

REPUBLIKA SRBIJA
PROJEKAT REHABILITACIJE TRANSPORTA

**PRIRUČNIK ZA PROJEKTOVANJE
PUTEVA U REPUBLICI SRBIJI**

9. PROJEKTOVANJE MOSTOVA

9.4 MANJI MOSTOVI I PODVOŽNJACI

BEOGRAD, 2012.

Izdavač: Javno preduzeće Putevi Srbije, Bulevar kralja Aleksandra 282, Beograd

Izdanja:

Br.	Datum	Opis izmena i dopuna
1	30.04.2012	Prvo izdanje

SADRŽAJ

9.4.1	UVODNI DEO	1
9.4.1.1	PREDMET SMERNICE	1
9.4.1.2	REFERENTNI NORMATIVI	1
9.4.1.3	TERMINOLOGIJA	1
9.4.1.4	KORIŠĆENE SKRAĆENICE	2
9.4.2	MANJI MOSTOVI	2
9.4.3	PODVOŽNJACI ISPOD PUTEVA	5
9.4.4	PODVOŽNJACI ISPOD ŽELEZNIČKIH PRUGA	8

9.4.1 UVODNI DEO

9.4.1.1 Predmet smernice

Predmet smernice su manji mostovi, podvožnjaci i podvožnjaci koji su bez obzira na različitu namenu konstruktivno slični objekti. Smernica potencira primenu savremenih okvirnih konstrukcija sa jednim otvorom kao što su AB sandučaste konstrukcije za objekte otvora od 5–8 m, AB okvirne konstrukcije za otvore 8-15 m i AB ili PAB okvirne konstrukcije za raspone 15–25 (35) m.

U smernici su obrađena racionalna rešenja stubova okvirnih mostova koji su temeljeni na bušenim šipovima.

9.4.1.2 Referentni normativi

U opštoj smernici za projektovanje mostova navedeni su zakoni, pravilnici, standardi i smernice koje se odnose na projektovanje mostova.

Prilikom primene smernice 9.4 Manji mostovi, podvožnjaci i podvožnjaci treba proučiti i koristiti:

- SRDM 9.1 Opšta smernica za projektovanje mostova
- SRDM 9.2 Noseći sistemi mostova
- SRDM 9.3 Koncipiranje, projektovanje i konstruisanje mostova
- SRDM 9.12 Sekundarni elementi i oprema mostova

9.4.1.3 Terminologija

U opštoj smernici za projektovanje mostova biće data potpuna upotrebljena terminologija. U ovoj smernici se daju samo pojmovi (termini) koji su karakteristični za ovu smernicu.

Putni objekti su: mostovi, viadukti, nadvožnjaci, podvožnjaci, propusti, konstrukcije u pokrivenim usecima, galerije, tuneli, potporni zidovi i konstrukcije i konstrukcije za zaštitu od buke.

Mostovi u širem značenju su svi objekti (mostovi, viadukti, nadvožnjaci, podvožnjaci) koji služe sigurnom vođenju puteva preko prirodnih i veštačkih prepreka.

Mostovi u užem značenju su objekti koji služe za prelaz puteva preko vodenih

prepreka (potoci, reke, kanali, jezera, morski zalivi) sa otvorom $\geq 5,0$ m.

Betonski mostovi je zajednički naziv za mostove od betona, armiranog betona i prednapregnutog armiranog betona.

Manji mostovi su mostovi otvora 5–25 (35) m koji su namenjeni za premošćavanje potoka, manjih reka i kanala.

Podvožnjaci su objekti koji omogućavaju delivelisan prolaz puteva ispod AP, VP ili železničkih pruga.

Propusti su manji objekti otvora 1–5 m koji prevode vodu ili cevovode ispod puteva.

Okvirni (ramovski) sistemi mostova su sistemi kod kojih je rasponska konstrukcija čvrsto ili zglobovima povezana sa potpornom konstrukcijom.

Osovina puta na mostu je identična sa osovinom trase puta, s tim da nije obavezno identična sa osovinom RK.

Niveleta mosta je identična sa niveletom trase puta na mostu.

Otvor mosta je razmak između unutrašnjih površina krajnjih stubova.

Ukupna dužina mosta je odstojanje između osovina ležišta ili osovina krajnjih stubova kod okvirnih konstrukcija bez ležišta.

Ukupna širina mosta je odstojanje između spoljašnjih ivica ivičnih venaca.

Ukupna površina mosta je proizvod ukupne dužine i ukupne širine mosta, a služi kao pokazatelj veličine mosta.

Statički rasponi mostova su razmaci između osovina susednih stubova.

Konstruktivna visina je visina rasponske konstrukcije koja može biti promenljiva ili konstantna.

Ležišta i zglobovi mostova su konstruktivni elementi koji učestvuju u prenosu vertikalnih i horizontalnih sila iz rasponske konstrukcije na potpurnu konstrukciju.

Dilatacione spojnice mosta je opšti naziv za napravu koja omogućava rad objekta i preuzimanje deformacija – pomaka i uvrtanja. Obično se ugrađuju na krajnjim stubovima.

9.4.1.4 Korišćene skraćenice

AP – autoput
 VP – put sa više traka
 M/R/L – magistralni, regionalni i lokalni putevi
 BM – betonski most
 SM – spregnuti most
 RK – rasponska konstrukcija mosta
 BIM – betonski integralni most
 AB – armirani beton
 PAB – prednapregnuti armirani beton
 H1/100 – nivo stogodišnje velike vode
 Q1/100 – količina stogodišnje velike vode

9.4.2 MANJI MOSTOVI

Manji mostovi otvora od 5 m do 25 m (35 m) su namenjeni za premošćavanje manjih vodotokova (manjih reka, potoka i kanala). Dispoziciono konstruktivno rešenje manjih mostova se prilagođava elementima trase puta (osovina, niveleta, širina i poprečni nagibi) i uglu ukrštanja kod AP, VP i magistralnih puteva. Kod regionalnih i lokalnih puteva moguća su prilagođavanja posebno ugla ukrštaja osovine puta i osovine vodotoka.

