

REPUBLIKA SRBIJA  
PROJEKAT REHABILITACIJE TRANSPORTA

**PRIRUČNIK ZA PROJEKTOVANJE  
PUTEVA U REPUBLICI SRBIJI**

**9. PROJEKTOVANJE MOSTOVA**

**9.3 KONCIPIRANJE, PROJEKTOVANJE I  
KONSTRUISANJE MOSTOVA**

**BEOGRAD, 2012.**

---

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

**Izdanja:**

<b>Br.</b>	<b>Datum</b>	<b>Opis izmena i dopuna</b>
1	30.04.2012	Prvo izdanje

**SADRŽAJ**

<b>9.3.1</b>	<b>UVODNI DEO</b>	<b>1</b>
9.3.1.1	PREDMET SMERNICE	1
9.3.1.2	REFERENTNI NORMATIVI	1
9.3.1.3	TERMINOLOGIJA	1
9.3.1.4	KORIŠTENE SKRAĆENICE	1
<b>9.3.2</b>	<b>UVOD</b>	<b>2</b>
<b>9.3.3</b>	<b>KONCEPT OBJEKATA NA AUTOPUTEVIMA I BRZIM PUTEVIMA</b>	<b>3</b>
<b>9.3.4</b>	<b>IZRADA IDEJNIH PROJEKTA MOSTOVA</b>	<b>3</b>
9.3.4.1	POSTUPAK IZRADE IDEJNIH PROJEKATA	3
9.3.4.2	IZBOR MATERIJALA ZA MOST	5
9.3.4.3	ANALIZA I IZBOR TEHNOLOGIJE GRAĐENJA	5
<b>9.3.5</b>	<b>VEZE RASPONSKIH KONSTRUKCIJA I STUBOVA</b>	<b>6</b>
9.3.5.1	KRUTA, HOMOGENA VEZA	6
9.3.5.2	ZGLOBNA VEZA	6
9.3.5.3	LINIJSKI ILI TAČKASTI OSLONCI - LEŽIŠTA	7
<b>9.3.6</b>	<b>IZBOR NAČINA OSLANJANJA</b>	<b>7</b>
9.3.6.1	OSLANJANJE MOSTOVA U PRAVCU	7
9.3.6.2	OSLANJANJE MOSTOVA SA KOSIM UKRŠTANJEM	8
9.3.6.3	OSLANJANJE ZAKRIVLJENIH MOSTOVA	8
<b>9.3.7</b>	<b>INTEGRALNI MOSTOVI</b>	<b>9</b>
9.3.7.1	UVOD	9
9.3.7.2	STATIČKI SISTEMI INTEGRALNIH MOSTOVA	10
9.3.7.3	POPREČNI PRESECI RASPONSKIH KONSTRUKCIJA BETONSKIH INTEGRALNIH MOSTOVA	12
9.3.7.4	PRELAZ SA INTEGRALNOG MOSTA NA TRUP PUTA	13
9.3.7.5	STATIČKA ANALIZA INTEGRALNIH MOSTOVA	14



### 9.3.1 UVODNI DEO

#### 9.3.1.1 Predmet smernice

Predmet i namena smernice 9.3 Koncipiranje, projektovanje i konstruisanje mostova je da projektantima mostova, posebnom mlađim i manje iskusnim ukaže na pravilan i logičan pristup i postupak izrade idejnih projekata mostova. Smernica ukazuje za sinergiju rešenja konstrukcije mosta i tehnologija izgradnje. Analizirane su veze i način oslanjanja rasponskih konstrukcija. U posebnom poglavlju su obrađeni integralni mostovi i ukazano je na načine i prednosti njihove primene.

#### 9.3.1.2 Referentni normativi

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

Prilikom primene smernice 9.3 Koncipiranje, projektovanje i konstruisanje mostova potrebno je proučiti i koristiti:

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

#### 9.3.1.3 Terminologija

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

**Putni objekti** su: mostovi, vijadukti, 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, vijadukti, nadvožnjaci, podvožnjaci, pešački mostovi, pešački prolazi) 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.

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

**Potpurnu konstrukciju** mostova čine:

- Krajnji - obalni stubovi (oporci) sa krilnim zidovima
- Srednji – rečni stubovi.

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

**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.

**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 RK 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 mostova** je opšti naziv za naprave koja omogućavaju rad objekta i preuzimanje deformacija – pomaka i uvrtnja. Obično se ugrađuju na krajnjim stubovima rasponske konstrukcije.

#### 9.3.1.4 Korišćene skraćenice

- AP – autoput
- BP – brzi put
- AB - armirani beton

M/R/L – magistralni, regionalni i lokalni putevi  
BM – betonski most  
SM – spregnuti most  
RK – rasponska konstrukcija  
BIM – betonski integralni most

### 9.3.2 UVOD

Koncipiranje, projektovanje i konstruisanje mostova je sinteza znanja, iskustva i veštine projektovanja.

Most nastaje kao kompozicija, morfološko-geološko-hidroloških osobina prostora u kome se ostvaruje, inženjerske konstrukcije, namene, materijala, oblika, tehnologije građenja, sigurnosti, trajnosti, ekonomičnosti i interpolacije u prirodni i urbani prostor.

Koncept dispozicionog rešenja mostova (prvenstveno izbor nosećeg sistema) nastaje kao posledica osobina i korelacije namene, morfologije prepreke, geološke građe terena, geometrije saobraćajnice, zauzeća terena na lokaciji objekta, mogućnosti i osobina materijala, potencijalnih savremenih tehnologija građenja i niza drugih relevantnih podataka na osnovu raspoloživih podloga za projektovanje.

Mostovi treba da ispunjavaju tri osnovna kriterijuma: korisnost, dugotrajnost i lepotu. Mostovi se grade na mestima na kojima postoji potreba da neka saobraćajnica premosti prirodnu ili veštačku prepreku, što je relativno jednostavan i verodostojan dokaz njihove korisnosti. Dugotrajnost (trajnost) mostova je neophodan kriterijum, koji proizlazi iz značaja, cene i funkcije. Lepota i sklad oblika - estetika mostova proizlaze iz funkcije, trajnosti i obaveze da se novim volumenom ne ugrozi prirodni ili urbani sklad ambijenta.

Od pet nosećih sistema mostova (gredni, okvirni, lučni, viseći i sa kosim zategama) najviše se primenjuju gredni mostovi. Preko 80 % svih izgrađenih mostova su betonski gredni mostovi i ta tendencija se nastavlja.

Veličina raspona, ukupna dužina, konstrukcija poprečnih preseka, način oslanjanja i prenosa uticaja sa rasponske konstrukcije na stubove i tehnologija gradnje menjali su se tokom više od 100 godina razvoja betonskih mostova.

Prednaprezanje armiranog betona u mostogradnji razvijalo se u domenu grednih sistema nosećih konstrukcija, što je i

razumljivo, jer je savijanje, odnosno zatezanje, naponsko stanje koje ne odgovara prirodnim osobinama betona kao materijala.

