

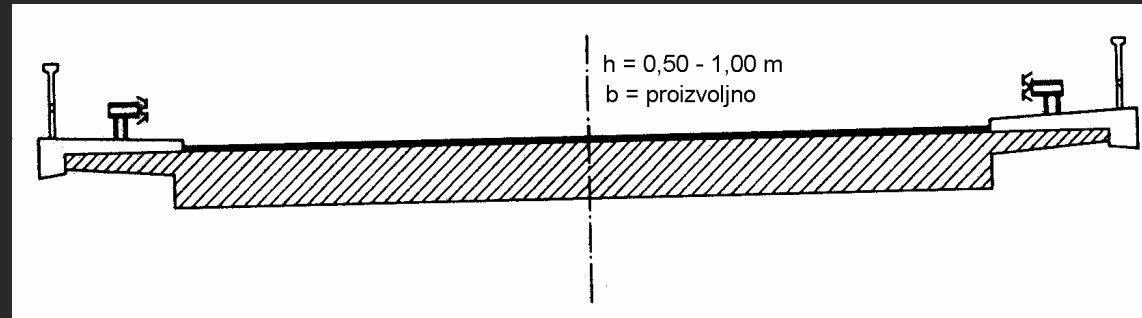
PLOČASTI GREDNI MOSTOVI

Predavanja za predmet Masivni
mostovi

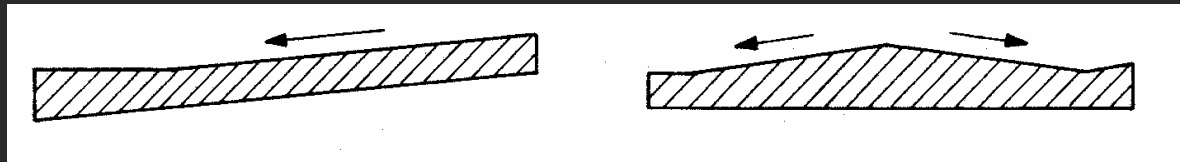
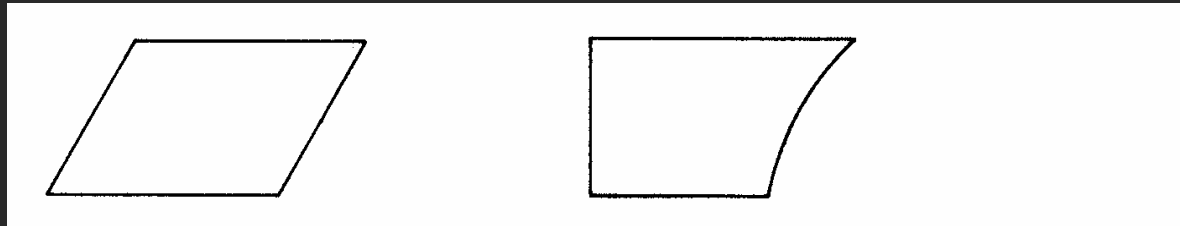
Oblikovanje

Ploče betonirane na mjestu gradnje

- AB
- $L_{\max} = 15,0 \text{ m}$
- $L_{i,\max} = 20,0 \text{ m}$
- $L_{i,\max} (h_{\text{prom}}) = 25,0 \text{ m}$
- $h = 50 - 100 (90) \text{ cm}$



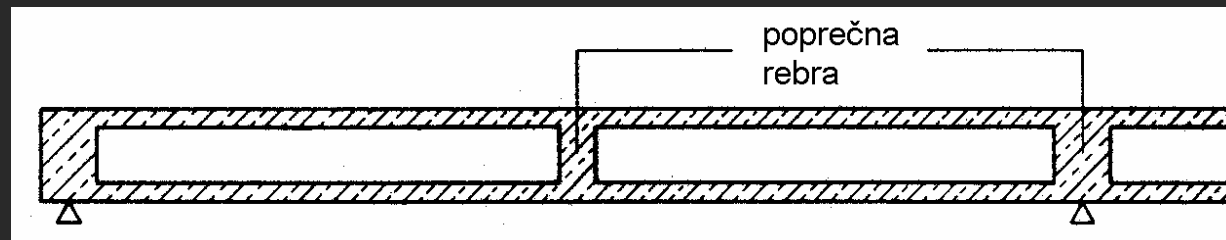
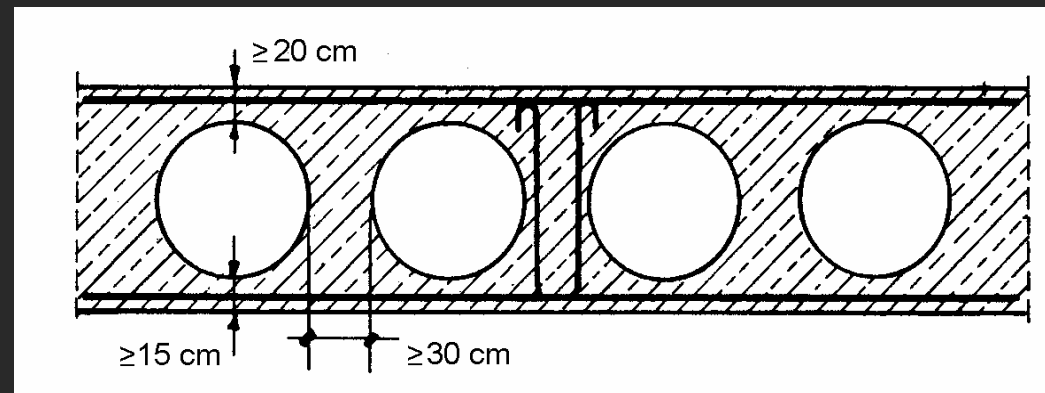
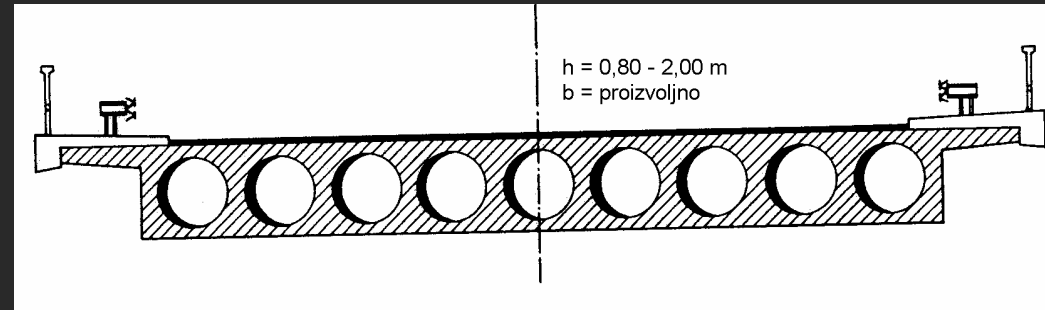
- PB
- $L_{\max} = 25,0 \text{ m}$
- $L_{i,\max} = 30,0 \text{ m}$
- $h = 80 - 125 \text{ cm}$



Oblikovanje

Ploče betonirane na mjestu gradnje

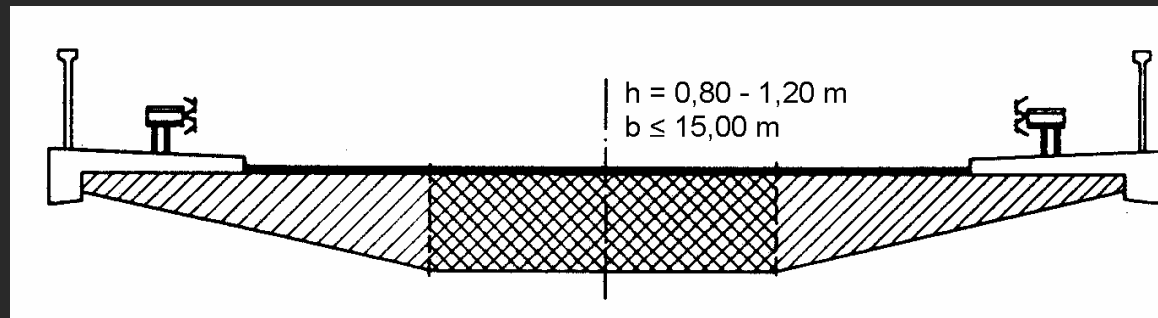
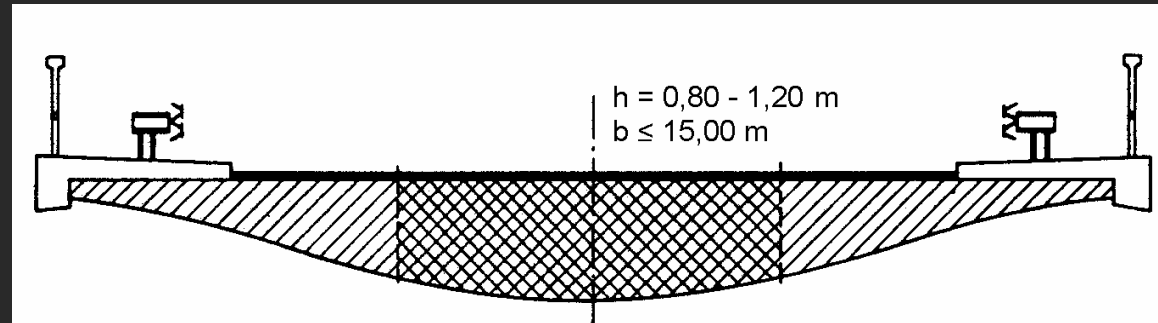
- $h > 80(70)\text{cm}$ –
- izgubljena oplata u obliku kartonskih i metalnih cijevi ili pravokutnih profila
- puna tijela od polistirena
- rupe za odvodnju u najnižoj točki šupljine
- poprečna rebra $b \geq h/2$
- nedopuštene (u Njemačkoj)



Oblikovanje

Ploče betonirane na mjestu gradnje

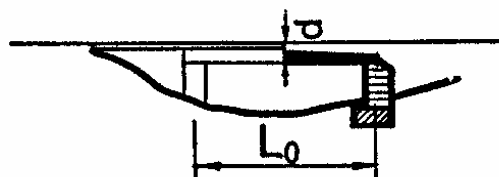
- Oblikovno uspjeti presjeci bez istaknutih konzola s podebljanim nosivim dijelom ploče



