

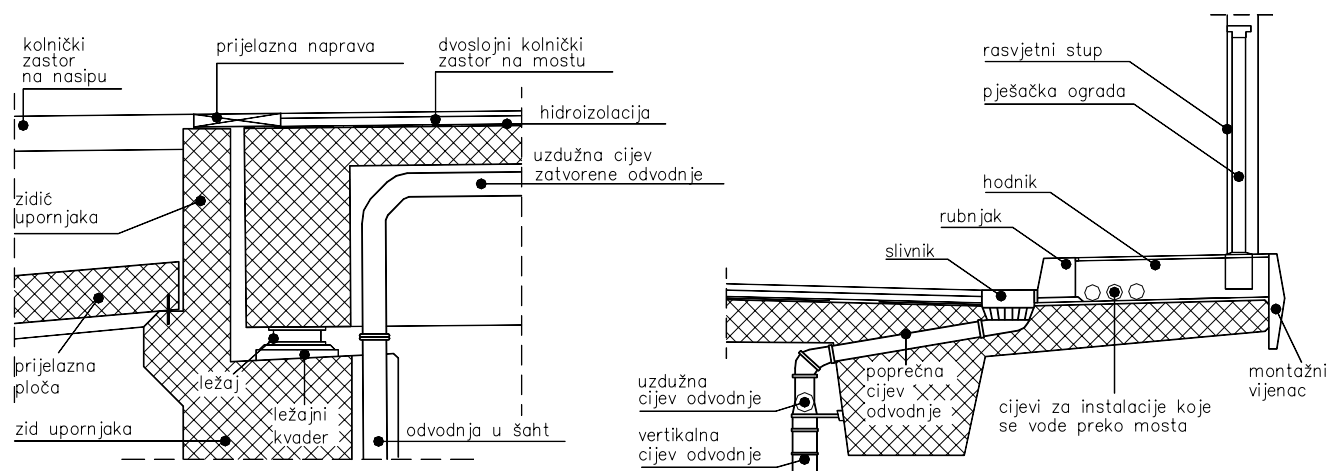
2.4 OPREMA MOSTOVA

2.4.1 Utjecaj opreme na uporabljivost i trajnost mostova

Pored konstruktivnih elemenata most sadrži i opremu - dijelove koji opslužuju prometne potrebe. Opremi pripadaju i ležaji koji prenose opterećenje s gornjeg na donji ustroj. Oprema mosta zavisi od namjene, veličine, lokacije, klase mosta (prometnog opterećenja), gradiva i konstruktivnih značajki. Elementi opreme mogu se konstruirati i proizvesti, odnosno izgraditi, kao dijelovi mosta ili kritički usvojiti kao gotovi tvornički proizvodi. Njihovo konstruiranje spada u uža specijalistička znanja, no sam odabir i pravilna ugradba pripadaju znanjima koja mora posjedovati svaki graditelj.

Opremu mostova čine (SL. 33):

- ležajevi (koristi se i riječ ležaji) i zglobovi
- prijelazne naprave – oprema za dilatacijske prekide na nosivoj konstrukciji mostova
- prijelazne ploče
- oprema za odvodnju mosta
- oprema pješačkih staza na mostovima (rubnjaci, vijenci, ograde i odbojnici)
- kolnički zastor i hidroizolacija
- oprema za rasvjetu mosta
- oprema za prevođenje raznih instalacija preko mosta
- uređaji za pregled i održavanje mostova.



Slika 33. Oprema mosta: osnovni dijelovi.

Ako je most ispravno konstruktivno koncipiran te projektiran i izveden sukladno propisima i pravilima zanata, oprema presudno utječe na njegovu trajnost i uporabivost. Iskustvo pokazuje da se većina mostova popravljaju, čak i ruše ili rekonstruiraju uslijed ugroženosti od loše projektirane, izvedene ili posebice neodržavane opreme. Ovaj problem ne smije se pomiješati s potrebom redovite zamjene dijelova opreme tijekom uporabnog vijeka mosta: vijek trajanja dijelova opreme može biti manji od predviđenog uporabnog vijeka građevine ako su predviđeni uvjeti za njihovu zamjenu (npr. mogućnost odizanja sklopa radi zamjene ležaja).

2.4.2 Ležaji

Ležaji su konstruktivni elementi koji služe za prijenos opterećenja s rasponskog sklopa na potpore. Pri tome omogućuju pomake i zakretanja sklopa kako bi se ostvarila raspodjela naprezanja, deformacija i pomaka predviđena koncepcijom i statičkim proračunom. Osnovna podjela ležajeva vrši se prema omogućavanju pomaka: nepomični ležaji omogućuju zakretanje rasponskog sklopa i prenose horizontalne sile na potpore, dok pomični omogućuju ostvarenje pomaka u jednom smjeru ili u svim smjerovima. Primjenom polimernih materijala nastali su novi ležaji – elastomerni, koji omogućuju pomake ali i prenose horizontalne sile na potpore.

Rasponski sklop može biti i upet u potpore, čime se ostvaruje okvirno djelovanje, no tada se ležaji i ne ugrađuju.

NEPOMIČNI LEŽAJI osim vertikalnih opterećenja preuzimaju i horizontalne sile (sile kočenja, vjetra, trenja u pomičnim ležajima, sile otpora elastično deformabilnih stupova, otpora na dilatacijskim reškama ili napravama i sile od potresa).

POMIČNI LEŽAJI prema uobičajenim pretpostavkama kod rješavanja statičkih sustava ovi ležaji preuzimaju samo sile okomite na ravninu podloge. Naime iako pomični ležajevi preuzimaju i male horizontalne sile zbog koeficijenta trenja kotrljanja odnosno klizanja, u statičkom proračunu te sile se redovito zanemaruju upravo zbog svoje veličine. Pomični ležaji moraju omogućiti promjenu duljine rasponske konstrukcije koja potječe od promjene temperature, od skupljanja i puzanja betona, te skraćivanja od prednapinjanja i progiba.

ELASTOMERNI LEŽAJI preuzimaju osim vertikalnih i horizontalne sile. Pri tome se deformiraju i omogućuju pomake konstrukcije pa se nazivaju i deformabilni ležaji. I ostali se ležaji pri opterećenju deformiraju, ali su deformacije EL ležaja znatno veće i služe za ostvarenje osnovne funkcije ležaja (sl. 34).



Slika 34. Djelovanje ležaja mosta:

a) Klasični ležaji

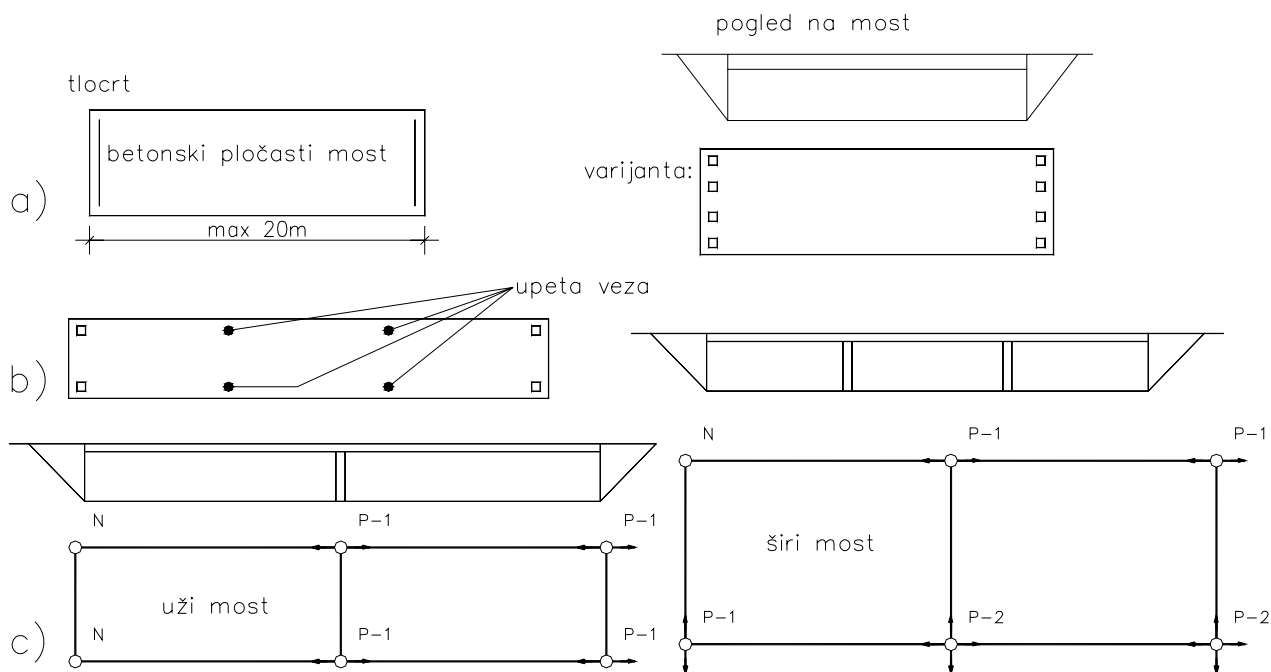
b) Deformabilni ležaji opterećeni horizontalnom silom.

Raspored (dispozicija), podjela i označavanje ležaja

Uzdužni raspored

Kod malih betonskih pločastih mostova moguće je osloniti nosač na betonski zglob s obje strane, računajući na to da će se pomaci ostvariti minimalnim zakretanjem zida upornjaka¹. Kod manjih građevina najviše se izvode betonski zglobovi, a u posljednje vrijeme i elastomerni ležaji, pa će ti tipovi oslonaca biti prikazani detaljnije.

¹ Takozvani integralni mostovi bez ležaja i prijelaznih naprava izvode se do oko 60 m ukupne duljine. Kod njih se računa s većim unutarnjim silama nastalim uslijed spriječenih pomaka. Ovdje su prikazane konvencionalne koncepcije.



Slika 35 Tlocrtni raspored ležaja mosta

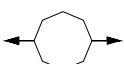
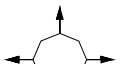
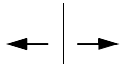
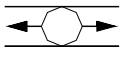
Kod kraćih kontinuiranih nosača nepomičan ležaj je na jednom upornjaku, gdje je najjednostavnije prenijeti horizontalne sile u tlo. Pri tome se najveće dilatacije pojavljuju na suprotnom upornjaku iznad pomičnog ležaja. Za dulje sklopove može biti ekonomično postavljanje nepomičnog ležaja na stup u blizini sredine mosta. Pritom se povećani izdatak za stup koji mora preuzeti horizontalne sile uspoređuje s izdacima za manje prijelazne konstrukcije na upornjacima. Ako su stupovi vitki postoji mogućnost rješenja s nekoliko nepomičnih ležaja oko sredine mosta.

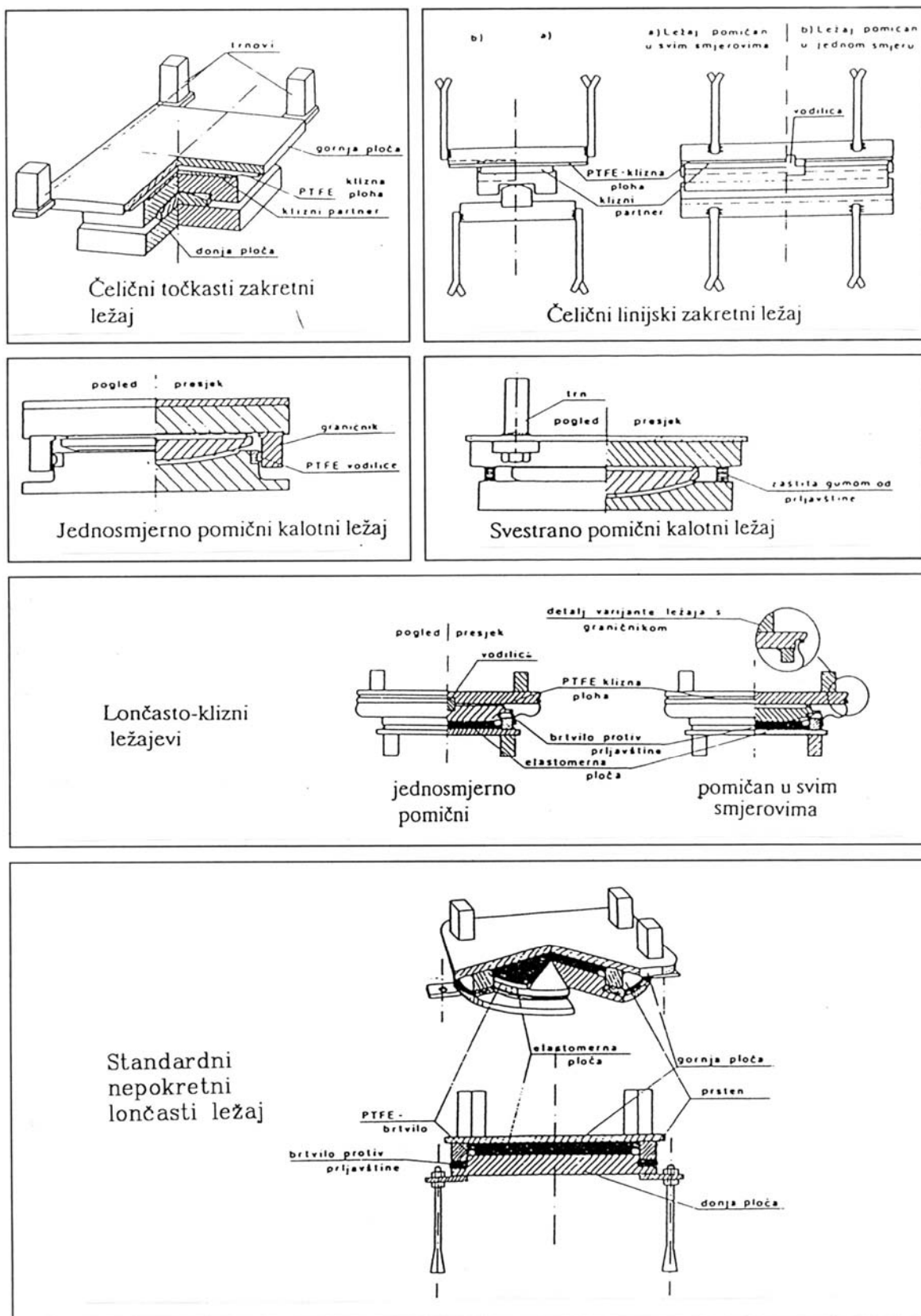
Tlocrtni raspored (dispozicija)