Razvoj prednaprezanja kretao se u pravcu savladavanja većih raspona koji su bili nedostižni za armirani beton, kao i u pravcu razvoja tehnologija građenja.

Zaostajanje u razvoju i primeni čeličnih unificiranih skela i oplata i ostale opreme za „in situ“ betoniranje su razlozi zašto je armirani beton bio izgubio konkurentnost u odnosu na montažnu gradnju, čak i kod konstrukcija gde objektivno ima prednosti.

Nekritično prihvatanje svih prednosti i inovacija koje su došle sa primenom prednaprezanja betona imalo je za posledicu smanjenje nosivosti i trajnosti izgrađenih konstrukcija, kao i znatne materijalne izdatke za rehabilitaciju ugroženih mostova.

Vidljiva oštećenja nosećih konstrukcija mostova i učestala rušenja usmerili su pažnju na preglede izgrađenih mostova i stvaranje informacionih sistema o izgrađenim mostovima. Konstruktori mostova su sada u prilici da i sami učestvuju pri pregledu mostova i da koriste povratne informacije.

Gradnja mostova i vijadukta od montažnih nosača bez kontinuiranja i sprežavanja sa armirano betonskom pločom i poprečnim nosačima betoniranim na licu mesta nije dozvoljena.

Uspešno izgrađena noseća konstrukcija mosta je ona kod koje je ostvarena optimalna mera ugrađenih materijala, ljudskog rada, odgovarajuće tehnologije građenja i vremena građenja.

Kao manji i srednji mostovi dužine do 80 m u savremenoj praksi se projektuju i grade integralni betonski, spregnuti mostovi.

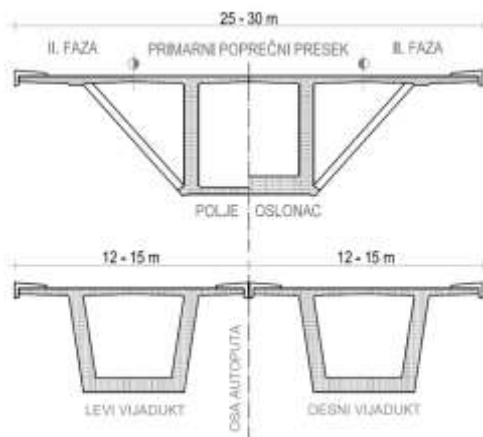
Integralni - okvirni betonski mostovi su bez dilatacionih spojnica i ležišta. Gradnja integralnih mostova je monolitna ili delimično montažna, a dimenzije su robusnije. Oštećenja takvih mostova su manja, jer su uklonjeni glavni izvori oštećenja, područja nepovezanosti, dilatacionih spojnica i zona ležišta. Troškovi održavanja su manji, a saobraćaj sigurniji. Okvirne konstrukcije u sebi sadrže systemske rezerve za preraspodelu opterećenja i uticaja.

### 9.3.3 KONCEPT OBJEKATA NA AUTOPUTEVIMA I BRZIM PUTEVIMA

- Na autoputevima i brzim putevima objekte (propuste, podvožnjake i mostove) ukupne dužine do 50 m treba projektovati i graditi kao jedinstvene objekte bez dilatacionih spojnica u razdelnom pojasu širine do 4,0 m.
- Mostove i vijadukte na autoputevima dužine veće od 50 m ukupne širine 28 - 30 m preporučuje se projektovati i graditi kao odvojene (dvojne) konstrukcije.
- Mostove i vijadukte na BP, kao i neke druge i skupe objekte na AP bez zaustavnih traka, ukupne širine 20 - 23 m, moguće je graditi na zajedničkom objektu ili kao odvojene konstrukcije. Pri parametarskoj analizi rešenja poprečnih preseka objekata kako jedinstvenih za celu širinu AP tako i dvojnih (slika 9.3.1) uzimaju se obzir sledeći parametri:
  - funkcija objekata na mreži autoputa
  - mogućnost obilaznog saobraćaja u slučaju oštećenja objekta
  - uslovi eksploatacije i rekonstrukcije objekta
  - mogućnost obnove - zamene rasponske konstrukcije
  - uklapanje objekata u prirodni ambijent
  - ekonomski parametri početne i ukupne investicije u toku životnog veka objekata.

Početna investicija u odvojene objekte je veća (10 - 15 %). Uslovi eksploatacije daju prednost dvojnim konstrukcijama.

Za neke izuzetno duge vijadukte i mostove treba izraditi studiju i analizirati navedene parametre, a zatim se na osnovu toga odlučiti za jedinstven ili dvojni objekat.



Slika 9.3.1: Poprečni preseki zajedničkih i odvojenih rasponskih konstrukcija

### 9.3.4 IZRADA IDEJNIH PROJEKTA MOSTOVA

#### 9.3.4.1 Postupak izrade idejnih projekata

Izrada dispozicionih rešenja i idejnih projekata mostova počinje upoznavanjem projektnog zadatka koji je pripremila stručna služba investitora i koji je obavezni deo ugovora o projektovanju.

Projektni zadatak definiše nameru, lokaciju, podloge za projektovanje, zakone, pravilnike i norme na kojima se zasniva projektovanje, daje tehničke podatke o mostu i druge bitne elemente za projektovanje i gradnju mosta.

Projektovanje mostova zasniva se na geodetskim, prostorsko-urbanističkim, saobraćajnim, putnim, geološko-geomehaničkim, hidrološko-hidrotehničkim (vodoprivrednim), klimatskim, ekološkim podlogama i seizmološkim podacima.

Od tačnosti i pravilno upotrebljenih podataka iz podloga u velikoj meri zavisi kvalitet, funkcionalnost, stabilnost i ekonomičnost projektovanog mosta. Podloge pripremaju specijalisti za pojedina područja u saradnji sa ovlašćenim stručnim licima naručioca i projektantima mosta. Ako se u analizi, a kasnije i u primeni podloga, ustanove nelogičnosti ili neusaglašenosti, onda projektant o tome mora da blagovremeno obavesti investitora i da zajedno sa investitorom dođe do potpunih, dobrih podloga.

Projektni zadatak i podloge omogućavaju projektantu razradu osnovnih dispozicionih elemenata mosta, nivelete, širine, dužine, poprečnog nagiba, gabarita ispod i iznad mosta, odnosa mosta i puta, mosta i prepreke koja se premošćava.

U četvrtom i petom koraku (tabela 1 redosled aktivnosti pri izradi idejnih projekata mostova) sledi studija i izbor nosećeg sistema mosta i analiza varijanti odabranog sistema sa izborom raspona i ukupne dužine mosta.

