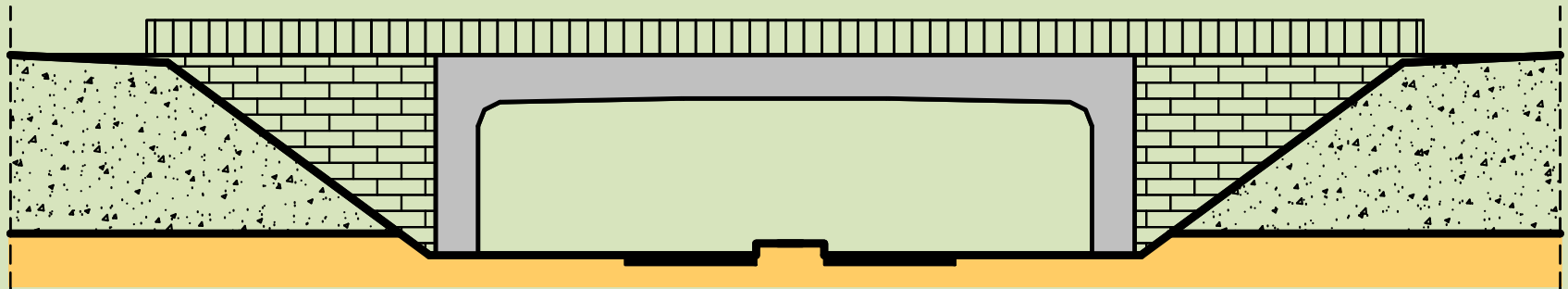
Okviri



vanjska ploha krila slijedi ravninu prečke



krila su istaknuta ispred ravnine prečke

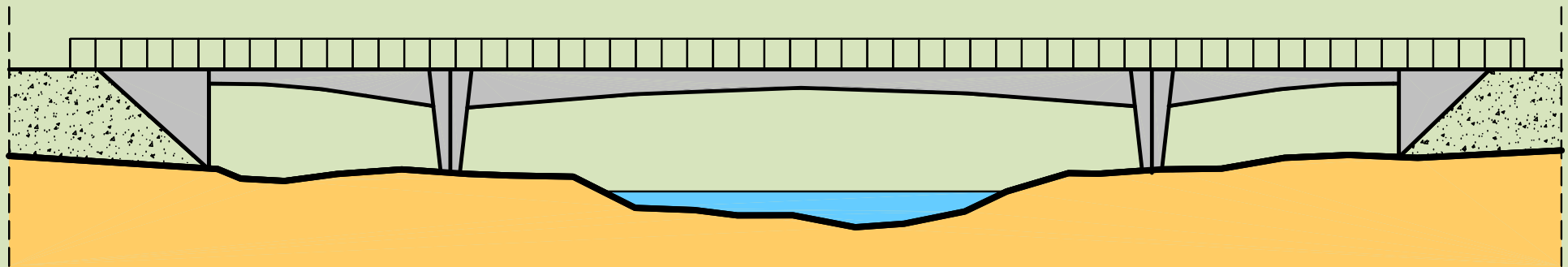


krila pomaknuta prema nasipu - okvir naglašen



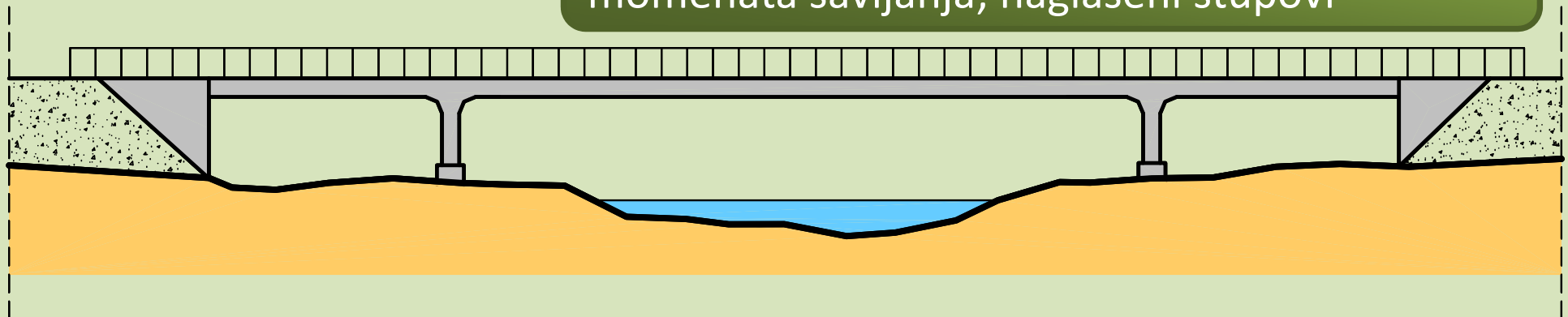
OBLIKOVANJE OKVIRA – OKVIRI S KRATKIM KRAJNJIM POLJIMA

Okviri



a)

visina rasponskog sklopa odgovara anvelopi
momenata savijanja; naglašeni stupovi



b)

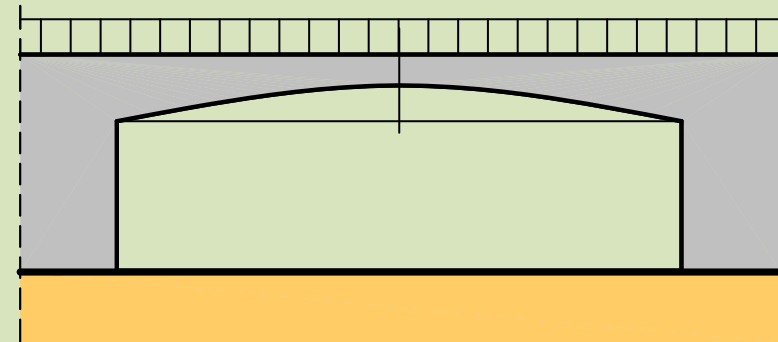
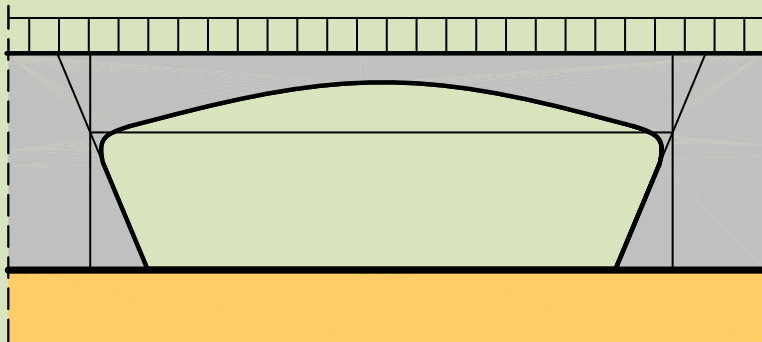
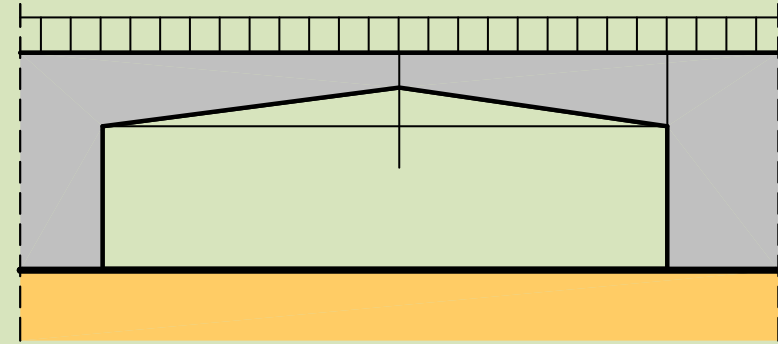
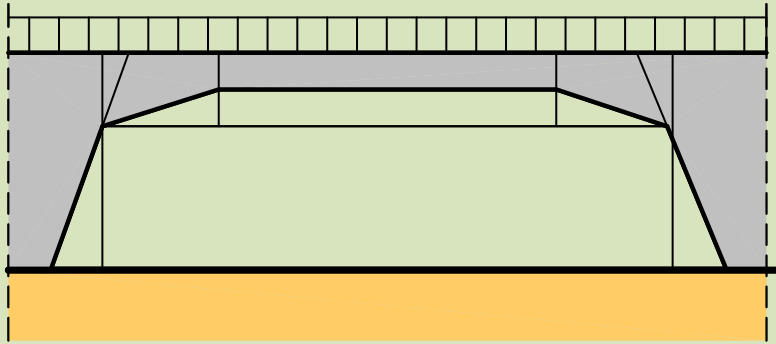
sklop konstantne visine, stupovi nisu naglašeni





OBLIKOVANJE OKVIRA – INTRADOS

Okviri



intrados prečke - s vutama, oštrim kutovima ili zaobljen

nastavak linija prečke u upornjake - kutni ili blago zaobljen

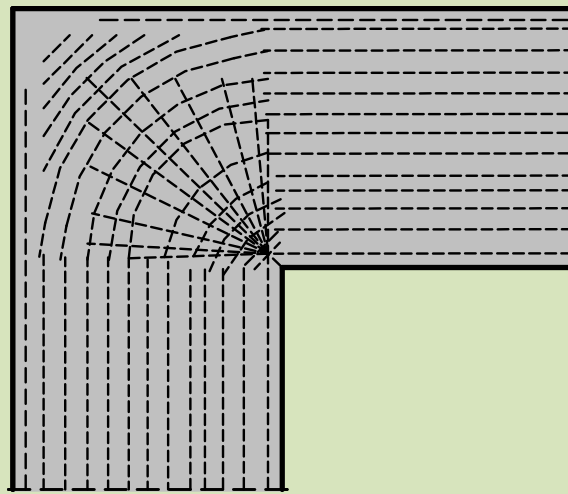
intrados vezan uz upornjake - vertikalni ili blago nagnut



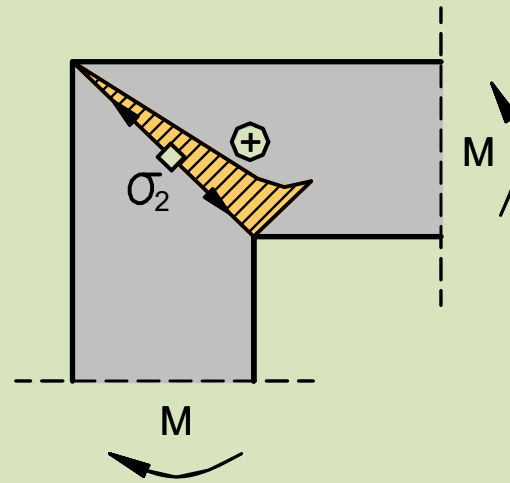


SPOJ GREDA – STUP: OPĆENITO PONAŠANJE

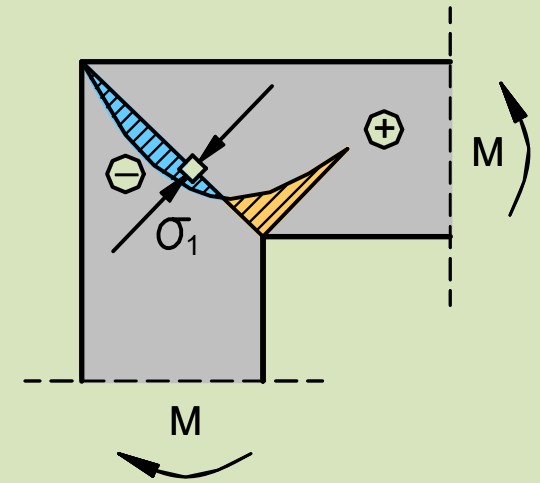
Okviri



a)



b)



c)

a) glavna naprezanja - skretanje sila iz grede u stup

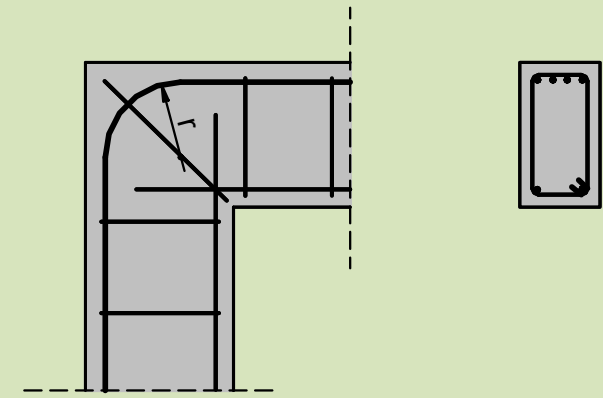
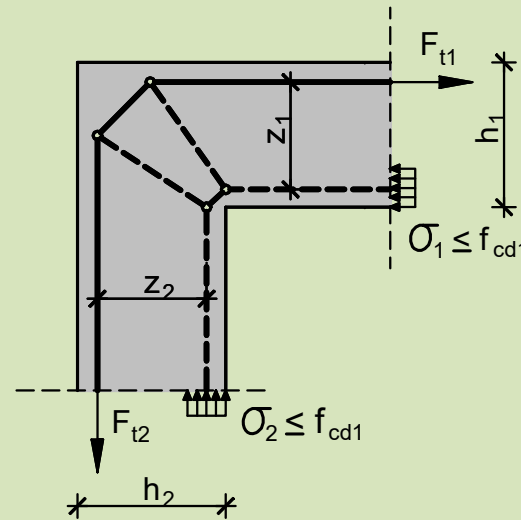
b), c) raspodjela glavnih naprezanja u dijagonalnom presjeku
(skretne sile → radijalna naprezanja)



