

7 POVIJESNI RAZVOJ I PODJELA MOSNIH KONSTRUKCIJA

Trase saobraćajnih putova, bilo da se radi o putu ili željeznici, vrlo često na svom putu presijecaju različite prepreke. Ove prepreke mogu biti: vodeni tokovi, saobraćajni putovi, duboke doline, slabi tereni i naselja, i uopće prepreke koje je ekonomičnije preći objektom nego trupom saobraćajnice. Neke od ovih prepreka uvjetuju to da saobraćajnica pređe preko njih objektom. U takvim slučajevima, na ovim mjestima rade se različiti objekti. Jedan od njih je i most.

Posebno poglavlje u povijesti građevinarstva bez sumnje je povijest mostova. Prvi pismeni podaci o mostovima datiraju još od prije 4000 godina. To su bili drveni i masivni mostovi od kamena i ćerpića (stari građevinski materijal u obliku cigle). Masivni betonski i čelični mostovi uspješno se grade tek nekih stotinjak godina. Konstrukcija jednog mosta ima zadatak da sigurno premosti izvjesnu prirodnu ili vještačku prepreku. Ti objekti su ekonomičniji i opravdanije je njih radit nego neke druge.

Pri projektiranju mostova neophodno se odlučiti za **vrstu mosta, izbor materijala, način izvođenja i održavanje.**

7.1 PODJELA MOSTOVA

7.1.1 Podjela mostova prema materijalu

Za građenje mostova upotrebljavaju se različiti materijali: drvo, kamen, beton, armirani beton, čelik, itd. To znači da se podjela mostova može izvršiti i prema materijalu od kojega su građeni. Tako imamo mostove: drvene, kamene, betonske, čelične, mostove spregnutih konstrukcija koji se rade u kombinaciji čelika i armiranog betona.

Pošto most služi da se preko njega prelazi određenim saobraćajnim sredstvima i gradi se kao sastavni dio saobraćajnice; on je njegova nerazdvojna tj. integralna cjelina.

7.1.2 Podjela mostova prema vrsti saobraćaja

Prema vrsti saobraćaja koji se odvija preko mosta ili prema njegovoj namijeni, mostovi se dijele u tri velike grupe i to: [7]

1. cestovni mostovi – to su mostovi preko kojih se obavlja cestovni saobraćaj
2. željeznički mostovi – odvija se željeznički saobraćaj
3. pješački mostovi – isključivo služe za pješački saobraćaj
4. cestovno - željeznički mostovi, istovremeno prevode i cestovni i željeznički saobraćaj
5. mostovi za gradski šinski saobraćaj i
6. mostovi sa posebnom namjenom.

7.1.3 Podjela mostova prema položaju

U odnosu na prepreku ili na os prepreke mostovi se dijele na: [7]

- prave mostove, kada osa mosta i osa prepreke zahvaćaju pravi kut ($\alpha = 90^\circ$),
- kose mostove, kada osa mosta i osa prepreke zahvaćaju kut različit od 90° ($\alpha \neq 90^\circ$),
- mostove u krivini, mostove gdje je podužna osa mosta identična sa horizontalnom krivinom trase saobraćajnice. U zavisnosti od veličine prepreke, dužine mosta i njegovog položaja u odnosu na krivinu trase, most može biti djelomično ili u cjelini u krivini.

U mostovima je moguće napraviti i druge podjele na osnovu oblika glavnih nosača, broja otvora statičkog sustava i slično.

7.2 ČELIČNI MOSTOVI

7.2.1 Povijest

Mostovi su uvijek impresionirali ljude, bilo da su mali ili veliki koji graniče sa maštom.

Stoga je i razumljiva vječna težnja graditelja mostova da primjene takvo rješenje i materijale koji mu daju mogućnost da na najlakši način premoste prepreku. Čelik je materijal čija je primjena u gradnji mostova veoma duga. Prva primjena po nekim podacima vezana je za tlo Kine – primjenjivani su kovani lanci za izradu visećih mostova. Tehnološka revolucija suvremene ere pružila je nove mogućnosti konstruktorima mostova. Tako je 1779. godine u V. Britaniji izgrađen prvi most od čelika preko rijeke Severn raspona 30 m u lučnom sustavu.