Na izbor nosećeg sistema mosta utiču:

- morfologija (oblik i namena) prepreke, odnos između dužine i visine ispod mosta
- geološko-geomehaničke karakteristike tla i uslovi temeljenja
- vrsta puta (autoput, magistalni put, regionalni put, lokalni put, pešaci, železnica, mešoviti saobraćaj), niveleta i trasa puta

- podaci iz projektnog zadatka i podloga za projektovanje
- informacije o opremi i mogućim potencijalnim izvođačima, roku i vremenu gradnje
- informacija o trenutnim cenama i nabavci osnovnih materijala i opreme
- vlastita iskustva i informacije iz literature o sličnim izgrađenim mostovima.

Tabela 9.3.1: Redosled aktivnosti pri izradi idejnih projekata mostova

1	Projektni zadatak	Definiše: namenu, lokaciju, podloge za projektovanje, normative i tehničke podatke o mostu
2	Podloge za projektovanje	Urbanističko-prostorne, saobraćajne, putne, geodetske, geološko-geomehaničke, hidrološko-hidrotehničke, klimatske
3	Studija osnovnih dispozicionih elemenata mosta	Niveleta, širina, dužina, poprečni nagib, gabarit ispod i iznad mosta, odnos mosta i saobraćajnice, odnos mosta i prepreke
4	Studija i izbor nosećeg sistema mosta	Statički sistemi mostova; gredni, okvirni, lučni, viseći i sa kosim zategama
5	Analiza varijanti odabranog sistema Izbor raspona i ukupne dužine mosta	Za odabrani statički sistem variraju se rasponi, ukupna dužina mosta, položaj stubova
6	Izbor materijala za most	Armirani beton, prednapregnuti beton, čelik, spregnuti preseći
7	Analiza i izbor tehnologije građenja mosta	Monolitno građenje, montažno-monolitno građenje
8	Konstruisanje rasponske konstrukcije mosta	Rešava se u funkciji izabranog statičkog sistema, raspona, materijala, tehnologije građenja
9	Konstruisanje stubova mosta Izbor dubine i načina temeljenja	Za odabrani položaj konstruišu se stubovi mosta i rešava temeljenje
10	Preliminarna statička analiza nosećih elemenata mosta	Analiziraju se kritični preseći rasponske konstrukcije, stubova i temeljne spojnice ili se proverava nosivost šipova
11	Oprema mosta i prelaz sa puta na most	Izbor ležišta, dilatacionih spojnica, pešačkih staza, ograde, venaca, izolacije, kolovoza, odvodnjavanja, veza mosta i trupa puta, uređenje prostora oko mosta
12	Analiza količina i cena varijantnih rešenja mosta Izbor varijante	Analiziraju se količine i cene glavnih materijala za rasponsku konstrukciju i stubove (beton, armatura, kablovi, čelik i šipovi) bez opreme i drugih radova koji su isti u svim varijantama

Za izabrani noseći sistem poželjno je da se izrade dve do tri varijante idejnih dispozicija mosta.

Za velike i značajne mostove treba da se izrade dve varijante idejnog projekta ili da se



obezbede različita rešenja objavljivanjem javnog, anonimnog ili pozivnog konkursa.

Za izabrani statički sistem variraju se rasponi i položaj mesta stubova u skladu sa morfološko geološkim karakteristikama prepreke. Za mostove preko reka primarno je zadovoljiti protok stogodišnje velike vode.

Veličina i odnos raspona određuju neposredno statičke veličine i dimenzije preseka. Kod grednih i okvirnih sistema su veličine i broj raspona povezani sa odnosom cene rasponske konstrukcije i cene stubova mosta.

Kod puteva koji prolaze kroz naselja, obradive površine ili u blizini naselja prednost treba dati rešenjima sa dužim objektima. Nije poželjno da visina nasipa bude veća od 5-7 m.

Kod prepreka sa strmim padinama treba izbegavati visoke krajnje stubove, jer su skupe i nestabilne konstrukcije ono što umanjuje lep izgled mostova.

Odmicanjem krajnjih stubova od obala reka otvara se mogućnost za prolaz lokalnih puteva i staza ispod mosta, a istovremeno radovi na temeljenju su lakši i jeftiniji.

Za kvalitetno rešenje prelaza sa mosta na put potrebna je saradnja sa projektantom puta kako bi se usaglasila rešenja gabarita, zidova, ograda, odvodnjavanja, rasvete, signalizacije i redosleda gradnje. Ovu temu obrađuje posebno poglavje 9.2.7.

#### 9.3.4.2 Izbor materijala za most

U smernici 9.1.7 Materijali za noseće konstrukcije mostova dati su osnovni podaci i važeći standardi za materijale. U savremenoj praksi se koriste armirani ili prednapregnuti beton, konstrukcioni čelik i spregnuti preseki čelik – beton, odnosno beton – beton, različite starosti i različitih karakteristika. Za propuste, manje mostove i podvožnjake pri monolitnoj gradnji prednost ima armirani beton.

Pri monolitnoj ili montažno-monolitnoj gradnji mostova, podvožnjaka, nadvožnjaka sa rasponima većim od 20 (15) m prednost ima prednapregnuti beton.

Za mostove i vijadukte sa rasponima od 40 m do 150 m pored prednapregnutog betona mogu da koriste i spregnute rasponske konstrukcije čelik - beton.

Za mostove čiji je raspon veći od 150 m konkurentan materijal je konstruktivni čelik sa ortotropnom kolovoznom pločom.

Za sve mostove bez obzira na namenu, veličinu i materijal rasponske konstrukcije krajnji i srednji stubovi su od betona.

#### 9.3.4.3 Analiza i izbor tehnologije građenja

Tehnologiju građenja rasponske konstrukcije mostova određuje: materijal, veličina raspona, dužina (površina) objekta, geometrija puta, kao i morfologija i veličina prepreke. U smernici 9.1.17 detaljno su obrađene tehnologije gradnje. Ovde se daju samo kratke instruktivne informacije.

Prednapregnuti armiranobetonski mostovi mogu da se grade svim postupcima koji su obrađeni u smernici 9.1.17. Znanje i iskustvo projektanta ima glavnu ulogu pri konačnom izboru. Prilikom izbora savremenih tehnologija građenja većih objekata treba uzeti u obzir raspoloživu opremu potencijalnih izvođača i opšte stanje na građevinskom tržištu.

Prednapregnuti armiranobetonski objekti raspona do 30 m i ukupne dužine do 150 m (300 m), a posebno ako se radi o kosim i geometrijsko zahtevnim objektima, mogu da se racionalno grade pomoću skele u jednoj ili više faza (polje po polje).

Za raspone 25-40 m i mostove u pravcu konkurentna je tehnologija sa montažnim „T“ nosačima spregnutim sa AB kolovoznom pločom i poprečnim nosačima.

Prednapregnuti AB mostovi sa rasponima većim od 30 m i sa dužinama od 150 do 800 m mogu da se grade tehnologijama obrađenim u smernici 9.1.17. Pravilan izbor postupka građenja je odlučujući za konkurentnost projekta mosta.