Niveletu puta treba usaglasiti sa velikom vodom vodotoka, zaštitnom visinom od H1/100 do donje ivice konstrukcije i konstruktivnom visinom rasponske konstrukcije mosta.

Betonske armirane (integralne) konstrukcije bez ležišta i dilatacija u jednom otvoru su najprimerenija rešenja za mostove otvora od 5 do 25 m (35 m).

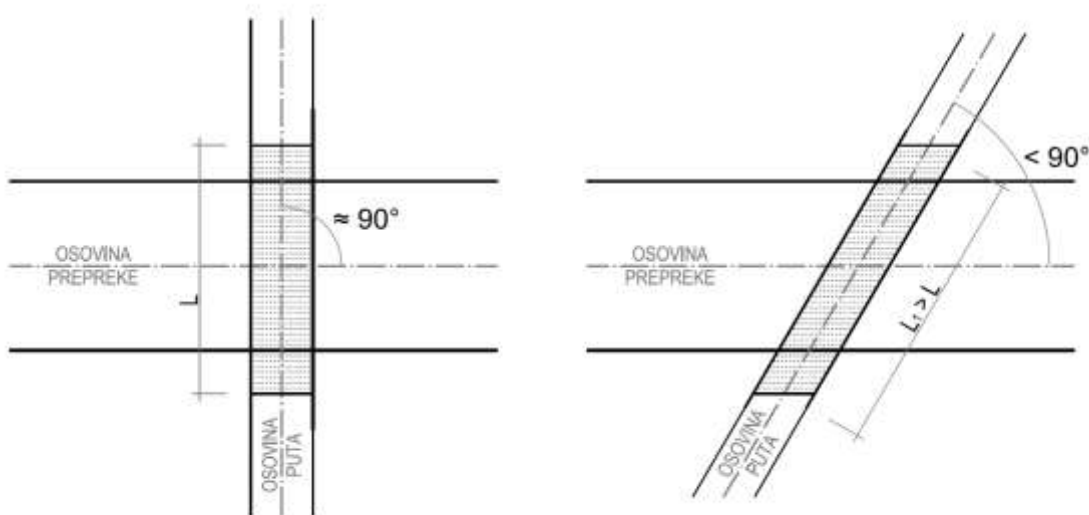
Dispoziciona i konstruktivna rešenja manjih mostova i podvožnjaka su slična i to je razlog zbog čega su obrađeni u zajedničkoj smernici. Razlike su u načinu temeljenja koje se rešava u skladu sa geološko - geotehničkim uslovima i karakteristikama prepreke ispod objekta.

Ako se osovina projektovanog puta ukršta sa osovinom prepreke (vodotoka ili druge saobraćajnice) pod uglom od 90° projektuje se upravni most otvora L koji je potreban za protok velikih voda ili za prolaz druge saobraćajnice.

Ukrštanje osovine puta sa osovinom prepreke pod uglom manjim od 90° uslovljava projektovanje kosog mosta otvora L_1 koji je veći od otvora upravnog mosta L .

Kosi mostovi sa uglom zakošenja do 60° konstruktivno i statički se projektuju kao okvirne konstrukcije. Za uglove zakošenja $60^\circ - 45^\circ$ moguće je primeniti AB okvirne konstrukcije pod uslovom da je otvor relativno mali, prečka okvira ravna i da se vrši pravilno armiranje.

Za uglove zakošenja manje od 45° ne preporučuje se primena okvirnih AB konstrukcija.



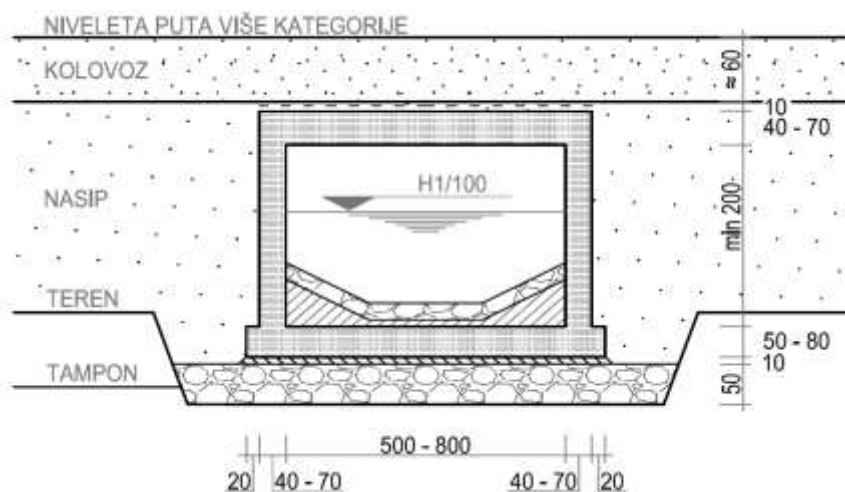
Slika 9.4.1: Upravni i kosi most

Manje mostove i podvožnjake otvora 5-8 m treba projektovati kao AB zatvorene okvirne konstrukcije, a posebno ako je temeljno tlo slabije nosivosti. Moguća su rešenja okvirnih konstrukcija na trakastim temeljima, ako su

uslovi za temeljenje dobri. Za puteve više kategorije gornju površinu objekta treba spustiti minimalno 40-60 cm ispod niveleta puta tako da kolovozna konstrukcija puta zadrži kontinuitet.

Nepisano pravilo proizašlo iz prakse eksploatacije puteva je da propusti, manji mostovi i podvožnjaci treba da budu što manje primetni na kolovozu i vidnom polju

puta. Spuštanjem u trup puta ovi objekti ne remete vizuelni, sigurnosni, konstruktivni i termički kontinuitet puta.

