

Sadržaj:

1. Općenito
 - 1.1 Projektiranje mosta
 - 1.2 Konstruktivne značajke glavnih tipova mostova
 - 1.3 Opći pojmovi i osnovni djelovi mostova
2. Koncipiranje građevine, crtačka razrada
 - 2.1 Crtanje dispozicijskih nacrti
 - 2.2 Poprečni presjeci rasponskog sklopa
 - 2.3 Potpore rasponskih sklopova: upornjaci i stupovi
 - 2.4 Oprema mosta
 - 2.5 Primjeri
3. Pisani prilozi
 - 3.1 Tehnički opis
 - 3.2 Dokaznica mjera i troškovnik
4. Oprema projekta
5. Statički proračun rasponskog sklopa
 - 5.1 Pristup statičkom proračunu
 - 5.2 Rebrasti poprečni presjek
 - 5.3 Ploča
 - 5.4 Sandučasti presjek
 - 5.5 Luk
 - 5.6 Prednapeti predgotovljeni nosači s dobetoniranom pločom povrh
 - 5.7 Proračun ploče nad prednapetim nosačima u poprečnom smjeru
6. Dimenzioniranje
 - 6.1 Nenapeta armatura
 - 6.2 Prednapeti nosači
7. Konstruktivna pravila armiranja
 - 7.1 Rebrasti poprečni presjek, nenapeta armatura
 - 7.2 Ploča, nenapeta armatura
 - 7.3 Luk
 - 7.4 Prednapeti predgotovljeni nosači s dobetoniranom pločom povrh
8. Proračun donjeg ustroja
 - 8.1 Proračun stupa
 - 8.2 Proračun upornjaka

DODATAK:

- A Upute za rad s programskim paketom SOFISTIK
- B Upute za crtanje u ACAD-u

1. Općenito

Materija ove skripte dijelom se preklapa s udžbenikom iz predmeta Mostovi (J. Radić, MOSTOVI, Dom i Svijet, Zagreb 2002.), uz dodatna pojašnjenja potrebna za izradu programskog zadatka: Idejnog projekta manjeg masivnog mosta preko zadane prepreke.

1.1 Projektiranje mosta

Idejni projekt¹ određuje položaj i raspored (dispoziciju) građevine, vrstu i izmjere konstrukcije, gradiva i izgled. Temeljito proučavan idejni projekt je najvažniji preduvjet kvalitete glavnog i izvedbenog projekta, važan i za kvalitetu gotove građevine, jer definira osnovnu koncepciju, koja se obično kasnije ne mijenja. Pogreška u koncepciji ne može se ispraviti kasnijom razradom Glavnog i Izvedbenog projekta.

Pri razradi koncepcije se treba kritički oslanjati na iskustvene preporuke, jer one nisu eksplicitno sadržane u suvremenoj tehničkoj znanosti, teorijskim raspravama i pogotovo u računalnim programima. Stoga kod projektiranja polazimo od preporuka i pravila koji imaju zanatsku podlogu. Iskoraci na polju graditeljstva najviše duguju egzaktnim znanostima, no bez zanatske, odnosno iskustvene podloge (kritičkog razmatranja postojećih mostova) teško da bi bili mogući.

Pored tehničkih (sigurnost, prometna funkcionalnost) i gospodarskih zahtjeva na građevinu već je u koncepciji bitno naći rješenje koje će se izgledom uklopiti u okoliš, ne narušivši prirodnu ravnotežu više nego li je potrebno, kako izgledom, tako i zamašnim radovima (iskopi, nasipi i sl.) U prošlosti je mogućnost prijelaza prepreke određivala vođenje ceste, dok je danas uglavnom obrnuto. Mostovi postaju dio projekta ceste ili autoputa pa se često nalaze u zavojima, na nagibima, u kosini, a projektant ih mora uklopiti u okoliš, s malo slobode da utječe na trasu. Oblikovanje prema smjernicama koje, pored statičkih, uvažavaju i probleme izvedbe i održavanja, produljuje vrijeme trajanja mosta, jer se pokazalo da građevine najmanjih statički mogućih izmjera treba češće popravljati i brže zamijeniti od onih koje već u startu sadrže veće unutarnje rezerve.

Većina mostova na našim cestama i prugama je grednog sustava. Lučnih mostova je znatno manje, no svojim značajem za graditeljstvo zaslužuju mjesto i u ovom priručniku koji pokriva osnovna znanja, pa će ovdje biti detaljnije pojašnjeni upravo te dvije vrste osnovnih sklopova.

1.2 Konstruktivne značajke glavnih tipova mostova

Mostovi se mogu podijeliti prema raznim kriterijima: namjeni, gradivu, položaju, konstrukciji itd. Na početku razmatranja bitna je podjela prema sustavu prijenosa opterećenja (statičkom sustavu). Tako razlikujemo osnovne sustave, koji se prema okolnostima mogu kombinirati:

- gredni sustavi
- okvirni sustavi
- lučni sustavi
- viseći sustavi
- ovješeni sustavi (mostovi sa kosim zategama)

Osnovna značajka grednih mostova je oslanjanje, odnosno prijenos opterećenja s rasponskog sklopa (gornjeg ustroja) na potpore (donji ustroj) preko ležaja. Grede su uglavnom izložene vertikalnim opterećenju, ali vjetar kod lakših, a potres kod težih sklopova izazvaju znatne horizontalne sile, često odlučne kod dimenzioniranja. Razlikuju se statički određeni i statički neodređeni sustavi, a poprečni presjeci odabiru se ovisno o rasponu te potrebnoj prometnoj širini. Gredni su sustavi prikladni za većinu gradiva: drvo, armirani beton, prednapeti beton, čelik.

Okvirni sustavi mostovnih konstrukcija nastaju kada se rasponski sklop poveže s potporama zglobovom ili upetom vezom. Time se smanjuje broj ležaja i dilatacija, što je povoljno za održavanje. Povezivanjem rasponskog sklopa s potporama momenti savijanja u gredi mogu se dijelom preraspodijeliti na stupove, što

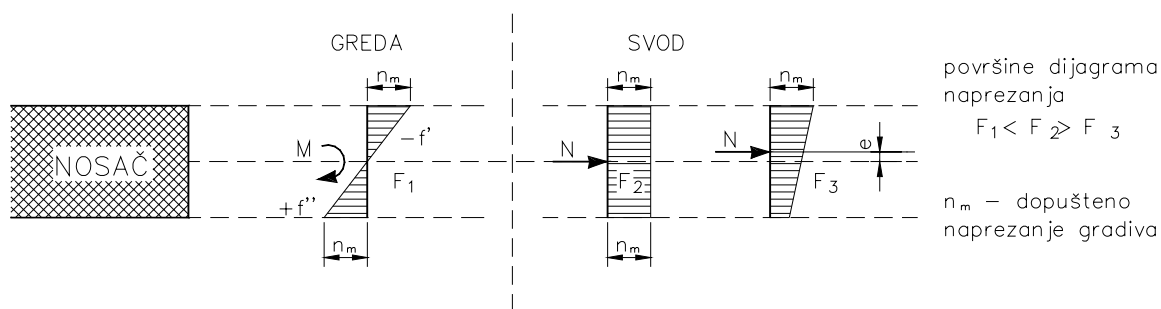
¹ prema stupnju razrade razlikuju se: idejno rješenje, idejni projekt, glavni projekt, izvedbeni projekt i projekt izvedenih radova

omogućuje smanjivanje konstruktivne visine. Posebnu skupinu čine okvirni sustavi s kosim stupovima – razupore.