Čelična konstrukcija spregnutih mostova se najčešće montira postupkom naguravanja. Kod raspona do 50 m sama čelična konstrukcija može da preuzme sve napone koji nastaju u fazi montaže. Kod raspona koji su veći od 50 m treba upotrebiti čelični kljun ili pilon sa kosim zategama. Za raspone veće od 100 m koristi se postupak slobodne konzolne montaže. Kolovozna ploča spregnutih preseka betonira se „in situ“ na nepomičnoj skeli ili pomičnoj prenosnoj skeli.

Sledi konstruisanje uzdužnog i poprečnog preseka rasponskih konstrukcija mostova što je obrađeno u smernicama 9.1.13 i 9.1.14.

Konstruisanje stubova mostova i izbor dubine i načina temeljenja obrađeno je u smernici 9.1.18. Duboka temeljenja stubova mostova sa bušenim šipovima i bunarima detaljno su obrađena u poglavlju 10.1 i 10.2.

Za idejni projekat mosta treba izraditi preliminarnu statičku analizu kojom se potvrđuju pravilan izbor dispozicionih elemenata i dimenzije preseka nosećih elemenata mosta.

Oprema mosta i prelaz sa puta na most obrađeni su detaljno u grupi poglavlja 9.2.

Na kraju postupka izrade idejnog projekta analiziraju se količine i cene varijantnih rešenja i vrši se izbor varijante.

### 9.3.5 VEZE RASPONSKIH KONSTRUKCIJA I STUBOVA

Veza i oslanjanje rasponske konstrukcije i stubova zavisi od

- nosećeg sistema mosta
- ukupne dužine mosta, broja i veličine raspona
- visine stubova
- dubine, kvaliteta nosećeg tla i načina temeljenja
- materijala rasponske konstrukcije i stubova

Razlikujemo tri osnovna načina oslanjanja i povezivanja rasponske konstrukcije i stubova:

- kruta, homogena veza (uklještenje)
- zglobna veza ili zglobno oslanjanje
- linijski ili tačkasti oslonci (ležišta) sa potpunom ili ograničenom pokretljivošću

#### 9.3.5.1 Kruta, homogena veza

Homogena veza može da se primeni kod svih stubova (krajnjih i srednjih). Izbor stubova koje će biti kruto povezane sa rasponskom konstrukcijom zavisi od uslova koji su naznačeni na početku.

Kruta veza preuzima momente savijanja i torzije, vertikalne i horizontalne sile u zavisnosti od odnosa krutosti i prenosi ih

preko stubova na temelj, odnosno temeljno tlo.

#### 9.3.5.2 Zglobna veza

Prema funkciji u konstrukciji mosta razlikujemo:

- zglobno linijsko oslanjanje
- zglobno oslanjanje u svim pravcima i
- tačkasto oslanjanje.

Zglobno linijsko oslanjanje omogućava rotiranje rasponske konstrukcije u jednoj ravni i primenjuje se za vezu krajnjih stubova kod mostova sa jednim rasponom manjim od 20 m i za vezu krutih stubova kada nije racionalna primena ležišta.

Kod grednih mostova većih raspona zglobna veza se često primenjuje kod visokih stubova, jer ova veza, uz ostalo smanjuje dužinu izvijanja.

Zglobna veza ili zglobna ležišta mogu biti betonska ili čelična što zavisi od materijala rasponske konstrukcije i stubova i drugih faktora. U smernici 9.2.5 Ležišta obrađena su zglobna ležišta.

Na slici 9.3.2 dat je detalj zglobne veze visokih stubova kod vijadukta izgrađenih sa rasponskom konstrukcijom od montažnih prednapregnutih nosača naknadno kontinuiranih posredstvom poprečnih nosača, kolovozne ploče i dodatne „meke“ armature.



Slika 9.3.2: Primer rešenja zglobne veze

### 9.3.5.3 Linijski ili tačkasti oslonci - ležišta

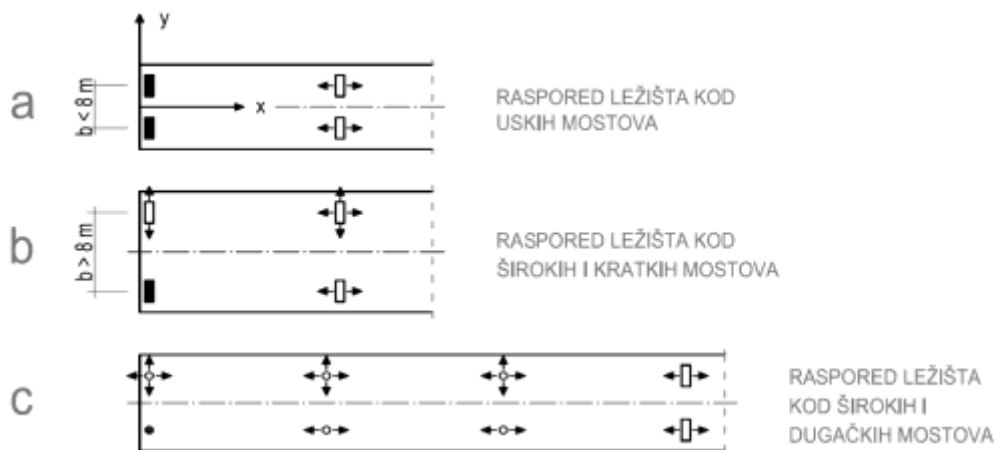
Ležišta kao oslonci rasponskih konstrukcija treba da obave tri osnovna zadatka:

- da preuzmu i prenesu vertikalne i horizontalne reakcije sa rasponske konstrukcije na stubove
- da omoguće deformacije rasponske konstrukcije

Za ispunjenje ova tri zadatka konstruktor mosta može da primeni:



Za izbor konstrukcije i proračun ležišta primenjuje se posebna smernica SRDM



Slika 9.3.3: Raspored ležišta grednih mostova u pravcu

Kod mostova sa jednim ili više raspona neophodna su nepokretna ležišta koja se obično stavljaju na krajnje stubove. Pri izboru krajnjih stubova treba nastojati, da bude manje visine sa nižom nivoletom i boljim uslovima temeljenja. Nepokretna ležišta sprečavaju pomeranje mosta u pravcu osovine i preuzimaju sile kočenja (pokretanja) vozila. Kod užih mostova

9.2.5. Pored ove smernice treba koristiti i Evropske standarde za ležišta EN 1337-3-10.

### 9.3.6 IZBOR NAČINA OSLANJANJA

U toku postupka koncipiranja, projektovanja i konstruisanja, posebno grednih i okvirnih sistema, mostova treba pokušati da se kod svih ili većine stubova primeni homogena veza. Primena krute veze može da bude celishodna dok su uticaji i deformacije koji potiču od temperature, skupljanja tečenja betona i prednaprezanja u području maksimalnih zatezanja i dozvoljene mere pukotina. Primena računara omogućava brzu statičku analizu i intervencije pri željenoj izmeni veze pojedinih stubova.

