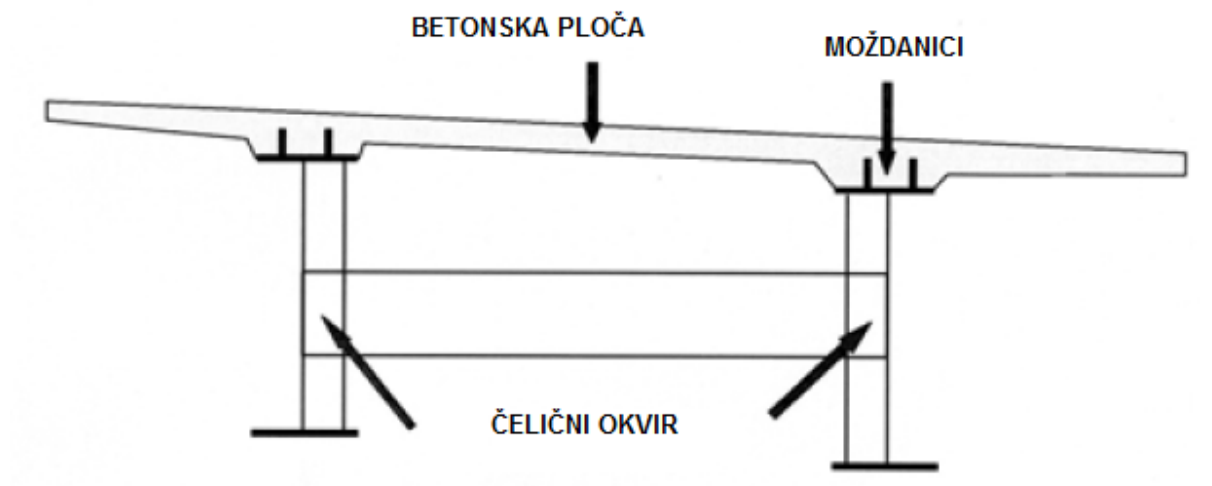


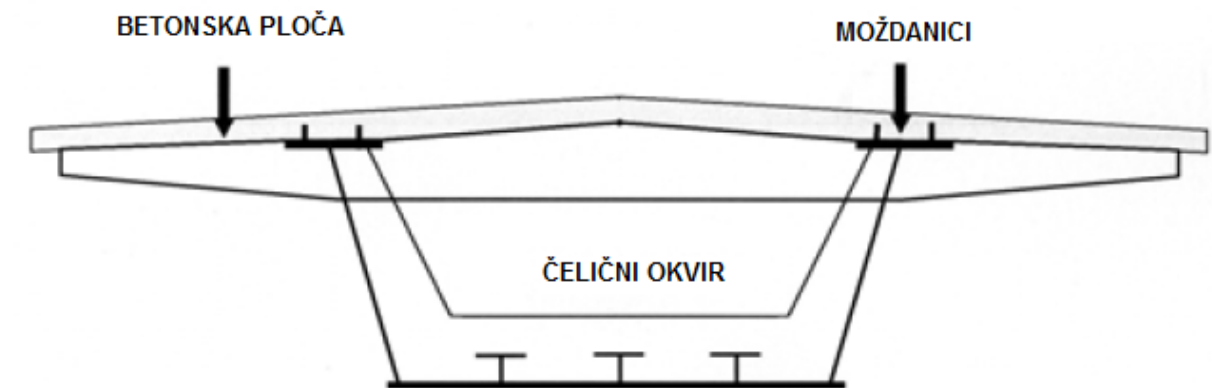
MOSTOVI 2

1.) DISPOZICIJA MOSTA

POPREČNI PRESJEK SPREGNUTOG MOSTA:



Slika : Poprečni presjek spregnutog mosta sa čeličnim I nosačima



Slika : Poprečni presjek sandučastog spregnutog mosta

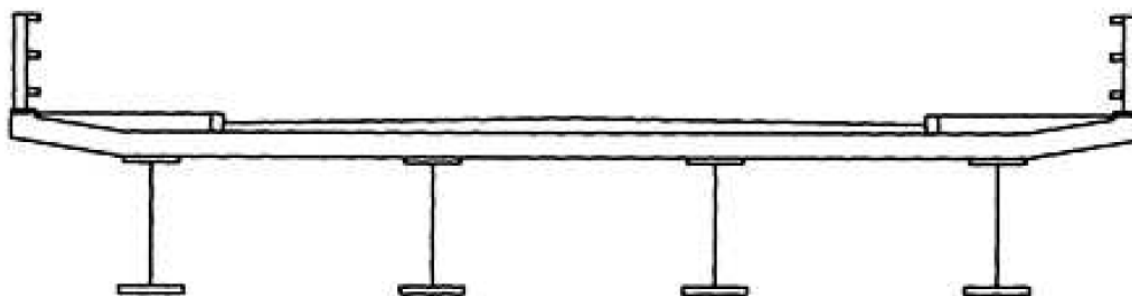
Preporučene vrijednosti raspona:

- čelični mostovi sa I nosačima : 30 do 130 m (uobičajeno 40 do 90 m)
- sandučasti poprečni presjek : 50 do 150 m (uobičajeno 70 do 120 m)

U Francuskoj 90 % cestovnih mostova izvode se sa 2 I čelična nosača.

U nekim drugim europskim zemljama je preporuka korištenje 4 I nosača jer inženjeri smatraju da je konstrukcija sa 2 nosača preosjetljiva ukoliko dođe do loma jednog od glavnih nosača.

Konstrukcija sa 4 I nosača je robusnija.



Slika : Uobičajeni poprečni presjek spregnutog mosta sa 4 I nosača

KONCEPCIJA SPREGNUTIH MOSTOVA SA ČELIČNIM I NOSAČIMA U PRESJEKU:

Glavni uzdužni nosači :

Glavni uzdužni I nosači izvode su u pravilu varenjem, osim kod malih raspona kada se mogu upotrijebiti toplo valjani profili.

U uzdužnom smjeru širina pojasnice je u pravilu konstantna.

Promjenjive veličine su u pravilu debljina pojasnice i visina hrpta.

VRSTE ČELIČNIH NOSAČA:

Univerzalni toplovaljani profili visine proizvode se do visine od 1016 mm (visine preko 914 mm su izvan opsega navedenim u BS 4).

Koriste se za raspona do 25 m kod prostih greda i do 30 m za kontinuirane grede.

Gornje vrijednosti navedenih raspona vrijede u slučaju relativno malog razmaka između glavnih nosača. U takvim slučajevima racionalnija je uporaba zavarenih limenih nosača.

RAZMAK UZDUŽNIH ČELIČNIH NOSAČA:

Nosači su najčešće na razmaku 3,0 do 3,50 m. Najčešće za dvotračnu cestu koriste se 4 čelična nosača u Velikoj Britaniji.

Kolnička ploča je najčešće 240 mm debela i direktno distribuira opterećenje kotača.

Za raspone preko 50 m se najčešće koriste 2 čelična nosača. Tada se kolnička ploča oslanja na poprečne čelične nosače. Ploča nosi između poprečnih nosača, a ne preko glavnih nosača.

Grede se povezuju poprečnim nosačima ili spregovima obavezno iznad oslonaca zbog stabilnosti i prenošenja horizontalnih opterećenja između ležajeva.

Često se koriste i poprečna stabilizacija na određenoj udaljenosti unutar raspona kako bi se osigurala bočna stabilnost čeličnih nosača na izvijanje.

Jednorasponski mostovi se koriste tamo gdje je očekuje veliko slijeganje oslonaca kako bi se priječio unos sile u rasponsku konstrukciju. Najčešći rasponi su 30 do 40 m, rijetko za raspone preko 50 m.

POPREČNE GREDE :

POPREČNE GREDE U POLJU:

Poprečni nosači u pravilu nisu spregnuti sa pločom te sa glavnim uzdužnim nosačima čine okvir. Na glavne nosače spajaju se standardnim spojevima u čeliku.

Duljina poprečnih greda između glavnih nosača iznosi u pravilu do 8 m, ako se primjenjuje kolnička ploča sa vutama.

U pravilu su grede konstantne visine duž raspona, ali mogu biti različite visine u različitim rasponima.

Poprečne grede su u pravilu smještene u sredini visine glavnih uzdužnih nosača ili malo ispod sredine visine kako bi se osigurala maksimalna poprečna krutost konstrukcije.

Kod mostova sa rasponom do 40 m, konstrukcija je u pravilu konstantne visine, te su poprečne grede smještene u pravilu na istoj visini kako bi se omogućilo postavljanje pomične oplata za betoniranje kolničke ploče.

