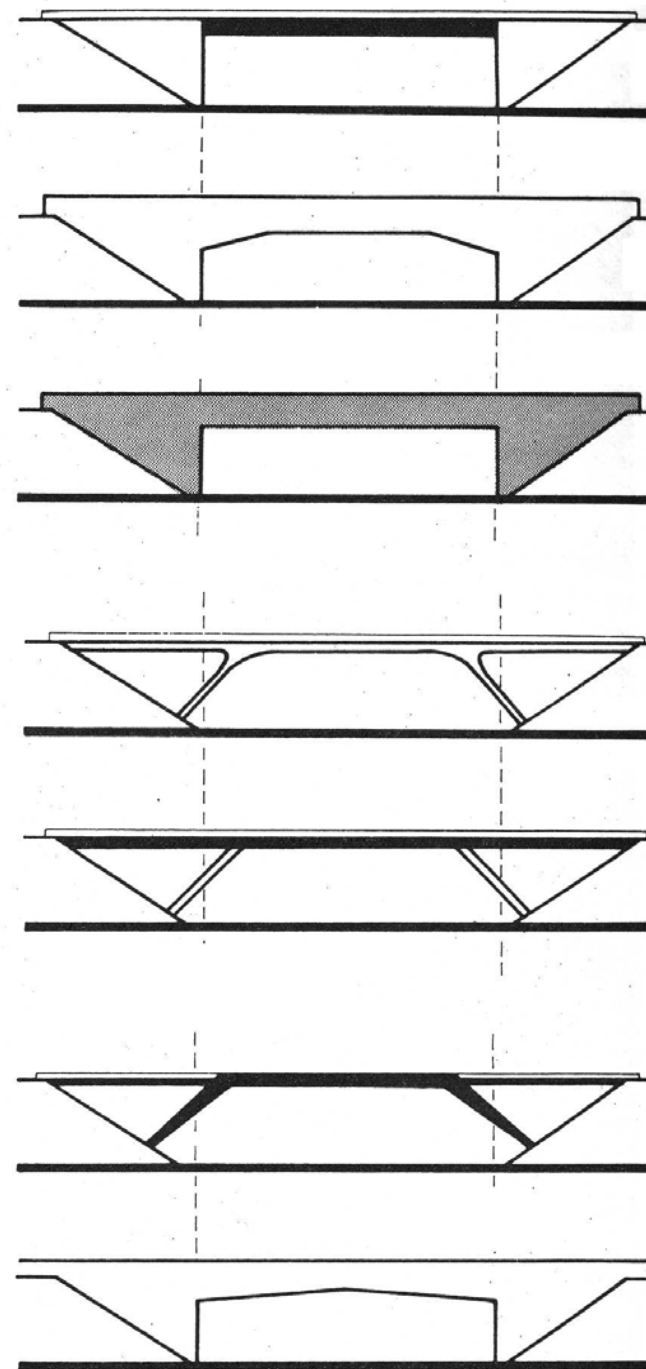


OKVIRI i RAZUPORE



OKVIRNO DJELOVANJE i STATIČKI SUSTAVI

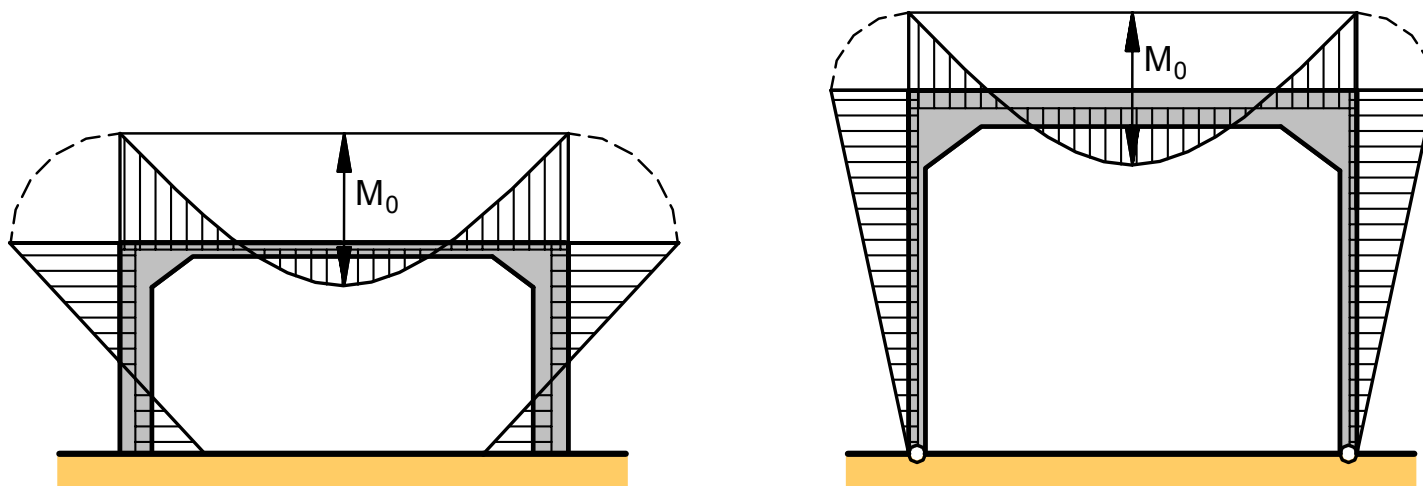
velike uzdužne sile

kruta veza rasponskog sklopa s konstrukcijom stupova ili upornjaka

raspodjela momenta na polje i ležajeve ovisno o krutostima štapova

veća krutost stupova rezultira manjim momentom u polju

postizanje malih visina rasponske konstrukcije

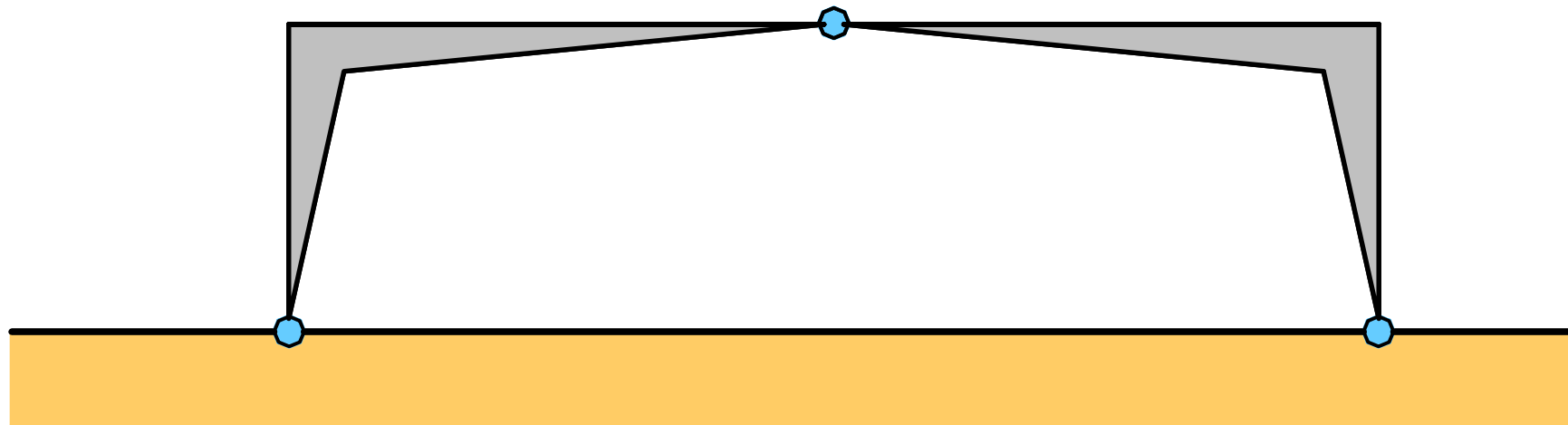


TROZGLOBNI OKVIRI

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

zglobovi: betonski ili betonski elastični

nedostatak - zglob u prečki - prekida kontinuitet kolnika

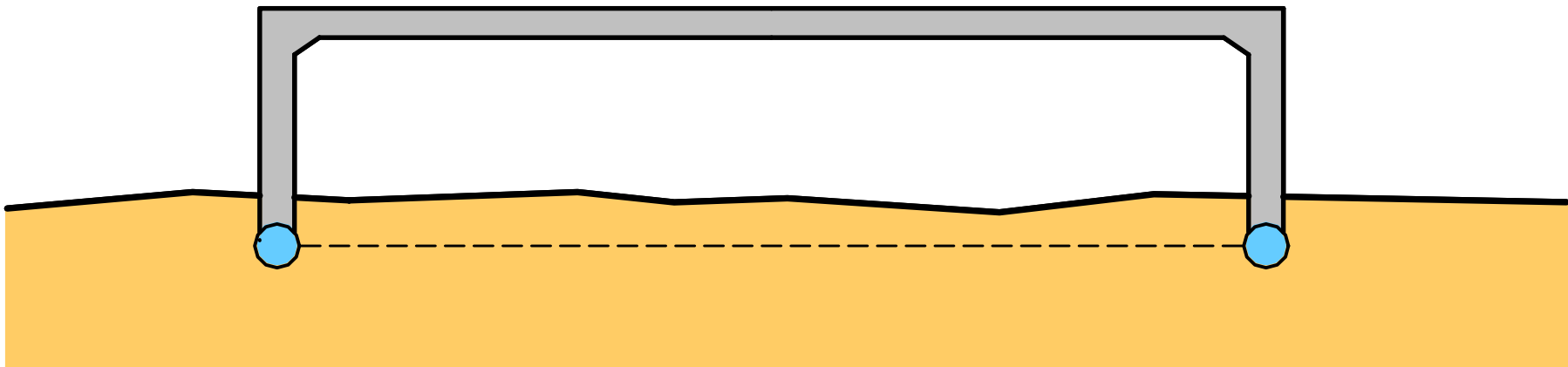


DVOZGLOBNI OKVIRI

statički jedanput neodređeni sustavi

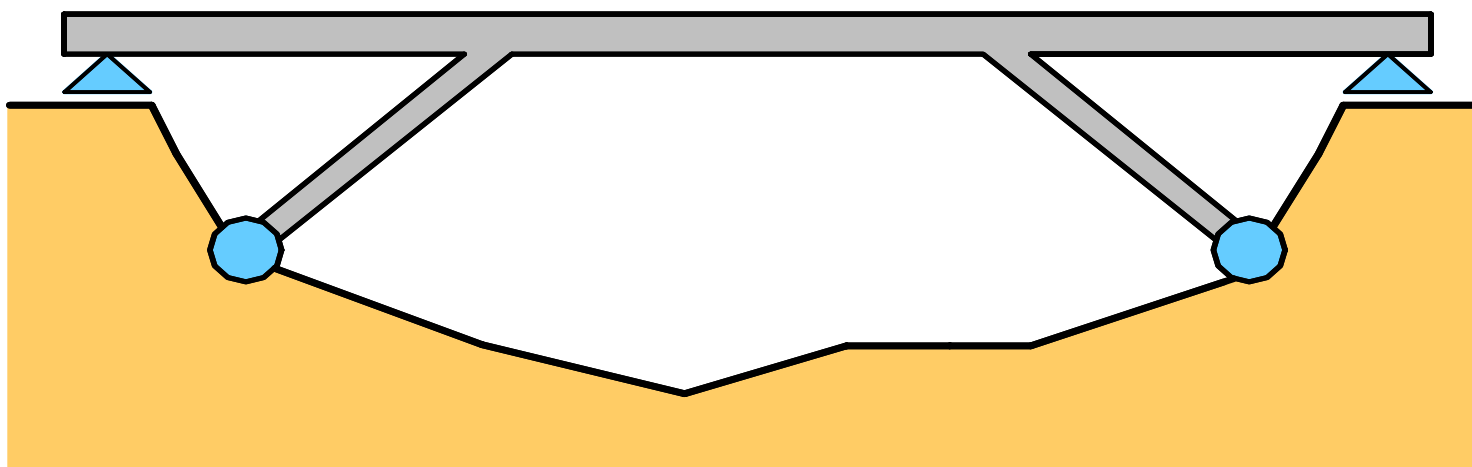
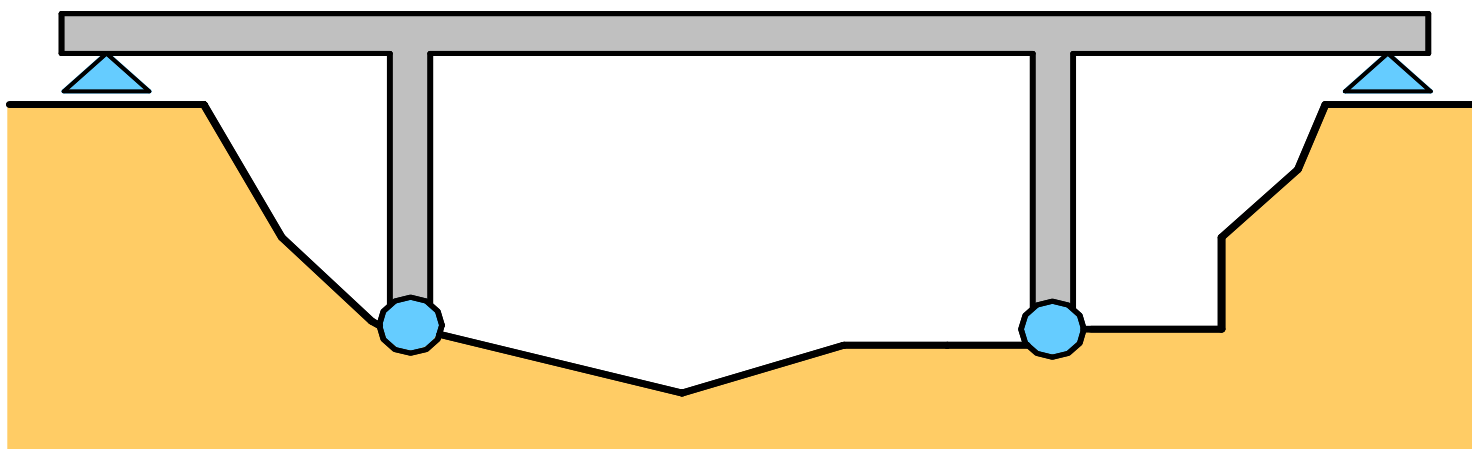
nisu osjetljivi na različita slijegavanja temelja, nego samo na razmicanje oslonaca

prednost u odnosu na trozglobne okvire je neprekinutost kolnika



DVOZGLOBNI OKVIRI S KRATKIM KRAJNJIM POLJIMA

zglobovi – jako armirani suženi presjci (elastični zglobovi)

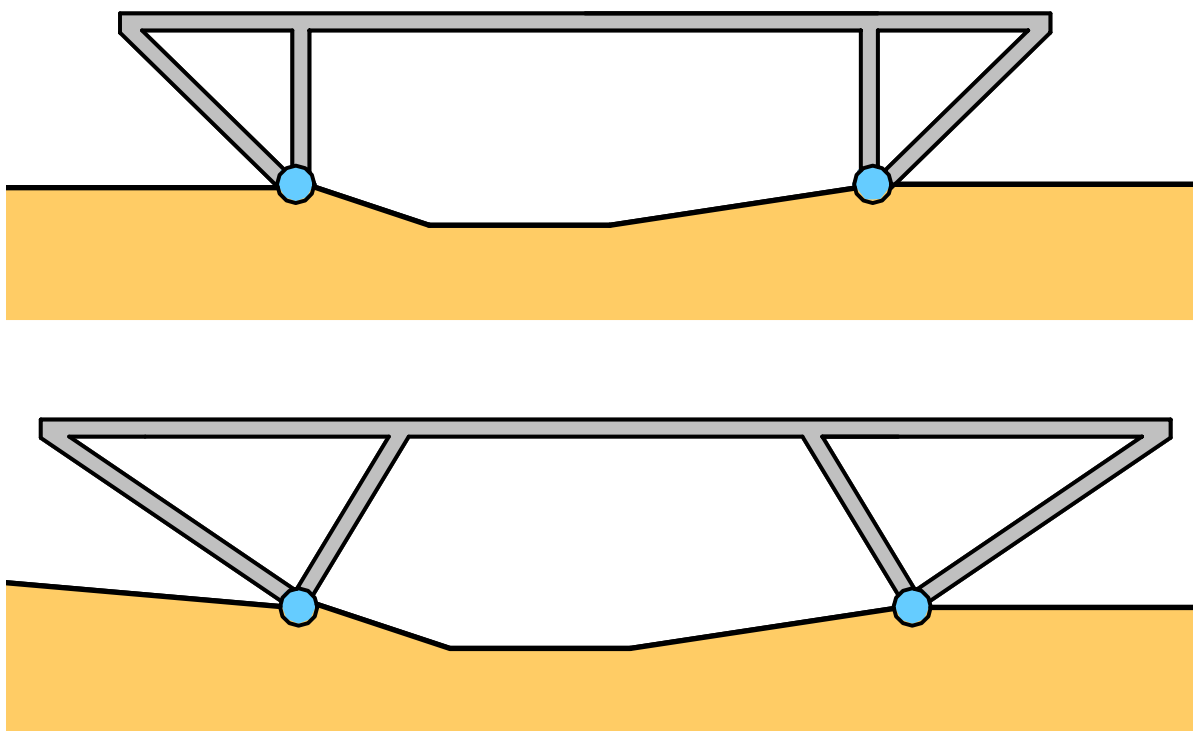


DVOZGLOBNI OKVIRI SA STUPOVIMA U OBLIKU TROKUTA ŠTAPOVA

prikladni za prijelaze preko autocesta

rasponska konstrukcija prihvaćena kosim štapovima koji izlaze iz zglobova

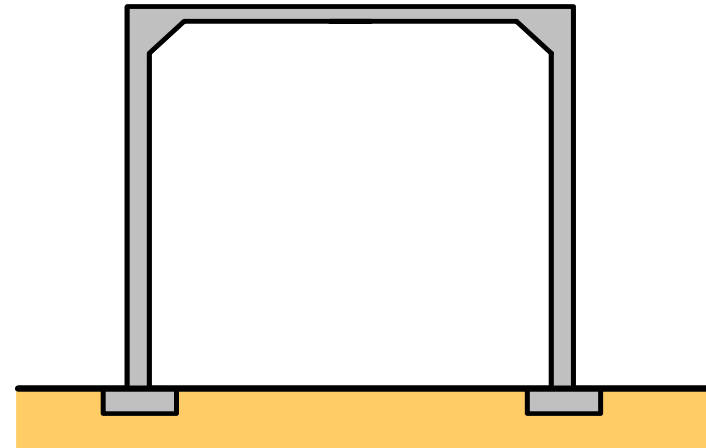
zglobovi ili betonski ili betonski elastični



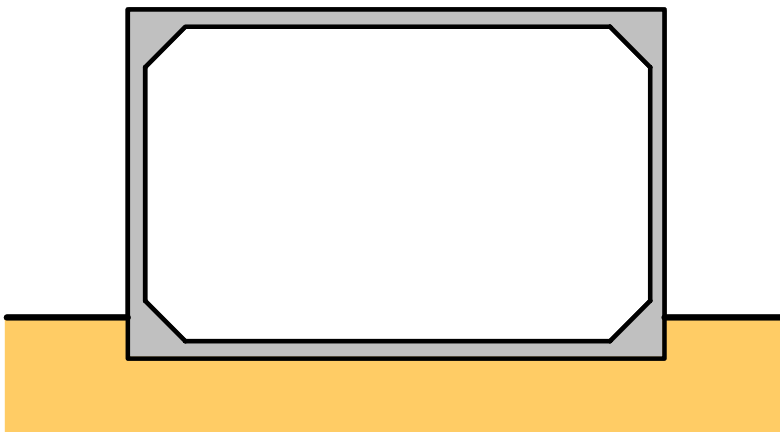
UPETI OKVIRI

**prikladni za manje
podvožnjake ili propuste**

**mogu im se pridodati i kratka
krajnja polja kao i
dvozglornim okvirima**



ZATVORENI OKVIRI



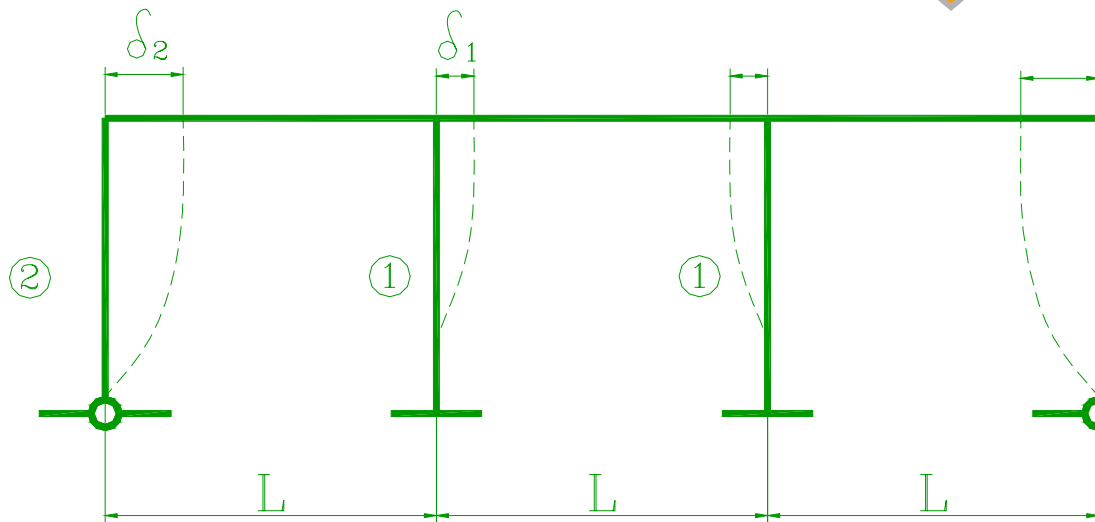
**kod podhodnika, prolaza pri
visokoj podzemnoj vodi ili na
osobito lošem tlu**

**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 kontrakcije rasponske konstrukcije i o krutosti štapova



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

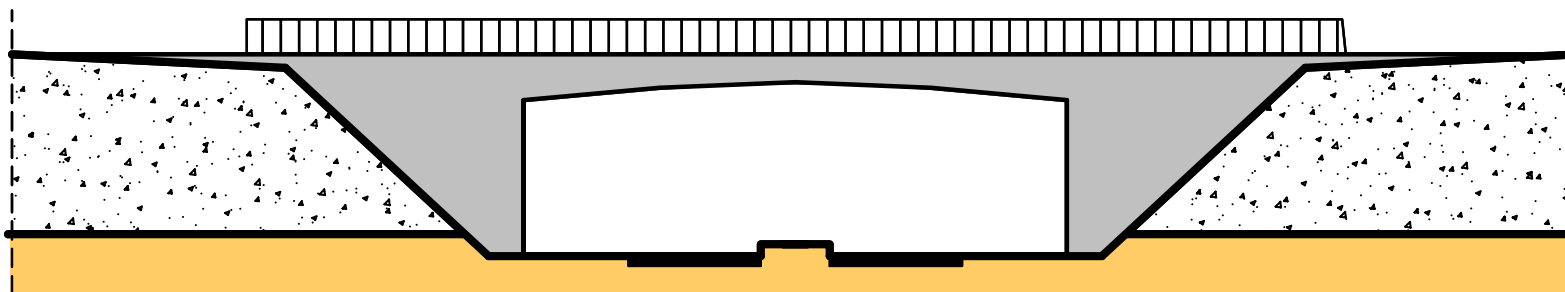
$$\delta_1 = -(\varepsilon_s + \varepsilon_p) \cdot \frac{L}{2} + \alpha \Delta t \cdot \frac{L}{2}$$

$$\delta_2 = 3\delta_1$$

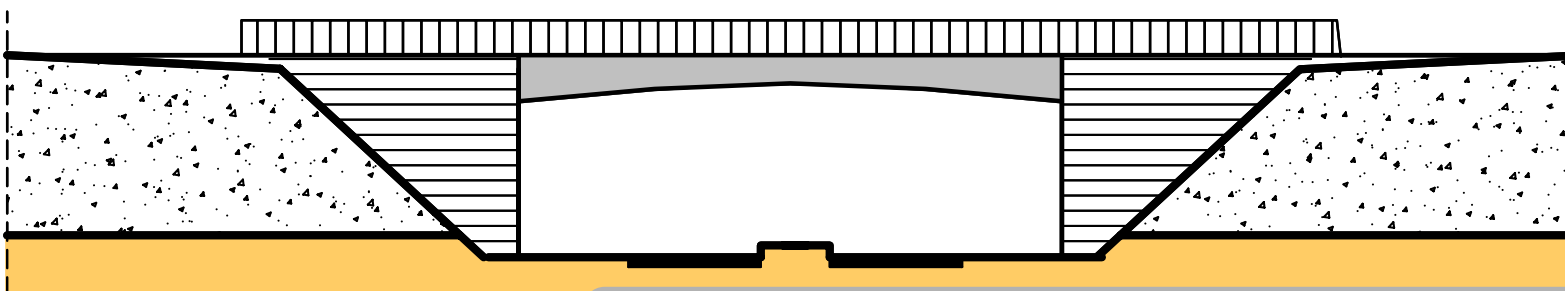
krajnji su stupovi stoga u pravilu manje krutosti i izvode se sa zglobovima

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

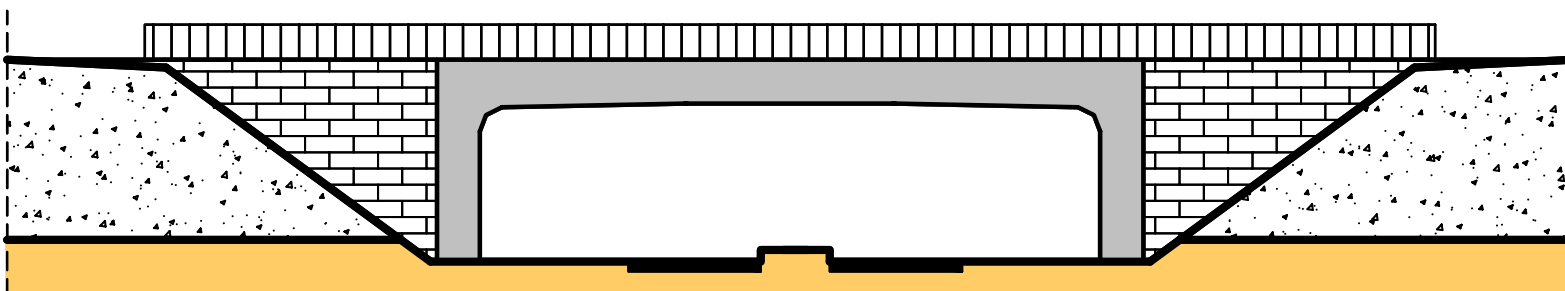
OBLIKOVANJE OKVIRA – OKVIRI S JEDNIM OTVOROM



vanjska ploha krila slijedi ravninu prečke

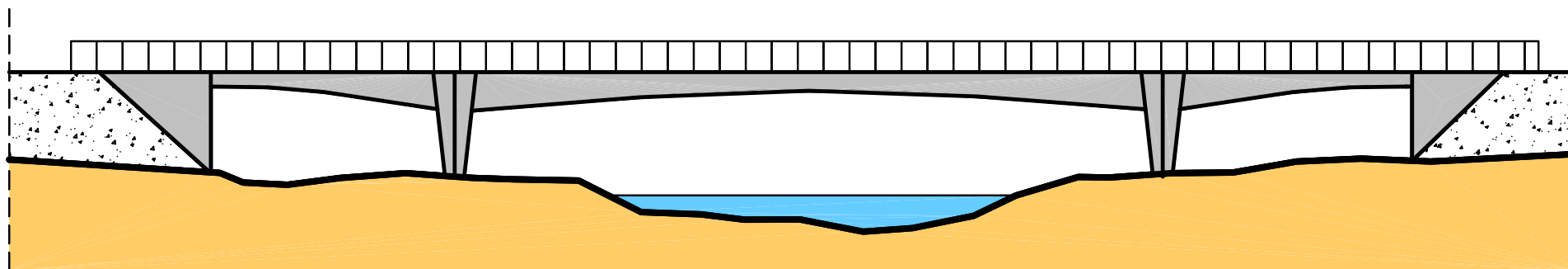


krila su istaknuta ispred ravnine prečke

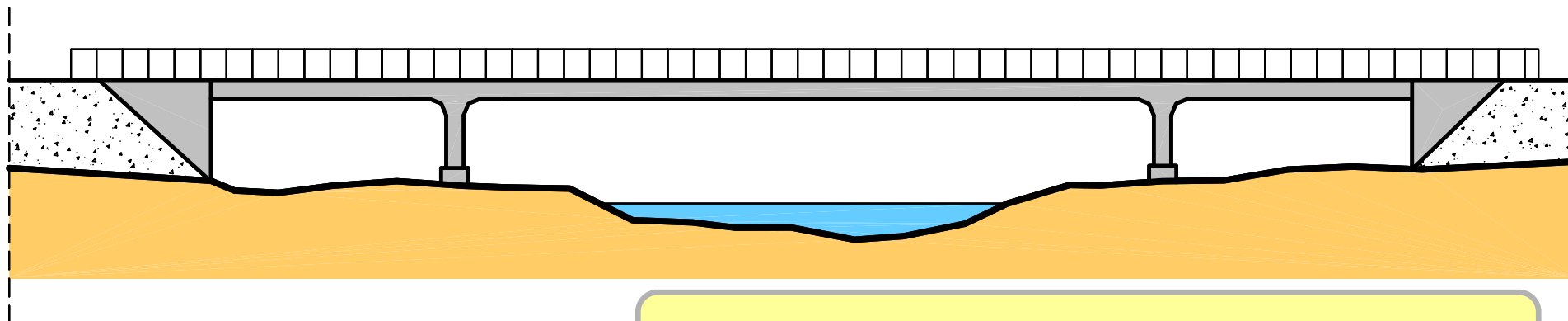


krila pomaknuta prema nasipu - okvir naglašen

OBLIKOVANJE OKVIRA – OKVIRI S KRATKIM KRAJNJIM POLJIMA

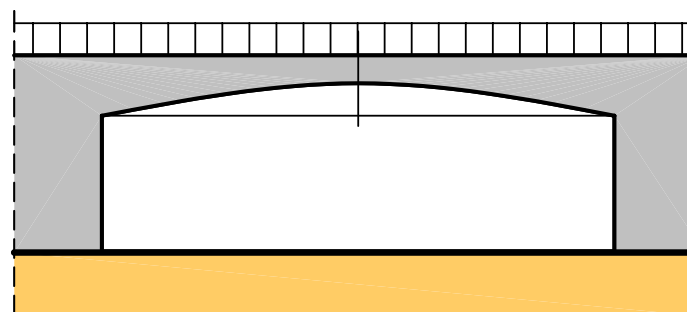
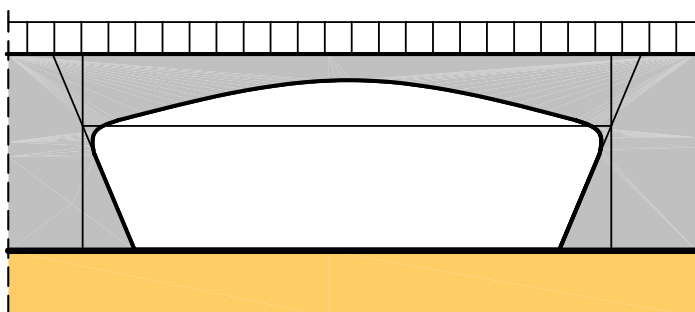
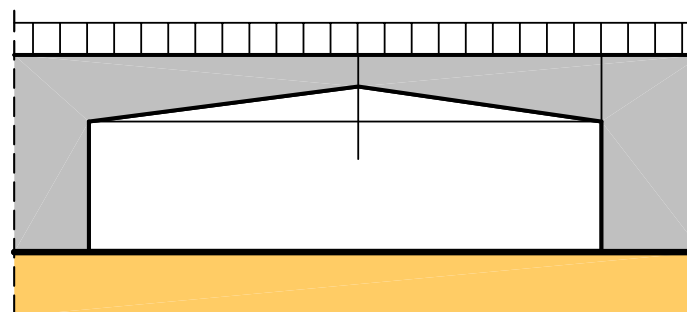
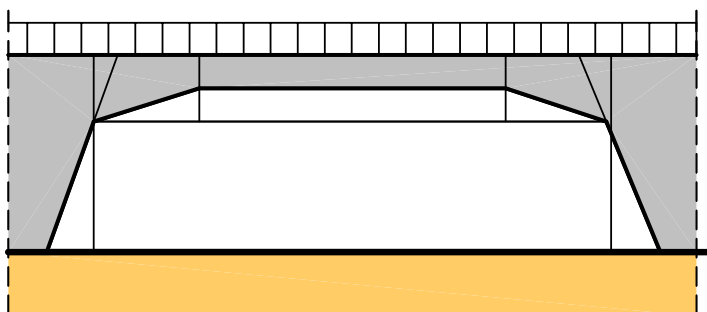


**Praćenje linije momenata savijanja
Naglašeni stupovi**



Nenaglašeni stupovi

OBLIKOVANJE OKVIRA – INTRADOS

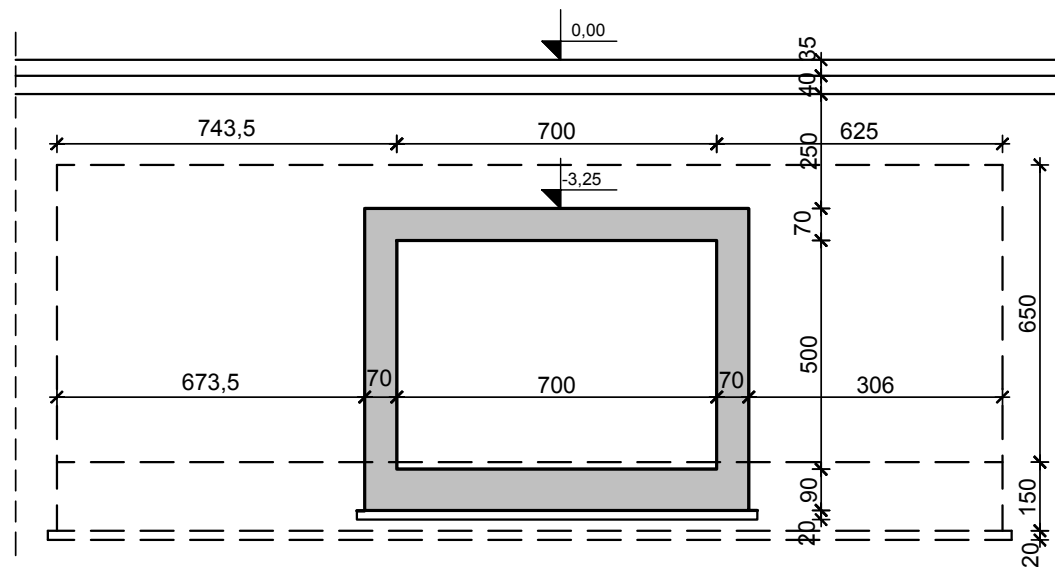
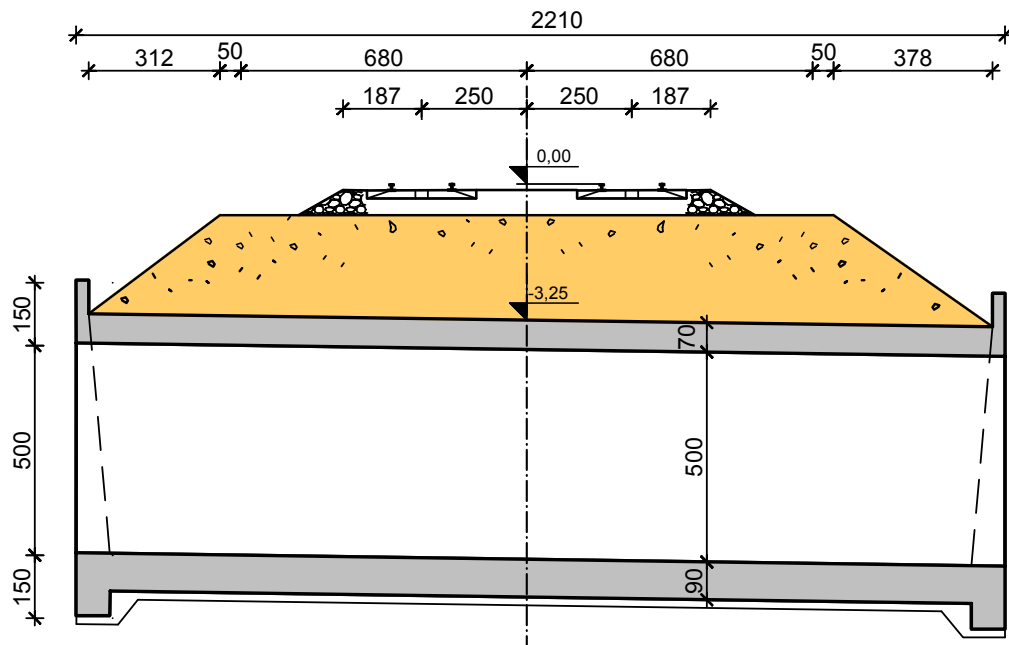


