

SMJERNICE ZA PROJEKTOVANJE, GRAĐENJE, ODRŽAVANJE I NADZOR NA PUTEVIMA

Knjiga I: PROJEKTOVANJE

Dio 2: PROJEKTOVANJE MOSTOVA

PROJEKTANTSKA SMJERNICA (PS 1.2.1)

Poglavlje 1: OPŠTA SMJERNICA ZA MOSTOVE NA CESTAMA

U V O D

Sastavni dio savremenih autocesta, brzih, magistralnih i regionalnih cesta su i brojni objekti na cestama (mostovi, viadukti, nadvozi, podvozi, propusti, tuneli, galerije, zidovi i drugi inženjerski objekti) koji bistveno utiču na cijenu i brzinu izgradnje. Od pouzdanosti, trajnosti i sigurnosti izgrađenih objekata zavisi prometna sigurnost i troškovi eksploatacije.

PS 1.2.1 uzima u obzir i ujedinjuje teoretska znanja i aktuelnu praksu projekatata, izvođača i osoblja koje se bavi održavanjem objekata na cestama uz poštivanje skladnosti sa zakonskim i podzakonskim aktima, pravilnicima, normama i standardima koji se odnose na ovu smjernicu.

Sadržaj PS 1.2.1 je živa, aktualna i isprobana u domaćoj i inostranoj praksi.

Sadržaj PS 1.2.1 je podijeljen na dijelove koji se, u slučaju potrebe, mogu dopunjavati i mijenjati u skladu sa novim saznanjima inženjerske struke i promjerama u zakonima.

Sadržaj PS 1.2.1 pretežno je namijenjen izgradnji novih objekata na autocestama, magistralnim i regionalnim cestama, u okviru građenja novih prometnica, ali je koncipirana u dovoljnoj mjeri općenito sa čime se može djelomično primjenjivati kod rekonstrukcije objekata.

Svi objekti na cestama moraju biti projektovani i izgrađeni tako da budu pouzdani, sigurni i trajni u toku izgradnje i u višegodišnjoj eksploataciji. Objekti na cestama moraju biti koncipirani, izgrađeni, čuvani i održavani na način koji garantuje vijek trajanja od 80 do 120 godina.

SADRŽAJ

1. PREDMET PROJEKTANTSKE SMJERNICE	6
2. REFERENTNI NORMATIVI	6
3. TUMAČENJE IZRAZA	8
4. PODLOGE ZA PROJEKTOVANJE OBJEKATA NA CESTAMA	11
4.1 Uvodni dio	11
4.2 Prostorsko-urbanističke podloge	11
4.3 Prometne podloge	11
4.4 Geodetske podloge	11
4.5 Cestovne podloge	11
4.6 Geološko-geomehaničke podloge	11
4.7 Hidrološko-hidrotehničke (vodoprivredne) podloge	12
4.8 Meteorološko-klimatske podloge	12
4.9 Seizmološki podaci	12
4.10 Projektni zadatak	12
5. GEOMETRIJA CESTE NA OBJEKTIMA	13
6. SAOBRAĆAJNI I SLOBODNI PROFILI TE ŠIRINE OBJEKATA NA CESTAMA	14
6.1 Slobodni i saobraćajni profili	14
6.2 Normalni poprečni profili (širine) za objekte na autocestama i brzim cestama	19
6.3 Normalni poprečni profili (širine) kod objekata za premošćavanje na M/R/L cestama	23
6.4 Normalni poprečni profili (širine) objekata za premošćavanje za miješani cestovno- željeznički saobraćaj	26
7. SVIJETLE ŠIRINE I SVIJETLE (SIGURNOSNE) VISINE ISPOD OBJEKATA	27
7.1 Općenito	27
7.2 Sigurnostna visina ispod mosta	27
7.3 Svijetle širine i svijetle visine podvoza	28
7.4 Svijetle širine (otvori) i svijetle visine nadvoza preko autocesta i brzih cesta	28
8. POUZDANOST I TRAJNOST MOSTOVA	31
9. OBLIKOVANJE MOSTOVA	33
10. NOSIVI SISTEMI MOSTOVA	34
10.1 Gredni sistemi mostova	34
10.2 Okvirni sistemi mostova	34
10.3 Lučni sistemi mostova	35
10.4 Viseći sistemi mostova	36
10.5 Mostovi sa kosim zategama	36
11. KONSTRUKTORSKI USLOVI ZA PROJEKTOVANJE MOSTOVA	37
11.1 Uvodni dio	37
11.2 Izbor nosivog sistema, analiza varijanti izabranog sistema, izbor raspona i ukupne dužine objekta	39
11.3 Optimiranje podupiranja konstrukcije	41
11.4 Integralni mostovi	42
11.5 Izbor materijala za nosive konstrukcije objekata	44
11.6 Analiza i izbor tehnologije građenja	45
11.7 Konstruisanje poprečnog presjeka objekta	46
11.8 Konstruktorski uslovi za potpore grednih i okvirnih sistema mostova	51
11.9 Minimalne dimenzije elemenata i zaštitni slojevi kod betonskih mostova	52
11.10 Konstruktorski uslovi za armiranje	53
11.11 Konstruktorski uslovi za predna-penjanje AB cestovnih objekata	54
11.12 Materijal, radionička izrada, montaža i antikorozijska zaštita spregnutih i čeličnih mostova	55
11.13 Konstruktorski uslovi za opremu cestovnih objekata	60
11.14 Pokazatelji troškova osnovnih materijala na m ² površine objekta	61
12. STATIČKI PRORAČUN (STATIČKA I DINAMIČKA ANALIZA) MOSTOVA (DOKAZ STABILNOSTI)	62
12.1 Uvodni dio	62
12.2 Dinamička analiza mostova za opterećenje potresa	64
12.3 Računanje, dimenzioniranje i dokazi	64

13. SAVREMENE TEHNOLOGIJE IZGRADNJE MOSTOVA I VIADUKATA.....	67
13.1 Uvodni dio	67
13.2 Izrada gornjih konstrukcija objekata na nepomičnoj skeli.....	68
13.3 Izrada gornjih konstrukcija na pomičnoj skeli i oplati "polje po polje"	68
13.4 Gradnja gornjih konstrukcija mostova i viadukata po sistemu slobodne konzolne gradnje.....	70
13.5 Betoniranje i potiskivanje gornjih konstrukcija objekata.....	71
13.6 Rasponska konstrukcija mostova sastavljena iz montažnih T nosača i spregnuta sa monolitnom AB pločom	72
13.7 Tehnologija montažne izrade gornjih konstrukcija za mostove i vijadukte iz industrijski izrađenih AB segmenata	72
13.8 Savremeni postupci građenja stubova za objekte	73
13.9 Savremeni postupci građenja betonskih lukova	74
14. FAZE IZRADE PROJEKTNE I TEHNIČKE DOKUMENTACIJE CESTOVNIH OBJEKATA	75
15. KRITERIJI ZA OCJENU VARIJANTNIH RJEŠENJA MOSTOVA	77
15.1 Mjerila, koja se odnose na karakteristike lokacije i podloge za izradu natječajnih rješenja.....	77
15.2 Konstruktivno-tehnološka mjerila	77
15.3 Mjerila koja se odnose na oblikovanje mosta i čuvanje prirodne okoline	77
15.4 Ekonomska mjerila	77
15.5 Mjerila koja se odnose na eksploataciju mosta	77
16. PROBNO OPTEREĆENJE MOSTOVA.....	78
17. ARHIVIRANJE TEHNIČKE DOKUMENTACIJE	78
17.1 Uvod	78
17.2 Prednost mikrofilmske kartice podataka (MPK).....	78
17.3 Zajednički imenik MPK.....	79
17.4 Priprema tehničke dokumentacije za arhiviranje	79

1. PREDMET PROJEKTANTSKE SMJERNICE

Projektantska smjernica namjenjena je svim učesnicima u procesu planiranja, projektovanja, građenja, održavanja i rehabilitacije mostova

Cilj projektantske smjernice je predstavljajući razrada i analiza opštih teoretskih, konstruktorskih, projektantskih i tehnoloških saznanja, koji u velikoj mjeri mogu utjecati na tok investicionog procesa, koncept, konstruisanje, projektovanje, građenje, održavanje i rehabilitaciju mostova.

Sadržaj projektantske smjernice obezbjeđuje povezivanje teoretskih i stručnih saznanja i podataka iz literature, sa praktičnim stručnim iskustvima, tehničkim propisima i standardima.

Smjernica je u glavnom namijenjena izgradnji novih mostova, ali je istovremeno dovoljno široko koncipirana da se može upotrijebiti i kod obnove, rekonstrukcije i sanacije postojećih mostova.

2. REFERENTNI NORMATIVI

Projektovanje, izgradnja, rehabilitacija i održavanje objekata na cestama zasnovani su na velikom broju propisa, standarda i smjernica. Neki od njih su obavezni za upotrebu, dok drugi daju samo određene preporuke i savjete.

BiH kao novonastala država upotrebljava neke svoje propise i standarde SFR Jugoslavije, međunarodne ISO propise i standarde Evropske zajednice.

Za projektovanje, građenje i gospodarenje sa objektima na cestama upotrebljavaju se četiri grupe propisa:

- Propisi za građevinarstvo i građenje u cjelosti;
- Propisi za projektovanje, građenje, eksploataciju i održavanje cesta,
- Propisi za opterećenja cestnih objekata za premošćavanje,
- Propisi za materijale, proračun i konstruisanje armiranobetonskih, prednapregnutih, čeličnih, spregnutih i drvenih konstrukcija.

Prve dvije grupe propisa, koje se u cjelosti odnose na građenje te na projektovanje,

građenje i održavanje cesta na nivou bivše Jugoslavije i Bosne i Hercegovine, su u cjelosti objavljeni i nalaze se u upotrebi, s tim da istovremeno teče akcija za njihovo noveliranje i usaglasavanje.

Za opterećenje mostova upotrebljavaju se:

- Pravilnik o tehničkim normativima za određivanje veličine opterećenja na mostovima od 4.1.1991 godine.
- Pravilnici i standardi za materijale, proračun i konstrukcije iz SFR Jugoslavije, koji su još u upotrebi:
 - Pravilnik o tehničkim normativima za temeljenje građevinskih objekata, Službeni list SFRJ br. 15-295/90;
 - Pravilnik o tehničkim normativima za beton i armirani beton pripremljen sa prirodnim i vještačkim lakim agregatima, Službeni list SFRJ, br. 15-296/90;
 - Pravilnik o tehničkim normativima za projektovanje, proizvodnju i izvođenje konstrukcija od prefabrikovanih elemenata iz nearmiranog i armiranog betona, Službeni list SFRJ br. 14-146/89;
 - Pravilnik o jugoslovenskim standardima za drvene konstrukcije, Službeni list SFRJ br. 48-497/84;
 - Pravilnik o tehničkim normativima za čelične žice i užad za prednapenjanje konstrukcija, Službeni list SFRJ br. 41-530/85 i 21-276/88.
 - Pravilnik o jugoslovenskim standardima za osnove projektovanja građevinskih konstrukcija, Službeni list SFRJ, br. 49-667/88.
 - Pravilnik o tehničkim intervencijama i uslovima za montažu čeličnih konstrukcija, Službeni list SFRJ, br. 61-899/86.
 - Pravilnik o tehničkim normativima za beton i armirani beton za objekte koji su izpostavljeni djelovanju agresivnih medija, Službeni list SFRJ br. 18/92.
 - JUS U.M1.046, 1984 – Ispitivanje mostova sa probnim opterećenjem.
 - Pravilnik o tehničkim mjerama i uslovima za zaštitu čeličnih konstrukcija od korozije, Službeni list SFRJ, br. 32/70.
 - Važeći JUS standardi za čelične konstrukcije.

EN 1990:2002 Eurocode: Bases of structural design:

EN 206-1:2000 Concrete-part 1: Specification, performance, production and conformity

Eurocode 1: Actions on structures

- EN 1991-1-1 Part 2-1 Actions on structures – densities, selfweight and imposed loads
- EN 1991-2-2 Part 2-2 Actions on structures – fire loads
- EN 1991-2-3 Part 2-3 Actions on structures – snow loads
- EN 1991-2-4 Part 2-4 Actions on structures – wind loads
- EN 1991-2-5 Part 2-5 Actions on structures – thermal actions
- EN 1991-2-6 Part 2-6 Action on structures – Actions during execution
- EN 1991-2-7 Part 2-7 Action on structures – Accidental actions due to impact and explosions
- EN 1991-3 Part 3 Traffic loads on bridges

Eurocode 2: Design of concrete structures

- EN 1992-1-1 Part 1-1 General rules and rules for building
- EN 1992-1-2 Part 1-2 General rules – Structural fire design
- EN 1992-1-3 Part 1-3 General rules – Precast concrete elements and structures
- EN 1992-1-4 Part 1-4 General rules – Lighthweight aggregate concrete with closed structure
- EN 1992-1-5 Part 1-5 General rules – Structures with unbounded and external prestressing tendons
- EN 1992-1-6 Part 1-6 General rules – concrete structures
- EN 1992 – Part 2 Concrete bridges
- EN 1992 – Part 3 Concrete foundations
- EN 1992 – Part 4 Liquid retaining and containment structures

Eurocode 3: Design of steel structures

- EN 1993-1-1 Part 1-1 General rules and rules for buildings
- EN 1993-1-1/A1:1996 Part 1-1/A1 General rules and rules for buildings
- EN 1993-1-1/A2:2001 Part 1-1/A2 General rules and rules for buildings
- EN 1993-1-2 Part 1-2 General rules – Structural fire design
- EN 1993-1-3 Part 1-3 General rules – supplementary rules for cold formed thin gauge members and sheeting

- EN 1993-1-4 Part 1-4 General rules – supplementary rules for stainless steels
- EN 1993-1-5 Part 1-5 General rules – supplementary rules for planar plated structures without transverse loading
- EN 1993-1-6 Part 1-6 General rules supplementary rules for the shell structures
- EN 1993-1-7 Part 1-7 General rules – supplementary rules for planar plated structural elements with out of plane loading
- EN 1993-2 Part 2 Steel bridges
- EN 1993-5 Part 5 Piling

Eurocode 4: Design of composite steel and concrete structures

- EN 1994-1-1 Part 1-1 General rules and rules for buildings
- EN 1994-1-2 Part 1-2 General rules – Structural fire design
- EN 1994-2 Part 2 Composite bridges

Eurocode 5: Design of timber structures

- EN 1995-1-1 Part 1-1 General rules and rules for buildings
- EN 1995-1-1 Part 1-1/AC General rules and rules for buildings; Amendment
- EN 1995-1-2 Part 1-2 General rules – Structural fire design
- EN 1995-2 Part 2 Bridges

Eurocode 7: Geotechnical design

- EN 1997-1 Part 1: General rules
- EN 1997-2 Part 2: Design assisted by laboratory testing
- EN 1997-3 Part 3: Design assisted by field testing

Eurocode 8: Design provisions for earthquake resistance of structures

- EN 1998-1-1 Part 1-1 General rules – seismic action and general requirements for structures
- EN 1998-1-2 Part 1-2 General rules – General rules for buildings
- EN 1998-1-2/01 Part 1-2/01 General rules – General rules for buildings
- EN 1998-1-3 Part 1-3 General rules – Specific rules for various materials and elements
- EN 1998-1-4 Part 1-4 General rules – Strengthening and repair of buildings
- EN 1998-1-4 Part 1-4/01 General rules strengthening and repair of buildings
- EN 1998-2 Part 2 Bridges

- EN 1998-2/AC Part 2 Bridges: Amendment AC
- EN 1998-3 Part 3 Towers, masts and chimneys
- EN 1998-4 Part 4 Silos, tanks and pipelines
- EN 1998-5 Part 5 Foundations, retaining structures and geotechnical aspects
- EN 1998-5 Part 5 / Foundations, retaining structures and geotechnical aspects

3. TUMAČENJE IZRAZA

Objekti na cestama su: mostovi, vijadukti, nadvozi, podvozi, nadhodi, podhodi, propusti, galerije, tuneli, potporne konstrukcije, ograde protiv buke itd.

Objekti na cestama dijele se po svojoj funkciji na: mostove, viadukte, nadvoze, podvoze, podhode, propuste, galerije, tunele, potporne i konstrukcije i ograde protiv buke.

Mostovi u širem značenju su svi vještački objekti (mostovi, vijadukti, nadvozi, podvozi, koji služe sigurnom vođenju saobraćajnica preko prirodnih i umjetnih prepreka.

Mostovi u užem značenju su objekti koji služe za prelaz prometnica preko vodenih prepeka (potoci, rijeke, kanali, jezera, morski zalivi) sa otvorom $\geq 5,0$ m.

Vijadukti su objekti koji služe za prelaz prometnica preko prirodnih, pretežno suhih prepreka odnosno dolina. Razlikujemo dolinske vijadukte koji prečkaju doline i padinske vijadukte koji su locirani paralelno sa padinom doline.

Nadvozi su objekti koji služe za vođenje drugih prometnica preko predmetene prometnice.

Podvozi su objekti koji služe za vođenje drugih prometnica ispod predmetne prometnice.

Podhodi su po svojoj funkciji isti kao i podvozi samo što je kod njih slobona visina manja i u glavnom služe za pješake, bicikliste i vozila manje visine.

Propusti su manji mostovi sa otvorom 1-5 m.

Objekti u pokrivenim usjecima su objekti u dubokim usjecima, samostalno ili kao djelovi tunela.

Galerije su objekti za zatvoren ili djelomično zatvoren prelaz prometnica na potezu nestabilnih kosina, kroz naselja i zaštićena područja.

Tuneli su zatvoreni objekti koji služe za prelaz prometnica kroz stjenoviti ili zemljani masiv.

Potporne konstrukcije je zajednički naziv za konstrukcije koje obezbjeđuju stabilnost trupa ceste te kosine, padine, ukope, zasjeke i nasipe.

Ograde za zaštitu od buke su konstrukcije koje štite naseljenu okolinu od prekomjerne buke vozila sa autoceste.

Mostove dijelimo na tri sklopa:

- potporna konstrukcija
- rasponska konstrukcija
- oprema mosta.

Potporna donja konstrukcija mostova sastoji se iz:

- krajnjih potpora sa krilnim zidovima (obalni stubovi),
- srednjih potpora.

Rasponska gornja konstrukcija neposredno preuzima prometno opterećenje te statičke i dinamičke uticaje prenosi na potpornu konstrukciju. Rasponska konstrukcija može biti iz različitih presjeka, različitih materijala, različitih statičkih sistema.

Nosiva konstrukcija je zajednički naziv za potpornu i rasponsku konstrukciju objekta za premošćavanje.

Oprema mostova je:

- ležišta i zglobova
- dilatacija u gornjoj konstrukciji
- ograda
- hidroizolacije kolovozne ploče i hodnika
- asfaltnog kolovoza
- odvodnjavanja kolovoza uključujući kanalizirani odvod oborinskih voda
- ivičnih vijenaca, ivičnjaka i hodnika
- komunalnih instalacija
- opreme za održavanje gornje i donje konstrukcije
- table za informisanje

Krajnje potpore (upornjaci), podupiru gornju konstrukciju na krajevima objekta i ujedno obezbjeđuju prelaz sa objekta na trup ceste.

Srednje potpore podupiru gornju konstrukciju objekta između krajnjih potpora, ako gornja konstrukcija ima dva ili više raspona.

Krilni zidovi su dio konstrukcije krajnjih potpora, a služe za bočno ograničavanje trupa ceste na području prelaza na most.

Temeljenje mostova može biti:

- plitko na temeljnim trakama i pločama,
- duboko na šipovima, bunarima.

Ležišta i zglobovi mostova su konstruktivni elementi koji učestvuju u prenosu vertikalnih i horizontalnih sila iz gornje u donju konstrukciju.

Dilatacija mostova je opšti naziv za napravu koja omogućava rad objekta u pogledu preuzimanja deformacija – pomaka i zasuka. Obično se ugrađuju na krajnjim potporama rasponske konstrukcije.

Prelazne ploče su konstruktivni elementi krajnje potpore i služe za obezbijeđenje kontinuiranog prelaza sa objekta na kolovoz izvan objekta (i obratno).

Ograde na mostovima služe za zaštitu pješaka i vozila na objektu i ispod njega. Razlikujemo više tipova ograde – prema namjeni, konstrukciji i materijalu.

Hidroizolacija na objektima predstavlja opšti naziv za izolaciju (zaštitu) nosivih elemenata konstrukcije protiv štetnog djelovanja vlage i oborinskih voda.

Razlikujemo:

- hidroizolacija kolovozne površine objekta i
- hidroizolacija temelja, upornjaka i
- zasutih horizontalnih i vertikalnih betonskih površina.

Asfaltni kolovoz na mostovima je zajedničko ime za slojeve livenog asfalta i asfaltbetona na kolovoznoj površini objekata.

Odvodnjavanje i kanaliziranje predstavlja zajedničko ime za ukupni sistem i kontrolisano odvodnjavanje oborinskih voda ili bilo koje druge tekućine sa kolovozne površine objekta do sabirnika ili kanalizacije ceste.

Slivnici su elementi koji služe za prikupljanje i odvod vode sa kolovozne površine objekta.

Rubni vijenci su armirano betonski naknadno izrađeni bočni elementi na kolovoznoj ploči odnosno hodnicima.

Ivičnjaci su elementi koji se u pravilu izrađuju iz eruptivnog kamena, a služe za denivelirano odvajanje površina koje su namijenjene za odvijanje prometa, od

površina koje su namijenjene za pješake ili bicikliste. Upotrebljavaju se takođe i za denivelirano odvajanje kolovoza od zaštitnih traka i traka za odvajanje.

Prostor za instalacije na objektima za premošćavanje, predstavljaju ugrađene cijevi ili rezervisani prostor koji je opremljen sa vješaljkama na koje se ugrađuju cijevi za instalacije koje idu uzduž osi objekta.

Šaht za reviziju predstavlja čelični element sa vodonepropusnim poklopcem i služi za kontrolu instalacija na površini hodnika za pješake.

Komunalne komore, koje se nalaze iza krajnjih upornjaka, su armiranobetonske zatvorene konstrukcije koje služe za kontrolisano razmještanje svih vrsta instalacija koje se iz tijela ceste, vode u smjeru uzdužne ose gornje konstrukcije objekta. Obično se upotrebljavaju samo kod objekata koji su locirani u gradovima.

Javnu rasvjetu na objektu sačinjava elektroinstalacija i stubovi sa svjetiljkama.

Krov predstavlja zajednički naziv za sve dijelove opreme objekta iznad gornje nosive konstrukcije (hidroizolacija, asfaltni kolovoz, ivični vijenci, ivičnjaci i hodnici).

Ukupna dužina objekta za premošćavanje je ostojanje između završetaka na oba kraja (ostojanje između osi dilatacija ili vanjskih ivica upornjaka, ako se radi o okvirnim konstrukcijama bez dilatacije).

Ukupna širina objekta za premošćavanje je ostojanje između vanjskih ivica vanjskih vijenaca.

Statički rasponi objekata za premošćavanje su dužine između ose susjednih podupora (ležišta).

Svijetla širina ispod objekta za premošćavanje je zbir svih svijetlih širina između pojedinih potpora donje konstrukcije.

Niveleta objekta za premošćavanje je identična sa niveletom trase ceste na području objekta.

Os ceste na objektu za premošćavanje je identična sa osi trase ceste, stim da nije obavezno identična sa osom rasponske konstrukcije.

Visina objekta za premošćavanje je visina mjerena od odgovarajuće ravnine terena do nivelete objekta.

Ukupna visina krajnje potpore je visina mjerena od dna temelja (plitkog ili dubokog) do nivelete objekta.

Ukupna visina srednje potpore je visina mjerena od dna temelja (plitkog ili dubokog) do donje ivice gornje konstrukcije.

Swijetla visina je slobodna visina od terena (nivoa srednje vode, nivelete donje prometnice) do donje ivice gornje konstrukcije.

Konstrukcijska visina je visina gornje konstrukcije koja može biti promjenljiva ili konstantna.

Ukupna površina objekta za premošćavanje je umnožak ukupne dužine i širine objekta, a služi kao pokazatelj veličine objekta.

Zaštitna visina ispod objekta je visinska razlika od najniže donje površine gornje konstrukcije do mjerodavnog nivoa visoke vode.

Rekonstrukcija mosta sadrži opsežnu rekonstrukciju i zamjenu vitalnih nosivih dijelova i opreme mosta u cilju prilagođavanja novoj namjeni, povećanju nosivosti i uklanjanju oštećenja koja su nastala u toku eksploatacije mosta.

Zamjena mosta znači odstranjivanje kompletnog mosta ili dotrajale gornje konstrukcije i izgradnja novog mosta ili nove gornje konstrukcije.

Uklanjanje mosta predstavlja izvođenje radova sa kojima se objekat odstrani, poruši ili rastavi, a nakon toga uspostavi prvobitno rješenje.

Manji objekti za premošćavanje su objekti sa ukupnom dužinom 5 – 30 m.

Srednji objekti za premošćavanje su objekti sa ukupnom dužinom 30 – 100 m.

Veći objekti za premošćavanje su objekti sa ukupnom dužinom 100 – 200 m.

Veliki objekti za premošćavanje su objekti sa ukupnom dužinom 200 – 500 m.

Najveći objekti za premošćavanje su objekti sa ukupnom dužinom većom od 500 m.

Niski objekti za premošćavanje su objekti sa niveletom koja je do 10 m iznad terena.

Srednje visoki objekti za premošćavanje su objekti sa niveletom koja je 10 – 30 m iznad terena.

Visoki objekti za premošćavanje su objekti sa niveletom koja je 30 – 60 m iznad terena.

Jako visoki objekti za premošćavanje su objekti sa niveletom koja je viša od 60 m iznad terena (mjereno od osnovne ili prosječne ravnine terena).

Gredni sistemi mostova su sistemi kod kojih je gornja (rasponska) konstrukcija (ploča, nosači, sanduci) odvojena od potpora sa ležištima.

Okvirni sistemi mostova su sistemi kod kojih je gornja konstrukcija čvrsto ili sa zglobovom povezana sa potporama.

Lučni sistemi mostova su sistemi, kod kojih osnovni nosivi element ima oblik zakrivljenog nosača – luka ili svoda.

Viseći sistemi mostova su sistemi kod kojih su osnovni nosivi sistemi parabolični kablovi koji preko pilona i vješaljki, nose ojačanu gredu koja direktno preuzima opterećenje.

Mostovi sa kosim zategama su sistemi kod kojih je gornja gredna konstrukcija, sa promjenljivim presjekom i materijalom uz pomoć kosih kablova – zatega obješena (elastično poduprta) na pilone.

Računski model je interpretacija stvarne konstrukcije u obliku koji se najbolje prilagođava prirodnom ponašanju i preuzimanju raznih uticaja.

Unutrašnja opterećenja su momenti, poprečne i osne sile koje djeluju u obrađivanom računskom presjeku.

4. PODLOGE ZA PROJEKTOVANJE OBJEKATA NA CESTAMA

4.1 Uvodni dio

Projektovanje objekata na cestama oslanja se na prostorsko-urbanističke, prometne,

geodetske, cestovne, geološko-geomehaničke, hidrološko-hidrotehničke (vodoprivredne), klimatske i ekološke podloge, na seizmološke podatke i na zahtjeve iz projektnog zadatka.

Od tačnosti i pravilno upotrebljenih podataka u velikoj mjeri ovisi kvalitet, funkcionalnost, stabilnost i ekonomičnost projektovanog objekta. Podloge pripremaju specijalisti za pojedina područja u saradnji sa ovlaštenim stručnim licima naručioca i projektantima objekata. Uslov za ravnopravno učešće projektanta objekta kod izrade podloga i njihovim kritičnim presuđivanjima, predpostavlja dovoljno inter-disciplinarno znanje na području svih specijalističkih oblasti.

4.2 Prostorsko-urbanističke podloge

Kod projektovanja novih autocesta i drugih kategorisanih cesta, prostorsko-urbanističke podloge za objekte na cestama se izrađuju u sklopu projektovanja prometnica. Ako se radi o većim objektima (mostovi, vijadukti, galerije, tuneli) i ako su mostovi i vijadukti samostalni objekti u gradovima i naseljima, onda se za takve objekte izdaju posebni prostorsko-urbanistički uslovi, odnosno lokacijska dokumentacija.

4.3 Prometne podloge

Za veće samostalne, a posebno za gradske mostove u prometnoj podlozi određuje se intenzitet i vrsta prometa za vrijeme izgradnje i eksploatacije mosta. Podaci o mostu su osnova za određivanje broja i širine pojedinih kolovoznih traka, hodnika za pješake, staza za bicikliste itd.

Za objekte na cestama koji su u sastavnom dijelu nove trase ili u sastavu rekonstrukcije postojećih cesta, nije potrebna posebna prometna podloga pošto objekti moraju biti usklađeni sa uslovima koji važe za cestu. Ograde na mostu kao i bočne zaštite ne smiju smanjivati propusnu moć kolovoznih traka.

4.4 Geodetske podloge

Osnovne geodetske podloge su:

- pregledna karta 1:5000
- detaljna, aktuelna, reambolirana tahimetrijska situacija u mjerilu 1:100 za objekte dužine do 100 m i 1:200 (1:250, 1:500) za duže mostove
- podužni presjek terena po dužini projektovane osi objekta u istom mjerilu za visine i dužine.

Tahimetrijska situacija i podužni profil sadrže absolutne visinske kote i koordinate sa položajem poligona i sa koordinatama geoloških bušotina.

Kod objekata koji su locirani na padinama i u teškoj morfologiji, moraju se obezbijediti i podužni profili po vanjskim rubovima objekta. Ovaj zahtjev posebno važi za područja na kojima su locirane srednje i krajnje potpore. Na području svih potpora potrebno je obezbijediti i tačne poprečne profile terena.

Za veće i geometrijsko zahtjevnije objekte za premošćavanje obavezno treba izraditi posebni program odnosno elaborat za praćenje geometrije objekta u toku izgradnje. U izradi ovog elaborata učestvuje projektant i inženjer geodezije.

U geodetskom elaboratu mogu biti uključeni i elementi geometrijskog monitoringa za vrijeme eksploatacije i održavanja objekta.

4.5 Cestovne podloge

Za potrebe projektovanja objekata na cestama treba obezbijediti potrebne situacije, podužni i poprečni profil ceste na području objekta. Ovi profili moraju biti za jednu fazu obrade ispred faze obrade projekta za objekat. Kvalitetne cestovne podloge za objekte na cestama mogu biti izrađene samo u saradnji korisnika što znači da projektant ceste, kod zasnivanja trase i nivelete u području objekata, treba sarađivati sa projektantima objekata i sa geomehaničarom. Konačno rješenje treba da se zasniva na konsenzusu svih zainteresovanih.

4.6 Geološko-geomehaničke podloge

Za potrebe projektovanja objekata na cestama izrađuju se geološko-geomehaničke podloge u dvije faze.

Prva faza geoloških podloga, koja je namijenjena izradi idejnih osnova, izrađuje se u sklopu trase ceste, a za veće objekte samostalno sa ograničenim brojem orijentacionih bušotina odnosno drugih geomehaničkih ispitivanja. Prva faza

geomehaničkih podloga mora definisati vrstu i položaj slojeva tla, njihovu stišljivost, orijentacionu nosivost i prijedlog načina temeljenja. Podatke o sastavu i vrsti tla, koji su dati u prvoj fazi geoloških ispitivanja, upotrebljavaju projektanti kod izbora statičkog sistema, broja i veličine raspona, ukupne dužine objekta, položaja potpora i izbora vrste temeljenja.

Druga faza geološko-geomehaničkih radova je konačna koja daje sve bistvene podatke potrebne za izradu projekta PGD za objekat na cesti. Nosivost tla se određuje na osnovu bušotina koje su izvedene na lokaciji potpora, na osnovu stvarne dubine i površine temelja uz obavezan proračun slijeganja. Kod dubokog temeljenja moraju se odrediti nosivosti šipova za pojedinačne profile.

Dubina geoloških bušotina mora biti najmanje 5 do 6 m ispod kote dna temeljne ploče odnosno noge šipa. Za projektovanje su značajni svi relevantni geološko-geomehanički podaci kao i podaci o stanju i promjerama nivoa podzemne vode.

4.7 Hidrološko-hidrotehničke (vodoprivredne) podloge

Kod mostova i propusta određuje se visina slobodnog profila koji omogućava siguran protok visokih voda i sadrži odgovarajuću zaštitnu visinu između visokih voda i donjeg ruba gornje konstrukcije.

Za mostove i propuste na autocestama, magistralnim i regionalnim cestama mjerodavna je stogodišnja voda. Uticaj potpora na smanjenje hidrauličkog profila mora se uzeti u obzir. Kod lokalnih cesta mjerodavna je pedesetogodišnja, odnosno dvadesetogodišnja voda.

Zaštitna visina ispod gornje konstrukcije objekata na cestama varira u granici od 40-100 cm, a zavisi od veličine i karaktera rijeke i od stepena sigurnosti podataka iz hidrološke podloge. Ovi uslovi su dati u vodoprivrednim uslovima koje propisuje ovlaštena vodoprivredna institucija.

Dubina temeljenja riječnih stubova mora se odrediti tako da je dno temelja osigurano od ispiranja i iskopavanja (min. 1,5 – 2,0 m ispod dna korita rijeke).

Podaci o vremenskom njihanju vodostaja su jako važni kada je u pitanju izgradnja mostova preko velikih rijeka.

Podaci o brzini vode i agresivnosti vodotoka su važni kod pravilnog određivanja materijala koji će se upotrijebiti za izgradnju riječnih potpora. Ako se ustanovi da je voda rijeke kemijski agresivna i da bi moglo doći do abrazijske ugroženosti betona potpora u riječnom toku, onda se u takvim slučajevima mora predvidjeti beton koji je otporan na ove uticaje ili odovarajuća zaštita sa otpornom kamenom oblogom ili čeličnom kolonom koja je zaštićena na uticaj korozije.

4.8 Meteorološko-klimatske podloge

Za projektovanje i izgradnju objekata na cestama, meteorološki podaci i klimatske podloge igraju važnu ulogu naročito kada se radi o temperaturnim razlikama, vlažnosti zraka, brzini i smjeru vjetra, čistoći odnosno zagađenosti zraka i trajanju mraza. Podatak o intenzitetu padavina je važan podatak za projektovanje odvodnjavanja objekta i dimenzioniranje kanalizacije. Za projektante su korisni i podaci o snježnim prilikama.

4.9 Seizmološki podaci

Za projektovanje objekata na cestama upotrebljavaju se seizmološki podaci iz opštih makro-karata i propisa.

Za veće i značajnije objekte potrebno je odrediti stvarnu mikro-seizmičnost i potrebne intervencije za preuzimanje potresnih opterećenja pomoću prigušivača.

4.10 Projektni zadatak

Projektni zadatak priprema investitor odnosno ovlašteni predstavnik naručioca. Projektni zadatak je sastavni dio ugovora za projektovanje odnosno ugovora o izgradnji objekta.

U projektnom zadatku moraju biti obuhvaćeni slijedeći podaci, zahtjevi i uslovi:

- **Opšti podaci**

- Naručilac
- Objekat
- Naziv osnovne komunikacije
- Naziv prepreke koja se premošćava

- **Podloge za projektovanje mosta**

- Prostorsko-urbanističke osnove
- Geodetske podloge
- Geološko-geomehaničke podloge
- Hidrološko-hidrotehničke podloge
- Meteorološko-klimatske podloge
- Seizmološke podloge

- **Zakoni, tehnički propisi, tehničke specifikacije, pravilnici, normativi i standardi**

- **Opšti tehnički podaci o mostu**

- Namjena mosta
- Mikdrolokacija mosta
- Elementi AC odnosno ceste na mostu
- Ukupna dužina mosta
- Temeljenje mosta
- Osnovni materijali za nosivu konstrukciju mosta

- **Posebni uslovi za projektovanje mosta**

- **Oprema mosta**

- Odvodnjavanje i kanalizacija mosta
- Hidroizolacije
- Ležišta
- Dilatacije
- Komunalne instalacije na mostu
- Rasvjeta mosta
- Zaštita protiv udara vjetra, buke itd.

- **Vijek trajanja mosta**

- Vijek trajanja mosta
- Projekat i oprema za održavanje

- **Uslovi za izgradnju mosta**

- Radne platforme
- Prilazni putevi
- Vrijeme izgradnje
- Uticaj postojećeg prometa

- **Uslovi za oblikovanje mosta**

- **Dokaz sigurnosti**

- **Faze i sadržaj tehničke dokumentacije**

- **Mjerila za izbor rješenja**

- **Postupak revizije i ovjeravanja projektne dokumentacije**

5. GEOMETRIJA CESTE NA OBJEKTIMA

Geometrija kolovoza (niveleta, os, vijačenje, poprečni nagibi, ugao ukrštavanja sa prirodnim ili umjetnim preprekama) ima odlučujući uticaj na izbor i koncepciju konstrukcije, njen izgled i cijenu te na potrebno vrijeme trajanja izgradnje.

Kod planiranja nivelete i ose mogu nastati različita rješenja, za objekte koji su integralni dio neke prometnice, od rješenja koja bi se primjenila u slučaju da je objekat samostalan.

Niveleta i os samostalnog objekta se projektuje sa manje zahtjevnim rubnim uslovima. Niveleta se lakše prilagođava prirodnim preprekama i zahtjevima konstrukcije.

Geometrije objekata na novim prometnicama su sastavni dio te prometnice. U procesu

projektovanja prometnice neophodna je saradnja projektanta prometnice i projektanta objekta. Ponekad mogu minimalne korekcije nivelete i ose bistveno olakšati tehnologiju građenja, a kasnije i održavanja objekta.

Niveleta u području objekta (naročito kod mostova, vijadukata i nadvoza) mora obezbijediti dovoljno prostora za racionalni izbor visine konstrukcije i zaštitne visine. Treba nastojati da niveleta ima jednostrani uzdužni nagib 0,5 do 3 %. Manji nagibi od 0,5 % otežavaju i poskupljuju održavanje pogotovo kod dugih mostova. Nagibi veći od 3 % kvare opšti utisak, posebno kod dugih objekata.

Konkavna vertikalna zaokruženja nivelete na dužim objektima nisu poželjna. Isto važi za kombinaciju vertikalnih zaokruženja nivelete i horizontalnih krivina osi kolovoza.