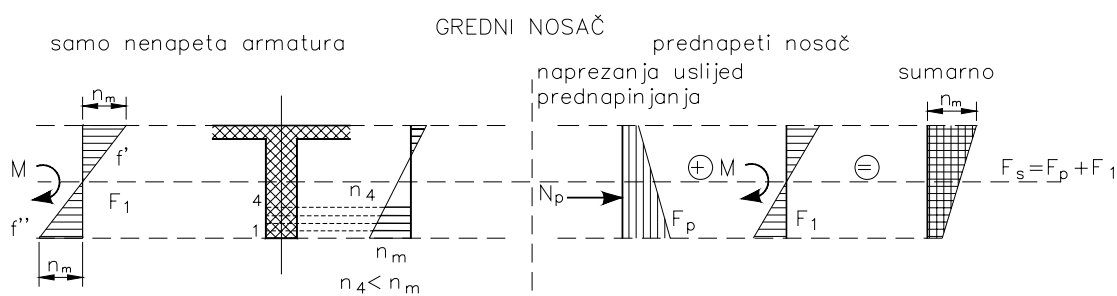
Lučni i svođeni sustavi obično su razdvojeni na sam nosač (luk – zakrivljeni štap ili svod – zakrivljenu ploču), stupove i nadlučni rasponski sklop. Luk ili svod može biti razdvojen od nadlučnog sklopa, ili se s njim spajati u tjemenu, a stupove mogu zamijeniti zidovi. Oblikovno se bitno razlikuju mostovi s kolnikom iznad ili ispod luka, a konstruktivno lukovi koji predaju horizontalne sile (potisak) na tlo od onih kojima potisak preuzima greda sekundarnog sklopa. Kod mostova manjih i srednjih raspona nedostatak im je složenija izvedba u odnosu na grede, dok im bitna prednost leži u mogućnosti atraktivnog oblikovanja.

Na početku je važno uočiti bitnu razliku u slici unutarnjih sila koje se javljaju u grednim i lučnim sklopovima mostova. U grednim nosačima cjelokupno opterećenje prvotno se prenosi na oslonce putem momenata savijanja, pa su oni odlučni pri izboru visine nosača. U lučnim sustavima javljaju se pod opterećenjem prvotno uzdužne tlačne sile dok su momenti savijanja od sekundarnog značaja, a javljaju se tek kada tlačna linija odstupa od osi svoda. Dakle usporedimo li naprezanja u presjeku grednog nosača i luka (Slika 1) vidljiva je veća mogućnost iskorištenja nosivosti materijala i čitavog presjeka kod luka jer je beton materijal s velikom tlačnom, a malom vlačnom čvrstoćom.

Kod grednih nosača količina potrebne armature za preuzimanje vlačnih sila je znatno veća, a beton nije potpuno iskorišten po čitavom presjeku nosača. U prednapetim betonskim konstrukcijama naprezanja su u presjecima bolje raspoređena i približuju se dijagramima u presjecima luka (Slika 2), ali je tu bolje iskorištenje betona plaćeno višom cijenom čelika za prednapinjanje.



Slika 1. Usporedba glavnih naprezanja u nosačima grednih i lučnih mostova.



Slika 2. Naprezanja u presjecima prednapetih mostova.

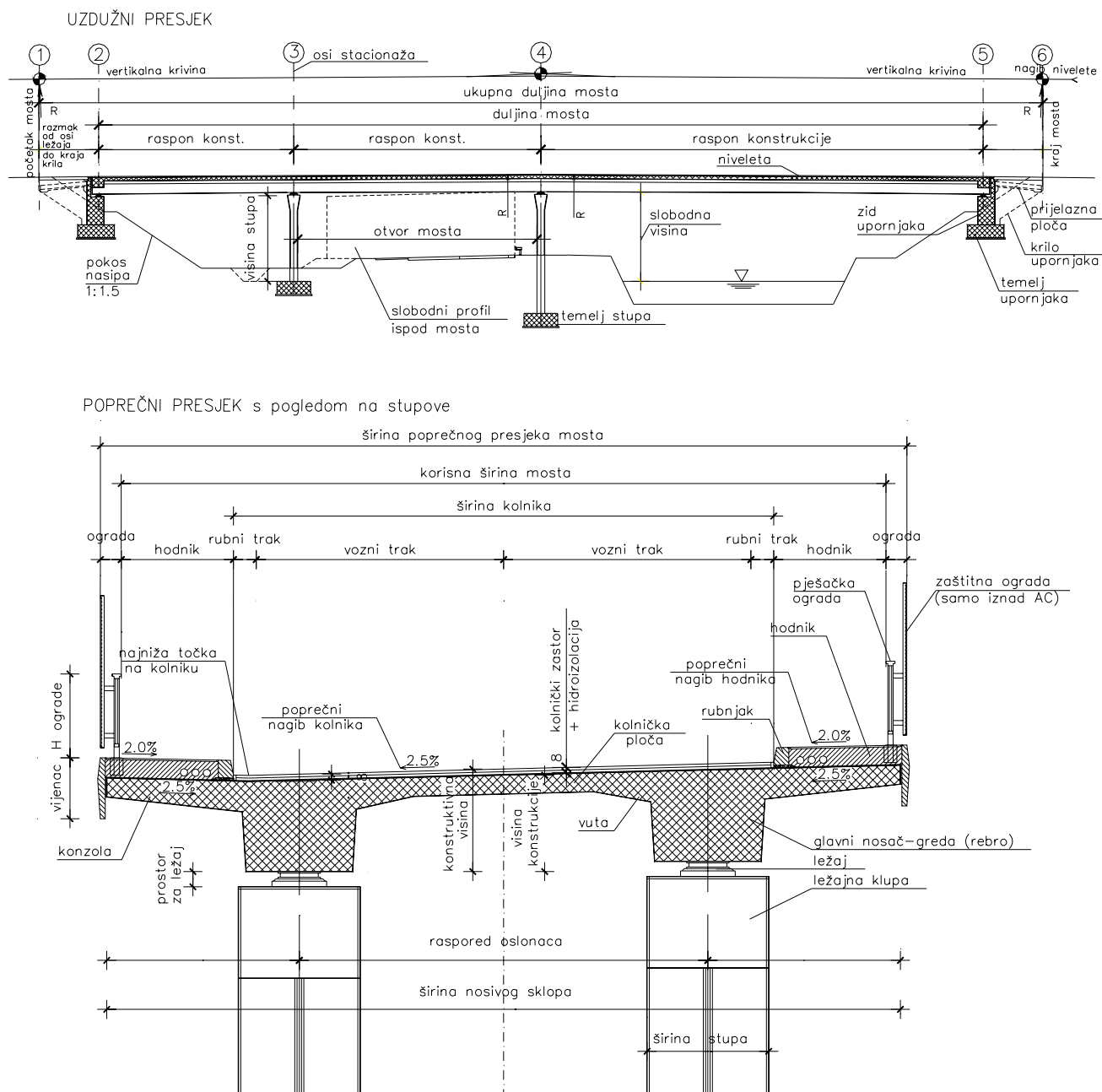
Iz svega navedenog slijedi da su konstrukcije grednih klasično armiranih betonskih konstrukcija ograničene na male i srednje raspon, prednapetim betonom postižu se veći rasponi, a osnovna svojstva lučnih nosača omogućuju nam premostiti veće otvore negoli to možemo postići grednim sustavom nosača.

1.3 Opći pojmovi i osnovni dijelovi mosta

Ovo poglavlje samo je kratak podsjetnik na gradivo obuhvaćeno predavanjima i udžbenikom (slika 3).