Oblikovanje

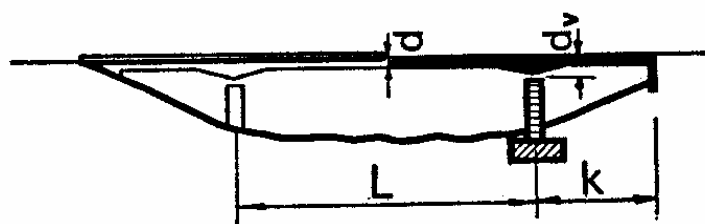
Ploče betonirane na mjestu gradnje

- AB ploče



$$L_0 = \text{do } 15 \text{ m}$$

$$d = L/15 \text{ do } L/25$$

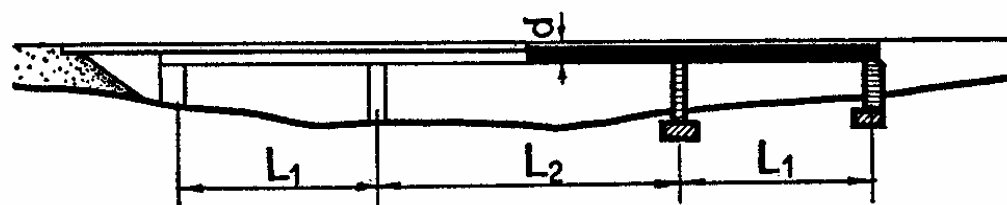


$$L_0 = 6 \text{ do } 15 \text{ m}$$

$$k = 0,2L \text{ do } 0,3L$$

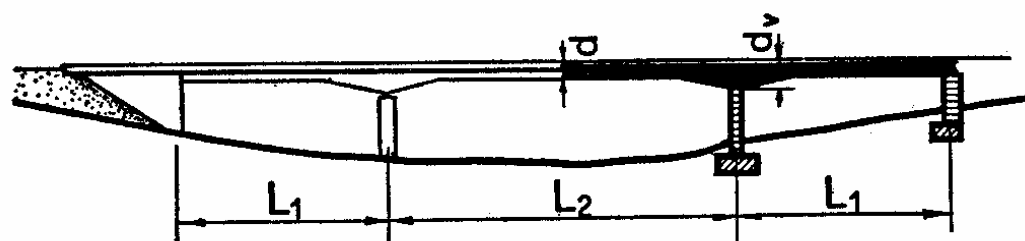
$$d = L/14 \text{ do } L/25$$

$$d_v = d \text{ do } 2d$$



$$L_2 = \text{do } 20 \text{ m}$$

$$d = L/20 \text{ do } L/25$$



$$L_2 = \text{do } 25 \text{ m}$$

$$d = L_1/25 \text{ do } L_1/30$$

$$d_v = d \text{ do } 2d$$

Oblikovanje

Ploče betonirane na mjestu gradnje

- **AB ploče**

Tip mosta	Statički sustav	L (m)	h/L
Cestovni	Prosta greda	15,0	1/17
	Kontinuirani nosač	20,0	1/22
Željeznički	Prosta greda	12,0	1/12
	Kontinuirani nosač	15,0	1/16

Oblikovanje

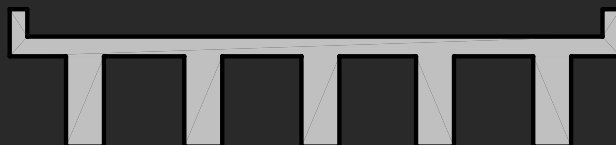
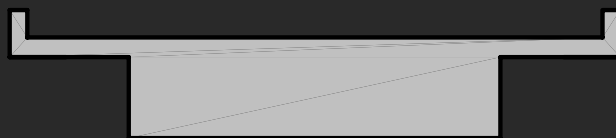
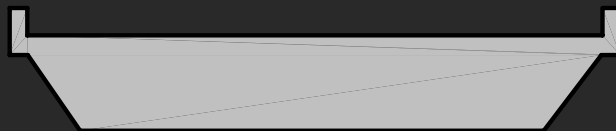
Ploče betonirane na mjestu gradnje

- **PB ploče**

Tip mosta	Statički sustav	L (m)	h/L
Cestovni	Prosta greda	25,0	1/22
	Kontinuirani nosač	30,0	1/28
Željeznički	Prosta greda	20,0	1/16
	Kontinuirani nosač	20,0	1/18

Oblikovanje

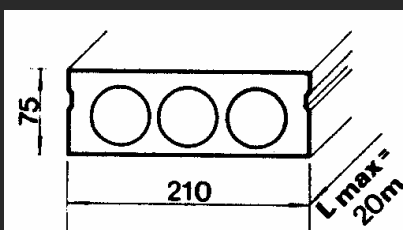
Razvoj oblika poprečnih presjeka



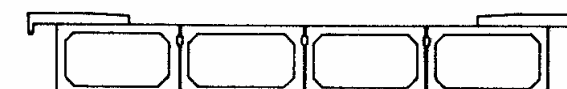
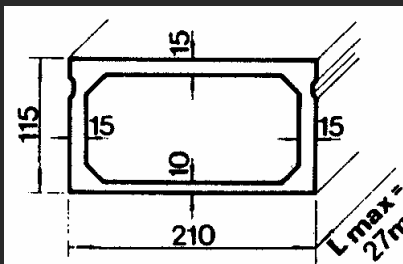
Oblikovanje

Ploče od predgotovljenih elemenata

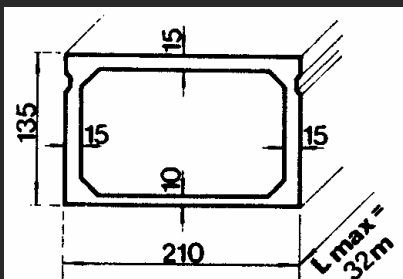
- Tipski montažni nosači (Viadukt) adhezivno prednapeti
- Uzdužna kontinuirana spojnica (armirana i zalivena betonom).
- Poprečna veza na krajevima nosača - kabelom za naknadno prednapinjanje.
- Kontinuitet – kratke ploče na mjestu
- Trajnost spojnica upitna – povrh nosača izvodi se ploča debljine 20 cm



SAN 210/75 $L_{max} = 20$ m



SAN 210/115 $L_{max} = 27$ m

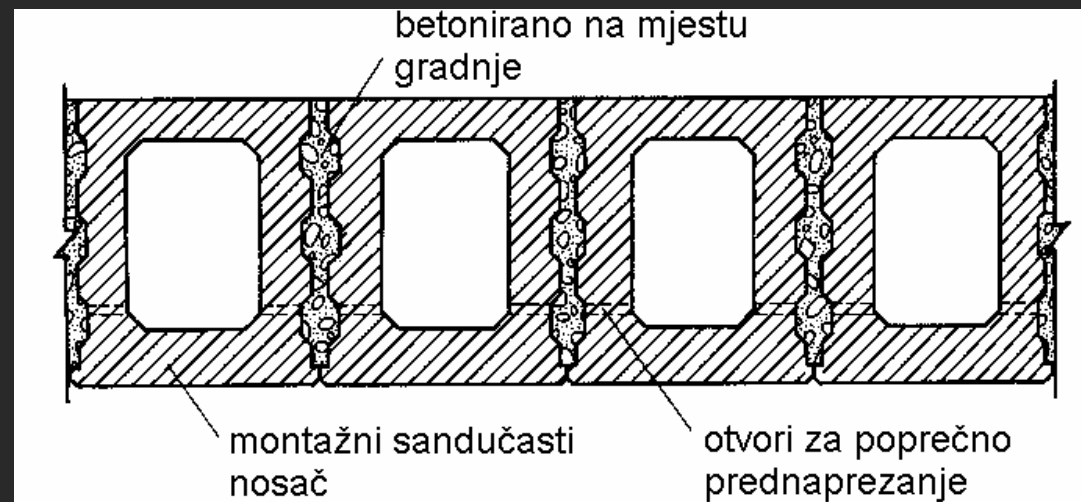
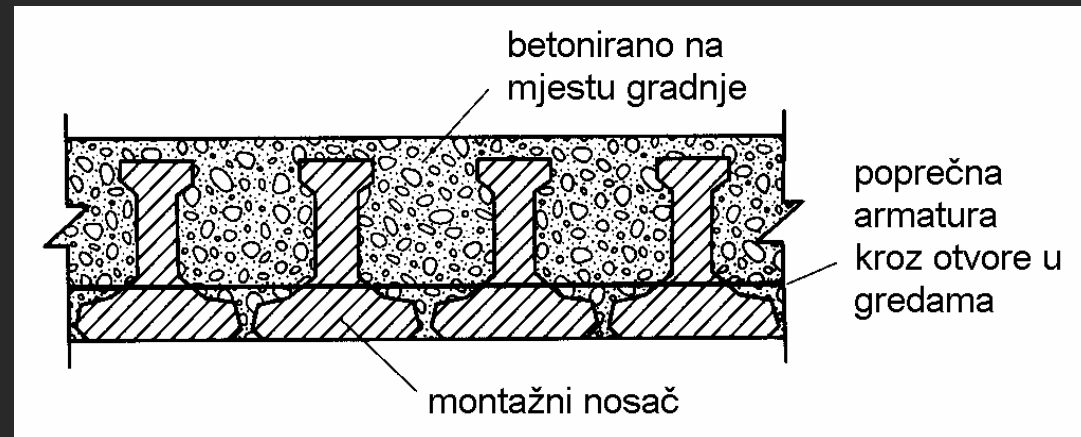


SAN 210/135 $L_{max} = 32$ m

Oblikovanje

Ploče od predgotovljenih elemenata

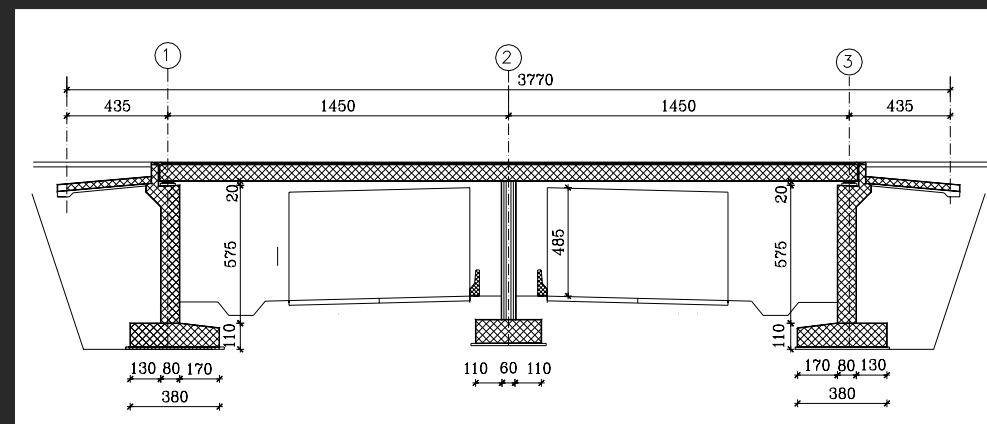
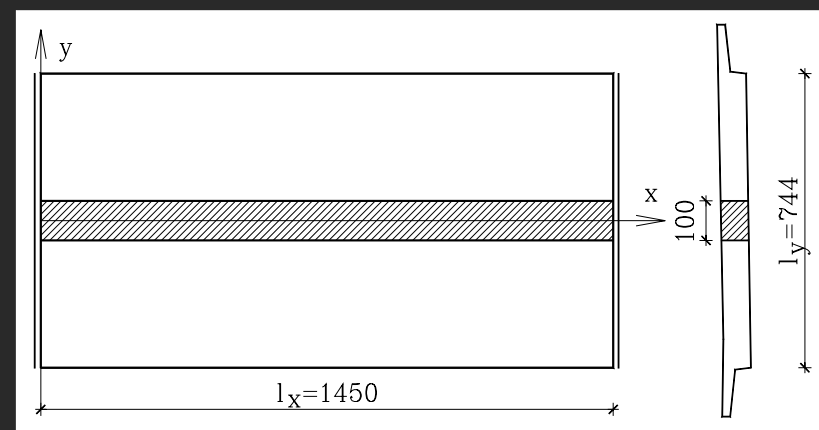
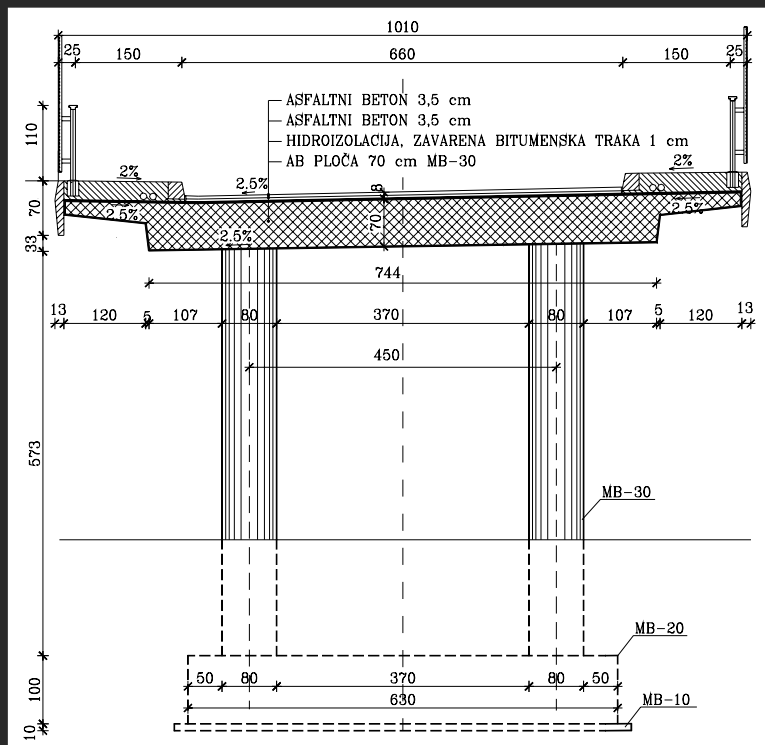
- Polumontažna izvedba
- Strana praksa
- Poprečno prednapinjanje (ne nužno)
- Nazubljenja - povoljna za prienos poprečnih sila - razdioba opterećenja



