2. PLOČASTI GREDNI MOSTOVI

Ploče se u mostovnim konstrukcijama pojavljuju kao samostalni nosači i kao kolničke konstrukcije u sklopu rebrastih ili sandučastih nosača. U ovom dijelu ploče će se razmatrati kao samostalni nosači.

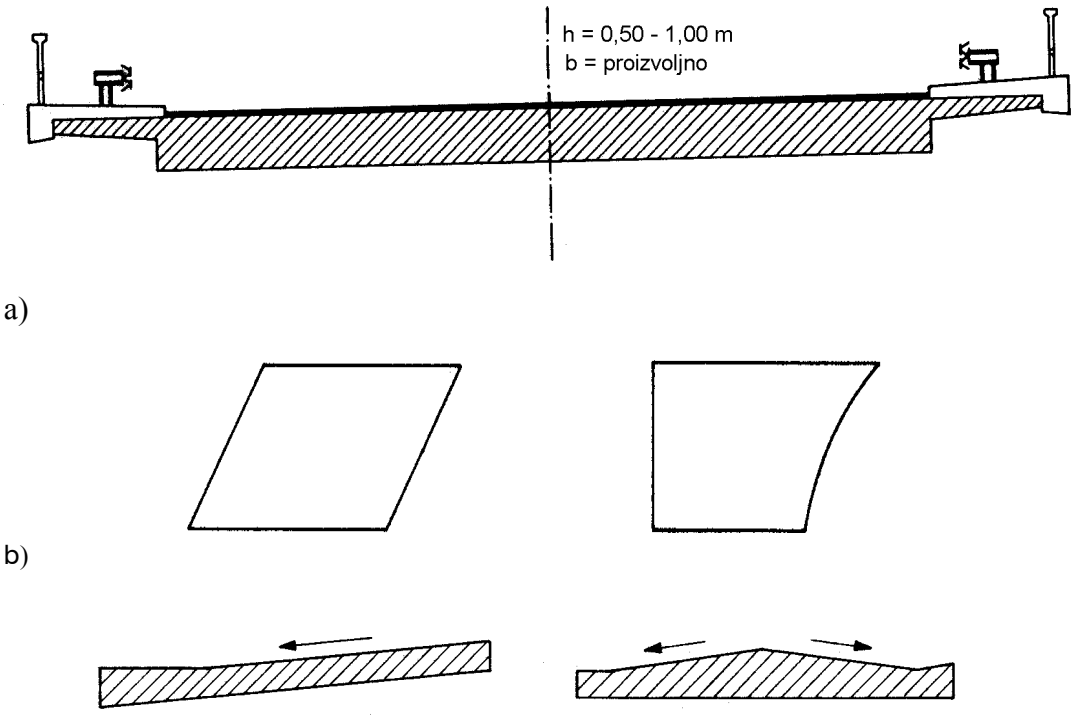
2.1. Oblikovanje

2.1.1. Ploče betonirane na mjestu gradnje

Jednostavne pune ploče od armiranog betona pogodne su za male mostove s jednim otvorom raspona do 15 m, za kontinuirane mostove raspona do 20 m, te za kontinuirane mostove s vutama do 25 m. (slika 2.1). Visina ploče kreće se u granicama od 50 do 100 (90) cm, a vitkost *l*/h od 15 do 22.

Pune ploče betonirane na mjestu gradnje naročito su pogodne za kose mostove ili za mostove s promjenljivom širinom koji se pojavljuju u cestovnim čvorištima.

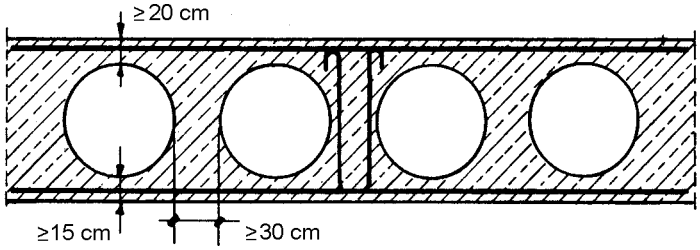
Kod dvostranog poprečnog nagiba kolnika donja se površina ploče odabire horizontalna, a kod jednostranog nagiba, s paralelnom donjom površinom ostvaruje se konstantna debljina ploče (slika 2.1).



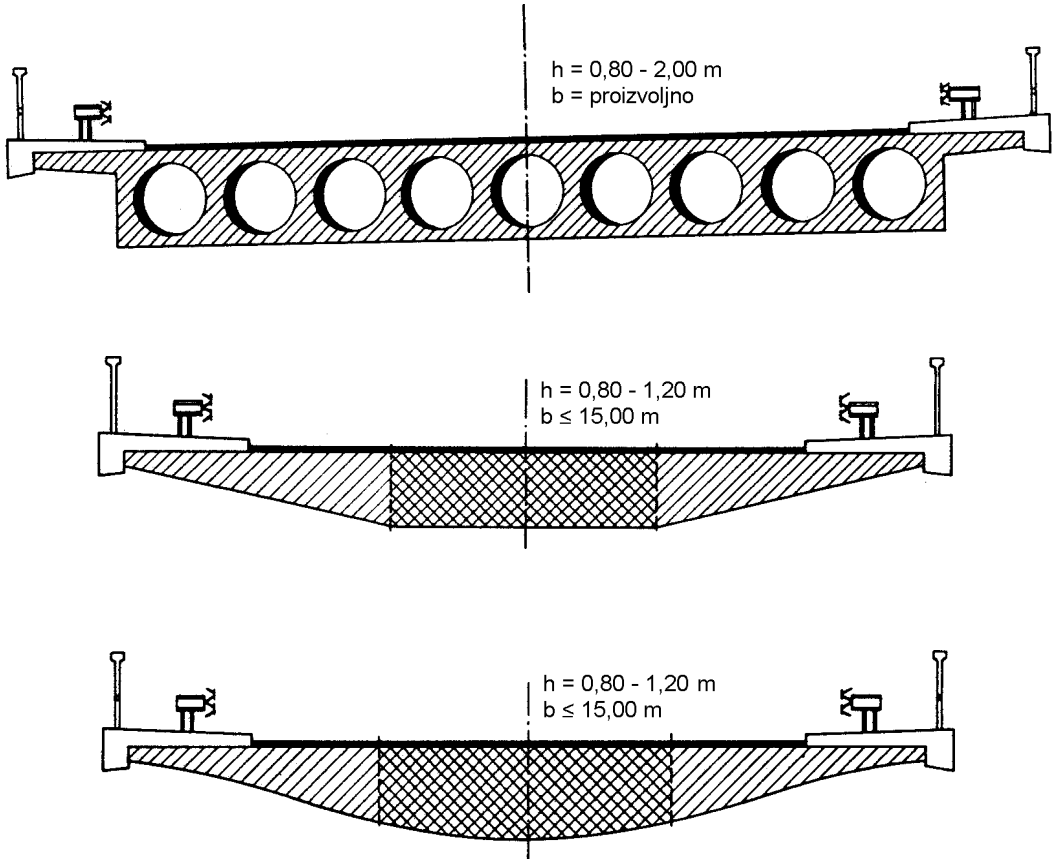
Slika 2.1 – Puna ploča, a) poprečni presjek, b) tlocrti, c) poprečni nagibi

Kada je potrebna debljina ploče veća od 70 (80) cm racionalno je upotrijebiti šuplje ploče s izgubljenom oplatom u obliku kartonskih i metalnih cijevi ili pravokutnih profila, sa svrhom smanjenja težine ploče. Minimalne debljine betona između i ispod šupljina prikazane su na slici 2.2. Na osloncima i u polovini raspona, a kod vitkih ploča u trećinama raspona, potrebno je cijevi prekinuti i oblikovati poprečna rebra širine jednake polovini debljine ploče (h/2). U nekim zemljama ošupljene ploče više nisu u primjeni.

Kod nešto većih raspona od onih za armiranobetonske ploče, primjenu su našle pune prednapete betonske ploče, i to za mostove s jednim otvorom raspona do 25 m, a za kontinuirane mostove raspona do 30 m. Visina ploče nalazi se u granicama od oko 80 do 125 cm, a vitkost od 20 do 30. Na slici 2.3 prikazane su različite mogućnosti oblikovanja poprečnog presjeka pločastih konstrukcija.



