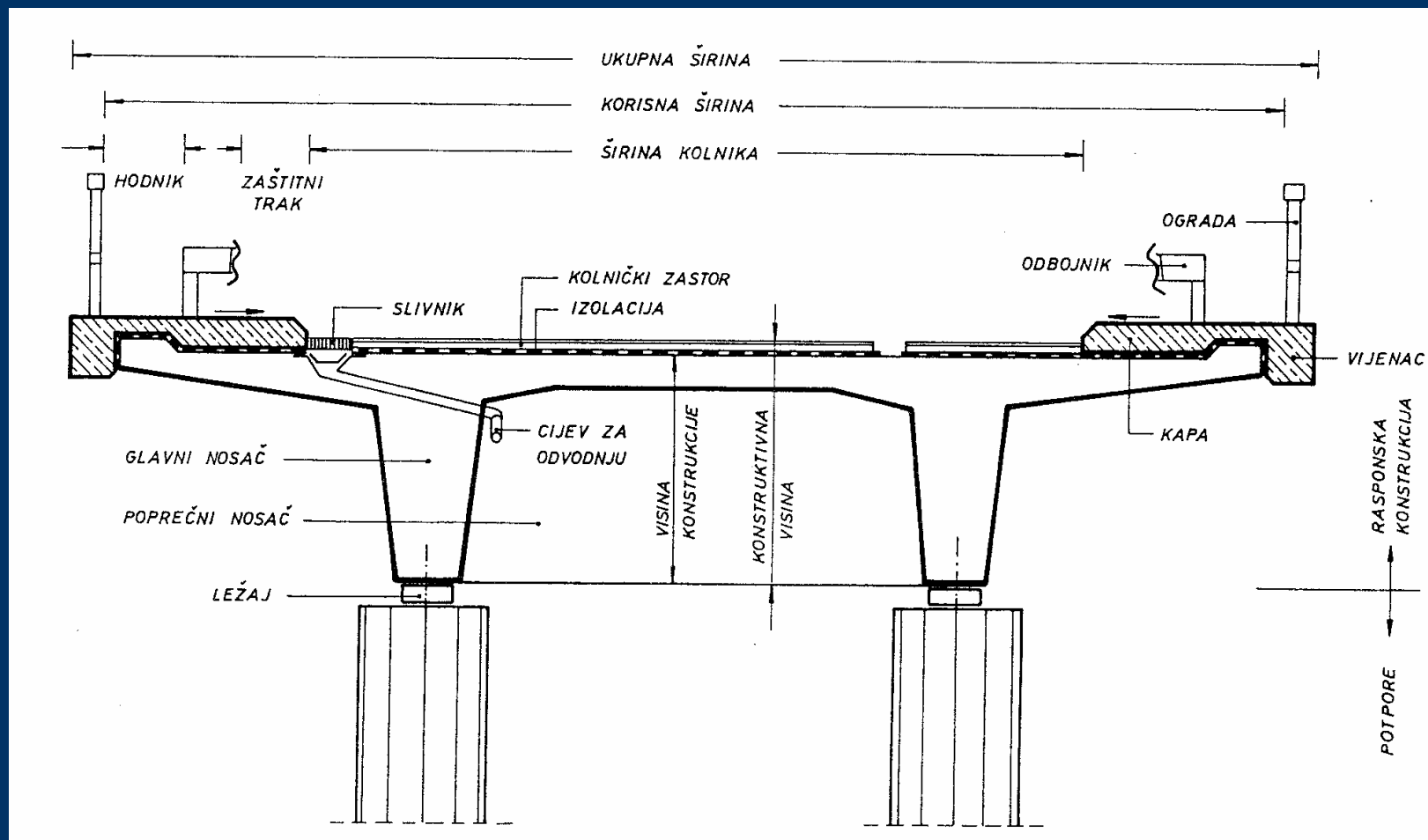


REBRASTI GREDNI MOSTOVI



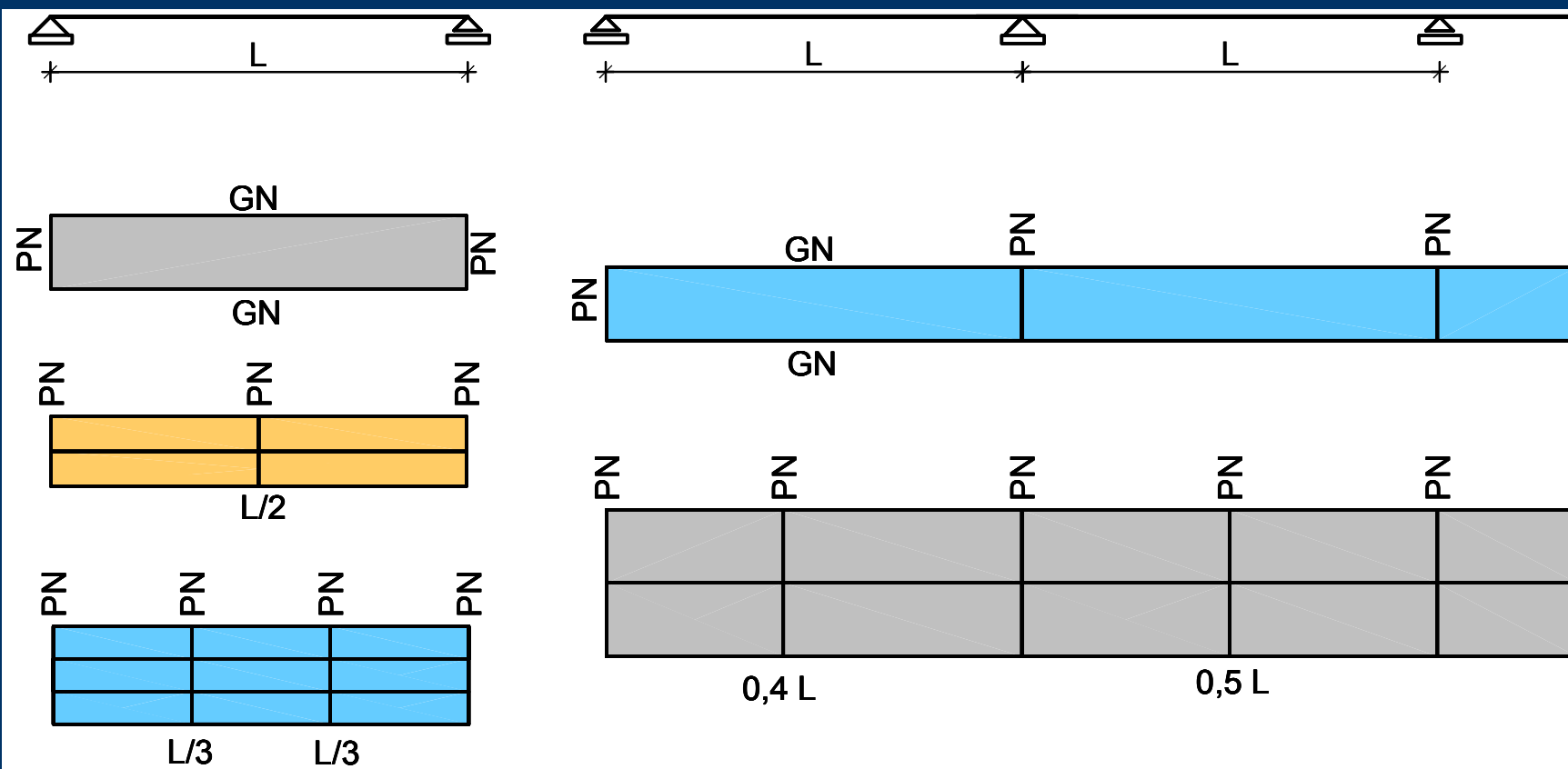
Glavni nosači

- $n = 1 - 10$
- betoniranje na skeli: $b = 5 - 8 \text{ m}$
- montažni glavni nosači: $b = 2,5 - 3,5 \text{ m}$

Statički sustav	L max (m)		L/h	
	AB	PB	AB	PB
greda	14	18	25,0	30,0
kontinuirani nosač	16	20	45,0	45,0

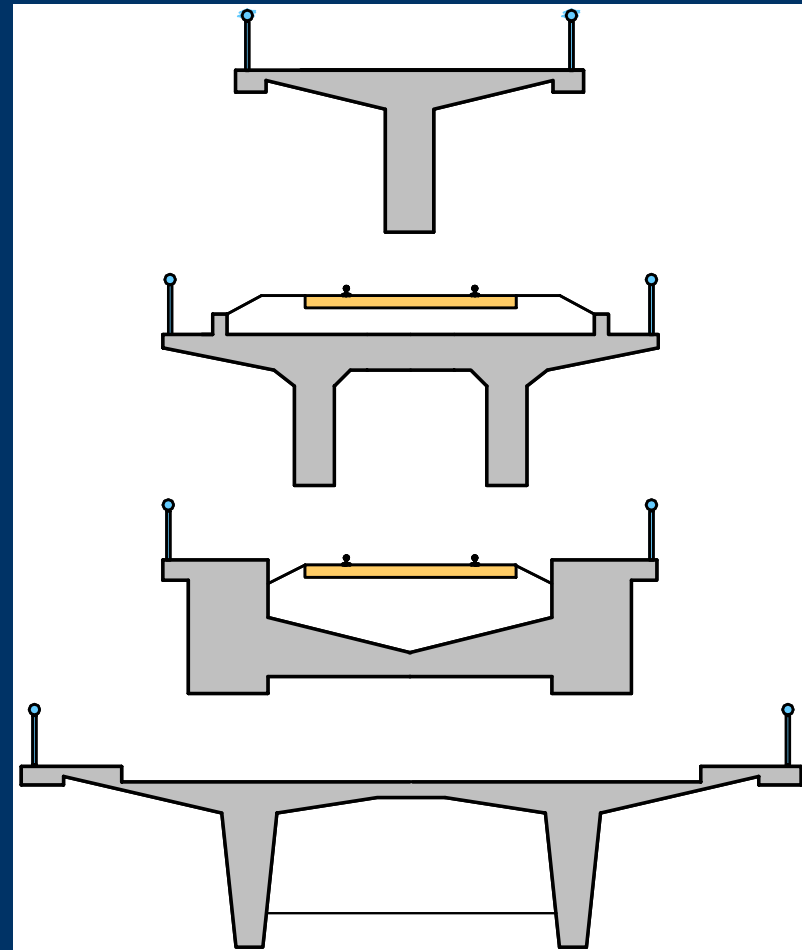
Primjeri poredaka poprečnih nosača kod rebrastih grednih mostova

- torzijski ukružuje glavne nosače i
- zajedno sa stupovima čini okvir za prijenos horiz. sila potresa i vjetra.



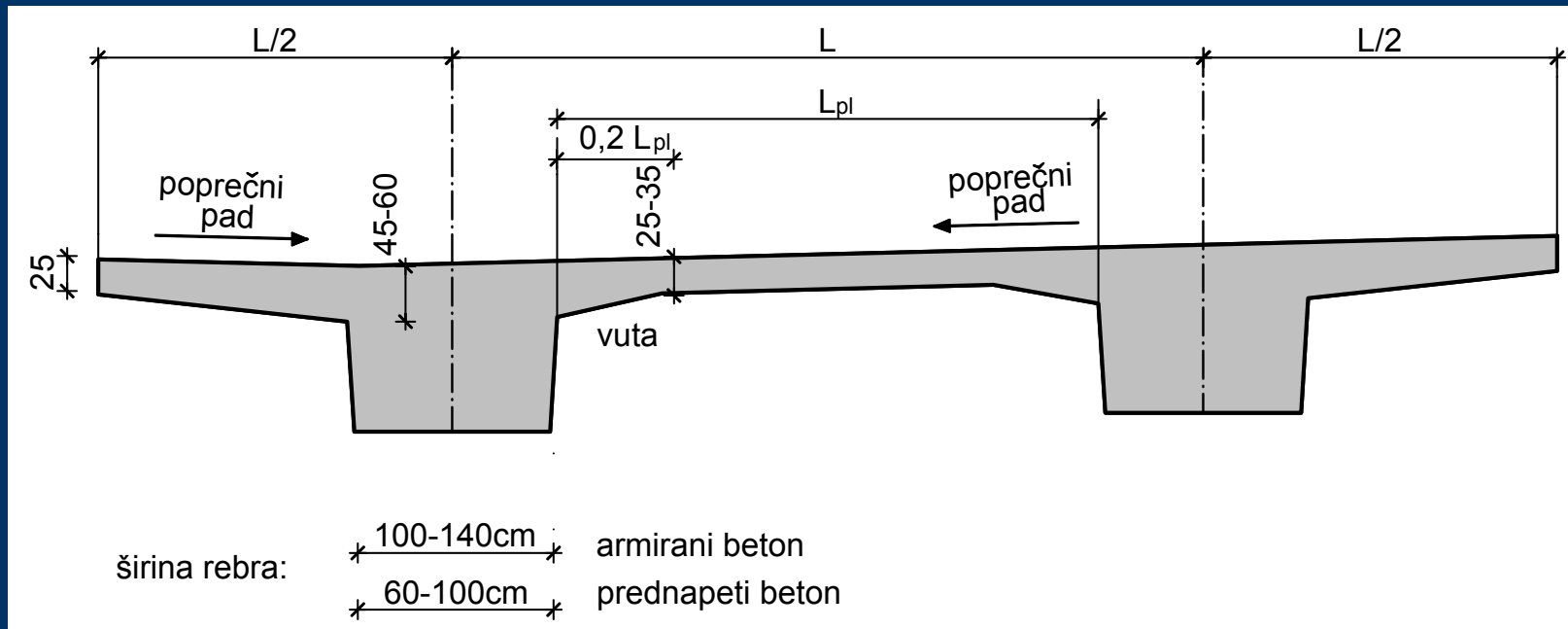
AB SKLOPOVI

- presjek s jednim rebrom za uže mostove
- uobičajeni oblik presjeka željezničkog mosta
- željeznički most s upuštenim kolnikom
- cestovni most s dva rebra u presjeku



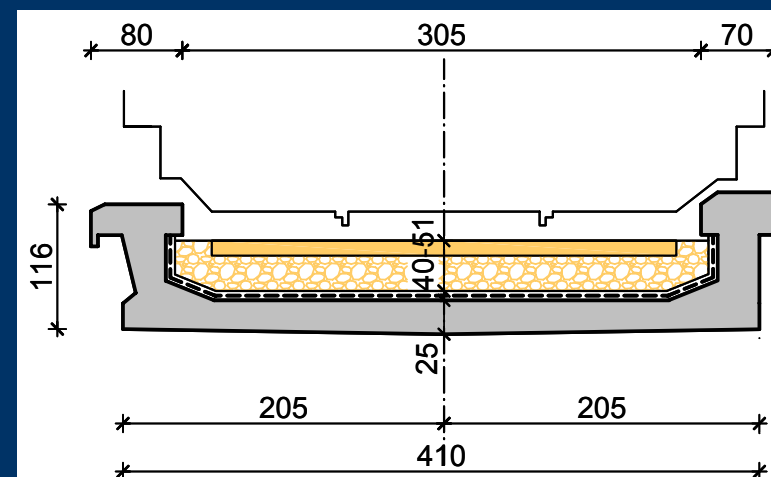
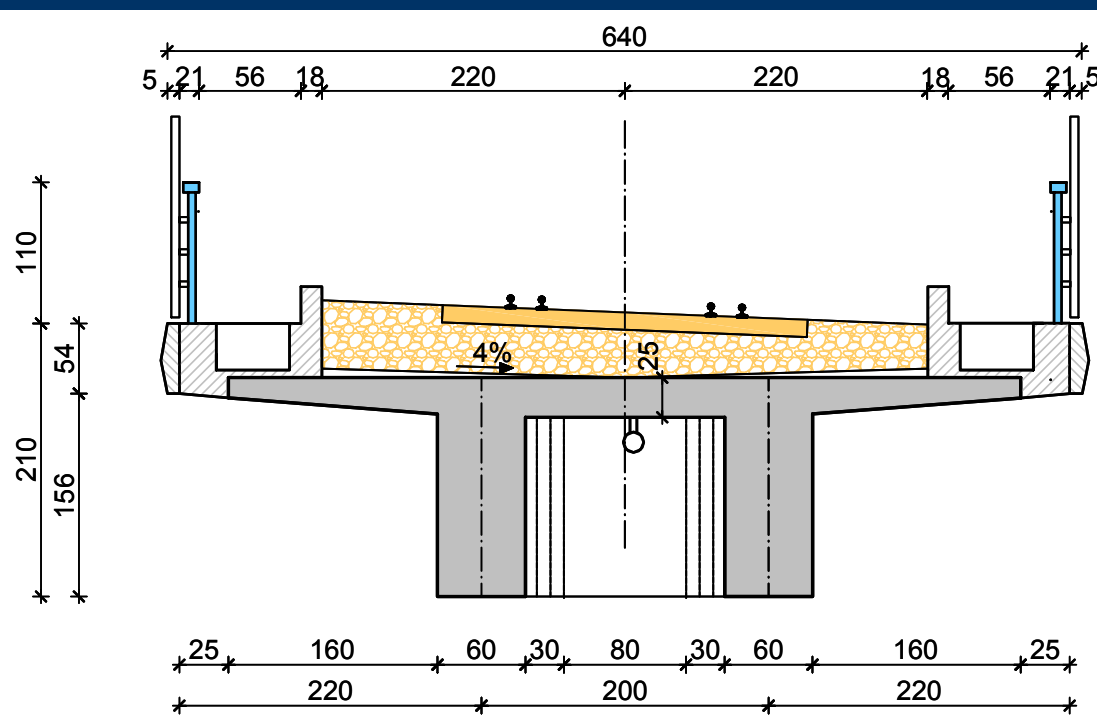
AB SKLOPOVI

➤ Suvremeni presjek ab cestovnog mosta



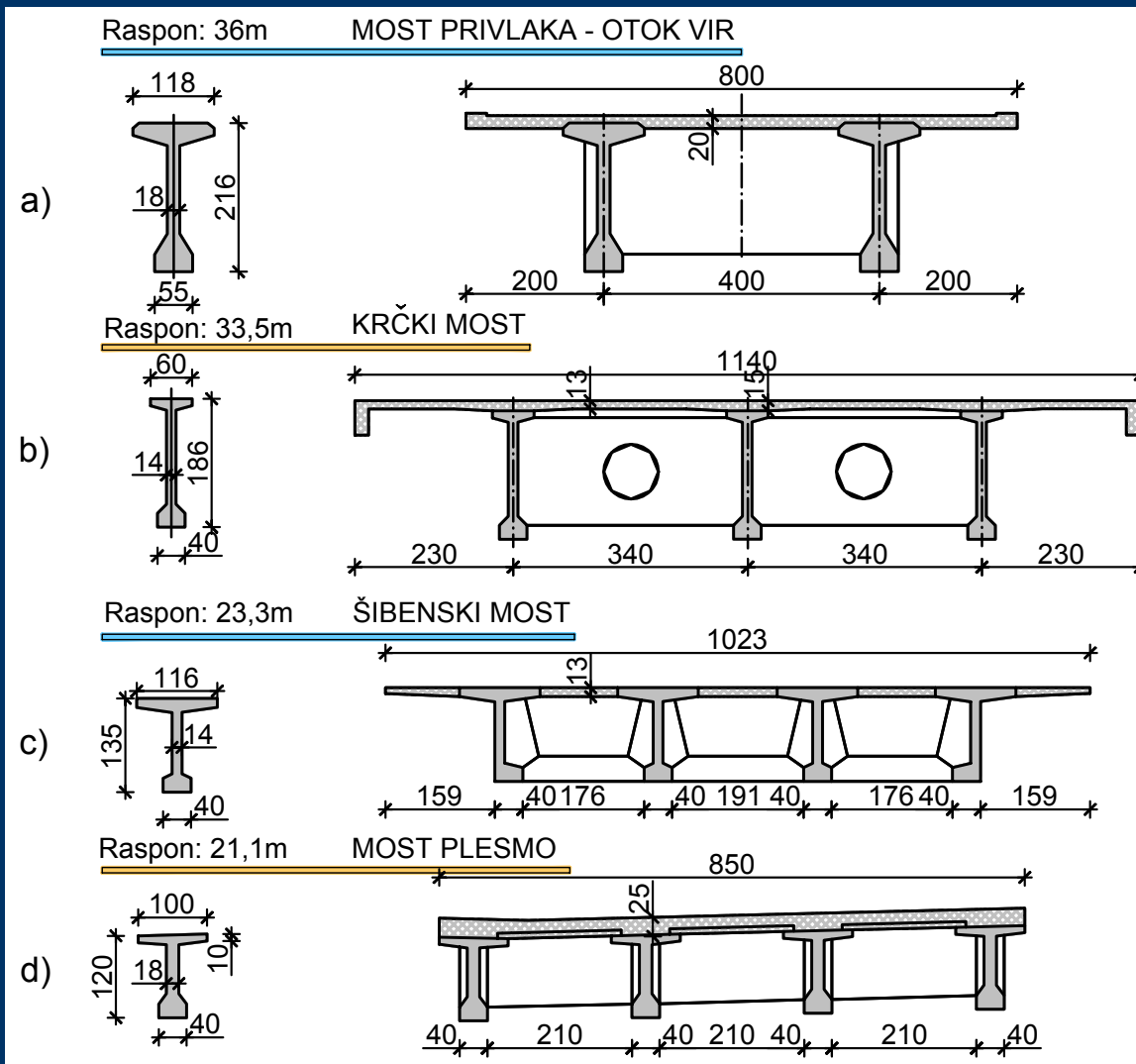
AB SKLOPOVI

➤ Presjeci željezničkih mostova



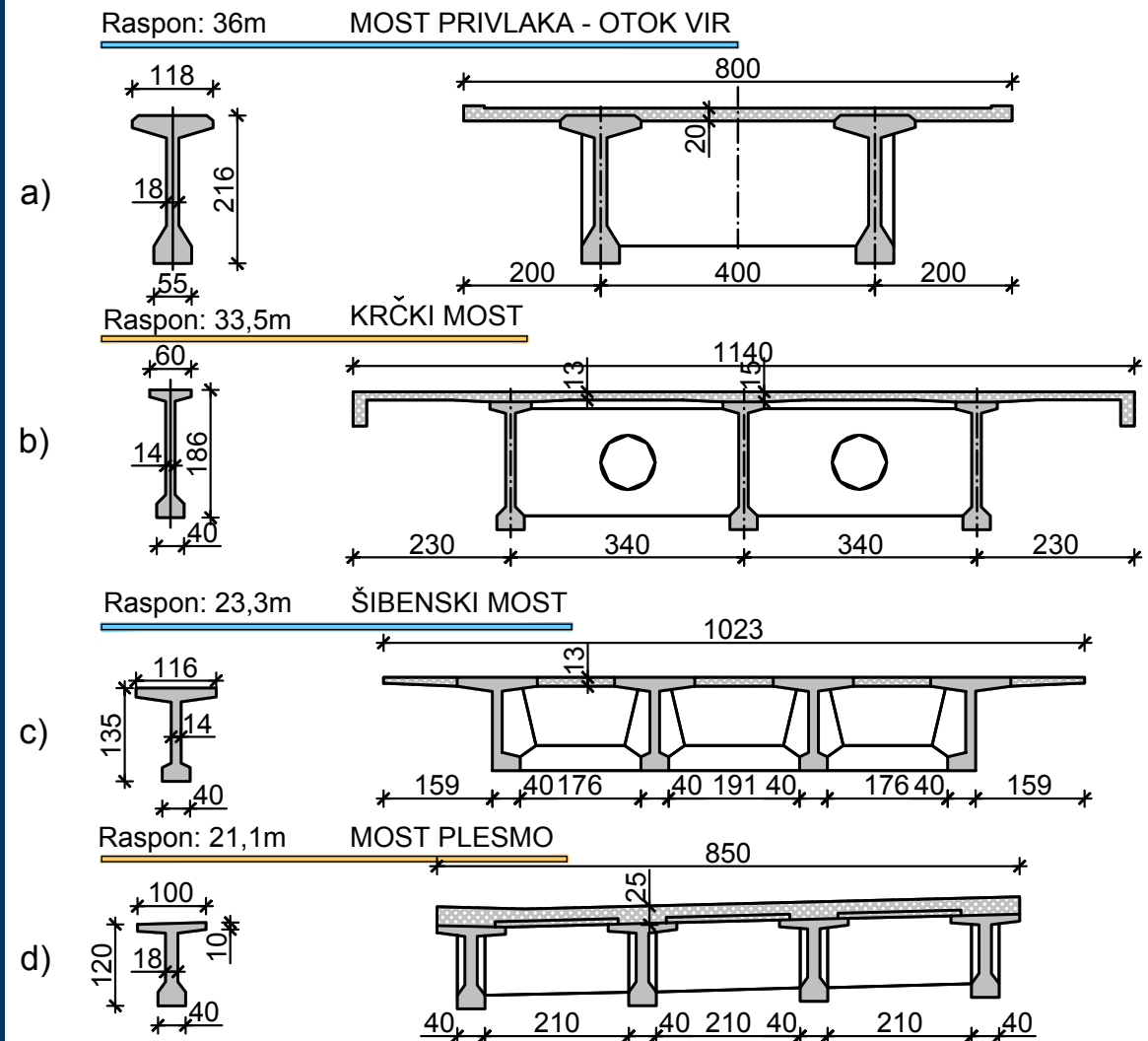
PB SKLOPOVI

- Razvojni put
 - prije: smanjenje utroška gradiva,
 - danas: optimalna trajnost
- a), b) – montažna kolnička ploča:
 - loša iskustva u pogledu trajnosti,
 - problem pri montaži zbog izvijanja nosača prema gore
 - tanke ploče (danas min.20cm, bolje 25cm)



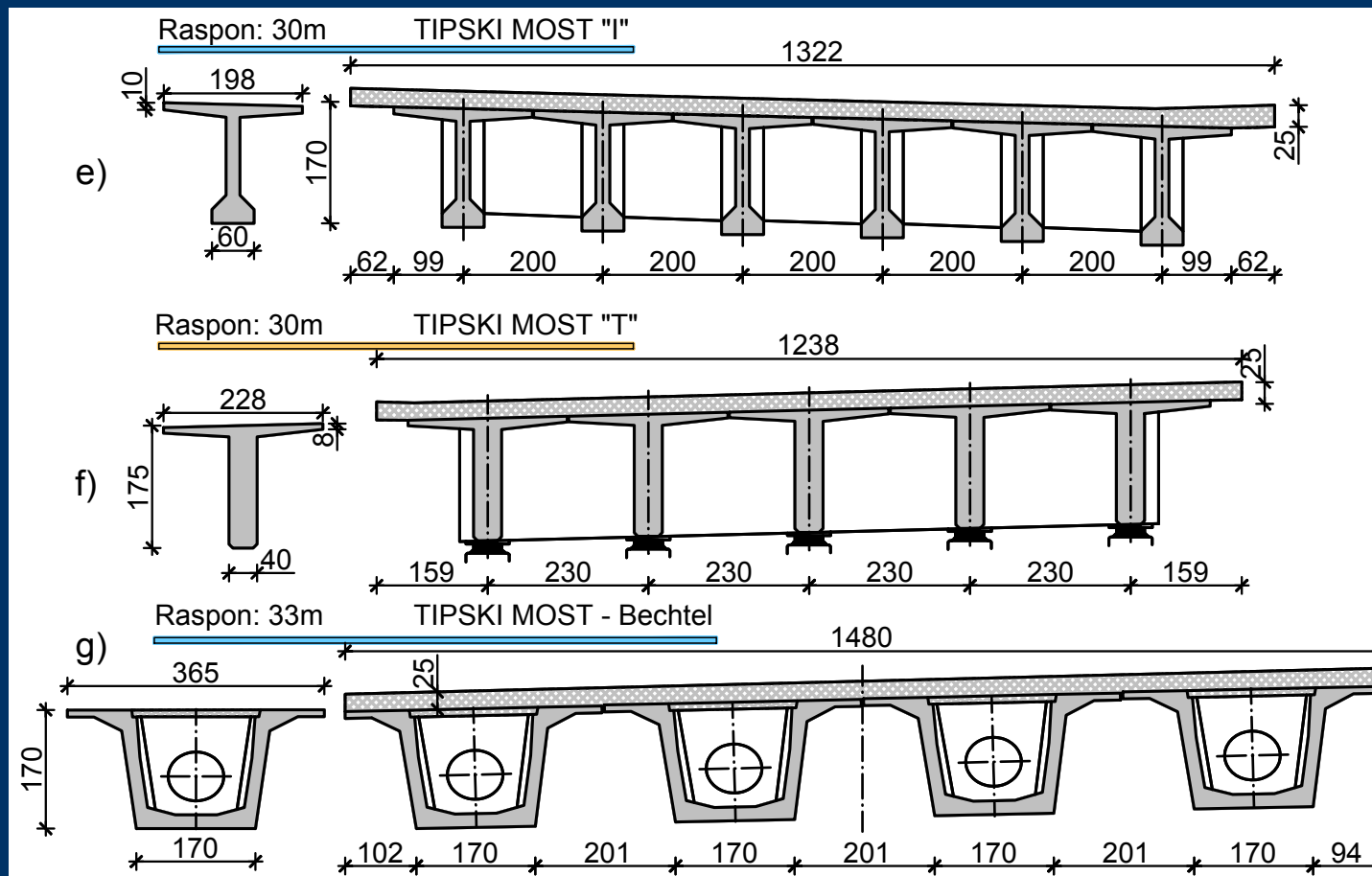
PB SKLOPOVI

- c) – ploča u razini
- g.pojasnica
- ušteda gradiva,
- ali uzdužne reške slaba mjesta
- Razmaknute gornje pojasnice