Raspored oslonaca (ležišta, zglobova ili krute veze) treba da omogući stabilnost, nepromenljivost položaja, deformabilnost u svim ravnima i pomerljivost u funkciji dužine i širine mosta, materijala i uticaja okoline.

#### 9.3.6.1 Oslanjanje mostova u pravcu

Ako su u konceptualnom delu projektovanja mosta otklonjene dileme krute veze i zglobova, pristupa se izboru i rasporedu ležišta u zavisnosti od dužine i širine mosta.

(razmak ležišta  $b < 8\text{ m}$ ) oba ležišta su nepokretna u poprečnom pravcu. Kod širokih mostova ( $b > 8\text{ m}$ ) jedno ležište je nepokretno, a ostala su pokretna u pravcu širine mosta. Kod dugih i širokih mostova gde postoji značajna deformacija usled uticaja vetra primenjuje se tačkasta obrtna ležišta prema rasporedu na slici.

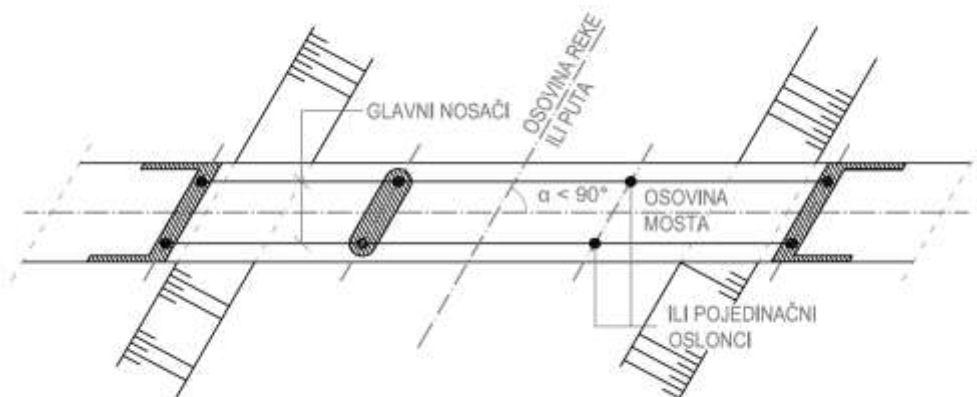
### 9.3.6.2 Oslanjanje mostova sa kosim ukrštanjem

Moguća su dva načina oslanjanja mostova kod kojih se osovina mosta ukršta sa osovinom prepreke pod uglom manjim od  $90^\circ$ :

Rešenje sa kosim mostom - kada se osovine svih stubova postavljaju u smeru osovine prepreke tako da su paralelne međusobno i sa osovinom mosta čine isti ugao ukrštanja /slika 9.3.4/

Rešenje sa upravnim mostom - kada osovine svih stubova zadržavaju prav ugao u odnosu na osovina mosta bez obzira na ugao ukrštanja osovine mosta i osovine prepreke. Kosi mostovi kraći su od upravnih mostova na istoj prepreci, ali je njihovo građenje usled složene geometrije skuplje i raste sa uglom zakošenja.

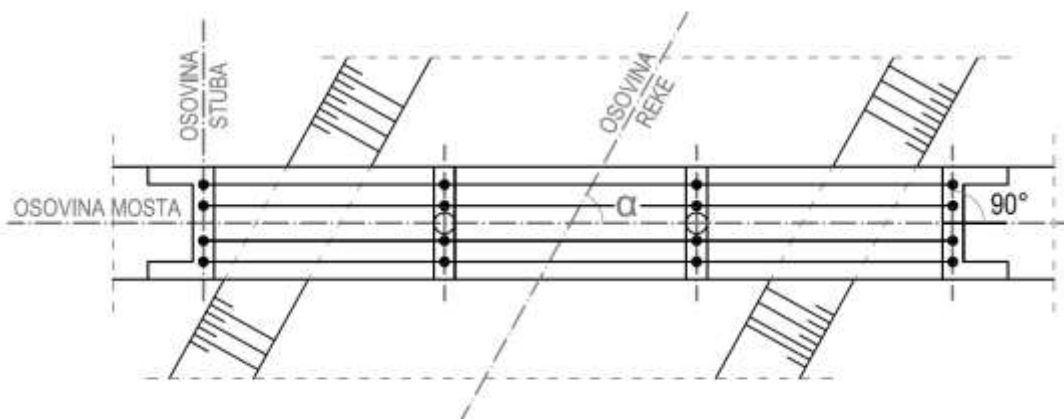
Konstrukcija kosih mostova neminovna je kod širih mostova sa manjim brojem kraćih raspona.



Slika 9.3.4: Oslanjanje kosog mosta sa tri raspona

Na slici 9.3.5 shematski je naznačeno rešenje sa upravnim mostom na istoj prepreci primenom koncentrisanih - kružnih preseka za rečne stubove i pomeranjem obalnih stubova čime se povećava dužina mosta.

Usmeravanjem glave rečnih stubova upravno na osovina mosta ne remeti se proticanje reke, a geometrija montažno monolitne rasponske konstrukcije se pojednostavljuje.



Slika 9.3.5: Koso ukrštanje sa upravnim oslanjanjem mosta

### 9.3.6.3 Oslanjanje zakrivljenih mostova

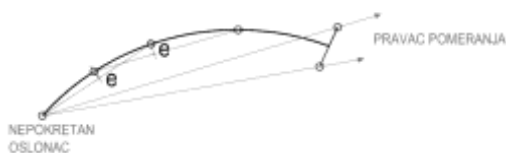
Kod mostova u krivini kada kompletna rasponska konstrukcija prati krivinu puta, težište mase je izvan linije koja spaja ležišta dva susedna oslonca, pa se javlja torzija preseka. Veličina torzionog momenta je

funkcija radijusa krivine, širine mosta i razmaka oslonaca. Kod zakrivljenih mostova u jednom rasponu torzioni momenat usled sopstvene težine i korisnog opterećenja može da se prenese na jedan ili oba oslonca preko jakih poprečnih nosača za oslanjanje sa dva ili više ležišta.



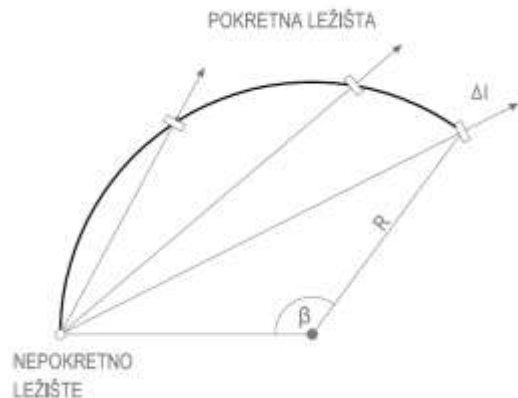
Slika 9.3.6: Oslanjanje zakrivljenog mosta sa jednim rasponom

Kod relativno užih mostova sa više raspona i većom zakrivljenošću (manji radijus) adekvatan način oslanjanja prikazan je na slici 9.3.7. Moment torzije torziona krute noseće konstrukcije (obično sandučaste) prenosi se kod svakog međuoslonca sa krakom „e“ pod uslovom da su stubovi konstruisani da preuzmu taj momenat u smeru ekscentriteta tj. vertikalno na spojnici stubova. Ovu funkciju mogu da obave i zglobno vezani stubovi.