- **MOST** je građevina kojom se prelazi neka prirodna ili umjetna zapreka.
- **UKUPNA DULJINA MOSTA** je udaljenost krajeva krila upornjaka (razmak krajnjih točaka mosta)
- **RASPONSKA KONSTRUKCIJA** (bolje: rasponski sklop) je nosiva konstrukcija kojom se premošćuje

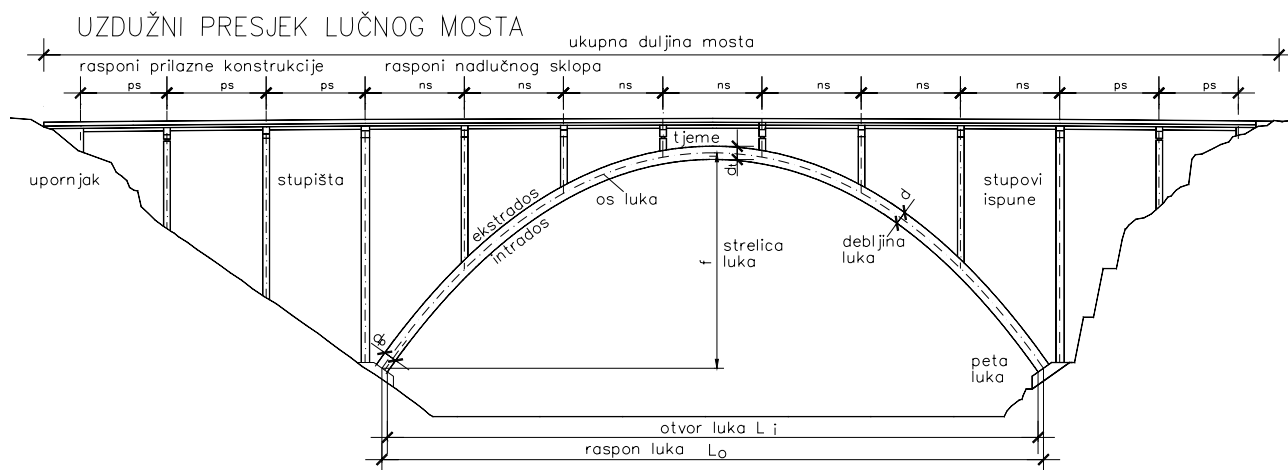
- otvor mosta.
- **RASPON** je razmak osi ležaja konstrukcije mjeren po horizontali.
 - **SVIJETLI OTVOR MOSTA** je razmak između unutrašnjih ploha stupova.
Ako most ima nekoliko otvora imat će i njegova konstrukcija nekoliko raspona.
 - **SLOBODNI PROFIL** je unaprijed zadani otvor kroz koji prolazi promet ispod ili preko mosta.
 - **NIVELETA MOSTA** je presječna vertikalne plohe koja prolazi kroz os mosta s gornjom površinom kolnika. To je dakle osnovna linija mosta u uzdužnom smjeru. Geometrijski se niveleta sastoji od pravaca kojima su sjecišta zaobljena kružnim lukovima.



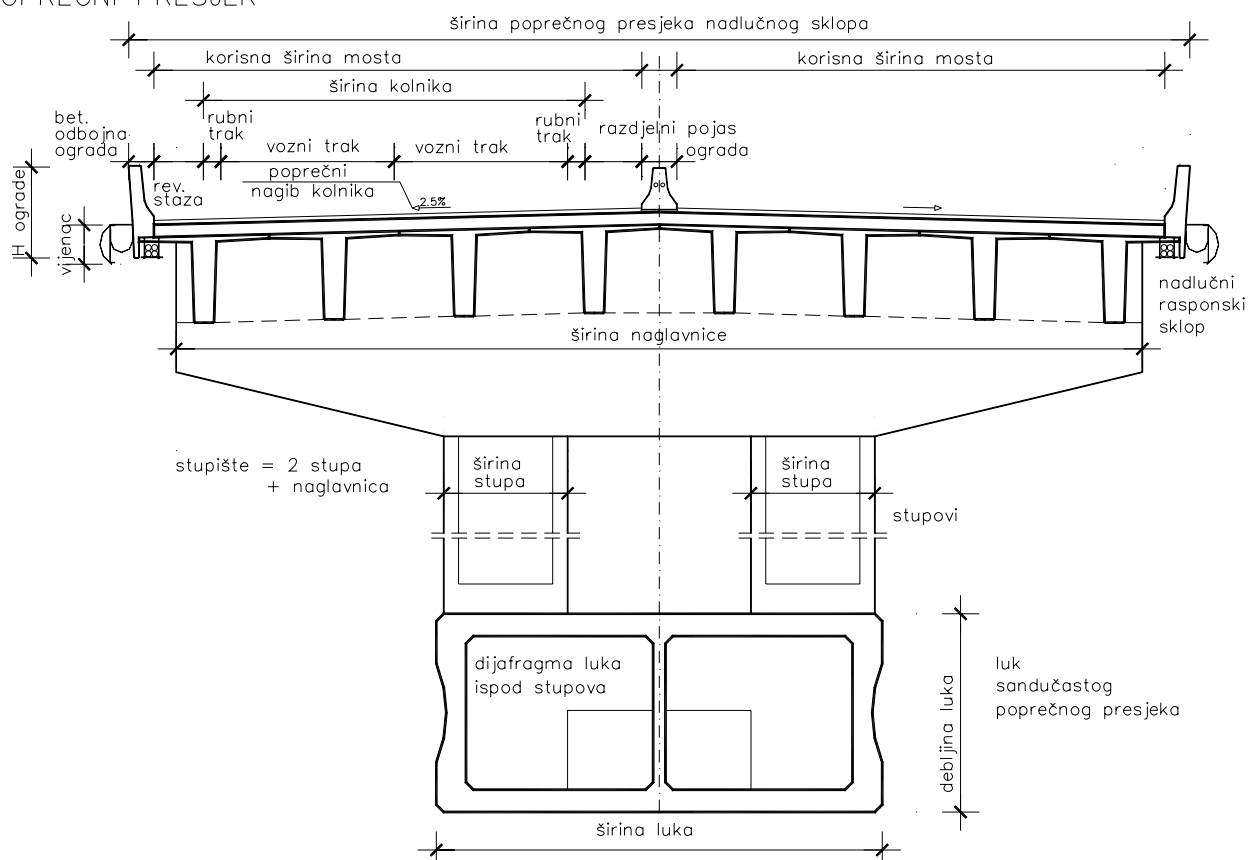
Slika 3. Opći pojmovi i osnovni dijelovi mosta – gredni most.

- **NAGIB NIVELETE** predstavljaju padovi i usponi na mostu u uzdužnom smjeru (nagibi pravaca od kojih se sastoji geometrija nivelete u odnosu na horizontalu).
- **KORISNA ŠIRINA MOSTA** je razmak između unutrašnjih ploha pješačke ograde. Razlikujemo širine kolnika, voznih traka, rubnih traka i hodnika.

- **POPREČNI NAGIB KOLNIKA** osigurava nesmetanu odvodnju površinske vode s vozne površine. Ukoliko nije definiran projektom prometnice, iznosi najmanje 2%, bolje je 2.5%.
- **VISINA KONSTRUKCIJE** je visina od donjeg do gornjeg ruba nosivog rasponskog sklopa.
- **KONSTRUKTIVNA VISINA** je visina od donjeg ruba rasponskog sklopa do nivelete (uključivo sa zastorom, odnosno slojevima asfalta).
- **SLOBODNA VISINA** je visina od plohe donje prometnice, odnosno od odlučne razine vode, do donjeg ruba rasponskog sklopa.
- **POČETAK I KRAJ MOSTA** su definirani stacionažama na prometnici i označavaju razgraničenje s projektom ceste.



