

REPUBLIKA SRBIJA
PROJEKAT REHABILITACIJE TRANSPORTA

**PRIRUČNIK ZA PROJEKTOVANJE
PUTEVA U REPUBLICI SRBIJI**

9. PROJEKTOVANJE MOSTOVA

**9.8 RASPONSKE KONSTRUKCIJE
SPREGNUTIH MOSTOVA**

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

9.8.1	UVODNI DEO	1
9.8.1.1	PREDMET SMERNICE	1
9.8.1.2	REFERENTNI NORMATIVI	1
9.8.1.3	TERMINOLOGIJA	1
9.8.1.4	KORIŠĆENE SKRAĆENICE	2
9.8.2	UVOD	2
9.8.3	STATIČKI SISTEMI, OBIM I VRSTE SPREZANJA	3
9.8.3.1	STATIČKI SISTEMI	3
9.8.3.2	OBIM I VRSTE SPREZANJA	5
9.8.4	POPREČNI PRESECI RK PUTNIH SPREGNUTIH MOSTOVA	6
9.8.4.1	UVOD	6
9.8.4.2	POPREČNI PRESECI RK PUTNIH SPREGNUTIH MOSTOVA	6
9.8.4.3	POPREČNI NOSAČI OSLOKACA I UKRUĆENJA OSLOKACA	9
9.8.5	ELEMENTI SPREGNUTIH PRESEKA	9
9.8.5.1	ČELIČNI NOSAČI	9
9.8.5.2	ARMIRANO BETONSKA KOLOVOZNA PLOČA	10
9.8.5.3	SREDSTVA ZA SPREZANJE – MOŽDANICI	10
9.8.5.4	DVOJNO SPREGNUTI PRESECI	12

9.8.1 UVODNI DEO

9.8.1.1 Predmet smernice

Predmet i namena smernice 9.8 Rasponske konstrukcije spregnutih mostova je, da projektantima mostova pomogne u pravilnom konstruisanju i projektovanju savremenih spregnutih (čelik-beton) rasponskih konstrukcija grednih i okvirnih (ramovskih) mostova i da podstakne njihovu širu primenu. Smernica ukazuje na pravilan izbor statičkog sistema, kao i obim i vrste sprezanja.

Koncept i konstrukcija poprečnih preseka najviše utiču na tehnologiju gradnje i cenu mostova, pa je ovo poglavlje detaljnije obrađeno.

Posebno su obrađeni elementi spregnutog preseka.

9.8.1.2 Referentni normativi

Prilikom primene smernice 9.8 Rasponske konstrukcije spregnutih mostova treba proučiti i koristiti sledeće:

- SRDM 9.1 Opšta smernica za projektovanje mostova
- SRDM 9.2 Noseći (statički) sistemi mostova
- SRDM 9.3 Koncipiranje, projektovanje i konstruisanje mostova
- SRDM 9.4 Manji mostovi i podvožnjaci
- SRDM 9.6 Mostovi i vijadukti

Evropske norme EC1-9 detaljno navedene u SRDM 9.1 Opšta smernica za projektovanje mostova.

- EN 1090-1 Izrada i montaža čeličnih konstrukcija
- EN 1090-2 Dopunska pravila za hladno valjane profile sa tankim zidovima i limove
- EN 1090-5 Dopunska pravila za mostove
- EN 1090-6 Dopunska pravila za nerđajući čelik
- JUS C.BU.500 iz 1984 – Konstrukcioni čelici
- JUS.U.E7.010 iz 1988 – Izbor osnovnog čeličnog materijala
- EN 1993-1-10 Evrokod 3 Projektovanje čeličnih konstrukcija --Deo 1- 10. deo: Izbor kvaliteta čelika obzirom naprema žilavosti i lamelarnomi lomu
- Pravilnik o tehničkim merama i uslovima za montažu čeličnih konstrukcija - Službeni list SFRJ br. 29 iz 1990. godine.

9.8.1.3 Terminologija

Putni objekti su: mostovi, vijadukti, nadvožnjaci, podvožnjaci, pešački mostovi, pešački prolazi, propusti, konstrukcije u pokrivenim usecima, galerije, tuneli, potporni zidovi konstrukcije i konstrukcije za zaštitu od bure.

Mostovi u širem značenju su svi objekti (mostovi, vijadukti, nadvožnjaci, podvožnjaci) koji služe za sigurno vođenje 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.

Noseća konstrukcija je zajednički naziv za potpurnu i rasponsku konstrukciju mostova.

Potpurnu konstrukciju mostova čine:

- krajnje obalni stubovi sa krilnim zidovima
- srednji – rečni stubovi.

Rasponska konstrukcija neposredno preuzima saobraćajno opterećenje i statičke i dinamičke uticaje prenosi na potpurnu konstrukciju. Rasponska konstrukcija može biti od različitih materijala, različitih statičkih sistema i različitih preseka.

Gredni sistemi mostova su sistemi kod kojih je rasponska konstrukcija odvojena od oslonaca sa ležištima.

Okvirni (ramovski) sistemi mostova su sistemi kod kojih je gornja konstrukcija kruto ili zglobovima povezana sa osloncima.

Sprezanje u širem značenju je konstruktivno i funkcionalno objedinjavanje različitih materijala u jedinstven spregnuti presek.

Sprezanje u užem značenju je konstruktivno i funkcionalno objedinjavanje čelika i betona.

Ukupna dužina mosta je odstojanje između osivinaa 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 oslonaca.

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

Konzole su ivični tanji delovi poprečnih preseka rasponske konstrukcije.

Ivični venci su armirano betonski bočni elementi na konzolama betonskih rasponskih konstrukcija.

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 naprave koje omogućavaju rad objekta i preuzimanje deformacija – pomaka i rataracija. Obično se ugrađuju na krajnjim osloncima RK.

Moždanici su konstruktivni elementi koji omogućavaju zajedničko (spregnuto) delovanje čelika i betona.

Čelični nosač je zavareni nesimetrični nosač sa punim zidom.

Čelični sandučasti nosač je čelični nosač sa punim zidom zatvorenog sandučastog preseka sa dva vertikalna ili kosa rebra i donjim čeličnim pojasom.

Kolovozna armiranobetonska ploča koja je moždanicima povezana sa gornjim pojasom čeličnih nosača čini deo spregnutog preseka

Donja armiranobetonska ploča je deo spregnutog preseka u zonama oslanjanja (pritiska) RKSM velikih raspona.