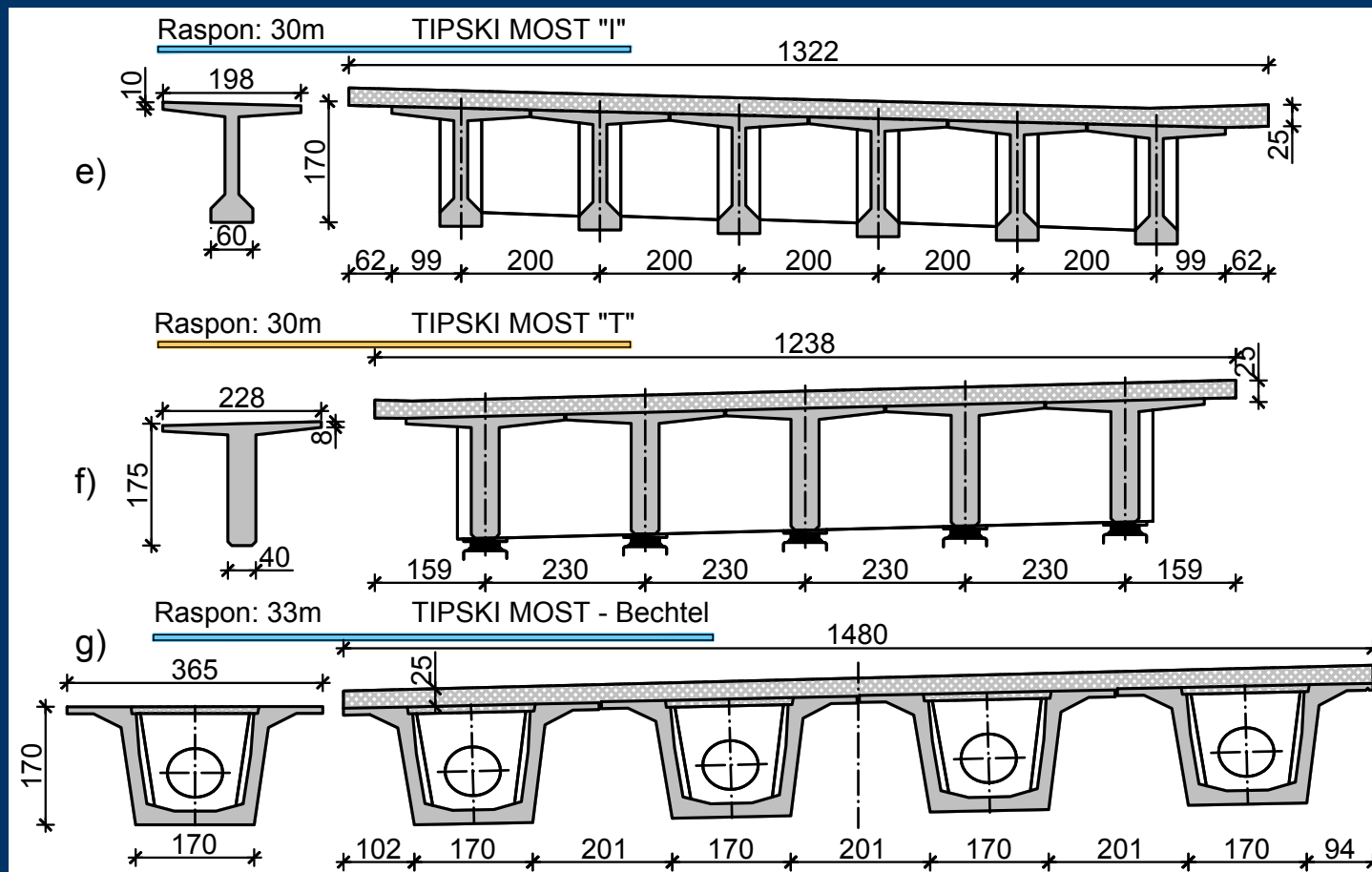
PB SKLOPOVI

- e), f) – gornje pojasnice priljubljene – monolitna izvedba ploče- dovoljno za pop.preraspodjelu
- e) za ceste u unutrašnjosti, debljina hrpta min.23 cm



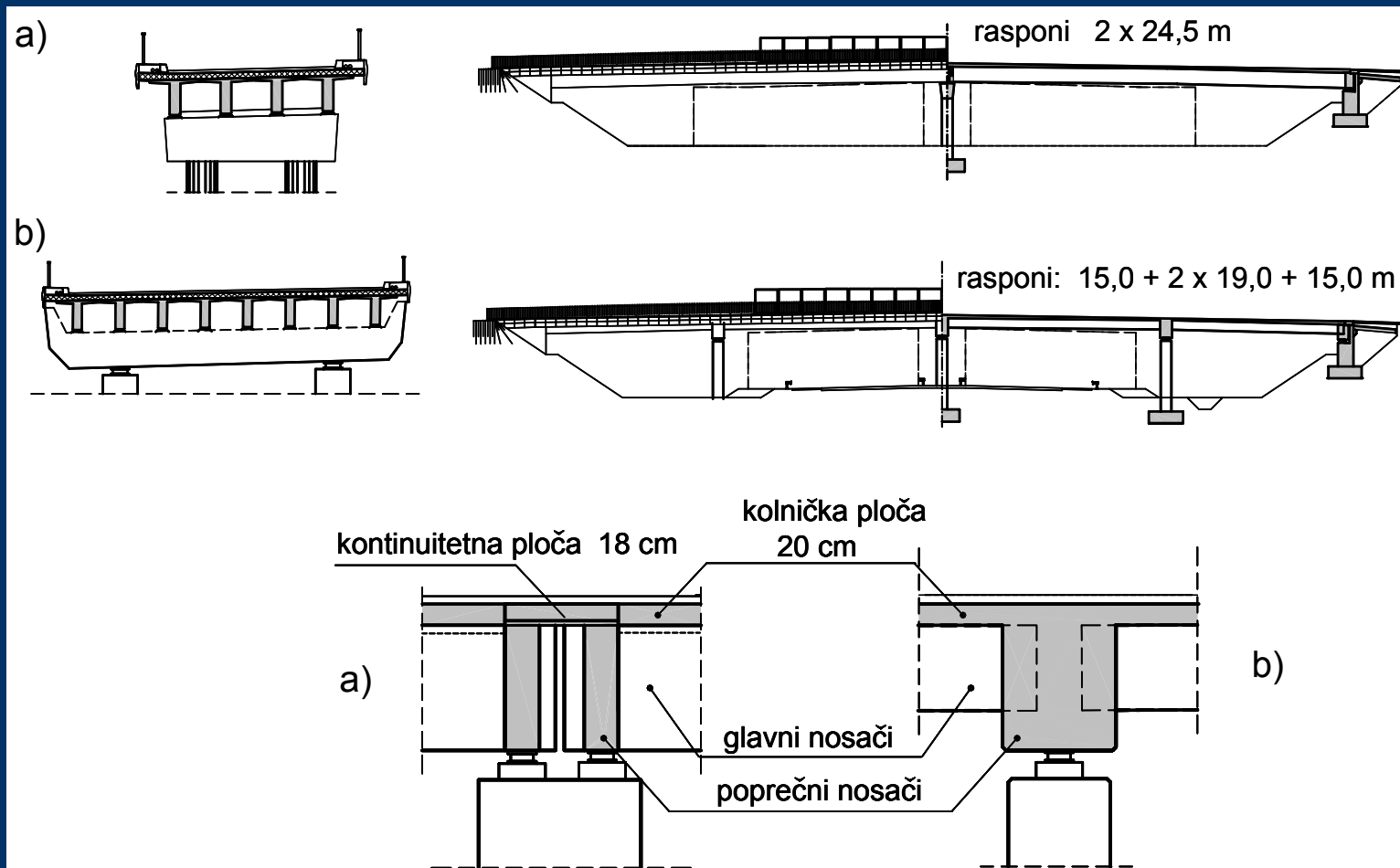
PB SKLOPOVI

- f) za ceste uz more, najveći utrošak gradiva
- g) velika torzijska krutost – pop.nosači nisu potrebni ni na osloncima



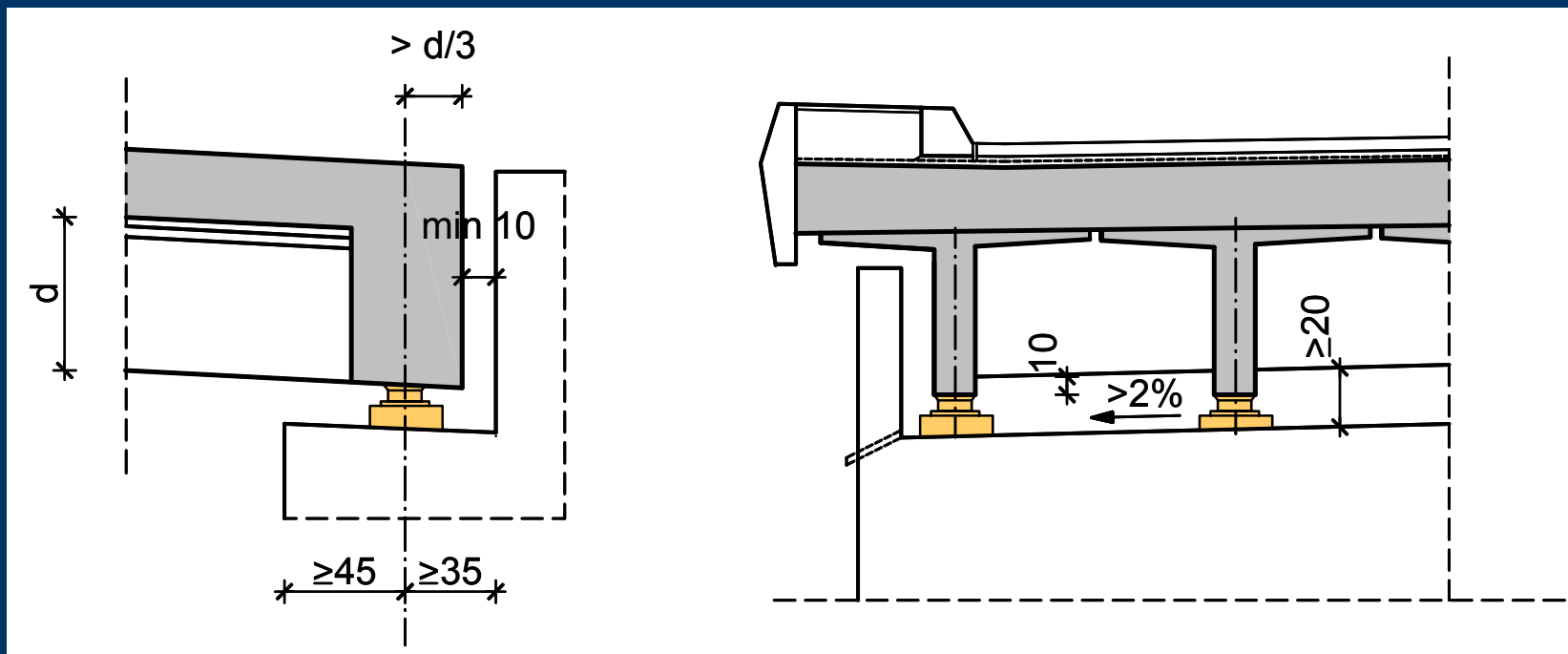
UZDUŽNI KONTINUITET

- Puni kontinuitet – povoljnije za trajnost
- Kontinuitetna ploča – niz prostih greda – tla gdje se očekuju različita diferencijalna slijeganja



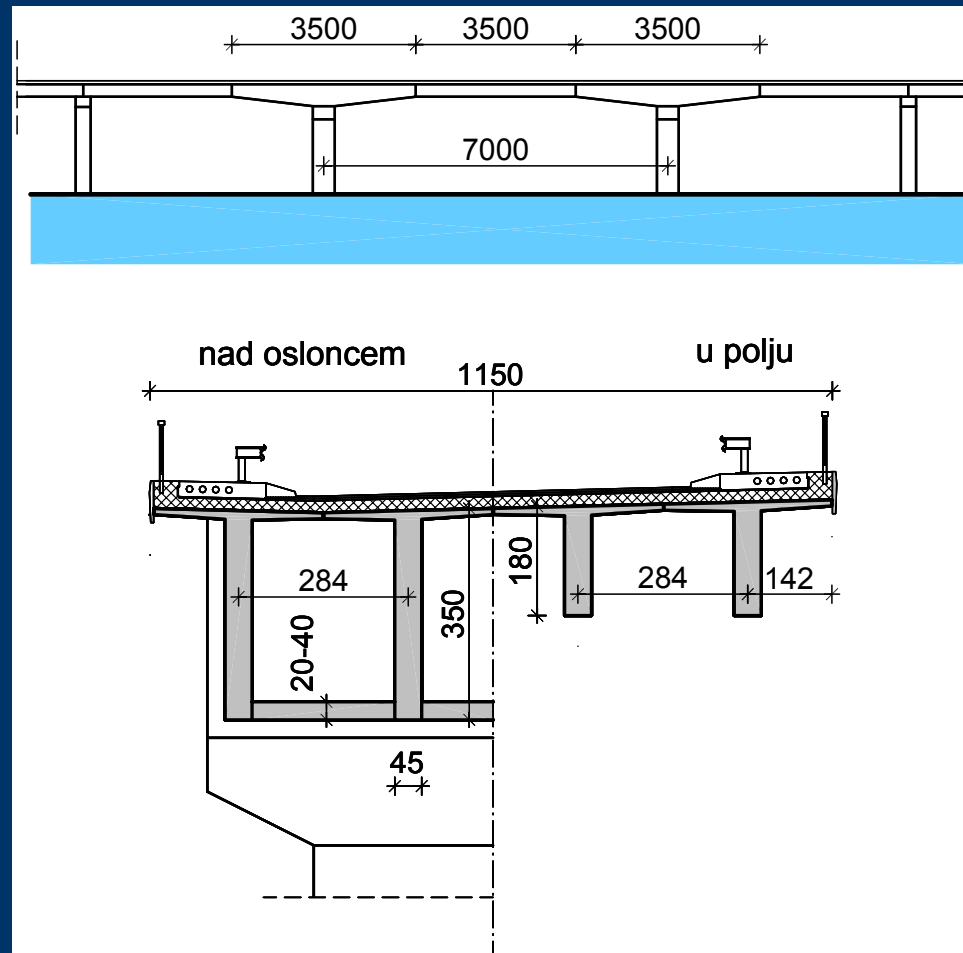
DETALJI OSLANJANJA

- Dovoljan prijelaz kraja nosača preko osi ležaja: sidrenje armature, unos sile prednapinjanja ($h/3$)
- Osigurati rasponski sklop protiv pada u slučaju potresa - povećanje oslonačkih ploha ili protupotresnim istakama
- Mjesto za hidrauličke preše, manji vijek trajanja ležajeva
- Dovoljan prostor za izvedbu: za vađenje oplaste ili sigurno spuštanje nosača na mjesto bez udaranja u susjedne nosače



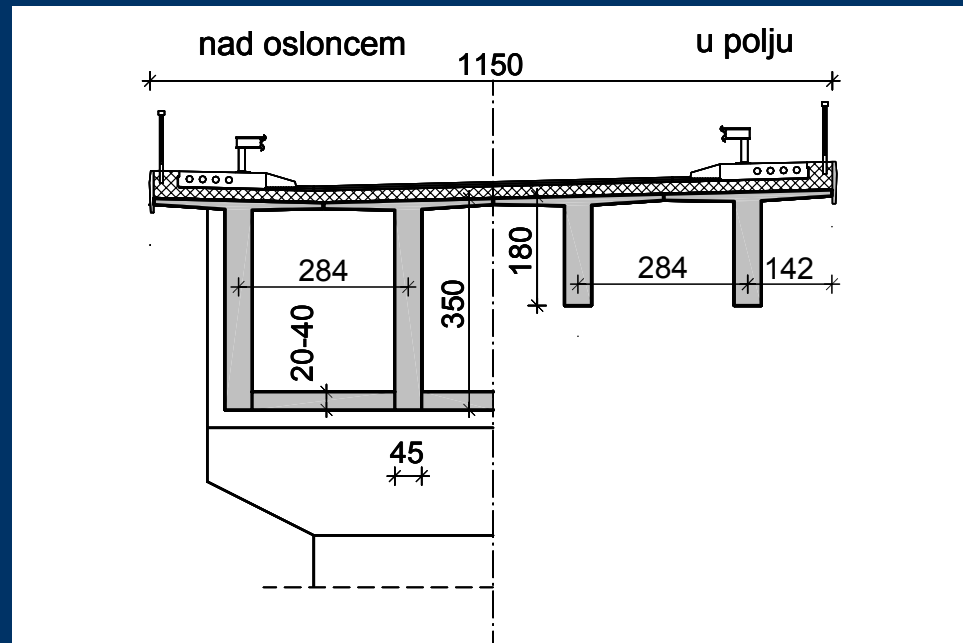
Povećanje raspona izvedbom stolova

- Most Pašman, idejni projekt



KOLNIČKA PLOČA

- prenosi prometno opterećenje na grede, i razdjeljuje teške pojedinačne terete na sve grede.
- djeluje kao gornji pojas grede
- djeluje kao plošni nosač (disk) za sve horizontalne sile
- pomiče težište poprečnog presjeka prema gore iznad $h/2$ – iznad ležaja tlačna naprezanja veća od dopuštenih – podebljati rebro ili tlačnu ploču

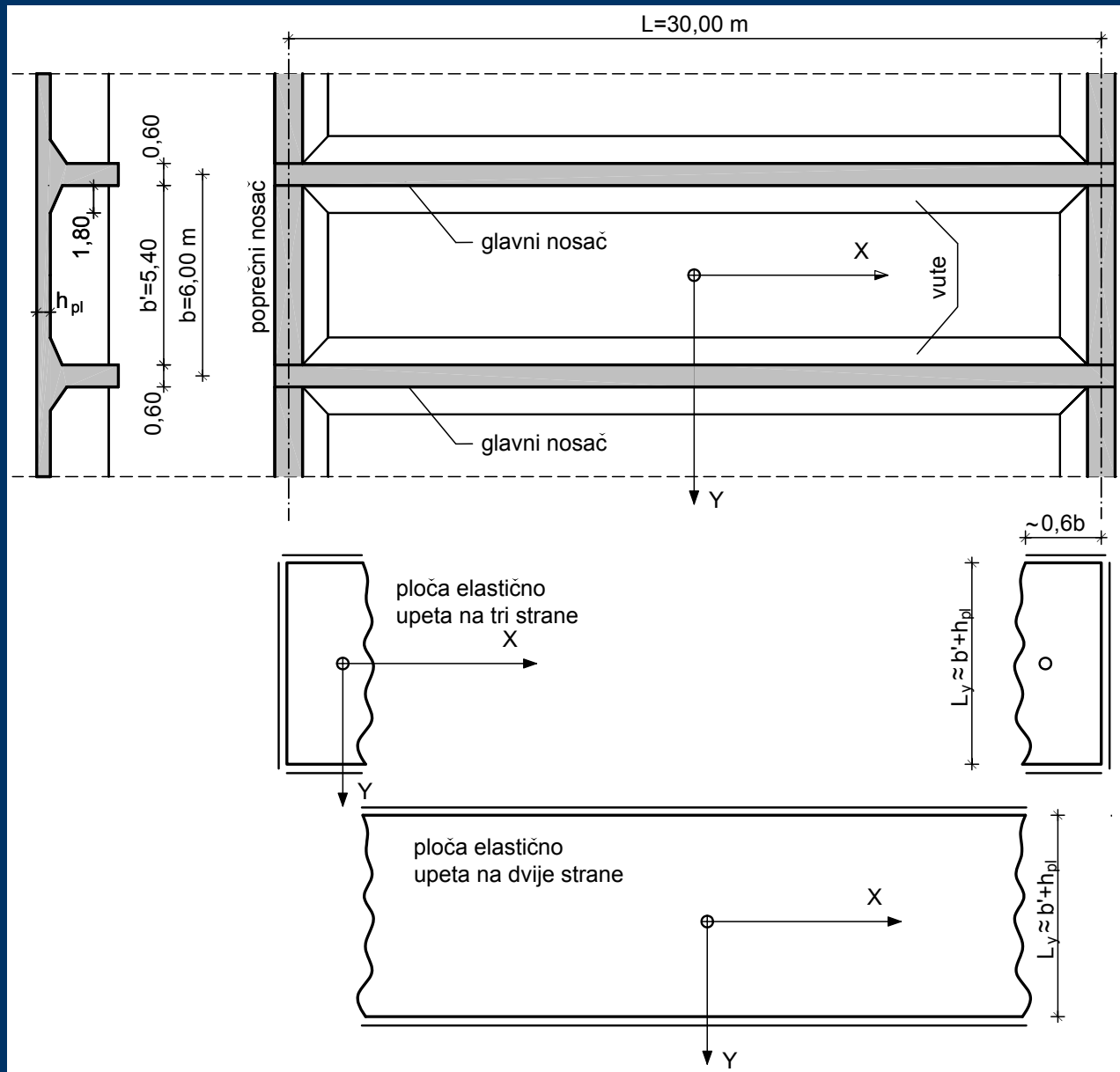


STATIČKI PRORAČUN

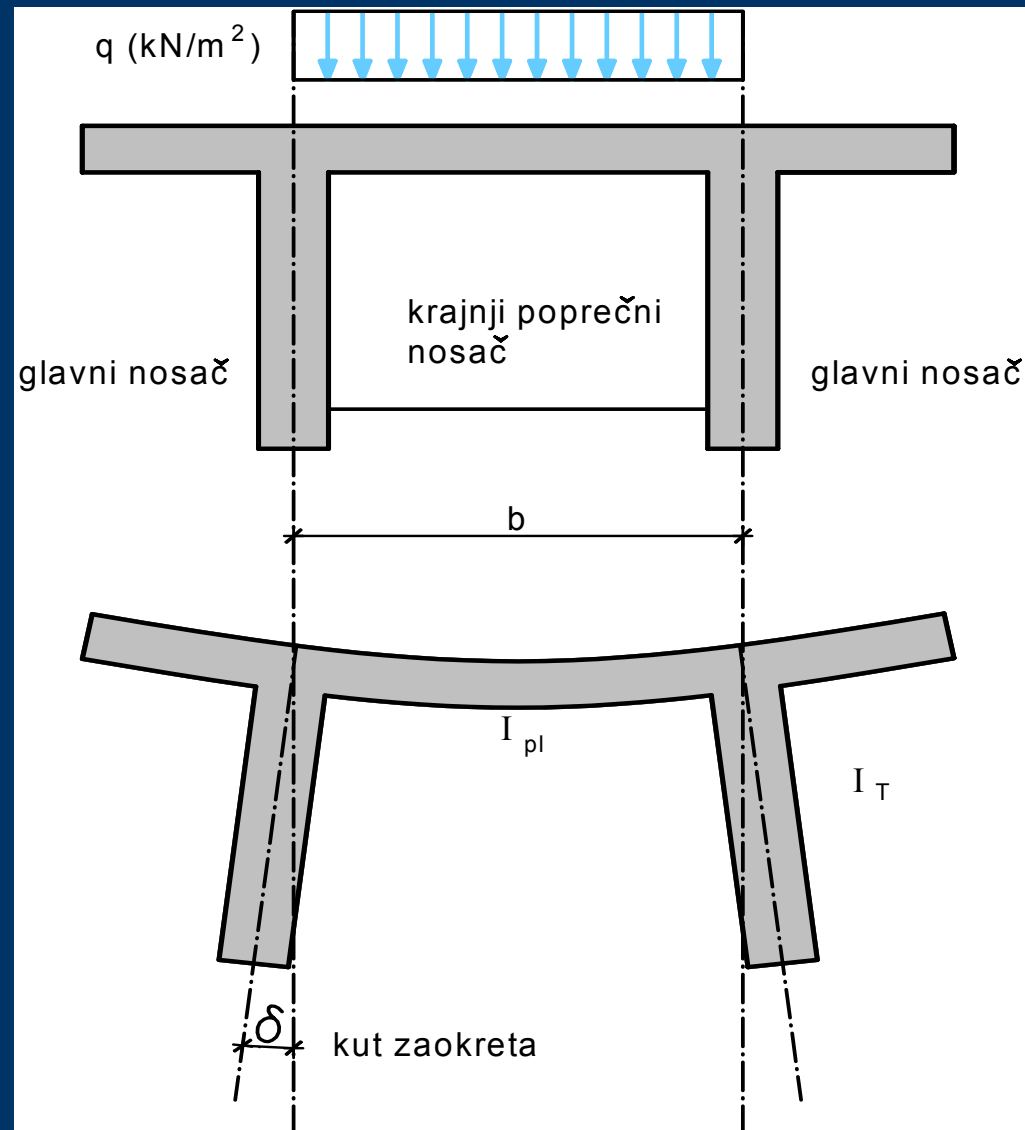
Neovisno o obliku poprečnog presjeka razlikujemo dva globalna statička proračuna:

- proračun u poprečnom smjeru i
- proračun u uzdužnom smjeru.

Rubni uvjeti ploče kolnika



Upetost kolničke ploče u glavne nosače
gore: potpuna upetost
dolje: torzijsko zakretanje glavnih nosača



Stupnjem upetosti α označava se odnos između stvarnog momenta i momenta pune upetosti

$$\alpha = \frac{1}{1 + \frac{0.62 \cdot L^2}{b} \cdot \frac{I_{pl}}{I_T}}$$

gdje je:

I_{pl} - moment tromosti ploče [m^4/m]
nosača

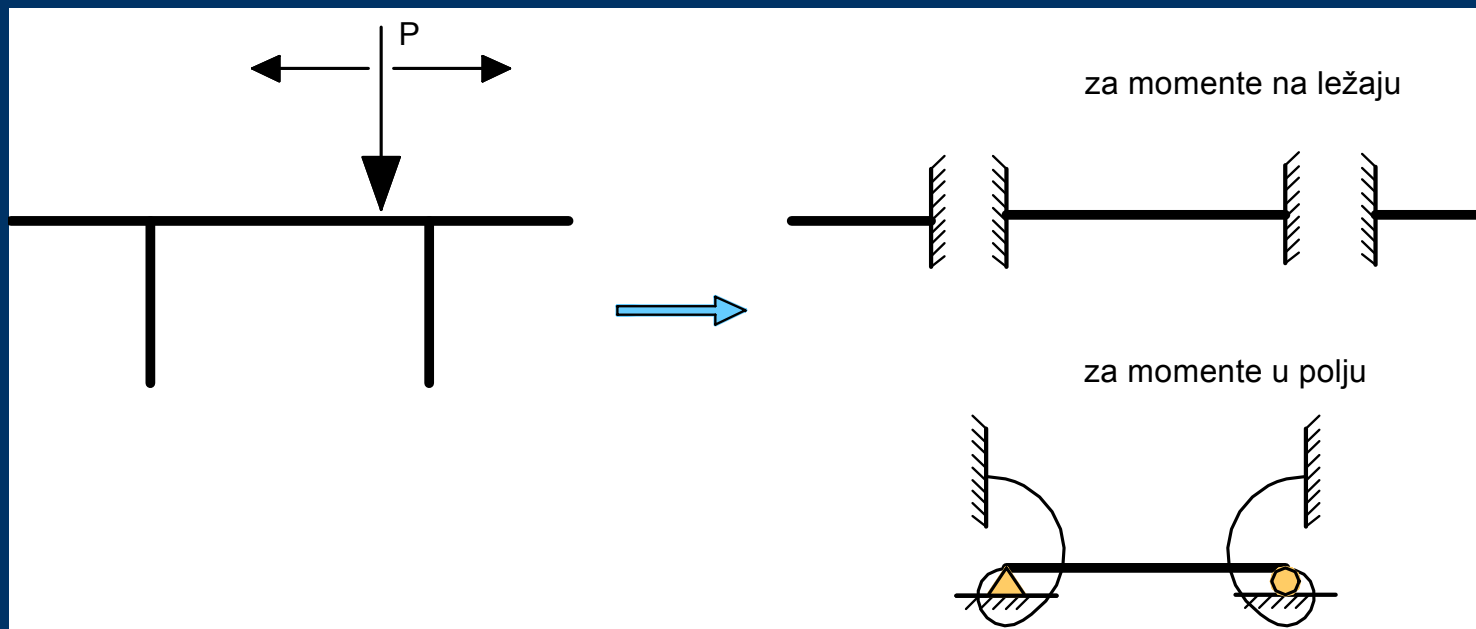
L - razmak poprečnih

I_T - torzijski moment rebra [m^4]

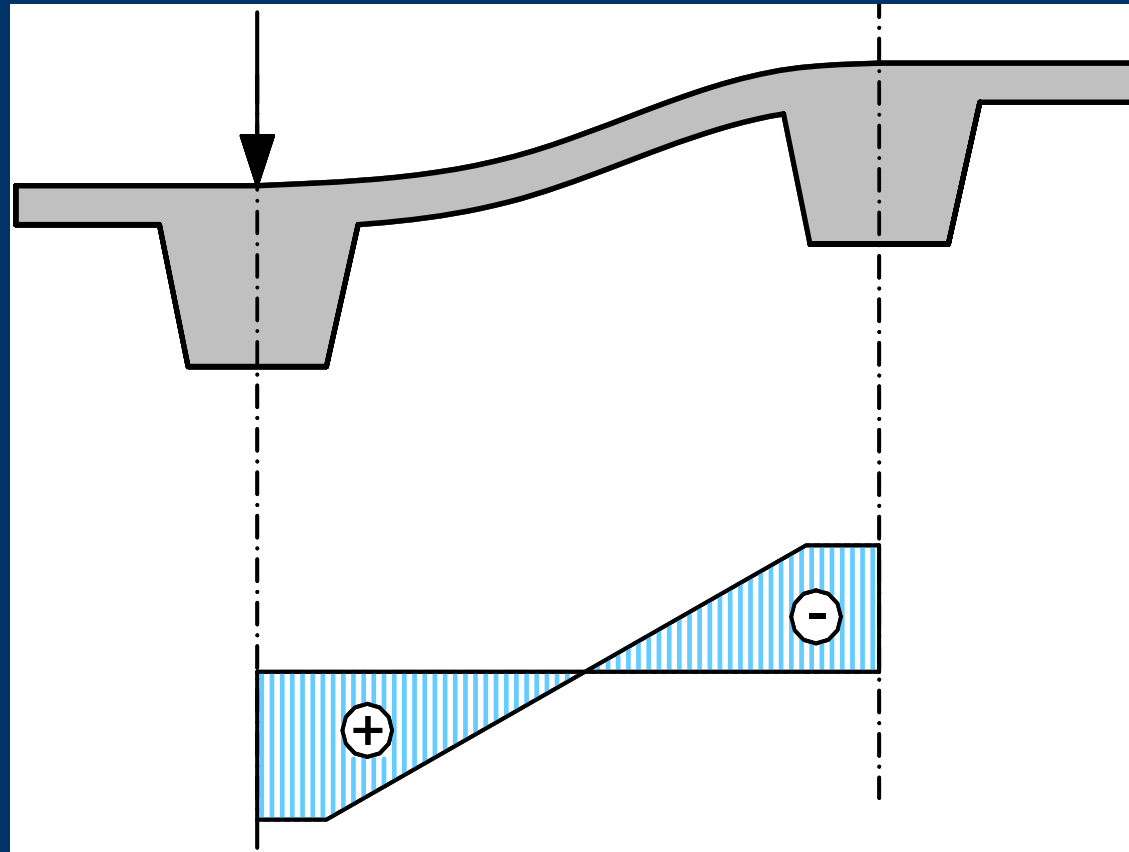
b - razmak glavnih nosača

- postavljanjem poprečnih nosača – stupanj upetosti raste

Pojednostavnjeni rubni uvjeti ploče kolnika.