Kod većih mostova poželjna su simetrična konveksna vertikalna zaokruženja nivelete sa nagibom tangenti 1,5 do 2 %.

Promjena poprečnih nagiba (vijačenje kolovoza) u području mostova i vijadukata otežava i poskupljuje projektovanje i izgradnju te stvara neugodan vizualni utisak.

Kombinacija velikog podužnog i poprečnog nagiba na kolovozu može prouzrokovati neugodno klizanje na mokrom, zaleđenom ili sa snijegom pokrivenom kolovozu.

Raširenje objekata u području horizontalnih krivina treba, po mogućnosti, izvesti u punoj vrijednosti po čitavoj dužini objekta, a razlikuje se od cesta kod kojih se obično izvodi prelaz od nule do pune vrijednosti.

Kod gradskih mostova i kod mostova na raskrsnicama dozvoljeni su nagibi manji od 0,5 % pod uslovom da se obezbijedi kvalitetnije odvodnjavanje vode sa kolovoza.

Os prometnice može križati os prepreke pod uglom 90° ili manjim. Sa smanjenjem ugla križanja povećava se dužina objekta, komplikuje konstrukcija i povećava cijena objekta.

Ugao križanja manji od 45° treba izbjegavati. Preporučuje se da ugao križanja bude do 60° .

Kod manjih objekata (podvozi, podhodi, kraći mostovi do 20,0 m) treba spustiti gornji rub konstrukcije pod niveletu za 40-60 cm (t.j. za debljinu gornjeg stroja ceste) sa čime se izbjegavaju neugodne posljedice geometrije za konstrukciju. U ovakvim slučajevima

rješavaju se sve promjene geometrije sa promjenljivom debljinom stroja ceste. Sa ovakvim rješenjem izbjegava se promjena terminskog ekvivalenta na prelazu sa nasipa na konstrukciju.

Na objektu treba obezbijediti istu preglednost koja je propisana i za predmetnu cestu.

Odgovornost projektanta ceste prema rješavanju problema geometrije na objektu je proporcionalna sa dužinom i cijenom objekta. Ravnomjerna interdisciplinarna saradnja omogućava pronalaženje optimalnih rješenja. Manji objekti se prilagođavaju elementima trase, dok kod većih objekata treba pri izboru trase, uzeti u obzir specifičnost konstrukcije i tehnologiju građenja objekta.

6. SAOBRAČAJNI I SLOBODNI PROFILI TE ŠIRINE OBJEKATA NA CESTAMA

6.1 Slobodni i saobraćajni profili

Saobraćajni profil ceste (mosta) predstavlja prostor iznad kolovoza visine 4,0 m, a sačinjavaju ga:

- presjek mjerodavnog vozila,

- prostor potreban za kretanje vozila u pravcu i u krivini,
- sigurnosna širina između vozila.

Nabrojani sastavni dijelovi važe i za saobraćajne profile između biciklista i pješaka, čija visina iznosi 2,25 m.

Saobraćajni profil sastoji se iz traka za vožnju i preticanje, ivičnih i traka za razdvajanje, te širine za bicikliste i pješake kod objekata u naseljima.

Slobodni profil ceste na mostu predstavlja prostor iznad saobraćajnog profila i uz njega, odnosno saobraćajni profil uvećan za sigurnosnu širinu i sigurnosnu visinu u koga ne smiju prelaziti stalne flzičke prepreke sa čime se obezbjeđuje sigurna vožnja vozila sa predviđenom brzinom V_{plan} i sigurno kretanje drugih korisnika ceste.

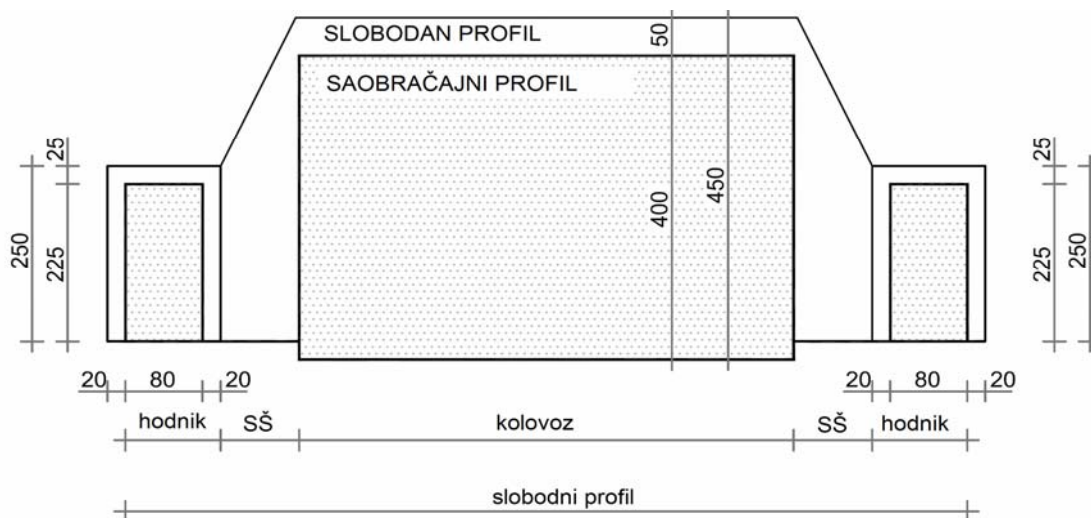
Sigurnosna širina u slobodnom profilu zavisi od planirane brzine V_{plan} , te iznosi

V_{pl} (km/h)	50	70	>70
sš (m)	0,50	1,00	1,25

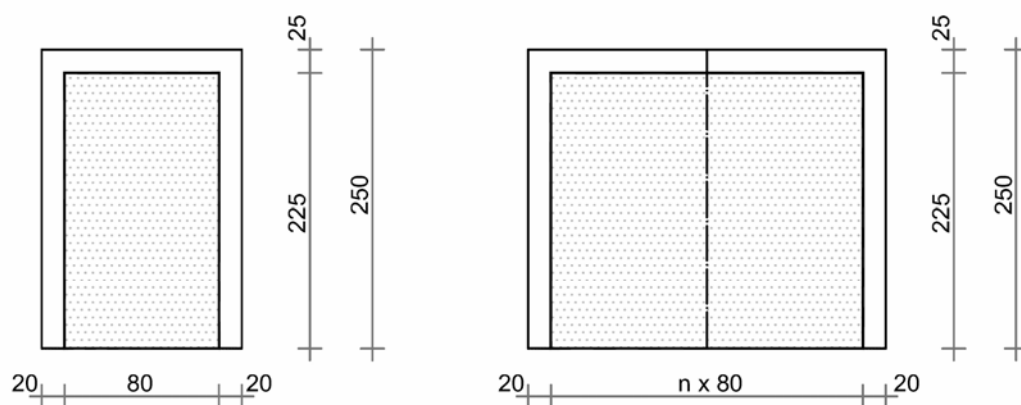
Sigurnosna visina iznad saobraćajnog profila kolovoza je $h = 0,50$ m (za nadvoze iznad avocesta i ispod željeznica $h = 0,70$ m).

Sigurnosna visina iznad saobraćajnog profila hodnika i biciklističkih staza je $h = 0,25$ m.

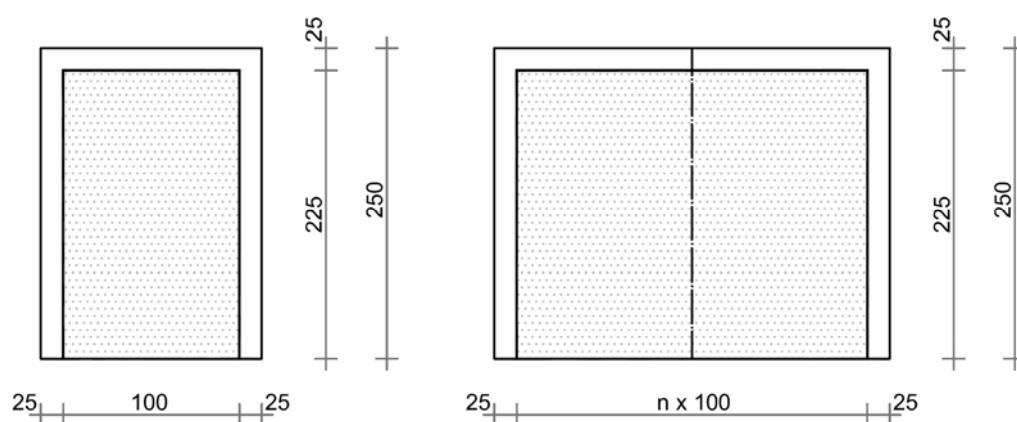
U izuzetnim slučajevima može se, za pojedina mjerodavna vozila, upotrijebiti niži slobodni profil ($<4,5$ m), ali to ne važi za novogradnju nego samo pri izvođenju radova na rekonstrukcijama.



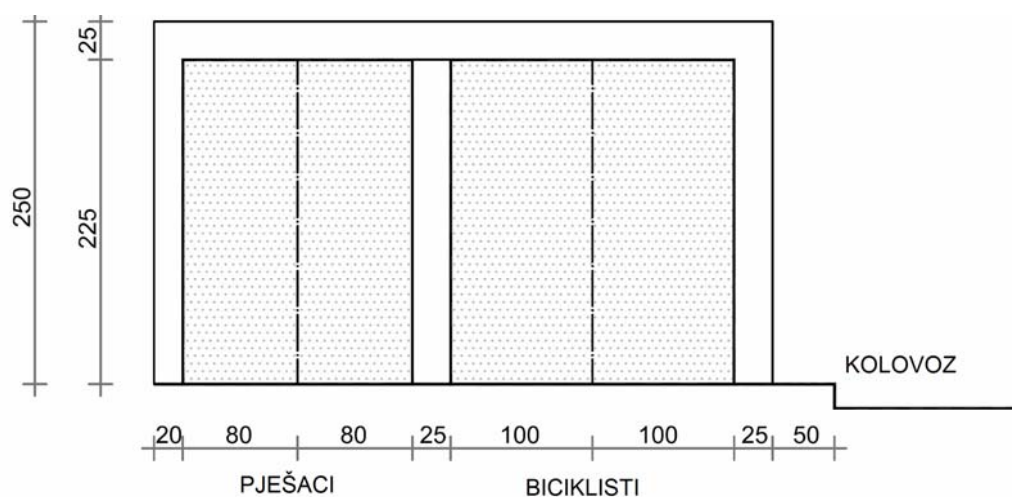
Slika 6.1: Saobraćajni i slobodni profil na objektu



Slika 6.2: Saobraćajni i slobodni profil hodnika za pješake



Slika 6.3: Saobraćajni i slobodni profil biciklističke staze

Slika 6.4: Primjer kombinovanog saobraćajnog i slobodnog profila za pješake i bicikliste (minimalna kombinovana širina za pješake i bicikliste je $\bar{s} = 0,20 + 0,80 + 0,25 + 1,00 + 0,25 = 2.50$ m).

Najniži slobodni profil mora se označiti sa odgovarajućom horizontalnom i vertikalnom saobraćajnom signalizacijom.

Na slici 6.5 prikazan je slobodni profil mostova na autocestama i brzim cestama sa odvojenim kolovozima. Širina sigurnosnog pojasa zavisi od širine NPP na autocesti odnosno brzosti cesti. Stazu za službeni prelaz (SP) treba predviđati kod mostova sa većom dužinom od 50,0 m. Kod varijante a) slobodni profil je bez zaustavne trake, dok je u varijanti b) sa zaustavnom trakom.

Na slici 6.6 prikazan je slobodni profil mosta na magistralnim, regionalnim i lokalnim cestama (M/R/L) van naselja ($V > 50$ km/h) sa varijantama: a) sa hodnikom za pješake i u varijanti b) sa hodnikom za pješake i stazom za bicikliste.

Na slici 6.7 prikazan je slobodni profil mostova na M/R/L u naseljima ($V < 50$ km/h): u varijanti a) sa hodnikom za pješake i varijanti b) sa hodnikom za pješake i stazom za bicikliste.

Na slici 6.8 prikazan je slobodni profil mostova na javnim cestama. Moguća je i manja visina slobodnog profila (4,2 m). Stazu za pješake treba predvidjeti samo u naseljima.

Oblik i dimenzije slobodnih profila za objekte u gradovima određuju se pojedinačno za svaki objekat prema uslovima iz urbanističke saglasnosti i uslovima saobraćajnog režima odnosno od gustoće saobraćaja i uvođenja staza za pješake i bicikliste. U nekim slučajevima je moguće i korisno je da se staze za bicikle spuste na nivo kolovoza.

Širine kolovoza na objektima su jednake ili veće od širine kolovoza normalnog profila odgovarajućih cesta.

Kod odlučivanja i usvajanja širine objekta mora se uzeti u obzir činjenica, da je objekte teže proširiti nego ceste. Radi toga je ekonomski opravdano usvojiti veću širinu posebno za objekte kod kojih se očekuje razvoj u urbanizaciji

Kod objekata u horizontalnim krivinama moraju se uzeti u obzir propisana proširenja kolovoza.

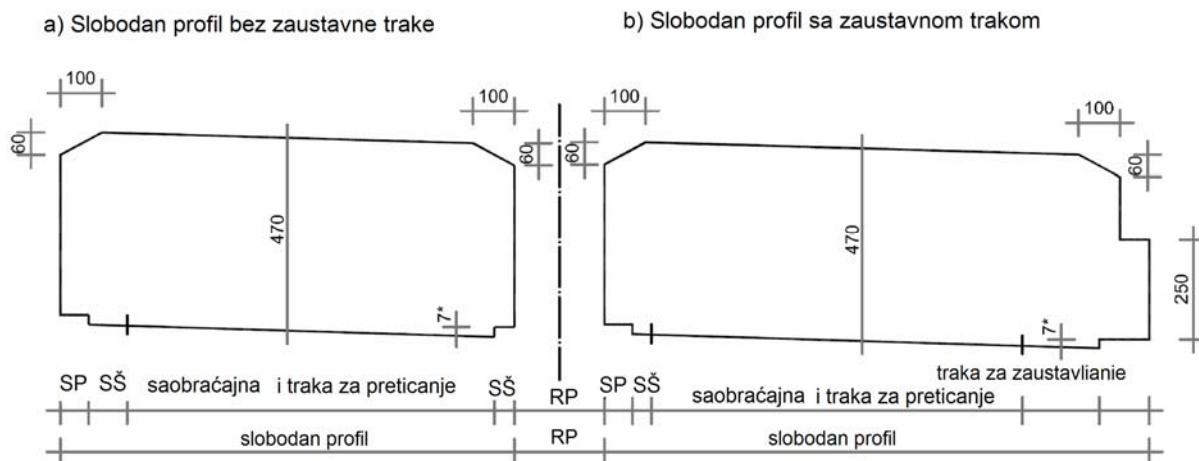
Slobodni profili na željezničkim objektima za premošćavanje i komunikacijama iznad njih, je ograničena površina vertikalne ravnine

iznad GTR, okomito na kolosijek. Os slobodnog profila pokriva se sa osom kolosjeka i okomita je na spojnicu gornjih rubova tračnica. U području slobodnog profila ne smiju ulaziti dijelovi naprava kolosijeka, drugih objekata, oznaka, signala i drugi predmeti (slika 6.9).

Svijetli profil predstavlja dio vertikalne ravnine iznad GTR koja je okomita na kolosjek i ograničena sa unutrašnjom konturom poprečnog presjeka objekta. Kod nadvoza je ograničena sa donjom konturom (intradosom) rasponske konstrukcije i unutrašnjim rubovima potpora. Određuje se na osnovu propisanog slobodnog profila (gabarita), položaja i broja kolosjeka, nadvišenja kolosjeka u krivini, instalacija na mostu, koncepta hodnika itd. Svijetli profil može dodirivati slobodni profil u pojedinim tačkama ili linijama, ali ne smije ulaziti u njega. Pri tome se moraju uzeti u obzir deformacije konstrukcije i slijeganje temelja.

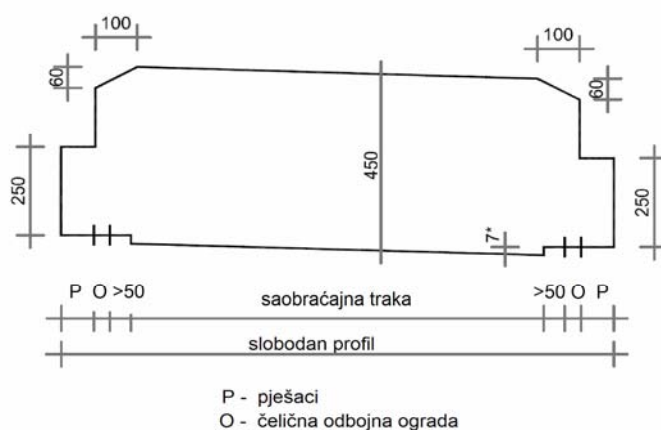
Kod projektovanja novih i rekonstrukciji postojećih objekata na neelektrificiranim prugama na kojima elektrifikacija nije predviđena ni u budućnosti, treba uzeti u obzir slobodni profil UIC-GS do kote 4900 mm iznad kote GRT, kao što je prikazano na slici 6.9.

Za elektrificirane pruge (postojeće i buduće) potrebno je, pored slobodnog profila do kote 4900 mm iznad GTR, uzeti u obzir dodatni dio visine iznad te kote za prolaz pantografa i montažu kontaktne mreže i užeta za prenos opterećenja.

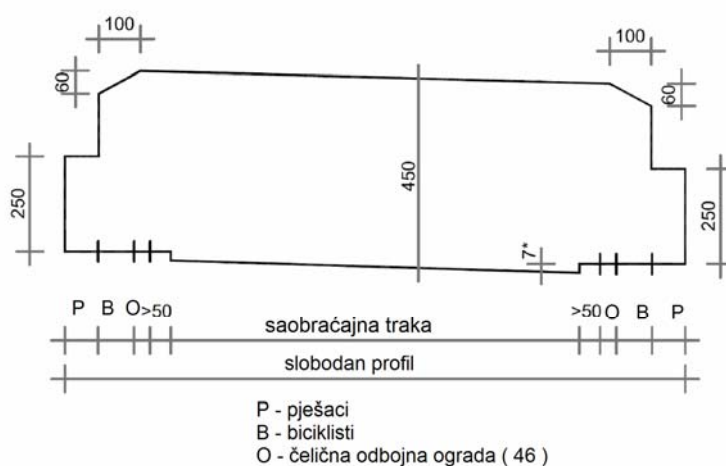


Slika 6.5: Slobodan profil objekta na autocestama i brzim cestama

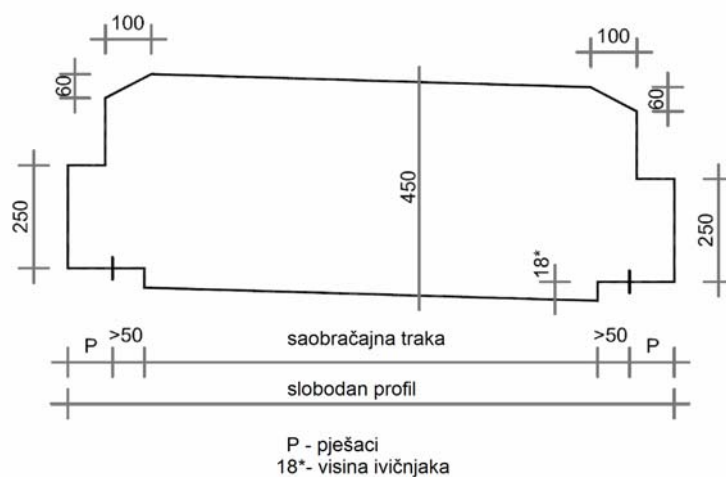
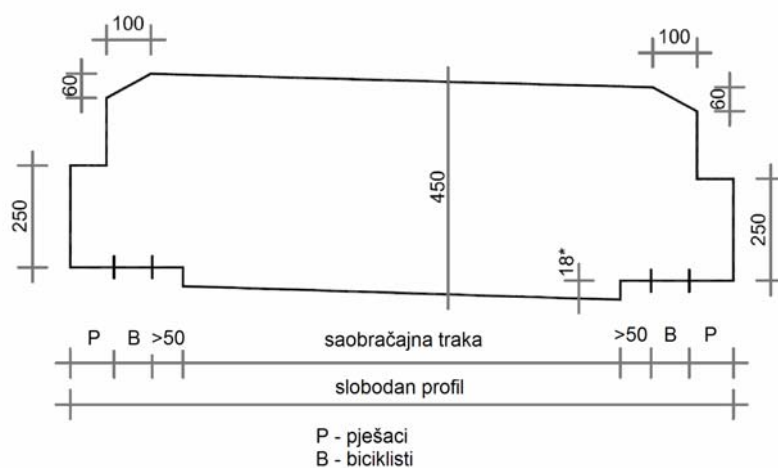
a) Slobodan profil sa hodnikom za pješake



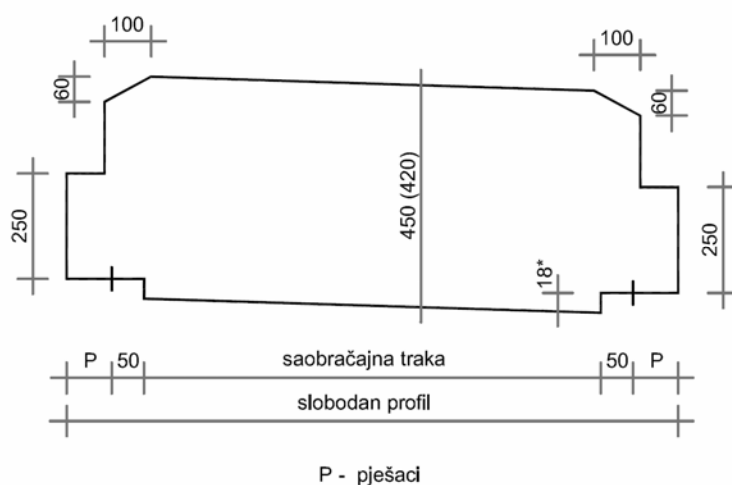
b) Slobodan profil sa stazom za bicikliste i hodnikom za pješake



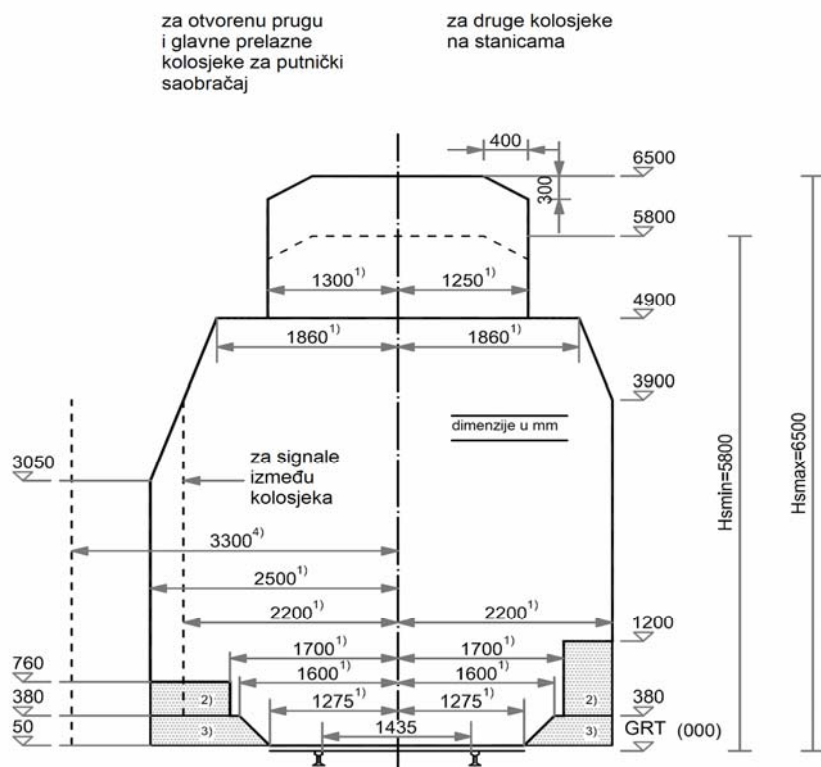
Slika 6.6: Slobodan profil objekata na glavnim, regionalnim i lokalnim cestama izvan naselja ($v > 50$ km/h)

a) Slobodan profil sa hodnikom za pješake**b) Slobodan profil sa stazom za bicikliste i hodnikom za pješake**

Slika 6.7: Slobodan profil objekata na glavnim, regionalnim i lokalnim cestama u naselju ($v < 50 \text{ km/h}$)



Slika 6.8: Slobodan profil objekata na javnim cestama



1) Proširenje profila za $R < 250$ m

Radijus krivine R	Na unutrašnjoj strani krivine	Na vaskoj strani krivine
m	mm	mm
250	0	0
225	25	30
200	50	65
180	80	100
150	135	170

- 2) Prostor za perone i utovarne rampe na stanicama
 3) Prostor za građevinske naprave u koliko su potrebne za odvijanje saobraćaja
 4) Važi za potpore nadvoza

Slika 6.9: Slobodan profil UIC-GC za željezničke objekte kot $R > 250$ m.

6.2 Normalni poprečni profili (širine) za objekte na autocestama i brzim cestama

Poprečni profili objekata na autocestama (AC) i brzim cestama (BC) slični su poprečnim profilima AC i BC izpred i iza objekta.

Poprečne profile sačinjavaju vozne trake, trake za preticanja, zaustavne trake, trake za razdvajanje i bankine. Širina voznih i traka za preticanje navedene su u zavisnosti od planirane brzine V_{pl} :

$V_{pl} = 120$ km/h	$\check{s} = 3,75$ m
$V_{pl} = 100, 90$ km/h	$\check{s} = 3,50$ m
$V_{pl} = 80$ km/h	$\check{s} = 3,25$ m
$V_{pl} = 70, 60$ km/h	$\check{s} = 3,00$ m
$V_{pl} = 50$ km/h	$\check{s} = 2,75$ m
$V_{pl} = 40$ km/h	$\check{s} = 2,50$ m

Širine ivičnih traka zavise od širine voznih traka i iznose

$\check{s}_{vt} = 3,75$ m	$\check{s}_{it} = 0,50$ m
$\check{s}_{vt} = 3,50$ m	$\check{s}_{it} = 0,30$ m
$\check{s}_{vt} = 3,25$ m	$\check{s}_{it} = 0,30$ m
$\check{s}_{vt} = 2,75$ m	$\check{s}_{it} = 0,20$ m

Širine zaustavnih traka su:

na autocestama AC: $\check{s} = 2,50$ m – $1,75$ m
 na brzim cestama: $\check{s} = 1,75$ m

Traka za zaustavljanje je proširena ivična traka te u ovim slučajevima nije potrebna ivična traka.

Na AC koje imaju traku za zaustavljanje $\check{s} = 1,75$ m i na BC izrađuju se na određenim razmacima proširenja traka za zaustavljanje za $0,75$ m, tako da su širine $\check{s} = 250$ m.

Širine bankina zavise od planirane brzine v_{pl} i iznose:

$v_{pl} = 100$ km/h	$\bar{s}_b = 1,50$ m
$v_{pl} = 90$ km/h	$\bar{s}_b = 1,30$ m
$v_{pl} = 70$ km/h	$\bar{s}_b = 1,30$ m
$v_{pl} = 50$ km/h	$\bar{s}_b = 1,00$ m

Širine srednjeg pasa za razdvajanje su:

na autocestama	3,20 – 4,00 m
na brzim cestama	1,25 – 2,50 m
na cestama sa više traka u naseljima	1,60 – 4,50 m

Na slici 6.10A prikazan je primjer normalnog poprečnog profila AC sa dvije trake za brzinu $v_{pl} = 120$ km/sat sa voznom trakom i trakom za preticanje širine 3,75 m, trakom za zaustavljanje širine 2,50 m, bankinama širine 1,50 m i sa pasom za razdvajanje širine 4,0 m. Ukupna širina AC u nasipu je 28,00 m (NPP 28,00).

Na slici 6.10B prikazani su skladni poprečni profili za objekte kod kojih su odvojene rasponske konstrukcije, razmak između njih je 10-20 cm u osi pasa za razdvajanje. Proširenje sigurnosnih ograda na objektima treba uskladiti sa rješenjima na AC ispred i iza objekata.

Na slici 6.10C prikazan je odgovarajući poprečni presjek na zajedničkom objektu bez dilatacije u pasu za razdvajanje. Upotrebljava se za kraće objekte (propuste, podvoze, kraće mostove) kod kojih se ne očekuju različita slijeganja temelja.

Na slici 6.10D prikazani su poprečni presjeci za razmaknute objekte. Upotrebljavaju se u primjerima kod kojih je širina razdjelnog pasa veća od 4,0 m, kada su kolovozi AC razdvojene radi blizine tunela ili iz drugih razloga. Na vanjskoj strani poprečnih presjeka predviđeni su kontrolni hodnici za održavanje objekta. Kod razmaknutih objekata upotrebljavaju se betonske sigurnosne ograde (BSO).

Na slici 6.11A prikazan je primjer normalnog poprečnog profila brze ceste (BC) sa dvije trake i planirane brzine $v_{pl} = 100$ (90) km/h sa širinama vozne trake i trake za preticanje 3,5 m bez trake za zaustavljanje, te bankinama širine 1,5 m i razdjelnim pasom širine 2,0 m.

Na slici 6.11B prikazan je skladni poprečni profil sa odvojenim (razmaknutim) rasponskim konstrukcijama, na slici 6.11C zajednička (sastavljena) rasponska konstrukcija, na slici 6.11D prikazan je razmaknuti poprečni profil. Sve što je navedeno za 6.10B, 6.10C i 6.10D za poprečne profile objekata na autocestama, u principu se upotrebljava i za poprečne profile objekata na brzim cestama.

Projektanti objekata na cestama već u fazi izrade idejnog zasnivanja konstruišu normalne poprečne presjeke svakog objekta u saradnji sa projektantom autoceste ili drugih cesta.

Treba nastojati, da izabrana varijanta poprečnog presjeka na objektu ima sličan tip sigurnosne ograde koji se nalazi na autocesti ispred i iza objekta. Ovo se posebno odnosi za razdjelni pojas.

Kod objekata koji se nalaze na dijelu autoceste sa povećanom širinom razdjelnog pojasa (ispred tunela i sl.), svaki objekat predstavlja cjelinu za sebe.

Slobodni profili i širine objekata na cestama u velikoj mjeri uslovljavaju primjenu razdvojenih rasponskih konstrukcija posebno mostova i vijadukata. Ova konstatacija važi za sve materijale, sve statičke sisteme i sve tehnologije izvođenja rasponskih konstrukcija.

Ostupanja od navedenih načela moguća su samo kod propusta i podvoza u trupu autoceste, posebno u slučajevima kod kojih se iznad gornje ploče nalazi nasip. Kod ovakvih primjera izbjegavaju se voznodinamičke i vizualne promjene, posebno kod kraćih objekata kod kojih se ne pojavljuju međusobna različita slijeganja.

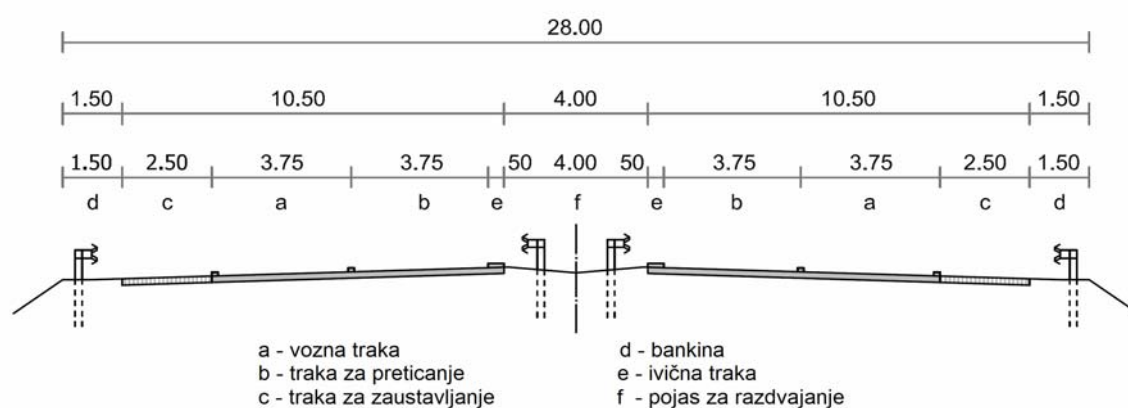
Od ovih načela može se udaljiti i kod izuzetno visokih (prosječna visina srednjih potpora veća od 60 do 80 m) i kod izuzetno dugih vijadukata (ukupna dužina veća od 800 m) gdje su rasponi veći od 100 do 120 m.

Kod upoređivanja varijanti sa jednom - sastavljenom i dvojom - razdvojenom konstrukcijom, treba uzeti u obzir slijedeće:

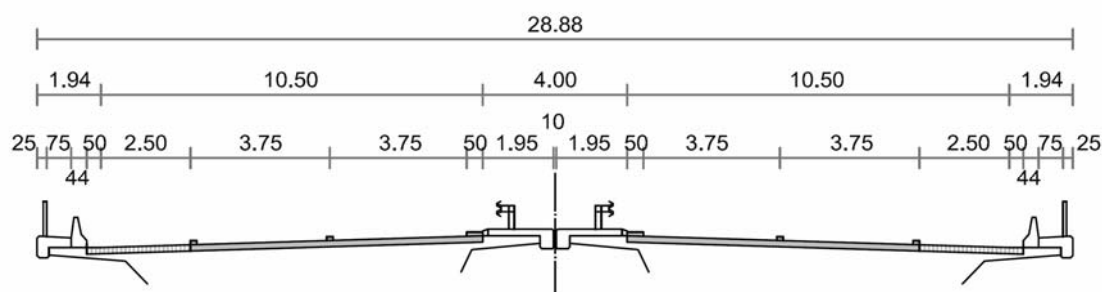
- funkciju objekta u autocestnoj mreži;
- mogućnost obilaska u slučaju zatvaranja autoceste na objektu;
- materijal rasponskih konstrukcija (beton ili čelik);
- uslove eksploatacije objekta (redovno održavanje, rehabilitacija);
- čuvanje i uključivanje objekta u prirodnu okolinu;
- ekonomski vidici u pogledu početne i ukupne investicije u ukupnom životnom vremenu objekta.

Stečena iskustva pri eksploataciji autoceste pokazala su da su oštećenja objekata na autocestama normalna pojava koja zahtjeva stalno održavanje i rehabilitaciju svakih 25 do 30 godina. Kod rehabilitacije objekata koji su iz jedne cjeline odnosno sa jednom rasponskom konstrukcijom, pojavljuje se veliki problem preusmjeravanja odnosno vođenja saobraćaja. Ovi razlozi su uticali na investitore, da se kod izbora rješenja većinom odlučuju za dvojne - rastavljene rasponske konstrukcije.

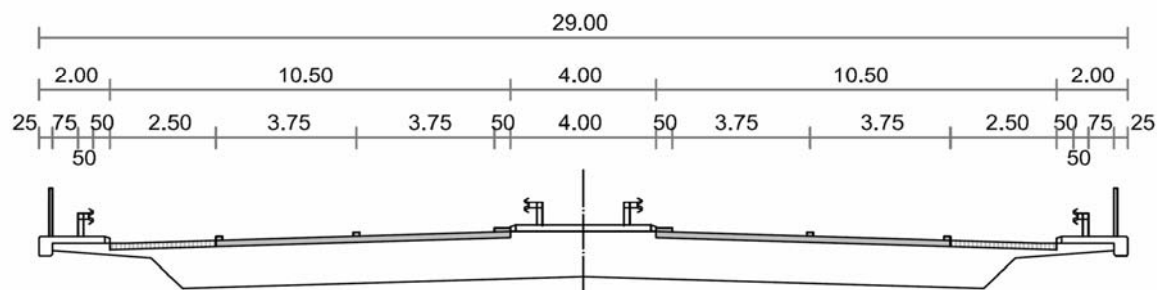
A - Poprečni presjek na autocesti NPP 28.00 m



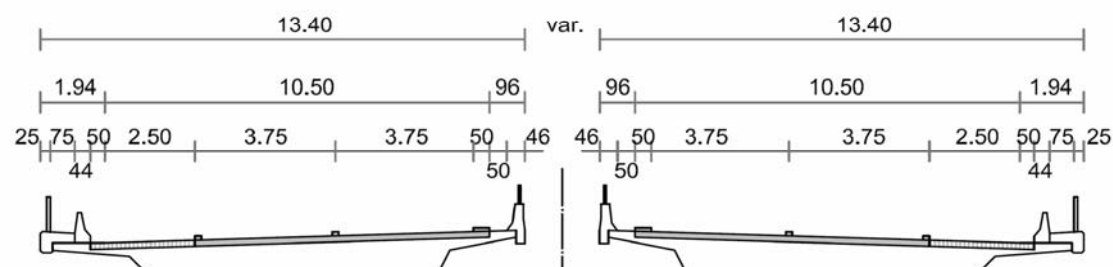
B - Poprečni presjek na odvojenim objektima



C - Poprečni presjek na zajedničkom objektu

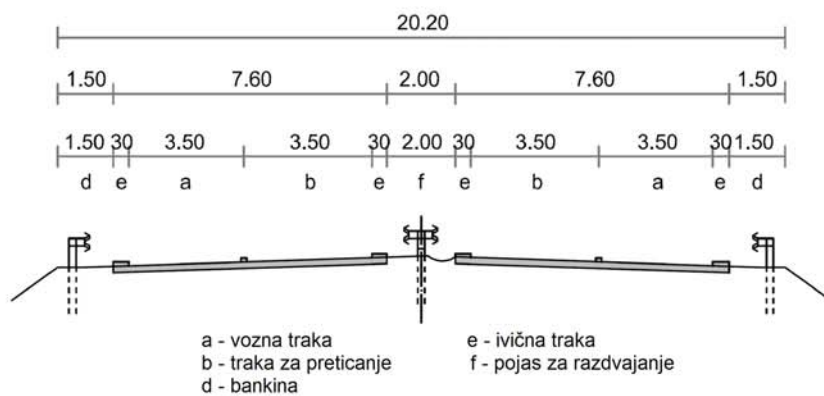


D - Poprečni presjek na razmaknutim objektima

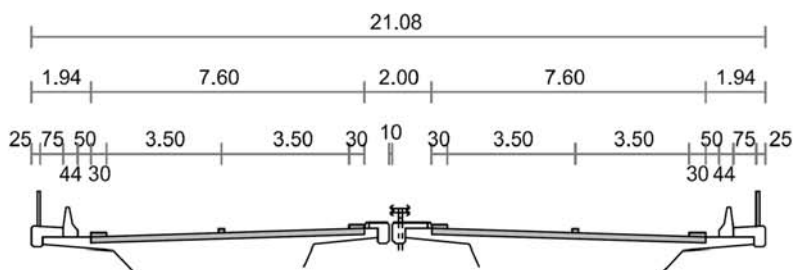


Slika 6.10: Poprečni presjeci objekata za premošćavanje na autocestama NPP 28,00 m

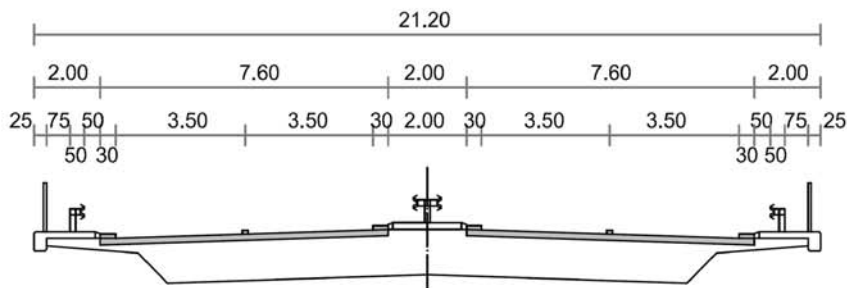
A - Poprečni presjek na brzom cesti NPP 20.20 m



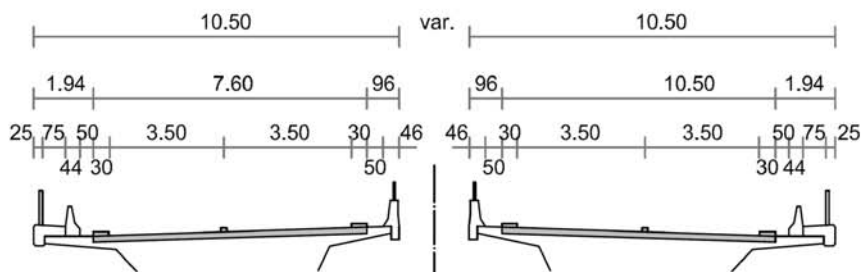
B - Poprečni presjek na odvojenim objektima



C - Poprečni presjek zajedničkog objekta



D - poprečni presjek razmaknutih objekata



Slika 6.11: Poprečni presjeci objekata za premošćavanje na brzim cestama za NPP 20,20 m

Uzimajući u obzir da je uticaj saobraćaja i vibracija kod održavanja i rehabilitacije čeličnih rasponskih konstrukcija, onda je sasvim opravdana odluka o izboru između rastavljene ili sastavljene rasponske konstrukcije.

