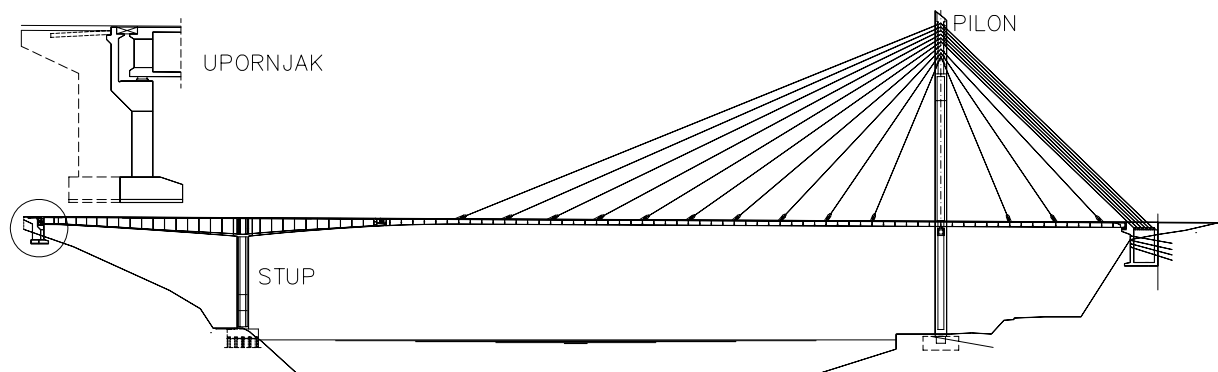


2.3. Potpore rasponskih sklopova: upornjaci i stupovi

Konstruktivski oblici upornjaka i stupova mogu biti vrlo raznoliki, a za potrebe skripte odabrani su karakteristični, kao polazišta za daljnju razradu.



Slika 15 Potpore mosta preko Rijeke dubrovačke.

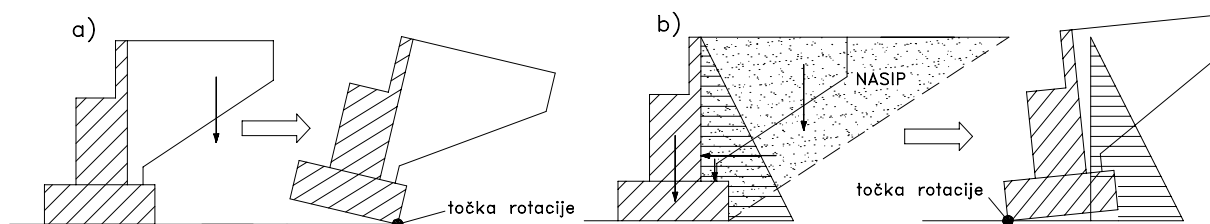
Potpore rasponskih sklopova mostova, upornjaci, stupovi i piloni (Sl 15) imaju zadaću da:

- prenesu na temeljno tlo sva opterećenja
- prenesu na temeljno tlo dodatne sile koje se pojavljuju uslijed djelovanja prednapinjanja, promjene temperature i sl.,
- omoguće uzdužne pomake rasponske konstrukcije i vlastite pomake od djelovanja temperature, prednaprezanja, skupljanja i puzanja, bez dodatnih sila u konstrukciji, ili s dodatnim silama, koje se mogu dokazati i preuzeti,
- omoguće deformacije rasponske konstrukcije i vlastite deformacije bez dodatnih sila u konstrukciji, ili s dodatnim silama, koje se mogu dokazati i preuzeti

Nadalje, potpore moraju biti sigurne i trajne prilikom korištenja, a jednostavne i racionalne u izvedbi. Kao bitan element slike mosta, potpore trebaju biti dobro oblikovane.

UPORNJACI

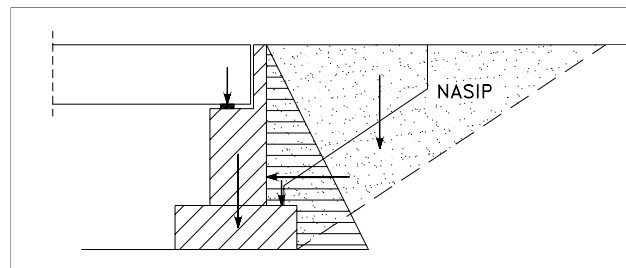
Upornjak je mjesto na kojemu se odvija prijelaz s terena (najčešće s nasipa) na most. S jedne strane upornjak predstavlja potporni zid pristupnog nasipa, a s druge oslonac rasponskog sklopa. Već u početku razrade treba nastojati da upornjak bude stabilna figura, odnosno da ne dođe do opasnosti od prevrtanja.



Slika 16. Slučajevi opterećenja za provjeravanje sigurnosti upornjaka na prevrtanje.

- neposredno nakon izvedbe upornjaka, prije ugradbe nasipa
- nakon izvedbe nasipa, prije izrade rasponskog sklopa.

Kod oblikovanja upornjaka treba pažljivo razmotriti i nacrtati i kraj nasipa, jer i njegovo oblikovanje pripada projektu mosta. Upornjak se konstruira na osnovi rasponskog sklopa od kojeg može biti širi ili uži. Iza zida upornjaka, između krila, cesta prelazi na nasip, ali to ne mora biti slučaj sa pješačkom stazom, koja se vodi do kraja krila upornjaka. Upornjak može biti temeljen na nasipu, uz posebne uvjete zbijanja, ili na tlu.



Sl. 17. Djelovanja na zid upornjaka

Osnovni dijelovi upornjaka:

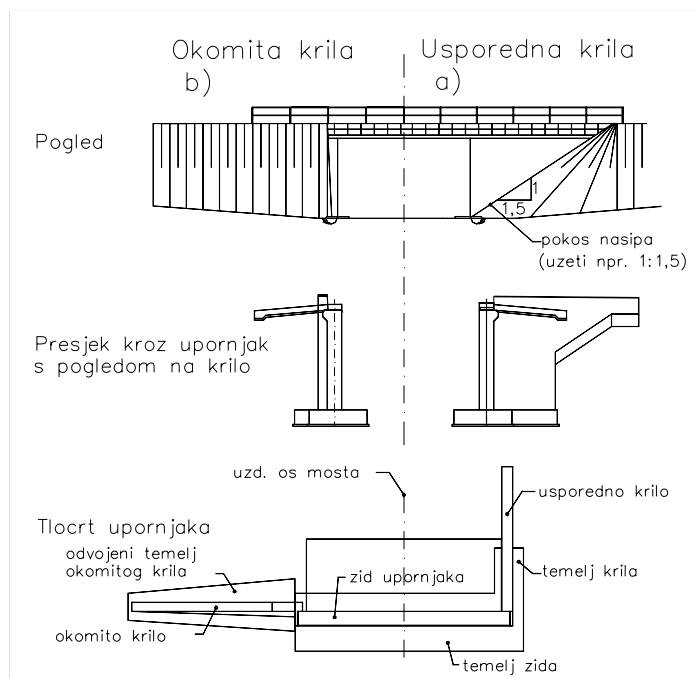
ZID UPORNJAKA – prenosi vertikalne, a često i horizontalne sile s rasponskog sklopa na tlo, te preuzima pritisak tla s nasipa, koji se nastavlja na most.

ZIDIĆ UPORNJAKA (*prсни zid, zaštitni zidić*) – nalazi se iza završetka rasponskog sklopa, na vrhu zida upornjaka, a na strani prema nasipu. Tu se, usljed deformacija konstrukcije, čeonu ploha pomiče prema nasipu pa zidić odjeljuje nasip od rasponske konstrukcije odnosno na zidiću se uređuje prijelaz sa rasponske konstrukcije na tlo. Zidić upornjaka ujedno štiti prostor ležaja od zemlje, te služi ugradbi prijelazne naprave.