Proračun-Pravokutne ploče

Proračun po teoriji greda

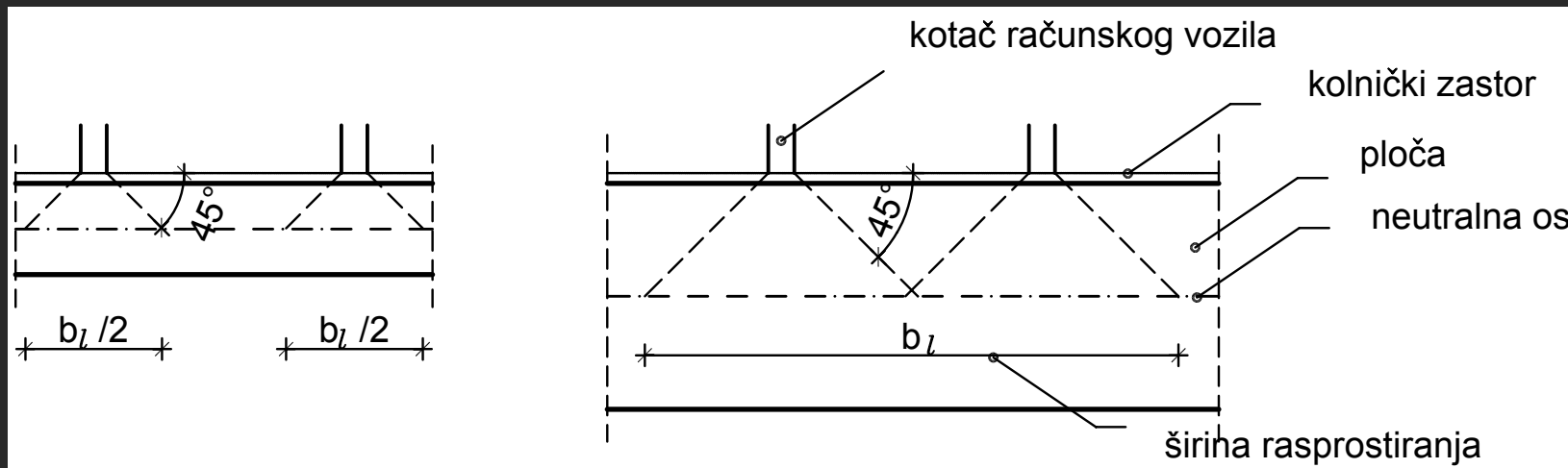
■ $l_y \leq l_x/2$



Proračun-Pravokutne ploče

Proračun po teoriji greda

- Mjerodavno opterećenje jedinične trake



$$b_s = b_l + \frac{A_{ar}}{A_a} l_x \leq \frac{l_y}{2}$$

Proračun-Pravokutne ploče

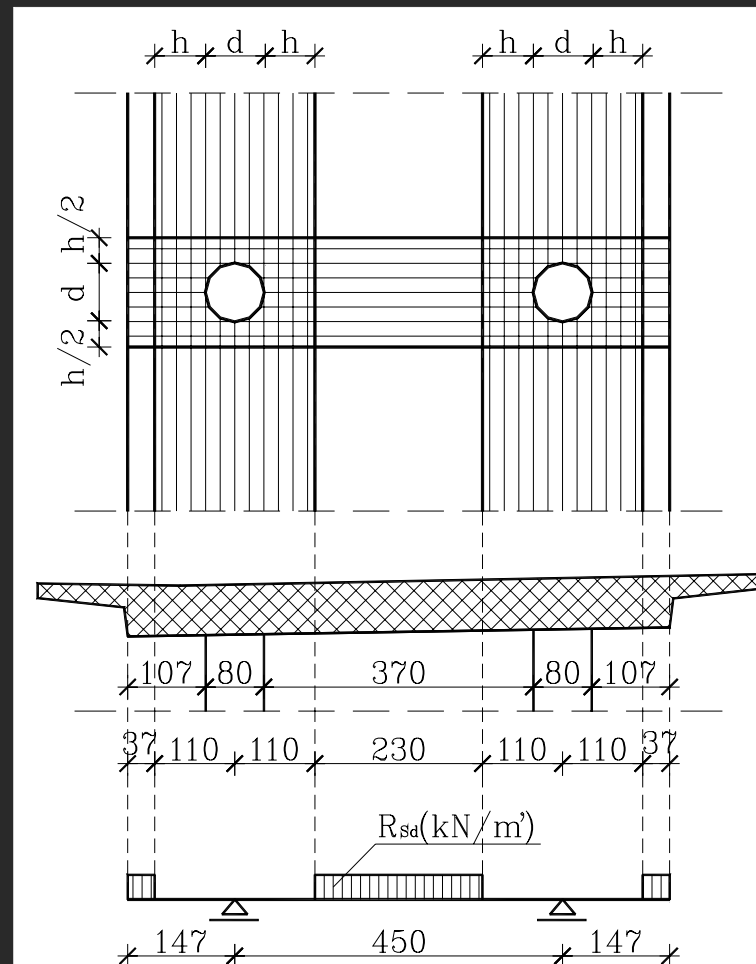
Proračun po teoriji greda

- Uzdužni raspored opterećenja i pojednostavljenje
- Pokrivanje dijagrama momenata savijanja i poprečnih sila za središnju traku širine 1 m.
- Rubne dijelove ploče širine 0,2 ly ojačavamo s 10 do 20% više glavne armature,

Proračun-Pravokutne ploče

Proračun po teoriji greda

- Proračun i dimenzioniranje skrivenih greda
- preostale dijelove ploče armiramo s 20% vrijednosti glavne uzdužne armature.

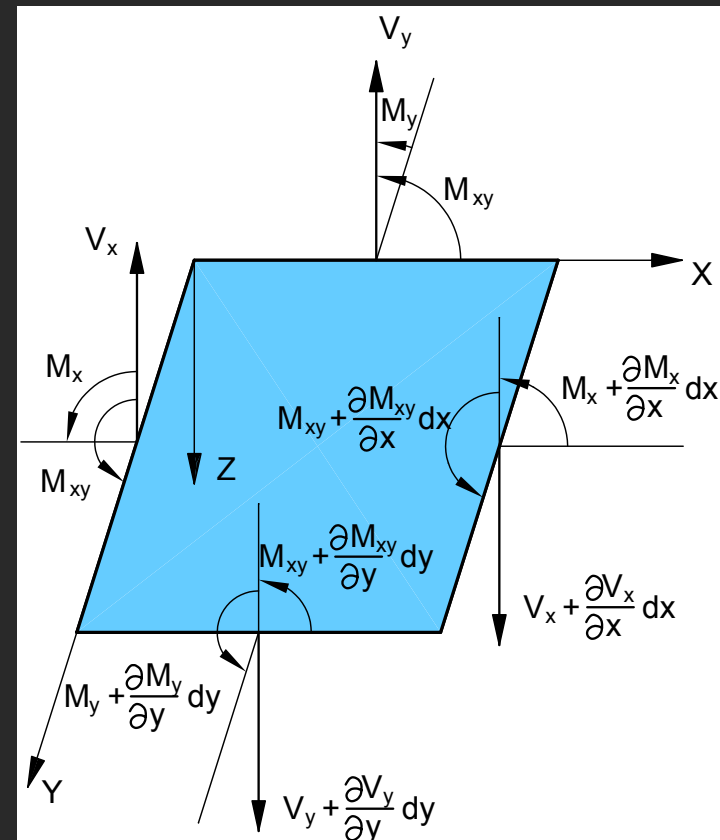


Proračun-Pravokutne ploče

Teorija ploča

- debljina ploče je mala u odnosu na raspon
- progibi ploče su mali u odnosu na debljinu ploče
- materijal je izotropan (jednaka krutost u svim pravcima unutar ravnine nosača) i elastičan

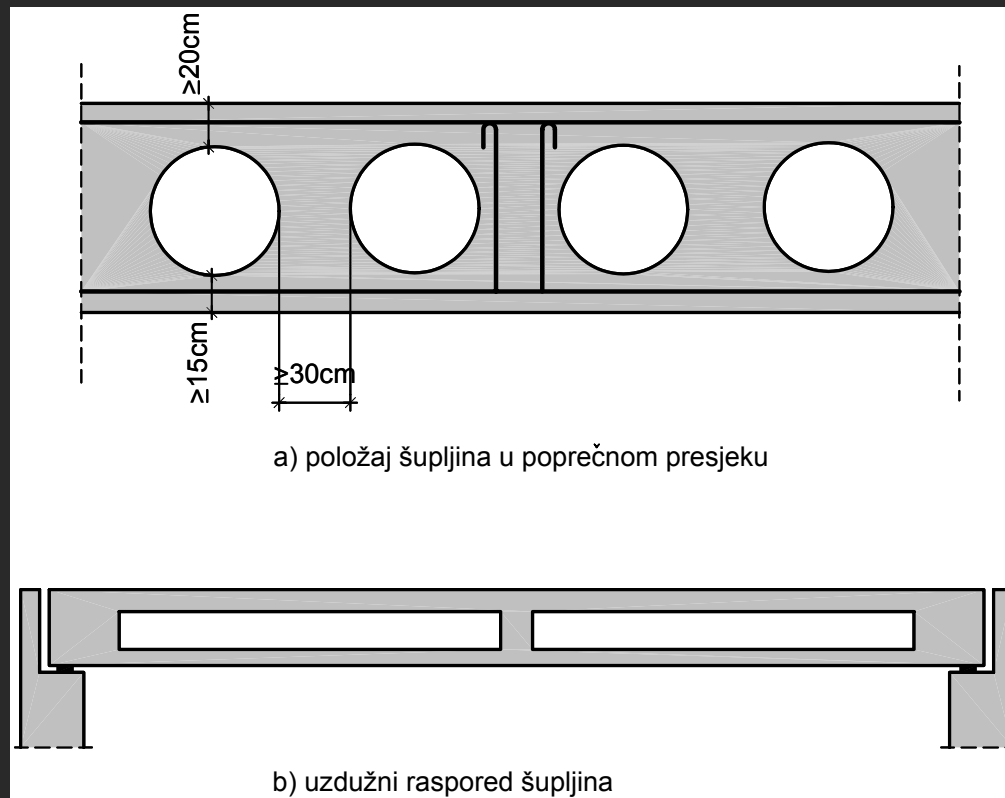
- Izrazi za ortogonalnu armaturu i kosu armaturu u knjizi