Slika 2.2 – Pravila konstruiranja šupljih ploča – minimalne debljine betona



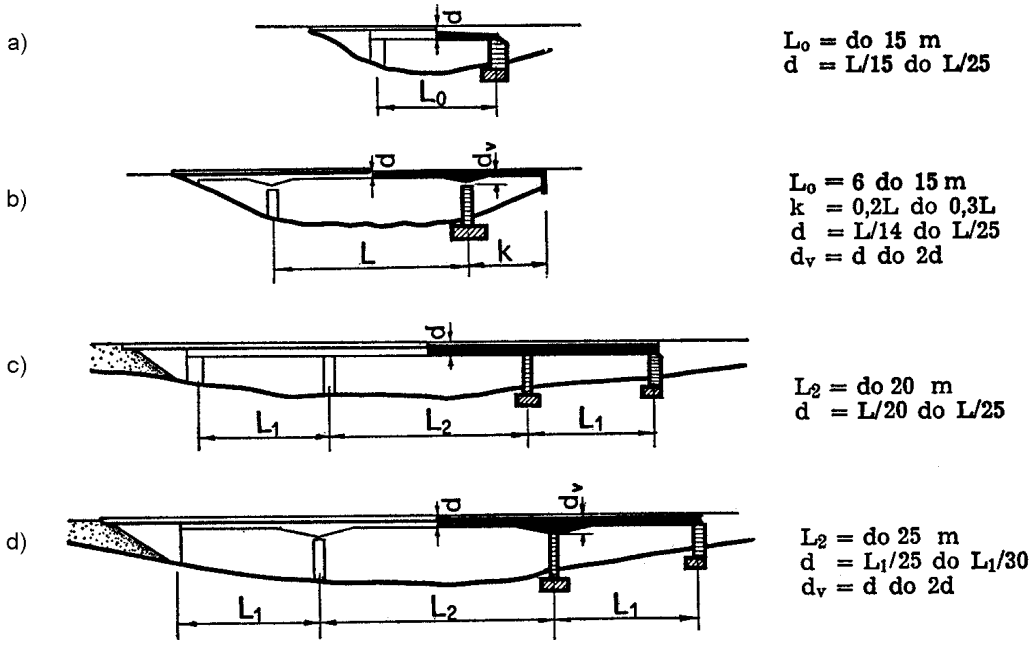
Slika 2.3 – Primjeri oblikovanja poprečnog presjeka pločastih mostova

Armiranobetonski pločasti mostovi

	Rasponi	
	cestovni mostovi	**željeznički mostovi**
Tip	(m)	(m)
Puna ploča	5 - 15	4 - 8
Ošupljena ploča	12 – 20	6 - 12
	Odnosi visine i raspona	
Slobodno oslonjena	1/15±	1/12±
Kontinuirana	1/20 – 1/24	1/16±

Prednapeti betonski pločasti mostovi

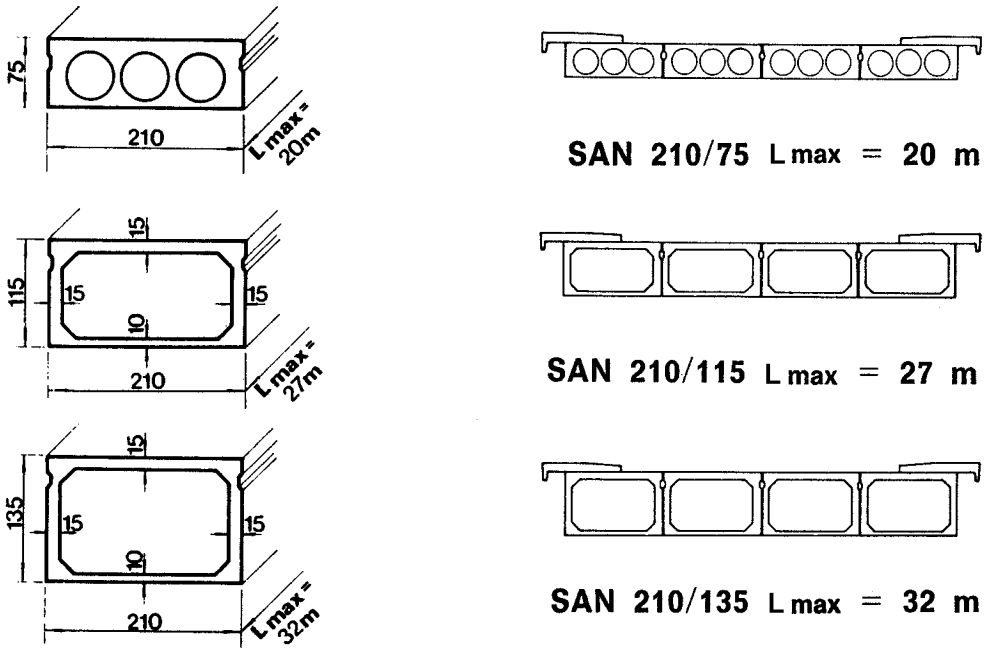
	Rasponi	
	cestovni mostovi	**željeznički mostovi**
Tip	(m)	(m)
Puna ploča	do 30	do 6
Ošupljena ploča	do 46	do 12
	Odnosi visine i raspona	
Slobodno oslonjena	1/20±	1/16±
Kontinuirana	1/24 – 1/40* (*sa vutama)	1/18±



Slika 2.4 - Uzdužni presjeci pločastih konstrukcija klasično armiranih, a) slobodna greda, b) slobodna greda s prepustima, c) kontinuirana greda, d) kontinuirana greda sa vutama

2.1.2. Ploče od gotovih elemenata

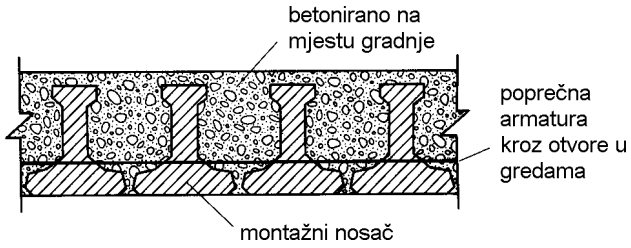
Za montažnu gradnju pločaste rasponske konstrukcije prikladni su štapasti torzijski kruti elementi ošupljenog poprečnog presjeka koji se polažu jedan do drugog.
Ranije su se između pojedinih gotovih elemenata predviđale dovoljno široke reške koje su se ispunjale mortom. U svrhu osiguranja prostornog djelovanja ploče, elementi su se međusobno prednaprezali u poprečnom smjeru na osloncima i u polovini ili trećini raspona.
Rješenje koje se danas primjenjuje predstavljaju tipski armiranobetonski ili prednapeti betonski nosači koje tvrtka Viadukt proizvodi u pet različitih poprečnih presjeka ovisno o rasponu i zadanom opterećenju (slika 2.5).



Slika 2.5 - Tipski montažni nosači

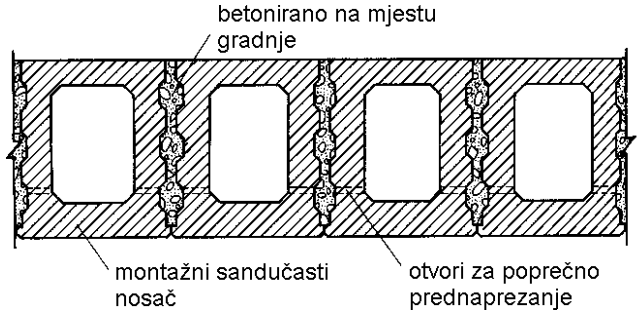
Montažni elementi međusobno su spojeni uzdužnim zglobom u obliku moždanika koji služi za prijenos poprečnih sila. Poprečna veza na krajevima nosača postiže se kabelom za naknadno prednapinjanje.
Ako su šupljine u montažnim elementima okruglog presjeka, ploče se grade kao slobodne grede raspona do 20 m, a ako su šupljine četvrtastog presjeka, rasponi mogu biti i oko 30 m, jer je zbog bolje iskorištenosti betona takav element relativno lakši.
Nizovi pločastih rasponskih konstrukcija sustava slobodnih greda povezuju se iznad stupova elastičnim kontinuitetnim pločama.

Pločaste konstrukcije mogu se graditi i na polumontažni način (slike 2.6 i 2.7). Nosači obrnutog T presjeka slažu se jedan do drugog, a zatim se gornji preostali dio ploče betonira na mjestu gradnje. Na taj način ostvaruje se pločasta konstrukcija mosta bez oplate i skele (slika 2.6).



Slika 2.6 – Polumontažna puna ploča

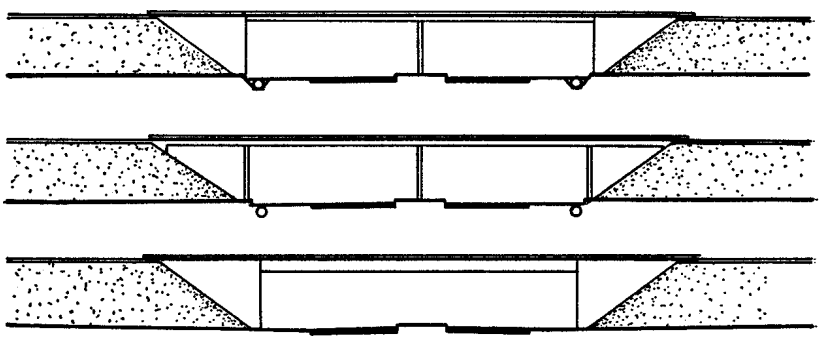
U Engleskoj se primjenjuju i ošupljene ploče sastavljene od prednapetih sandučastih nosača međusobno povezanih betonskim reškama.



Slika 2.7 – Polumontažna ošupljena ploča primjenjiva u Engleskoj

Prednapeti betonski pločasti mostovi

	Rasponi	
	cestovni mostovi	**željeznički mostovi**
Tip	(m)	(m)
Puna ploča	6 - 9	4 - 6
Ošupljena ploča	9 – 24	8 - 12
	Odnosi visine i raspona	
	1/25 – 1/33	1/20±



Slika 2.8 – Nekoliko primjera pločastih grednih mostova

2.2. Proračun

2.2.1. Pravokutne ploče

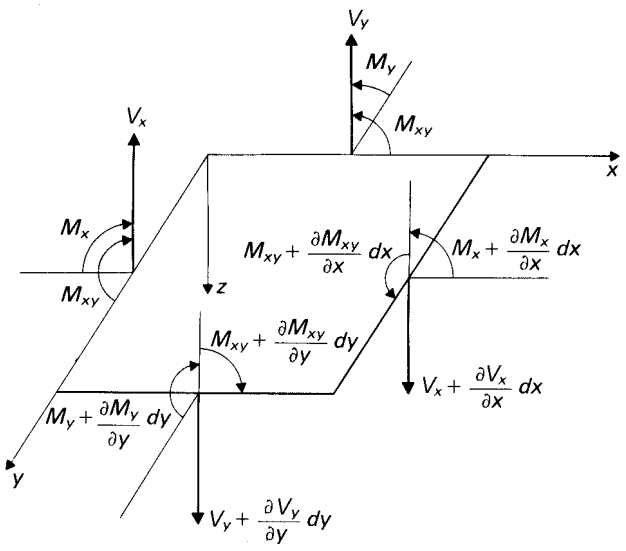
2.2.1.1. Sile u presjecima

Ploče su ravni površinski nosači kod kojih opterećenje djeluje okomito na njihovu srednju ravninu.
Proračun ploča može se provesti na osnovi teorije ploča ili na računalu metodom konačnih elemenata uporabom nekog od raspoloživih programskih paketa (npr. SOFISTIK).