KRILA UPORNJAKA – zadržavaju nasip iza upornjaka protiv slijezanja i osipanja te formiraju kraj nasipa. Prema tlocrtnom smještaju u odnosu na uzdužnu os mosta krila mogu biti usporedna, okomita (sl. 18) ili kosa.

Krila okomita na os mosta primjenjuju se kod manjih raspona i onda, kada se tlo nasipa želi odvojiti od slobodnog prostora ispod mosta. Usporedna krila se češće primjenjuju radi boljeg izgleda, iako su u pravilu skuplja od okomitih.

Duljina usporednih krila ovisi o nagibu stošca nasipa i položaju krila u nasipu (Slika 19). Na vrhu nasipa krila treba produljiti, odnosno ukopati za 50 do 100 cm u nasip.

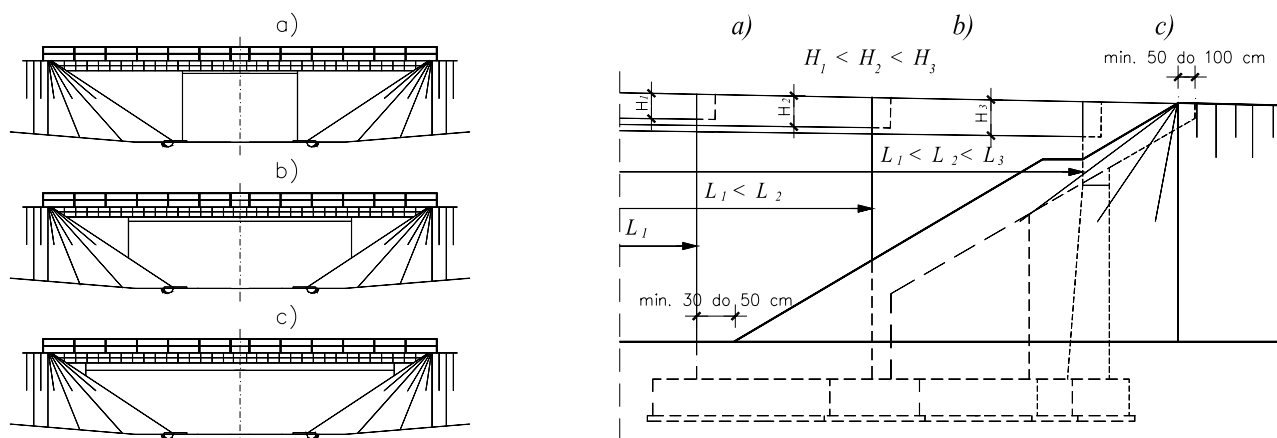


Slika 18

a) Usporedna (paralelna krila) upornjaka
b) Okomita krila.

Na slici 19 prikazan je međudodnos veličine upornjaka i raspona mosta:

- Duga krila - masivni upornjak približen prepreci. Raspon mosta se krati a slobodni profil sužava. Ako se radi o cesti, prolaz vozilom uza zid izaziva nelagodu, ako se radi o vodenoj prepreci, povećava se opasnost od podlokavanja.
- Masivni upornjak, krila s vlastitim temeljima, ali je zid pomaknut u nasip. Raspon sklopa je povećan u odnosu na slučaj pod a), ali je oslobođen veći slobodni profil ispod mosta, a postignuta je i određena ušteda na gradivu upornjaka.
- Minimalni upornjak s ovješanim krilima (dakle, krilima bez vlastitih temelja), pri vrhu nasipa: ostvaren je najveći raspon, ali je i slobodni profil do kraja oslobođen.



Slika 19 Različite mogućnosti izvedbe upornjaka u odnosu na prepreku i nasip.

U sva tri slučaja izmjere krila moraju biti takve da onemogućeg slijeganja ili osipanja nasipa. Veća krila mogu imati vlastite temelje, dok manja mogu biti samo upeta u zid upornjaka (ovješena krila). Krila velike duljine i krila na slabom tlu valja odvojiti od upornjaka i izvesti na vlastitim temeljima, kako ne bi bila izložena velikim momentima upetosti ili prevelikim pomacima uslijed zakretanja upornjaka.

PRIJELAZNA PLOČA – ima zadaću omogućiti što neprimjetniji prijelaz s tvrde podloge na kojoj se nalazi zastor na mostu, na podatnu podlogu, koju tvori nasip otvorene prometnice.

Nasip se iza upornjaka sliježe više nego rasponski sklop pa može nastati udarna rupa, odnosno stepenica koja se mora popuniti. Prijelazna ploča sprječava ovu denivelaciju prometne plohe iza zida upornjaka uslijed diferencijalnog slijeganja nasipa.

LEŽAJNA KLUPA – ojačani gornji dio zida upornjaka, izvodi se kao greda skrivena u zid kod masivnih upornjaka ili visoka greda kod upornjaka s propuštenim nasipom. Na ležajnoj klupi uređuje se prostor za ležaje, a kod velikih mostova i hodnik za reviziju ležaja i ulaz u rasponski sklop.

NASIP – nasip iza upornjaka je integralni dio mosta pa ga valja urediti tako da ne dođe do oštećenja sklopa uslijed neplaniranog slijeganja. Projektant mosta definira pokose, način izvedbe i zbijanja, gradivo, oblogu, a osobitu pažnju mora obratiti na drenažu i odvodnju nasipa iza upornjaka. Nagib pokosa nasipa obloženog kamenom je 1:1, za uobičajena tla uz zatravnjenje iznosi 1:1,5, a za sipka tla 1:2. Stabilnost nasipa dodatno jamči izvedba berme široke 1 m (sl. 20).

Glavne izmjere upornjaka:

Većina dijelova upornjaka je ukopana, dakle, nedostupna pregledu. Iz tih razloga dobro je odabrati masivne izmjere. Debljinu zida upornjaka treba odabrati s najmanje 50 cm, ali bolje je da on bude deblji od 70 cm. Zidić upornjaka neka bude deo najmanje 30 cm, a krila najmanje 50 cm. Zidovi i krila višji od 5 m se projektiraju promjenjive širine, pri dnu najmanje 50 cm, pri vrhu najmanje 30 cm.

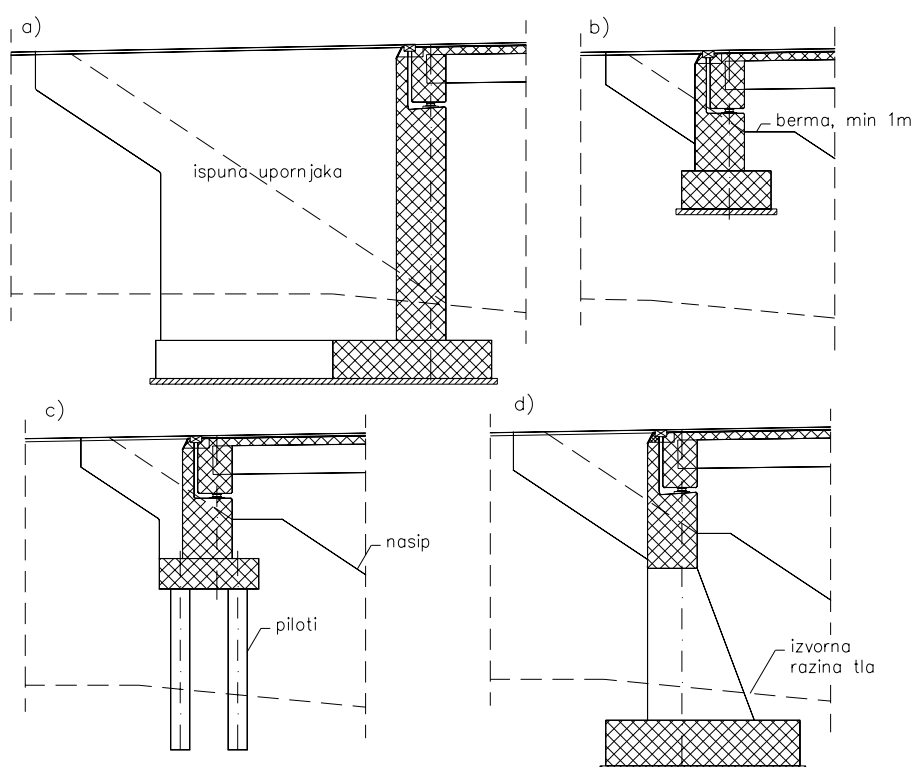
Osnovni tipovi upornjaka:

Klasični masivni upornjak svojim izmjerama i masom osigurava stabilnost i nepomičnost rasponskog sklopa (sl. 20a). Temeljen je ispod razine tla, a krila su mu najčešće upeta, na vlastitim temeljima.