9.8.1.4 Korišćene skraćenice

AP – autoput

VP –put sa više traka (brzi put)

AB – armirani beton

M/R/L – magistralni, regionalni i lokalni putevi

BM – betonski most

SM – spregnuti most

SIM – spregnuti integralni most

RK – rasponska konstrukcija mosta

RKBM – rasponska konstrukcija betonskih mostova

RKSM – rasponska konstrukcija spregnutih mostova

ČZO – čelična zaštitna ograda

BZO – betonska zaštitna ograda

9.8.2 UVOD

Više od 200 godina čelik je bio osnovni materijal za mostove. Od tridesetih godina prošlog veka beton preuzima primat za mostove manjih i srednjih raspona.

Razvoj teorije i prakse sprežanja čelika i betona tokom poslednjih decenija ponovo je učinio da čelik bude konkurentan materijal za mostove svih raspona i sistema.

U većem broju evropskih razvijenih zemalja u toku je novi zamah u primeni spregnutih konstrukcija u mostogradnji uz izraženu kreativnost i inovativnost.

Smernica daje osnovne principe konstruisanja spregnutih mostova i sledi unapređenja proistekla iz savremene prakse projektovanja spregnutih mostova u Evropi.

Savremene tehnologije omogućavaju sprežanje različitih materijala. Sprežanje u širem značenju je konstruktivno i funkcionalno objedinjavanje dva ili više materijala različitih osobina u jedinstven spregnut presek. Među brojnim mogućim sprežanjima različitih materijala u građevinarstvu praktičnu primenu imaju sprežanja čelika i betona, sprežanje betona različite starosti i kvaliteta i sprežanje betona i drveta.

Pri definisanju osnovnih osobina čelika i betona važe tvrđenja:

- čelik je dobar materijal za mostove, jer se pored ostalog može pouzdano i sigurno zaštititi od uticaja agresivne sredine;
- beton je dobar materijal za mostove, ali se još uvek ne može garantovati njegova trajnija zaštita od uticaja agresivne sredine.

Beton bez čelika u smislu armiranja, prednaprežanja ili sprežanja ne može da preuzme napone zatezanja. Prevaziđene su zablude i predubeđenja da samo za čelične mostove treba računati sa troškovima održavanja.

Razvoj spregnutih konstrukcija odvija se u dva pravca:

- razvoj teorije spregnutih konstrukcija i eksperimentalnih istraživanja
- razvoj i unapređenje prakse konstruisanja, projektovanja i postupaka građenja spregnutih konstrukcija u mostogradnji.

Pri projektovanju i gradnji mostova sprežanje čelika i betona najčešće se primenjuje za rasponske konstrukcije grednih sistema

mostova. Pored grednih sistema sve više se primenjuje sprezanje okvirnih, lučnih i mostova sa kosim zategama.

Za projektovanje i gradnju spregnutih mostova, pored poznavanja teoriskih osnova i propisa, treba poznavati i postupke radioničke izrade, načina spajanja, a posebno zavarivanja i montaže čeličnih konstrukcija.

Materijali za betonske mostove imaju velike prirodne rezerve i cena rada je niža, pa je zato da je beton u prednosti za manje i srednje mostove.

Spregnuti mostovi su u prednosti za pojedinačne mostove srednjih raspona, jer omogućavaju brzu gradnju bez angažovanja veće opreme i rada na gradilištu. Za veće mostove samo varijantna rešenja omogućavaju objektivan i racionalan izbor. Spregnuti mostovi se brže grade, lakše rekonstruišu, zamenjuju i recikliraju.

Putno mostovi sa čeličnim rasponskim konstrukcijama su samo za velike rasponne (rasponi veći od 150 m) i nisu predmet ove smernice.

Projektiranje, konstruisanje i gradnja oslonca mostova (obalnih i srednjih stubova) i njihovo temeljenje za mostove sa spregnutom ili čeličnom rasponskom konstrukcijom je u osnovi slično sa projektiranjem oslonaca i temeljenjem za betonske mostove. Prenos uticaja sa rasponske na potpurnu konstrukciju vrši se preko ležišta, a u specifičnim uslovima preko zglobova i krute veze (integralni mostovi).

Spregnute konstrukcije i evropska norma „Eurocode 4 – Design of composite steel and concrete structures“ obuhvataju tri osnovna konstruktivna elementa: nosače, ploče i stubove. Deo 2 se odnosi na spregnute mostove. Spajanje čeličnih konstrukcija zavarivanjem i visokovrednim vijcima omogućavaju nove funkcionalne i skladne oblike preseka, radioničkih i montažnih nastavaka i olakšavaju izradu i montažu.

U savremenoj praksi projektovanja spregnutih mostova čelik – beton karakteristična su tri trenda:

- okvirne integralne spregnute konstrukcije
- dvojno sprezanje i
- hibridni (mešani) mostovi.

Kod spregnutih mostova velikih raspona primenjuju se dvojno spregnuti preseki.

Betonska ploča u sastavu donjeg pojasa sandučastog ili grednog preseka smanjuje potrošnju čelika u zoni pritiska i povećava krutost preseka.

Pri projektovanju spregnutih mostova posebno većih raspona i pri specifičnim uslovima produktivna je kombinacija materijala po dužini mosta. Na delovima iznad oslonaca i u kraćim rasponima koristi se betonski presek, a u srednjem delu velikih raspona znatno lakši spregnuti presek.

Okvirne integralne spregnute konstrukcije mostova otklanjaju nedostatke spregnutih grednih mostova sa dva oslonca (nema dilatacionih spojnica i ležišta) i omogućavaju rasponne i do 60 m.

9.8.3 STATIČKI SISTEMI, OBIM I VRSTE SPREZANJA

9.8.3.1 Statički sistemi

Za putne mostove spregnute konstrukcije se koriste kao rasponske konstrukcije grednih i okvirnih sistema, za nadlučne konstrukcije lučnih mostova i za grede za ukrućenje visećih i mostova sa kosim zategama.