POPREČNI PRESJEK



Slika 4 Opći pojmovi i osnovni dijelovi mosta – lučni most.

Osnovni dijelovi

1. DONJI USTROJ MOSTA – dio mosta ispod ležaja glavnih nosača.

UPORNJACI su krajnji dijelovi mosta na kojima se ostvaruje prijelaz s nasipa na most.

Upornjak se sastoji od: zida upornjaka, ležajne grede, (gornjeg dijela zida upornjaka na kojem su smješteni ležajevi) krila (krilnih zidova, paralelnih, okomitih ili kosih u odnosu na os mosta), temelja, zbijenog tla iza zida i nasipa oko upornjaka.

STUPOVI su dijelovi mosta koji podupiru rasponski sklop između upornjaka.

Stup se sastoji od: temelja stupa, tijela stupa i ležajne grede (klupe), gornjeg dijela stupa na kojem je smješten ležaj. Stupište se sastoji od više stupova koji mogu, ali i ne moraju biti povezani temeljem ili ležajnom gredom.

LEŽAJI su posebni dio opreme mosta na koji se neposredno oslanja rasponski sklop. Prenose opterećenja s gornjeg na donji ustroj.

GORNJI USTROJ MOSTA – dio mosta iznad ležaja glavnih nosača.

GLAVNI NOSAČI su nosivi dijelovi koji služe za glavni prenos opterećenja s prometne plohe na stupove i upornjake. Kod masivnih grednih mostova najčešći su pločasti, rebrasti i sandučasti nosači.

POPREČNI NOSAČI su dijelovi nosivog sklopa koji povezuju glavne nosače u poprečnom smjeru i sudjeluju u preraspodjeli opterećenja s izravno opterećenog na ostale nosače.

KOLNIK je ploha namijenjena prolazu vozila. Sastoji se od jednog dva ili više voznih trakova.

VOZNI TRAK je pojas koji služi kretanju jednog prometnog toka, koji je obično na našim cestama širok od 2.25 m (gospodarske ceste) do 3.25, 3.50 ili 3.75m

RUBNI TRAK² je dio prometnog profila između kolnika i rubnog kamena hodnika ili uzvišenja na kojem se nalazi odbojna ograda. Rubni trak jasno označava desni rub voznog traka i povećava sigurnost prometa.

HODNIK ploha namijenjena prolazu ljudi širine najmanje 80cm.

VIJENAC MOSTA je rubni završni dio prometne plohe. Kod betonske odbojne ograde sastavni je dio ograde. Budući je vidljiv u pogledu sa strane na most, bitan je za izgled mosta.

2. Koncipiranje građevine, crtačka razrada

2.1 Crtanje dispozicijskih nacрта

Postavljanje dispozicije, odnosno uzdužnog i tlocrtnog rasporeda, te odabir poprečnog presjeka je zadatak koji se rješava crtanjem u mjerilu. Valja postupno crtati oba presjeka (uzdužni i poprečni) i tlocrt, pazeći na sve parametre koje zadaje prometnica na mostu, prepreka ispod i konfiguracija terena, imajući istodobno u vidu konstruktivne mogućnosti primijenjivih sustava. Veći trud uloženi u kvalitetno koncipiranje vraća se kroz jednostavnije rješavanje daljnjih zadataka. U Primjerima 1 i 2 prikazana je razrada dispozicijskog nacрта kontinuiranog mosta pločastog i rebrastog poprečnog presjeka kroz nekoliko koraka.

Prvo je potrebno dobro proučiti zadatak, odnosno sve zadane parametre po kojima će se projektirati. Slijedi izrada skica, koje trebaju biti u mjerilu, a tek nakon rješavanja koncepcije prelazi se na izradu pravih nacрта.

Crtanje u ACAD-u započinje korištenjem nekog crteža - podloge. Na vježbama se mogu dobiti podloge za crtanje - gotovi nacrti grednog ili lučnog mosta. Za izradu programskog zadatka dobro je koristiti okvire, sastavnicu, stilove slova i kotiranja te debljine linija (layere) s podloga. Mogu se koristiti i preporučena mjerila, koja su nešto veća od onih za crtanje rukom.

PROJEKTNI ZADATAK: prepreka i niveleta, tlocrt buduće prometnice

Potrebno je precrtati zadani oblik prepreke i nivelete na papir u mjerilu 1:100 (može i 1:50 ili 1:200). Iz ovog crteža nastati će uzdužni presjek.

UZDUŽNI RASPORED: rasponi, raspored stupova i upornjaka

Za zadani ili odabrani tip rasponskog sklopa poslužiti ćemo se iskustvenim preporukama za određivanje optimalne visine i raspona. Statički je moguće ostvariti i znatno veće raspone od prikazanih u Tablicama 1 i

² U programskom zadatku zadaje se ukupna širina voznog i rubnog traka

2, ali se do vrijednosti raspona i vitkosti prikazanih u njima projektiraju sklopovi optimalni po kriterijima sigurnosti, cijene i izvedbe. Važno je odrediti raspored upornjaka i stupova (uzdužni presjek) i visinu sklopa (poprečni presjek).

Tablica 1. Najveći preporučljivi rasponi cestovnih betonskih grednih mostova raznih sustava, u metrima.

poprečni presjek	statički sustav	najveći raspon:	NENAPETA ARMATURA (m)	PREDNAPETA ARMATURA (m)
PUNE PLOČE	slobodno oslanjanje		15,0	25,0
	kontinuirani sklop		20,0	30,0
REBRASTI POPREČNI PRESJEK	slobodno oslanjanje		20,0	45,0
	kontinuirani sklop		20,0	45,0
SANDUČASTI POPREČNI PRESJEK	slobodno oslanjanje			45,0
	kontinuirani sklop stalne visine			110,0
	kontinuirani sklop promjenjive visine			300,0

Približna potrebna visina odabranog rasponskog sklopa za određeni raspon može se i povećati (npr. zbog uštede armature) ili smanjiti (npr. zbog nedostatke konstruktivne visine) u odnosu na vrijednosti dane u Tablici 2. Veće vitkosti od predloženih (veći omjer L/H) načelno treba izbjegavati.

Tablica 2. Najveći preporučljivi odnos raspona i visine konstrukcije cestovnih betonskih grednih mostova raznih sustava (L/H).

poprečni presjek	statički sustav	$(L/H)_{\max}$	nenapeta armatura (m)	prednapeta armatura (m)
PUNE PLOČE $H=0,50 - 1,0m$ (bolje $< 0,90m$)	slobodno oslanjanje		17	22
	kontinuirani sklop		22	28
REBRASTI POPREČNI PRESJEK	slobodno oslanjanje		14	18
	kontinuirani sklop		16	20
SANDUČASTI POPREČNI PRESJEK	slobodno oslanjanje		17	21
	kontinuirani sklop konst. visine		18	25
	kontinuirano $H_{\text{PROMJ}} (H_0 \approx 3H_p)^*$	L/H_p		33 – 50
		L/H_0		12 – 20

(*) – Za raspone veće od 60 m koristi se promjenjljiva visina rasponskog sklopa (visina se povećava u blizini oslonaca).
Oznake: H_0 – visina nad osloncima, H_p – visina u sredini mosta.
Kod visokih vijadukata H_0/H_p odabire se manje nego je statički optimalno iz estetskih razloga.

Kod udovoljavanja zahtjevima na minimalni slobodni profil ispod mosta ili nadvožnjaka dobro je osigurati što bolji uvjete za odvijanje prometa. Na mostovima preko kanala ili rijeke treba znati da upornjaci spuštenu do kraja nasipa mogu biti prepreka slobodnom protoku za velikih voda, dok kod cestovnih nadvožnjaka prolaz uz betonski zid upornjaka velikom brzinom izaziva nelagodu, a stup blizu ceste izložen je opasnosti od udara vozila. Treba razmišljati i o mogućoj potrebi za proširenjem ceste, o specijalnim teretima i problemima temeljenja u vodotoku.

