

slobodna visina i širina. Željeznički gabariti određeni su željezničkim propisima. Cestovni gabarit određen je visinom od 4,5 m iznad kolnika, a visinom od 2,5 m iznad pješačke staze.

Podaci o opterećenju osnova su za statički proračun pomoću kojeg se dimenzioniraju svi elementi mosta prema dopuštenim naprezanjima ili graničnim stanjima kako bi se osigurala njihova stabilnost. Razlikuje se glavno, dodatno i posebno opterećenje. U glavno opterećenje ubrajaju se: težina konstrukcije (stalna težina), prednaprezanje, pokretno opterećenje (uzimajući u obzir dinamički koeficijent), utjecaj puzanja i stezanja, potisak zemlje, uzgon i djelovanje pomaka temeljnog tla. Dodatna opterećenja obuhvaćaju sile zbog promjene temperature, sile koje nastaju djelovanjem vjetra, kočenjem i naletom vozila, te otpora ležaja. Posebno opterećenje pojavljuje se djelovanjem sila koje se pojavljuju u toku građenja, udarom vozila i brodova u stupove, djelovanjem leda i potresa.

U stalnu težinu ubrajaju se težine nosive konstrukcije, pomosta, rubnjaka, pješačkih staza, ograda, odbojnika, eventualno vodovoda, plinovoda i sl., te energetskih i komunikacijskih kabela.

Cestovno pokretno opterećenje ovisi o kategorizaciji cesta: teško, srednje i lako opterećenje. S teškim opterećenjem računaju se na auto-cestama i magistralnim cestama, sa srednjim na cestama II i III reda, a sa lakim na cestama IV reda. Sva opterećenja sastoje se od opterećenja vozilima i od jednoliko raspodijeljenog opterećenja. Za pješačke mostove računaju se samo s jednoliko raspodijeljenim opterećenjem. Dinamičko djelovanje vozila uzima se u obzir pomoću dinamičkog koeficijenta.

Pokretno opterećenje željezničkih mostova određeno je željezničkim propisima. Pri tom se uzimaju u obzir i centrifugalne sile. Među dodatna opterećenja željezničkih mostova treba uračunati i djelovanje dugih tračnica.

Materijali. Danas se za gradnju masivnih mostova upotrebljava beton, armirani i prednapregnuti beton, a samo iznimno kamen kao obloga, i to za oblaganje stupova u vodotocima. Za nosive armiranobetonske konstrukcije upotrebljava se beton MB 200...MB 450, a za prednapregnuti beton beton MB 300...MB 600. Za meku armaturu preporuča se upotreba rebrastog čelika zbog prionljivosti s betonom. Čelici žica od kojih su sastavljeni kabeli za prednaprezanje imaju veliku zateznu čvrstoću (1400...1800 N/mm²) i visoku granicu razvlačenja (1250...1600 N/mm²). Za čelične mostove većinom se upotrebljavaju čelici Č37 i Č52, a u posljednje vrijeme i Č70.

Dispozicija, konstrukcijski sustav i temeljenje ovise o *svojstvima tla*. Ako nosivo tlo nije duboko ispod površine, temeljenje je jeftino, pa treba izabrati dispoziciju s manjim rasponima. Kad se računa s većim nejednolikim slijeganjem, povoljniji su statički određeni sustavi, a kad se predviđa malo i jednoliko slijeganje, prednost imaju statički neodređeni sustavi jer imaju veću rezervu nosivosti. Kad je tlo slabije kvalitete, ne preporučaju se sustavi sa velikim horizontalnim silama (luk, okvir).

Projektni zadatak mora sadržavati: širine kolnika, pješačkih staza i zaštitnih traka, poprečne nagibe, maksimalno dopušteni uzdužni pad, minimalni polumjer zaobljenja, gabarite, kote visokih, srednjih i malih voda, podatke o vremenskim prilikama, o potrebi zaštite pješaka od prskanja vode ispod vozila, o potrebi zaštite okolišnih zgrada od buke, o rasvjeti i zaštiti od vjetra itd.

Smatra se da treba nastojati da se most skladno uklopi u okoliš, te da je izgled mosta jedan od elemenata funkcionalnosti. F. Leonhardt postavlja sljedeća pravila za lijepo oblikovanje mosta: jasni i jednostavni sustav, dobri prostorni odnosi, dobro vođenje rubova koje određuje oblik konstrukcije, prilagodivanje okolišu, jednostavnost i ograničenje na oblik koji diktira konstrukcija, izbor pogodnog materijala i boja.

Racionalnost se postiže optimizacijom osnovnih parametara, među koje se mogu svrstati: vrsta materijala, statički sustav, broj i veličine raspona, visina nosive konstrukcije, visina nivelete iznad tla, vrsta upornjaka i stupova, te način temeljenja.

K. Šavor

MOSTOVI, DRVENI, mostovi izrađeni od drveta. Oni se danas grade vrlo rijetko jer imaju malu nosivost koja je nedovoljna za današnja vozila zbog njihova velikoga osovinskog pritiska i velikih brzina. Grade se još katkada na poljskim cestama, te kao pješački i provizorni mostovi. Ipak je nedavno u Južnoj Dakoti (SAD), radi estetskih razloga, izgrađen drveni most duljine 90 m na križanju triju brzih cesta (sl. 1).



Sl. 1. Drveni most u Južnoj Dakoti (SAD)

Dok trajnost kamenih mostova iznosi i više tisuća godina, trajnost je drvenih mostova relativno malena. U Švicarskoj je sačuvano više drvenih mostova, a pogotovu natkritih pješačkih mostova, od kojih su neki stari i više od stotinu godina. Poznat je takav pješački most u Luzernu (sl. 2). Veliko značenje imaju drveni mostovi za vrijeme rata, kao privremeni mostovi za zamjenu stalnih mostova, da bi se što prije uspostavio cestovni ili željeznički promet. Svojestvo je, naime, drvenih privremenih mostova, da su jednostavni i da se vrlo brzo grade.