- Putni mostovi sa jednim otvorom i sa statičkim sistemom grede sa dva oslonca, raspona od 20 – 40 m, su pogodni za sprezanje. Pozitivni moment duž celog raspona najbolje odgovara prirodi sprezanja čelika i betona. Kolovozna AB ploča na celoj dužini nosača prima napone pritiska, a čelični nosač napone zatezanja usled momenata savijanja. Kod ovog sistema postoji mogućnost potpunog sprezanja, tj. sprezanja sopstvene težine i korisnog opterećenja. Mostovi sa jednim relativno većim rasponom primenjuju se za premoščavanje manjih i srednjih reka kada se žele izbeći rečni stubovi, za premoščavanje dubokih suvih prepreka i za premoščavanje veštačkih prepreka kada nisu poželjni medjuoslonci. Konstruktivna visina rasponske konstrukcije je konstantna i može da se izabere u širokim granicama od $l/15$ – $l/25$.
- Nedostatak mostova ovoga sistema su česta oštećenja zona oslonaca, ležišta i dilatacionih spojnica slanom vodom sa kolovoza i povećani troškovi održavanja.
- Putne mostove sa više istih ili različitih raspona, diskontinualnog statičkog sistema, raspona 20 – 40 m, bez obzira na povoljne uslove sprezanja treba

izbegavati, jer su zone oslonaca diskontinuiteta izložene oštećenjima.

- Putni mostovi sa kontinualnim rasponskim konstrukcijama primenjuju se za premošćavanje širokih i dubokih prirodnih ili veštačkih prepreka. Broj, veličina i odnos veličina raspona varira u širokim granicama. Racionalni su rasponi od 30 – 140 m, pri čemu krajnji rasponi treba da budu manji za 60 – 80 % od srednjih raspona da bi se izjednačili momenti u prvim i ostalim poljima i osloncima. Povoljne su i česte rasponske konstrukcije sa tri raspona i promenljivom visinom konstrukcije, što pored statičkih prednosti doprinosi povoljnom estetskom izgledu mostova. Kontinualne konstrukcije omogućavaju manje konstruktivne visine, koje se kreću od $l/15$ – $l/30$ za mostove konstantne visine i $l/25$ – $l/40$ u poljima, odnosno $l/15$ – $l/25$ nad osloncima za promenljive visine konstrukcija.

Prednosti kontinualnih spregnutih rasponskih konstrukcija su:

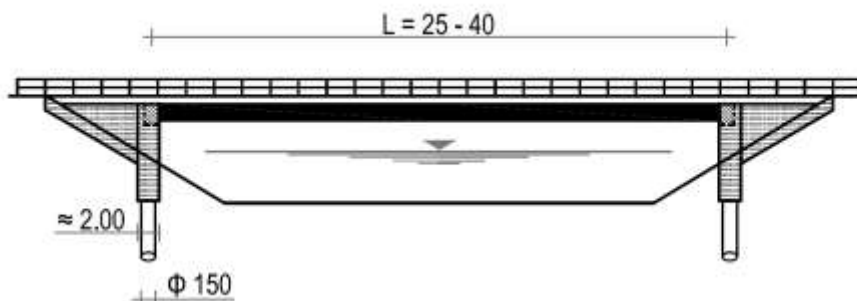
- mogućnost premošćavanja širokih i dubokih prepreka relativno velikim rasponima,
- širi izbor mogućnosti za ekonomičnu montažu čelične konstrukcije,
- izbegavanje dilatacionih spojnica iznad medjuoslonaca, što je posebno značajno za putne i gradske mostove,
- racionalizacija potrošnje čelika ako su omogućene i ako se iskoriste adekvatne forme spreznjanja korisnog i stalnog opterećenja.

Da bi se obezbedilo spreznjanja na celoj dužini kontinualne konstrukcije, tj. i u zonama iznad srednjih oslonaca, gde negativni momenti izazivaju prekomerna zatezanja u AB ploči, moraju da se primene postupci koji ove

napone dovode u dozvoljene granice. To su sledeći postupci:

- prednaprezanje delova kolovozne ploče iznad srednjih oslonaca kablovima
- unošenje pritiska u kolovoznu ploču veštačkom denivelacijom srednjih oslonaca (ovaj postupak se više ne koristi, jer se vremenom izgubi efekat denivelacije)
- povoljan raspored betoniranja, tj. prvo se betonira kolovozna ploča u poljima, a kasnije u zonama oslonaca.

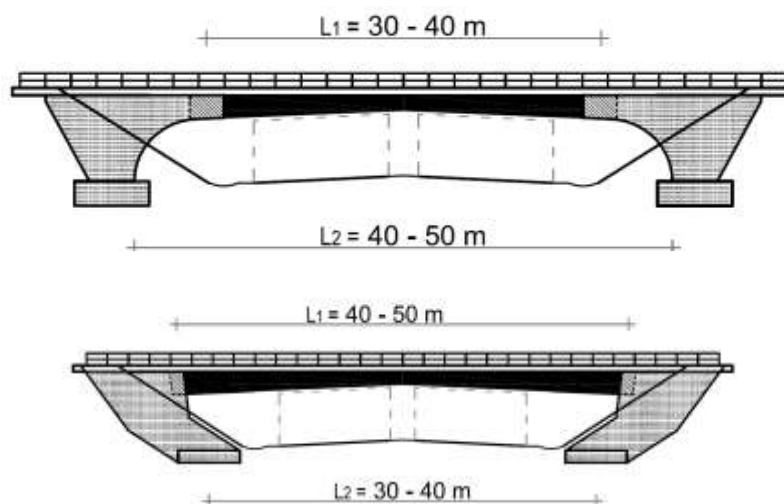
Za putne mostove i nadvožnjake mogu uspešno da se primene spregnute okvirne – integralne konstrukcije sa jednim rasponom od 25 do 50 m, koje eliminišu nedostatke spregnutih mostova statičkog sistema proste grede. Za premošćavanje kanala i manjih reka kada nisu poželjni međuoslonci brzo i ekonomično može da se izgradi integralna spregnuta konstrukcija raspona 25 – 40 (50) m. Za raspone do 30 m rasponska konstrukcija je konstantne visine $l/20$ – $l/30$, a za raspone promenljive visine u polju $l/30$, a na osloncima $l/20$ sa paraboličnim intradosom, Krajevi RK su na dužini 1,0 – 1,5 m kruto povezani sa vrhom elastičnih krajnjih stubova koji su temeljeni na bušenim šipovima ϕ 1,50 m. Do uvođenja u praksu integralnih konstrukcija spregnuti mostovi su projektovani kao proste grede. Zone oslonaca ovih mostova, ležišta, dilatacione spojnice, krajevi konstrukcije i vrhovi stubova trpe znatna oštećenja zbog slane vode sa kolovoza. Integralna okvirna konstrukcija nema te nedostatke i lakše se održava. Prednost u odnosu na betonske integralne mostove je mogućnost primene za veće raspone, lakša montaža rasponske konstrukcije i građenje bez uticaja vodenog toka (slika 9.8.1).