I danas most postoji i služi za biciklistički i pješački saobraćaj. Primijenjeni lučni sustav je direktna posljedica načina proizvodnje čelika. U to vrijeme masovna proizvodnja čelika je bila kao lijevano čelika koje je imalo dobre mehaničke osobine na pritisak dok je pri zatezanju imalo malu nosivost. Gotovo paralelno sa primjenom lijevanog čelika u mostogradnji, počinje se i sa gradnjom visećih mostova sa lancem od kovanog čelika.

Kao najimpresivniji predstavnik tog vremena je dvotračni željeznički most preko moreuza Fort, ukupne dužine 2000 m. sustava Gerberov nosač, sa glavnim otvorom koji imaju raspon 521 m. Dakle usavršavanje tehnoloških postupaka za dobivanje čelika rezultira daljim porastom kvaliteta čime je omogućen prodor novih konstrukcija i novih sustava u mostogradnji.

Period između dva rata naročito je karakterističan za izgradnju visećih mostova velikih raspona sa lančanicima od kablova sa vučenom žicom.

Period poslije drugog svjetskog rata karakterističan je za sve veća učešća zavarivanja čime se dobiva mogućnost osvajanja novih formi i povećava ekonomičnost konstrukcije. Pojava **ortotropne ploče** znači novo poglavlje u konstruiraju mostova velikih raspona. Jedan od pionira ovog tipa konstrukcije predstavlja most u Beogradu preko Save završen 1956. godine. U posljednje vrijeme, sa razvojem novih tehnologija izrade, ali i pojavom novih teoretskih rješenja i suvremenih sredstava za proračun sve češće se javljaju rješenja mostova većih raspona (oko 400 m).

7.2.2 Konstruktivni elementi mosta

U općem slučaju noseću konstrukciju jednog čeličnog mosta čine slijedeći elementi: **glavni nosači, kolovoz, podužni cestovni nosači, poprečni nosači, gornji i donji horizontalni spreg, spreg protiv bočnih udara, portali i ležišta.**

7.2.3 Konstruktivni sustavi mosta

U sklopu izrade rješenja mosta od najveće je važnosti izvršiti optimalni izbor konstruktivnog sustava, s obzirom na otvor koji treba premostiti, saobraćaj i opterećenje na mostu, saobraćaj ispod mosta, montažu, mjesto gdje se nalazi most, estetske zahvate i dr. a pri svemu imajući u vidu i ekonomske kriterije.

Konstruktivni sustav čelični mostova mogu se razvrstati u više grupa, tj. podijeliti, prema statičkom sustavu i tipu glavnih nosača.