SPOJ GREDA – STUP PRI NEGATIVNOM MOMENTU

a) približno jednake visine presjeka grede i stupa

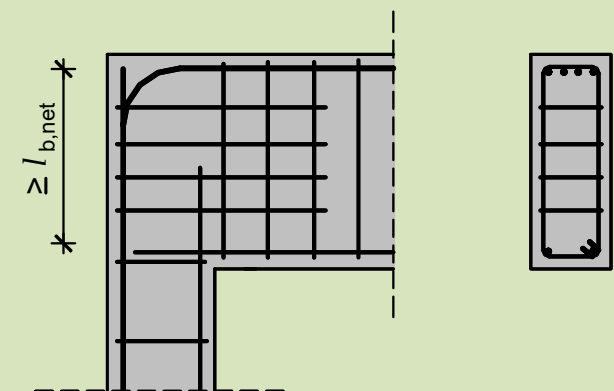
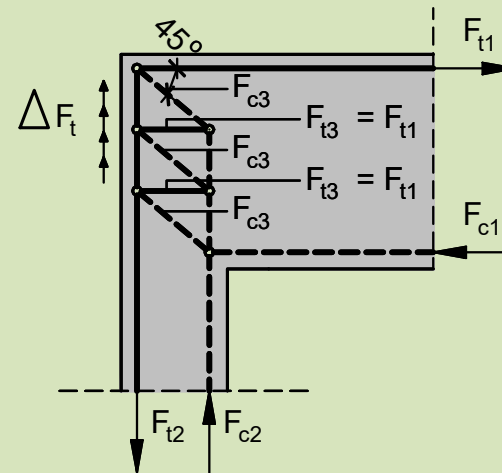
a)



(tlak: iscrtkano, vlak: puno)

b) jako različite visine presjeka grede i stupa

b)



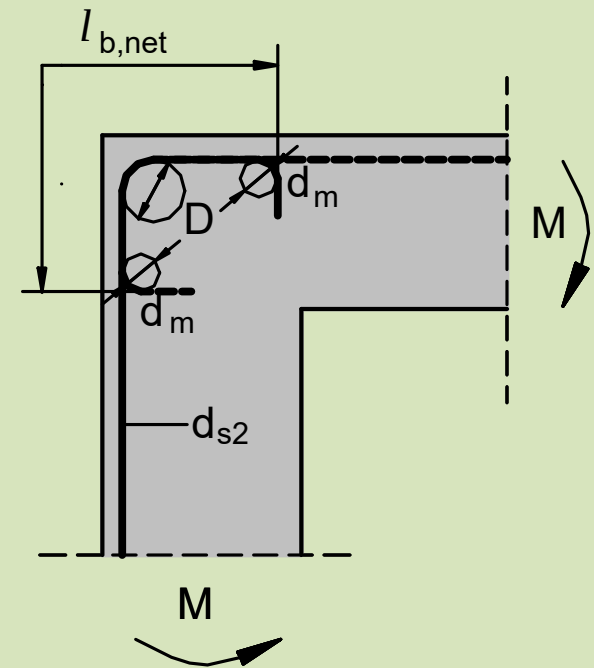
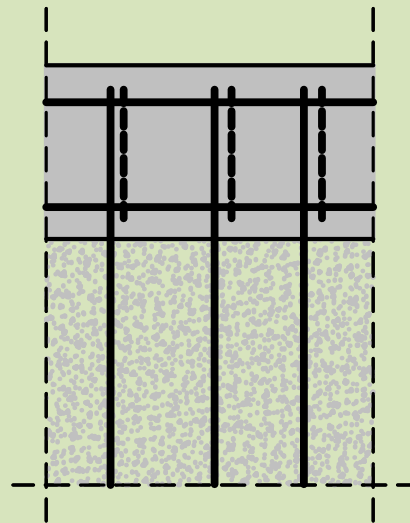
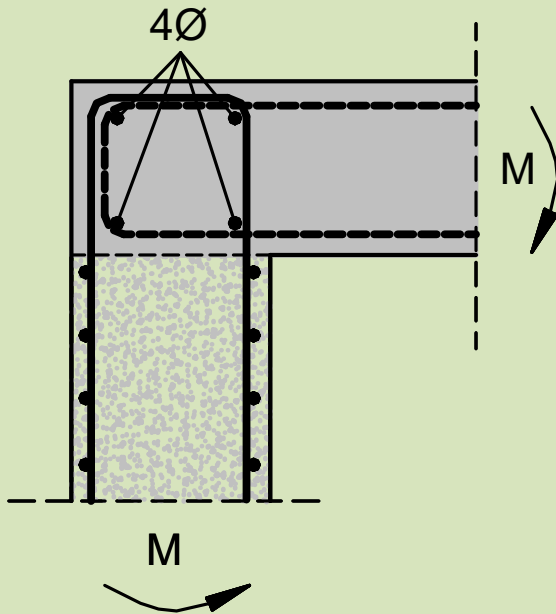
dodatna horizontalna armatura (protiv dijagonalnih pukotina) - prihvaća razliku sile iz stupa i one u gredi, a koja se javlja zbog različitih dimenzija grede i stupa, $F_{t3} = (F_{t2} - F_{t1}) \tan \varphi$



SPOJ PLOČA – ZID PRI NEGATIVNOM MOMENTU

kada je postotak armiranja manji od 0,4%, moguće je izvoditi petlje ili šipke s pravokutnim kukama

Okviri





POPREČNA ARMATURA SPOJA GREDA – STUP PRI NEGATIVNOM MOMENTU

radijalni pritisak od zakrivljenih šipki



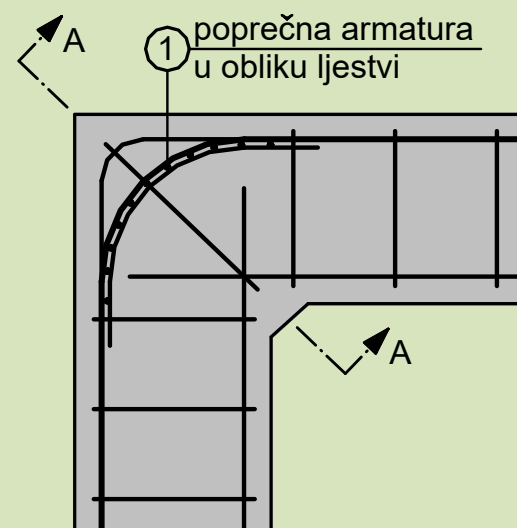
vlačna naprezanja okomito na ravninu okvira

spriječiti cijepanje i odvajanje betona

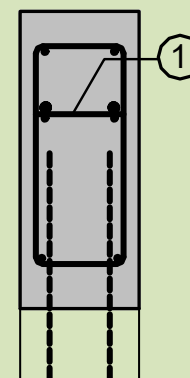
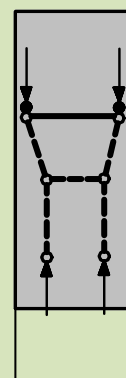


dodatna poprečna armatura uz vilice

Okviri



presjek A-A



područje kuta izvan savijenih šipki



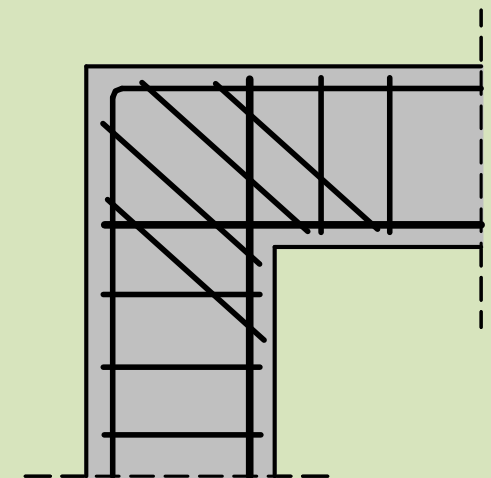
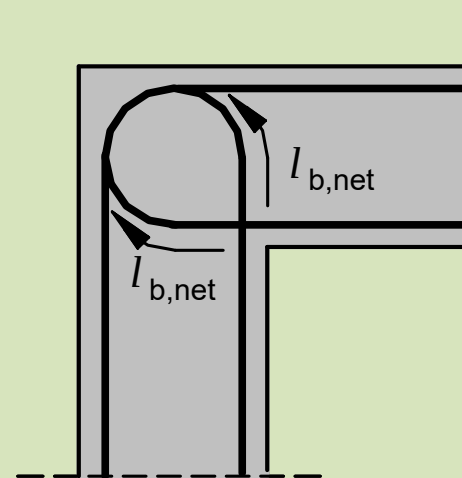
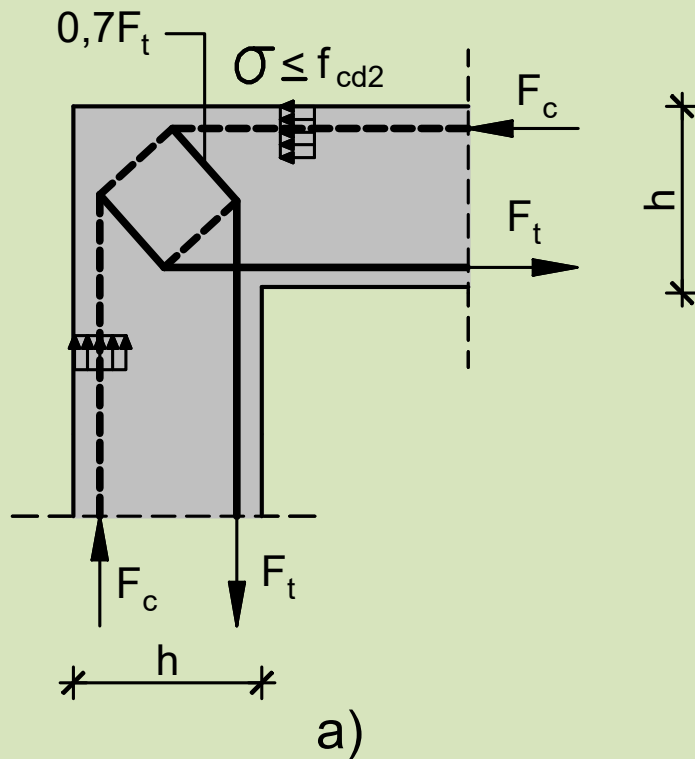
osigurano dijagonalnom vilicom i nekoliko tankih šipki svijenih s min. r



SPOJ GREDA – STUP PRI UMJERENOM POZITIVNOM MOMENTU

potrebno je vlačnu armaturu provesti kao petlju u čvoru ili koristiti dijagonalne vilice - kombinacija još bolja!