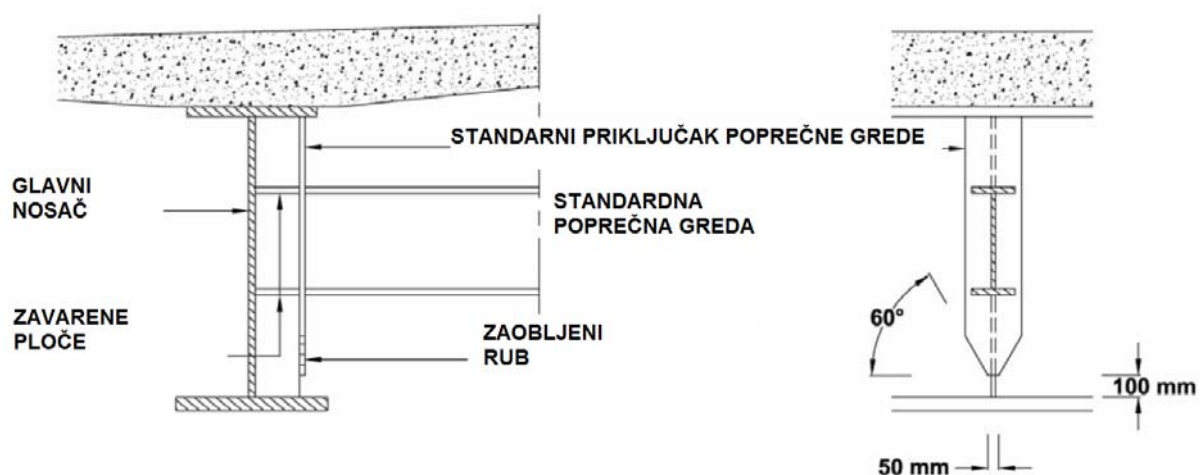
Kod mostova sa promjenjivom visinom potrebno je spuštati položaj poprečne gredu u odnosu na kolničku ploču s porastom visine kako bi se suprotstavilo lateralnom torzijskom izvijanju donje pojasnice.

Poprečne grede u polju su u pravilu 400 do 700 mm visoki IPE ili HEA profili, ovisno o razmaku glavnih nosača koje povezuju.

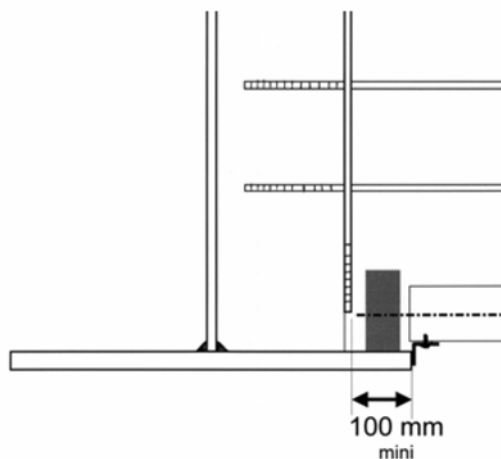
Poprečne grede su zavarene na glavne nosače čeličnih profila.

Povezivanje poprečnih nosača i glavnih uzdužnih nosača ostvaruje se na mjestu zavarenih poprečnih vertikalnih ukrućenja hrpta. Na vertikalno ukrućenje se zavaruje vertikalni lim stvarajući štap T presjeka čija je uzdužna os vertikalna. Na njega se vari poprečna greda.

Na mjestu spajanja pojasnica oprečnog nosača zavaruju se horizontalni limovi do hrpa glavnog nosača.

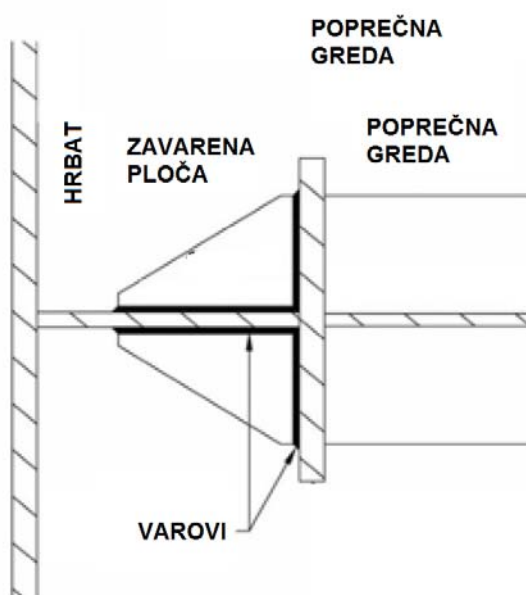


Preporučuje se odmicanje priključka poprečne grede barem 100 mm od ruba donje pojasnice kako bi pomična skele za oplatu mogla kliziti.



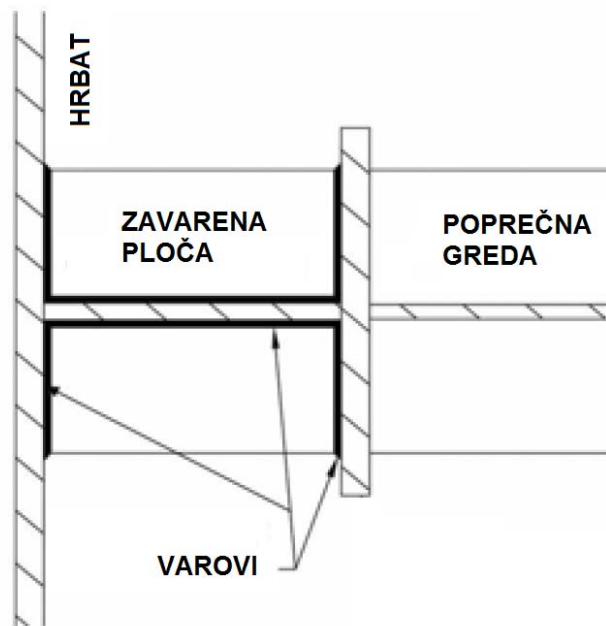
Ploče za ukrućenje u ravni pojasnica poprečnih nosača mogu biti pravokutne ili trokutaste.

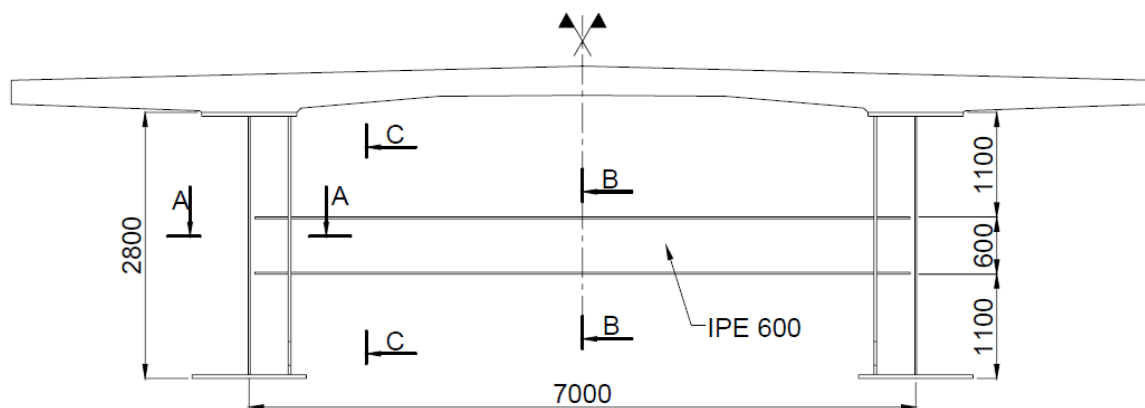
Slika : Trokutaste ploče: horizontalni presjek kroz spoj



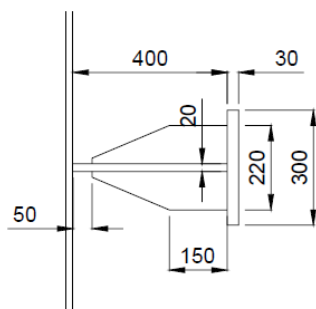
Češče se korite pravokutne ploče.