Slika 9.8.1: Shema integralne spregnute konstrukcije mosta

Za dispoziciona rešenja nadvožnjaka iznad autoputeva u useku preporučuju se konstrukcije objekata u jednom rasponu. Za raspone veće od 40 m u prednosti su spregnute, čelik – beton rasponske

konstrukcije promenljive visine kruto ukleštene u betonske stubove. Na slici 9.8.2 pokazane su dve mogućnosti da se specifično konstruisanim stubovima utiče na smanje raspona spregnute RK.



Slika 9.8.2: Sheme integralnih spregnutih konstrukcija nadvošnjaka raspona 40 – 50 m

Koncepcija i konstrukcija stubova zavisi od kvaliteta materijala u useku. Ako je tlo stabilno i dovoljne nosivosti može da se temelji i iznad nivelete AP u useku. Modifikacijom oblika obalnih stubova i promenljivom visinom rasponske konstrukcije može da se utiče na povećanje raspona. Kosim stubovima nadvošnjaka može se znatno smanjiti efektivni statički raspon i povećati otvor objekta. Poprečni preseki spregnutih nadvošnjaka zavise od veličine raspona i širine objekata i biće obrađeni u poglavlju 9.8.4.

9.8.3.2 Obim i vrste sprezanja

Prema obimu sprezanja postoji:

Sprezanje samo za pokretno opterećenje

Spregnuti presek prima samo pokretno opterećenje, a čelični nosači preuzimaju kompletnu sopstvenu težinu, težinu oplata, radnika, betona i opreme mosta bez ikakvih pomoćnih podupiranja u toku betoniranja.

Sprezanje za pokretno i deo stalnog opterećenja

Spregnuti presek prima korisno opterećenje i težinu delova konstrukcije koja nije vezana za realizaciju armiranobetonske ploče (oprema mosta). I kod ovakvog sprezanja čelični nosač nije poduprt u toku betoniranja kolovozne ploče.

Sprezanje za korisno i ukupno stalno opterećenja

Ovaj obim sprezanja može se ostvariti ako je čelični nosač poduprt u toku radova na

betoniranju i očvršćavanju betona kolovozne ploče.

Sprezanje uz prethodno ili naknadno prednaprezanje

- prethodno naprezanje montažnim postupcima;
- deformisanje čeličnog nosača u radionici i betoniranje deformisanog nosača;
- prethodno prednaprezanje čeličnog nosača i
- naknadno prednaprezanje betonske kolovozne ploče.

Vrste sprezanja

U teoriji i praksi spregnutih konstrukcija prisutne su tri vrste sprezanja čelika i betona:

- kruto sprezanje kod koga nema (ili je zanemarljiva) popustljivosti na spoju između čeličnog nosača i armirano betonske ploče,
- elastično sprezanje kod koga dolazi do elastičnog pomaka na spoju između čeličnog i betonskog dela spregnutog preseka (u proračun se uvodi deformacija sredstava za sprezanje);
- diskontinualno (isprekidano) sprezanje je svesno izostavljanje sprezanja na delovima nosača sa maksimalnim momentima iznad oslonaca. Kolovozna AB ploča se na tim mestima ne prekida. Na tim delovima nosača nema sila smicanja između AB ploče i čeličnih nosača, a uzdužna sila je konstantna. Momente preuzima čelični deo spregnutih preseka.

Reološki uticaji usled skupljanja i tečenja betona, kao i uticaji temperature, ne utiču na povećanje sile, jer se ukupna sila smicanja preuzima na krajevima nosača na kojima

postoji sprezanje. U savremenoj praksi projektovanja spregnutih mostova primenjuje se diskontinualno sprezanje, čime se izbegava primena uzdužnih kablova za prednaprezanje kolovoznih AB ploča radi preuzimanja napona zatezanja. Povećana potrošnja čelika kompenzuje se jednostavnijom i bržom gradnjom.

9.8.4 POPREČNI PRESECI RK PUTNIH SPREGNUTIH MOSTOVA

9.8.4.1 Uvod

U prvim decenijama primene sprezanja, sprežani su samo nosači sa punim zidom. U savremenoj praksi sprežu se i rešetkasti čelični nosači.

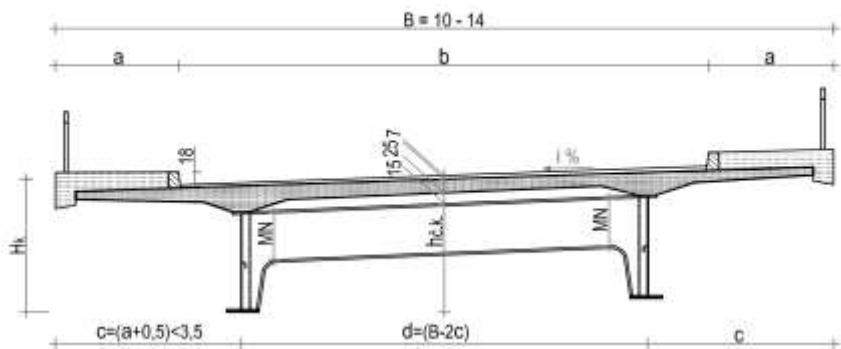
Koncept i konstrukciona rešenja poprečnih preseka RK spregnutih putnih mostova

zavise od širine mostova, veličine raspona, namene i uslova gradnje i bitno utiču na tehnologiju radioničke izrade, montaže, brzinu i cenu gradnje.

9.8.4.2 Poprečni preseki RK putnih spregnutih mostova

Za putne mostove raspona od 20 – 140 m, bez obzira na statički sistem, i ukupne širine od 10 – 14 m racionalno rešenje su preseki sa dva glavna zavarena nosača.

Presek sa slike 9.8.3 je ilustrativan za mostove manjih raspona na M/R/L putevima u naseljima sa brzinom vozila manjom od 50 km/h. Raspon konzola kolovozne ploče mora da bude veći od širine pešačkih staza da bi se omogućila ugradnja slivnika i kanalizacije mosta. Razmak glavnih nosača „d“ je veći ili jednak „2C“ tj. dvostrukom rasponu konzola.