UZDUŽNI RASPORED - KONCEPCIJA MOSTA (upornjaci, stupovi, temelji)

Kada je određeno mjesto upornjacima odabire se njihov tip u odnosu na položaj u nasipu: minimalni ili klasični armiranobetonski upornjak. Upornjak je mjesto gdje se najčešće predaju horizontalne sile s mosta na

tlo, pa stoga već pri crtanju treba paziti da dimenzije budu tako odabrane, da upornjak predstavlja stabilnu figuru, otpornu na prevrtanje³.

Stupovi cestovnih mostova neka ne budu tanji od 0.50 m (ako postoji mogućnost udara vozila u stup, ili je stup u većem vodotoku – 1.0 m), a puni stupovi neka ne budu deblji od 2.0 m. Širina stupa ovisi o širini i tipu rasponskog sklopa, odnosno o potrebnoj vrsti i broju oslonaca. Kod višljih stupova kritičan je kriterij izvijanja, pa im treba povećati moment inercije uz racionalan utrošak gradiva, što se rješava odabirom šupljih poprečnih presjeka. Najmanja debljina stijenke šupljeg stupa iznosi 30,0 cm. Ukoliko se ne radi o izrazito visokom objektu, preporuča se da vitkost stupova bude manja od 70 (*vidi poglavlje 2.3*).

Temeljenje ponajviše ovisi o vrsti tla, no načelno se za srednje ili dobro tlo i manje mostove može odabrati plitko temeljenje. Temelji nikako ne bi smjeli biti tanji od 1m, a njihov vrh neka bude na dubini većoj od 1m. Razinu dna plitkog temelja u vodotoku treba spustiti ispod dna vodotoka ukoliko to znatno ne poskupljuje gradnju. Krajevi krila upornjaka trebaju biti ukopani u nasip barem za 1 m. Pred mostom i iza njega često se izvode nasipi. Oblikovanje i zbijenost nasipa bitno utječe na uvjete prelaska na most, pa ih treba odrediti projektant mosta.

PROMETNI PROFIL

Crtanje poprečnog presjeka mosta započinje od zadanog prometnog profila ceste, najbolje u mjerilu 1:50. Prometna širina kolnika obično je striktno određena, dok kod širine pješačke staze nekad određuje projektant mosta. Ovisno o intenzitetu pješačkog prometa i kategoriji ceste eventualno treba predvidjeti i zaštitnu odbojnu ogradu (*vidi poglavlje 2.4*) Pri tome treba voditi računa o poprečnom nagibu kolnika (npr. 2.5% za cestu u pravcu) te poprečnom nagibu pješačkih staza. Poprečni nagibi odvođe oborinsku vodu do najniže točke kolnika, koju treba označiti radi kasnijeg smještanja slivnika. Kotiranjem treba označiti širine prometnih trakova, rubnih trakova, pješačkih staza i dijelova mosta van profila prometnice (vijenci).

POPREČNI PRESJEK

Kod promjenjivih izmjera sklopa potrebno je prikazati više poprečnih presjeka, npr. u sredini raspona i nad ležajem. Poprečni presjek uz potpore sadrži i prikaz stupa ili upornjaka u pogledu (presjek s pogledom na stup). Na taj način smanjujemo broj crteža, bez da izgubimo na kvaliteti prikaza. Mjesto presjecanja treba jasno označiti na drugom crtežu (npr. uzdužnom presjeku).

Ovisno o zadanoj rasponskoj konstrukciji potrebno je odrediti poprečni raspored oslonaca. Za rebraste gredne mostove može se predvidjeti onoliko oslonaca koliko u presjeku ima rebra, dok se za ploče preporuča najmanje po jedan oslonac na svakih 2 m širine, a može se predvidjeti i kontinuirano oslanjanje putem betonskog zgloba. Šire sandučaste sklopove oslanjamo na dva ležaja blizu hrptova, a za uže i mostove u krivini može se predvidjeti jedan ležaj. Odabir dispozicije oslanjanja vrlo je bitan dio konstruktivnog oblikovanja jer utječe na razdiobu unutarnjih sila.

Poprečni presjek sadrži i pogled na dijelove donjeg ustroja mosta (upornjaci, stupovi, temelji), zajedno s nasipom. Stupovi u pogledu mogu biti stalne širine, ili pri vrhu završavaju proširenjem – naglavnicom ili naglavnom gredom. Širina stupa poprečno na os mosta ovisi o širini i tipu rasponskog sklopa: za pločaste mostove povoljne su šire plohe oslanjanja (ploča nosi cijelom širinom), dok su za torzijski krut sandučasti presjek dovoljni i uži stupovi s manjim brojem oslonaca.

Pri kraju treba provjeriti da li konstrukcija igdje zadire u prometni profil ispod mosta. Pored toga, na poprečnom presjeku treba opisati opremu (odbojnu i pješačku ogradu, odvodnju, asfalt, rubnjak itd.).

UZDUŽNI PRESJEK I POGLED NA MOST

Usporedo s rješavanjem poprečnog presjeka crta se i uzdužni presjek mosta, uklapanjem u niveletu i uz od prije poznate osi oslonaca na mjestima budućih potpora. Tijekom crtačke razrade često se ispostavi da koncepciju treba izmijeniti, no za to još nije kasno. Kada su izvučene sve osnovne konture mosta nužno je još jednom provjeriti jesu li ispunjeni svi uvjeti iz projektnog zadatka, i da li je postignuta ravnoteža ponekad

³ Više i detaljnije o upornjacima pogledati u poglavlju 2.3

suprotstavljenih zahtjeva. Iscrtavanjem kontura pogleda na most dobiva se uvid u budući izgled građevine, koji nikako ne smijemo zanemariti. Ukoliko je rezultat zadovoljavajuć, može se pristupiti rješavanju detalja: odvodnja, prijelazne ploče, ležajevi, ograde, prijelazne naprave...

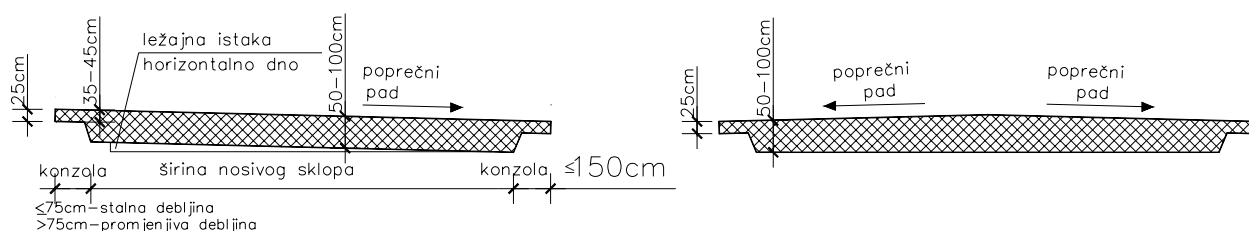
Budući da se u sklopu programskog zadatka zadaju samo mostovi okomiti na prepreku, na kojima je prometnica u pravcu, razrada tlocrta (tlocrt donjeg i gornjeg ustroja) biti će pojašnjena kasnije.

2.2 Poprečni presjeci rasponskog sklopa grednih mostova

Pločasti mostovi su najjednostavniji za izvedbu, ali s povećanjem raspona brzo postaju neracionalni zbog velikog utroška građiva i s njim povezane znatne vlastite težine. Sandučasti presjeci omogućuju osiguranje krutosti dostatne za premoštenje većih raspona, ali su izvedbeno najsloženiji zbog unutarnje oplata. Rebrasti sklopovi pružaju široke mogućnosti oblikovanja pri izvedbi na mjestu te polumontažnoj i montažnoj izvedbi⁴.