Minimalni upornjak može biti temeljen na nasipu ili na stijeni (sl. 20b). U ekstremnom slučaju rasponski sklop može se oslanjati izravno na temeljnu ploču (rješenje bez zida upornjaka ili s minimalnim zidom).

Kod temeljenja na nasipu nužno ispravno propisati materijal i postupak zbijanja.

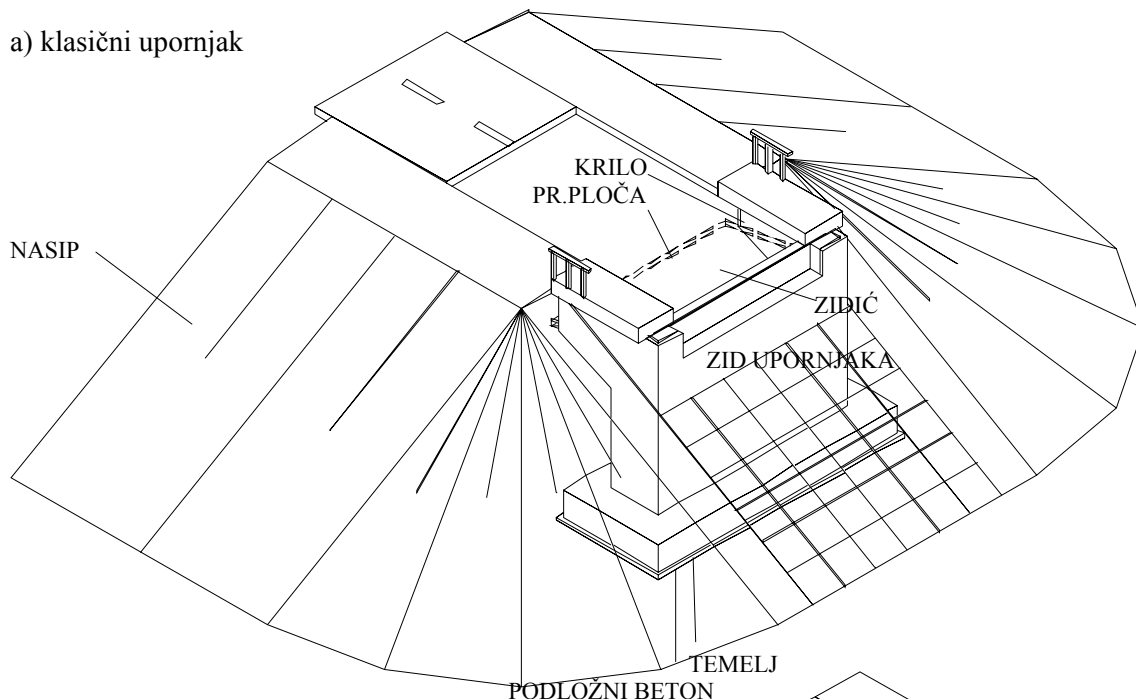
Zid upornjaka može biti temeljen na pilotima, ili oslonjen na stupove koji imaju vlastiti temelj (sl. 20c i d).



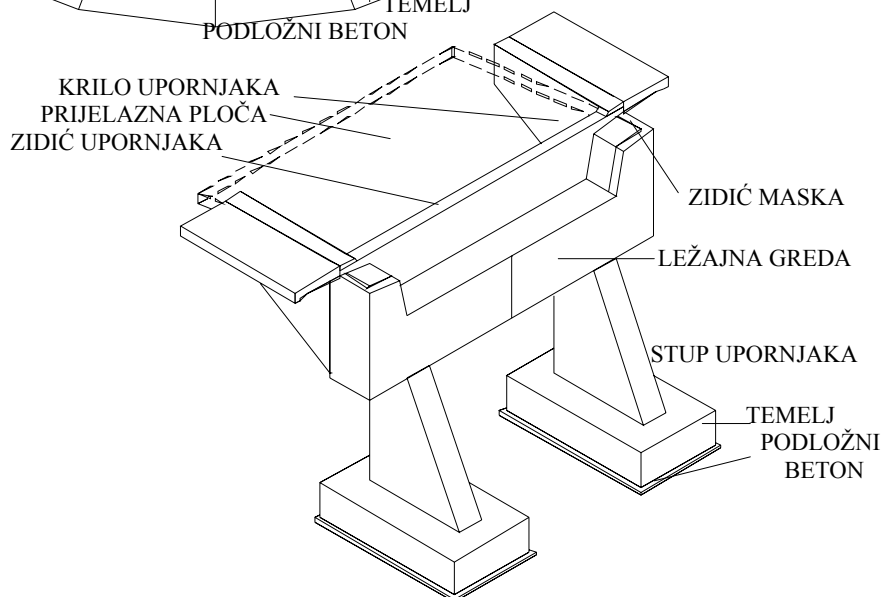
Slika 20 Osnovni tipovi upornjaka u uzdužnom presjeku.

Na slici 21 dan je prostorni prikaz dijelova jednog klasičnog i jednog minimalnog upornjaka. Posebnu pažnju treba obratiti na konzolu na krilu upornjaka: položaj pješačke staze određuje ukupnu širinu upornjaka.