6.3 Normalni poprečni profili (širine) kod objekata za premošćavanje na M/R/L cestama

Na slikama 6.12 i 6.13 prikazane su širine i oblici poprečnih presjeka mostova na M/R/L cestama koji su, odnosno koji moraju biti usklađeni sa širinama odgovarajućih cesta. Osnovni parametri koji utiču na zasnivanje i izbor poprečnog presjeka mosta su brzina vozila i položaj mosta u naselju ili izvan njega.

Na slici 6.12 prikazane su širine i oblici poprečnih presjeka mostova na M/R/L cestama izvan naselja za brzine vozila $V > 50$ km/h. Visina ivičnjaka je 7 cm sa obaveznom čeličnom sigurnosnom ogradom ČSO koja se ugrađiva na udaljenosti jednako ili većoj od 50 cm koja se mjeri od ivičnog pojasa.

Pod a) je prikazana širina M/R/L ceste. B je širina saobraćajne trake plus širina ivičnih traka. Širina mora biti veća ili jednaka 5,9 m, a zavisi od kategorije ceste i drugih korisnika.

Pod b) je prikazana širina mostova na M/R/L cestama u slučajevima u kojima je most kraći od 20 m i niži od 3 m.

Pod c) je prikazana širina mostova na M/R/L cestama kada je dužina mosta manja od 50 m bez obzira na visinu.

Pod d) je prikazana širina mostova na M/R/L cestama kada je dužina mosta veća od 50 m bez obzira na visinu.

Pod e) je prikazana širina mostova na M/R/L cestama izvan naselja sa stazama za pješake, bicikliste ili za pješake i bicikliste bez obzira na visinu i dužinu mostova. ČSO mora biti opremljena sa rukohvatom.

Slika 6.13 prikazuje širine i oblike poprečnih presjeka mostova na M/R/L cestama u naseljima sa brzinom vozila $V < 50$ km/h.

Pod a) je prikazana širina M/R/L ceste. B predstavlja širinu prometnih traka uvećanu za širine rubnih traka. Ova širina zavisi od kategorije ceste i zahtjeva drugih korisnika.

Pod b) je prikazana širina mostova na M/R/L cestama u naseljima. Širina hodnika zavisi od toga da li je na njemu predviđena staza za pješake, bicikliste ili za oboje. Visina ivičnjaka je 18 cm. Na rubovima se ugrađuju ograde za pješake visine 1,10 m.

Na slikama 6.14 i 6.15 su prikazane širine poprečnih presjeka mostova na javnim nekategorisanim cestama. Razlikujemo javne nekategorisane ceste sa dvije i sa jednom trakom.

Na slici 6.14 je prikazana širina poprečnih presjeka prostora na javnim nekategorisanim cestama sa dvije trake.

Pod a) prikazana je širina nekategorisane javne ceste sa dvije trake kod kojih saobraćajna i rubna traka imaju širinu po $B > 5,0$ m.

Pod b) prikazana je širina mostova na javnim nekategorisanim cestama sa dvije trake. Visina ivičnjaka je 18 cm. Na ivicama su ugrađene ograde za pješake visine 1,10 m.

Na slici 6.15 prikazane su širine poprečnih presjeka mostova na javnim nekategorisanim cestama sa jednom trakom.

Pod a) je prikazana širina javnih nekategorisanih cesta sa jednom trakom kod kojih saobraćajna i ivična traka imaju širinu 3,5 m.

Pod b) je prikazana širina mostova na javnim nekategorisanim cestama sa jednom trakom. Visina ivičnjaka je 18 cm. Na rubovima su ugrađene ograde za pješake visine 1,10 m.

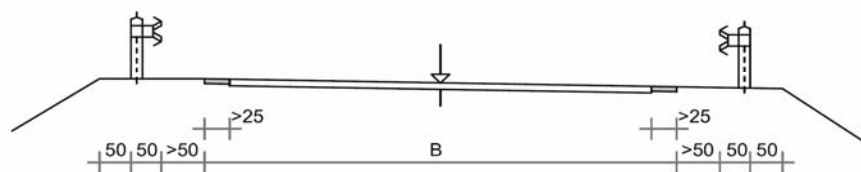
Minimalna širina mosta za pješake iznosi 3,0 m.

Detaljna obrada poprečnih presjeka mostova (ivični vijenci, ivičnjaci i hodnici) data je u PS 1.2.2.

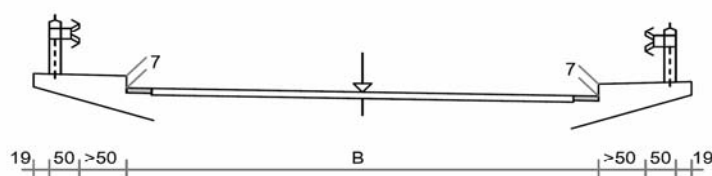
Slobodni profili i širine kombinovanih objekata zavise od odluke u pogledu regulisanja prometa. Objekat može biti zajednički za sve vrste prometa ili pojedinačni za svaku različitu vrstu prometa. Ako se radi o objektu sa kombinovanim prometom onda, kod donošenja odluke o slobodnom profilu i širini objekta, treba uzeti u obzir karakteristike svake vrste prometa.

Objekat se može izvesti na dva nivoa, ako to stvarni uslovi kombinovanog prometa zahtijevaju i dopuštaju. Takvi objekti se izvode na zajedničkim glavnim nosačima.

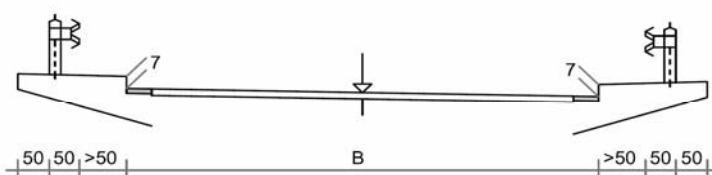
a) širina M/R/L cesta izvan naselja



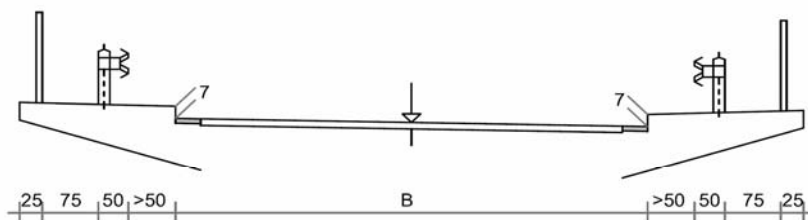
b) Širina objekta na M/R/L cestama van naselja za visine objekta do 3.0 m i dužinu do 20 m



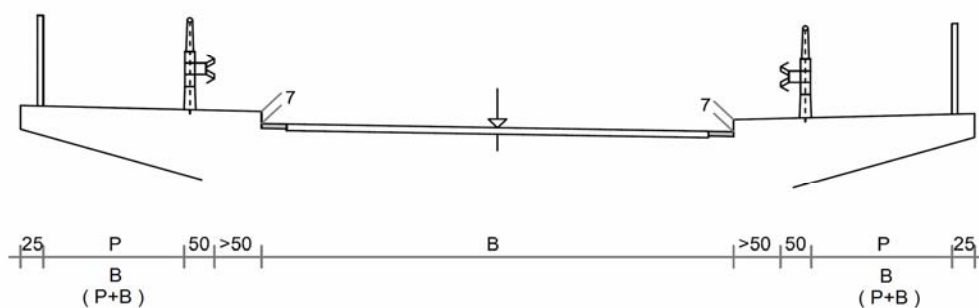
c) Širine objekata na M/R/L cestama van naselja, visine objekta neograničena, dužina do 50 m.



d) Širine objekata na M/R/L cestama van naselja, visina objekta neograničena, dužina veća od 50 m.

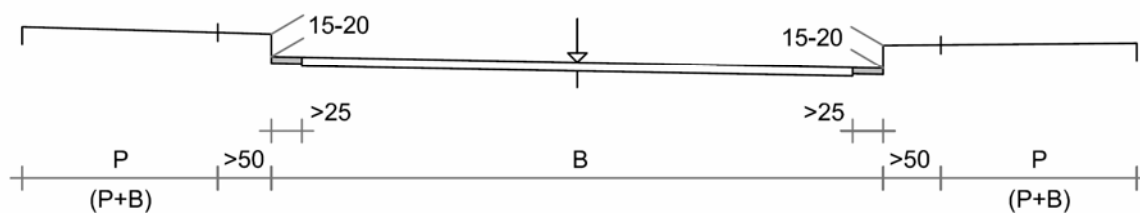


e) Širina objekta na M/R/L cestama van naselja sa stazama za pješake, bicikliste ili pješake i bicikliste bez obzira na dužinu objekta

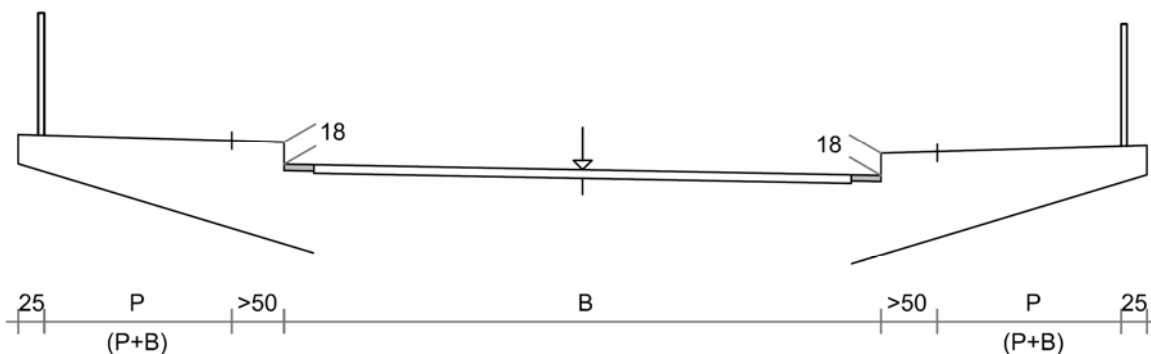


Slika 6.12: Širina poprečnih presjeka objekata za premošćavanje na magistralnim, regionalnim i lokalnim cestama van naselja ($v > 50$ km/h)

a) Širina kategorisanih cesta sa dvije saobraćajne trake

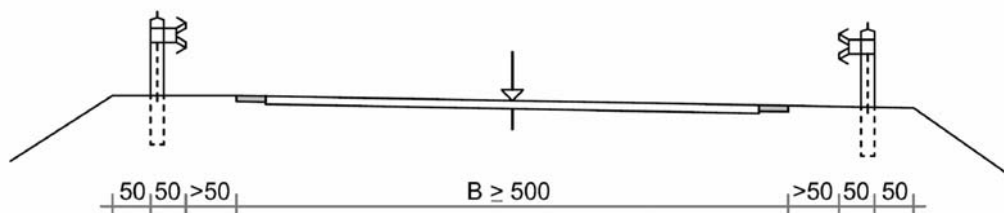


b) širina objekata na M/R/L cestama u naselju

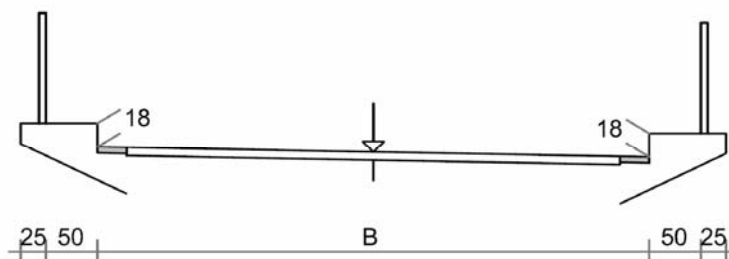


Slika 6.13: Širine poprečnih presjeka mostova na M/R/L cestama u naselju ($v < 50 \text{ km/h}$)

a) Širine nekategorisanih cesta sa dvije saobraćajne trake

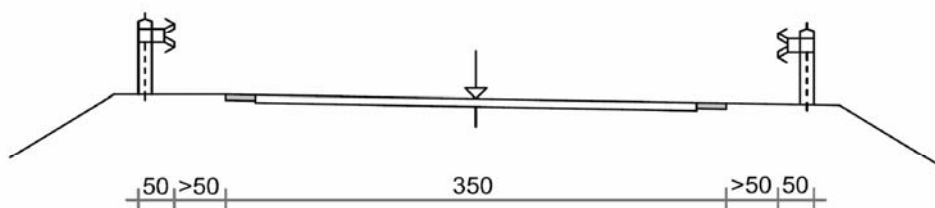


b) širine objekata na nekategorisanim cestama sa dvije saobraćajne trake

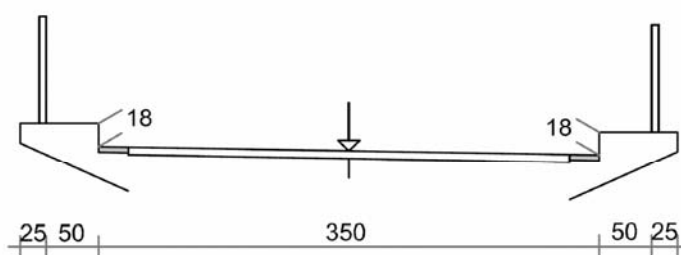


Slika 6.14: Širine poprečnih presjeka objekata za premošćavanje na nekategorisanim cestama sa dvije saobraćajne trake

a) širine nekategorisanih cesta sa jednom saobraćajnom trakom



b) Širina objekta na nekategorisanim cestama sa jednom saobraćajnom trakom



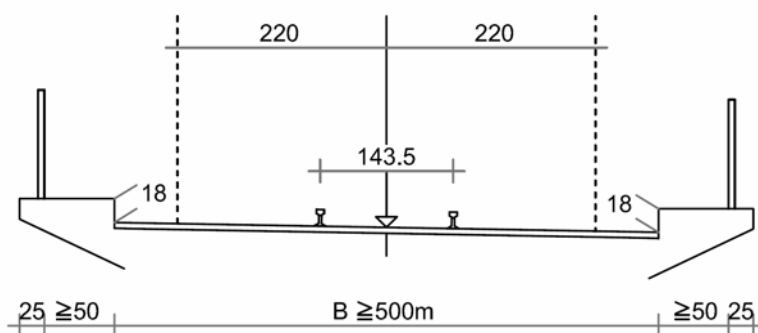
Slika 6.15: Širine poprečnih presjeka na objektima za premošćavanje na nekategorisanim cestama sa jednom saobraćajnom trakom

6.4 Normalni poprečni profili (širine) objekata za premošćavanje za miješani cestovno-željeznički saobraćaj

Na magistralnim, regionalnim i lokalnim cestama mogu se graditi mostovi za miješani cestovno-željeznički saobraćaj. Za ovakve

primjere postoje dvije mogućnosti rješenja normalnih poprečnih profila (širina).

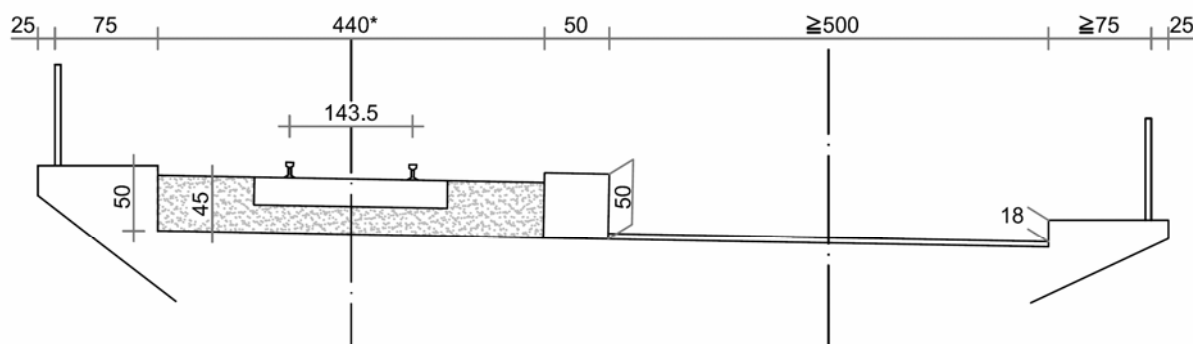
Rješenje normalnih poprečnih presjeka (širina) na istom kolovozu mogu se upotrijebiti i dozvoljeni su na regionalnim i lokalnim cestama za miješani saobraćaj i za industrijske željezničke kolosjeke (slika 6.16).



Slika 6.16: Širine poprečnih presjeka objekata za premošćavanje za miješani cestovno-željeznički saobraćaj na istom kolovozu

Rješenje normalnih poprečnih presjeka (širina) na istom-zajedničkom objektu sa odvojenim kolovozom može se upotrijebiti na svim kategorijama cesta izuzev na AC i BC. Za javne željeznice obavezna je upotreba tucaničke grede na dijelu objekta ispod kolosjeka (slika 6.17). Za lokalne željeznice

sa manjim brzinama i industrijske kolosjeke može se primjeniti rješenja bez tucaničke grede. U ovakvim primjerima tračnice se nalaze u nivou kolovoza ceste.



* za željeznice u pravcu ili u krivini sa $R > 250$ m

Slika 6.17: Širine poprečnih presjeka objekata za premošćavanje za mješani cestovno željeznički saobraćaj sa odvojenim kolovozom

7. SVIJETLE ŠIRINE I SVIJETLE (SIGURNOSNE) VISINE ISPOD OBJEKATA

7.1 Općenito

Kod objekata koji premošćavaju prirodne ili vještačke vodotoke mora se veličina otvora odrediti sa hidrauličkim proračunom. Veličina otvora mora zadovoljiti uslove proticanja stogodišnje visoke vode uzimajući u obzir smanjenje učinka proticanja vode koje nastaje zbog postavljanja objekta te obezbijediti sigurnosnu visinu iznad kote visoke vode.

Kod određivanja slobodnog profila vodotoka i prometnica treba uzeti u obzir eventualne rezervne širine za lokalne ceste, staze i druge potrebe pošto su naknadna proširenja slobodnog profila izuzetno zahtjevna i ekonomski neugodna.

Širina profila usklađena je sa širinom prometnica i pripadajućih staza. Bez obzira na tu činjenicu potrebno je uzeti rezervu u širini profila posebno ako se radi o prelaznim stazama ispod objekta. U ovakvim slučajevima mogu bočne prepreke smanjiti sigurnost prometa i kapacitet staza za pješake.

Ako se objekat radi iznad prometnica po kojoj se odvija promet onda se, u takvim slučajevima, mora uzeti u obzir gabarit skele ili primjeniti tehnologiju izgradnje sa montažnim prednapetim spregnutim konstrukcijama ili drugim tehnološkim postupcima (naguravanje) koje ne zahtijevaju povećanje slobodnog profila koga zahtijeva upotreba skele.

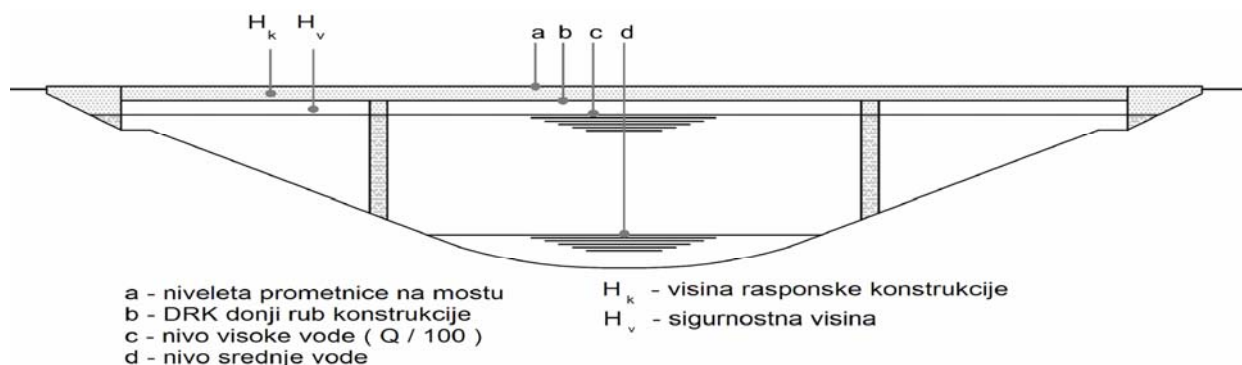
7.2 Sigurnosna visina ispod mosta

Sigurnosna visina je slobodna visina koja se nalazi između povećanog nivoa $H_{1/100}$ (kota stogodišnje vode) i donjeg ruba konstrukcije objekta (DRK). Povećani nivo predstavlja visinsku razliku koja nastaje uslijed usporavanja vodotoka odnosno postavljanja prepreka – potpora mosta.

Kod kanala i regulisanih vodotoka, sigurnosna visina iznosi 0,50 m, a kod prirodnih nereguliranih vodotoka min. 1,0 m. Kod manjih buičnih vodotoka kod kojih se mogu pojaviti plivajući predmeti, sigurnosna visina mora iznositi 1,0 – 1,5 m. Moguće su i druge vrijednosti sigurnosnih visina, ako su izričito zahtijevane kroz vodoprivredne smjernice. Gornja površina ležišne grede mora biti najmanje 0,20 m iznad kote $H_{1/100}$.

Sigurnosna visina na plovnim rijekama mora iznositi:

- za splavove i čamce 2,5 – 3,0 m
- za veće čamce i jedrilice 3,0 – 4,5 m



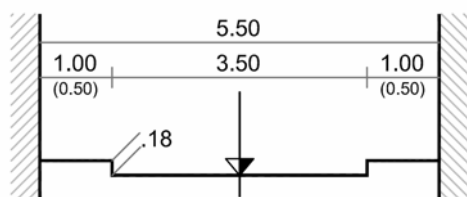
Slika 7.1: Slobodni profil ispod mostova

7.3 Svijetle širine i svijetle visine podvoza

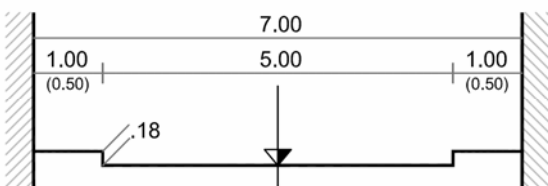
Podvozi su objekti koji služe za vođenje drugih prometnica ispod predmetne prometnice.

Svijetla širina podvoza jednaka je širini ceste ispred i iza podvoza (širina prometnih traka, rubnih traka, bankina ili staza za pješake i bicikliste).

Na slikama 7.2 i 7.3 prikazane su minimalne svijetle širine za nekategorisane ceste sa jednom i dvije saobraćajne trake.



Slika 7.2: Minimalna svijetla širina podvoza na javnim nekategorisanim cestama sa jednom saobraćajnom trakom



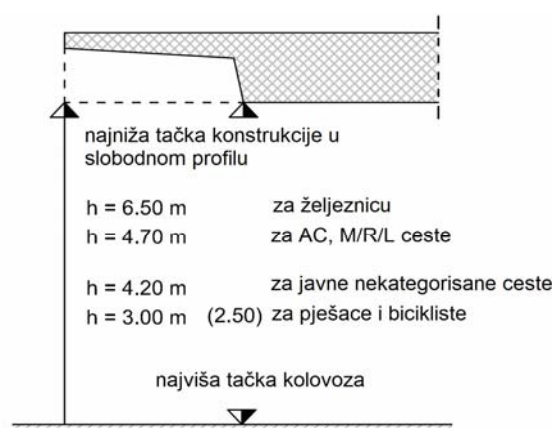
Slika 7.3: Minimalna svijetla širina podvoza na javnim nekategorisanim cestama sa dvije saobraćajne trake

Svijetla visina kod novoizgrađenih podvoza iznosi 4,70 m, ako se nalaze na AC, M/R/L cestama, a 4,20 m ako se nalaze na nekategorisanim javnim cestama. Svijetla visina staza za pješake i bicikliste iznosi min. 2,50 m. U koliko postoji mogućnost i ukoliko

se radi o dužim objektima, onda ova visina treba da bude 3,0 m.

7.4 Svijetle širine (otvori) i svijetle visine nadvoza preko autocesta i brzih cesta

Nadvozi su objekti koji služe za vođenje drugih prometnica preko predmetne prometnice. Nadvozi su najčešće objekti sa kojima se izvodi denivelacija M/R/L ili javnih cesta preko autocesta ili brzih cesta.



Slika 7.4: Svijetle visine kod podvoza

Širina nadvoza jednaka je širini ceste ispred i iza nadvoza, a definisana je u točki 6 ove smjernice.

Svijetla visina ispod nadvoza je 4,70 m. Definisana je kao razmak između najnižim donjim rubom rasponske konstrukcije (uključujući i cijev za kanalizaciju ili druge komunalne instalacije) i najvišom tačkom kolovoza (slika 7.4).

Ako se radi o cestama na kojima se predviđa prevoz tereta većih gabarita, onda svijetla visina na tim pravcima mora biti 6,50 m ili se mora obezbijediti odgovarajuće alternativno rješenje.

Svijetla širina (otvor) zavisi od više faktora. Minimalna svijetla širina je ona koju zahtijeva slobodni profil autoceste, brze ceste ili druge prometnice. Svijetla širina (otvor) određuje broj i veličinu raspona konstrukcije nadvoza.

Na izbor dispozicijske osnove nadvoza najviše utiču:

- da li se AC/BC, preko koje se projektuje nadvoz, nalazi na ravnom terenu ili usjeku
- ukupna širina trupa AC/BC
- širina pojasa za razdvajanje i geometrija AC/BC
- mogućnost proširenja AC/BC odnosno povećanja broja prometnih traka
- ekonomski razlozi
- urbanističko-prostorni i oblikovni razlozi

Kod konstruktivno-statičkog koncepta podvoza prednost imaju okvirne konstrukcije bez ležišta i dilatacija kada su ukupne dužine podvoza manje od 60-70 m.

Projektant ceste treba uvijek nastojati da se križanja između M/R/L i AC/BC izvedu pod pravim uglom ili što manjim uglom. Pravougaoni nadvozi su kraći, jeftiniji i geometrijsko odnosno vizualno ugodniji.

Niveleta ceste na nadvozu je ugodna kada se nalazi u simetričnoj vertikalnoj krivini ili u jednostranom nagibu <3%. Promjena poprečnog nagiba na dijelu nadvoza nije poželjna zbog neugodnog vizualnog utiska, težeg izvođenja i slabog odvodnjavanja.

Pri konstruktorskom oblikovanju i izboru rješenja nadvoza, posebnu pažnju treba posvetiti srednjim stubovima kako bi isti, pored funkcionalne uloge, imali funkciju značajnog prostorskog elementa.

Na jednom potezu AC/BC ne treba težiti ka istim jednoličnim rješenjima nadvoza. Većina nadvoza ima svoje specifičnosti koje se obavezno moraju uzeti u obzir. Korisnici autoceste više vole logične promjene sa priyatnim vizualnim rješenjima i iznenađenjima.

Kada se radi o rješenju nadvoza sa stubom u pojasu za razdvajanje, onda se mora posvetiti posebna pažnja kod izbora presjeka stuba, zaštiti od udara vozila, prometnoj sigurnosti (rješenja sa sigurnosnim ogradama u skladu sa rješenjem ograde koja je upotrebljena u pojasu za razdvajanje), odvodnjavanju na dijelu pojasa za razdvajanje ispod nadvoza i dubini temeljne ploče.

Na slici 7.5 prikazana su šematska konstrukcijska rješenja koja se mogu upotrijebiti za nadvoze kada se autocesta ili druga cesta nalazi na približno ravnom

terenu, a na slici 7.6 kada se autocesta ili druga cesta nalazi u usjeku.

Nadvozi sa jednim rasponom su poželjna rješenja za AC/BC kada se djelomično nalaze u usjeku posebno u slučajevima kada je širina pojasa za razdvajanje manja od 2,0 m, a visina nasipa M/R/L nije veća od 4 – 5 m. Rasponi nadvoza kreću se u granicama od 25 – 40 m. Rasponska konstrukcija okvira može biti konstantne ili promjenljive debljine (slika 7.5 A).

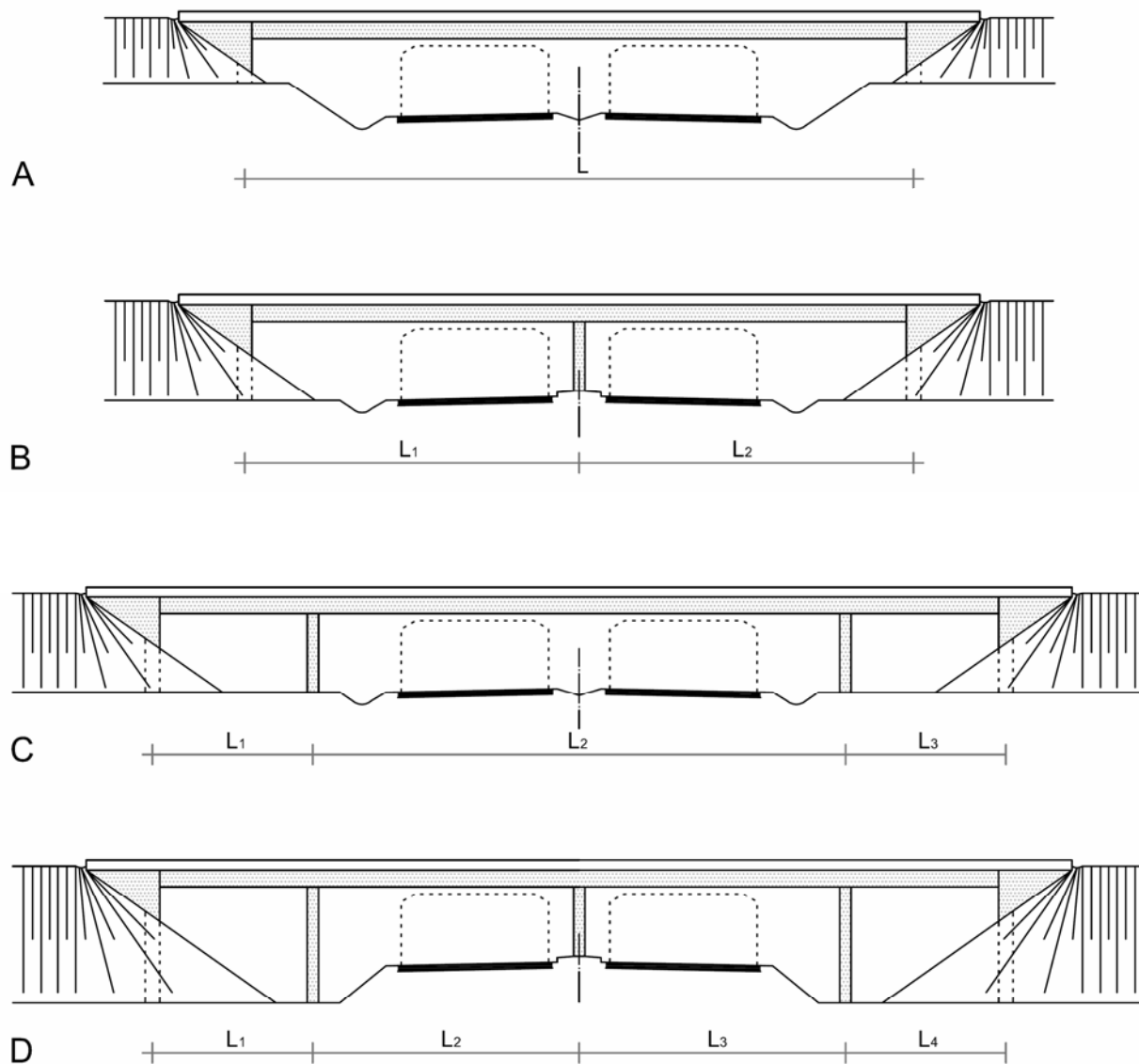
Nadvozi sa dva raspona su poželjna rješenja za AC/BC koje se djelomično nalaze na ravnom terenu ili plitkim usjecima sa pojasom za razdvajanje širim od 2,0 m. Visina nasipa nije veća od 6,0 m. Rasponi okvirne konstrukcije nadvoza kreću se u granicama od 15 do 25 m. Veličine raspona moraju biti takve da omogućavaju prolaz kanala u kontinuitetu i da omogućavaju izradu berme minimalne širine 1,0 m ispred stožca (slika 7.5 B).

Nadvozi sa tri ili više (5) raspona su dobra rješenja za AC/BC na ravnom terenu kada nije poželjna upotreba stuba u pojasu za razdvajanje. Rasponi okvirne konstrukcije kreću se u granicama od 25 do 30 m za srednji raspon te 14 do 20 m za krajnje raspone. Poželjna je upotreba konstantne visine rasponske konstrukcije (slika 7.5 C).

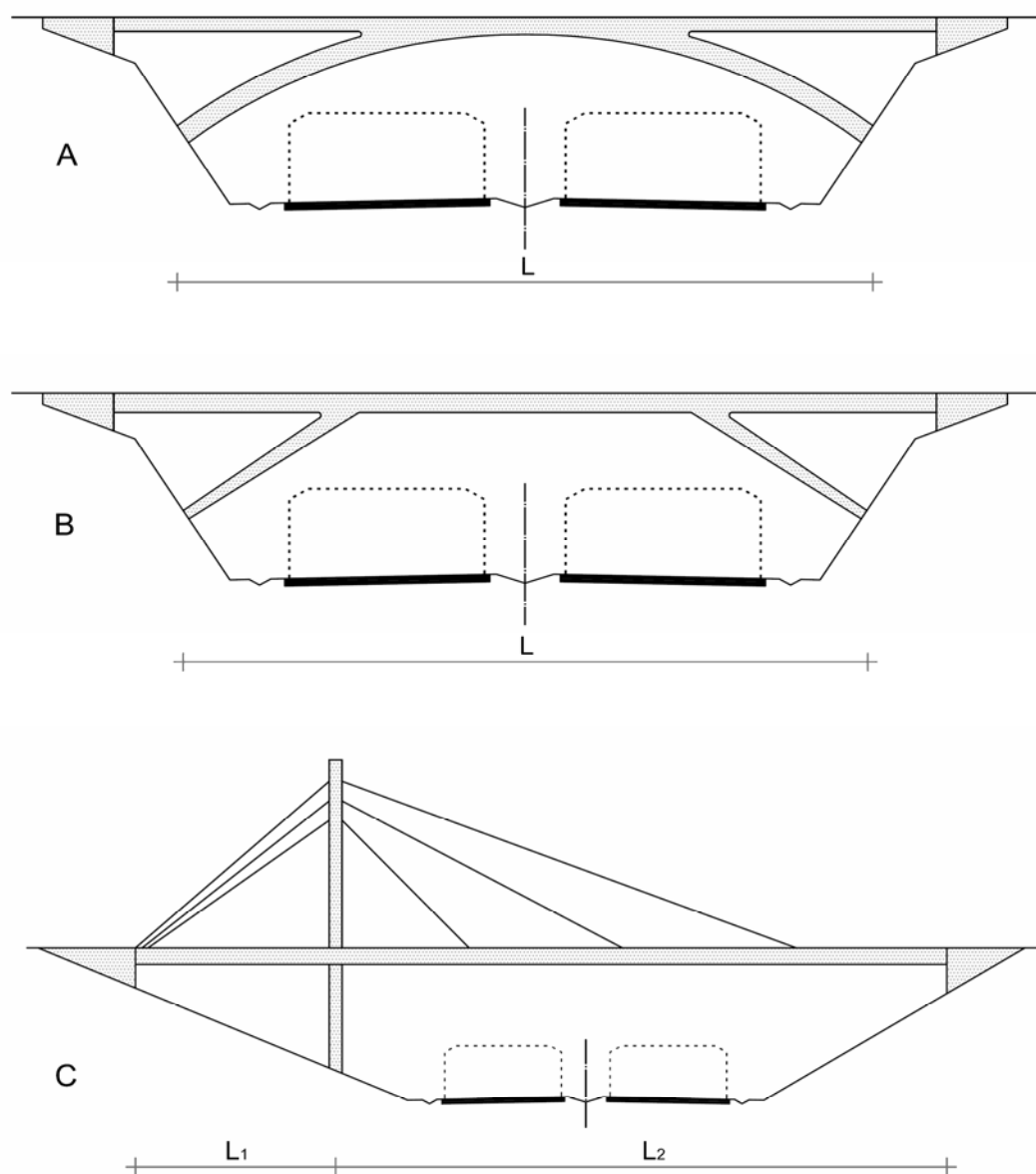
Nadvozi sa četiri ili više raspona su dobra rješenja za AC/BC na ravnom terenu sa većom širinom pojasa za razdvajanje i u slučajevima kada postoji mogućnost proširenja autoceste sa novim prometnim trakama. Nadvozi sa više raspona su dobra rješenja za dionice AC na prilazima velikih gradova kod kojih nisu poželjni visoki nasipi. Veličina raspona iznad AC su 25 do 30 m, dok ostali rasponi prate statičke uslove i karakteristike prepreka (slika 7.5 D).