Intrados prečke - s vutama, oštrim kutovima ili zaobljen

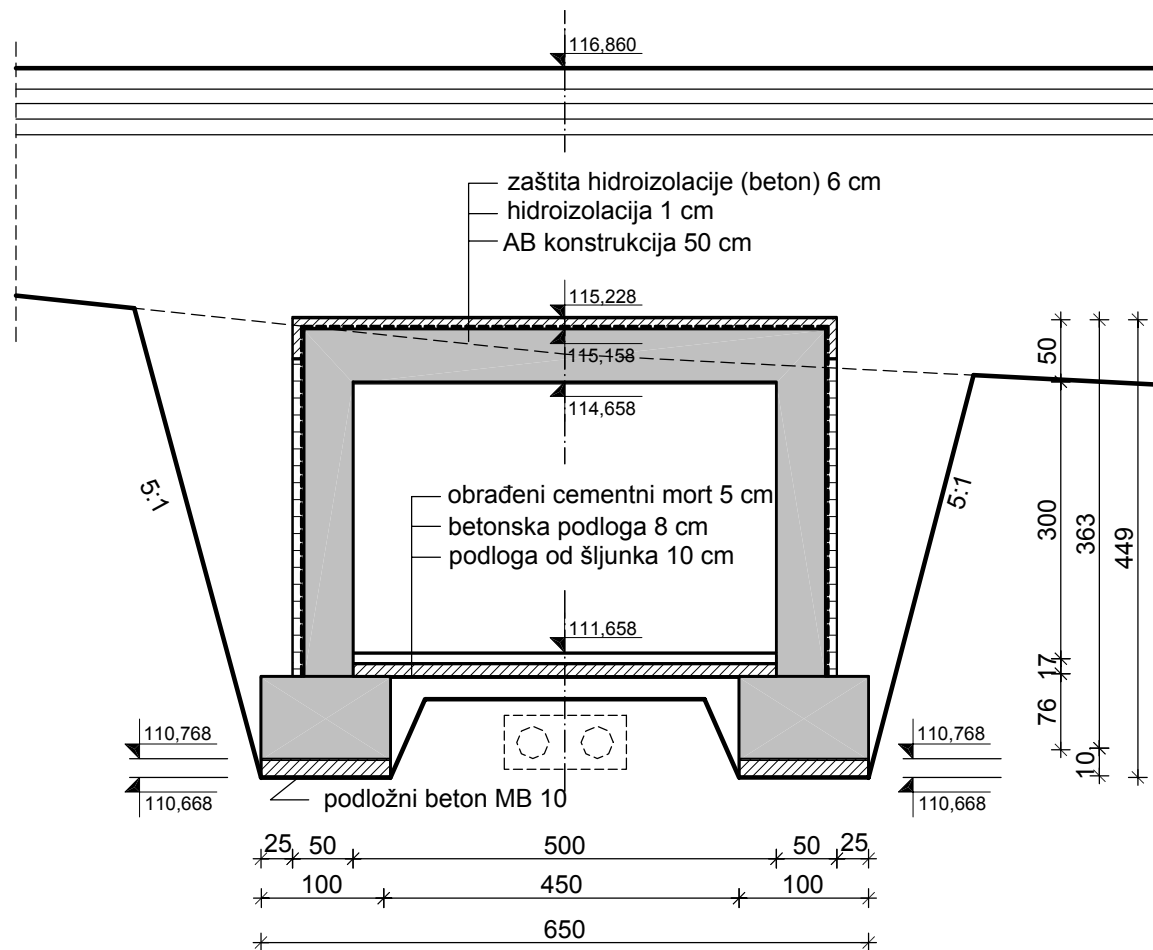
nastavak linija prečke u upornjake - kutni ili blago zaobljen

intrados vezan uz upornjake - vertikalni ili blago nagnut

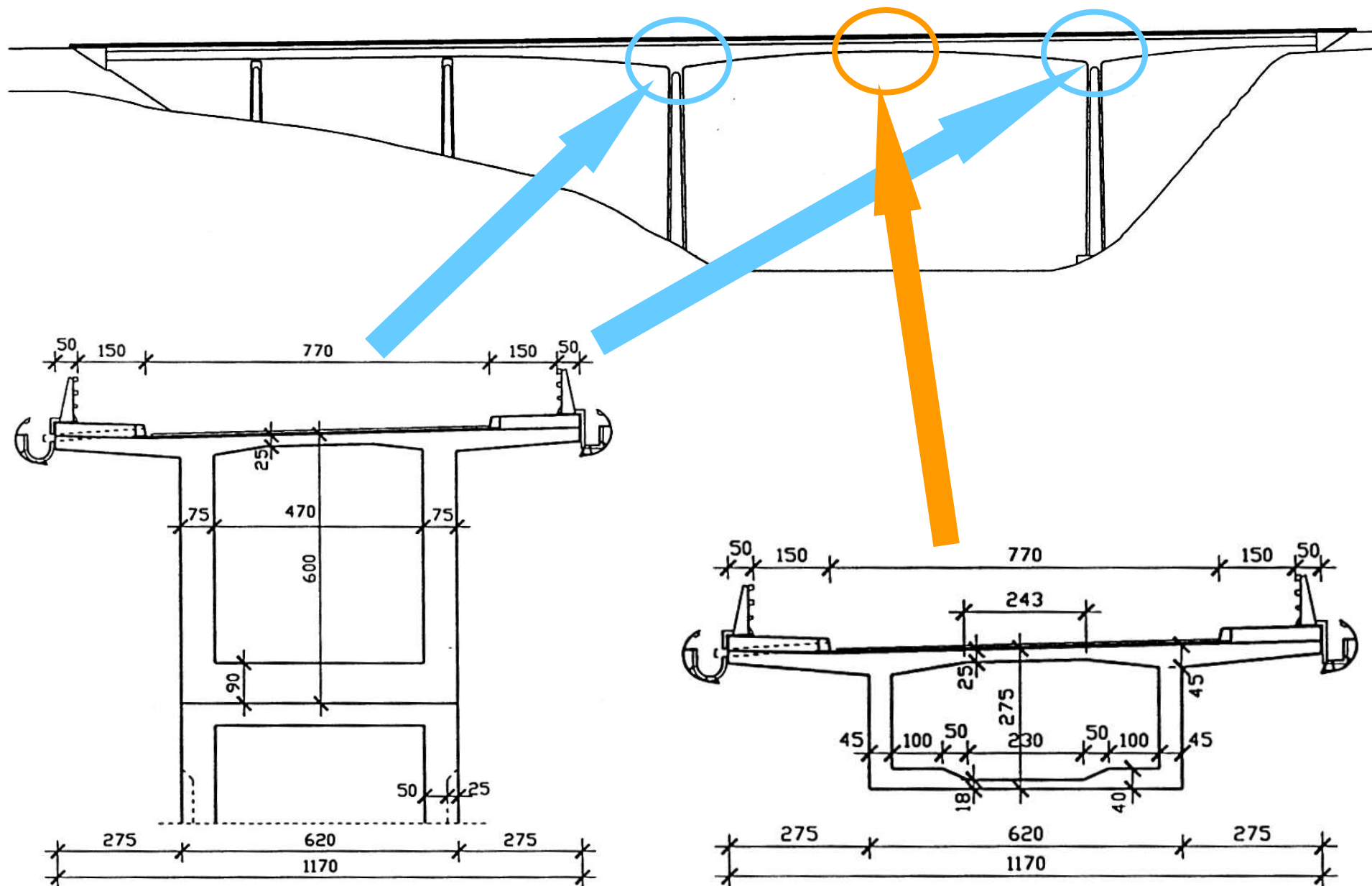
Primjeri: ZATVORENI OKVIR ZA KANAL ISPOD ŽELJEZNIČKE PRUGE



Primjeri: OKVIRNI PJEŠAČKI PROLAZ ISPOD AUTOCESTE

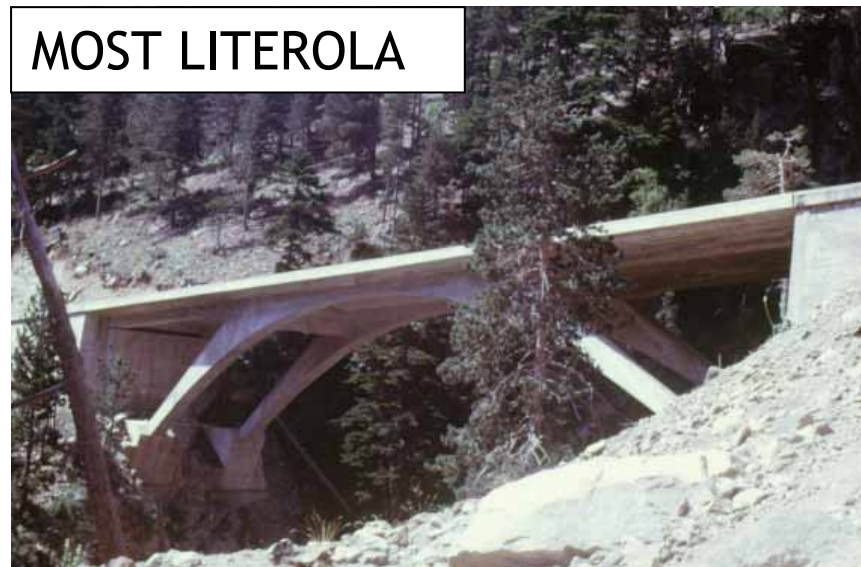
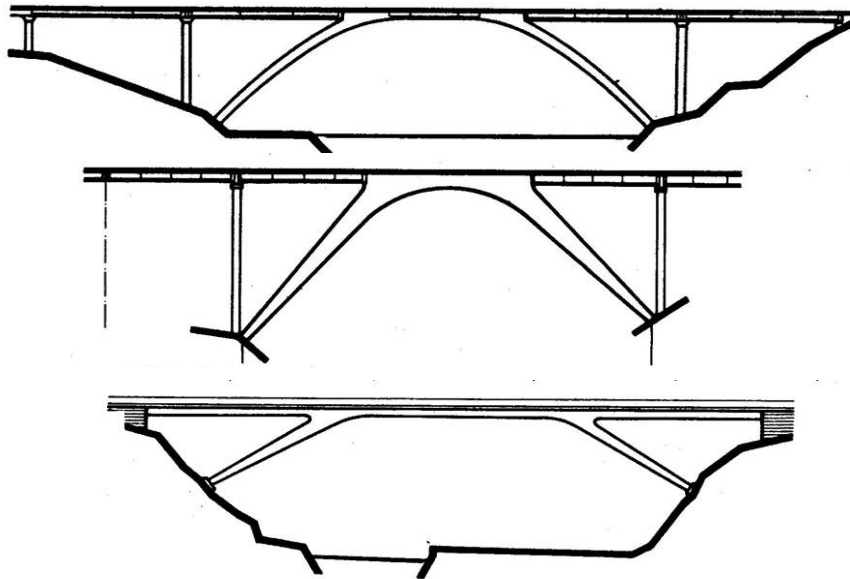


Primjeri: VARIJANTA MOSTA PREKO KORANE GREDNI PREDNAPETI MOST SREDNJEG RASPONA 110 m



RAZUPORE - UVOD

- okvirne konstrukcije s kosim stupovima ili stupovima V oblika
- razvijene od starijih drvenih konstrukcija (rabile su se za krovove)
- pojava razupornih mostova: Švicarska
 - pogodne za prijelaze preko rijeka i dolina
 - pogodne za nadvožnjake
- razuporni sustav - prijelaz između grednih i lučnih sustava



RAZUPORNI MOSTOVI - UVOD

RAZUPORE - OBLIKOVANJE

SMJERNICE ZA PROJEKTIRANJE RAZUPORA

- uklapanje u okoliš - najbolje izgledaju tamo gdje okolni teren ima oblik tlačne linije luka
- estetske kvalitete prvenstveno ovise o proporcijama razupornog okvira
 - proporcije - 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 → najveći troškovi te će nedostatak logike uznemiriti promatrača
 - 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)

RAZUPORNI MOSTOVI

RAZUPORE - OBLIKOVANJE

SMJERNICE ZA PROJEKTIRANJE RAZUPORA

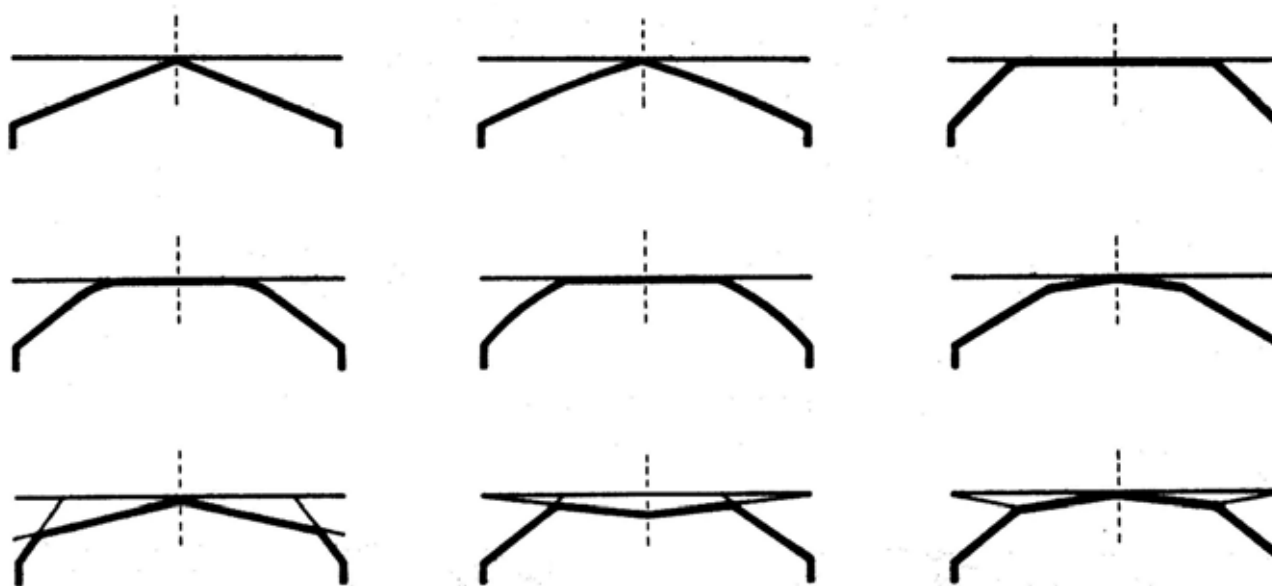
- različito oblikovanje detalja - možda nebitno za samu konstrukciju, no vrlo značajno za izgled mosta
 - klasično poimanje estetski najprihvatljivijeg oblikovanja razupore:
 - kosnici tanji pri peti, širi na spoju s gredom
 - kosnici bi trebali imati zakrivljene donje rubove - podsjeća na dvozglobni 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

RAZUPORNI MOSTOVI

RAZUPORE - OBLIKOVANJE

OBLIKOVANJE OBRISA - OBLICI INTRADOSA

- izbor oblika intradosa - jedan od najvažnijih zadataka oblikovanja (zbog dominantne uloge rasponskih nosivih sklopova na izgled mosta)

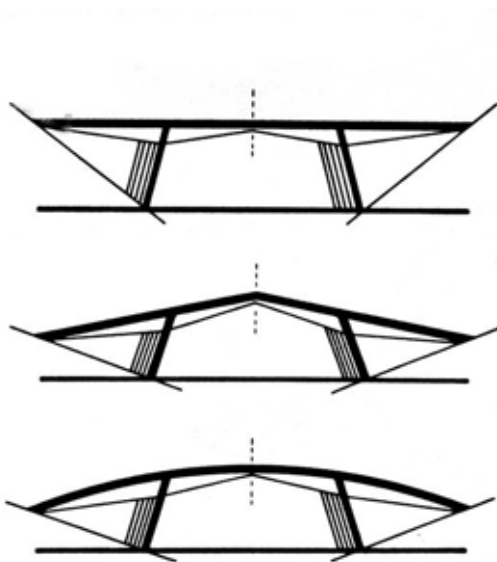


RAZUPORNI MOSTOVI

RAZUPORE - OBLIKOVANJE

OBLIKOVANJE OBRISA

- karakteristika razupora - OSJETLJIVOST NA OBLIK GORNJEG RUBA
→ različitost vizualnog dojma



horizontalne nivelete



nivelete u
kružnoj konveksnoj
krivini



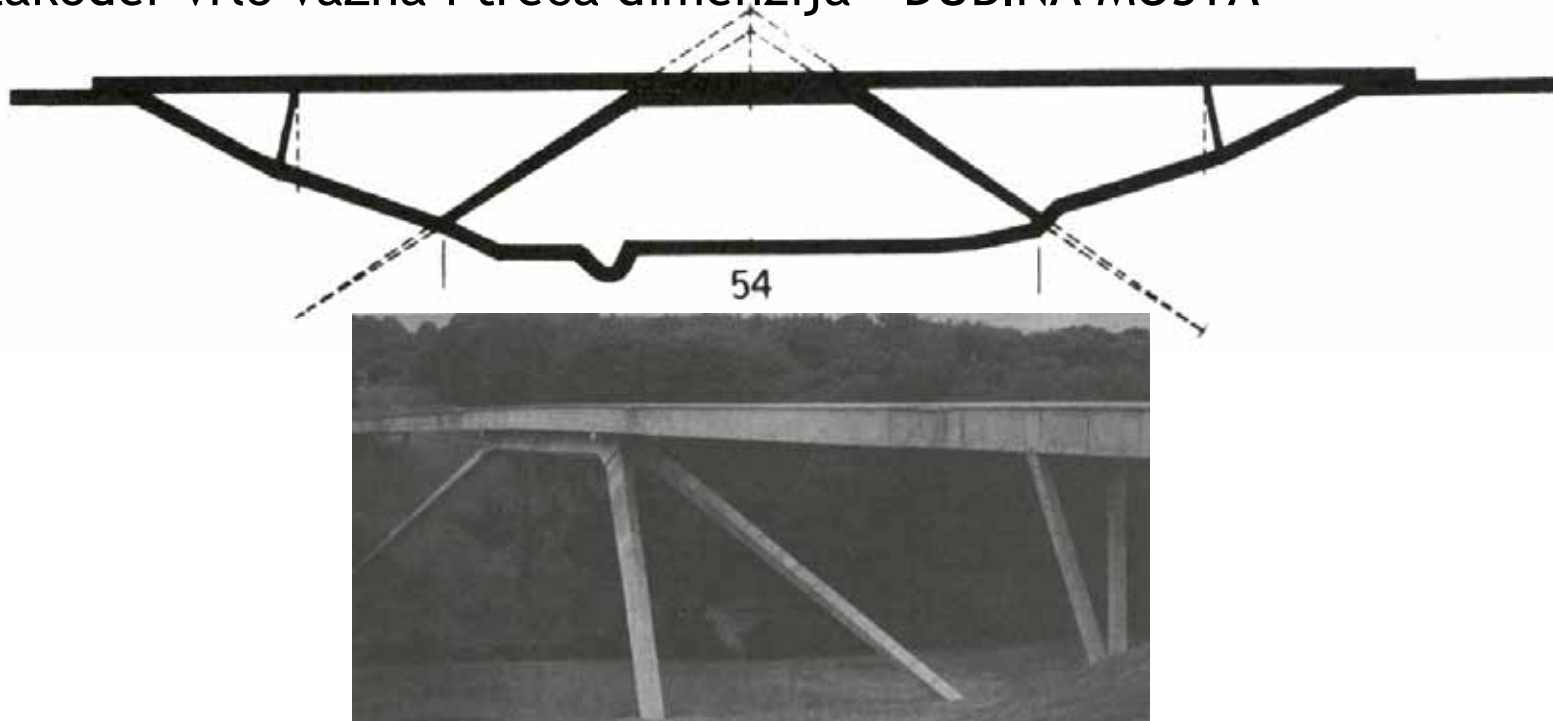
nivelete u
dvostrešnom
uzdužnom nagibu

RAZUPORNI MOSTOVI

RAZUPORE - OBLIKOVANJE

DOJAM OTVORA

- za vrijednost otvora bitni sljedeći odnosi i oblici:
 - odnos visine i duljine otvora
 - odnos visine otvora i širine mosta, dubine otvora i širine stupova
 - oblik otvora, njegove linije i uređenost obruba
- također vrlo važna i treća dimenzija - DUBINA MOSTA

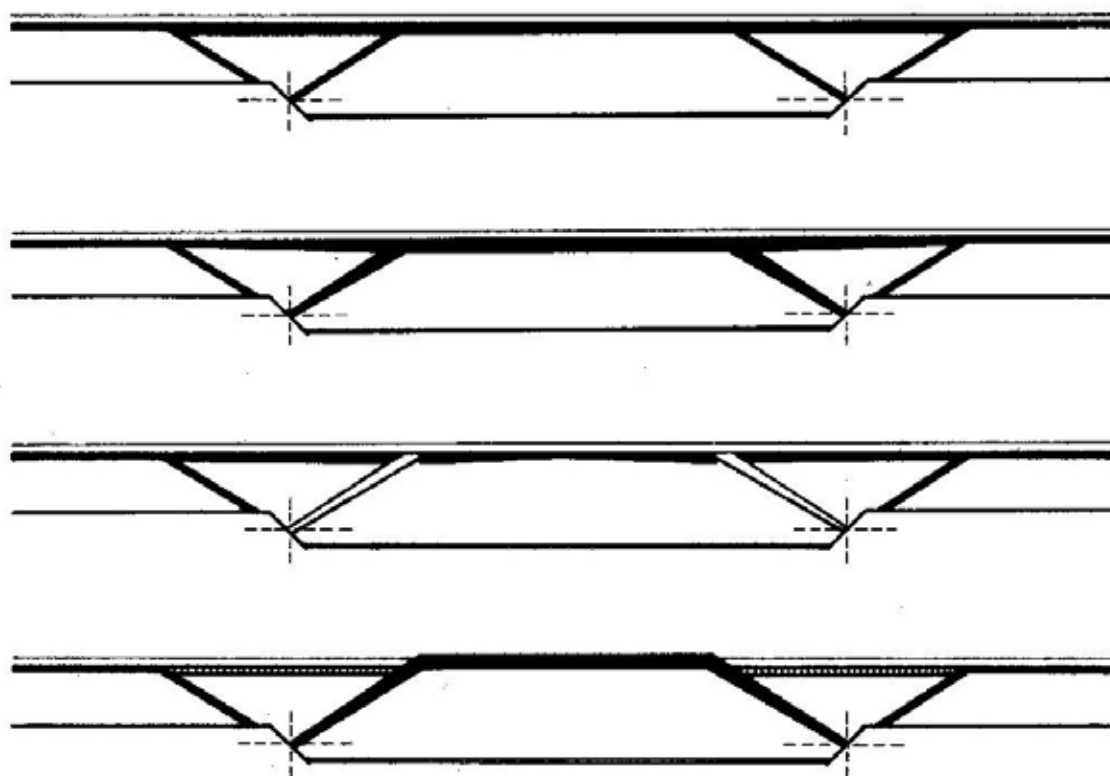


RAZUPORNI MOSTOVI

RAZUPORE - OBLIKOVANJE

DOJAM OTVORA

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



greda poduprta
kosnicima

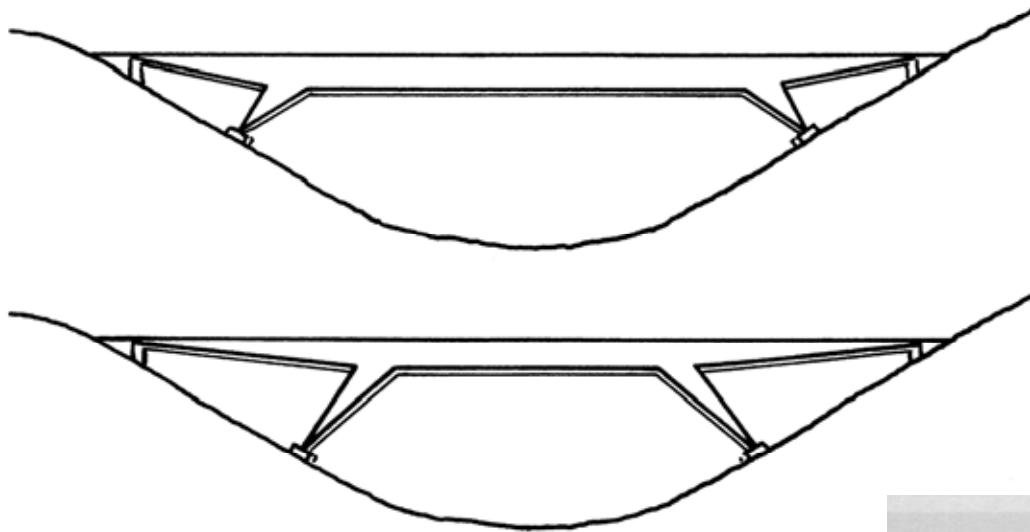
izražen trapezni oblik

- ZADOVOLJENJE SLOBODNOG PROFILA
 - DOJAM UKUPNOG OTVORA MOSTA
- } važni za korisnike prostora
ispod mosta

RAZUPORNI MOSTOVI

RAZUPORE - OBLIKOVANJE

DOJAM OTVORA



važnost visine razupornog mosta

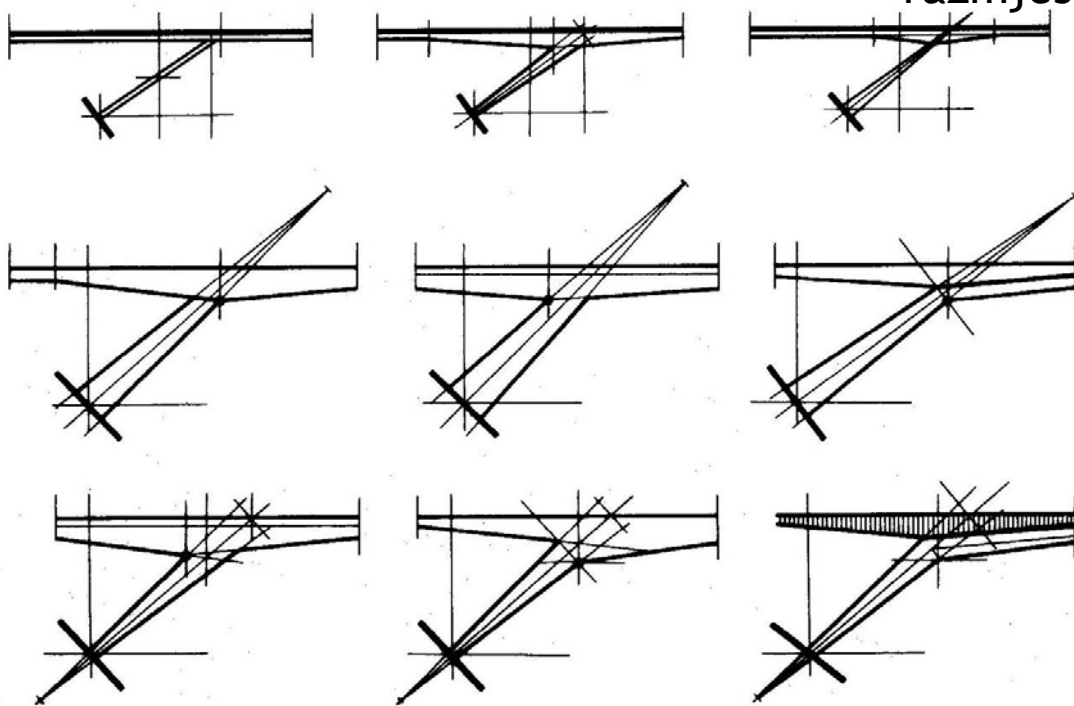


RAZUPORNI MOSTOVI

RAZUPORE - OBLIKOVANJE

KOSNICI

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

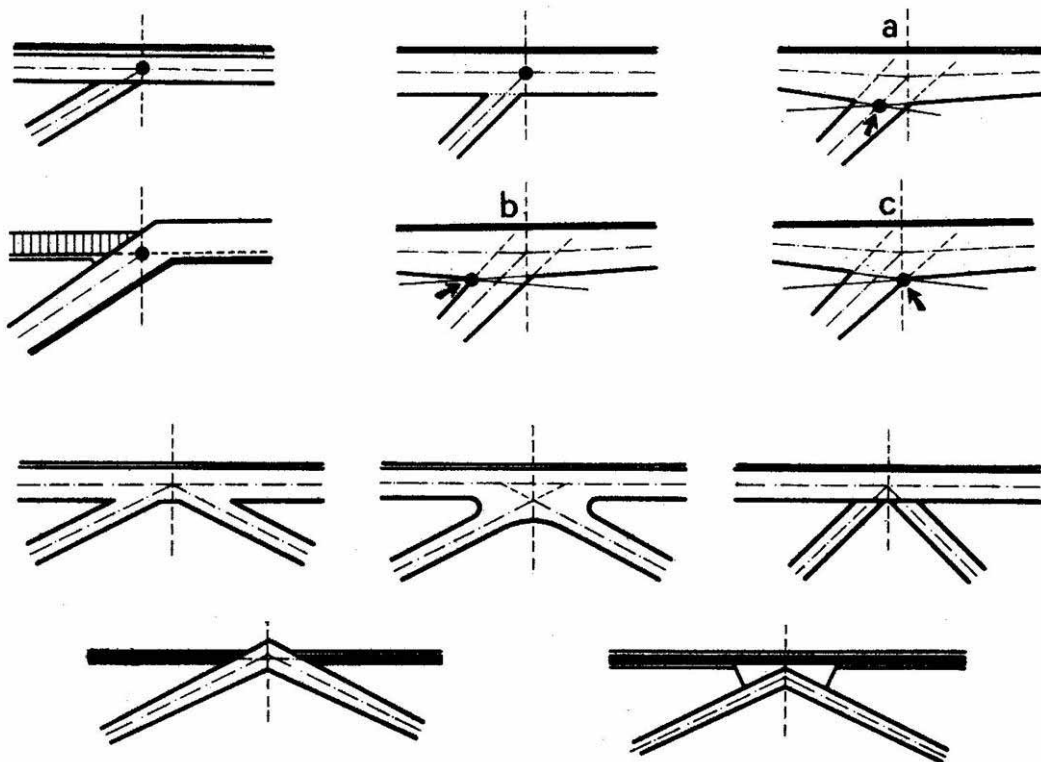


RAZUPORNI MOSTOVI

RAZUPORE - OBLIKOVANJE

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

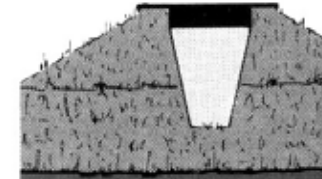
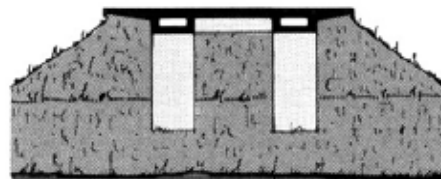
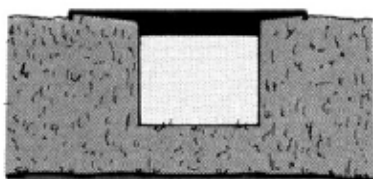
kutevi - oštrobridni
- zaobljeni

RAZUPORNI MOSTOVI

RAZUPORE - OBLIKOVANJE

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 nije opravdana

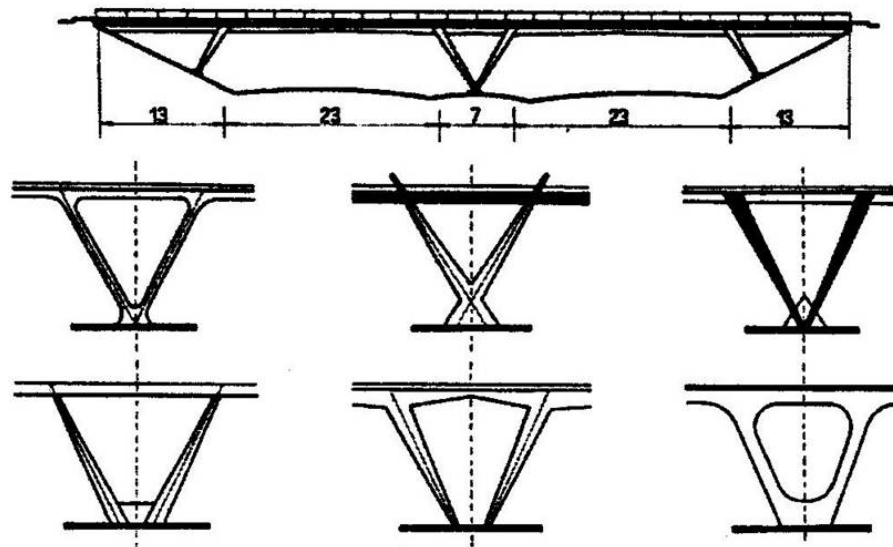


RAZUPORNI MOSTOVI

RAZUPORE - OBLIKOVANJE

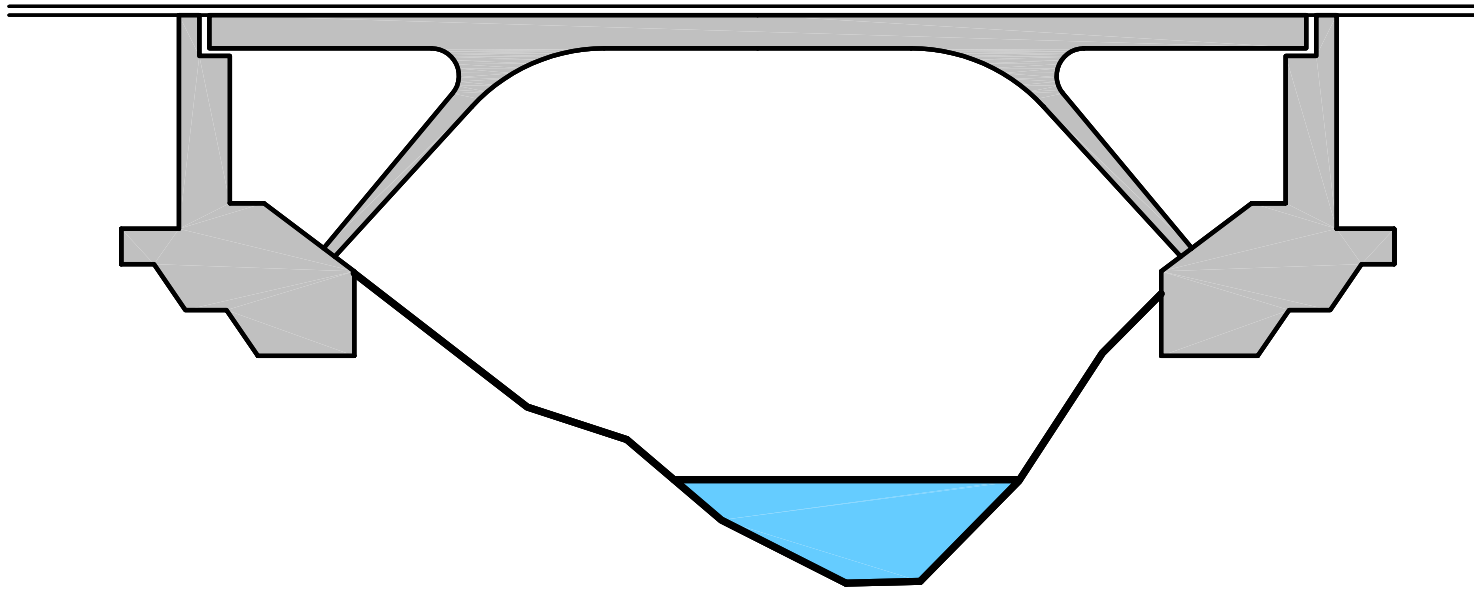
NIZANJE OTVORA RAZUPORE

- stupovi mogu biti pojedninačno dobro oblikovani, no treba voditi računa o izgledu cijelog mosta
- različit dojam: mostovi s naglašenim stupovima
mostovi s rasponskim sklopom na zapostavljenim stupovima
- moguće preko stupova uspostaviti konstrukcijski i oblikovni kontinuitet s rasponskom konstrukcijom