Slika: Pravokutne ploče: horizontalni presjek kroz spoj

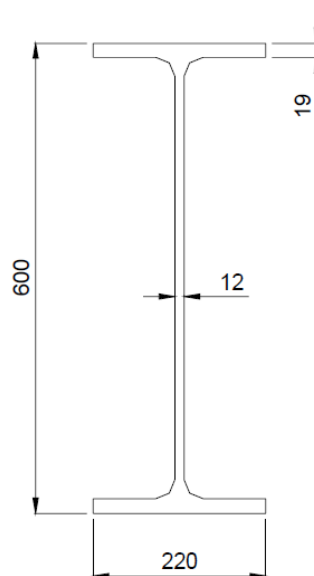




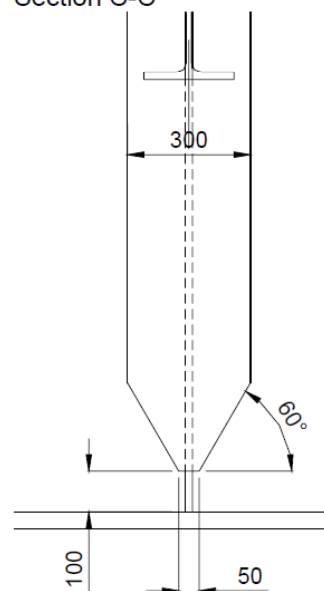
Section A-A



Section B-B



Section C-C



Slika: Poprečni nosač u polju

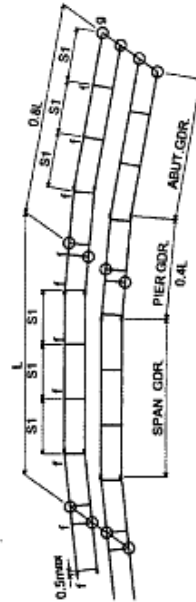
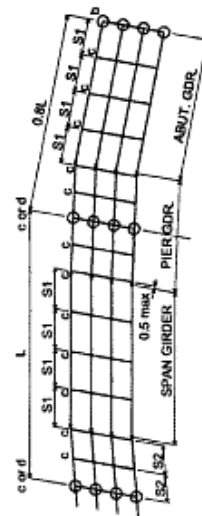
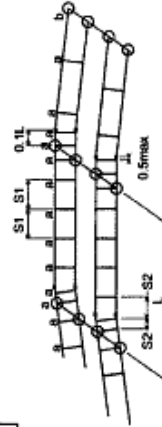
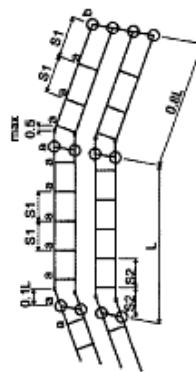
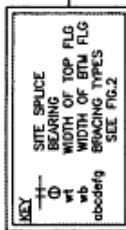
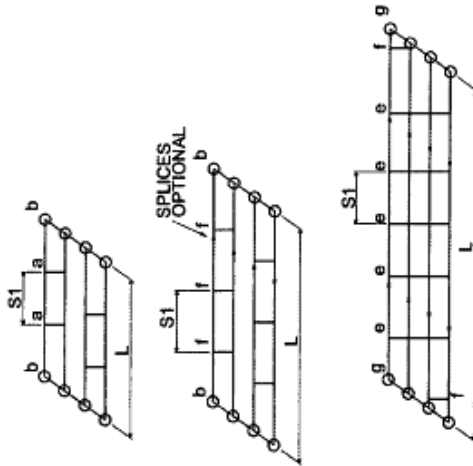
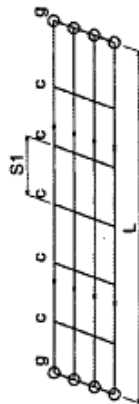
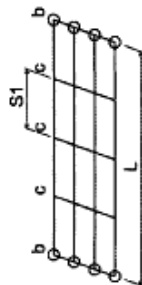
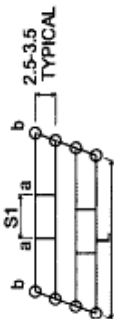
POPREČNI NOSAČI NAD OSLONCIMA:

Poprečne grede smještene nad osloncima sprečavaju horizontalne pomake uslijed horizontalnih sila (vjetra i potresa) - stoga su u pravilu veće visine od poprečnih greda u polju. Izvode se zavarivanjem.

Odupiru se djelovanju vjetra na rasponski sklop, onemogućavaju bočno torzijsko izvijanje donje pojasnice koje su jako tlačno napregnute nad stupovima.

Stoga je visina nad stupovima najčešće visine 600 do 1600 mm.

SIMPLY SUPPORTED



COMPOSITE I GIRDERS - GUIDE TO BRACING

FIG. 1

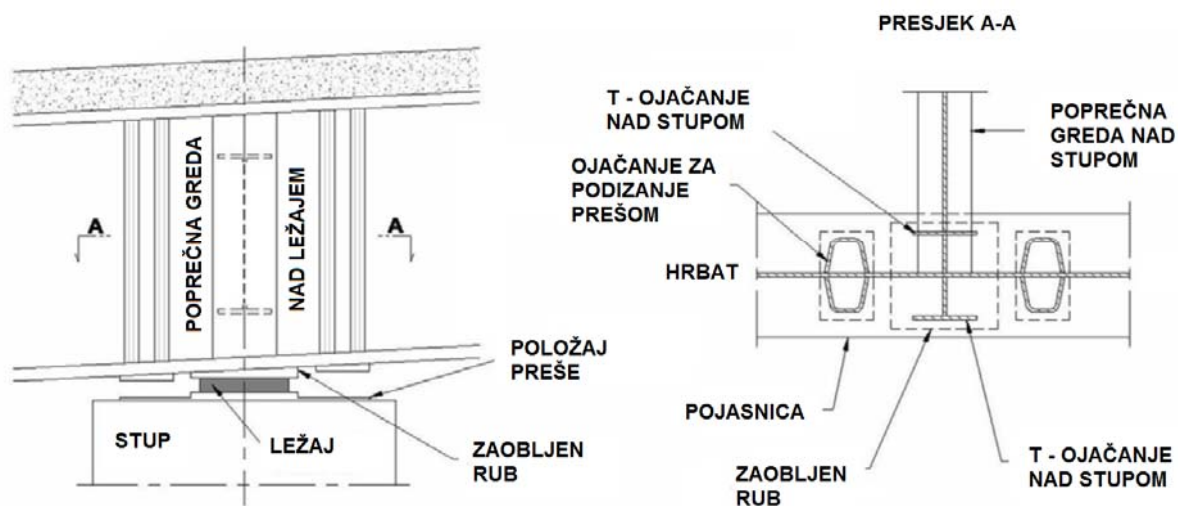
SKEW $\geq 25^\circ$

CONTINUOUS

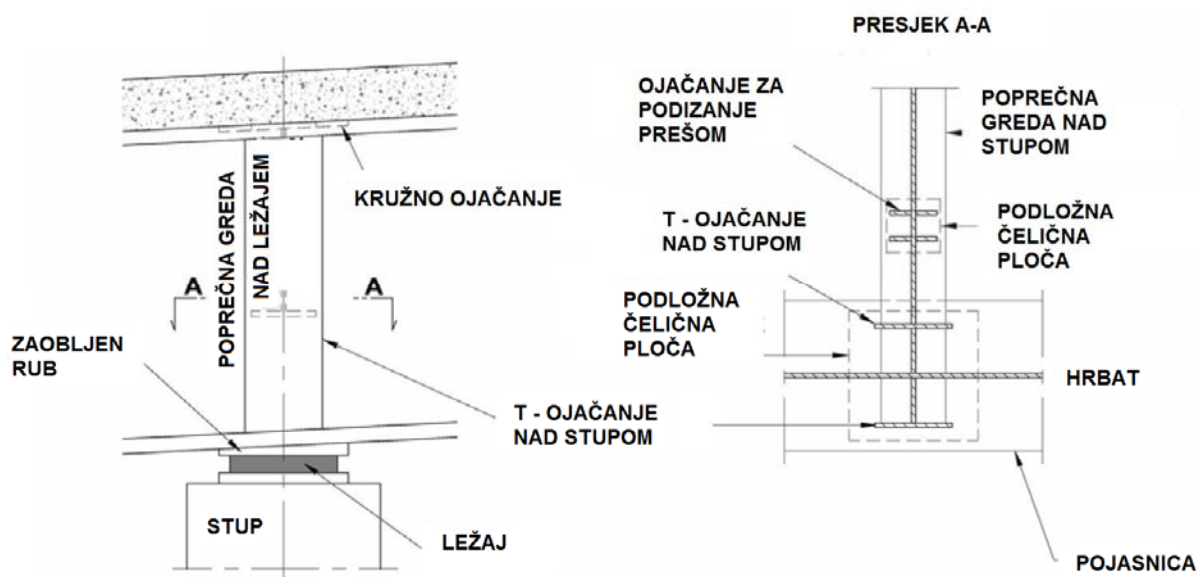
SKEW $> 25^\circ$

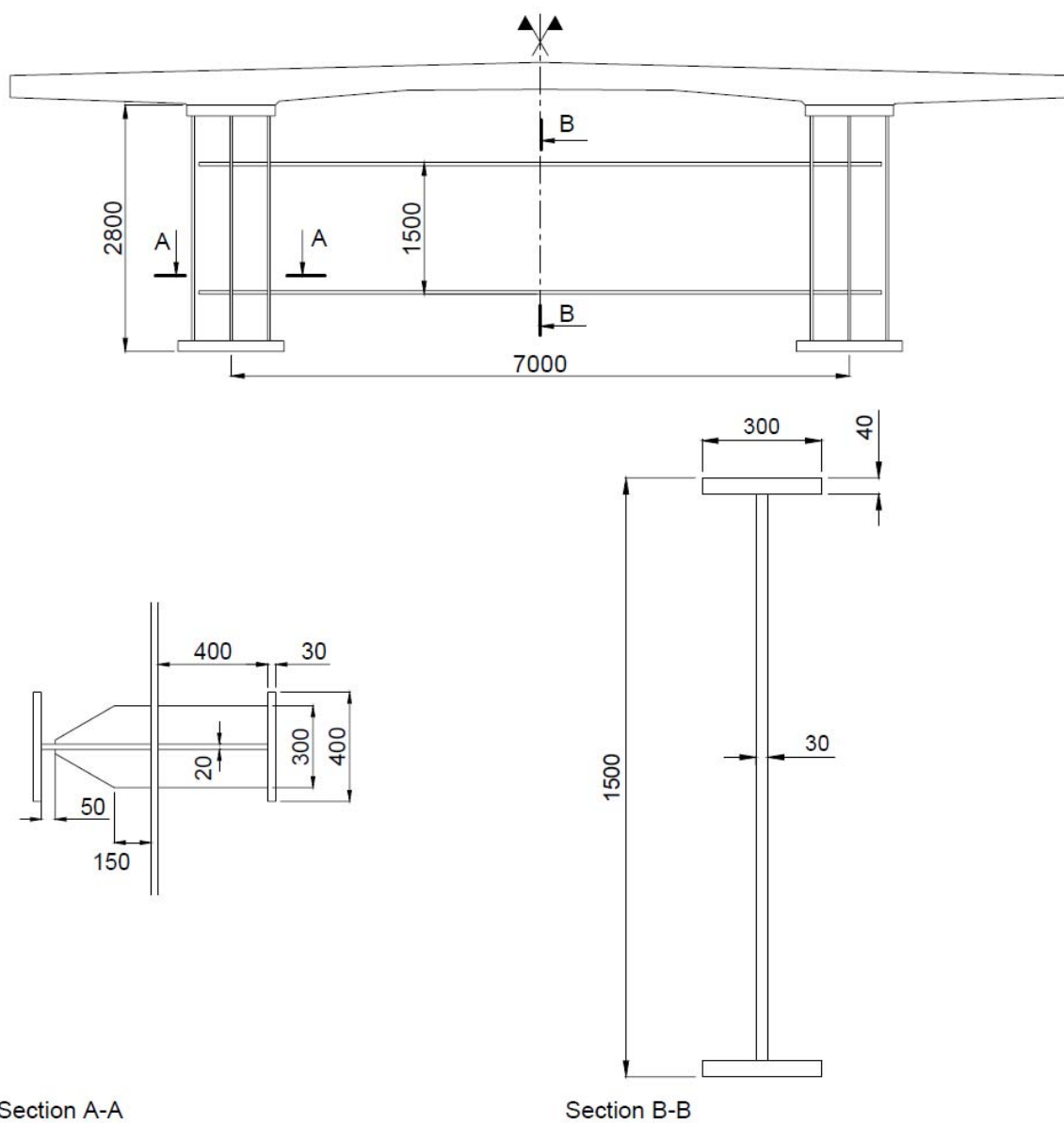
SPAN RANGE L(M)	S1 max	S2 max	wt. min
≥ 27	20 x wt.	—	$\frac{L}{70} \leq 400$
27 to 40	20 x wt.	—	$\frac{L}{70} \leq 400$
40 to 60	20 x wt.	—	CONSIDER BOWSTRING OR PAIRED SECTION FOR STABILITY
≥ 27	20 x wt.	10 x wb.	$\frac{L}{100} \leq 400$
27 to 45 (Typical > 45 also)	20 x wt.	12 x wb.	$\frac{L}{100} \leq 400$