Nepomični ležaji postavljaju se u paru samo kod uskih mostova (sl. 35 a) na razmaku do 5 m. Za veće širine mora se omogućiti i poprečno dilatiranje (sl. 35 b).

Tipovi ležaja prema karakterističnim svojstvima gradiva i načinu prijenosa opterećenja dani su u tablici 3, zajedno sa simboličkim oznakama koje koristimo za crtanje sheme oslanjanja.

Tablica 3 Pregled oznaka, tipova i vrsta ležaja, te glavnih pomaka na osloncima (DIN 4141/1). Oznake smjerova znače: X – uzduž rasponskog sklopa, Y – poprečno na sklop, Z – vertikalno.

SIMBOL	TIP LEŽAJA	VRSTA LEŽAJA (Primjeri)	VRSTA POMAKA			
			OPĆENITO	SMJER X	SMJER Y	SMJER Z
	deformabilni ležaj	Elastomerni ležaj (EL)	dvoosno pomičan	deformabilni	deformabilni	približno nepomičan
		EL s konstrukcijom za sprečavanje pomaka u jednom smjeru	jednoosno pomičan	deformabilni	nepomičan	
		EL s konstrukcijom za sprečavanje pomaka u oba smjera	nepomičan	nepomičan	nepomičan	
	točkasti zakretni ležaj	čelični točkasti zakretni ležaj kalotni nepomični lež. lončasti ležaj	nepomičan	nepomičan	nepomičan	nepomičan
		jednosmjerno pomičan ležaji a), b), c)	jednoosno pomičan	klizni ili valjkasti	nepomičan	
		dvosmjerno pomičan ležaji a), b), c)	dvoosno pomičan	klizni ili valjkasti	klizni ili valjkasti	
	linijski zakretni ležaj	čelični linijski zakretni ležaj betonski zglob	nepomičan	nepomičan	nepomičan	nepomičan
		valjkasti ležaj jednosmjerno pomičan linijski zakretni klizni lež.	jednoosno pomičan	klizni ili valjkasti	nepomičan	
	ležaj za preuzimanje horizontalnih sila	ležaj s vodilicama	jednoosno pomičan	klizni	nepomičan	klizni
		nepomični točkasti lež.	nepomičan	nepomičan	nepomičan	

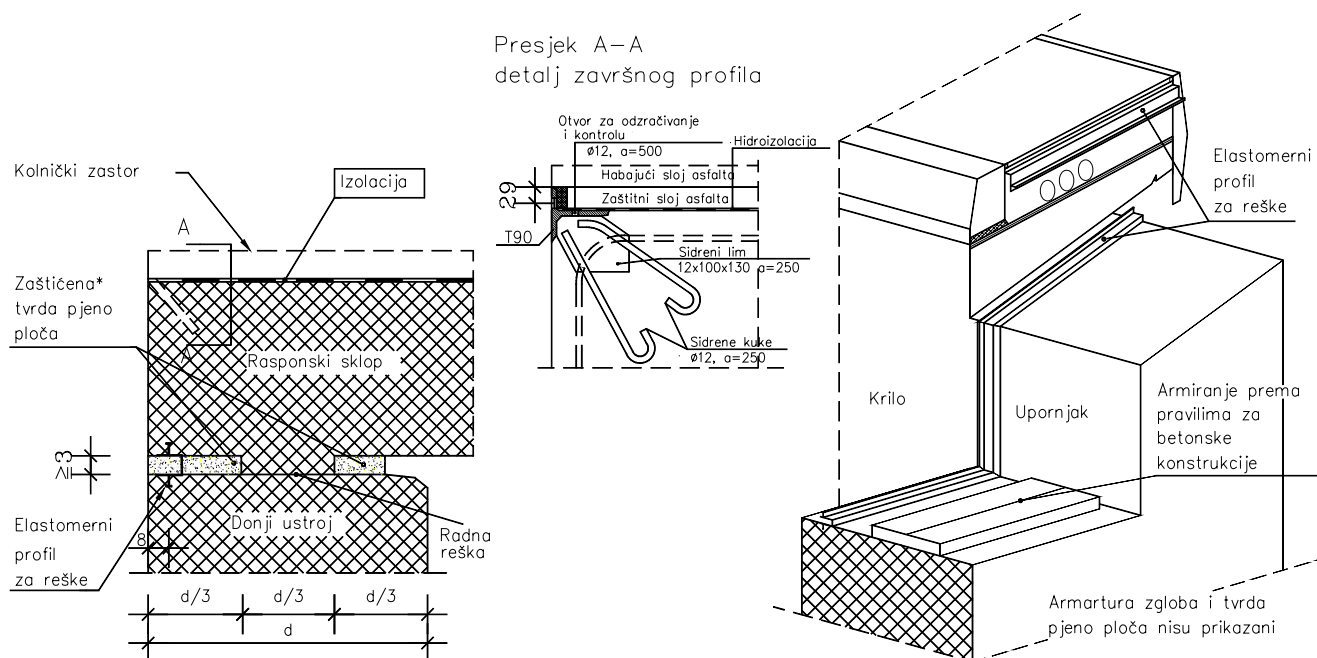


Tablica 4. Neki tipovi ležaja za preuzimanje većih sila, odnosno omogućavanje većih pomaka.

Neki ležaji za preuzimanje većih sila i pomaka prikazani su u Tablici 4. Čelični ležaji se razlikuju od elastomernih po načinu prijenosa opterećenja. Kod čeličnih ležaja se opterećenje prenosi malim, tzv. točkastim ili linijskim dodirnim ploham zbog čega se na tim mjestima javlja velika koncentracija naprezanja, dok se kod elastomernih ležaja opterećenje prenosi preko veće plohe, što je povoljno kod unosa koncentrirane sile u sklop i potporu.

Betonski zglobovi

Uvijek kada je potrebno ostvariti zakretanje masivnog sklopa uz spriječene pomake treba ispitati mogućnost ispunjenja zahtjeva betonskim zglobom. Ovo rješenje je trajno i pouzdano ako su poštovana pravila oblikovanja i armiranja koja pripadaju području Betonskih konstrukcija. Ovdje će biti prikazano oblikovanje kraja manjeg pločastog mosta koji se preko betonskog zgloba oslanja na zid upornjaka (sl. 36).



Slika 36 Završetak rasponskog sklopa betonskim zglobom. Jednostavno rješenje, prilagođeno malim mostovima, bez prijelazne konstrukcije i zidića upornjaka, pogodno za raspon do oko 20 m. Kraj sklopa pri prijelazu na nasip osigurava se ojačanjem (čelični profil), a zglob se od onečišćenja iz nasipa štiti elastomernim profilom.

Armirani elastomerni ležaji (AEL)

Obično se odabire iz tablica tipskih proizvoda (primjer: Tablica 5), na osnovi proračuna najvećih i najmanjih vertikalnih i horizontalnih reakcija te pomaka². Ukoliko nije ispunjen zahtijev na minimalnu vertikalnu silu, treba odabrati usidrene ležaje (tip 2 do 5 iz Tablice 5)

Uz tablicu 5 dani su presjeci četiriju tipova standardnih AE ležaja, a u samoj tablici dane su dimenzije različitih tipova ležaja ovisno o dopuštenom opterećenju i pomaku.

Standardni AEL

Tip 1 – neusidreni elastomerni ležaj (proklizavanje ležaja spriječeno trenjem - najčešći)

Tip 2 – usidreni AEL, pomičan u svim smjerovima; usidrenje pomoću trnova ili vijaka

Tip 4 – usidreni AEL, pomičan u svim smjerovima; usidrenje pomoću okruglih ploča i moždanika

Tip 5 – usidreni AEL, pomičan u svim smjerovima; usidrenje pomoću rebrastog lima

Prema narudžbi mogu se naručiti i nestandardni AEL.

² Koriste se nefaktorizirane sile!

Ostale vrste ležaja nisu detaljnije prikazane, no i za njih postoje standardne tablice, odnosno katalogi podtipova. Ono što je bitno znati i predvidjeti kod razrade projekta su oblici i izmjere mjesta na konstrukciji i potpori u izravnom kontaktu s ležajem.

Osnovni zahtjevi pri tome su

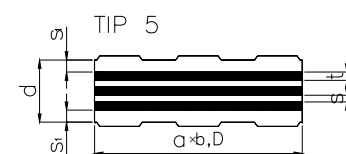
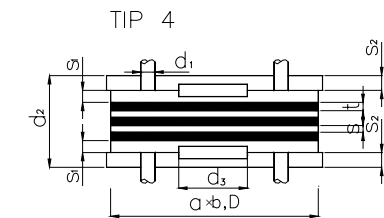
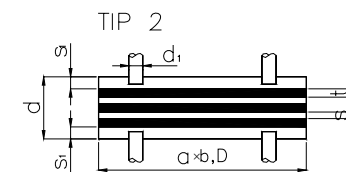
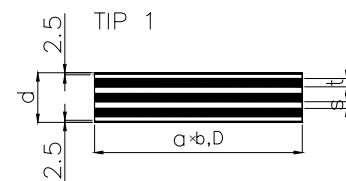
- omogućen ravnomjeran unos koncentrirane sile,
- zaštita od vode i onečišćenja
- pristup radi pregleda i mogućnost zamjene ležaja.

ad a) Kod ispunjavanja ovog zahtjeva treba pripaziti na ravnoću i horizontalnost oslonačkih ploha, te oblikovanje ležajnih kvadera (sl. 37).

ad b) Osigurava se nagibom i odvodnjom ploha (sl. 38)

ad c) Zamjena ležaja vrši se odizanjem rasponskog sklopa hidrauličnim prešama, za koje treba unaprijed predvidjeti mjesto u sklopu (sl. 37 i 38).