RAZUPORNI MOSTOVI

RAZUPORE

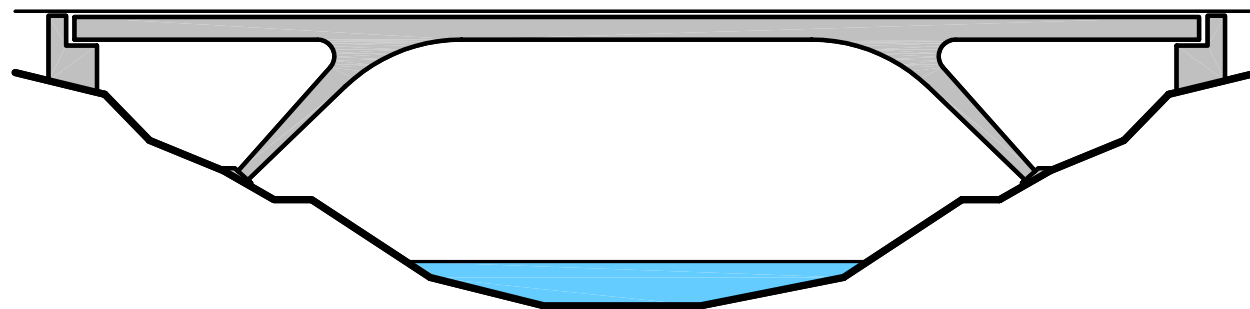
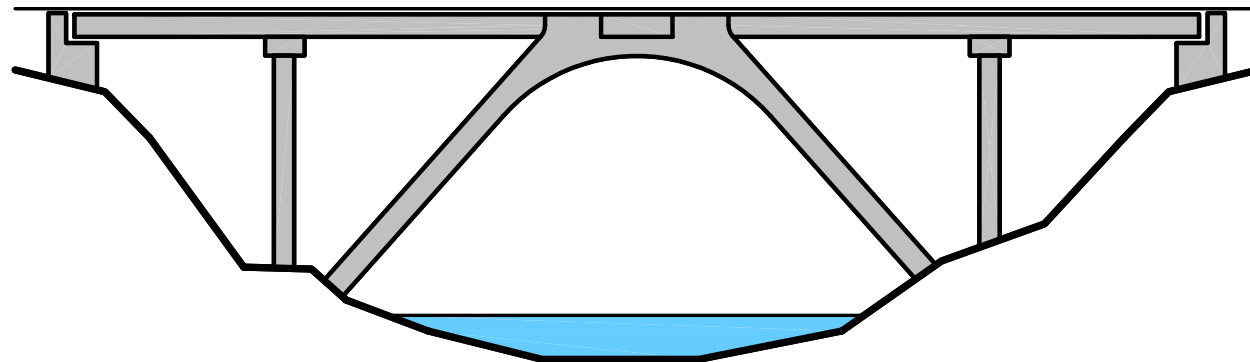
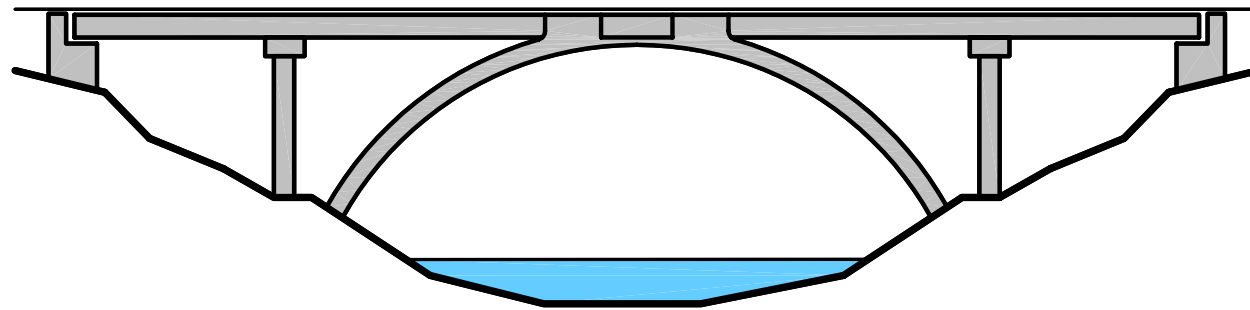


uzdužni tlak u sredini raspona

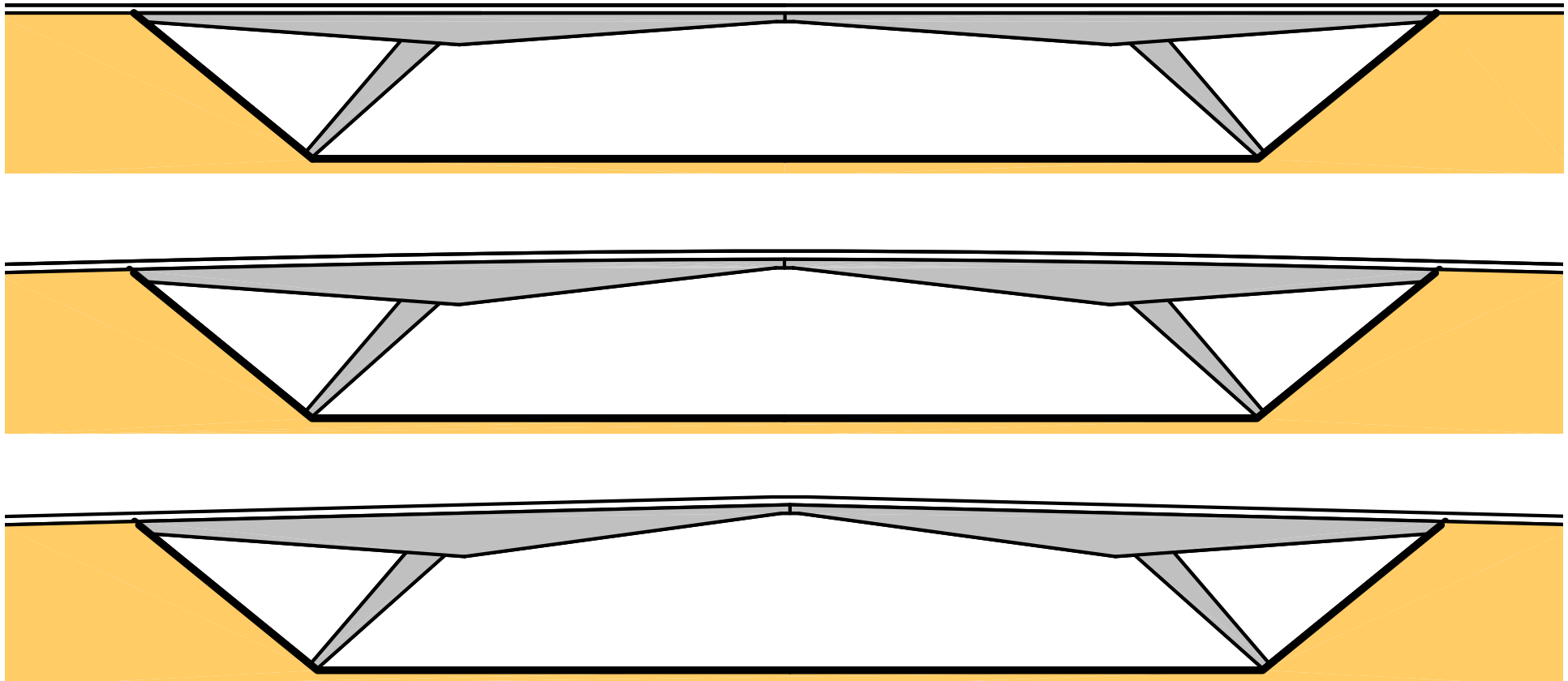
Klasične razupore - pogodne za prijelaze rijeka i dolina - bez potrebe za temeljenjem u sredini rijeke ili izgradnjom stupova u dubokim djelovima doline

nadvožnjaci

SLIČNOST LUČNIH I RAZUPORNIH MOSTOVA



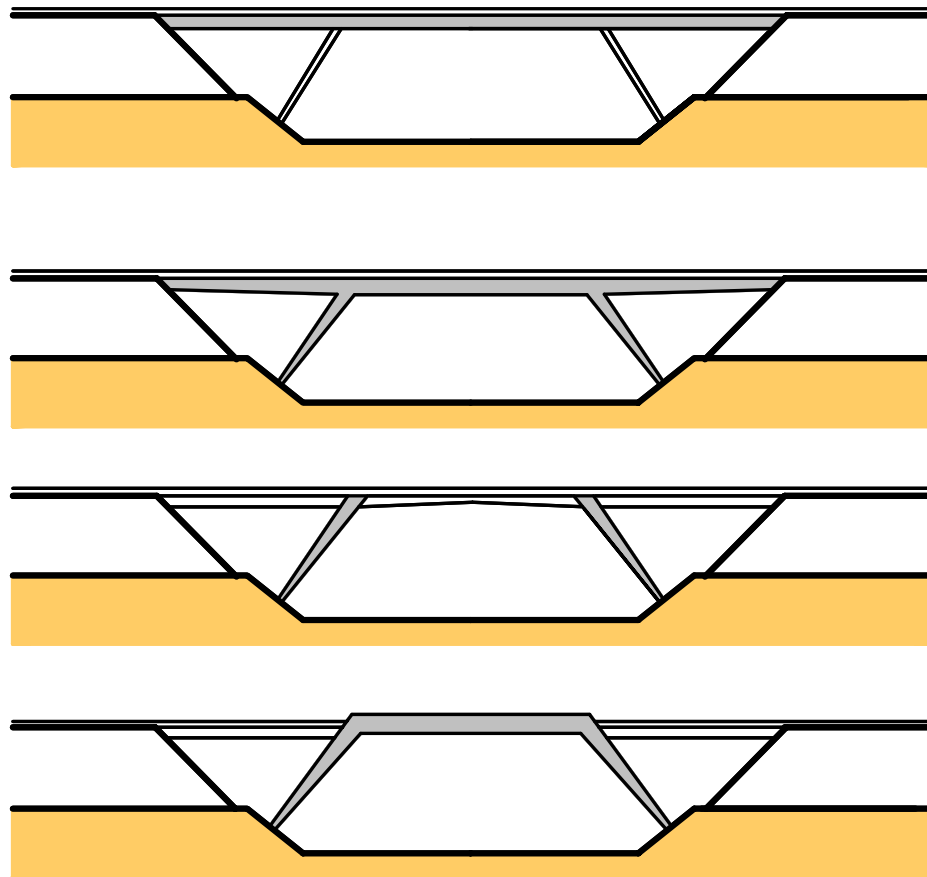
USKLAĐENE NIVELETE i INTRADOSA



osjetljivost na oblik gornjeg ruba, odnosno nivelete mosta

različitosti vizuelnog dojma horizontalne nivelete, nivelete u kružnoj izbočenoj krivini te dvostrešnog uzdužnog nagiba nivelete mosta

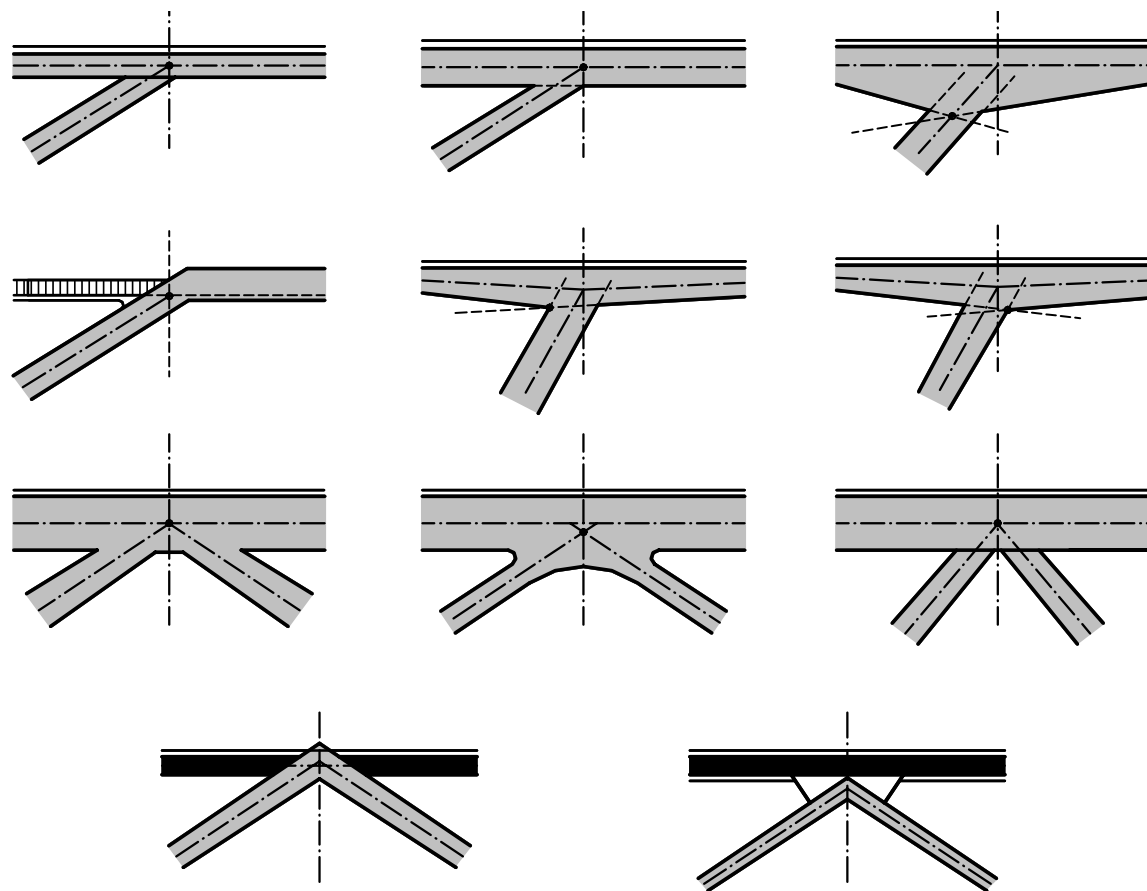
OBLIKOVNI IZRAŽAJ TRAPEZNE RAZUPORE



Konstruktivski i statički beznačajne razlike vode sasvim različitom oblikovnom izražaju otvora razupornog mosta.

Od jednostavne grede poduprte kosnicima, prikladnim oblikovanjem stupova i prečke, može se doći do izraženog trapeznog oblika.

OBLICI ČVOROVA RAZUPORNIH SUSTAVA



Oblici detalja ne moraju biti bitni za njihovu upotrebnu vrijednost, ali mogu biti vrlo značajni za izgled mosta.

KOSNICI RAZUPORA

Oblikovna vrijednosti kosnika, a time i ukupne kompozicije mosta ovisit će o:

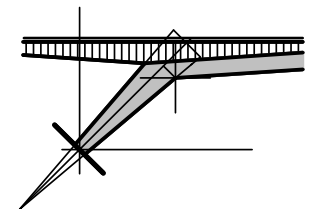
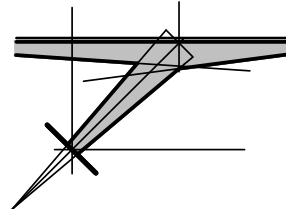
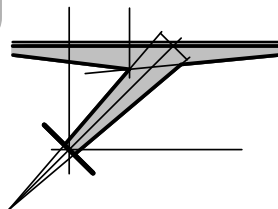
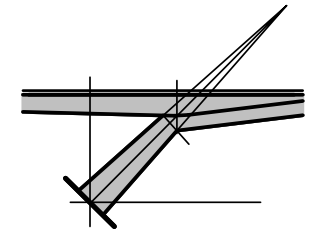
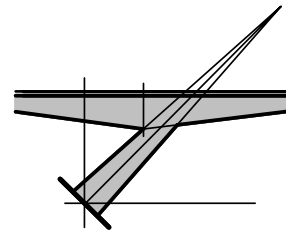
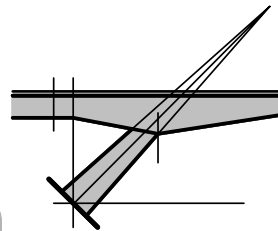
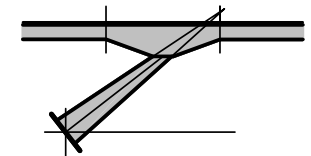
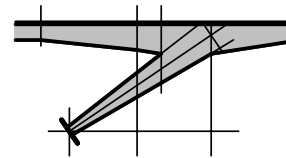
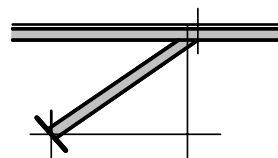
razmještaju elemenata

sastavu osnih linija

obliku obrisnih linija

tokovima dimenzija

razmještajima u razne ravnine



RAZUPORNI NADVOŽNJACI NAD AUTOCESTAMA

racionalno rješenje i to glede:

estetike

konstruktivnosti

ekonomičnosti

**u pogledu trajnosti
i održavanja**

**P
R
E
D
N
O
S
T
I**

**smanjenje visine rasponske
konstrukcije**

**smanjeni broj ležajeva na
polovinu**

troškovi održavanja su manji

veća sigurnost prometa

**atraktivniji izgled - veća estetska
vrijednost**



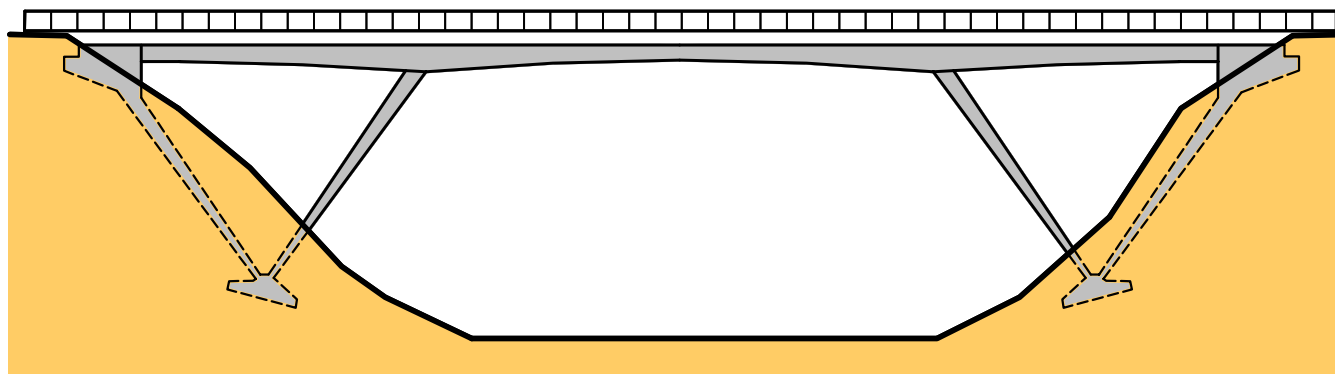
RAZUPORE KAO NADVOŽNJACI

- nadvožnjaci su građevine koje se puno puta ponavljaju,
→ EKONOMIČNOST vs. MONOTONIJA
- razupore
 - racionalno rješenje za nadvožnjake ako je cesta u usjeku
 - prihvatljivi i estetski i konstruktivno
 - omogućava veću sigurnost prometa
- izvode se armiranobetonske, prednapete, čelične i drvene razupore
- statički sustav razupora:
 - okvir - kosnici upeti u gredu i ponekad i u temelje
 - kosnici zgloбно vezani i za gredu i za temelj - najčešće kosnici konstantnog poprečnog presjeka

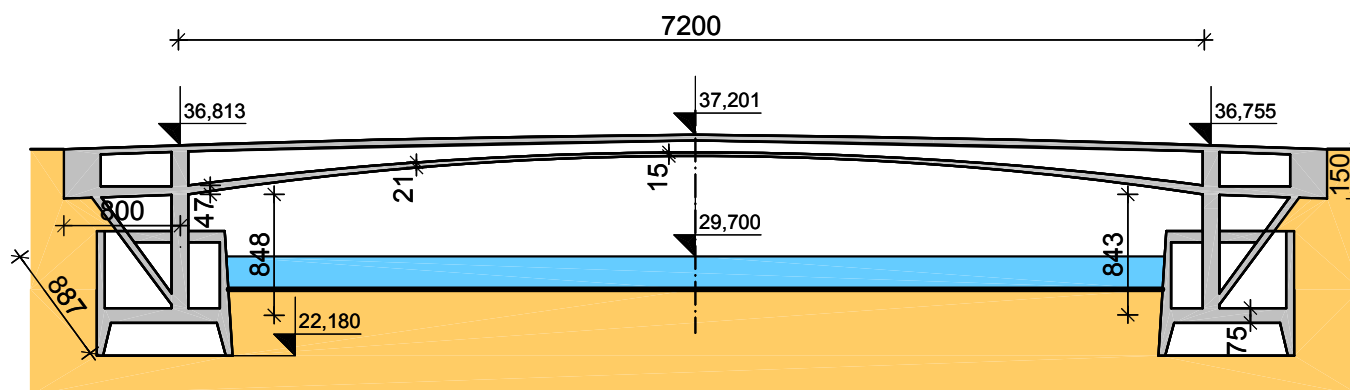
RAZUPORNI MOSTOVI

OKVIRI SA STUPOVIMA U OBLIKU TROKUTA ŠTAPOVA

oblikuju se kao razupore, ako su srednji stupovi kosi



ako su srednji stupovi, ravni donji pojas prečke radi se zakrivljen, kao kod kontinuiranih greda koje se izvode balansnim postupkom



V - STUPOVI

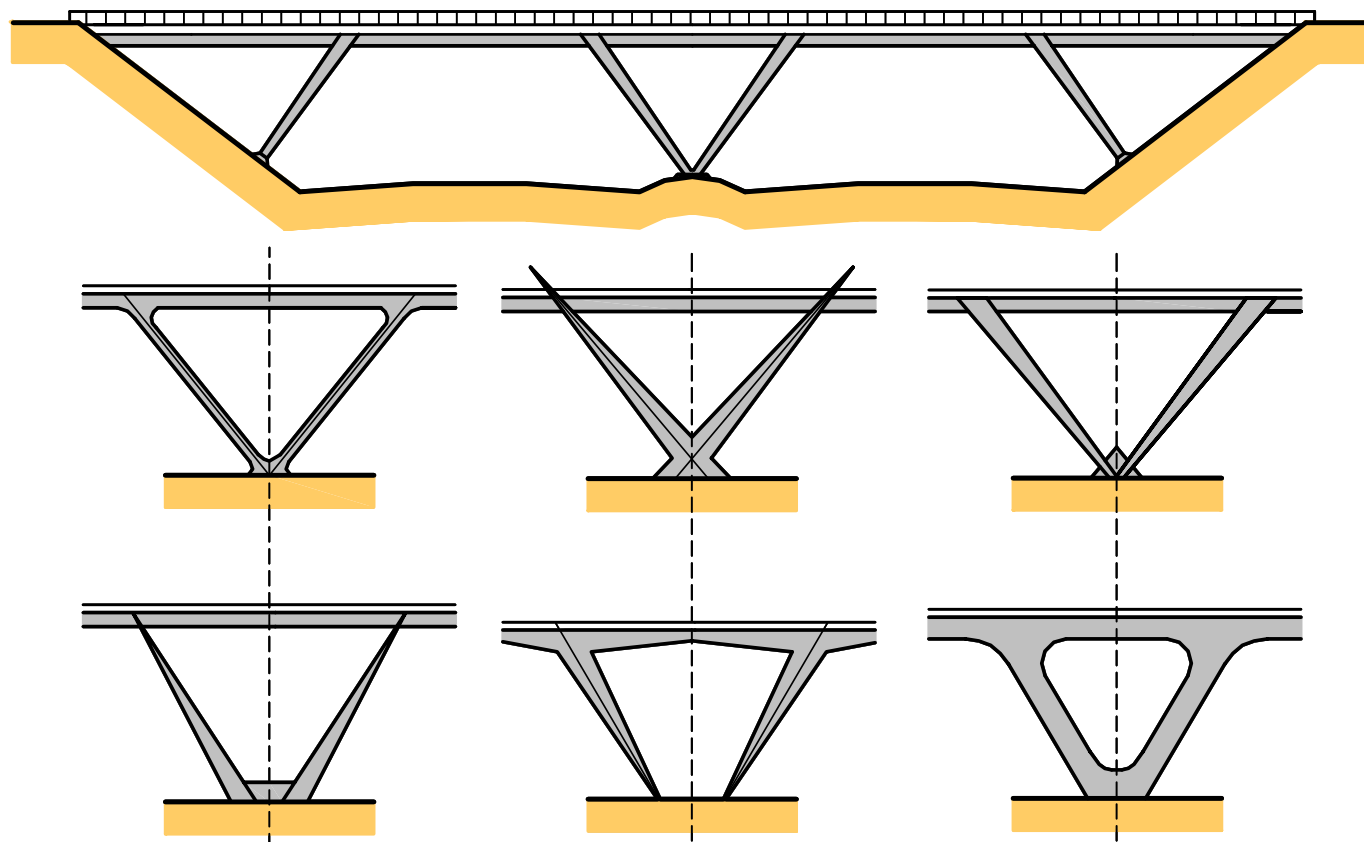


učinkovitije korišćenje temelja

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

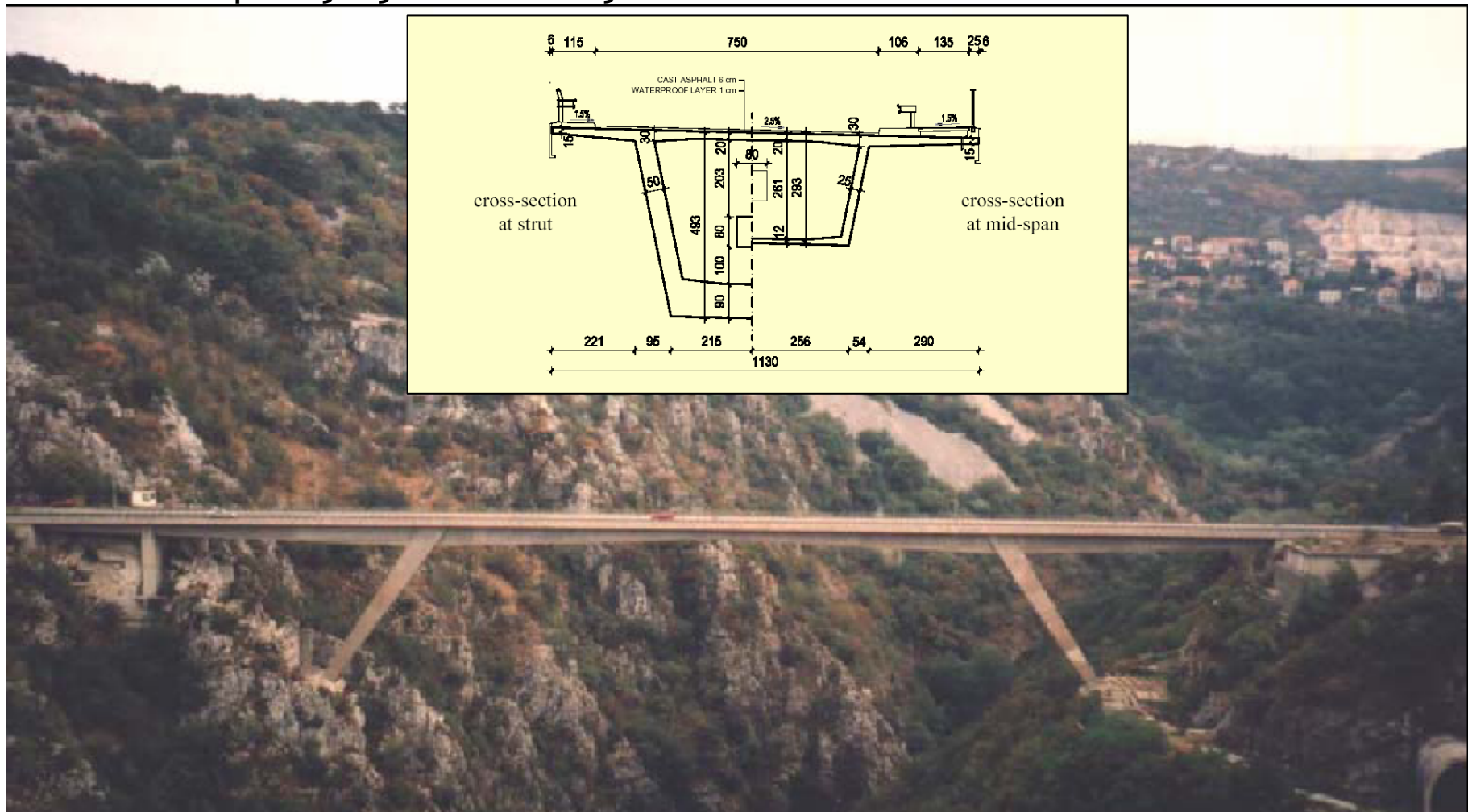
NIZANJE RAZUPORNIH SUSTAVA I PRIMJERI KOSNIKA POVEZANIH U V OBLIK



PRIMJERI IZVEDENIH RAZUPORNIH MOSTOVA

MOST PREKO KANJONA RJEČINE, Hrvatska, 1984.

- rasponi: $L = 45 + 98,4 + 45$ m
- razmak između peta kosnika : 131,65 m
- visina nivelete nad rijekom: 100 m
- prednapeta rasponska konstrukcija sandučastog poprečnog presjeka, linearno promjenjivih dimenzija



MOST *BONHOMME* PREKO RIJEKE BLAVET, Francuska, 1974.

- projektant: J. Mathivat
- rasponski sklop sandučastog poprečnog presjeka od prednapetog betona, kosnici od armiranog betona
- rasponi: 68+147+68 m
- razmak između peta kosnika: 186 m



VIJADUKT *GARABIT* PREKO RIJEKE TRUYÈRE, Francuska, 1993.



- najveći betonski okvir
- razmak između peta kosnika: 195,5 m
- rasponi: $L=82+144+82$ m
- rasponski sklop prednapetog sandučastog poprečnog presjeka
- kosnici armiranobetonski

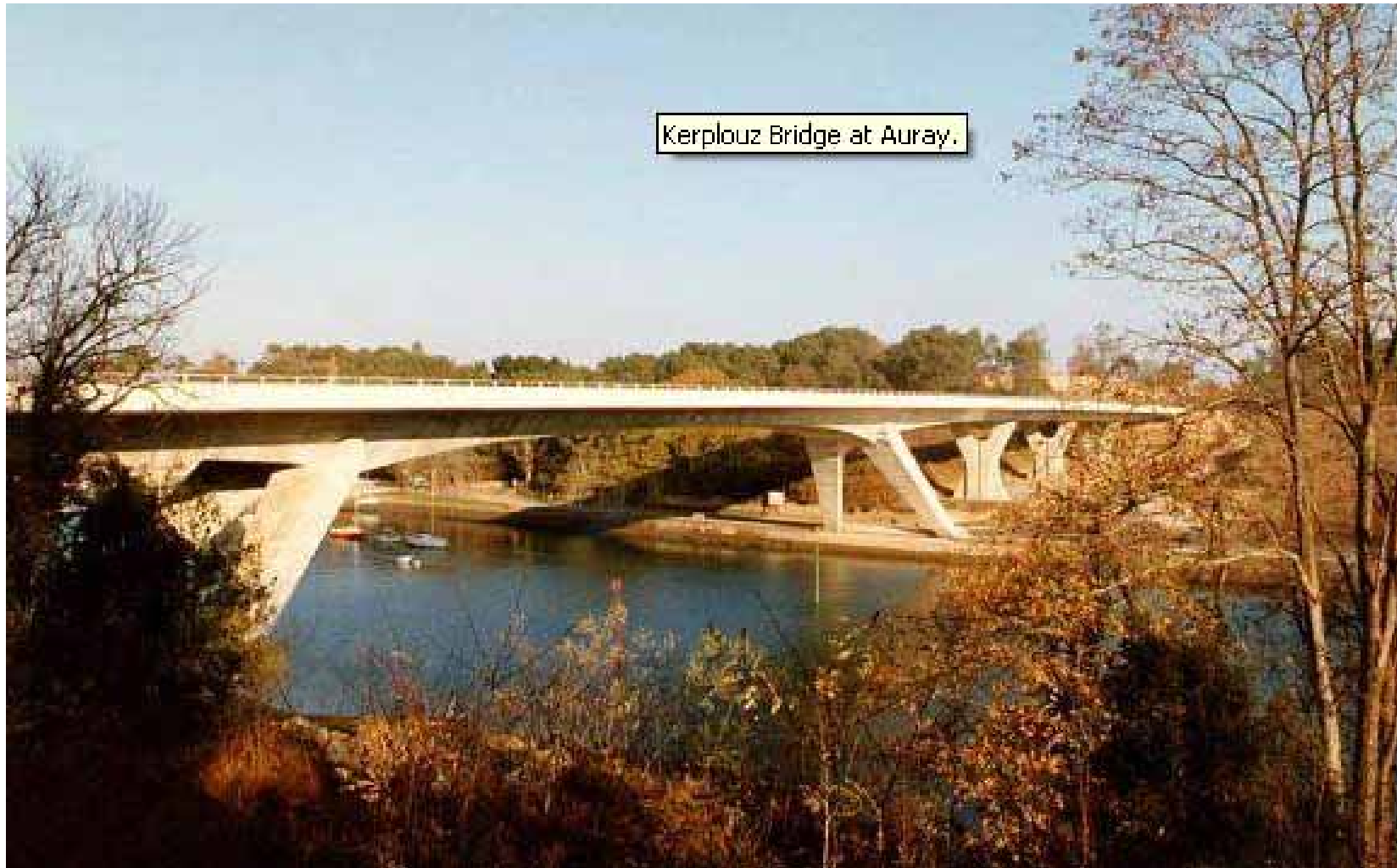
MOST GOURITZ, JUŽNOAFRIČKA REPUBLIKA, 1978.