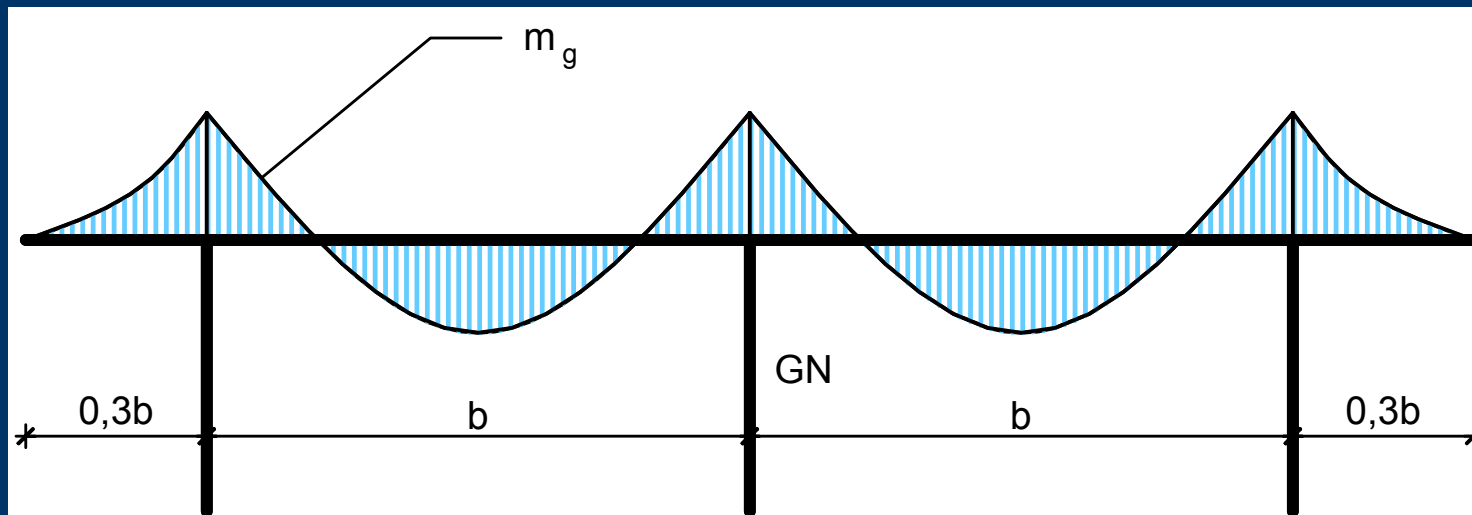


Momenti savijanja u ploči uslijed različitih progiba glavnih nosača



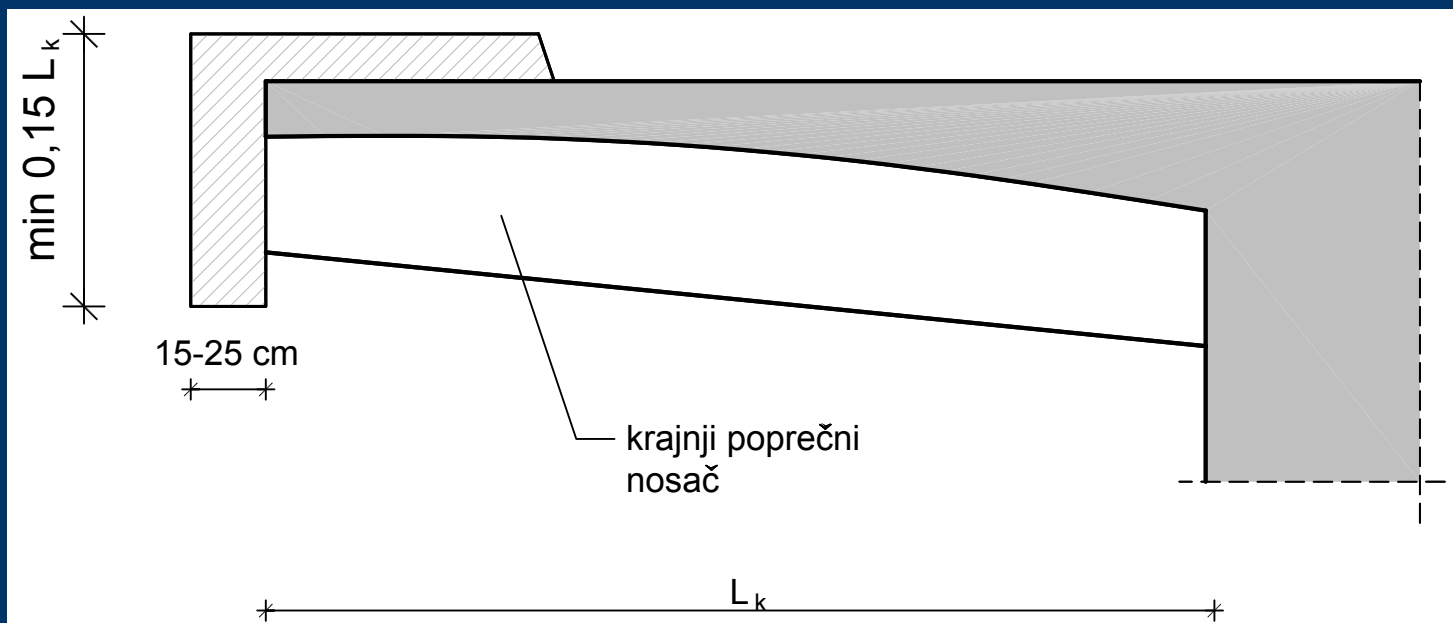
- momenti rastu smanjivanjem razmaka glavnih nosača i njihove krutosti na savijanje

Dijagram momenata savijanja u ploči od vlastite težine.



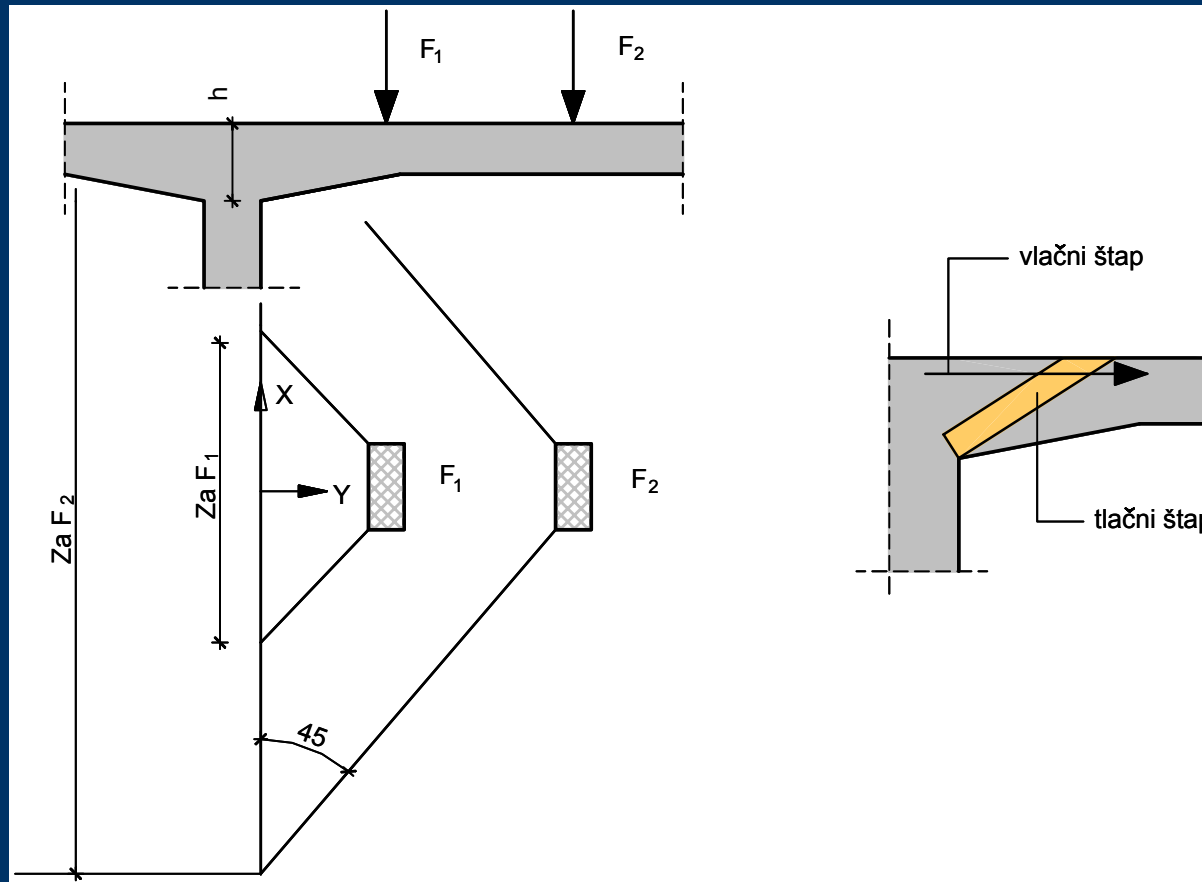
- eliminacija torzije glavnih nosača usljed vl. težine

Konzolna ploča veće duljine.



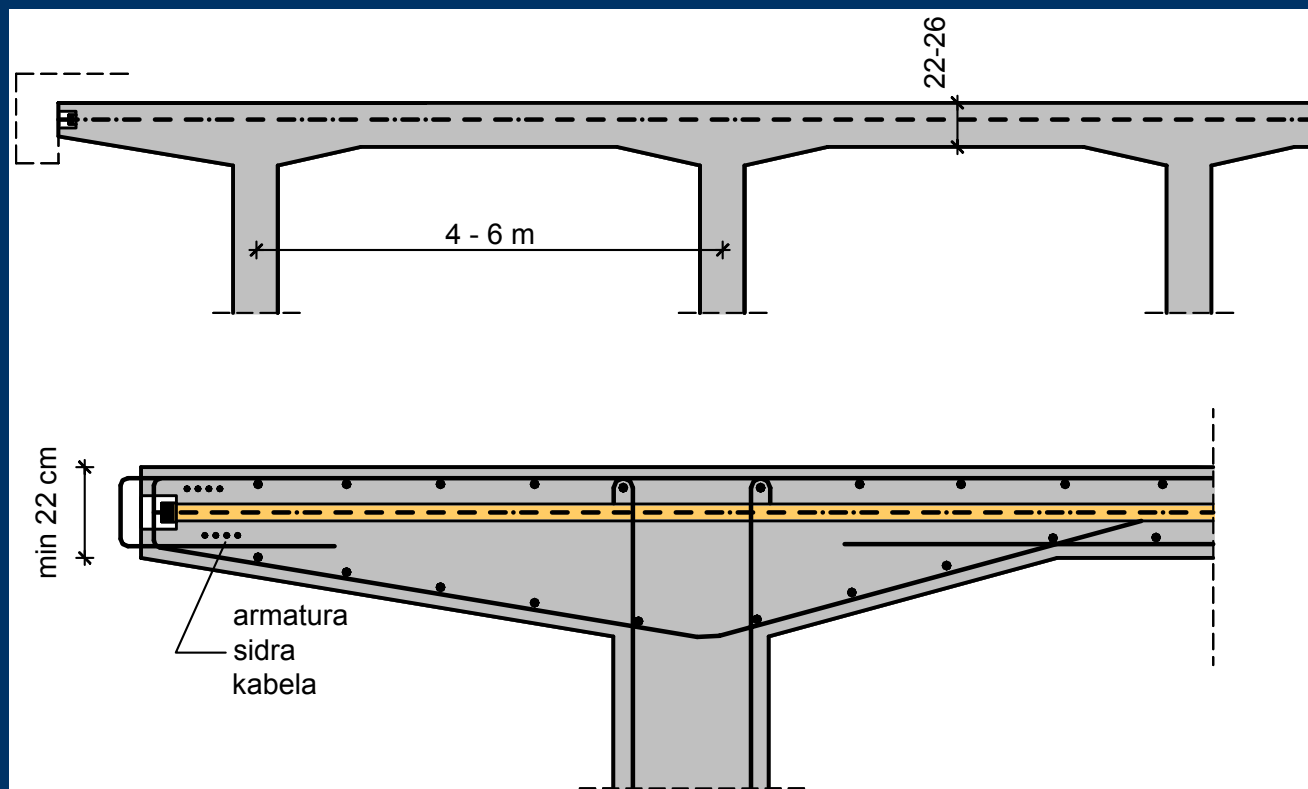
- smanjenje progiba i opasnosti od vibracija

Poprečne sile od pojedinačnih tereta



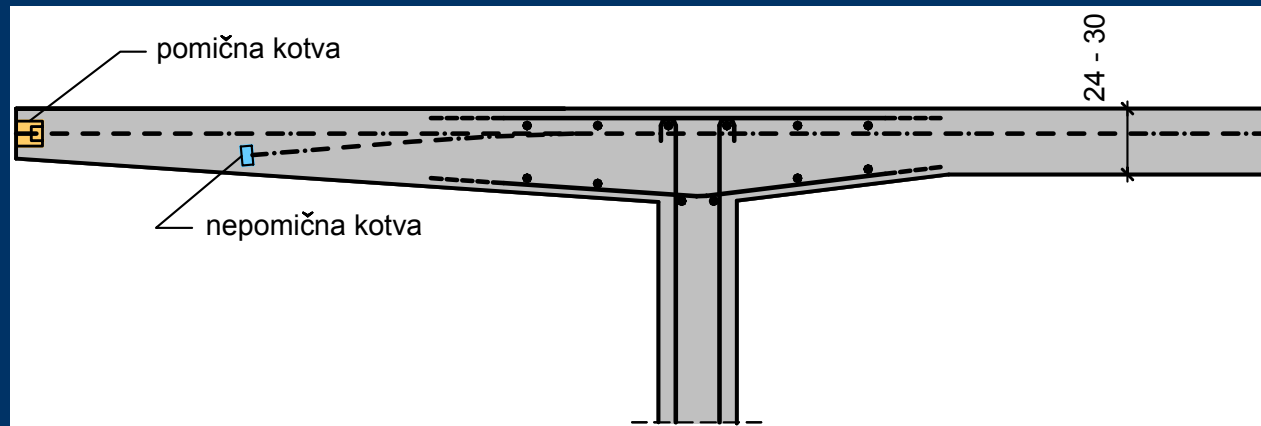
- širine rasprostiranja od pojedinačnih tereta
- Opterećenje na udaljenosti manjoj od $1.2h$ predaje se na ležaj putem kratke konzole

Poprečno prednapinjanje ploče kolnika

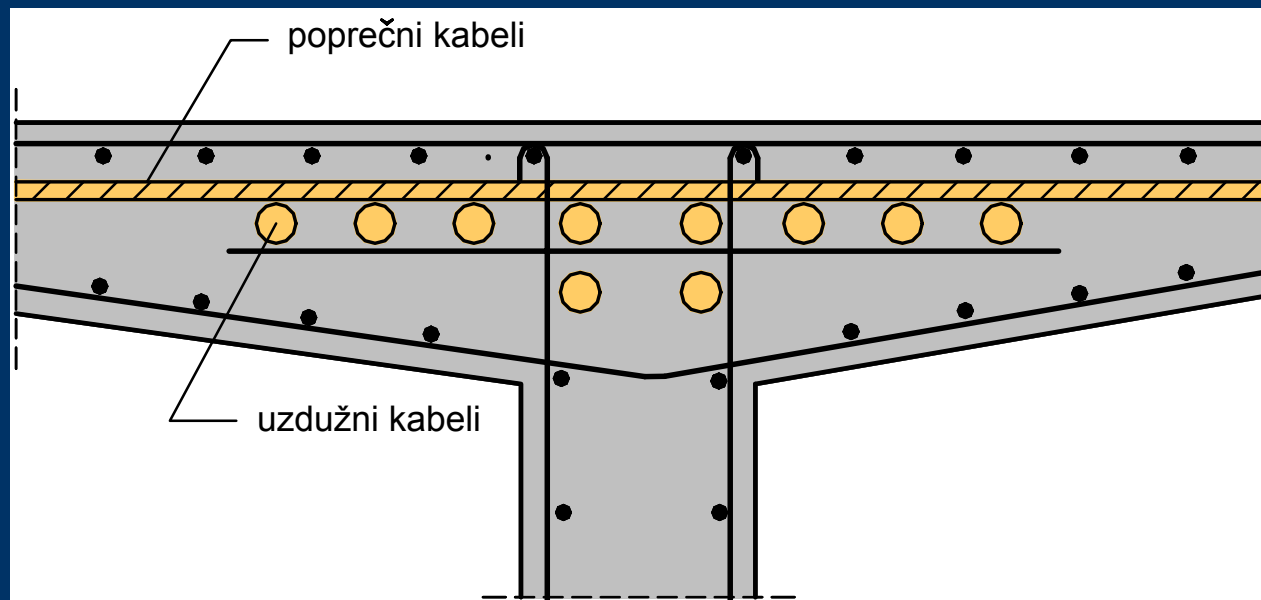


- $b > 10,0$ m
- Temperatura, skupljanje, puzanje – pojava pukotina
- Smanjiti progibe, pojavu pukotina većih od dopuštenih, smanjiti promjene napona u čeliku – stupanj prednaprezanja – za $g+0,3q$ nema vlačnih napona poprečno

$$k = \frac{M_{dek}}{M_{g+\Delta g+p}}$$



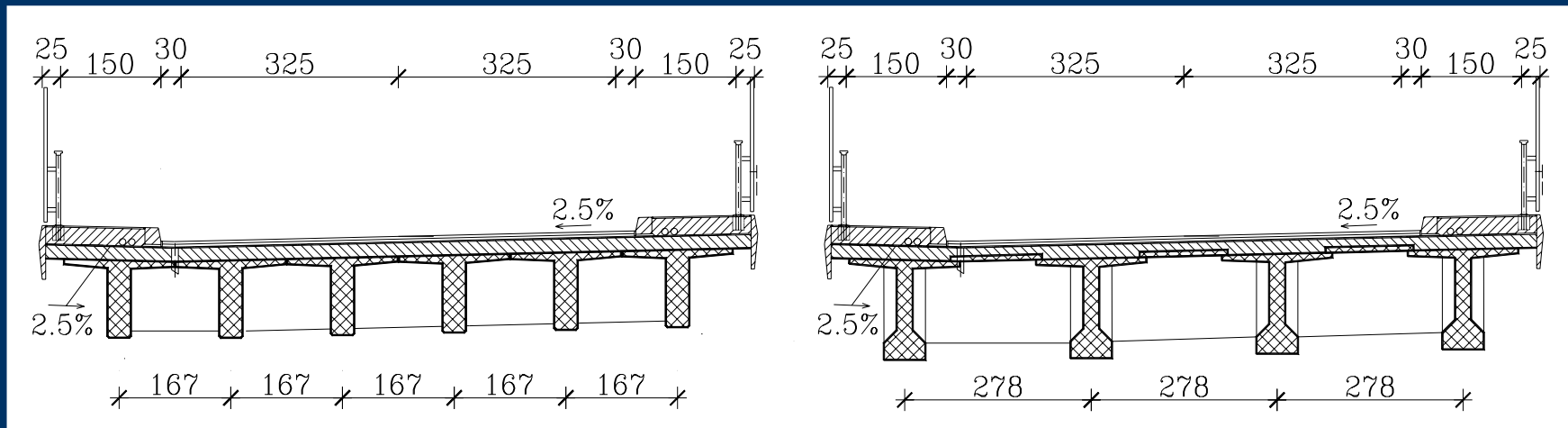
- Sidrenje kabela kod konzola većih dužina



- Poprečni kabela u ploči kolnika vode se iznad uzdužnih kabela glavnog nosača

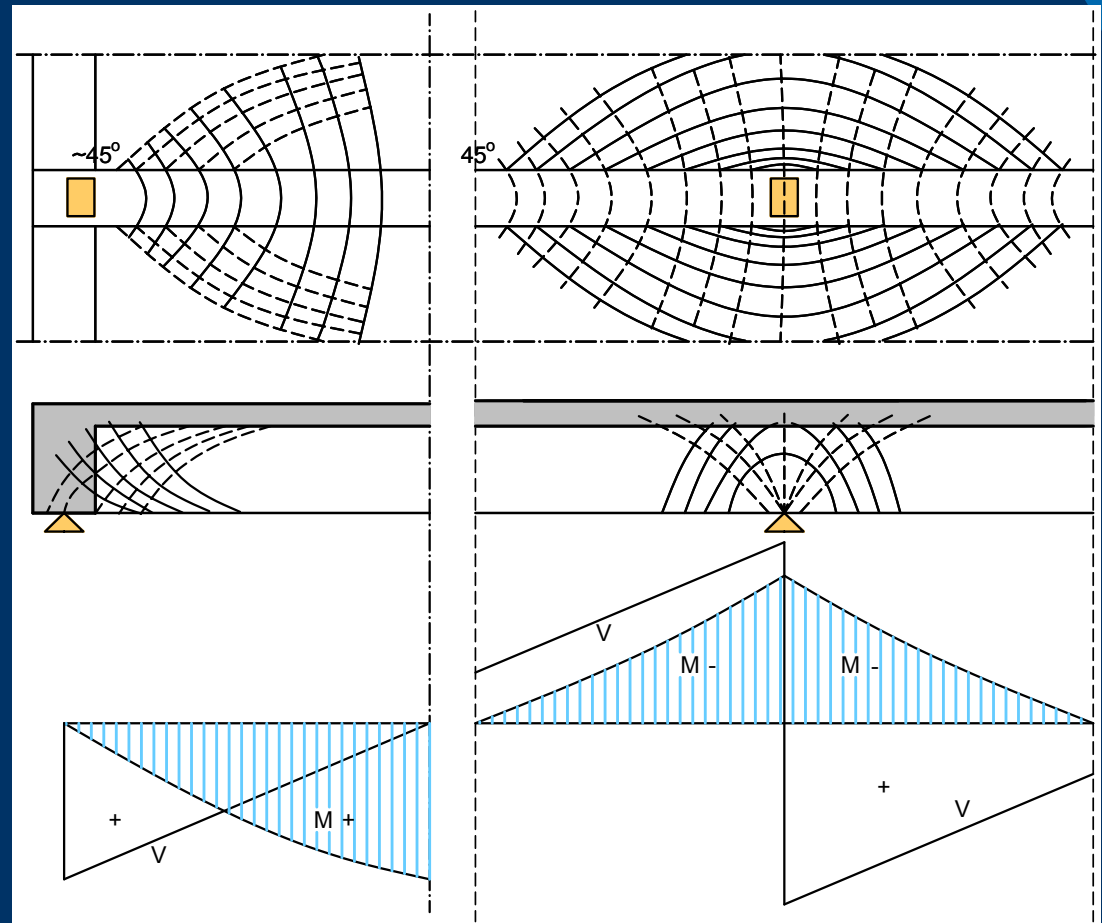
Dijelovi glavnih nosača:

- gornji pojas (kolnička ploča sudjelujuće širine)
- rebro (hrbat, konstantne ili promjenjive debljine)
- donji pojas (ukoliko nije izražen - kao dio rebra visine $0.2h$)



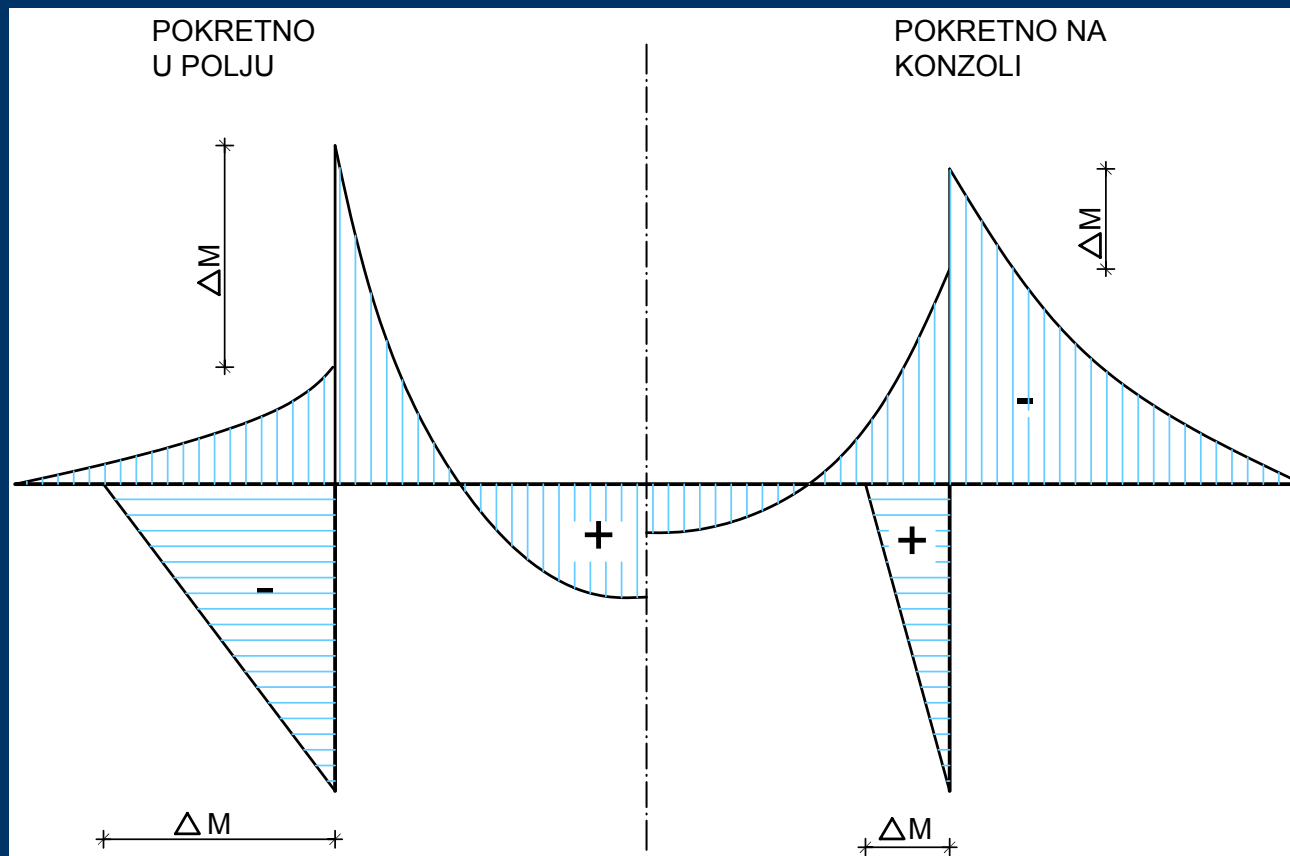
GORNJI POJAS

- Trajektorije glavnih napona u ploči kolnika pri jednolikom opterećenju
- M (-): gornji pojas - kosi vlak
- Posmik na spoju ploče i hrpta
- Nesimetrično opt.- jače opt. pojas skratit će se više – posmik u gor. pojasu
- Gornji pojas – dio ploče – preuzima horizontalne sile u svojoj ravnini



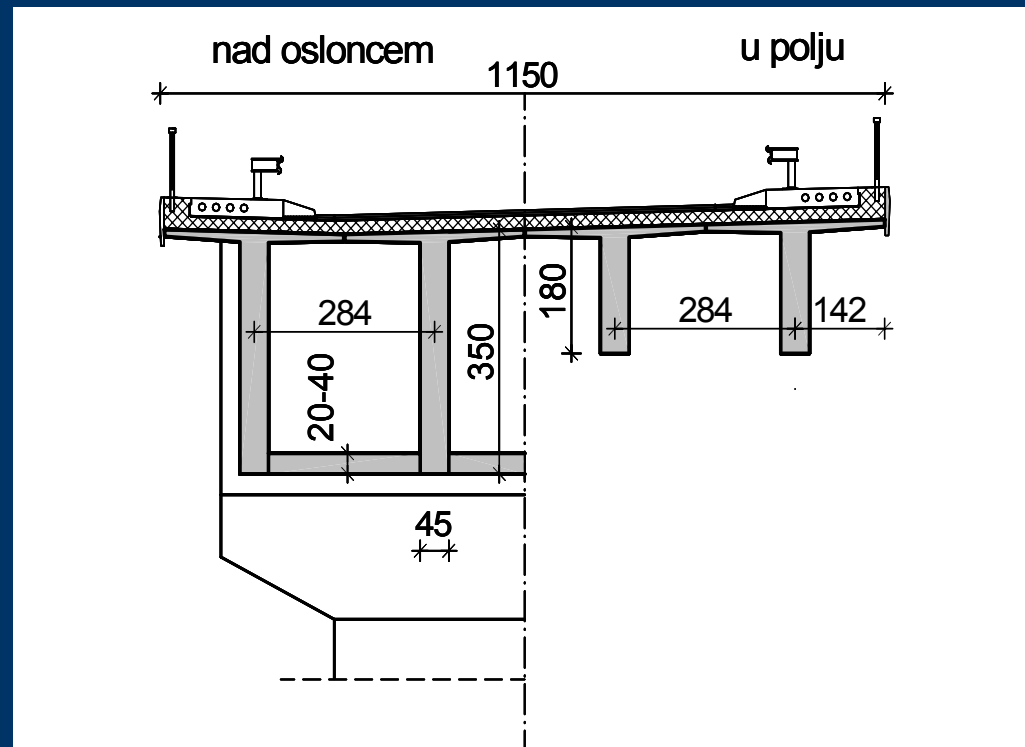
REBRO

- Preuzima posmične sile između pojasa
- Glavni naponi od M_x i V_x
- M_y od upetosti ploče u rebro
- Ako je na donjoj strani rebra široki pojas - dodatno opterećenje rebra na vlak vertikalno (svi dijelovi ispod težišne linije – obješeni za tlačni pojas)



DONJI POJAS

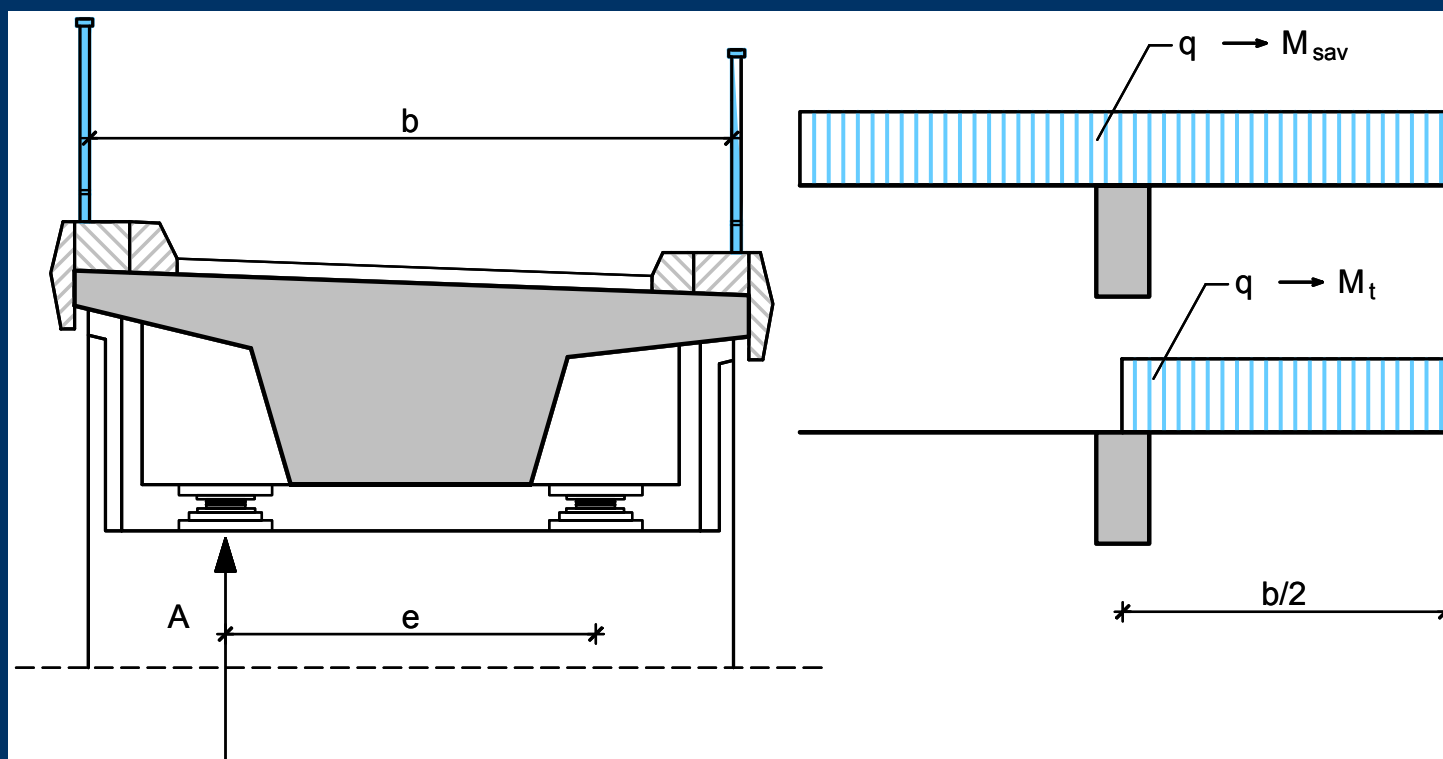
- Vlačne i tlačne sile
- Nad srednjim ležajem – donji pojas moguće je proširiti u tlačnu ploču kako bi se spriječilo prekoračenje tlačne čvrstoće