Sl. 2. Pješački drveni most Kapellbrücke u Luzernu (Švicarska) iz 1333, sa zabatnim slikama iz 1599

Dobra su svojstva drvenih mostova: mala prostorna težina, upotreba lako obradivog materijala, jednostavna i brza gradnja, laka izmjena oštećenih dijelova, a za njihovu gradnju potrebno je niže kvalificirano osoblje. Mane su im mala čvrstoća, pa prema tome i mala nosivost, manja trajnost, opasnost od požara, česti popravci, te relativno nepovoljan estetski dojam. Drvo za mostove mora biti kvalitetno (I ili II klasa). Trajnost mostova od hrastovine cijeni se na 30...40 godina, a od četinarina 15...20 godina. Na trajnost utječe truljenje drva, pa zbog toga treba vodu što prije odvesti s mosta. Osim toga, svaki dio mosta treba tako projektirati da bude što više izložen svjetlosti i zraku.

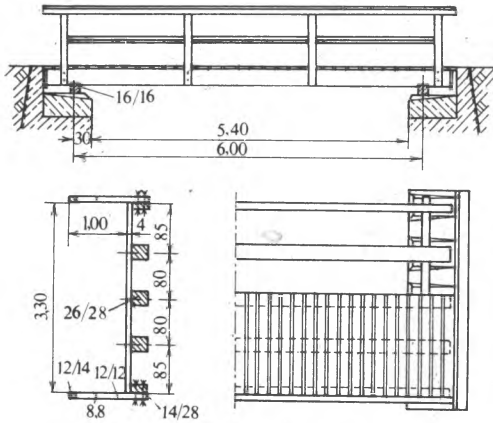
Što se tiče kvalitete drva i spajanja elemenata drvenih konstrukcija v. *Drvene konstrukcije*, TE 3, str. 401.

Mostovi se sastoje od gornjeg i donjeg stroja.

Gornji stroj sastavljen je od glavnih nosača, sprega i kolnika.

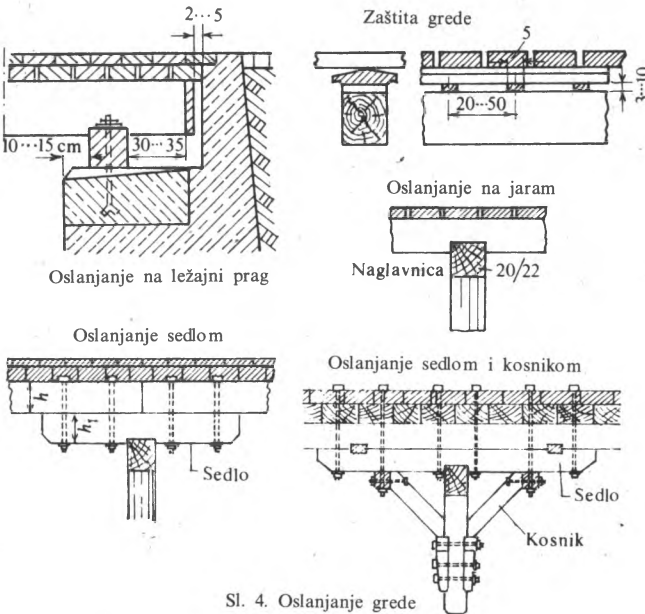
Glavni nosači prenose stalno i pokretno opterećenje s kolnika preko ležaja na donji stroj. Prema nosivom sustavu mogu se svrstati u gredne sustave, razupore, visulje i rešetke.

Gredni mostovi su najjednostavniji s obzirom na izradbu. Prema širini kolnika izvode se s više glavnih greda na međusobnom razmaku 0,8...1,0 m (sl. 3).



Sl. 3. Pješački drveni most

Grede se izrađuju većinom od piljenog drva, ali katkada i od neobrađenih balvana. Oslanjaju se na ležajni prag izrađen od tvrdog drva koji se sidri u ležajnu klupe (sl. 4). Prag i greda spojeni su međusobno urezom. Razmak između kraja grede i čeonog zida treba dobro otijesniti mosnicama kako bi se spriječio dotok vode. Treba, ako je moguće, izbjegavati dodir drvenih mosnih elemenata s vlažnom zemljom radi sprečavanja truljenja. Cestovni drveni mostovi mogu imati raspon do ~5,5 m, željeznički do 3,5 m, a pješački do 8,0 m. Radi povećanja trajnosti, osim kemijske zaštite, nose grede često se zaštićuju od vlage prekrivanjem uzdužnim obrađenim mosnicama.

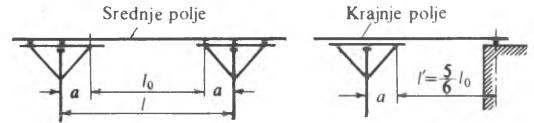


Sl. 4. Oslanjanje grede

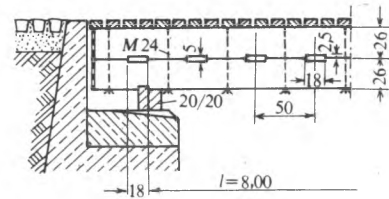
Kad mostovi imaju više polja, glavne se grede oslanjaju neposredno na naglavnicu jarma sedlom ili preklopom.