Okviri



tlačni pojas se nalazi između radijalne armature ili petlje armature pa ima mali krak, pogotovo kad se koriste petlje s velikim zaštitnim slojem betona



SPOJ GREDA – STUP PRI VELIKOM POZITIVNOM MOMENTU

vlačna sila dijagonalnih šipki širi se vilicama prema tlačnom pojasu

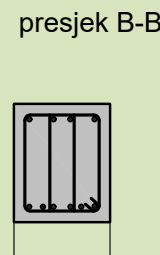
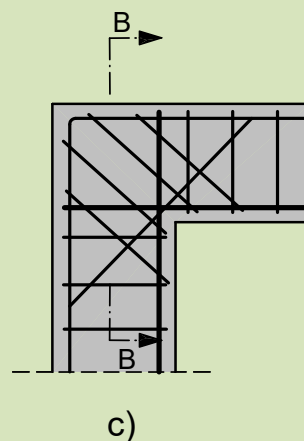
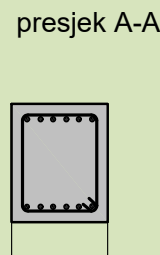
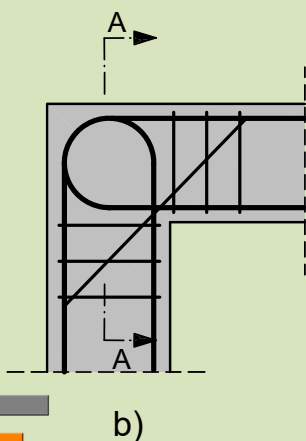
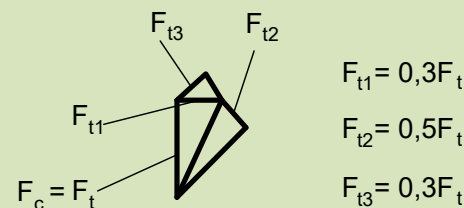
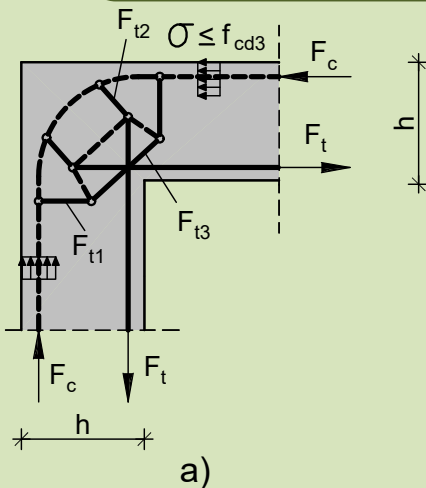
vilice postupno skreću tlačni pojas izvan područja samog čvora

potrebne vilice u dijelu grede i stupa u blizini čvora neovisno o vilicama potrebnim za preuzimanje posmika

za postizanje što veće nosivosti čvora, što bliže nosivosti priključnih elemenata

KOSA ARMATURA

Okviri





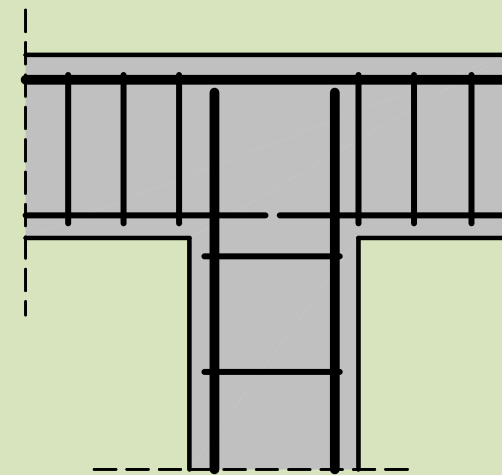
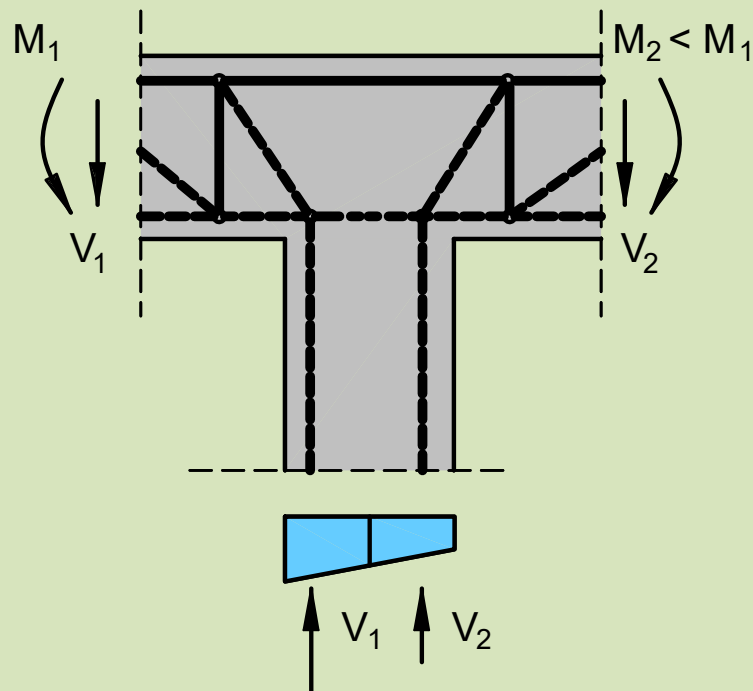
SPOJ KONTINUIRANA GREDA – STUP

a) za mali moment u stupu, bez vlačne armature u stupu

moment se prenosi u kontinuiranom elementu iz jednog polja u drugo kao da je riječ o ležajnom momentu u gredi nad ležajem

armatura se vuče ravno i kontinuirano preko čvora

Okviri



a)

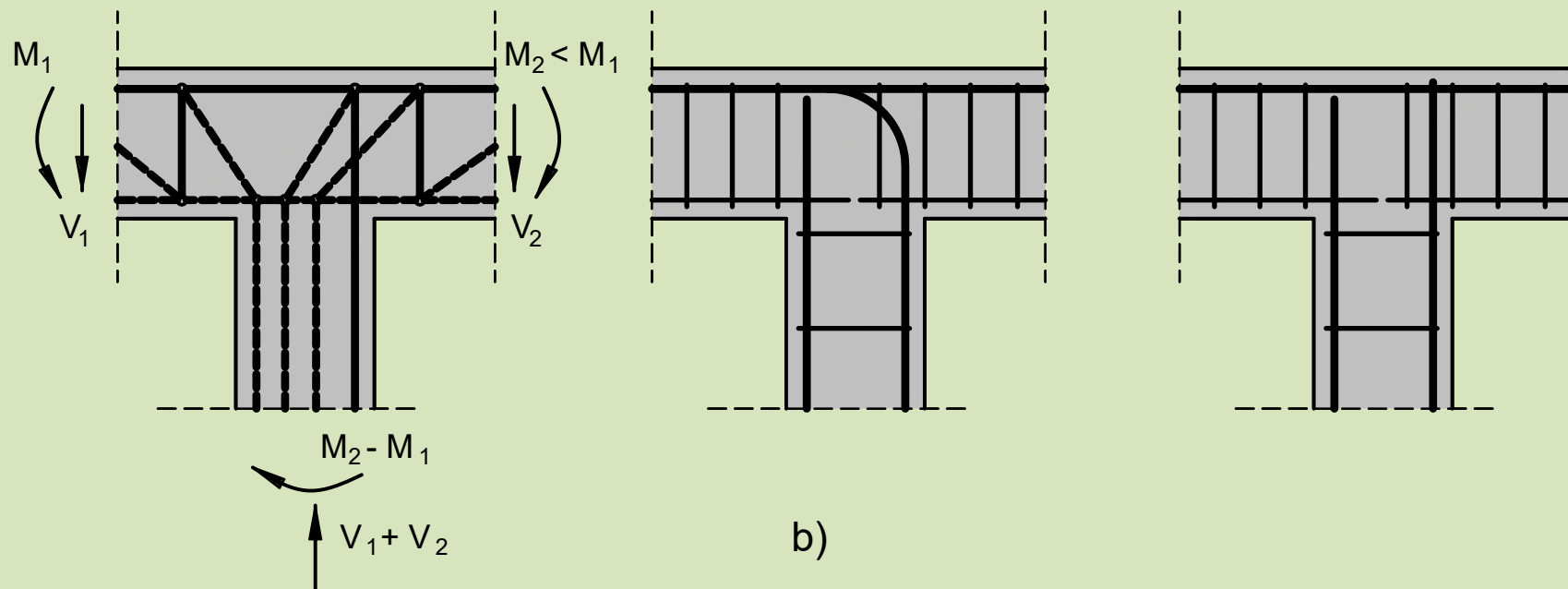


SPOJ KONTINUIRANA GREDA – STUP

b) za stup s vlačnom armaturom

negativni moment prenosi se iz stupa u jednu od greda

armatura za ovaj moment trebala bi se saviti oko čvora “u suprotnu stranu”, odnosno ovdje armatura od desne strane stupa ide u gredu na lijevo





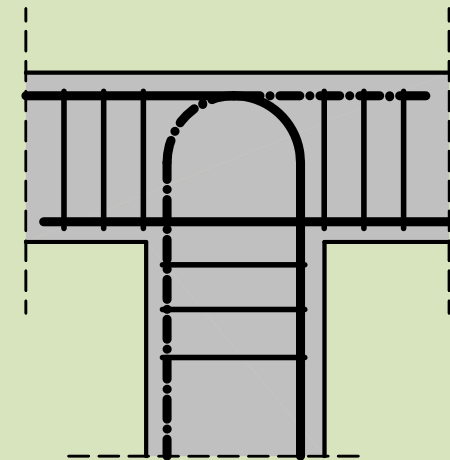
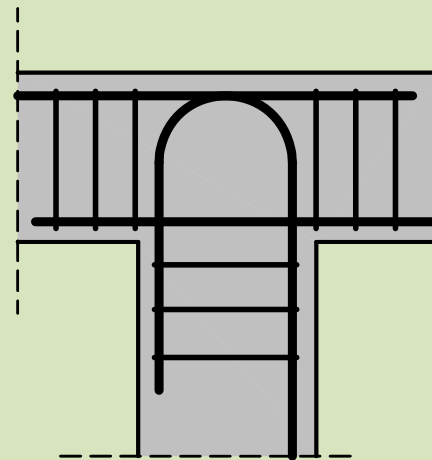
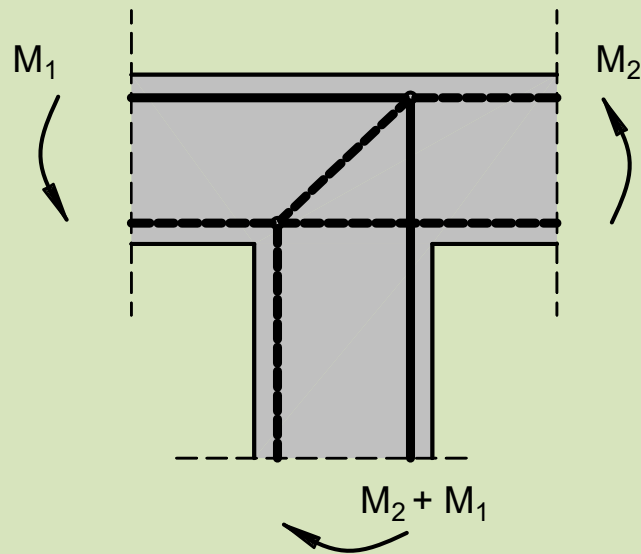
SPOJ KONTINUIRANA GREDA – STUP

c) tipičan slučaj njihajućeg čvora

moment u stupu zbroj je momenata u gredi lijevo i desno

pozitivni moment prenosi se iz stupa u gredu

Okviri



c)



BETONSKI ZGLOB - LINIJSKI

najjednostavniji i najjeftiniji
centrirajući zaokretni točkasti ili linijski
ležajevi