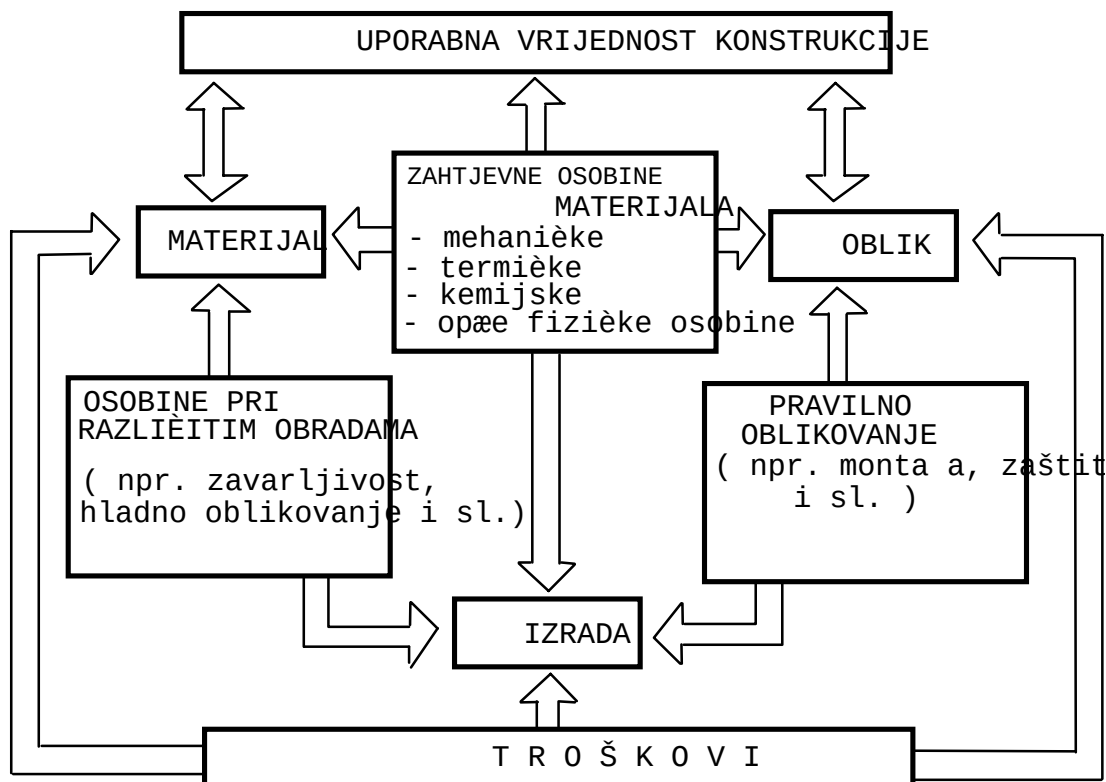
- rešetkasti glavni nosači sustava proste grede;
- rešetkasti glavni nosači sustava kontinuirane grede;
- puni glavni nosači sustava proste grede;
- puni glavni nosači sustava kontinuirane grede;
- puni glavni nosači sustava podupirala;
- puni lučni glavni nosači;
- rešetkasti lučni glavni nosači;
- mostovi sa kosim kablovima i
- viseći mostovi.

Na mostu preko rijeke Save kod Slavonskog Šamca su korišteni rešetkasti glavni nosači sustava kontinuirane grede. Ovaj konstruktivni sustav može se primijeniti za raspon $L = 50 - 200$ m (rešetke sa paralelnim pojasevima), a max. $L = 600$ m (rešetke sa krivim pojasevima). Treba još napomenuti da kod čelični mostova u proračunu treba uzeti kao gornju granicu temp. $+45^{\circ}\text{C}$ za dijelove izložene suncu, $+35^{\circ}\text{C}$, za dijelove u sjenci, a kao donju granicu temperature $- 25^{\circ}\text{C}$. Za nejednako zagrijavanje, i to samo za konstruktivne dijelove izložene suncu , treba uzeti razliku temp. od 15°C .

7.2.4 Izbor osnovnog čeličnog materijala

Jedno od osnovnih pitanja sa kojima se suočava konstruktor u oblasti građevinskih čeličnih konstrukcija, a naročito mostovskih je pitanje *izbora materijala* (osnovnog i dodatnog). Izbor materijala ima ne samo tehnički, nego i veliki privredno-ekonomski značaj. Treba ga promatrati u sklopu radnji optimalizacije promatrane konstrukcije, dakle, kao kompleksan problem – konstrukciju koja potpuno odgovara zadanoj namjeni i gdje su međusobni odnosi različitih faktora dovedeni u najbolji mogući sklad.

Kompleksnost izbora materijala i međusobni odnosi različitih faktora dati su pregledno slikom 7.1



Slika 7.1 Shema međusobnih odnosa različitih čimbenika od značaja za izbor materijala [7]

Izbor materijala treba posmatrati i u sklopu različitih faktora koji utječu na sigurnost konstrukcije.