			min $\sigma \geq 5,0$ N/mm ² (unverankert) *				min $\sigma < 5,0$ N/mm ² (verankert) *						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
Breite, Länge Durchmesser a · b D	zul. Last N	E- Modul E _I	Zahl der Schicht n	zul. Ver- schleiß W	Einbau- dicke Typ 1 d	Elasto- mer dicke T	zul. Ver- schleiß W	Einbaudicke			Elasto- mer dicke T	Dollen für Typ 2 und Typ 4 L=150 Stick	
mm	MN	N/mm ²	—	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	
* min $\sigma < 3$ N/mm ² (verankert)	Ø 300 300 x 400	0,88 1,80	527 630	1	(9,1)	(19)	(13)	—	—	—	—	2	
				2	(14,7)	(30)	(21)	(11,2)	(49)	(79)	(39)	(16)	
				3	20,3	41	29	16,8	(60)	(90)	(50)	(24)	
				4	25,9	52	37	22,4	71	101	61	32	
				5	31,5	63	45	28,0	82	112	72	40	
				6	37,1	74	53	33,6	93	123	83	48	
				7	42,5	85	61	39,2	104	134	94	56	
				8	46,2	96	69	44,0	115	145	105	64	
				9	49,5	107	77	47,5	126	156	116	72	
				10	52,4	118	85	50,7	137	167	127	80	
				11	—	—	—	53,4	148	178	138	88	
* min $\sigma \geq 3$ N/mm ² (unverankert)	Ø 350	1,20	380	1	(11,2)	(24)	(16)	—	—	—	—	2	
				2	(18,9)	(39)	(27)	(15,4)	(56)	(86)	(46)	(22)	
				3	26,6	54	38	23,1	71	101	61	33	
				4	34,3	69	49	30,8	86	116	76	44	
				5	42,0	84	60	38,5	101	131	91	55	
				6	49,5	99	71	46,2	116	146	106	66	
				7	54,6	114	82	52,4	131	161	121	77	
				8	59,0	129	93	57,1	146	176	136	88	
				9	62,7	144	104	61,1	161	191	151	99	
	350 x 450	2,36	520	1	(11,2)	(24)	(16)	—	—	—	—	3	
				2	(18,9)	(39)	(27)	(15,4)	(66)	(106)	(46)	(22)	
				3	26,6	54	38	23,1	81	121	61	33	
				4	34,3	69	49	30,8	96	136	76	44	
				5	42,0	84	60	38,5	111	151	91	55	
				6	49,5	99	71	46,2	126	166	106	66	
				7	54,6	114	82	52,4	141	181	121	77	
				8	59,0	129	93	57,1	156	196	136	88	
				9	62,7	144	104	61,1	171	211	151	99	
	Ø 400 400 x 500	1,89 3,00	495 670	1	(11,2)	(24)	(16)	—	—	—	—	2	
				2	(18,9)	(39)	(27)	(15,4)	(66)	(106)	(46)	(22)	
				3	26,6	54	38	23,1	81	121	61	33	
				4	34,3	69	49	30,8	96	136	76	44	
				5	42,0	84	60	38,5	111	151	91	55	
				6	49,7	99	71	46,2	126	166	106	66	
				7	57,0	114	82	53,9	141	181	121	77	
				8	62,1	129	93	59,8	156	196	136	88	
				9	66,6	144	104	64,6	171	211	151	99	
				10	70,4	159	115	68,8	186	226	166	110	
				11	—	—	—	72,3	201	241	181	121	

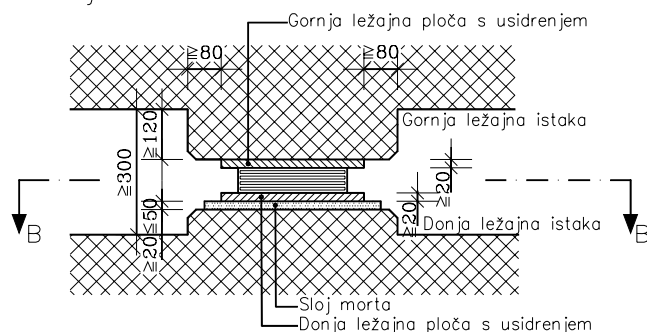


Standardni AEL

Tablica 5 Izmjere standardnih tipova AE ležaja prema jednom katalogu proizvođača.

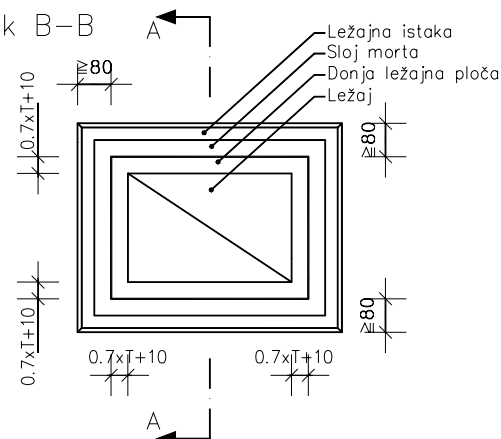
Njemačke smjernice preporučaju da se između elastomernog ležaja i betona sklopa umetnu čelične ploče, no to se nije uvriježilo u domaćoj praksi.

Presjek A-A



T = debljina elastomera

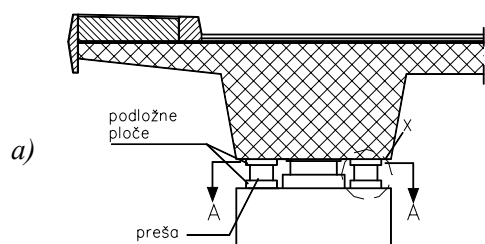
Presjek B-B



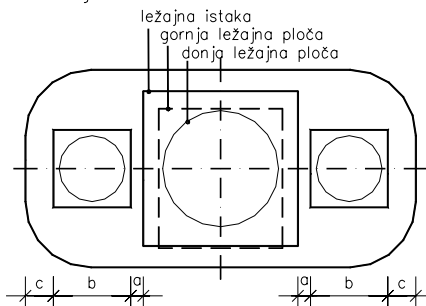
Slika 37 Uređenje oko ležaja mosta kada se sklop izvodi na mjestu.

Poprečni presjek

(Primjer: greda T-presjeka na pojedinačnim stupovima, oslonjena preko jednosmjerno pomičnih točkasto-kliznih ležaja)

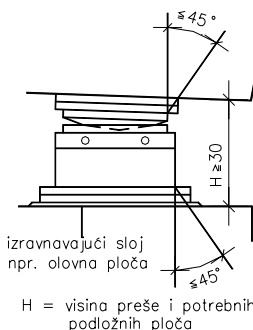


Presjek A-A

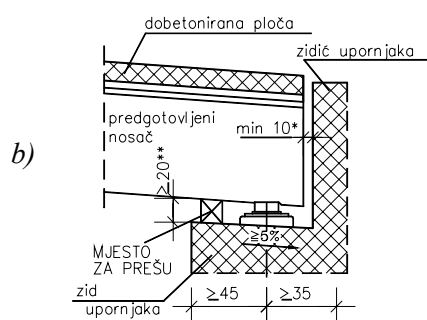


a = razmak od ležajne istake odnosno gornje ležajne ploče, do podložne ploče > 5cm
b = širina podložne ploče
c = udaljenost podložne ploče do betonskog ruba donjeg odnosno gornjeg ustroja > 12cm

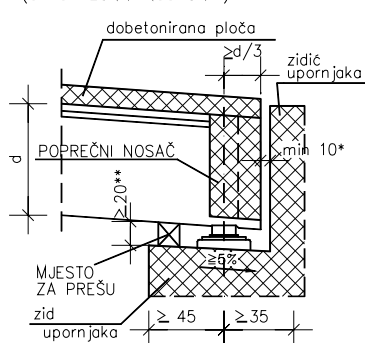
Detalj X



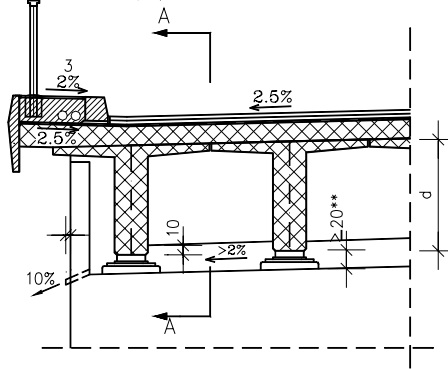
PRESJEK A-A
(BEZ POPREČNIH NOSAČA)



PRESJEK A-A MJ 1:50
(S POPREČNIM NOSAČIMA)



POPREČNI PRESJEK



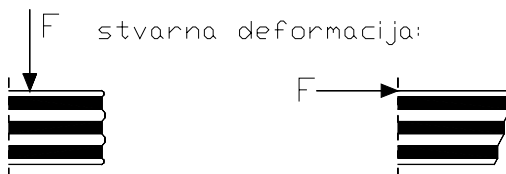
Slika 38

a) Uređenje mjesta za umetanje preša radi naknadne izmjene ležaja mosta.
b) Uređenje ploha oko ležaja kod rasponskog sklopa u polumontažnoj izvedbi.

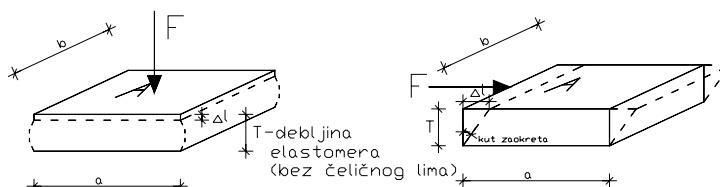
PRORAČUN KRUTOSTI ELASTOMERNOG LEŽAJA

Kod modeliranja rubnih uvjeta za proračun sklopa na računalu potrebno je odrediti krutost opruge koja zamjenjuje ležaj (silu potrebnu da se ostvari jedinični pomak). Za to su nam potrebni podaci:

- dimenzije ležaja iz tablica: $a \times b \times d$ (širina $\times$ dužina $\times$ visina)
- razlikujemo ukupnu visinu ležaja d i visinu elastomera T po kojem se odvija deformacija
- modul elastičnosti E – uzeti iz tablica (podatak daje proizvođač) ovisno o dimenzijama ležaja
- $G = 1 \text{ N/mm}^2$



skica deformacije kada se promatra samo elastomer:



Slika 39.

Deformiranje elastomernog ležaja.

VERTIKALNA KRUTOST

$$F = \sigma \cdot A = \varepsilon \cdot E \cdot A = \frac{\Delta l}{T} \cdot E \cdot A$$

$$\Delta l = 1 \Rightarrow F \rightarrow \text{krutost} \Rightarrow k_u = \frac{E \cdot A}{T}$$

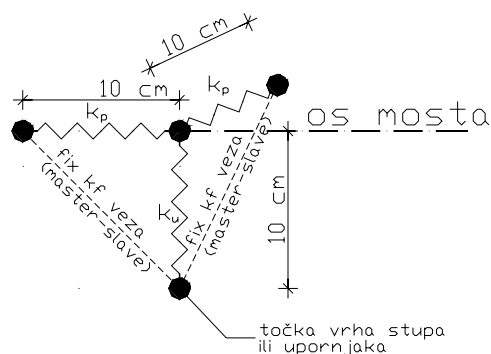
HORIZONTALNA KRUTOST:

$$F = \tau \cdot A = \gamma \cdot G \cdot A = \frac{\Delta l}{T} \cdot G \cdot A$$

$$\Delta l = 1 \Rightarrow F \rightarrow \text{krutost} \Rightarrow k_p = \frac{G \cdot A}{T}$$

MODEL DVOOSNO POMIČNOG DEFORMABILNOG LEŽAJA OD OPRUGA ZADANE KRUTOSTI:

U konačnici se štapni element fiksira u tri smjera pomoću tri upruge različitih krutosti. Za proračun na idejnoj razini nije potrebno definirati ovako složen model, već se mogu koristiti i standardni rubni uvjeti (spriječen ili oslobođen pomak ili kut zaokreta)

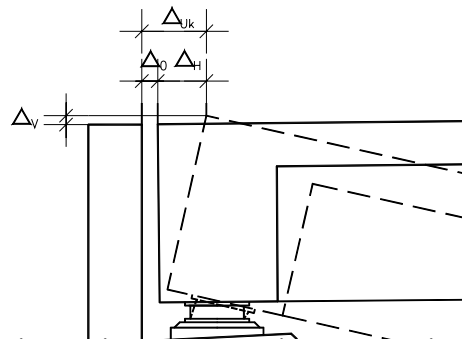


Slika 40. Model za proračun - oslonac konstrukcije preko elastomernog ležaja.

2.4.3 Prijelazne naprave

Na mjestima gdje se promjene duljine rasponske konstrukcije i pomaci u razini kolnika očituju kao širenje i sužavanje reške između susjednih dijelova mosta potrebno je izraditi ili ugraditi prijelazne naprave. One služe osiguranju kontinuiteta prijelaza u kolniku na mjestima prekida u konstrukciji te na prijelazu s rasponske konstrukcije na upornjak. Također sprečavaju prolaz vodi i nečistoći u donje djelove mosta. Prijelaznom napravom treba se osigurati mogućnost deformacija u sva tri smjera:

- u smjeru osi mosta (pomak usljed zaokretanja: središte zaokretanja je na ležaju, a dilatacija na plohi kolnika)
- po visini (jer se prijelazni uređaj ne nalazi u presjeku središta zaokretanja)
- po širini (kod širokih mostova i kod potresa)



Slika 41. Otvaranje reške na kraju sklopa uslijed pomaka i zakretanja.