Proračun-Pravokutne ploče

Teorija ploča - šuplje ploče kao pune ploče

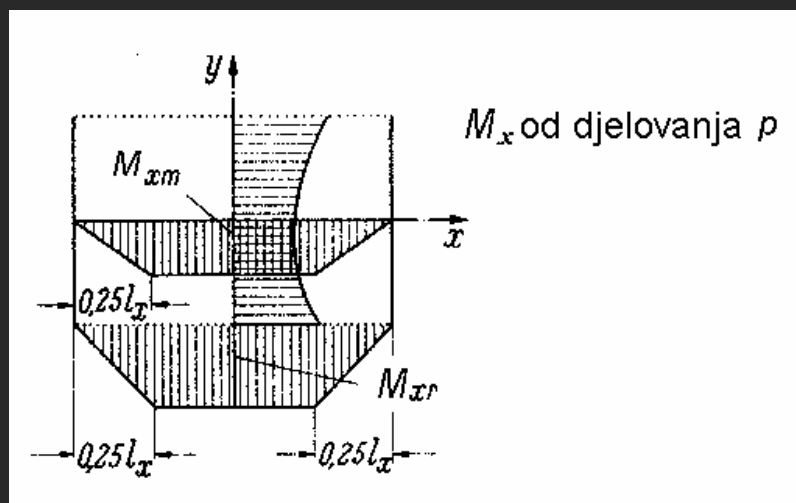
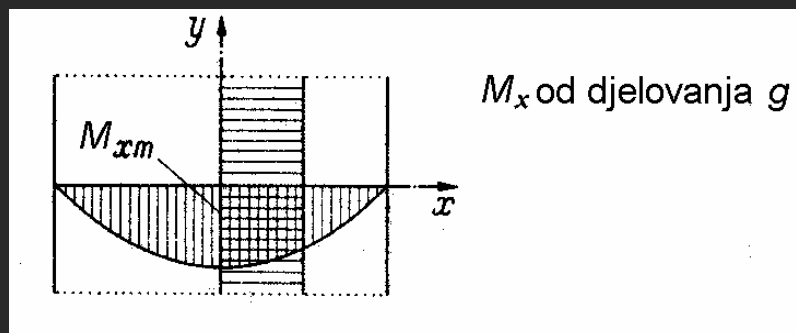
- visina i širina šupljina manja je od 60% visine, odnosno širine ploče
- unutar ploče postoji dostatan broj poprečnih rebara
- kod oblikovanja presjeka poštovane su minimalne izmjere



Proračun-Pravokutne ploče

Rüsch-ove tablice

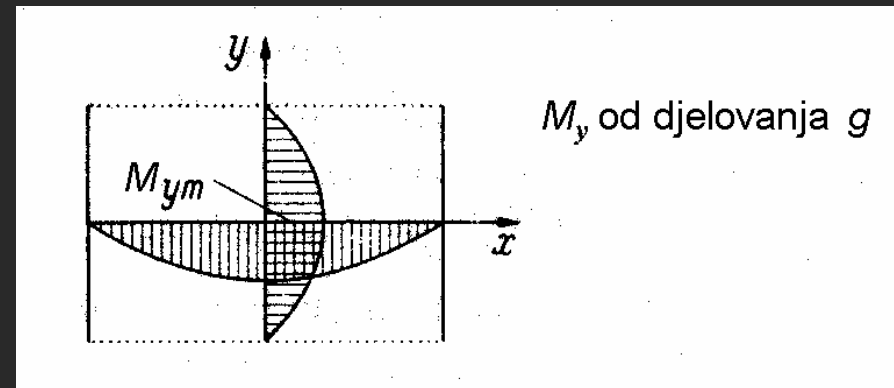
- Isključivo za opterećenja cestovnih mostova prema DIN 1072
- Računaju se pojedine najveće vrijednosti unutarnjih sila od djelovanja stalnog i prometnog opterećenja – približno se određuje raspored u ploči, pomoću dijagrama
- Uzdužni momenti M_x
- $M_{xr} > M_{xm}$



Proračun-Pravokutne ploče

Rüsch-ove tablice

- Pozitivni poprečni momenti M_y
- $M_{ym} > M_{yr}$
- $M_y \leq 1/5 \max M_x$
- Negativni poprečni momenti na rubovima – od opterećenja na konzolama

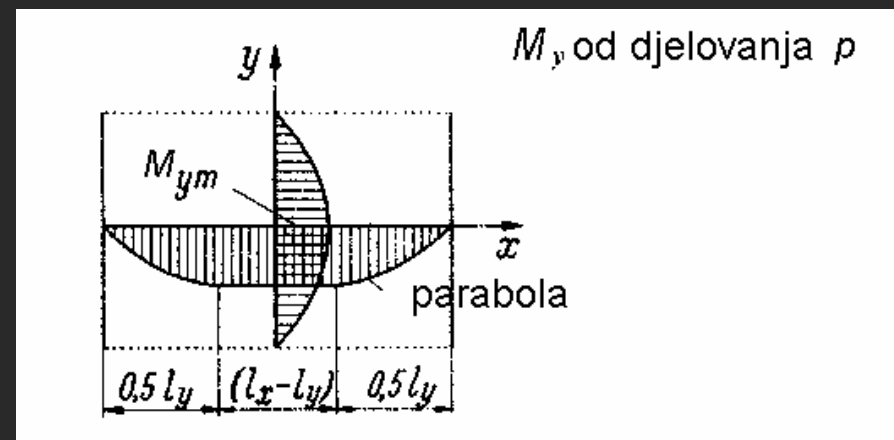


- dimenzioniranje kutova ploče: savijanje i torzija
 - Kut ploče, dolje:

$$M_x^* = M_x + |M_{xy}| \quad M_y^* = M_y + |M_{xy}|$$

- Kut ploče, gore:

$$M_x^* = M_x - |M_{xy}| \quad M_y^* = M_y - |M_{xy}|$$



Proračun-Pravokutne ploče

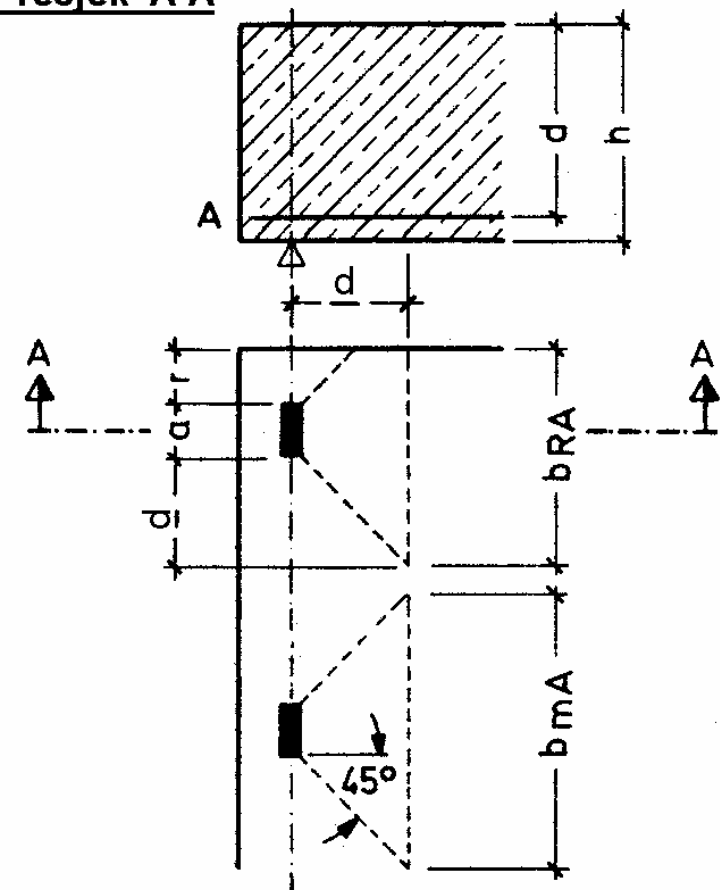
Poprečne sile

- Mjerodavne širine rasprostiranja za proračun posmičnih naprezanja na ležaju
- Potpuni linijski ležaj –
poprečne sile nisu kritične,
- kratki linijski ili točkasti ležaji –
potrebna posmična armatura u ploči.
- Mjerodavna poprečna sila na
 - 0.75h (PBAB)
 - d (EC2)
- Potreba za određivanjem pop.arm.

$$\tau_u = \frac{V_u}{z \cdot \sum b_a} \geq \tau_r \quad (\text{PBAB})$$

$$V_{Sd} \geq V_{Rd1} \quad (\text{EC2})$$

Presjek A-A



Proračun-Pravokutne ploče

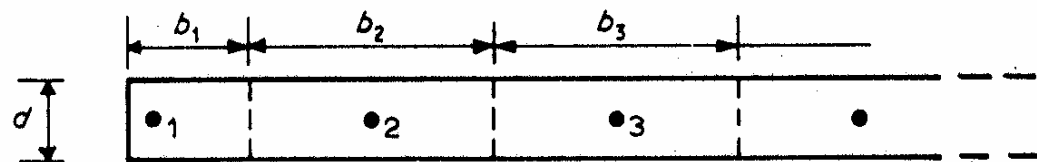
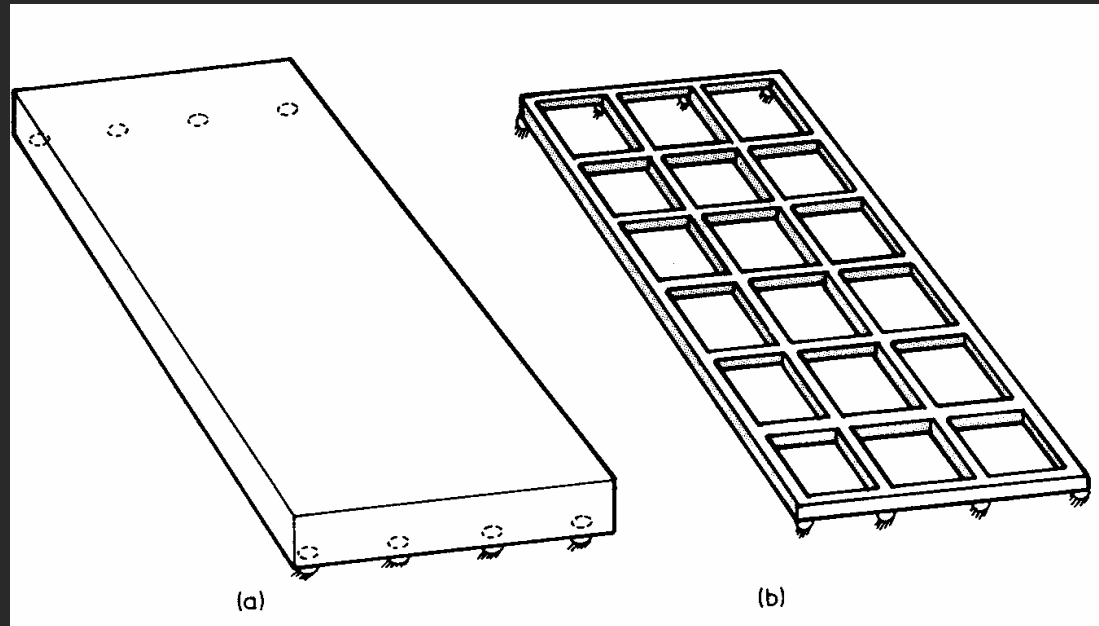
Proračun ploče metodom roštiljne analize

- Zadovoljavajuća točnost za inženjersku praksu
- Br. uzdužnih nosača do 20, $b_{1-2} \geq 2d - 3d$, Min. 4 el. u uzduž. smjeru
- Zadati dimenzije pop. I uzd. elemenata (zbog krutosti), Pop.el.sa $\gamma=0$
- Moment inercije

$$I = \frac{b d^3}{12}$$

- Kod roštiljne analize torzijska se konstanta obično reducira na polovicu vrijednosti u oba smjera pa torzijska krutost pojedinog elemenata ploče teorijski približno iznosi $2I$