a) klasični upornjak



b) minimalni upornjak



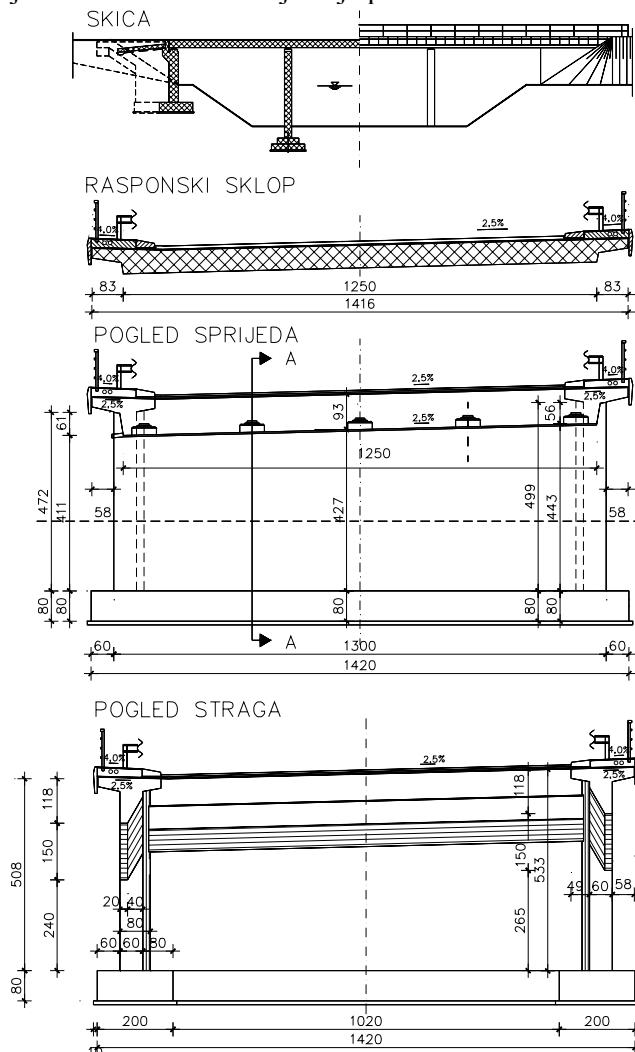
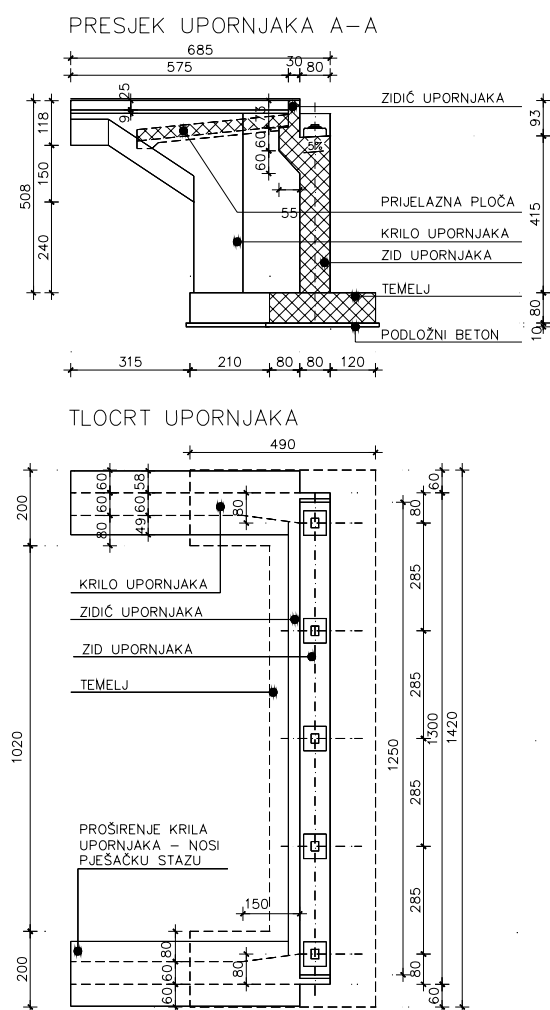
Slika 21 Prostorni prikaz dijelova upornjaka
 a) klasični upornjak
 b) minimalni upornjak na stupovima

Na slici 22 prikazani su nacrti klasičnog armiranobetonskog upornjaka za manji most preko vodene prepreke. Ovakav tip potpore odabran je zbog značaja prometnice (radi se o autocesti) i opasnosti od eventualnog podlokavanja.

U nastavku su prikazani osnovni nacrti dvaju upornjaka s propuštenim nasipom (Sl. 23 i 24). Prvi je u monolitnoj izvedbi, dok je drugi montažnog sustava, kakav se često primjenjuje u Hrvatskoj. Rješenje sa slike 24 podrazumijeva solidnu oblogu nasipa protiv erozije. Ovakvi upornjaci češće se izvođe na prometnicama niže kategorije i na nadvožnjacima.

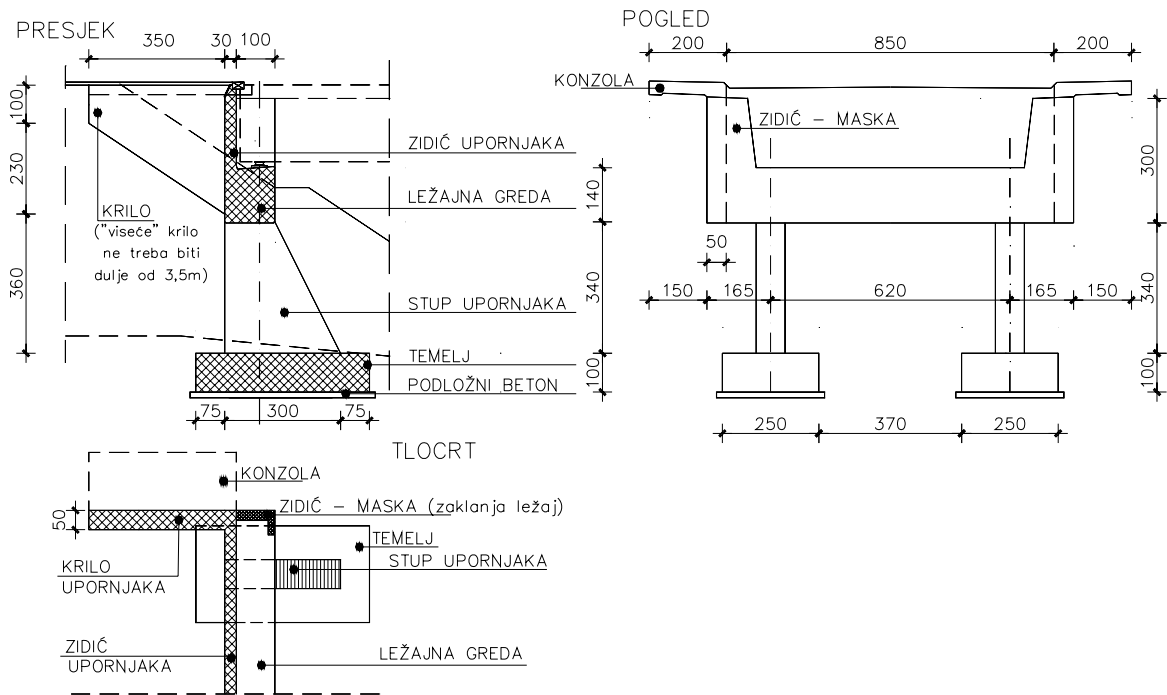
Na slici 25 prikazan je jedan upornjak složenog oblika sa zakrivljenim krilima, oblikovan tako jer je neposredno iza mosta raskršće. Vidljivi dio zida upornjaka obložen je kamenom, a nasip ispred upornjaka ojačan je da zaštiti most od erozije uslijed tečenja rijeke.

Masivni upornjaci većeg sandučastog mosta sadrže prostorije za reviziju ležaja i prijelaznih naprava, a kroz njih se rješava i ulaz u sklop. U upornjaku se rješavaju i šahtovi za instalacije koje prolaze mostom.