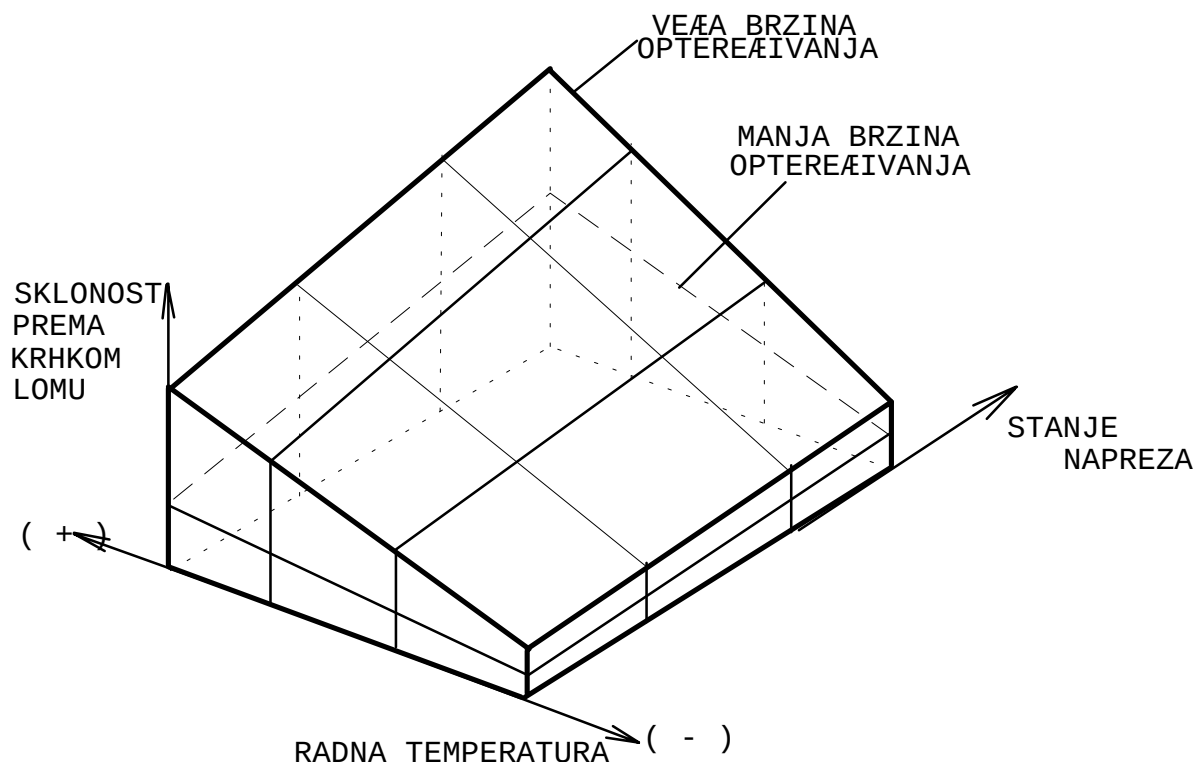
Shema na slici 7.2 jasno pokazuje dvije kvalitetne grupe faktora, koji zbirno, daju ukupnu sigurnost zavarene čelične konstrukcije.

Prva grupa su faktori sigurnosti u odnosu na deformacije, napone, različite vidove stabilnosti i lom od zamora, oslanjajući se na fizičke karakteristike materijala (σ_m).

Druga grupa dokaza – dokaz sigurnosti, prema krutom lomu – obuhvata određivanje različitih fizičkih i kemijskih karakteristika materijala konstrukcije i određivanje naponskih stanja (od osobnih i radnih napona), brzine opterećivanja i radne temperature gotove konstrukcije. Ovaj dio dokaza sigurnosti čeličnih konstrukcija postoji relativno kratko.

Krhki lom je takav proces pri lomu koji uglavnom nastupa u elastičnoj oblasti ponašanja materijala i gdje mjesto loma ne pokazuje znake vidljive plastične deformacije.

Treba još napomenuti da svi konstruktivni dijelovi unutar jedne konstrukcije ne moraju biti istog kvaliteta, ali i ne postoji praktičan mehanizam koji će ove elemente ocijeniti prema njihovom značenju i dati dokumentiran zaključak, za koji konstruktivni dio je potreban koji materijal.