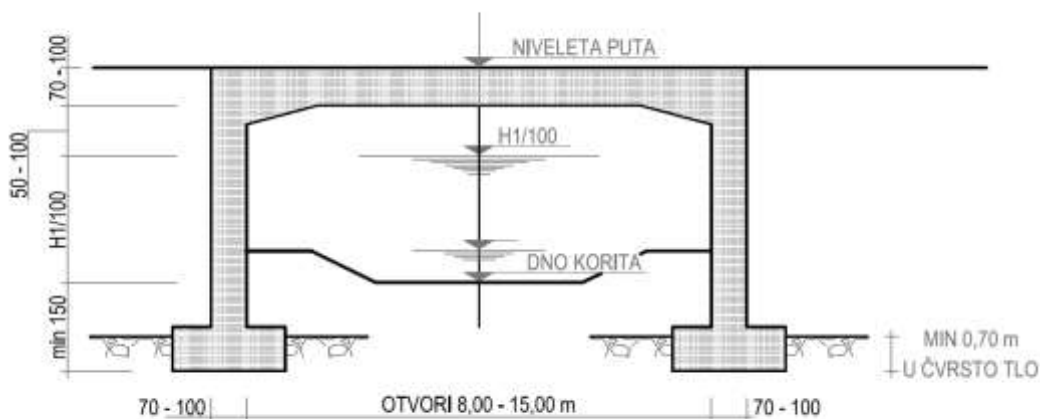


Slika 9.4.2: Poželjan položaj manjih objekta u odnosu na nivoeleu AP ili VP

Manje mostove i podvožnjake otvora 8-15 m treba projektovati kao betonske otvorene okvirne konstrukcije. Prečka okvira i bočni zidovi treba da budu pločastog preseka konstantne debljine od 70-100 cm (l/15-l/20). Za otvore 14 i 15 m korisno je konstruisati vute preseka (1,0-1,5 m) / (0,3-0,5) m na spoju prečke i zidova. Kod AP i VP poželjno je da se gornja površina objekta spusti pod nivoeleu za približno 40 cm i da se konstruišu prelazne ploče. Za objekte na M/R/L mreži

gornja površina objekta je na nivoeleu puta, a prelazne ploče su potrebne samo za objekte na magistralnim putevima.

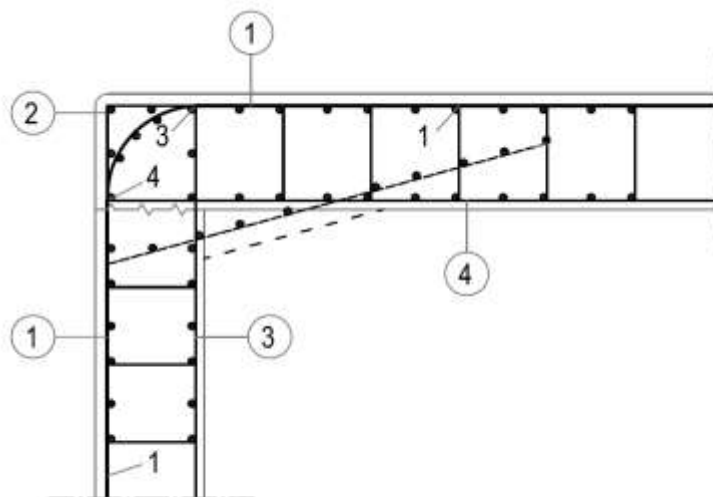
Pri povoljnim geološkim uslovima okvirna konstrukcija se temelji na temeljnim trakama minimalnog preseka 1,2/0,8 m na dubini 1,5 m od nivoeleu puta u podvožnjaku, odnosno 1,5-2,0 m od dna korita vodotoka ako se temelj minimalno 0,50 m uklješti u kamenitu osnovu.



Slika 9.4.3: Shema konstrukcije mostova otvora 8 - 15 m

Kod okvirnih AB konstrukcija je posebno važno pravilno armiranje spoja zidova i prečke okvira. Poziciju (1) sa slike 4 sa zasute strane koja je većeg prečnika treba

pravilno zaobliti i produžiti u prečku okvira tako da pokrije negativne momente. Ugao okvira se dodatno armira, pozicija (2) sa tanjim profilima.



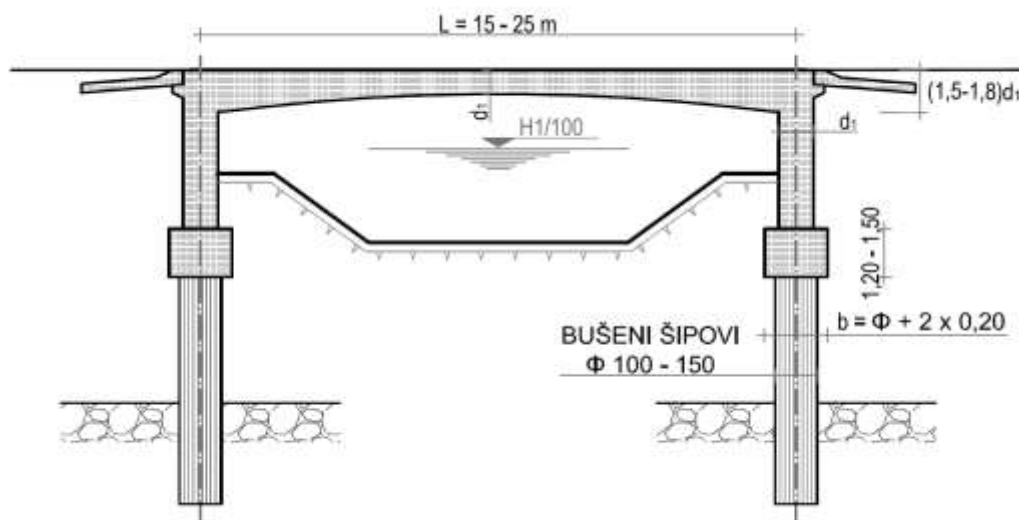
Slika 9.4.4: Armiranje ugla AB okvirne konstrukcije

Mostovi otvora 15-20 m (25 m) projektuju se kao AB okvirne konstrukcije sa promenljivom debljinom prečke u sredini $d \leq l/20$, a pri uklještenju u stubove $d_1 = (1,5-1,8) d$ sa paraboličnim intradosom.