Kod nadvoza koji premošćavaju AC/BC ili M/R u dubokim kamenim usjecima poželjna su rješenja sa jednim rasponom sa lučnim, kvazi-lučnim ili okvirnim konstrukcijama raspona 20-50 m (slike 7, 6 A i 7.6 B).

Kod nadvoza koji premošćavaju AC u dubokom širokom usjeku moguća je upotreba savremenih rješenja sa jednim rasponom 40-100 m sa tankom transparentnom rasponskom konstrukcijom sa kosim zategama (slika 7.6 C).



Slika 7.5: Shema mogućih rješenja nadvoza kada se autocesta ili brza cesta nalazi u ravnom terenu



Slika 7.6: Shema mogućih rješenja kada se autocesta ili brza cesta nalazi u usjeku

8. POUZDANOST I TRAJNOST MOSTOVA

Pouzdanost i vijek trajanja mostova je savremeno i važno područje, koje će se obraditi u posebnoj tehničkoj smjernici. U ovoj opštoj smjernici samo su navedeni opšti pojmovi.

Pouzdanost je pojam koji objedinjava sigurnost (nosivost, upotrebljivost, sigurnost na zamor) i trajnost.

Sigurnost konstrukcija se obezbjeđuje sa dokazivanjem nosivosti i upotrebljivosti koji se izvodi po teoriji graničnih stanja te sa kontrolom zamora.

Dokazivanje nosivosti zasniva se na jednačini $R \geq S \cdot \gamma$ odnosno sa dokazom da je otpor konstrukcije R veći od vanjskih uticaja S pomnožen sa faktorima sigurnosti γ .

Upotrebljivost konstrukcije dokazuje se sa ograničenjem deformacija, vibracija i pukotina.

Zamor je definisan, a može se kontrolisati kod čeličnih, spregnutih i djelomično kod armiranobetonskih i AB prednapregnutih konstrukcija. Sasvim sigurna činjenica je da se zamor povećava sa smanjenjem vlastite težine konstrukcije u poređenju sa korisnim opterećenjem, sa povećavanjem deformacija, te sa pojavom i povećavanjem pukotina.

Vijek trajanja predstavlja vrijeme u kome objekat, u dozvoljenim granicama sačuva svoje osnovne projektovane osobine: nosivost, upotrebljivost i namjenu.

Pouzdanost (sigurnost i trajnost) objekata smanjuje se za vrijeme upotrebe kao posljedica očekivanih i slučajnih pojava od kojih su najvažnije karakteristike konstrukcije, kvalitet ugrađenih materijala, uticaj održavanja, uticaj prometnog opterećenja i okoline.

U toku su ispitivanja materijala, posebno betona, koja će bistveno uticati na trajnost objekata i sticanja novih saznanja vezana za ovu problematiku. Već sada su poznati uzroci koji prouzrokuju propadanje materijala. Od ispitivanja se očekuju rezultati koji će omogućiti pripremu modela na kome će se izračunavati vijek trajanja armiranobetonskih konstrukcija, a isti će biti sastavni dio projektne dokumentacije. Ispitivanje i modeli za proračun vijeka trajanja AB konstrukcija neće se moći direktno upotrebiti za objekte zbog velikoga interakcijskog djelovanja zamora i uticaja karakteristika konstrukcije objekta kao cjeline te uticaja materijala.

Za mostove na cestama realno je zahtijevati, projektovati i ostvariti vijek trajanja u granicama od 80 do 120 godina, što zavisi od vrste objekta i uslova upotrebe.

Kod objekata na nekategorisanim, lokalnim i regionalnim cestama realan je zahtjev vijeka trajanja od 80 godina pošto se na takvim objektima očekuje kraća upotreba.

Za objekte na autocestama i magistralnim cestama očekuje se vijek trajanja od 100 godina koliko iznosi i vijek trajanja ceste.

Za veće objekte na cestama, za gradske mostove i za objekte na strateški važnim dionicama, država opravdano može zahtijevati i ostvariti vijek trajanja od 120 godina.

Normativno definiranje vijeka trajanja odnosi se na nosivu gornju konstrukciju, djelimično i na stubove što zavisi od statičnog sistema i konstrukcijskog koncepta objekta.

Vijek trajanja opreme na objektima je 20 do 25 godina. Blagovremena zamjena i rekonstrukcija opreme utiče na vijek trajanja nosive konstrukcije.

• **Sigurnost i trajnost ostvaruju pouzdanost objekata**

- **Sigurnost**

Nosivost: kategorije definisane po teoriji graničnih stanja.

Upotrebljivost se obezbjeđuje sa ograničenjem deformacija, vibracija, pukotina i kvaliteta građevinskih materijala.

Zamor: Sa dokazivanjem sigurnosti na zamor pokazuje se da zamor štetno ne utiče na nosivost.

- **Trajnost**

Trajnost je definirana kao vrijeme u kome most sačuva svoje projektirane osobine.

Osobine konstrukcije:

Koncept konstrukcije

Konstrukcijski detalji

Izbor materijala

Tehnologija građenja

Oprema i odvodnjavanje

Zaštita i održavanje

Kvalitet ugrađenih materijala (betona):

Vodocementi faktor

Količina i vrsta cementa

Kvalitet i vrsta agregata

Pravilna upotreba dodataka

Zaštitni sloj i njega betona

Poroznost i propusnost

Na trajnost utiču svi materijali.

Glavni uzroci propadanja betona:

Strukturni nedostaci

Korozija armature

Štetni kemijski uticaji

Oštećenja radi mraza

Unutrašnje reakcije u betonu

Sprečavanje pomjeranja

Mehanička oštećenja

Pukotine

Uticaji održavanja:

Neophodno je uzeti u obzir sva dosadašnja saznanja.

Sredstva za održavanje i sanaciju

Informacijski sistem za mostove

Redovni pregled

Redovno održavanje

Investicijsko održavanje

Blagovremene sanacije i rekonstrukcije

Uticaji prometnog opterećenja:

Ograničenje osovinskih pritisaka

Omjer vlastitog i prometnog opterećenja

Izvanredna opterećenja

Velike brzine

Mehanička oštećenja

Zamor

Utjecaji okoline:

Atmosferski utjecaji

Kemijska agresivnost

Solenje

Zamrzavanje i topljenje

Temperaturni utjecaji

• Učesnici koji utiču na pouzdanost mostova*Investitor:*

Projektni zadatak

Priprema i revizija podloga

Izbor projektanta i izvođača

Revizija projekata

Realna cijena i realan rok izgradnje

Projektant:

Pravilna upotreba podloga

Pravilan koncept

Pravilna statička i dinamička analiza

Izbor materijala

Rješenje detalja

Izbor opreme

Projekat održavanja

Izvođač:

Stručnjaci sa odgovarajućom praksom

Savremena oprema i tehnologija

Priprema i organizacija

Interna kontrola

Neposredna, tačna i dosljedna izrada projekta izvedenih radova

Nadzor:

Stručnjaci sa odgovarajućom praksom

Kontrola ugrađenih materijala

Kontrola opreme i tehnologije

Kontrola uslova izgradnje

Dimenzijska kontrola

Neposredna i tačna izrada projekta izvedenih radova

Održavanje:

Uspostavljanje sistema za gospodarenje sa mostovima.

Za redovno održavanje i rehabilitaciju predvidjeti 1-2 % od vrijednosti objekta.

Blagovremeni pregledi

Redovno održavanje i sprečavanje potencijalnih oštećenja

Blagovremene i kvalitetne sanacije i rekonstrukcije.

9. OBLIKOVANJE MOSTOVA

Most je kompozicija morfološko-geoloških osobina prostora, inženjerskih konstrukcija, namjene, materijala, oblikovanja, tehnologije građenja, sigurnosti, trajnosti, ekonomičnosti i uključivanja u prirodni i urbani prostor.

Most koji je, u pogledu kompozicije, izgrađen bez grešaka ima svoju estetsku težinu koja može biti uspješna samo u slučaju kada i projektant-konstruktor posjeduje stručnu i duhovnu zrelost.

Očekivanja, da mostovi budu lijepi, su stalno prisutna i stara su koliko i sama izgradnja mostova.

Odnos javnosti do mostova se stalno mijenja. U srednjom vijeku su kameni mostovi predstavljali neku vrstu spomenika radi čega su postale simbolom gradnje toga vremena i što dužeg vijeka trajanja.

Sa upotrebom čelika kao materijala i sa razvojem teorije konstrukcija mostovi se već više od 200 godina, obrađuju kao statičke konstrukcije sa jasnim prenosom sila.

Sa početkom dvadesetog stoljeća beton se pojavljuje kao konkurentni materijal, a polovinom stoljeća beton postaje primarni materijal za gradnju mostova.

Na modernim prometnicama, posebno autocestama nalazi se puno mostova, vijadukata, nadvoza i drugih objekata i konstrukcija koji služe za savlađivanje prirodnih i umjetnih prepreka i ukrštanja u različitim nivojima.

Koncentracija objekata utiče na izgled okoline radi čega treba posvetiti posebnu pažnju njihovom oblikovanju i uključivanju u ruralni i urbani prostor.

Kod projektovanja mostova, konstruktor je nosilac projekta koji će samostalno ili u saradnji sa arhitektom projektovati i oblikovati takvu konstrukciju koja će biti funkcionalna, pouzdana (sigurna i trajna) i koja će se uklopiti u skladan oblik inženjerske konstrukcije i objekta kao cjeline.

Koncepti dispozicijskih rješenja mostova (naročito kod izbora nosivog sistema) usvajaju se nakon detaljnih proučavanja i analiza koji se odnose na funkciju objekta, morfologiju prepreke, geoloških osobina tla, geometrije prometnice, iskorištenja terena u području objekta, karakteristika građevinskih

materijala, raspoložljivih tehnologija i mnogih drugih značajnih podataka koji izviru iz podloga za projektovanje.

Za izabrani nosivi sistem (gredni, okvirni, lučni, viseći itd.) mijenjaju se rasponi, ukupna dužina, raspored stubova, izabere se materijal nosive konstrukcije i predvide mogući načini izgradnje. Osnovni dispozicijski elementi omogućavaju analizu i konstruisanje više varijanti poprečnog presjeka nosive konstrukcije. Pravilno i dobro projektovana konstrukcija je istovremeno skladno i logično oblikovana konstrukcija objekta.

Oblikovanje mostova ne predstavlja jedini i isključivi cilj i o njemu se ne može raspravljati neovisno od rješenja nosive konstrukcije. Temeljna načela estetike mostova:

- izbor odgovarajućeg oblika osnovnog nosivog sistema
- pravilan i skladan omjer pojedinih dijelova i objekta kao cjeline
- jednostavan oblik i funkcionalnost pojedinih dijelova i objekta kao cjeline
- statički čista konstrukcija
- kvalitet izvedenih radova i boja vanjskih površina
- skladno uključenje objekta u prirodni ambijent ili urbana naselja

10. NOSIVI SISTEMI MOSTOVA

Mostovi se mogu dijeliti prema različitim kriterijima: namjeni, materijalu, lokaciji, položaju u pogledu na prepreku itd. Za projektovanje, konstruisanje, statičku analizu i eksploataciju najvažnija je podjela koja se odnosi na nosive sisteme.

U pogledu koncepta konstrukcije, oblika, preuzimanja prenosa sila i uticaja razlikujemo pet osnovnih nosivih sistema mostova:

- **gredni sistemi**
- **okvirni sistemi**
- **lučni sistemi**
- **viseći sistemi**
- **sistemi sa kosim zategama**

10.1 Gredni sistemi mostova

Osnovnu karakteristiku grednih sistema čini odvojenost gornje konstrukcije od potpora i prenos opterećenja gornje konstrukcije na potpore preko ležišta.

Poprečni presjek gornje konstrukcije zavisi od raspoložljive konstruktivne visine, geometrijskih omjera, njene širine i raspona.

U statičkom pogledu razlikujemo gredne mostove sa statički određenim sistemima i statički neodređenih sistema.

Gredni sistemi odgovaraju za sve materijale osim kamena (drvo, armirani beton, prednapregnuti beton, čelik sa ili bez sprezanja).

Od svih statičkih sistema grednih mostova, za manje rasponse se najviše upotrebljava nosač na dva oslonca bez obzira na upotrebljeni materijal. Sa većom upotrebom prednapregnutih betona i spregnutih čeličnih konstrukcija bistveno su se promijenile granice za racionalnu upotrebu nosača na dva oslonca. Nedostatak ovog sistema je upotreba ležišta i dilatacija koji poskupljaju izgradnju i održavanje.

Greda sa prepustima – konzolama sa kontra-opterećenjem ili bez njega (2, 3) odgovara i primjenjuje se za gradske mostove i mostove na regionalnim i lokalnim cestama.

Sistem slobodnih greda (diskontinualni sistemi) sa ili bez dilatacija u kolovoznoj ploči iznad srednjih potpora upotrebljavao se dugo kod prednapregnutih armiranobetonskih sistema sa većim brojem raspona. Oštećenja iznad potpora, utjecala su na primjenu rješenja bez prekida i dilatacija u kolovoznoj ploči. Sa izbacivanjem dilatacija uspostavljen je kontinuitet kolovozne ploče za preuzimanje korisnih opterećenja.

Sistemi sa zglobovima poznati su pod imenom "Gerberov nosač". Ovi sistemi su bili karakteristični za razdoblje od dvadesetih do pedesetih godina 20-tog stoljeća kada su se armiranobetonski nosači i čelični mostovi najviše upotrebljavali. U novijoj mostogradnji upotrebljavaju se samo u izuzetnim slučajevima.

Statički neodređeni sistemi kao kontinuirani gredni sistemi sa dva, tri ili više raspona su najviše upotrebljavani sistemi bez obzira na izabrani materijal. Veličina i omjeri raspona zavise od morfologije i visine prepreke, uslova fundiranja i potencijalnog postupka građenja. Najveća prednost kontinuiranih sistema je u tome što se izbjegava upotreba dilatacije u rasponskoj konstrukciji pri velikim dužinama mostova. Broj raspona je neograničen.

10.2 Okvirni sistemi mostova

Okvirni sistemi mostova nastanu kada je gornja konstrukcija čvrsto ili pomoću zgloba

povezana sa potporama tako da ostvaruju jedinstvenu nosivu konstrukciju sa različitim poprečnim presjecima.

Okvirni sistemi mostova sa jednim rasponom sa ili bez zglobova su dosta racionalni za raspone od 5 do 60 m, u armiranom ili prednapregnutom betonu. Okvirni sistem je racionalniji od grednog sistema sa jednim rasponom, pošto pritiske zemlje preuzima kompletan sistem. Ležišta i dilatacije nisu potrebne. Održavanje objekata je lakše i ekonomičnije. Čvrsta veza gornje konstrukcije sa upornjacima smanjuje momente u gredi i omogućava smanjenje konstruktivne visine. Sa promjenom momenata inercije po dužini raspona može se uticati na smanjenje momenata u polju i ostvariti bolji vizualni izgled konstrukcije.

Zatvoreni okvir spada u primarni sistem sa rasponima 2 do 5 m, a za manje mostove, podvoze ili podhode sa otvorima 5 do 8 m koji se grade na slabo nosivom tlu iz armiranog betona. Dobar i uravnotežen raspored uticaja sa dobrim prilagođavanjem na deformacije i slijeganja su dobre osobine ovog sistema.

Okvirni sistemi sa zategama i kosim potporama omogućavaju veće raspone i upotrebu kombinacije monolitne i montažne gradnje. Pogodni su za nadvoze i mostove iz armiranog ili prednapregnutog betona, za čelične i spregnute presjeke. Prepusti sa zategama i kosim stubovima smanjuju momente u polju radi čega se može upotrijebiti manja konstruktivna visina presjeka.

Okvirne konstrukcije sa dva, tri ili više polja, sa vertikalnim potporama često se upotrebljavaju u savremenoj mostogradnji, posebno u armiranom i prednapregnutom betonu. Kod objekata sa više polja može se primijeniti čvrsta veza između stubova i nosača, veza sa zglobovima ili sa ležištima što zavisi od ukupne dužine objekta, veličine raspona, odstojanja od osi simetrije sistema, tako da se ti sistemi prepliću sa grednim kontinuiranim sistemima. Sa dobrom kombinacijom čvrste veze i veze sa zglobovima odnosno ležištima može se postići racionalnije rješenje objekta.

10.3 Lučni sistemi mostova

Luk je najstariji nosivi sistem za mostove i viadukte. Upotrebljavao se za premošćavanje rijeka i dukobih dolina sa strmim padinama i kompaktnim terenom koji može preuzeti sile iz pete luka.

Stari mostovi sa kamenim svodovima i viadukti iz rimskog i turskog perioda imaju neograničanu trajnost.

Os lukova i svodova koja ima oblik potporne linije, dobivene od uticaja vlastite težine je najbolji nosivi sistem za kamen i beton t.j. za materijale koji imaju veliku otpornost na pritisak, a malu na zatezanje.

Savremeni lučni mostovi grade se iz armiranog betona, čelika i sa spregnutim presjekom za raspone od 40 do 400 m.

Nove tehnologije gradnje lukova, prije svega slobodna konzolna gradnja lukova velikih raspona, ponovo su vratile lučne mostove u konkurenciju sa ostalim sistemima. Napredak u proučavanju reoloških osobina betona povećao je granice raspona armiranobetonskih mostova.

Kod savremenih lučnih mostova konstrukcija iznad luka je grednog sistema betonirana na licu mjesta ili konstrukcije koje se betoniraju na platou i navlače na pripremljene potpore po sistemu potiskivanja. Ovaj način smanjuje cijenu i vrijeme izgradnje lučnih mostova velikih raspona.

Savremeni kompjuterski programi omogućavaju analizu prostorskog modela konstrukcije tako, da se mogu odrediti stvarna naponska stanja i deformacije za zajednički sistem djelovanja luka i konstrukcije iznad njega. Lučne mostove većih raspona treba računati po teoriji drugog reda.

Upeti luk ili svod predstavljao je osnovni sistem za lučne mostove i viadukte iz kamena, opeke i betona, a ostao je kao osnovni sistem i za armirani beton.

Kod lukova iz kamena i opeke čelni zidovi su bili puni ili su imali otvore za rasterećenje. Kod armiranobetonskih lukova pojavljuje se, umjesto punih čeonih zidova, gredna ili okvirna konstrukcija iznad luka. U početku je nadlučna konstrukcija imala raspon samo 5 do 6 m, a sada konstrukcija iznad luka, ima raspone i do 30 m.

Elastično upeti luk u obliku srpa koji omogućava uvođenje programirane promjene momenata inercije po dužini raspona, prestavnik je novijih savremenih lučnih, armiranobetonskih mostova manjih i srednjih raspona od 40 do 150 m. Lukovi i svodovi povezani su u jedinstveni presjek sa konstrukcijom iznad luka na približno trećini

sredine raspona. Konstrukcija iznad luka ima minimalni broj stubova ili je bez njih.

Sa premošćavanjem širokih rijeka, posebno u gradovima, aktualizirana je ponovna primjena sistema sa kontinuiranim lukovima iz armiranog betona ili čelika. Konstruktorima, koji upotrebljavaju ovaj sistem, otvorile su se široke mogućnosti variranja i oblikovanja koja se postiže omjerom raspona i strijele luka te oblikom presjeka luka prema obliku širokih srednjih stubova i krajnjih upornjaka.

Luk sa dva zgloba, prestavnik je osnovnog sistema čeličnih lučnih mostova.

Upeti lukovi sa dva zgloba sa djelimično spuštenim kolovozom, omogućavaju velike raspone sa ugodnim omjerom raspona i strijele luka bez obzira o kakvoj se prepreci radi.

Pogodni su za pliće prepreke kod kojih je određen položaj nivelete.

Greda ojačana sa vitkim lukom ili vitki luk ojačan sa gredom poznati su kao "Langerova greda". To je izraziti prestavnik čeličnih lučnih mostova sa većim rasponima i ograničenom konstruktivnom visinom preko rijeke ili drugih prepreka. Lučni dio sistema je, radi svoje vitkosti, u cjelosti opterećen samo sa osnom silom, a ojačana greda, koja djeluje i kao zatega preuzima savijanje. Moderne verzije ovog sistema mogu imati samo jedan luk u sredini presjeka.

10.4 Viseći sistemi mostova

Viseći sistemi mostova sa nosivim paraboličnim kablovima, vertikalnim vješaljima i krutom gredom za ojačanje su sistemi koji se upotrebljavaju samo za čelične cestovne mostove najvećih raspona od 500 do 2000 m.

Konkurencija koja je nametnuta od mostova sa kosim zategama, koji su već duži od 500 m, utjecala je na to, da su se rasponi visećih mostova još više povećali.

Viseći sistemi mostova sa elastičnom gredom za ojačanje mogu biti zanimljivi i konkurentni za mostove za pješake i provizorne mostove kao i za mostove preko kojih prelaze cjevovodi. Rasponi ovih sistema su od 50 do 150 m.

Nosivi element visećih mostova, lančano viseći kabel, sidran je u tlo i preko grede za ojačanje preuzima ukupnu vlastitu težinu i korisno opterećenje.

Ako su vješaljke vertikalne onda je sila u kablovima konstantna

Grede za ojačanje obavezno se računaju po teoriji drugog reda. Obavezna je analiza na dinamičke uticaje, uticaje vjetra i seizmička opterećenja.

10.5 Mostovi sa kosim zategama

Mostovi sa kosim zategama su objekti kod kojih je gornja gredna konstrukcija, različitog presjeka i iz različitih materijala, obješena na jedan ili dva pilona pomoću kosih zatega.

Moderna upotreba sistema sa kosim zategama počinje 1955 godine.

Ovaj tip konstrukcije ponovo postaje aktuelan i često se upotrebljava za mostove raspona od 100 do 1000 m.

Razvoj sistema sa kosim zategama išao je u smjeru usvajanja manjih međusobnih razmaka elastičnih potpora sa većim brojem kosih zatega. Izbor većeg broja zatega direktno je povezan sa željom da se i gredne konstrukcije grade iz prednapregnutog betona, a ne samo kao čelične ili spregnute konstrukcije koje su se upotrebljavale u prvom desetljeću moderne upotrebe ovog sistema.

Više kosih zatega koje su ugrađene u obliku harfe ili lepeze omogućava da se sistem može smatrati kao konzolni u kome kolovozna ploča djeluje kao pritisnuti pas, a kose zatege kao konzolni zatezni pas.

Veća gustoća zatega omogućava upotrebu malih konstruktivnih visina. U ovakvim slučajevima i beton kao materijal može biti konkurentan za mostove manjih raspona.

U podužnom smjeru sistemi sa kosim zategama mogu biti sa jednim ili dva pilona. U oba slučaja piloni moraju biti sidrani na suprotnoj strani.

Piloni mogu biti čelični, spregnuti ili armiranobetonski, pojedinačni stubovi ili kao okvirna konstrukcija što zavisi od raspona, širine mosta, visine pilona, broja ravnina, zavješanja zahtjeva u pogledu oblikovanja i drugih uslova.

Greda za ojačanje može imati različite presjeke. Najčešće se upotrebljava sandučasti presjek koji ima najveću torzijsku krutost. Grede iz čelika upotrebljavaju se za najveće raspone, spregnute (čelik-beton) za

srednje raspone, a prednapregnuta armirano betonska za manje i srednje raspone.

Kose zatege su izrađene iz paralelnih žica ili užadi iz visokokvalitetnog čelika sa specijalnim sidrima koji dobro podnose zamor.

Zatege sa paralelnim žicama iz visokokvalitetnog čelika oblikuju se u tvornicama nakon čega se umeću u debelostijenske polietilenske cijevi. Nakon prednapinjanja, cijevi se ispune sa cementnim malterom ili specijalnim uljem (mastima).

Ovaj sistem je u punom razvoju radi čega nije opravdano da se daju detaljnije smjernice. Projektanti crpe uputstva iz najnovijih knjiga i stručnih članaka u kojima su detaljno obrađeni mostovi sa kosim zategama.

11. KONSTRUKTORSKI USLOVI ZA PROJEKTOVANJE MOSTOVA

11.1 Uvodni dio

Konstruktorski uslovi za projektovanje mostova bit će navedeni u logičnom redoslijedu koji nastaje u postupku koncepta, konstruisanja i projektovanja.

Konstruktorski uslovi omogućavaju savremene i ujednačene kriterije za projektovanje objekata koji mogu povoljno uticati na izgradnju, trajnost i održavanje.

Konstruktorski uslovi se u većini odnose na armiranobetonske i prednapregnute armirano-betonske gredne i okvirne sisteme objekata pošto se beton kao materijal za gredne i okvirne sisteme najviše upotrebljava.

Projektant ne smije osmisliti objekat po izmišljenim, nedovoljnim, nepotrebnim ili netačnim podlogama.

U tabeli 11.1 shematski je prikazano dvanaest koraka u postupku izrade idejnih projekata mostova.

Podloge za projektovanje i projektni zadatak obrađeni su u poglavlju 4. Ovdje se samo naglašava potreba, da projektant mora detaljno proučiti projektni zadatak i sve podloge za projektovanje. Projektant mora naznačiti sve uslove koji bistveno utiču na koncept i projektovanje objekta. Ako se dogodi da se u analizi, a kasnije i u aplikaciji podloga pojave neke nelogičnosti ili neusaglašenosti onda o tome mora blagovremeno obavijestiti investitora.

Ako koncept projekta i projektni zadatak dođu u pitanje zbog pogrešno preuzetih podataka i uslova iz podloga onda je saradnja investitora i projektanta obavezna kako bi uskladili sve promjene i podloge.

TABELA 11.1: Redoslijed aktivnosti na izradi idejnih projekta mostova

1	PODLOGE ZA PROJEKTOVANJE PS 1.2.1, POGLAVLJE 4.1 – 4.9	Definiše namjenu, lokaciju, opterećenje, gabarite i trajnost objekta.
2	PROJEKTNII ZADATAKPS 1.2.1, POGLAVLJE 4.10	<i>Urbanističko-prostorske, prometne, geometrijske, geodetske, geološko-geomehanske, hidrološko-hidrotehničke podloge.</i>
3	STUDIJA OSNOVNIH DISPOZICIJSKIH ELEMENATA PS 1.2.1, POGLAVLJE 5.6.7	Niveleta, poprečni nagib, gabariti pod i nad objektom, odnos između objekta i prometnice te objekta i prepreke.
4	STUDIJA MOGUĆIH SISTEMA I ODREĐIVANJE ODGOVARAJUĆEG NOSIVOG SISTEMA PS 1.2.1, POGLAVLJE 10	Gredni, okvirni, lučni, viseći, sa kosim zategama, statički sistemi nosive cjeline objekta.
5	- ANALIZA VARIJANTI IZABRANOG NOSIVNOG SISTEMA - IZBOR RASPONA I UKUPNE DUŽINE OBJEKTA	Kod jednog ili više izabranih statičkih sistema kombinuju se rasponi, ukupna dužina, položaj stubova.
6	IZBOR MATERIJALA ZA NOSIVU KONSTRUKCIJU OBJEKTA PS 1.2.1, POGLAVLJE 11	Armirani beton, prednapregnuti beton, čelik, spregnuti presjeci.
7	ANALIZA I IZBOR TEHNOLOGIJE GRAĐENJA PS 1.2.1, POGLAVLJE 13	Gradnja "in situ", montažno-monolitni postupci, montažna gradnja.
8	KONSTRUISANJE POPREČNOG PRESJEKA I RASPONSKE KONSTRUKCIJE PS 1.2.1, poglavlje 11.6	Odredi se zajedno sa izabranim materijalom (6), tehnologijom gradnje (7), sistemom i rasponom objekta (4) i (5).
9	- KONSTRUISANJE UPORNJAKA I STUBOVA - STUDIJA I DUBINE I VRSTE TEMELJENJA PS 1.2.1, poglavlje 11.7	Za položaj upornjaka i stubova koji je određen u (5) konstruišu se stubovi u zavisnosti od (6), (7) i (8) izabere se način i rješenje temeljenja.
10	STATIČKA ANALIZA NOSIVE KONSTRUKCIJE PS 1.2.1, poglavlje 12	Analiziruju se kritični presjeci rasponske konstrukcije, stubova, spoja temelja sa tlom i nosivost šipova.
11	- OPREMA MOSTA - RJEŠENJE VEZE IZMEĐU OBJEKTA I PROMETNICE - UREĐENJE PROSTORA UZ MOST PS 1.2.2 - PS 1.2.1	Izbor ležišta, dilatacija, hodnika za pješake, vijence, izolacije kolovoza, odvodnjavanja. Veza između objekta i tijela ceste. Uređenje prostora oko objekta.
12	- ANALIZA KOLIČINA I CIJENA ZA VARIJANTNA RJEŠENJA - IZBOR VARIJANTE	Analiza količina i cijena glavnih materijala za rasponsku konstrukciju i stubove (beton, armatura, kablovi, čelik, šipovi) bez opreme i drugih dijelova koji su isti kod svih varijanti.

11.2 Izbor nosivog sistema, analiza varijanti izabranog sistema, izbor raspona i ukupne dužine objekta

Pet osnovnih sistema mostova (gredni, okvirni, lučni, viseći i objekti sa kosim zategama) su obrađeni u poglavlju 10.

Na izbor nosivog sistema objekata utiču:

- morfologija (oblik i funkcija) prepreke, omjer između dužine i visine gabarita pod objektom
- geološko-geomehaničke karakteristike tla i uslovi temeljenja
- vrsta prometnice (autocesta, magistralna cesta, regionalna cesta, lokalna cesta, pješaci, željeznice, miješani promet) i geometrija (niveleta, trasa) prometnice
- podaci iz projektnog zadatka i podloga za projektovanje (urbanističko-prostorski uslovi, oblikovanje, hidrološko-hidrotehnički uslovi, meteorološki podaci, seizmologija)
- informacije o opremi i mogućim potencijalnim izvođačima, roku i vremenu izgradnje
- informacija o trenutnim cijenama i nabavci osnovnih materijala i opreme
- vlastita iskustva i informacije iz literature i sličnih već izgrađenih objekata.

Kod srednje velikih objekata u posebnim uslovima a naročito kod većih objekata, neophodna je izrada varijanti sa različitim nosivim sistemima.

Za već izabrani nosivi sistem ili kombinaciju sistema (grednog, okvirnog, lučnog ili sistema sa kosim zategama) uobičajeno je da se izrade dvije do tri varijante idejnih skica.

Kod velikih i značajnih mostova i vijadukata treba obavezno izraditi dvije do tri varijante idejnog projekta ili obezbijediti različita rješenja kroz objavu javnog anonimnog ili pozivnog natječaja.

Nakon određivanja konstrukcije i osnovnog nosivog statičkog sistema predstoji određivanje pojedinih raspona, njihovih međusobnih proporcija i ukupne dužine mosta.

Veličina i omjeri raspona određuju neposredno statičke količine, dimenzije presjeka i količine materijala. Kod grednih i

okvirnih rasponskih konstrukcija su veličine i broj raspona povezani sa omjerom cijene rasponske konstrukcije i cijene stubova objekta. U tabeli 11.2 prikazani su statički sistemi koji se preporučuju za gredne i okvirne sisteme.

Ukupna dužina mostova preko rijeke zavisi od otvora mosta koji je potreban za protok visokih voda.

Kod svih objekata mogu se, na osnovu analize i upoređenja cijene za 1 m objekta i 1 m nasipa, odrediti krajnje tačke objekta, a sa tim i ukupna dužina.

Visina krajnjih potpora varira između 5 i 10 m iznad terena.

Kod prometnica koje prolaze kroz naselja, obradive površine ili u blizini naselja treba dati prednost rješenjima sa dužim objektima. Visina nasipa ne treba biti veća od 5-7 m pošto isti postaju prepreka za daljnu urbanizaciju prostora.

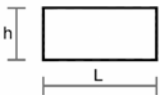
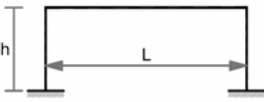
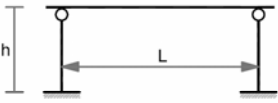
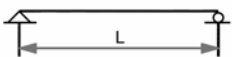
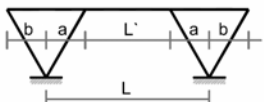
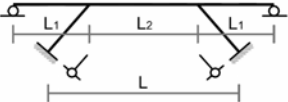
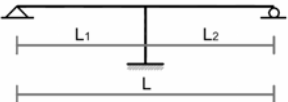
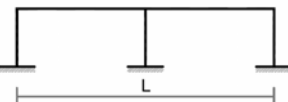
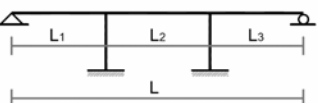
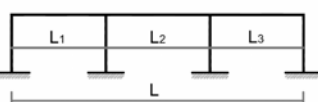
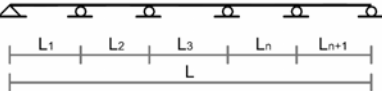
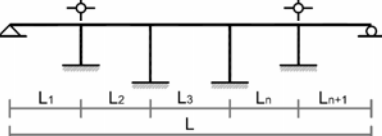
Kod profila sa strmim riječnim bregovima treba izbjegavati visoke krajnje stožce jer su skupe i nestabilne konstrukcije koje negativno utiču i na izgled objekta.

Sa odmicanjem krajnjih potpora od bregova rijeke stvara se mogućnost prolaza lokalnih cesta i staza ispod mosta, a istovremeno su radovi na temeljenju lakši i jeftiniji.

Za kvalitetno rješenje prelaza sa objekta na prometnicu potrebna je saradnja sa projektantom prometnice kako bi se riješilo pitanje gabarita, zidova, ograda, odvodnjavanja, rasvjete, signalizacije i redoslijeda izgradnje.

PREPORUČLJIVI STATIČKI SISTEMI GRADNIH I OKVIRNIH MOSTOVA

TABELA 11.2

STATIČKI SISTEM	NAZIV STATIČKOG SISTEMA OBJEKTA	MEJE RACIONALNIH RASPONA (L u m)	
		ARMIRANI BETON	PREDNAP. AR. BETON
1 	zatvoreni okvir	2 - 5 (8)	—
2 	otvoreni okvir	5 - 25	20 - 60
3 	okvir sa zglobovima na vrhu stubova	5 - 15 (20)	—
4 	nosač na dva oslonca	—	25 - 45
5 	okvir sa trouglastim stubovima sa zglobovima ili elastično uklješten	—	40 - 70
6 	semi okvirna konstrukcija sa tri raspona i kosim stubovima	20 - 35	40 - 150
7 	semi okvirna konstrukcija sa dva raspona	15 - 20	25 - 80
8 	okvirna konstrukcija sa dva raspona	15 - 25	25 - 80
9 	semi okvirna konstrukcija sa tri raspona	15 - 30	30 - 150
10 	okvirna konstrukcija sa tri raspona	15 - 30	30 - 60
11 	kontinuirana greda preko više puta	15 - 30	30 - 150
12 	okvirna konstrukcija sa više raspona	15 - 30	30 - 150

11.3 Optimiranje podupiranja konstrukcije

U izradi koncepta, kod projektovanja i konstruisanja objekata iz armiranog i prednapregnutog betona treba nastojati da se kod svih ili na većini stubova upotrijebi čvrsta homogena veza, naročito ako se radi o grednim ili okvirnim sistemima. Upotreba čvrste veze naročito je pogodna u slučajevima kada je uticaj deformacija, koje nastaju us temperature skupljanja, tečenja i prednapinjanja, približno iste utjecajima od upotrebe ležišta. Kod ovakve analize treba uzeti u obzir dužinu izvijanja stubova, što zavisi od usvojenog načina povezivanja. Upotreba kompjuterskih programa omogućava brzu i cjelovitu analizu različitih varijanti nosive konstrukcije sa željom da se izvrši promjena spoja između konstrukcije i pojedinih stubova.

Ako su neophodni zglobovi za vezu sa stubovima, onda prvo treba razmotriti upotrebu AB zglobova. Ako se ostvaruje veza između čelične ili spregnute konstrukcije sa AB stubovima, onda se upotrebljavaju čelični zglobovi. Sa upotrebom zglobova smanjuje se dužina izvijanja vitkih stubova, a sa time i uticaji na temelje.

Raspored ležišta, zglobova ili čvrstih veza na osloncima kod grednih i okvirnih objekata mora obezbijediti stabilnost, stalni položaj, deformabilnost u svim ravninama i pomjeranje u podužnom i poprečnom smjeru objekta. Što zavisi od dužine i širine objekta i upotrijebljenih materijala.

Povezivanje i/ili nalijeganje gornje konstrukcije na potpore zavisi od više faktora među kojima su najznačajniji:

- nosivi sistem objekta
- ukupna dužina objekta, broj i veličina raspona
- visina stubova
- dubina temeljenja, kvalitet nosivog tla i način temeljenja
- materijal gornje konstrukcije i potpora

Postoje tri načina nalijeganja i povezivanja gornje konstrukcije i potpora:

- čvrsto povezivanje,
- veza sa zglobovima
- linijske ili pojedinačne potpore sa ograničenim ili neograničenim deformacijama.