Slika 7.2 Utjecaj naponskog stanja, brzine opterećivanja i radne temperature na sklonost ka krutom lomu čelične konstrukcije [7]

7.3 TEHNIČKI OPIS MOSTA PREKO RIJEKE SAVE KOD ŠAMCA

Ukupna dužina mosta iznosi 578,60 m', koji se sastoji od 15 raspona na 16 stupova (četiri stupa se nalaze u vodi i drže čeličnu konstrukciju mosta, dok su ostali stupovi namijenjeni za betonsku konstrukciju i nalaze se na kopnu). Glavni centralni dio mosta iznad plovnog dijela rijeke Save bio je premošten sa dvije paralelne neovisne rešetkaste čelične konstrukcije, kontinuiranog sustava raspona 55,0 + 88,0 + 55,0 m' i sistemske visine 11,50 m'. Ukupna masa čelične konstrukcije iznosi 1560 tona.

Glavne čelične rešetke i to dvije krajnje koje primaju cestovni i željeznički dio mosta i srednja (zajednička) koja prima utjecaje i od željezničkog i od cestovnog dijela mosta. Rešetke su kontinuirane na tri raspona 55 + 88 + 55 m. Sastoje se od paralelnih pojaseva sistemske visine 9,0 m', oslonačkih vertikalna na mjestima riječni stupova 2,3,4,5, dijagonala i poluvertikalna za vješanje poprečnih nosača donjeg pojasa (vidi sliku 7.5). Prvo i treće polje raspona 55 m' podijeljeno je na 12 rastera na po 4583 mm a središnje polje na 20 rastera po 4400 mm. Dijagonale su ukrštene na dužini po dva rastera, s tim da se u svakom drugom rasteru objesi poluvertikalna od čvora križanja dijagonale do donjeg pojasa. Obzirom na različita opterećenja koja trpe pojedine rešetke to je i poprečni presjek izabran prema utjecajima koje trpe. Donji i gornji pojas rešetki je zatvoreni kutijastih profil zavaren od limova različitih debljina zavisno od računskih utjecaja u tim elementima. Visina pojedinih elemenata je 500 mm dok je širina 400 mm za vanjske rešetke odnosno 450 mm za središnju – zajedničku rešetku. Ove širine se odnose na prostor između vertikalnih pojasnih limova s tim da se promjena debljine vertikalnih limova vrši prema vani, a u nju se uklapaju i čvornih limovi. Ova širina omogućuje, da se između vertikalnih čvornih limova uklape oslonačke vertikale, poluvertikale i dijagonale rešetki. Oslonačke vertikale su također kutijastih zavareni profili koji se uklapaju u čvorne limove pojasnih štapova. Dijagonale su konstruirane također

kao kutijastih zavareni profili zbog promjene sile. Poluvertikale su konstruirane kao zavareni " I " profil. Na mjestima ukrštanja dijagonala u donjem pojasu ili sučeljavanju poluvertikale sa donjim pojasom postavljeni su poprečni nosači mosta.

Poprečni nosači mosta postavljeni su na rasteru 2291,5 mm odnosno 2200 mm i raspona su 5425 mm odnosno 8425 mm. Sastoji se od vertikalnog lima, donje lamele i gornje ploče koja je sastavni dio cestovne ortotropne ploče. Ukupna visina poprečnog nosača je 750 mm.

Cestovne ortotropne ploče sastoji se iz cestovnog lima – ploče i uzdužnih rebara visine 250 mm na razmaku 300 mm, koji kontinualno prolaze kroz poprečne nosače. Cestovna ploča je na mjestima čvorova glavne konstrukcije vezana za pojasne štapove (čvorni lim) donjeg pojasa glavne konstrukcije i ujedno služi i kao spreg u donjem pojasu mosta. Međusobno spajanje se izvodi zavarivanjem REL i EPP postupkom.

U gornjem pojasu mosta postavljen je horizontalni spreg vjetra koji se sastoji od dijagonala i horizontala. Dijagonale i horizontale su oblikovane kao zavareni " I " presjeci koji imaju dvojaku funkciju – spreg protiv vjetra i da omoguće prostorno djelovanje cjele konstrukcije.



Slika 7.3 Fotografija dijela mosta u izgradnji