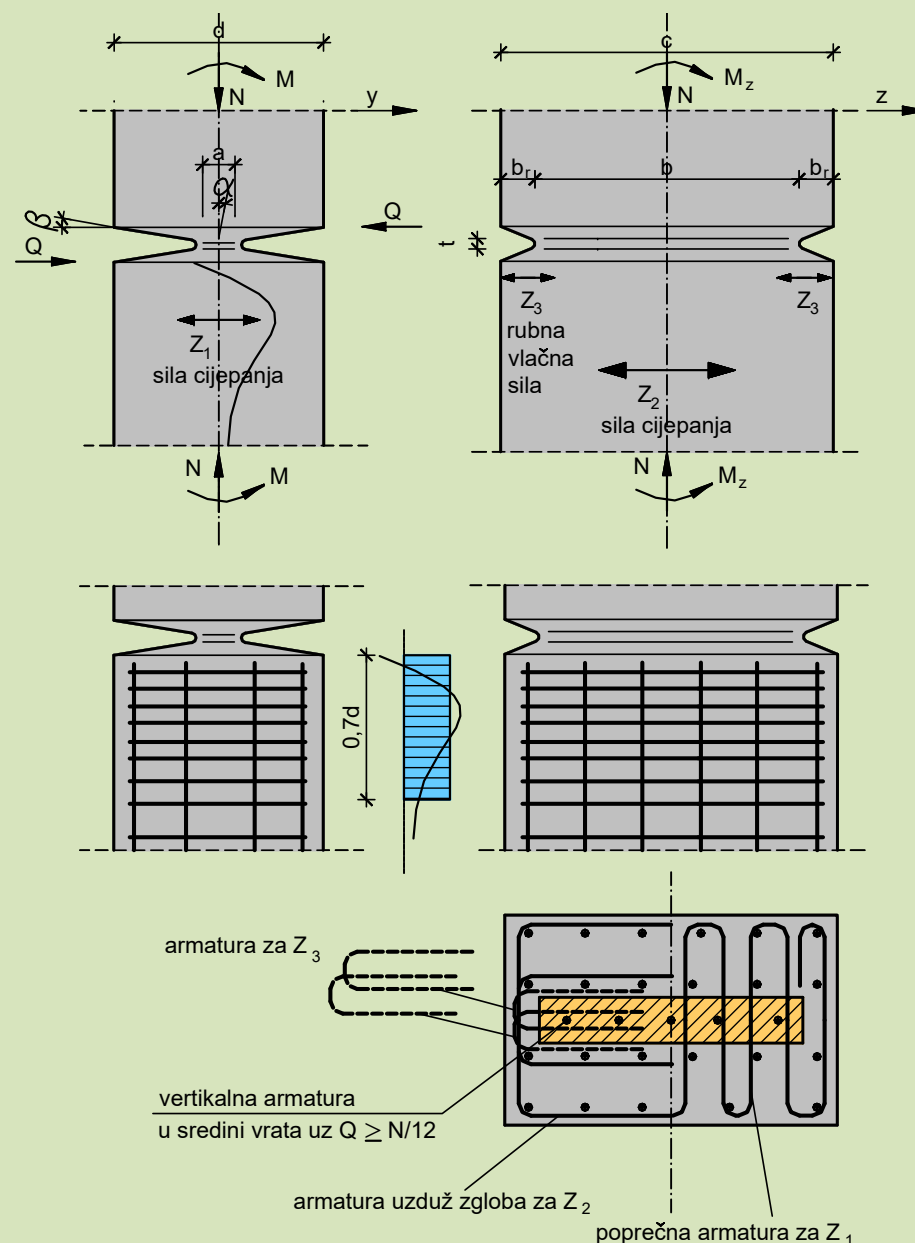


omogućuju velike kuteve zaokreta ako
su ispravno dimenzionirani i
konstruirani

IZRAZI ZA OGRANIČENJE POVRŠINE
ZGLOBA

GEOMETRIJSKA PRAVILA I DOPUŠTENI
KUT ZAOKRETANJA

POTREBNA ARMATURA ZA
PREUZIMANJE SILA Z_1 , Z_2 , Z_3





BETONSKI ZGLOB - TOČKASTI

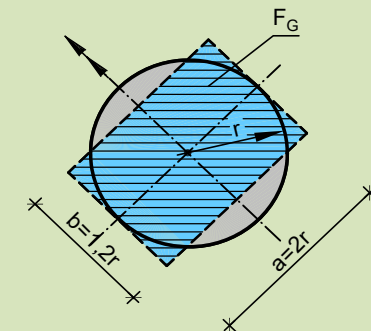
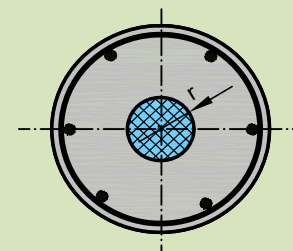
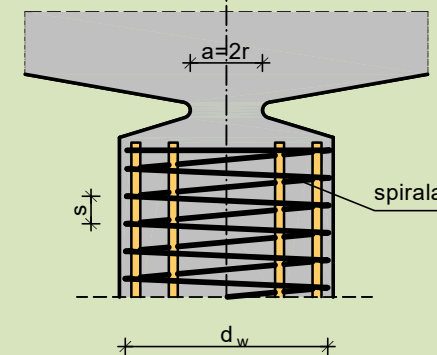
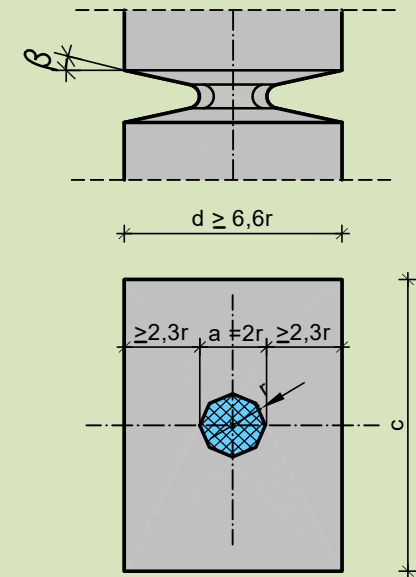
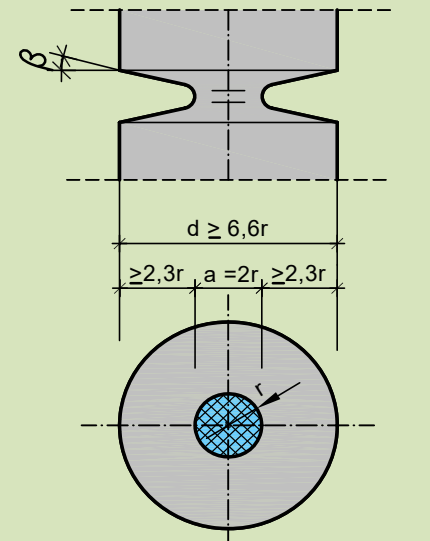
Okviri

kod promjenjivo usmjerenih i
kosokutnih zakretanja

vrat zgloba treba biti okrugla ili
osmerokutna oblika

promjer a mora biti manji od $0,3 d_{\min}$

sile cijepanja - spiralna armatura
položena na visini od najmanje $0,7 d$





RAZUPORE

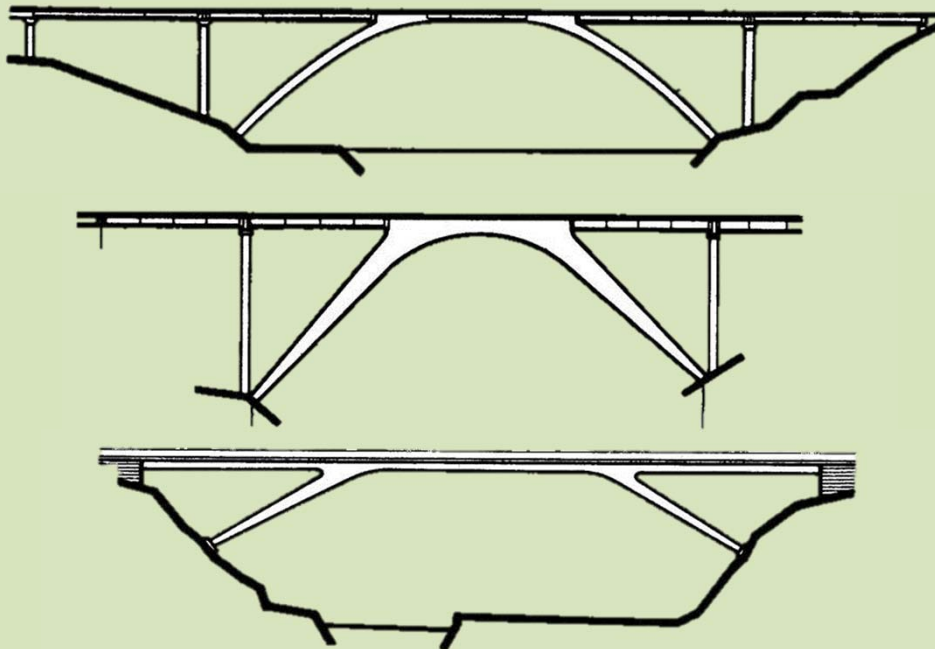




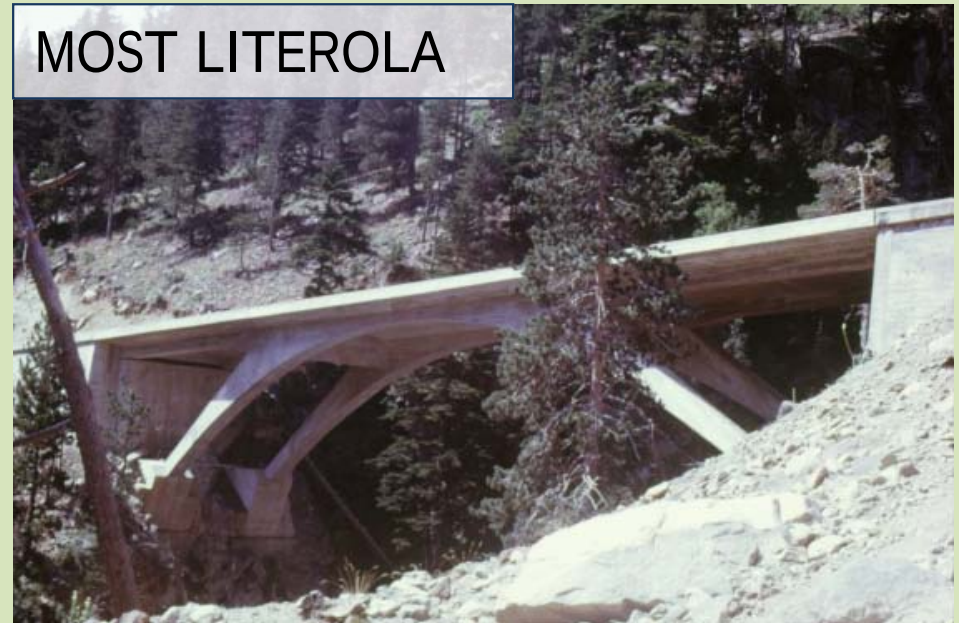
RAZUPORE - UVOD

- okvirne konstrukcije s kosim stupovima ili stupovima „V” oblika
- razvijene od starijih drvenih konstrukcija (rabile su se za krovove)
- prva pojava razupornih mostova: Švicarska
- okoliš u kojem se najčešće grade – dominantne vertikalne i kosine
 - pogodne za prijelaze preko rijeka i dolina
 - pogodne za nadvožnjake
- razuporni sustav – prijelaz između okvirnih i lučnih sustava

Razupore



MOST LITEROLA





RAZUPORE - UVOD

kao prijelaz između grednih i lučnih mostova



razuporni sustavi su prikladna zamjena za oba tipa ovih mostova za srednje duljine raspona

Razupore





SMJERNICE ZA PROJEKTIRANJE RAZUPORA

- Uklapanje u okoliš – najbolje izgledaju tamo gdje okolni teren ima oblik obrnute tlačne linije luka
- Estetske kvalitete prvenstveno ovise o proporcijama razupornog okvira:
 - kosnici $\sim 0,25 \div 0,50 L$
 - potrebna relativno visoka niveleta za elegantnu duljinu kosnika
 - što više konstruktivnih elemenata oblikovati tako da reflektira promjenu naprezanja uzduž konstrukcije
- Postavljanje oslonaca kosnika:
 - ne postaviti ih na najnižu točku doline ili usjeka jer će to rezultirati najvišim stupovima
 - postaviti oslonce na prirodne istake – mjesto koje se čini da preuzima i horizontalne i vertikalne reakcije
 - za razupore preko rijeka - postaviti oslonce blizu obala
 - razupore u planinskom krajoliku – pronaći pogodnu prirodnu lokaciju za oslonce (npr. na stijeni)





SMJERNICE ZA PROJEKTIRANJE RAZUPORA

- Različito oblikovanje detalja – možda nebitno za samu konstrukciju, no vrlo značajno za izgled mosta.
- Klasično poimanje estetski najprihvatljivijeg oblikovanja razupore:
 - kosnici tanji pri peti, širi na spoju s gredom
 - kosnici bi trebali imati zakrivljene donje rubove – podsjeća na dvozglobni luk
 - greda manje visine u sredini raspona - podsjeća na trozglobni luk
 - prečka ima zakrivljene ili ravne vute - tad je moguće vidne plohe kosnika i prečke postaviti u istu ravninu, izmaknuti kosnike ispred prečke ili izmaknuti plohu prečke ispred kosnika