Teorija ploča zasniva se na slijedećim pretpostavkama:

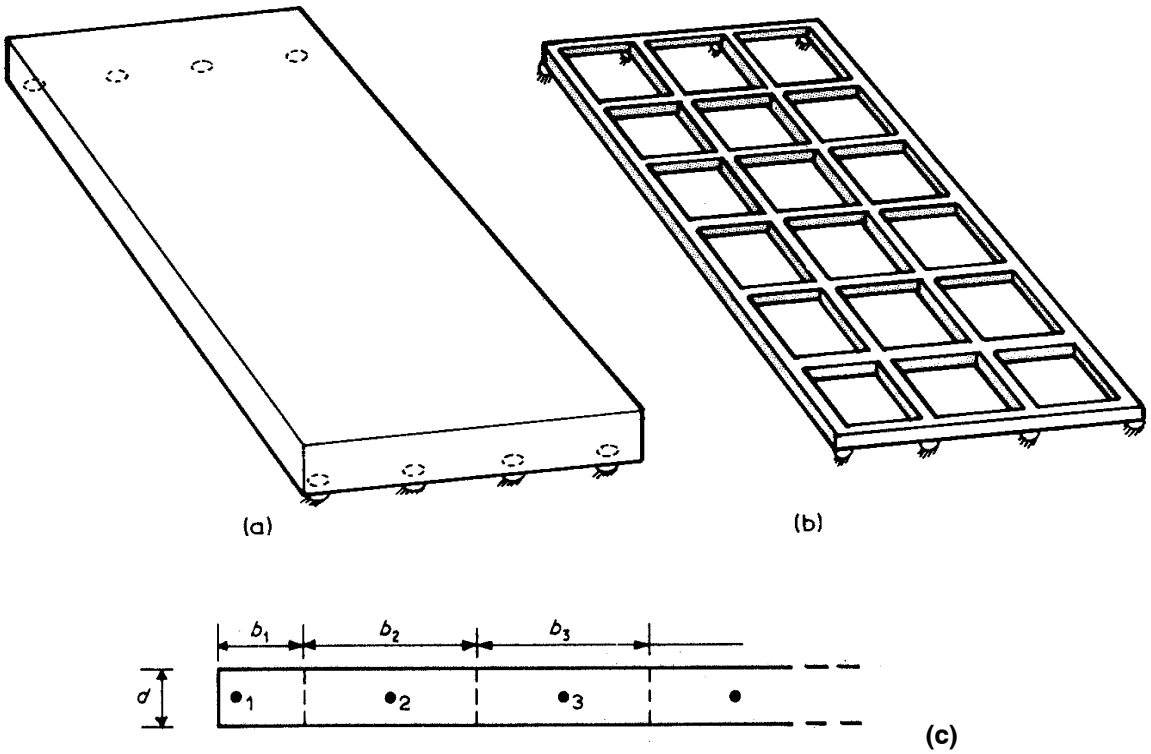
- debljina ploče je mala u odnosu na raspon
- progibi ploče su mali u odnosu na debljinu ploče
- materijal je izotropan i elastičan.

Ove pretpostavke nisu sasvim ispravne za ploče od armiranog i prednapetog betona, ali se ipak dobivaju za praksu prihvatljiva rješenja. Zbog jednostavnosti proračuna dozvoljeno je i šuplje ploče tretirati kao pune ako je predviđen dovoljan broj poprečnih rebara u ploči.
U opterećenom elementu ploče javljaju se momenti savijanja po jedinici duljine M_x i M_y, moment torzije M_{xy} te poprečne sile V_x i V_y, kao što je pokazano na slici 2.9.



Slika 2.9 – Momenti i poprečne sile po jedinici duljine ploče

Ploče se mogu proračunati relativno točno i ekonomično primjenom roštiljne analize, u kojoj se konstrukcija idealizira odgovarajućim roštiljem od međusobno povezanih ravnih štapnih elemenata (greda) (slika 2.10). Točnost rješenja u velikoj mjeri ovisi o modelu konstrukcije tj. finoći roštiljne mreže.

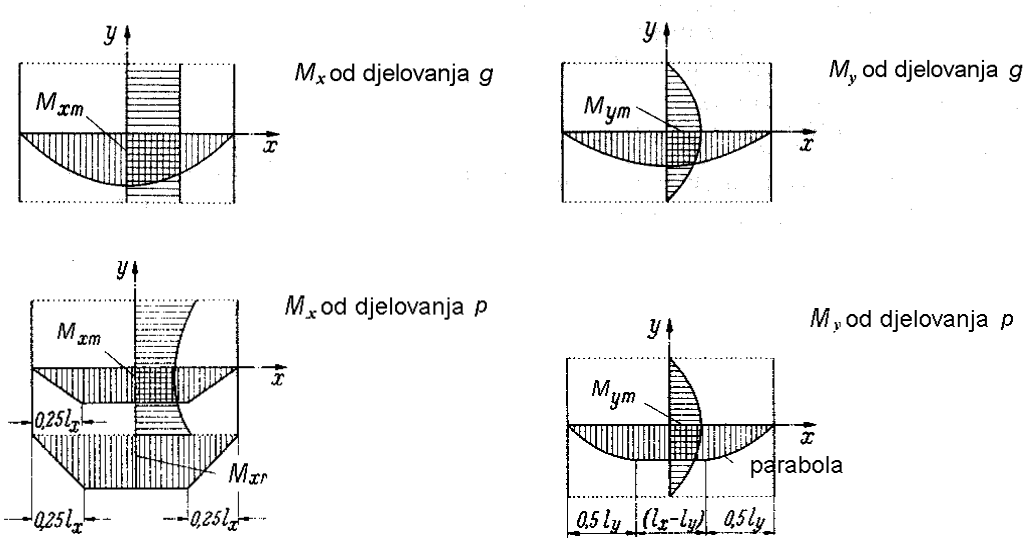


Slika 2.10 – a) Prototipna ploča, b) ekvivalentni roštilj, c) podjela poprečnog presjeka ploče na uzdužne elemente roštilja

Sile u presjecima, momenti M_x, M_y i M_{xy} te poprečne sile V_x (V_y se mogu zanemariti), mogu se odrediti približnim proračunom pomoću utjecajnih ploha (Pucher, Homberg-Ropers i drugi) ili pomoću tablica koje su izrađene za određena tipska opterećenja prema DIN 1072 propisima (Rüsch). Kod oba postupka proračuna potrebno je najprije odrediti širinu rasprostiranja opterećenja u smjeru i okomito na smjer vožnje. Prema propisima uzima se rasprostiranje tereta pod kutem od 45° do sredine ploče.

Dijagram uzdužnih momenata savijanja M_x i poprečnih momenata M_y od djelovanja stalnog i prometnog opterećenja kod slobodno oslonjene ploče prikazani su na slici 2.11. Uzdužni momenti savijanja na rubovima ploče M_{xr} veći su od uzdužnih momenta u središnjem dijelu ploče M_{xm}. Pozitivni poprečni momenti savijanja M_y najveći su u polovini raspona i opadaju prema osloncima. U pravilu iznose oko $M_y \leq 1/5$ max M_x i proračunavaju se samo u polovini raspona. Negativni poprečni momenti M_y pojavljuju se na rubovima ploče od djelovanja opterećenja na konzolama ploče i trebaju se odrediti samo za sredinu raspona.
Momenti torzije M_{xy} preuzimaju se samo u kutovima ploče. Moment prema kojem se dimenzioniraju kutovi ploče uključuje savijanje i torziju s apsolutnom vrijednošću, kako slijedi:

- Kut ploče, dolje: $M_x^* = M_x + |M_{xy}|$, $M_y^* = M_y + |M_{xy}|$
- Kut ploče, gore: $M_x^* = M_x - |M_{xy}|$, $M_y^* = M_y - |M_{xy}|$



Slika 2.11 - Dijagram uzdužnih momenata savijanja M_x i poprečnih monenata M_y kod slobodno oslonjene ploče

Momenti savijanja u uzdužnom smjeru ploče M_x mogu se izračunati i po teoriji greda dovoljno točno, ako je odnos raspona i širine ploče $l/b \geq 2$. Prema našim propisima, u pločama koje prenose opterećenje samo u jednom smjeru, koncentrirano opterećenje na ploči može se raspodijeliti okomito na smjer glavne armature na sudjelujuću širinu b_s, koja se određuje prema izrazu

$$b_s = b_1 + \frac{A_{s,raz}}{A_{s1}} \cdot l$$

gdje je:

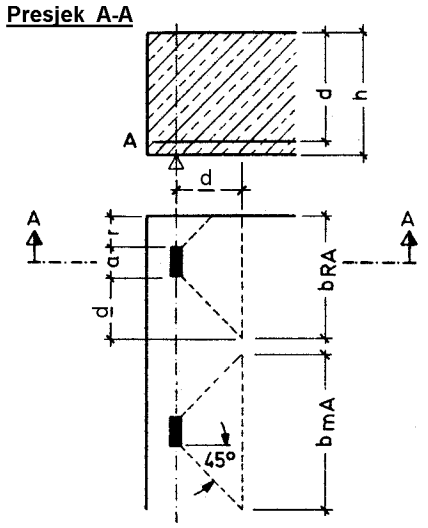
b_1 - širina rasprostiranja koncentriranog opterećenja do sredine ploče;

$\frac{A_{s,raz}}{A_{s1}}$ - odnos površine presjeka razdjelne i glavne armature, koji ne smije prijeći vrijednost 0.65.