- rasponi: 55+105+65+45 m
- razmak između peta kosnika : 170 m



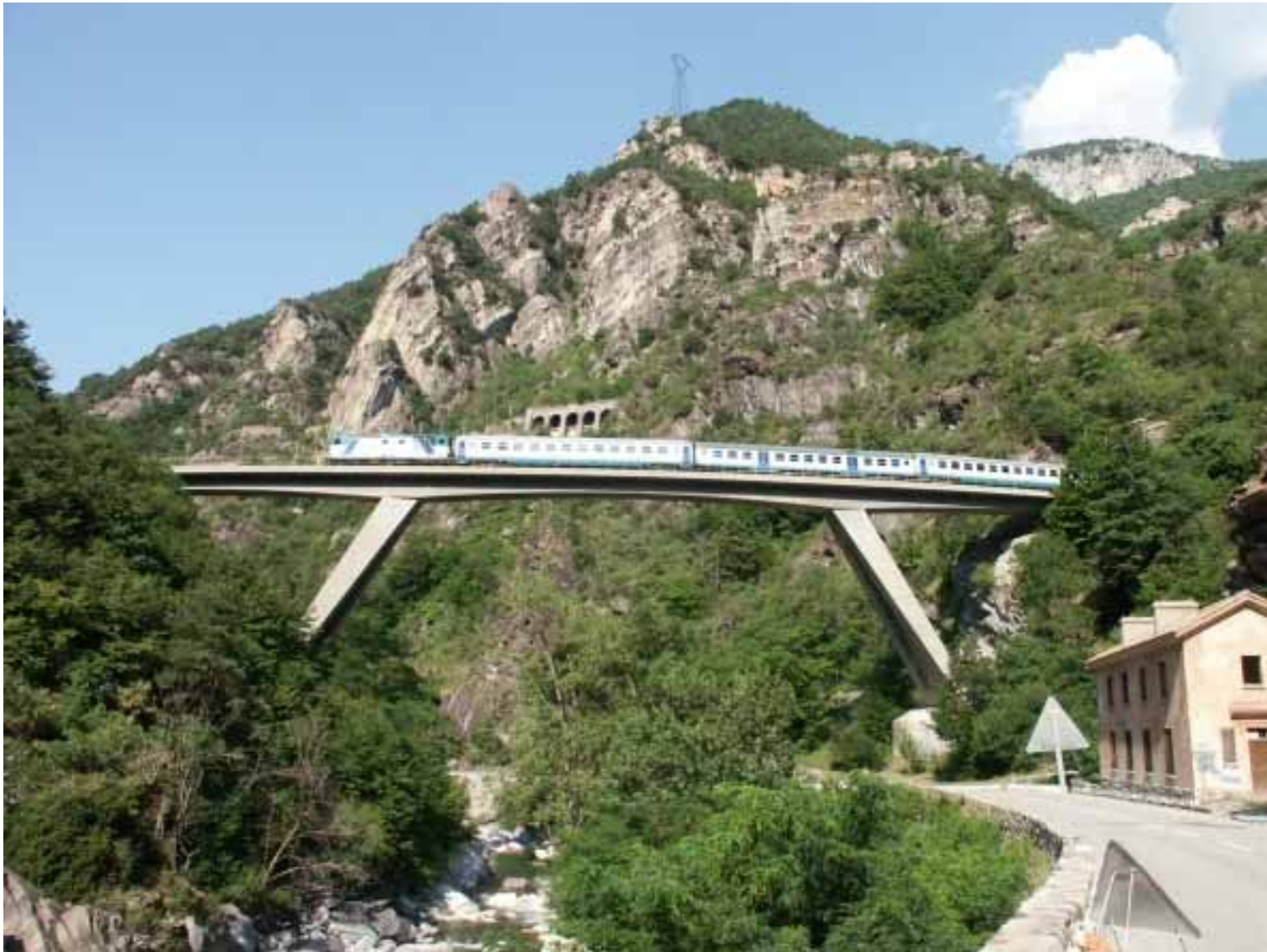
MOST *KERPLOUZ*, Auray, Francuska, 1989.

- projektanti: Lacoste, Virlogeux, Fraleu
- rasponski sklop sandučastog vanjski prednapetog poprečnog presjeka
- kosnici od prednapetog betona
- razmak između peta kosnika: 109 m



ŽELJEZNIČKI MOST SCARASSOUI, Alpe, Francuska, 1978.

- ukupna duljina mosta: 125 m
- visina nad terenom: 38 m



ŽELJEZNIČKI MOST SAORGE, Alpe, Francuska, 1978.



MOST PREKO RIJEKE TYNE, Škotska, 2004.



**MOST PREKO RIJEKE OISE, BRUYÈRES-SUR-OISE,
Francuska, 1975.**



***MOST LUCKENBERG*, Brandenburg, Njemačka, 2001.**

- rasponski sklop od betona visoke čvrstoće
- razmak između peta kosnika: 42 m



MOST *PASSERELLE DE CRÉTEIL-SAINT-MAUR*, Francuska, 1981.

- rasponski sklop prednapetog sandučastog poprečnog presjeka
- razmak između peta kosnika: 72 m

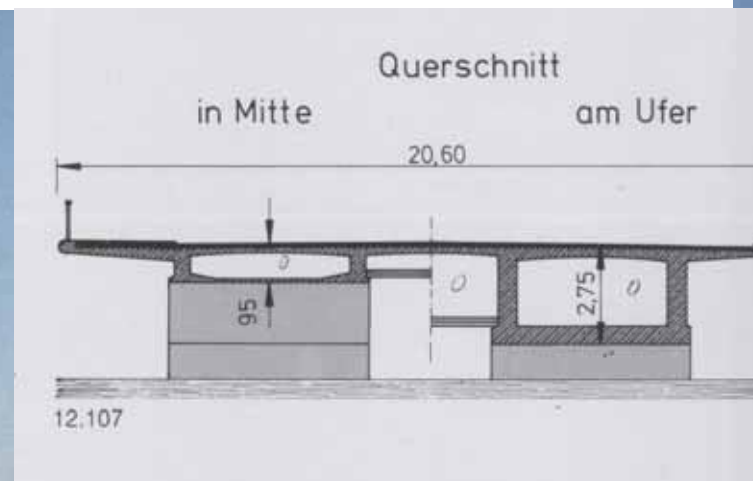
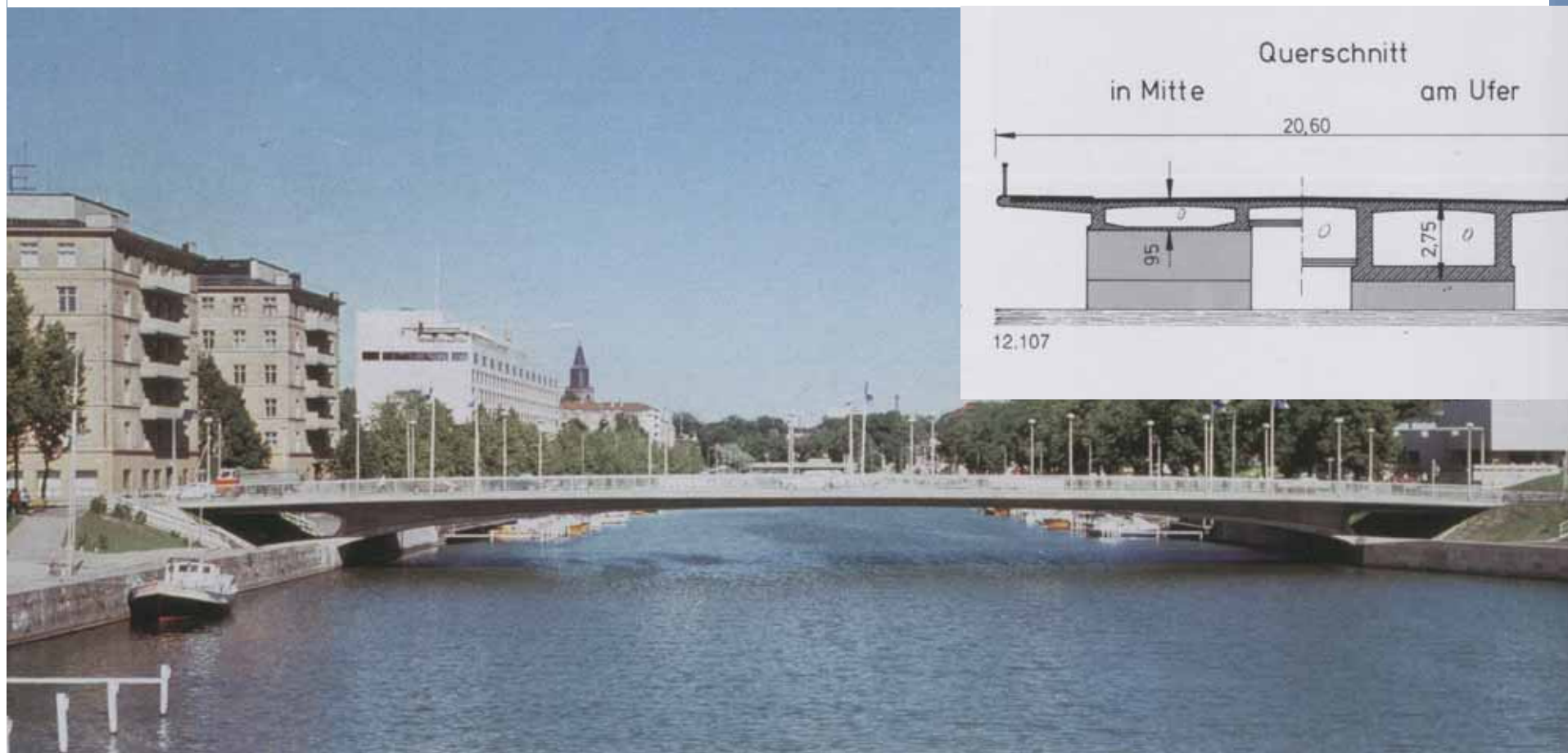


***CAPRIVIBRÜCKE*, Berlin-Charlottenburg, Njemačka.**



MOST MYLLSILTA, Finska.

- projektant: M. Ollila
- razmak između peta kosnika : $L=71,20$ m
- visina rasponskog sklopa samo 0,86 m u sredini raspona te 2,70 m nad ležajem ($l/83$ do $l/25$)
- poprečni presjek je sandučasti



VIJADUKT *CHATELARD*, Chamonix, Švicarska, 1925.

- projektant: R. Maillart
- razmak između peta kosnika : 30 m
- rasponski sklop AB sandučastog poprečnog presjeka



MOST PESCADERO CREEK, SAD



MOST LA GRANDE-DUCHESSE CHARLOTTE PREKO RIJEKE ALZETTE, Luksemburg, 1965.

- niveleta 74 m nad rijekom
- razmak između peta kosnika: 234 m
- čelična trapezna razupora punostijenog tipa
- poprečni presjek rasponskog sklopa - dva sanduka povezana orto pločom



MOST MARTIGUES, Marseille-Arles, Francuska, 1972.

- rasponi $L=85+130+85$ m
- čelična razupora razmaka između peta kosnika od 210 m
- slobodni profil visine 45 m
- poprečni presjek rasponskog sklopa je sandučasti s orto pločom
- AB prilazni vijadukt



MOST JOSEPH LE BRIX, Le Bono, Francuska, 1969.

- rasponski sklop sandučastog poprečnog presjeka s orto pločom
- razmak između peta kosnika: 147 m



MOST VAL NALPS, Grisons, Švicarska



MOST NA AUTOCESTI KINKI, Japan

- razmak između peta kosnika : $L=116$ m

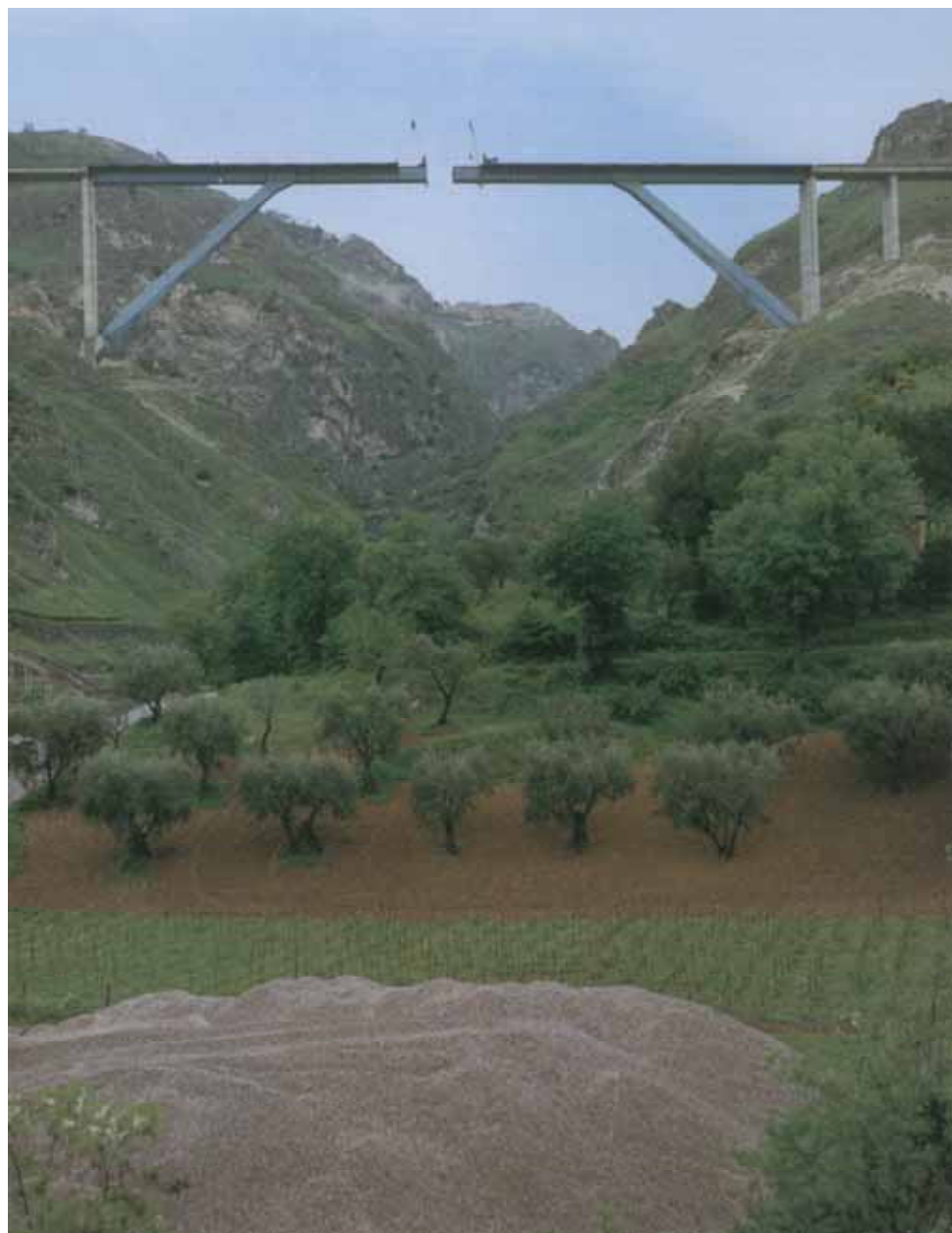


MOST SFALASSA, autocesta Salerno-Reggio Calabria, Italija, 1973.

- najveći čelični okvir: razmak između peta kosnika 360 m
- raspon: $L=108 + 160 + 108$ m
- niveleta: 250 m iznad rijeke
- poprečni presjek rasponskog sklopa je sandučasti ojačan sa spregovima unutar sanduka te kosnicima za podupiranje konzole orto ploče



VIJADUKT *PLATANO* PREKO RIJEKE PIAVE, ITALIJA, 1970.



- razmak između peta kosnika : 291 m
- rasponi: $L=81 + 140 + 81$ m
- niveleta iznad dna doline: 220 m



VIJADUKT CADORE (CARALTE) PREKO RIJEKE PIAVE, ITALIJA, 1985.

- rasponi: $L=72+128+72$ m
- razmak između peta kosnika: 256 m
- niveleta iznad dna doline : 200 m
- isti rasponski sklop kao i Sfalassa i Platano, samo bez kosnika ispod konzola u poprečnom presjeku mosta



MOST *FALAISE* PREKO RIJEKE ANTES, Francuska, 1993.

- rasponski sklop spregnutog sandučastog poprečnog presjeka
- rasponi: $L=46+78+46$ m



***MOST DALA GORGE*, Valais, Švicarska, 1989.**

- rasponi: $L=62+85+62$ m



MOST SCALPAY, Škotska, 1997.

- rasponski sklop spregnutog poprečnog presjeka
- čelični kosnici
- razmak između peta kosnika: 160 m



MOST GAZELA, Beograd, Srbija, 1984.



- rasponi glavnog razupornog sklopa: $L = 62 + 206 + 63$ m
- razmak između peta kosnika : 250 m
- plitak okvir
- kosnici u nagibu od 29°
- poprečni presjek čine dva sandučasta nosača međusobno povezana ortotropnom pločom

ŽELJEZNIČKI VIJADUKT *BIETSCHAL*, Brig, Švicarska, 1913.

- razmak između peta kosnika: 94 m



***MOST MARSCHALLBRÜCKE*, Berlin, Njemačka, 1998.**



MOST *BRIELSE*, Rotterdam, Nizozemska

- rasponi: $L=80,50 + 112,50 + 80,50$ m
- poprečni presjek rasponskog sklopa je sandučasti



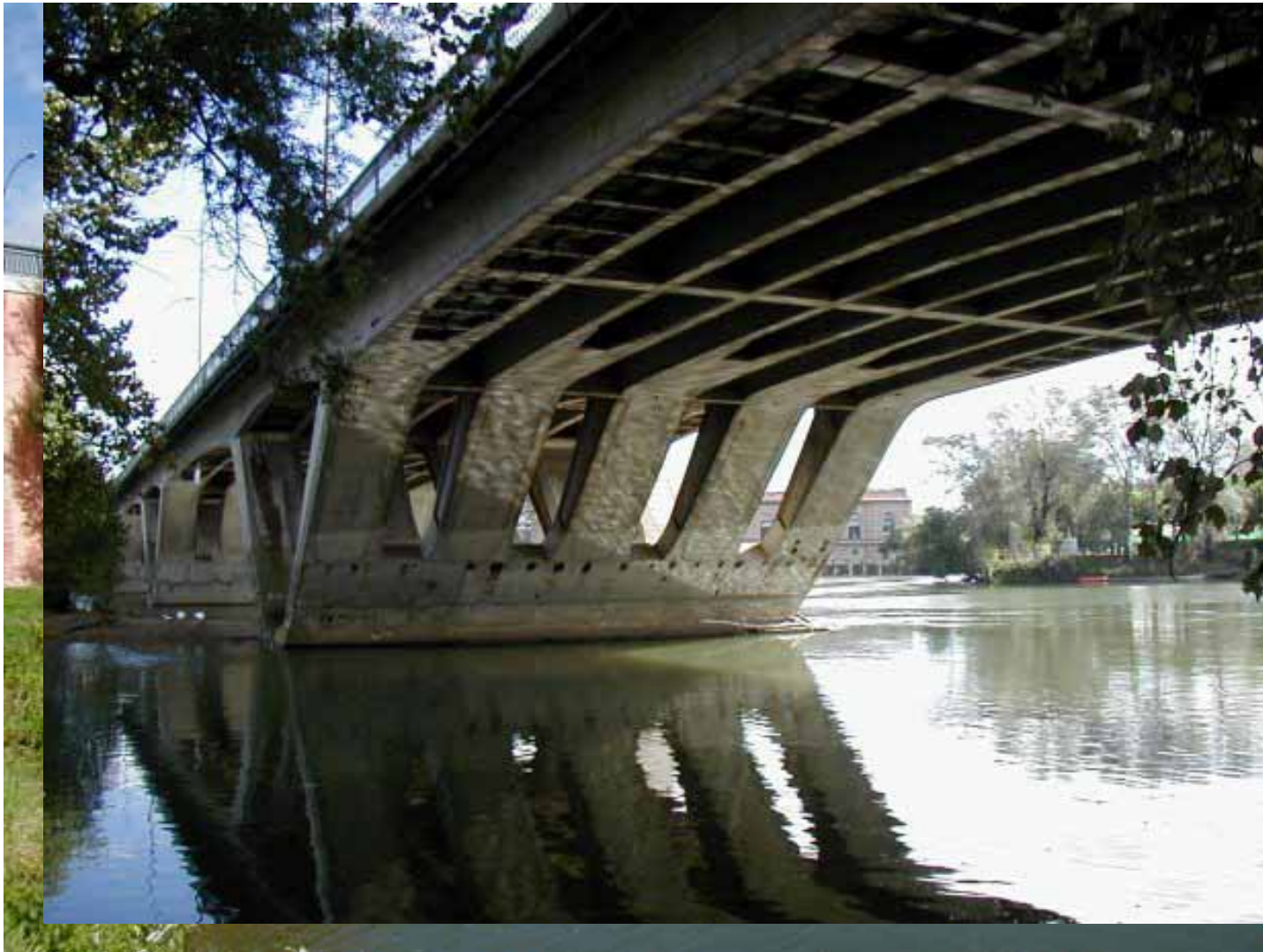
ŽELJEZNIČKI MOST VOULTE PREKO RHÔNE, Francuska, 1962.

- projektant: N. Esquillan
- 5 raspona od po 60 m



***MOST SAINT-MICHEL*, Toulouse, Francuska, 1962.**

- projektant: Eugène Freyssinet
- središnji raspon: 65 m



MOST PREKO RIJEKE MAJNE, Gemünden, Njemačka, 1984.

- projektant: F. Leonhardt
- rasponi: $L = 82 + 135 + 82$ m
- stupovi V oblika - smanjenje potrebne visine rasponskog sklopa
- poprečni presjek rasponskog sklopa je trapezni sandučasti nosač



***MOST UMEMACHI*, Japan**



MOST OTASE, Japan.



BOLTAÑA, Huesca, Španjolska, 1972.

- projektant: Juan Jose Arenas
- raspon: 45 m



MOST *GRAND CANAL*, LE HAVRE, Francuska, 1994.

- nalazi se na prilazu mosta Normandie
- rasponi: $L=107,5 + 275 + 107,5$ m
- poprečni presjek rasponskog sklopa: I nosači spregnuti s orto pločom



MOST KYLESKU, Škotska, 1986.

- projektanti: Ove Arup & Partners
- središnji otvor: 132 m
- rasponi: 49+46,5+84,5+46,5+49 m
- u horizontalnoj krivini



PJEŠAČKI MOST *KINGSGATE*, Durham, Engleska, 1965.

- projektanti: Ove Arup
- rasponi: $L=30$ m



MOST *KINNAIRD* PREKO RIJEKE COLUMBIA, Canada, 1960.

- projektant: R. Morandi
- raspon: 80 m



MOST SIDNEY SHERMAN, Houston, SAD, 1973.

- glavni raspon: 131 m
- slobodni profil visine 40 m



MOST MAURY RIVER, Virginia, SAD, 1978.



ZAKLJUČNO

- Klasične razupore su moderni sustavi, napredne tehnologije, izvedeni u različitim gradivima, betonu, prednapetom betonu i čeliku.
- Njihova osnovna estetska vrijednost je čistoća linija, logika forme i vitkost strukture, koja ipak i običnim građanima daje dojam sigurnosti i izaziva divljenje, mnogo više nego uobičajeni gredni mostovi, naravno uz pretpostavku da su dobro oblikovane s povoljnim odnosom glavnih izmjera, raspona grede, visine i nagiba kosnika i debljina konstrukcijskih elemenata.
- U odnosu na lukove, koji se uobičajeno smatraju arhetipom mosta, razuporni sustavi izgledaju tehnološki naprednije, s oblicima kojima se postiže optimalna učinkovitost gradiva.
- Dan pregled velikog broja izvedenih razupornih mostova.
- Najbolji primjeri dobrog estetskog oblikovanja su po mom mišljenju:
 - most Rječina
 - most Bonhomme
 - most La Grande-Duchesse Charlotte
 - most Martigues
 - most Falaise
 - most preko rijeke Majne, Gemünden.
- Neuspjeli razuporni mostovi su:
 - most Gazela
 - most Sfalassa
 - most Marschallbrücke.



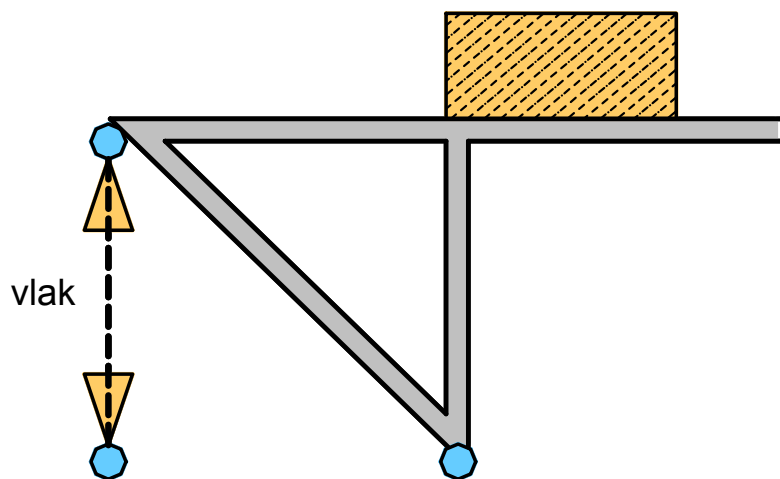
ZAKLJUČNO

- Mogući pozitivni estetski iskoraci su vrlo ograničeni, jer relativno kruti sustav razupore to ne dopušta. Doprinos arhitekata u oblikovanju razupornih mostova ne može biti zamjetan, osim eventualno u oblikovanju sekundarnih elemenata, npr. ograda, rasvjeta i sl.
- Zaključno, uvidom u gotovo sve izvedene razuporne mostove smatram da se radi o modernom tipu mosta, koji ako je odgovarajuće projektiran u pogodnom okolišu i uzimajući u obzir sve prije navedene smjernice, udovoljava i svim estetskim kriterijima.

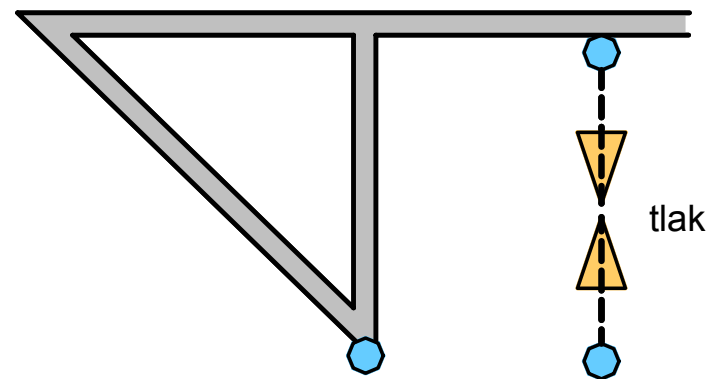
OKVIRI S TROKUTNIM STUPOVIMA PRI IZGRADNJI

Tijekom konzolne izgradnje okvira s trokutnim stupovima to je nestabilna figura

vlačni štap (kesoni)



tlačni štap (pomoćni stup)



PRORAČUN i ARMIRANJE

Okvirne konstrukcije proračunavaju se vezano uz statički sustav okvira, poprečni presjek i način izgradnje.

Primjer proračuna zatvorenog okvira



Konstruiranje mostova, poglavlje 5.3.

Proračun kosog okvirnog podvožnjaka



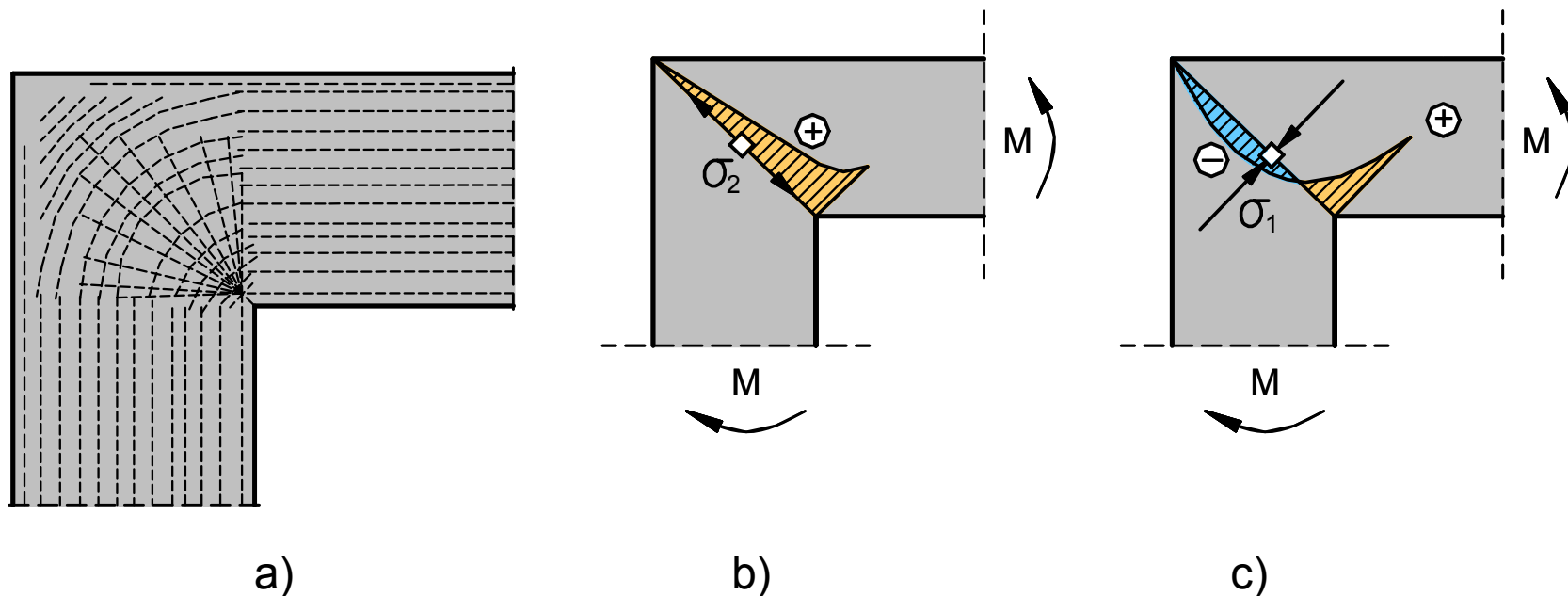
Konstruiranje mostova, poglavlje 5.2.

Proračun okvirnih mostova građenih konzolnom gradnjom



Predavanje o sandučastim mostovima

SPOJ GREDA – STUP: OPĆENITO PONAŠANJE



a) Glavna naprezanja - skretanje sila iz grede u stup

b),c) Raspodjela glavnih naprezanja u dijagonalnom presjeku.

Skretanje sila →

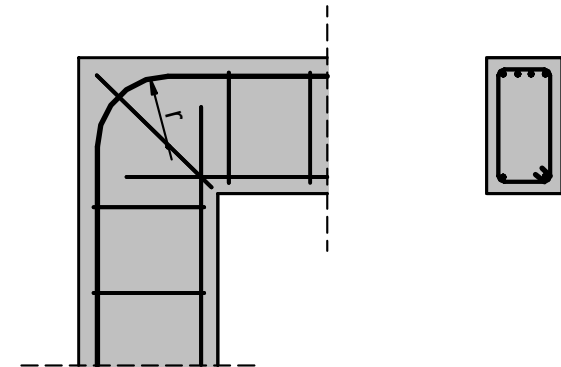
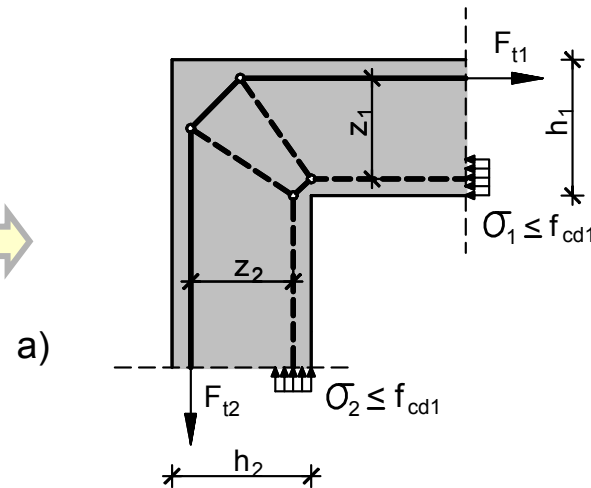
Radijalna naprezanja:

tlačna – za negativan moment

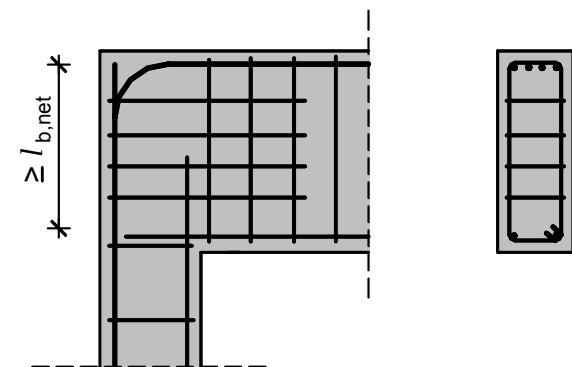
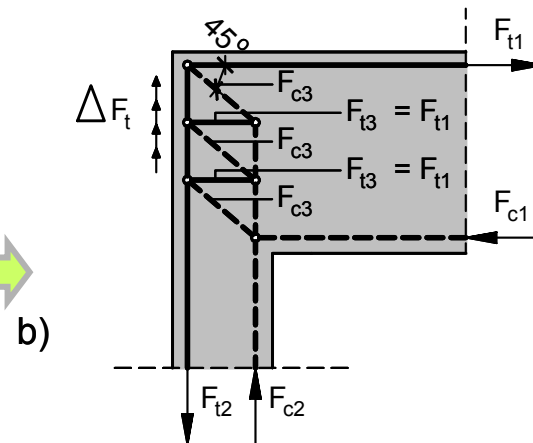
vlačna – za pozitivni moment

SPOJ GREDA – STUP PRI NEGATIVNOM MOMENTU

a)
Približno
jednake visine
presjeka grede i
stupa



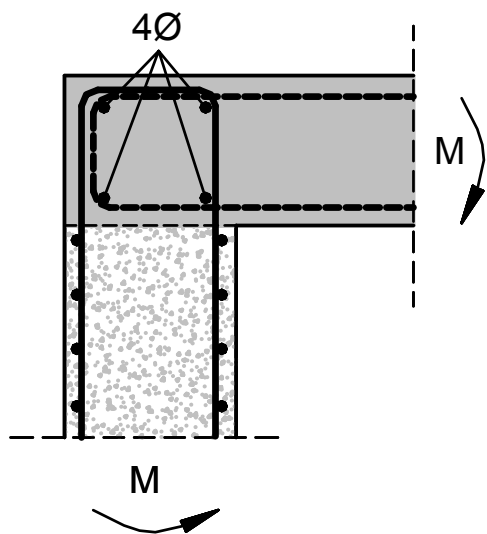
b)
Prilično
različite visine
presjeka grede i
stupa



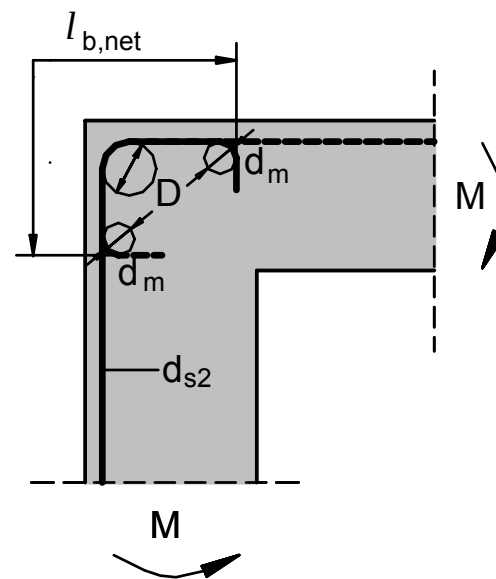
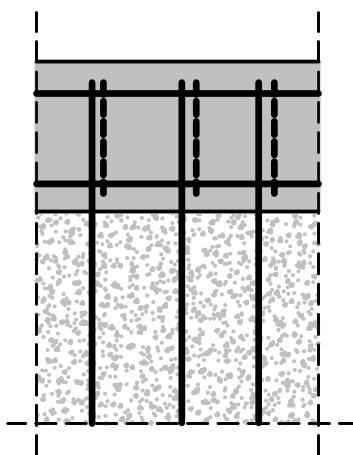
dodatna horizontalna armatura (protiv dijagonalnih pukotina) - prihvaća razliku sile iz stupa i one u gredi, a koja se javlja baš zbog različitih dimenzija grede i stupa, $F_{t3} = (F_{t2} - F_{t1}) \tan \phi$