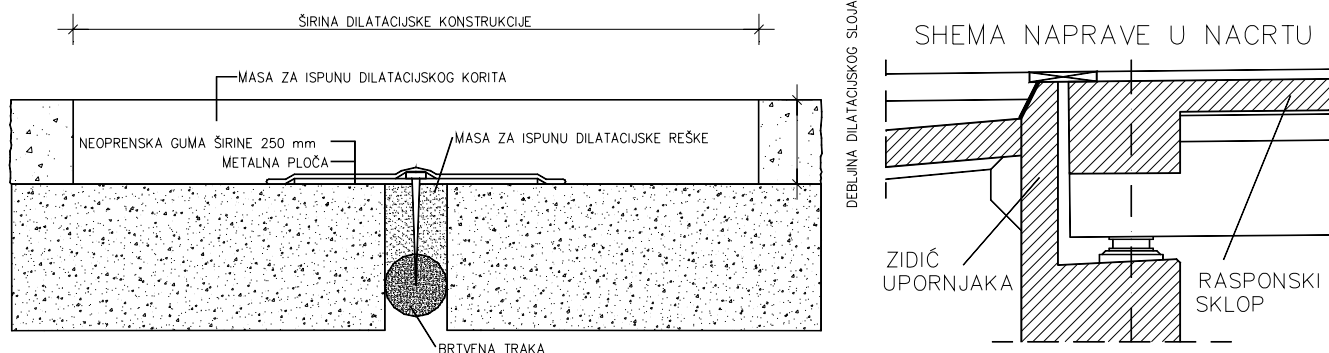
Neki od tih pomaka bit će neprimjetno mali, ali ako ih ne omogućimo oni mogu izazvati raspucavanje dijelova konstrukcije ili samo kolničkog zastora. Izbor dilatacijske naprave ovisi o potrebnoj veličini uzdužnog pomaka.

Ovi prijelazi su najslabija mjesta na mostu, često trpe velika oštećenja uslijed nepravilne ugradbe i održavanja, a troškove popravka i zamjene su znatni, pa treba birati najotpornije dilatacijske naprave. Najjednostavnije rješenje prijelaza s objekta na nasip, s čeličnim profilom na kraju sklopa, prikazano na sl. 36, prikladno je samo za male mostove. Kod nešto veće duljine sklopa može se izvesti elastična prijelazna naprava u profilu kolničkog zastora, dok kod većih duljina dilatacija treba postavljati veće ugradbene naprave.

Elastična prijelazna naprava u kolničkom zastoru

Primjer: naprava Thorma joint

Ovaj tip prijelaznice odlikuje se jednostavnom ugradbom. Ispod sloja mase za ispunu korita postavlja se metalna ploča, preko nje neoprenska gumena traka. Da bi se spriječilo eventualno ispadanje brtvene trake, ona se pričvršćuje za metalnu ploču posebnim čavlicima. Korito se ispunjava masom od modificiranog bitumenskog veziva. Ova prijelazna naprava omogućuje pomake do $\pm 35\text{mm}^3$. Nije pogodna za mostove u većem nagibu (npr. $>4\%$), jer elastična masa pokazuje sklonost tečenju.

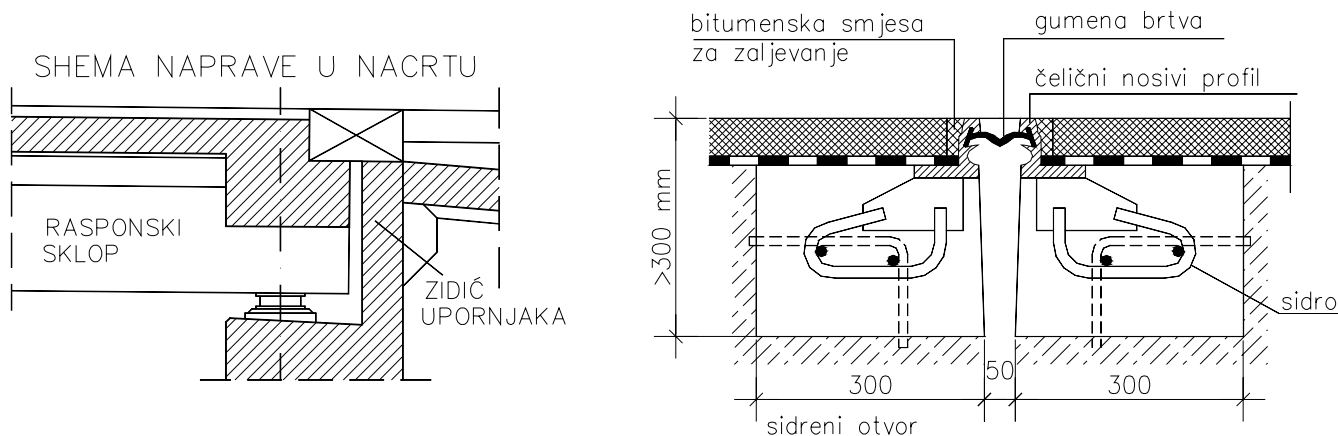


Slika 42 Elastična prijelazna naprava Thorma-Joint.

³ Podatak proizvođača kojeg treba uzeti s rezervom i predviđati ove naprave do pomaka od $\pm 20\text{mm}$.

Prijelazna naprava za male pomake (do 40 mm)

Ovakve naprave izrađuju posebne radionice, a zadatak projektanta je da predvidi zahtjeve na napravu i mogućnost ugradbe. Područje pomaka koje naprava pokriva je $\pm 40\text{ mm}$. Sastoji se od dva osnovna elementa: čelične letve sa čeljusti usidrene u betonsku ploču kolnika i elastomernog uložka ugrađenog nakon asfaltiranja kolnika. Elastomerni uložak uz redovito održavanje, osigurava vodonepropusnost. Čelična letva sidri se u beton sklopa posredstvom privarenih krilaca s petljama od betonskog željeza koje su vezane s armaturom kolnika umetnutim šipkama. Bitno je unaprijed predvidjeti otvor za ugradbu u betonu konstrukcije, odnosno upornjaka, koji se betonira po namještanju letvi i armature (sl. 43).



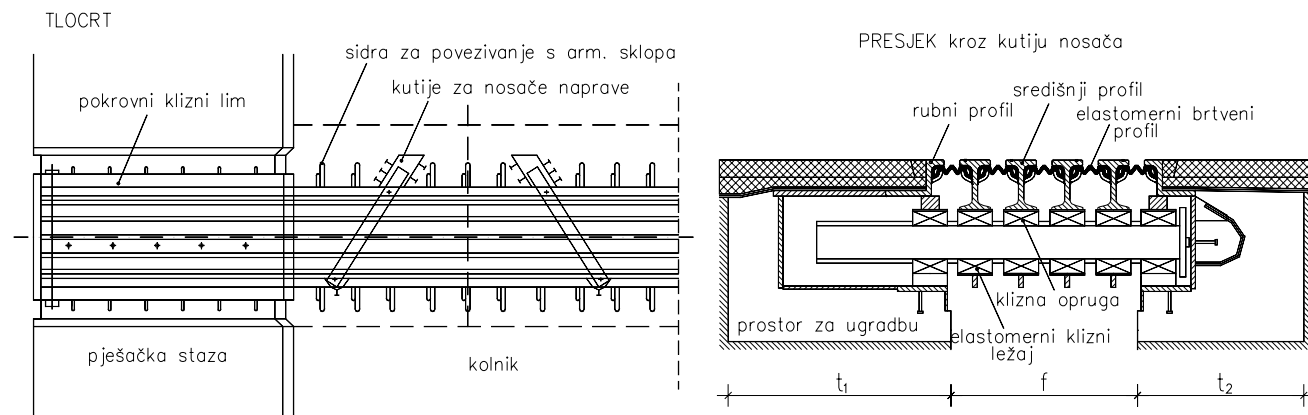
Slika 43 Prijelazna naprava za pomake do $\pm 40\text{ mm}$.

Hidroizolacija se vodi sve do čeličnog profila te malo vuče uz njega prema gore, a reška između čeličnog profila i asfalta je ispunjena smjesom za zaljevanje reški ili trakom za reške. Prijelazna naprava vodi se po čitavoj širini kolničke ploče te kroz pješačke staze.

Prijelazna naprava za veće pomake (do 240 mm)

Na sl. 44 prikazana je naprava za pomake do $\pm 240\text{ mm}$. Složeni uređaj sadrži rubne letve, međuletve i njihove nosače te elastomerne brtvene uloške.

Naprava se polaže u prostor za ugradbu te se pričvršćuje privarivanjem sidara na priključnu armaturu (armatura iz rasponskog sklopa i upornjaka). Kroz preklapljeni prostor sidara i armature rasponskog sklopa moraju se provući najmanje 3 šipke $\phi 12$.

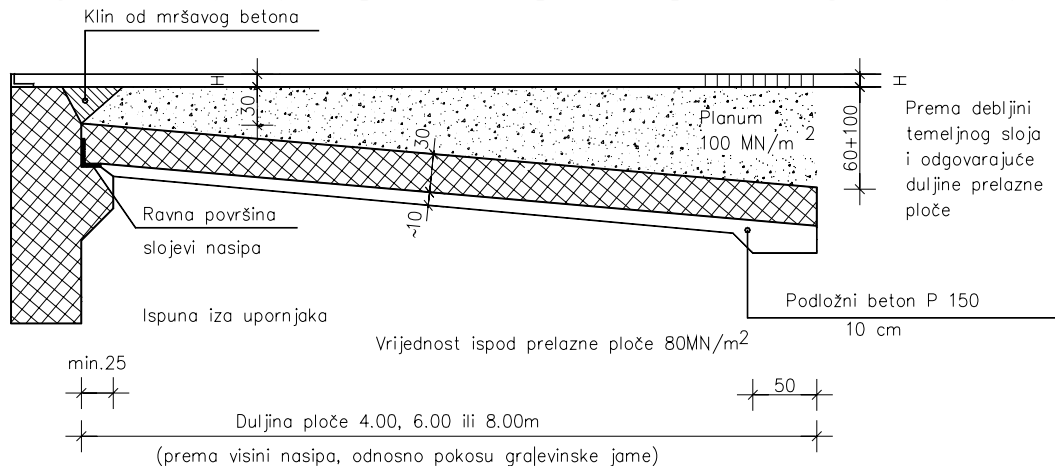


Slika 44 Prijelazna naprava za pomake do $\pm 240\text{ mm}$.

2.4.4 Prijelazne ploče

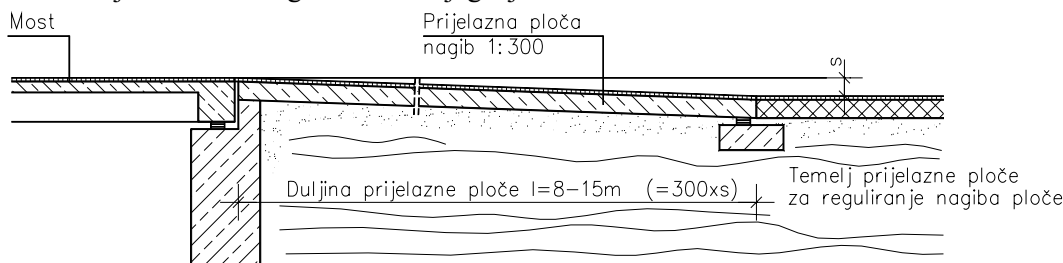
Građevina (most) se sliježe znatno manje od nasipa, pa se nakon godina uporabe na prijelazu s geotehničke na konstruktorsku građevinu javlja neugodna denivelacija kolnika. Ova pojava ublažava se posebno propisanim režimom zbijanja nasipa i ugradbom prijelaznih ploča.

Prijelazna ploča ugrađuje se neposredno iza upornjaka, u nasipu, tako da se s jedne strane oslanja na zid upornjaka, a s druge je ukopana. Prijelazna ploča može biti smještena tako da se između ploče i kolničkog zastora nalazi šljunčani klin (sl. 45) ili se ploča nalazi neposredno ispod kolničkog zastora (sl. 46).



Slika 45 Prijelazna ploča ukopana u nasip iza upornjaka. Duljina ploče: od 4 m naviše.

U prvom slučaju prijelazna ploča je kosa, a u drugom se izvodi horizontalna, odnosno u nagibu nivelete. U prvom slučaju duljina ploče se određuje prema visini nasipa, odnosno pokosu građevinske jame, a u drugom slučaju u skladu s dopuštenom promjenom nagiba (denivelacijom) za određenu kategoriju ceste. Između ploče i krila upornjaka ostavlja se reška zbog razlike u slijeganju ovih elemenata.



Slika 46 Prijelazna ploča neposredno ispod zastora izvodi se u projektiranom nagibu prometnice. Ako se tijekom eksploatacije dopušta ostvarivanje dodatnog nagiba od 1:300, proračunom slijeganja nasipa dobiva se potrebna duljina ploče.