PLOČE

Granične veličine raspona pločastih cestovnih mostova dane su Tablicom 1. Optimalna visina konstrukcije kreće se između 0,5 m i 1,0 m, no bolje je da bude manja od 0,9 m. Kada je visina veća od 0,70 m racionalno je ploču olakšati umetanjem šupljih tijela (sustav tzv. ošupljenih ploča), no zbog razloga trajnosti nije dobro u građevini ostavljati otvore nedostupne pregledu, pa se ova praksa ne preporuča. Konzolne istake se kod proračuna ne uključuju u nosivi presjek i neka budu oko 1,0 m, najviše 1,50 m. Zakošeni rubovi ploče olakšavaju skidanje oplata. Načelno, konstruktivna visina ploče ostaje stalna u poprečnom presjeku, pa čitava ploča nagibom slijedi poprečni pad. Pri dvostranom poprečnom nagibu kolnika donja ploha ploče može biti ravna.



Slika 5 Oblikovanje poprečnog presjeka pločastog mosta.

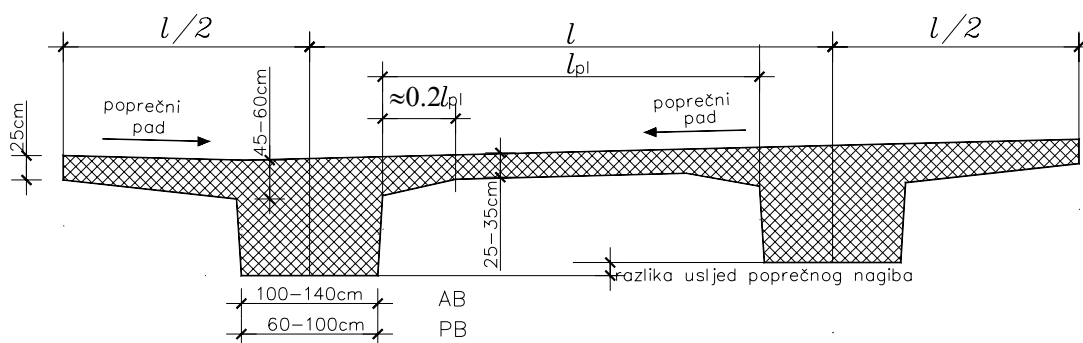
REBRASTI SKLOP

Nosivost u uzdužnom smjeru osiguravaju diskretni (jasno razdvojeni) nosači - rebra, povezani pločom koja osigurava nosivost u poprečnom smjeru i preraspodjelu opterećenja s opterećenijeg na manje opterećene nosače. Cjelinu zaokružuju konzole na rubovima presjeka. Broj nosača ovisi o širini mosta i načinu izvedbe. Za pješačke mostove dostatno je jedno rebro, za cestovne mostove uvriježene širine pri izvedbi na mjestu dostatna su dva rebra, dok se kod montažne i polumontažne izvedbe presjek sastoji i od većeg broja nosača.

Najmanje izmjere kolničke ploče (prema Sl. 6):

- Kraj konzole: 25,0 cm
- Sredina kolničke ploče: 25,0 – 35,0 cm, ovisno o rasponu l_{pl}
- Debljina nad hrptovima: 45,0 – 60,0 cm, ovisno o rasponu
- Duljina zadebljanja (vute): $\approx 0,2l_{pl}$, l_{pl} - raspon ploče

⁴ Treba uočiti da poprečni presjeci pa i koncepcija mosta bitno ovise o načinu izvedbe mosta.



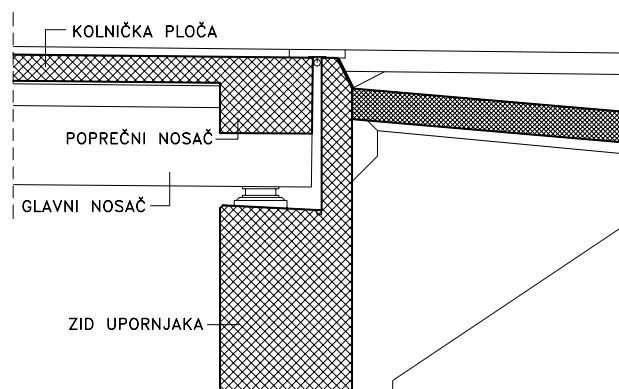
Slika 6. Približne izmjere rebrastog rasponskog sklopa pri izvedbi na mjestu.

Izmjere rebara:

Visinu treba odrediti približno prema Tablici 2. Širina (debljina) rebra određuje se na osnovu prostora potrebnog za vlačnu zonu, tako da se omogući kvalitetna ugradba betona nakon smještanja kabela i nenapete armature.

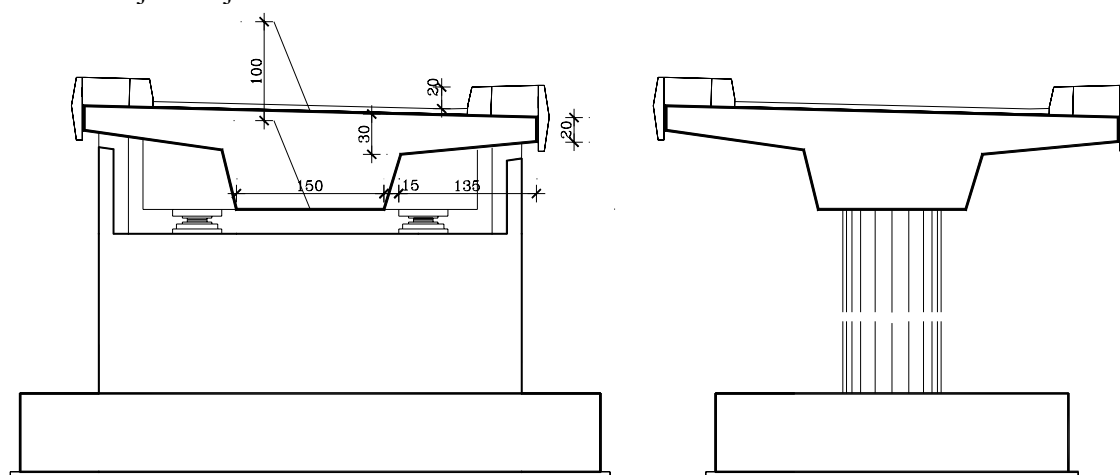
Kod armirano betonskih sklopova debljina rebra može biti od 1.0 m do 1.4 m, a prema potrebi i više. Kod prednapetih sklopova koji se izvedu na mjestu debljina rebra može ići i od 0.6 m pa do otprilike 1.0 m. (Sl. 6) Zbog visoko smještenog težišta ovakvi presjeci mogu samo ograničeno preuzeti negativne momente, što se može poboljšati podebljanjem čitavog rebra ili proširenjem donjeg pojasa, ili pak tlačnom armaturom. Kada se ploča poprečno prednapinje, razmak rebara može narasti do 8,0 m.

Poprečni nosači, povoljni zbog povećanja torzijske krutosti i prijema opterećenja vjetrom, kod suvremenih mostova obično se ugrađuju samo nad osloncima, a ako je kolnička ploča dovoljno čvrsta da sa rebrima tvori okvirno djelovanje nisu potrebni ni nad srednjim osloncima odnosno nad stupovima, pa ćemo ih projektirati samo nad upornjacima (Sl. 7). Poprečne nosače izbjegavamo jer otežavaju izvedbu.