DETALJ OJAČANJA GLAVNOG UZDUŽNOG NOSAČA KOJI OMOGUĆUJE ODIZANJE POMOĆU PREŠA:



DETALJ OJAČANJA POPREČNOG NOSAČA NAD STUPOM NOSAČA KOJI OMOGUĆUJE ODIZANJE POMOĆU PREŠA I ZAMJENU LEŽAJEVA:





Slika: Poprečni nosač nad osloncem

DEBLJINA KOLNIČKE PLOČE

Prema Britanskim preporukama najmanja debljina kolničke ploče iznosi $h = 220$ mm kako bi se zadovoljili uvjeti trajnosti i bazirani na maksimalno dozvoljenoj širini pukotina i debljini zaštitnog sloja betona.

Ploča nije osjetljiva na poprečne momente savijanja za razmak uzdužnih nosača od 2,5 do 3,8 m.

Optimalna debljina kolničke ploče $h = 230$ do 250 mm.

Konzole na rubu ploče treba ograničiti na maksimalno $L = 1,5$ m.

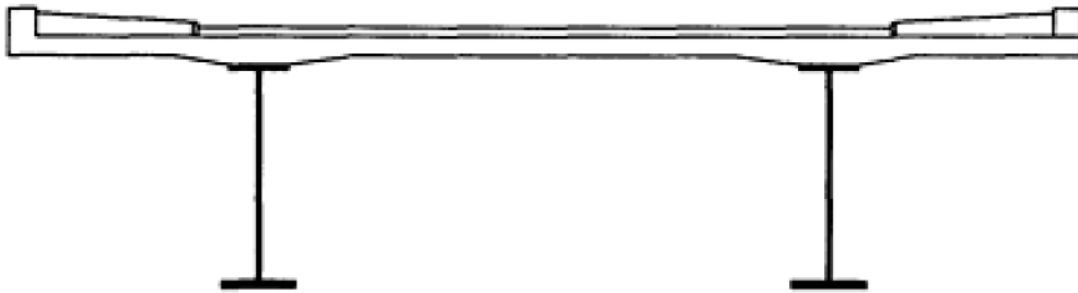
Konzolu je moguće povećati do $L = 2,50$ m ako je zaštićena odbojnom ogradom te nije moguće izvanredno opterećenje konzole vozilom.

KONTINIRANI MOSTOVI:

Za kontinuirane mostove raspona $L = 45$ do 100 m najčešće se koriste 2 uzdužna nosača na većem međusobnom razmaku:

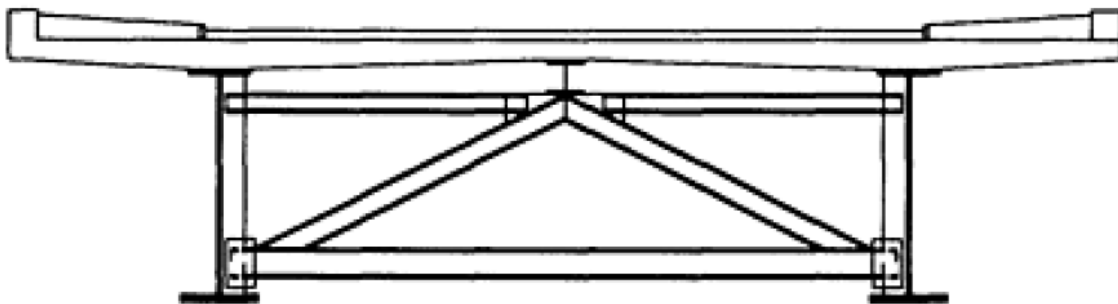
a) Ploča sa vutama

Ploča se vutama koje se podebljava prema čeličnom nosaču čak do 350 mm omogućava razmak nosača od $6,00$ m. U Europi se često primjenjuje zajedno sa poprečnim prednapinjanjem, ali UK rijetko.



b) Srednja uzdužna greda

Moguće je koristiti u sredini toplovaljani profil koji je pridržan poprečnim spregom na određenim regularnim intervalima. Omogućuje razmak glavnih nosača od čak $7,0$ m. Zahtjeva pažljiv odabir detalja poprečnog sprega zbog zamora materijala.



c) Poprečni nosači

Poprečni nosači se koriste kod greda na razmaku većem od 7,0 m.

Poprečni nosači se nalaze na razmaku $b = 3,5$ do 4 m. Ploča nosi u uzdužnom smjeru između poprečnih nosača. Ova konstrukcija je prikladna za mostove širine 12 m.



2. KARAKTERISTIKE MATERIJALA PREMA DIN FACHBERICH 104:

ČELIK: Mogu se koristiti sljedeće vrste čelika S235, S275, S355, S460.

(Ekonomičnije je koristiti S355, nego S275)

Unutar svake osnovne kvalitetne grupe čelika postoje podgrupe vezane uz svojstvo žilavosti.

Međutim smatra se u novije vrijeme da se za čelične i spregnute mostove treba koristiti isključivo kvalitetna grupa čelika **S355 J2G3 (DIN St52-3N, JUS (Č.0561, Č.0562, Č.0563))**.

Prema DIN EN 10025-2:2005-04 navedeno je da se može koristiti oznaka +N umjesto (G3 i G4).

Stoga je **S355 J2G3 = S355 J2+N**

Kod određivanja sila uslijed spriječenih deformacija uslijed djelovanja linearne temperaturne promjene dozvoljeno je koristiti $\alpha = 10 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ za čelik i beton.

KVALITETA ČELIKA	t ≤ 40 mm		40 mm < t ≤ 100 mm		max t [mm]	max t [mm]
	f _y	f _u	f _y	f _u	Cestovni mostovi za -30°C	Željeznički mostovi za -30°C
S235 J2	235	360	215	340	85	60
S355 J2	355	510	335	490	65	35
S335 K2					80	
S355 N					80	60
S460 N	460	570	430	550	60	
S460 NL					90	

MOŽDANICI:

Najčešće se za sprezanje koriste valjkasti moždanici sa glavom, koji moraju biti izrađeni od odgovarajuće kvalitete čelika, te prema dimenzijama i kvaliteti u skladu sa svim zahtjevima Eurocodea i važećih normi.

Tako npr. odnos propisane čvrstoće prema granici popuštanja čelika za moždanike mora biti najmanje 1,2 a lomno izduženje na epruveti standardnih propisanih dimenzija ne smije biti manje od 12 %.

Valjkasti moždanici se zavaruju elektrootporno te materijal za njihovu izradu mora imati i odgovarajuću kvalitetu glede zavarljivosti.

ARMATURA:

Pri proračunu plastične otpornosti poprečnog presjeka za čelik za armaturu smije se koristiti samo čelik sa normalnom ili visokom duktilnošću.

BETON:

FB 104 vrijedi samo za betone klase C 30/37 do C 50/60. Uporaba drugih klasa betona ili lakoagregatnog zahtjeva odobrenje investitora.

Za kolničke ploče se u pravilu koristi **beton C 35/45**. Za veću klasu betona potrebno je odobrenje investitora. Ovo ograničenje je uvedeno jer se žele vlačna naprezanja u ploči uslijed skupljanje i hidratacijske topline svesti na najmanju moguću granicu. Vrsta i količina cementa u betonu se određuje prema vanjskoj temperaturi (treba izbjegavati cemente CEM I), a vodocementi faktor mora biti

$w/c < 0,45$.