Rebrasti gredni mostovi s jednim gl.nosačem

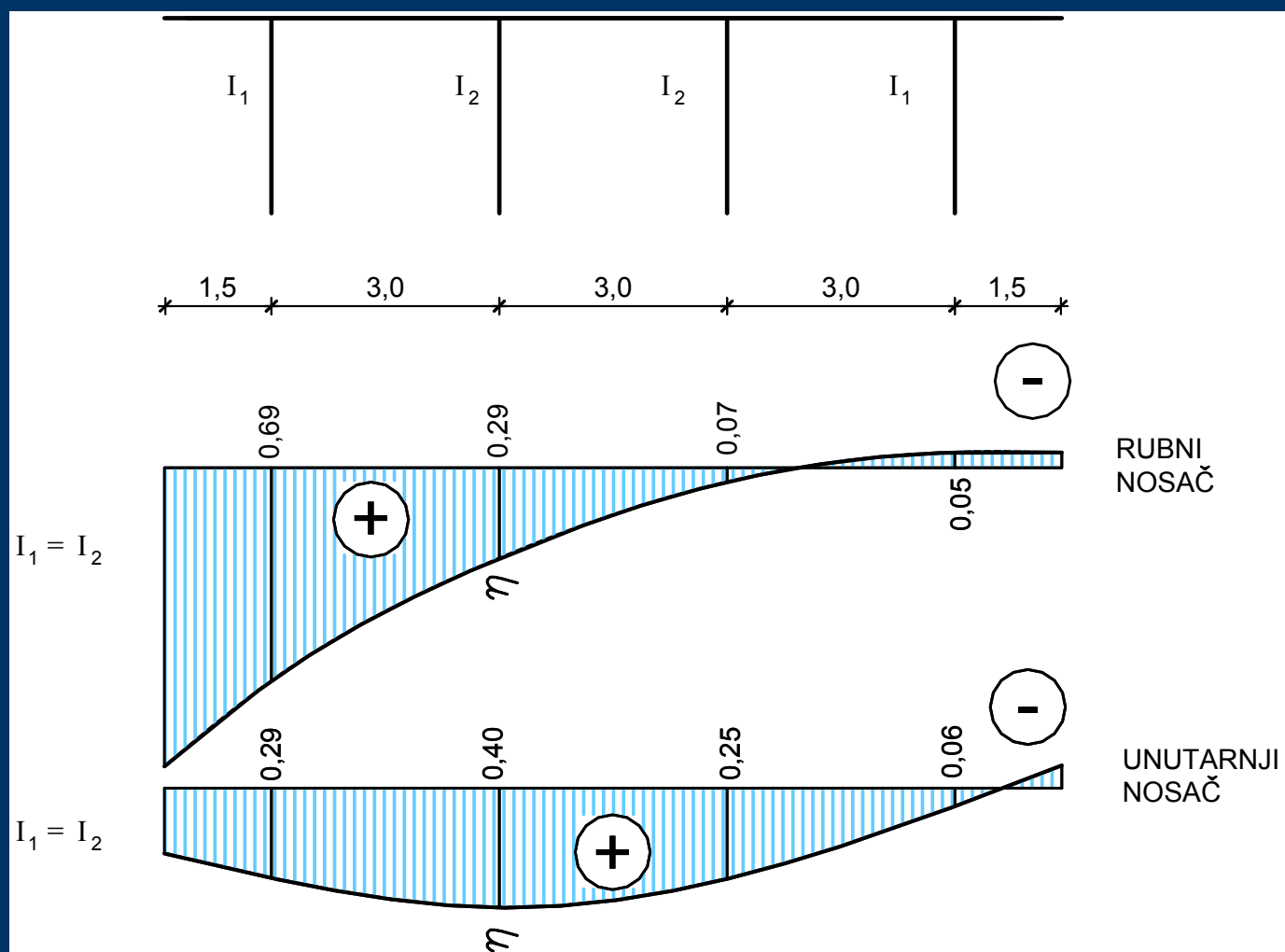
- Pješački mostovi, mostovi na poljskim putovima, $b < 7,0$ m
- Gl.nosač veće debljine, dva ležaja na što većem razmaku
- Sigurnost protiv odizanja $f=2$: $A \leq R_{vl.tež}/2$

$$A = \frac{M_t}{e}$$



Rebrasti gredni mostovi s dva i više glavnih nosača

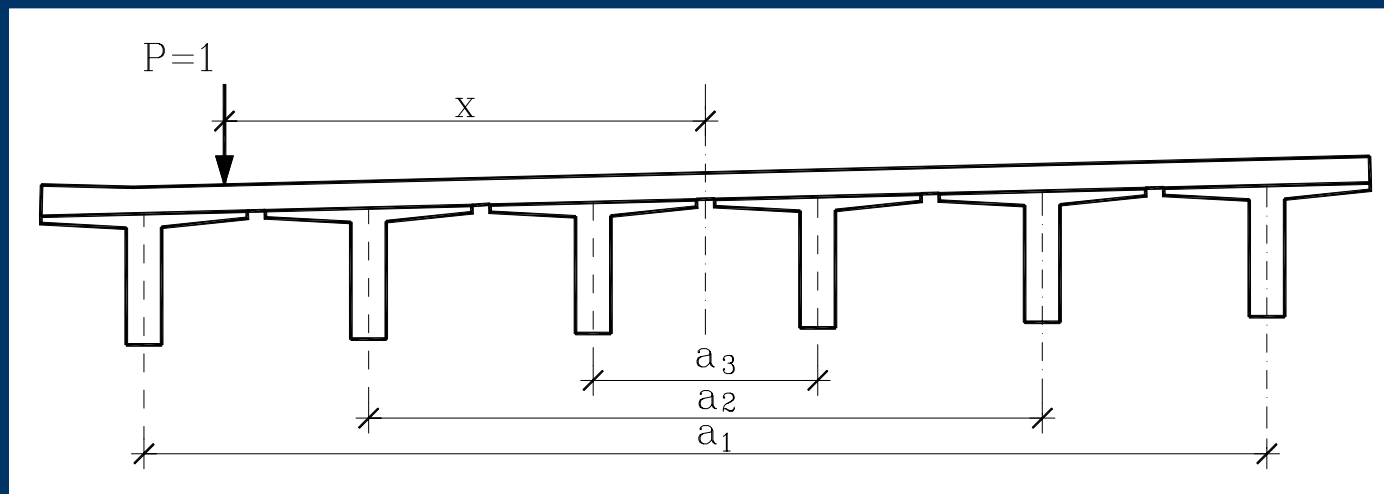
- Za proračun pojedinačnog nosača valja provesti raspodjelu osnovnih opterećenja – linije poprečne raspodjele



Metoda ekscentričnog pritiska

- $l/b \geq 2$ - poprečni nosač deformira po pravcu (poprečni nosač apsolutno je krut – pretpostavka Courbona) - opterećenje koje otpada na pojedine glavne nosače može odrediti analogno naprezanju ravnog presjeka opterećenog uzdužnom silom i momentom savijanja.

$$\sigma = \frac{P}{A} \pm \frac{M \cdot \xi}{I}$$

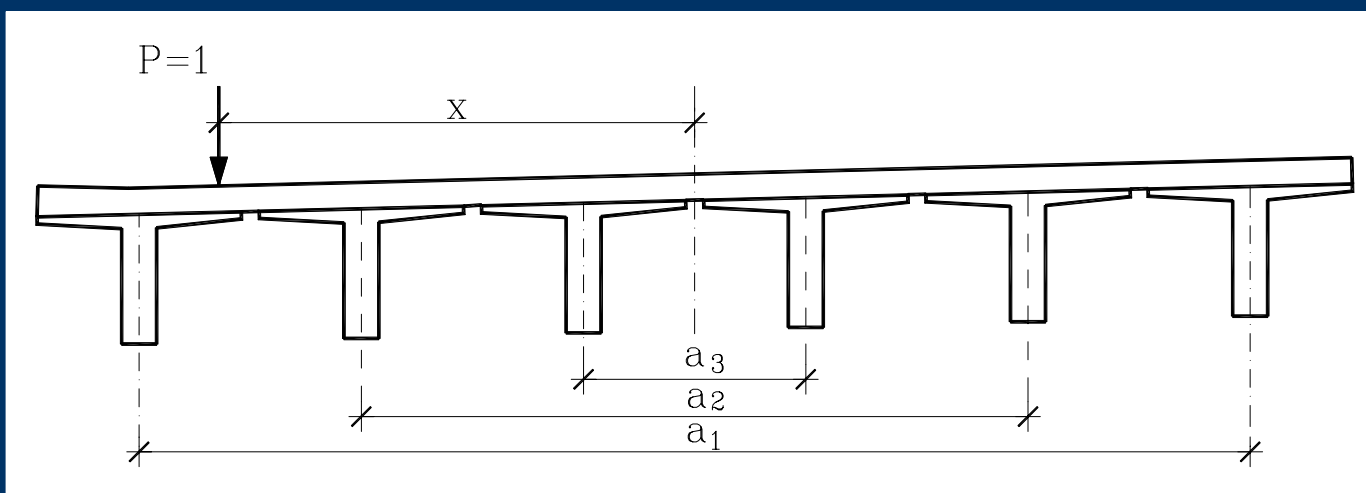


Metoda ekscentričnog pritiska

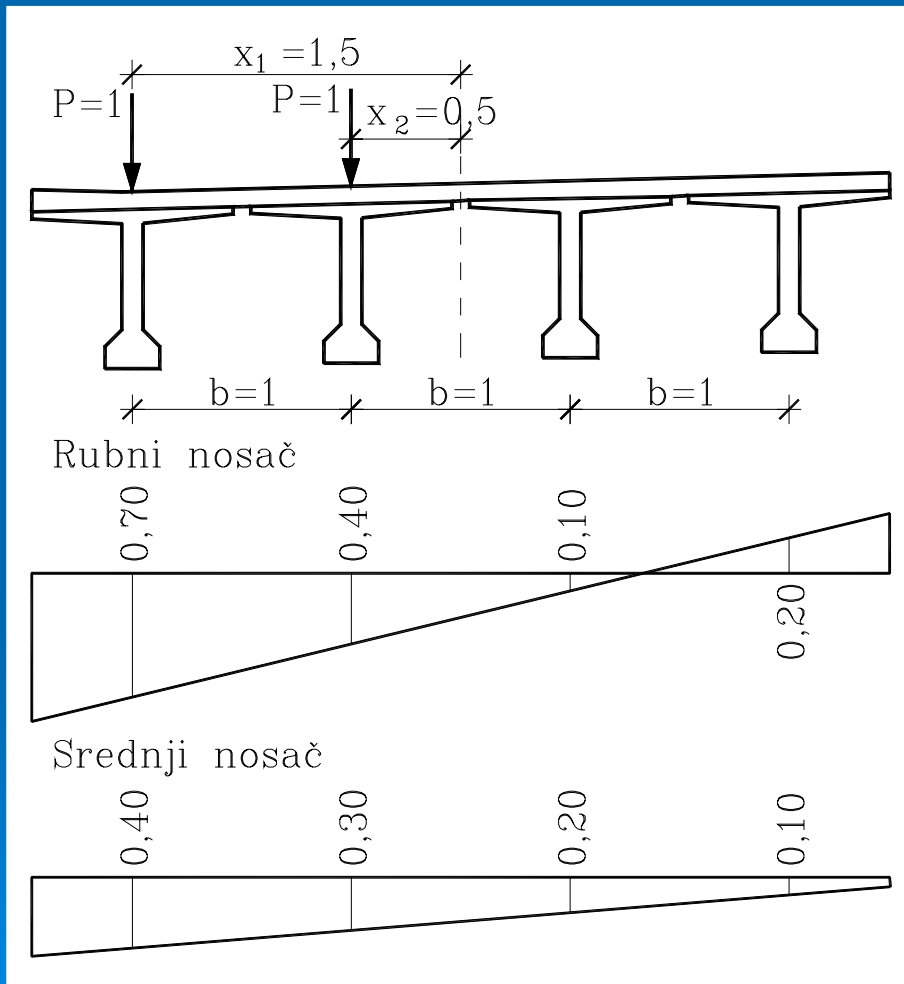
- I_i : moment tromosti nosača
- S_i : opterećenje koje otpada na pojedini nosač

$$\sigma = \frac{S_i}{I_i} \quad A = \sum I_i \quad I = 2 \sum I_i \left(\frac{a_i}{2} \right)^2 \quad M = P \cdot x \quad \xi = \frac{a_i}{2}$$

$$\frac{S_i}{I_i} = \frac{P}{\sum I_i} \pm \frac{P \cdot x}{2 \sum I_i \left(\frac{a_i}{2} \right)^2} \cdot \frac{a_i}{2} \quad S_i = P \left(\frac{I_i}{\sum I_i} \pm \frac{I_i \cdot a_i \cdot x}{\sum I_i \cdot a_i^2} \right) \quad \begin{matrix} P = 1 \text{ i} \\ I_i = \text{const} \end{matrix} \quad \eta_i = \frac{1}{n} \pm \frac{a_i \cdot x}{\sum a_i^2}$$



Ordinate utjecajnih linija poprečne raspodjele za most sa 4 glavna nosača



$$\eta_i = \frac{1}{n} \pm \frac{a_i \cdot x}{\sum a_i^2}$$

$$\eta_{1,4} = \frac{1}{4} \pm \frac{3,0 \cdot 1,5}{1,0^2 + 3,0^2} = 0,25 \pm 0,45 = \begin{cases} + 0,70 \\ - 0,20 \end{cases}$$

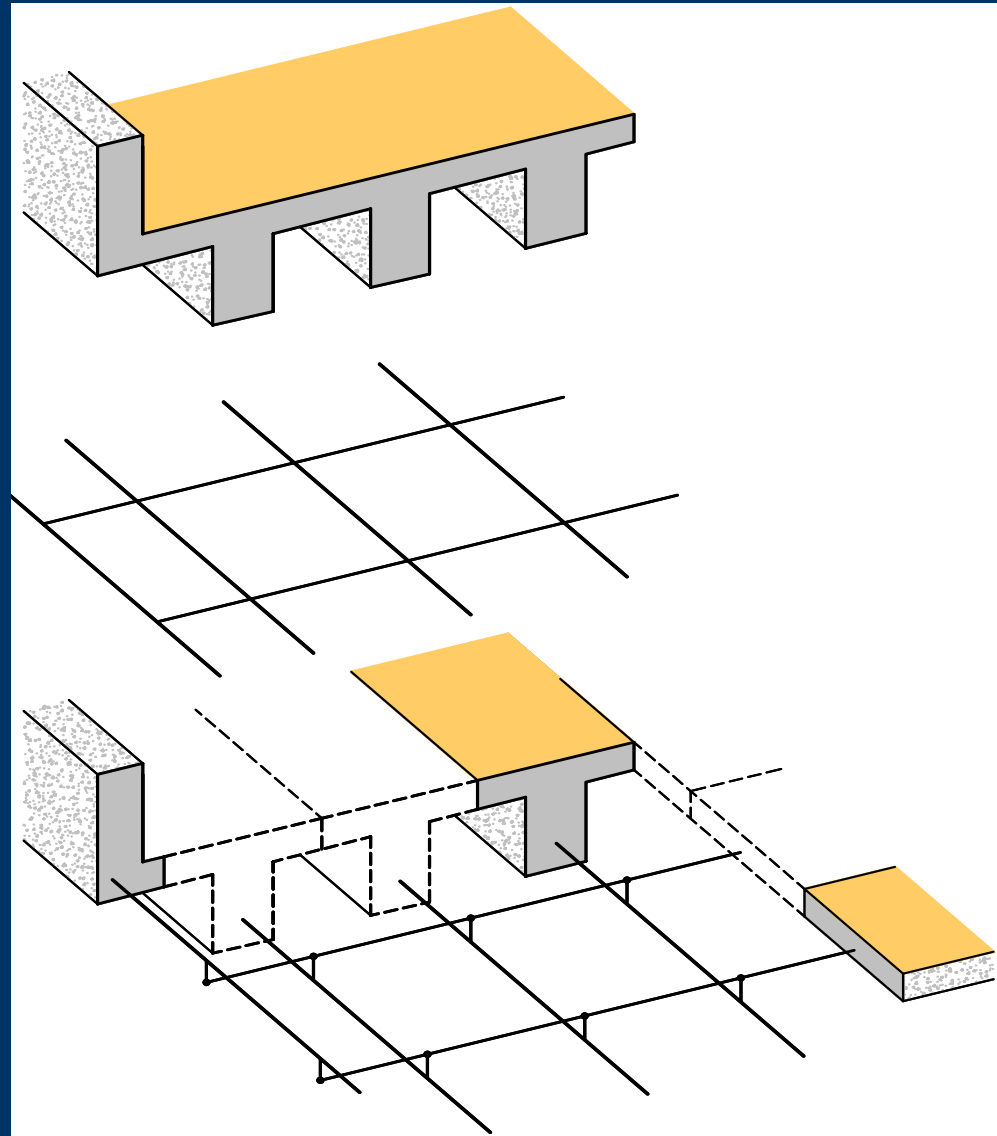
$$\eta_{2,3} = \frac{1}{4} \pm \frac{3,0 \cdot 0,5}{1,0^2 + 3,0^2} = 0,25 \pm 0,15 = \begin{cases} + 0,40 \\ + 0,10 \end{cases}$$

$$\eta_{1,4} = \frac{1}{4} \pm \frac{1,0 \cdot 1,5}{1,0^2 + 3,0^2} = 0,25 \pm 0,15 = \begin{cases} + 0,40 \\ + 0,10 \end{cases}$$

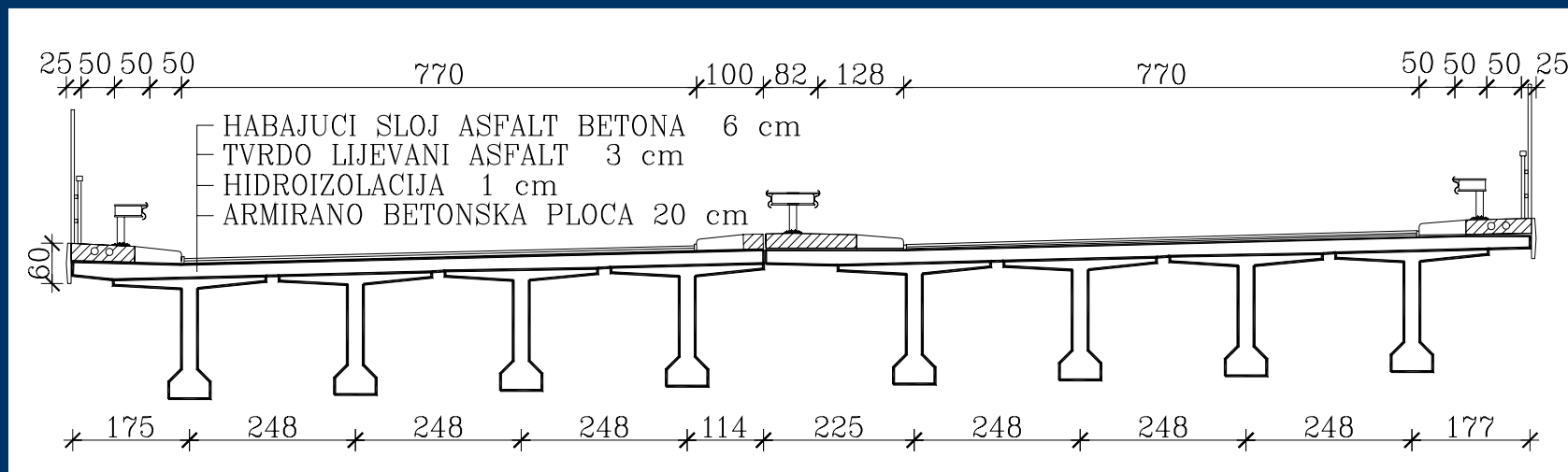
$$\eta_{2,3} = \frac{1}{4} \pm \frac{1,0 \cdot 0,5}{1,0^2 + 3,0^2} = 0,25 \pm 0,05 = \begin{cases} + 0,30 \\ + 0,20 \end{cases}$$

Modeliranje roštilja

- a) *rebrasti presjek;*
- b) *jednostavniji, ravninski model;*
- c) *poboljšani model*

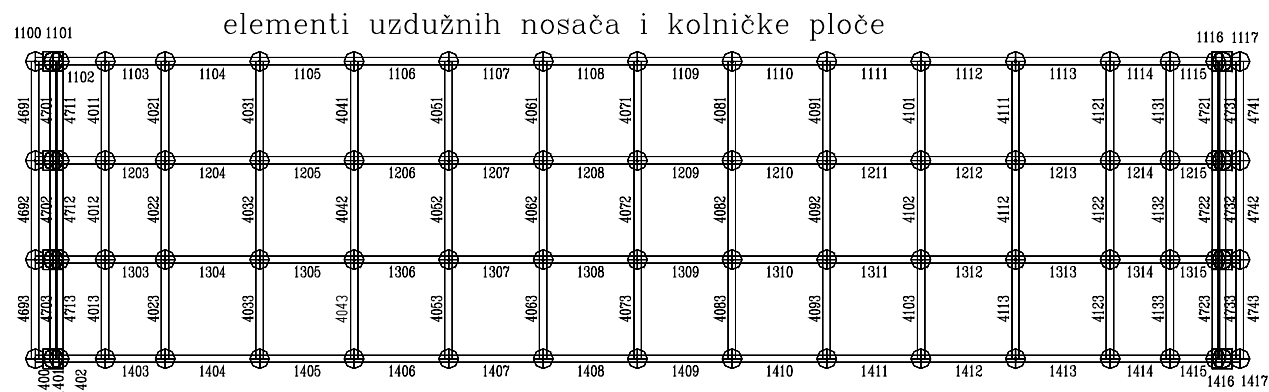
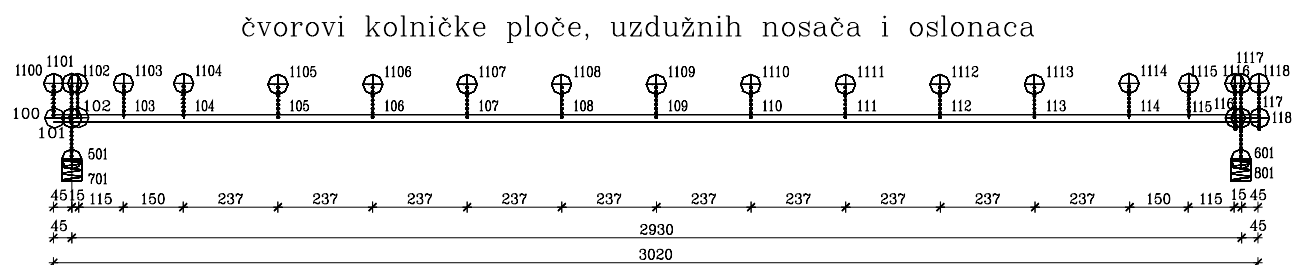
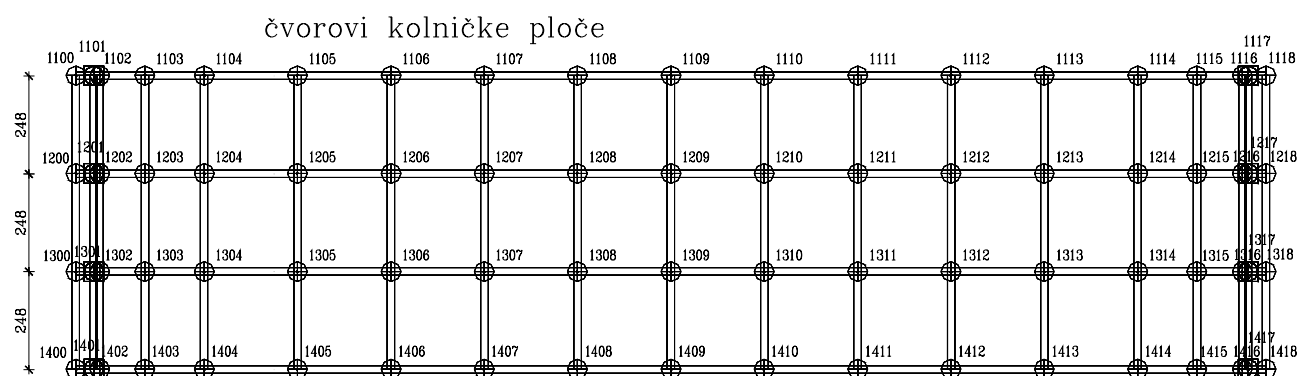


Modeliranje roštilja za Sofistik

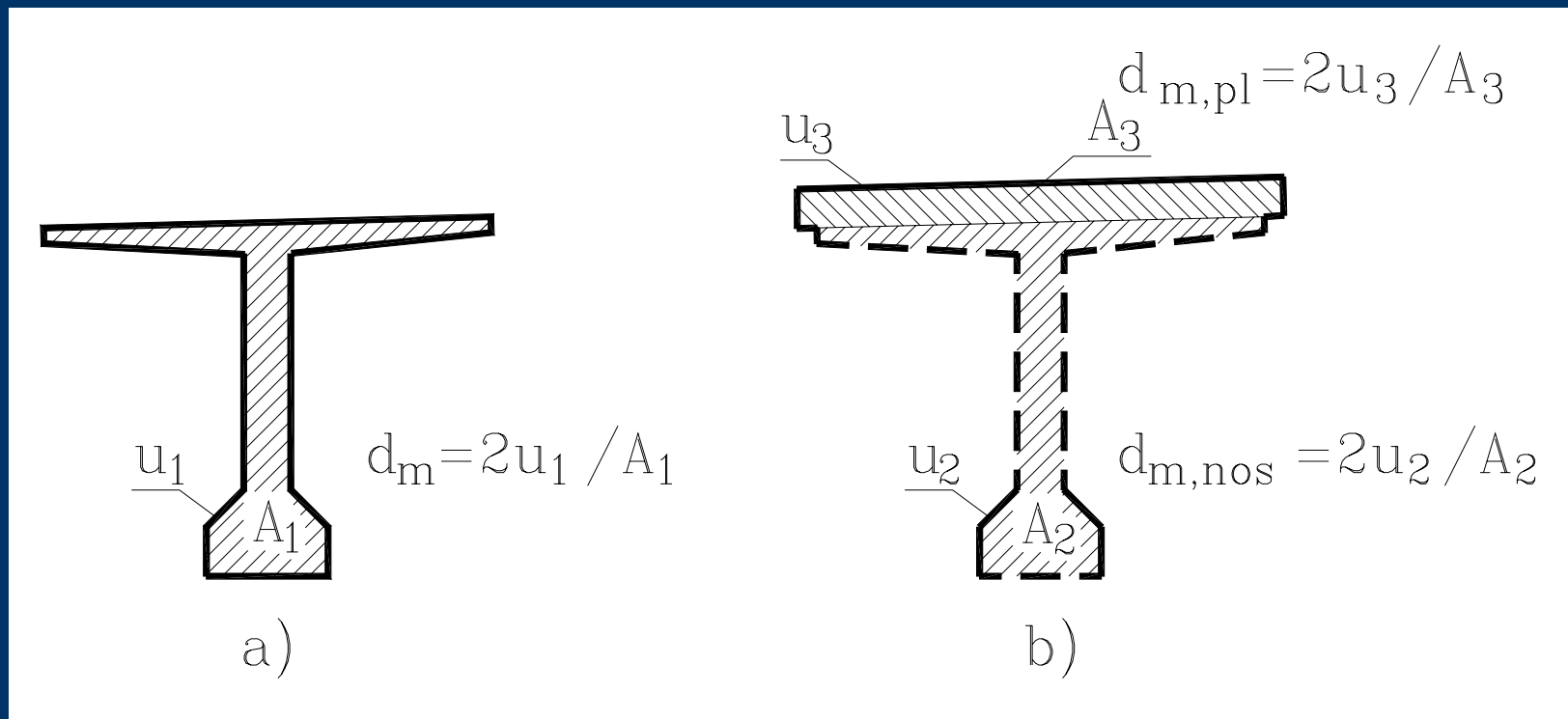


➤ L=30,0 m

Modeliranje roštilja za Sofistik

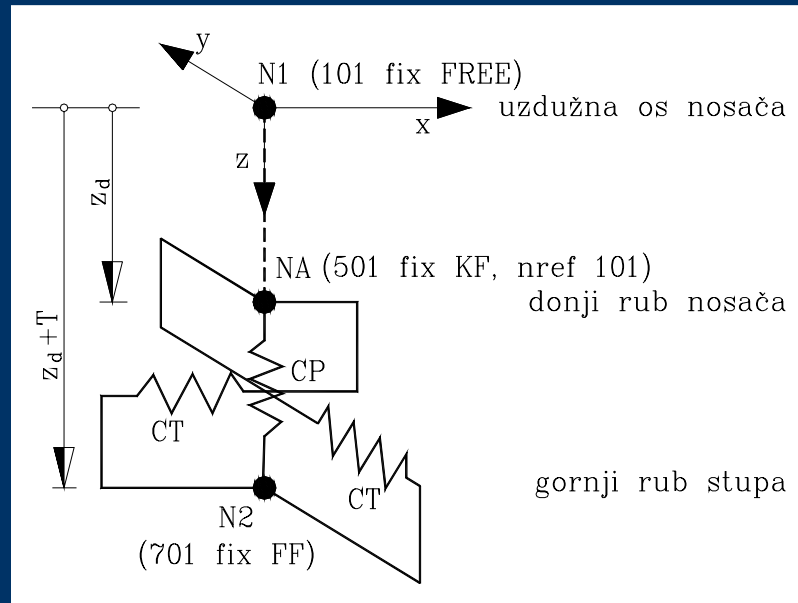


Modeliranje roštilja za Sofistik



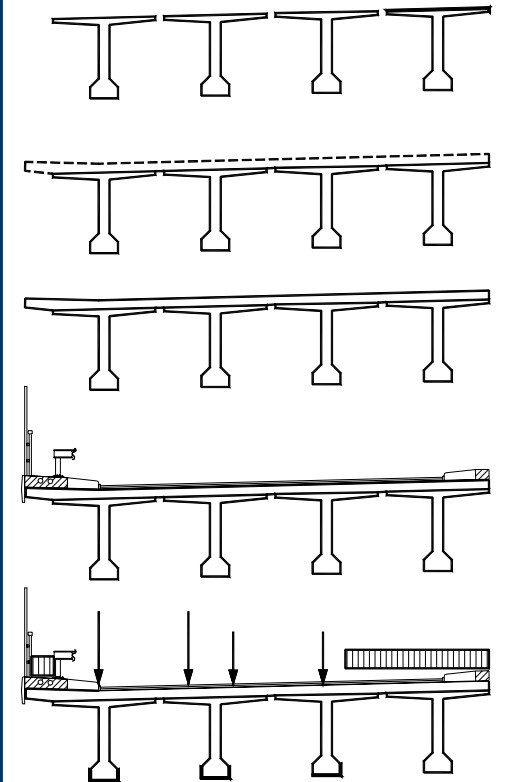
- Poprečni presjek uzdužnog nosača za I fazu i II fazu izvedbe