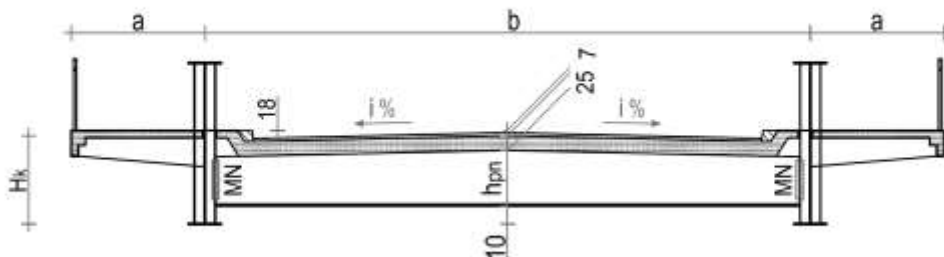


Slika 9.8.3: Spregnuti presek RK za manje mostove na M/R/L putevima

Poprečni nosači su na razmaku 6 – 10 m u zavisnosti od razmaka glavnih nosača. Postavljeni su u ravni gornjih pojaseva glavnih nosača i sprežu se sa AC pločom. Kolovozna ploča je elastično uklještena na sve četiri strane, prima manje momente i unakrsno je armirana.

Poprečni presek mosta sa upuštenim kolovozom primenjuje se u slučajevima kada

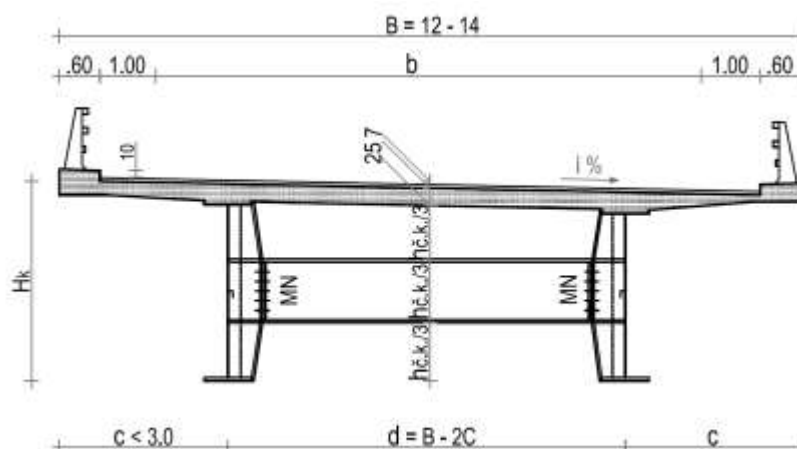
je ograničena konstruktivna visina (slika 9.8.4) (gradski mostovi sa uslovljenim niskim niveletama, nadvožnjaci većih raspona). Glavni nosači su čelični – nespregnuti, a sprežu se poprečni nosači sa AB kolovoznom pločom koja ima poprečni kontinuitet. Za širine kolovoza 6,00 – 8,00 m i razmake poprečnih nosača 2,0 – 4,0 m konstruktivna visina je 80 – 120 cm i zavisi od raspona mosta.



Slika 9.8.4: Upušteni presek putnog mosta ograničene konstruktivne visine

Za kontinualne mostove većih dužina poprečne nosače ne treba sprežati sa kolovoznom pločom. Postavljaju se u srednjoj trećini preseka i montažnim nastavcima

povezuju se sa glavnim nosačima. Položaj poprečnih nosača omogućava racionalno rešenje skele i oplate za betoniranje kolovozne ploče (slika 9.8.5).

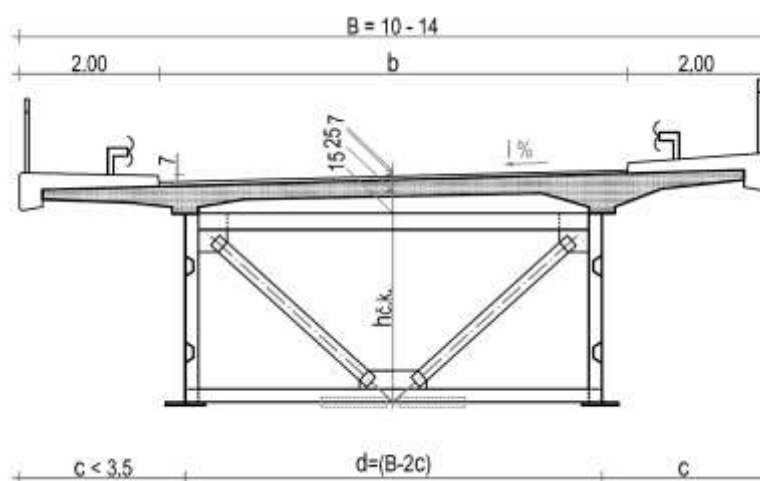


Slika 9.8.5: Spregnuti presek RK za duže mostove na AP, BP i M putevima

Poprečni presek na slici 9.8.5 je koncipiran za mostove i vijadukte za jedan kolovoz autoputeva širine 12 – 14 m bez odvojenih staza za održavanje i sa monolitnim ivičnim vencima i čeličnim sigurnosnim ogradama.

Na spoju AB ploče sa gornjim pojasom glavnih nosača nalaze se pravougaone vute visine do 10 cm koje omogućavaju korekciju geometrije.

Za mostove i vijadukte većih raspona i veće konstruktivne visine preseka treba primeniti racionalnije rešenje sa rešetkastim poprečnim nosačima na razmaku 4 – 6 m i spregama prema slici 9.8.6. Kolovozna površina je koncipirana za objekte na autoputevima i na magistralnim putevima sa većim brzinama. Poprečni nagib kolovoza se postiže različitim visinom vuta tako da su glavni nosači iste visine, a izrada i montaža čelične konstrukcije je jednostavnija.