Klasa betona	C30/37	C35/45	C40/50	C45/55	C50/60	
Karakteristična tlačna čvrstoća f_{ck} [N/mm ²]	30	35	40	45	50	prema EN 206
Srednja vrijednost vlačne čvrstoće f_{ctm} [N/mm ²]	2,9	3,2	3,5	3,8	4,1	$f_{ctm} = 0,3 \cdot f_{ck}^{2/3}$
Donja granična vrijednost vlačne čvrstoće $f_{ctk,0.05}$ [N/mm ²]	2,0	2,2	2,5	2,7	2,9	$f_{ctk,5\%} = 0,7 \cdot f_{ctm}$
Gornja granična vrijednost vlačne čvrstoće $f_{ctk,0.95}$ [N/mm ²]	3,8	4,2	4,6	4,9	5,3	$f_{ctk,95\%} = 1,3 \cdot f_{ctm}$
Modul elastičnosti E_{cm} [N/mm ²]	32000	33500	35000	36000	37000	$E_{cm} = 9500 \cdot (f_{ck} + 8)^{1/3}$

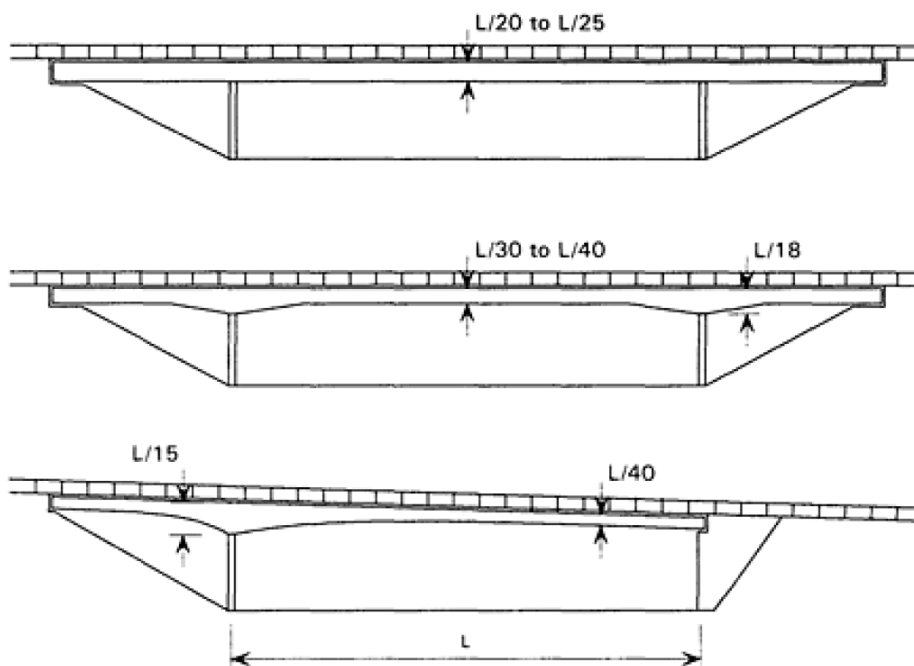
VISINA KONSTRUKCIJE

Jednorasponski mostovi:
ruba grede)

$h/L = 1/18$ do $1/30$ (od gornjeg ruba kolniče ploče do donjeg

Kontinuirane grede:

$h/L = 1/20$ do $1/25$ glavnog raspona



PRELIMINARNE DIMENZIJE HRPTA I POJASEVA

Mjerodavne poprečne sile kod spregnutih mostova dobivaju se pri smještaju računskog opterećenja teškog vozila neposredno iznad glavnog nosača u blizini ležaja. Ako se vozilo smjesti iznad glavnog rubnog uzdužnog nosača, na njega otpada otprilike 85 % ukupne poprečne sile, a kod opterećenja iznad unutarnjih glavnih nosača radi se o približno 70 % opterećenja.

Mjerodavni momenti savijanja dobivaju se u slučaju direktnog opterećenja glavnog nosača računskim vozilom u sredini raspona. Pri tome oko 75 % opterećenja otpada na krajnji glavni nosač ako se opterećenje nanese iznad njega, odnosno oko 50 % na unutarnje glavne nosače ako je opterećenje iznad njih.

U prvom se koncipiranju poprečnog presjeka hrpat obično predimensionira tako da može preuzeti oko 150 % od izračunate vrijednosti poprečne sile (rezerva je korisna u doprinosu na savijanje).

Za visine limenih nosača do 1,5 m (uključujući i valjanje nosače), hrpat se obično dimensionira da nije potrebno stavljati posebna ukrućenja, osim nad osloncima

Kod visina u rasponu od 1,5 m do 2,5 m optimalno je dimensionirati hrpat tako da je potrebna ugradnja samo vertikalnih ukrućenja, osim eventualno i horizontalnih ukrućenja u blizini unutarnjih oslonaca (velik dio hrpta je u tlačnom području).

Kod visina hrpta većih od 2,50 m vjerojatno će biti potrebno ugraditi i horizontalna i vertikalna ukrućenja hrpta.

Donja pojasnica određuje se tako da se osigura potreban moment površine drugog stupnja za preuzimanje naprezanja od savijanja. Širina joj se obično ograničava određenim preporukama da bi se osigurala njezina poprečna stabilnost, smanjila potreba za izvedbom odgovarajućih vezova te osigurala stabilnost tokom izvedbe mosta.

Gornja se pojasnica nad unutarnjim osloncima obično usvaja tako da joj je površina 50 % površine donje pojasnice, a ostatak se vlačnih naprezanja preuzima armaturom kolničke ploče. Međutim, u sredini raspona treba provjeriti bočnu stabilnost ovako postavljene pojasnice tijekom izvođenja mosta.

U slučaju mosta sa 2 glavna nosača obično se usvajaju sljedeće iskustvene preporuke:

- visina hrpta je $L/15$ do $L/25$ kod slobodno oslonjenih nosača odnosno $L/20$ do $L/30$ kod kontinuiranih nosača
- širina gornje pojasnice najmanje je 200 do 250 mm s minimalnom debljinom 10 do 12 mm
- širina donje pojasnice iznosi najmanje $1/6$ visine hrpta (obično se nalazi u rasponu $L/60$ do $L/25$)

Dimenzije glavnih nosača kod nespregnutih mostova:

Ukupna visina nosača h:

$L_o / 18 \leq h \leq L_o / 12$ - za cestovne mostove

$L_o / 10 \leq h \leq L_o / 7$ - za željezničke mostove

L_o – razmak između nul-točaka momentnog dijagrama

Širina pojasnice b:

$$0,25 h \leq b \leq 0,35 h$$

Debljina pojasnice t_f :

$$b/25 \leq t_f \leq b/10$$

Debljina hrpta t_w

$$t_w \approx h / 125$$

Minimalna debljina hrptova glavnih nosača je propisana na 10 mm (Metalni mostovi str. 73)

Debljina hrptova je u funkciji njegove visine.

Za osiguranje prijenosa posmičnih napona sve optimalne konstruktivne visine bi zadovoljene debljinom 8 do 10 mm.

Takve debljine nisu prihvatljive iz drugih razloga za glavne nosače mostova.

Propisi za željezničke mostove čak traže unutar kojih se granica moramo kretati.

Ako se za konstrukcijsku visinu uzme optimalna visina, onda je povoljno uzeti:

$$h_k = 1500 \text{ do } 2000 \text{ mm} \rightarrow t = 12 \text{ mm}$$

$$h_k = 2000 \text{ do } 2500 \text{ mm} \rightarrow t = 13 \text{ mm}$$

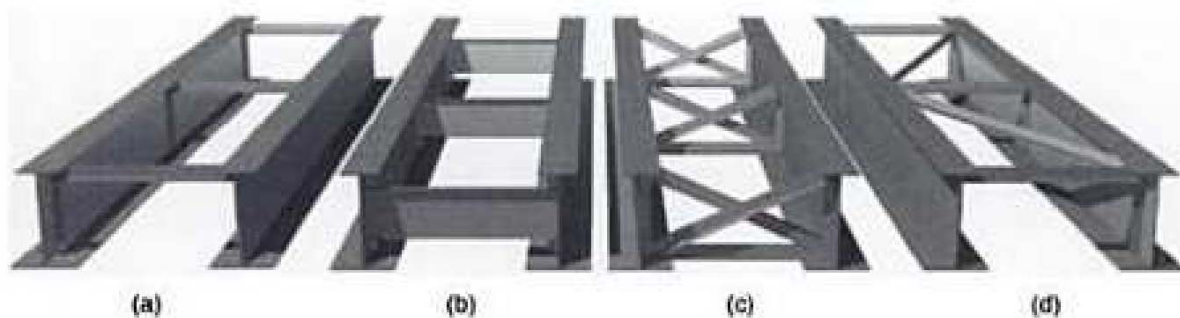
$$h_k = 2500 \text{ mm i više} \rightarrow t = 14 \text{ mm do najviše } 15 \text{ mm}$$

POPREČNI SPREGOVI:

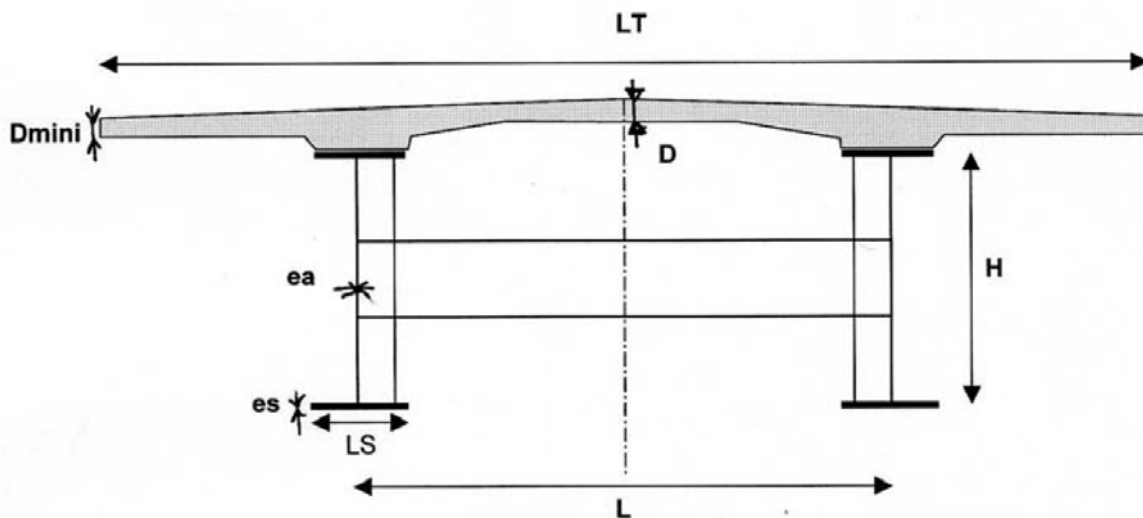
Čelični nosači su u pravilu vitki te ih je najčešće potrebno međusobno povezati kako bi se osigurala dostatna stabilnost.