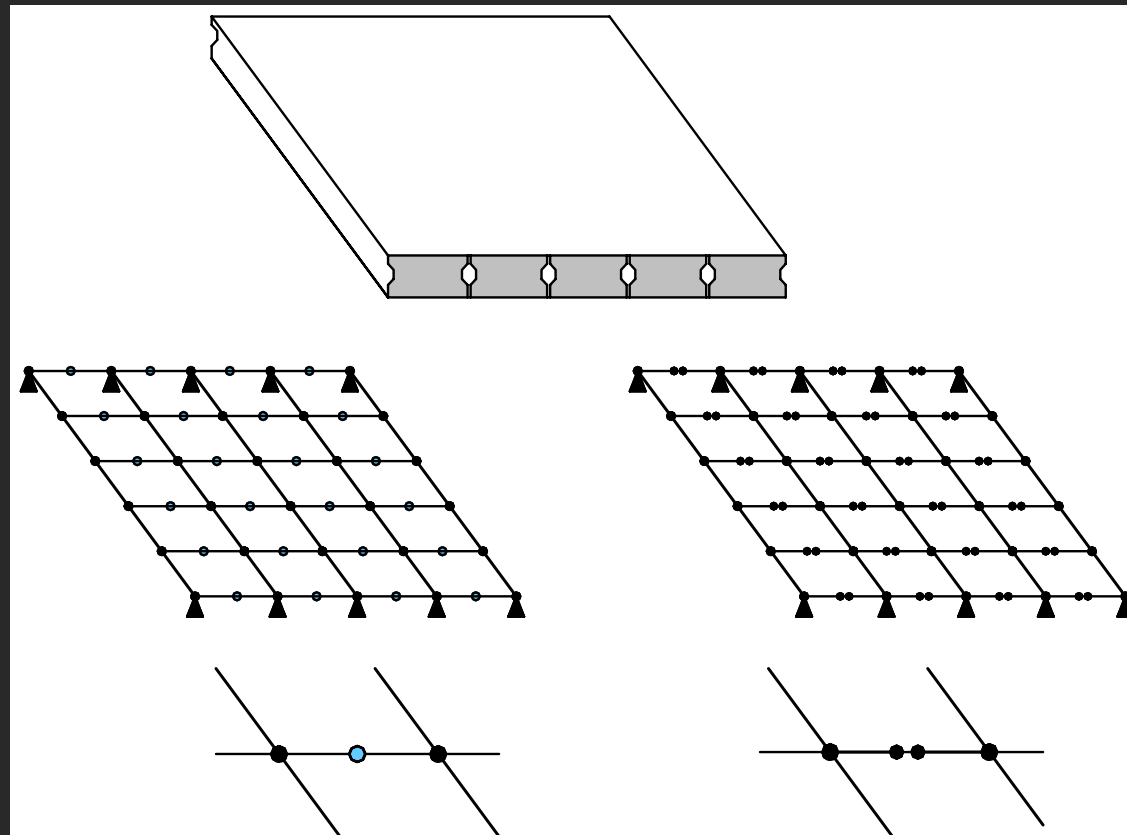
$$C = \frac{1}{2} (0,333 \cdot b \cdot d^3) \approx \frac{b d^3}{6}$$



Proračun-Pravokutne ploče

Proračun ploče s uzdužnim spojnica

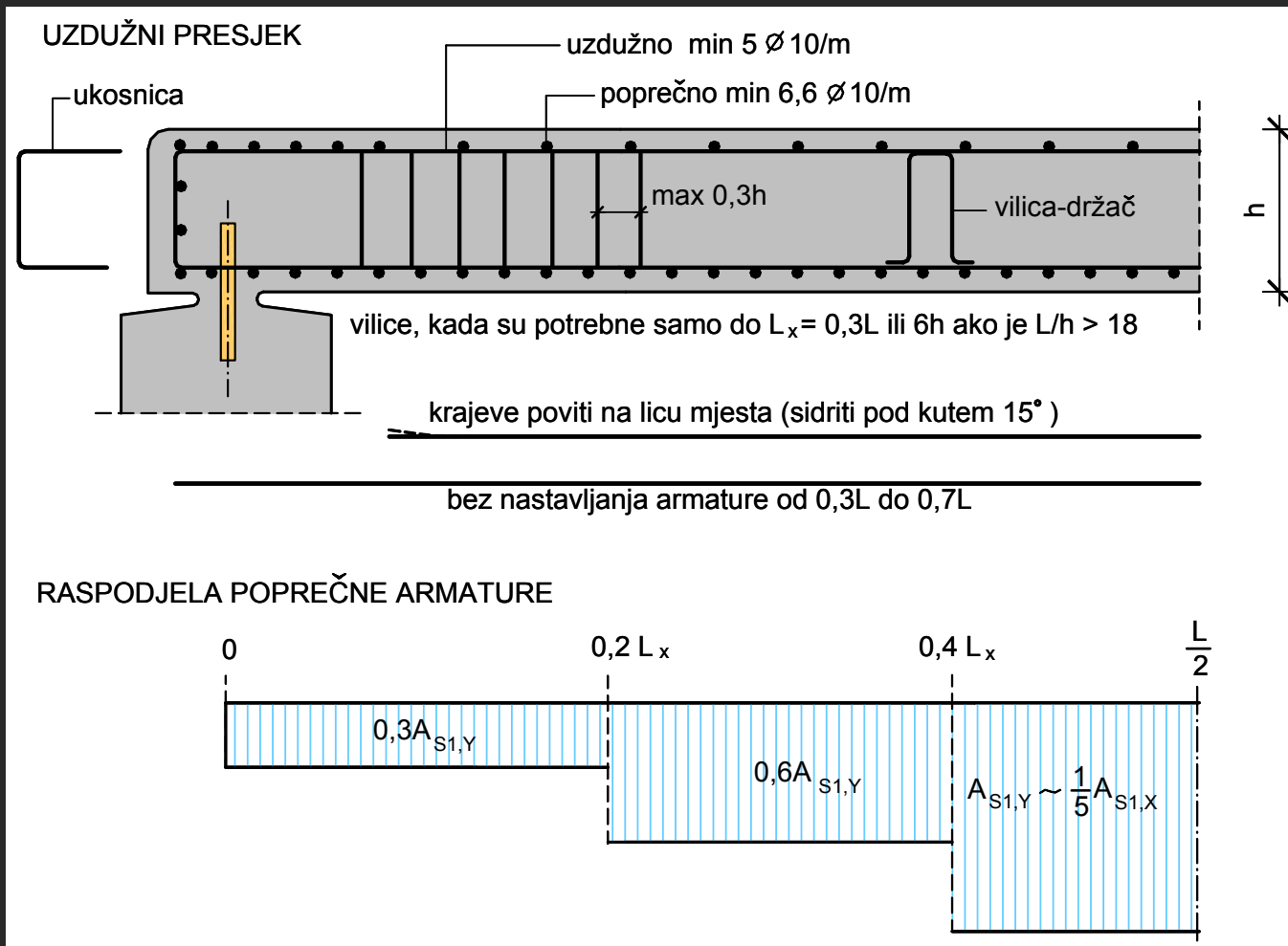
- Mala krutost na poprečno savijanje uzdužnih spojnica
- Poprečna razdioba preko poprečnih sila – manje učinkovita
- Uzdužni nosači s krutim istakama koje su povezane ili zglobovima ili elementima male krutosti