Slika 7. Poprečni nosač na kraju rebrastog mosta.

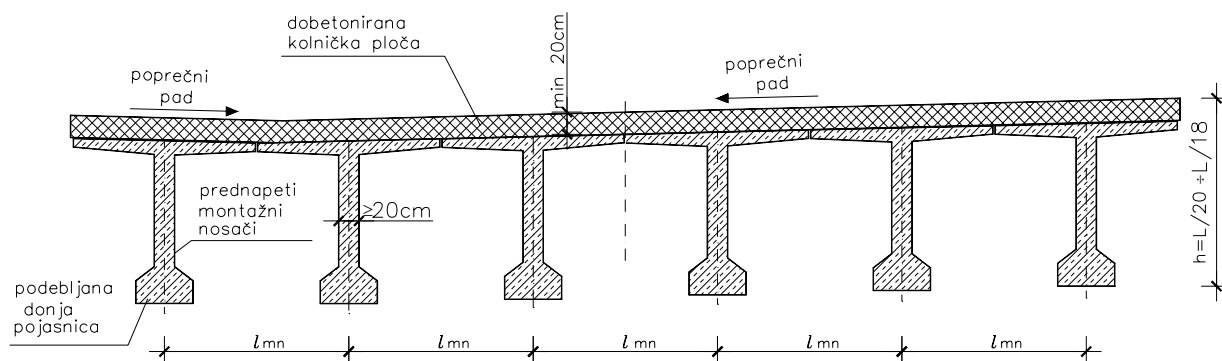
Nosači s jednim rebrom u poprečnom presjeku koriste se kod užih pješačkih mostova. Rasponi i izmjere rebra određuju se prema tablicama 1 i 2, a poprečni nosač ovdje ima ulogu preuzimanja torzije od nesimetričnog opterećenja. Na slici 8 prikazano je rješenje sa upetom vezom glavnog nosača i stupa, čime se postiže okvirno djelovanje.



Slika 8. Poprečni presjek grednog mosta s jednim rebrom.

Izmjere prednapetih montažnih nosača najviše ovise o rasponu i raspoloživoj opremi za izgradnju (nastoji se ograničiti masa nosača). Najmanja debljina hrptova neka bude 20 cm, a može biti stalna (vidi primjere 4 i 5), ili se uvodi podebljanje u blizini ležaja

Primjer na Sl. 9. prikazuje jedan karakterističan poprečni presjek prednapetog grednog sklopa za polumontažnu izvedbu (to znači da se unaprijed načinjeni nosači dovoze i ugrađuju, a ploča se betonira na licu mjesta).



Slika 9. Poprečni presjek prednapetog mosta u polumontažnoj izvedbi za raspon od 30 m, sa zadebljanom donjom pojasnicom.

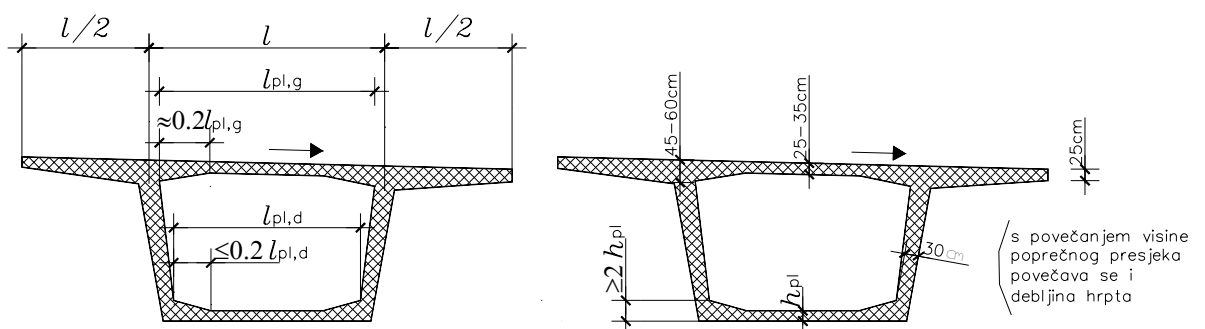
Gornje pojasnice susjednih nosača mogu biti razmaknute ili se međusobno dodirivati. Dobetonirana kolnička ploča neka bude najmanje debljine 20 cm. Primjeri 3 i 4 prikazuju raspored nadvožnjaka s prednapetim nosačima u polumontažnoj izvedbi.

SANDUČASTI SKLOP

Oblik sandučastog nosača jamči veliku torzijsku krutost sklopa, pa se mogu koristiti i za tlocrtno jako zakrivljene nosače. Visina sanduka je stalna do raspona od oko 60 m. U poprečnom smislu nosivost osigurava kolnička ploča i konzole, koje mogu biti dodatno poduprte poprečnim rebrima ili kosnicima. Poprečni nosači, odnosno unutarnji zidovi ili dijafragme obavezno se ugrađuju nad svim osloncima, a oblikuju se s otvorom, jer unutrašnjost sanduka obavezno mora biti pristupačna pregledu.

Najmanje izmjere kolničke ploče (prema Sl. 10):

- Kraj konzole: 25,0 cm
- Sredina kolničke ploče: 25,0 – 35,0 cm, ovisno o rasponu
- Debljina nad hrptovima: 45,0 – 60,0 cm, ovisno o rasponu
- Duljina zadebljanja (vute): $\approx 0,2l_{pl,g}$ gdje je $l_{pl,g}$ - raspon ploče



Slika 10. Preporučljive izmjere sandučastog poprečnog presjeka.

Najmanje debljine hrptova:

- bez kabela: 30,0 cm
- s kabelima: $20,0 \text{ cm} + \sum \phi$ zaštitnih cijevi kabela.

Debljine hrptova i donje tlačne ploče trebaju se podebljati ondje gdje je statički potrebno, uglavnom u blizini oslonaca.

Izmjere donje ploče sanduka:

- Debljina donje ploče: $h_{pl} = l_{pl,d} / 30$, $h_{pl,min} = 12cm$
- Debljina tlačne ploče na spoju s hrptovima: $\geq 2h_{pl}$
- Duljina zadebljanja: $\leq 0,2l_{pl,d}$

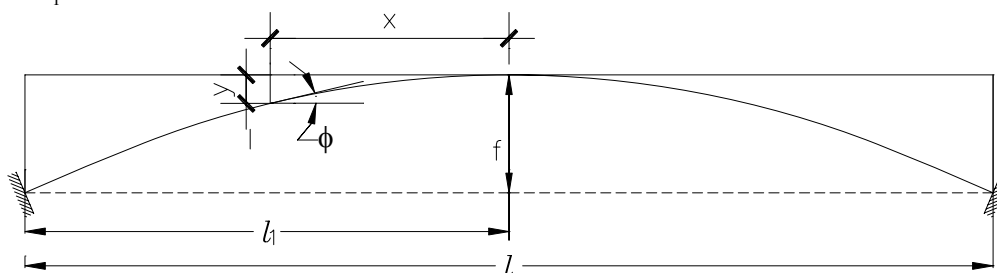
U primjeru 5 dan je prikaz mosta sandučastog poprečnog presjeka stalne visine. Prema preporukama Tablice 2.2, odnos raspona i visine treba biti oko $L/H=25$, pa visina sanduka za najveći raspon $L=50$ m iznosi 2.0 m. Projektant ovog mosta odstupio je od preporuke zbog načina izgradnje mosta potiskivanjem (kliznim naguravanjem). Rasponski sklop tijekom izvedbe mijenja statički sustav, pa je potrebno osigurati veću krutost. Ovdje je odabrano $L/H = 50/4=12.5$.