Raspon grednih mostova može se povećati kosnikom i sedlom. Tada se glavne grede (sl. 5) proračunavaju kao da imaju raspon $l_m = \frac{1}{2}(l + l_0)$.

Sastavljanjem dviju ili više greda pomoću drvenih ili čeličnih moždanika mogu se postići mnogo veći rasponi (sl. 6).

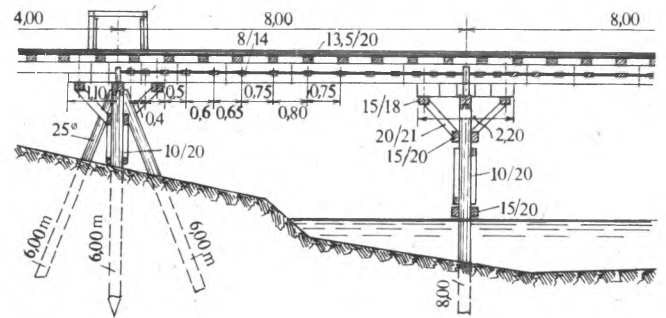


Sl. 5. Obilježavanje raspona



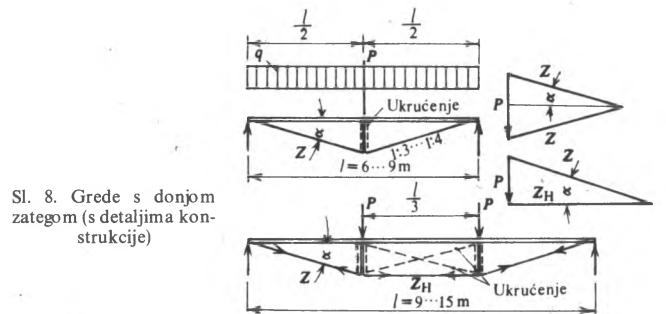
Sl. 6. Sastavljene grede

U kombinaciji s čeličnim vijcima drveni se moždanici izrađuju u obliku prizme. Moraju biti od tvrdog drva. Sa dvije smoždene grede postižu se rasponi željezničkih mostova do 8 m (sl. 7), a sa tri takve grede do 11 m, što ovisi o rasporedu osovina i njihovim pritiscima.

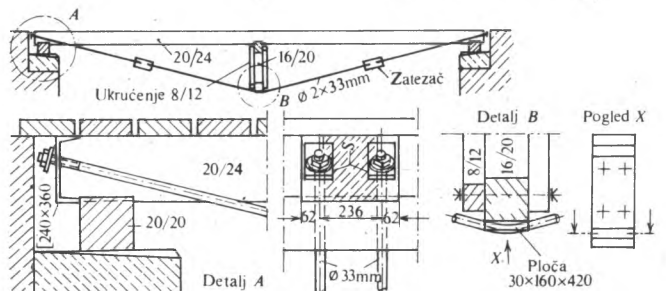


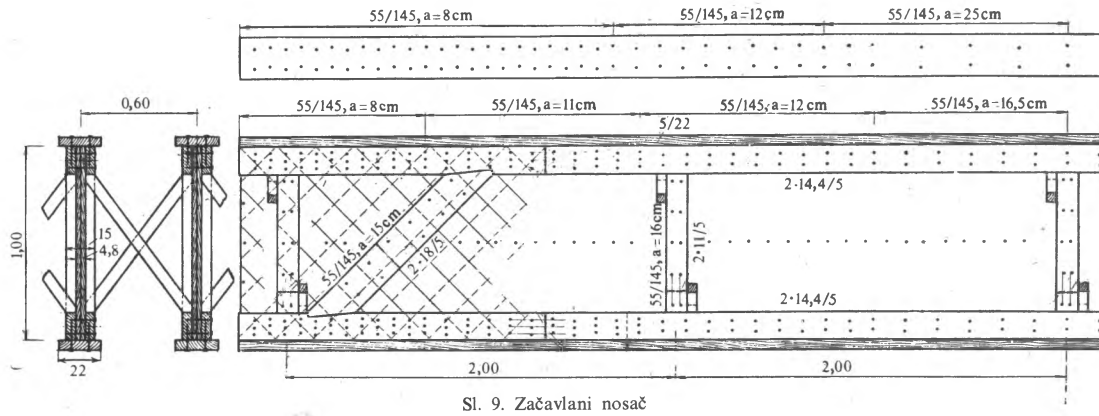
Sl. 7. Željeznički drveni most

Upotrebom grede sa zategom postižu se rasponi do 15 m za cestovne mostove. Izvode se s jednom ili dvije vertikale (sl. 8). Nosivi sustav sastoji se od grede, zatege i vertikala. Greda je napregnuta na savijanje i tlak. Zatega, koja se izrađuje od debelog okruglog željeza, napregnuta je vlačno, dok su vertikale, koje su obično od drva, tlačno napregnute. Zbog puzanja potrebno je u zatege ugraditi zatezače da



Sl. 8. Grede s donjom zategom (s detaljima konstrukcije)