Proračun-Pravokutne ploče

Armiranje punih ploča mekom armaturom

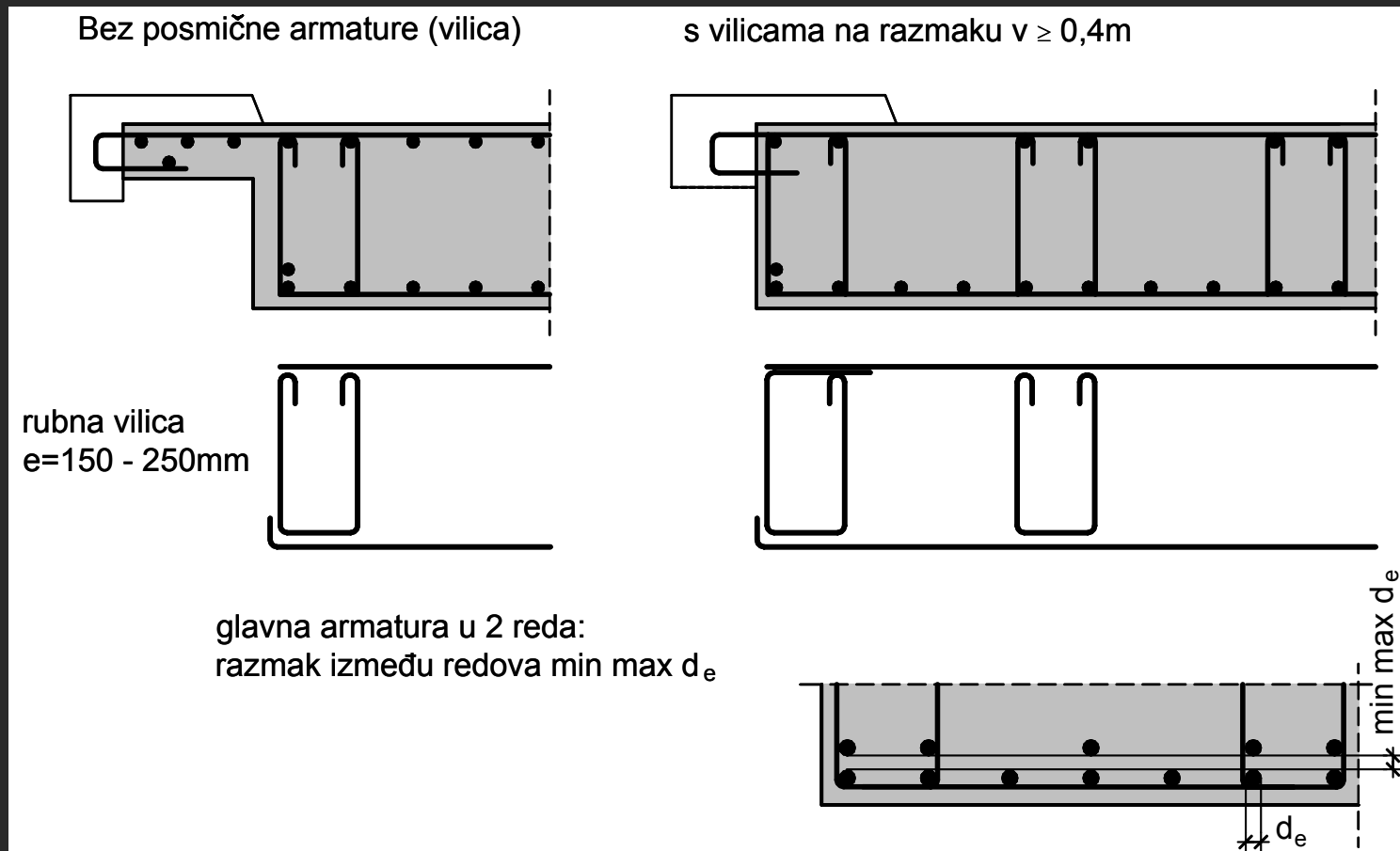
■ uzdužno



Proračun-Pravokutne ploče

Armiranje punih ploča mekom armaturom

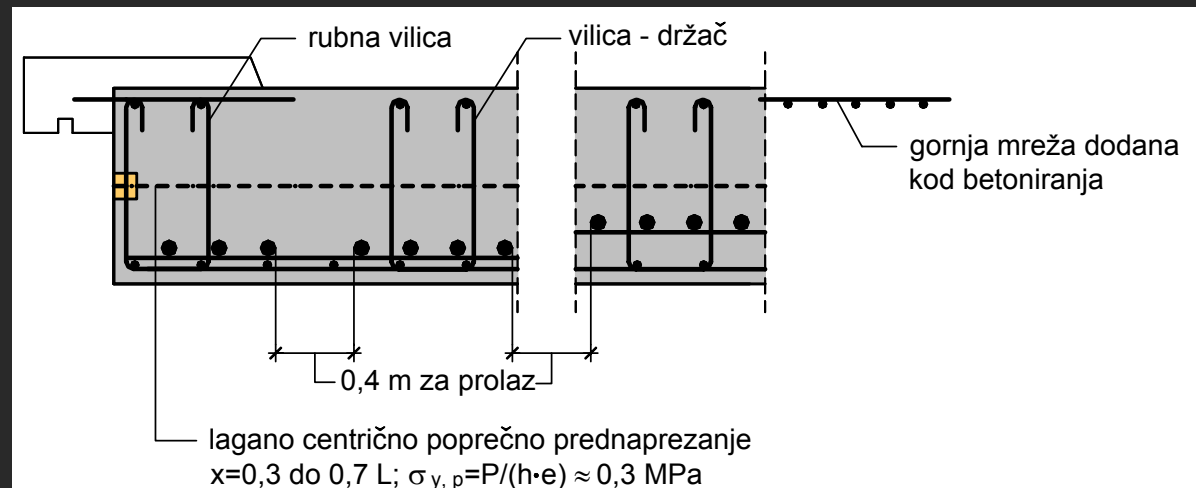
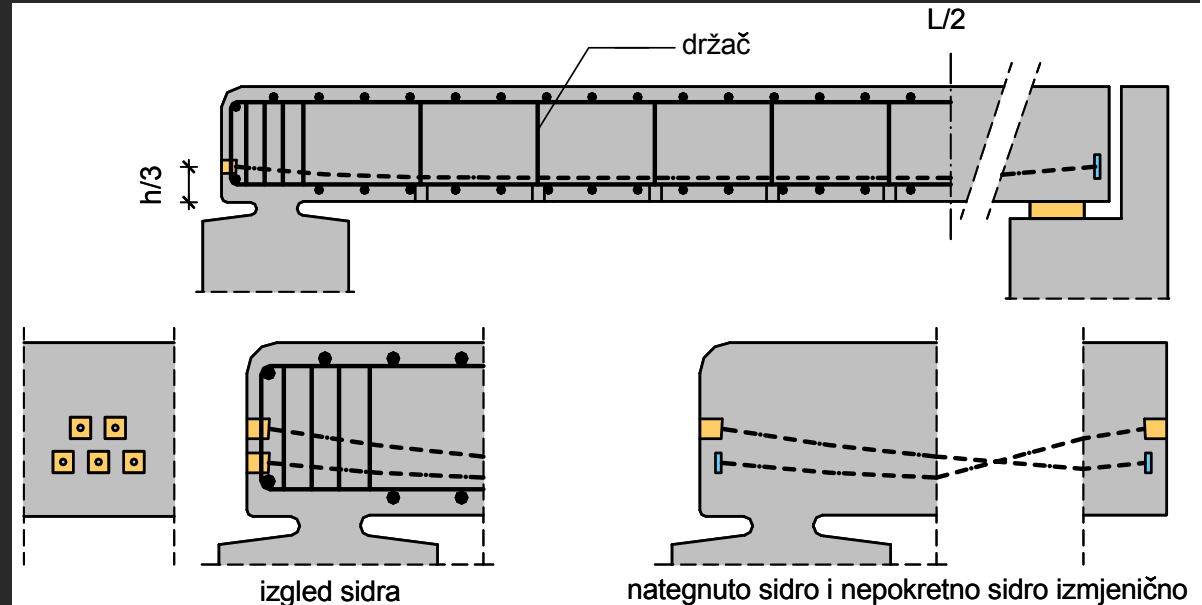
■ poprečno



Proračun-Pravokutne ploče

Pune ploče od prednapetog betona

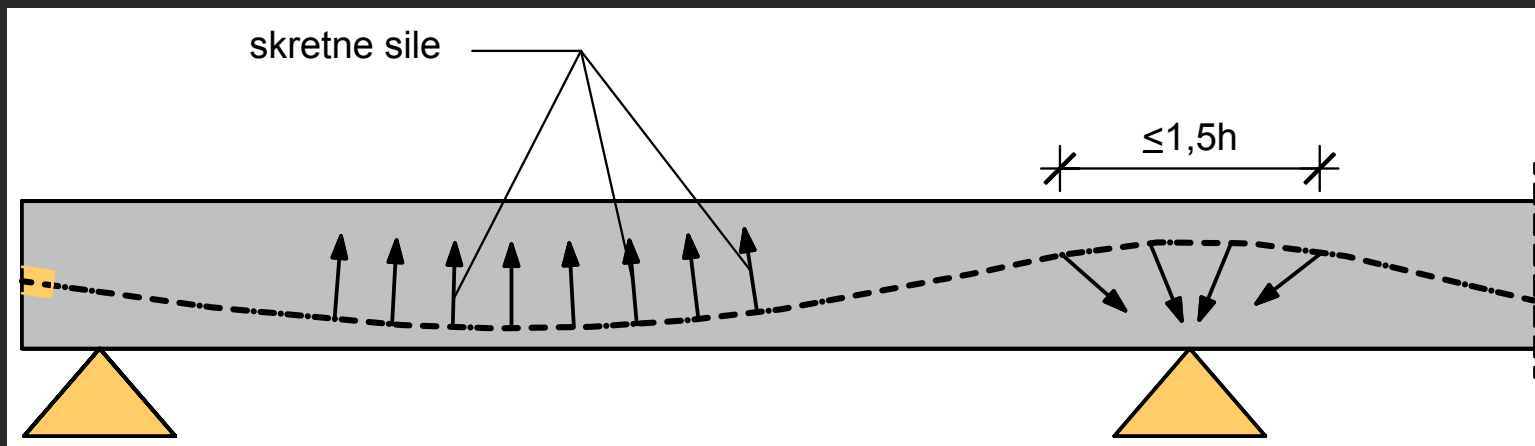
- uzdužni kabeli iznad donje mreže na držače
- Ispitivanja na posmik - sidrenje na $h/3$
- Poprečno: grupe na 40 cm – prolaz osoblja pri izvedbi
- Poprečna armatura za sile cijepanja od sidrenja kabela
- $b < 10\text{m}$ - lagano centrično prednapinjanje u srednjoj $1/3L$ (protiv uzdužnih pukotina)
- $b > 10\text{m}$ – poprečno prednap. i na ležajima (zbog temp. i utjecaja od spriječenih deformacija)



Proračun-Pravokutne ploče

Pune ploče od prednapetog betona

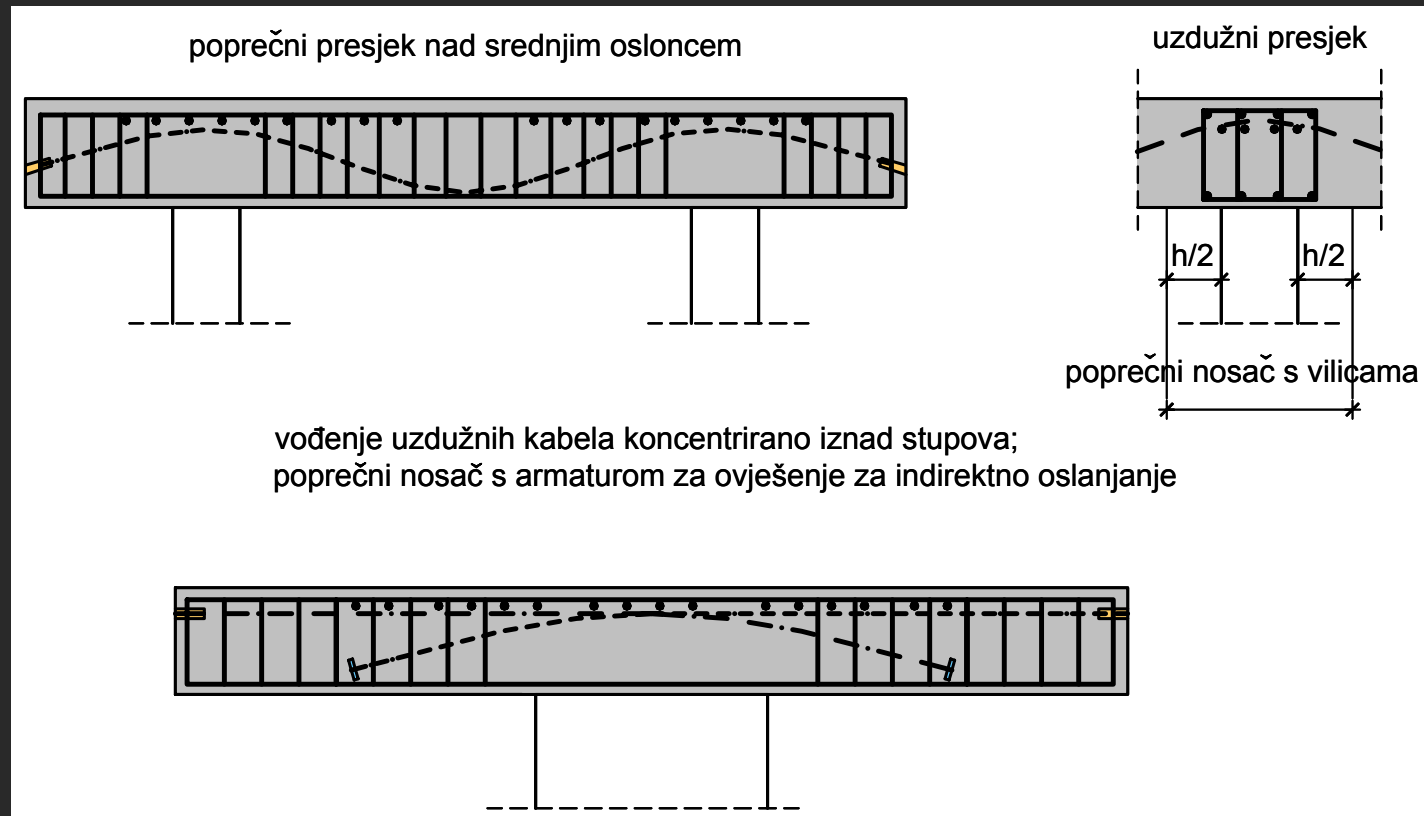
- skretne sile direktno predati na ležaje
- što veće skretne sile naspram gore u polju