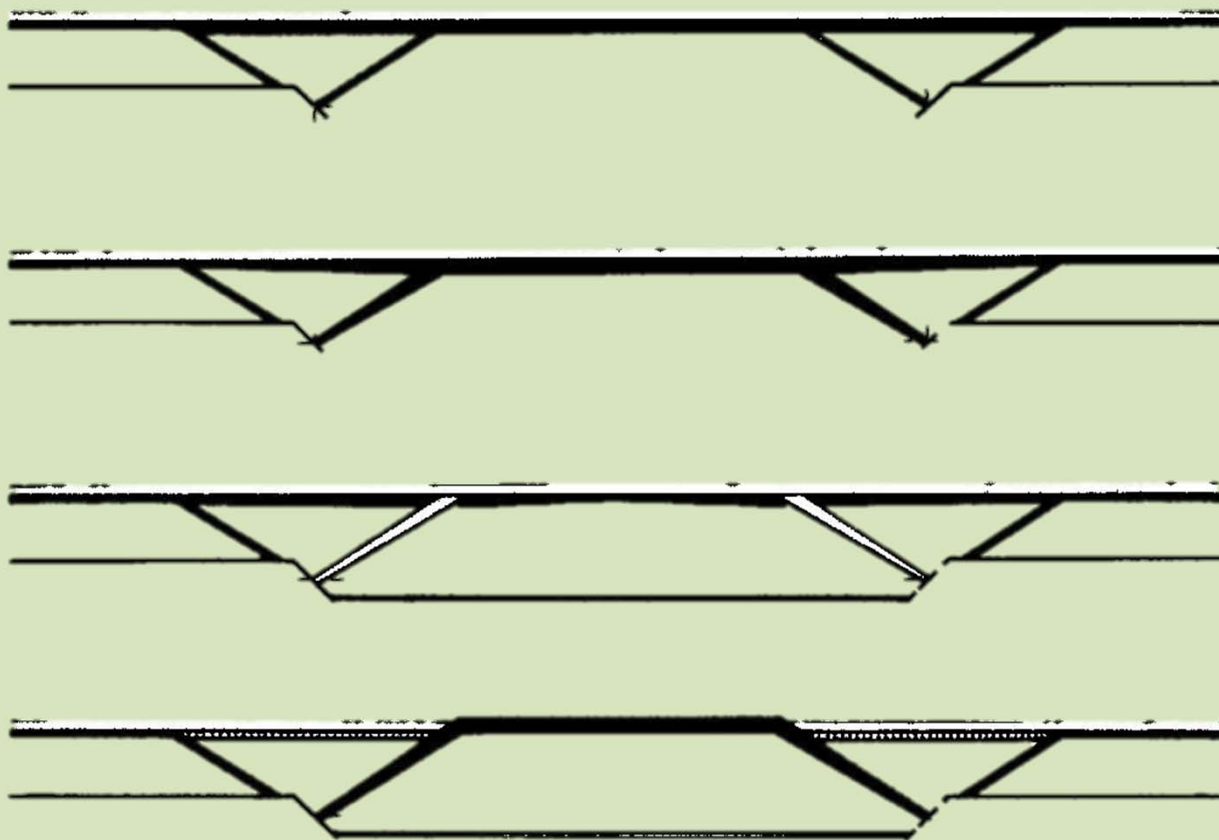




DOJAM OTVORA

- različito oblikovanje elemenata (kosnika i grede) → različiti oblikovni izražaj otvora

Razupore



greda poduprta
kosnicima

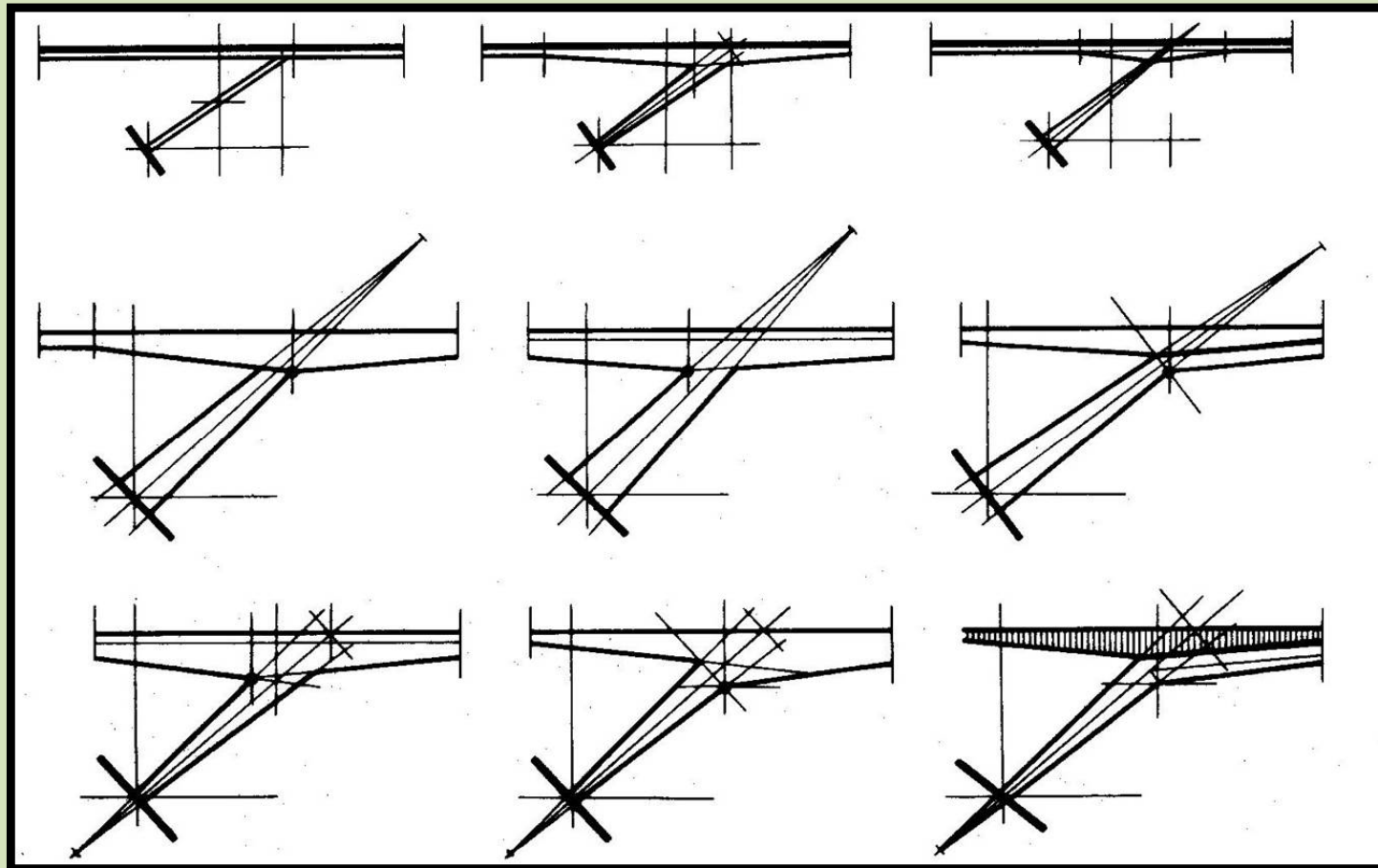
izražen trapezni oblik





KOSNICI

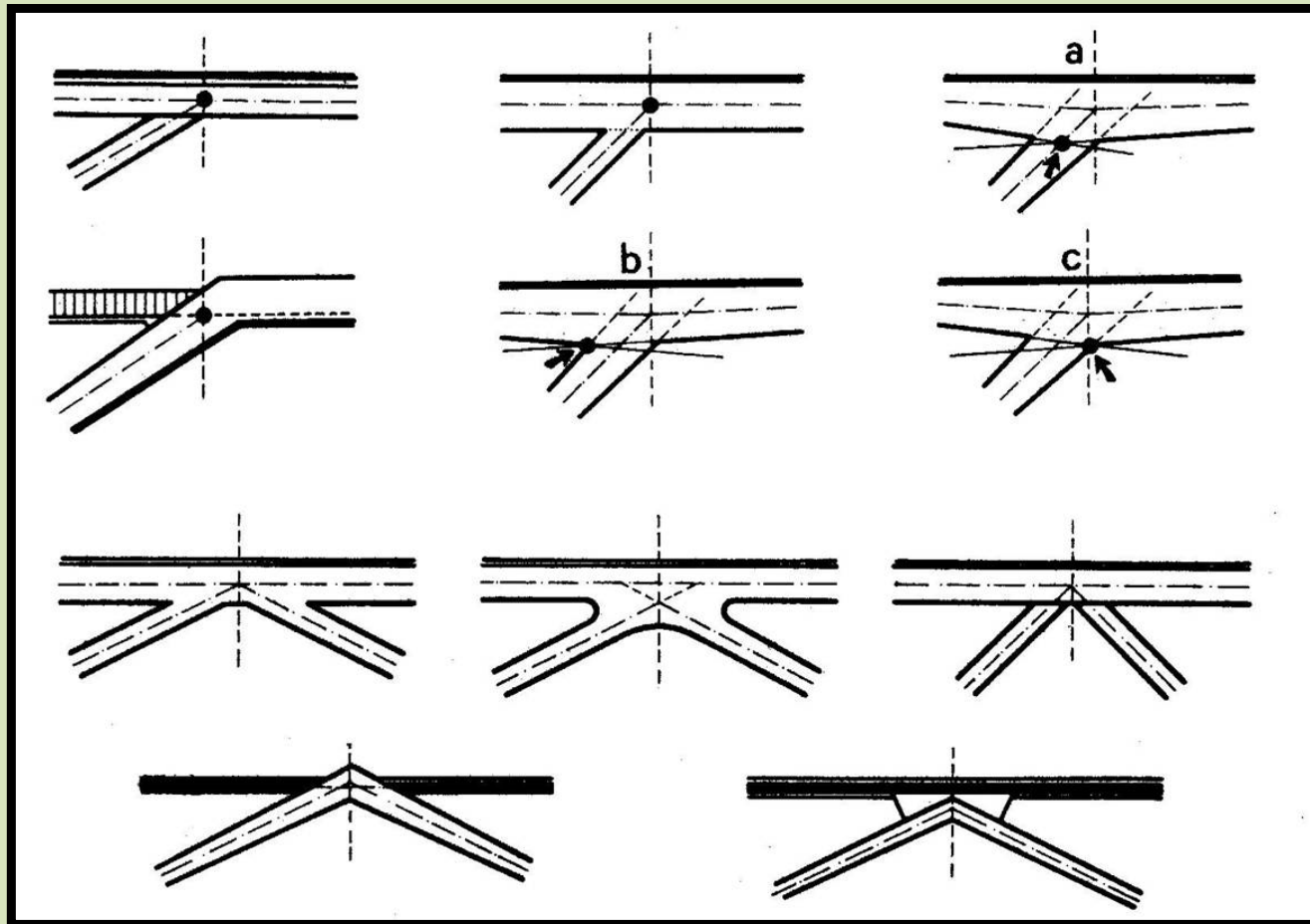
- oblikovna vrijednost kosnika ovisi o:
 - razmještaju elemenata
 - sjecištu osnih linija
 - tokovima dimenzija
 - obliku obrisnih linija
 - razmještajima u razne ravnine





SPOJEVI KOSNIKA S GREDOM

- različiti odnosi linija obrisa prema linijama osi u čvorovima gdje se sastaju kosnici s gredom ili dva kosnika s gredom



greda - naglašena
- zapostavljena

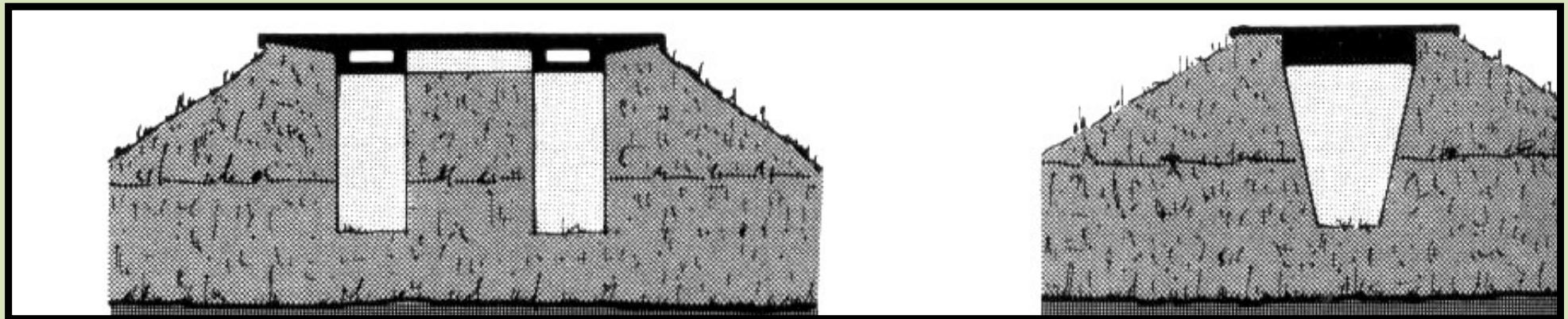
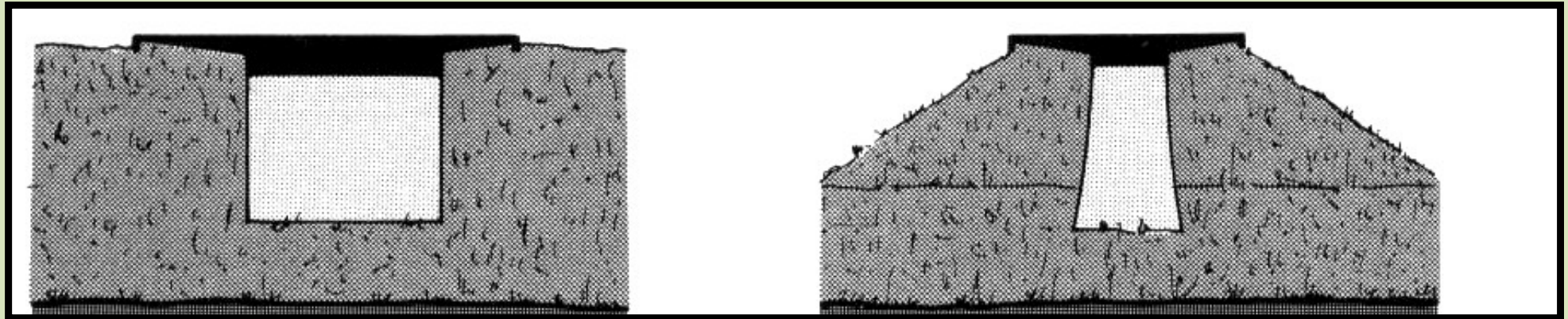
kutovi - oštrobridni
- zaobljeni