Modeliranje roštilja za Sofistik



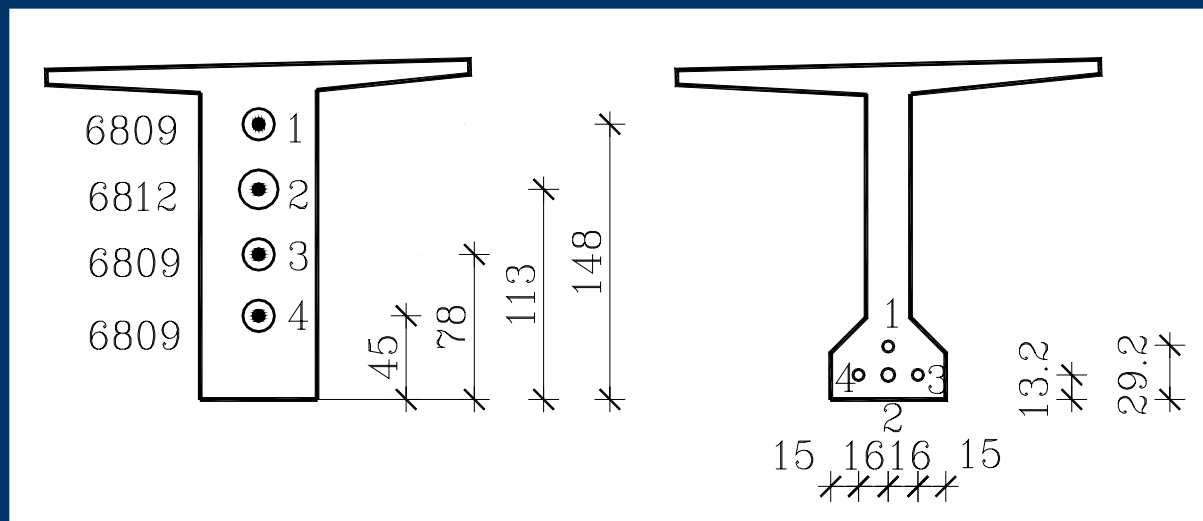
- Model oslanjanja uzdužnih nosača na stupove preko elastomernih ležajeva
- $A=300 \cdot 400 \text{ mm}^2$, $H=63 \text{ mm}$, $T=40 \text{ mm}$, $E=600 \text{ MN/m}^2$ i $G=1 \text{ MN/m}^2$
- $CP = E \cdot A / T = 600 \cdot 1000 \cdot 0,3 \cdot 0,4 / 0,04 = 1\,800\,000 \text{ kN/m}$
- $CT = G \cdot A / T = 1 \cdot 1000 \cdot 0,3 \cdot 0,4 / 0,04 = 3\,000 \text{ kN/m}$

Modeliranje roštilja za Sofistik

Nosač se napinje na stazi nakon 7 dana	
Dobetonirana je kolnička ploča (28)	
Uspostavljen je spregnuti presjek nosača i ploče (35)	
Djeluje dodatno stalno opterećenje	
Djeluje puno opterećenje (90)	

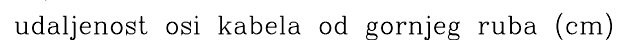
- Opterećenja mosta prema fazama izgradnje i proračuna

Modeliranje roštilja za Sofistik



- Raspored kabela na čelu i u sredini nosača

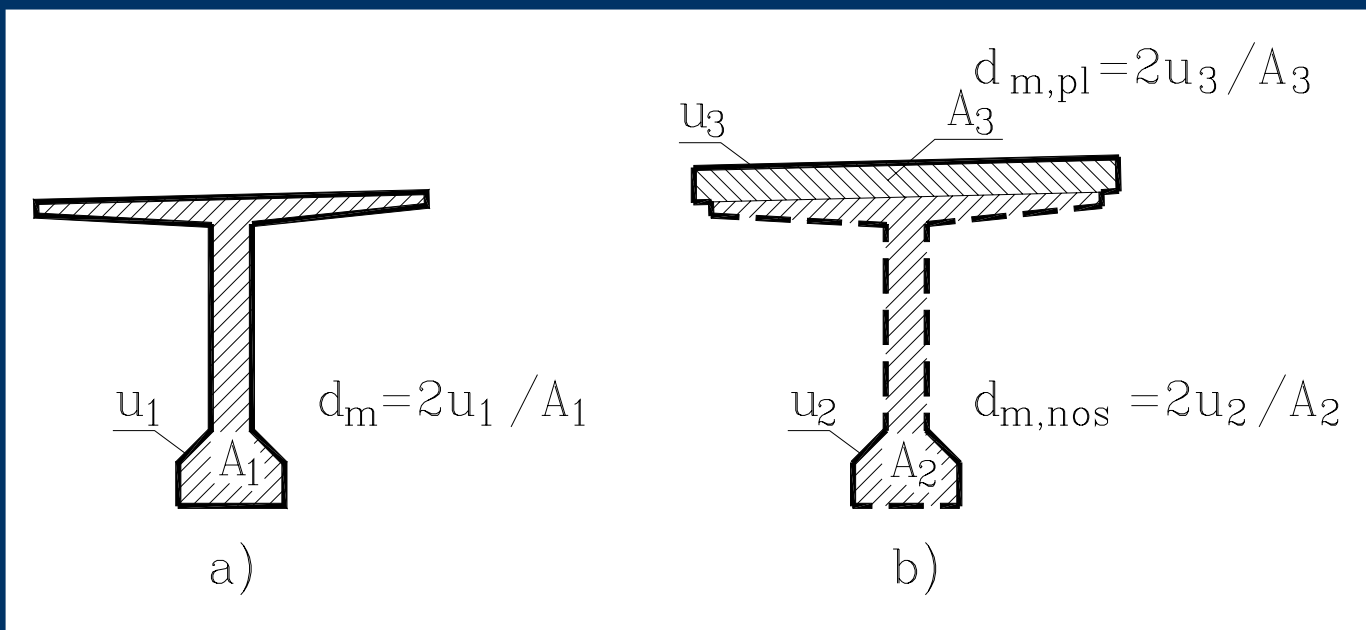
- Linije vođenja kabela u nosaču



udaljenost osi kabela od osi nosača horizontalno (cm)

[illegible]

Modeliranje roštilja za Sofistik

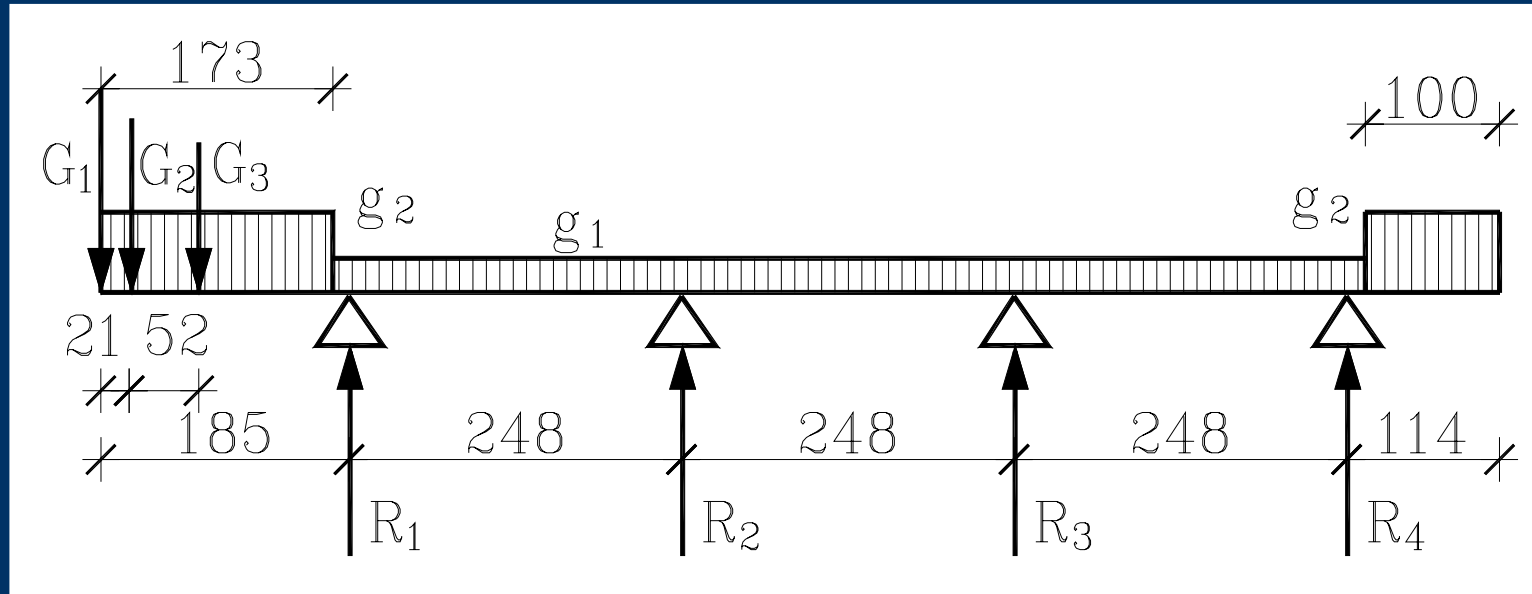


- Određivanje srednjeg polumjera presjeka za dobivanje koeficijenata puzanja i skupljanja

Modeliranje roštilja za Sofistik

dani		Skupljanje (ϵ) $\cdot 10^{-5}$		Puzanje (ϕ)	
nosač	ploča	nosač	ploča	nosač	ploča
Nosač se napinje na stazi nakon 7 dana, $d_m=19,5$ cm					
7-15	-	1,89	-	0,25	-
15-28	-	1,96	-	0,22	-
Betonira se kolnička ploča, $d_{m,nos}=26,7$ cm, $d_{m,pl}=32,5$ cm					
28-35	0-7	0,697	1,17	0,08	0,58
Uspostavlja se spregnuti presjek nosača i ploče, $d_{m,nos}=26,7$ cm, $d_{m,pl}=32,5$ cm					
35-45	7-17	0,996	1,55	0,12	0,26
45-60	17-32	1,08	1,4	0,12	0,19
60-75	32-47	0,88	1,26	0,09	0,16
75-90	47-62	0,88	0,865	0,09	0,10
Djeluje puno opterećenje, $d_{m,nos}=26,7$ cm, $d_{m,pl}=32,5$ cm					
90-150	62-122	2,21	2,58	0,21	0,26
150-300	122-272	3,37	3,45	0,28	0,30
300-500	272-472	3,48	3,36	0,25	0,24
500-3000	472-2500	7,14	8,03	0,50	0,52
3000-20000	2500-19500	2,13	3,12	0,23	0,29

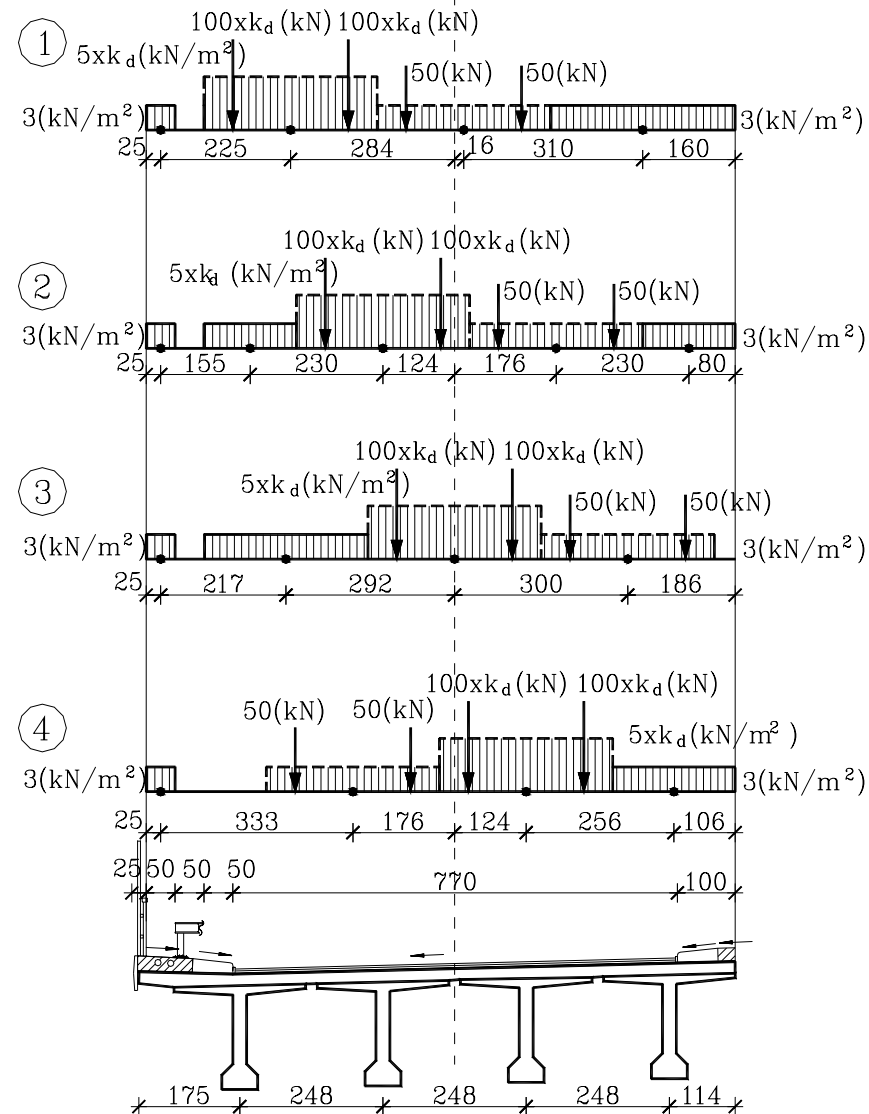
Modeliranje roštilja za Sofistik



- Dodatno stalno opterećenje u poprečnom smjeru mosta rezultira reakcijama koje se uzimaju kao linijsko opterećenje uzdužnih nosača

Modeliranje roštilja za Sofistik

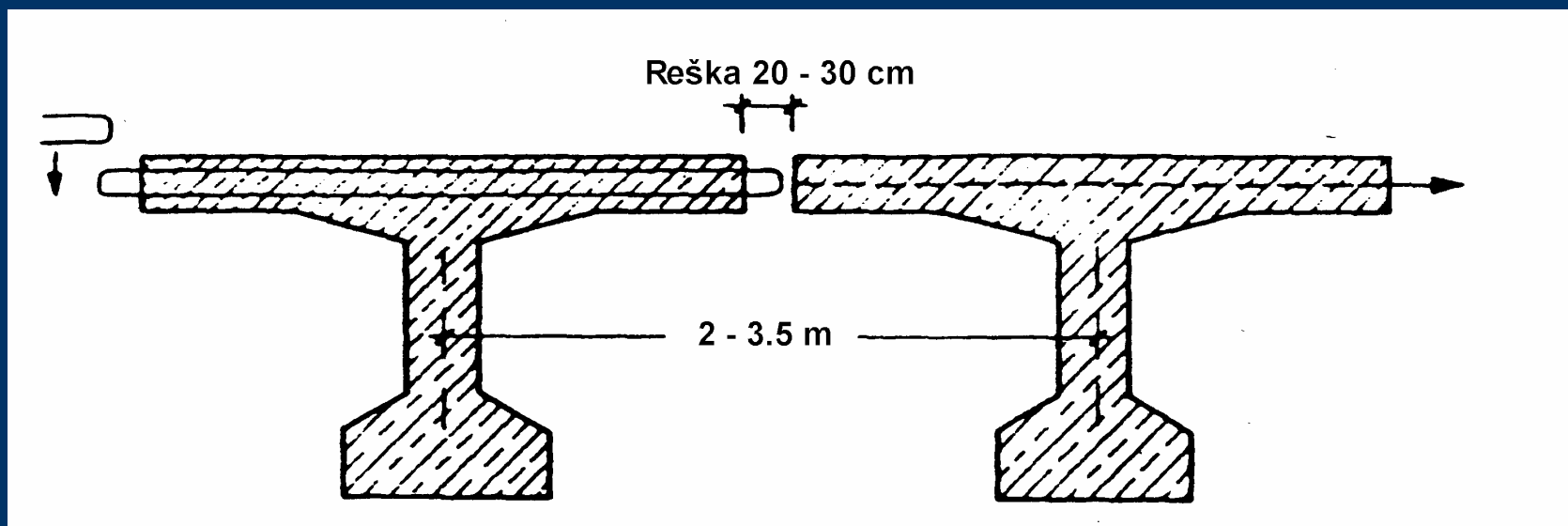
- Različiti položaji sheme vozila



Modeliranje roštilja za Sofistik

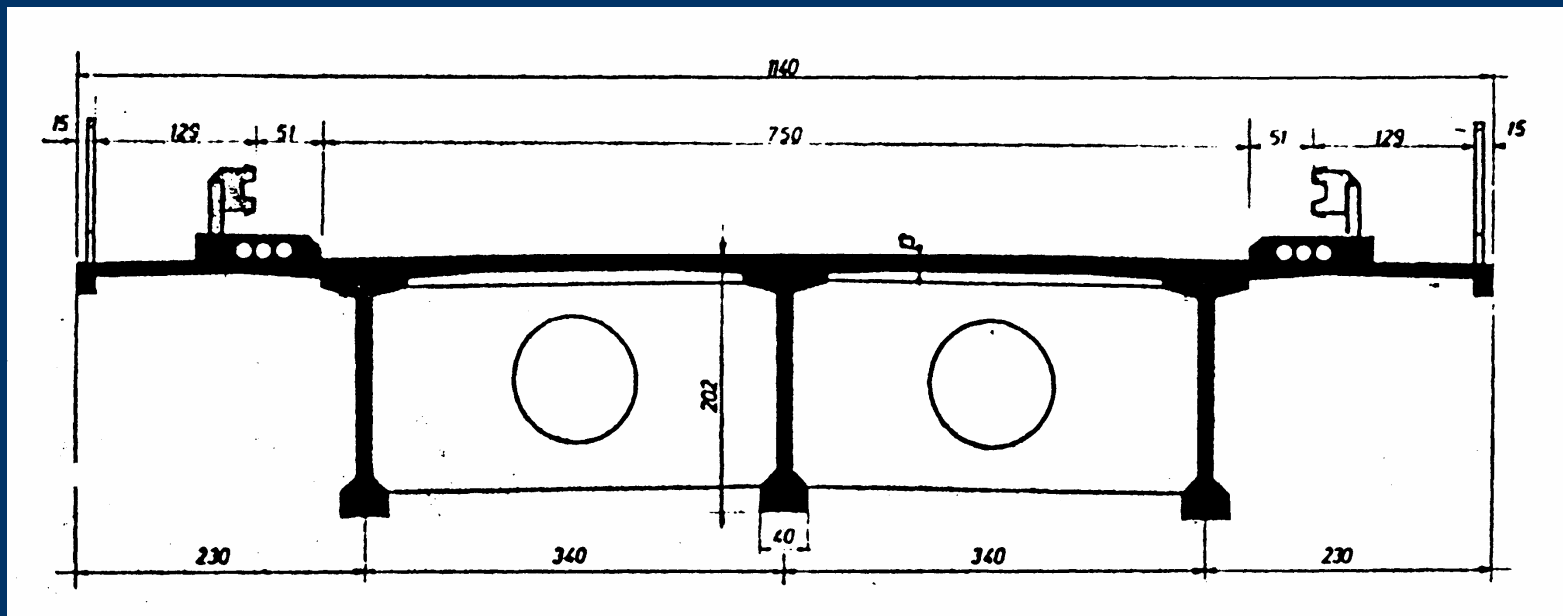
- Kontrola naprezanja,
- Glavna nenapeta armatura,
- posmična armatura

Mogućnosti oblikovanja kolničke ploče



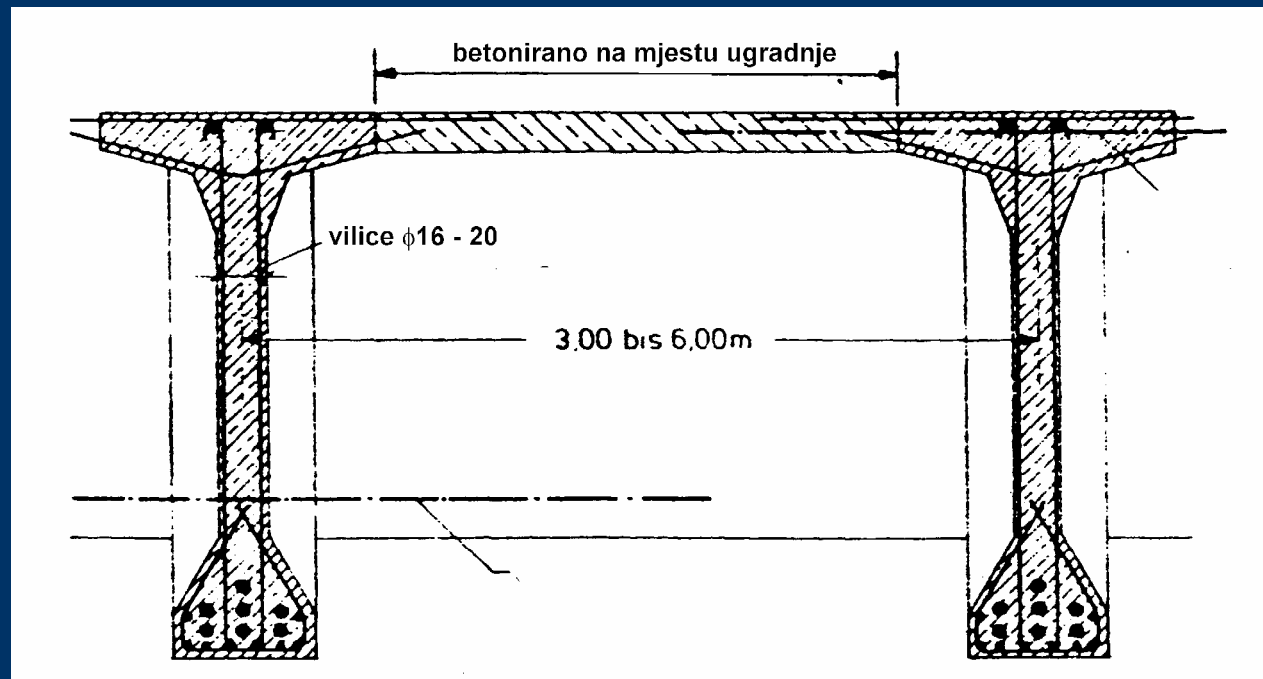
- Nosači sa širokim gornjim pojasima i s uskom reškom betoniranom na mjestu gradnje.
- Petlja poprečne armature, prednapinjanje
- Nedostatak u neravnosti gornje plohe
- Velika točnost izvedbe jer se na gornju plohu izravno postavlja izolacija i cestovni zastor

Poprečni presjek konstrukcije kolnika mosta kopno-otok Krk. Montažni nosači s uskim pojasevima i montažna ploča kolnika



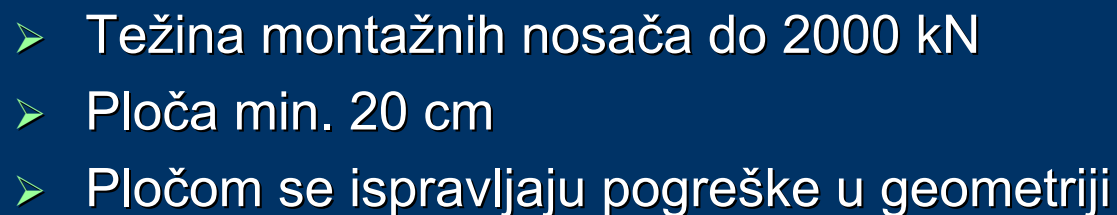
- Prednost – brzina izvedbe, monolitni jedino poprečni nosači
- Poprečni spojevi na mjestu poprečnih nosača, uzdužni spojevi – iznad srednjeg nosača
- U ploči se ostavljaju otvori u koje ulazi armatura za vezu pojasa gl. nosača i montažne ploče – zabetoniranje (moždanici)
- Nedostatak – velika neravnost plohe kol.ploče usljed netočnosti izvedbe i nosača i ploče i usljed deformacija od puzanja

Nosači s uskim gornjim pojasima i sa širokom trakom između, betonirano na mjestu gradnje.

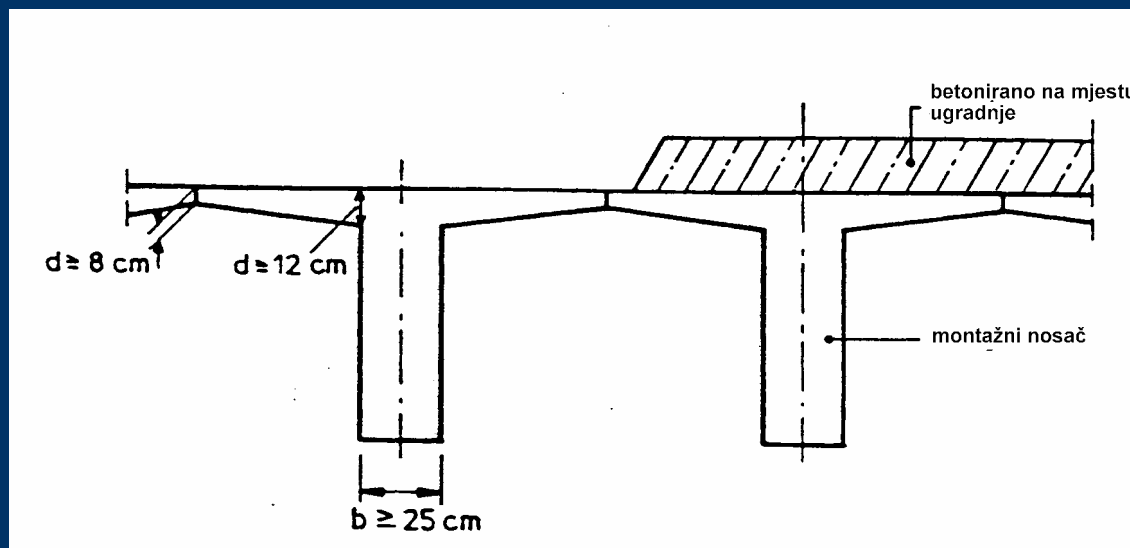


- Prednosti – veći razmak nosača, manja težina nosača jer se veći dio kol.ploče betonira na mjestu
- Pogreške u izvedbi, izobličenja usljed puzanja montažnih nosača – utjecaj na ploču kolnika, ali u manjoj mjeri

Klasična oplata

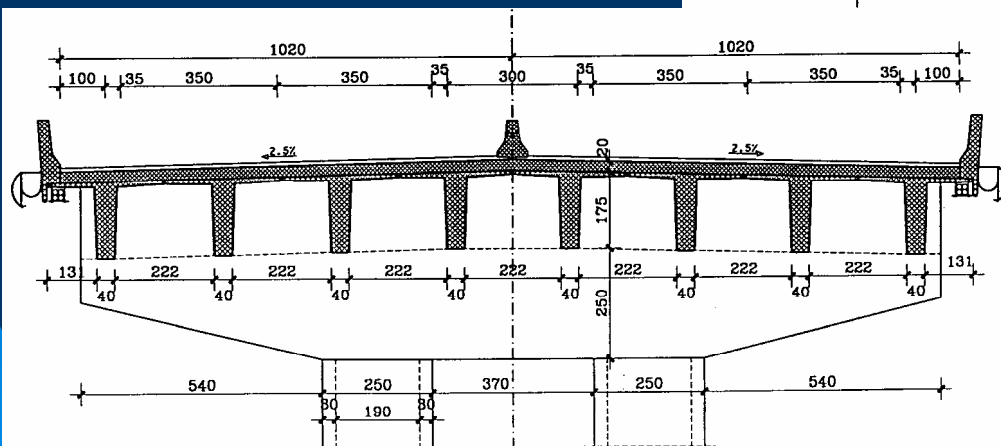
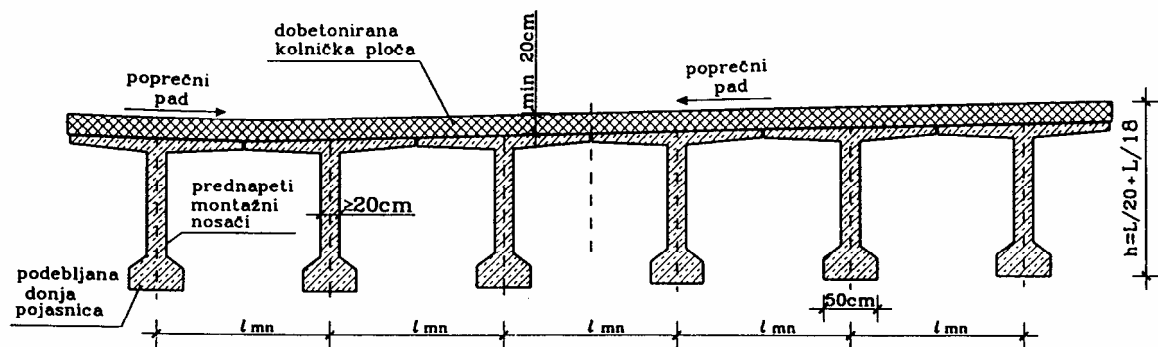
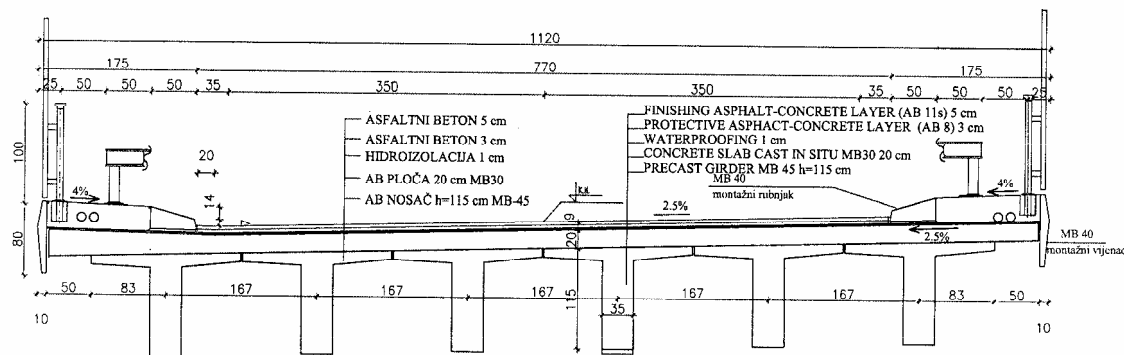


Nosači s priljubljenim gornjim pojasima i s pločom kolnika betoniranom na mjestu gradnje.