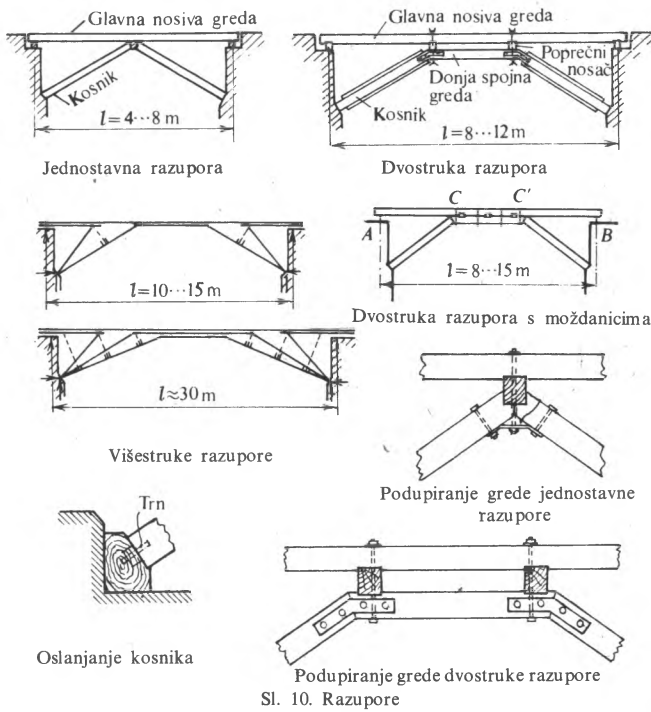




Sl. 9. Začavljani nosač

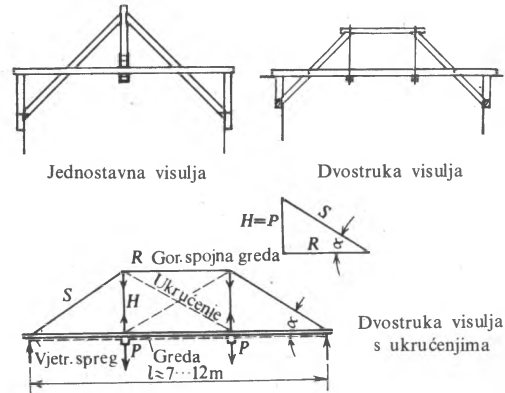
se reguliraju naprezanja. Da se ne bi vertikalne izvinule, potrebno ih je poprečno povezati ukrucenijima. Kad se primjenjuju takve konstrukcije, treba detalje izvesti pažljivo. U posljednje vrijeme gredni mostovi često se izvode kao lijepljeni ili začavljani, sastavljeni od rezane građe (sl. 9).

i donjom spojnom gredom. Tako je omogućeno premošćenje većih raspona. Ako je donja spojna greda povezana s glavnom gredom pomoću moždanika, može se povećati srednji raspon i smanjiti nagib kosnika, koji postaju kraći. Tada se smanjuje duljina izvijanja. S obzirom na statiku glavna je greda napregnuta na savijanje, a kosnici i donja spojna greda na tlak. Tlačnu silu kosnika preuzimaju upornjaci ili, kad postoji više polja, i stupovi. Rasponi dvostruke razupore obično su u odnosu 3:4:3. Greda s kosnicima podupire se pomoću podvlake, a slično je i kod dvostruke razupore. Kosnik se obično oslanja podmetanjem praga. Radi stabilizacije sustava potrebne su poprečne i uzdužne sprege (sl. 11).



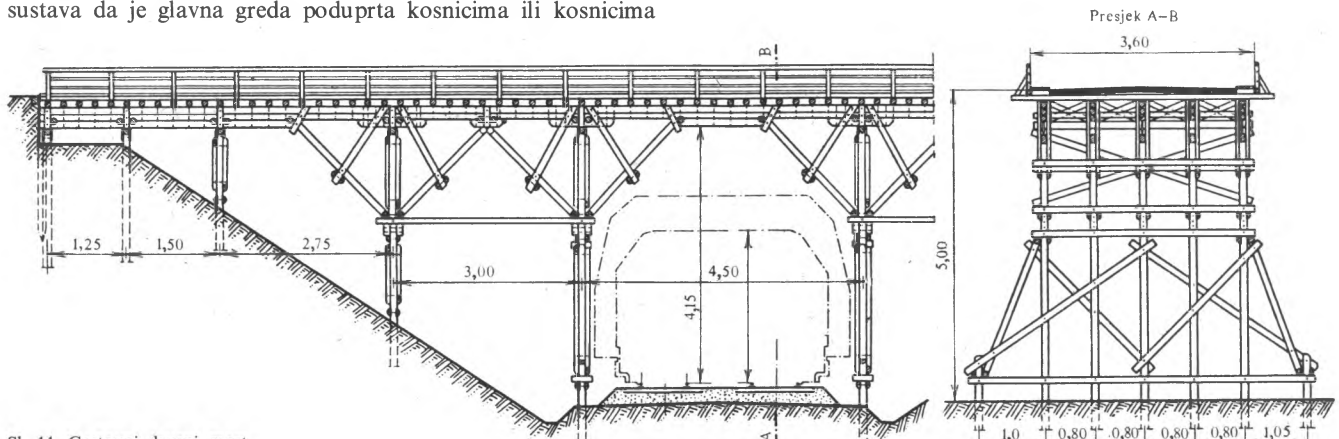
Sl. 10. Razupore

Razuporni mostovi (razupore) nastaju kombinacijom grede, kosnika i donje spojne grede (sl. 10). Razlikuju se jednostavne razupore za mostove raspona 4...8m, dvostruke razupore za raspon 8...12m i višestruke razupore. Obilježje je takvih sustava da je glavna greda poduprta kosnicima ili kosnicima



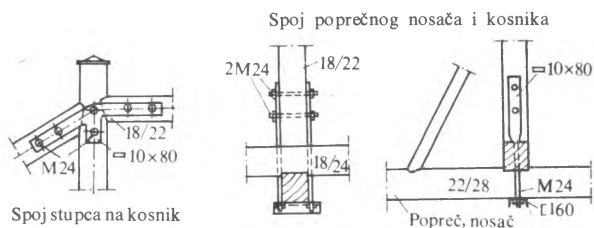
Sl. 12. Visulje

ovješeni mostovi (visulje) razlikuju se od razupornih time što su kosnici i spojna greda iznad glavne grede (sl. 12). Osnovni su elementi takva sustava: glavna greda, koja je napregnuta na savijanje i na vlak, kosnici koji su napregnuti tlačno kao i spojna greda, te vertikala koja je napregnuta vlačno. Vertikala služi za oslonac glavne grede. Razlikuju se jednostavne i dvostruke visulje.