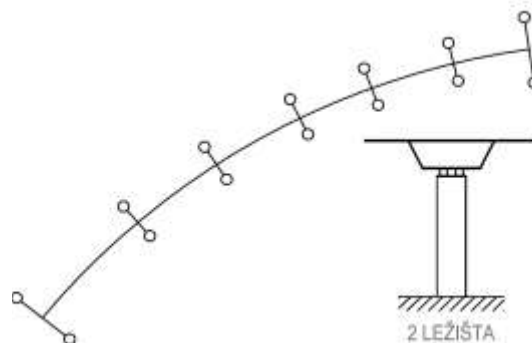
Slika 9.3.7: Oslanjanje užeg mosta sa više raspona u krivini

Kod širokih mostova sa više raspona i većom zakrivljenošću oslanjanje se izvodi sa dva ili više ležišta na svakom mestu stuba. Preporučuje se primena tačkastih u svim pravcima pokretljivih ležišta. Ako se primene linijska pokretna ležišta tada njihovu ravan pomeranja treba postaviti vertikalno na smer zraka kao na slici 9.3.8. Ukupno pomeranje na kraju mosta zavisi od dužine mosta i ugla  $\beta$ . Komponentna pomeranja otežavaju rešenje dilatacionih spojnica.



Slika 9.3.8: Oslanjanje šireg mosta sa više raspona u krivini

Kod mostova manje zakrivljenosti, odnosno u krivinama većih radijusa, kada „e“ ima manje vrednosti, stubovi se konstruišu tako da imaju poprečnu krutost, a oslanjanje se rešava pomoću dva ili više ležišta. Ovakvim rešenjem torzija se preuzima na svakom mestu stuba.



Slika 9.3.9: Most u krivini većeg radijusa

Kod dugih mostova u sastavu saobraćajnih petlji, kada se zakrivljenost i širina menjaju sa dužinom objekta, problem oslanjanja mora da se zasebno i celovito izuči sa svih aspekata (oblikovanje i broj stubova, pomeranja u svim pravcima, prenos horizontalnih sila).

### 9.3.7 INTEGRALNI MOSTOVI

#### 9.3.7.1 Uvod

Integralni mostovi su betonski ili spregnuti mostovi okvirnih konstrukcija bez dilatacionih spojnica i ležišta. Izgradnja integralnih mostova je monolitna ili montažno-monolitna, a dimenzije konstrukcije su robusnije. Oštećenja su manja, jer su uklonjeni glavni izvori oštećenja - područja nepovezanosti, dilatacionih spojnica i ležišta. Troškovi održavanja su manji, a saobraćaj sigurniji. Okvirne konstrukcije u sebi sadrže systemske rezerve za preraspodelu opterećenja i statičkih uticaja. Pri koncipiranju integralnih mostova nisu poželjne disproporcije dimenzija, jer se tako onemogućava koncentracija napona i pukotina.

Integralni mostovi se ne preporučuju za kose konstrukcije kada je ugao zakošenja manji od  $30^\circ$  i za okvirne konstrukcije veće dužine sa niskim krutim stubovima. Interakcija most-temeljno tlo je bitna komponenta deformacionog i nosećeg ponašanja integralne konstrukcije.

Integralni mostovi bez ležišta i dilatacionih spojnica slede savremene trendove u mostogradnji sa ciljem da se grade trajniji mostovi i smanje troškovi gradnje i održavanja. Statički sistemi integralnih mostova su okvirne konstrukcije sa jednim ili više raspona i prikazani su na slici 9.3.10.

U praksi su najčešće upotrebljavaju sledeći statički sistemi: zatvoren okvir za propuste i manje objekte raspona do 8 m, okviri sa jednim rasponom 5-40 m i okviri sa dva, tri ili više raspona ukupne dužine do 70 m (80m).

Prednosti integralnih mostova su:

- manji troškovi gradnje
- manji troškovi održavanja i popravki,
- jednostavnije građenje,
- kraći rok gradnje,
- viši nivo usluge,
- trajno i od održavanja nezavisno sprečavanje direktnog pristupa soli do konstrukcionih elemenata ispod kolovoza,
- smanjenje opasnosti od nejednakih sleganja stubova,
- preuzimanje negativnih reakcija iz rasponske konstrukcije,
- kraći zadnji rasponi omogućavaju upotrebu većeg centralnog raspona kod konstrukcija sa tri raspona,
- veće rezerve u nosivosti zbog mogućih preraspoređivanja uticaja u graničnom stanju nosivosti.

### 9.3.7.2 Statički sistemi integralnih mostova



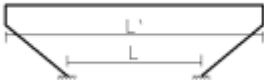


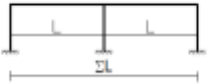
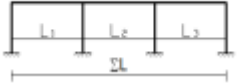

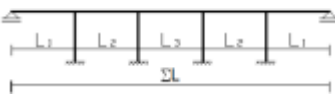
Veličina parazitnih uticaja u velikoj meri zavisi od geometrije objekta, odnosa krutosti rasponske konstrukcije i stubova, kao i krutosti temeljnog tla. Od značaja je primena što realnijeg modeliranja krutosti objekta i temeljnog tla, čime se računskim modelom

obuhvataju stvarna opterećenja. Ako se za krutost temeljnog tla primeni mala vrednost, onda će se podceniti parazitne statičke količine koje nastaju usled temperaturnih promena reologije betona i prednapreznja. Zbog toga se kod integralnih mostova izvode odvojeni proračuni nastupajućih parazitnih statičkih količina, pri čemu se uzimaju u obzir gornje i donje granice karakteristika tla.

Izbegavanje monolitnog povezivanja krajnjih stubova i rasponske konstrukcije ima opravdanje kada se statičke količine koje nastaju od mobilizovanog pritiska zemlje i jako krutog temeljenja teško mogu savladati i kontrolisati. Ako se rasponskom konstrukcijom monolitno povežu samo srednji stubovi, onda je reč samo o semi-integralnom mostu.

Integralni mostovi u krivinama povoljnije reaguju na uticaj temperature i skupljanja betona u poređenju sa mostovima u pravcu zbog čega integralne konstrukcije mogu da se primene za mostove u krivinama veće dužine. U osnovi zakrivljeni mostovi imaju horizontalnu deformaciju tako da na njih manje utiču sile usled promene temperature i reologije betona. Promena dužine mosta u krivini se pored obalnih stubova događa po celoj dužini mosta. Konstrukcije od visokovrednih betona manje su osetljive na sile koje nastaju usled reologije betona zbog čega mogu da se primenjuju integralne konstrukcije većih dužina.