Promenljiva debljina prečke utiče na smanjenje pozitivnih momenata u polju, omogućava veću zaštitnu visinu od velike

vode do donje površine mosta i estetski je povoljnija.

Za mostove iznad kanala i regulisanih mirnih vodotokova moguće je plitko temeljenje na dubini minimalno 1,5 m ispod dna stabilnog korita pod uslovom da su kontaktni naponi na temeljno tlo i sleganje oslonaca u dozvoljenim granicama i da je temelj ankerisan najmanje 0,70 m u čvrsto tlo.



Slika 9.4.5: Shema okvirnih AB konstrukcija za manji most ili podvožnjak u jednom okviru 15-30 (35 m)

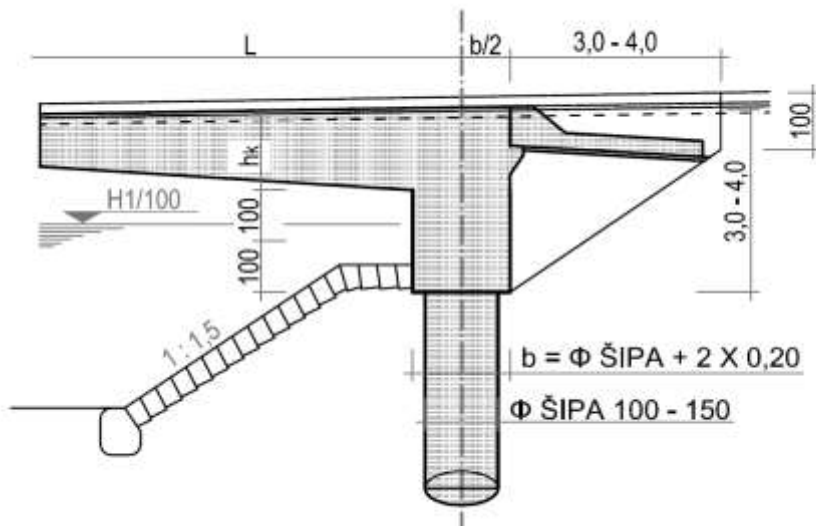
Betonske okvirne konstrukcije u jednom otvoru 15-30 (35 m) su najprihvatljivije rešenje za premošćavanje prirodnih neregulisanih vodotokova, jer ostavljaju slobodan, neporemećen profil proticanja i obale vodotoka. Ako je stenovita osnova za

temeljenje na dubini od 3-4 m, onda je moguće plitko temeljenje. Temeljna stopa mora da se uklješti u čvrstu stenovitu podlogu najmanje 0,7 m, tako da ne bude moguće podlokavanje temelja. Za veće

dubine čvrste osnove objekte treba temeljiti na bušenim šipovima ϕ 100-150 cm.

U zavisnosti od geometrije regulisanog vodotoka i nivelete puta moguće je jednostavnije rešenje elastičnih oslonaca.

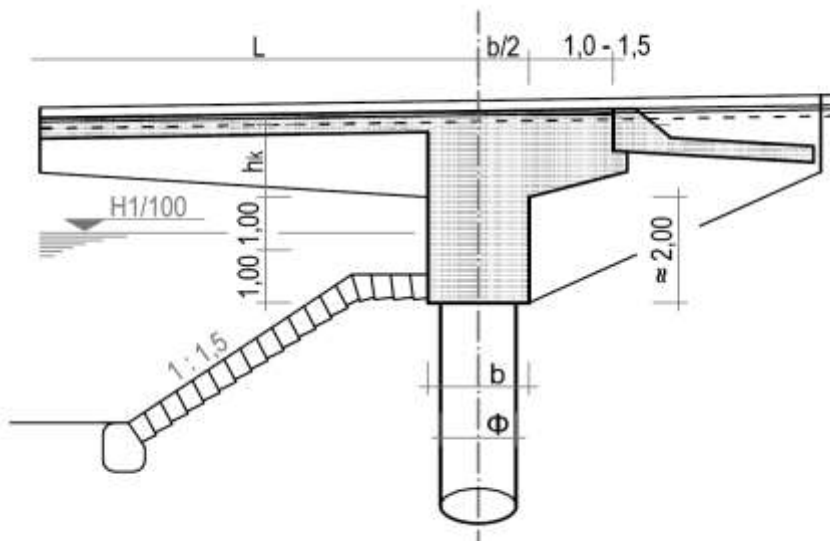
Neposredno iznad bušenih šipova treba konstruisati AB gredu širine „d“ šipa plus $2 \times 0,20$ m i visine 3-4 m u koju su uklješteni konzolni krilni zidovi i oslonac za prelaznu ploču.



Slika 9.4.6: Elastični oslonac na bušenim šipovima AB integralne konstrukcije

Pri konstruisanju elastičnih oslonaca AB prednapregnute okvirne konstrukcije spoj prečke i grede treba konzolno produžiti da bi

se izbeglo ukrštanje kablova i kotvi prečke sa armaturom stubova.