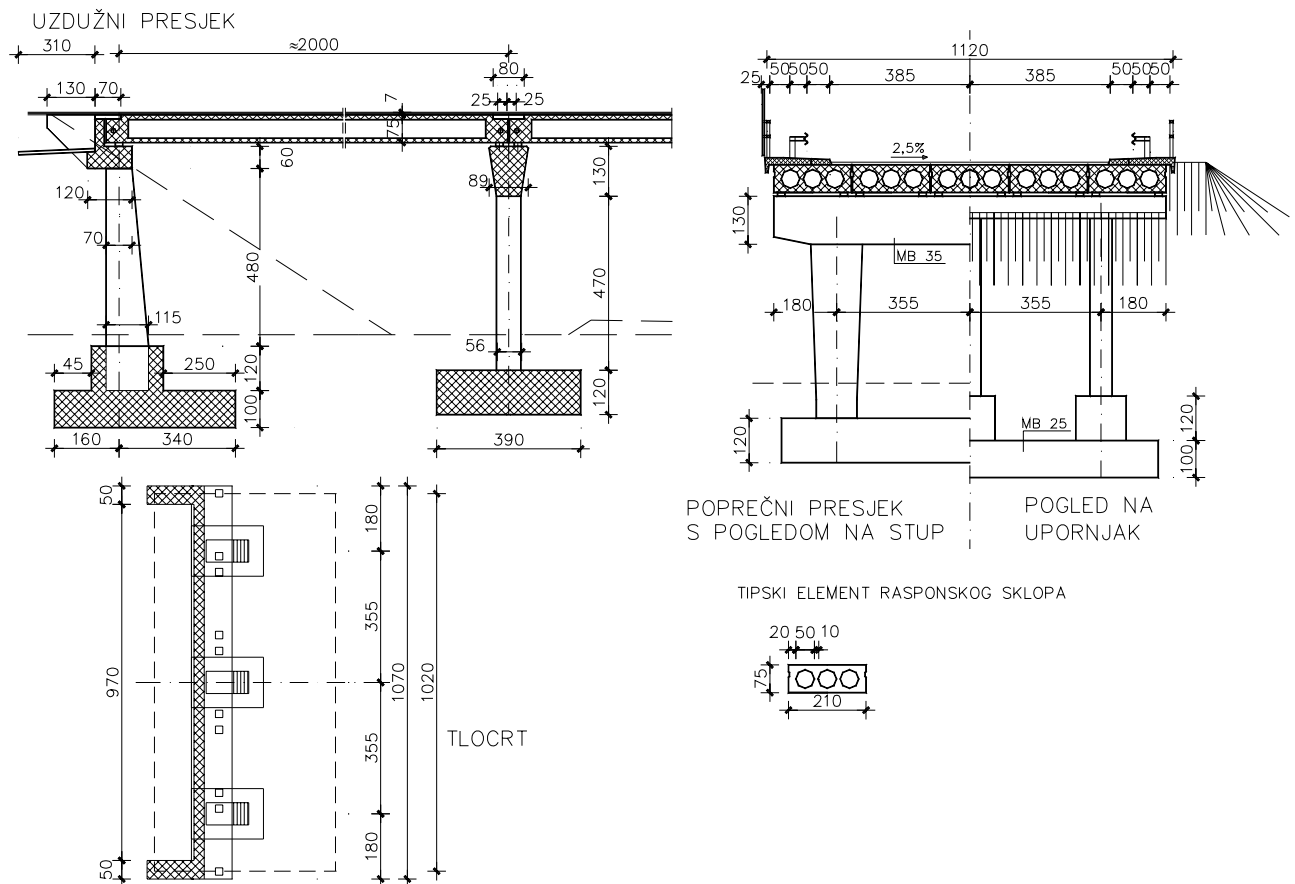


Slika 22

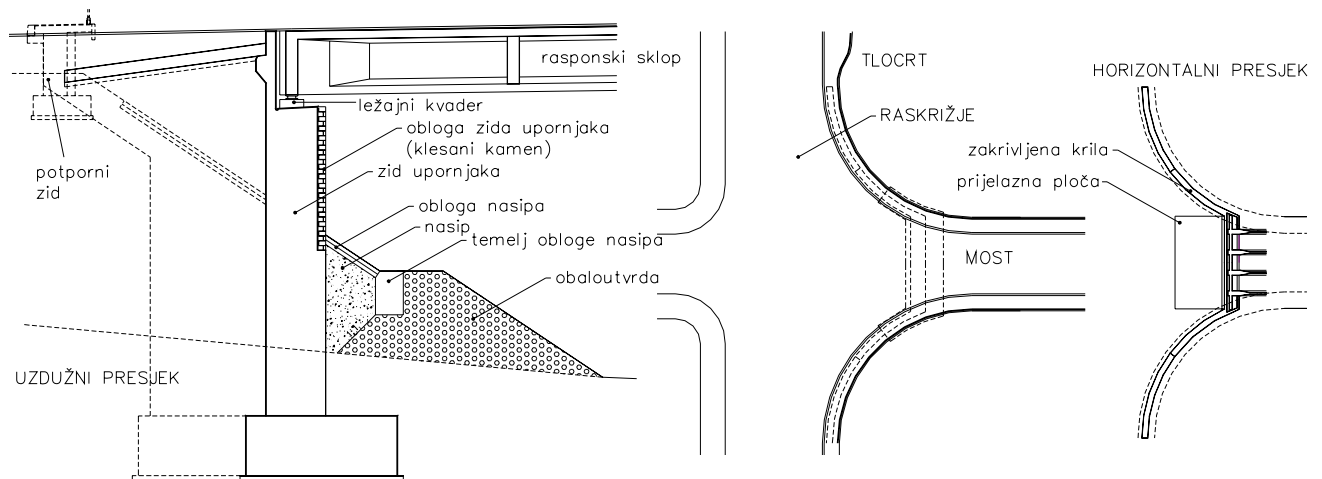
Primjer crtačke razrade klasičnog armiranobetonskog upornjaka, sa svim potrebnim nacrtima.



Slika 23 Monolitni upornjak s propuštenim nasipom.



Slika 24 Montažni upornjak s propuštenim nasipom, sustav "Viadukt".



Slika 25 Upornjak na lijevoj obali Une mosta u Kostajnici sa zakrivljenim krilima.

STUPOVI

Stupovi mostova se oblikuju ovisno o potrebnoj visini, vrsti i broju oslonaca rasponskog sklopa, te o mogućnostima temeljenja. Jednostavni oblici poprečnog presjeka stupa (puni štapovi ili zidovi - stijene) olakšavaju izvedbu uz povećan utrošak gradiva, dok složeniji oblici (šuplji) ostvaruju veću krutost (veći moment inercije) uz isti utrošak gradiva, ali i povećan utrošak izvedbe (korištenje unutarnje oplata).

Većina stupova i stupišta sastoji se od temelja, tijela stupa (ako se stup sastoji od više tijela, odnosno pojedinačnih stupaca, zovemo ga stupištem) i oslonačkog dijela pri vrhu, koji je često proširen.

Bitno se razlikuju stupovi opterećeni primarno vertikalnom silom i oni koji moraju preuzeti i momente savijanja (unutarnje sile u stupu ovise o načinu oslanjanja). Poprečni presjek tijela samog stupa uglavnom se ne mijenja po visini, osim kod visokih stupova ili stupova u vodotoku. Visoki se stupovi mogu sužavati prema vrhu, dok se dijelovi u vodi često proširuju zbog zaštite od abrazije riječnim nanosom, udara leda ili plovila.

I stupovi i upornjaci pri vrhu završavaju ležajnim kvadrima koji služe preciznom postavljanju ležaja rasponskog sklopa. Broj i raspored oslonaca rasponskog sklopa često diktira izmjere ležajne plohe na vrhu stupa znatno veće od potrebnog presjeka samog stupa. U tom slučaju vrh se proširuje naglavnom gredom. Naglavnica stupa služi i kod izvedbe, primjerice kao oslonac skele te kod izmjene ležaja. Kada se pojedinačna tijela stupova povezuju u stupišta, također se to čini naglavnicom. Oblik stupa ovisi i o vrsti temelja; primjerice temeljni piloti mogu se produljiti van tla i postati stupovi.

Kod mostova okvirnog sustava stupovi mogu biti upeti u rasponski sklop, ili im se pri vrhu formira armirano betonski zglobov.