Čvrsta povezanost gornje konstrukcije i potpora

Čvrsta veza može se upotrijebiti kod svih potpora (krajnjih i srednjih). Izbor potpora koje će biti čvrsto povezane sa gornjom konstrukcijom, zavisi od više uslova.

Čvrsta veza preuzima momente savijanja i torzije, vertikalne i horizontalne sile u zavisnosti od omjera krutosti i prenosi ih preko stubova na temelj odnosno tlo.

Zglobno povezivanje ili zglobno podupiranje

U pogledu funkcije u konstrukciji objekta, razlikujemo:

- linijsko zglobno podupiranje
- zglobno podupiranje u svim smjerovima
- tačkasto, pojedinačno podupiranje

Zglobno linijsko podupiranje omogućava zasuk gornje konstrukcije u jednoj ravnini, a upotrebljava se za povezivanje krajnjih upornjaka kod mostova sa jednim rasponom te za povezivanje stubova kod kojih upotreba ležišta nije opravdana.

Kod grednih objekata sa većim rasponima poželjna je veza sa zglobovima na visokim stubovima jer se dužina izvijanja stubova smanjuje.

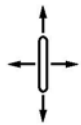
Zglobno podupiranje u svim smjerovima ili pojedinačno tačkasto podupiranje upotrebljava se u slučajevima u kojima se želi postići zasuk nosive konstrukcije u svim ravninama. Zglobna tačkasta ležišta su obično čelična.

Linijska ili tačkasta ležišta

Ležišta kao potpore rasponskih konstrukcija moraju obavljati tri osnovna zadatka:

- da preuzmu i prenose vertikalne i horizontalne reakcije iz gornje konstrukcije na stubove odnosno upornjake,
- da omoguće deformacije gornje konstrukcije,
- da omoguće dilatiranje gornje konstrukcije.

Za ispunjavanje ovih funkcija, konstruktor može upotrijebiti:

- I**
- nepomično ležište po dužini linije
 -  - pomično ležište po dužini linije u jednom smjeru
 -  - pomično ležište po dužini linije u dva smjera
 -  - tačkasto rotaciono nepomično ležište – zglobno podupiranje u svim smjerovima
 -  - tačkasto podupiranje pomično u jednom smjeru
 -  - tačkasto ležište pomično u svim smjerovima
 -  - elastično odbojna potpora (prigušivač) za amortizaciju udaraca koja nastaju od seizmičkih uticaja

Za izbor konstrukcije i proračun ležišta primjenjuje se posebna smjernica PS 1.2.6 Ležišta za mostove. Pored ove smjernice potrebno je uzeti u obzir i Evropske standarde za ležišta EN 1337-3-10 Structural bearings.

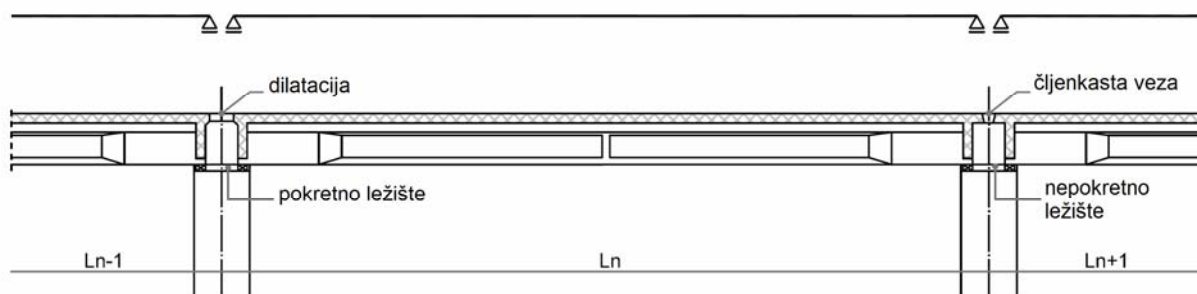
11.4 Integralni mostovi

Integralni mostovi su savremeni naziv za betonske mostove okvirnih konstrukcija bez dilatacija i ležišta. Izgradnja integralnih mostova je monolitna, dimenzije nosivih dijelova konstrukcije su robusnije. Oštećenja takvih mostova su manja jer su uklonjeni

glavni izvori oštećenja, područja nepovezanosti, dilatacije i zone ležišta. Troškovi održavanja su manji, a saobraćaj sigurniji. Okvirne konstrukcije u sebi sadrže sistemske rezerve u preraspodjeli opterećenja i statičkih uticaja. Pri koncipiranju integralnih mostova nisu poželjne dimenzijske disproporcije, jer se tako onemogućuje koncentracija napona i prslina. Za djelovanje konstrukcije mostova, koji brže propadaju, treba da se omogući njihova pouzdanost. Projektovanje mostova u skladu sa propisima i standardima, nije dovoljna garancija za dobar i trajan most. Potrebna je pravilna koncepcija, koja pored standarda uvažava iskustva savremene prakse i povratne informacije sa održavanja i upravljanja sa mostovima.

Integralni okvirni mostovi ne preporučuju se kod kosih konstrukcija, kada je ugao zakošenja manji od 30° i kod okvirnih konstrukcija veće dužine sa niskim krutim stubovima. Interakcija most-temeljno tlo je bitna komponenta deformacijskog i nosivog ponašanja integralne konstrukcije pa je potrebno sudjelovanje projektanta objekta i geomehničara pri određivanju realnih geomehaničkih parametara.

Veliki broj ranije izgrađenih mostova i vijadukata nisu poprečno povezani iznad oslonaca (slika 11.1). Relativno jednostavna i racionalna tehnologija proizvodnje i montaže glavnih nosača dužine 15-40 m upotrebljavana je u periodu od 1950 do 1990 godine. Dvadeset do trideset godina po izgradnji vidni su nedostaci tih konstrukcija, pojavila se oštećenja koja su zahtjevala njihovu rehabilitaciju.



Slika 11.1: Shema diskontinualnog mosta

U tehnički razvijenim evropskim državama i u Sloveniji došlo je do zabrane upotrebe diskontinualnih sistema mostova pa se projektuju i grade kontinualne rasponske konstrukcije sa dilatacijama samo na obalnim stubovima.

Integralni mostovi bez ležišta i dilatacija slijede savremenim trendovima u mostogradnji sa ciljem, da se grade trajniji mostovi i smanjuju troškovi gradnje i održavanja. Statički sistemi integralnih betonskih mostova su okvirne konstrukcije sa jednim ili više raspona, prikazani su u tabeli 11.2 (statički sistemi 1, 2, 5, 8, 10 i 12).

U praksi su najviše upotrebljeni 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 i više raspona ukupne dužine do 70 m.

Prednosti integralnih mostova su slijedeće:

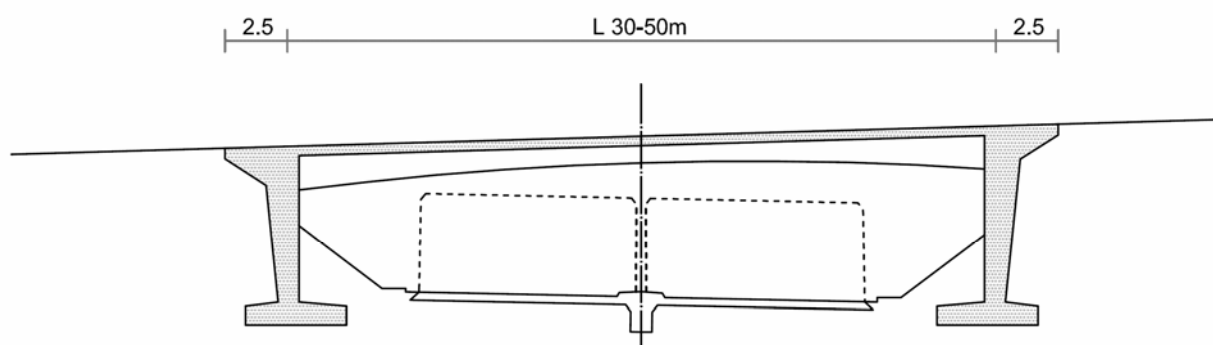
- manji troškovi izgradnje,
- manji troškovi održavanja i popravljanja pošto ovakvi mostovi nemaju elemenata koji zahtijevaju intenzivno održavanje,
- jednostavniji i brži tok građenja pošto nema ležišta i dilatacija koji zahtijevaju strogu toleranciju kod ugrađivanja sa tačnijim redoslijedom izvođenja radova na ugrađivanju,
- viši nivo usluge,
- trajno i od održavanja nezavisno sprečavanje direktnog dostupa soli do konstrukcijskih elemenata ispod kolovoza,
- smanjenje opasnosti od nejednakih slijeganja i odklona srednjih stubova,
- pouzdanje negativnih reakcija iz rasponske konstrukcije,

- kraći zadnji rasponi omogućavaju upotrebu većeg centralnog raspona kod konstrukcija sa tri raspona,
- veće rezerve u nosivosti radi mogućih preraspoređivanja uticaja u graničnom stanju nosivosti.

Veličina parazitnih uticaja u velikoj mjeri zavisi od geometrije objekta, omjeru krutosti između rasponske konstrukcije i potpora te krutosti temeljnog tla. Od značaja je primjena što realnijeg modeliranja krutosti objekta i temeljnog tla, sa čime se računskim modelom obuhvataju stvarna opterećenja. Ako se za krutost temeljnog tla primijeni mala vrijednost, onda će se podcijeniti usiljene statičke količine, koje nastaju kao posljedica temperaturnih promjena i prednaprezanja. Radi toga se kod integralnih mostova izvode odvojeni proračuni nastupajućih usiljenih statičkih količina, pri čemu se uzimaju u obzir gornje i donje granice karakteristika tla.

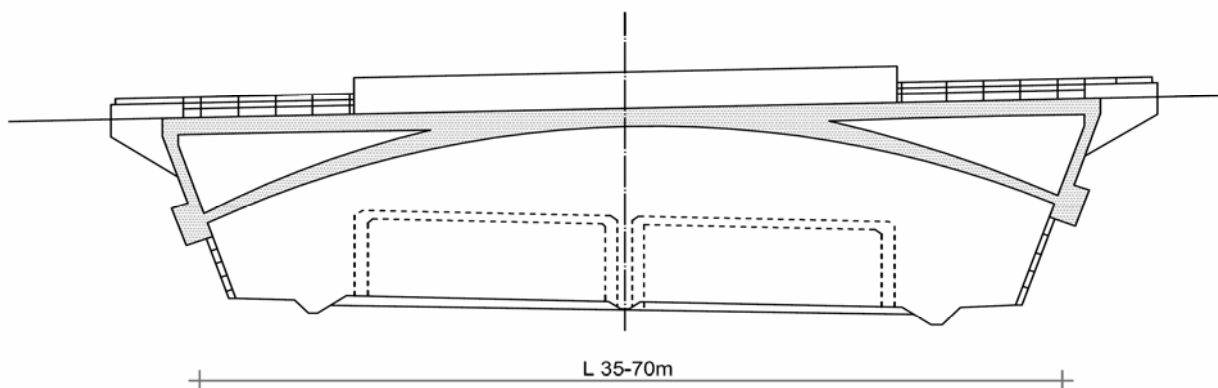
Izbjegavanje monolitnog povezivanja upornjaka i rasponske konstrukcije ima opravdanje kada se usiljene statičke količine, koje nastaju od mobiliziranog pritiska zemlje i jako krutog temeljenja, teško mogu ovladati i kontrolisati. Ako se sa rasponskom konstrukcijom monolitno povežu samo srednji stubovi, onda govorimo samo o semi-integralnom mostu.

Na slici 11.2 prikazana je shema prednapregnute armiranobetonske okvirne konstrukcije nadvožnjaka na autoputu sa rasponom 30-50 m. Karakteristično je proširenje na vrhu stubova sa čime se izbjegava kolizija armature okvira i zone sidranja kablova prečke.



Slika 11.2

Na slici 11.3 prikazana je shema integralne lučne konstrukcije nadvožnjaka sa lukom raspona 35 do 70 m.

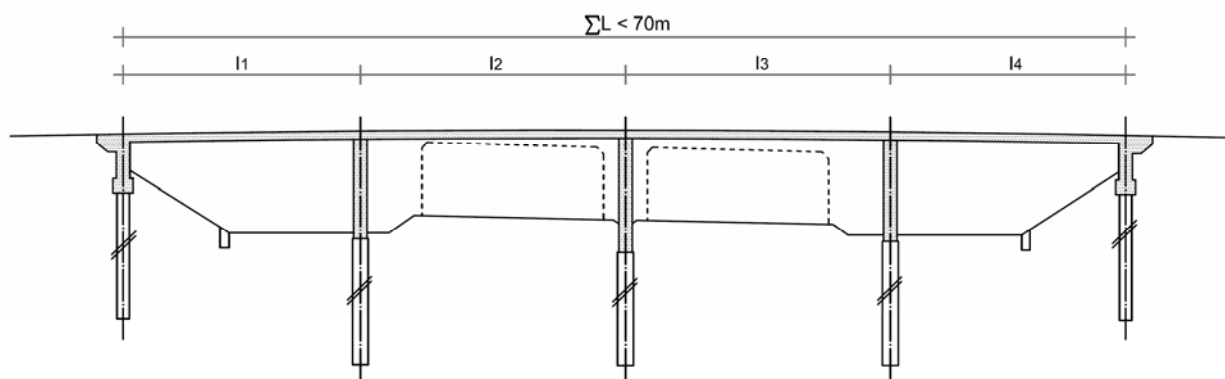


Slika 11.3

Na slici 11.4 prikazana je shema armiranobetonskih prednapetih integralnih okvirnih konstrukcija nadvožnjaka sa četiri raspona ukupne dužine do 70 m bez ležišta i dilatacija.

Na spoju prelazne ploče i konstrukcije predvidjeti spojnicu 1 – 2 cm, koja se zalije sa asfaltnom smjesom čime se sprečava pojava nekontrolisanih pukotina u asfaltu. Za objekte dužine 50-70m predvidjeti asfaltnu dilataciju.

Integralni mostovi u krivinama ugodnije reaguju na uticaje od temperature i skupljanja betona u poređenju sa mostovima u pravcu radi čega se mogu primijeniti integralne konstrukcije za mostove u krivinama veće dužine. Konstrukcije od visokovrijednih betona manje su osjetljive na sile nastale od reologije betona radi čega se mogu primjenjivati integralne konstrukcije većih dužina. Za prelaz sa mosta na trup puta potrebna su posebna rješenja za integralne mostove većih dužina, da ne bi došlo do oštećenja asfaltnog kolovoza.



Slika 11.4

11.5 Izbor materijala za nosive konstrukcije objekata

Nosive konstrukcije objekata mogu biti iz drveta, kamena, betona, čelika ili iz kombinacije ovih materijala (spregnuti presjeci). U praksi se najviše upotrebljavaju konstrukcije spregnute između betona i čelika ili betona različitog kvaliteta i starosti.

Do tridesetih godina dvadesetog stoljeća drvo se najviše upotrebljavalo za izgradnju mostova. Nakon tog perioda, beton i čelik su preuzeli primat i postali glavni materijal za izgradnju cestovnih objekata. Danas su drveni mostovi većinom samo za pješake i bicikliste. Umjesto drvenih greda, upotrebljavaju se lijepljeni nosači od drvenih lamela sa kojima se mogu premošćavati i veći rasponi.

Kamen kao nosivi materijal nije više konkurentan za izgradnju novih mostova. Kamen je bio glavni materijal za izgradnju mostova, vijadukata i akvadukata manjih, srednjih i većih raspona sve do 90 m.

Kamen se danas upotrebljava za obnovu, sanaciju i rekonstrukciju postojećih kamenih objekata i oblaganje betonskih površina. Prije upotrebe kamena za građevinski materijal, mora se projektant upoznati sa svim njegovim mehaničkim, petrografskim i drugim osobinama, načinu obrade i postupka zidanja i oblaganja. Sva navedena problematika obrađena je djelomično u smjernici PS 1.2.10.

Čelik se više od dva stoljeća upotrebljava kao nosivi materijal za mostove, a i danas je, pored betona, glavni materijal za gradnju mostova. Za rasponske konstrukcije objekata upotrebljava se konstrukcijski čelik sa granicom elastičnosti 220-230 N/mm². Oznake i osobine čelika definisane su u EC 3.

U građevinarstvu se najviše upotrebljava beton. Više od 80 % objekata za premoštavanje u svijetu izgrađeno je iz betona. Osnovni razlog velike upotrebe betona je u velikim rezervama sirovina, industrijalizaciji proizvodnje i ugrađivanja betona, relativno niskoj cijeni radne snage i sve uspješnijem sprezanju betona sa mekom i prednapetom armaturom.

Za nosive konstrukcije mostova treba upotrebljavati beton C 30/37 do C 50/60, u skladu sa EN 206-1.

Čelik za armirani beton prema EN 10080 podijeljen je u tri grupe – klase. Obični sa oznakom S220 i kvalitetni sa oznakama S400 i S500.

Za konstrukcije objekata poželjna je upotreba vodonepropusnih betona koji su otporni na kemijske i druge uticaje u skladu sa EN 206-1 (1996. god.).

Izolacija objekata koji se nalaze u podzemnoj vodi izvodi se sa ugrađivanjem izolacijskih slojeva ili sa izradom vodonepropusnog betona. Betonski elementi izrađeni iz vodonepropusnog betona, pored osnovne funkcije preuzimaju i funkciju zaptivanja. Prednosti se ogledaju i kroz tehnologiju i rokove izgradnje.

Za obezbjeđenje upotrebljivosti (vodonepropusnosti) konstrukcija ili njihovih

djelova, moraju se uzeti u obzir slijedeći bistveni zahtjevi:

- konstruktorski zahtjevi (ograničenje pukotina, radni spojevi, dilatacije, predviđena mjesta za pukotine)
- namjenski betonsko-tehnološki zahtjevi
- savjesna izvedba povezana sa dovoljno dugim njegovanjem svježeg betona.

Ako je upotrebljeno rješenje sa vodonepropusnim betonom, onda se moraju ograničiti pukotine od 0,25 na 0,20 mm, odnosno 0,1 mm za konstrukcije koje se nalaze u moru ili agresivnoj okolini.

Za potpore objekata treba upotrebljavati C 25/30 do C 40/50.

Za masivne krajnje potpore, temeljne pete i temeljne ploče treba upotrebljavati C 25/30.

Projektant ima priliku da se odluči o izboru materijala između armiranog betona, prednapregnutog armiranog betona i spregnutog presjeka čelik-beton.

Za raspona do 15 (20) m racionalna je upotreba armiranog betona.

Za raspona veće od 15 (20) m pa sve do raspona 60 m, najekonomičnija je upotreba armiranog prednapregnutog betona.

Za raspona veće od cca 60 m i u zavisnosti od niza drugih elemenata može biti ekonomičan i konkurentan spregnuti presjek čelik-beton.

Za raspona veće od 120 do 150 m, pored armiranog prednapregnutog i spregnutog presjeka, postaje konkurentan i čelični presjek sa ortotropnom kolovoznom pločom.

U analizi izbora materijala za gornje konstrukcije objekata, posebno kod većih i velikih raspona, treba uzeti u obzir i slijedeće parametre: vrijeme izgradnje objekta, lokaciju i uslove u kojima se objekat gradi te trajnost i troškove održavanja.

Za velike i značajne mostove i vijadukte moraju se raditi varijantna rješenja kako bi se izabrao najpogodniji materijal.

11.6 Analiza i izbor tehnologije građenja

Tehnologiju građenja gornje konstrukcije objekata određuje: materijal, veličina raspona, dužina (površina) objekta, geometrija ceste te morfologija i veličina prepreke.

Armiranobetonski cestovni objekti rade se samo uz pomoć nepomične čelične skele.

Prednapregnuti armiranobetonski objekti mogu se graditi po svim postupcima koji su prikazani u poglavlju 13. Ovo poglavlje daje samo osnovne – rubne informacije vezane za izbor tehnologije građenja, a znanje i iskustvo projektanta igra glavnu ulogu u konačnom izboru. Kod izbora savremenih tehnologija građenja većih objekata potrebno je uzeti u obzir raspoloživu opremu potencijalnih izvođača i opšte stanje na trgu građenja.

Prednapregnute armiranobetonske objekte raspona do 30 m i ukupne dužine do 150 m, posebno ako se radi o kosim i geometrijsko zahtjevnim objektima, mogu se racionalno graditi pomoću nepomične skele u jednoj ili više faza.

Za raspone 25 – 40 m i ako se objekat nalazi u pravcu konkurentna je tehnologija sa montažnim "T" nosačima sa monolitno spegnutom AB kolovoznom pločom.

Prednapete AB objekte sa rasponima većim od 30 m i sa dužinama od 150 do 800 m mogu se graditi sa različitim tehnologijama. Koja će biti upotrijebljena zavisi od više faktora koje je teško eksplicitno navoditi, ali su djelomično navedeni u poglavlju 13. Pravilan izbor postupka građenja predstavlja odlučujući element za postizanje konkurentnosti projekta određenog objekta.

Čelična konstrukcija spregnutih mostova se najčešće montira po postupku navlačenja. Kod raspona do 50 m čelična konstrukcija može sama preuzeti sve napone koji nastaju u fazi montaže. Kod raspona koji su veći od 50 m treba upotrijebiti čelični kljun ili pilon sa kosim zategama. Kolovozna ploča spregnutih presjeka betonira se "in situ" na nepomičnoj skeli ili pomičnoj prenosnoj oplati.

Čelične gornje konstrukcije objekata mogu se montirati sa naguravanjem pomoću kljuna ili piona s kosim zategama, odnosno po postupku slobodne konzolne gradnje uz mogućnost pristupa pod objektom ili po već izgrađenom dijelu objekta.

Postupke, koji će se primijeniti za izgradnju stubova, određuju visine, broj i presjek stubova.

Izbor postupka gradnje objekata oblika luka prikazan je u poglavlju 13.

Izbor postupka gradnje objekata sa kosim zategama je specifičan i zahtijeva detaljnu analizu skupa sa analizom cjelovitog

koncepta konstrukcije i izbora materijala poprečnog presjeka nosive grede.

11.7 Konstruisanje poprečnog presjeka objekta

11.7.1 Općenito

Za izabrani nosivi sistem, određene raspone i dužine, materijal i tehnologiju gradnje konstruiše se poprečni presjek gornje konstrukcije koji je najznačajniji element ukupne nosive konstrukcije objekta.

Sa konstruisanjem poprečnog presjeka ispunjavaju se uslovi geometrije ceste na objektu (širina, gabariti, poprečni nagibi), obezbjeđuje nosivost, upotrebljivost, sigurnost prometa i sistem odvodnjavanja meteorne vode.

Oblik i konstrukcija poprečnog presjeka značajno utiče na tehnologiju gradnje (važi takođe i suprotan odnos), uslove održavanja, rekonstrukcije i trajnosti objekta.

Kod konstruisanja poprečnog presjeka (u pogledu uslova održavanja, rehabilitacije i trajnosti) nisu dozvoljeni zatvoreni, nedostupni prostori kao i dijelovi presjeka na kojima se može zadržavati oborinska voda.

Konstruisanje poprečnih presjeka treba uskladiti sa odvodnjom i kanalizacijom mostova te opremom za održavanje u skladu sa smjernicama PS 1.2.5 i PS 1.2.11.

11.7.2 Poprečni presjeci armirano-betonskih i armiranobetonskih prednapregnutih mostova

U tabeli 11.3 prikazano je 5 poprečnih presjeka koji se preporučuju za upotrebu za gornju konstrukciju armiranobetonskih i prednapregnutih grednih i okvirnih sistema objekata. Ti presjeci imaju bistvene prednosti u gradnji, održavanju i ostvarivanju pretpostavke za veću trajnost objekata.

Kod pločastih presjeka debljina je ograničena na 100 cm (130 cm), a sa time i vlastita težina objekta. Slobodni rubovi – ivice mogu se konstruisati na tri načina u zavisnosti od debljine. Rasponi objekata su ograničeni na ca 20 m, odnosno 30 m za prednapregnute AB mostove.

Prostoležeće ploče u armiranom betonu izvode se do maksimalnog raspona 12 m, a ako se izvode iz prednapregnutog betona onda do ca 20 m.

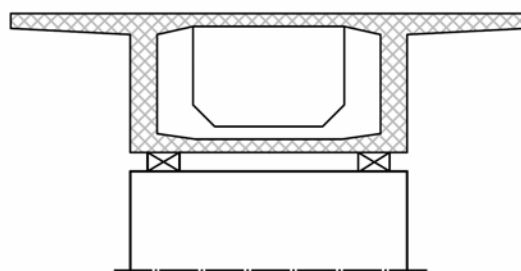
Široki pločasti trapezni nosači sa širinom "a" i međusobnim razmakom "2a" omogućavaju smanjenje vlastite težine za 30 do 40 % u odnosu na presjek sa punom pločom. Ovo smanjenje omogućava povećanje raspona do 25 m, odnosno 30 m za okvirne i kontinuirane sisteme. Za prostoležeće sisteme iz armiranog betona su racionalni rasponi do 15 m, a za prednapregnute do 25 m. Presjek je povoljan za kose mostove pošto elastične ploče između nosača ne prenose poprečne uticaje. Šupljine u presjeku mogu se koristiti za smještaj i vođenje instalacija kanalizacija i drugih potrebnih instalacija. Ploča između širokih trapeznih nosača mora biti deblja od 25 cm, a obično se izvodi bez vuta radi jednostavnije izrade oplata. Pločasti nosači moraju biti tako raspoređeni da cijevi za odvodnjavanje ne prolaze kroz nosače. Ako se radi o širim stazama za pješake onda se cijevi za kanalizaciju mogu ugraditi sa vanjske strane nosača.

Presjeci sa dva nosača i većom širinom razmatraju se kao klasični evoluirani presjek grednih AB mostova. Gradnja ovih sistema je mnogo jednostavnija, ako nema poprečnih nosača. Ako su širi glavni nosači povezani sa pločom debljine $d > 25$ cm onda su takvi sistemi nosivi u jednoj smjeri, a istovremeno mogu preuzeti torzijske uticaje koji nastaju od nesimetričnog opterećenja. Veća širina nosača u dnu (min. 100 cm) omogućava dobar raspored armature i kablova. Konzolni prepusti ne trebaju biti veći od 2,5 m. Cijevi slivnika ne smiju ugrožavati nosače. Ovaj presjek racionalan je za raspone do 30 odnosno 45 m kod kontinuiranih i okvirnih AB i prednapregnutih AB objekata. Ovakav presjek je manje pogodan za objekte u krivinama.

Sandučasti pravougaoni ili trapezni presjeci daju najpovoljnija rješenja za mostove i vijadukte u pravcu i krivinama i za raspone veće od 30 m. Na skici su prikazana ograničenja za minimalnu konstruktivnu visinu od 200 cm. koja obezbjeđuje prohodnost i bolje održavanje objekta. Pored visine, na skici su navedena i ograničenja za raspone konzole te debljinu ploče i rebara. Prednapinjanje u poprečnom smjeru nije poželjno. Od svih prikazanih presjeka, sandučasti presjek ima najmanju vanjsku površinu koja je izpostavljena atmosferskim uticajima što je važno za troškove održavanja. Sandučasti presjek je pogodan za upotrebu kablova izvan presjeka i predstavlja osnovni presjek za tehnologiju

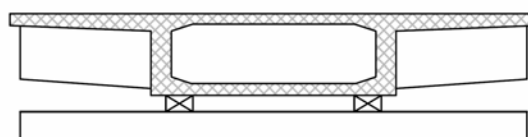
potiskivanja i slobodno konzolnu segmentnu gradnju.

Smanjena širina donje ploče omogućava smanjenje širine stubova i njihovo ljepše oblikovanje. Poprečni nosači se betoniraju samo iznad potpora, a oblikuju se kao ojačana rebra ili ojačana donja ploča s tim da kolovozna ploča zadržava istu debljinu (slika 11.5).



Slika 11.5

Poprečni nosači u poljima nisu potrebni. Kod krajnjih upornjaka treba produžiti poprečne nosače na dijelove presjeka ispod konzole (slika 11.6).



Slika 11.6

Poprečni presjek sa "n" T nosača, sa širokom gornjom nožicom (pasom) koji su adhezijski ili sa kablama prednapregnuti, racionalni su za raspone od 10 do 30 m. Gornja nožica ima funkciju oplata monolitne kolovozne ploče debljine veće od 20 cm. Poprečni nosači su samo iznad potpora. Sa poprečnim nosačima i monolitnom AB pločom ostvaruje se spregnuti kontinuirani sistem koji se, u toku eksploatacije, ponaša kao kontinuirana gredna i armirna konstrukcija. Kontinuitet se postiže sa mekom armaturom bez kablova za kontinuiranje. Nosač sa većom širinom rebra je stabilan i ostavlja dovoljno prostora za armaturu i kablove. Ovakav presjek se može upotrijebiti i za kose objekta za uglove zakašenja do 60° .

TABELA 11.3

TIP PRESJEKA	POPREČNI PRESJEK	Amirani beton		Prednapregnuti beton	
		Rasponi* Lu(m)	Konstr. visina $h_k=l/u$	Rasponi* Lu(m)	Konstr. visina $h_k=l/u$
Puna ploča i pločasti nosač		5-15(20)	$\sim \frac{1}{15}$	15-30	$\frac{1}{15-20}$
Široki nosači		10-25	$\sim \frac{1}{15}$	20-35	$\frac{1}{15-20}$
Presjek sa dva šira nosača bez poprečnih nosača		15-30	$\sim \frac{1}{12}$	25-45	$\frac{1}{14-16}$
Sandučasti presjek		25-35	$\sim \frac{1}{12}$	>30	$\frac{1}{12-20}$
Presjek sa mont. T nosačima spregnuti sa monolitom AB pločom		—	—	10-35	$\frac{1}{10-20}$

* kod kontinuiranih i okvirnih konstrukcija $l = l_0$ (razmak nultih tačaka)

Za kontinuirane i okvirne objekte sa promjenljivom višinom presjeka mogu se upotrijebiti i drugi omjeri raspona i konstruktivne visine uz obavezno dokazivanje deformacija i vibracija.

11.7.3 Poprečni presjeci spregnutih i čeličnih mostova

licu mjesta pred samu montažu. Montiraju se po tehnologiji navlačenja, dizalicom, Derrick kranom, brodskim ili auto dizalicama.

U tabeli 11.4 prikazani su savremeni karakteristični presjeci čeličnih i spregnutih grednih sistema za mostove.

Presjek 1 najviše se upotrebljava u Evropi za spregnute konstrukcije sa jednim ili više raspona i širine od 8 do 14 m. Presjek je racionalan i jednostavan za izradu i montažu. Visina glavnih nosača može biti konstantna ili promjenjiva u obliku krivine većeg radijusa, odnosno proporcionalno promjenjiva po pravcu. Kolovozna krstasto armirana ploča je povezana preko moždanika sa čeličnom konstrukcijom glavnih i poprečnih nosača. Ploča se betonira na licu mjesta.

Presjek 2 sa zatvorenim pravougaonim, trapeznim ili koritastim presjekom racionalan je za veće raspone i slučajeve kod kojih je potrebno više čelika u donjem pojasu. Krutost presjeka se postiže sa punim ili rešetkastim poprečnim okvirima. Ugodan je za mostove u krivinama sa manjim radijusom jer ima veliku torzijsku krutost. Može se izvoditi sa konstantnom ili promjenljivom visinom. Prefabrikovani segmenti dužine 5 do 10 m montiraju se na već izgrađeni dio konstrukcije po sistemu slobodne konzolne gradnje. Način gradnje zavisi od mogućnosti prilaza (voda, kopno) i upotrebljene opreme.

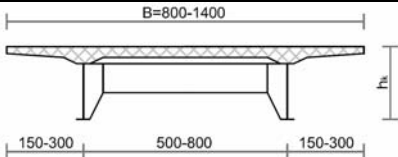
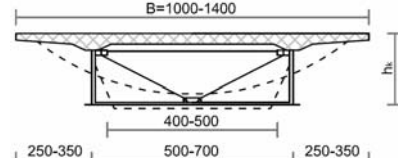
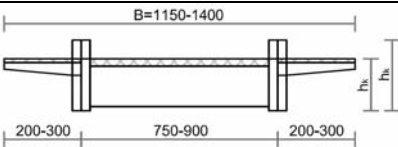
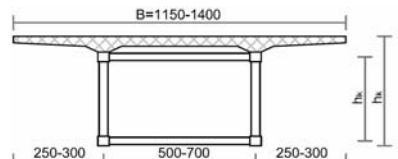
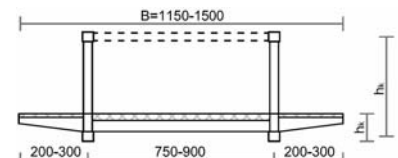
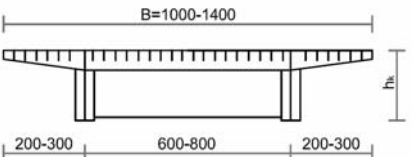
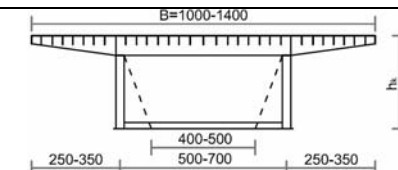
Presjek 3 ima spregnute spuštene kolovozne poprečne nosače. Upotrebljavaju se samo za mostove kod kojih je ograničena konstruktivna visina.

Presjek 4 sastoji se iz dva rešetkasta spregnuta čelična nosača sa pločom iznad gornjeg pojasa.

Presjek 5 ima spregnute kolovozne nosače. Rješenja sa spregnutim rešetkastim nosačima su još uvijek u razvoju. Upotrebljavaju se od početka osamdesetih godina pa dalje, najviše u Francuskoj i Nemačkoj. Pogodni su za željezničke i cestovne objekte velikih raspona kod kojih se zahtijeva velika krutost grede (značajna kod brzih željeznica).

Presjeci 6 i 7 su čelični otvoreni, sastavljeni iz dva glavna nosača odnosno iz sanduka i zatvoreni sa ortotropnom kolovoznom pločom. Racionalni su samo za velike odnosno najveće raspone. Njihova karakteristika ogleda se u maloj vlastitoj težini gornje konstrukcije i brzom izgradnji. Dijelovi poprečnog presjeka se sastavljaju na

TABELA 11.4: Karakteristični poprečni presjeci spregnutih (čelik-beton) i čeličnih objekata

Tip presjeka	Naziv presjeka mosta	SKICA POPREČNOG PRESJEKA	Raspon l (m) Visina h (m)		Neke važne osobine presjeka mostova i viadukata
			Grede sa jednim rasponom	Kont. konstrukcije	
1	Otvoreni spregnuti presjek sa dva glavna nosača		20 – 40 $\frac{L}{15 - 25}$	40 – 150 $\frac{L}{15-30 (45)}$	Za mostove i viadukte u pravcu i krivinama sa velikim radijem
2	Zatvoreni sandučasti spregnuti presjek		30 – 60 $\frac{L}{15 - 25}$	60 – 200 $\frac{L}{15-30 (45)}$	Za velike raspone i mostove i viadukte u krivinama
3	Čelični pločasti nosači sa upuštenim spregnutim kolovozom		20 – 50 $\frac{L}{15 - 25}$	50 – 100 $\frac{L}{15 - 30}$	Za mostove sa ograničenom konstruktivnom visinom
4	Presjek sa spregnutim rešetkastim nosačima		40 – 100 $\frac{L}{10 - 15}$	60 – 200 $\frac{L}{10 - 30}$	Za mostove i viadukte bez ograničene konstruktivne visine
5	Čelični otvoreni presjek sa spuštanim spregnutim kolovozom		40 – 80 $\frac{L}{10 - 15}$	60 – 150 $\frac{L}{10 - 30}$	Za cestovne i željezničke mostove sa ograničenom konstruktivnom visinom
6	Čelični otvoreni presjek sa ortotropnom kolovoznom pločom		50 – 80 $\frac{L}{15 - 25}$	100 – 250 $\frac{L}{15-30 (45)}$	Za mostove i viadukte velikih raspona u pravcu i blagim krivinama
7	Čelični sandučasti presjek sa ortotropnom kolovoznom pločom		50 – 100 $\frac{L}{15 - 25}$	100 – 300 $\frac{L}{15 - 30 (45)}$	Mostovi i viadukti najvećih raspona u pravcu i krivinama gdje se zahtijeva velika torzijska otpornost presjeka

11.8 Konstruktorski uslovi za potpore grednih i okvirnih sistema mostova

Oblik, konstrukcija i dimenzije potpora objekata određuju se na osnovu slijedećih parametara i njihovih međusobnih odnosa:

- nosivi sistem objekta (gredni, okvirni, lučni, viseći, sa zategama)
- morfologija i vrsta prepreke (vodna, suha, gradska prepreka)
- ukupna visina stubova i visina iznad terena
- dubina i osobine nosivog tla na kojima su fundirani stubovi objekata
- način podupiranja i spajanja gornje konstrukcije sa poduporama objekta i vrste upotrijebljenih ležišta
- broj i veličina raspona gornje konstrukcije objekta
- ukupna širina i konstruisanje poprečnog presjeka objekta
- izabrani položaj stubova u dispozicijskom rješenju objekta
- ugao križanja između ose objekta i ose prepreke
- omjer između horizontalnih i vertikalnih opterećenja koja djeluju na podupore
- upotrebljeni materijal i tehnologija izgradnje stubova
- upotrebljeni materijal i tehnologija izgradnje za gornju konstrukciju
- usklađenost rješenja stubova u pogledu na cjelokupan most – estetsko – oblikovalni uslovi
- vještina, znanje i iskustvo projekatara – konstruktora objekata.

Osnovne razlike u konstruisanju krajnjih i srednjih potpora proizilaze iz njihove funkcije. Krajnje podupore preuzimaju uticaje gornje konstrukcije, a istovremeno imaju i funkciju zatvaranja nasipa iza objekta. Istovremeno sa krajnjim potporama oblikuju se i krilni zidovi. Srednji stubovi preuzimaju uticaje gornje konstrukcije zbog čega nameću upotrebu konstrukcija simetričnih oblika.

Ukupna visina krajnjih potpora (visina od nivelete do dna temelja) treba da bude u granicama od 5 do 10 m, izuzeće do 15 m, a ukupna dužina, od osi potpore do kraja ukještenih krila, do 10 m.