Na slici 9.3.10 su prikazani najčešće primenjivani statički sistemi pri projektovanju integralnih mostova kao armirano betonskih ili AB prednapregnutih konstrukcija.

STATIČKI SISTEMI INTEGRALNIH MOSTOVA		Naziv statičkog sistema	Rasponi	
			Armirani beton	Prednapregnuti AB
1		zatvoreni okvir	2 - 5 (8)	/
2		otvoreni okvir	8 - 25	25 - 60
3		otvoreni okvir sa kosim stubovima	20 - 30	30 - 70
4		integralni lučni okvir	35 - 50	35 - 70
5		okvir sa tri raspona i kosim stubovima	20 - 30	30 - 70
6		okvir sa dva raspona	12 - 20	20 - 40
7		okvir sa tri raspona	12 - 20	20 - 40
8		okvir sa četiri raspona	12 - 20	20 - 40
9		okvir sa više raspona (semi-integralni most)	12 - 20	20 - 40

Slika 9.3.10: Statički sistemi integralnih mostova

**9.3.7.3 Poprečni presezi RK betonskih integralnih mostova**

Na slici 9.3.11 su dati poprečni presezi rasponskih konstrukcija koji se preporučuju pri projektovanju betonskih integralnih mostova. Puna ploča bez i sa kratkim

konzolama je za manje raspone, a pločasti nosač za veće raspone i veće konstruktivne visine. Integralni mostovi mogu da se konstruišu i od montažnih T nosača sa širokim gornjim pojasom koji je spregnut sa AB pločom i poprečnim nosačima betoniranim na licu mesta.

Tip preseka	Poprečni presezi integralnih betonskih mostova	Konstruktivna visina „h“
Puna ploča bez konzola		40 - 70
Puna ploča sa konzolama		80 - 100
Pločasti nosač		100 - 140
Trapezni pločasti nosač		110 - 150
Rebrasta ploča		120 - 160
Montažni T nosači spregnuti sa monolitnom AB pločom		80 - 160

Slika 9.3.11: Poprečni presezi rasponskih konstrukcija betonskih integralnih mostova



### 9.3.7.4 Prelaz sa integralnog mosta na trup puta

Za prelaz sa integralnog mosta na trup puta potrebno je konstruisati specifična rešenja u zavisnosti od dužine mosta i drugih oslova.

Pri projektovanju armirano betonskih propusta, podvoza i manjih mostova kao integralnih konstrukcija dužine do 15 m bez ili sa prelaznom pločom za prelaz sa

konstrukcije objekta na trup puta nisu potrebna dodatna rešenja. Izrađeni objekat se zasipa kamenitim materijalom sa stepenom zbijanja 95-98 % prema Proktorovoj metodi. Nasipe (zasipe) iza stena okvira treba izraditi u slojevima simetrično sa obe strane da se ne bi izazvala dodatna naprezanja i deformacije okvirne konstrukcije.



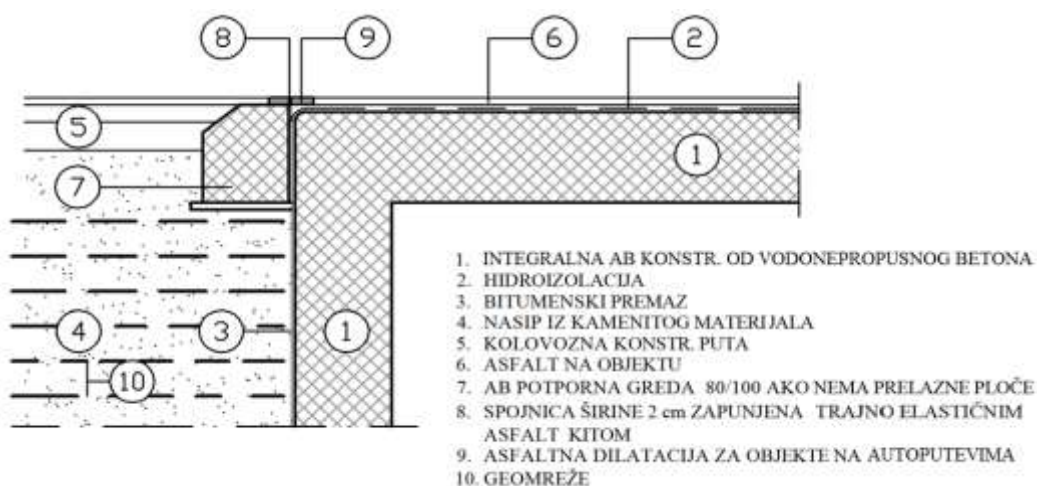
Slika 9.3.12: Prelaz sa integralnog AB mosta dužine do 15 m na nasip puta

Za prelaz sa konstrukcije objekta dužine do 35 m na trup puta bez prelazne ploče, potrebna su dodatna rešenja.

Nasip od kamenitih materijala ojačava se geomrežama (modificirani armirani zasip). Za geomreže se koriste polimerni materijali sa malom rastegljivošću. Pri polaganju mreže treba da budu zategnute - ispružene tako da mogu odmah da preuzmu sile zatezanja.

Ugradnjom geomreža smanjuju se potisci nasipa na konstrukciju.

Za objekte na putevima niže kategorije kod kojih nisu predviđene prelazne ploče treba izgraditi AB grede preseka 80/100 u širini objekta - nasipa. Na vrhu spoja grede i konstrukcije izrađuje se spojnica širine 2 cm, koja se ispuni trajnoelastičnim asfaltnim gitom.

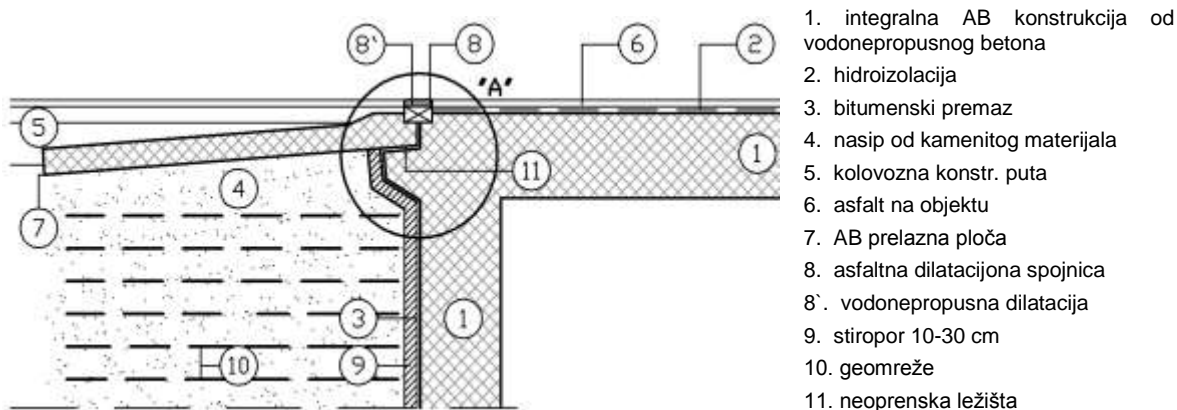


Slika 9.3.13: Prelaz sa integralnog objekta dužine do 35 m na nasip puta bez prelazne ploče

Kod mostova dužine 70 (80) m sa prelaznom pločom na prelazu sa konstrukcije na nasip potrebna su dodatna rešenja na nasipu i u zoni oslanjanja prelazne ploče.