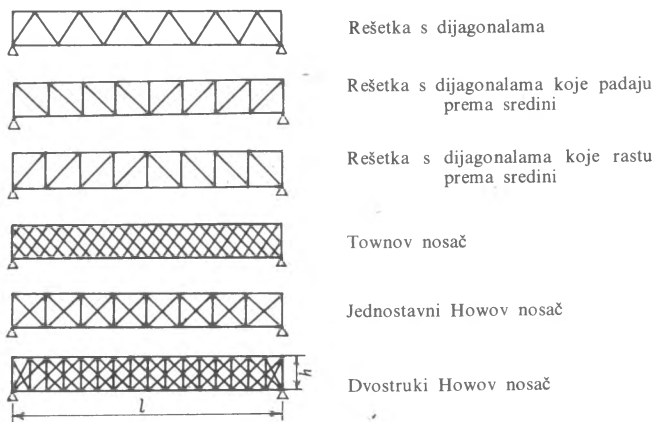
Sl. 11. Cestovni drveni most

Uz nesimetrično opterećenje nastaju dodatna naprezanja, pa se zbog toga preporučuju ukrućenja. Stupac se spaja s kosnikom i spojnom gredom pomoću čvornih limova i vijaka (sl. 13). Poprečni nosač i stupac spajaju se pomoću čeličnih veza.



Sl. 13. Spojevi kosnika

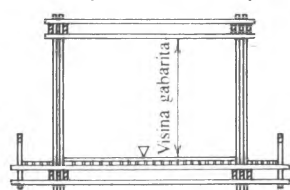
Rešetkasti mostovi upotrebljavaju se za rasponne veće od 25 m, te za veća opterećenja. Većinom se grade s paralelnim pojasima. Mogu biti čitavi od drva ili s vlačnim štapovima od čelika. Često se grade s prednaprežanjem, što je vrlo povoljno, jer su tada svi drveni štapovi tlačno napregnuti. To olakšava izradbu spojeva, jer se spojevi vlačnih štapova teže izrađuju. Rešetkasti nosači sastoje se od gornjeg i donjeg pojasa te ispune. Prema vrsti ispune grade se sljedeći tipovi rešetkastih nosača (sl. 14): rešetka s dijagonalama, rešetka s dijagonalama koje padaju prema sredini, rešetka s dijagonalama koje rastu prema sredini, gusta rešetka ili Townov nosač, jednostavni Howov nosač i dvostruki Howov nosač.



Sl. 14. Tipovi rešetkastih nosača

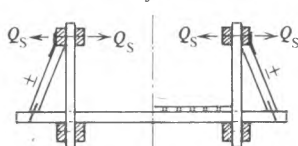
Visina rešetkastih nosača iznosi $\frac{1}{10} \dots \frac{1}{8}$ raspona, što ovisi o opterećenju. Kad ima dovoljno visine ispod mosta, tada se kolnik nalazi iznad glavnih nosača. Kolnik služi ujedno kao ukrućenje gornjeg pojasa nosača i suprotstavlja se izbočenju. Kada je mala slobodna visina ispod mosta, kolnik je upušten između dva nosača. Takva izvedba ima mana, jer se ne može birati širina mosta prema potrebi i jer poprečni i glavni nosači postaju previše teški. Osim toga, moguće je da se gornji pojas

Ukrućivanje horizontalnom spregom



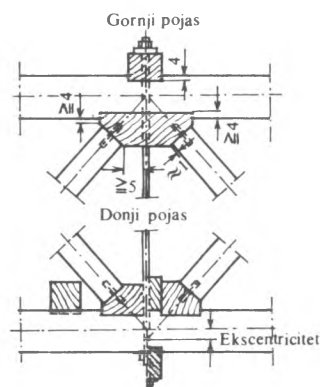
Sl. 15. Ukrućivanje gornjih pojasa

Ukrućivanje kosnicima



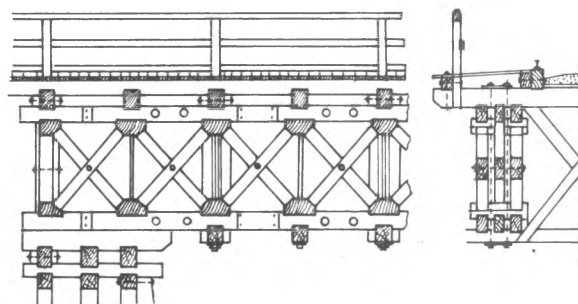
izboči. Zbog toga se, kad je nosač dovoljno visok, povezuju gornji pojasi horizontalnom spregom (sl. 15), a kad se gornji pojasi nalaze ispod slobodnog gabarita, tada se oni ukrućuju kosnicima.

Pojasi su rešetkastih nosača dvodijelni ili trodijelni. To omogućuje jednostavan priključak jednodijelne ili dvodijelne vertikale, odnosno dijagonale. Višedijelni štapovi povezuju se umecima i vijcima na potrebnim razmacima da bi se postigla sigurnost protiv izbočenja. Dijagonale i vertikale također mogu biti jednodijelne ili višedijelne. Nekada su vertikale od okruglog željeza. Sile se između pojasa i dijagonale prenose pomoću umetaka od tvrdog drva (sl. 16).