SPOJ PLOČA – ZID PRI NEGATIVNOM MOMENTU

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



a)



b)

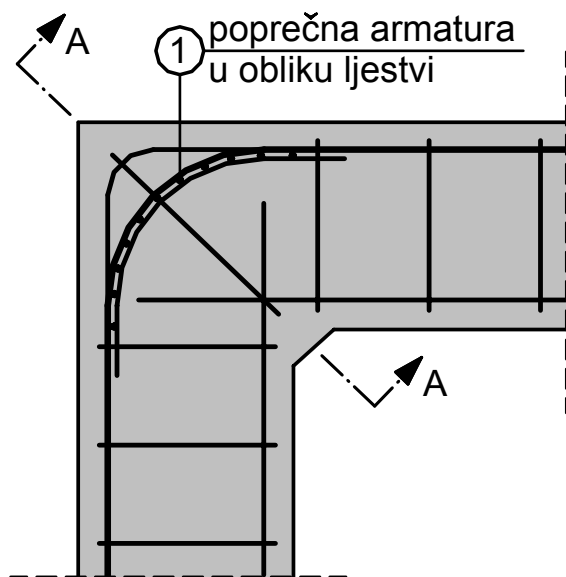
POPREČNA ARMATURA SPOJA GREDA – STUP PRI NEGATIVNOM MOMENTU

**Radijalni pritisak od
zakrivljenih šipki**

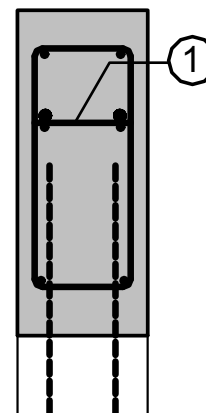
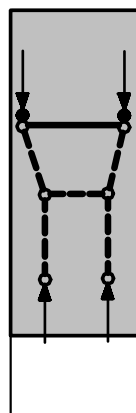
**vlačna naprezanja okomito
na ravninu okvira**

**spriječiti cijepanje i
odvajanje betona**

**dodatna poprečna
armatura uz vilice**



presjek A-A



1

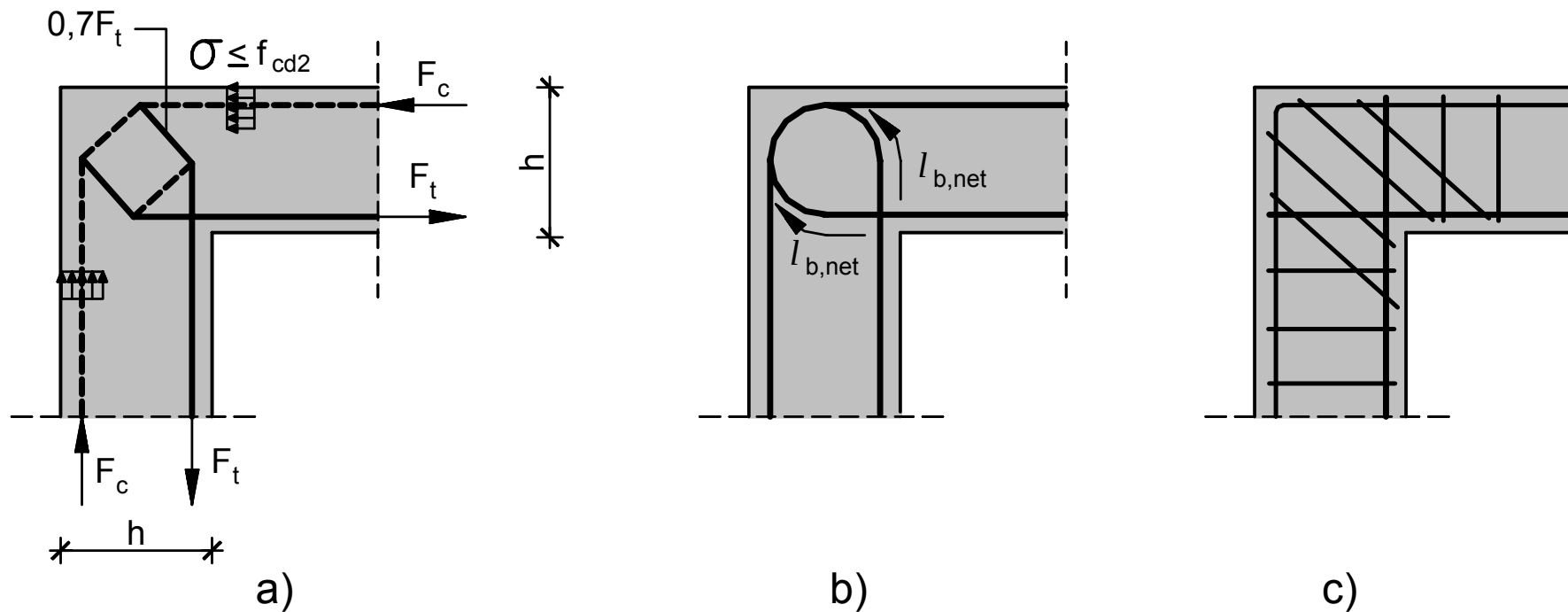


**Područje kuta izvan
savijenih šipki**

**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!



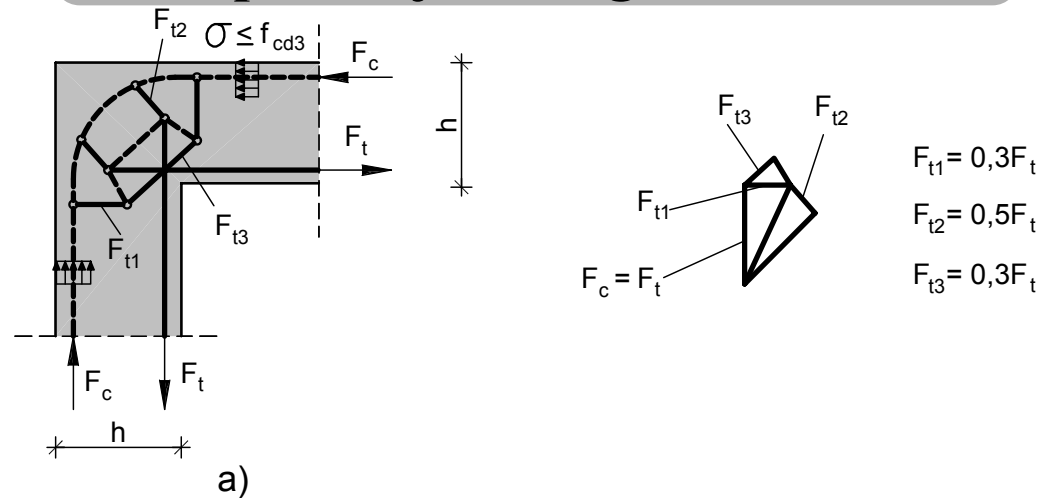
Vidljivo je i da se tlačni pojas nalazi između radijalne armature ili petlje armature pa ima mali krak, pogotovo kad se koriste petlje s velikim zaštitnim slojem betona.

SPOJ GREDA – STUP PRI VELIKOM POZITIVNOM MOMENTU

Vlačna sila dijagonalnih šipki širi se vilicama prema tlačnom pojasu

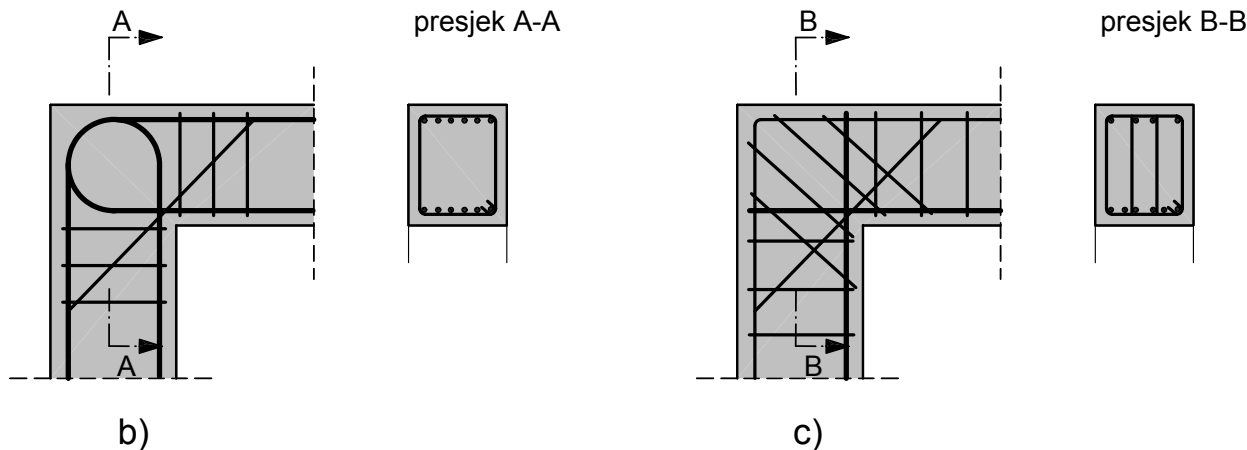
Vilice postupno skreću tlačni pojas izvan područja samog čvora

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



da bi se postigla što veća nosivost čvora i što više približila nosivosti priključnih elemenata

**KOSA
ARMATURA**

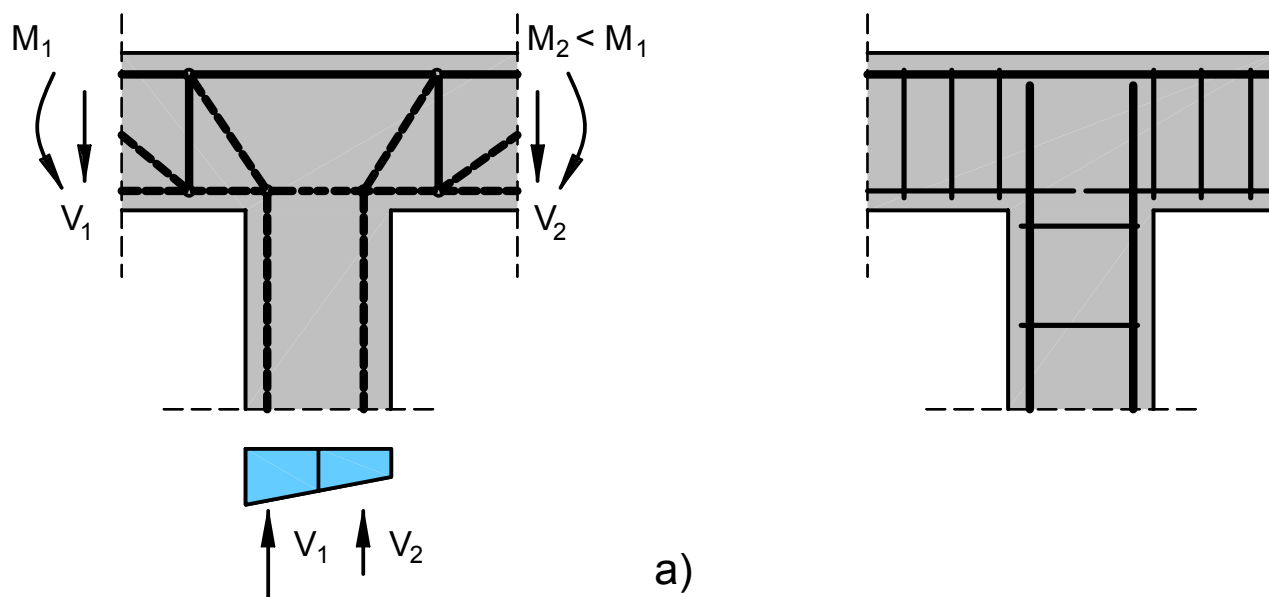


SPOJ KONTINUIRANA GREDA – STUP

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.

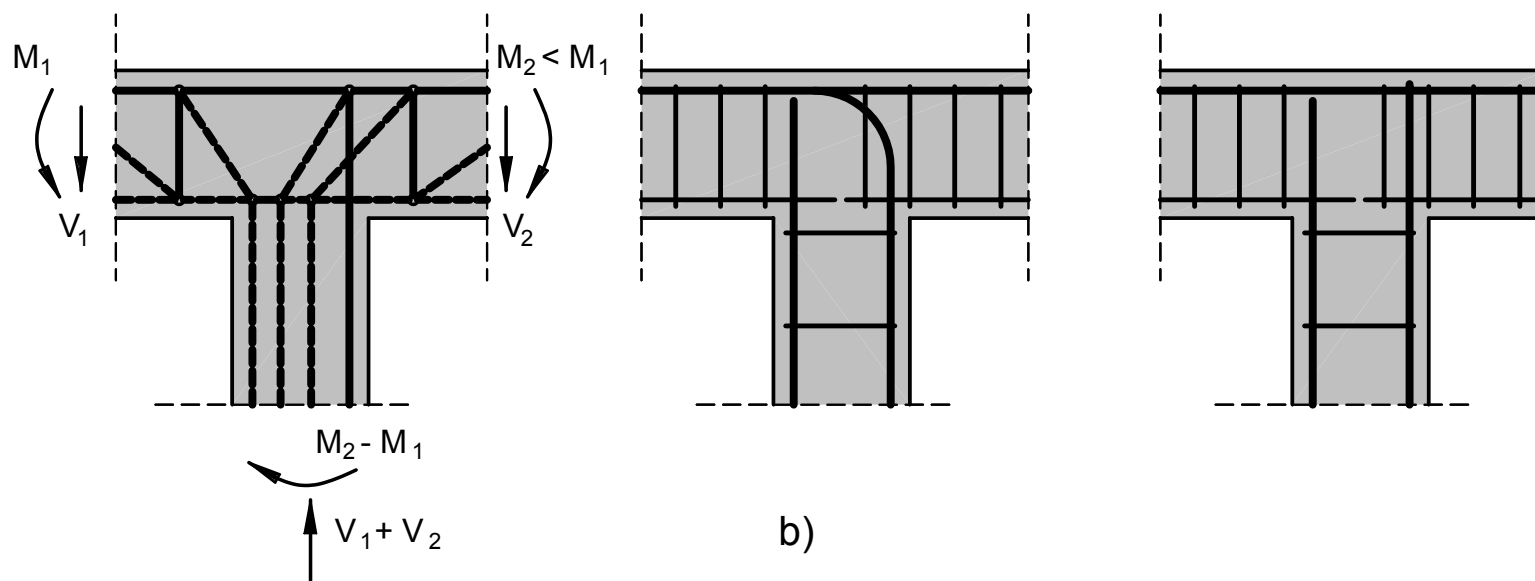


SPOJ KONTINUIRANA GREDA – STUP

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.

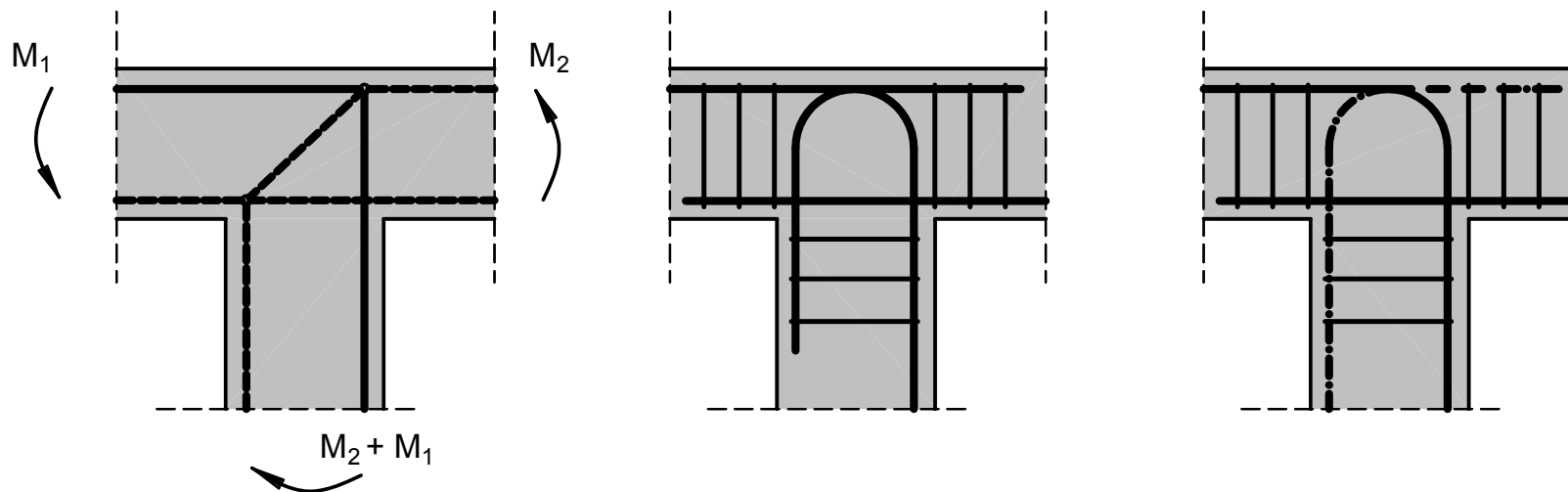


SPOJ KONTINUIRANA GREDA – STUP

c) Tipičan slučaj njihajućeg čvora

Moment u stupu zbroj je momenata u gredi lijevo i desno.

Pozitivni moment prenosi se iz stupa u greda.



c)

BETONSKI ZGLOB

najjednostavniji i
najjeftiniji centrirajući
zaokretni točkasti ili
linijski ležajevi

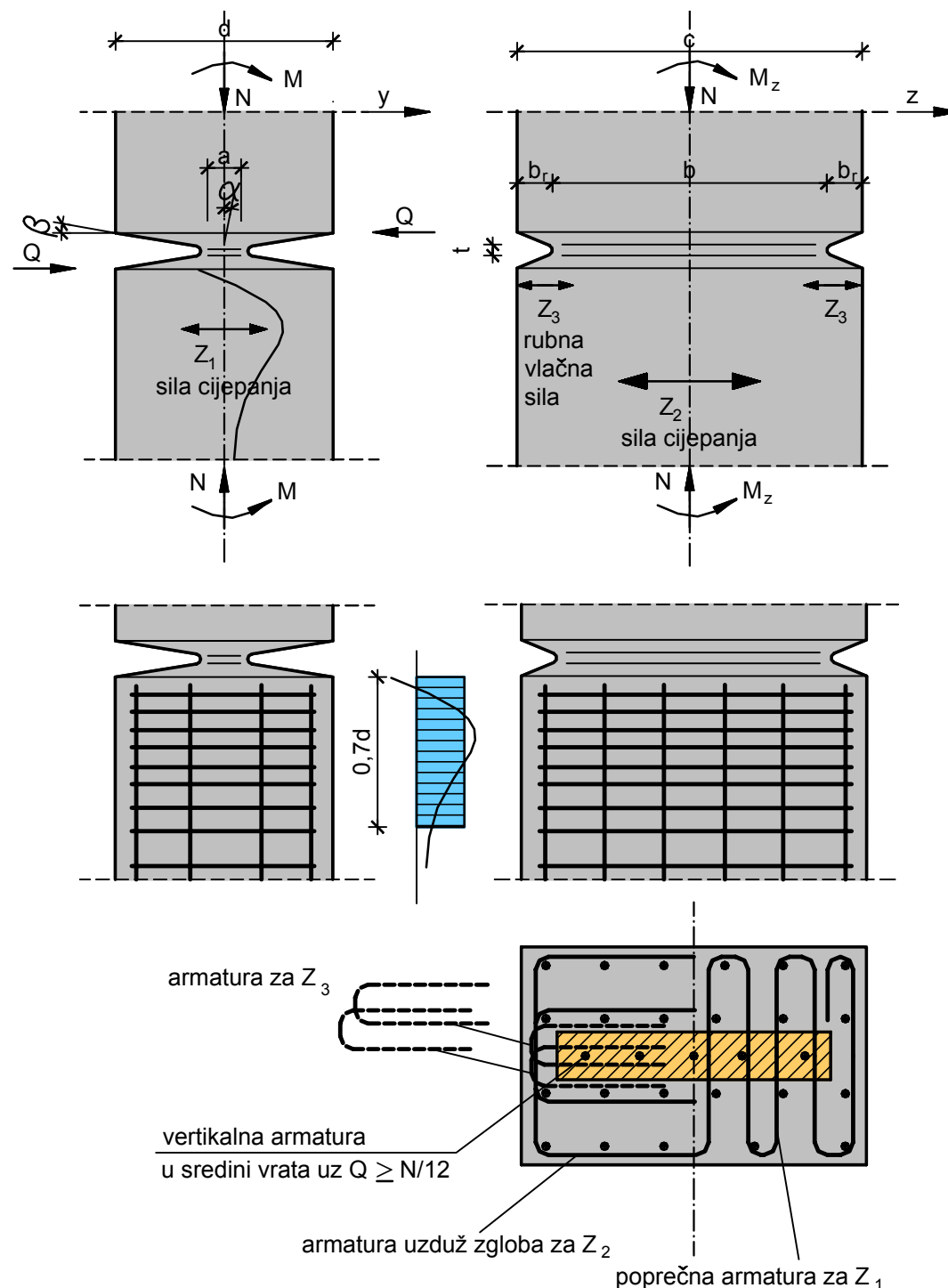
omogućuju velike kuteve
zaokreta ako su ispravno
dimenzionirani i
konstruirani

U KNJIZI SU PRIKAZANI:

FORMULE ZA OGRANIČENJE
POVRŠINE ZGLOBA

GEOMETRIJSKA PRAVILA i
DOPUŠTENI KUT
ZAOKRETANJA

POTREBNA ARMATURA ZA
PREUZIMANJE SILA Z_1 , Z_2 , Z_3



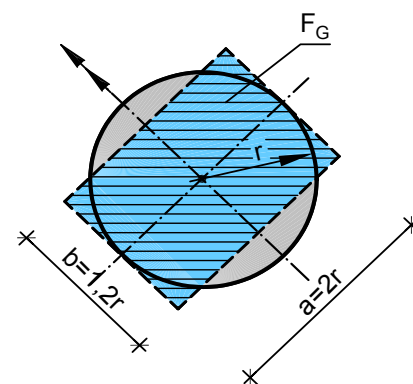
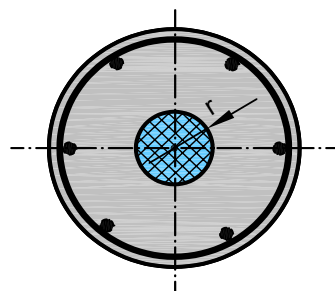
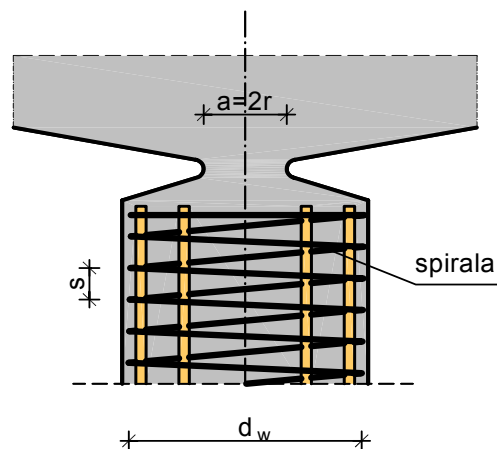
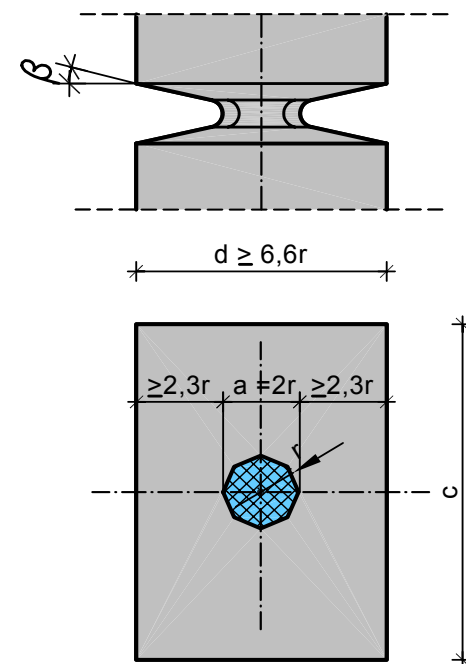
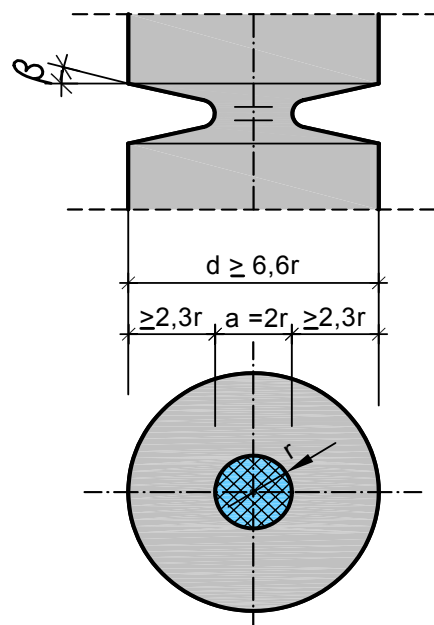
BETONSKI ZGLOB

Kod promjenjivo
usmjerenih i kosokutnih
zakretanja

vrat zgloba treba biti
okrugla ili osmerokutna
oblika

Promjer $a=2r$ mora biti
manji od $0,3 d_{\min}$

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



IZGRADNJA

Prikazujemo neke primjere izvedbe razupornih sustava

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



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

Kao prijelaz između grednih i lučnih mostova



razuporni sustavi su prikladna zamjena objema vrstama ovih mostova za srednje duljine raspona

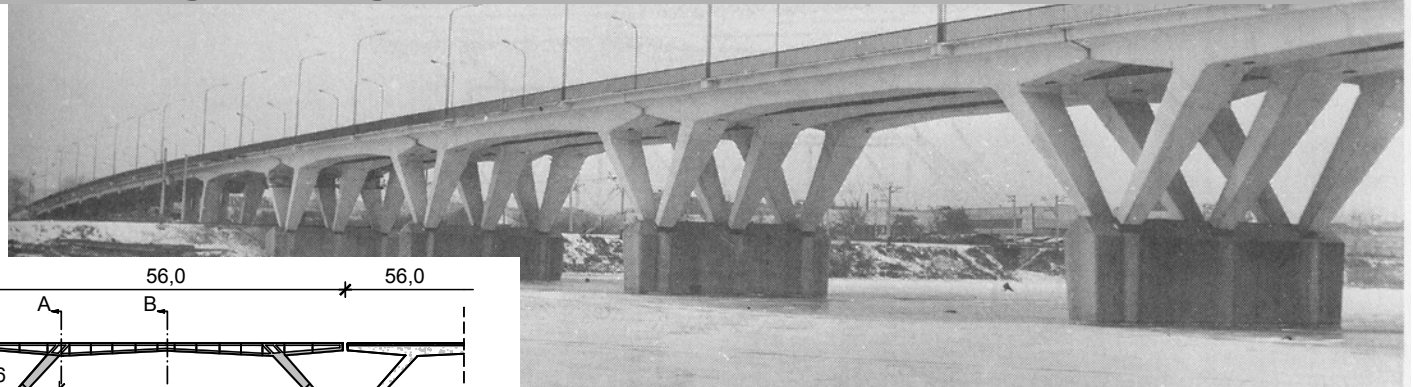
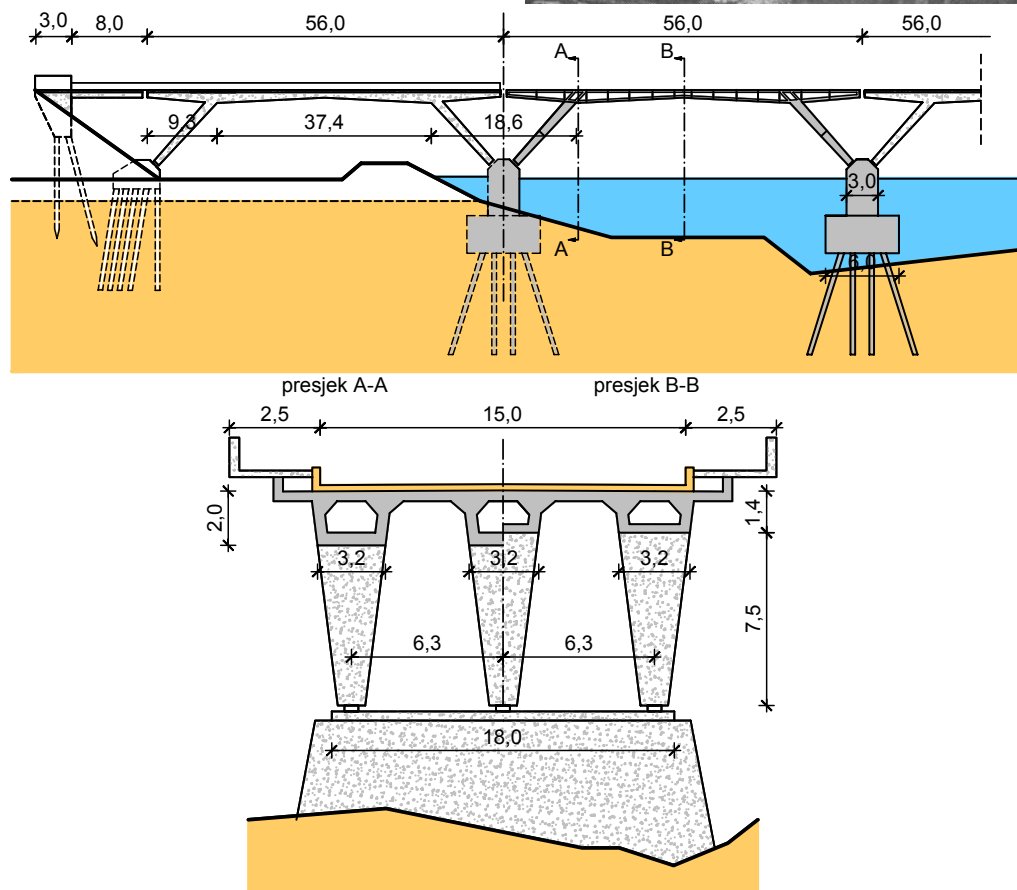
Često su zahtjevi na gradilište ovih mostova slični onima kod lučnih mostova



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 dvozglavnog sustava.



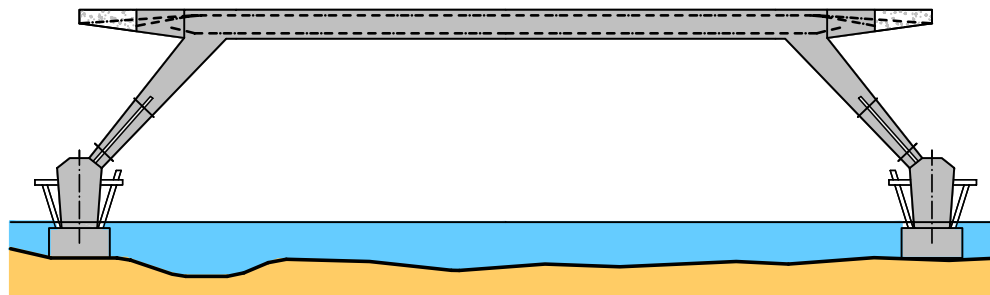
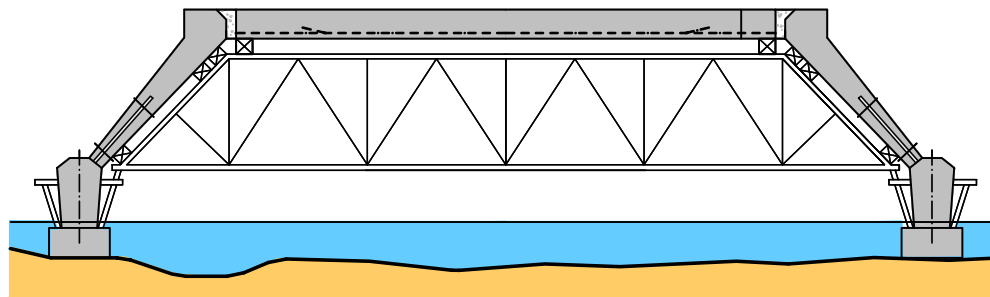
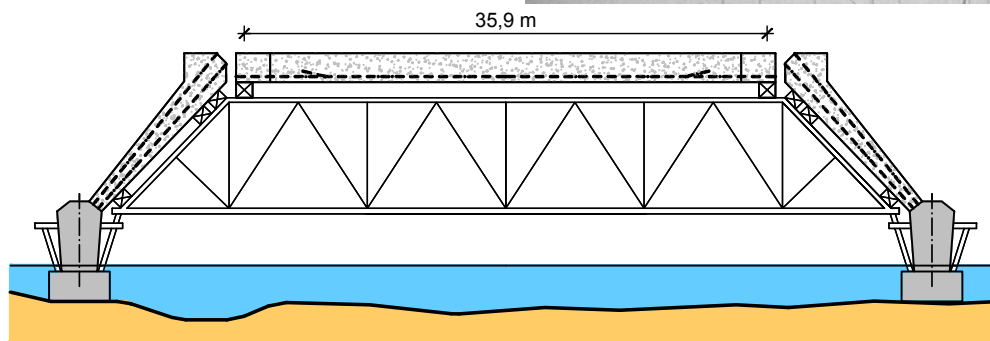
Stupovi se lijevaju na licu mjesta.

60% okvira - od predgotovljenih odsječaka.

Odsječci su 5,6 m širine, a 2,7 – 3,3 m duljine.

IZGRADNJA – primjer nizanja razupornih sustava

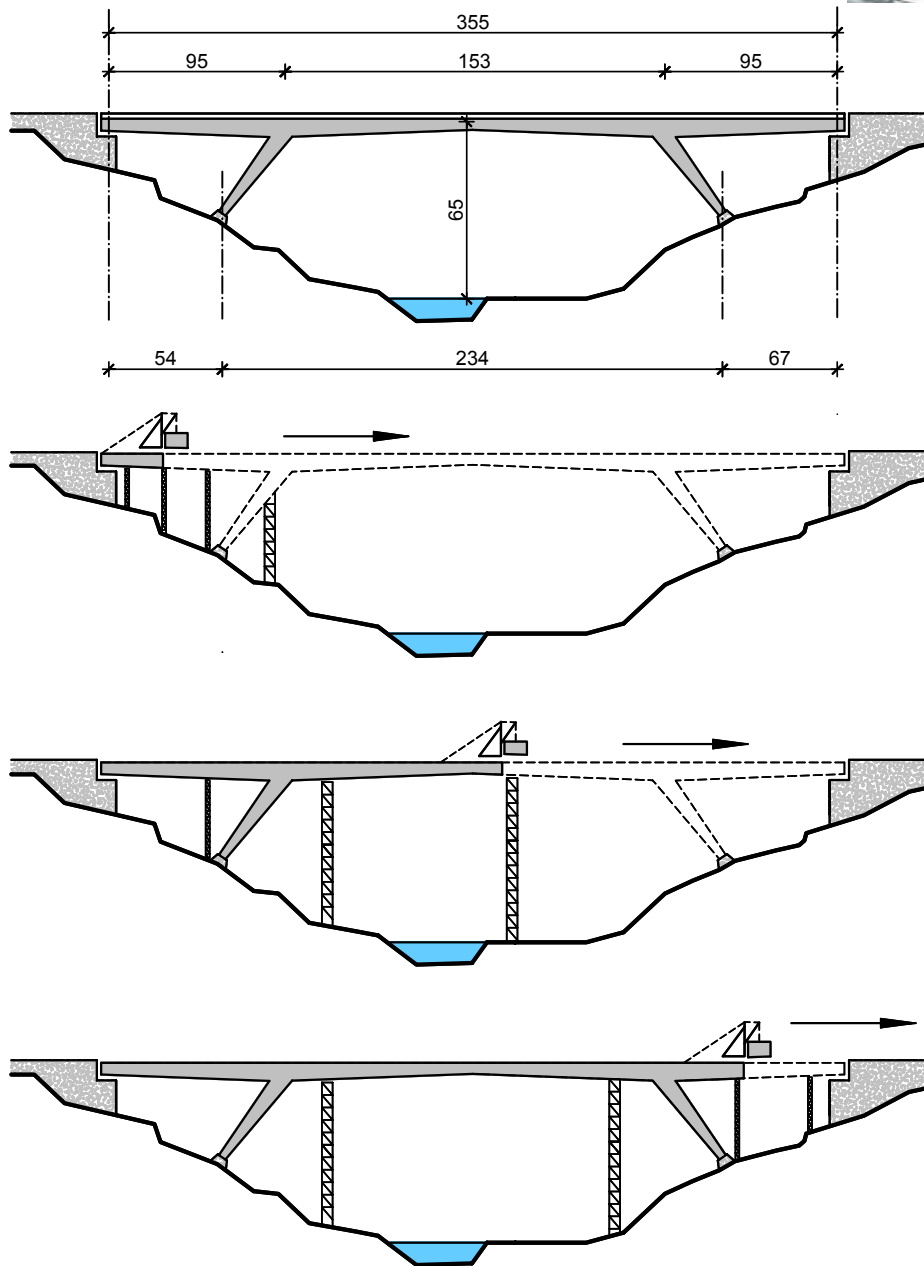
Rasponska konstrukcija svakog okvira izvedena je od 12 segmenata u strogom redoslijedu, počevši od sredine raspona prema stupovima.