Slika 9.4.7: Elastični oslonac na bušenim šipovima AB prednapregnute integralne konstrukcije

Poprečni presezi okvirnih - integralnih konstrukcija manjih mostova i nadvožnjaka prikazani su na slici 9.4.11 u poglavlju 9.1.9.5 Integralni mostovi. Za raspona do 8 m primerena je puna ploča bez konzola debljine 40-70 cm. Za objekte raspona 8-15 m je primerena puna ploča sa konzolama manjim od 2 m. Za objekte 15-35 m treba primeniti pločaste nosače ili rebrastu ploču debljine 1,0-1,6 m.

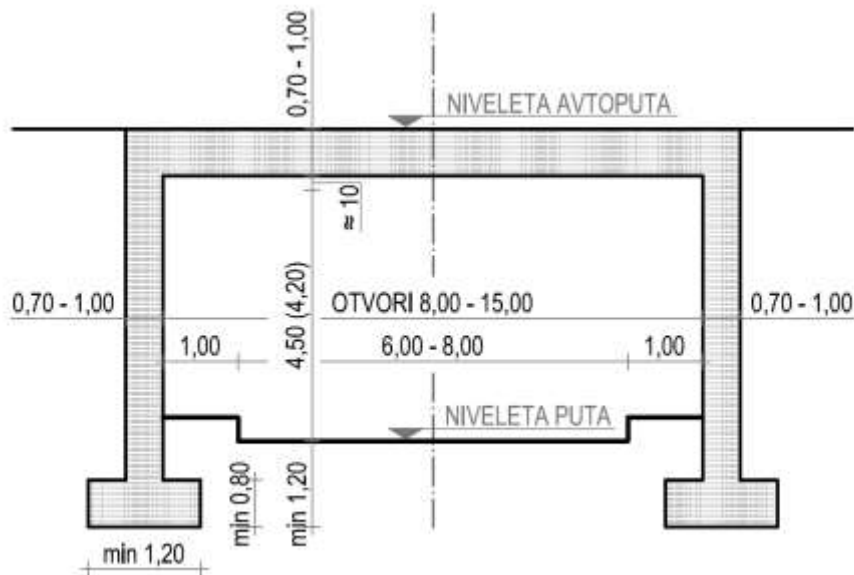
9.4.3 PODVOŽNJACI ISPOD PUTEVA

Podvožnjaci su česti objekti na trasama novih AP i VP na ukrštanju sa postojećim ili rekonstruisanim M/R/L putevima. Niveleta i trasa puteva niže kategorije prilagođava se niveleti autoputeva. Manjom rekonstrukcijom,

posebno lokalnih i regionalnih puteva, može da se utiče na povoljniji ugao ukrštanja. Pravougaono ukrštanje sa trasom puta za podvožnjak u pravcu omogućava kraći objekat sa jednostavnijom geometrijom objekta i krilnih zidova.

Na mestima potencijalnih podvožnjaka trasa AP i VP obično se nalazi na nasipu. Ako je

nasip viši od 6 m, niveleta M/R/L puta je na terenu ili nižem nasipu. Okvirna AB konstrukcija podvožnjaka otvora 5-15 m mora da ima duže krilne zidove koji su kruto povezani sa konstrukcijom objekta ili su samostalne konstrukcije.



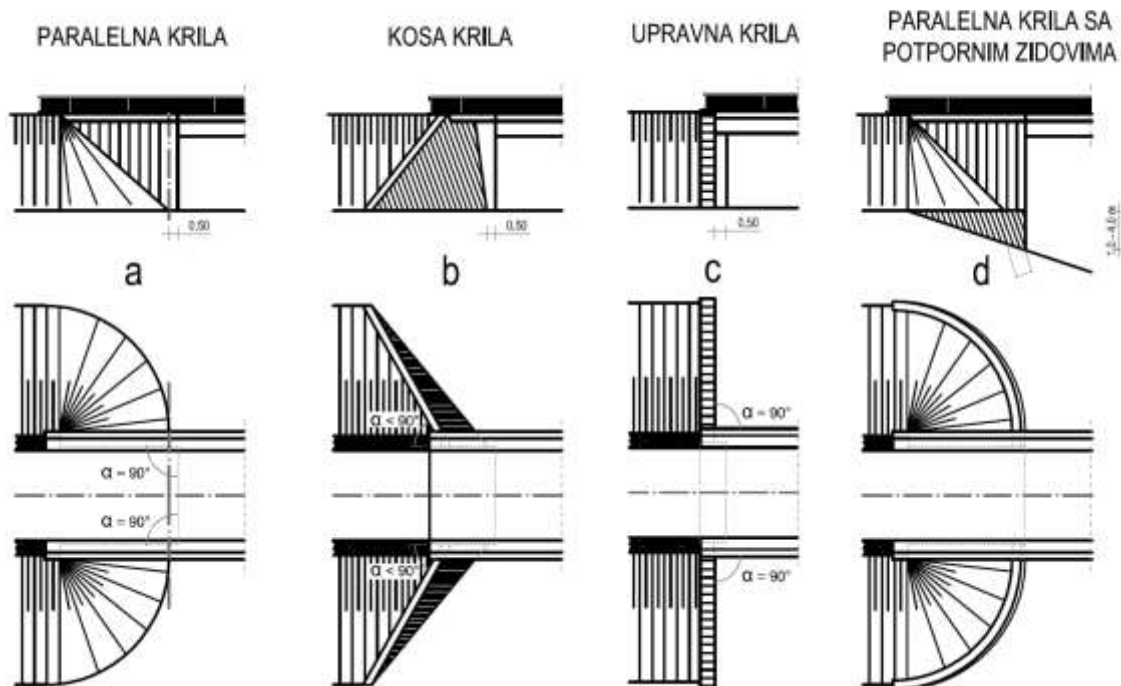
Slika 9.4.8: Shema konstrukcije podvožnjaka za otvore 8-15 m

Svetla visina kod novoizgrađenih podvožnjaka iznosi 4,75 m, ako se oni nalaze na AP i M/R/L putevima, a 4,5 m ako se nalaze na nekategorisanim putevima.