LUČNI NOSAČ

Lučni mostovi sastoje se od glavnog nosivog elementa – luka ili svoda i grednog nadlučnog sklopa.

Jedan od najbitnijih parametara lučnog ili svođenog nosača je odnos strelice prema rasponu – sploštenost, f/l_r , koju treba odabrati u granicama od 0,1 do 0,3. Obično višlja strelica podrazumijeva povoljniju sliku naprezanja u lučnom nosaču. Drugi bitni parametar je statički sustav. Lukovi su trozglojni (statički određen sustav), dvozglojni ili upeti, a potisak (horizontalna sila u peti) može biti preuzet vlačnom gredom ili predan na tlo. Budući da se zglobovi u glavnim nosačima izbjegavaju zbog teškoća u održavanju, predlaže se odabrati upeti luk. Oblikovanje osi luka predmet je brojnih teorijskih radova, jer o njemu ovisi razdioba unutarnjih sila u presjeku. Kod idejne razrade može se početi od osi oblikovane po jednadžbi parabole s koordinatnim početkom u tjemenu (sl.11.):

$$y = \frac{4f}{l^2} x^2 = \frac{f}{l_1^2} x^2$$



Slika 11. Oblikovanje parabolične osi luka. Ishodište je u tjemenu luka.

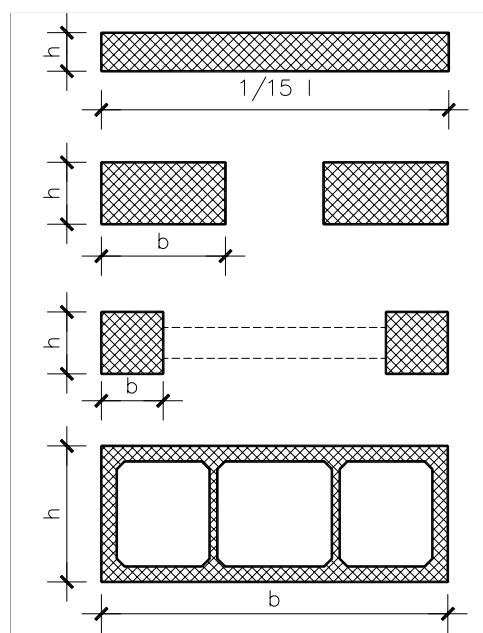
Znakoviti presjeci lukova prikazani su na slici 12. Dana je visina luka u tjemenu (h) u odnosu prema rasponu luka (l) koji je definiran kao spoj težišta presjeka na spoju luka i temelja. Visina i širina lučnog nosača mogu biti stalne po duljini ili se mijenjati od tjemena prema peti.

a) puni svod, za raspane 40 – 100 m
 $h = 1/60$ do $1/70$ raspona

b) dvojni svod, rasponi 40 – 100 m
 $h = 1/60$ do $1/100$ raspona
 $b > 1/30 l$

c) razdvojeni puni lukovi, raspon 100 do 200 m
 $h = 1/40$ do $1/60$ raspona, $h/b = 1$ do 2

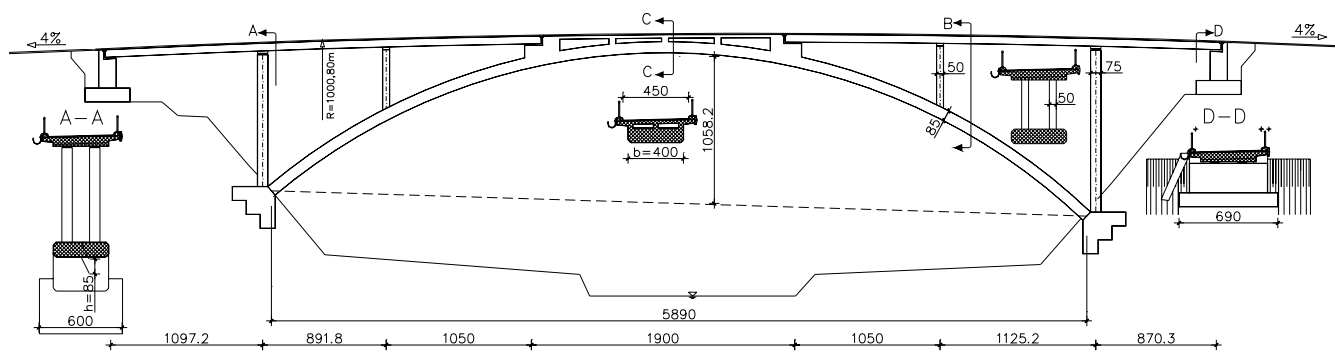
d) šuplji presjek s tri komore, raspon 200 do 400 m
 $h = 1/50$ do $1/100$ raspona, $h/b = 1$ do 2
 $b \geq l/30$ u tjemenu, odnosno $l/25$ u peti



Slika 12. Karakteristični poprečni presjeci lučnih nosača za mostove

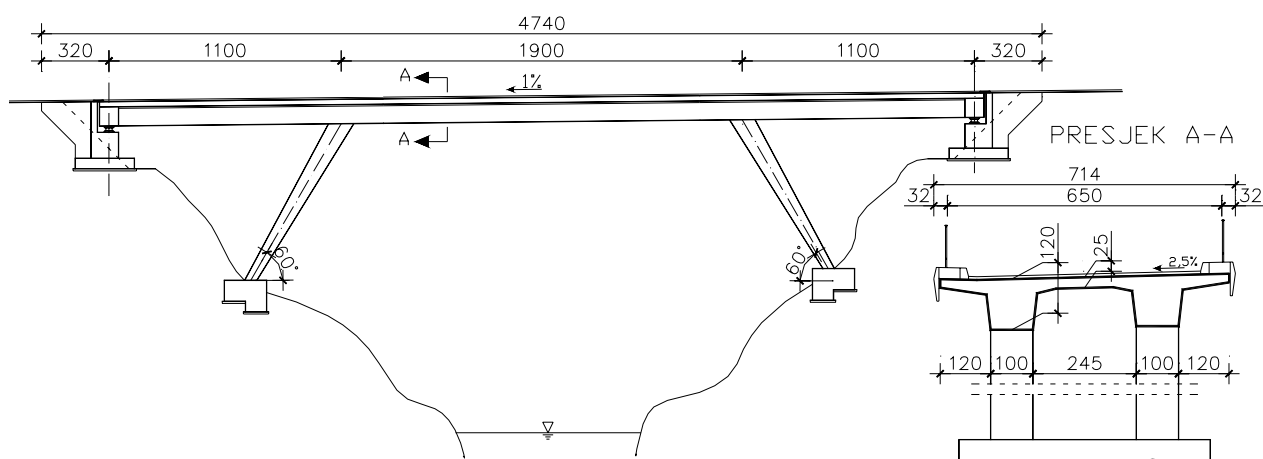
Nadlučni sklop lučnog mosta je grednog sustava, pa se može predvidjeti neki od ranije opisanih presjeka (ploča, rebrasti, sandučasti). Rasponi se odabiru prema estetskim kriterijima i u skladu s preporukama za odabrani sklop (prema tablicama 1 i 2) s time da se nastoji odabrati sklop koji će manje opteretiti luk.

Kod plićih lukova oblikovno je povoljno vizualno spojiti luk s nadlučnim sklopom u blizini tjemena. U tom slučaju nadlučni sklop je razdvojen na dva dijela (sl. 13). Kod visokih lukova nadlučni sklop može biti posve odvojen od luka, kao na sl. 4.



13. Primjer razrade lučnog mosta.

Na slici 14 prikazan je primjer razrade razupornog mosta.



14. Primjer razrade mosta razupornog sustava.