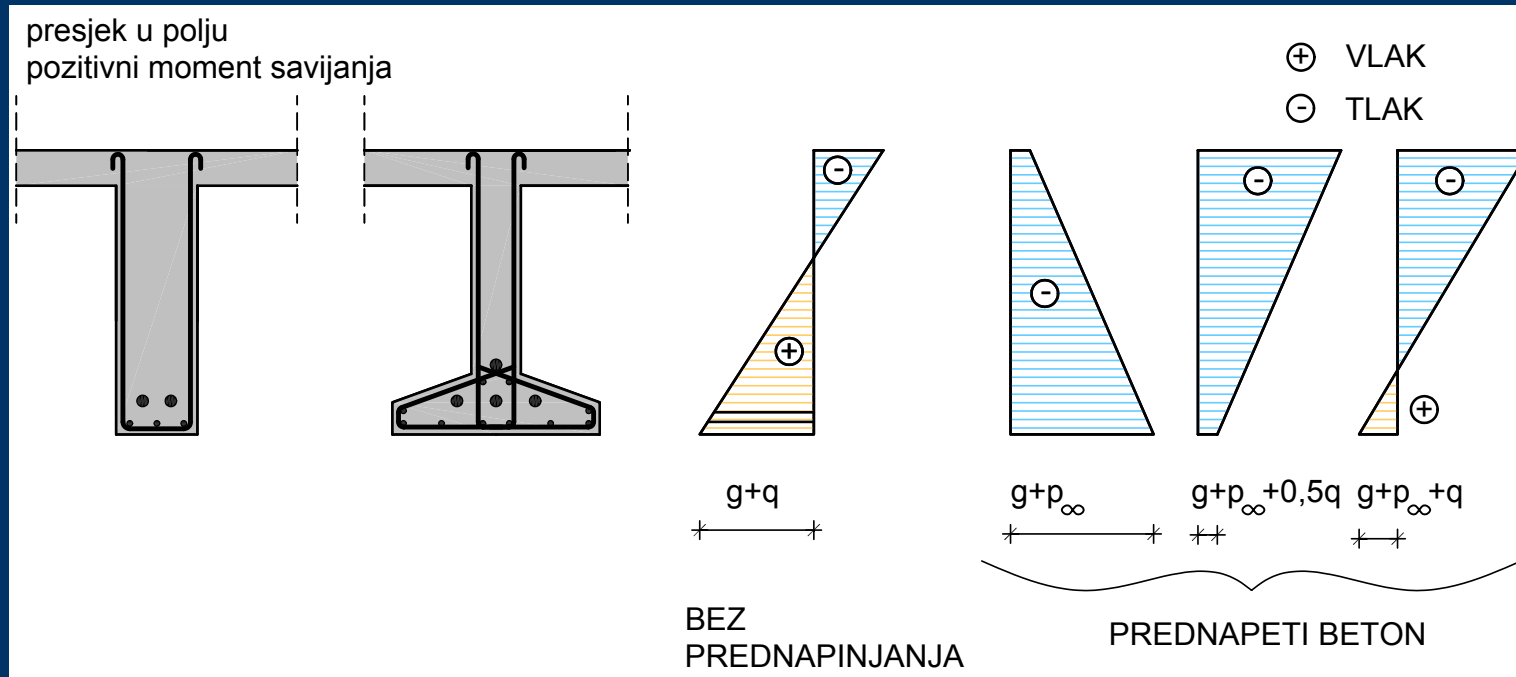


- Nema oplata, nema poprečnih nosača
- Prikladno za tipizaciju do 40 m

Nosači s priljubljenim gornjim pojasima i s pločom kolnika betoniranom na mjestu gradnje.



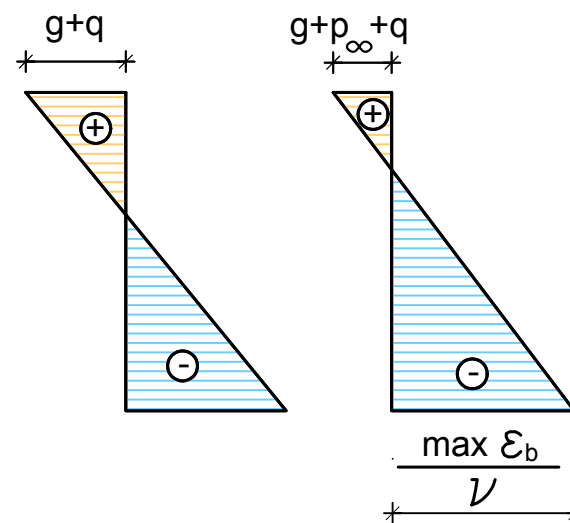
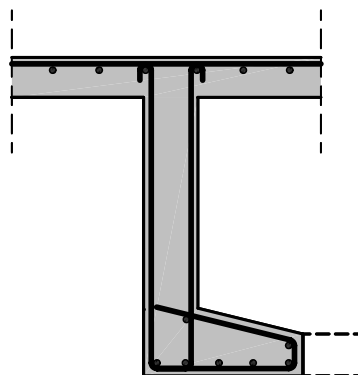
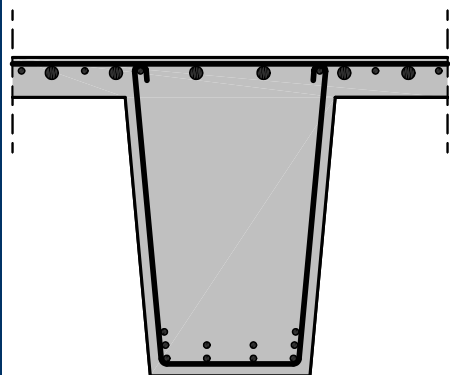
Naponi od pozitivnih momenata savijanja



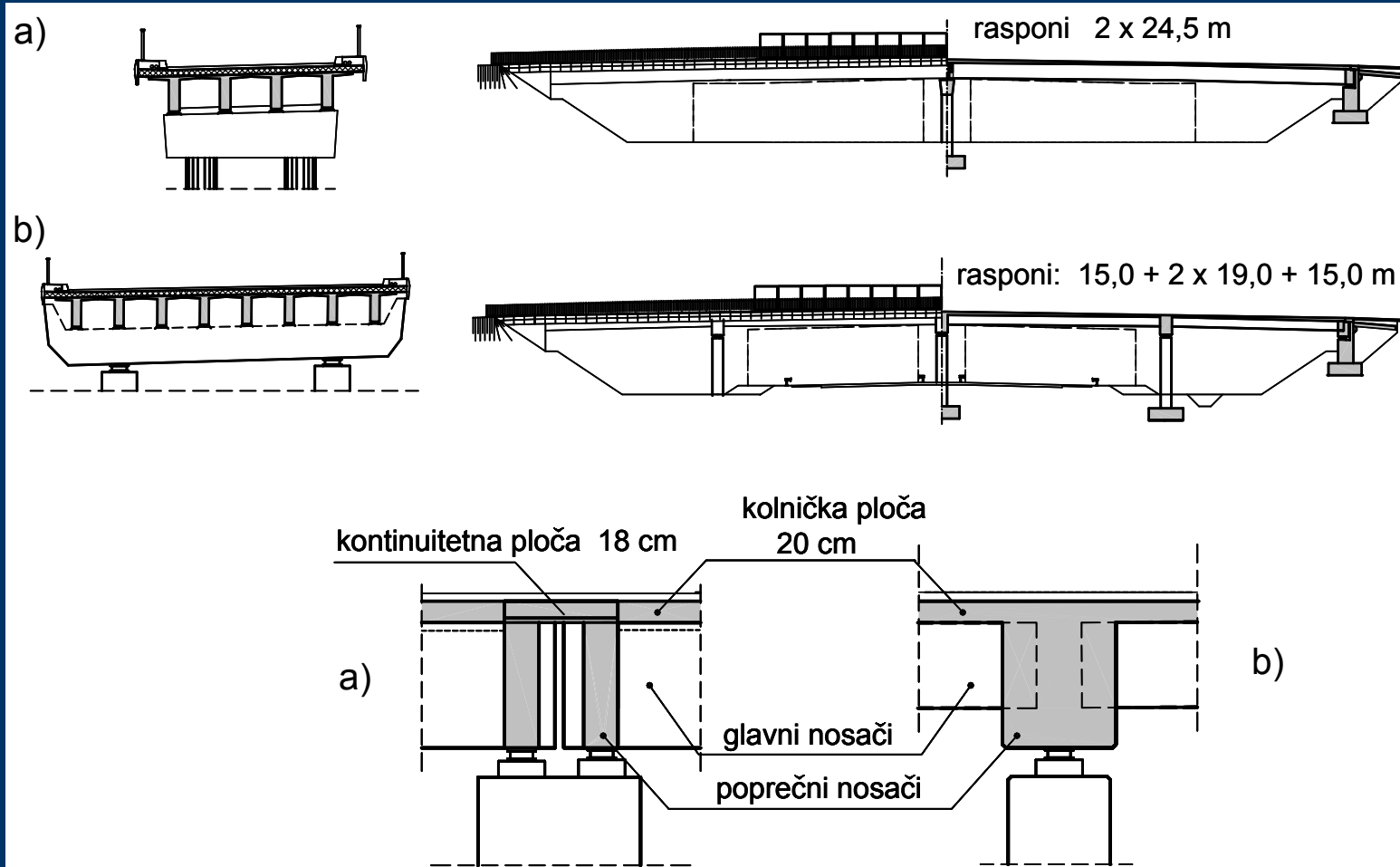
- Valja paziti da tlačni naponi od prednapinjanja na donjem rubu nisu preveliki jer će se greda izobličiti prema gore od puzanja – pogodno je djelomično prednapinjanje
- Širina vlačnog pojasa može se odrediti i tako da za opterećenje $g+0,5q$ ostane rezerva tlaka u prednapetom vlačnom pojasu

Naponi od negativnih momenata savijanja

presjek nad srednjim ležajem
negativni moment savijanja



Kontinuiteti na osloncima.



Kontinuitetna ploča

- Valja ju posebno proračunati, prvenstveno usljed zakretanja glavnih nosača na ležaju

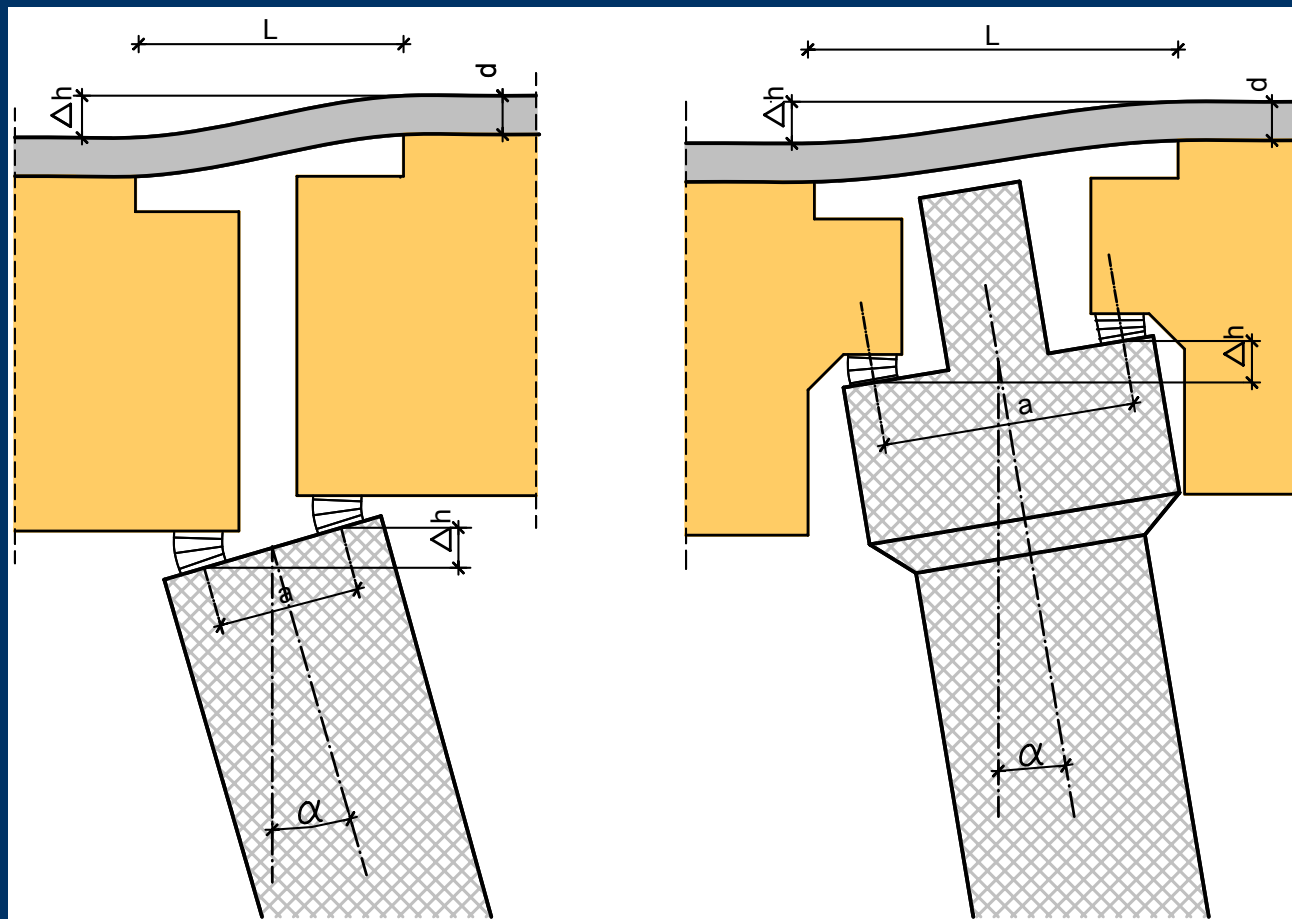
Maksimalni momenti – (-) – na spoju s pločom kolnika, usljed:

- dodatnog stalnog opterećenja,
- prometnog opterećenja,
- puzanja i skupljanja betona,
- elastične deformacije neoprenskih ležaja,
- diferencijalnog slijeganja stupa i
- zakretanja vrha stupa

Pozitivni momenti u polju kontinuitetne ploče usljed:

- opterećenja vlastitom težinom,
- stalnim opterećenjem i
- pojedinačne sile od kotača vozila.

Naponi u kontinuitetnoj ploči uslijed zakretanja vrha stupa.



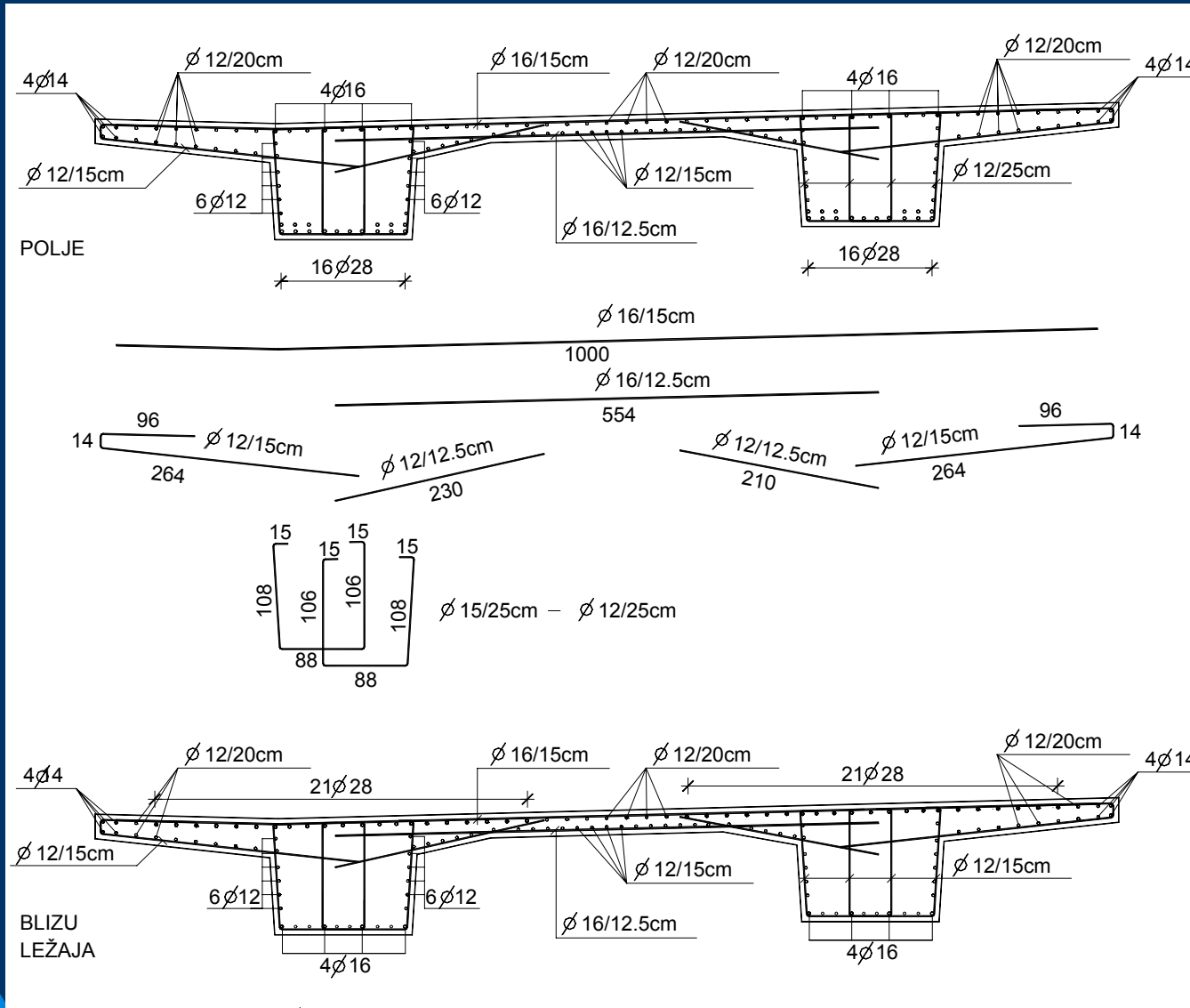
➤ ARMATURA

➤ Vlak-15 cm

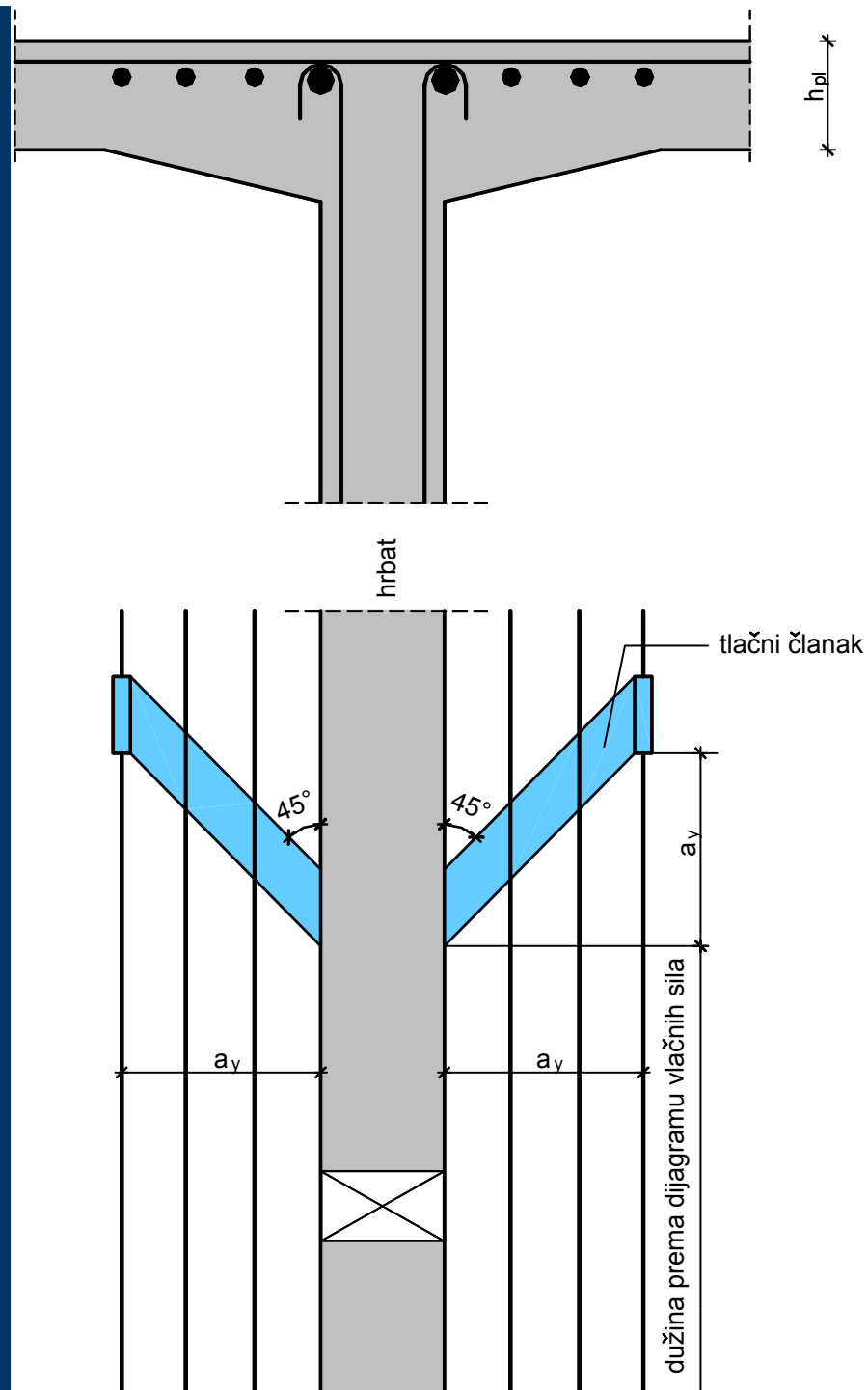
➤ Tlak -30 cm(20)

➤ $\phi 28$

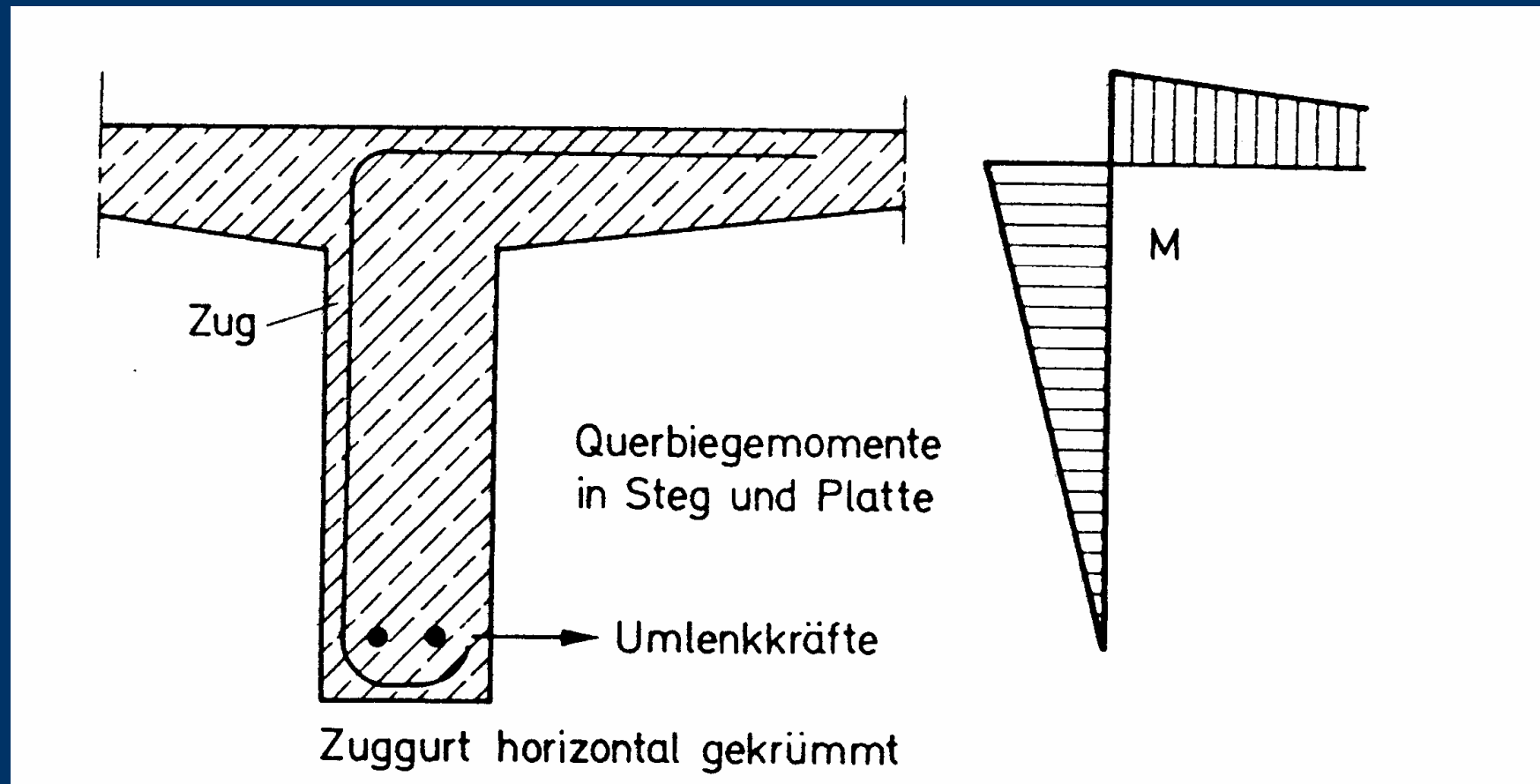
➤ $\phi 12$



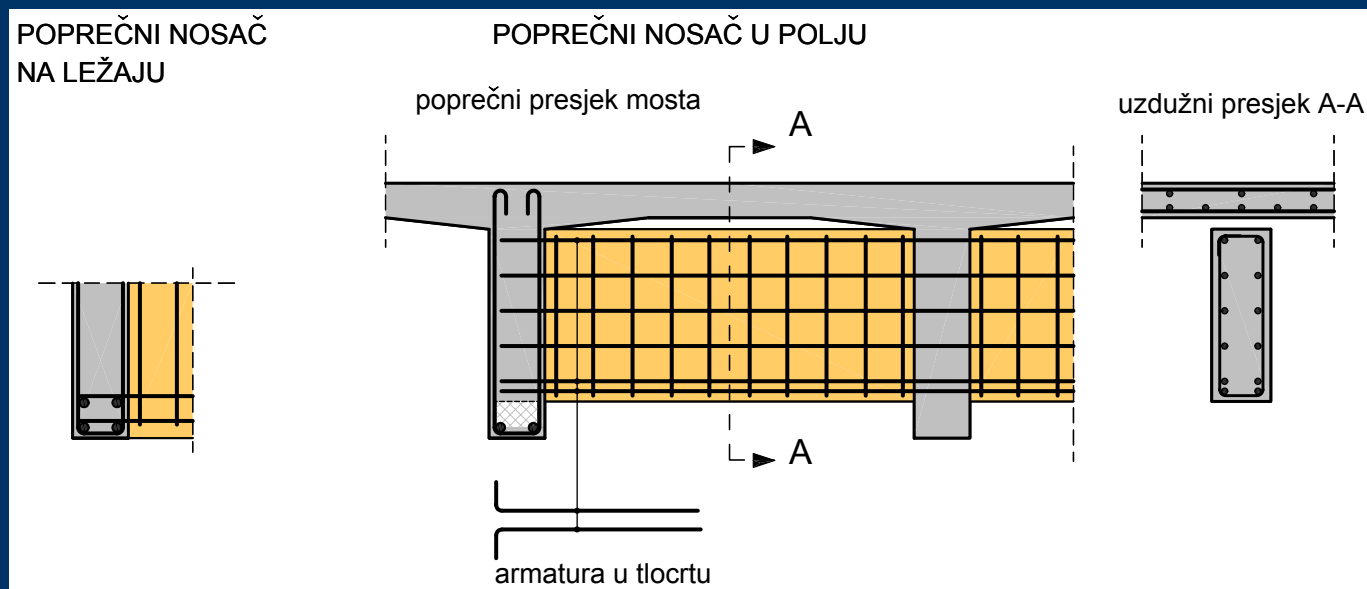
Armatura smještena u
pojasu sidri se s
dodatnom dužinom a_y



Dodatna armatura u hrptu za preuzimanje poprečnih momenata savijanja



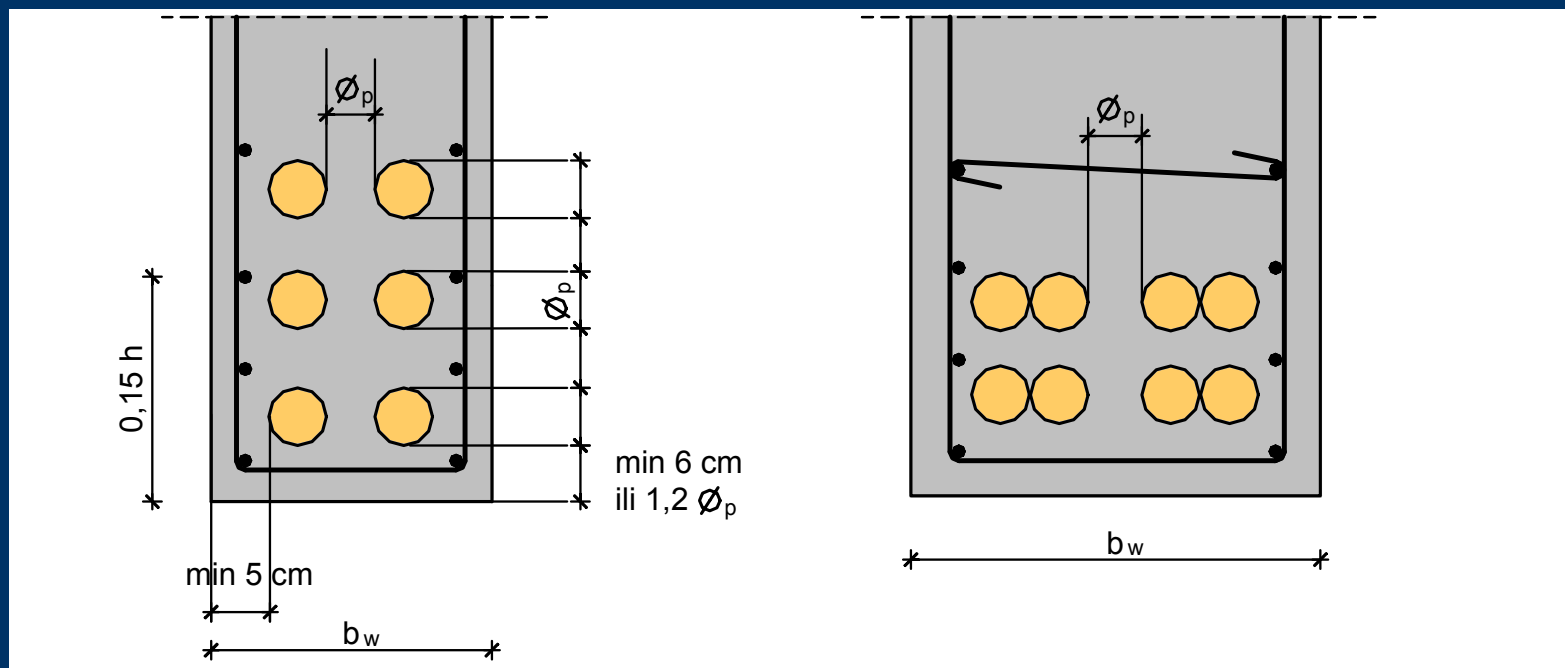
Armatura poprečnog nosača u polju i na ležaju