POPREČNI PRESJEK KOSNIKA

- pogodni su punostijeni ili šuplji poprečni presjeci
- širok pravokutan poprečni presjek preko cijele širine kosnika
- kod betonskih razupora podjela na više tankih kosnika često nije opravdana

Razupore





V - STUPOVI



učinkovitije korištenje temelja

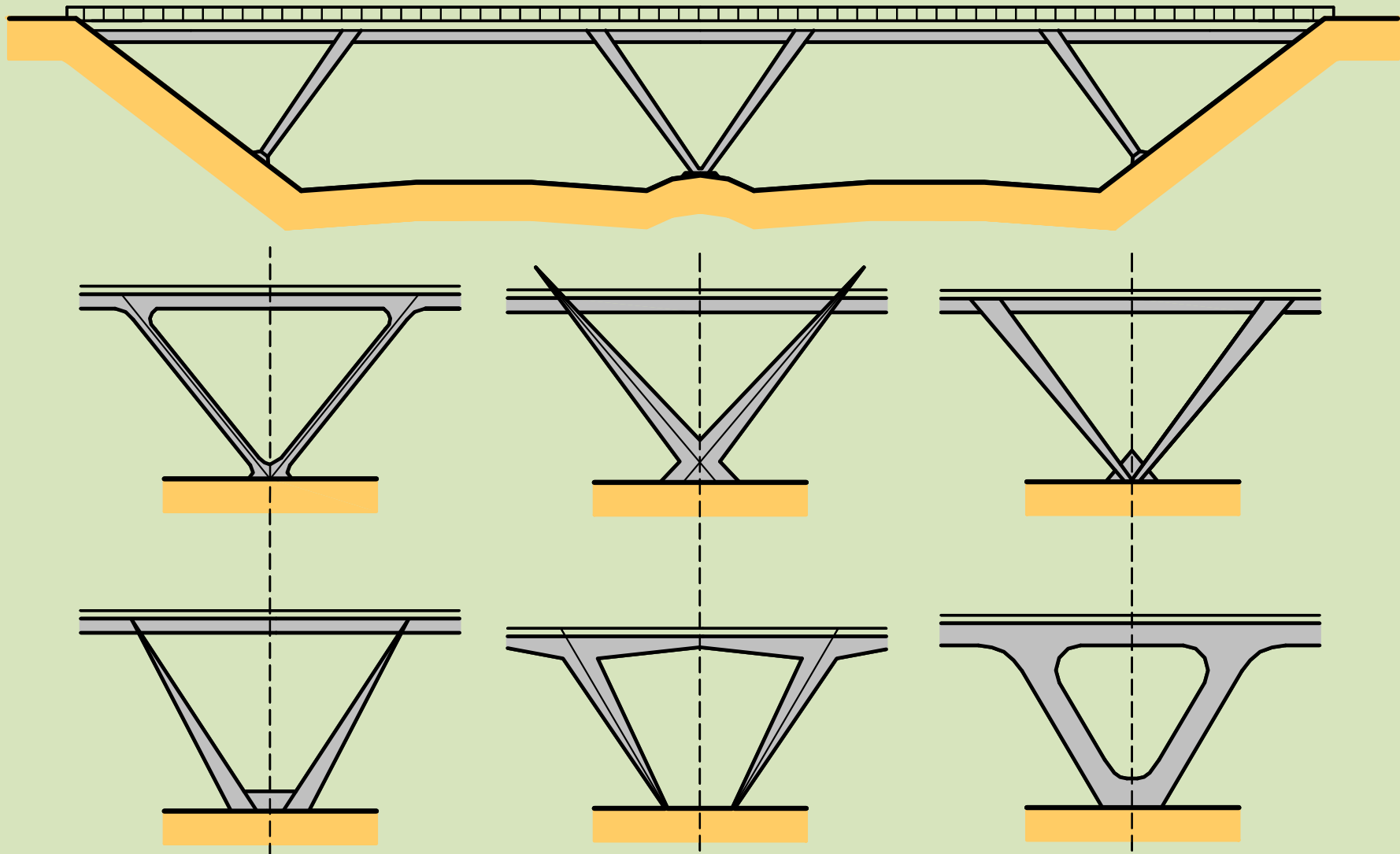
V stup omogućava dva ležaja rasponskog sklopa istodobno smanjujući broj temelja i tvoreći manje zgusnut profil

može premostiti veće rasponne bez pojave uzdužne sile u sredini raspona glavnog nosača



NIZANJE RAZUPORNIH SUSTAVA I PRIMJERI KOSNIKA POVEZANIH U V OBLIK

Razupore





IZGRADNJA

prikaz nekih primjera izvedbe razupornih sustava

Razupore

zahtjevniji u odnosu na slične postupke izvedbe okvirnih mostova s vertikalnim stupovima



potrebna neka vrsta privremenog podupiranja kosnika dok se ne uspostavi okvirno djelovanje

često su zahtjevi na gradilište ovih mostova slični onima kod lučnih mostova



prikladni su za doline i uglavnom zahtijevaju temelje koji osim vertikalnih moraju preuzeti i velike horizontalne sile

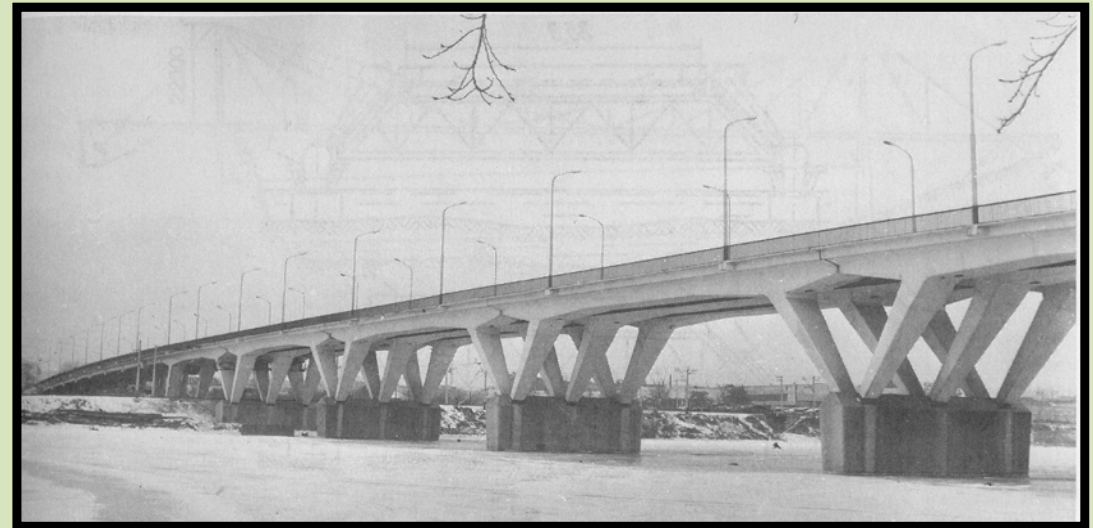
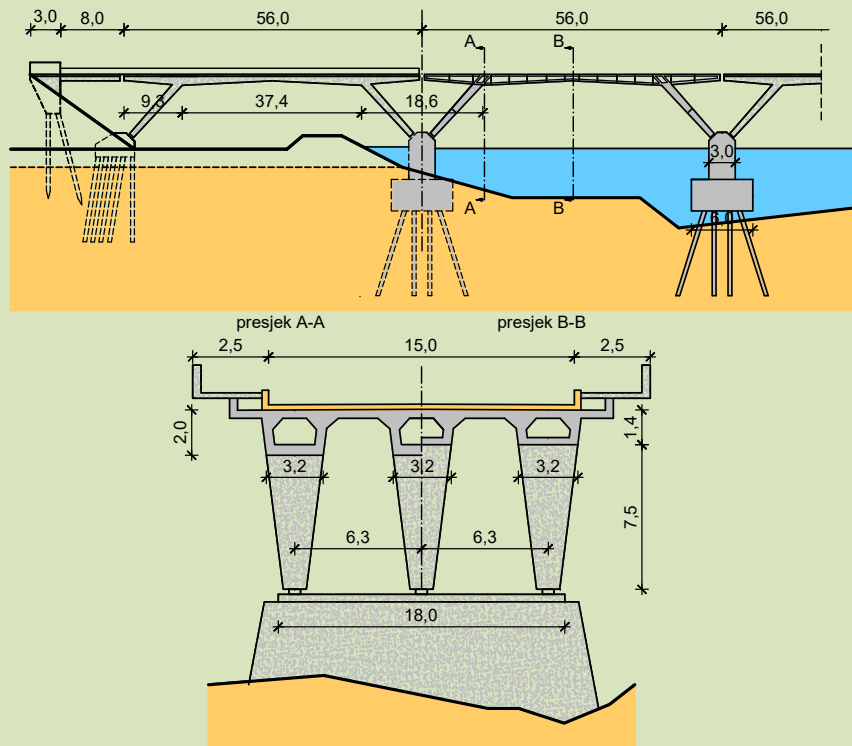




IZGRADNJA – primjer nizanja razupornih sustava

most za autocestu sastavljen je od predgotovljenih prednapetih betonskih okvira dvozglobnog sustava

Razupore



stupovi su betonirani na licu mjesta

60% okvira - od predgotovljenih odsječaka

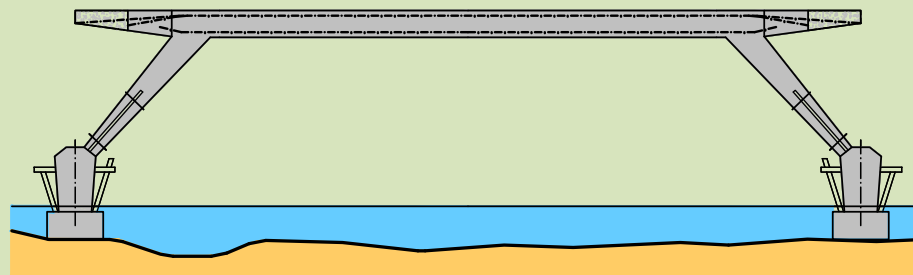
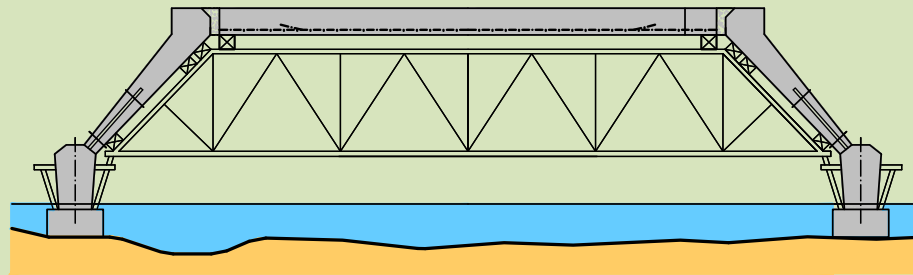
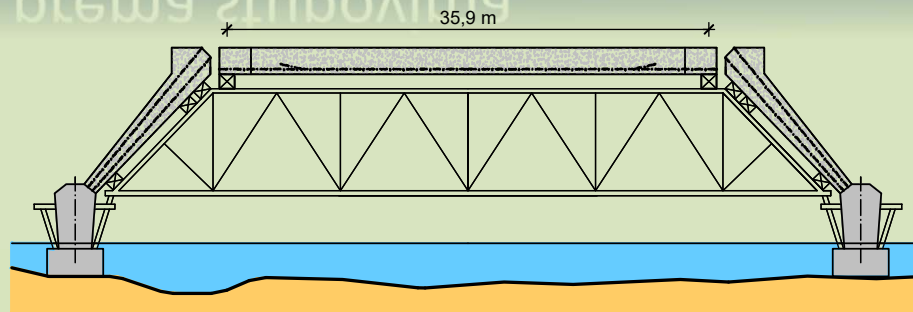