Segmenti se postavljaju, lijepe i prednapinju.

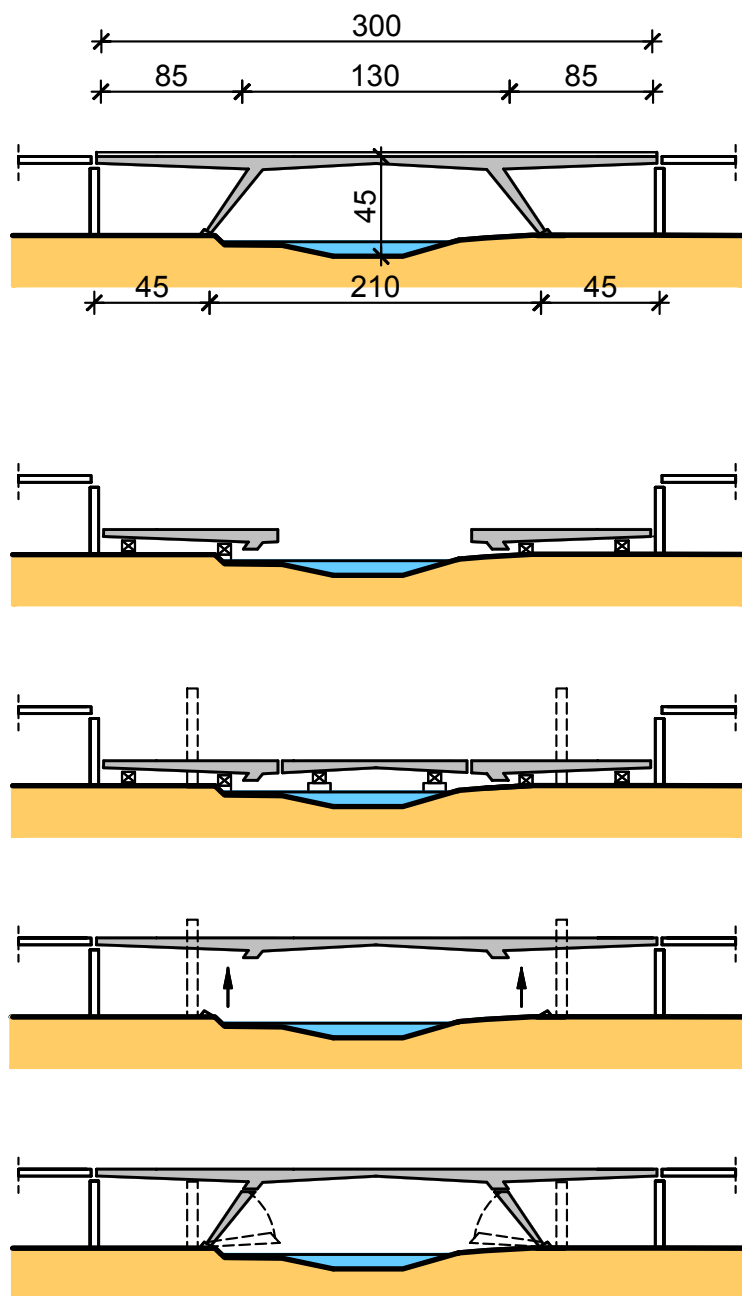
Kosnici se sa segmentima prečke povezuju betoniranjem na licu mjesta.

IZGRADNJA – most Alzette u Luxemburgu



**kombinacija slobodne
montaže i montaže na
podupiračima**

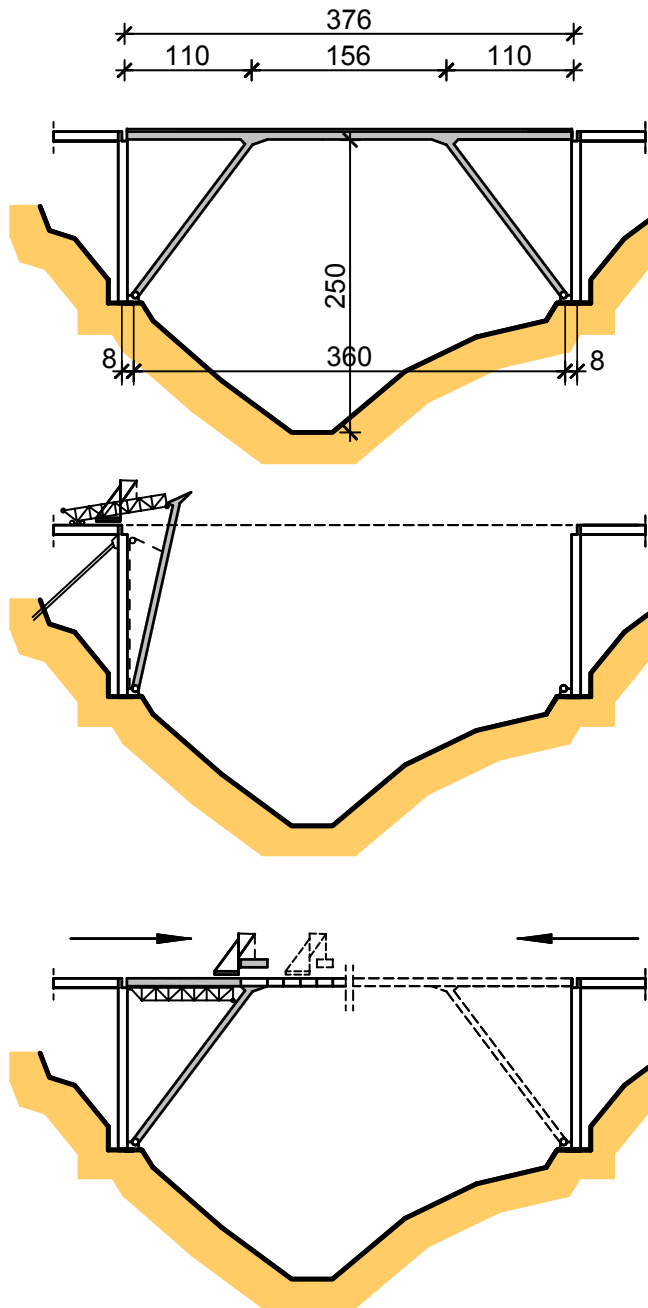
IZGRADNJA – vijadukt Martigues u Francuskoj



montaža izdizanjem predgotovljene grede pomoću dva portal lifta

postavljanje kosnika zaokretanjem s tla

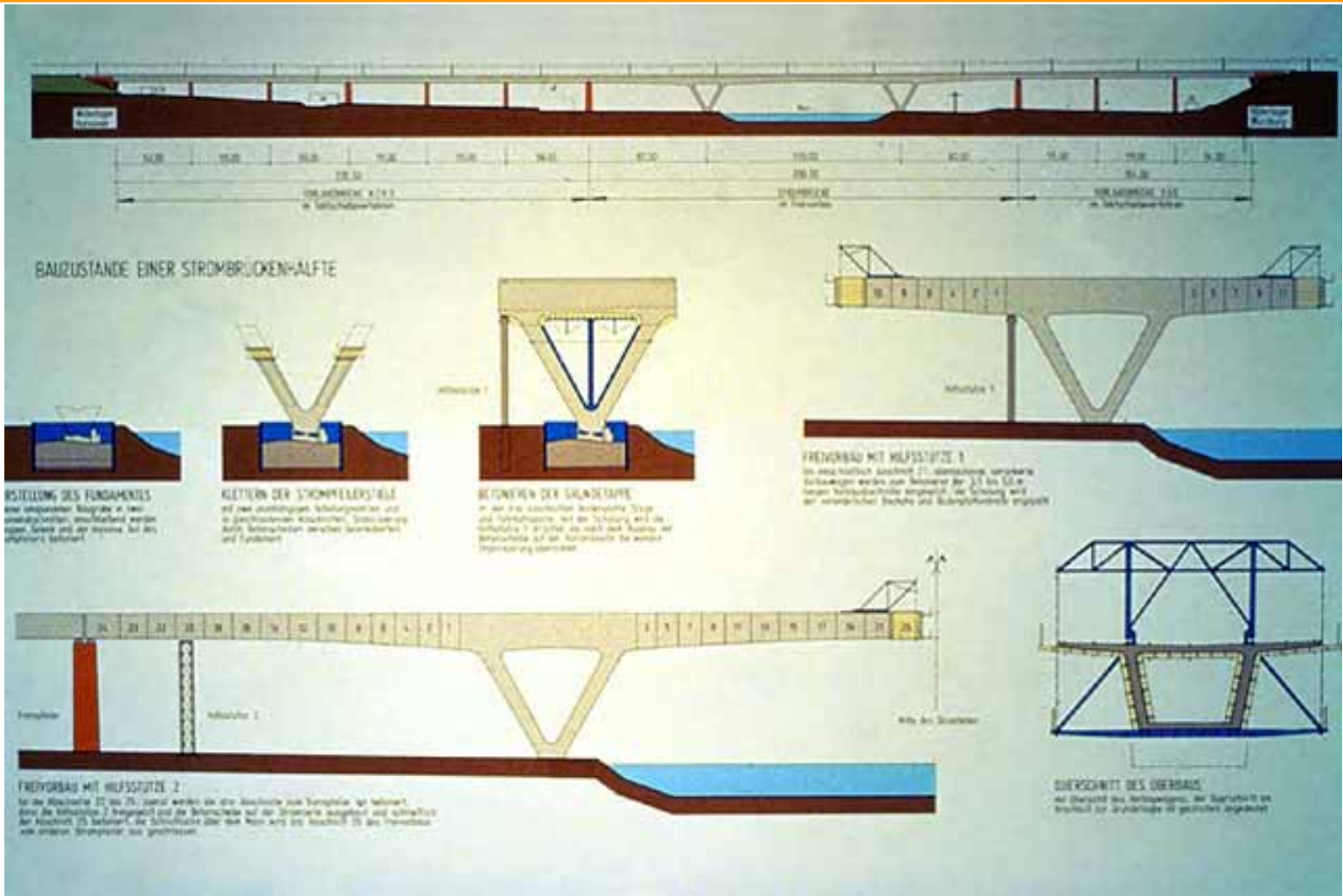
IZGRADNJA – most Sfalassa u Italiji



postavljanje kosnika uz pomoć posebnih uređaja za montažu

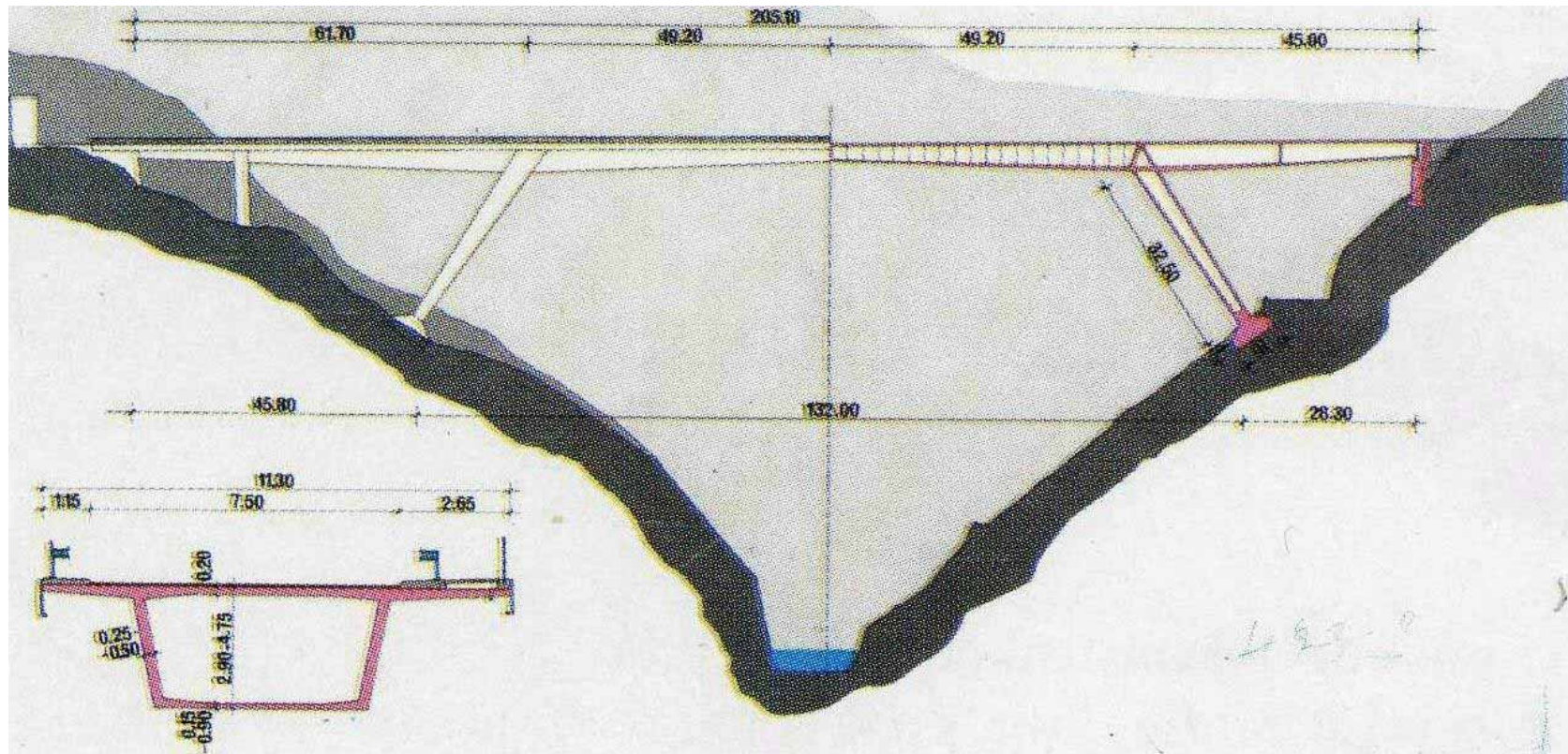
montaža grede u bočnom rasponu na pomoćnoj montažnoj skeli

u glavnom rasponu slobodna montaža grede derik-kranom



simetrična slobodna konzolna gradnja prema sredini glavnog raspona i prema prvom prilaznom stupu, koristeći po jedan pomoćni stup sa svake strane

IZGRADNJA – most Rječina



dvozglobna razupora s prepustima

Srednji raspon: 98,4 m, bočni rasponi: 45,0 m

Prednapeti sandučasti poprečni presjek

Linearno promjenjive dimenzije

IZGRADNJA – most Rječina



kanjon dubine 95 m

Stupovi i bočni rasponi betonirani su na skeli

sidrenjem u stijenu bili su osigurani za vrijeme gradnje

IZGRADNJA – most Rječina



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.

Nakon toga svaki je element prednapet.

IZGRADNJA – most Rječina

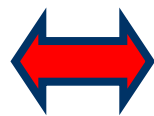


Montažom se napredovalo simetrično s jedne i druge strane mosta, do spajanja u sredini raspona.

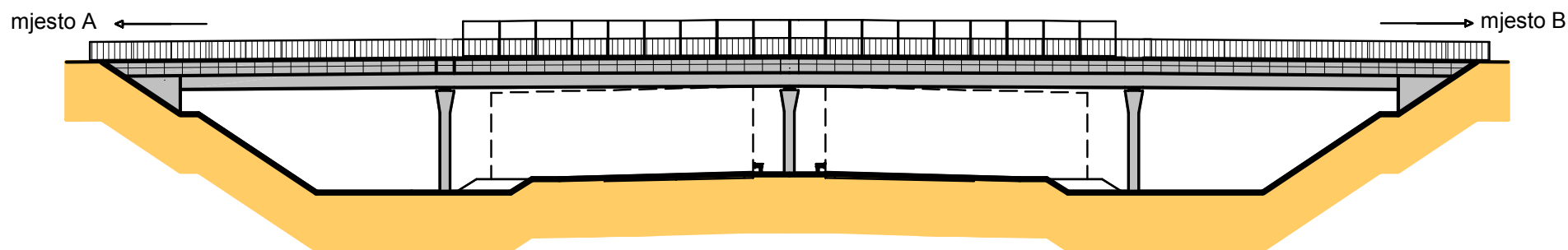
Spoj je ostvaren betoniranjem na samom mjestu.

NADVOŽNJACI

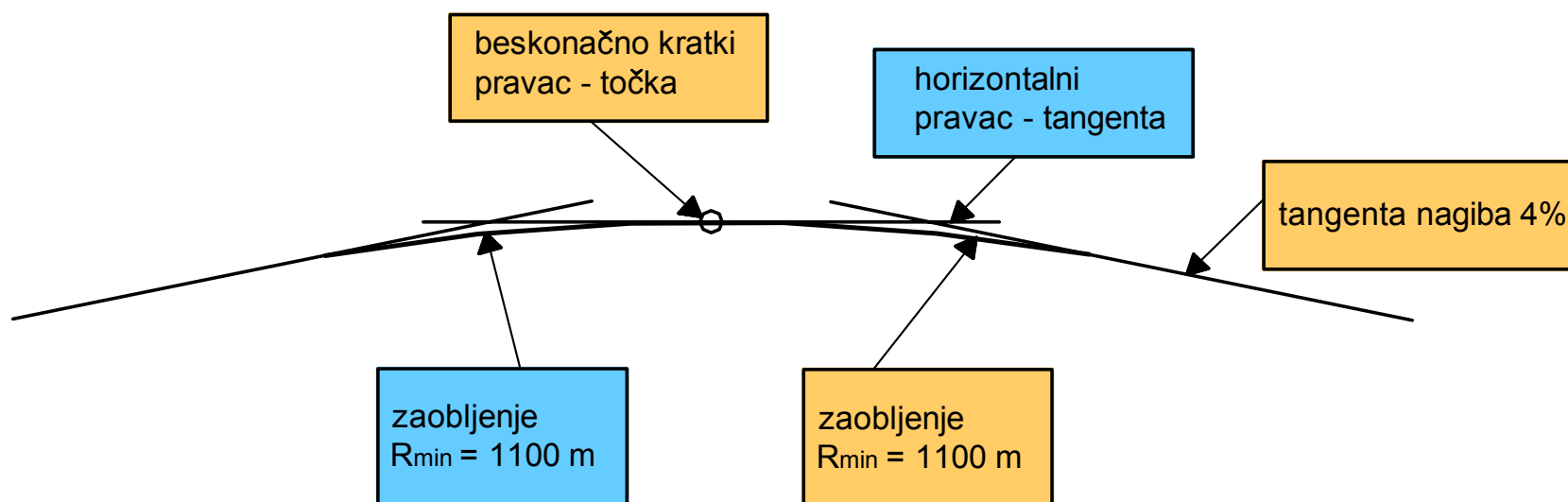
brojnost sličnih objekata



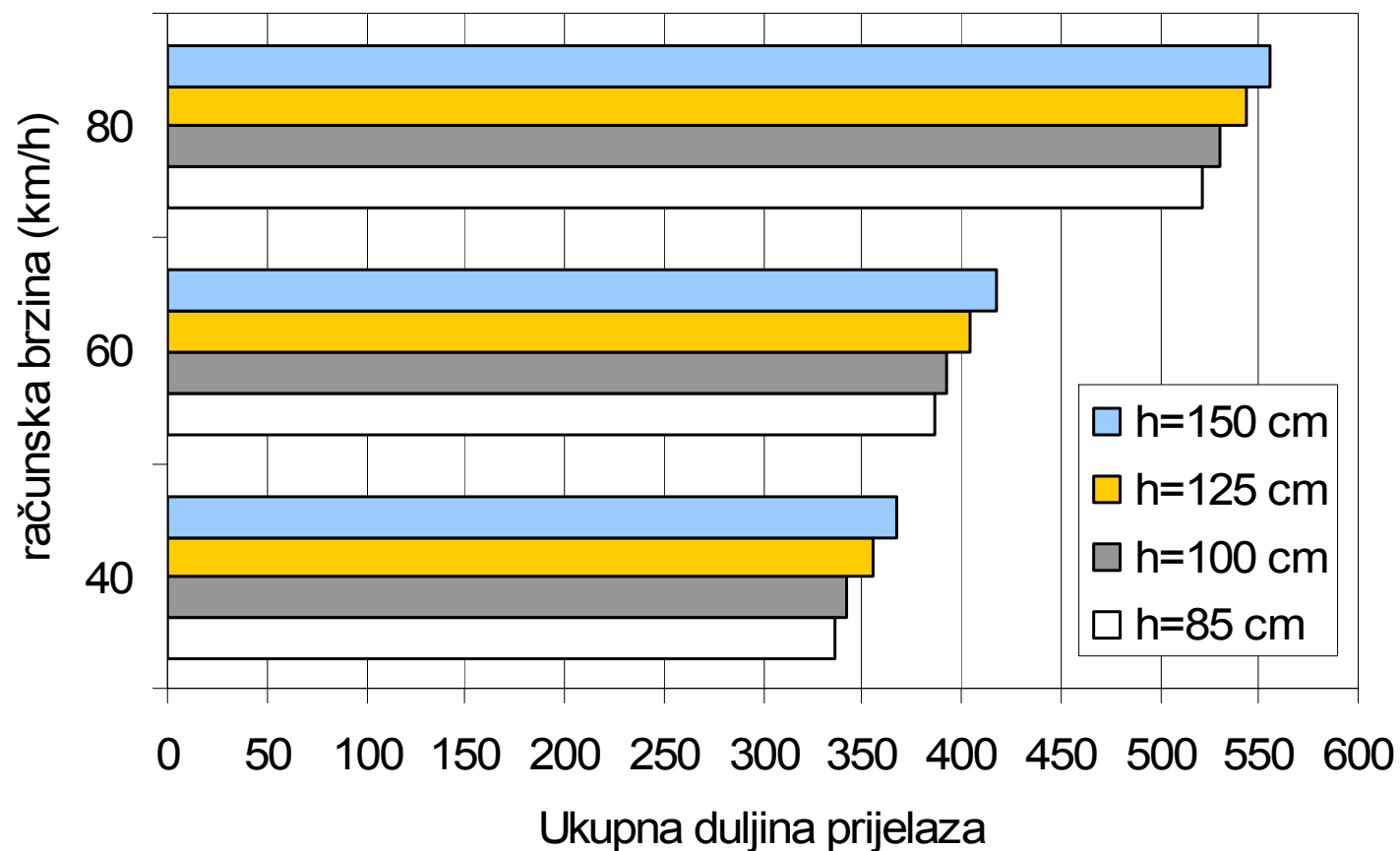
izloženost pogledima
vozača na prometnici ispod



Konstruiranje konveksnog zaobljenja nivelete nadvožnjaka za autocestu u ravnici



Grafički prikaz ovisnosti ukupne duljine prijelaza o računskoj brzini i visini rasponske konstrukcije



Odabir broja raspona ovisi o:

- konfiguraciji terena (u usjeku ili zasjeku manje, npr. 2 raspona, u ravnici bolje 4)
- traženoj preglednosti
- potrebama odvodnje (kanali uz prometnicu)

Karakteristike nivelete na nadvožnjaku (u načelu pripada projektu ceste, a ne mosta):

- dopušteni nagib prilaznih rampi – ovisi o kategoriji prometnice
- niveleta na nadvožnjaku treba biti jednostavna – samo jedna krivulja ili pravac

Odabir najvećeg raspona preko prometnice dobija se odgovaranjem na slijedeće pitanja:

- možemo li postaviti stup u središnjem pojasu?
- minimalna udaljenost stupa od ruba prometnice (1,5 m)?
- treba li predvidjeti mogućnost proširenja prometnice ispod za jednu traku?

Odabir visine nad prometnicom daju:

- minimalni slobodni profil + netočnost izvedbe + mogući popravci ceste ispod + slijezanje oslonaca

Odabir konstrukcije (uključuje i ekonomska razmatranja)

- statička visina (bolje što manja, npr. ploča)
- što je važnije, jednostavnost ili brzina izvedbe?
- mogućnosti lokalnih izvoditelja
- kakav je položaj i značaj nadvožnjaka (blizina turističke znamenitosti, grada ili graničnog prijelaza)?

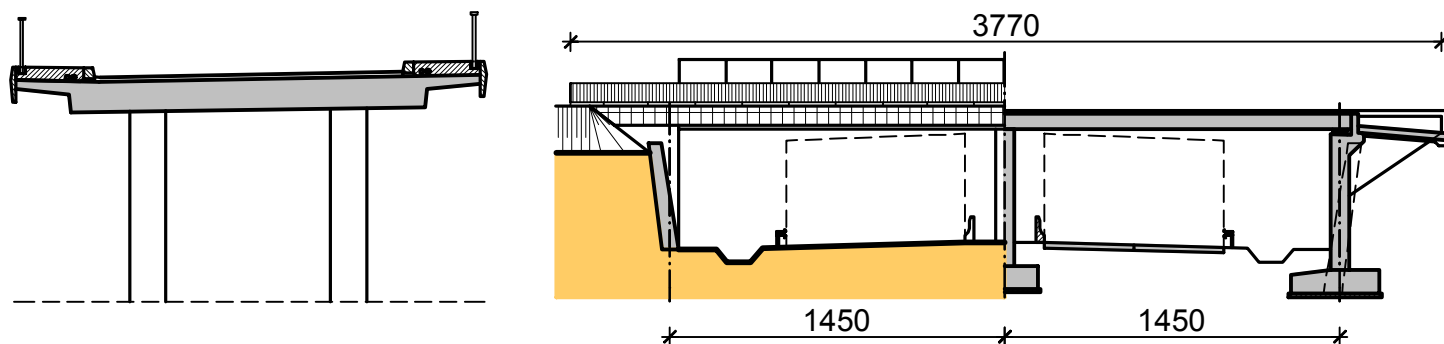
Donji ustroj ovisit će o:

- obilježjima temeljnog tla (jesu li i kako ispitana)
- potrebi mjera za sprečavanje udara vozila u stup?
- izvedbenim mogućnosti (eventualno montažni elementi)

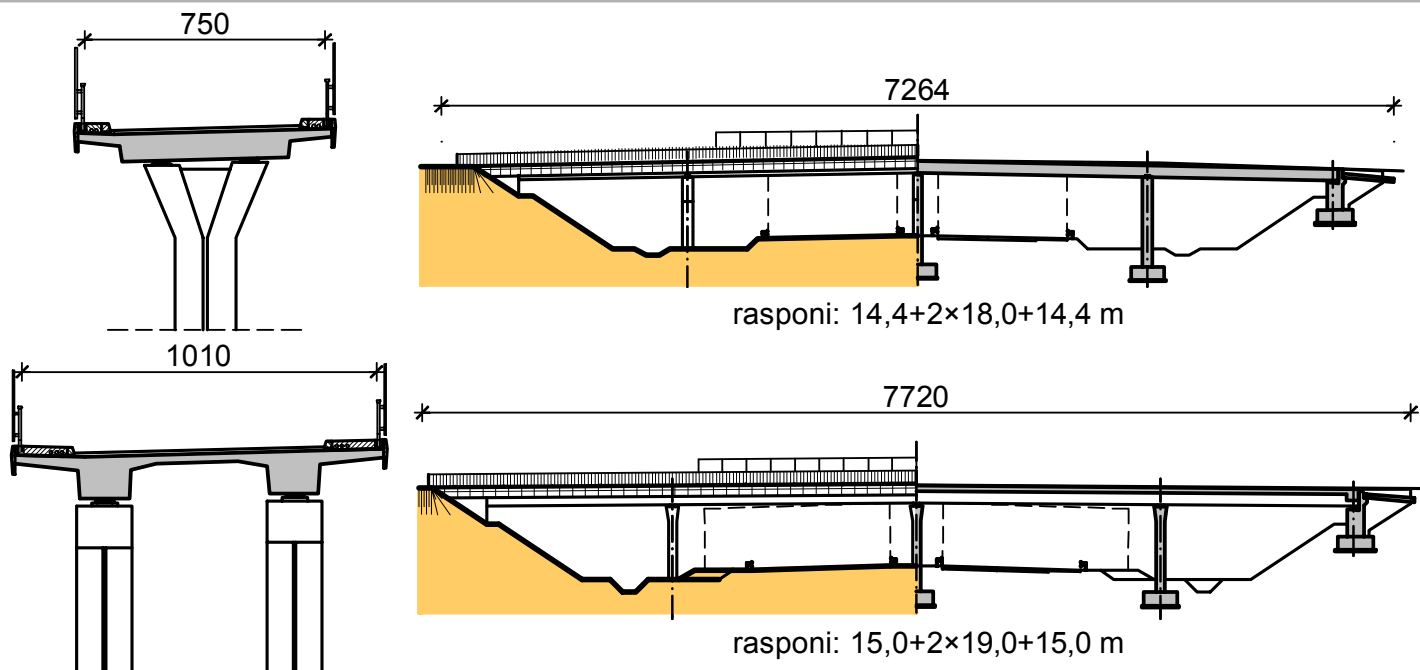
Oprema mosta ovisit će o:

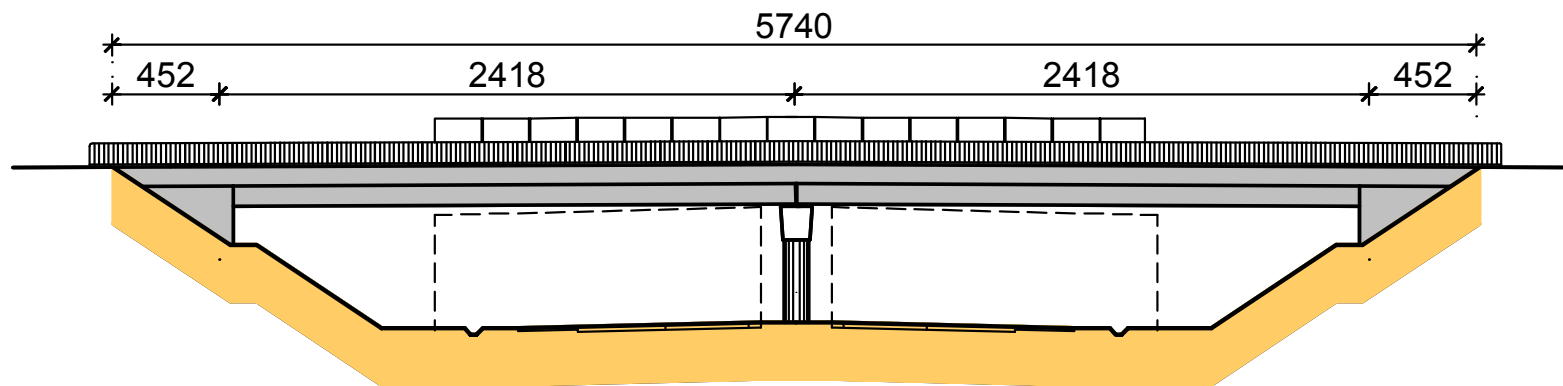
- razini održavanja na prometnici

Nadvožnjak za autocestu u usjeku, rasponski sklop AB ploča

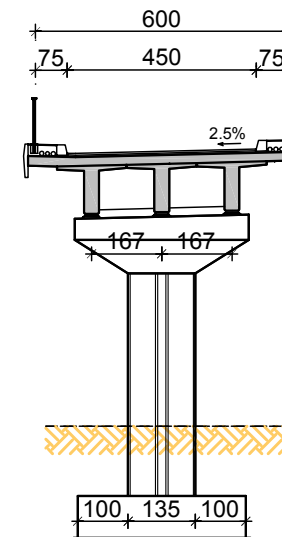
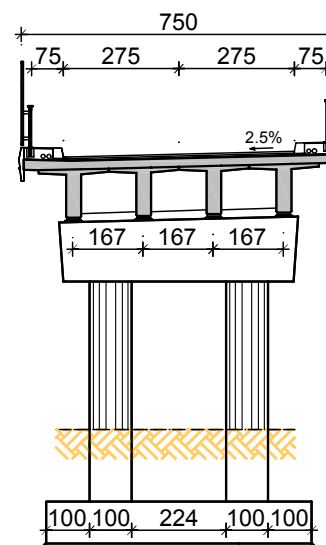
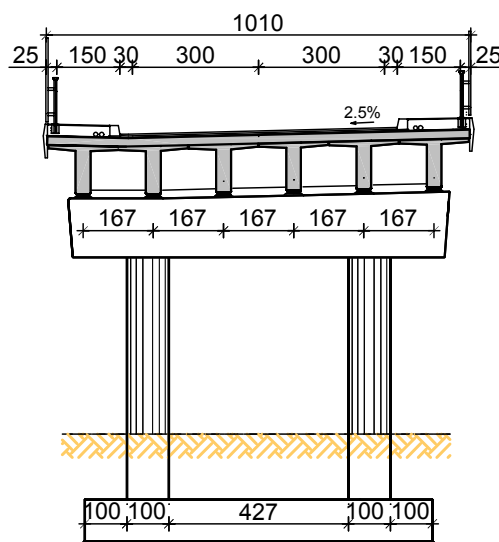
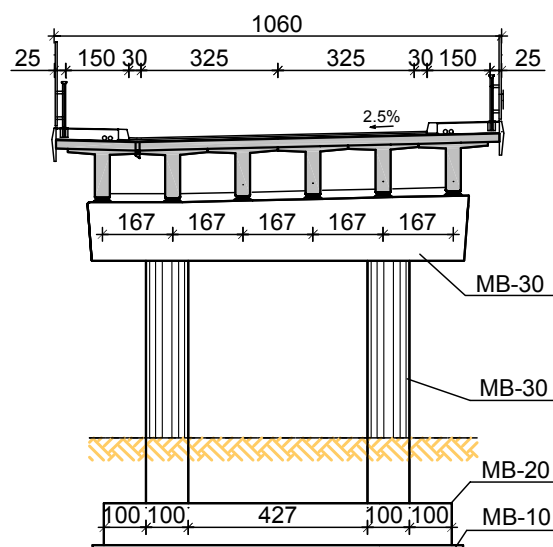