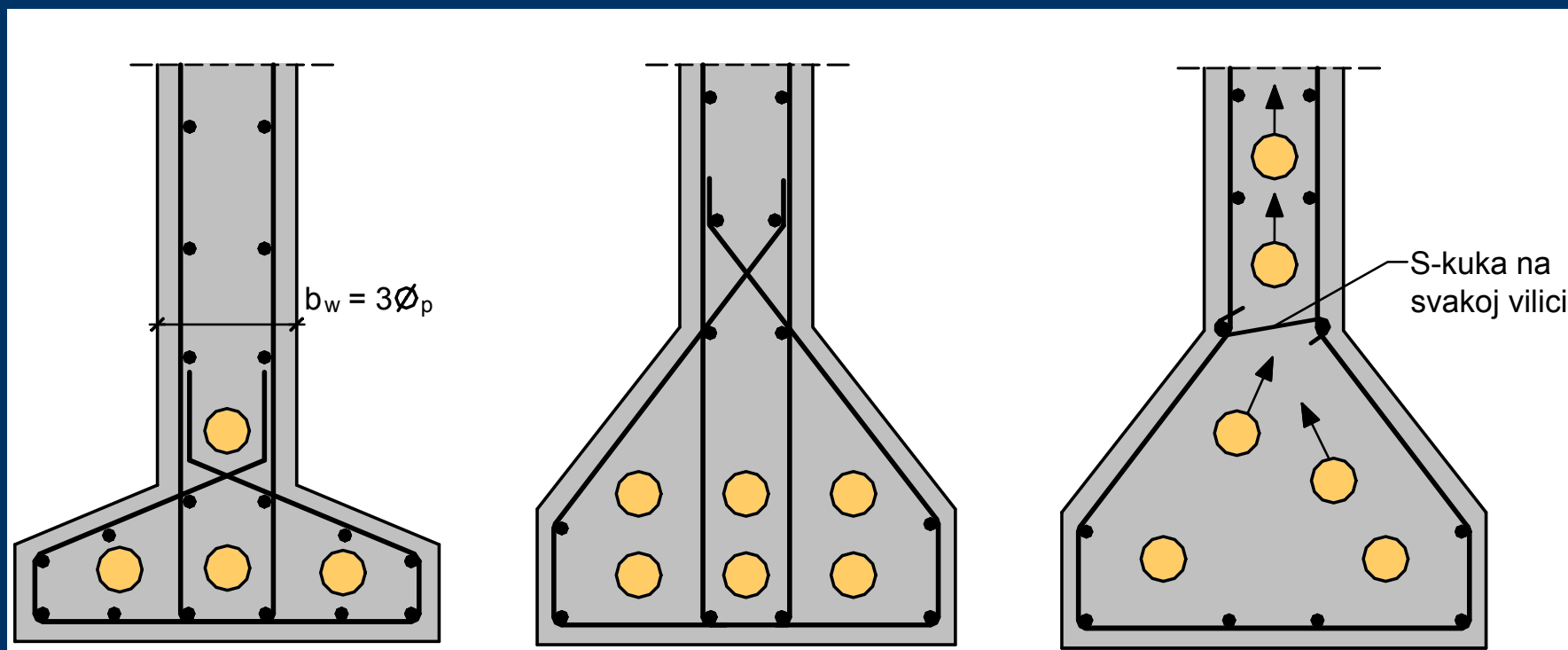
- POLJE
- Momenti savijanja različitih predznaka
- Jača donja horizontalna armatura,
- Sidrenje u gl. nosače,
- Guste vilice za preuzimanje posmika promjenjivog predznaka
- LEŽAJ
- Manje vilica
- Važna je horizontalna armatura s kojom se prihvaćaju torzijska djelovanja gl.nos. i horizontalne sile od spriječeni pomaka konstrukcije

Prednapinjanje rebrastih grednih mostova

- Sila po kabelu 300 – 600 kN – sidra nisu prevelika – lakši smještaj
- 3 žice min.
- U L/2 kabeli što niže

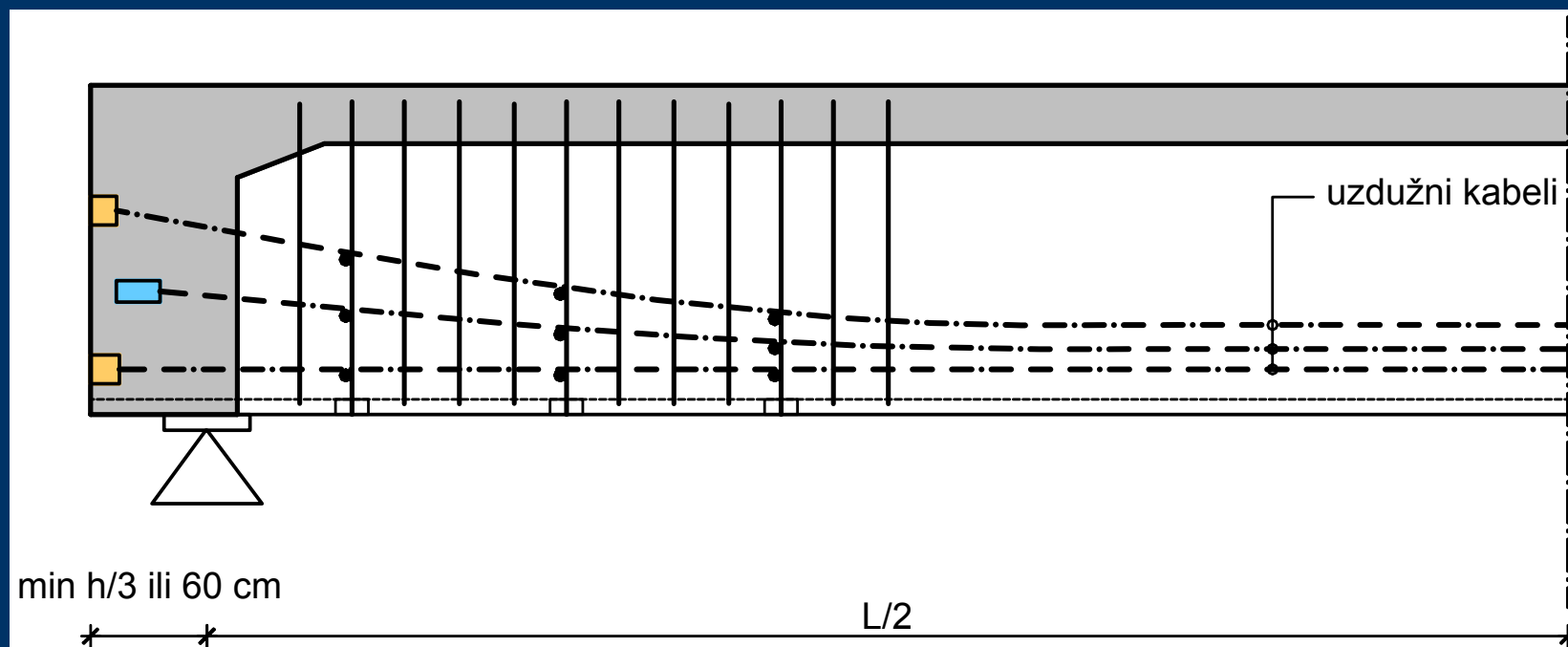


Kabeli u proširenom donjem pojasu glavnih nosača i oblikovanje vilica



Područja gdje se kabeli vode prema gore

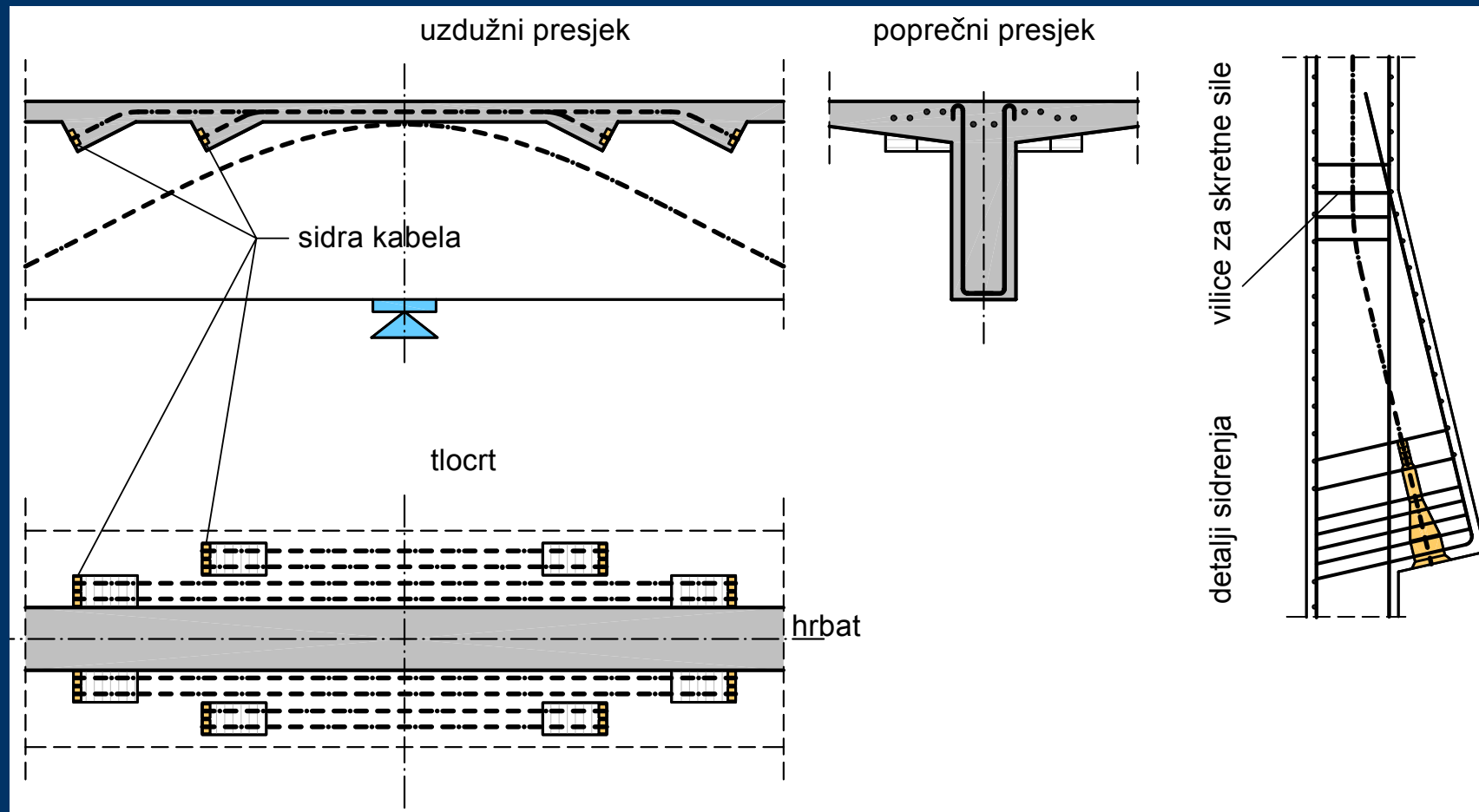
Vođenje kabela u glavnom nosaču. Usidrenje na krajevima grede



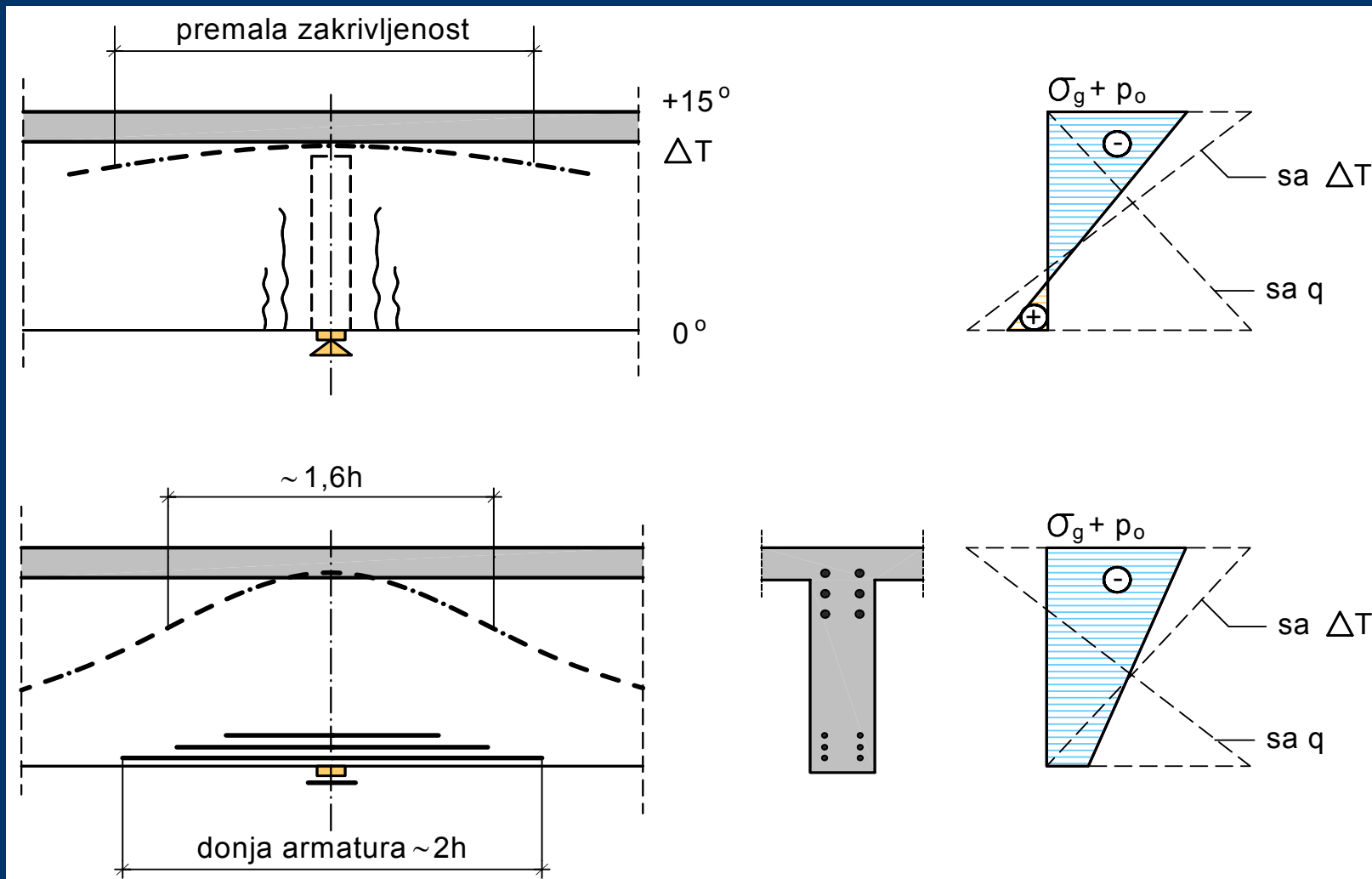
- Produljenje kraja grede preko ležaja – radi uvođenja sile prednapinjanja i ležajne reakcije
- Proste grede: naizmjenično pokretna i nepokretna sidra
- Armatura za zadržavanje projektiranog položaja pri betoniranju i vibriranju

Prednapinjanje kontinuiranih nosača iznad srednjih oslonaca

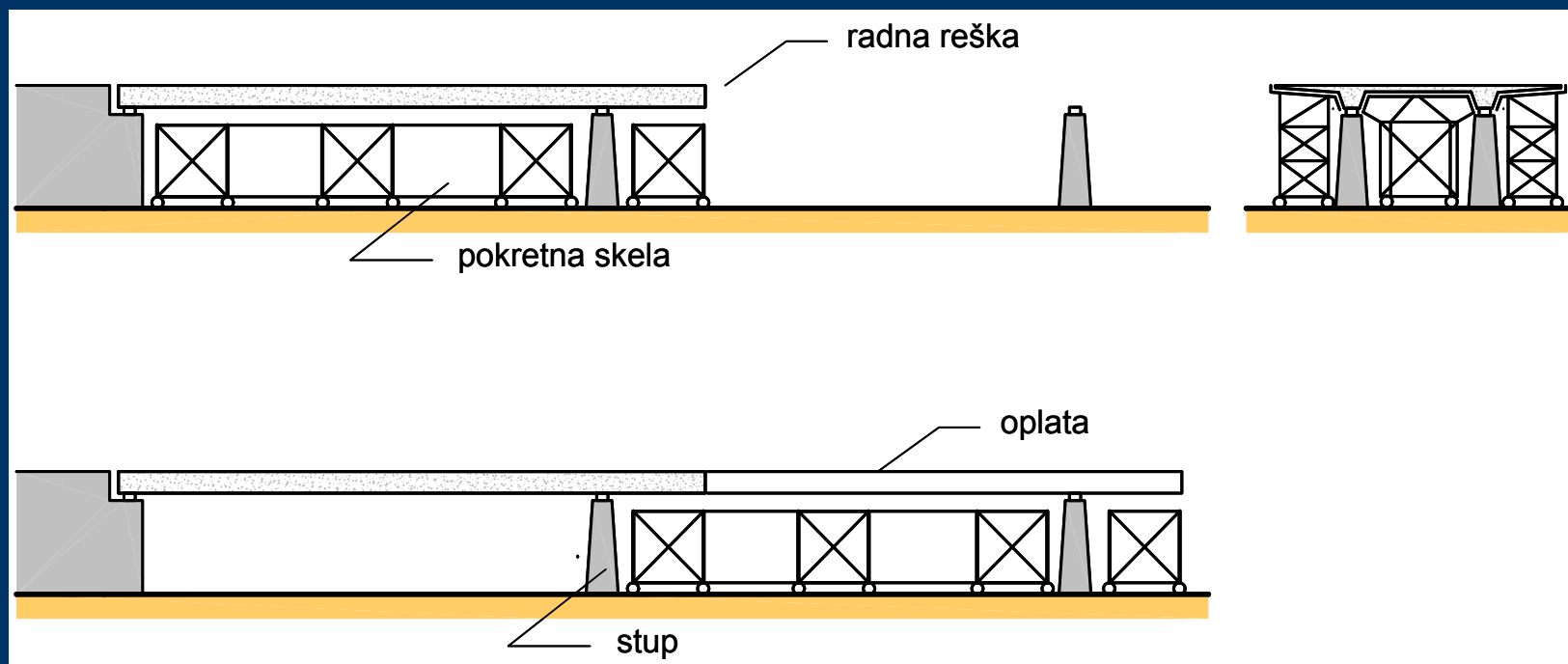
- paziti na pomak dijagrama vlačnih sila
- vilice za sile cijepanja i skretne sile



Prednapinjanje kontinuiranih nosača iznad srednjih oslonaca

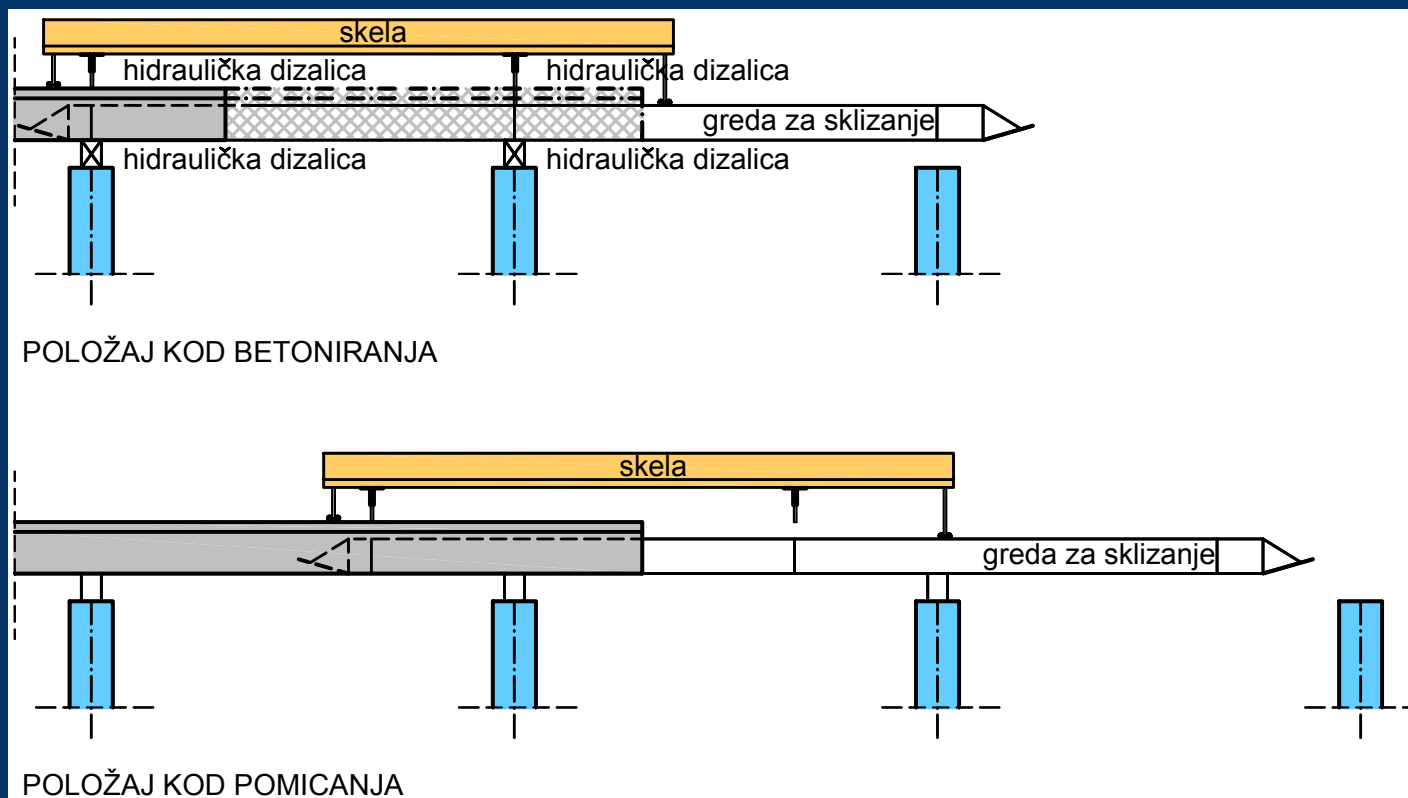


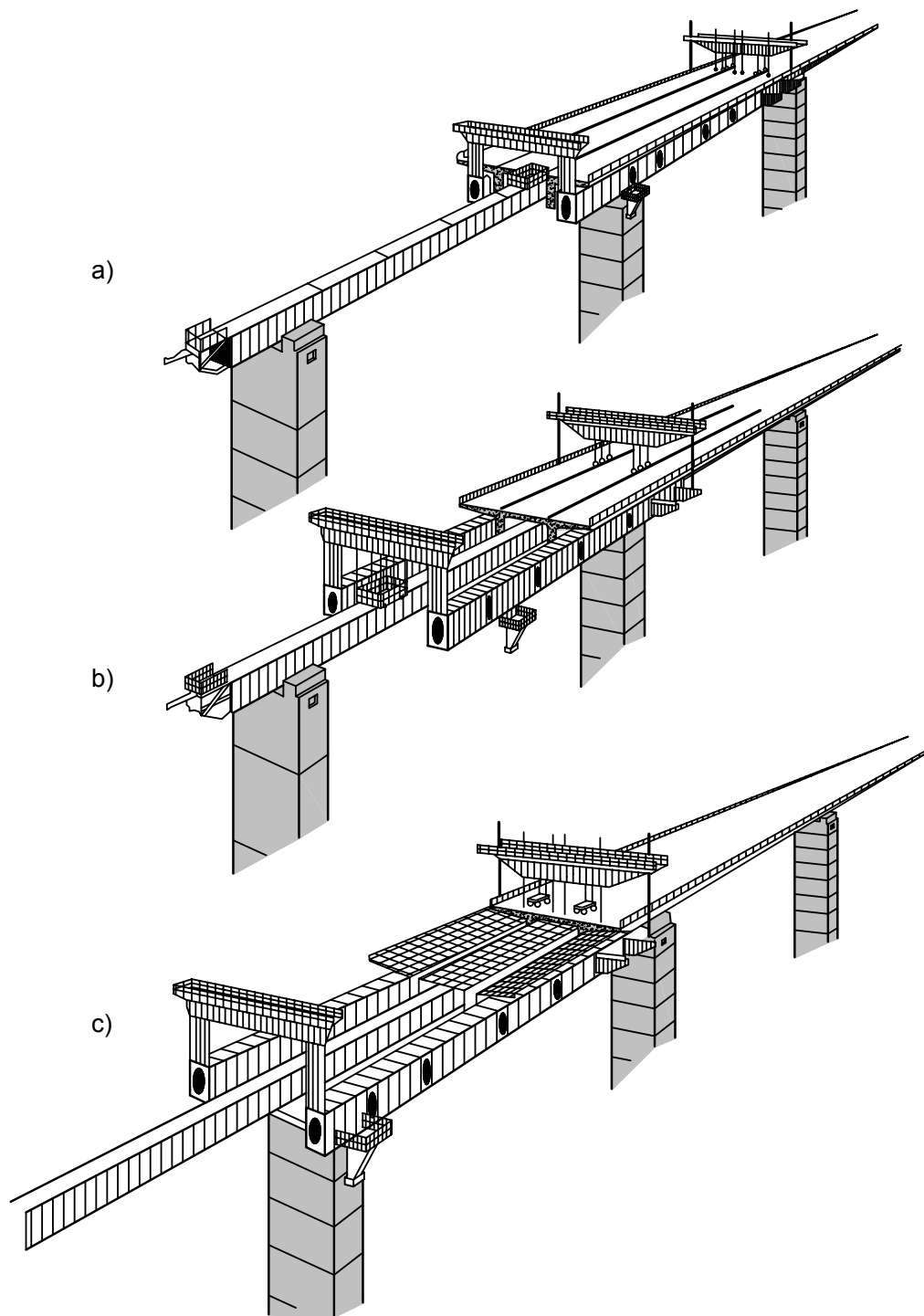
Monolitna izvedba na pokretni skeli



Lansirna skela koja se u susjedno polje premješta odjednom

- Čelična skela postavlja se na prethodno izvedene stupove mosta.
- Nakon betoniranja jednog polja i prednapinjanja konstrukcije, skela se premješta u sljedeće polje pa je gradnja neovisna o uvjetima tla.
- Skela treba nositi vlastitu težinu te težinu svježeg betona sve dok on ne dosegne čvrstoću dostatnu za prednapinjanje.
- Ovakav način izvedbe pogodan je za dugačke mostove kontinuiranog sustava, raspona iznad 30,0 m.
- Izradba jednog polja obično traje dva tjedna.