2.4.4 Odvodnja mosta

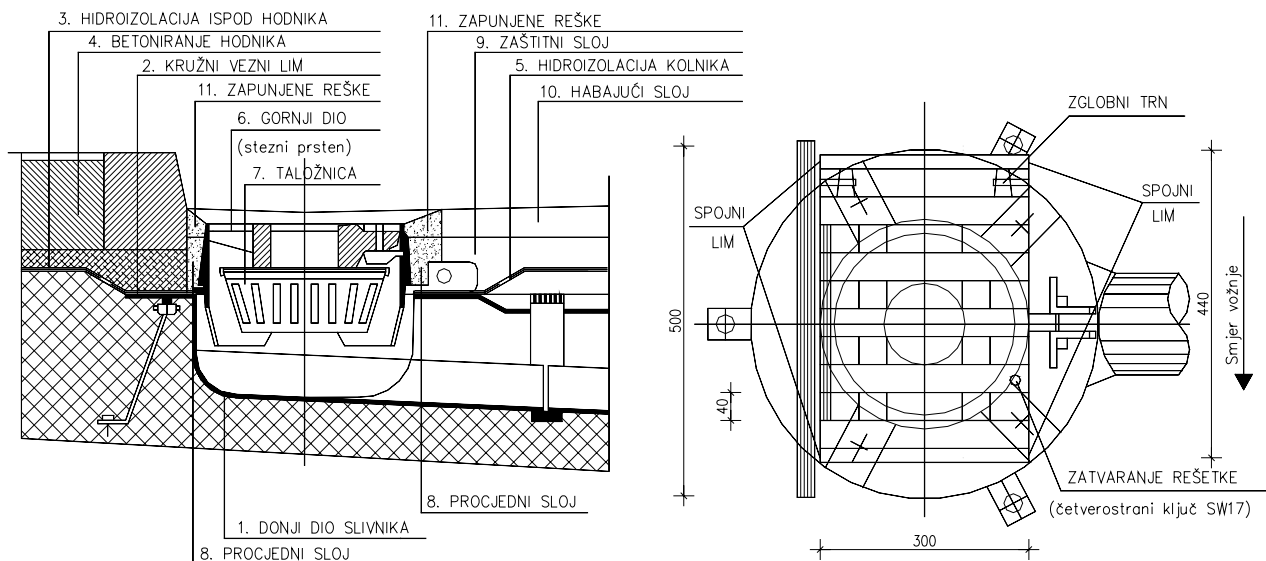
Većina oštećenja na mostovima nastaje zbog loše postavljenog, izvedenog ili održavanog sustava odvodnje i hidroizolacije. Sustav odvodnje obuhvaća sve građevinske preduvjete za brzo i učinkovito odvođenje vode s kolnika i hodnika te vode s razine hidroizolacije. Pored oborinske vode na prometnicu dolazi i sol za odleđivanje, sipina, a moguće je i izlivanje drugih tekućina (gorivo, mazivo, kemikalije). Osim zaštite konstrukcije i poboljšanja prometnih uvjeta, odvodnjom se zaštićuje okoliš.

Cjelovit sustav odvodnje sadrži:

- odvodnju prometnih površina
- odvodnju s razine hidroizolacije i otpuštanje parnog pritiska
- odvodnju šupljina u sklopu
- odvodnju nasipa iza upornjaka

- priključak na kanalizaciju ceste (zatvorena odvodnja)
- način održavanja sustava odvodnje.

Osnovno je pravilo kod planiranja sustava odvodnje je da svi elementi trebaju biti dostupni pregledu i čišćenju te zamjenjivi, kao i da ne smiju zadirati u nosivu konstrukciju u područje glavne armature i kabela.



Slika 47 Slivnik sa ispustom sa strane. Donji dio slivnika ubetonira se u sklop kod izvedbe kolničke ploče. Okrugli rub donjeg dijela služi za priključak hidroizolacije na slivnik. U gornjem dijelu je taložnica koja omogućava čišćenje. Gornji dio je podesiv po visini i nagibu.

Osnovni uvjeti dobre odvodnje kolnika su dovoljni padovi i ravnost kolničkog zastora. Poprečni nagibi kolnika trebaju iznositi najmanje 2 %, ali je bolje 2.5%, pa uvjeti odvodnje mogu diktirati uvjete na osnovnu koncepciju mosta.

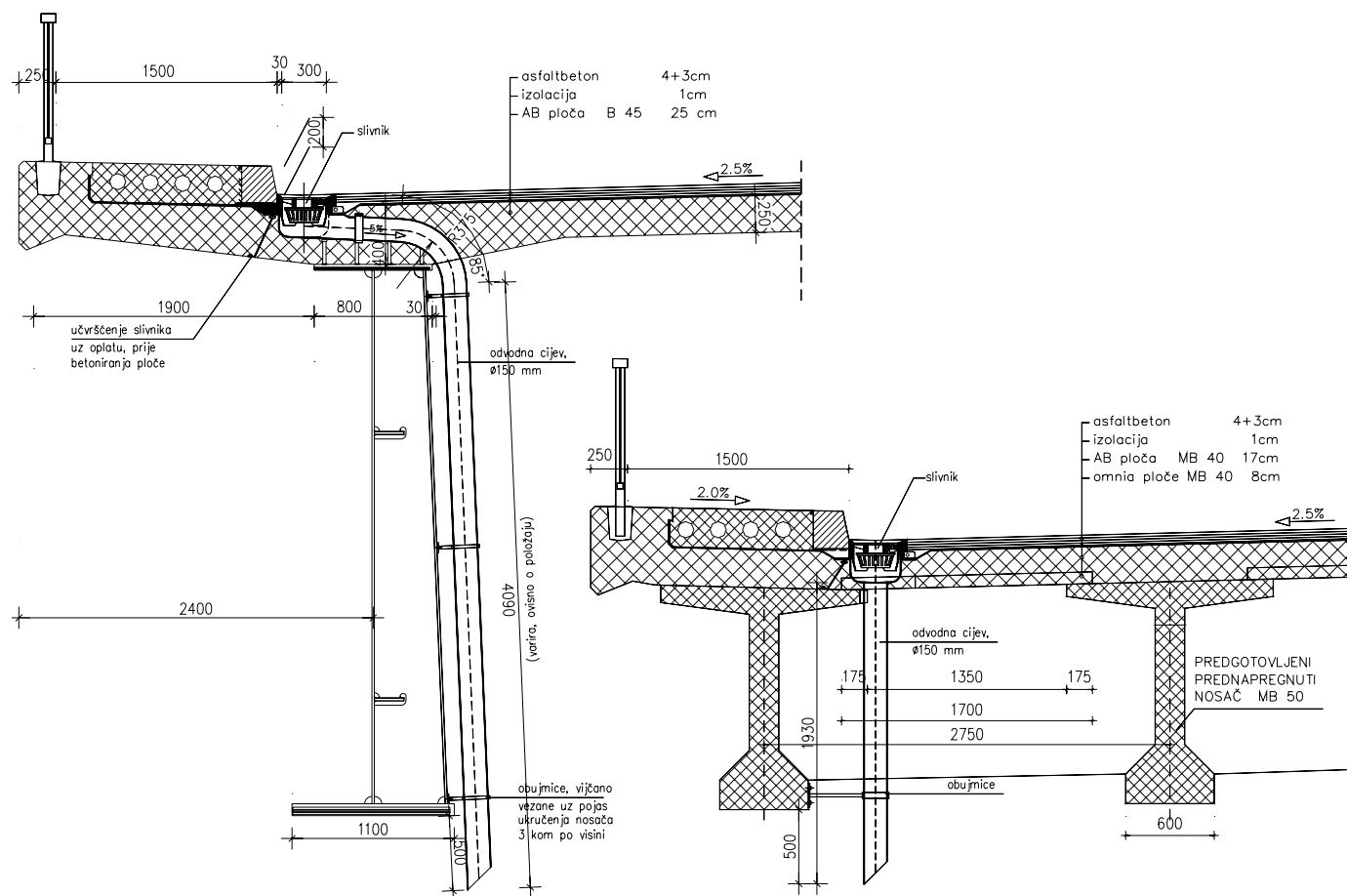
Za manje mostove (do oko 20 m ukupne duljine) dovoljno je predvidjeti slivnike ili otvorene kanale za odvodnju ispred i iza mosta. Kod većih građevina površinska voda skuplja se slivnicima postavljenim na mostu (sl. 47), čiji broj i raspored u načelu valja provjeriti hidrauličkim računom, a potom se cijevima ili kanalima odvodi izvan mosta.

Razlikujemo otvoreni i zatvoreni sustav odvodnje mosta.

OTVORENI SUSTAV ODVODNJE je izravno odvođenje površinske vode u slobodnom padu pod most.

Ovaj način je jednostavniji za izvedbu, jeftiniji i lako se održava, ali u ekološkom smislu može biti neprihvatljiv. Slivnici se postavljaju na mjestima dovoljno udaljenim od stupova i temelja, tako da se onemogući prskanje na donji ustroj mosta. Koristi se ondje gdje je to moguće, obzirom na namjenu prostora ispod mosta: u slabo naseljenim područjima, kad nema ograničenja s obzirom na prometnicu ispod mosta, ili ako to nije izričito zabranjeno zbog ekoloških razloga.

Na mostu preko Drave kod Belišća (sl. 48) odvodna cijev otvorenog sustava pružena je ispod razine čeličnog, odnosno prednapetog sklopa, kako bi se izbjeglo prskanje. Povoljnije rješenje je ono s vertikalnim cijevima, kakvo je na prednapetom sklopu, jer se zakrivljene cijevi lakše začepi i teže čiste. Projektant sklopa postavio je zahtjev da se cijevi ne vide u pogledu na most, pa su one na spregnutom dijelu zakrivljene i prolaze kroz zonu glavne armature i moždanika.

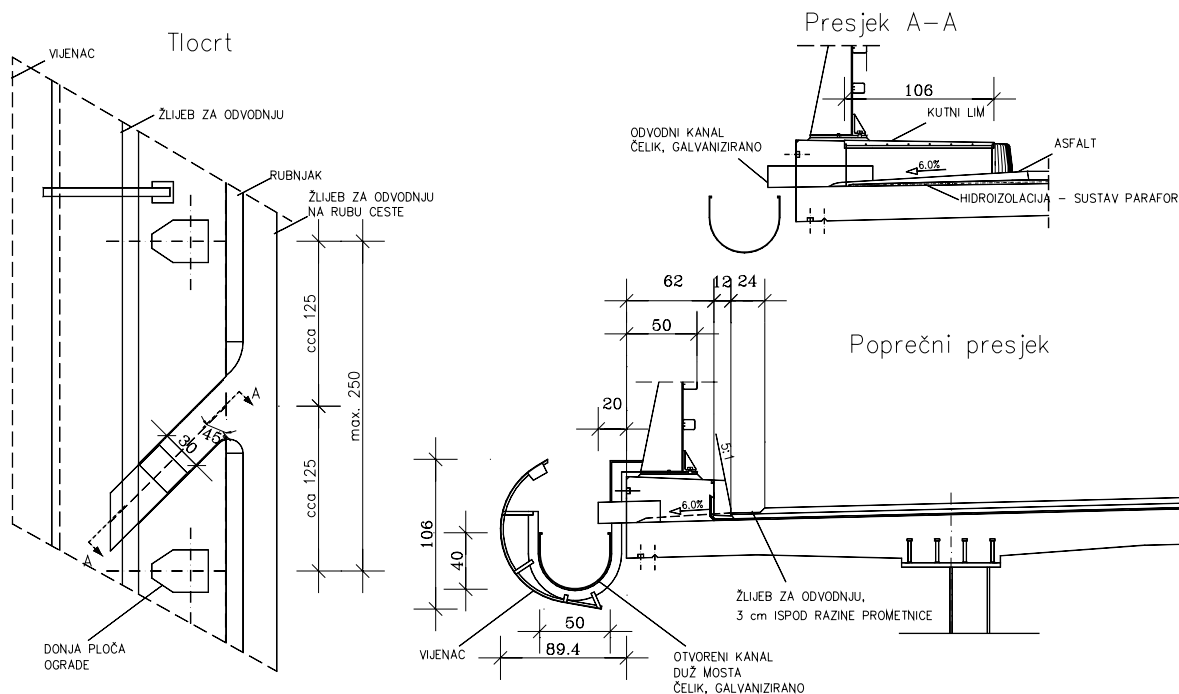


a) odvodnja spregnutog sklopa

b) odvodnja prednapetog sklopa

Slika 48 Otvorena odvodnja mosta koji se sastoji od polumontažnih prednapetih prilaznih vijadukata i spregnutog sklopa preko glavnog korita.