Destabilizirajuće sile koje uzrokuju tlačno pritisnuti pojasevi procjenjuju se na 2,5 % sume sila u pojasevima koji su povezani ili polovica te vrijednosti kada se promatra ova pojava zajedno sa djelovanjem vjetra ili drugim značajnim poprečnim djelovanjem.

Najčešće se poprečna stabilizacija postavlja na 12 do 15 puta širina pojasnice, pri čemu je 8 m uobičajen minimum, a 16 m maksimalna udaljenost poprečnog ukrućenja.



Preliminarna koncepcija spregnutog mosta sa dva glavna uzdužna čelična nosača (SETRA):



Visina glavnog čeličnog nosača H za most konstantne visine	$\text{Max} \left(\frac{X}{28} \left(\frac{LT}{12} \right)^{0.45}, 0.40 + \frac{X}{35} \right)$
Visina glavnog čeličnog nosača H za most promjenjive visine sa više od 2 raspona	$X/24 \text{ - u sredini raspona}$ $X/36 \text{ - u polju}$
Udaljenost glavnih uzdužnih nosača	$L = \text{prosječno } 0,55 \cdot LT$
Širina donje pojasnice (Binf)	$\left(0.25 + \frac{LT}{40} + \frac{X}{125} \right) \left(0.92 + \frac{LT}{150} \right)$
Širina gornje pojasnice (Bsup)	Binf - 0,100 za kolničku konstrukciju sa 2 prometne trake Binf - 0,200 za kolničku konstrukciju sa 4 prometne trake
Standardne poprečne grede	IPE ili HEA 400 do IPE 700 (ili grede ekvivalentnog poprečnog presjeka)
Debljine kolničke ploče na mjestu glavnih nosača	$0.13 + \frac{(LT - L)}{26}$
Debljine kolničke ploče u sredini	$0.12 + \frac{L}{50}$

X - standardni raspon konstrukcije

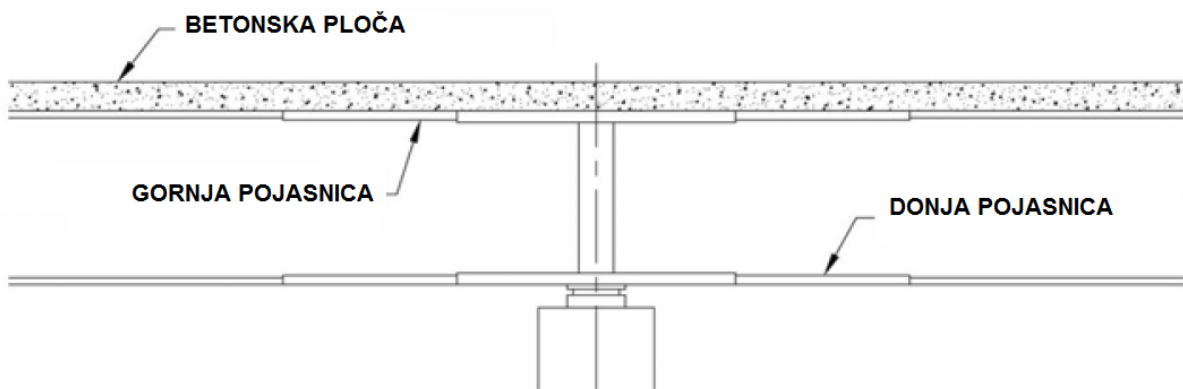
$X = 1,40 \cdot L$ - za statički određene sustave

X za kontinuirane mostove sa nejednolikim rasponima

$$X = (2 \times l_i + l_{i+1}) / 3$$

pri čemu je $l_i > l_{i+1}$

Duljina krajnjih raspona se množi sa 1,25 ako se primjenjuje gornja formula.



Slika : Podebljanje donje pojasnice iznad stupa

OSIGURNAJE STABILNOSTI GLAVNIH NOSAČA

Limeni nosači imaju vrlo malu torzijsku krutost te vrlo velik omjer između površine drugog stupnja u odnosu na jaču i slabiju os poprečnog presjeka, zbog čega su vrlo osjetljivi na bočne nestabilnosti tako da može doći do bočnog torzijskog izvijanja o čemu posebnu pažnju treba voditi prilikom izvedbe mosta.

U fazi izvedbe mosta jedna je pojasnica obično pridržana kolničkom pločom, dok pri pojavi tlaka u nepridržanoj pojasnici može doći do distorzijskog izvijanja (eng. Distortional buckling).

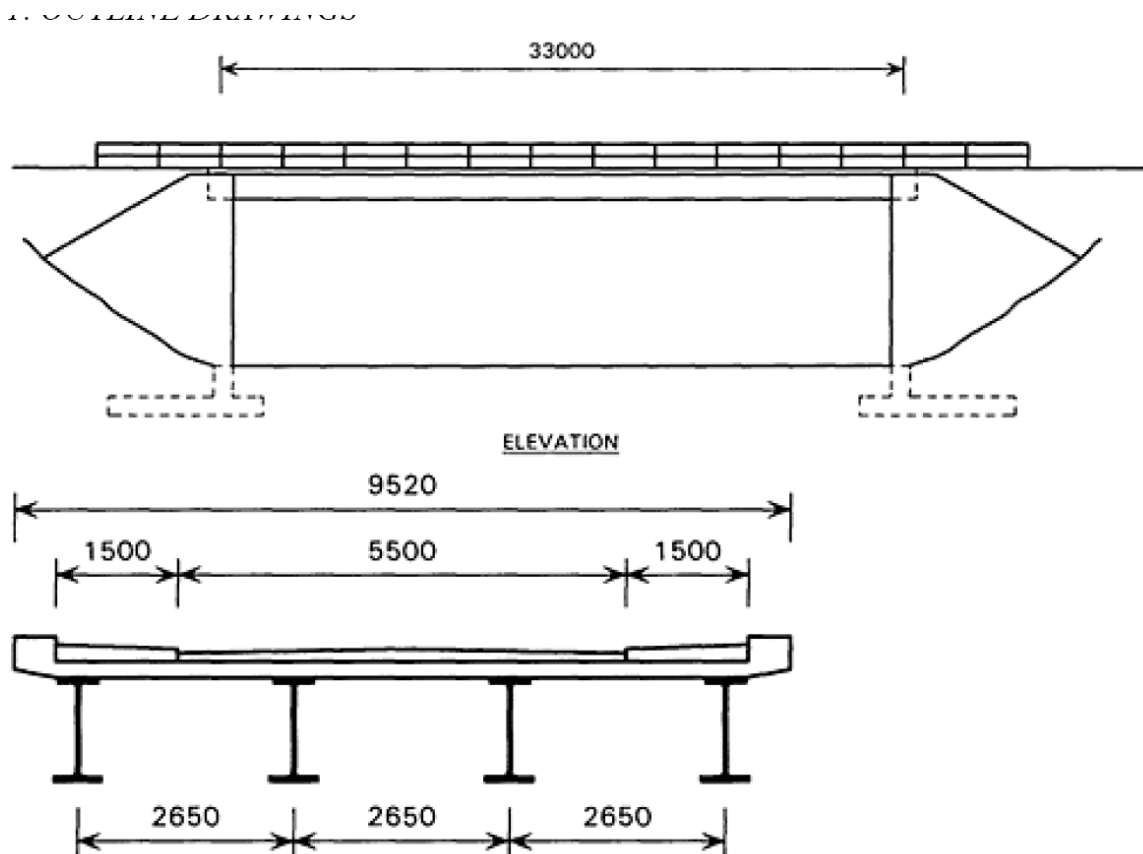
UKRUĆENJE NOSAČA

Ekonomično projektiranje mostova većih raspona rezultira minimiziranjem površine čeličnih nosača što dovodi do vitkijih hrptova.

Vitki hrptovi imaju ograničeni kapacitet posmične nosivosti posebno u kombinaciji sa velikim tlačnim naprezanjima uslijed momenata savijanja. Stoga je potrebno ukrutiti vitke hrptove.

UKRUTE HRPTOVA:

Najčešće se koriti poprečno (vertikalno) ukrućenje hrptova. Ovo ukrućenje znatno povećava posmičnu nosivost hrptova.