Proračun-Pravokutne ploče

Pune ploče od prednapetog betona

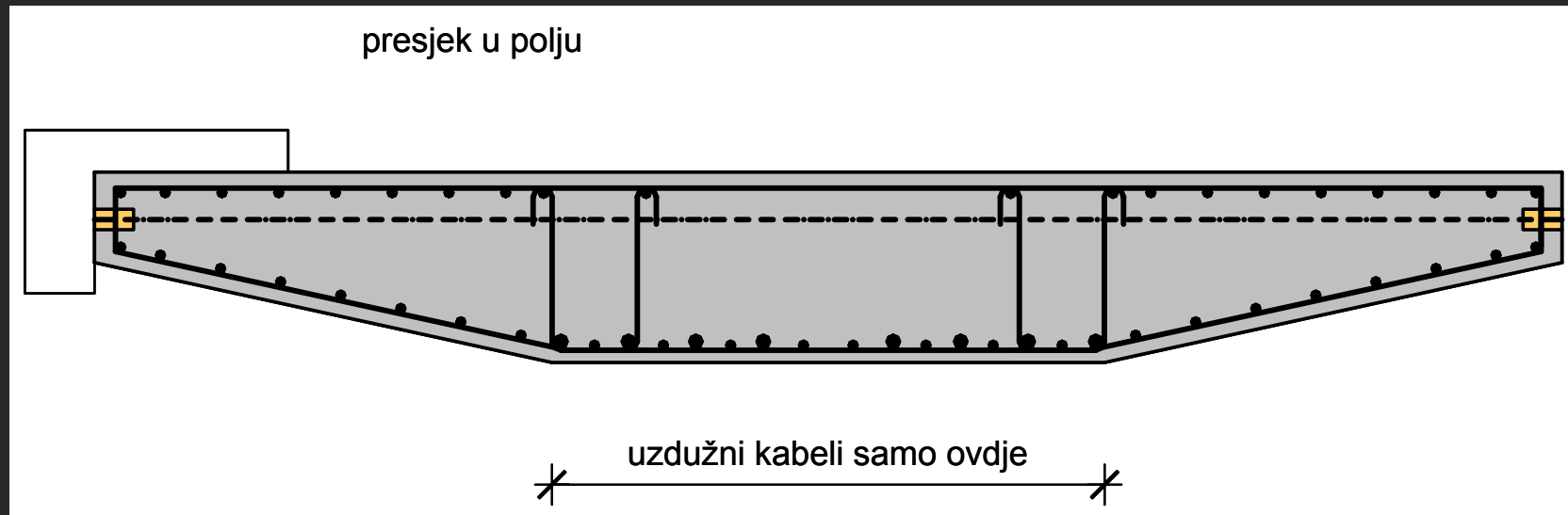
- Poprečni kabeli - ispod uzdužnih kabela,
- linija prema dijagramu momenata savijanja i poprečnih sila



Proračun-Pravokutne ploče

Pune ploče od prednapetog betona

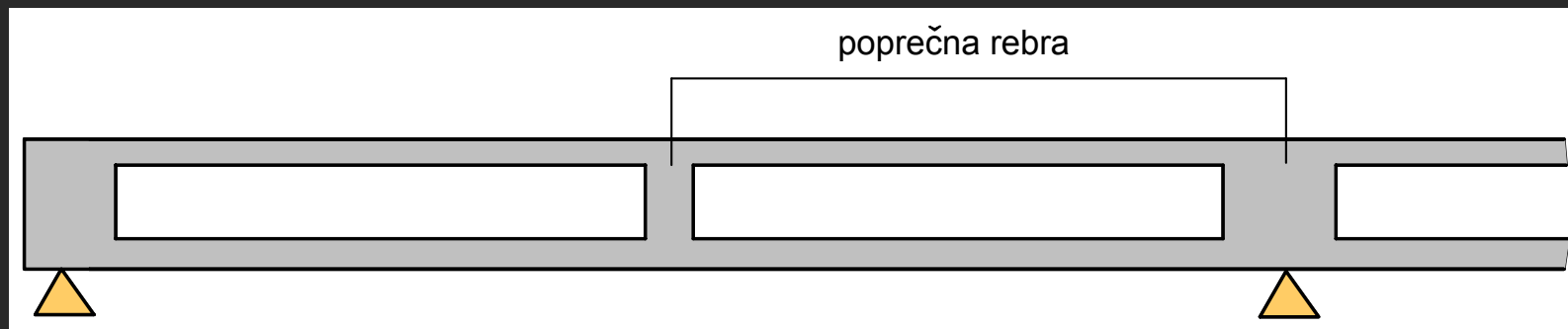
- Kabeli u prednapetoj ploči trapeznog poprečnog presjeka



Proračun-Pravokutne ploče

Šuplje ploče

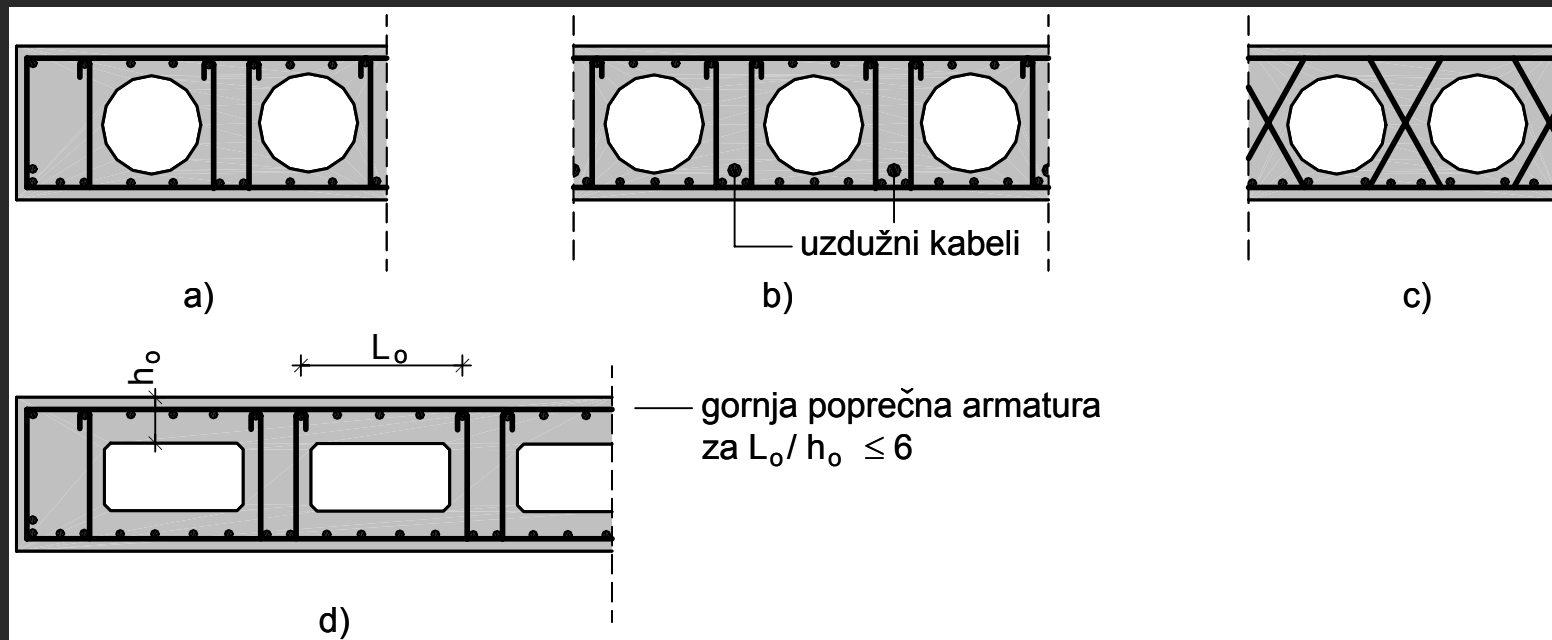
- Dijagram kosih vlačnih naprezanja narušen zbog šupljih prostora - osjetljive su na velike poprečne M i pripadne V
- poprečna rebra u $(l/2)$ i na osloncima, ako je $l/b \leq 4$



Proračun-Pravokutne ploče

Šuplje ploče

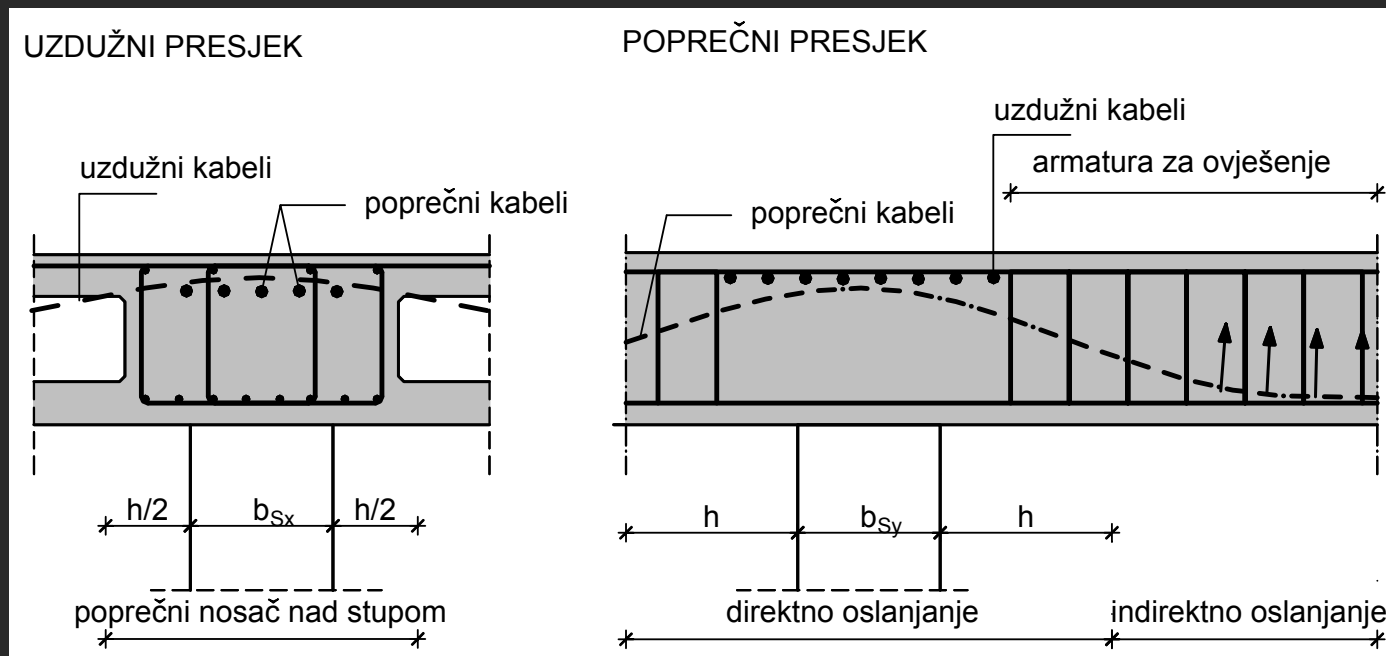
- Uzdužna rebra – spone na max. $0.3 h$ ili 30 cm
- poprečna armatura - jedan red armature dolje i gore.
- P vozila prenosi se preko šupljine djelovanjem svoda.
- za pravokutna šuplja uvjet: $l_o/h_o \leq 6$



Proračun-Pravokutne ploče

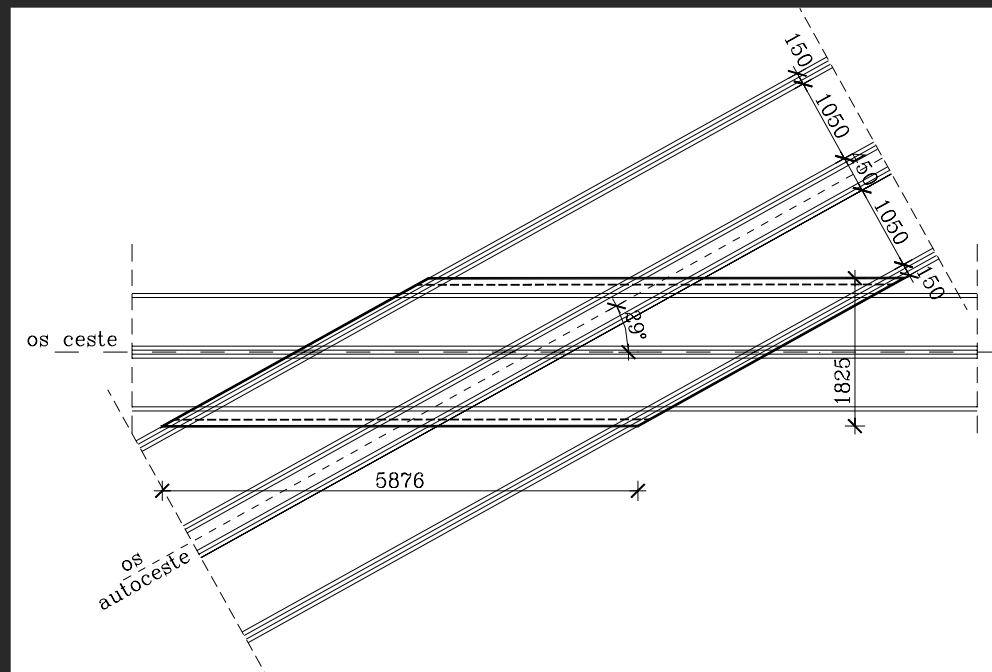
Šuplje ploče

- Široki poprečni nosač iznad stupova kontinuirane šuplje ploče
- opterećenje između stupova - preuzima se putem skretnih sila i spona