Kod nadvožnjaka, visokih cesta, na mostovima preko plovnih rijeka, u naseljenim i vodozaštitnim područjima koristi se **ZATVORENI SUSTAV ODVODNJE**, gdje se voda sustavom poprečnih i uzdužnih cijevi odvodi u kanalizaciju, slijepi zdenac, odvodnu jamu, vodotok ili neki drugi recipijent. Klasično rješenje, sa poprečnim i uzdužnim cijevima u sandučastom sklopu, prikazano je na primjeru mosta "Kamačnik". Osim cijevima, uzdužna odvodnja se može vršiti i otvorenim kanalom. Jedno ovakvo rješenje prikazano je na sl. 49.



Slika 49 Odvodnja vijadukta preko doline rijeke Mirne. Nisu postavljeni klasični slivnici, već cijevi u rubnjacima, koje s kolnika vode u otvoren kanal u vijencu. Na taj način veći dio sustava je otvoren pregledu, pa je održavanje znatno lakše.

SLIVNICI

Slivnici moraju imati mogućnost naknadne regulacije položaja rešetke po visini i nagibu, a dobro je da imaju mogućnost vodoravnog pomaka, kako bi se naknadno mogli prilagoditi korekcijama prometne plohe (npr. kod izmjene asfalta na mostu). Također moraju imati obrubni pojas širine ≥ 80 mm kojim se priključuju na izolaciju (uspostava kontinuiteta izolacije). Poželjno je da imaju i taložnicu, koja se kod odvodnje izravno na teren pod mostom može i izostaviti (sl 47).

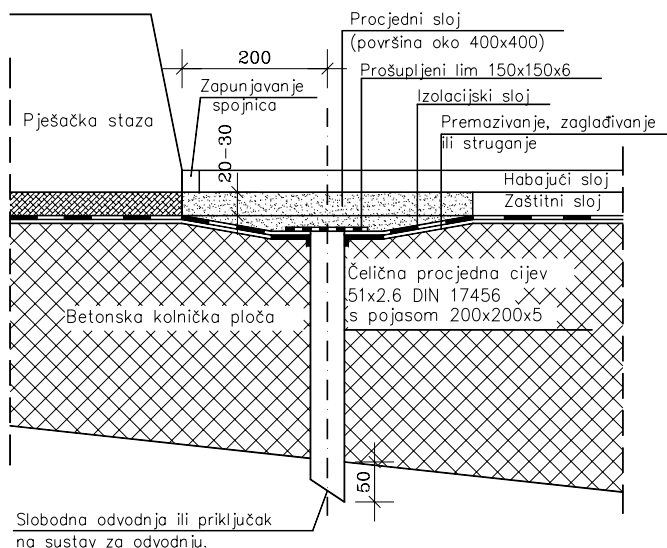
Slivnici se izrade od čeličnog lijeva koji je otporan na koroziju. Broj i razmak ovisi im o uljevnoj površini rešetke, nagibu kolničke plohe (tablica 6), obliku poprečnog presjeka, vrste prometa, prometnog opterećenja, kao i o brzini izgradnje. Na jedan slivnik dimenzija 30×40 cm ne smije otpasti više od $400 m^2$ površine mosta. Pod povoljnim okolnostima može se uzeti dopušteni najveći razmak slivnika 25 m.

Tablica 6 Razmak slivnika ovisno o poprečnom nagibu kolnika i uzdužnom nagibu nivelete.
Podaci su orijentacioni i treba ih potvrditi hidrauličkim proračunom.

Poprečni nagib kolnika - 2 %	
Uzdužni nagib nivelete (%)	Najveći razmak slivnika (m)
1	20 – 25
0.5 – 1	10 – 20
0.2 – 0.5	5 – 10

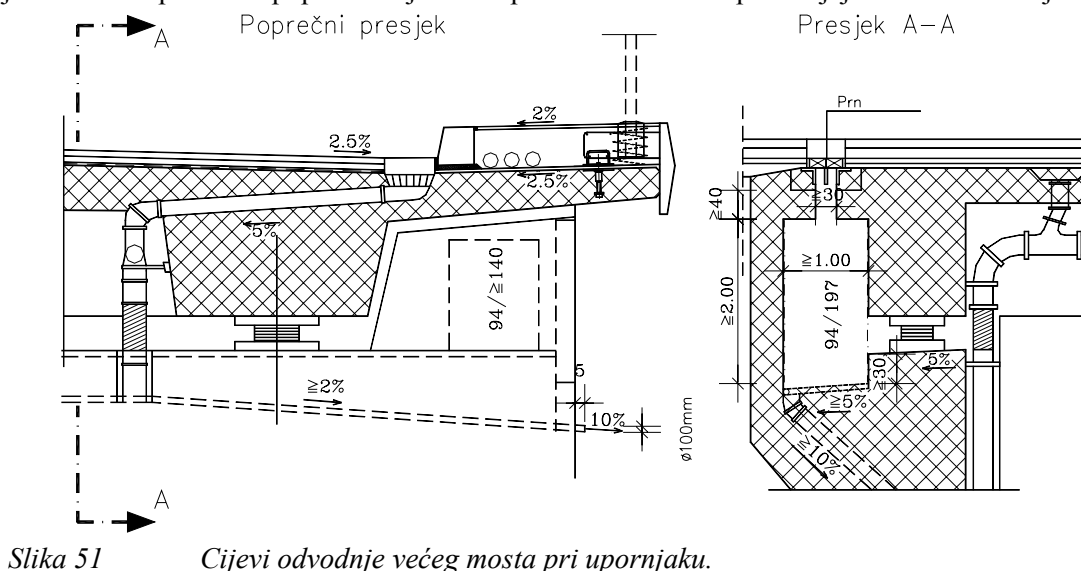
Ako je uzdužni nagib nivelete manji od 0.2 % izrađuje se uzdužni žlijeb s poklopcem u obliku roštilja. Kad je ploha kolnika iz prometnih razloga vodoravna ili gotovo vodoravna odvodnja se rješava slivnicima u obliku cijevi $\phi 10$ cm – $\phi 15$ cm na razmacima 5 m i s uljevom 1 cm ispod razine kolničke plohe. Na najnižim točkama mosta treba predvidjeti i odvodnju procjedne vode s gornje površine hidroizolacije, i to procjednim cijevima koje se nalaze u niskim točkama izolacije, ukoliko na tim mjestima nije predviđen slivnik (sl. 50).

Slika 50 Odvodnja procjedne vode s razine hidroizolacije pomoću procjedne cijevi.



POPREČNE CIJEVI

Unutarnji promjer cijevi mora biti najmanje 150 mm. Nagib treba biti minimalno 5%. (sl. 51). Poprečne cijevi ubetonirane u konzolnu ploču trebaju u tlocrtu biti okomite na os mosta, kako bi se izbjegle poteškoće oko armiranja. Slobodno položene poprečne cijevi kod prodora kroz hrbat postavljaju se u zaštitne cijevi.



Slika 51 Cijevi odvodnje većeg mosta pri upornjaku.

UZDUŽNE CIJEVI

Uzdužne cijevi ne smiju biti ubetonirane, a za prolaz kroz poprečne nosače ili druge dijelove konstrukcije treba koristiti zaštitne cijevi. Uobičajeni unutarnji promjer sabirnih cijevi iznosi 200 mm. Ako nisu priključena više od tri slivnika, kod povoljnog pada cijevi unutarnji promjer može biti 150 mm. U okviru raspoložive visine hrpta i uzdužnog nagiba mosta uvijek treba iskoristiti mogući nagib. Najmanji nagib treba po mogućnosti iznositi 2%.

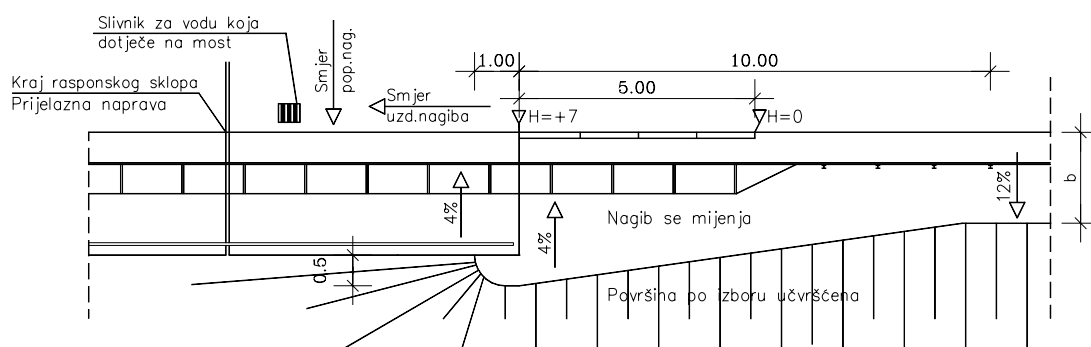
USPRAVNE CIJEVI

Kod mostova velike duljine, uspravne odvodne cijevi bit će potrebno postaviti i na stupovima. Po mogućnosti one se vode pravocrtno i ne smiju biti ubetonirane u stupove, jer se usljed začepjenja voda može zadržavati u cijevima, pa zimi, uslijed smrzavanja mogu popucati cijevi i beton. Treba ih postaviti slobodno, uz stup, ili u nišama. Kod visokih stupova ove cijevi moraju imati dilatacije na razmacima 20 do 30 m. Na dnu stupa, prije priključka na vodoravnu cijev mora se izraditi sanduk za apsorpciju energije pada vode. Ubetonirane cijevi u

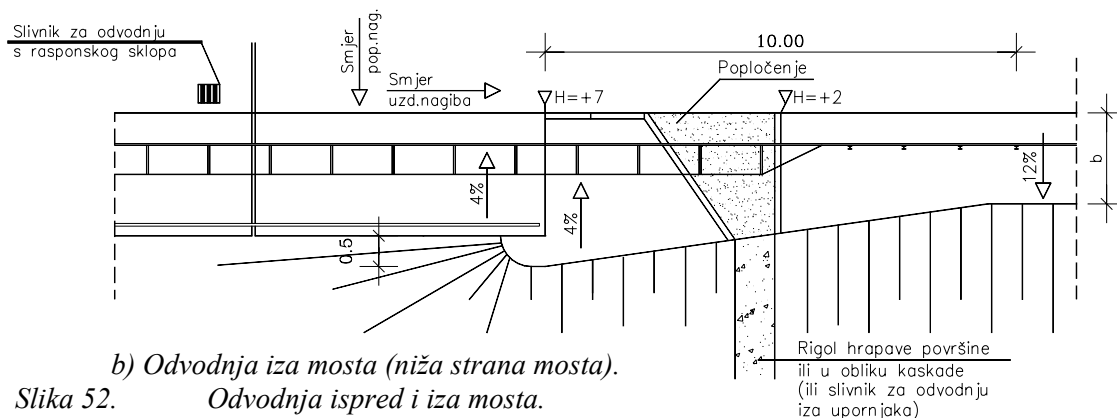
upornjacima su dopuštene ukoliko su zagarantirani dostatni zaštitni sloj betona i bespriekorno čišćenje. Kod prolaza kroz glave stupova, ploče, podeste itd. treba koristiti zaštitne cijevi promjera većeg od odvodnih.

ODVODNJA PROMETNICE ISPRED I IZA MOSTA

Voda koja teče prema mostu skuplja se ispred rasponskog sklopa u slivnike na prometnici (sl. 52 a). Voda s rasponskog sklopa prikuplja se i odvodi kako je ranije opisano. U posebnim slučajevima slivnici na mostu mogu se izostaviti, npr. kod kratkih mostova, industrijskih ili pješačkih mostova, mostova s manjim prometnim opterećenjem, kao i kod mostova s većim uzdužnim i poprečnim padom. Voda koja teče od mosta odvodi se s prometnice iza mosta slivnicima na krajevima krila upornjaka (Sl. 52 b), ukoliko nema priključka na odvodni kanal (rigol).



a) Odvodnja prije mosta (uzdužni pad prometnice prema mostu).