PONAŠANJE SPREGNUTOG POPREČNOG PRESJEKA U PODRUČJU POZITIVNIH MOMENATA SAVIJANJA:

U prošlosti su se mostovi izvodili u poduprtoj izvedbi za vrijeme montaže i očvršćenja betonske ploče ili se primjenjivao sustav prethodnog deformiranja (početno nadvišenje, prednaprezanje i sl.)

Alternativno, privremeni se kontinuitet ostvarivao privremenim pridržanjem priključaka u čeličnom dijelu poprečnog presjeka. Nakon što je betonska ploča očvrstnula, učinak se prenosio na cijeli spregnuti sustav.

Danas se mogu zadovoljiti uvjeti graničnih stanja za nepoduprtu izvedbu sličnih onima za poduprtu izvedbu npr. odabirom većeg gornjeg pojasa, ugradbom produženih ukrućenja čeličnih hrptova i izvođenjem nadvišenja čeličnog elementa u radionici (približno $L/200$)

KLASIFIKACIJA POPREČNIH PRESJEKA:

Svrstavanje poprečnih presjeka u pojedine klase obavlja se postupkom proračuna lokalne vitkosti pojedinih dijelova čeličnog presjeka i njihovom usporedbom sa graničnim vrijednostima koje su u principu jednake kao i za čelične konstrukcije.

Unatoč činjenici da kod spregnutih nosača sa nesimentričnim čeličnim poprečnim presjekom u području pozitivnih momenata savijanja nul linija leži nisko u čeličnom presjeku te da do otkazivanja presjeka dolazi pri dosezanju punog momenta plastičnosti dolazi otkazivanjem betona, ova pojava nema utjecaja na postupak klasifikacije presjeka.

Za razliku od spregnutih nosača u visokogradnji, u mostovima nije dopušten proračun unutarnjih sila i momenata po teoriji plastičnosti.

Stoga se i za klasu 1 i 2 na isti način proračunavaju momenti savijanja, i to po teoriji elastičnosti, dok se otpornost kao kompaktnih presjeka određuje po teoriji plastičnosti.

DIN FACHBERICHT 104: VERBUNDBRUECKEN:

FB 104.pdf

Str.8. Konstruktivna pravila za osiguranje trajnosti konstrukcija:

1.) Razmak šipaka uzdužne i poprečne armature ne smije biti manji od 10 cm, a na vanjskim rubovima ne smije biti veći od 15 cm

2.) Zaštitni sloj betona te armatura i čelik za prednapinjanje moraju zadovoljavati DIN FB 102.

3.) U poprečnom smjeru: Promjer šipki $d_s < 16$ mm u jednom sloju, odnos površine armature i površine betona $< 0,7$ %.

U jače opterećenim područjima (na osloncima te na mjestima poprečnih nosača kao i za pokrivanje uzdužnih posmičnih sila u spoju sa pojasevima) kao i u donjoj zoni između glavnih uzdužnih nosača : Promjer šipki $d_s < 20$ mm, odnos površine armature i površine betona tj. koeficijent armiranja < 1 %.

4.) U uzdužnom smjeru: gore i dolje armatura u jednom ili dva reda, promjer šipki $d_s < 20$ mm

U dijelovima ploča gdje je $d > 40$ cm smije se u sredini ploče postaviti dodatni sloj armature, promjer šipki $d_s < 25$ mm. U području gdje se preklapa armatura koeficijent armiranja ne smije biti veći od 2,50 %, i u području gdje nema preklopa ne smije biti veći od 3 %.

5.) Kod kolničkih ploča sa mekom armaturom u uzdužnom smjeru i poprečnim prednapinjanjem minimalna armatura u poprečnom smjeru iznosi $\varnothing 12 / 15$ cm.

Kod proračuna ležajeva preporučljivo je kod određivanja deformacija uslijed skupljanja uzeti parcijalni faktor 1,60, a za puzanje 1,35.

KATEGORIJA OBJEKTA:

Spregnuti mostovi bez prednapinjanja kolničke ploče, za granično stanje uporabljivosti svrstavaju se u klasu D (ne provjerava se dekompresija, a pukotine se provjeravaju za čestu kombinaciju opterećenja).

Kategorija	Dekompresija	Širina pukotina
A	Neučestala	-
B	Česta	Neučestala
C	Nazovistalna	Česta
D	-	Česta
E	-	Nazovistalna

Granična stanja uporabljivosti (GSU):Povratni period

KARAKTERISTIČNA KOMBINACIJA (njem. seltene Einwirkungskombination)

(50 godina)

$$S_d = S_d \left[\sum_j (G_{k,j}) + P_k + Q_{k,1} + \sum_{i>1} (\psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}) \right]$$

ČESTA KOMBINACIJA (njem. häufige Einwirkungskombination)

(1 godina)

$$S_d = S_d \left[\sum_j (G_{k,j}) + P_k + \psi_{11} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i>1} (\psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}) \right]$$

NAZOVISTALNA KOMBINACIJA (njem. quasi-ständige Einwirkungskombination)

(1 dan)

$$S_d = S_d \left[\sum_j (G_{k,j}) + P_k + \sum_i (\psi_{2i} \cdot Q_{k,i}) \right]$$

NEUČESTALA KOMBINACIJA (njem. nicht-häufige Einwirkungskombination)

(1 tjedan)

$$S_d = S_d \left[\sum_j G_{k,j} + P_k + \psi'_{11} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i>1} (\psi_{1,i} \cdot Q_{k,i}) \right]$$

Parcijalni koeficijenti sigurnosti za djelovanja i koeficijenti kombinacije

Djelovanje	Tip	Parcijalni koeficijenti sigurnosti		Koeficijenti kombinacije			
		Nepovoljna $\gamma_{i,\text{sup}}$	Povoljna $\gamma_{i,\text{inf}}$	Rijetka ψ_0	Učestala (česta) ψ_1	Nazovistalna ψ_2	Neučestala ψ_1'
Vlastita težina	G ₁	1.35	1.00	1.00	1.00	1.00	0
Dodatno stalno	G ₂	1.35	1.00	1.00	1.00	1.00	0
Puzanje +Skupljanje	Cs	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0
Prometno osovinsko opterećenje LM 1(gr 1)	Q _{osov}	1.50	0	0.75	0.75	0.20	0.80
Prometno kontinuirano opterećenje LM 1(gr 1)	Q _{kont}	1.50	0	0.40	0.40	0.20	0.80
Kočna sila	Q ₁	1.50	0	0.40	0.40	0.20	0.80
Vjetar poprečno	F _{wk1}	1.50	0	0.30	0.50	0.00	0.60
Temperatura	T	1.50	0	0.00*	0.60	0.50	0.60
Potres	A _E	1.00	0	0	0	0	0

NAPOMENA:

* - ako je temperatura mjerodavna za dimenzioniranje mosta tada je $\psi_0 = 0,80$ (DIN FB 101, str. 79)

Grupa opterećenja (gr 1) sastoji se od TS i UDL opterećenja (djeluju istodobno ako je slučaj nepovoljnog opterećenja na konstrukciju) (DIN FB 101, str. 32, tablica 4.4.)

Granična stanja nosivosti (GSN):

STALNA ILI PROLAZNA SITUACIJA (njem. ständige und vorübergehenden Bemessungssituation)

$$S_d = S_d \left[\sum_j (\gamma_{G,j} \cdot G_{k,j}) + \gamma_p \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i>1} (\gamma_{Q1} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i})_k \right]$$

IZVANREDNA SITUACIJA (njem. aussergewöhnliche Einwirkungskombination)

$$S_d = S_d \left[\sum_j (\gamma_{AG,j} \cdot G_{k,j}) + \gamma_{PA} \cdot P_k + A_d + \psi_{11} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i>1} (\psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}) \right]$$

SEIZMIČKA SITUACIJA (njem. Erdbeben Einwirkungskombination)

$$S_d = S_d \left[\sum_j (G_{k,j}) + P_k + \gamma_1 A_{Ed} + \sum_{i>1} (\psi_{2i} \cdot Q_{k,i})_k \right]$$

Parcijalni faktori sigurnosti na materijal pri dokazu graničnog stanja nosivosti iznose:

Kombinacije	Beton γ_c	Armatura i čelik za prednapinjanje γ_s
Stalne ili prolazne kombinacije	1,5	1,15
Izvanredna situacija (ne uključuje potres)	1,3	1,0

4. GRANIČNO STANJE NOSIVOSTI:

Sudjelujuća širina:

Kod širokopojasnih nosača sa posmično mekanom pojasnicom koji su opterećeni na savijanje nije ispunjena pretpostavka o ravnim poprečnim presjecima uslijed posmične deformacije pojasnica.

Ovaj utjecaj se uvodi u proračun preko sudjelujuće širine pojasnica b_e koja se izračunava iz ravnoteže sila u pojasnici.

Kod spregnutih nosača sudjelujuća širina pojasnice ovisi o geometriji poprečnog presjeka nosača, posmične krutosti pojasnice, plastičnog ponašanja materijala, a u području negativnih momenata savijanja i o nastanku pukotina u betonskoj pojasnici.