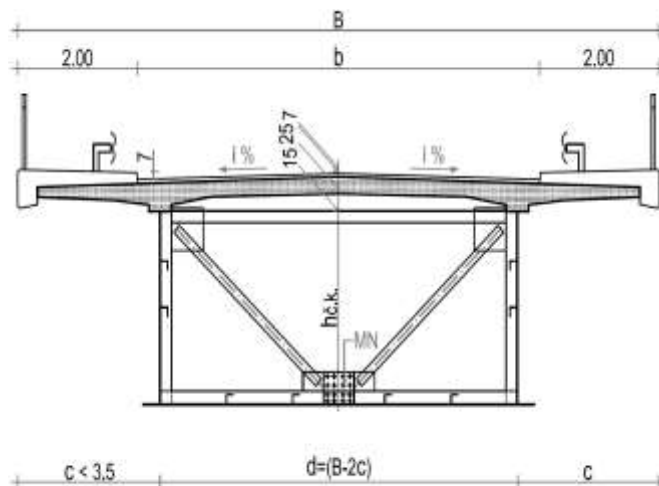


Slika 9.8.6: Spregnuti presek RK sa rešetkastim poprečnim nosačima

Za kontinualne spregnute mostove i vijadukte raspona od 90 do 100 m, a posebno ako su u krivini, preporučuju se zatvoreni sandučasti preseci konstantne ili promenljive visine. Sandučasti presek sledi krivinu trase puta i preuzima torzione momente. Pri prelazu

teških tereta koji se kreću sredinom mosta celi presek učestvuje u preuzimanju opterećenja (slika 9.8.7).

Poprečna krutost preseka može da se postigne rešetkastim poprečnim nosačima ili punim ivičnim dijafragmama.

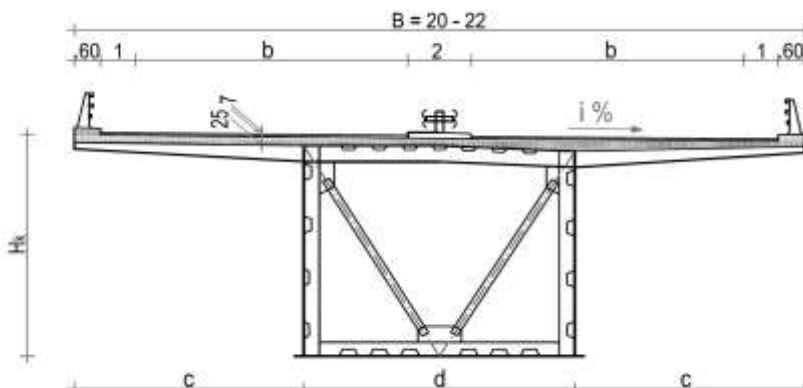


Slika 9.8.7: Sandučasti presek RK za velike raspone spregnutih mostova

Ako je potreban presek donje čelične ploče manji od $d \times \delta$, pri čemu δ ne treba da bude manji od 15 mm, konstruiše se trapezni presek sa smanjenom širinom donje ploče.

Poprečni preseki spregnutih mostova i vijadukata na brzim putevima ukupne širine

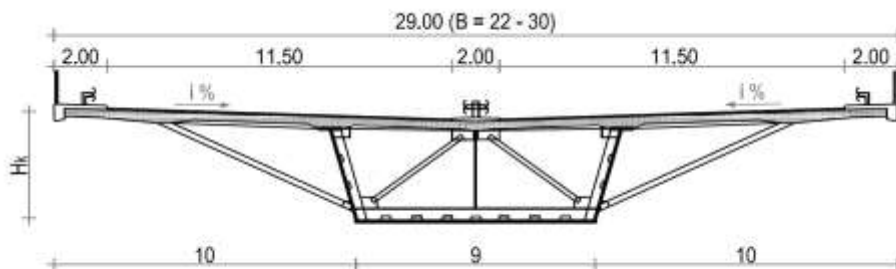
20 – 22 m većih raspona mogu da se konstruišui kao sandučasti zatvoreni preseki manje širine sa naglašenim konzolama, tako da je $c \cong d$. Presek je jednostavan za montažu i ne zahteva dodatnu opremu. Poprečne dijaframe i poprečni nosači su na razmaku 4 – 6 m (slika 9.8.8).



Slika 9.8.8.: Spregnuti sandučasti presek RK za mostove velikih raspona na brzim putevima i u krivini

Savremeno rešenje poprečnog preseka spregnutih mostova i vijadukata za oba kolovoza autoputa ukupne širine 25 – 30 m pokazano je na slici 9.8.9. Trapezni čelični

sanduk čija je širina približno jednaka trećini ukupne širine i konstantne visine ima istaknute konzole kolovozne AB ploče koje su poduprte čeličnim cevnim kosnicima.



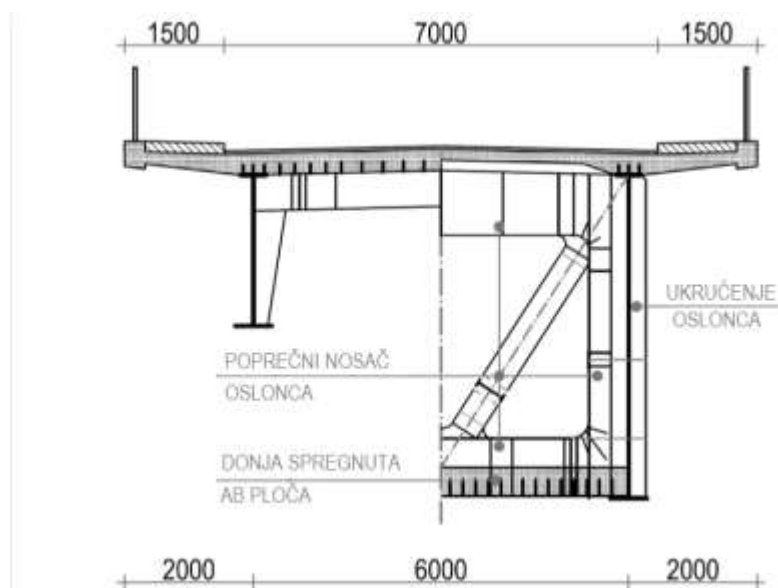
Slika 9.8.9: Spregnuti presek RK za oba kolovoza autoputa

Na osnovu analiziranih karakterističnih primera rešenja poprečnih preseka spregnutih mostova za M/R/L puteve, BP i AP se vidi da su moguća vrlo različita rešenja prilagođena nameni, širini, veličini raspona, raspoloživoj konstruktivnoj visini, radioničkoj izradi i montaži.

9.8.4.3 Poprečni nosači oslonaca i ukrućenja oslonaca

Svi analizirani poprečni preseki RK putnih SM moraju da imaju posebno konstruisane i dimenzionirane poprečne nosače u

osovinama oslanjanja na stubove mosta i ukrućenja oslonaca sa spoljašnje strane glavnih nosača. Kod manjih mostova ojačavaju se konturne dimenzije i površine preseka za preuzimanje i prenos reakcija na ležišta. Za veće mostove sa sandučastim presekom formiraju se jaka okvirna ukrućenja koja pored reakcija mogu da preuzmu i torzione momente usled nesimetričnog opterećenja i krivine u osi mosta. Ukrućenja oslonaca sa spoljašnje strane preseka omogućavaju prenos reakcija na ležišta iz spregnutog preseka mosta.