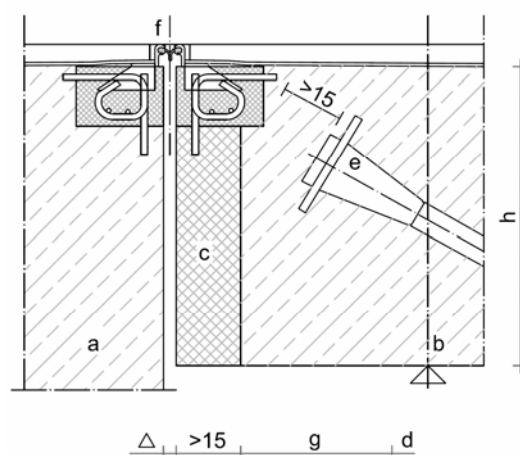
Na krajnjim potporama, na kojima su predviđene dilatacije, potrebno je izvesti kanal za montažu, odvodnjavanje i kontrolu dilatacije (kontrolna komora). Minimalna dimenzija kanala iznosi 80/150 cm, a izvodi se kod objekata kod kojih je dužina dilatirane gornje konstrukcije ≥ 100 m.

Kod gradskih objekata ili objekata na cestama kod kojih se očekuje veći broj različitih instalacija potrebno je iza upornjaka projektovati posebne komore za instalacije.

Kod konstruisanja upornjaka nisu poželjna konzolna krila duža od 6 m i kraća od 2 m. Svi ostali podaci vezani za konstruisanje krila navedeni su u smjernici PS 1.2.8.

Upornjak treba da se konstruiše tako da omogućava jednostavno ugrađivanje i zamjenu ležišta i dilatacija kao i dijelova iz sistema oborinske kanalizacije koja je priključena na upornjak.

Kraj armiranobetonske prednapregnute konstrukcije sa poprečnim presjekom ploče, nosača ili sandučastog presjeka mora prelaziti minimalno $h_k/3$ ili min. 60 cm za a. b. gornje konstrukcije odnosno min. 80-100 za a. b. prednapregnute gornje konstrukcije preko ose krajnje potpore. Otvor za ugrađivanje dilatacije (ako je potreban) mora biti udaljen najmanje 15 cm od glave kabla (slika 11.7).



- a – dilatacija
- b – kraj nosača
- c – zaštitni beton
- d – os podupiranja
- e – glava kabla (kotva)
- f – dilatacija
- g – preput preko ose potpore
min. 60 cm za arm. beton
min 80-100 za pred. beton

Slika 11.7

Konstrukcija unutrašnjih zidova upornjaka mora biti jednostavna sa čime se stvaraju normalni uslovi za ugrađivanje i zbijanje nasipa, filtera i betoniranja prelaznih ploča.

Srednji stubovi se mogu podijeliti u 6 grupa što zavisi od njihove namjene, oblika presjeka, tehnologije građenja gornje konstrukcije i visine. To su:

- masivni srednji stubovi u koritu rijeka,
- srednji stubovi koncipirani kao zidna platna
- srednji stubovi koncipirani kao platna sa kapom
- srednji stubovi sa okruglim ili zaobljenim koncentrisanim punim presjekom
- srednji stubovi sa okruglim ili koncentrisanim punim presjekom i kapom
- visoki stubovi sa olakšanjima

Kada i na koji način će projektant izabrati koncept srednjih stubova zavisi od pravilnog razumjevanja nabrojanih uslova.

Naglašavamo da su srednji stubovi najznačajniji elementi (uz poprečni presjek gornje konstrukcije) u konstrukciji objekta, koji omogućavaju projektantima da, uz ispunjenje funkcionalnih, statičkih i građevinskih uslova, ostvare dobro oblikovana rješenja koja istovremeno mogu imati elemente originalnosti.

Glave stubova prilagođavaju se poprečnom presjeku gornje konstrukcije te načinu podupiranja i povezivanja. Kod konstruisanja poprečnog presjeka gornje konstrukcije i glave stubova treba uzeti u obzir uticaje njihove podudarnosti.

Dno stubova prilagođava se izabranom načinu i dubini fundiranja.

Stubovi koji u poprečnom presjeku imaju otvore (štapli stubovi) su racionalni za visine veće od 20 m.

Kod stubova koji imaju zatvorene sandučaste presjeke treba predvidjeti otvore koji služe za ulaz i kontrolu te otvore za provjetranje. Detalji opreme za održavanje navedeni su u PS 1.2.11.

Kod masivnih riječnih stubova treba razmotriti smislenost upotrebe kamene obloge debljine 20 cm za zaštitu od agresivnih voda i abrazije.

Izbor dubine i načina fundiranja podpora zavisi od geološko-geomehaničkih uslova, a djelomično i od opremljenosti izvođača radova. Granica između plitkog i dubokog temeljenja je na dubini 6 m ispod površine terena.

Riječni stubovi moraju biti fundirani najmanje 2 m ispod kote dna riječnog korita s tim da mora biti 0,7 m u kompaktnom tlu. Krajnji stubovi moraju se fundirati minimalno 1,5 m ispod kote terena odnosno ispod kote dna riječnog korita i 0,5 m u čvrstom tlu.

Kada se za fundiranje, u tekućoj vodi ili kod podzemnih tokova, upotrebljavaju bušeni šipovi onda obavezno treba zaštititi kritičnu dužinu šipa sa čeličnom kolonom debljine 4-6 mm.

11.9 Minimalne dimenzije elemenata i zaštitni slojevi kod betonskih mostova

Jednostruko armirani presjeci bilo kog elementa nosive konstrukcije objekata moraju imati debljinu od 10 cm ili više.

Dvostruko armirani presjeci bilo koga elementa nosive konstrukcije objekta moraju imati debljinu od 20 cm ili više.

Dvostruko armirani prednapregnuti presjeci bilo kog elementa konstrukcije objekta moraju imati debljinu od 22 cm ili više (ako su cijevi kablova do 80 mm).

Kolovozne ploče objekata na cestama moraju imati minimalnu debljinu 22 cm bez obzira na veličinu raspona i vrstu statičkog sistema.

Krajevi konzola moraju imati minimalnu debljinu 22 cm bez obzira na tip poprečnog presjeka i veličinu raspona. Ova debljina se zahtijeva radi obezbjeđenja dobre veze sa armaturom vijenca.

Minimalna debljina rebara sandučastog presjeka cestovnih objekata mora biti 35 cm za visine ≤ 200 cm, odnosno 50 cm za visine rebara veće od 4 m (međuvrijednosti treba odrediti sa linearnom interpolacijom).

Minimalna debljina punih presjeka, zidova, srednjih stubova za objekte na cestama mora biti 60 cm.

Minimalni promjer okruglih ili koncentričnih presjeka srednjih stubova za objekte na cestama mora biti 80 cm.

Minimalna debljina svih elemenata armiranobetonskih krajnjih upornjaka za objekte na cestama mora biti 30 cm.

Minimalna debljina zidova sandučastih i razdvojenih presjeka za srednje stubove mora biti 30 cm.

Minimalna debljina temeljnih ploča na spoju sa potporama objekta mora biti 100 cm a ploča nad šipovima 150 cm.

Minimalne debljine zaštitnih slojeva betona za nosive elemente objekata na cestama su:

4,5 cm za vanjske površine presjeka
3,5 cm za unutrašnje površine presjeka
5,0 cm za dijelove potpora koji se nalaze u zemlji ili su zasute sa zemljom.

Minimalne debljine zaštitnih slojeva odnose se na debljinu betonskog sloja iznad armature koja je najbliža oplati.

Kod svih armiranobetonskih i prednapregnutih armiranobetonskih presjeka objekata moraju se odstraniti oštri rubovi. Dimenzije skinutih rubova su 2/2 cm. Ako su dimenzije skinutih rubova veće onda se mora prilagoditi geometrija uzengije ili poprečne armature.

Prekide betoniranja – radne spojeve, koji su neophodni iz tehnoloških razloga ili smanjenja štetnih posljedica skupljanja betona, treba predvidjeti u projektu objekta. Isto tako treba odrediti i način obrade ovih radnih spojeva.

11.10 Konstruktorski uslovi za armiranje

Za određivanje armature za armiranobetonske i prednapregnute armiranobetonske objekte važe sva pravila koja su definirana u EC 2 DIN Fachbericht 102 Betonbrücken. Ovdje ćemo dati samo neke dodatne uslove.

Sigurnu armiranobetonsku i prednapregnutu AB konstrukciju objekata moguće je ostvariti, ako je dovoljno, dobro i pravilno armirana. Ista količina armature, koja je ugrađena u AB konstrukciju, može sa većom sigurnošću preuzeti uticaje od osnovnih i dodatnih opterećenja i obezbijediti veću trajnost, ako je pravilno i stručno konstruisana i ugrađena.

Za izradu armaturnih nacrti koriste se ulazni podaci iz završnog dijela statičkog proračuna (skica sa položajem i presjekom armature).

Armiranobetonske konstrukcije objekta armiraju se u svim ravninama i smjerovima glavnih napona. Nijedno područje presjeka ne smije ostati nearmirano bez obzira na statičke uticaje. Objekti na cestama su izloženi dinamičkim opterećenjima kod kojih se smjer vremenskih uticaja (deformacija)

mijenja radi čega su svi slojevi presjeka ispostavljeni zatezanju sa pojavama pukotina.

U principu treba upotrebljavati tanje profile koji se ugrađuju na manjim međusobnim razmacima. U području napona na zatezanje moraju biti razmaci između profila manji od 15 cm, a u području napona na pritisak manji od 20 cm. Za glavne armiranobetonske nosače nisu poželjne armaturne palice koje su deblje od 28 mm i tanje od 10 mm. Kod armaturnih mreža moraju biti otvori mreže ≤ 15 cm, a promjer palica ≥ 8 mm.

Da bi se obezbijedila dobra gustoća betona, koja predstavlja osnovni uslov za trajnost, potrebno je ostaviti dovoljan razmak između palica kako bi se omogućio prolaz igle vibratora na potrebnim razmacima.

Kod glavnih nosača uzergije moraju biti zatvorene, a ako su otvorene onda moraju imati kuke. Produžavanje uzergija sa kapama nije dozvoljeno.

Na istim konstruktivnim elementima ne treba upotrebljavati više od 3 do 4 različita profila. Više profila nepotrebno otežava nabavku, krivljenje i montažu.

Oblik armature treba odabrati takav koji će biti jednostavan za krivljenje, transport i ugrađivanje.

Kod detaljnije obrade armature treba uzeti u obzir redoslijed ugrađivanja.

Poželjno je da se kod oblikovanja armaturnih koševa vodi računa o usklađenosti dimenzija i težina sa čime se povećava brzina ugrađivanja.

Kod stubova i drugih elemenata kod kojih su primarni naponi na pritisak mora biti uzdužna armatura obavijena sa uzergijama ili poprečnom armaturom koja je postavljena na stranu presjeka koji je bliži oplati.

Gornji slojevi armature, kod temeljnih ploča, kolovoznih ploča, pločastih presjeka gornje konstrukcije i drugih horizontalnih ili kosih elemenata, moraju imati nosače gornje armature. Promjer i broj nosača zavise od težine gornje armature.

Sa posebnim armaturnim palicama, koje su oblikovane u skladu sa presjekom elementa i njegovom funkcijom, omogućava se projektovani razmak između dvije ravnine

armature. Presjek i broj palica zavise od težine armature (približno 4 kom/m²).

Položaj armature ne smije ometati liniju kablova. Armatura se mora prilagoditi linijama kablova.

Palice koje se savijaju ne smiju prouzrokovati sile koje mogu ugrožavati zaštitni sloj betona.

Meka nenapeta armatura u velikoj mjeri utiče na pojavu, raspored i razvoj pukotina koje su granasto oblikovane. Radi sprečavanja ove pojave biraju se tanji profili na manjim međusobnim razmacima.

Kod armiranja sandučastih presjeka obavezna je upotreba zatvorenih uzergija koje se preklapaju na mjestima spoja donje ploče i rebra (donja ploča je obješena na rebro). Horizontalna armatura rebra određuje se prema mogućim uzdužnim naponima koji nastaju radi savijanja, torzije i usiljenosti (temperatura, skupljanje, nejednako slijevanje). Preporučuje se da uzergije rebra imaju tanje profile od 12 do 18 mm na međusobnom razmaku od 8 do 20 cm.

Kod armiranja bušenih šipova, minimalni procent armature iznosi 0,5 %, a maksimalni do 3 %. Uzergije, odnosno spirala treba da ima minimalni profil 12 mm za šipove do $\varnothing \geq 1000$ mm, odnosno 10 mm za $\varnothing < 1000$ mm. Razmak uzergija je ≤ 20 cm, dok je u zoni preklapanja i sidranja glavne armature ≤ 10 cm.

11.11 Konstruktorski uslovi za prednapenjanje AB cestovnih objekata

Odluka o izboru sistema prednapenjanja za AB prednapregnute cestovne objekte projektant donosi na osnovu tehničkih, konstruktorskih, ekonomskih i drugih uslova. Karakteristike sistema prednapenjanja su sastavni dijelovi statičkog proračuna, nacrti i detalja nosivih konstrukcija objekta.

Pored izabranog sistema treba projektant navesti još najmanje dva kompatibilna sistema za prednapenjanje sa čime se ostvaruje konkurencija na tržištu i olakšava postupak vezan za izbor sistema za koga se treba odlučiti izvođač radova.

Sa promjenom projektovanog sistema prednapenjanja mora se saglasiti projekant i investitor. Promjena mora biti pokrivena sa odgovarajućom statičkom analizom, detaljima i tehničkim izvještajem.

Sastavni dijelovi sistema za prednapenjanje su kablovi, kotve (za sidranje i prednapenjanje), kotve za nastavljjanje, prese za prednapenjanje, pumpe za injektiranje, masa za injektiranje i cijevi za kablove.

Za projektovanje i izgradnju AB cestovnih objekata pored važećih domaćih propisa upotrebljavaju se DIN Fachbericht 102 Beton brücken, ZTK-K88 sa svim pratećim dokumentima. Ovi konstruktorski uslovi definišu samo neke dodatne uslove.

Za prednapenjanje glavnih nosača gornjih konstrukcija treba upotrebljavati kablove sa silama prednapenjanja od 1000 do 5000 kN.

U jednom nosaču treba biti najmanje 3 kabla tako da u slučaju otkazivanja jednog kabla ne može doći do rušenja.

Prednapenjanje kolovozne ploče (uzdužno ili poprečno) u pravilu nije poželjno, a ako je neophodno onda kolovozna ploča mora biti debela min. 28 cm, a kablovi moraju biti ugrađeni u sredini presjeka.

Najmanja udaljenost od vanjske površine kabla do vanjske površine betona nosivog elementa objekta je 10 cm.

Nastavljanje kablova sa spojnica u pravilu treba izbjegavati. Umjesto spojnica upotrebljavaju se preklopi ili dugi kablovi u jednom komadu. U svakom presjeku nosivog elementa mora biti najmanje $\frac{1}{2}$ neprekinutih kablova.

Za korisno opterećenje preporučuje se upotreba kablova koji su van presjeka, posebno ako su u pitanju sandučasti presjeci.

U savremenoj mostogradnji, posebno kod većih i značajnijih objekata preporučuje se upotreba prednapenjanja bez sprežavanja (povezivanja). Ovakav način prednapenjanja omogućava potpunu antikorozijsku zaštitu kablova, mogućnost zamjene kablova, a ima i mnoge druge prednosti. Prednapregnuti AB objekti sa kablovima bez sprežavanja (povezivanja) su skuplji za 5 %, ali su troškovi održavanja manji.

Položaj kablova unutar presjeka, nosivih elemenata kod prednapređenih AB objekata, određuju nosači kablova. Nosači kablova su nezavisni od armaturnih koševa. Ugrađuju se na razmacima koji sprečavaju lokalne deformacije kablova (oko 1,0 m). Promjer armature za nosače kablova zavisi od težine kablova, a mora biti takav da

sprječava pojavu izvijanja (uklona) i deformacija (za visinu do 1,0 m iznad oplata $\varnothing 16$, a za visine veće od 1 m $\varnothing 20$ mm). Ostojanje nosača kablova od oplata reguliše se sa distancerima na isti način kao i kod armature. Kod nosača kablova mora biti zaštitni sloj isti kao i kod armature.

Svako rebro mora imati jedno vibracijsko mjesto. Više od tri kabla ne smiju se ugraditi bez vibracijskog mjesta.

Zabranjeno je vođenje kablova iz nosača u gornju ravan kolovozne ploče. Svi kablovi se završavaju na čelu nosača ili u unutrašnjosti presjeka.

Kraj nosača mora prelaziti najmanje 0,80 – 1,00 m preko osi podupiranja tako da mogu sile prednaprežanja manje utiču na unos potporne sile.

Horizontalne i vertikalne odklonske sile koje nastaju radi odklona linije kablova treba preuzeti sa posebnim uzergijama.

Radi unosa sile prednapenjanja treba predvidjeti posebnu armaturu za preuzimanje sile cijepanja u horizontalnoj i vertikalnoj ravni.

Djelomično prednapregnuti beton treba izbjegavati za glavne uzdužne nosače prednapregnutih AB objekata pri punim opterećenjima objekata. Konstrukcija mora biti u potpunosti prednapeta za stalno opterećenje. Djelomično prednapenjanje se dozvoljava u poprečnom smjeru.

Sve elemente opreme za prednapenjanje i sve faze u postupku prednapenjanja treba prekontrolisati:

- visokokvalitetni čelik i smjesu za injektiranje treba kontrolisati po odgovarajućim važećim propisima;
- kotve za sidranje i prednapenjanje kablova treba kontrolisati po nostrificiranom atestu sistema za prednapenjanje;
- kontrola cijevi vrši se uz upotrebu atesta proizvođača;
- prese treba kontrolisati po nostrificiranom atestu proizvođača prese (nosioca sistema za prednapenjanje) uz obaveznu kontrolu svakih 6 mjeseci;

Faza PZI svakog prednapregnutog AB objekta mora imati elaborat o prednapenjanju i injektiranju sa svim podacima u skladu sa važećim propisima.

Otvori i niše u kolovoznoj ploči, pa i one koje bi služile za prednapenjanje kablova, nisu dozvoljeni

Za prednapenjanje AB objekata mora se upotrijebiti čelik sa niskom relaksacijom koja iznosi 2,5 % gubitaka nakon 1000 sati, odnosno u konačnoj vrijednosti $3 \times 2,5 \% = 7,5 \%$ gubitaka od 500.000 sati. Bez obzira na certifikate proizvođača čelika, u projektima se mora uzeti u obzir vrijednost od 7,5 %.

Nivo iskorištenja čelika za prednapenjanje odnosno naponi u kablovima ne smiju biti veći od $0,7 f_{pk}$ (karakteristična vrijednost napona na zatezanje) po izvršenom prednapenjanju, odnosno $0,75 f_{pk}$ neposredno prije utiskivanja klina.

Za prednapenjanje objekata dozvoljava se upotreba čelika koji ima karakterističnu otpornost na zatezanje $f_{p0,2k}/f_{pk} = 1670/1860$ MN/m² pod uslovom da se u statičkom proračunu smije koristiti vrijednost $f_{p0,2k}/f_{pk} = 1570/1770$ MN/m² sve dok ne bude usvojena EN 10138.

Kod upotrebe svih sistema za prednapenjanje (BBR, Dywidag, P.H., Freyssinet) i drugi certificirani sistemi, mora se dokazati kompatibilnost svih sastavnih elemenata.

Kod nabavke visokovrijednog čelika i elemenata za prednapenjanje obavezno je, da proizvođač preda sve certifikate koji se zahtijevaju po važećim propisima u državi proizvođača.

11.12 Materijal, radionička izrada, montaža i antikorozijska zaštita spregnutih i čeličnih mostova

11.12.1 Uvod

Sve dok se inženjeri u ulozi investitora, projekatanta ili graditelja unapred opredjeljuju i specijaliziraju za materijale a ne za objekte, beton kao materijal masovnije upotrebe bit će u prednosti i u mostogradnji. Inženjer treba da realizuje najpodobniju konstrukciju, a materijal bira prema karakteristikama prepreke i uslovima tržišta.

Material za betonske konstrukcije ima velike prirodne resurse, a cijena rada je niža. Beton je u prednosti kod manjih i srednjih mostova, posebno kod izgradnje skupine objekata na novim saobraćajnicama.

Čelik u vidu spregnutog presjeka je u prednosti kod pojedinačnih mostova srednjih raspona, jer omogućuje brzu izgradnju bez učešća veće opreme i rada za gradilišta.

Za veće mostove samo varijantna, konkurentna rješenja daju pravo na prednost pojedinim materijalima ili sistemima.

Ako neka sredina želi održati konkurentnost materijala, mora brinuti da oba materijala imaju šansu za kontinuitet u poslu i očuvanje stručnih ljudi i referenci.

Zahvaljujući prednostima koje pružaju spregnute konstrukcije može se s sigurnošću očekivati njihov značaj razvoj i primjena u budućnosti uz sve oštriju konkurenciju sa AB prednapregnutim mostovima.

Izgledna i provjerena mogućnost ekonomskog poboljšanja kod mostova većih raspona sa dvojnim sprežanjem čine spregnute konstrukcije ekonomičnijim i za velike raspone.

Spregnute konstrukcije sa pločom kao krovom iznad čelične konstrukcije uz pravilnu odvodnju, izolaciju i dobru antikorozivnu zaštitu imaju manja konstruktorska oštećenja.

Čelične spregnute konstrukcije se jednostavnije saniraju, obnavljaju i zamjenjuju.

Izgradnja spregnute konstrukcije manje remeti prirodni ili urbani ambijent.

I dalje ostaju otvorena stručna pitanja poboljšanja tehnologije betoniranja kolovoznih ploča, prednapinjanja i optimalizacija debljine i oblika vertikalnih limova.

Putni mostovi sa spregnutim rasponskim konstrukcijama – čelik-beton su konkurentni (tehnički, ekonomski i po trajnosti) armirano betonskim i armirano-betonskim prednapetim za raspone veće od 20 m i za sve nosive sisteme.

Putni mostovi sa čeličnim rasponskim konstrukcijama su samo za velike raspone (rasponi veći od 150 m).

Projektiranje, konstruisanje i izgradnja oslonca mostova (obalnih i srednjih stubova) i njihovo temeljenje za mostove sa spregnutom ili čeličnom rasponskom konstrukcijom je u osnovi slično projektiranju oslonaca i temeljenja za betonske i a.b.

prednapete mostove. Prenos uticaja sa rasponske na potpornu konstrukciju je obično preko ležišta a u specifičnim uslovima preko zglobova i krute veze.

11.12.2 Osnovni čelični materijal i materijal spojnih srestava

Nosive rasponske čelične konstrukcije spregnutih i čeličnih mostova proizvode se od konstrukcionog čelika koji mora odgovarati važećim JUS C.B0.500 izdanje 1989. godine.

Izbor kvalitetne grupe materijala mora biti usaglašen sa namjenom objekta, prirodom opterećenja, naponskim stanjem, tipom presjeka nosive konstrukcije, uslovima eksploatacije i u skladu je sa JUS.U.E7.010. Izbor osnovnog čelika materijala iz 1988. godine.

Konstrukcioni čelik je definisan u poglavlju 3 Eurocode 3 Proračun čeličnih konstrukcija u skladu sa EN 10025.

Materijal naručuje, po pravilu, preduzeće koje proizvode čeličnu konstrukciju.

Za mostove, posebno željezničke, napregnute na zamor smije se primjeniti samo onaj materijal koji je direktno naručen kod željezare.

Prijemu materijala kod željezare mora biti, pored naručioca prisutan i odgovorni projektant mosta i prestavnici investitora.

Kod preuzimanja materijala mora biti predočeno svjedočanstvo o svim potrebnim hemijskim i mehaničkim ispitivanjima i dokazanom kvalitetu saglasno važećim standardima i zahtjevima iz projekta i ugovora o kupovini.

Rezultati ispitivanja moraju biti povezani sa šaržama proizvodnje uz istovremeno prisustvo svih zainteresovanih strana.

Zabranjuje se ugradnja dvoplastnih limova. Ispitivanje dvoplastnosti izvršiti u željezari kod preuzimanja materijala. Obim i postupak ispitivanja usaglasiti sa debljinom limova.

Materijal spojnih srestava (elektrode, žice za varenje, visokovrijedni vijci) uobičajeno je da temeljno kontroliše sam proizvođač. Investitor treba da zahtjeva ateste spojnih srestava.

Dodatni materijal – elektrode za elektrolučno zavarivanje moraju odgovarati JUS C.H3.010 i JUS C.H3.011.

Visokovrijedni vijci su klase čvrstoće 10.9 (prema standardu JUS M.B1.023), navrtke klase čvrstoće 10 (prema standardu JUS M.B1.028) i podloške klase čvrstoće prema standardu JUS M.B2.030.

Kontrola kvaliteta proizvoda pri isporuci sprovodi se prema standardu JUS M.B1.030.

Uz isporuku vv-vijaka proizvođač treba da dostavi i dokaz o veličini koeficijenta K.

Ne dozvoljava se ugradnja zavrtneva čija loza zadire u paket konstruktivnih elemenata.

Referentni JUS U.E7.140 je za vv-vijake (zavrtneve).

Zavrtnevi se u vezi ugradjuju kao prednapregnuti sa obradom A1 MgS tarnih površina u spoju. Za svaki zavrtanj mora biti ispunjen uslov $P_{zav} < F_p$ gdje je P_{zav} postignuta sila prednaprezanja, a F_p računsa sila prednaprezanja. Kod prednaprezanja preko momenta, atestom proizvođača zavrtneva za svaku dimenziju (prečnik) zavrtnja utvrđuje se odnos sila prednaprezanja – momenat. Alat kojim se zavrtnevi prednaprežu mora biti baždaren i snabdjeven odgovarajućim atestom. Izvođač radova na gradilištu mora imati instrument za kontrolu moment ključeva.

Materijal nabavljen kod proizvođača čelika mora: biti obilježen bojom u pogledu dimenzija; imati utisnut broj šarže i broj pozicije prema narudžbini. Preko ovakvih oznaka je jedino moguće uspostaviti vezu između naručenog materijala i atesta.

Izvođač radova ne smije da ugradi nikakav materijal bez odgovarajućeg atesta. Pri sečenju pojedinih pozicija iz nabavljenih većih dimenzija tabli lima, za sve pozicije koje obrazuju noseće dijelove konstrukcije, broj utisnute šarže i broj narudžbenske pozicije moraju se prenijeti i na pojedinačne pozicije. Iz montažnog dnevnika radova izvođača mora biti vidljivo koje su pozicije krojene iz jedne narudžbenske pozicije.

Sva evidencija o materijalu, počevši od nabavke do ugrađivanja, mora se uredno voditi i prilaže se kao dokument pri isporuci konstrukcije. Bez ovakvog dokumenta konstrukcija se ne smije preuzeti.

11.12.3 Radionička izrada i kontrola čeličnih konstrukcija za mostove

Čelične konstrukcije mostova mogu da izrađuju samo specijalizirane metaloprerađivačke firme, koje su registrovane za ovu vrstu posla i iza sebe imaju pozitivno radno iskustvo. Registracija firme podrazumijeva da ona raspolaže sa potrebnom opremom, kvalifikovanim radnom snagom i specijaliziranim stručnim kadrom.

Materijal za izradu čeličnih konstrukcija nabavlja se na osnovu specifikacija iz radioničkih nacrti i kataloga proizvođača. Nabavljeni materijal mora imati ateste o kvalitetu povezane sa šaržom (serijom proizvodnje) u valjaonici. U dijelu pripreme materijal se siječe i kroji prema zahtjevima radioničkih nacrti uz obaveznu i pravovremenu kontrolu prije okrupnjavanja. Proces proizvodnje čeličnih konstrukcija teče u skladu sa nivoom opremljenosti radionice i stepenom složenosti konstrukcije.

Prije radioničke izrade čeličnih konstrukcija mostova rade se elaborati o tehnologiji zavarivanja i tehnologiji bravarskih radova koji su povezani sa radioničkim nacrtima i uslovima iz glavnog projekta mosta.

Za radioničku izradu teških čeličnih konstrukcija u koje spadaju mostovi povoljnije su jednobrodne hale većih raspona sa kranovima nosivosti i do 500 kN, koji su potrebni radi formiranja sklopnih segmenata, probne montaže i utovara.

Tvornice čeličnih konstrukcija treba da imaju organizovanu vlastitu internu kontrolu proizvodnje, sa vlastitom opremom i laboratorijama za kontrolu mehaničkih i hemijskih osobina materijala, kontrolu postupaka spajanja (varenja) i kontrolu gotovih spojeva. U nedostatku vlastite opreme, posebno za radiografsku kontrolu, manje tvornice se povezuju sa specijaliziranim institucijama za kontrolu čeličnih konstrukcija.

Kvalitet čelične konstrukcije u radioničkoj izradi obezbjeđuje se kroz "Osnovni program kontrole radioničke izrade čeličnih konstrukcija", a čine ga sljedeći dijelovi:

- priprema za kontrolu,
- izvršenje kontrole,
- izrada elaborata o izvršenoj kontroli.

Pripremu za kontrolu čine:

- upoznavanje sa ugovornom i projektnom dokumentacijom,
- kontrola usaglašenosti tehničke dokumentacije sa važećim propisima, normama i standardima,
- obilazak proizvodnih pogona i ocjena opremljenosti, kadrovske strukture, te pregled atesta varilaca, mašina i svjedočanstva o sposobnosti firme,
- upoznavanje sa unutrašnjom kontrolom kvaliteta u tvornici,
- izrada programa kontrole.

Izvršenje kontrole čine:

- kontrola kvaliteta osnovnog i dodatnih materijala i načina njihovog uskladištenja,
- međufazna kontrola radioničke izrade,
- završna kontrola neobojene čelične konstrukcije,
- konačna kontrola gotove čelične konstrukcije.

Kontrola zavarenih spojeva

Ugaoni šavovi moraju se izvesti dimenzija prema projektnoj dokumentaciji. Proizvođač je dužan da kontroliše sve ugaone šavove po kvantitetu (dimenzijama) i kvalitetu.

Kvalitativna kontrola se može obavljati vizuelnim putem (lupama) ili "Difuterom" postupkom – penetrirajućim bojama. Rezultati kontrole moraju se konstatovati pismeno.

Sučeonni spojevi elemenata rade se prema važećim tehničkim propisima (specijalnog kvaliteta).

Kontrola kvaliteta sučeonih spojeva, u načelu, odvija se radiografskim putem. Dozvoljena ocjena šavova kreće se od 1 – 3. Šavovi ocjenjeni ocjenom 4 moraju se popravljati, šavovi ocjene 5 se odbacuju kao nepodobni.

Sječene ivice lamela moraju biti brušenjem dotjerane i ivice "oborene".

Zavareni elementi moraju, poslije zavarivanja, imati projektovani oblik i ravne površine.

Ocjene šavova se odredjuju prema upustvima Internacionalnog instituta za zavarivanje (IIW). Rezultati kontrole moraju se obuhvatiti posebnim elaboratom.

Rupe za visokovrijedne zavrtnjeve moraju se bušiti a ne probijati.

Loze zavrtnjeva ne smiju zadirati u paket konstruktivnih elemenata. Naručivati dužine zavrtnjeva za svaku vezu posebno, prema debljini paketa konstruktivnih elemenata.

Izvođač obavezno pravi specifikaciju veznog materijala.

Izrada elaborata o izvršenoj kontroli

- opšti dio (opis konstrukcije, podaci o projektu, proizvođaču, načinu izrade, specifikacija, spisak dokumenata o kontroli),
- dokaz kvaliteta (atestna i kontrolna dokumentacija).

Isporuka čelične konstrukcije

Proizvođač čelične konstrukcije mora da obilježi krupnim oznakama sve sklopove, nastavke i spojeve prije isporuke konstrukcije. Ove oznake moraju odgovarati oznakama iz projektna dokumentacije i služe za kasniju pravilnu montažu konstrukcije na gradilištu.

Konstrukcije na gradilištu

Uz isporučenu čeličnu konstrukciju, izvođač radova isporučuje i spojna srestva potrebna za montažu. Spojna srestva moraju biti uredno upakovana u čvrstu embalažu, sortirana po vrsti i dimenzijama.

Otpremanje gotove konstrukcije na gradilišta može se izvršiti tek nakon obavljene probne montaže u krugu radionice i pošto se nadzorni organ uvjeri da je konstrukcija u svemu izradjena prema projektnoj dokumentaciji i važećim propisima i standardima (tačka 1 ovih uslova) i snabdjevena pratećom dokumentacijom.

Nadzorni organ daje dozvolu za otpremanje konstrukcije u pismenoj formi.

11.12.4 Montaža čeličnih mostova

Montaža čeličnih mostova mora se obaviti u skladu sa "Pravilnikom o tehničkim mjerama i uslovima za montažu čeličnih konstrukcija" (Službeni list SFRJ br. 29 iz 1970 g.).

Pravilnik obrađuje sljedeća poglavlja:

- I Opšte odredbe
- II Projekat za montažu čeličnih konstrukcija
- III Priprema gradilišta za izvođenje radova na montaži
- IV Kontrola i prijem čeličnih konstrukcija u radionici, transport i skladištenje
- V Pripremni radovi za montažu čeličnih konstrukcija
- VI Montaža čeličnih konstrukcija
- VII Montaža različitih vrsta čeličnih konstrukcija

- VIII Zaštita od korozije čeličnih konstrukcija pri montaži
- IX Tehnički pregled i ispitivanje čeličnih konstrukcija
- X Prijem čeličnih konstrukcija poslije završene montaže
- XI Obračun izvršenih radova

Prije radova na montaži, a posebno prije izrade projekta montaže, treba detaljno proučiti ovaj pravilnik.

Projekat montaže rade diplomirani inženjeri građevinarstva – konstruktivnog smjera i diplomirani inženjeri mašinstva, uz konsultaciju sa inženjerom zaštite na radu.

Gotov projekt mora biti prihvaćen i ovjeren od strane investitora i odgovornog projektanta mosta.

U toku koncipiranja rješenja, idejnog i glavnog projekta mosta, projektant sagledava način montaže čelične konstrukcije i time obezbjeđuje realnost i ekonomičnost njegove izvedbe. Projekti mostova sadrže sheme, opise i bitne dijelove statičke kontrole pretpostavljenog načina montaže. Ako se unaprijed zna izvođač radova na montaži treba ga uključiti i konsultovati još u toku koncipiranja i izrade projekta mosta.

Projektovanje i izvođenje radova na montaži čeličnih konstrukcija mostova je složen i odgovoren posao, koji je često životna specijalizacija građevinskih i mašinskih inženjera – konstruktora.

U duhu citiranog pravilnika kroz projekt montaže obrađuju se sva tehnička, konstruktivna, statička, organizaciona i sporna pitanja procesa montaže.

U zavisnosti od veličine i složenosti čelične konstrukcije, morfologije prepreke, uslova transporta i dopreme na obje obale (strane), raspoložive opreme i obučenosti izvođača, razlikujemo sljedeće glavne načine montaže čeličnih rasponskih konstrukcija mostova:

- montaža navlačenjem sa čela,
- montaža sa autodizalicama ili dizalicama sa plovniha objekata, sa specijalnih vagona – dizalica
- montaža sa kabl-kranom
- montaža postupkom slobodne konzolne gradnje,
- montaža postupkom bočnog prevlačenja,
- montaža kombinovanim i specifičnim načinima.

Montažu čeličnih konstrukcija može da vrši samo specijalizovana organizacija, koja ima dovoljan broj stručnog kadra, potrebnu

mehanizaciju, alat. Prije preuzimanja radova, izvođač montaže mora dokazati svoju podobnost.

Proizvođač čelične konstrukcije ostaje u obavezi da sve nedostatke i eventualna neslaganja koja se otkriju za vrijeme montaže, a za koja se utvrdi da potiču njegovom greškom, otkloni o svom trošku u najkraćem roku.

Tokom radova na montaži čelične konstrukcije, izvođač mora poštovati i sprovoditi u djelo sve važeće propise, pravilnike i standarde.

Prije početka radova, izvođač montaže se mora detaljno upoznati sa osobenostima konstrukcije, a zatim izraditi projekt montaže. Projekt montaže mora dobiti saglasnost nadzornog organa investitora i projektanta.

Projekat montaže mora pored ostalog, da sadrži:

- redosljed ugrađivanja podsklopova i sklopova (segmenata),
- spisak potrebnog alata i mehanizacije,
- spisak potrebne radne snage,
- vremenski plan montaže

Pri izradi projekta montaže, redosljed ugrađivanja pojedinih sklopova mora biti u skladu sa načelom, da je:

- ugrađeni dio konstrukcije uvijek stabilan
- omogućena montaža opreme postrojenja mosta,

Izvođač radova na montaži organizuje svoju kontrolnu službu, koja provjerava:

- dosljednost u sprovođenju usvojenog projekta montaže konstrukcije
- pravilnost montaže konstrukcije
- sprovođenje mjera zaštite na radu

Nadzorni organ investitora obavlja nadzor nad montažom čeličnih konstrukcija.

Izvođač montažnih radova mora obezbjeđiti nadzornom organu kancelarijski prostor i staviti mu na raspolaganje potreban broj radnika i alata za provjeru ispravnosti ugrađene konstrukcije.

11.12.5 Antikoroziorna zaštita čeličnih mostova

Antikoroziorna zaštita čeličnih konstrukcija mostova obavlja se u skladu sa Pravilnikom o tehničkim mjerama i uvjetima za zaštitu čeličnih konstrukcija od korozije (Službeni list SFRJ br. 32/70) koji sadrži:

- opšte odredbe,
- izgradnja čeličnih konstrukcija sa gledišta zaštite od korozije,

- priprema površina čelične konstrukcije za zaštitu od korozije,
- vrste zaštite od korozije
- sistemi zaštite od korozije,
- kontrola izvođenja i prijem radova na zaštiti od korozije,
- održavanje zaštite od korozije.

Projektom čelične konstrukcije mosta treba odrediti:

- način pripreme površina za antikorozijsku zaštitu,
- broj premaza, debljina premaza i kvalitet osnovnih i zaštitnih premaza,
- vrsta boje i uslovi za obavljanje radova na antikorozijskoj zaštiti.