IZGRADNJA – primjer nizanja razupornih sustava

rasponska konstrukcija svakog okvira izvedena je od 12 segmenata u strogom redoslijedu, počevši od sredine raspona prema stupovima

Razupore



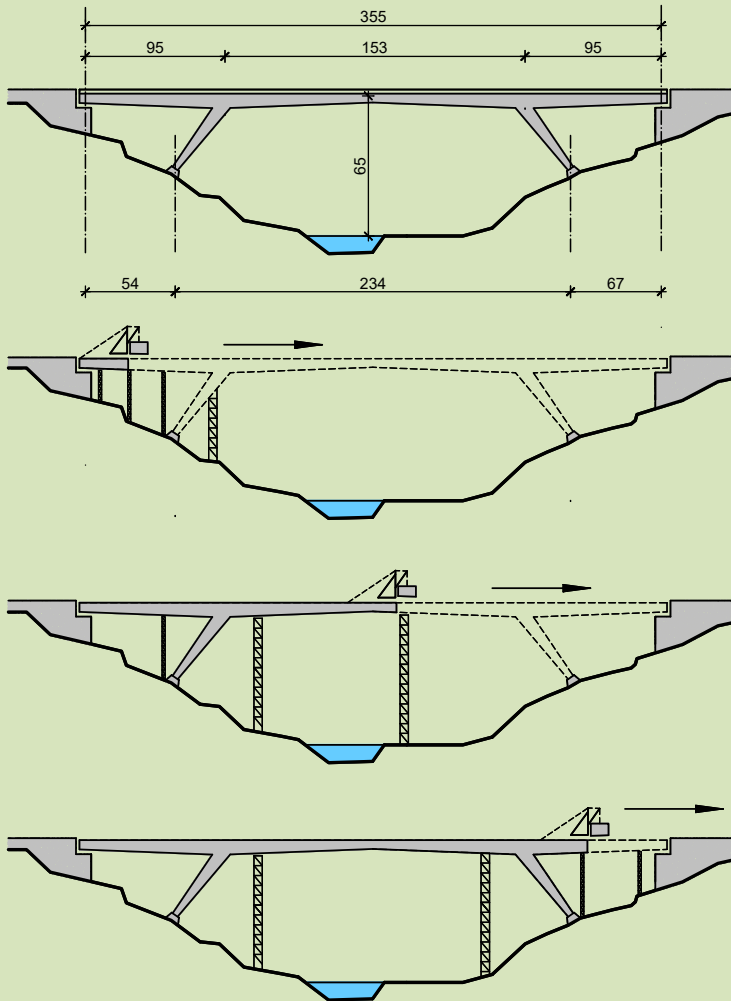
segmenti se postavljaju, lijepe i prednapinju

kosnici se sa segmentima prečke povezuju betoniranjem na mjestu



IZGRADNJA – most Alzette u Luxemburgu

Razupore



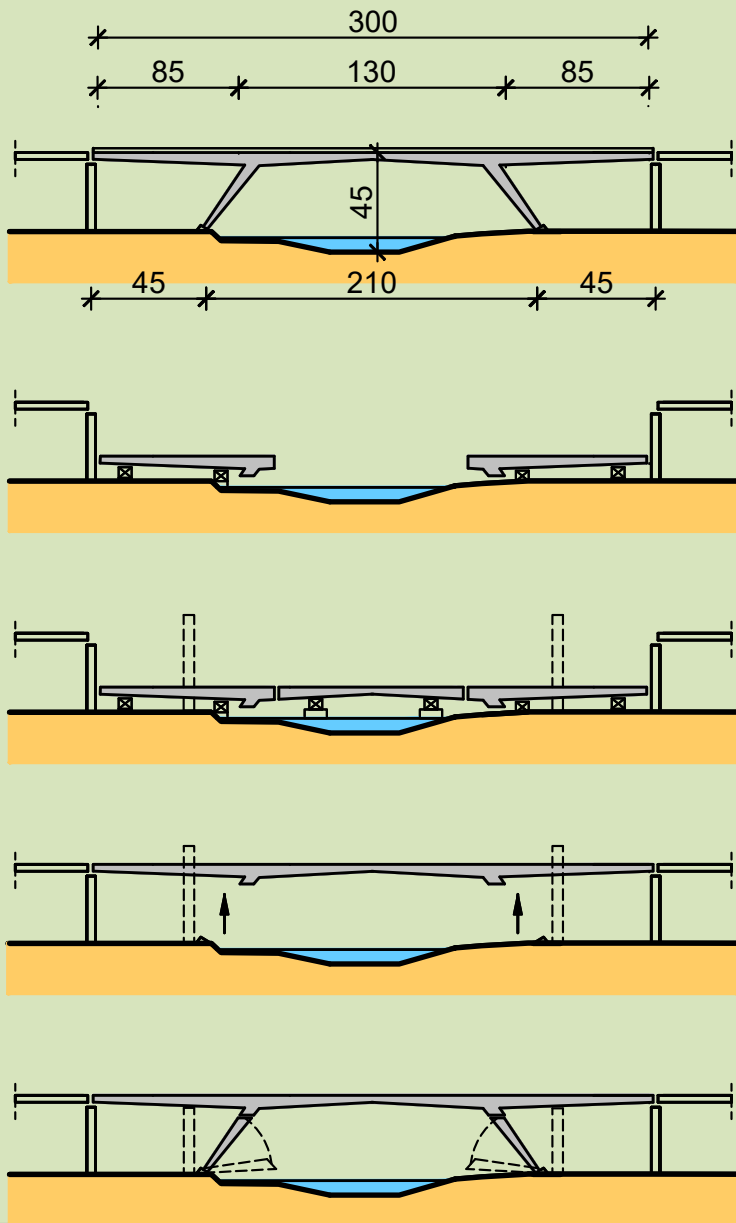
kombinacija slobodne konzolne izvedbe i montaže na privremenim osloncima





IZGRADNJA – vijadukt Martigues u Francuskoj

Razupore



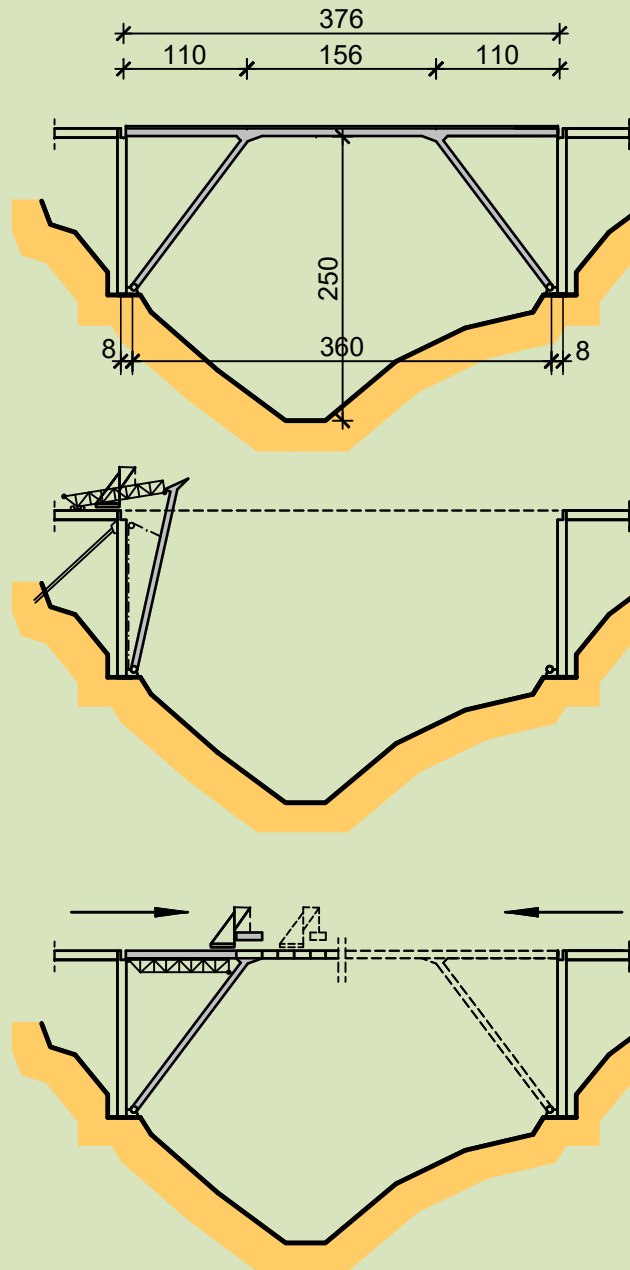
montaža izdizanjem predgotovljene grede
pomoću dva portal lifta

postavljanje kosnika zaokretanjem s tla



IZGRADNJA – most Sfalassa u Italiji

Razupore

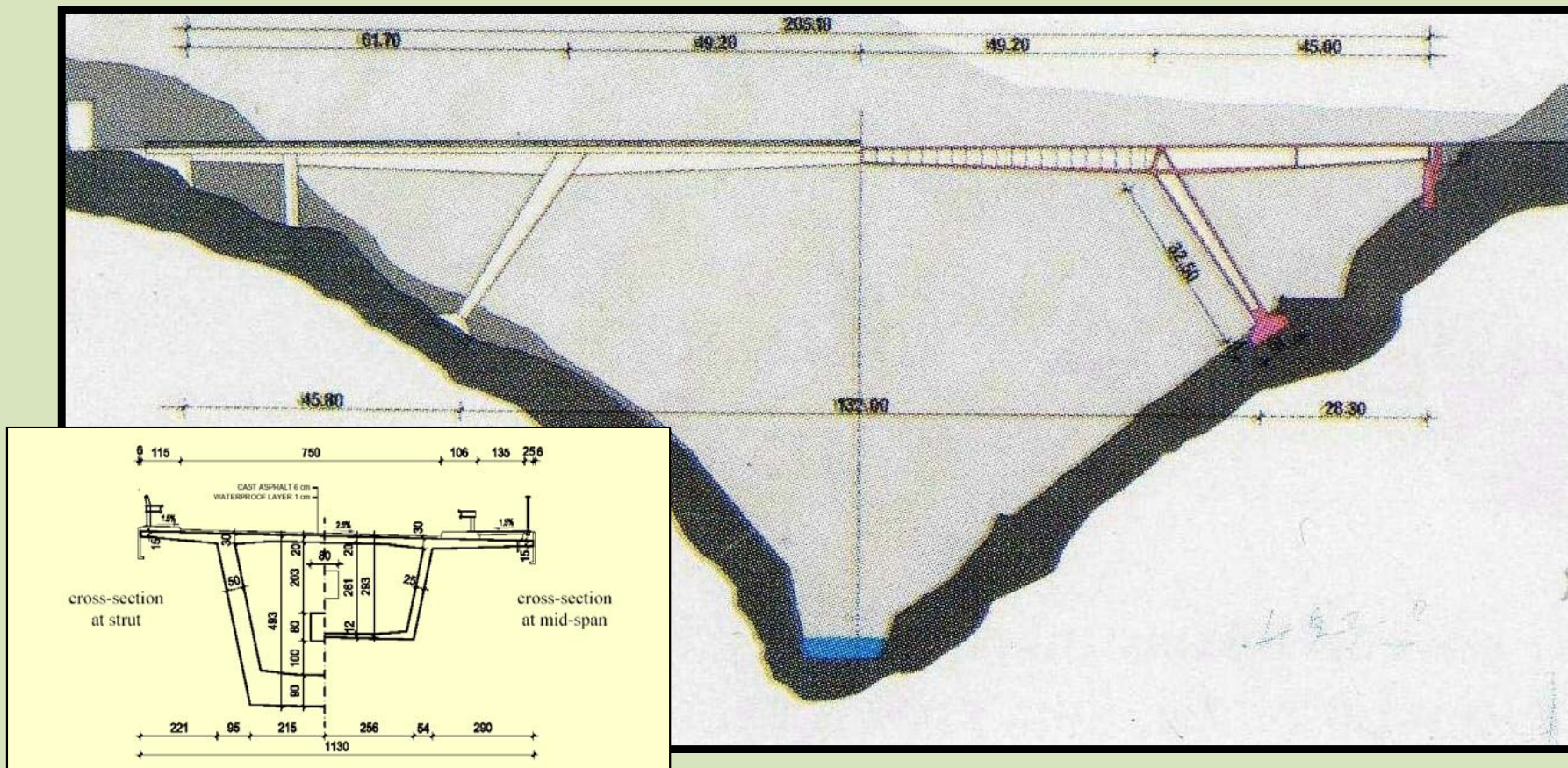


postavljanje kosnika uz pomoć posebnih uređaja za montažu

montaža grede u bočnom rasponu na pomoćnoj montažnoj skeli

u glavnom rasponu slobodna konzolna izvedba grede derick-kranom

IZGRADNJA – most Rječina, 1984.