Svetla visina staza za pešake i bicikliste iznosi najmanje 2,5 m. Ako postoji mogućnost i ako je reč o dužim objektima, onda ova visina treba da bude 3,0 m

Otvori podvožnjaka na AP i M/R/L putevima prilagođavaju se širini puta ispred podvožnjaka uz obaveznu kontrolu preglednosti.

Svetla širina pešakih prolaza ne bi smela da bude manja od 3,0 m, a za pešake i bicikliste manja od 5,0 m. Visina gabarita je 3,0 m, izuzetno 2,5 m.



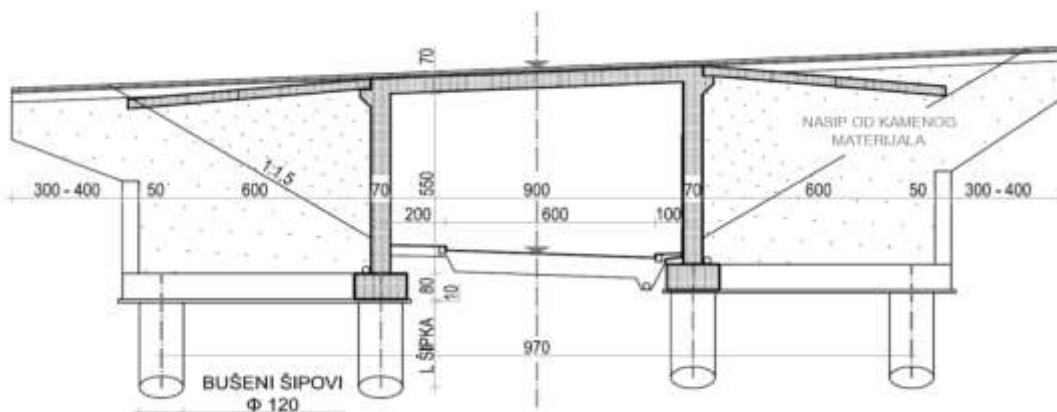
Slika 9.4.9: Karakteristični oblici krilnih zidova

Na slici 9.4.9 su prikazana četiri karakteristična rešenja krilnih zidova. Za ukrštanja pod pravim uglom logično rešenje su paralelna krila (slika 9.4.9a) uklještena u zidove okvira i temeljena na isti način kao i konstrukcija podvožnjaka.

Temeljenje na kompaktnoj osnovi ograničava dužinu krilnih zidova, pa se preporučuju konzolna krila dužine do 6 m. Ako je potrebna veća dužina paralelnih konzolnih

krilnih zidova preporučuje se rešenje (slika 9.4.9d) kod kojeg se niskim zidom koji prati oblik kupe utiče na smanjenje dužine krila.

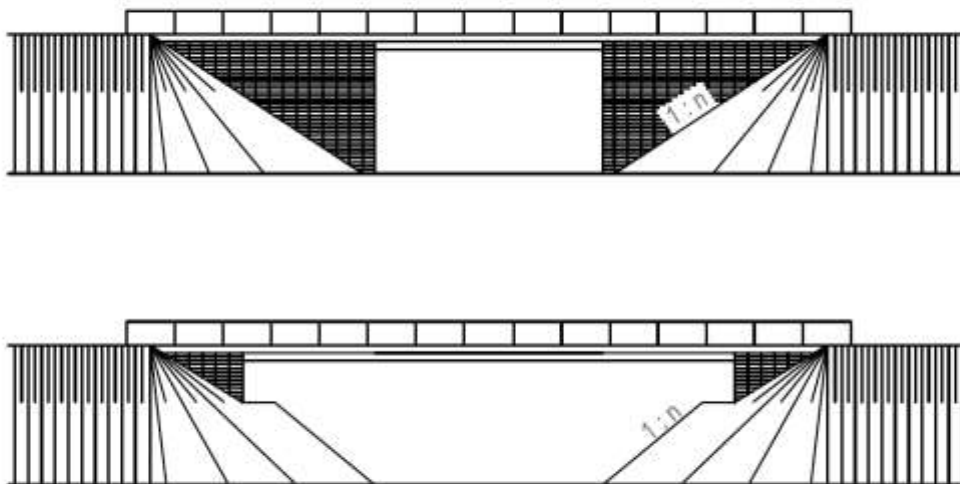
Za slabonosiva tla konstrukcija podvožnjaka i paralelnih krilnih zidova se temelji na bušenim šipovima. Elastično uklještenje temelja na šipovima omogućava integralnu konstrukciju i sa dužim krilnim zidovima, kao što je pokazano u primeru podvožnjaka otvora 9 m (slika 9.4.10).



Slika 9.4.10: Podvožnjak otvora 9 m temeljen na šipovima

Na preveliku, nesrazmernu dužinu paralelnih krilnih zidova može da se utiče povećanjem otvora podvožnjaka i prepuštenim nasipom kao što je pokazano na slici 9.4.11. Moguće

je i dispoziciono rešenje objekta sa tri manja raspona i kratkim paralelnim krilnim zidovima za podvožnjake ispod visokih nasipa.