Za čelične konstrukcije mostova propisuje se priprema sa pjeskarenjem koje se mjeri prema švedskoj skali SIS 05.59000. Obavezan je prijem pjeskarene površine prije nanošenja osnovnog premaza. Debljina pojedinih slojeva osnovnih i zaštitnih premaza određuje se brojem mikrometara (mkm) koji se kreću od 30 – 200 mkm u zavisnosti od vrste boje, agresivnosti sredine i vrste konstrukcije. Projektanti čeličnih mostova treba da prate razvoj tehnologije antikorozijskih srestava i načina zaštite i da ih primjenjuju za zaštitu mostova.

Za ispravnu antikorozijsku zaštitu većih i značajnijih čeličnih mostova investitor izrađuje, putem specijalizovanih instituta, posebne elaborate u kojima se ispravno rješavaju sva tehničko-tehnološka pitanja.

U ovom periodu dobra antikorozijska zaštita postiže se sa temeljnim bojama na bazi epoksi cinka i završnih premaza na bazi hlorkaučuka, odnosno na epoksi katranskoj bazi, ako su u pitanju zatvorene unutrašnje površine.

Zaštita čelične konstrukcije od korozije započinje u radionici i sastoji se:

- priprema površine
- nanošenje prvog osnovnog premaza

Priprema površine čelične konstrukcije mora odgovarati odredbama pravilnika.

Po pravilu izvodi se mlazom abraziva do kvaliteta 2 1/2 SIS 053900. Priprema, u zavisnosti od opremljenosti radionice, može se izvoditi neposredno prije ulaska materijala u radionicu i po završetku izrade radioničkog sklopa.

Poslije čišćenja i otprašivanja, površine čeličnih elemenata moraju se zaštititi bilo prethodnom zaštitom ili odmah prvim

osnovnim zaštitnim premazom, a najdalje u roku od 8 sati.

Prilikom montaže čelične konstrukcije voditi računa da površine koje se pokrivaju podvezicama dobiju predhodno i 2-gi osnovni premaz, kako bi svi dijelovi namontirane konstrukcije imali isti stepen zaštite.

Gornja površina ortotropne ploče sandučastog presjeka koja je u kontaktu sa asfaltom ima poseban tretman kod antikorozijske zaštite.

U toku radioničke izrade i montaže čelične konstrukcije ova površina štiti se prajnerom (npr. protektan) koji ne utiče na kvalitet varova a ima sposobnost da preventivno štiti ovu površinu u periodu radova u tvornici i na montaži (period od 6 mjeseci). Nakon montaže čelične konstrukcije cjelovito formirana gornja ploha čeličnog sandučastog presjeka, priprema se i antikorozijski štiti na sljedeći način:

- priprema površine – pjeskarenje mlazom abraziva (npr. kvarcni pijesak) do stepena Sa 2,5 po švedskom standardu SIS 05 5900 1967
- otprašivanje i usisavanjem ili otprašivanje komprimiranim zrakom;
- nanošenje temeljnog sloja i zaštitnog sloja dvokomponentnog premaza na bazi epoksi katranske smole (ili drugih dvokomponentnih premaza na bazi epoksi smole) ukupne debljine 250 mikrona. Temeljni sloj se mora nanijeti u roku od dva sata od završenog pjeskarenja pri temperaturama od +10° do +30° po suhom vremenu.

Fizičko-termičke i mehaničke osobine premaznog srestva moraju odgovarati JUS H.C8.050, ASTM D.968-51, DIN 53154.

Prije početka radova neophodno je izvršiti laboratorijska ispitivanja odabranog srestva zaštite i dobiti odgovarajuća uvjerenja kompetentnih instituta iz te oblasti.

Iznad zaštitnog premaza polaže se sloj tvrdolivenog asfalta debljine 30 mm, koji ne smije da ošteti izolaciju, odnosno AKZ gornje površine ortotropne ploče.

11.13 Konstruktorski uslovi za opremu cestovnih objekata

U opremu objekata spadaju: ležišta i zglobovi, dilatacije rasponskih konstrukcija, prelazne ploče, ograde, hidroizolacija, asfaltni kolovoz, odvodnjavanje i kanalizacija,

ivični vijenci, ivičnjaci, hodnici, komunalne instalacije i oprema za održavanje.

Dio opreme objekata su i elementi za uređenje prostora na spoju trupa ceste i objekta (zaključci, berme, nasipni stožci, oblaganje pokosa, stepenice, kanalete) koji su obrađeni u PS 1.2.8.

Opremu objekata čine svi neophodni dijelovi, koji od konstrukcije naprave objekat za premošćavanje.

Sadržaj i rješenje opreme objekta zavisi od namjene, veličine, lokacije, kategorije ceste, materijala i od niza drugih okolnosti.

Oprema objekata projektuje se, kontroliše i aplicira u saglasnosti sa smjernicama i detaljima koji su obrađeni u PS 1.2.2. do PS 1.2.8 i PS 1.2.10.

Da bi se postigao projektovani vijek trajanja objekta od 80 do 120 godina mora se definisati vijek trajanja, način održavanja i način zamjene svih dijelova opreme objekta. Projektanti i konstruktori objekata moraju izračunati, odrediti i definisati sve uslove i podatke za nabavku ili izradu u saglasnosti sa navedenim smjernicama te dodatnim uslovima i podacima, ako smatraju da smjernice nisu dovoljne.

Kod konstruisanja i izbora opreme za objekte na autocestama imaju prednost ona rješenja koja ne predviđaju veća ograničenja u prometu, a istovremeno omogućavaju jednostavnu i brzu zamjenu.

Objekte na cestama nižeg ranga (ne kategorisane ceste, lokalne i regionalne ceste) mogu je izgraditi bez nekih elemenata opreme (prelazne ploče, ležišta, dilatacije, kanalizacija) što zavisi od namjene, veličine, lokacije i drugih okolnosti.

11.14 Pokazatelji troškova osnovnih materijala na m² površine objekta

Površina objekta predstavlja umnožak ukupne dužine i širine objekta koji su definisani po tački 3 Značanje izraza.

Pokazatelji troškova materijala prikazuju se na kraju tehničkog izvještaja PZI faze objekta, a imaju višestruku namjenu. Služe za kontrolu realnih troškova za konkretni objekat, za upoređenje sa sličnim projektima i za ocjenu troškova materijala za objekte koji se planiraju za gradnju.

Tabela 11.5 sadrži podatke za beton svih marki, oplatu, betonski čelik svih profila i kvaliteta te za kablove za prednapinjanje koji su iz visokokvalitetnog čelika.

Upoređenje potrošnje materijala na 1 m² površine objekta i upoređenje cijena na 1 m² mogu se sprovesti u realnim okvirima samo za slične kategorije objekata.

Međusobna poređenja mogu se sprovesti za:

- **propuste, podvoze**
uobičajenih raspona 2 – 10 m
- **nadvoze**
uobičajenih raspona 15 – 30 m
- **mostove**
manjih raspona 10 – 20 m
srednjih raspona 20 – 40 m
većih raspona 40 – 80 m
velikih raspona preko 80 m
- **vijadukte**
raspona do 30 m, visine do 30 m
raspona 30-50 m, visine do 50m
raspona 50-80 m, visine do 80m
raspona nad 80 m, visine nad 80 m

TABELA 11.5: Potrošnja materijala na m² objekta:

Dio konstrukcije	Beton m ³ /m ²	Oplata m ² /m ²	Armatura kg/m ² mosta kg/m ³ betona	Kablovi kg/m ² mosta kg/m ² betona
Potpore sa temeljima objekata	m ³ /m ²	m ² /m ²	kg/m ² kg/m ³	- -
Gornja konstrukcija objekata	m ³ /m ²	m ² /m ²	kg/m ² kg/m ³	kg/m ² kg/m ³
Ukupno za objekat	m ³ /m ²	m ² /m ²	kg/m ²	kg/m ²

12. STATIČKI PRORAČUN (STATIČKA I DINAMIČKA ANALIZA) MOSTOVA (DOKAZ STABILNOSTI)

12.1 Uvodni dio

Izraz statički račun ili proračun je prevaziđen izraz koji je naveden iz razloga očuvanja kontinuiteta i navike. Izraz iste vrijednosti bio bi statička i dinamička analiza (nosive konstrukcije) cestovnih objekata. Savremeniji izraz bio bi dokaz sigurnosti (nosivosti, upotrebljivosti, zamora) cestovnih objekata. Izraz budućnosti bio bi pouzdanost (sigurnost i trajnost) cestovnih objekata.

Statički račun je samostalni dio koji je uključen u idejni i glavni projekt objekata. Nivo i obim statičnog računa određuje nivo projekta.

Statički račun mora se oslanjati i na odgovarajuće geološko-geomehaničke podloge koje nude sve podatke, potrebne za određivanje dubine i načina fundiranja, dimenzioniranje temelja, stabilnost kosina u području potpora sa čime se obezbjeđuje siguran prenos momenata i sila iz konstrukcije objekta u temeljna tla. Diferenčna slijeganja veća od 1,0 cm obavezno treba obraditi kao poseban primjer opterećenja kod kontinuirane konstrukcije.

Statički račun može se uraditi ručno uz pomoć kompjuterskih programa ili kombinovano.

Obim statičkog računa mora biti takav da dokaže sigurnost cjelokupne nosive konstrukcije mosta i svih pojedinačnih dijelova za vrijeme građenja i za vrijeme eksploatacije za $t = t_0$ i $t = t_n$, t_0 u vrijeme eksploatacije je odmah nakon predaje objekta u promet i nakon "n" godina upotrebe.

Statički račun sadrži uvodni dio, analizu opterećenja, račun statičkih (dinamičkih) količina, kontrolu napona, nosivosti, deformacije, pomake, pukotine, zamor i dokaz graničnog stanja nosivosti i graničnog stanja upotrebljenosti. Završni dio statičkog računa predstavljaju skice konstrukcije i njenih dijelova sa kontroliranim presjecima, određenim presjekom armature, kablova i čelika.

Za kontrolisanu upotrebu velikog broja kompjuterskih programa različitog izvora, starosti, teoretskih koncepata, prilagodljivosti ili neprilagodljivosti sa različitim propisima,

neophodan je primjeran oblik nostrifikacije tih programa koje treba da obavi kvalificirana i registrirana znanstvena ustanova.

Uvodni dio statičkog računa sadrži izvještaj, skice nosive konstrukcije, statičke modele, prikaz upotrijebljenih programa u skladu sa smjernicama za upotrebu kompjuterskih programa koji su potrebni za dokaz sigurnosti objekata.

Statički račun radi se u dvije verzije koje se razlikuju samo po obsegu priloženog materijala. Obsežnija verzija sadrži sve dijelove sa ispisanim kompjuterskim materijalom. Ova verzija se radi u dva primjera od čega jedan ostaje u arhivu projektantske organizacije, a drugi u arhivu naručioca – investitora. Sve ostale kopije imaju manji obseg u kojima su isključeni ispisani kompjuterski materijali. Ovi ispisi poslije "n" godina izgube svoju vrijednost pošto programi i oprema, sa kojom su rađeni, zastarjevanju tako da bi ti zapisi predstavljali samo nepotrebno trošenje papira.

Analiza opterećenja i uticaja na objekte je kompleksna i različita za pojedine objekte pošto zavisi od više faktora (vrste i kategorije prometnice, lokacije, materijala, tehnologije gradnje, konstruktivnog i statičkog koncepta itd.).

TABELA 12.1: Opterećenja i uticaji na objekte

1.	GRAVITACIONE SILE	
	Vlastita masa nosive konstrukcije mosta	Vrijednosti volumenskih masa uzeti po JUS U.C7.123 (198)
	Druga stalna opterećenja na mostu	
2.	UTICAJI KORISNOG OPTEREĆENJA	
DRUM . MOSTOVI	Opterećenje od vozila i pješaka	Daje se sa zamjenjajućem normativnom shemom, uključuje i dinamički faktor za dio opterećenja
	Sile od pokretanja i zaustavljanja vozila	Uzima se u obzir kao statička sila
	Uticaj centrifugalne sile	Kod uobičajenih uslova se zanemaruje
	Opterećenja od instalacija	Pored vlastite mase uzima se i sila odklona, uticaj dilataranja, instalacija i dr.
	Opterećenja na ogradu	Ne uključuje ekscesne udare vozila u ogradu mosta
ŽELJEZNIČKI MOSTOVI	Opterećenje od voza i pješaka (sl. lica)	Uzima se kao zamjenjujuća normativna shema, uključuje i dinamički faktor
	Sile od pokretanja i zaustavljanja mosta	Uticaj te sile uzima se na nivou gornje ivice konstrukcije pruge (važi i za slučaj tucaničke grede - zastor)
	Uticaj centrifugalne sile	Ako na mostu ima više krivina sa različitim poluprečnicima, za svaku krivinu se uzima poluprečnik te krivine
	Uticaj bočnih udara	Kod novih mostova se uvodi kao horizontalna sila od 100 kN
	Opterećenje vodovima	
	Opterećenje na ogradu	Ne uključuje ekscesne pojave
3.	PRIRODNE SILE	
3.1.	Uticaj promjene ambijentalne temperature (uključuje uticaj ravnomjerne promjene temperature i temp. gradijenta po visini presjeka, a kod željezničkih mostova uključuje uticaj drugog šinskog traka)	Uticaj ove grupe prirodnih opterećenja ima više ili manje stohastički karakter, njihovo djelovanje se ne može predvidjeti (nastupaju mimo naše volje).
	Uticaj vjetra	Podaci o njima se za odeđenu lokaciju dobivaju statističkim praćenem, odnosno geofizikalnim proučavanjem.
	Uticaj snijega	
	Uticaj tekuće vode	
	Uticaj leda (uključuje udar leda)	
	Uticaj zemjotresa	
3.2.	Uticaj potiska tla (aktivnog i pasivnog)	Uticaj ove grupe opterećenja prirodnog porijekla je uglavnom stalnog karaktera, njihovo djelovanje semože predvidjeti (odn. može se izračunati) i bez statističkog praćenja. Najčešće nastaju kao reakcija prirodnog medija na građenje.
	Uticaj mogućeg slijeganja oslonaca	
	Uticaj pritiska i mase mirne vode	
	Uticaj uzgona	
4.	SILE KOJE NASTAJU ZBOG INTERVENCIJA NA MOSTOVSKOJ KONSTRUKCIJI U SVRHU KONTROLISANE (projektovane) IZMJENE NAPONSKIH STANJA	
	Sile koje nastaju prednaprezanjem, koje se može ostvariti kablovima (užadima) unutar ili izvan presjeka konstrukcije, kao i denivelacijom oslonaca. Pri tome se obuhvataju svi gubici sile nastale pri njenom unošenju kao i odgovor konstrukcije na unošenje sile.	
	Sile koje nastaju postizanjem različitih nivoa sprežanja dva materijala (najčešće beton-čelik)	
5.	UTICAJI KOJI NASTAJU KAO POSLJEDICA REOLOŠKIH OSOBINA MATERIJALA	
	Skupljanje i tečenje betona	
	Relaksacija i tečenje visokovredne žice za prednaprezanje	
6.	UTICAJI KOJI NASTAJU KAO POSLJEDICA KONCEPTA PROJEKTOVANE KONSTRUKCIJE	
	Otvori (trenja) u ležištima konstrukcije	
7.	UTICAJI KOJI NASTAJU KAO POSLJEDICA PROJEKTOVANOG NAČINA GRAĐENJA	
	Uticaji koji ostaju trajno u konstrukciji (recimo konzolni način građenja)	
	Uticaji koji su privremenog karaktera, odn. koji ne doprinose definitivnom naponskom stanju	
8.	EKSCESNI UTICAJI	
	Udar u odbojne ograde drumskih mostova	Ovdje su pobrojani ekscesni uticaji koji nisu posljedica prirodnih sila.
	Iskliznuća voza kod željezničkih mostova	
	Uticaj prekida električnih vodova kod željezničkih mostova	
	Udar drumskih vozila u stubove mosta	
	Udar plovniha objekata u stubove mosta	

U tabeli 12.1 pregledno su prikazana opterećenja i uticaji na objekte u odnosu na izbor opterećenja.

Na osnovu date tabele, projektant može logično kombinovati pojedina opterećenja za svaki konkretan objekat uzimajući u obzir odredbe različitih propisa za opterećenja objekata.

Statički račun i nacrti pripadajućih konstrukcija, koji služe za gradnju i montažu nosivih konstrukcija objekta, predstavljaju samostalne cjeline (skele, oplata, konstrukcije za transport, montažu i podupiranje). Ako projektant objekta ne radi sam sve te račune, onda je obavezan da ih prihvati i potvrdi.

12.2 Dinamička analiza mostova za opterećenje potresa

Zaštita mostova na uticaj potresa izlazi iz činjenice da su mostovi kritične tačke prometnica i da moraju izdržati sve uticaje potresa.

Projektovanje i dinamička analiza konstrukcija, koje se nalaze u potresnim područjima, izvodi se prema odredbama EUROCODE 8 i Nacionalnim dokumentom za upotrebu (NAD).

Postoji više načina koji omogućavaju postizanje odgovarajuće zaštite protiv potresa. Kod izbora načina zaštite treba projektant uzeti u obzir:

- tip razmatrane konstrukcije
- prirodu i seizmičnost lokacije
- što manje troškove za obezbijeđenje zah-tjevanog stepena zaštite od potresa

U posljednje vrijeme se, kod građevinskih konstrukcija koje se nalaze u potresnim područjima, često upotrebljava takozvana **"pozitivna potresna zaštita"** koja je suprotna **"pasivnoj zaštiti"**. Pod pojmom pasivna zaštita podrazumjeva se koncept takvih konstrukcija koje nisu osjetljive na potres. U većini slučajeva konstrukcije sa pasivnom zaštitom izdrže potrese, ali su pri tome jako izloženi dijelovi na kojima je predviđena pojava plastifikacije u smislu disipacije energije. Na ovakvim konstrukcijama moraju se često izvoditi skupi sanacioni radovi koji su posljedica jakih rušilačkih potresa, a konstrukcija je ostala neporušena.

Pozitivna potresna zaštita velikih objekata u kritičnim zonama izvodi se sa specifičnim protivpotresnim napravama koje se planiraju kod same izrade koncepta konstrukcije. Ove naprave ne utiču na konstrukciju u fazi upotrebe objekta, nego se aktiviraju za vrijeme djelovanja potresa. U svijetu raste broj konstrukcija kod kojih je primijenjen ovaj način. Vrste i način djelovanja ovih naprava su različiti, a najpogodniji izbor zavisi od svakog pojedinačno rasmatranog primjera. Na prvi pogled se stiče dojam da ovakav način zaštite povećava troškove konstrukcije, ali u većini slučajeva krajnji bilans troškova daje pozitivne rezultate.

12.3 Računanje, dimenzioniranje i dokazi

12.3.1 Načela

U načelu treba obaviti dva dokaza:

- dokaz nosivosti
- dokaz upotrebljivosti

Ovi dokazi moraju odgovarati za planiranu sigurnost i predviđenu upotrebljivost objekta.

Jedan dokaz se može izostaviti, ako nema odlučujuću ulogu.

Za konstrukcije koje su izložene i ugrožene na djelovanje opterećenja, koja se često ponavljanju, treba u okviru kontrole nosivosti dokazati i sigurnost konstrukcije na zamor.

Dinamički uticaji npr. od vjetrova ili udara uzimaju se u obzir kroz statičke sile koje te uticaje zamjenjuju. Dinamički uticaji opterećenja na cestovnom i željezničkim mostovima uzimaju se u obzir kroz dinamički koeficijent.

Opterećenja (uticaji) moraju se definisati. Po pravilu moraju biti unesena u nacrt sigurnosti i upotrebljivosti. Za svaki uticaj moraju se opterećenja posebno navesti.

Ako nije izričito određeno treba za dokaz dovoljne nosivosti uzeti u obzir unutrašnje sile od karakterističnih uticaja, a za dokaz upotrebljivosti opterećenja od dugotrajnih odnosno kratkotrajnih vrijednosti.

12.3.2 Dokaz nosivosti

Koncept sigurnosti, između ostalog određuje, za koje slučajeve ugroženosti treba računski dokazivati dovoljenu nosivost.

Dovoljna nosivost konstrukcije smatra se dokazanom, ako je ispunjen slijedeći uslov:

$$S_d \leq \frac{R}{\gamma_R}$$

S_d : projektovana vrijednost opterećenja

R : granična nosivost

γ_R : koeficijent granične nosivosti

Granična nosivost se određuje u skladu sa odgovarajućim konstrukcijskim standardima koji ujedno definiše i koeficiente granične nosivosti.

Koeficijent granične nosivosti uzima u obzir slijedeće uticaje:

- ostupanja stvarnog konstrukcijskog sistema od sistema koji je bio osnova za računanje
- uprošćenost i netačnost modela
- netačnost poprečnog presjeka

Projektovana vrijednost opterećenja u opštem obliku glasi:

$$S_d = S(G_d, Q_d, \Sigma Q_a)$$

G_d : projektovana vrijednost vlastitih opterećenja

Q_d : projektovana vrijednost osnovnog uticaja

ΣQ_a : zbir sporednih – ostalih uticaja

Projektovana vrijednost opterećenja uzima u obzir:

- statičku rasprostranjenost veličine uticaja uprošćeni prikaz uticaja
- uprošćenost modela uticaja koji nastaju radi zanemarivanja manje važnih uticaja ili radi zanemarivanja jednovremeno nastupajućih uticaja sa neznatnim međusobnim učincima.

12.3.3 Dokaz upotrebljivosti

Zahtjevi koji su vezani za upotrebljivost određeni su u nacrtu upotrebe objekta.

Zahtijevano ponašanje konstrukcije treba obezbijediti sa izborom odgovarajućih građevinskih materijala, dovoljnim dimenzionisanjem, kvalitetnom razradom konstruktivnih detalja te sa planiranim i odgovornim izvođenjem radova na održavanju. Ponašanje konstrukcije mora biti u okvirima propisanih ili odgovarajućih granica. Ove granice se odnose na:

- pukotine
- deformacije
- vibracije
- kvalitet građevinskih materijala

Granične vrijednosti, koje su specifične za pojedine građevinske materijale, definisane su sa odgovarajućim konstrukcijskim standardima. Ovdje su navedene samo orijentacione vrijednosti deformacija i njihjanja.

Slijedeće odredbe koje su povezane sa upotrebljivošću obavezne su bez posebnih dogovora. Radi ekonomičnosti i kvaliteta dozvoljavaju se zahtjevi, koji su vezani na ponašanje konstrukcije i usklađeni sa naručiocem.

Opterećenja, koja treba uzeti u obzir za računsko dokazivanje upotrebljivosti, zavise od vrste dokaza kao što su dokazi za pukotine ili dokazi za deformacije.

Opterećenja se određuju na osnovu uticaja koji istovremeno nastupaju u stanju ispitivanja i upotrebe.

Kod upotrebe razlikujemo dvije vrste uticaja:

- dugotrajna vrijednost $Q_{ser, l}$
- kratkotrajna vrijednost $Q_{ser, k}$

Dugotrajne vrijednosti važe za stalne uticaje, a u sebi sadrže i dijelove promjenljivih uticaja koji su prisutni duže vremena.

Kratkotrajne vrijednosti opisuju promjenljive uticaje koji nastaju u kratkom vremenu. Istovremeno sadrže i dio dugotrajnih uticaja.

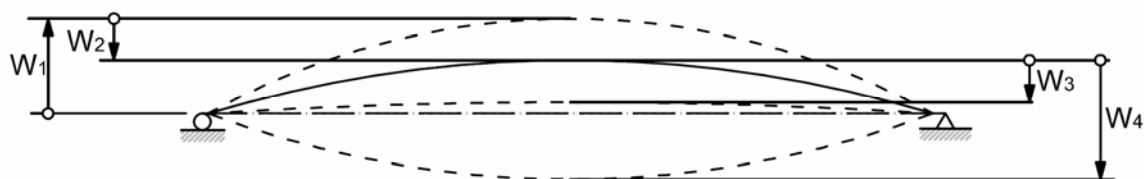
Opterećenja koja nastaju radi usiljenih odnosno sprečavanih deformacija npr. uticaji temperature, deformacije ležišta, prednapenjanja, skupljanja i tečenja betona ili drveta, treba uzeti u obzir u skladu sa standardima konstrukcije.

12.3.4 Deformacije

Granične vrijednosti deformacija treba odrediti i dokumentovati u nacrtu upotrebe objekta.

Deformacije treba izračunati u skladu sa odredbama standarda konstrukcije. Posebno treba uzeti u obzir dugotrajne deformacije, npr. deformacije nastale skupljanjem i tečenjem betona.

Ugibi su shematski prikazani na slici 12.1. Navedene oznake definiraju slijedeće:



Slika 12.1: Definicija ugiba

w_1 : nadvišenja, npr. planirani radionični oblik čelične konstrukcije ili visina nadvišenja, skele odnosno oplate kod betonskih konstrukcija.

w_2 : ugib nastao uslijed djelovanja vlastitih težina konstrukcije sa uticajima stalnog djelovanja i preuzetim pripadajućim dugotrajnim deformacijama.

w_3 : ugib nastao uslijed dugotrajnog promjenljivog uticaja sa preuzetim pripadajućim dugotrajnim deformacijama.

w_4 : ugib nastao uslijed kratkotrajne vrijednosti djelovanja promjenljivog uticaja.

Granične vrijednosti ugiba su zavisne od zahtjeva koji se odnose na upotrebljivost:

- objekti na cestama $l / 700$
- objekti na željeznicama $l / 600 - l / 1000$
- objekti za pješake i bicikliste $l / 500$

Navedene orijentacione vrijednosti važe za granične, ako u elaboratu upotrebe objekta nisu bile dogovorene druge vrijednosti.

Kod željezničkih mostova kod kojih je brzina vlakova veća od 160 km/h potrebno je obezbijediti posebna uputstva nadzorne uprave.

Ugibe, koji nastaju od vlastitih opterećenja konstrukcije i stalnih uticaja uključujući i pripadajuće dugotrajne deformacije, treba kod mostova izjednačiti sa nadvišenjem.

12.3.5 Njihanja (vibracije)

Do vibracija može doći uslijed slijedećih promjenljivih uticaja:

- ritmičkog gibanja ljudi uslijed hodanja, trčanja itd.
- željezničkog ili cestovnog prometa

Vibracije koje ugrožavaju konstrukciju, kao što su rezonanca ili gubitak granične nosivosti zbog zamora, moraju se uzeti u obzir kod dokazivanja dovoljne nosivosti.

Na vibracijsko ponašanje objekata mogu uticati slijedeće intervencije:

- promjena dinamičkog uticaja

- promjena vlastitih frekvencija radi promjene krutosti konstrukcije ili njihajuće mase
- povećanje amortizacije

Vibracijsko ponašanje može se ocijeniti na osnovu upoređenja frekvencije uticaja (poticajne frekvencije) i vlastitih frekvencija objekta.

Vlastite frekvencije treba ocjenjivati sa gornjim i donjim vrijednostima. U ovom slučaju treba uzeti u obzir moguće uticaje obloga kolovoza, ograda i drugih nenosivih građevinskih elemenata kao i varijacije dinamičkog modula elastičnosti. Kod betonskih objekata treba uzeti i prelaz iz stanja bez pukotina u stanje sa pukotinama. Kod objekata za pješake i bicikliste treba spriječiti pojavu vlastitih frekvencija u intervalu od 1,6 do 2,4 Hz i 3,5 do 4,5 Hz.

Trkači mogu prouzrokovati vibracije i rad objekata sa vlastitom frekvencijom koja se nalazi između 2,4 i 3,5 Hz.

12.3.6 Sigurnost na zamor

Sa dokazom sigurnosti na zamor treba pokazati da uticaj zamora od opterećenja u eksploataciji ne utiče štetno na dovoljnu nosivost konstrukcije za vrijeme njene upotrebe.

Dokaz sigurnosti na zamor provodi se za konstrukcije, koje su opterećene sa željezničkim ili cestovnim opterećenjima odnosno koje su ispostavljene djelovanju vibracija.

Sigurnost na zamor smatra se da je dokazana, ako su ispunjeni slijedeći uslovi:

$$S_{\text{fat}} \leq \frac{R_{\text{fat}}}{\gamma_{\text{fat}}}$$

S_{fat} : opterećenje koje prouzrokuje zamor

R_{fat} : otpornost protiv zamoru

γ_{fat} : koeficijent granične nosivosti za dokazivanje sigurnosti na zamor

Opterećenja koja se mogu očekivati u vrijeme eksploatacije objekta mogu se, za dokazivanje sigurnosti na zamor, uprostiti i prikazati u obliku prometnih shema.

Za nosive elemente iz čelika, odnosno betonskog željeza i kablova za prednaprezanje kod betonskih objekata odgovara opterećenje koje izaziva zamor iz razlike napona.

$$S_{fat} = \alpha \cdot \Delta\sigma (Q_{fat})$$

α : koeficijent djelujućeg opterećenja

$\Delta\sigma$: razlika napona

Q_{fat} : zamorna opterećenja

Koeficijent djelujućeg opterećenja upoređuje uticaje na zamor dobivene od prometnih shema sa uticajima zamornih opterećenja. Zavisí od otpornosti građevinskih materijala na zamor, a preuzima se iz standarda konstrukcije.

Ako nemamo na raspolaganju nikakve podatke, onda treba uzeti koeficijent djelovanja 1,0 dok se za otpornost na zamor uzima vrijednost trajne otpornosti.

Opterećenje betona koje prouzrokuje zamor odgovara naponima koji se dobiju od uticaja vlastitih težina konstrukcije, stalnih uticaja i opterećenje na zamor.

$$S_{fat} = \sigma (G_m, \sum Q_r, Q_{fat})$$

σ : napon

G_m : srednja vrijednost stalnih uticaja

$\sum Q_r$: zbir stalnih uticaja

Q_{fat} : zamorno opterećenje

13. SAVREMENE TEHNOLOGIJE IZGRADNJE MOSTOVA I VIADUKATA

13.1 Uvodni dio

Cilj razvoja postupaka gradnje mostova išao je prema skraćenju vremena gradnje i postizanju neovisnosti u pogledu morfologije, meteoroloških uslova i zauzetosti terena. Konačni cilj razvoja ogleda se u tome da se u gradnju objekata unese što više unificiranih elemenata i opreme.

U ovim smjernicama obrađene savremene tehnologije objekata nude projektantima i ostalim učesnicima u procesu gradnje samo najnužnije informacije.

Projektant mora, za izradu projekata objekata koji se grade u skladu sa nekom već obrađenom tehnologijom, detaljno poznavati

sve tehničke, konstrukcijske, izvođačke i druge osobine opreme i postupke gradnje koje ta oprema omogućava.

Savremene tehnologije građenja objekata povezane su sa nosivim sistemima objekata, a razvijale su se uporedno sa razvojem tih nosivih sistema.

U većini slučajeva preovlađuju armiranobetonski i prednapregnuti armiranobetonski objekti u obliku grede ili okvira tako da je za te sisteme i materijale najviše razvijenih tehnologija gradnje.

Većinu tehnologija za izgradnju grednih i okvirnih objekata moguće je upotrijebiti i za gradnju konstrukcija koje se nalaze iznad lukova te za konstrukcije sa kosim zategama. Postupci izgradnje betonskih lukova su posebno prikazani.

Postupci gradnje gornjih konstrukcija objekata sa kosim zategama su u razvoju. Svaki novi značajniji objekat donosi nešto novo i originalno. Gornje konstrukcije mostova sa kosim zategama mogu se graditi pomoću fiksne oplate, sistemom slobodne konzolne gradnje, montažom već izgrađenih segmenata, potiskivanjem već izgrađene konstrukcije sa pomoćnim potporama ili bez njih ili sa nekim drugim specifičnim postupcima.

Armiranobetonski i prednapregnuti armiranobetonski objekti grednih i okvirnih sistema svih raspona i dužina grade se prema tri osnovne grupe tehnologije gradnje koje su prikazane u tabeli 13.1.

Zajednička tehnologija za monolitnu izradu gornjih konstrukcija objekata sa betoniranjem čitavog presjeka "in situ" u samom profilu mosta ili uz profil mosta.

Tehnologije za montažnu monolitnu (spregnutu) izradu gornjih konstrukcija objekata.

Tehnologije za montažnu izradu gornjih konstrukcija objekata.

Tehnologiju izrade određuju načini gradnje gornjih rasponskih konstrukcija grednih i okvirnih mostova.

Postupci izrade krajnjih i srednjih potpora grednih i okvirnih mostova su posebno obrađeni.

Postupci izrade armiranobetonskih i prednapregnutih AB objekata u posljednjih pedeset godina su se mijenjali, dopunjavali i inovirali. Pronađeni su neki novi postupci koji su usklađivali želje i ideje konstruktora mostova sa opremom izvođača, rokovima i cijenama. Napredak je slijedio, ako je izvođač, u novim idejama konstruktora, osjetio i svoj dugoročni interes.

Upotreba montažnih nosača iz prednapregnutog betona različitih presjeka za mostove nekontinuiranih sistema sa rasponima n_x (25–45 m) su dilatacijama i elastičnim vezama iznad potpora i montažnim ili polumontažnim kolovoznim pločama, pokazala se kao neodgovarajuća.

Poprečne dilatacije ili povezivanje sa zglobovima iznad potpora te veliki broj radnih spojeva u kolovoznoj ploči su kritična mjesta na kojima se pojavljuje korozija armature i oštećenja betona sa čime se smanjuje trajnost mostova.

Iz nabrojanih i drugih razloga ne dozvoljava se upotreba montažnih AB prednapregnutih nosača za izgradnju nekontinuiranih sistema mostova sa prekidima iznad potpora i montažnim ili polumontažnim kolovoznim pločama.

13.2 Izrada gornjih konstrukcija objekata na nepomičnoj skeli

Betoniranje gornjih konstrukcija objekata "in situ" na nepomičnoj čeličnoj skeli racionalno je za raspon od 5 do 30 (40) m i dužine objekata od 5 do 200 m.

Mostovi sa tri ili više raspona mogu se betonirati u fazama sa prenosom skele iz faze u fazu. Broj faza i dužina mosta, koja se betonira u jednoj fazi, zavisi od više faktora koji se kod svakog objekta posebno analiziraju.

Skela ima slijedeće nosive elemente: čelične rešetkaste nosače raspona 5 do 30 m koji su sastavljeni iz elemenata dužine 3 do 5 (10) m, nosivosti 20 do 60 kN/m¹ što zavisi od tipa i raspona nosača. Serijski tipski elementi moraju imati odgovarajuću dokumentaciju.

Potpore skela izrađuju se od cijevi sa većim promjerom i unificiranim dužinama, cijevi manjih profila i elemenata za regulaciju visine. Upornjaci i srednji stubovi mogu se upotrijebiti za potpore odra uz uslov da se ne ugrožava njihova stabilnost i da se ne prouzrokuju trajna oštećenja.

Temeljenje skele mora se oslanjati na podacima iz geološko-geomehaničkog izveštaja u kome su navedene nosivosti tla i veličine slijezanja.

Poprečni nosači i oplata izrađeni su iz impregniranog i zaštićenog drveta, standardiziranih dimenzija i oblika.

Projekat skele i oplata izrađuje izvođač, pregleda i ovjeri projektant i nadzorni organ.

Projekat skele mora obezbijediti stabilnost objekta u toku betoniranja i stvrdnjavanja betona. Projekat sadrži i nadvišanje sa čime se obezbjeđuje planirana geometrija objekta.

Montirana skela i oplata moraju biti pregledani i ovjereni prije početka ugrađivanja armature i kablova.

Betoniranje može početi tek poslije preuzimanja armature i kablova i uz potvrđeni projekat betona i plana betoniranja te svim atestima za upotrijebljene materijale.

Plan betoniranja je dobar, ako ima što manje radnih spojeva, posebno u ravni kolovozne ploče.

Ako su svi radovi na montaži skele i oplata, ugrađivanju armatura i kablova, betoniranju, injektiranju kablova i njegi betona, izvedeni po pravilima i savremenim saznanjima tehnike građenja, onda takva rasponska konstrukcija objekta ne smije imati ozbiljnijih slabih točaka.

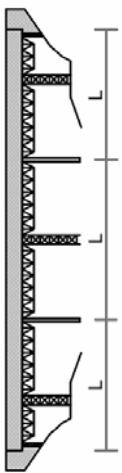
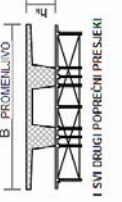
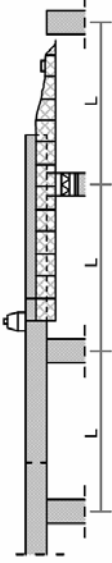
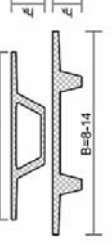
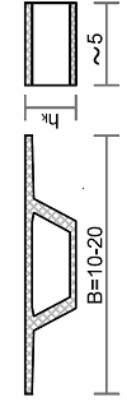
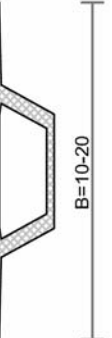
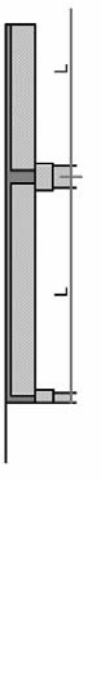
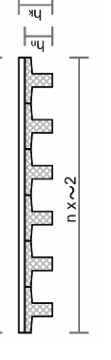
Postupak građenja na nepomičnoj skeli ne postavlja uslove u pogledu oblika i dimenzije poprečnog presjeka i geometrije gornje konstrukcije što ovoj tehnologiji daje prednost. Komplikovana geometrija, posebno zakošenost i zakrivljenost u velikoj mjeri povećava cijenu skele i oplata.

13.3 Izrada gornjih konstrukcija na pomičnoj skeli i oplati "polje po polje"

"In situ" betoniranje gornje konstrukcije objekta na pomičnoj skeli i oplati upotrebljava se za prednapregnute armiranobetske gredne sisteme raspona od 30 do 50 m i dužine veće od 400 m.

Korak ili fazu nazivamo izradu jedne dužine od koje se za cca 0,8 l nalazi u jednom polju, a 0,2 l konzolno nalazi u drugo – slijedeće polje tako da je pogodan naziv ovakvog načina betoniranja "polje za poljem".