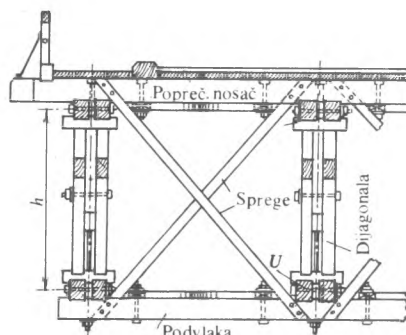
Sl. 16. Spoj pojasa s dijagonalama i vertikalom

Najčešće se izvode Howovi nosači (sl. 17). Vertikale su šipke od okruglog željeza, koje se prednaprežu tako da sve dijagonale pritisnu, što osigurava siguran spoj s pojasima.



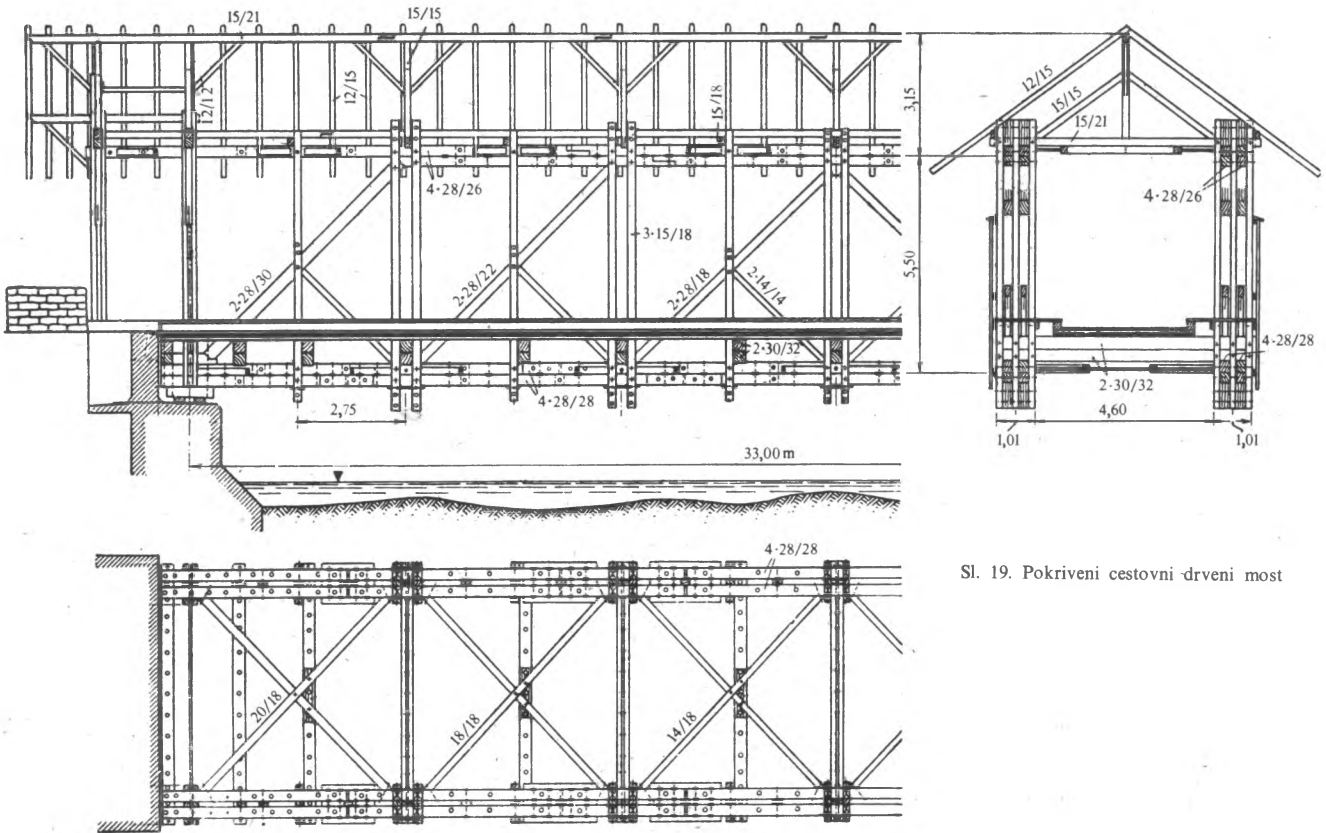
Sl. 17. Željeznički drveni most s Howovim nosačem

Sprege drvenih mostova mogu biti poprečne i uzdužne. Služe za međusobno povezivanje glavnih nosača u poprečnom (sl. 18) i uzdužnom smjeru djelovanjem horizontalnih poprečnih i uzdužnih sila. Poprečne sprege primjenjuju se samo kad mostovi imaju kolnik s gornje strane. Mogu biti dvije uzdužne



Sl. 18. Poprečni presjek cestovnog rešetkastog mosta

sprege ili samo jedna. Ako postoje dvije sprege gornji i donji pojasi povezani su spregama (sl. 19). Ulogu sprega može preuzeti i konstrukcija kolnika, npr. kad je kolnik iznad glavnih nosača.



Sl. 19. Pokriveni cestovni drveni most

Kolnik se sastoji od donjeg nosivog dijela koji prenosi opterećenje na poprečne, uzdužne ili glavne nosače, i gornjeg dijela koji se troši. Kad je na cesti mali promet, može kolnik od jednog reda mosnica ispuniti oba zadatka (sl. 20). Debljina je takvih mosnica 10...18 cm, a širina 10...30 cm. Stavljaju se tako da širina spojnice iznosi 1...2 cm, kako bi voda što prije istekla i kako bi se omogućilo provjetranje. Kad

je promet intenzivniji, primjenjuje se kolnik sa dva reda mosnica. Donji nosivi red postavlja se okomito na os nosača na koji se oslanja. Gornji red koji se troši postavlja se okomito ili dijagonalno na mosnu os. Umjesto gornjih mosnica često je kolnik od šljunčanog zastora ili asfalta kao na cesti.