Nasip se ojačava geomrežama. Između nasipa i zidova (obalnog stuba) integralne konstrukcije ugrađuje se sloj stiropora debljine 10-30 m koji omogućava deformacije konstrukcije.

Geomreže smanjuju pritiske nasipa na obalne stubove, a stiropor omogućava deformacije. Moguća sleganja tla iza krajnjih stubova neutrališe prelazna ploča koja se na konstrukciju oslanja preko neoprenskih ležišta i ne sprečava manje deformacije integralne konstrukcije.



Slika 9.3.14: Prelaz sa integralnog mosta dužine do 70 (80) m na put

Za objekte dužine 40 - 80 m poželjno je projektovati fleksibilne obalne stubove što se najlakše postiže objedinjavanjem temeljenja na bušenim šipovima i obalnog stuba sa kraćim konzolnim krilnim zidovima i odgovarajućom izradom nasipa. Smernice 9.1.10 Manji mostovi i podvožnjaci i 9.1.12 Nadvožnjaci obrađuju konstrukcije elastičnih krajnjih stubova koji omogućavaju deformacije integralnih konstrukcija.

Izbegavanje monolitnog povezivanja krajnjih stubova i rasponske konstrukcije ima opravdanje kada se statičke količine koje nastaju od mobilizovanog pritiska zemlje i jako krutog temeljenja teško mogu savladati i kontrolisati. Ako se rasponskom konstrukcijom monolitno povežu samo srednji stubovi, onda govorimo o semi-integralnom mostu.

Integralni mostovi sa spregnutim presekom čelik - beton su prikazani u smernici 9.1.11 Nadvožnjaci za koje je njihova primena svrsishodna i racionalna.

### 9.3.7.5 Statička analiza integralnih mostova

Jedan od razloga za nedovoljnu primenu integralnih mostova je težnja projekatanta za jasnim aplikativnim statičkim sistemima grednih mostova.

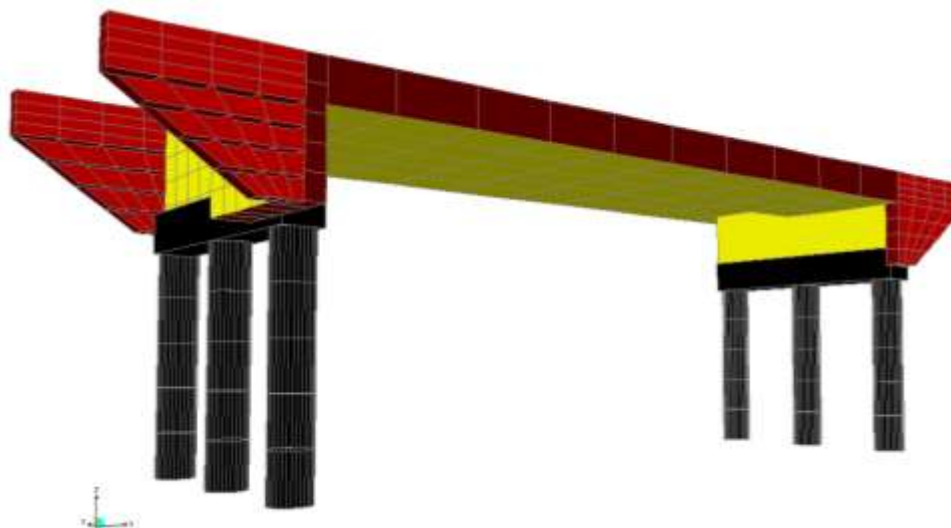
Savremena računarska - računarska oprema i programi koji se zasnivaju na teoriji konačnih elemenata omogućavaju egzaktniju i brzu analizu integralnih mostova preko prostornog 3D modela.

Integralni i konvencionalni mostovi se međusobno razlikuju po načinu preuzimanja uticaja usled promene temperature, reologije betona i deformacija.

Kod konvencionalnih mostova horizontalne deformacije su slobodne, a kod integralnih mostova su delimično sprečene kontaktom sa tlom i nasipom.

Interakcija most - temeljno tlo i nasip je od suštinskog značaja za ponašanje konstrukcije pri preuzimanju uticaja i deformacija, a posebno pri preuzimanju deformacija usled parazitnih uticaja.

Statičku analizu pojedinih nosećih delova integralne konstrukcije nije moguće obraditi odvojeno jer je noseća konstrukcija deo celine sa kompleksnim interaktivnim delovanjem rasponske konstrukcije, obalnih stubova sa krilnim zidovima, srednjih stubova, temelja (šipova), temeljnog tla i trupa puta.



Slika 15: 3D model integralnog mosta

Veličina parazitnih opterećenja zavisi od geometrije objekta, odnosa krutosti između rasponske konstrukcije i stubova i krutosti temeljnog tla. Kod monolitne - krute veze rasponske konstrukcije sa obalnim stubovima posebno je značajna realna ocena krutosti temeljnog tla. Pri projektovanju integralnih mostova je neophodna veća saradnja projektanta sa geomehaničarem nego kod projektovanja konvencionalnih mostova. Najbolji način da se izbegne rizik nepravilne procene krutosti tla je da se statičke veličine i deformacije integralne konstrukcije izračunaju za dve krajnje vrednosti karakteristika temeljnog tla. Ocena realne krutosti tla i promene vrednosti po dubini je objektivno vrlo teška. Ako se, na primer, za integralni most uzmu niske vrednosti koeficijenata krutosti tla, onda se dobijaju za približno 15 % veće vrednosti momenata i

deformacija u sredini rasponske konstrukcije. Za visoke vrednosti koeficijenata krutosti tla dobijaju se za približno 10 do 15 % veće vrednosti momenata na spoju rasponske konstrukcije i stubova. Manjim dodatkom armature ili kablova treba preuzeti ekstremne uticaje u oba slučaja.

Statičke veličine usled parazitnih uticaja zavise i od koeficijenta temperaturnog izduženja i modula elastičnosti betona. Na ove karakteristike materijala može da se utiče izborom agregata.

Ako statička analiza pokazuje da se parazitni uticaji, a posebno uticaji usled promene temperature, ne mogu preuzeti monolitnom krutom vezom i modifikovanim nasipom, onda treba odustati od krute veze i projektovati kvazi-integralnu konstrukciju.