Slika 9.8.10: Poprečni nosači oslonaca i ukrućenja na dvojnospregnutom preseku mosta velikih raspona

9.8.5 ELEMENTI SPREGNUTIH PRESEKA

Spregnute preseke rasponskih konstrukcija putnih mostova čine:

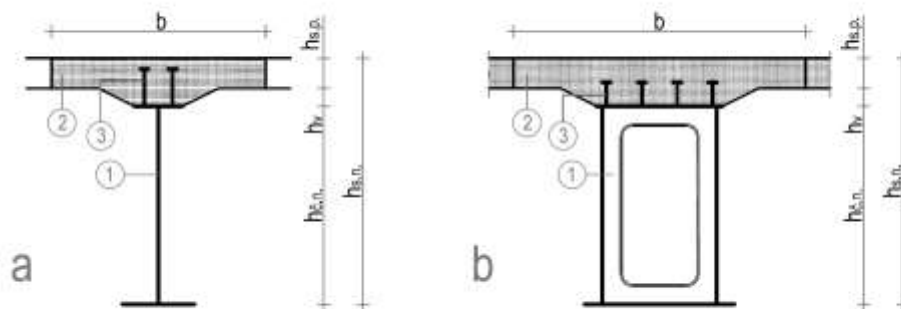
- čelični nosači (1)
- armirano betonska kolovozna ploča (2)
- sredstva za sprezanje – moždanici (3)

Kod mostova velikih raspona preseku se dodaje i donja AB ploča u zonama pritiska srednjih stubova (dvojnosprezanje).

9.8.5.1 Čelični nosači

Čelični nosači se konstruišu kao limeni puni zavareni nesimetrični nosači konstantne ili

promenljive visine (slika 9.8.11.a). Osnovna karakteristika čeličnog nosača za spregnute mostove je naglašen presek donjeg pojasa. Čelični nosači sa jednim zidom se koriste za širok spektar raspona od 20 – 140 m za mostove u pravcu. Za široke mostove i mostove u krivini većih raspona preporučuju se sandučasti preseki (slika 9.8.11.b) kojima se lakše sledi krivina puta na mostu. Razmak rebara treba da je najmanje 1,00 m i treba da budu mogući kvalitetna radionička izrada i održavanje tokom eksploatacije.



Slika: 9.8.11: Preseci spregnutih nosača

Rasponske konstrukcije spregnutih mostova proizvode se od konstrukcionog čelika koji mora da odgovara važećem standardu JUS C.B0.500, izdanje 1989. godine. Izbor kvalitetne grupe materijala mora biti usaglašeno sa namenom objekta, prirodom opterećenja, naponskim stanjem, tipom preseka noseće konstrukcije, uslovima eksploatacije i u skladu sa standardom JUS.U.E7.010 Izbor osnovnog čeličnog materijala iz 1988. godine. Konstrukcioni čelik je definisan i u poglavlju 3 Eurocode 3 Proračun čeličnih konstrukcija u skladu sa EN 10025.

Preporuke za konstruisanje čeličnog preseka RK spregnutih putnih mostova na osnovu iskustva:

- Gornji pojas čeličnog nosača sa jednim zidom ne treba da bude manjeg preseka od 300 x 15 (12).
- Donji pojas ima presek prema statičkom proračunu, s tim da širina ne treba da bude manja od 1/6 visine rebra. Najveća debljina jedne lamele je 30–50 mm.
- Visina rebra je 1/20–1/30 srednjeg raspona, debljina ne manja od 12–15 mm.

9.8.5.2 Armirano betonska kolovozna ploča

Osobine armiranog betona kao sastavnog dela spregnutog preseka odgovaraju uslovima datim u „Pravilniku o tehničkim normativima za beton i armirani beton“ iz 1987. godine. Za spregnute preseke primenjuje se beton marke MB30– MB60 (C30/39 – C60/75). Za armiranje se koriste šipke rebrastog čelika (RA), prema uslovima iz navedenog pravilnika. Dimenzije armirano betonske ploče kao elementa spregnutog nosača određuju se na osnovu funkcije ploče u celini objekta i lokalnih napona i deformacija, a ne prema potrebama spregnutih preseka. Nosivost spregnutog preseka postiže se čeličnim delom preseka,

delimično markom betona ploče i konstruktivnim postupcima.

Na putnim mostovima debljina AB kolovozne ploče ne bi trebalo da bude manja od 25 cm uz zaštitne slojeve betona 5 cm. Armiranje se vrši u oba pravca (paralelno i normalno) u odnosu na osu mosta i u obe ravni minimalna armatura je ϕ 16/15 bez obzira na statički proračun. Stvarni preseki armature dimenzioniraju se prema statičkom proračunu ploče kao samostalnog elementa i kao dela glavnih nosača.

Na spoju sa čeličnim nosačima konstruišu se vute minimalne visine 15 cm, dužine 50 – 60 cm. Promenljivom visinom vuta može se regulisati poprečni nagib kolovoza (slika 9.8.6). Kod ograničenih konstruktivnih visina vute mogu da se izostave, ali moraju da se predvide pravougaone vute visine 5 – 10 cm kojima se reguliše geometrija AB ploče i neutrališu visinske greške na čeličnoj konstrukciji (slika 9.8.5).

Cena gradnje armirano betonskih ploča utiče na konkurentnost spregnutih mostova. Pokušaji da se AB ploče grade kao montažne, pokazalo je nedostatke zbog smanjenoj trajnosti, pa se ne preporučuje za nove mostove. Na smanjenje cene izrade AB ploča može da se utiče tehnologijom gradnje, tj. primenom pomičnih oplata koje kao oslonac koriste spuštene poprečne nosače prema slici 9.8.5. Tanje AB ploče, debljine 18 – 20 cm, karakteristične za prve decenije primene spregnutih mostova. Danas su zbog trajnosti i većih pokretnih opterećenja debele najmanje 25 cm.