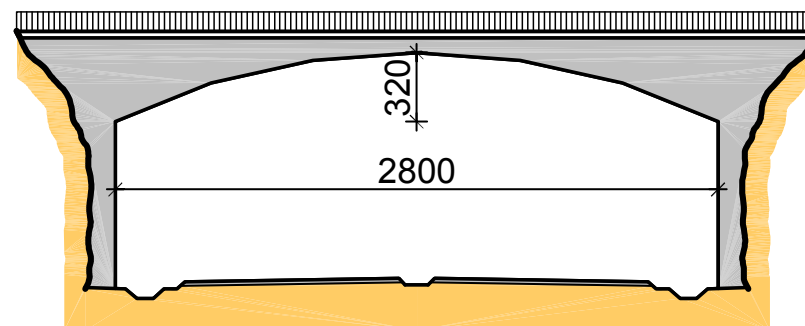
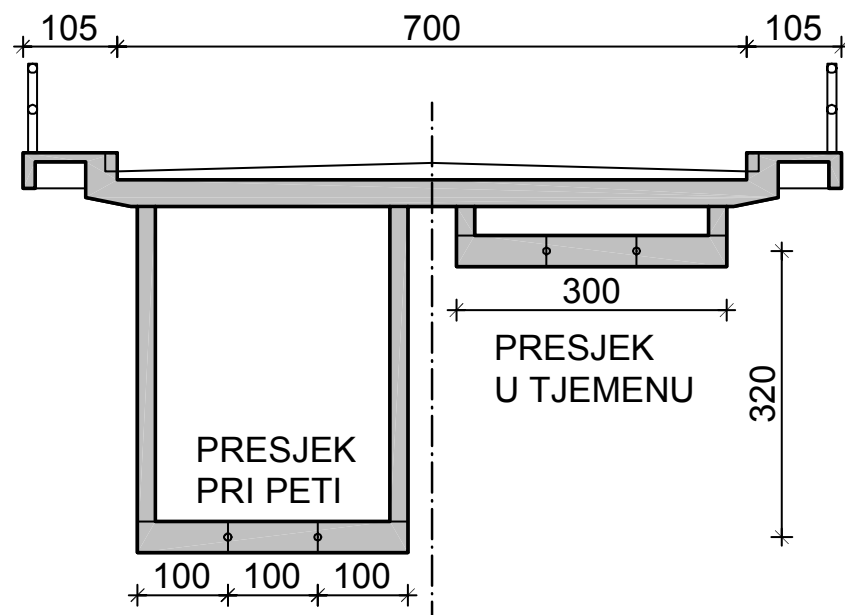
Armiranobetonski nadvožnjaci za autocestu u ravničarskom kraju



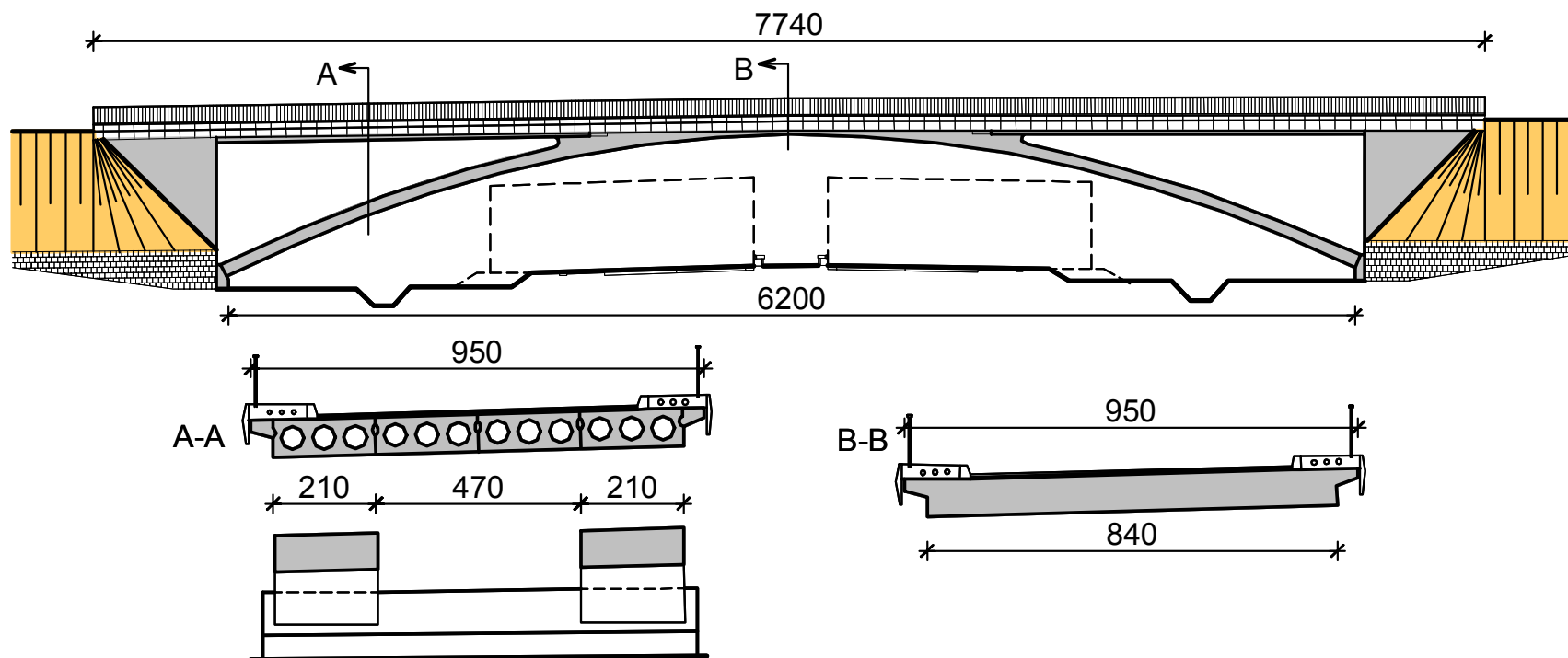


**Rješenje tipskog nadvožnjaka za usjek ili zasjek,
s kontinuitetnom pločom nad stupom**

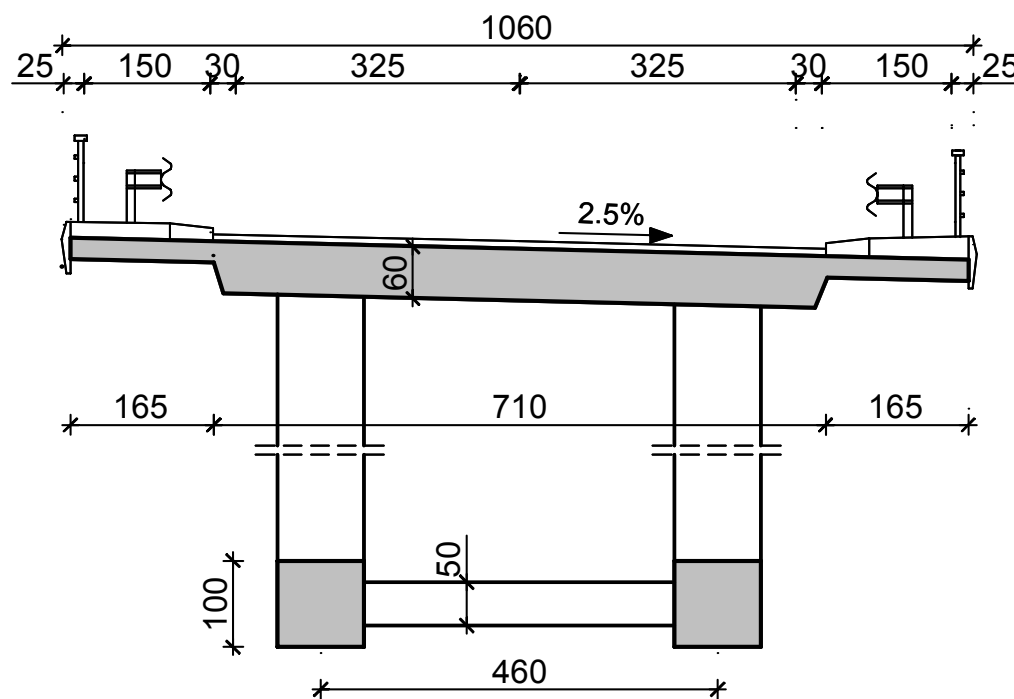
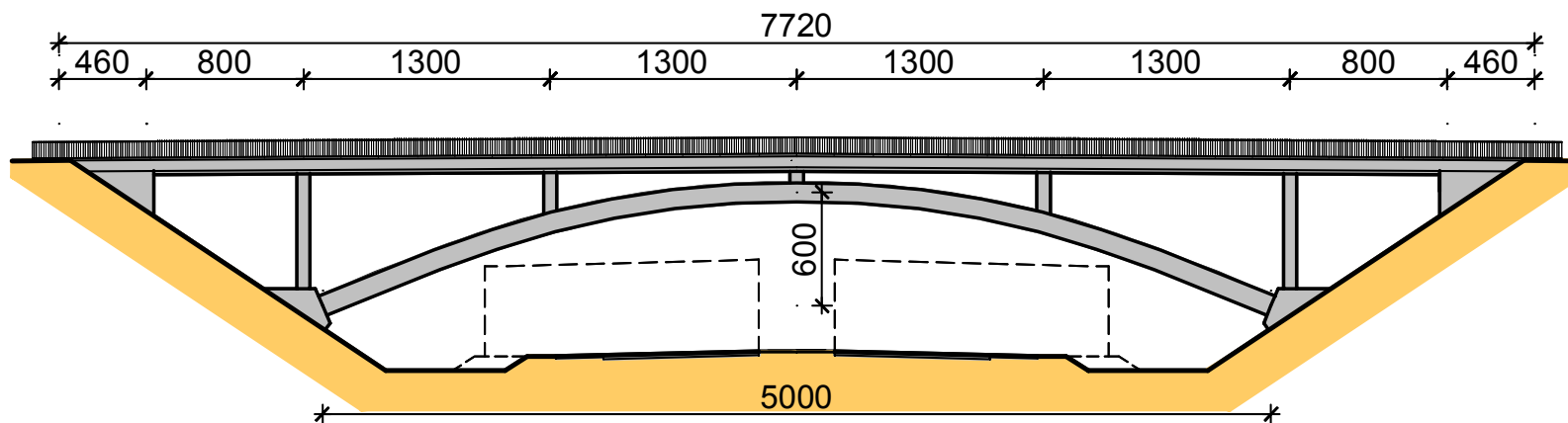




Lučni nadvožnjak od montažnih elemenata na prilazu Rijeci (Grobnik)



**Varijanta lučnog nadvožnjaka u
polumontažnoj izvedbi**



**Prijedlog lučnog
nadvožnjaka**

TIPSKI NADVOŽNJACI U ŠVICARSKOJ

- primjer neprimjerenih proporcija - preglomazne grede na tankim kosnicima
- svi rubovi paralelni



NADVOŽNJAK U ENGLESKOJ



- primjer vrlo loše oblikovanog nadvožnjaka

NADVOŽNJAK U NJEMAČKOJ



- primjer nadvožnjaka za vrlo visoki prijelaz

NADVOŽNJAK U NJEMAČKOJ



- primjeri dobro oblikovanog nadvožnjaka

NADVOŽNJAK U SAD-U



NADVOŽNJAK U SAD-U



NADVOŽNJAK U NORVEŠKOJ



NADVOŽNJAK U NORVEŠKOJ



NADVOŽNJAK B101, Njemačka, 2005.

- rasponi $L=18+21+20$ m
- armiranobetonski rasponski sklop te kosnici



NADVOŽNJAK, SAD



NADVOŽNJAK *KIRCHEIM*, Esslingen, Njemačka, 1993.

- projektanti: Schlaich, Bergerman & Partner
- prednapeti rasponski sklop, AB kosnici
- rasponi: $L=18+34+18$ m



NADVOŽNJAK, Bochum, Njemačka



PJEŠAČKI MOST *RONDELL*, Oberhof, Njemačka, 2002.

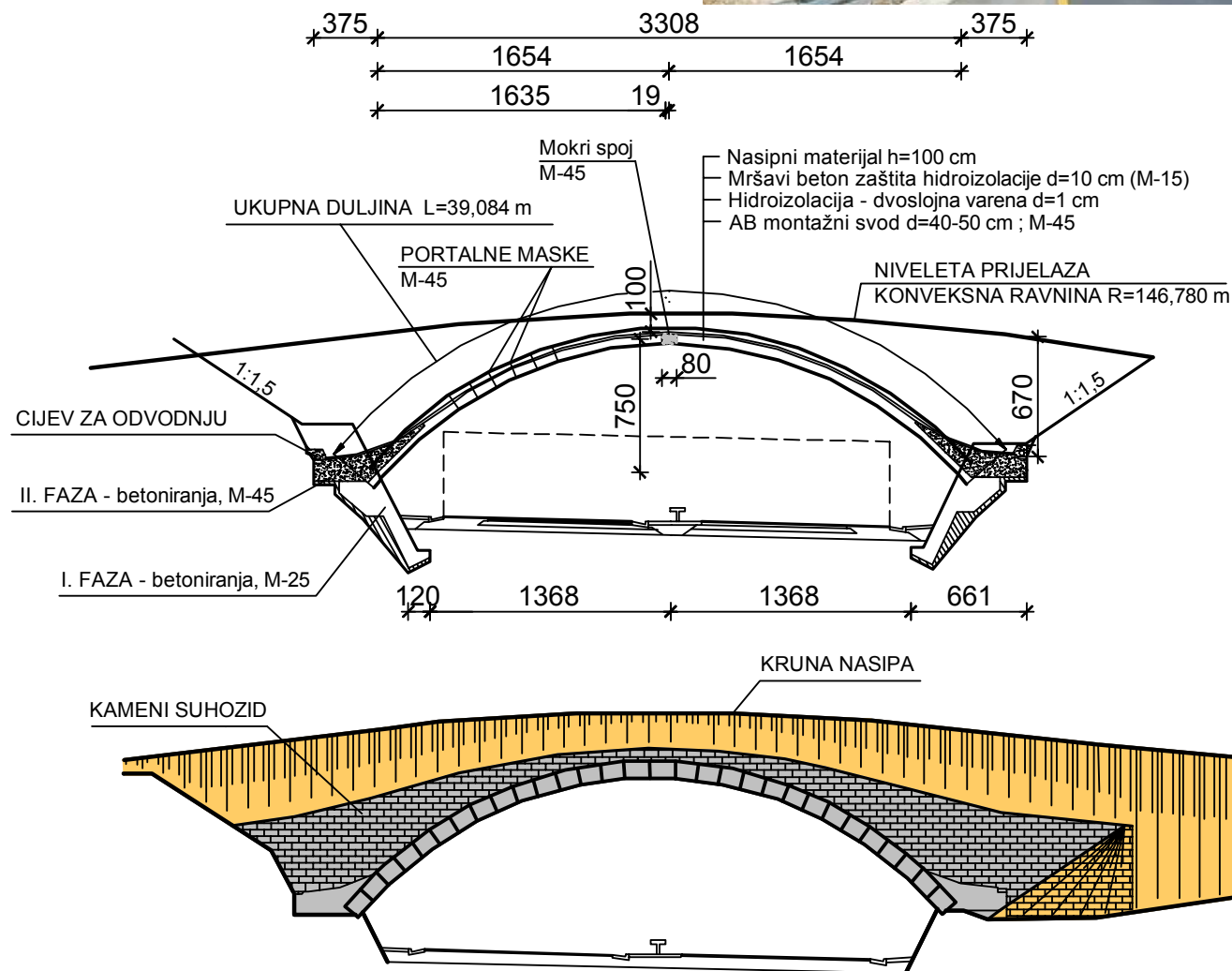
- čelična konstrukcija
- rasponski sklop sandučastog poprečnog presjeka
- rasponi: $L=15+37+16$ m



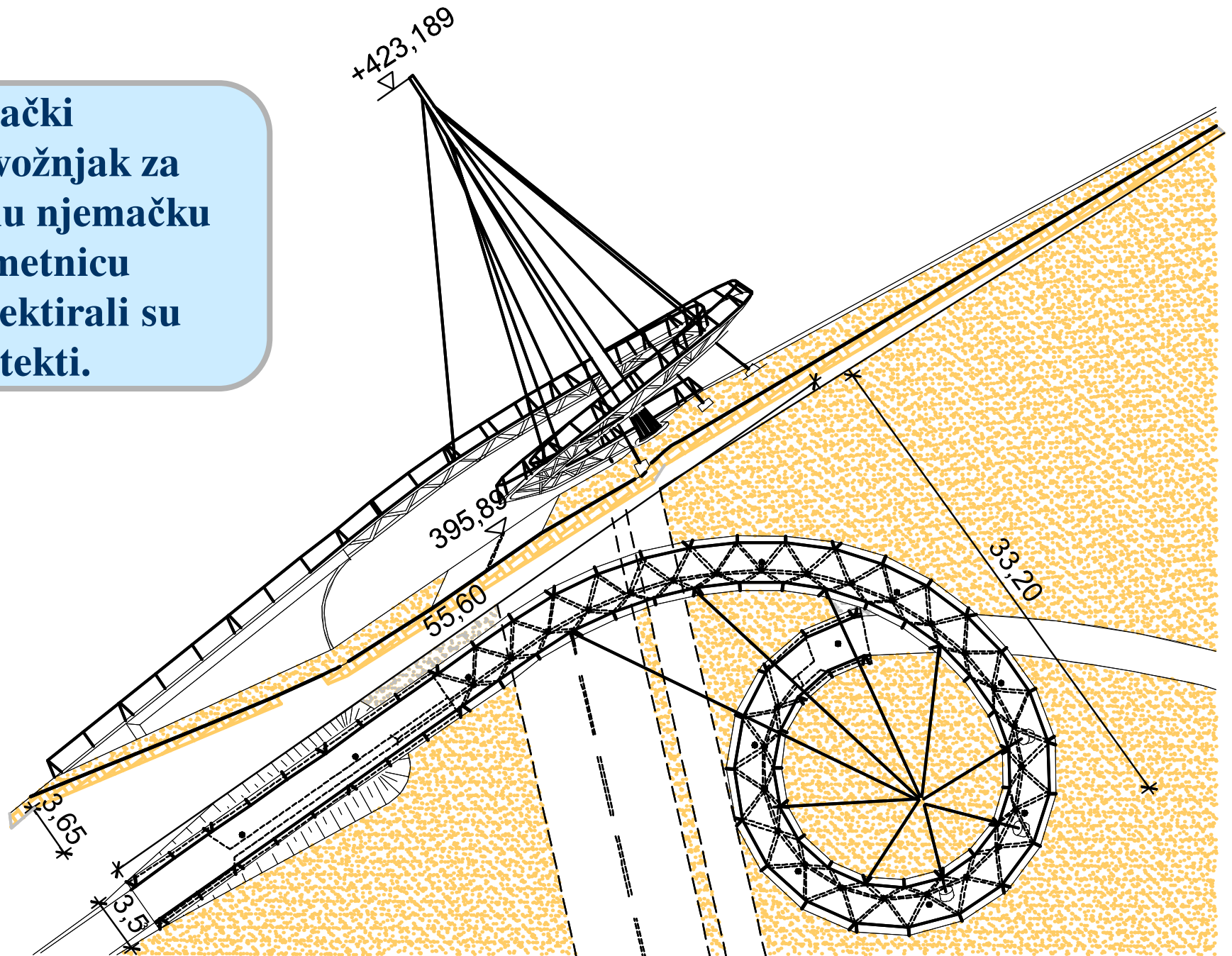
PRIJELAZ ZA ŽIVOTINJE, Urcel, Francuska



Prijelaz za životinje.
Vožnja uz rub ceste vrlo je
neugodna jer luk vizualno
zatvara slobodni profil.



**Pješački
nadvožnjak za
jednu njemačku
prometnicu
projektirali su
arhitekti.**



Varijante spregnutih nadvožnjaka

**Nadvožnjak Mučići,
Autocesta Zagreb – Split –
Dubrovnik, Dionica:
Šestanovac - Zagvozđ**

**Minimalna visina slobodnog
profila 4,5 m,
visinska razlika niveleta 6,8 m.**

**Kut križanja 62,055°,
tlocrtno pravac,
uzdužni pad 1,626%**

**Državna cesta
0,95+2x3,55+0,95 m
Autocesta
2x14,7 = 29,4 m**



Varijante spregnutih nadvožnjaka

1

**Slobodno oslonjena
greda, $L=40$ m**



2

**Okvirna konstrukcija
 $L=37,5$ m**

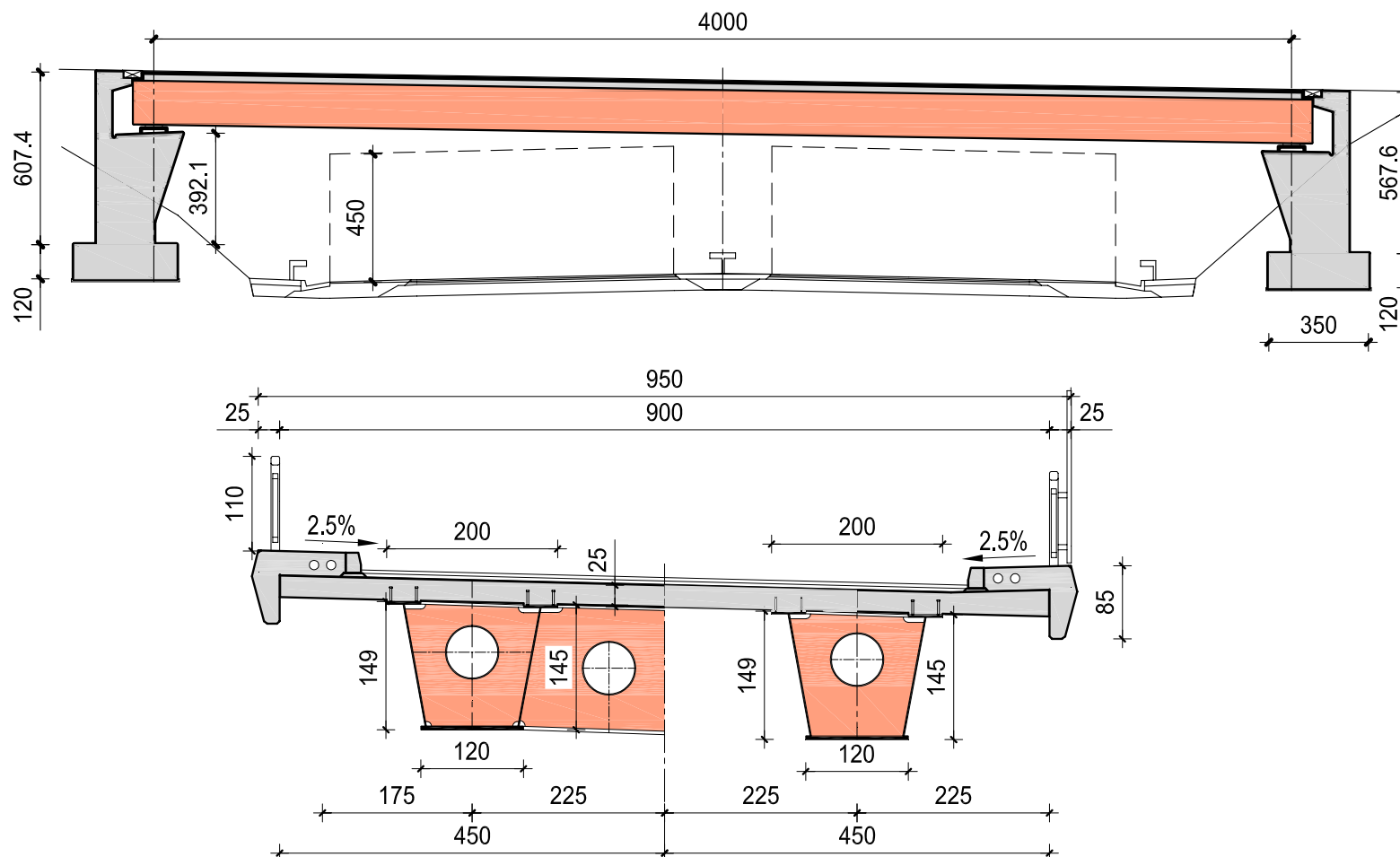


3

**Kontinuirana greda
 $L=2 \times 22,0$ m**

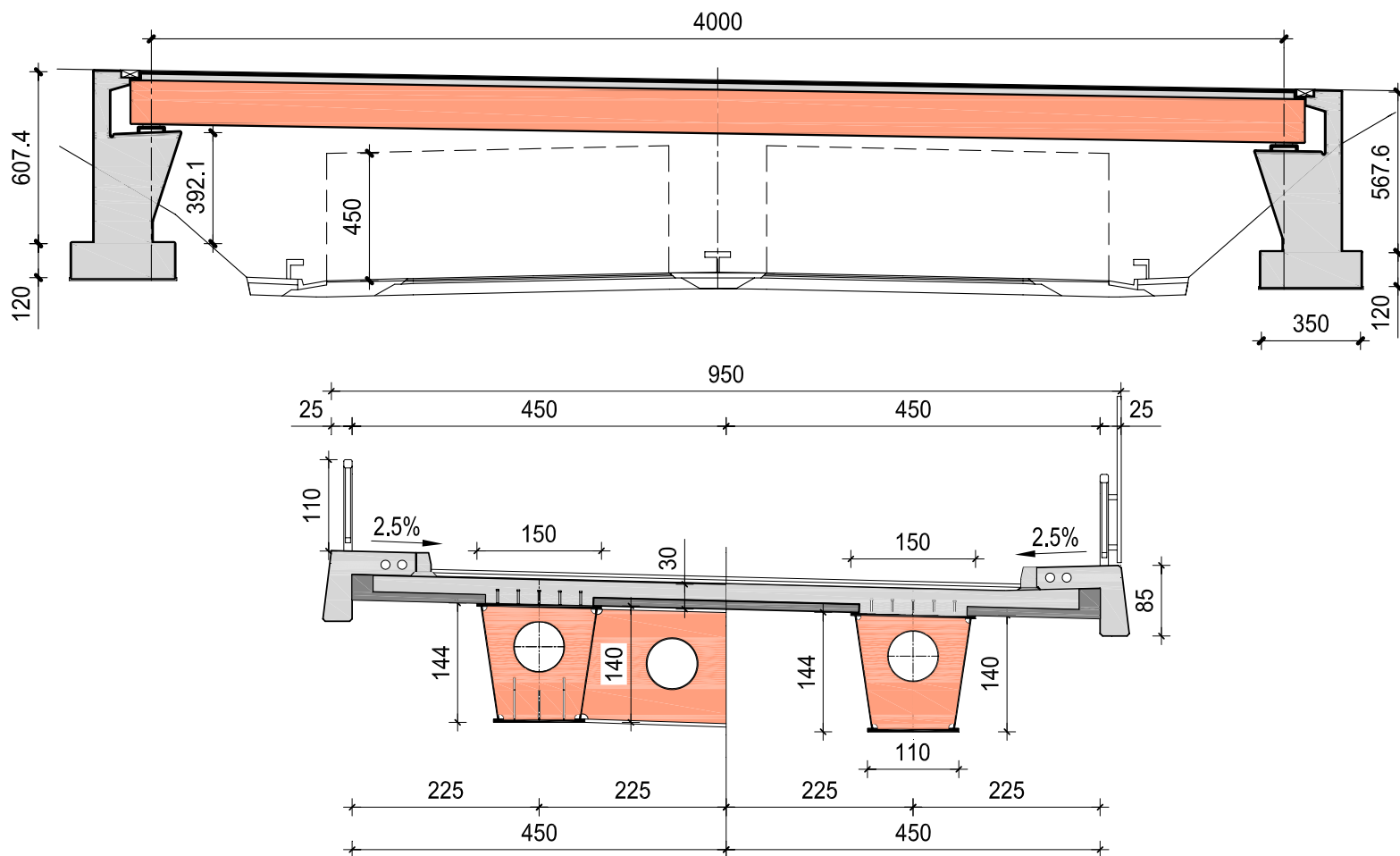


1A Slobodno oslonjena greda, $L=40$ m



A perspective view of a highway bridge. A red beam is highlighted on the bridge deck, representing the location of the sensor. The bridge has a concrete structure and a metal railing. The road below is a multi-lane highway with a white guardrail. The surrounding landscape is hilly and green, under a blue sky with some clouds.

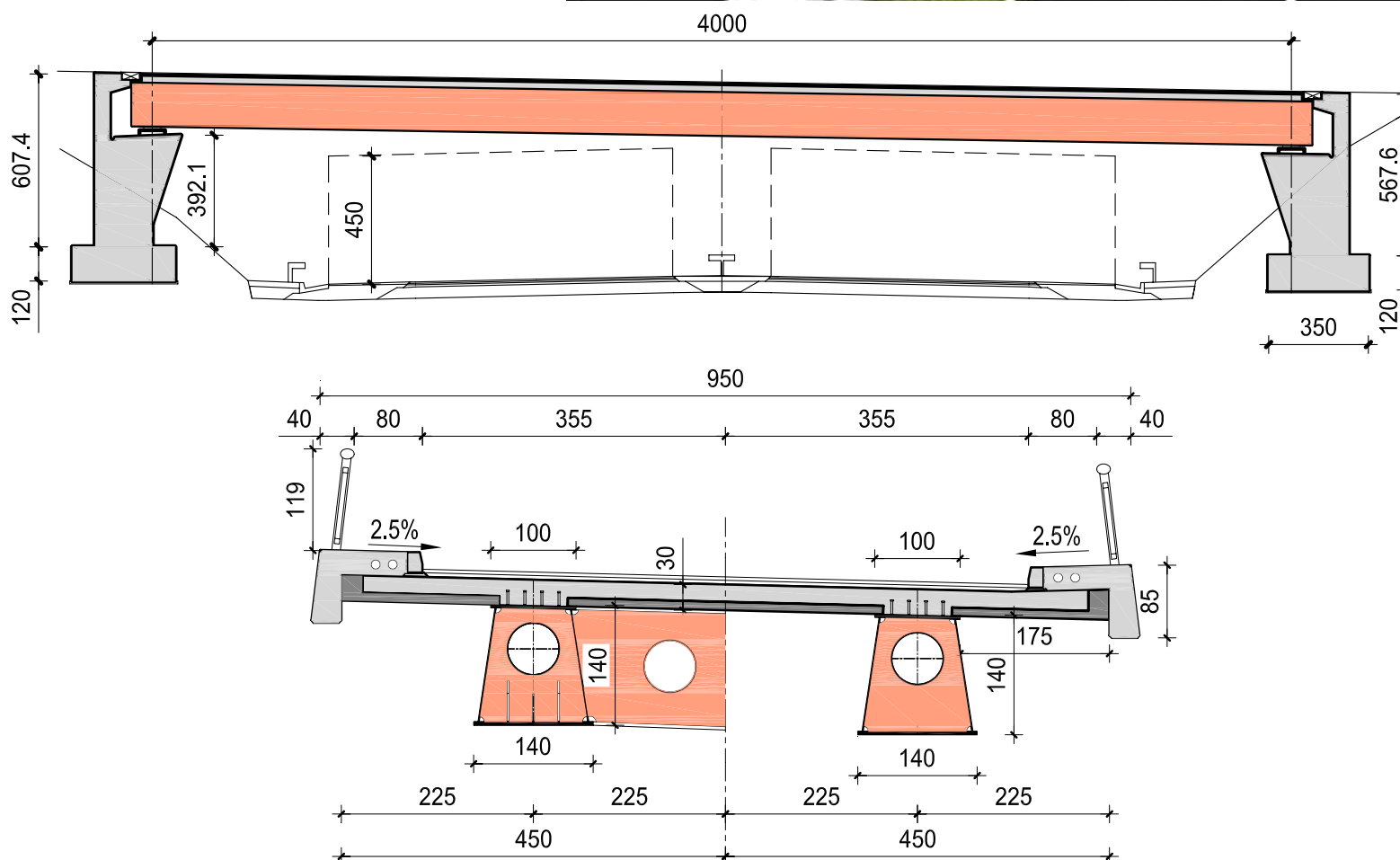
Slobodno oslonjena greda, $L=40$ m



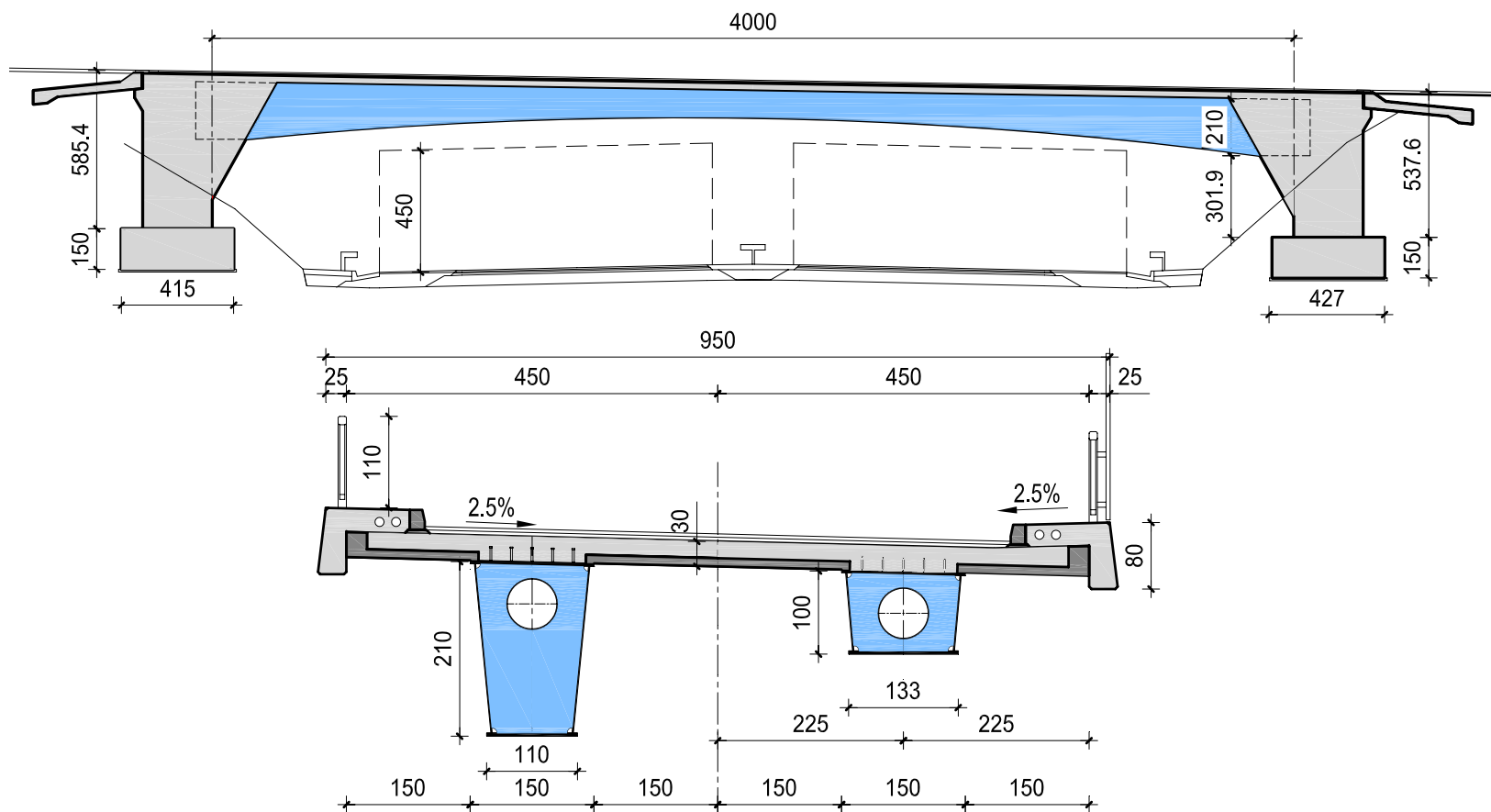
Varijante spregnutih nadvožnjaka

1C

Slobodno oslonjena greda, $L=40$ m



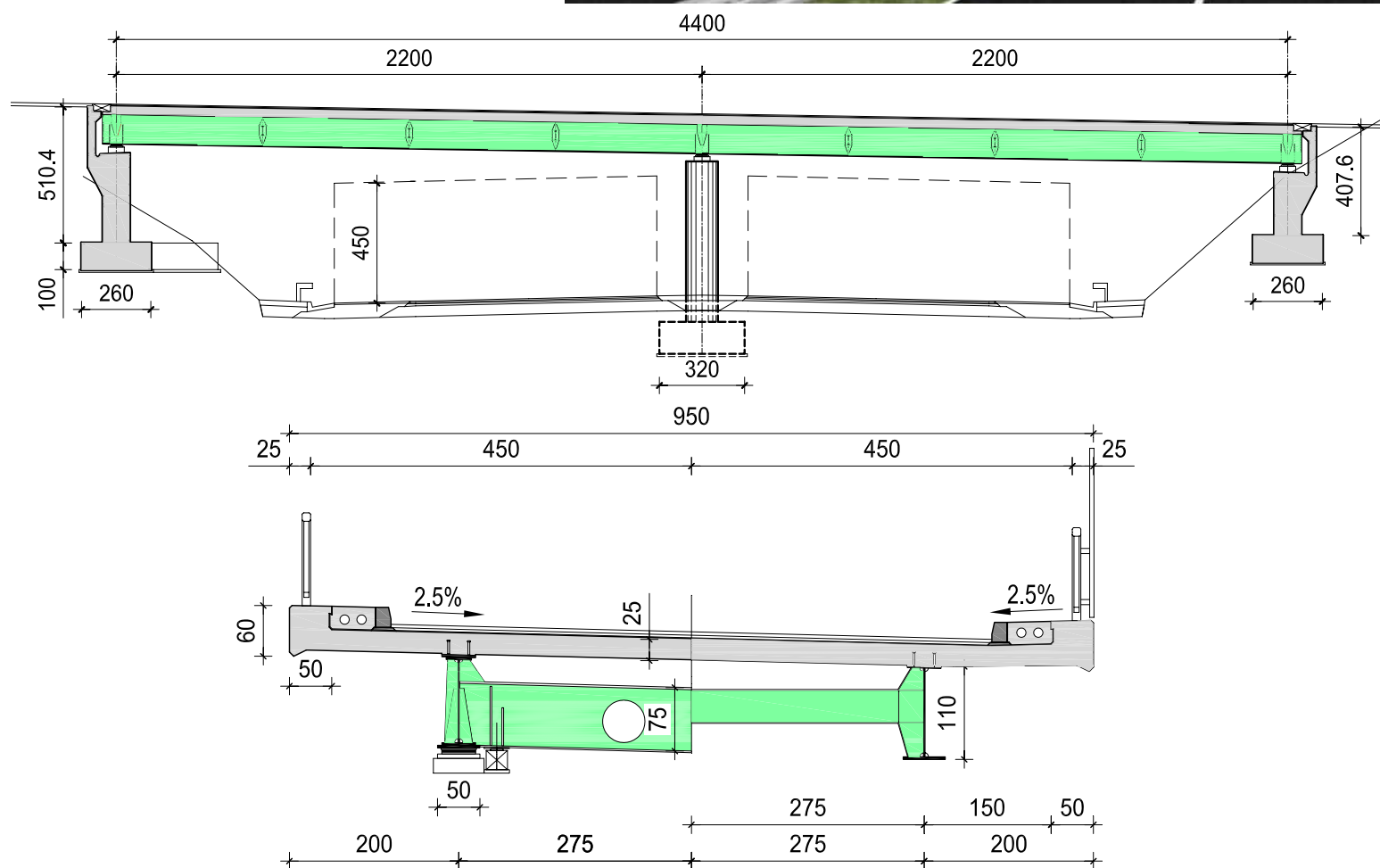
Okvirna konstrukcija L=37,5 m



Varijante spregnutih nadvožnjaka

3

Kontinuirana greda
 $L=2 \times 22,0 \text{ m}$



Varijante spregnutih nadvožnjaka

		VARIJANTE				
		1A	1B	1C	2	3
D O N J I U S T R O J	BETON (m³)					
	U1	190,8	190,8	190,8	264,0	115,5
	U2	149,6	149,6	149,6	220,6	74,2
	S1	---	---	---	---	38,2
	UKUPNO (m³)	340,4	340,4	340,4	484,6	227,9
	ARMATURA (kg)					
	U1	28618,5	28618,5	28618,5	39604,5	17324,8
	U2	22434,0	22434,0	22434,0	33096,0	11136,0
	S1	---	---	---	---	6138,0
	UKUPNO (kg)	51052,5	51052,5	51052,5	72700,5	34598,8
	GORNJI USTROJ					
	ČELIK (t)	65	74,7	68,4	59,8	31,3
	BETON (m³)	90	108	108	101,3	99
	ARMATURA (kg)	36000	43200	43200	40520	39600