Ako tipsko vozilo SLW može doći u položaj blizu ruba ploče, tada se vrijednosti momenata savijanja M_x, izračunate po teoriji greda, trebaju na rubu ploče uzeti za oko 10 do 20 % veće nego za srednje područje ploče.

Veličine poprečnih sila u ploči značajno ovise o načinu oslanjanja ploče. Pri linijskom ležaju na čitavoj širini ploče, poprečne sile nisu kritične, dok pri kratkim linijskim ili točkastim ležajima, može biti potrebna posmična armatura u ploči. Mjerodavna je poprečna sila na udaljenosti 0.75h, gdje je h visina ploče prema PBAB propisima, ili na udaljenosti jednakoj statičkoj visini d prema EC2 propisima (slika 2.12). Ako je posmično naprezanje $\tau_u = \frac{V_u}{z \cdot \sum b_a}$ veće od posmičnog naprezanja τ_r (računska vlačna čvrstoća betona) prema PBAB, odnosno ako je računska

poprečna sila V_{Sd} veća od nosivosti na poprečne sile V_{Rd1} prema EC2 propisima, tada se mora odrediti armatura potrebna za prihvaćanje posmične sile.
Kod srednjih stupova kontinuiranih ploča potrebno je izvršiti provjeru na proboj stupa kroz ploču.

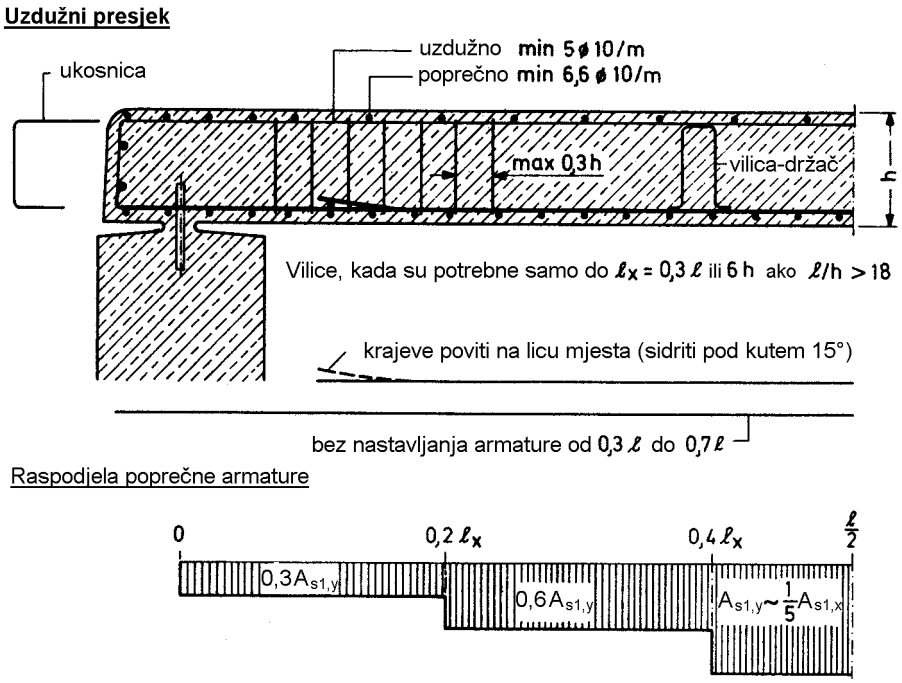


Slika 2.12 – Mjerodavne širine rasprostiranja za proračun posmičnih naprezanja na ležaju

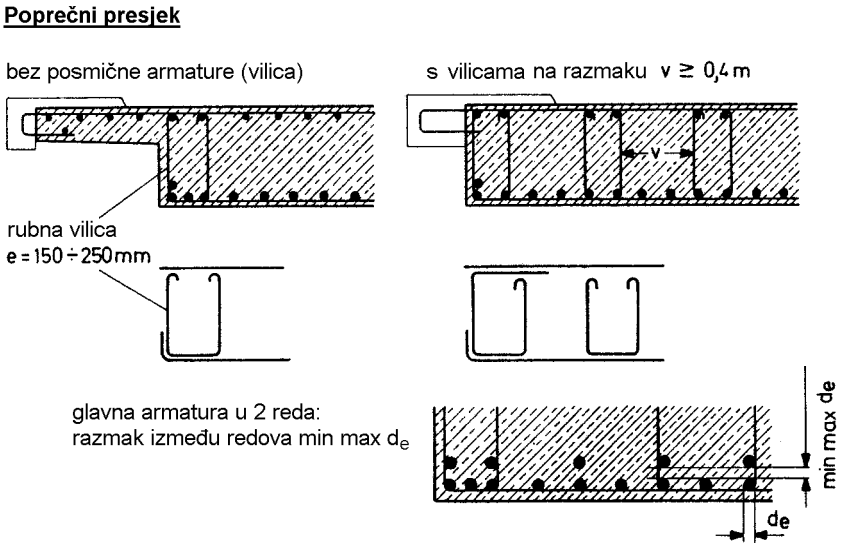
2.2.1.2. Armiranje punih ploča mekom armaturom

Način armiranja punih ploča prikazan je na slikama 2.13 i 2.14. Budući da se uzdužna armatura najčešće sastoji od debljih šipaka (ϕ26 mm), preporuča se u najdonji položaj postaviti tanju armaturu ϕ10 do ϕ14 mm, kako bi se spriječile uzdužne pukotine, koje nastaju zbog naprezanja uslijed prijanjanja betona i glavne armature. Raspodjela uzdužne armature određuje se prema dijagramu vlačnih sila koji se dobije pomakom dijagrama M_u/z (PBAB) odnosno M_{Sd}/z (EC2) za veličinu a_1. Horizontalni pomak a_1 odredi se preko izraza $a_1 = 0.5z(\mathrm{ctg}\theta - \mathrm{ctg}\alpha) \geq 0.5d$ prema PBAB odnosno $a_1 = 0.5z(\mathrm{ctg}\theta - \mathrm{ctg}\alpha) \geq 0$ prema EC2 propisima.
Armatura za prihvaćanje momenata torzije postavlja se u kutovima ploče. Svi kutovi moraju imati gornju i donju torzijsku armaturu, u obliku uzdužne i poprečne armature ili pravokutne mreže površine $(0.3l_x)^2$, ili u obliku dijagonalno postavljenih šipaka.

Vertikalne spone (vilice) moraju mjestimično obuhvatiti glavnu armaturu (slika 2.14). Sa svrhom olakšanja betoniranja ploče, gornja amatura može se izvesti od gotovih mreža (min ϕ10 mm, na ramaku e=20 cm uzdužna i e=15 cm poprečna armatura). Mreže se polažu na pripremljene držače, nakon što je obavljeno betoniranje dijelova ploče ispod gornje armature.



Slika 2.13 – Primjeri armiranja pune ploče mekom armaturom – uzdužni presjek

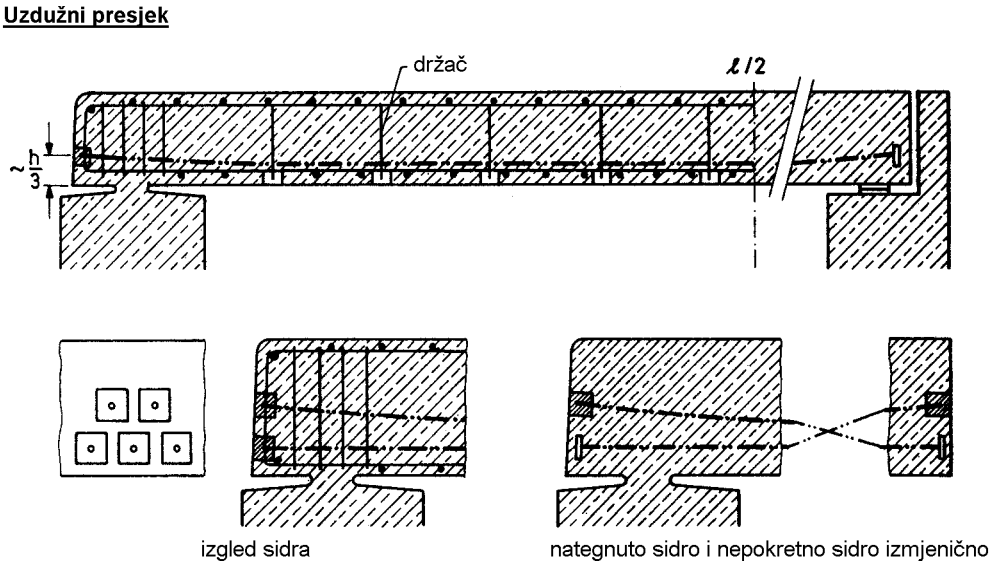


Slika 2.14 – Položaj armature u poprečnom presjeku ploče

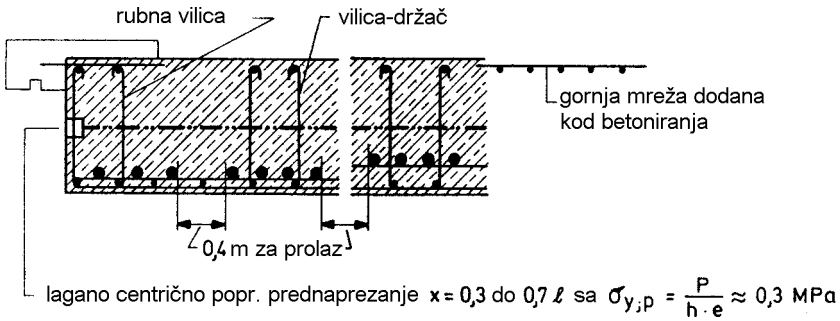
2.2.1.3. Pune ploče od prednapetog betona