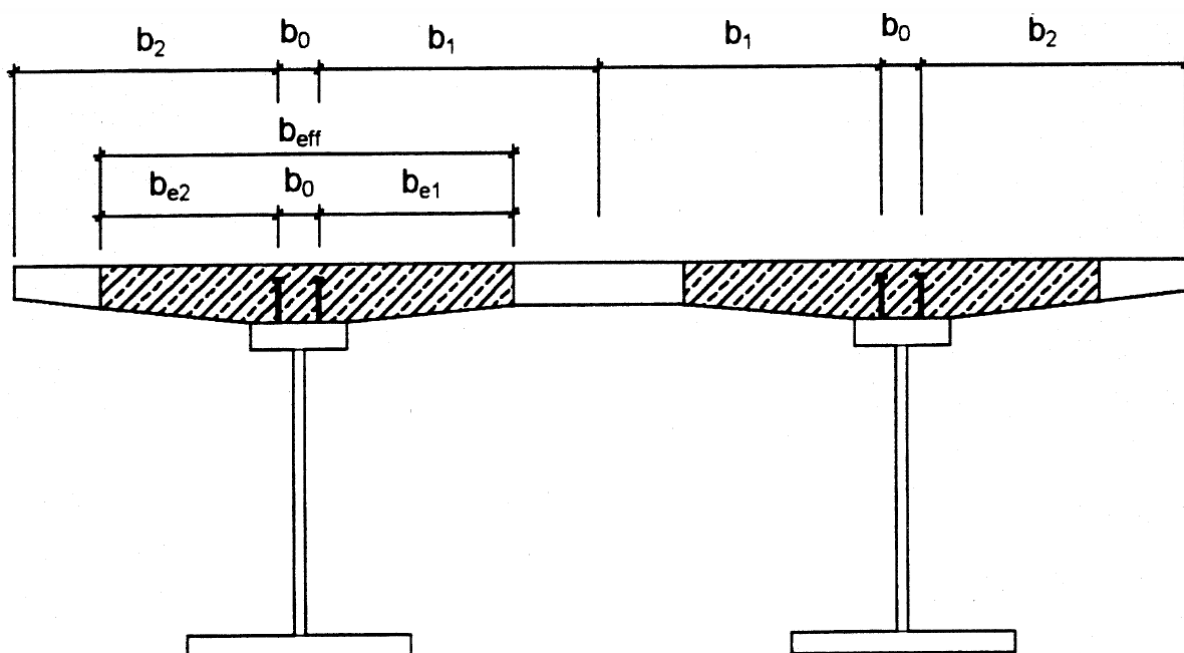
Tome pridonese i efektivni raspon nosača L_e i djelovanja na nosač.

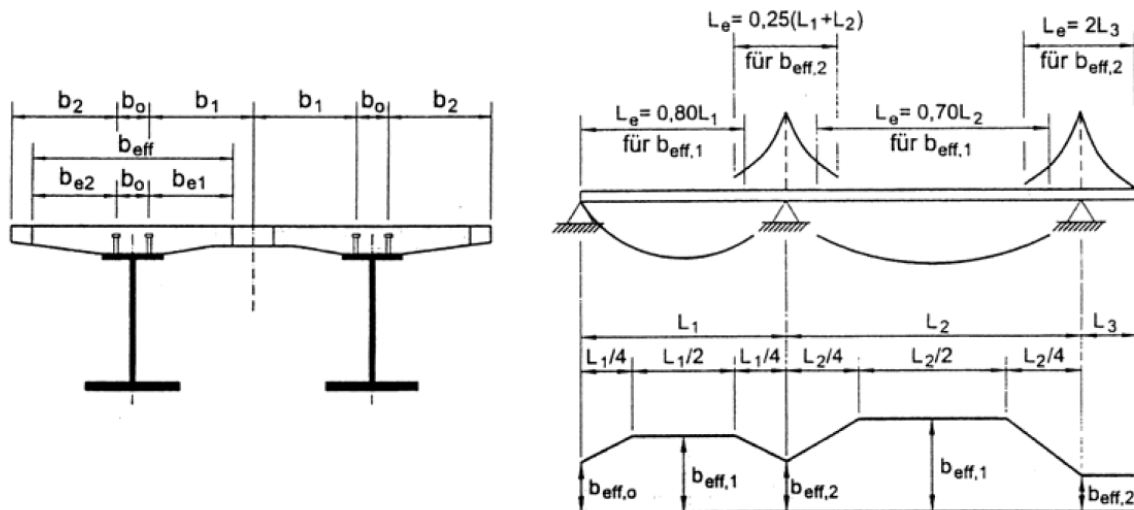
$$b_{eff} = b_0 + \sum b_{ei}$$

b_0 - razmak vanjskih moždanika

$b_{ei} = L_e/8 \leq b_i$ - sudjelujuća širina sa svake strane hrpta

L_e - približni razmak nul-točaka momenata savijanja





Na krajnjim osloncima

$$b_{eff,0} = b_o + \sum \beta_i \cdot b_{ei}$$

$$\beta_i = (0,55 + 0,025 \cdot L_e / b_i) \leq 1,0$$

Krutost na savijanje spregnutog nosača

Proračun konstrukcije provodi se metodom čitavog poprečnog presjeka koja reducira površinu i moment tromosti betonskog dijela poprečnog presjeka koeficijentom n_L

$$n_L = n_0 \cdot (1 + \Psi_L \cdot \varphi_t)$$

gdje je :

$n_0 = E_a / E_{cm}$ - faktor redukcije za kratkotrajna djelovanja

φ_t koeficijent puzanja $\varphi(t, t_0)$ prema propisu za betonske konstrukcije

Ψ_L popravni koeficijent puzanja ovisan o koeficijentu puzanja, koeficijentu relaksacije i značajkama presjeka konstrukcijskog čelika i spregnutog presjeka.

Za spregnute mostove mogu se koristiti konstantne vrijednosti kako slijedi:

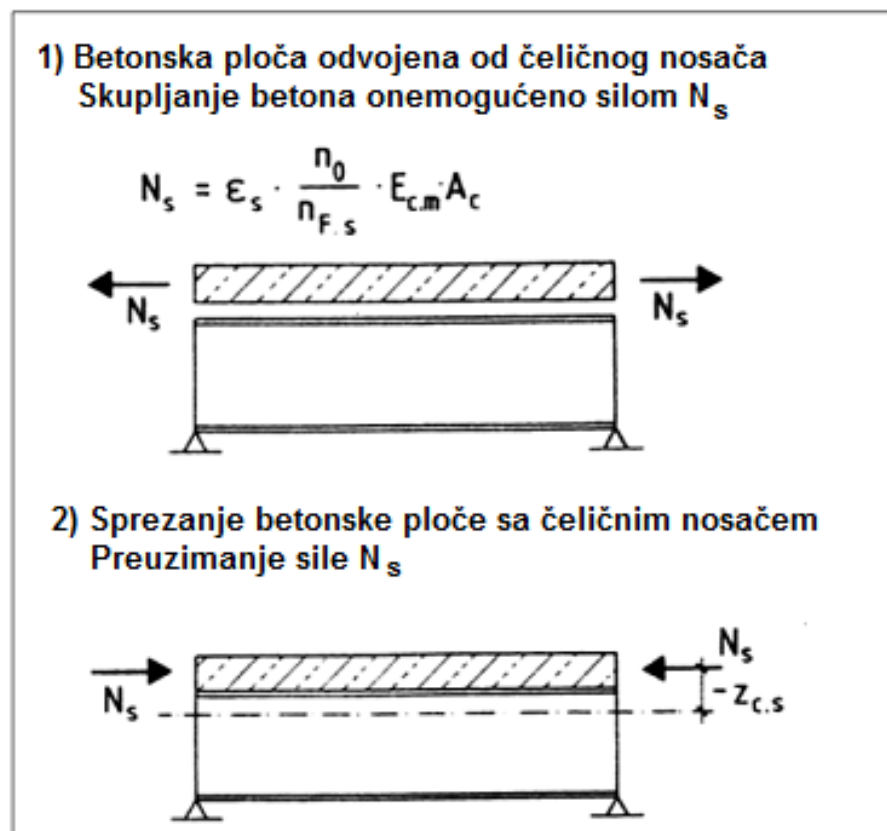
- stalna djelovanja, uključivo prednapinjanje nakon uspostavljanja sprezanja: $\Psi_L = 1,10$

- primarna i sekundarna naprezanja od skupljanja i vremenski ovisna sekundarna naprezanja: $\Psi_L = 0,55$

- planski unesene deformacije: $\Psi_L = 1,50$

Dokazi naprezanja betonskog pojasa provode se na idealnoj debljini betonske ploče.

Za proračun te idealne debljine ploče mjerodavan je odnos faktora redukcije n_L^F / n_L^I , pri čemu se n_L^I za stalna djelovanja približno proračunava s $\Psi_B^I = 1,7$, a za naprezanja od skupljanja s $\Psi_s^I = 0,7$.



Slika : Model za proračun učinka skupljanja betona na spregnuti nosač

Za mostogradnju se preporučuje svrstati poprečne presjeke mosta u klasu 3 i dodatno provjeriti stabilnost limova na izbočavanje prema DIN 18800-3.

LITERATURA:

- [1] Iles D.: „*Design Guide for Composite Highway Bridges*“, Steel Construction Institute (SCI), Taylor and Francis Group, New York 2001.
- [2] Horvatić, D.; Šavor, Z.: „*Metalni mostovi*“, Hrvatsko društvo građevinskih konstruktora, Zagreb, 1997.
- [3] Collings D.: „*Steel – concrete Composite Bridges*“, Thomas Telford, 2005.
- [4] Androić, B.; Čaušević, M.; Dujmović, D.; Džeba, I.; Markulak, D.; Peroš, B.: „*Čelični i spregnuti mostovi*“, I.A. Projektiranje, Zagreb, 2006.
- [5] Setra „*Guidance book: Eurocode 3 and 4 - Application to steel-concrete composite road bridges*“, 2010.