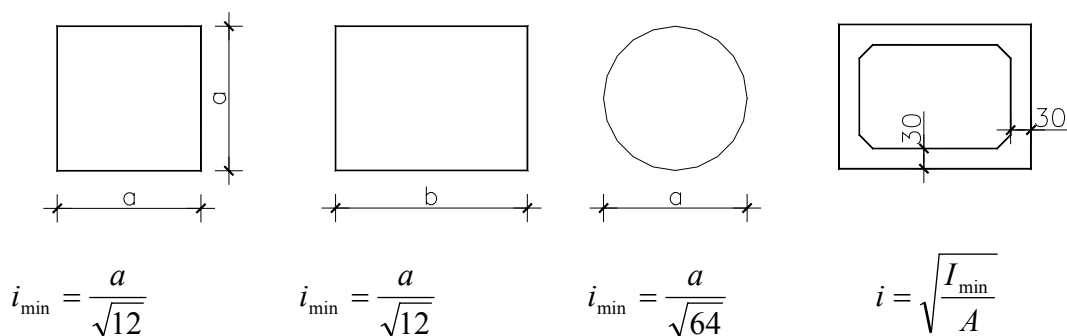
Ukoliko se ne radi o izrazito visokom objektu, preporuča se da vitkost stupova bude manja od 70 ($\lambda < 70$), što se može brzo i jednostavno provjeriti prema sl. 26. Osnovna načela oblikovanja stupova biti će izložena kroz primjere.

$$\lambda = \frac{l_i}{i}, l_i = \text{dužina izvijanja},$$

$I_{\min}$ – najmanji aksijalni moment tromosti presjeka,

$$i = \sqrt{\frac{I_{\min}}{A}}, \quad \text{polumjer tromosti}$$

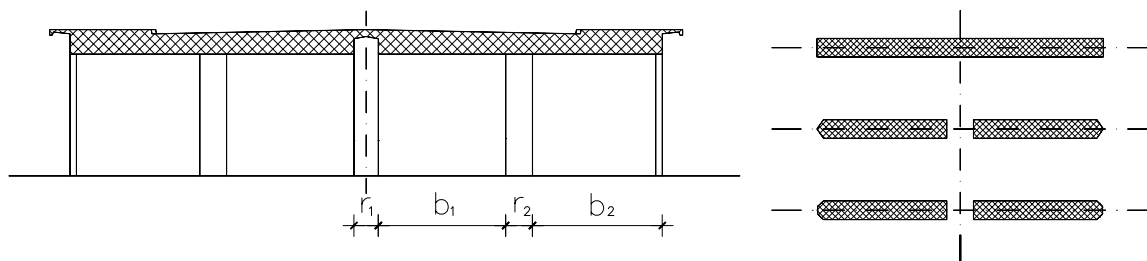
A – površina presjeka



Slika 26 Polumjeri tromosti poprečnih presjeka. Duljina izvijanja stupa ovisi o rubnim uvjetima, vrsti temelja i oslonca pri vrhu, a obično je u granicama između h i $2h$.

STUPOVI OBLIKOVANI KAO ZIDOVI (STIJENE)

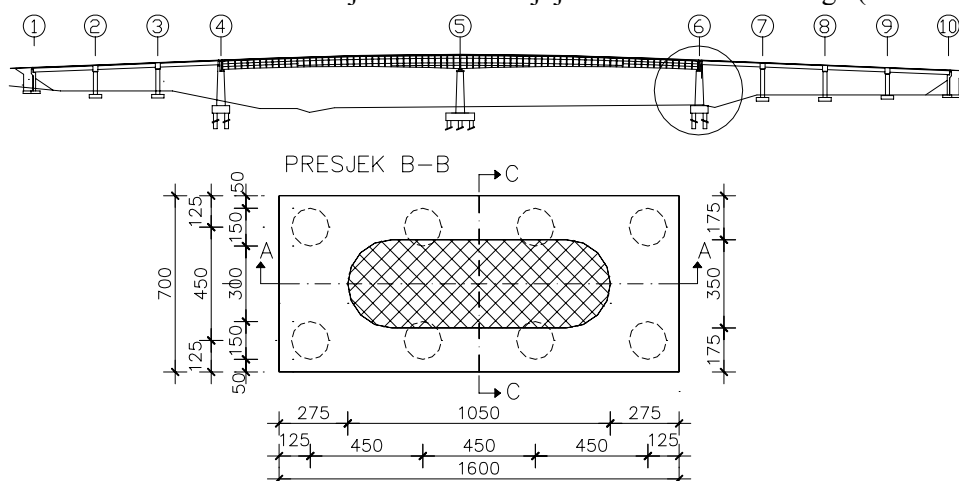
Čeone plohe jednostavno oblikovanih stupova se u tlocrtu mogu skositi ili zaobliti (Slika 27). Ovi stupovi povoljni su za oslonac ploča na maloj visini, jer je za ploče povoljno kontinuirano oslanjanje, ili veći broj oslonaca na malom razmaku.



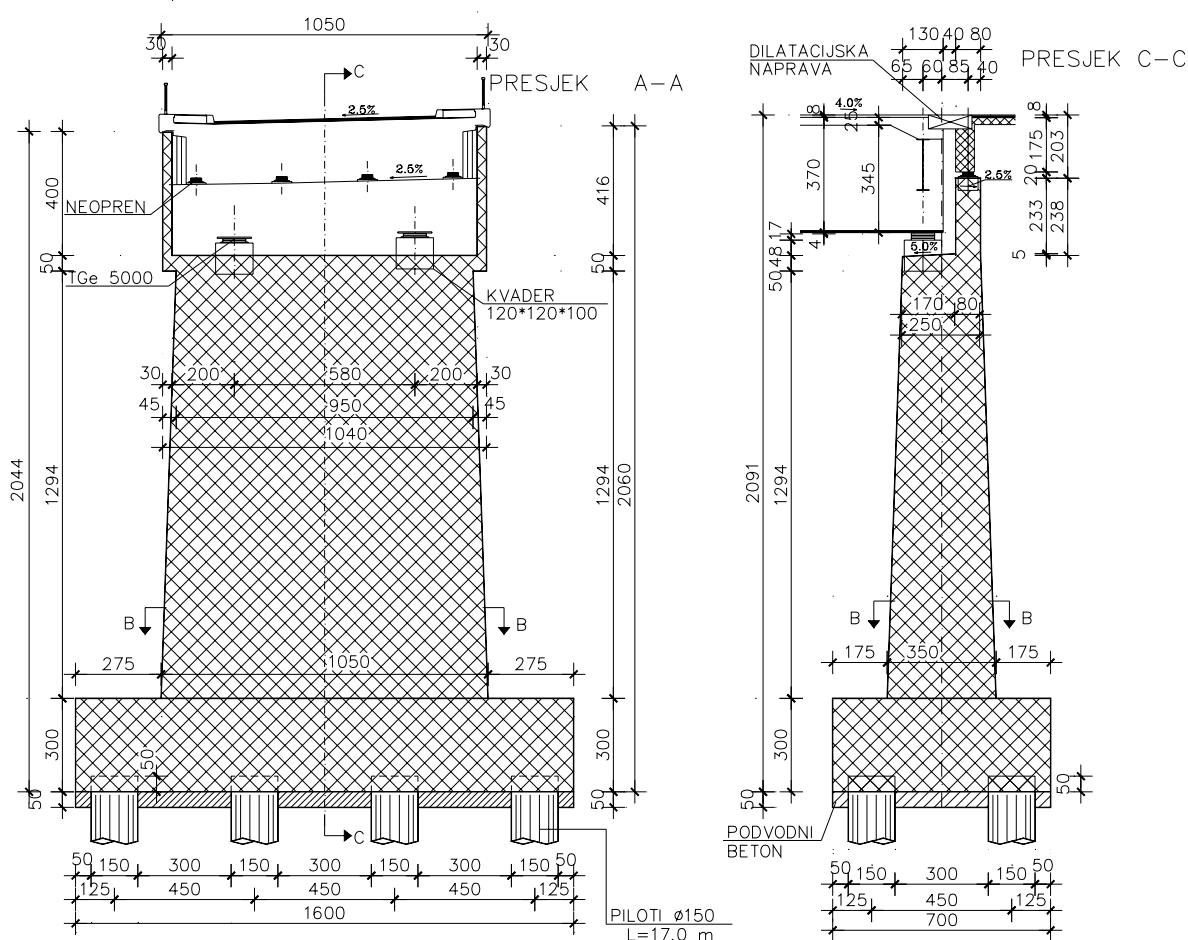
Slika 27 Stupovi oblikovani kao zidovi (stijene)

MASIVNI STUP U VODOTOKU

Poseban problem kod stupova temeljenih u rijeci predstavlja mogućnost udara plovila. Najjednostavniji su stupovi oblikovani kao puni armirano betonski zid. Na plovim rijekama obično su znatne debljine (3 – 5 m), često se dodatno oblažu kamenom a na krajevima se zaobljuju iz hidrauličkih razloga (slika 28 a i b).