U punoj prednapetoj ploči uzdužni kabeli protežu se po čitavoj duljini ploče i polažu se iznad donje mrežaste armature na odgovarajuće držače. Sidrenje kabela ranije se obavljalo na polovini visine ploče, ali su ispitivanja na posmik pokazala da je bolje rješenje ako se težište sile prednapinjanja na krajevima nosača postavi na donjoj trećini visine (slika 2.15). Kabeli se u

poprečnom presjeku moraju složiti u grupe koje su međusobno razmaknute 40 cm kako bi se omogućio prolaz osoblja pri izvedbi (slika 2.16). Na krajevima ploče postavlja se poprečna armatura za preuzimanje sila cijepanja od sidrenja kabela. Kod prednapetih ploča posmična armatura u pravilu nije potrebna.

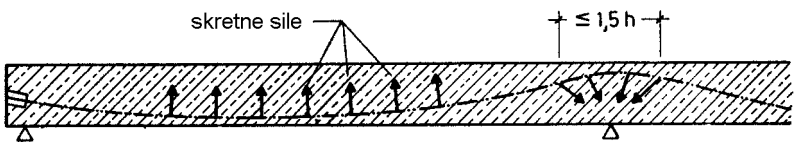


Slika 2.15 – Položaj kabela i armature pune ploče – uzdužni presjek



Slika 2.16 – Poprečni presjek kroz prednapetu ploču u polju

Kod kontinuiranih prednapetih ploča valja uzdužne kabele iznad stupova zaobliti na što manjoj dužini (≤1.5 h) kako bi se skretne sile mogle direktno predati na ležaje. Na taj se način spriječava pojava štetnih kosih vlačnih naprezanja (slika 2.17). Nadalje, ove kabele treba postaviti na ležaju u što je moguće viši položaj kako bi se u polju pojavile što veće skretne sile naspram gore.



Slika 2.17 – Vođenje kabela sa kratkim zakrivljenjem preko ležaja u kontinuiranoj ploči

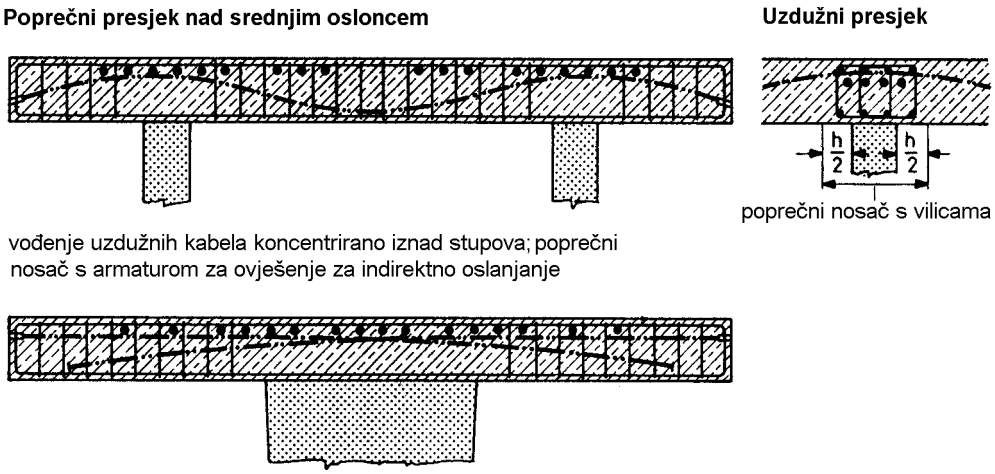
Poprečno prednaprezanje kod pločastih mostova širine do oko 10 m nije potrebno, ali je poželjno lagano centrično prednaprezanje u srednjoj trećini raspona, radi sigurnosti protiv pojave uzdužnih pukotina. Kod širokih mostova preporuča se poprečno prednaprezanje, posebice i na ležajima, kako zbog temperaturnih djelovanja, tako i radi djelovanja utjecaja od spriječenih deformacija na osloncima. Ovo prednaprezanje može se ostvariti kabelima u jednom redu na polovini visine ploče (slika 2.16).

Kod ploča trapeznog poprečnog presjeka (slika 2.18), uzdužni kabeli postavljaju se samo na dijelu pune visine ploče, dok se poprečni kabeli smještaju u gornju zonu, za prihvat momenata savijanja od konzolnog djelovanja rubnih područja ploče.



Slika 2.18 – Kabeli u prednapetoj ploči trapeznog poprečnog presjeka

Primjeri vođenja poprečnih kabela iznad stupova kontinuiranih ploča prikazani su na slici 2.19. Poprečni kabeli postavljaju se uvijek ispod uzdužnih kabela, a linija im se podešava prema dijagramu momenata savijanja i poprečnih sila, kao i kod svih drugih kabela.

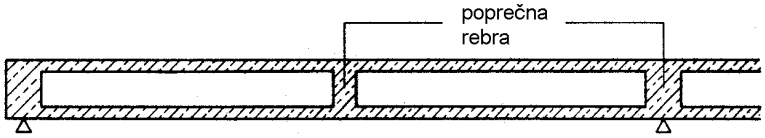


Slika 2.19 – Vođenje poprečnih kabela iznad stupova kontinuiranih ploča

2.2.1.4. Šuplje ploče

Kod šupljih ploča zanemaruje se utjecaj anizotropnosti i sile u presjecima određuju se kao i za pune ploče. Šuplje ploče su u uzdužnom smjeru isto tako nosive kao i pune ploče dok su u

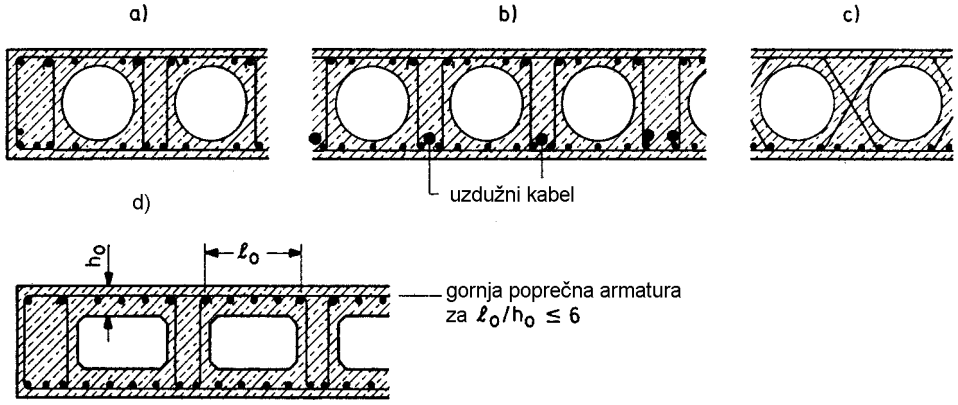
poprečnom smjeru manje nosivosti na posmik. Ploče olakšane šupljinama osjetljive su na velike poprečne momente savijanja i pripadne poprečne sile jer je dijagram kosih vlačnih naprezanja narušen zbog šupljih prostora. Stoga se u šupljim pločama moraju uvijek oblikovati poprečna rebra u polovini raspona (l/2) i na osloncima, ako je l/b≤4 (slika 2.20).



Slika 2.20 – Položaj poprečnih rebara u uzdužnom presjeku kroz šuplju ploču

Uzdužna rebra između šupljina moraju se uvijek armirati sponama na razmaku najviše 0.3 h ili 30 cm. Kod šupljih ploča najdjelotvornije su kose spone (slika 2.21c), ali se u praksi ne primjenjuju budući da spone u šupljim pločama moraju obuhvatiti donju uzdužnu armaturu.

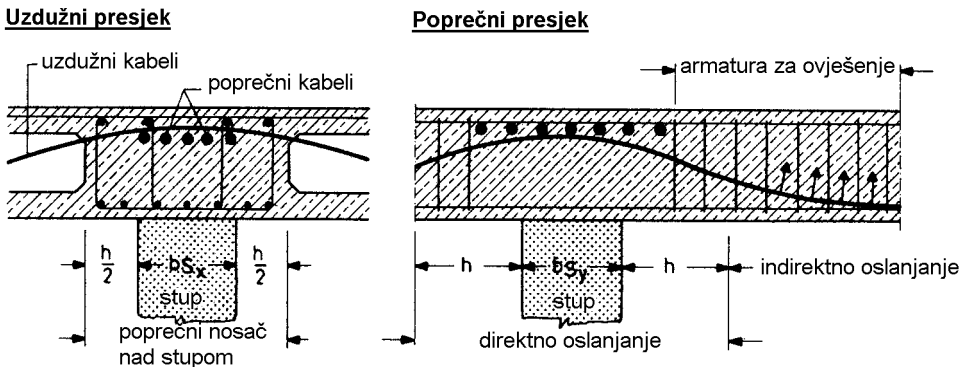
Za poprečno armiranje dovoljan je jedan red armature dolje i gore. Koncentrirano opterećenje od kotača vozila prenosi se preko šupljine djelovanjem svoda. Ovo vrijedi i za pravokutna šuplja tijela ako je $l_o/h_o \leq 6$ (slika 2.21d).