Slika 9.4.11: Varijantna rešenja podvožnjaka sa paralelnim krilnim zidovima

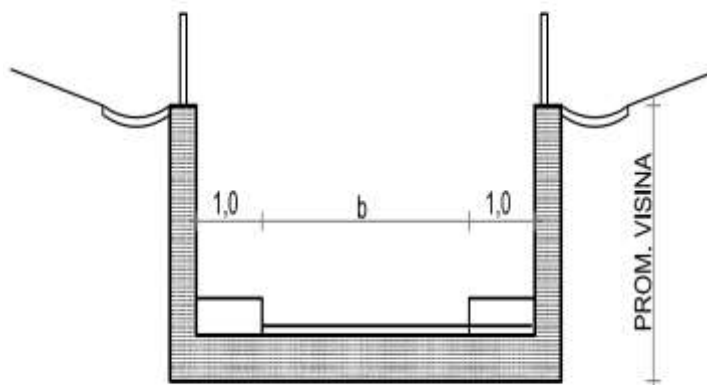
Kosa krila vizuelno povećavaju otvore podvožnjaka, pa se preporučuju posebno za podvožnjake manjih otvora. Krilni zidovi promenljive visine sa prednjom stranom pod nagibom su samostolne konstrukcije. Kontaktno su povezani sa kraćim paralelnim zidovima stubova (slika 9.4.9b).

Upravna krila se konstruišu od samostalnih zidova. Promenljiva visina prati nagib kosine nasipa. Koriste se pri pravougaonom ukrštanja podvožnjaka većeg otvora (slika 9.4.9e).

Za podvožnjake u usecima pored konstruktivnih rešenja bitno je i

odvodnjavanje puta u podvožnjaku. Da bi se postigao visinski gabarit puta podvožnjak je u konkavnoj krivini tako da voda otiče pod objekat. Projektanti puta i objekta utvrđuju da li se može postići gravitaciono odvodnjavanje do recipijenta ili je potrebno ispušavanje. Crpna stanica povećava cenu objekta, predstavlja manje sigurno rešenje i primenjuje se samo onda kada su iscrpljene mogućnosti boljih rešenja.

Kod useka sa visokim nivoom podzemne vode i propusnom tlu ulazne rampe podvožnjaka treba zaštititi AB konstrukcijama koritastog preseka promenljive visine (slika 9.4.12).



Slika 9.4.12: Presek konstrukcije rampe podvožnjaka

9.4.4 PODVOŽNJACI ISPOD ŽELEZNIČKIH PRUGA

Za denivelisano ukrštanje puteva svih kategorija sa železničkim prugama treba graditi podvožnjake i nadvožnjake. Ekološki i ekonomski razlozi daju prednost rešenjima

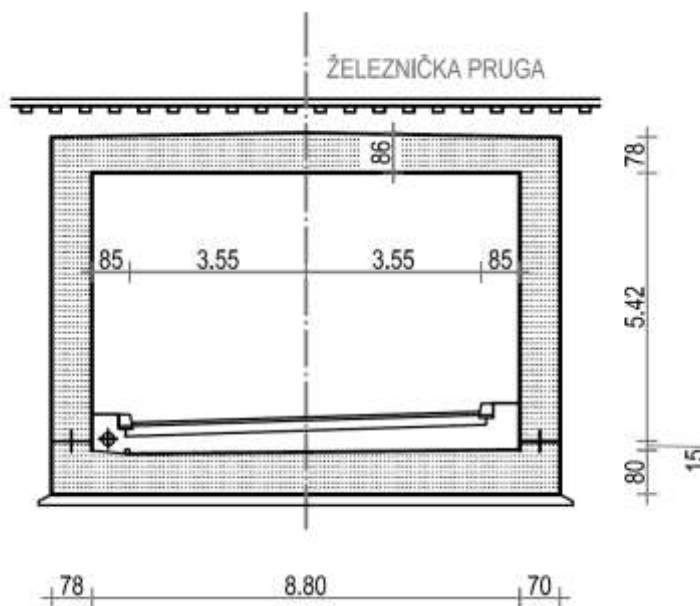
sa podvožnjacima, posebno kada je pruga na nasipu ili na nivou terena. Nadvožnjaci su konkurentni samo za regionalne i lokalne puteve i železničke pruge u useku ili na terenu. Svako ukrštanje puteva sa železničkim prugama je specifično i treba ga varijantno obraditi na nivou idejnih projekata.

U praksi su se izdvojile četiri karakteristične metode gradnje podvožnjaka ispod pruga u saobraćaju koje uslovljavaju konceptualno, dispoziciono tehnološko i konstruktivno rešenje podvožnjaka:

- gradnja podvožnjaka ispod provizornih mostovskih konstrukcija
 - devijacija železničke pruge niže kategorije i slobodna gradnja podvožnjaka
 - primena provizorijuma nad građevinskim jamama za stubove i bočno potiskivanje ili montaža rasponske konstrukcije
 - utiskivanje cele bočno građene AB konstrukcije ispod železnice.
- Prema prvom postupku provizorijum je nad celom širinom objekta tako da se ispod raspona do približno 20 m uz zaštitu provizorijuma grade stubovi i rasponska konstrukcija. Oslonci provizorijuma su dovoljno udaljeni od ivice iskopa za obalne stubove tako da stabilnost nasipa nije ugrožena. Provizorijumii su tipizirane čelične konstrukcije kojima raspolaže železnica. Potrebna su tri zastoja saobraćaja na pruzi u trajanju 2-4 h i usporena vožnja.
- Ako je moguća ekonomična devijacija železničke pruge na delu budućeg podvožnjaka, onda je moguća slobodna gradnja AB objekta. Pri gradnji podvožnjaka u zoni železničkih stanica sa više koloseka moguće je faznom izgradnjom i zatvaranjem pojedinih koloseka graditi podvožnjake bez upotrebe provizorijuma.

- Primena provizorijuma samo nad građevinskim jamama, usekom u nasipu pruge, omogućava gradnju obalnih stubova. Korišćenjem prednosti koje pružaju bušeni šipovi moguća je varijanta pri kojoj se oslonci ostvaruju šipovima izvan gabarita železnice i montažnom poprečnom gredom.
- Na izgrađene oslonce montira se ili poprečno nagura čelična spregnuta ili betonska rasponska konstrukcija. Uz zastoj saobraćaja do 4 h uz dobru pripremu, moguće je ukloniti kolosek i deo nasipa u visini nove konstrukcije i montirati novu rasponsku konstrukciju zajedno sa kolosekom.
- Utiskivanje kompletne bočno izgrađene AB konstrukcije ispod železničkih pruga je savremena metoda koja omogućava neprekidno odvijanje železničkog saobraćaja, skraćuje rok i cenu građenja i pruža bolji kvalitet izgrađenog objekta.