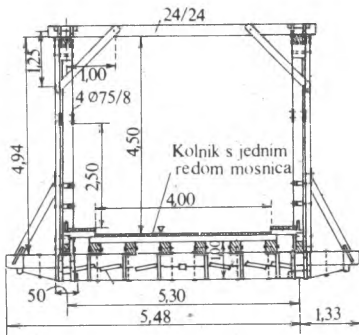
Željeznički mostovi imaju kolnik od tračnica, pragova, sigurnosnih tračnica ili pragova, te kolosječnog pribora.

Ograda je obično drvena i sastoji se od stupaca, rukohvata i ispune. Stupci su većinom postrano pridržani kosnicama (sl. 21), a njihov je razmak 0,9...1,2 m. Pješački hodnik najbolje je podignuti iznad razine kolnika da bi promet bio siguran.

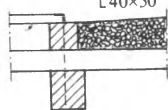
Donji stroj može biti od betona, drva ili kombinacije obaju materijala.

Ležaji služe da se vertikalne i horizontalne sile prenese s nosive konstrukcije na jarmove krajnjih i srednjih oslonaca. Obično se izrađuju od drva (sl. 22). Za veće raspone ležaji su od lijevanog željeza, čelika ili tvrdog drveta.

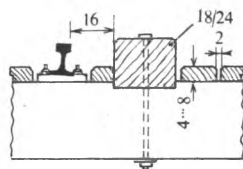
Kolnik cestovnog drvenog mosta s jednim redom mosnica



Kolnik sa šljunčanim zastorom

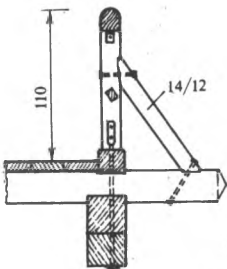


Kolnik željezničkog drvenog mosta

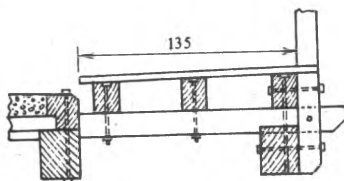


Sl. 20. Kolnici drvenih mostova

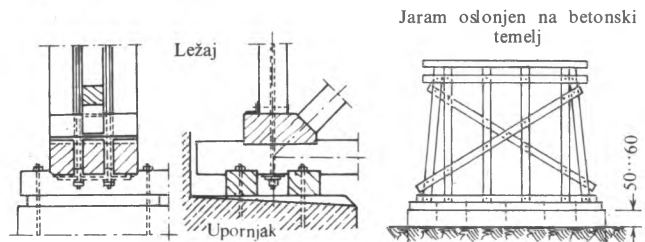
Drvena ograda



Podignuti hodnik



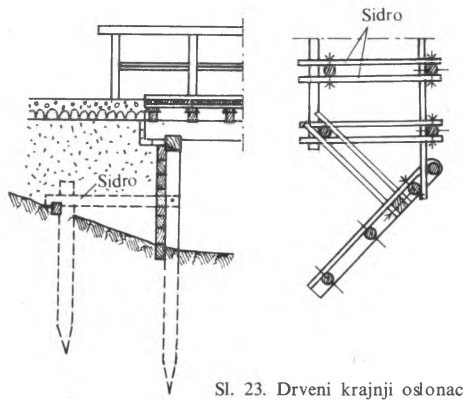
Sl. 21. Zaštita pješaka



Sl. 22. Oslanjanje nosive konstrukcije

Jarmovi od drva izrađuju se samo za privremene mostove. Služe kao krajnji ili srednji oslonci kojima se prenose opterećenja s mosta na tlo. Kad je most stalan, jarmovi se oslanjaju na zidane temelje tako da drvo ne dolazi u dodir s vlagom.

Krajnji oslonci sastoje se od pilota, naglavnice, talpi i klijesta. Zadatak je oslonaca da prenese na tlo, osim sile s nosive konstrukcije, i sile pritiska nasipa. Piloti se zabijaju na potrebnu dubinu i napregnuti su na savijanje i izvijanje.

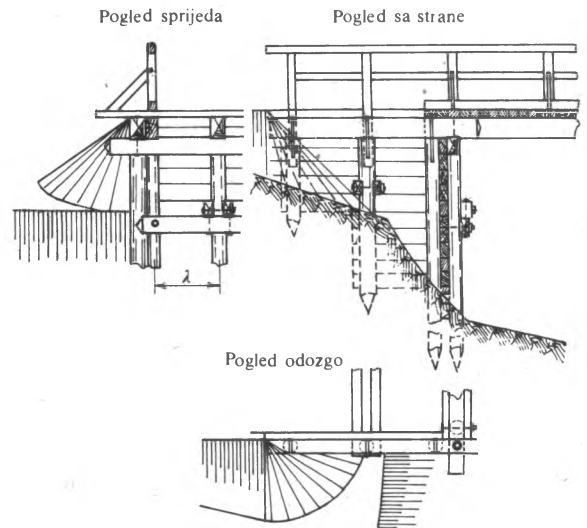


Sl. 23. Drveni krajnji oslonac

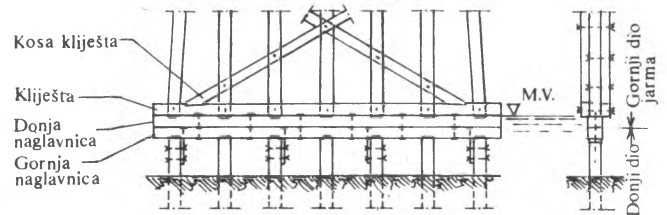
Kad su oslonci visoki, savijanje se može smanjiti ugradbom drvenih (sl. 23) ili čeličnih sidara.