Slika 2.21 – Poprečni presjeci i armatura šupljih ploča, a) armirani beton, b) prednapeti beton, c) najdjelotvorniji oblik vilica, d) pravokutna šuplja tijela.

Poprečno prednaprezanje šupljih ploča najbolje je izvesti u području poprečnih rebara. Kod ploča velikih širina ili većih vitkosti, valja predvidjeti dva ili tri poprečna rebra u polju.

Nad pojedinačnim stupovima kontinuiranih ploča (slika 2.22) poprečni nosač ima širinu (b_{Sx}+h – to vrijedi i za pune ploče) i proračunava se način, da se opterećenje tj. reakcije ploče na dijelu između stupova, preuzmu putem skretnih sila poprečnih kabela i putem spona (armatura za ovješenje). Pri tom se može pretpostaviti da trake ploče širine (b_{Sy}+2h) predaju svoja opterećenja direktno na stupove.



Slika 2.22 – Široki poprečni nosač iznad stupova kontinuirane šuplje ploče – u poprečnom presjeku predviđen je veći broj stupova

2.2.2. Kose ploče s jednim rasponom

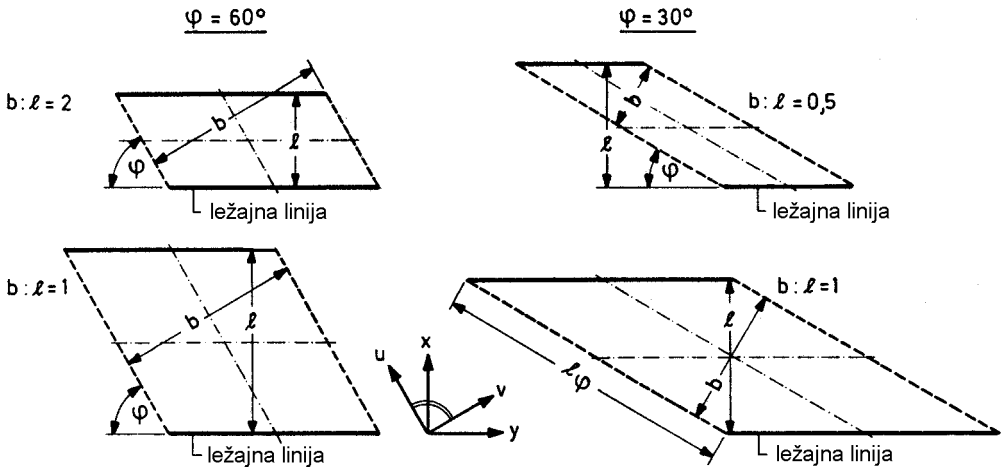
2.2.2.1. Općenito

Masivne ploče kod kosih križanja imaju slijedeće velike prednosti:

- najmanja visina konstrukcije
- jednostavna oplata
- opterećenje prenose najkraćim putem na ležaje, pri čemu se smjer glavne armature ili kabela može lako prilagoditi, približno, smjeru glavnih momenata

Za određivanje sila u presjecima na raspolaganju je velik broj priručnika s utjecajnim plohama za momente i reakcije, tablice, dijagrami i slično, a danas, i mogućnost proračuna na računalu.
Vrlo je važno da projektanti shvate djelovanje prijenosa opterećenja kod kosih ploča.
Najvažniji parametri koji određuju ponašanje kosih ploča pod opterećenjem su slijedeći (slika 2.23):

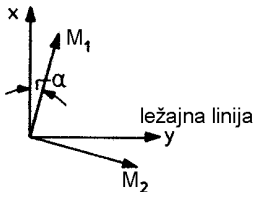
- kut križanja φ; ako je $\varphi \geq 70°$ može se zanemariti utjecaj kosine
- odnos b:*l*; gdje je b širina ploče okomito na most, a *l* raspon okomito na pravac ležaja
- način oslanjanja; npr. zaokretni linijski ležaji u smjeru ležajne linije, ili pojedinačni ležaji koji se zaokreću u svim smjerovima.



Slika 2.23 – Kose ploče, značajni parametri

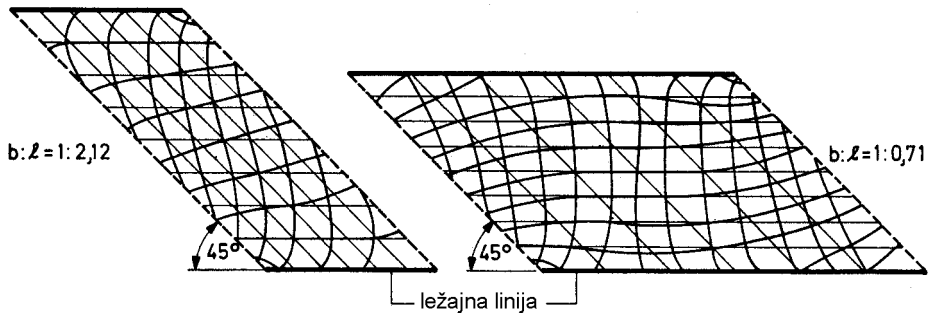
2.2.2.2. Momenti savijanja

U kosim pločama pojavljuju se glavni momenti savijanja M_1 i M_2, koji za različite vrste opterećenja mogu imati različite smjerove. Vrijednosti glavnih momenata M_1 i M_2 i njihovi smjerovi djelovanja odrede se na osnovi momenata M_x, M_y i M_{xy} koji se proračunaju u odabranom koordinatnom sustavu x,y preko izraza:



$$M_{1,2} = \frac{M_x + M_y}{2} \pm \frac{1}{2}\sqrt{(M_x - M_y)^2 + 4M_{xy}^2} \quad ; \quad tg2\alpha = \frac{2M_{xy}}{M_x - M_y}$$

Moment M_{xy} naziva se *moment smjera* jer određuje smjer djelovanja glavnih momenata.
Tijek glavnih momenata savijanja u kosim pločama s φ=45° i s različitim odnosom b:*l* prikazan je na slici 2.24.

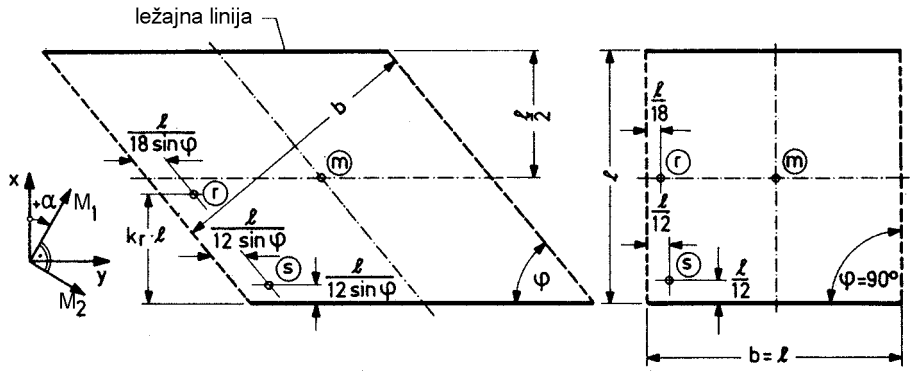


Slika 2.24 – Tijek linija glavnih momenata savijanja jednoliko opterećenih kosih ploča

Proračun na savijanje mora se u praksi ograničiti na mali broj točaka u kojima će glavni momenti M_1 i M_2, postići najveće vrijednosti. Položaj ovih točaka prema Hombergu prikazan je na slici 2.25.

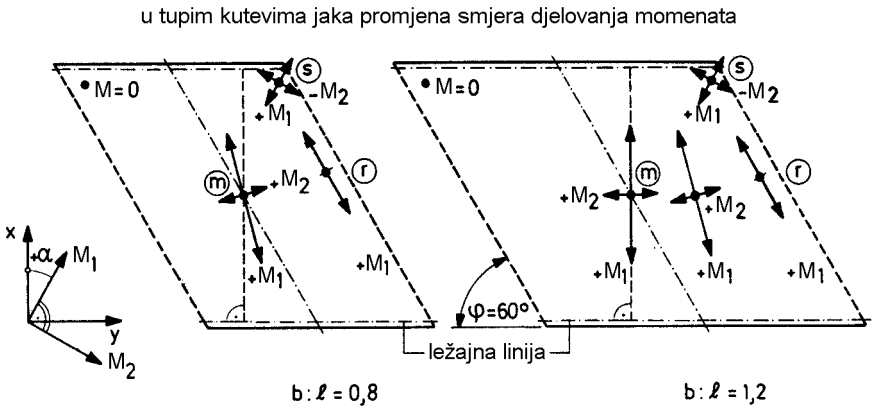
U točki:

- **m** pojavljuju se najveći pozitivni momenti u polju u unutrašnjem području ploče
- **r** očekuju se najveći pozitivni momenti uzduž dugog slobodnog ruba. Položaj max M_1 u točki r ovisi o kutu φ i određuje se s faktorom k_r.
- **s** javljaju se najveći negativni momenti savijanja koji u tupim kutevima ploče nastaju uslijed upetosti uzrokovane linijskim oslanjanjem. Primjenom zaokretnih točkastih ležaja ovaj moment može se smanjiti na račun momenta u točki r (M_r).