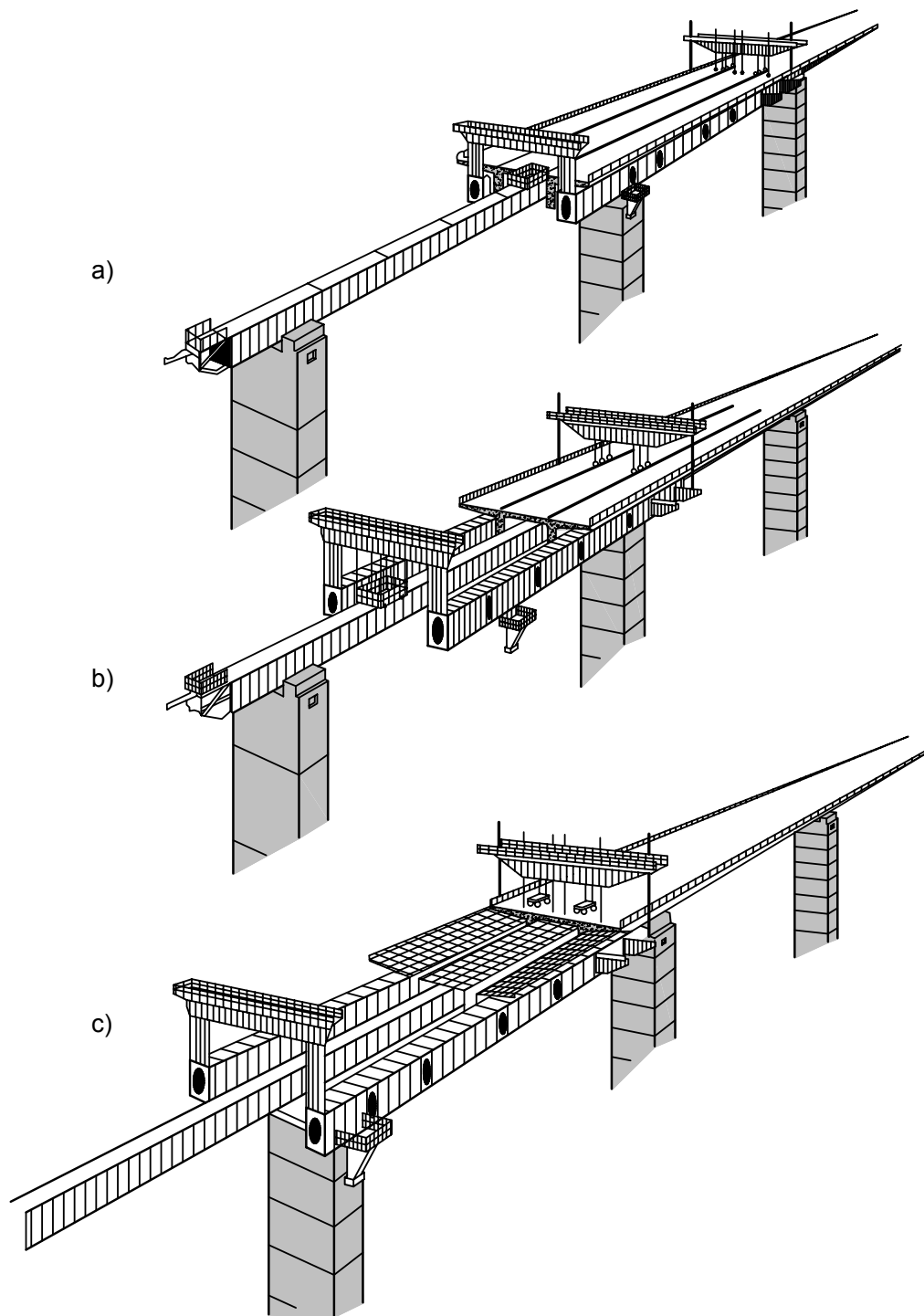


Pokretna skela koja se u
sljedeće polje premješta
u dijelovima

a) položaj za betoniranje,

b) premještanje vanjskih nosača,

c) srednji nosač je premješten i
namješta se oplata



-dva vanjska nosača sandučastih presjeka duljine 50 m i jednoga srednjeg nosača sličnog presjeka duljine 98 m, koji služi i za premještanje skele

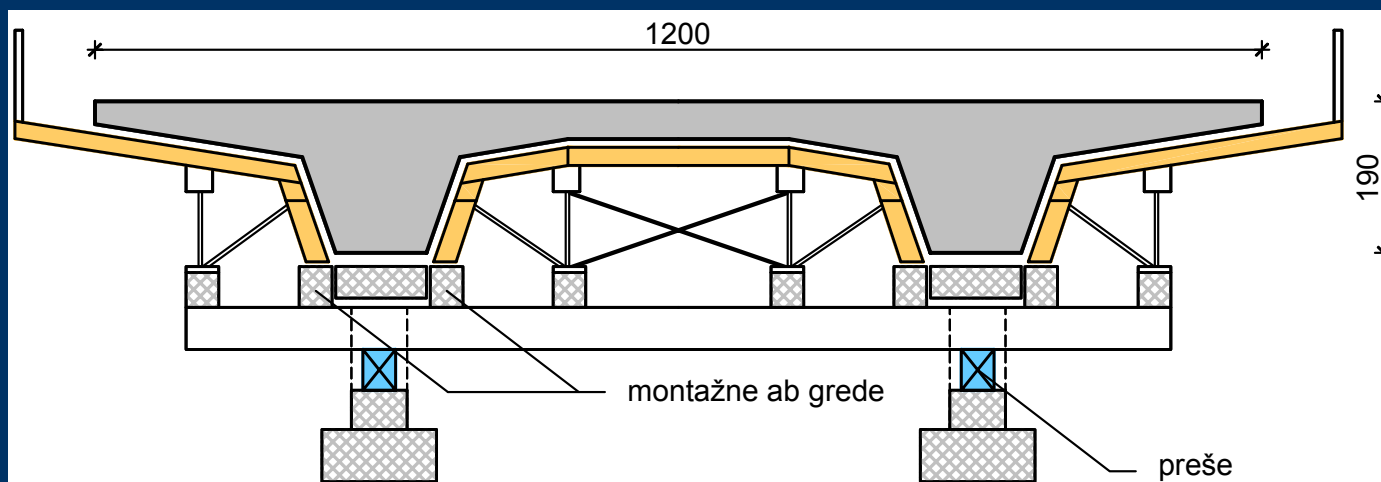
-jednoga poprečnog okvira koji sprijeda povezuje vanjske nosače,

-prednjih kolica s kojima se putem poprečnog okvira prevoze vanjski nosači po srednjem nosaču,

-stražnjih kolica s poprečnom gredom s prepustima i vješaljkama, s kojima se prvo prevoze vanjski nosači po očvrsлом betonu, a potom prihvaća ukupno opterećenje od sva tri nosača skupa sa svježim betonom i prenosi na očvrsli prepusni dio rasponskoga sklopa,

-dvije ležajne konzole, koje opterećenje od vanjskih nosača predaju na vidljive utore u stupovima.

Oplata rebrastoga poprečnog presjeka predviđenoga za izvedbu potiskivanjem

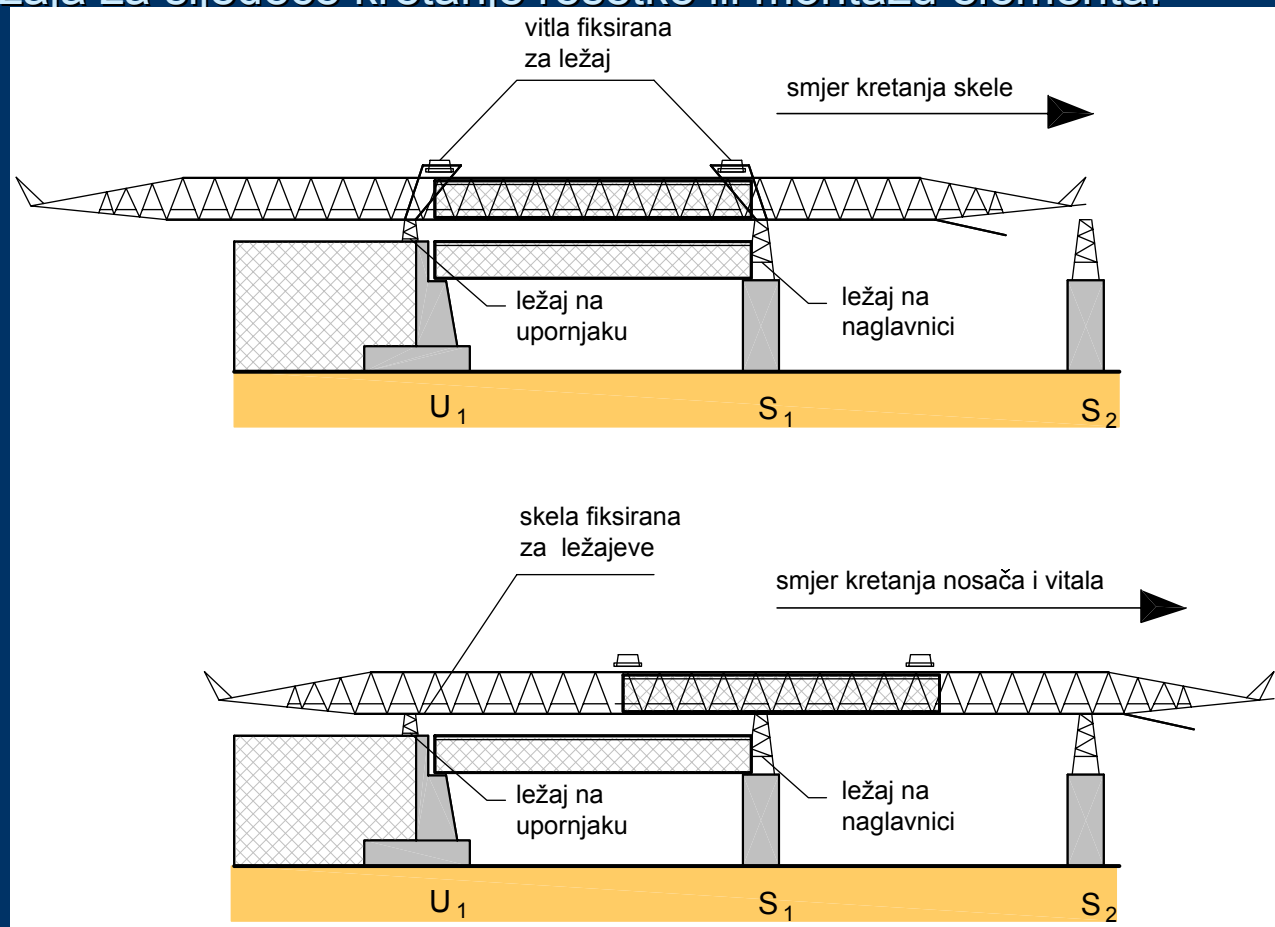


Navlačna rešetka

Kada se kreće rešetka, element miruje, odnosno kada se kreće element, rešetka miruje. To se postiže razmakom vitala.

Kada se kreće rešetka, vitla se nalaze u blizini pripadajućih ležajeva za koja su zakvačena elastičnom užadi. Motori vitala guraju rešetku preko kolica na ležajevima do sljedećeg ležaja.

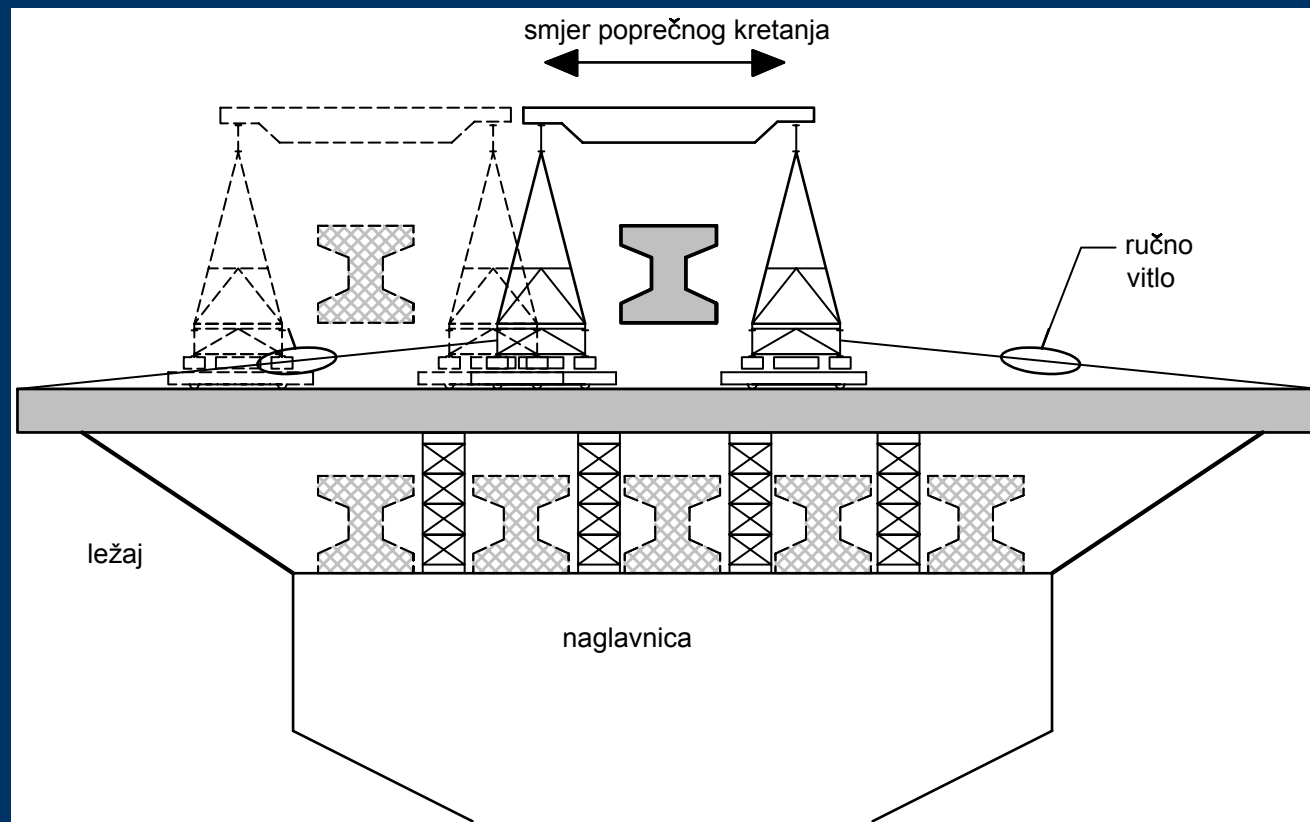
Nakon toga se rešetka fiksira na ležajevima te se element pomoću vitala transportira uzduž rešetke do položaja za sljedeće kretanje rešetke ili montažu elementa.



Navlačna rešetka

Poprečno kretanje rešetke potrebno je osigurati zbog smještaja nosača u poprečnom presjeku.

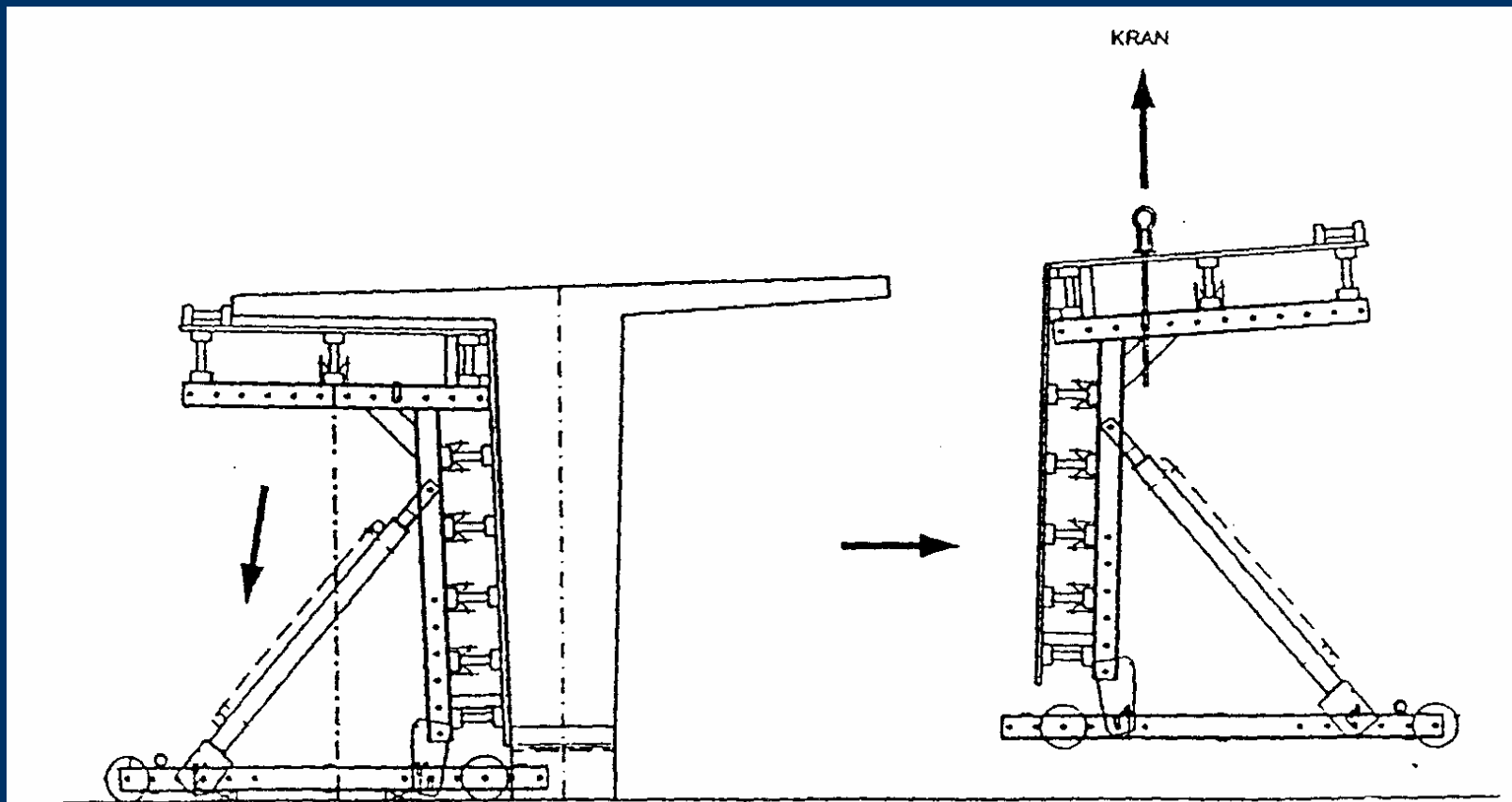
Pogon daju ručna vitla na ležajevima.

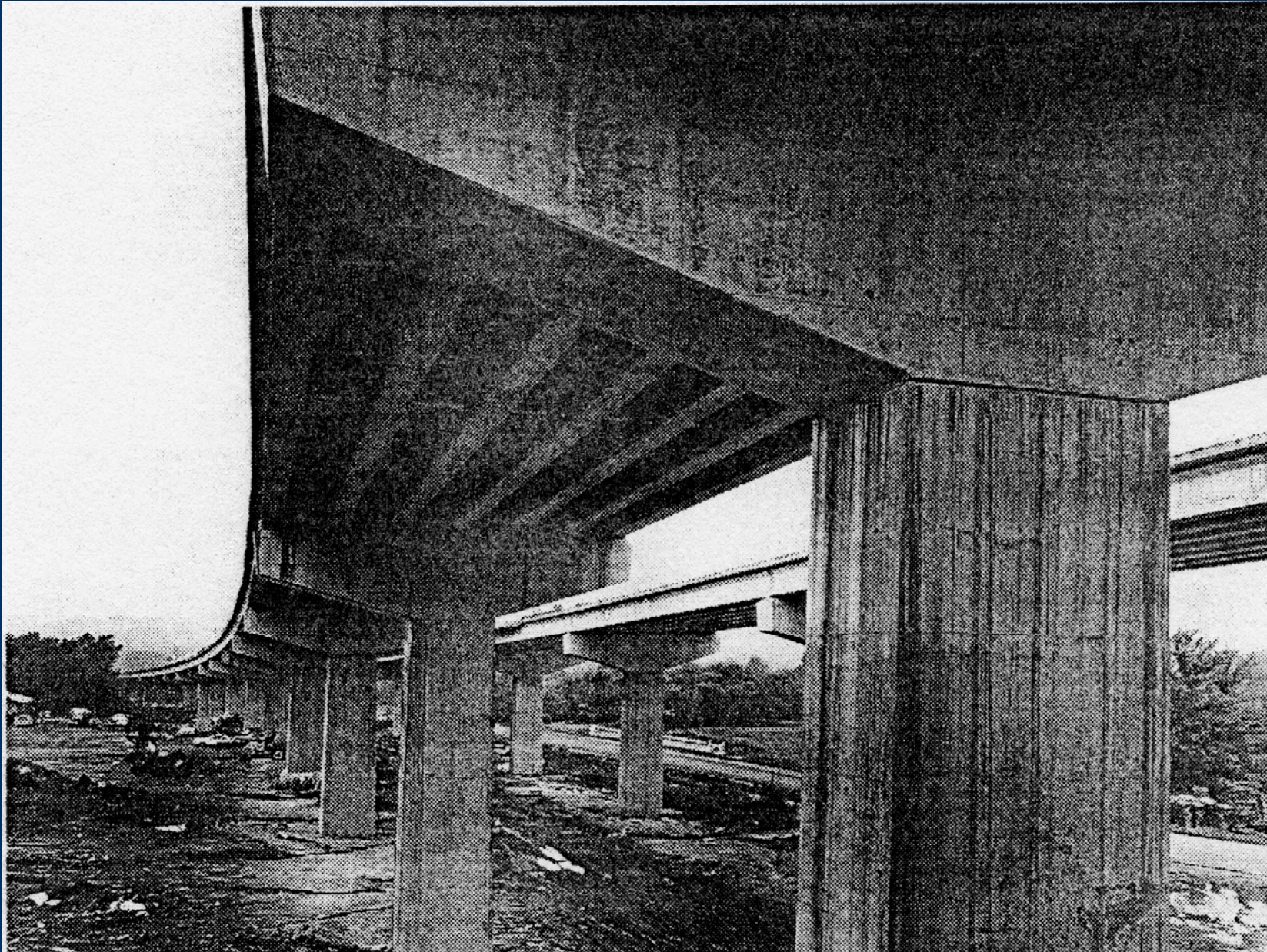


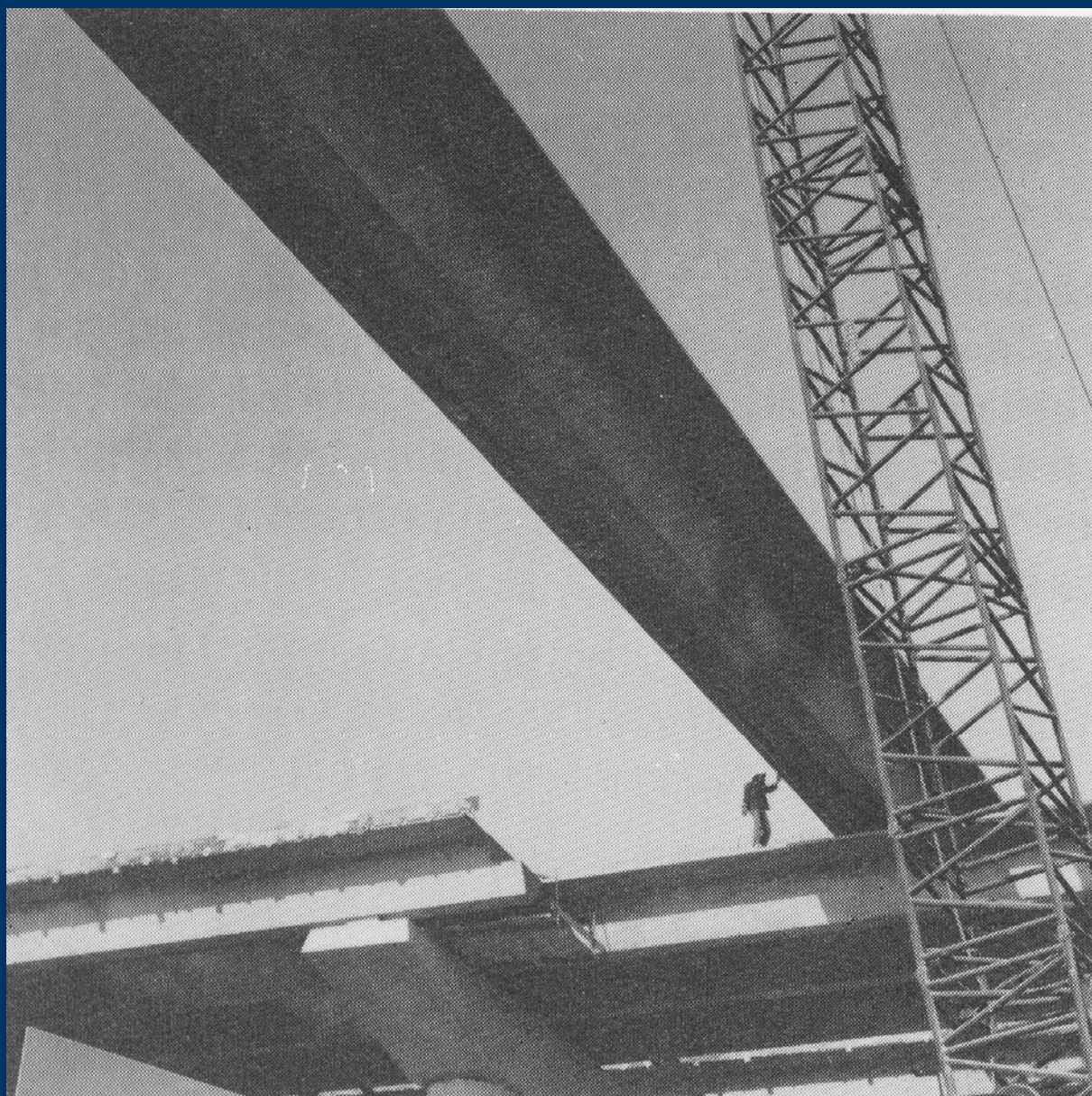
Oplata montažnog glavnog nosača

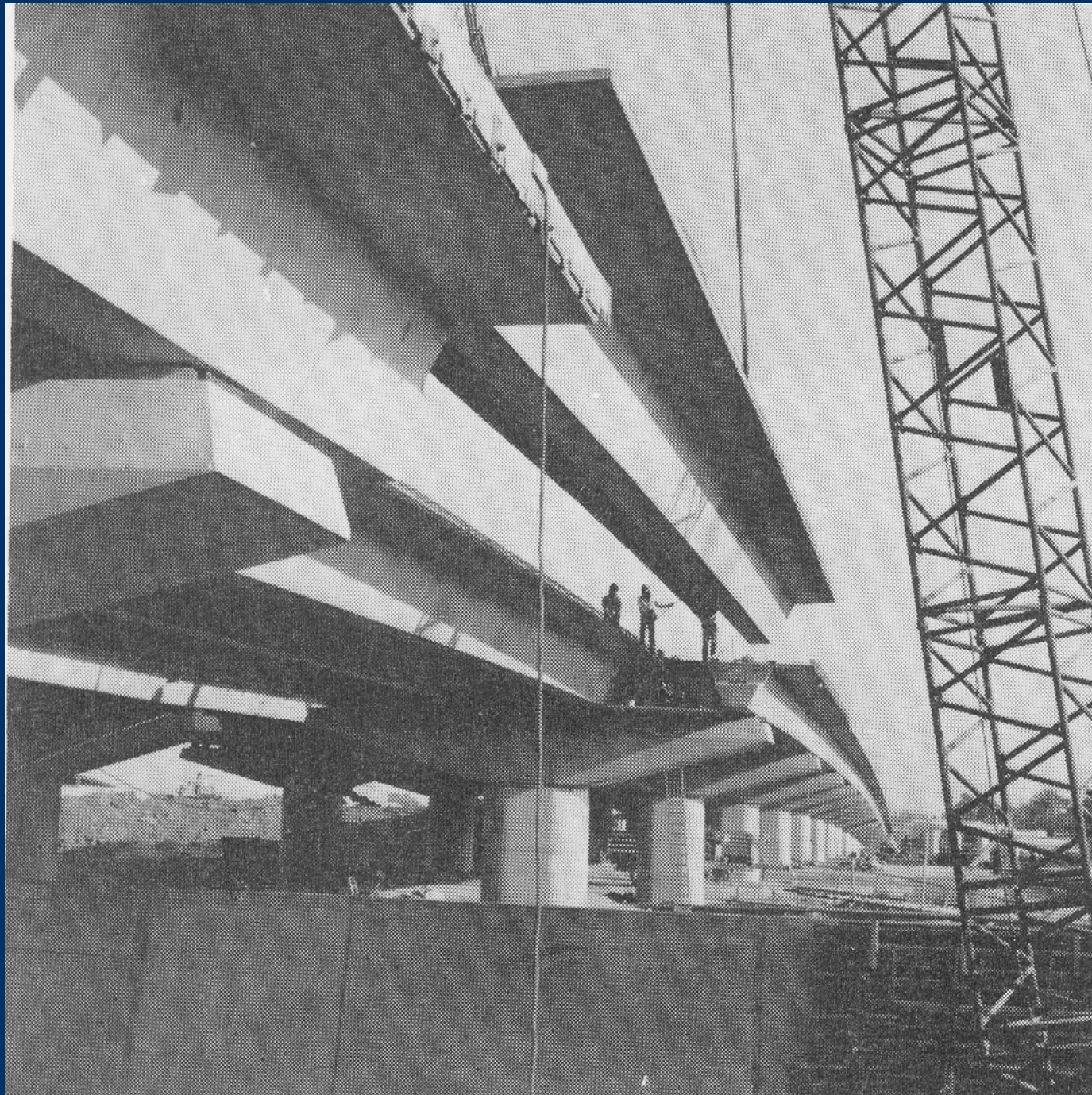
Montažni nosači izrađuju se na gradilištu, a ponekad i u tvornicama predgotovljenih elemenata. Kada se nosači izrađuju na gradilištu, najčešće je to na trasi, odmah iza upornjaka. Kada je most veće duljine, nosači se mogu izrađivati i ispod mosta.

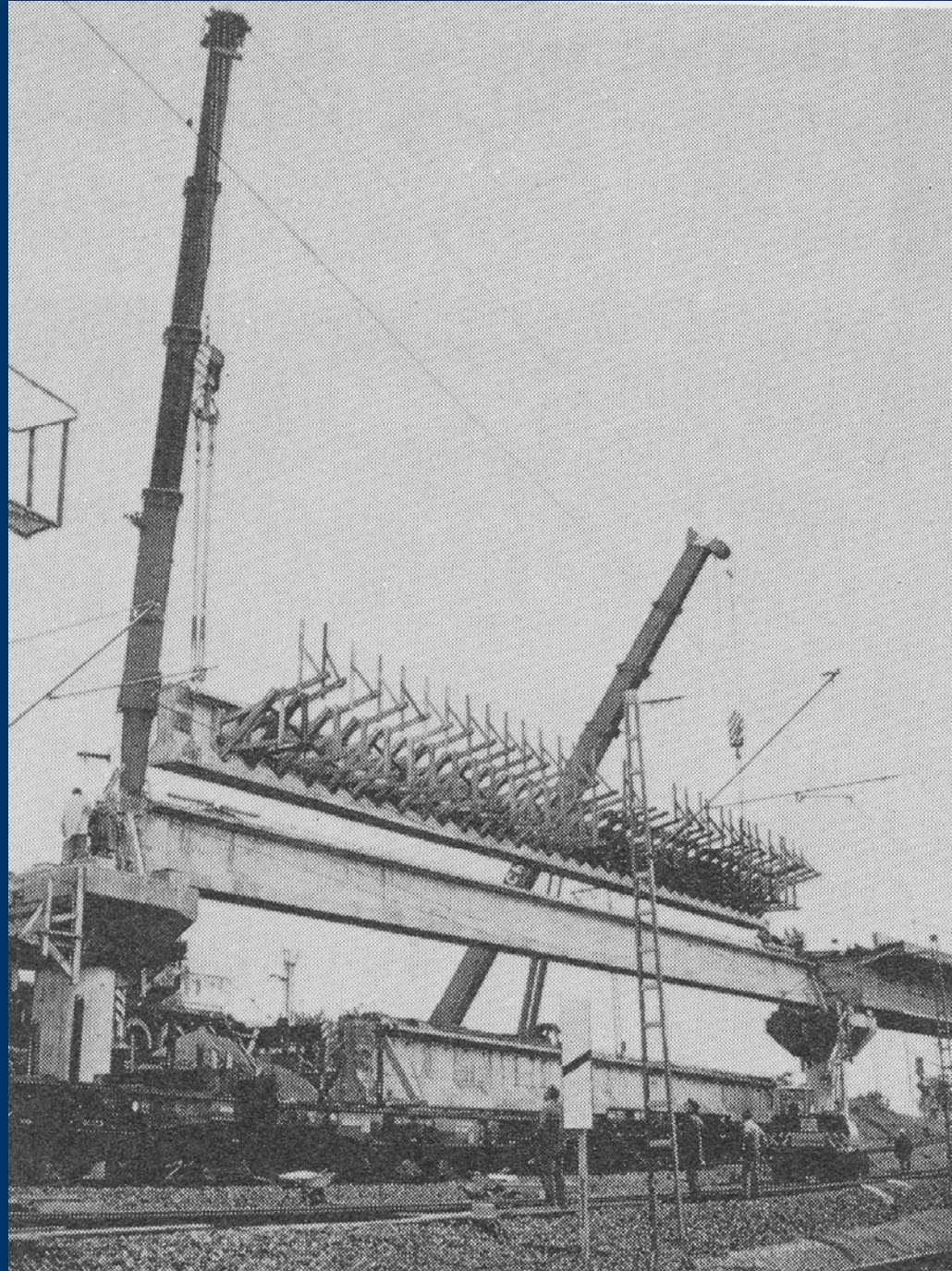
Oplata montažnih nosača izrađuje se od drva, drva oblijepljenog limom ili lima. Drvena oplata koristi se pri izradbi manjeg broja nosača, a za veliki broj nosača primjenjuje se metalna oplata koju treba konstruirati, tako da se lako otvara i zatvara.











KRAJ