TABELA 13.1

Savremene tehnologije izgradnje gornjih konstr. cestovnih objekata grednih i okvirnih sistema	UZDUŽNA SHEMA OBJEKTA	SHEMA POPREČNOG PRESJE	Raspon l (m)
			Ukupna dužina objekta
Izgradnja gornjih konstrukcija na fiksnoj skeli			5 – 30(40) 5 - 200
			30 – 50 > 300
Tehnologije za monolitnu gradnju gornjih konstrukcija za objekte			70 – 250 140 – 800
			25 – 50 150 – 800
Tehnologije za montažno – monolitno (spregnuto) gradnju gornje konstrukcije za objekte			5 – 25 5 – 200
			30 – 120 ➤ 500
Tehnologije za montažnu izgradnju gornjih konstrukcija			
Tehnologije za montažnu izgradnju gornjih konstrukcija			

Nosivi element pomične skele sastoji se iz dva prostorska punostijenska ili rešetkasta nosača sa dvostrukom dužinom polja, minimalna 1,5 dužine polja i sistema za sidranje. Pomični nosači su zgloбно povezani sa čeličnim elementima oplata koji se otvaraju prilikom pomicanja skele, a zatvaraju prije ugrađivanja armature, kablova i betoniranja.

Potpore pomične skele su čelični elementi koji su konzolno poduprti i povezani sa vrhom stuba.

Na tržištu se može dobiti više različitih sistema pomičnih skela sa različitim karakteristikama i zahtjevima – uslovi u pogledu oblika i dimenzija stubova i poprečnog presjeka gornje konstrukcije.

Pomična skela ima vlastitnu tehničku i atestnu dokumentaciju koju treba pregledati prije svake upotrebe. Obavezan je pregled i atestiranje opreme prije njene upotrebe sa čime se sprečavaju oštećenja i posljedice koje bi mogle uticati na stabilnost mosta u toku izgradnje.

Kod izrade koncepta moraju se projektantu dostaviti svi podaci o pomičnoj skeli kako bi se projekat izradio u skladu sa mogućnostima, dimenzijama i uslovima koje omogućava upotreba skele. Poželjni su stubovi pravougaonog konstantnog presjeka i gornja konstrukcija sa maksimalnim podužnim nagibom do 4 %, ako je sandučastog oblika ili sa dva relativno široka nosača bez poprečnih nosača.

Otvori na stubovima i gornjoj konstrukciji, koji su potrebni za funkcionisanje pomične skele moraju se predvidjeti i unijeti u projekt za izvođu.

Relativno veća težina skele i rad prilikom transporta i montaže, a kasnije kod demontaže su razlog zbog kojih ova tehnologija nije racionalna za kraće raspone.

Betoniranje na pomičnoj skeli "polje za poljem" omogućava relativno brzu izgradnju objekata sa napredovanjem oko 100 m mjesečno ili približno jedno polje sedmično uz prethodno izrađenim armaturnim koševima.

Jedna od evidentnih prednosti ovog postupka betoniranja je minimalni broj radnih spojeva t.j. jedan spoj u području nultih tačaka gdje se izvode i nastavci kablova.

13.4 Gradnja gornjih konstrukcija mostova i viadukata po sistemu slobodne konzolne gradnje

Zamisao o izgradnji gornjih konstrukcija objekata sa slobodnom konzolnom izgradnjom stara je 65 godina, a izgradnja objekata po ovom postupku počinje prije 50 godina.

Postupak sa slobodnom konzolnom gradnjom dolazi u obzir za građenje mostova, velikih i najvećih raspona od 70 do 250 m koji premošćavaju visoke vodne i teško dostupne suhe prepreke.

Brzina građenja je srednja, približno jedna lamela dužine 5 m u jednom tjednu. Upotreba četiri kretke kod dužih mostova omogućava napredovanje do 80 m mjesečno. Postupak je najracionalniji za mostove dužine od 150 do 800 m.

Nosivi čelični rešetkasti prostorski elementi pomične skele – kretke, ukupne dužine približno 10 m, omogućavaju betoniranje segmenata, lamela dužine 5 m dok preostala dužina služi za sidranje na već izgrađenom konzolnom dijelu gornje konstrukcije.

Kod proizvođača i na tržištu mogu se dobiti veći broj različitih tipova kretke, ali je kod svih princip konstrukcije i tehnologija betoniranja lamela slična. Projektant mora imati na raspolaganju sve podatke o konstrukciji kretke koji bi mogli uticati na koncepciju i detalje konstrukcije objekta.

Gornja konstrukcija je pravougaonog sandučastog ili trapeznog presjeka sa konstantnom ili promjenljivom visinom od 2 do 15 m (iznad potpora kod najvećih raspona). Širina presjeka se nalazi u granicama od 10 do 20 m, najčešće od 12 do 15 m.

Poželjno je da je gornja konstrukcija u pravcu ili krivini sa velikim poluprečnikom ($R > 700$ m) u zavisnosti od raspona. Niveleta nebi trebala da bude u nagibu većem od 4 %. Najpoželjnije su simetrične konveksne nivelete kod kojih se tjeme vertikalne krivine nalazi u sredini mosta.

Simetrični dijelovi objekta treba da se betoniraju istovremeno sa čime se izjednačavaju deformacije koje nastaju uslijed reologije betona i postiže projektovana geometrija.

Kod napenjanja kablova obično se radi o kombinaciji kraćih i dužih kablova unutar, a djelomično vani presjeka. Kablovi koji se nalaze izvan presjeka služe sa prometno opterećenje. Ovi kablovi se mogu naknadno montirati i prednapregnuti (nakon uspostavljanja kontinuiteta).

Betoniranje lamela može se izvoditi i po neugodnim vremenskim uslovima pošto se krletka može privremeno zatvoriti i zagrijavati.

Za upotrebu konzolnog postupka građenja jako je važno rješenje povezivanja gornje konstrukcije i stubova. Bazni dio gornje konstrukcije dužine 5 do 10 m (jedna do dvije lamele) može se izraditi zajedno sa stubom sa čvrstom vezom ili na ležištima i privremenim sidranjem sa čime se postiže stabilnost u toku građenja.

Sa završnim segmentom ili segmentima uspostavlja se kontinuitet gornje konstrukcije. Kod nekih mostova, koji su bili izgrađeni u samom početku upotrebe ovog sistema, radio se u sredini raspona AB zglob ili ležište sa čime je most imao konzolni nosivi sistem i za korisno opterećenje.

Savremeno građenje mostova ne dozvoljava upotrebu zgloba u rasponskoj konstrukciji mosta pošto ista mora biti neprekinuta na čitavoj dužini.

Čelične krletke imaju tehničku i atestnu dokumentaciju koju treba, prije svake upotrebe, pregledati kao i cijelu konstrukciju i opremu koja je potrebna kod građenja.

13.5 Betoniranje i potiskivanje gornjih konstrukcija objekata

Postupak potiskivanja prednapregnutih armiranobetonskih konstrukcija objekata nastao je po uzoru potiskivanja i montaže čeličnih grednih mostova.

Postupak se upotrebljava, razvija, inovira i modificira više od 30 godina. Početak je bio u Njemačkoj (autor prof. F. Leonhardt), a kasnije se može sresti u svim razvijenim evropskim državama.

Gradnja po ovom postupku je racionalna za raspone od 20 do 50 m i ukupne dužine mostova od 200 do 800 m.

Brzina građenja zavisi od dužine dijelova, koji se u jednom komadu betoniraju na gradilištu. Mjesečni učinak se kreće od 80 do 120 m.

Oprema, za postupak potiskivanja, sastoji se iz: proizvodni plato za betoniranje dijelova ili čitavih raspona na gradilištu, oprema za potiskivanje gotovih dijelova i čelični kljun.

Proizvodni plato za betoniranje dužine od 15 do 40 m je iz čelika koji je oslonjen na snažne betonske temelje. Plato mora biti stabilan nedeformabilan i prilagodljiv na promjenljive sandučaste presjeke nosive konstrukcije. Proizvodni plato se montira iza upornjaka mostova i viadukata na onoj strani, koja je viša i prometno bolje povezana.

Oprema za potiskivanje namjesti se na vrhu upornjaka, iza koga se nalazi proizvodni plato za betoniranje. Vrh upornjaka je konstruisan tako, da je prilagođen dimenzijama i funkciji opreme za potiskivanje. Upornjak treba provjeriti na uticaje koji nastaju kot montaže te u slučaju potrebe mora se i ojačati. Nakon potiskivanja rasponske konstrukcije i demontaže presa, upornjak preuzima svoju osnovnu funkciju krajnje potpore objekta.

Čelični kljun za montažu dužine 20 do 35 m je prostorska rešetka ili puna konstrukcija promjenljive visine koja se sastoji iz dva paralelna nosača u ravni rebara sanduka i spregova. Kljun je povezan sa nosivom betonskom konstrukcijom pomoću visokokvalitetnih vijaka ili sidara. Na prednjem kraju kljuna su "saonice", u novije vrijeme i dizalice pomoću kojih se reguliše nalijeganje na potpore.

Težina i cijena opreme zavisi prije svega od dužine odsjeka koji se betonira u jednom komadu i od veličine raspona. Za raspone veće od 40 m može se razmisliti o opravdanosti upotrebe pomoćnih potpora u sredini raspona i uporediti sa povećanom upotrebom kablova za prednapenjanje.

Kod postupka sa potiskivanjem poželjno je, da se rasponska konstrukcija nalazi u pravcu ili u krivini sa konstantnim radijusom bez vitoperenja i promjene širine poprečnog presjeka. Nivelete mogu biti u konstantnom nagibu do 4 % ili, u koliko se to zahtijeva, u vertikalnoj krivini.

Poprečni presjek gornje konstrukcije mostova i viadukata je pravougaoni ili trapezni sanduk širine 10 do 20 m. Poželjne su konstantne debljine rebara, gornje i donje ploče. Poprečni nosači su samo iznad potpora sa čime se olakšava rad i skraćuje vrijeme građenja.

Kablovi za prednapenjanje mogu prolaziti kroz rebra i ploče, van presjeka ili kombinovano što zavisi od raspona i odluke projektanta. Preporučuje se vođenje kablova kroz ploče.

Kablovi se nastavljaju na mjestima gdje su momenti najmanji. U jednom presjeku ne smije se nastavljati više od polovice kablova. Spajanje kablova u gornjoj kolovoznoj ploči presjeka nije dozvoljeno.

Opremu za potiskivanje treba pregledati prije svake nove upotrebe, provjeriti projektnu i atestnu dokumentaciju, posebno one dijelove kod kojih je atest vremenski ograničen.

13.6 Rasponska konstrukcija mostova sastavljena iz montažnih T nosača i spregnuta sa monolitnom AB pločom

Kroz pedesetogodišnju upotrebu montažnih prednapregnutih nosača manjih raspona za gornju konstrukciju mostova, pojavio se veliki broj različitih presjeka nosača i različitih presjeka nosivih konstrukcija koje su sastavljene iz tih nosača.

Na oblik presjeka uticali su troškovi proizvodnje, transporta i montaže, sličnost presjeka gornjih konstrukcija i trajnost. Svi presjeci nosača koji su oblikovani tako, da na mjestima, koja imaju funkciju smanjenja vlastite težine, nije moguć pristup u eksploataciji objekta, nisu poželjni radi smanjenja njihove trajnosti. Presjeci nosača kod kojih je izgrađena kolovozna ploča u ravlini gornje nožice imaju manju trajnost i isto tako nisu poželjni.

Nosači sa T presjekom i gornjom nožicom širine 1,5 do 2,0 m (2,5 m) jednostavni su za izradu i montažu, a imaju dobar pristup za održavanje. T nosači omogućavaju betoniranje kolovozne ploče i krajnjih poprečnih nosača bez skele i oplata, a sa sprežanjem montažnog i monolitnog dijela presjeka ostvaruje se jedinstven spregnuti presjek koji preuzima prometno opterećenje i dodatno stalno opterećenje.

Nosači dužine 5 do 20 m izrađuju se na stazama za atezijsko prednapenjanje. Nosači većih dužina do 30 m prednaprežu se naknadno sa kablovima.

Jednostavan presjek nosača olakšava prilagođavanje različitim širinama i geometriji gornje konstrukcije. Mogu se upotrebiti i za

kose objekte do ugla križanja 60° kao i za objekte u krivinama.

Sa betoniranjem kolovozne ploče i poprečnih nosača "in situ" i sa ugrađivanjem potrebne podužne meke armature ili sa kontinuiranjem pomoću kablova postiže se kontinuiranost za prometno opterećenje.

Veza između gornje konstrukcije i stubova ostvaruje se preko ležišta, AB zglobova ili sa čvrstom vezom u okvirnu konstrukciju. Izbor tipa povezivanja zavisi od dužine objekta, visine stubova i drugih okolnosti.

Nosači su teški od 5 do 40 t, transport se obavlja sa šleperima, a montiraju se sa dizalicama ili lansirnim konstrukcijama. Njihova upotreba je racionalna za mostove dužine do 200 m, kao i za manje mostove sa jednim rasponom gdje se preko integralnog stuba može uspostaviti čvrsta veza bez ležišta i dilatacija.

Presjek gornjih nosivih konstrukcija računa se kao spregnuti nosač. U proračun se uvode različite starosti i kvalitet betona montažnih nosača, kolovozne ploče i poprečnih nosača.

Minimalna debljina kolovozne ploče između nosača je 20 cm, minimalna širina poprečnog nosača iznad potpora 80 cm.

Spregnuta veza montažnih nosača i kolovozne ploče postiže se pomoću moždanika koji su ugrađeni po čitavoj dužini i širini nosača, a dimenzionirani su na smičuće napone. Moždanici su iz betonskog željeza i čine sastavni dio armature nosača.

13.7 Tehnologija montažne izrade gornjih konstrukcija za mostove i vijadukte iz industrijski izrađenih AB segmenata

Izgradnja gornjih konstrukcija mostova i vijadukata iz industrijsko izvedenih AB segmentnih elemenata počela je u Francuskoj 1962. godine

Presjeci mostova i vijadukata koji se izrađuju iz prefabrikovanih elemenata najčešće imaju oblik zatvorenog sanduka trapeznog ili pravougaonog oblika, širine 10 do 20 m, dužine 2 do 3 m, visine 2 do 6 m. Po potrebi visina sanduka može biti promjenljiva. Kod segmentnog načina izgradnje može se upotrijebiti i drugi jednostavniji presjeci, npr. presjek sa dva široka trapezna nosača.

Tehnologija segmentne izgradnje mostova primjenjuje se za raspon od 30 do 120 m i veće dužine mostova, jednog ili grupe mostova ($L > 500$ m).

Kod ovog sistema poželjni su mostovi koji se nalaze u pravcu sa nagibom nivele do 4 %. Moguća je upotreba i za objekte u krivinama, ali je u ovom slučaju izrada segmenata kompliciranija.

Proizvodnja segmenata može biti centralizovana u nekoj postojećoj tvornici betonskih proizvoda ili u novoformiranoj tvornici na lokaciji koja se nalazi u blizini mosta ili grupe mostova uz uslov da je ta odluka ekonomski opravdana.

Oplate za betoniranje segmenata su čelične, nedeformabilne i opremljene sa mehanizmom koji omogućava brzo otvaranje i zatvaranje i sa mogućnošću prilagođavanja promjenljivoj geometriji presjeka. Za jedan objekat ili grupu objekata potrebne su najmanje dvije ili tri oplate sa čime se omogućava jednovremeno betoniranje spojeva koji se međusobno dotiču. Sa oplatama su povezani sistemi vibratora.

Armaturni koševi kompletiraju se u pripremi. Rad se izvodi u zatvorenom toplom prostoru sa ili bez grijanja betona sa parom što zavisi od projekta betona, postupka i brzine izrade. Proizvodnja segmenata je nezavisna od vremenskih uslova u čemu se i ogleda prednost ovog postupka. Vremenska ograničenja povezana su sa upotrebom epoksidnih materijala za spojeve između segmenata.

Utovar, transport i montaža segmenata su različiti i relativno jednostavni. Zavise od volumena, težine, udaljenosti tvornice, prilaznih puteva do objekata i od raspoložive opreme potencijalnih izvođača.

Segmenti se mogu montirati sa postupkom slobodne konzolne gradnje, simetrično u odnosu na stubove, na isti način koji je opisan u tehnologiji 13.4. Čelični konzolni dijelovi, koji preuzimaju segmente, su laki i jednostavni, a sidraju se na već montirani dio konstrukcije. Nakon obrade spojeva segment se sa kablovima poveže za već izgrađeni dio.

Za pojedinačnu montažu segmenata može se upotrebiti čelična rešetkasta konstrukcija.

Segmenti se mogu montirati i u grupi po postupku "polje za poljem" na pomičnoj oplati i tehnologiji koja je navedena u 13.3 ili na

nepomičnoj oplati kao što je opisano u tački 13.2 koja je manje u upotrebi.

U dosadašnjoj upotrebi tehnologije segmentne gradnje, razvila su se dva tipa segmenata: segmenti sa širokim mokrim spojem (70-100 cm) i segmenti sa kontaktnim nalijegajućim spojem.

Postupak sa širokim spojem ima manje zahtjeve u pogledu dimenzijskih tačnosti, a dozvoljava preklapanje uzdužne armature. Nedostatci postupka ogledaju se u pridržavanju segmenta tako dugo dok spoj ne dobije dovoljnu čvrstoću, zadržavanje oplate i rešetke i smanjenje brzine građenja. Nedostatci ovoga postupka su glavni razlozi da se ovakvi spojevi segmenata sve više napuštaju.

Pod slobodnom segmentnom gradnjom podrazumjeva se upotreba kontaktnih nalijegajućih spojeva sa zubovima koji se premazuju sa epoksidnim ljepilom.

Može se konstatovati da se zahtjevi postupka segmentnog građenja, a sa time kvalitet i trajnost mostova i viadukata, zasniva na kvalitetu izvedenih spojeva između segmenata.

Razvoj i sve šira upotreba prednapinjanja gornjih konstrukcija objekata sa kablovima izvan presjeka čini tehnologiju segmentne gradnje sigurnijom i lakšom za izvođenje.

Upotreba tehnologije segmentnog građenja zahtijeva viši tehnički nivo i iskustvo projekatara, izvođača, nadzora.

13.8 Savremeni postupci građenja stubova za objekte

Krajnje potpore objekata uvijek se betoniraju "in situ" u oplati sa odgovarajućom krutošću i podupiračima.

Oplata je oblikovana prema geometriji upornjaka i rasporedu radnih spojeva. Kvalitet i obrada oplate dati su u PS 1.2.10. Projekat oplate upornjaka mora obezbijediti nedeformabilnost i stabilnost sve dok beton ne dobije projektovanu čvrstoću.

Srednje potpore objekata grade se u zavisnosti od oblika presjeka, visine i broja stubova na jednom ili grupi objekata koji se istovremeno grade.

Mostovi i vijadukti na autocestama i magistralnim cestama te veći objekti na

regionalnim i lokalnim cestama moraju imati srednje stubove koji se betoniraju "in situ".

Betoniranje srednjih potpora "in situ" može se izvesti na tri različita načina što zavisi od oblika presjeka, visine i broja stubova.

Stubovi koji imaju promjenljivi presjek i malu visinu najlakše se betoniraju pomoću fiksne oplata sa odgovarajućom krutošću i podupiračima.

Stubovi sa konstantnim punim ili šupljim sandučastim presjekom i visinama većim od 15 m grade se pomoću unificirane pomične ili klizne oplata u lamelama dužine 3,0 do 4,0 m.

Pojam pomične oplata podrazumijeva oplatu u kojoj se betonira stub, a pomicanje – prenos oplata obavlja se mehaničkim putem (bez hidraulike) na vsini slijedeće lamele.

Pojam klizne oplata podrazumijeva oplatu u kojoj se betonira stub, a pomicanje se izvodi uz pomoć hidrauličkih dizalica čiji je rad usklađen sa brzinom betoniranja i očvršćenjem betona.

13.9 Savremeni postupci građenja betonskih lukova

Izgradnja betonskih lučnih mostova traje više od 100 godina. Sve do pedesetih godina, betonski lukovi su se gradili na skelama na sličan način kao i kameni lučni mostovi. Inovacije u izgradnji betonskih lučnih mostova odnosile su se uglavnom na inovacije u pogledu novih rješenja za skele. Umjesto skela koje su zatvarale kompletan riječni profil upotrebljavaju se skele sa drvenim i čeličnim lukovima preko čitavog profila ili dijela profila prepreke. Ovakve skele upotrebljavaju se za veće raspone iznad dubokih dolina i riječnih prepreka.

U principu postoje četiri osnovna načina gradnje betonskih lučnih mostova:

- lukovi napravljeni uz pomoć fiksne skele
- lukovi napravljeni uz pomoć postupka slobodne konzolne gradnje
- lukovi napravljeni od već pripremljenih dijelova luka i rotiranjem preko zgloba spuštenu u projektovani položaj
- lukovi napravljeni po kombinovanom postupku

Skela se danas upotrebljava za gradnju lukova manjih raspona od 40 do 70 m koji premošćavaju niske i dostupne prepreke. Za

veće raspone i visine lukova mogu se formirati čelični lučni nosač sa dva ili tri zgloba bez srednjih podupora što zavisi od raspoložive opreme izvođača radova.

Gradnja lukova velikih i najvećih raspona od 100 do 400 m sa tehnologijom slobodne konzolne gradnje počela je prije tri decenije. Sa pojavom ove tehnologije lučni sistemi betonskih mostova postali su konkurentni i za velike raspone. Segmenti lukova dužine 3 do 5 m betoniraju se na pomičnoj skeli. Napravljeni dijelovi lukova se sidraju uz pomoć kosih zatega na već izgrađeni dio konstrukcije ili za posebno izrađene blokove. Postupak gradnje napreduje istovremeno sa obje strane.

Konstrukcija iznad luka može se betonirati skupa sa lukom ili naknadno po završenom spajanju lukova.

Lukovi izgrađeni sa rotiranjem već izgrađenih vertikalno betoniranih polovica su ekonomični samo za srednje raspone od 70 do 100 m. U postupku betoniranja luk predstavlja zakrivljeni nosač sa čeličnim zglobovom na dnu. Sa popuštanjem kosih zatega spuštaju se polovice lukova, međusobno spajaju i formiraju u cjeloviti luk.

Miješani postupak gradnje lukova predstavlja kombinaciju postupka sa skelom za dijelove lukova u petama i konzolnog postupka za srednji nedostupni dio luka. Moguća je i kombinacija da se dijelovi pete naprave po konzolnom postupku, a srednji dio pomoću skele koja je poduprta sa krajevima već izgrađenog luka.

Projektovanje lučnih objekata kao i objekata drugih nosivih sistema uspješna je samo u slučajevima kod kojih se istovremeno rješavaju i postupci građenja.

Slabije znanje vezano za postupke građenja lučnih mostova i skoro zaboravljena gradnja ovih lijepih nosivih sistema ne treba da budu razlozi za njihovu manju upotrebu. Racionalno rješenje postupka građenja lukova može doprinijeti, da i ovi sistemi budu konkurentni grednim i okvirnim sistemima.

14. FAZE IZRADE PROJEKTNE I TEHNIČKE DOKUMENTACIJE CESTOVNIH OBJEKATA

Projektna dokumentacija za objekte obuhvata:

- idejne skice
- idejni projekat (IP)
- projekat za dobivanje građevinske dozvole (PGD)
- projekat za licitaciju – raspis (PZR)
- projekat za izvođenje (PZI)

Idejna skica daje rješenja bistvenih dijelova namjeravane izgradnje – koncept konstrukcije.

Idejni projekat sadrži nacрте i dijelove na osnovu kojih je investitoru omogućeno donošenje odluke za prihvatanje najbolje varijante objekta koji namjerava graditi.

Projekat za dobivanje građevinske dozvole je sistematično uređen sadržaj tekstualnih dijelova i nacрта, na osnovu kojih nadležni organ može donijeti odluku o izdavanju građevinske dozvole.

Projekat za licitaciju – raspis je sistematično uređen sadržaj na osnovu kojih investitor može odabrati najpovoljnijeg izvođača.

Projekat za izvođenje je projekat za građevinsku dozvolu dopunjen sa planovima oplata, armaturnim nacrtima, opremom mosta i detaljima na osnovu kojih se mogu izvoditi radovi prema uslovima iz građevinske dozvole.

Tehnična dokumentacija za objekte obuhvata:

- projekat izvedenih radova (PIR),
- projekat za održavanje.

Projekat izvedenih radova je projekat za izvođenje dopunjen sa eventualnim promjenama u svim dijelovima projekta za izvođenje koje su nastale u toku izgradnje. Na osnovu ovog projekta može se na tehničkom pogledu, ustanoviti je li objekat izgrađen odnosno rekonstruisan u skladu sa građevinskom dozvolom.

Projekat za održavanje je sistematično uređen izbor, nacрта i teksta, šema, upustava i dr. koji omogućava pravilnu eksploataciju i održavanje objekta i ugrađenih instalacija.

U tabeli 14.1 date su faze izrade projektne i tehničke dokumentacije za objekte na cestama kao i njihova usklađenost sa fazama projektne dokumentacije ceste.

Pojedine faze izrade projektne dokumentacije za objekte zaostaju za jednu fazu u odnosu na fazu obrade projektne ceste.

Obavezan sadržaj tehničkog izvještaja za IP, PGD mostova:

- opšti podaci o mostu
- podloge za izradu projekta mosta
- koncept mosta i dispozicijski element
- geološko-geomehanički uslovi i temeljenje mosta
- konstrukcija mosta
- oprema mosta
- osnovni građevinski materijali
- tehnologija građenja
- uslovi eksploatacije i održavanja

TABELA 14.1

FAZE PROJEKTA CESTE	FAZE PROJEKTOVANJA OBJEKATA NA CESTAMA	NAMJENA FAZE
STUDIJE I ANALIZE	Saradnja projektanta objekata kod pripremanja projektnog zadatka za objekte na cestama.	Mogućnost optimalnog rješenja – koncepta objekta, prije svega u pogledu geometrije objekta
IDEJNI PROJEKAT	IS – idejna skica objekta To je obavezni sastavni dio idejnog projekta ceste	- definisane nosivog sistema - dužine i širine objekta - određivanje osnovnih materijala i tehnologije građenja - osnova za ocjenu troškova - ocjena tačnosti geometrije - prijedlog fundiranja
PROJEKAT ZA GRAĐEVINSKU DOZVOLU – PGD	IP – idejni projekat - Idejni projekat je zasnovan na konačnim podlogama. - Idejni projekat, između ostalog sadrži osnovne nacрте dispozicije (situacija, tlocrt, uzdužni presjek, poprečne presjeke kroz sve podupore). - Statički račun u obimu koji obezbjeđuje sigurnost objekta i pravilnost izabranih dimenzija i količina.	- Sastavni je dio faze projekta za obezbjeđenje građevinske dozvole (PGD) za cestu. - Dopunjava fazu PGD za ceste definiše cijenu i funkciju objekta
PROJEKAT ZA RASPIS, (LICITACIJU) - PZR	PZR – projekat za raspis, licitaciju	- Prestavlja izvod iz PGD ili IP sa definisanom geometrijom sigurnosti, funkcijom i količinom materijala. - Omogućava objavljivanje raspisa, licitacije.
PROJEKAT ZA IZVOĐENJE – PZI	PGD – projekat za građevinsku dozvolu objekta	- obezbjeđuje stabilnost, nosivost i funkciju objekta - određuje geometriju objekta - zadovoljava zahtjeve lokacije, zahtjeve oblikovanja - poštuje sve zahtjeve smernica i izdatih saglasnosti - opredjeljuje tehnologiju izvođenja
PROJEKAT ZA IZVOĐENJE – PZI	PZI – projekat za izvođenje objekta	Omogućava izgradnju objekta, jer sadrži: - nacrte oplata, armature i nacрте kablova - radioničke nacрте odn. detalje - nacrte opreme objekta - tehnologiju izvođenja - uticaj građenja na stabilnost
PROJEKAT IZVEDENIH RADOVA - PID ZA CESTE	PID – projekat izvedenih radova objekata	- izrađuje se paralelno sa izgradnjom objekta. - Sadrži sve promjene odn. dopune na objektu u poređenju sa PGD / PZI. - Glavna funkcija je da se očuva i arhivira projekat stvarno izvedenih radova koji predstavlja osnovu za pregled i održavanje objekata.
PROJEKAT ZA ODRŽAVANJE CESTE	Projekat za održavanje objekta	Daje uputstva za gospodarenje sa objektom.

15. KRITERIJI ZA OCJENU VARIJANTNIH RJEŠENJA MOSTOVA

Kod velikih i važnih mostova i vijadukata obavezna je izrada dvije ili tri varijante idejnog projekta ili se rješenja obezbjeđuju na osnovu javnog natječajja.

Komisija koja ocjenjuje varijantna (natječajna) rješenja mora dobro proučiti i ovladati sa mjerilima koja su bistvena za ocjenu vrijednosti mosta.

Kriteriji za ocjenjivanje vrijednosti varijantnih rješenja određenog mosta mogu se podijeliti u pet osnovnih grupa:

15.1 Mjerila, koja se odnose na karakteristike lokacije i podloge za izradu natječajnih rješenja

- morfologija prepreke
- geološko-geomehanički uslovi
- seizmološki uslovi
- skladnost sa cestnim podlogama

15.2 Konstruktivno-tehnološka mjerila

- savremenost i originalnost koncepta konstrukcije mosta
- izbor nosivog sistema
- elementi originalnosti vezani za izbor nosivog sistema i koncepta konstrukcije mosta
- izbor materijala za nosivu konstrukciju
- usklađenost statičko-konstruktivnog koncepta mosta sa svim specifičnim uslovima lokacije mosta
- izbor veličine raspona, međusobni odnos raspona na čitavoj dužini mosta u pogledu na statičke količine, potrošnju materijala i tehnologije građenja
- raspored potpora u pogledu morfoloških karakteristika terena, visine stubova i geološko-geomehaničkih uslova
- koncept i konstruktorsko rješenje poprečnog presjeka rasponske konstrukcije
- koncept i konstruktivno rješenje srednjih stubova
- koncept i konstruktivno rješenje upornjaka sa vezom na trup ceste
- temeljenje potpora
- rješenje opreme objekta
- savremeni tehnološki postupci građenja i njihova usklađenost sa karakteristikama lokacije i statičko-konstruktivnim konceptom mosta
- tehnologija građenja rasponske konstrukcije

- tehnologija građenja potpora mosta
- tehnologija izrade temelja
- pouzdanost (sigurnost, trajnost) i vijek trajanja mosta
- potrebni prostor za formiranje gradilišta i pristupa na gradilište
- upotreba kvalitetnih i odgovarajućih materijala.

15.3 Mjerila koja se odnose na oblikovanje mosta i čuvanje prirodne okoline

- oblikovanje pojedinih dijelova konstrukcije i opreme mosta
- međusobna oblikovna usklađenost elemenata nosive konstrukcije te usklađenost nosive konstrukcije i opreme mosta
- uključivanje mosta u prirodnu okolinu,
- skladna povezanost mosta i ceste ispred i iza mosta
- ekološka mjerila (zaštita vode, zraka, od buke, očuvanje biotopov)
- uređenje prostora u području mosta po završetku izgradnje.

15.4 Ekonomska mjerila

- ekonomika (cijena) građenja mosta i
- troškovi eksploatacije i održavanja mosta.

15.5 Mjerila koja se odnose na eksploataciju mosta

- udobnost i sigurnost prometa na mostu
- vibracije i deformacije konstrukcije mosta
- mjerila i uslovi za redovno održavanje pregleda opreme i konstrukcije mosta
- mogućnost rekonstrukcije mosta (popravci, sanacije, rekonstrukcije, ojačanja)
- mogućnost prevoza posebnih tereta sa težinom i gabaritima koji su veći od normalnih vrijednosti
- položaj, pristupnost i održavanje instalacija na mostu

16. PROBNO OPTEREĆENJE MOSTOVA

Probno opterećenje spada u jedan od uslova za tehnički pregled i upotrebnu dozvolu za mostove na cestama raspona > 15 m i željezničke mostove raspona > 10 m.

Program probnog ispitivanja mosta sastavlja odgovorni projektant i odgovorna osoba koja vrši ispitivanje. Program mora sadržavati:

- veličinu i raspored opterećenja po fazama
- račun očekivanih ugiba i deformacija
- raspored mjernih mjesta
- shemu organizacije ispitivanja

Položaj i veličina tereta za probno ispitivanje određeni su sa projektom konstrukcije. Način opterećenja u pravilu odgovara načinu opterećenja u eksploataciji (dinamičko i statičko opterećenje).

Prije izrade programa probnog opterećenja obavezno je upoznavanje sa:

- projektnom dokumentacijom mosta (PGD, PZI, PIR)
- dokumentacijom o kvalitetu ugrađenog materijala
- makroskopskim pregledom mosta

Osnovni cilj probnog opterećenja je provjera da li se most ponaša u skladu sa pretpostavkama u projektu i da li je siguran za promet i preuzimanje projektovanih opterećenja.

Ako su rezultati probnog opterećenja negativni, mora se izvršiti sanacija konstrukcije. Nakon izvedene sanacije mora se ponoviti ispitivanje sa probnim opterećenjem.

Izveštaj o probnom opterećenju mosta može biti:

- privremeni izveštaj sa osnovnim podacima i zaključcima
- konačni izveštaj sa svim podacima o mostu, ispitivanju mosta, uporednim statičkim proračunom, analizom rezultata proračuna i ispitivanja te zaključkom o ispravnosti ili neispravnosti mosta za preuzimanje projektovanih opterećenja.

Obavezno je da se jedna kopija elaborata o probnom ispitivanju između ostalih, dostavi i projektantu mosta. Projektant ima mogućnost utvrđivanja i provjere izabranog statičkog modela i statičko-dinamičke analize mosta.

17. ARHIVIRANJE TEHNIČKE DOKUMENTACIJE

17.1 Uvod

Obseg informacija sa različitih područja, koja treba čuvati, stalno raste. Konstruktori i inženjeri treba da imaju stalan i uredan pregled i uvid u postojeću tehničku dokumentaciju. Tehnička dokumentacija potrebna je i različitim službama kao što su: marketing, kalkulacije, nabava, priprema posla, izgradnja, kontrola, održavanje, rehabilitacija.

Tehnička dokumentacija mora biti:

- pasivna i aktivna na usluzi u grafički analognom obliku, podijeljena po različitim službama, odjeljenjima i korisnicima
- dostupna na jednostavan način, a njena reprodukcija visoko kvalitetna
- postojana i neosjetljiva na razne vanjske uticaje
- priručna i primjerna za jednostavnu raspodjelu i slanje po pošti
- na takvom mediju koji garantuje jednostavno dopunjavanje, popravljivanje i obradu
- postojano, sigurno i pregledno arhiviranje na sigurnom mediju koji mora omogućiti njenu upotrebu na duže vrijeme, mora biti vjerodostojan i pravno valjan za slučaj eventualnih sporova.

17.2 Prednost mikrofilmske kartice podataka (MPK)

Mikrofilm kao medij informacija u upotrebi je već 100 godina. Ispitivanja su pokazala da je trajnost današnjih mikrofilmova 1600 godina.

Sposobnost arhiviranja podataka na MPK (mjereno u bit/mm²) neprimjereno je veća od arhiviranja na disketama i diskovima.

MPK sa srebrenohalogenim filmom ima trajnost više od 150 godina što je ustanovljeno sa simulacijom. Otporan je na vlagu, izdrži temperaturu 150°, a na svjetlosti ne blijedi. Navedene karakteristike omogućile su joj međunarodno priznat pravni medij.

Sa upotrebom MPK obezbjeđuje se brza i jednostavna raspodjela i upotreba nacrti i druge tehničke dokumentacije u preglednom i priručnom obliku. U pogledu svoga oblika, kartice su prostorski racionalne i kao takve su najpogodnije za raspodjelu (slanje po pošti) i čuvanje (arhiviranje).

MPK je opremljena sa OCR pismom i barcodom što omogućava brzo traženje i sortiranje podataka po različitim kriterijima. Korisnik može rukom dopisati svaku promjenu i evidentirati kada je došlo do nje. Osnovnu karticu može zadržati radi upoređivanja, a može je odložiti u centralni arhiv. Kartica, osim crteža, sadrži i druge podatke koji omogućavaju lakši rad sa nacrtima (može služiti kao kartoteka).

17.3 Zajednički imenik MPK

Ako damo MPK pod zajednički imenik sa klasično i kompjutersko oslonjenom tehničkom dokumentacijom, moramo naglasiti da MPK omogućava povezivanje u svim smjerovima:

- Prenos podataka iz klasičnih crteža na MPK sa kamerama (fotopostupak).
- Prenos podataka iz kompjuterskih medija (disketa, diskovi) na MPK pomoću CADMIC sprave (laserski postupak), prenos podataka iz MPK na kompjuterske medije uz pomoć SCANNERA koji skenira od 350 crteža MPK u kompjuterski medij. Sa scannerom obezbijeđen je nedostajući član između analognim i digitalnim sistemom. Skenirani crtež se može popraviti u kompjuteru i direktno prenijeti na papir putem laserskih štampača.
- Prenos podataka iz MPK na papir pomoću štampača.

17.4 Priprema tehničke dokumentacije za arhiviranje

Šifrant radova i osnovni upis podataka sa glavom mora definisati investitor. Sadržaj i oblik ta dva dokumenta moraju biti osnova za svaku projektantsku organizaciju radi jedinstvenog unosa podataka na arhivski medij.

Tehnička dokumentacija koja je namijenjena za arhiviranje mora se predati u originalnom i transparentnom obliku odnosno na običnom papiru sa čime se obezbijuje kvalitet presnimavanja. Ne smije biti na ozolit papiru jer blijedi i nije primjeren za kvalitetno presnimavanje na MPK i trajno arhiviranje.

U 1993. godini pojavio se na tržištu laserski štampač koji omogućava direktnu izradu MPK iz kompjuterskog medija na MPK. Tako dobiven mikrofilm je u potpunosti identičan klasičnom MPK.

Arhiviranje na CD-ROM dolazi u obzir do faze konačnoga arhiviranja tehničke dokumentacije koji se nastavlja na MPK kao dugoročno konačno arhiviranje.

Po završenom radu na objektu moraju se sve eventualne promjene, koje su naknadno ručno unesene u nacrt projekta, predati projektantu koji ih tehničko izcrta u kompjuterskom ili klasičnom obliku. Postupak mora biti ovjeren od nadzornog organa i odgovarajućih služba. Tako popravljena dokumentacija pripremljena je za konačno arhiviranje:

- digitalno preko laserskog štampača na MPK, a može i na CD-ROM
- iz papirne podloge preko kamera na MPK.