9.8.5.3 Sredstva za sprezanje – moždanici

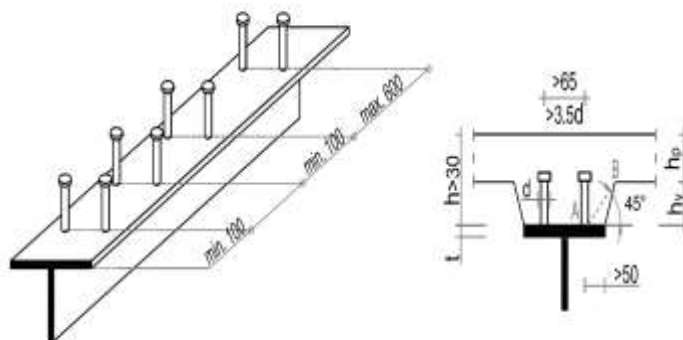
Sredstva za sprezanje treba da obezbede zajedničko (spregnuto) delovanje dva različita konstruktivna materijala u jedinstvenom spregnutom preseku.

Moždanici preuzimaju sile smicanja koje nastaju na kontaktu dva različita materijala, a time omogućavaju jedinstveno delovanje spregnutog preseka i ostvarivanje pretpostavki na kojima se zasniva analiza napona i deformacija, odnosno dokaz sigurnosti.

Za sprezanje čeličnih nosača i armiranih betonskih ploča koriste se elastični i kruti moždanici raznih oblika. Podjla je zasnovana načinom preuzimanja napona smicanja. U savremenoj praksi najviše se koriste elastični moždanici u vidu čepova.

Prednosti moždanika u vidu čepova sa glavom su:

- brzo i jednostavno spajanje za čelični nosač korišćenjem ručnog pištolja za poluautomatsko zavarivanje električnim otporom;
- zauzimaju mali prostor, a time najmanje remete raspored armature u betonskim pločama;
- kombinovan prenos sile smicanja savijanjem, zatezanjem i smicanjem i povoljan tok u dijagramu nosivost – deformacija, što je posebno povoljno za dinamički opterećene konstrukcije izložene zamoru, kod kojih je prisutno i vertikalno smicanje;
- manja težina za 15 – 30 % u odnosu na druge tipove moždanika;
- postavljaju se u radionici na već gotove nosače bez deformacija lamele na koju se vare i bez bojazni da će doći do oštećenja u toku transporta.



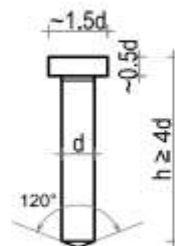
Slika 9.8.13: Normativni razmaci čepova i odnosi prema betonskoj ploči

Slobodna površina vute mora da bude van naznačene linije A-B na slici 9.8.13.

Vrednost prečnika čepova je ograničena na 22 mm zbog postupka varenja električnim otporom i rasta potrošnje i cene električne energije.

Materijal za čepove sa glavom je hladno oblikovani čelik zatezne čvrstoće $\sigma_u \geq 450 \text{ N/mm}^2$, granicom razvlačenja $\sigma_v \geq 350 \text{ N/mm}^2$ i izduženjem $\delta_s \geq 25 \%$.

PREČNIK ČEPOVA	d (mm)	13	16	19	22
VISINA NAKON ZAVARIVANJA	h (mm)	60	70	80	100
		90	100	150	175



Slika: 9.8.12: Izgled i dimenzije čepa sa glavom

Minimalno rastojanje čepova sa glavom u smeru delovanja sile smicanja (u smeru osovine nosača) je $5d$, a normalno na smer smicanja $3,5d$. Prekrivanje betonom na svim stranama ne sme da bude manje od 50 mm .

Najveći razmak čepova je 600 mm , a najmanji 100 mm . Nosivost grupisanih moždanika na većim razmacima mora da se dokaže posebno.

$$R_D = 0,25 d^2 \sqrt{E_b \cdot \beta_{b28}}$$

(merodavno je gnječenje betona)

$$R_D = 0,7 \frac{d^2 \pi}{4} \cdot \sigma_u$$

(merodavno je otkazivanje moždanika)

E_b – je modul elastičnosti betona u N/mm^2

β_{b28} – je čvrstoća na pritisak betonske kocke (MB) u N/mm^2

σ_u – je čvrstoća pri zatezanju čeličnog moždanika u N/mm^2

d – je prečnik čepa sa glavama u mm.

- na krajevima donje ploče nastaju velika opterećenja moždanika
- prenos sile u donju ploču se koncentriše u zonama vertikalnih limova
- ako je u vertikalnim limovima raspoređeno više redova moždanika može se pojednostavljeno pretpostaviti da uvođenje sile u donju ploču ide isključivo preko moždanika u vertikalnim limovima i u njihovoj blizini
- poprečna ojačanja vertikalnih limova i donjeg pojasa preuzimaju značajan deo napona smicanja i tako rasterećuju moždanike
- sile se iz čeličnog poprečnog preseka u donju betonsku ploču prenose silama smicanja i zatezanja u moždanicima.

9.8.5.4 Dvojno spregnuti preseći

Kod spregnutih mostova velikih raspona primenjuju se dvojno spregnuti preseći. Betonska ploča u sastavu donjeg pojasa sandučastog preseka smanjuje potrošnju čelika u zoni pritiska i povećava krutost preseka. Pri projektovanju dvojno spregnutih mostova postavljaju se pitanja izbora odgovarajućih statičkih modela, proračuna, konstruiranja i granica ekonomičnosti.

Pitanja se odnose na:

- tok napona smicanja između čeličnog sandučastog nosača i betonske donje ploče
- delotvornost površinskog sprežavanja između donje čelične i betonske ploče
- učešću moždanika i poprečnih ukrućenja pri prenosu sila smicanja u donju betonsku ploču
- unos sile u donju ploču na krajevima ploče
- pretpostavke o visini i širini debelih betonskih ploča koje uzimaju učešće
- zamor visokopterećenih moždanika
- uticaj pojedinačnih velikih napona smicanja krute betonske ploče na raspored statičkih količina
- ekonomična rešenja kojima se pritisak na oplatu i sopstvena težina svežeg betona prenose na čelične vertikalne limove i donju ploču
- konstruktivna rešenja i ekonomičnost upotrebe betonskih poprečnih nosača iznad oslonaca.

Najbitniji rezultati nekih aktuelnih istraživanja na temu dvojnog sprežavanja:

- za dvojno sprežavanje su povoljnije konstrukcije sa promjenljivom visinom
- treba izbegavati nagle promene poprečnog preseka