Slika 2.25 – Položaj mjerodavnih točaka za dimezioniranje kosih ploča

Na slici 2.26. prikazane su veličine i smjerovi djelovanja glavnih momenata M_1 i M_2 kod kosih ploča pod kutem 60° i s različitim odnosom b:*l*, opterećenih jednolikim opterećenjem.



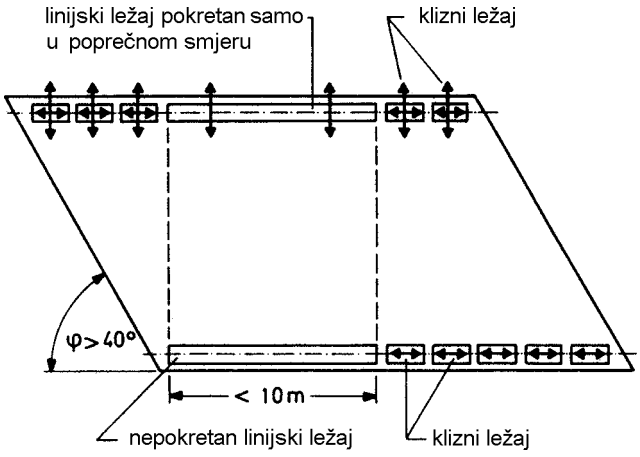
Slika 2.26 – Veličine i smjerovi djelovanja glavnih momenata M_1 i M_2 kosih ploča pod jednolikim opterećenjem

2.2.2.3. Ležajne reakcije, oslanjanje i poprečne sile

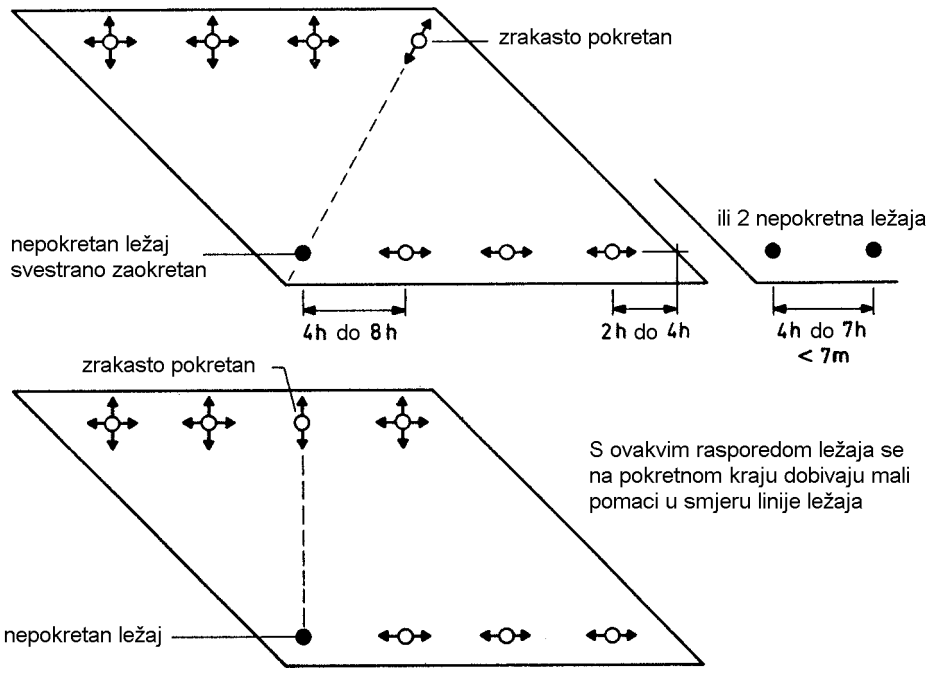
Ležajne reakcije kosih ploča prilično ovise o načinu oslanjanja, razmacima i vrsti ležaja te o popustljivosti ležaja (npr. neoprenski ležaji AEL).
Sa svrhom smanjenja rubnih pritisaka na ležaju, a time istodobno i velikih momenata upetosti u tupim kutevima vrlo kosih ploča, preporuča se odabrati pojedinačne ležaje na većim razmacima ili pojedinačne neoprenske ležaje.

Na osnovi opsežnih istraživanja, Leonhardt preporuča slijedeće načine oslanjanja kosih ploča:

- Nepokretan linijski ležaj (betonski zglob ili kontinuirana neoprenska traka) pogodan je samo kod kuta $\varphi>40°$ i dužine ležaja najviše do 10 m. Pri većoj dužini treba primijeniti linijski ležaj koji je pokretan u poprečnom smjeru (slika 2.27).
- Kod kuta $\varphi<40°$ preporuča se (slika 2.28):
  a) jedan nepokretan, svestrano zaokretan ležaj, postaviti u jedan tupi kut. Može se postaviti još jedan nepokretan ležaj na razmaku od 4h do 7h, i manjem od 7 m;
  b) svi drugi ležaji su pokretni i po mogućnosti na sve strane zaokretni, a postavljaju se na razmaku od 4h do 8h. Uz to, ležaj koji se nalazi nasuprot nepokretnom ležaju treba biti pokretan samo u smjeru spojnice s nepokretnim ležajem.
  c) ležaj na šiljastom kutu treba postaviti na udaljenosti od ruba za oko 2h do 4h kako bi se izbjegle sile odizanja, uz potrebnu provjeru sigurnosti protiv odizanja.



Slika 2.27 – Preporuke za odabir ležaja pri $\varphi>40°$ i $l>15$ m

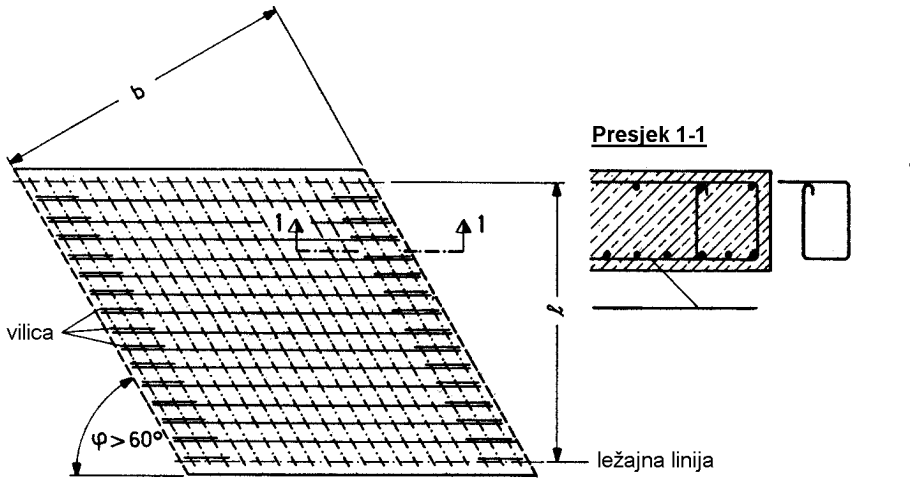


Slika 2.28 – Preporuke za odabir ležaja pri φ<40°

Poprečne sile, mjerodavne za granična stanja nosivosti, određuju se iz ležajnih reakcija te se na osnovi njih određuje posmična armatura u skladu sa odgovarajućim propisima.
Kod prednapetih ploča u pravilu nije potrebna posmična armatura, dok kod armiranobetonskih ploča može biti potrebna u području ležaja, naročito pri tupim kutevima.

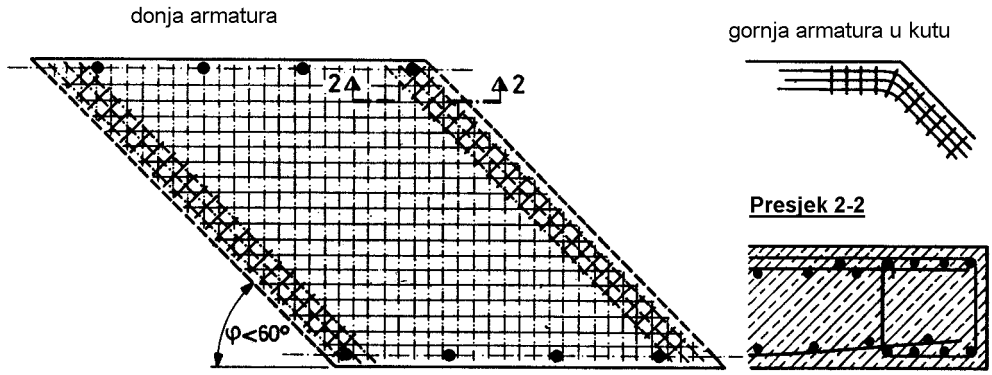
2.2.2.4. Armiranje kosih ploča

Kod kosih ploča s kutem φ>60° i odnosom b:*l*≥1:2 uzdužna i poprečna armatura postavlja se paralelno s rubovima, a slobodni rubovi obuhvaćaju se vilicama (slika 2.29).