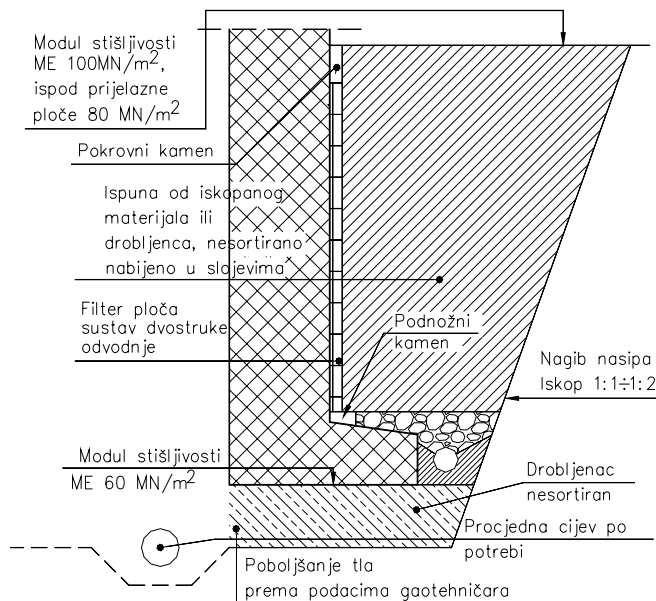


b) Odvodnja iza mosta (niža strana mosta).
Slika 52. Odvodnja ispred i iza mosta.

ODVODNJA ISPUNE IZA UPORNJAKA

Za smanjenje hidrostatskog tlaka vode iz slojeva iza zida i krila upornjaka i za preuzimanje oborinske vode koja eventualno prodire predviđa se procjedni sloj od šljunka, drobljenca ili sličnog gradiva (sl. 53). Procjedna voda po potrebi se odvodi u podnožju procjednog sloja pomoću drenažne cijevi ili sabirnim rigolom.

Slika 53 Odvodnja ispune iza upornjaka.



2.4.5. Pješačke staze (hodnici)

Prije razmatranja različitih rješenja pješačkih staza treba utvrditi intenzitet pješačkog prometa na mostu. Na autocesti je on zabranjen, pa je dovoljno predvidjeti poslužnu stazu najmanje moguće širine (50 cm). Najmanja širina pješačke staze na mostovima za niže kategorije cesta je 75 cm, dok je širina prikladna za pješački promet osrednjeg intenziteta 150 cm.

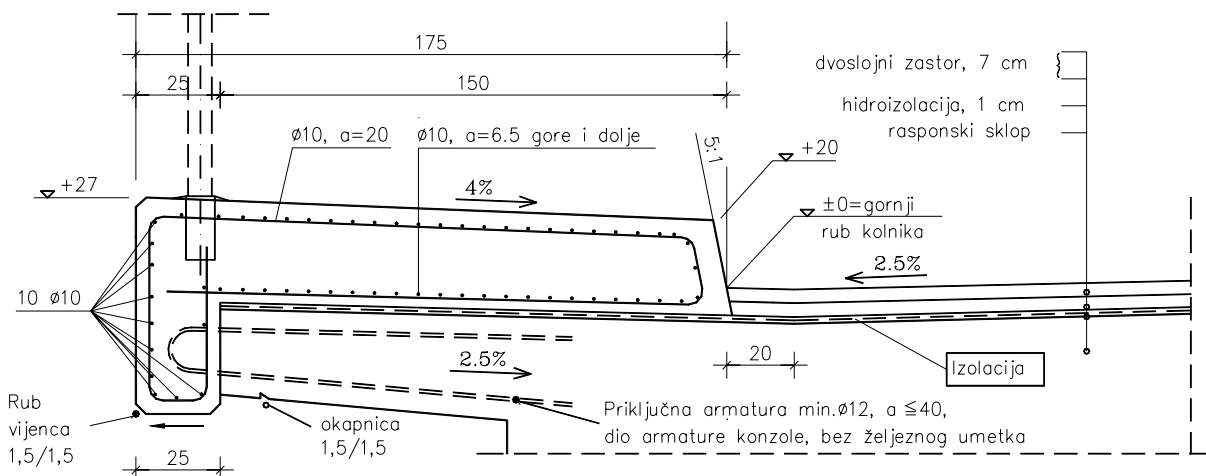
RUBNJACI I ODBOJNICI

Mogućnost naleta vozila na pješačku stazu sprječava se povišenim rubnjakom ili odbojnom ogradom, koja može biti čelična (češće) ili betonska (rjeđe). Rubnjak visine 20 cm (sl 54) štiti od naleta vozila na cestama niže kategorije (manje projektne brzine, do 40 km/h), dok za intenzivniji pješački promet, odnosno veće brzine na mostu treba između ceste i pješačke staze predvidjeti odbojnu ogradu. U tom slučaju postavlja se niski rubnjak, visine 7 cm, u nagibu 5:1 (sl 55).

VIJENCI, HODNICI

Vijenac je rubna istaka na kraju konzole mosta, vrlo bitna za konačni izgled građevine. Hodnik se izvodi betoniranjem na mjestu, nakon polaganja hidroizolacije. U njemu se ostavljaju otvori za ugradbu ograde i cijevi za provođenje instalacija preko mosta.

Rješenja prema njemačkim smjernicama predviđaju izvedbu hodnika i vijenca zajedno, betoniranjem u oplati, prema Sl. 54. Vijenac je povezan s rasponskim sklopom putem kuka, koje su ostavljene iz konzole hodnika. Hidroizolacija kolnika nesmetano se polaže po čitavoj njegovoj širini. Naknadno betonirani hodnik je gusto armiran, kako bi se spriječilo njegovo raspucavanje uslijed sudjelovanja u radu rasponskog sklopa. U podebljanu istaku vijenca usidrena je metalna ograda.



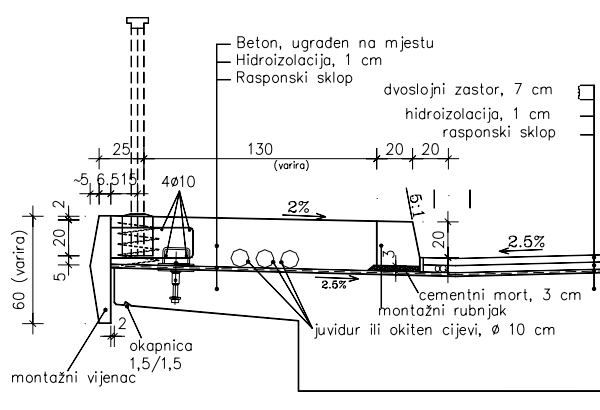
Slika 54. Pješačka staza s monolitnom izvedbom vijenca i hodnika.

Uvriježeno rješenje u našoj graditeljskoj praksi sastoji se od hodnika u kombinaciji betoniranja na mjestu i predgotovljenih dijelova. Prethodno izrađeni elementi vijenca i rubnjaka zamjenjuju oplatu dijela hodnika koji se betonira na mjestu (sl. 55). Vijenac je ispuštenim petljama armature povezan s naknadno dobetoniranim dijelom staze. Poteškoću predstavlja povezivanje armaturom hodnika i konzole rasponskog sklopa. Ukoliko se usvoji rješenje s ispuštenim vilicama, nije moguće ispravno položiti trakastu hidroizolaciju ispod hodnika. Rješenje predstavljaju tanjurasta sidra koja osiguravaju brtvljenje na mjestu proboja izolacije.

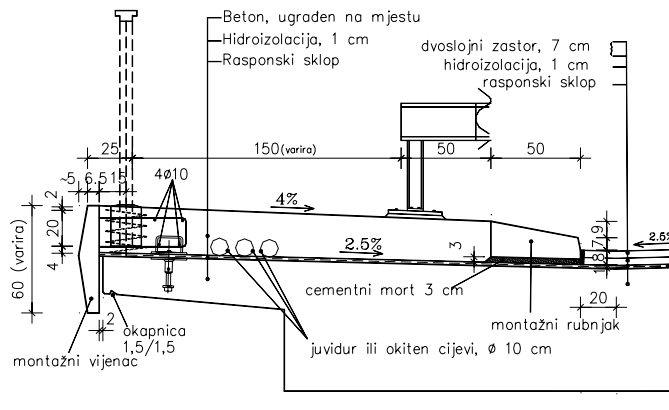
Minimalna visina dobetoniranog dijela hodnika uvjetovana je neophodnom visinom rubnjaka s jedne strane i minimalnom dubinom koja je potrebna za sidrenje ograde (cca 23 cm) s druge strane.

Prednosti njemačkog rješenja (sl. 54) su povoljnije vođenje hidroizolacije i lakše usidrenje ograde. Kontinuirani vijenac osim estetskog ima i prednost u pogledu trajnosti. Načelna zamjerka ovom rješenju je u povećanoj složenosti radova i potrebi izvedbe oplata. Domaće rješenje (Sl. 55) je jednostavnije za izvedbu, ali voda koja se cijedi kroz reške između montažnih ploča vijenca ostavlja ružne tragove. Osim toga, postavljanje hidroizolacije i sidrenje ograde nije jednostavno kao kod drugog rješenja.

Još jedno preporučljivo rješenje pješačke staze s izdignutim rubom kolničke ploče prikazano je na sl. 48.



a) bez odbojne ograde,
s povišenim rubnjakom



b) s čeličnom odbojnom ogradom

Slika 55 Pješačka staza s montažnim vijencem i rubnjakom.

2.4.6 Ograde

Na mostovima, potpornim zidovima, a po potrebi i na nasipima potrebno je postaviti ograde pored pješačkih i biciklističkih staza, nužnih prolaza i revizionih staza. Oblikovanje ograde ovisi o vrsti prometa i lokaciji mosta. Na mostovima s intenzivnim pješačkim prometom treba izvesti gušće ograde nego na mostovima za autocestu ili pretežno cestovni promet. Gradski mostovi dobivaju posebno oblikovane ograde. Za potrebe separata biti će obrađeni standardizirani jednostavni oblici. Kod projektiranja ograde mosta nužno je brižljivo razraditi način sidrenja, jer o njemu presudno ovisi sigurnost i trajnost.

Njemačke smjernice preporučuju da se na cestovnim mostovima s duljinom između krajeva krila upornjaka 20 m preporuča se postaviti čelično uže (zategu) u rukohvat, kako bi se vozila dodatno osigurala protiv izlijetanja s mosta.

Oblici ograda

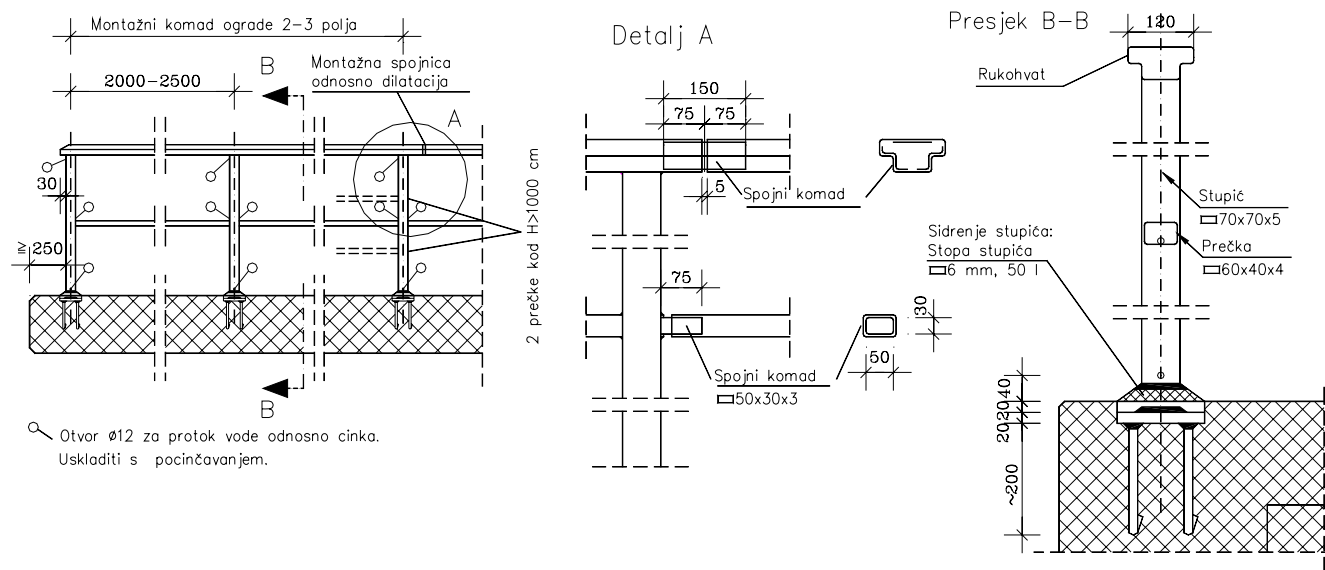
- ograda s prečkama (Sl. 56)
- ograda s štapnom ispunom (Sl. 57)
- ograda od cijevi

→ primjena

- za revizione staze i nužne prolaze
- za pješačke i biciklističke staze
- na revizionim stazama i nasipima