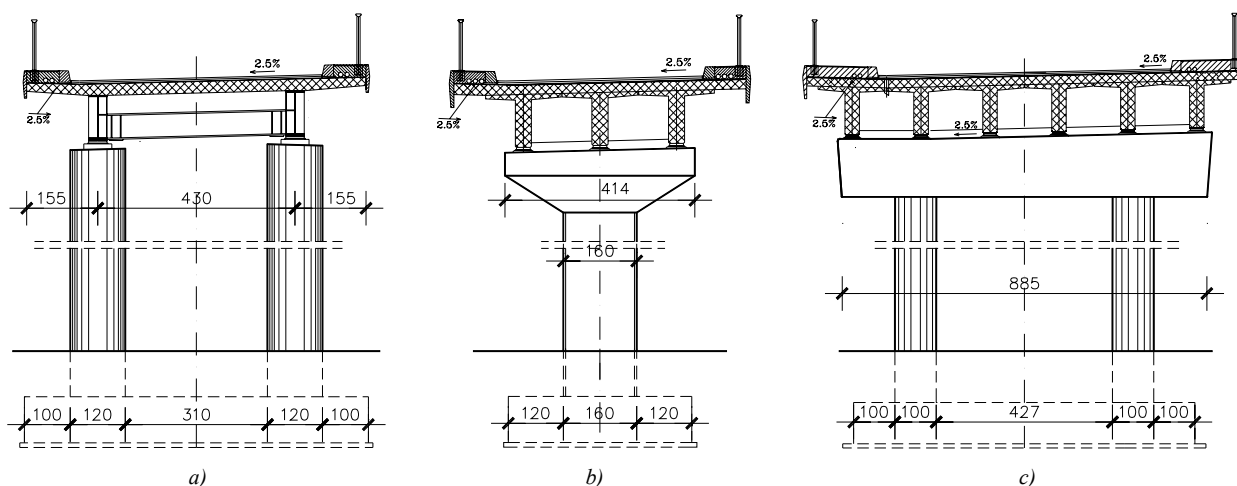
Slika 28 a) Novi most preko Drave kod Belišća, raspored i temelj stupa 6.



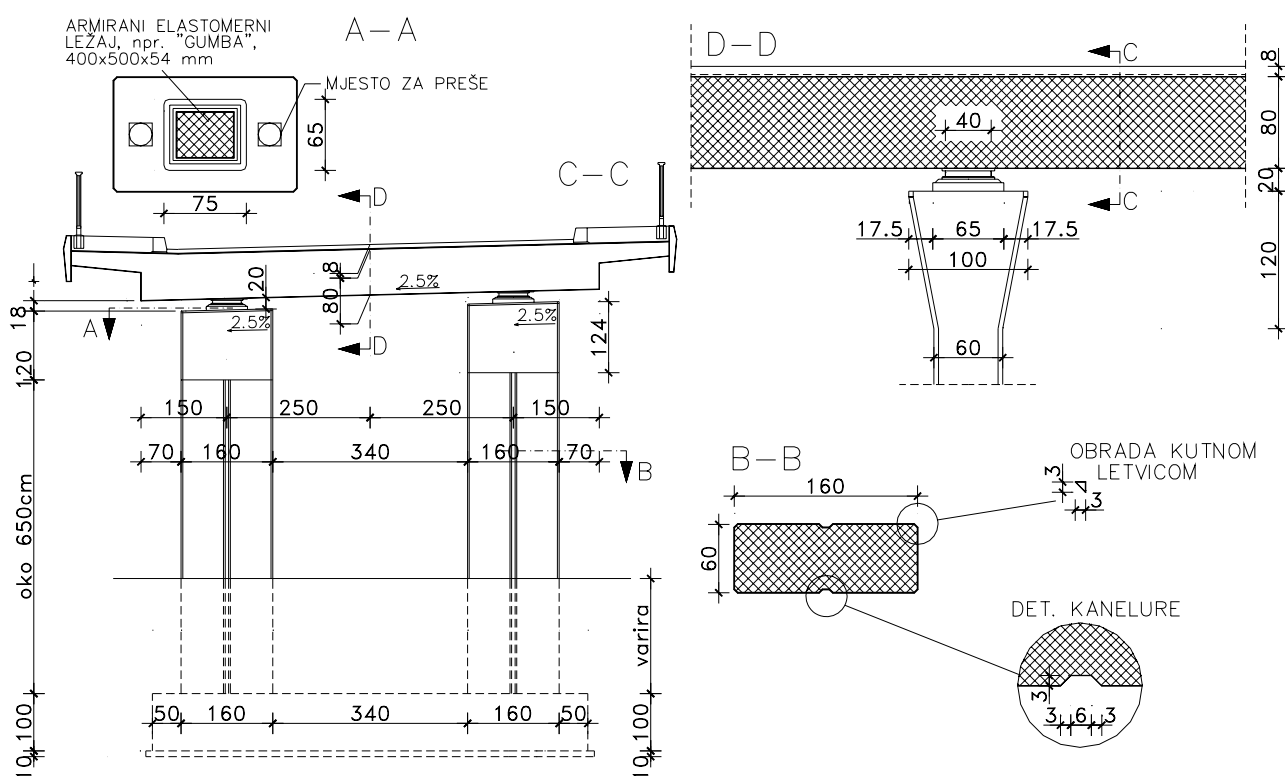
Slika 28 b) Stup u vodotoku oblikovan kao masivni zid, primjer stupa na novom mostu preko Drave kod Belišća. Ovaj stup se nalazi između središnjeg mosta i prilaznog vijadukta pa se s jedne strane na njega oslanja spregnuti sklop preko korita, a s druge strane prednapeta konstrukcija prilaza.

STUPOVI NADVOŽNJAKA I UŽIH MOSTOVA

Stupovi manjih visina, kod kojih vitkost nije glavni kriterij oblikovanja, mogu biti vrlo raznoliki po obliku. Često su takvi stupovi na vidnom mjestu, pa ih treba dobro oblikovati. Najčešće se sastoje od temelja, tijela stupa ili nekoliko stupaca i naglavne grede (sl. 29). Najčešći oblik stupova je pravokutan ili okrugao. Jednolične plohe mogu se razbiti vertikalnim i horizontalnim utorima - kanelurama, koji dodatno služe da maskiraju mjesta nastavljanja betoniranja. Rubove stupova poligonalnog presjeka treba obraditi tako da se izbjegnu oštri kutevi, npr. kutnom letvicom (sl. 30).