Tehnologija utiskivanja je specifična i zahteva posebno opremu i iskustvo. Pri maloj visini nasipa trup pruge treba osigurati od urušavanja. Kod većih visina železničkog nasipa ovo osiguranje nije potrebno. Konstrukcije podvožnjaka su AB sandučastog preseka otvora 8-13 m i visine 5-6 m sa debljinom zidova i ploča 0,7-1 m za prolaze M/R/L puteva pod železničkom prugom (slika 9.4.13). Dimenzije sandučastog preseka ne zavise od uticaja postupka utiskivanja.

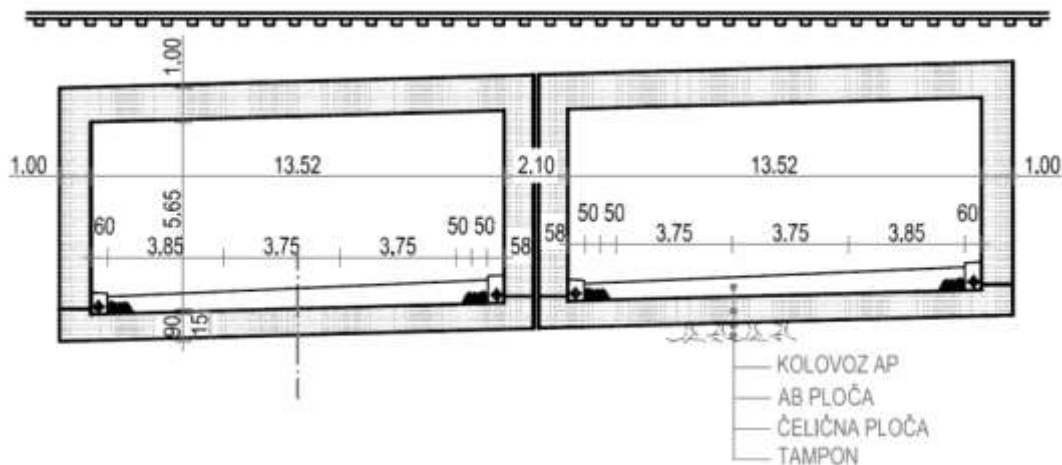


Slika 9.4.13: Poprečni presek podvožnjaka ispod železničke pruge za magistralni put

Ako je put u podvožnjaku u krivini, onda se utiskuje ravna konstrukcija povećane širine.

Za prolaz autoputeva ispod železničkih pruga presek podvožnjaka se konstruiše pomoću dve sandučaste konstrukcije kao što je

prikazano na slici 9.4.14. Sandučaste konstrukcije se nezavisno grade i utiskuju u trup pruge. Beton za konstrukciju je vodonepropustan, pa nije moguće i nije potrebno konstrukciju izolirati pre ili posle utiskivanja.



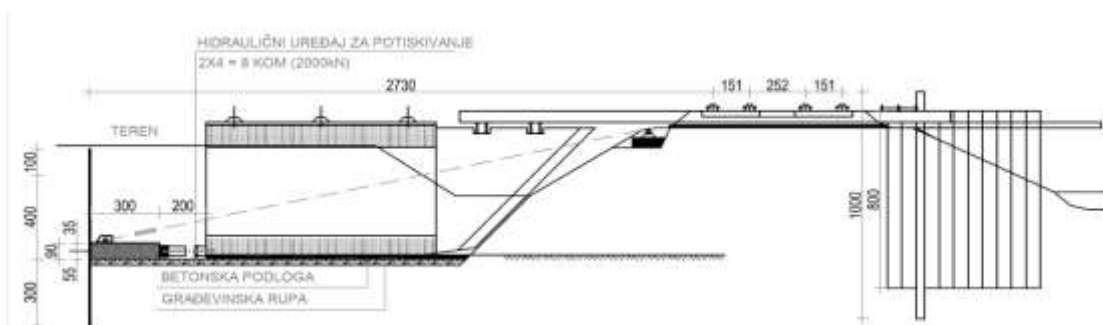
Slika 9.4.14: Poprečni presek podvožnjaka za autoput ispod železničke pruge

Na prednjoj strani sandučastog preseka konstruišu se AB bočni noževi trougaonog oblika koji bočno osiguravaju zonu iskopa.

Opremu za utiskivanje i konstrukcije koje osiguravaju železničku prugu za vreme utiskivanja čine:

- čelična konstrukcija pomoćnog mosta
- klizni nosači postavljeni upravno na osovini pruge

- uzdužni nosači na vrhu noževa
- klizne trake, čelični limovi betonirani na gornjoj ploči
- horizontalna rešetkasta konstrukcija za preuzimanje horizontalnih sila
- hidraulične prese za utiskivanje
- klizne čelične trake u temeljnom tlu
- rasponska konstrukcija



Slika 9.4.15: Podvožnjak pod železničkom prugom u početnoj fazi utiskivanja

Pored statičke i dinamičke stabilnosti i pouzdanosti objekta pri eksploataciji treba dokazati i stabilnost za faze utiskivanja objekta.

Sile koje nastaju pri utiskivanju:

- sopstvena težina konstrukcije
- saobraćajno opterećenje

- vertikalno opterećenje na vrhu konstrukcije za osiguranje saobraćaja
- horizontalne sile na AB bočne noževe
- reakcija temeljnog tla
- pritisak zemlje na zidove konstrukcije
- sile reakcije tla usled utiskivanja
- lokalni uticaji presa za utiskivanje