Krila mogu biti paralelna ili kosa. Za nasipe manjih visina rade se paralelna krila (sl. 24), a za nasipe većih visina kosa krila.

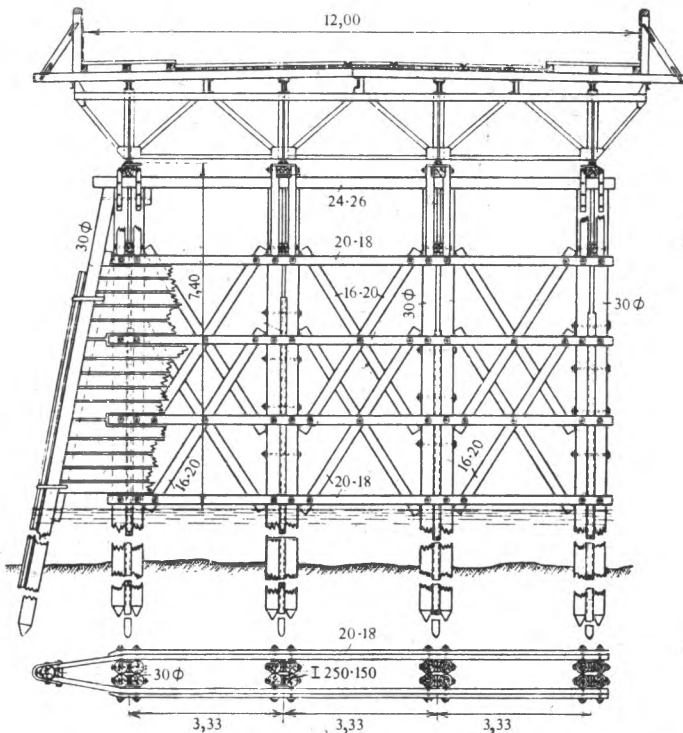
Srednji oslonci sastoje se od jednog ili više redova jarmova (sl. 25), što ovisi o opterećenju i visini jarma. Elementi jarmova su piloti, naglavnice, te horizontalna i kosa kliješta. Radi poprečne stabilizacije krajnji piloti izrađuju se koso (20:1). Nagib kosih kliješta ne bi trebao biti manji od 30°. Visoki jarmovi sastoje se od dva dijela, gornjeg i donjeg. Donji dio završava ispod niske vode tako da je stalno pod vodom, te nije izložen truljenju (sl. 26). Gornji dio, koji naj-



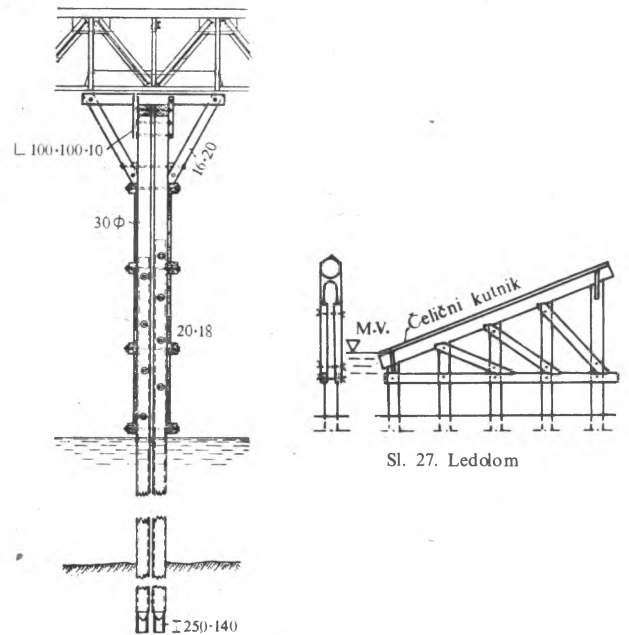
Sl. 24. Paralelno krilo



Sl. 26. Dvodijelni jaram



Sl. 25. Srednji oslonac — jaram



Sl. 27. Ledolom

više truli zbog promjenljivog djelovanja vode i zraka, može se relativno lako izmijeniti. Kad je nosivo tlo na većoj dubini, uvijek se grade jarmovi.

Leddomi se grade uzvodno ispred jarmova na udaljenosti od 1,0-2,5m kao zaštita od djelovanja leda. Na njima se lomi led i otklanjaju se predmeti koji plove u vodi i koji bi mogli oštetiti jaram.

Leddomi se grade kao jarmovi u jednom (sl. 27) ili više redova. Često se oblažu talpama radi zaštite od oštećenja.

Kosa se naglavnica zaštićuje čeličnim valjanim profilom koji ujedno služi kao nož za lomljenje leda.

LIT.: A. Laskus, Hölzerne Brücken. Wilhelm Ernst & Sohn, Berlin 1942. — Г. К. Евграфов, Мосты на железных дорогах. Государственное транспортное железнодорожное издательство, Москва 1955. — F. Fonrobert, W. Stoy, Grundzüge des Holzbaues im Hochbau. Wilhelm Ernst & Sohn, Berlin 1960. — Građevinski priručnik Tehničar 3. Građevinska knjiga, Beograd 1960. — Lehmann, Stolze, Ingenieurholzbau. B. G. Teubner, Stuttgart 1969.