Slika 29 a) Dva pojedinačna stupa bez naglavne grede – spregnuti most
 b) Pojedinačni stup s naglavnicom
 c) Stupište. Dva stupa povezana su zajedničkim plitkim temeljem i naglavnom gredom



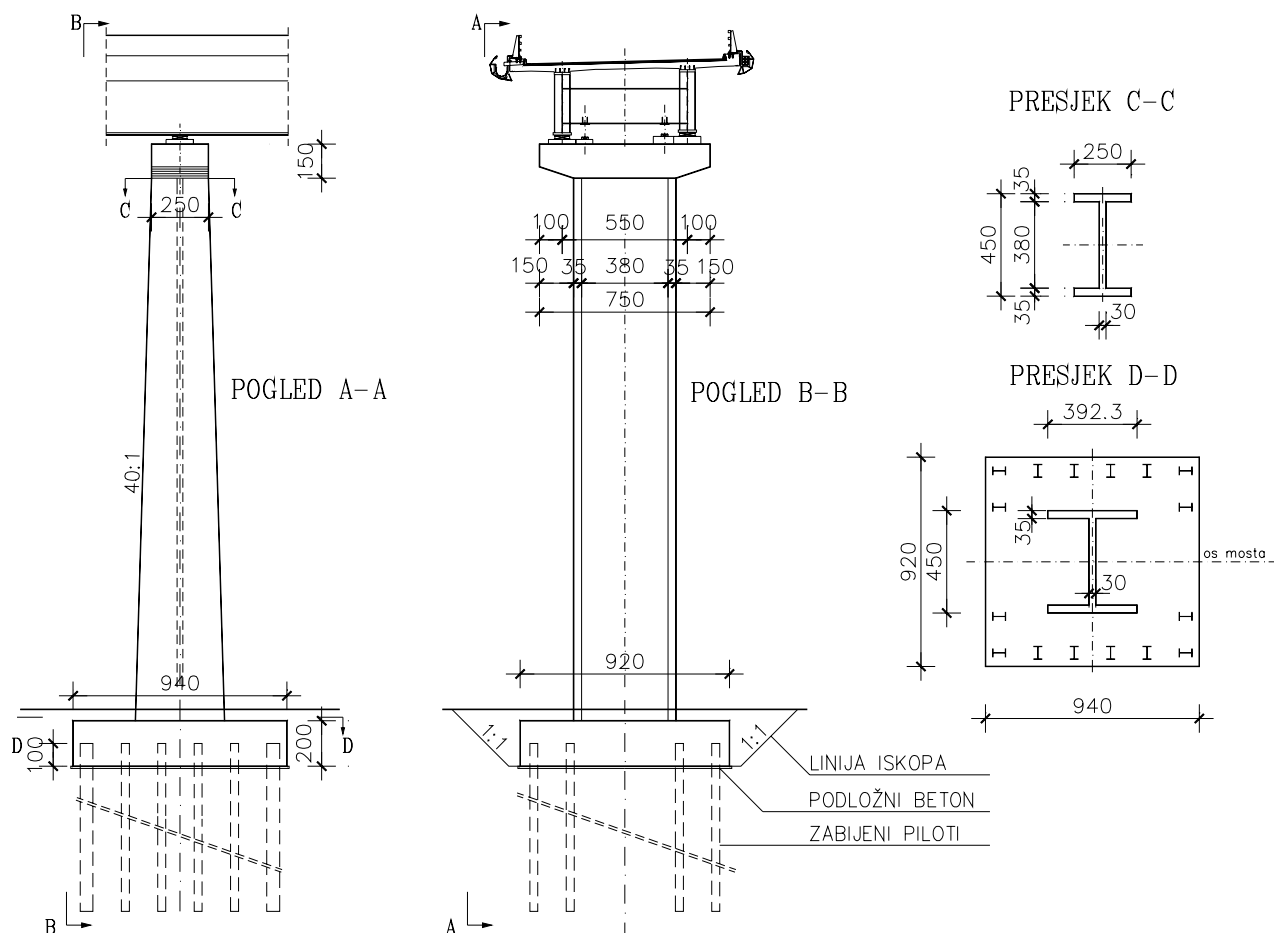
Slika 30. Oblikovanje stupišta nadvožnjaka.

STUPOVI ŠUPLJEG ILI RAZVEDENOG POPREČNOG PRESJEKA

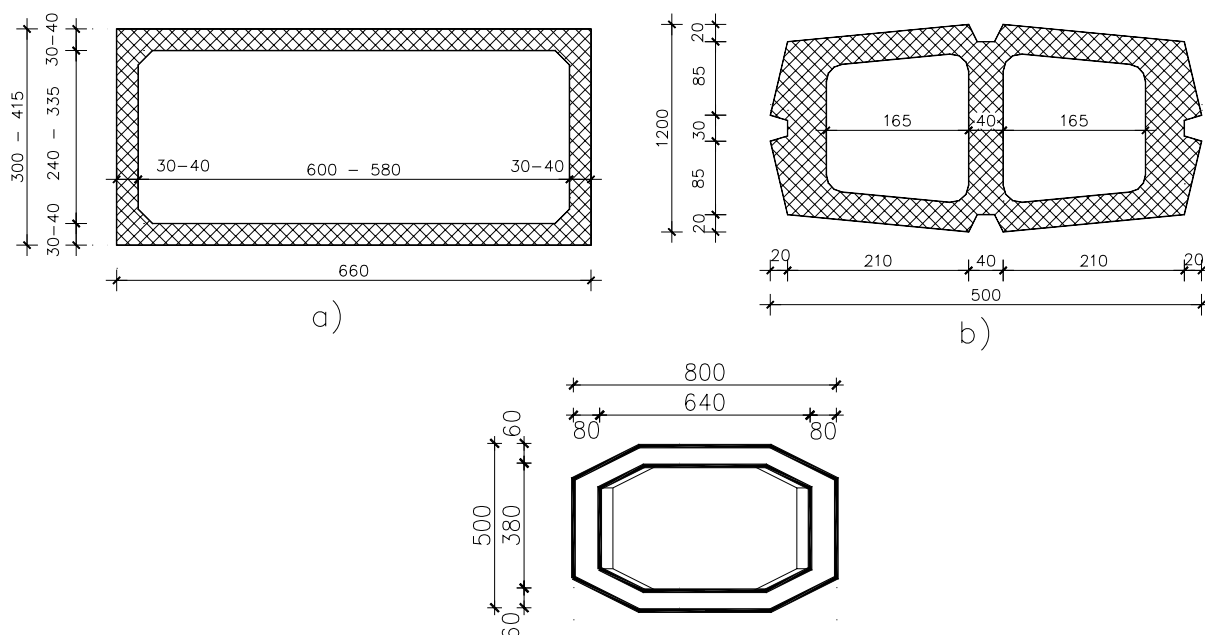
Za višlje stupove vijadukata, kao i za niže stupove koji su dominantno opterećeni momentom savijanja usvaja se razvedeni (Slika 31) ili sandučasti poprečni presjek (Slika 32), kako bi se uz istu površinu presjeka dobio veći moment inercije. Ovisno o visini, stupovi mogu biti stalnog ili promjenjivog poprečnog presjeka.

Najmanja preporučljiva debljina stijenki stupa iznosi 30 cm. Poprečni presjeci stupova složenog oblika mogu biti oblikovno i statički povoljniji, ali često stvaraju poteškoće pri izvedbi (složena armatura i oplata), zbog

čega može doći u pitanje kvaliteta radova. Široki šuplji stupovi ne moraju imati naglavnu gredu, već završavaju debelom pločom na vrhu.



Slika 31 Razvedeni poprečni presjek visokog stupa na novom viaduktu preko Mirne (Istarski Y)



Slika 32

Sandučasti poprečni presjeci visokih stupova (30 do 60 m)

a) most Dobra – Vrbovsko. Stup je stalne širine poprečno na os mosta, dok je u uzdužnom smislu (u pogledu na most) deblji pri dnu no pri vrhu.

b) viadukt Dubračina

c) prilazni vijadukt mosta preko Rijeke Dubrovačke