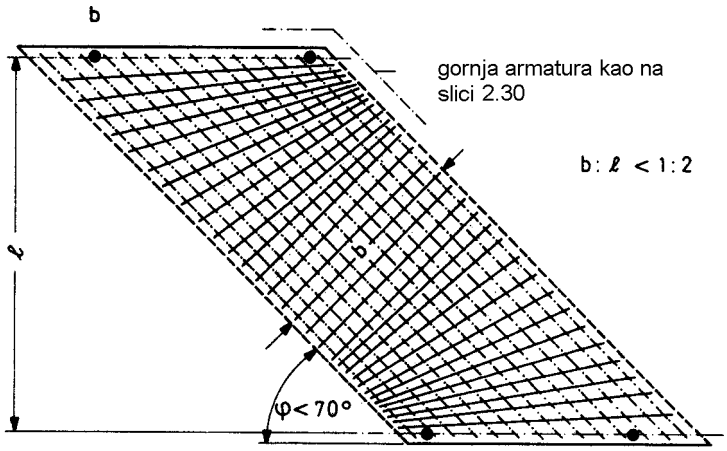
Slika 2.29 – Tloctni raspored donje i gornje armature kod φ>60°

Kod φ<60° uzdužna armatura postavlja se okomito na ležaje, a poprečna paralelno sa ležajima (slika 2.30). Na slobodnim rubovima obrazuje se traka širine $b_r \approx h$, koja se ojačava uzdužnom armaturom i obuhvaća vilicama. Gornja armatura rubnih traka povija se na tupim kutevima ploče u smjeru ležajne linije zbog preuzimanja momenata upetosti koji se pojavljuju na tim mjestima. U tom području treba i vilice progustiti i voditi do ležaja u smjeru ležajne linije (slika 2.30).



Slika 2.30 – Tloctni raspored donje i gornje armature kod φ<60°

Kod uskih ploča s kutem φ<70° i odnosom b:*l*<1:2 uzdužna armatura postavlja se paralelno sa slobodnim rubovima (slika 2.31). Poprečna armatura polaže se u srednjim područjima ploče okomito na uzdužnu armaturu, a u područjima ležaja u obliku lepeze, s tim da je na krajevima paralelna s ležajnom linijom.



Slika 2.31 – Tloctni raspored donje i gornje armature uske ploče kod φ<70° i b:*l*<1:2

2.3. Izvođenje

Postupci izvedbe rasponskih konstrukcija su slijedeći:

- monolitni
- montažni
- polumontažni (kombinirani).

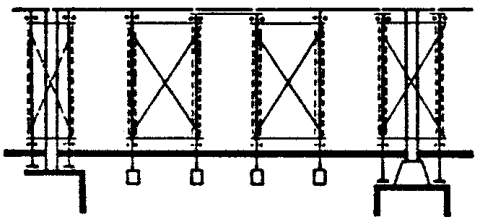
2.3.1. Monolitna izvedba

2.3.1.1. Nepokretne skele

Nepokretne skele su sve klasične nosive skele. One su fiksne i grade se na jednom mjestu, a za ponovnu upotrebu na drugom mjestu moraju se rastaviti i u dijelovima premjestiti. Sve su manje u primjeni za objekte velikih raspona.
Prema građi skele mogu biti: drvene, čelične i kombinirane.
Oplata može biti daščana, od šperploče i metalna. Mora biti dobro ukrućena i bez vidljivih deformacija od pritiska svježeg betona.
Općenito se, prema namjeni razlikuju skele grednih i skele lučnih mostova, a prema načinu oslanjanja skele s više oslonaca, s malo oslonaca te s dva oslonca u jednom polju mosta.

Skele s više oslonaca

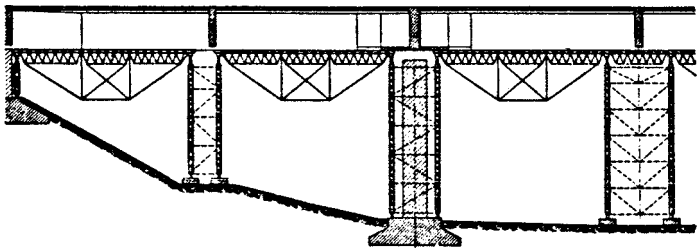
Skele s više oslonaca pogodne su za gredne mostove (slika 2.32) i plitke svodove, kada građevina nije visoko uzdignuta iznad tla.
Ako je građa drvena, stupovi mogu biti zabijeni u tlo kao piloti, a na vrhu povezani naglavnicom, te ukrućeni horizontalnim kliještima i križevima. Drveni stupci kao i čelični mogu biti postavljeni i na betonske pragove.



Slika 2.32 – Skela s više oslonaca grednog mosta

Skele s malo oslonaca

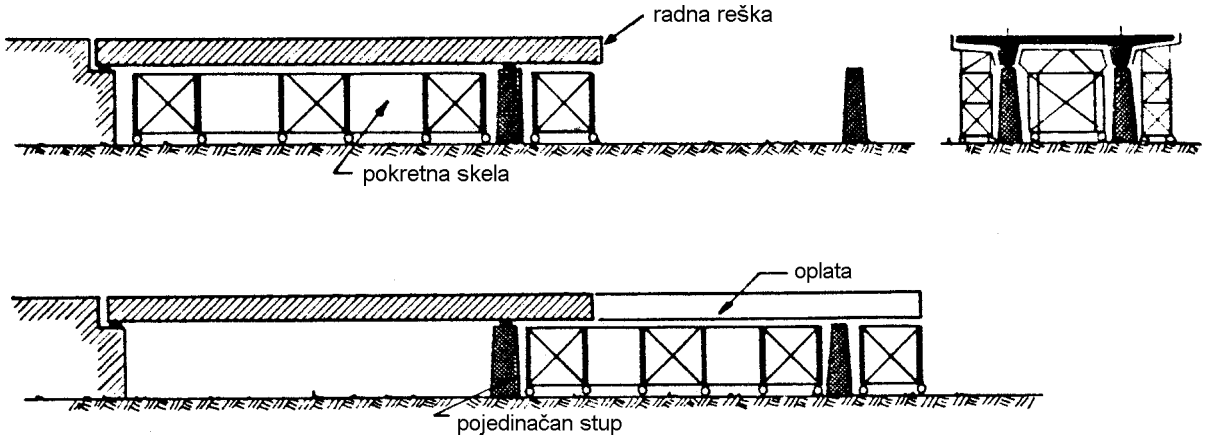
Skele s malo oslonaca uglavnom su čelične, a stupovi i rasponska konstrukcija skele sastavljeni su od tipiziranih dijelova. Takve skele mogu se primjeniti kod mostova različitih raspona i visina iznad terena (slika 2.33).



Slika 2.33 – Skela s malo oslonaca od čeličnih tipskih dijelova

2.3.1.2. Pokretne skele

Pokretne skele su klasične nosive skele koje se bez rastavljanja mogu premještati uzduž i poprijeko na most. Kod grednih mostova ovakve skele su pogodne za ravno i dobro nosivo tlo, te za mostove koji nisu visoko uzdignuti iznad tla i imaju više od tri raspona (slika 2.34).
Radne reške predviđaju se na mjestima nul-točaka momentnog dijagrama (približno ¼ *l*).



Slika 2.34 – Izvedba grednog mosta na pokretnoj skeli

2.3.2. Montažna i polumontažna izvedba

Kod izvedbe pločastih rasponskih konstrukcija sastavljenih od gotovih, montažnih elemenata, dugih toliko da sežu od jednog do drugog stupa mosta, koriste se različita prenosila. Najednostavnije su autodizalice koje se mogu koristiti kod mostova s niskom niveletom i ravnim tlom ispod mosta. Druga mogućnost je uporaba portalnih dizalica.

Montažni nosači izrađuju se u industrijskim postrojenjima (npr. sustav Viadukt, slika 2.5) ili na mjestu gradnje. Transport nosača na manjim udaljenostima obavlja se specijalnim cestovnim vozilima, a na duljim relacijama željeznicom. Za montažu tipskih nosača koriste se obično 2

autodizalice nosivosti 90-100 t, dok u iznimnim situacijama kod otežanog pristupa mostu 1 autodizalica nosivosti 300 t.

Montažni način gradnje primjeren je za nadvožnjake preko autocesta, a polumontažni način s dobetoniranom pločom iznad nosača, za objekte u trasi.

Premda je montažni način gradnje vodeći po brzini izvedbe, u nekim okolnostima te sa aspekta trajnosti konstrukcije mosta primjereniji je polumontažni način.

Literatura:

[1] Leonhardt F.: Vorlesungen über Massivbau, Sechster Teil, Grundlagen des Massivbrückenbaues, Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg-New York, 1979.
[2] Analysis and Design of Reinforced Concrete Structures, Reported by ACI Committee 343, Detroit, Michigan, 1995.
[3] Clark, L.A.: Concrete bridge design to BS 5400, Construction Press, London and New York, 1983.
[4] Cope, R.J.; Clark, L.A.: Concrete Slabs, Analysis and Design, Elsevier Applied Science Publishers, London and New York, 1984.
[5] Hambly, E.C.: Bridge Deck Behaviour, Chapman and Hall, London, John Wiley&Sons, Inc., New York.
[6] Weidemann: Brückenbau, Stahlbeton und Spannbeton Brücken, Werner-Verlag.
[7] Dekanović, Đ.; Šteković, M.; Sesar, P.; Velan, D.: Montažna i polumontažna gradnja pločastih grednih mostova, Simpozij - Suvremeni postupci izvedbe betonskih mostova, inženjerskih građevina, stambenih i poslovnih zgrada, Brijunski otoci, 1995, 203-213.
[8] Tonković, K.: Masivni mostovi, Građenje, Školska knjiga, Zagreb, 1979.
[9] Tonković, K.: Masivni mostovi, Opća poglavlja, Školska knjiga, Zagreb, 1979.