Varijante spregnutih nadvožnjaka

TROŠKOVNIK

Minimalni utrošak gradiva za varijantu 3

1, 2: slični utrošak gradiva

SIGURNOST PROMETA

Varijanta 3 najlošija (zasjek)

TRAJNOST

Integralna varijanta 2 najpovoljnija

IZGRADNJA

Najjednostavnija za var.1 uz pomoćne oslonce smještene simetrično na udaljenosti 4,0 m od sredine nadvožnjaka

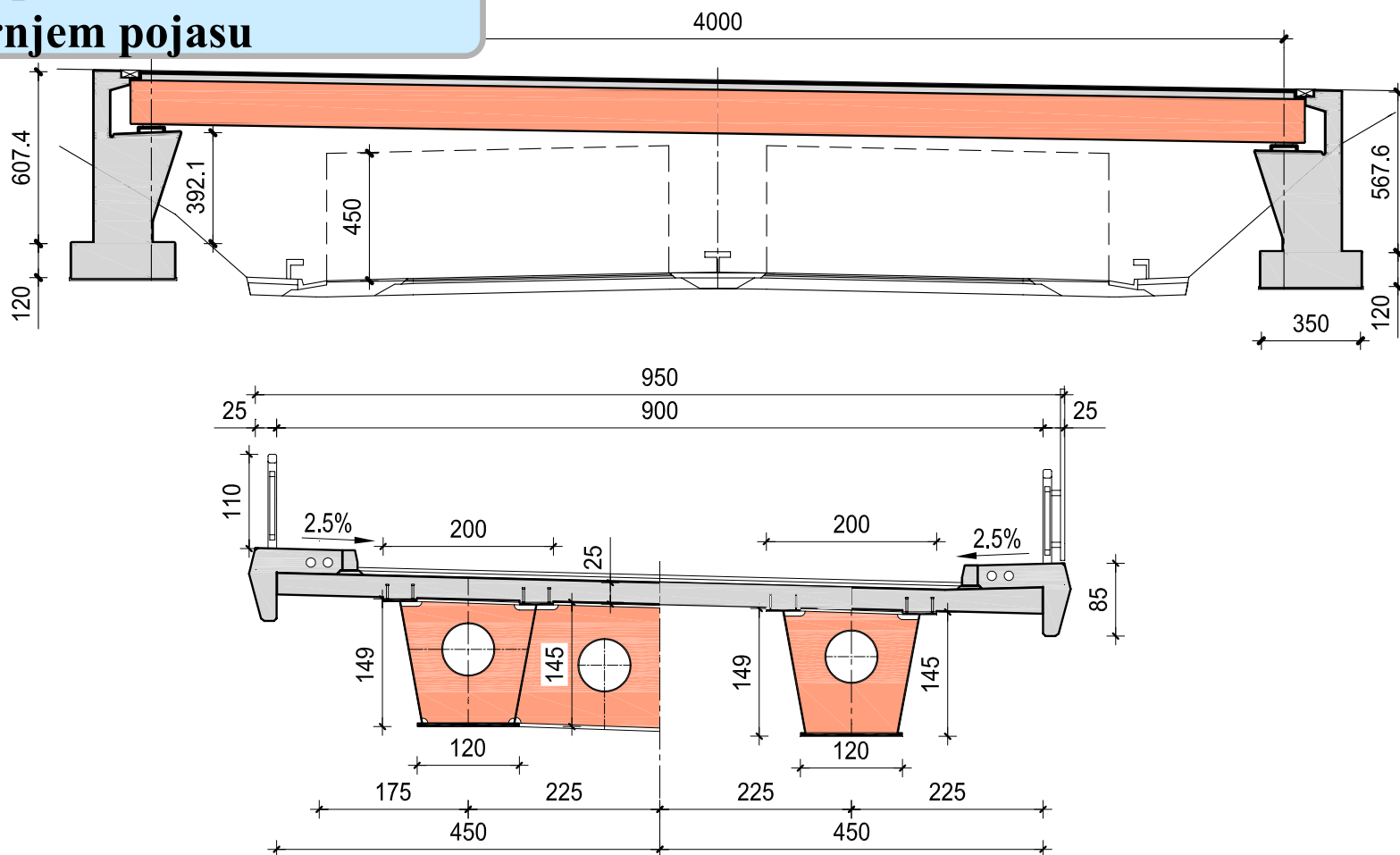


Varijante spregnutih nadvožnjaka

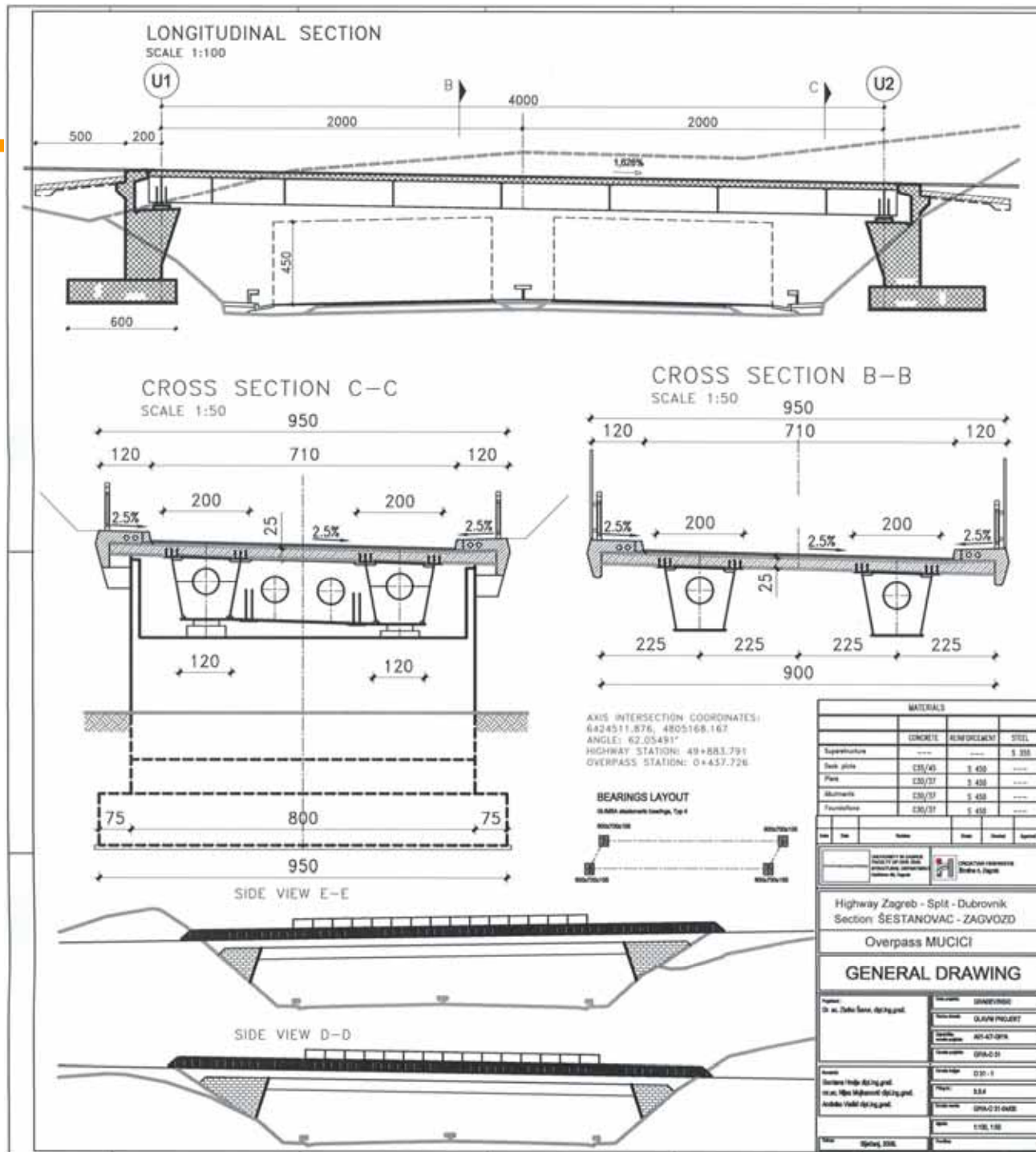
Odabrana varijanta 1A

Vizualno povoljnija od 1C

1B nepotrebno veći utrošak u gornjem pojasu



Pregledni nacrt



Varijante nadvožnjaka u čvoru Osijek
AUTOCESTA A 5 (koridor Vc) BELI MANASTIR - OSIJEK – SVILAJ
DIONICA : 1/3 OSIJEK – ĐAKOVO, ČVOR OSIJEK

1

Razuporni



2

**Jednorasponski
integralni**



3

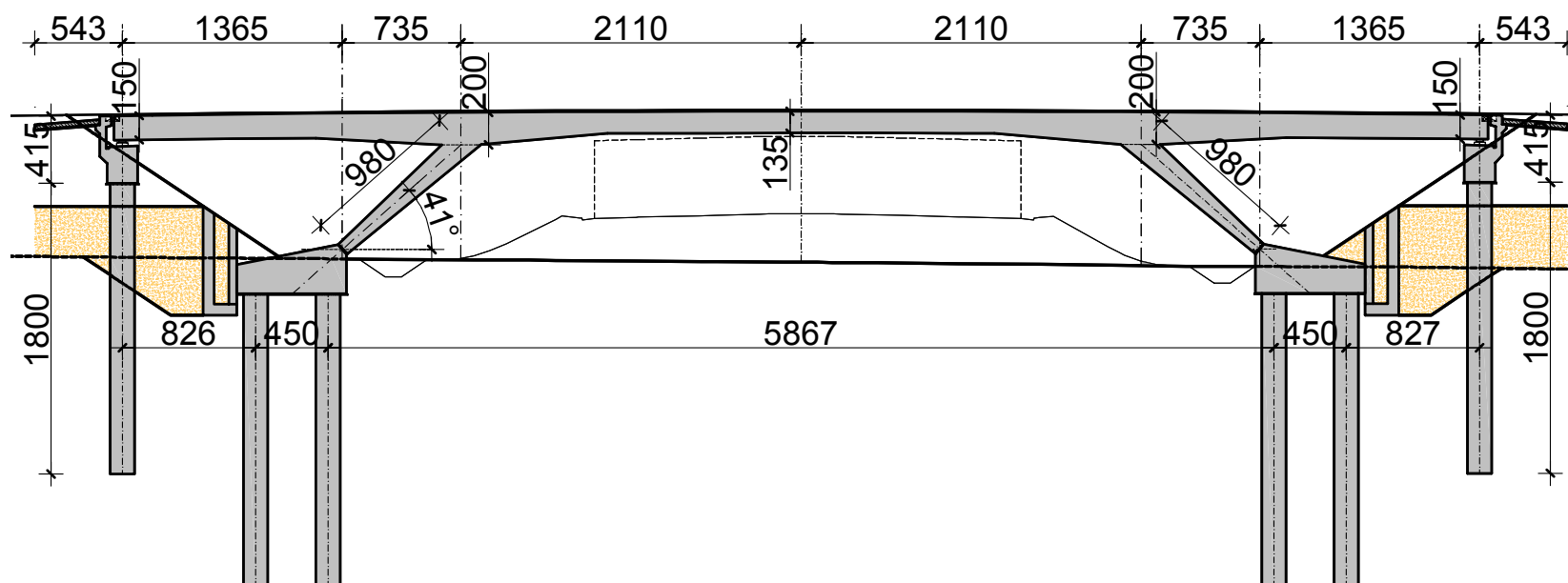
**Kontinuirani
integralni**



Varijante nadvožnjaka u čvoru Osijek

1

Razuporni



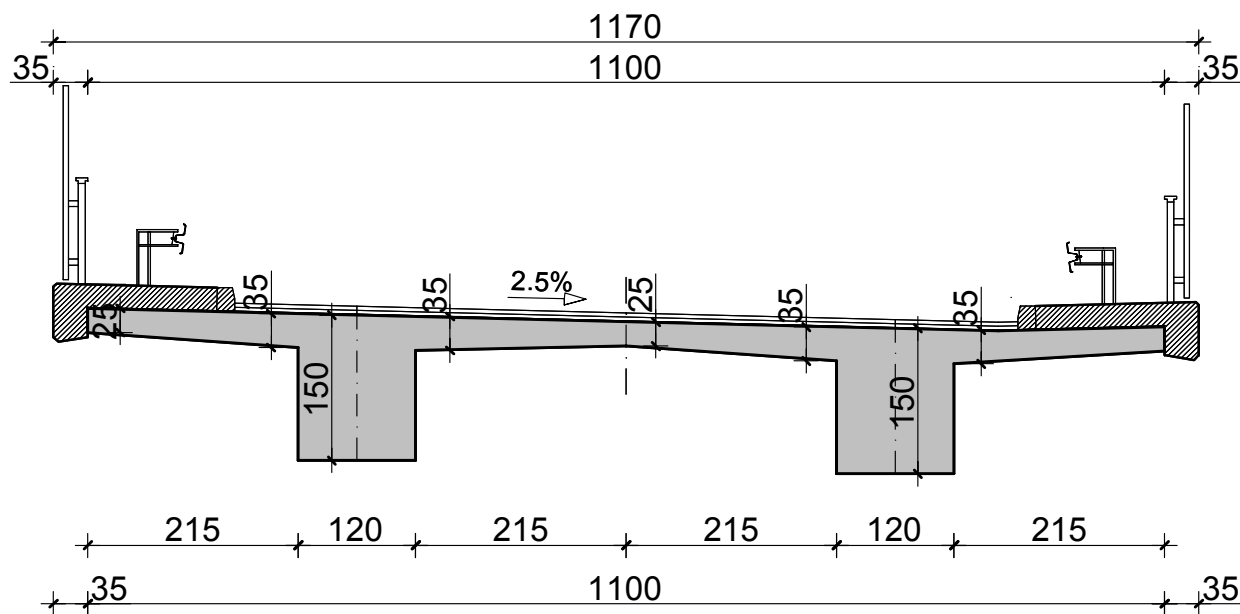
Varijante nadvožnjaka u čvoru Osijek

1

Razuporni



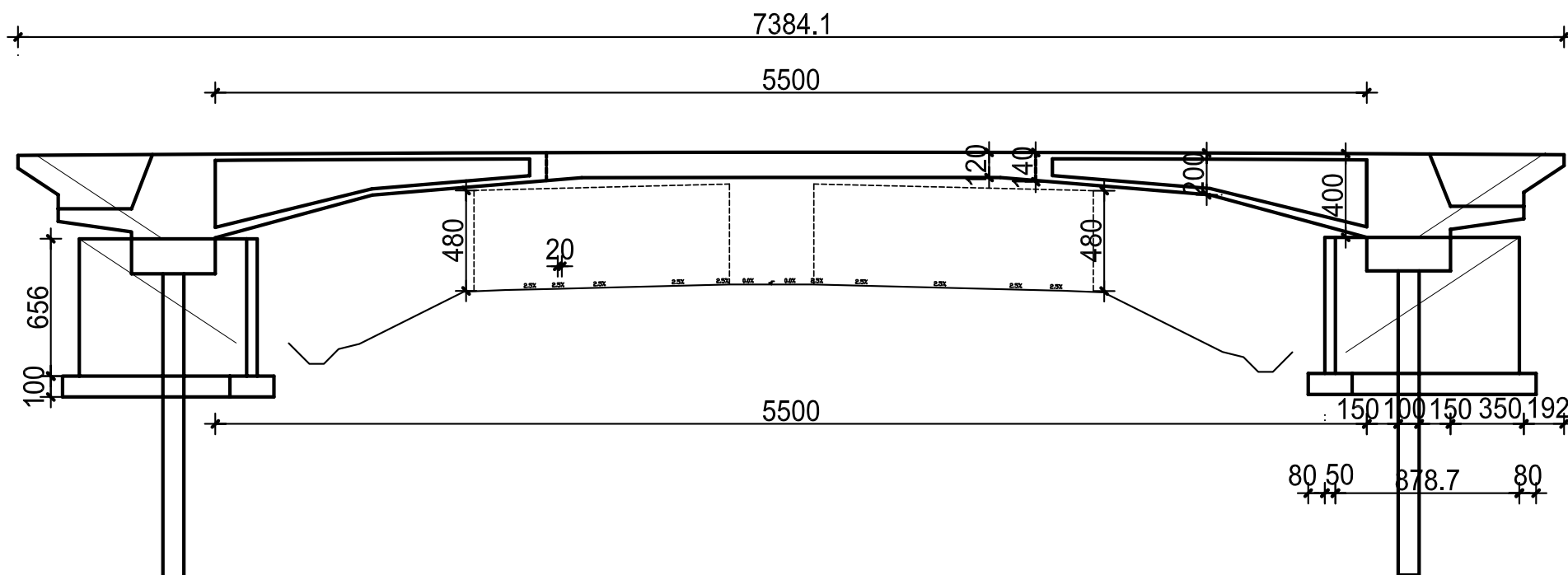
Poprečni presjek u krajnjem polju



Varijante nadvožnjaka u čvoru Osijek

2

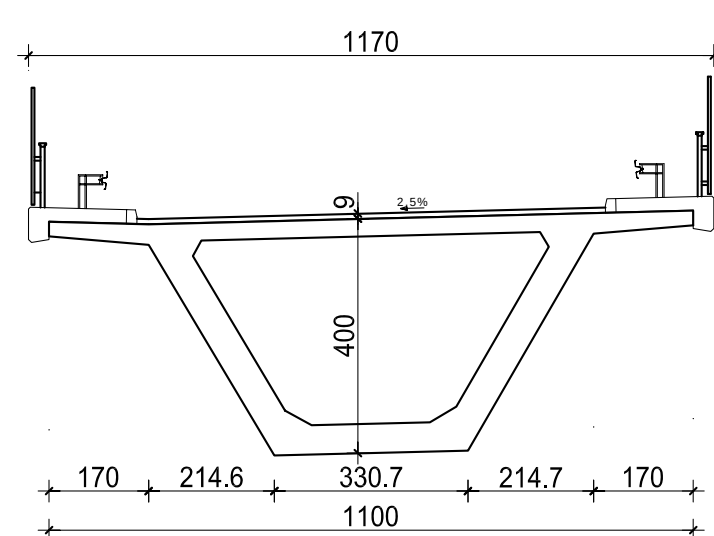
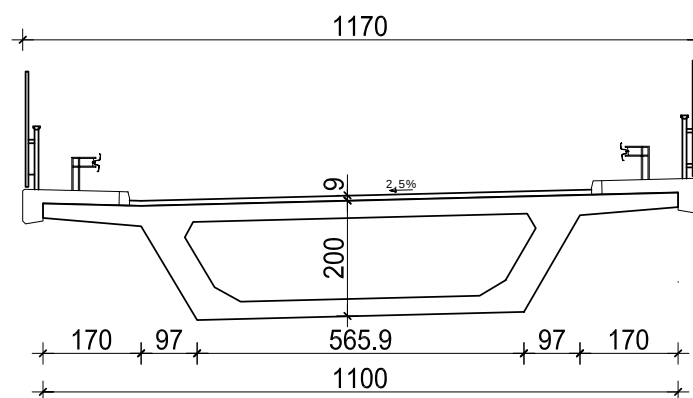
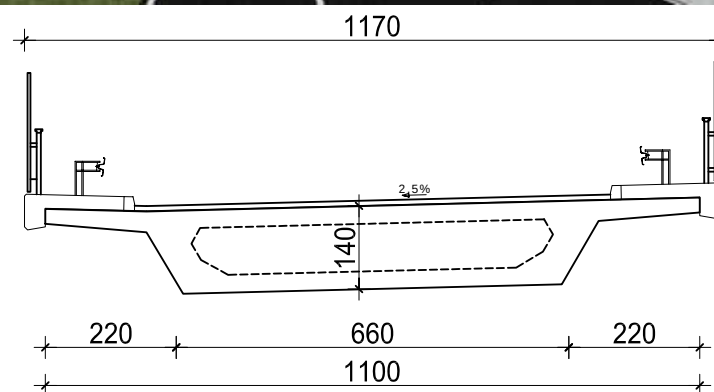
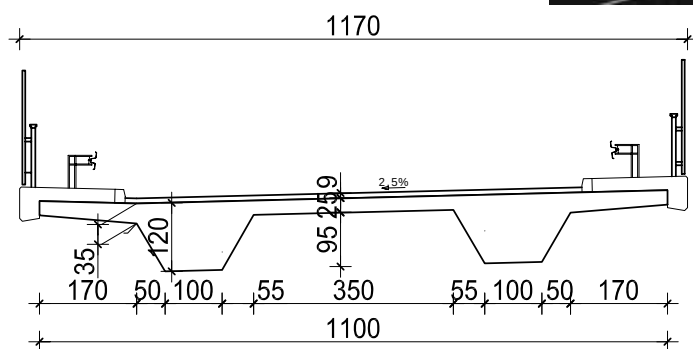
Jednorasponski
integralni



Varijante nadvožnjaka u čvoru Osijek

2

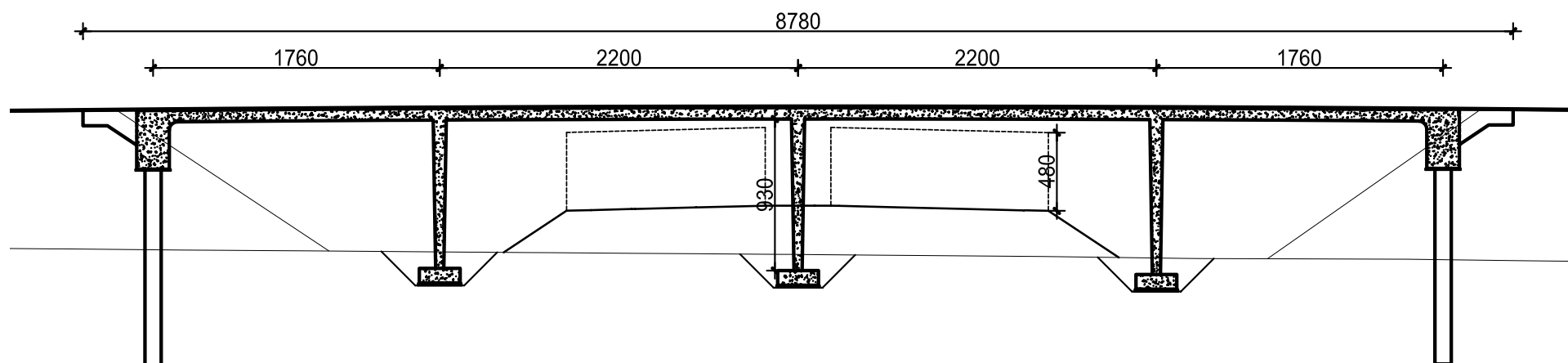
Jednorasponski
integralni



Varijante nadvožnjaka u čvoru Osijek

3

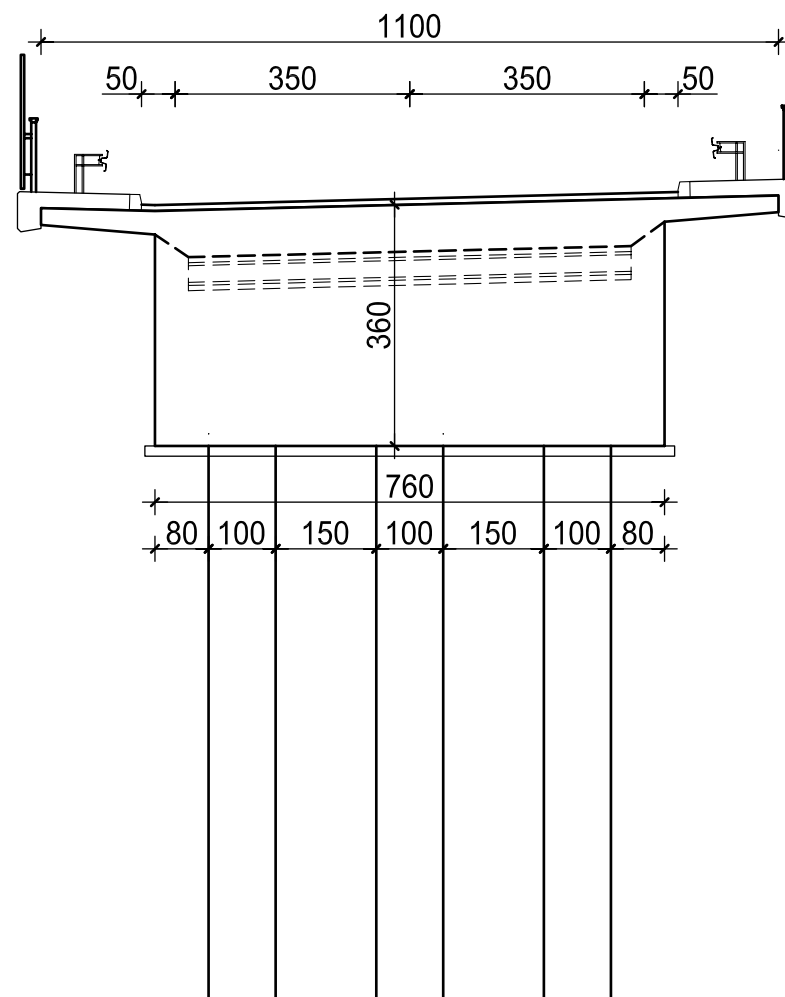
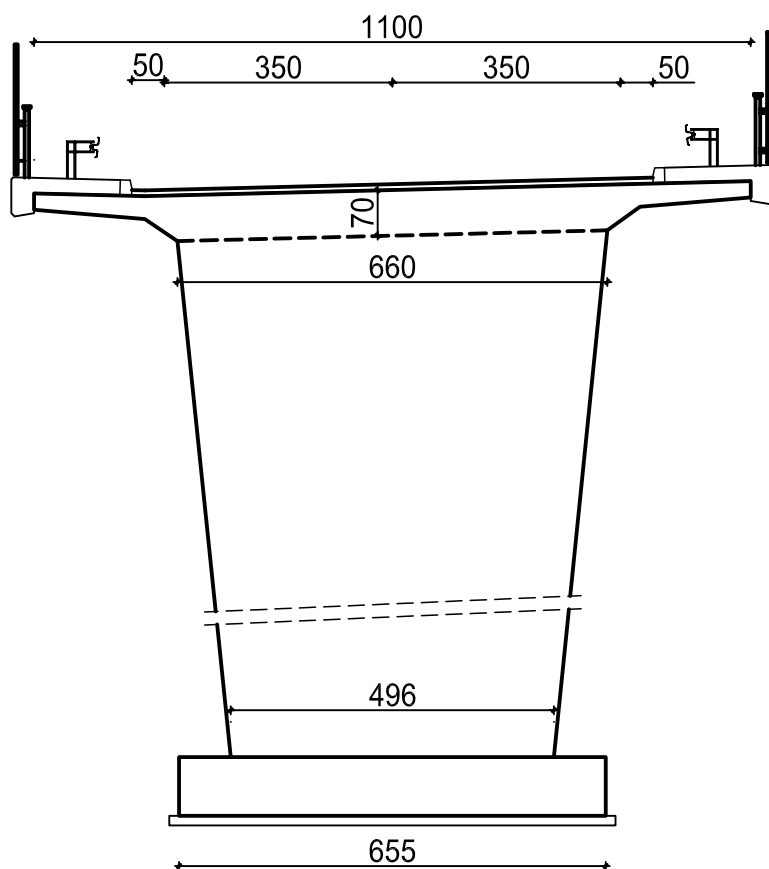
Kontinuirani integralni



Varijante nadvožnjaka u čvoru Osijek

3

Kontinuirani integralni



Varijante nadvožnjaka od betona visokih čvrstoća

Za prevođenje državne ceste D 23 na dionici Žuta lokva – Senj preko autoceste A7 Rupa – Žuta lokva u usjeku

Prednosti betona visoke čvrstoće mogu se iskoristiti kod konstruktivnih sustava u kojima se ostvaruju velika tlačna naprezanja kao što su lukovi, prednapeti sustavi i sl, gdje se dobivaju vitkije i trajnije konstrukcije.

C70/85



Varijante nadvožnjaka od betona visokih čvrstoća

1

slobodno oslonjena greda,
 $L=38,0$ m promjenljive
debljine rebraste grede



2

lučni nadvožnjak raspona
 $38,0$ m s pločastim
nadlučnim sklopom



Varijante nadvožnjaka od betona visokih čvrstoća

3

razuporni nadvožnjak s
pločastim rasponskim
sklopom raspona 21,0 m



4

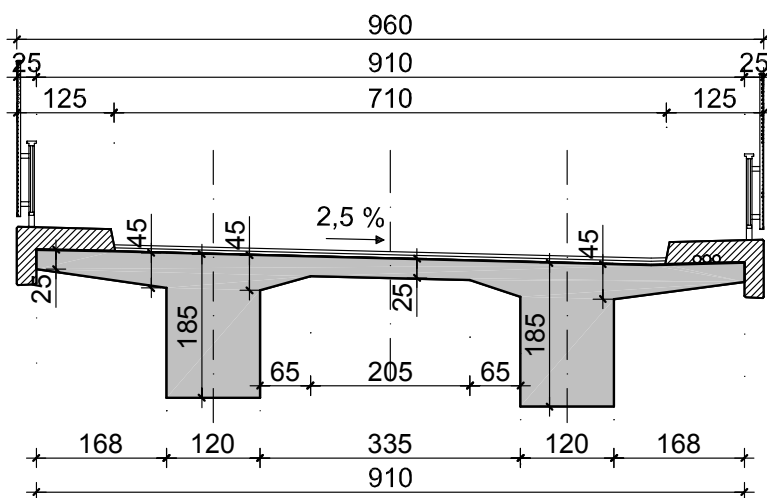
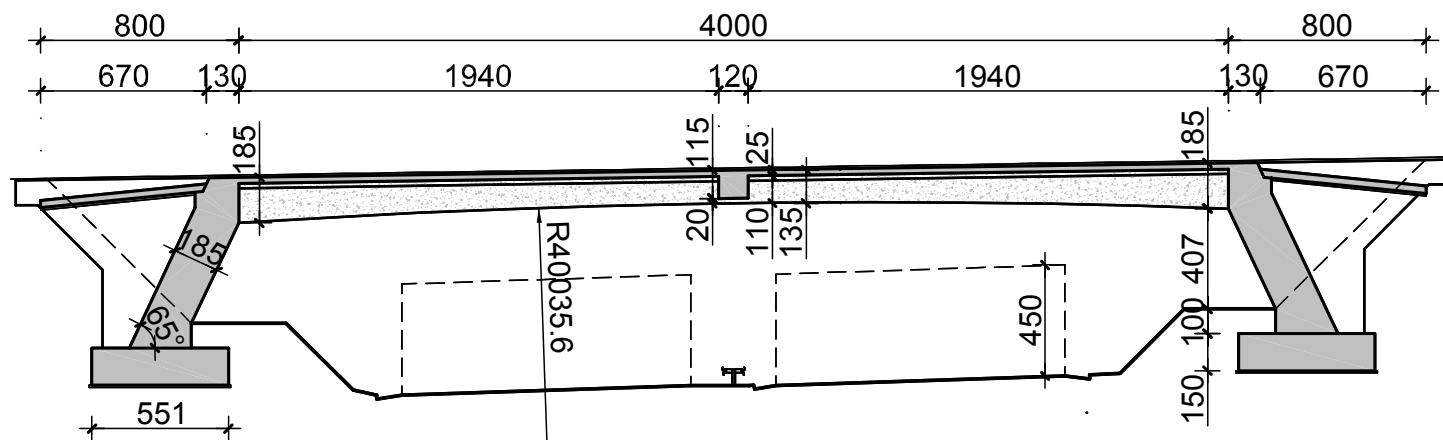
integralni okvirni
nadvožnjak raspona
40,0 m



Varijante nadvožnjaka od betona visokih čvrstoća

4

Odabrana integralna varijanta s prednapetim rebrastim sklopom



KRAJ