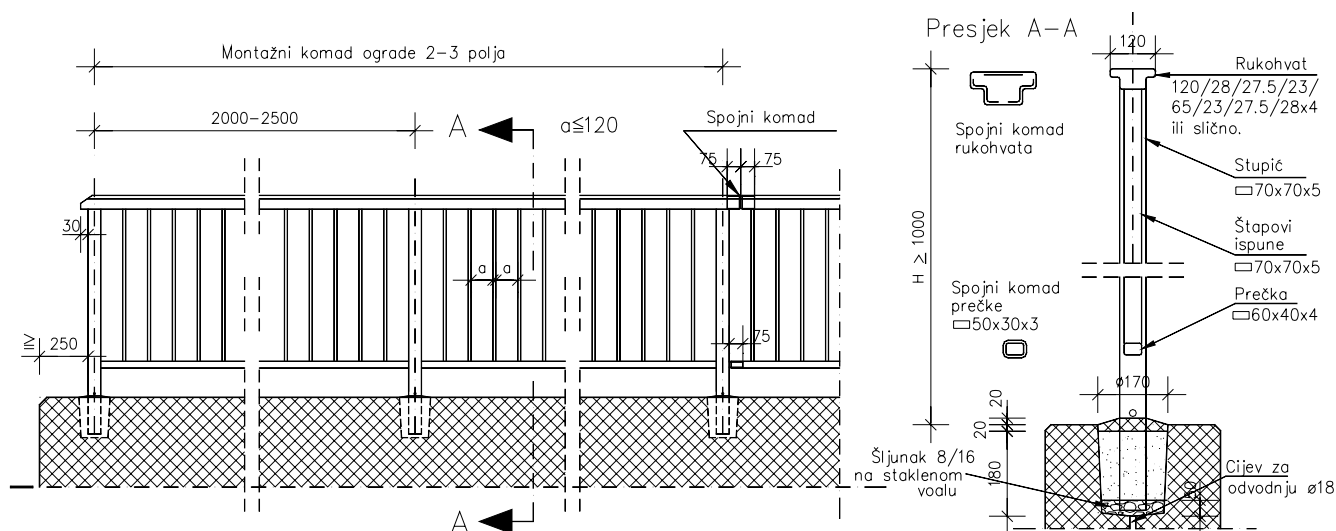
→ razmak stupaca:

- $r = 2000 - 2500$ mm
- $r = 2000 - 2500$ mm
- $r = 1500 - 2000$ mm



Slika 56

Ograda s prečkama, za slab intenzitet pješačkog prometa.

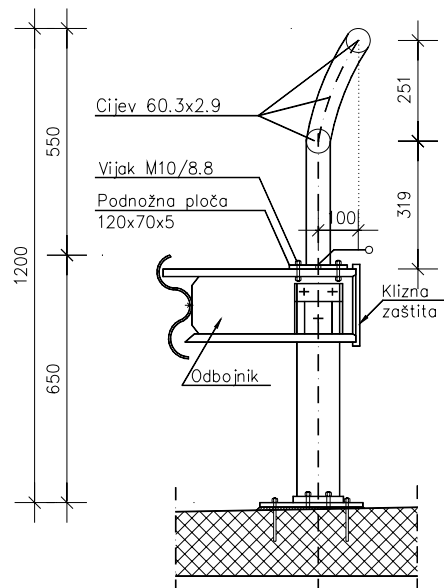


Slika 57 Ograda s gustim stupićima, za intenzivan pješački promet.

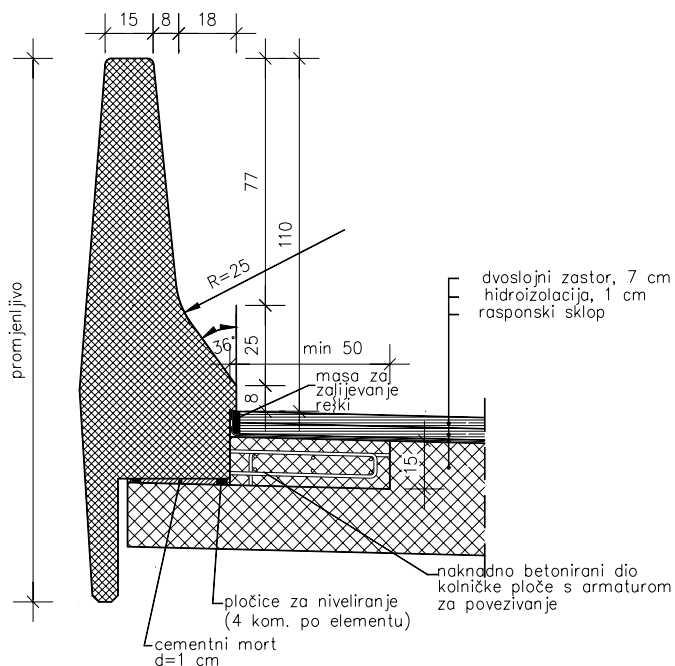
Visina ograde:

- uobičajeno → $H \geq 1000\text{mm}$
- za visinu nad tlom $\geq 12\text{ m}$ → $H \geq 1100\text{mm}$
- na biciklističkim stazama → $H \geq 1200\text{mm}$

U iznimnim slučajevima, kada pješački promet na mostu uopće nije predviđen, te kod biciklističkih staza, zaštitna ograda pričvršćuje se na odbojnik (sl. 58). Na autocestama se često izvodi betonska odbojna ograda, koja može imati i ulogu zaštite prometnice od vjetrova (sl. 59).

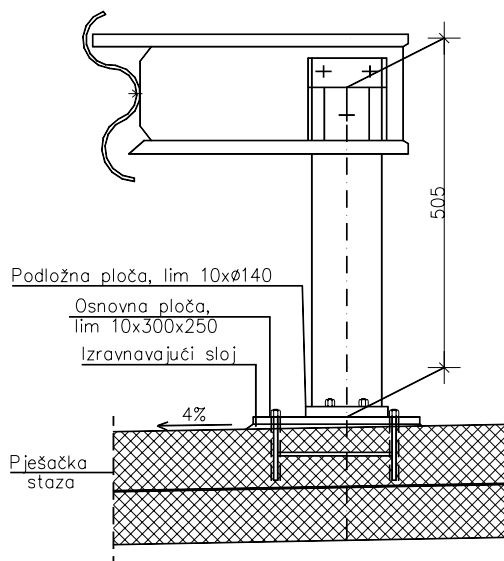


Slika 58 Zaštitna ograda na odbojniku.

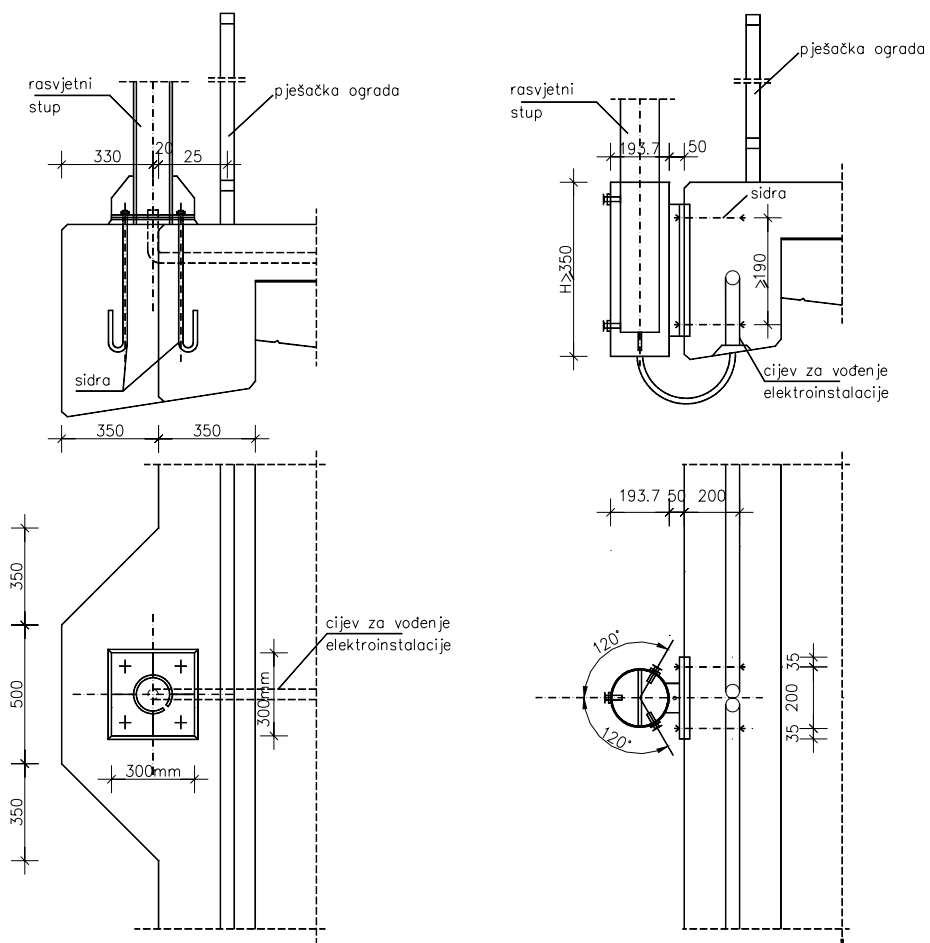


Slika 59 Betonska odbojna ograda.

Standardna čelična odbojna ograda prikazana je na sl. 60.



Slika 60. Čelična odbojna ograda



Slika 61. Detalji sidrenja rasvjetnog stupa

Rasvjetni stupovi ne smiju ući u profil pješačke staze i suziti je, pa se za njih izvode posebne istake u vijencu ili se predviđa pričvršćenje nosačima (sl. 61).

2.4.7 Kolnički zastor i hidroizolacija

Općenito

Danas se na cestovnim mostovima uvriježeno izvodi asfaltni zastor, dok je betonski vrlo rijedak. Kolnički zastori od betonske kocke su zastarjeli, i ne primjenjuju se za mostove. Niti jedan zastor, čak ni lijevani asfalt, nije potpuno nepropustan za vodu, pa ispod zastora obavezno ugrađujemo hidroizolaciju. Ona je posebno bitna obzirom na korištenje soli kao sredstva za odleđivanje kolnika. U Hrvatskoj se primjenjuju izolacije na bazi bitumena i na bazi reakcijskih smola. Sustavi koji uključuju ručno razastiranje zbog skupoće rada ustupaju mjesto sustavima sa zavarenim trakama. Različite folije od bakra, aluminijske ili plastike, koje se koriste u drugim zemljama, nisu kod nas našle širu primjenu.

Hidroizolacije na bazi bitumena

Preporučljiva hidroizolacija kolničke ploče izvodi se bitumenskim trakama koje se vare na pripremljenu podlogu u jednom ili dva sloja. Podloga mora biti ravna, bez oštrog ispupčenja, odmašćena i suha. Temperatura pri izvedbi ne smije pasti ispod 5°C. Prijeklopi i način ugradbe moraju biti usklađeni s proizvođačkom specifikacijom. Prije izvedbe kolničkog zastora ne smije se dopustiti vožnja teških vozila po hidroizolaciji.

Hidroizolacija od asfaltnog mastiksa izvodi se u sloju debljine od 8 do 10 mm, koji je od betonske površine odvojen slojem staklenog voala. Prije polaganja voala i izolacije ploču treba premazati bitumenskim lakom. Nedostatak ovakve hidroizolacije očituje se u tome, što postoji opasnost podlijevanja površinske vode kroz stakleni voal, kroz mjesto oštećenja. Stoga se sloj staklenog voala može zamijeniti premazom od epoksidne smole, koji djeluje kao parna brana.

Hidroizolacije na bazi reakcionih smola

Za hidroizolaciju površine betonske ploče dolaze u obzir dvokomponentne epoxy smole otporne na povišene temperature kod ugradnje slojeva asfaltnih mješavina kolnika.

Zaštitni sloj hidroizolacije

Iznad izolacije se mora izvesti zaštitni sloj asfalta. Na cestovnim mostovima to je najprikladnije izvesti slojem lijevanog asfalta, debljine 4 do 5 cm, no koristi se i asfalt – beton, najmanje debljine 3 cm.

Kolnički zastor

Asfaltni zastori na mostovima izvode se najčešće od dva sloja. Oba mogu biti izvedena od iste vrste asfalta, ali je zbog gore navedenih razloga danas uvriježeno rješenje sa zaštitnim slojem od lijevanog asfalta i gornjim, habajućim slojem, od asfaltnog betona, debljine 4 do 6 cm.

Ako je pristupna cesta izvedena s betonskim kolnikom, uputno je i na mostu predvidjeti ovakav kolnik, koji treba biti armiran, debljine najmanje 18 cm, i mora biti osiguran protiv klizanja po izolaciji.