dvozglobna razupora s prepustima, raspon 131,6 m

srednji raspon: 98,4 m ; bočni rasponi: 45,0 m

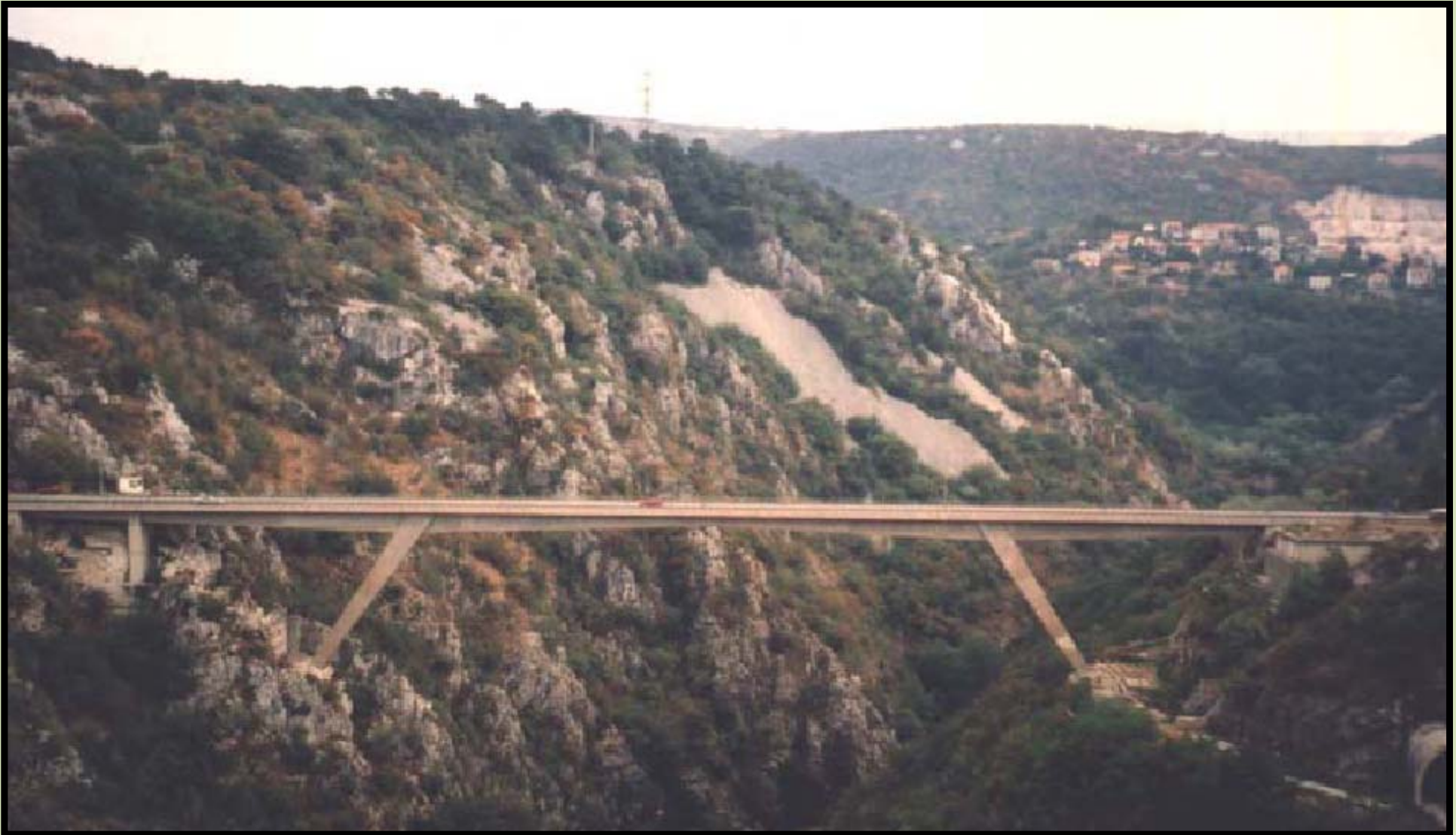
prednapeti sandučasti poprečni presjek

linearno promjenjive izmjere sanduka



IZGRADNJA – most Rječina, 1984.

Razupore





IZGRADNJA – most Rječina, 1984.

Razupore



kanjon dubine 95 m

stupovi i bočni rasponi betonirani su na skeli

sidrenjem u stijenu bili su osigurani za vrijeme gradnje





IZGRADNJA – most Rječina, 1984.



srednji raspon montiran je od predgotovljenih elemenata dužine 2,45 m, s pomoću pokretne čelične skele Aspem

elementi su čeono lijepljeni epoksi – smolom, a potom međusobno pritezani čeličnim šipkama tipa Dywidag





IZGRADNJA – most Rječina, 1984.



montažom se napredovalo simetrično s jedne i druge strane mosta, do spajanja u sredini raspona

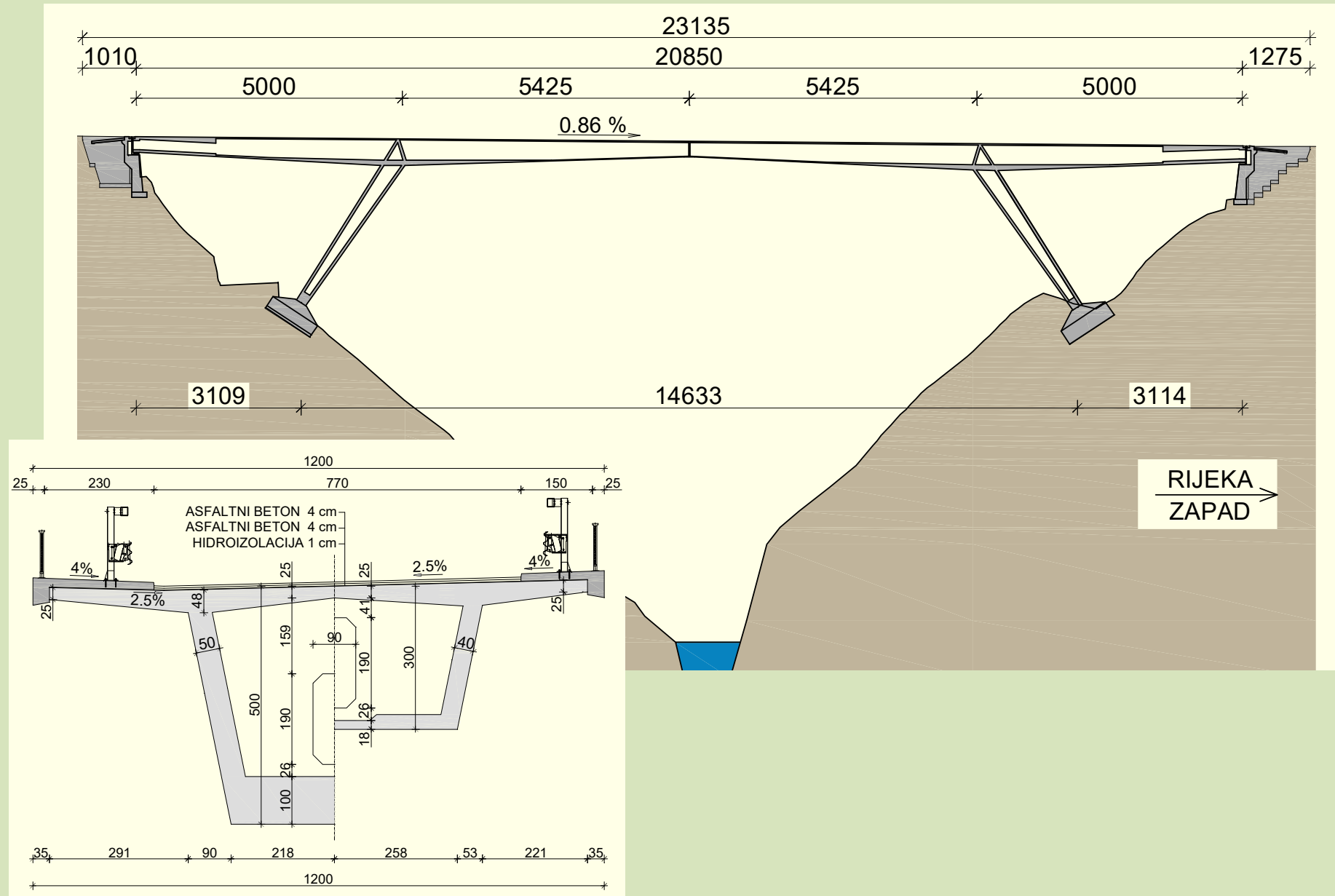
spoj je ostvaren betoniranjem na samom mjestu



NOVI MOST PREKO KANJONA RJEČINE, Hrvatska, 2009.

- novi most rađen naknadno za puni profil obilaznice

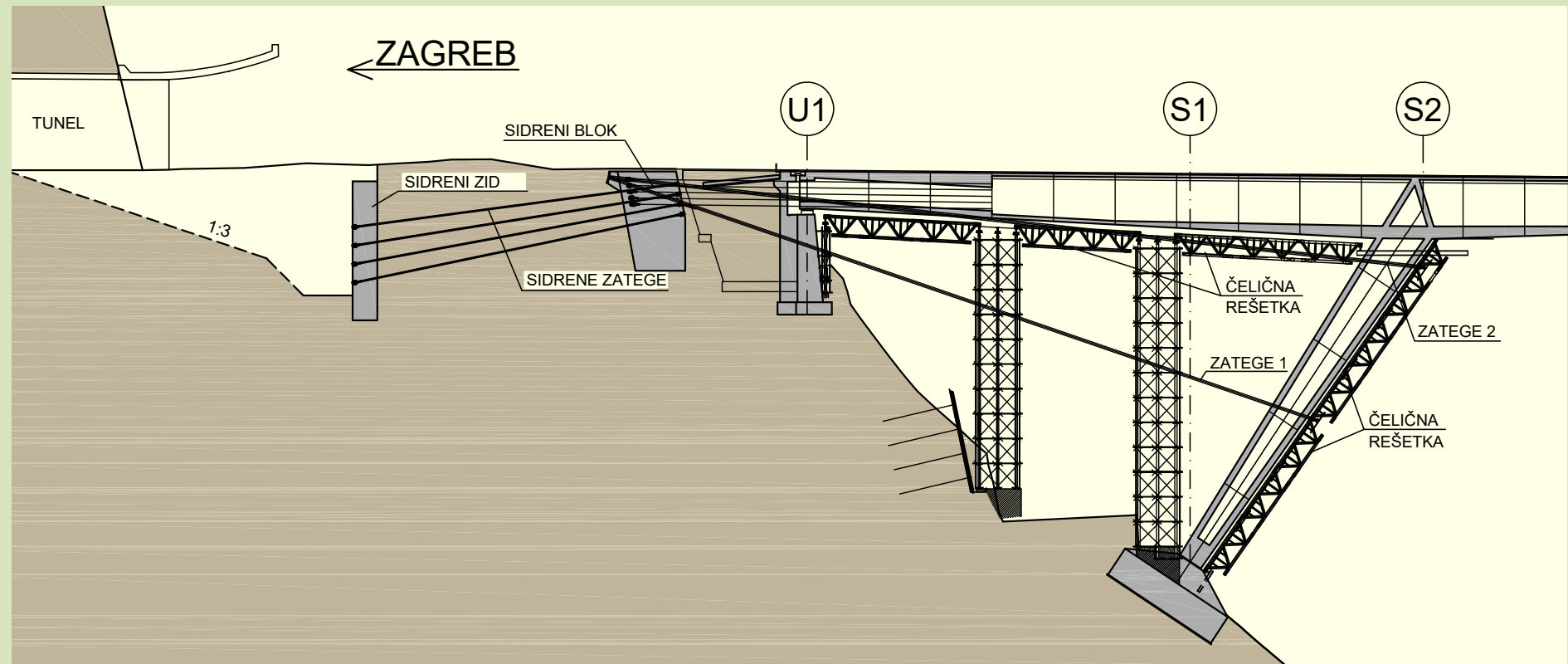
Razupore





IZGRADNJA – most Rječina (2009)

Razupore



novi most Rječina rađen je monolitno slobodnom konzolnom gradnjom

bočni rasponi su izvedeni na skeli