Proračun-Kose ploče s 1 rasponom

- Prednosti kod kosih križanja:
 - 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

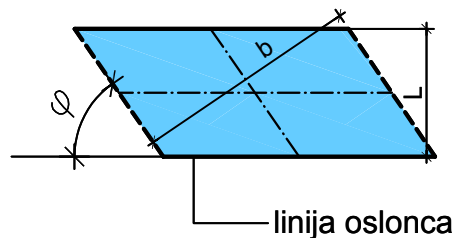


Proračun-Kose ploče s 1 rasponom

- Najvažniji parametri - ponašanje kosih ploča pod opterećenjem:
 - kut križanja φ ; ako je $\varphi \geq 70^\circ$ može se zanemariti utjecaj kosine
 - odnos $b:l$
 - način oslanjanja (zaokretni linijski ležaji u smjeru ležajne linije, ili pojedinačni ležaji koji se zaokreću u svim smjerovima).

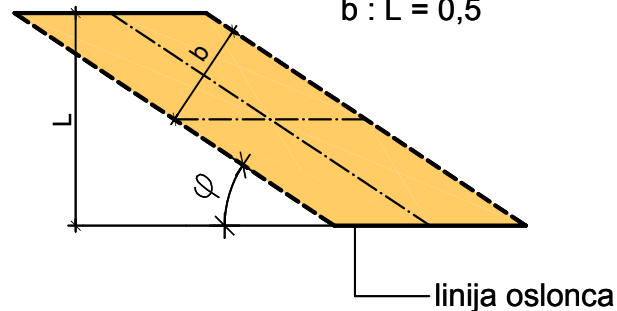
$$\varphi = 60^\circ$$

$$b : L = 2$$

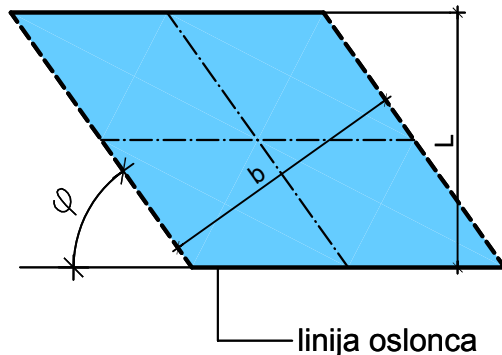


$$\varphi = 30^\circ$$

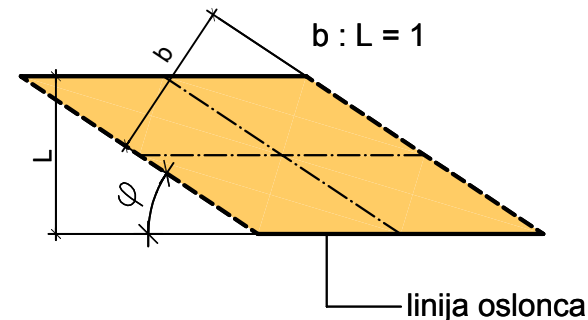
$$b : L = 0,5$$



$$b : L = 1$$



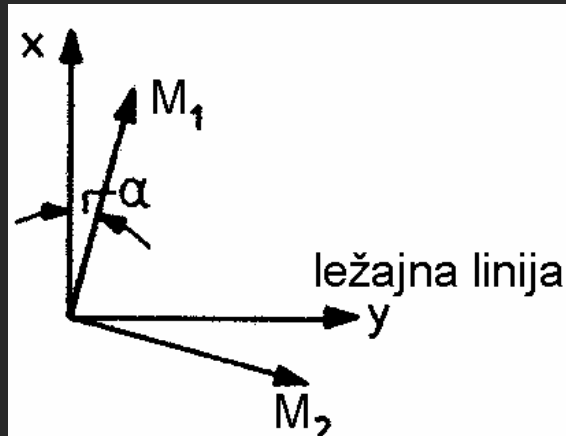
$$b : L = 1$$



Proračun-Kose ploče s 1 rasponom

Momenti savijanja

- glavni momenti savijanja M_1 i M_2 - za različite vrste opterećenja mogu imati različite smjerove
- M_{xy} - *moment smjera* - određuje smjer djelovanja glavnih momenata



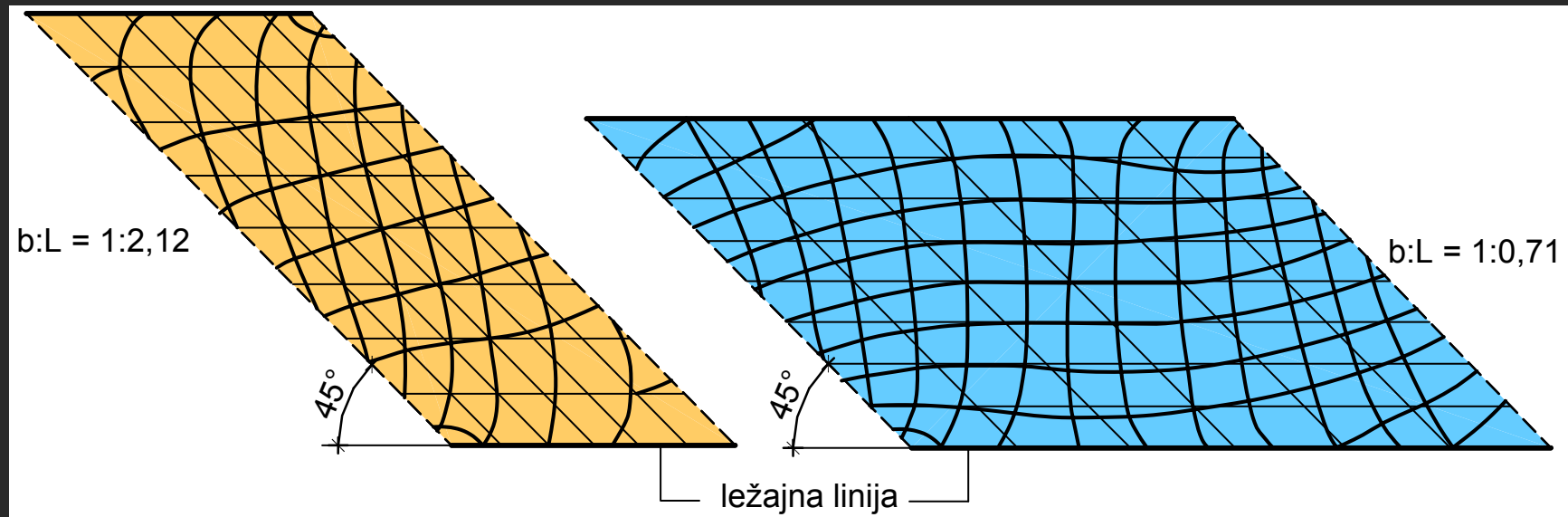
$$M_{1,2} = \frac{M_x + M_y}{2} \pm \frac{1}{2} \sqrt{(M_x - M_y)^2 + 4M_{xy}^2}$$

$$\operatorname{tg} 2\alpha = \frac{2M_{xy}}{M_x - M_y}$$

Proračun-Kose ploče s 1 rasponom

Momenti savijanja

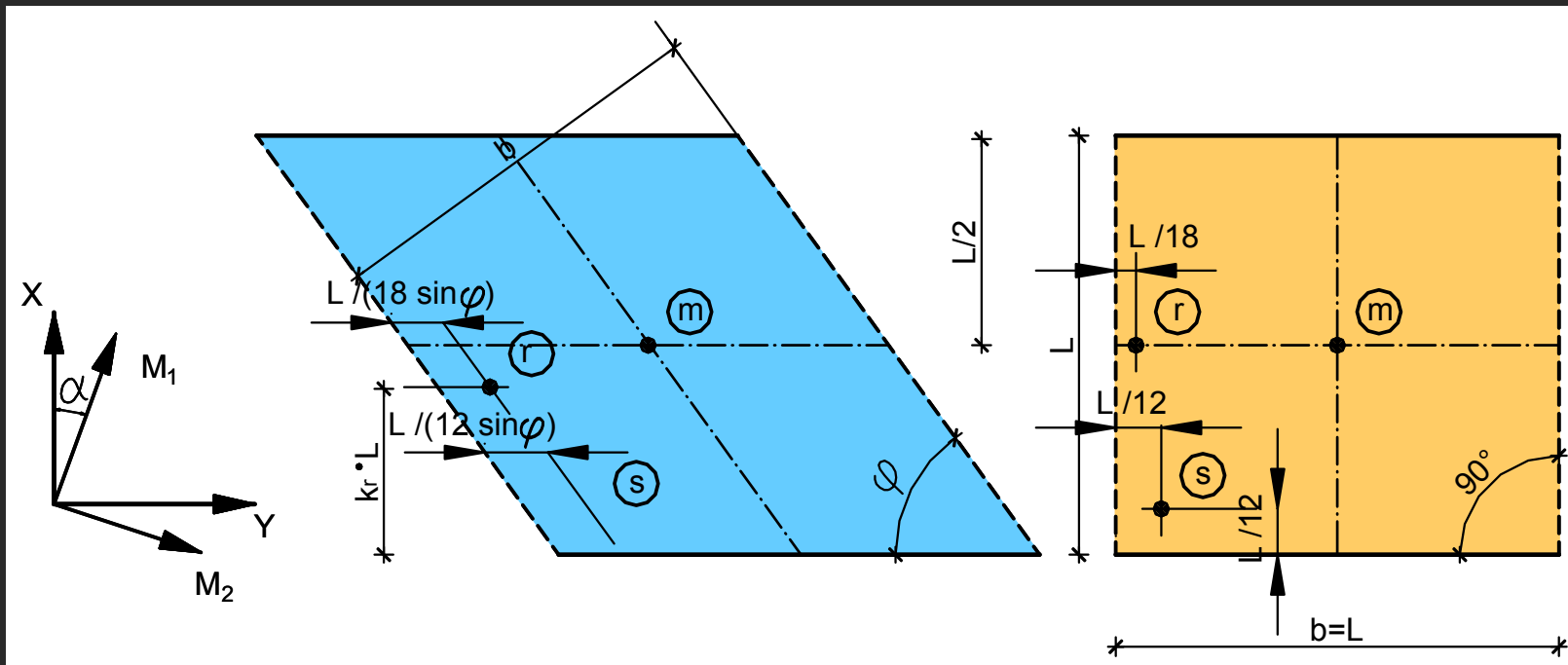
- Tijek linija glavnih momenata savijanja jednoliko opterećenih kosih ploča



Proračun-Kose ploče s 1 rasponom

Momenti savijanja

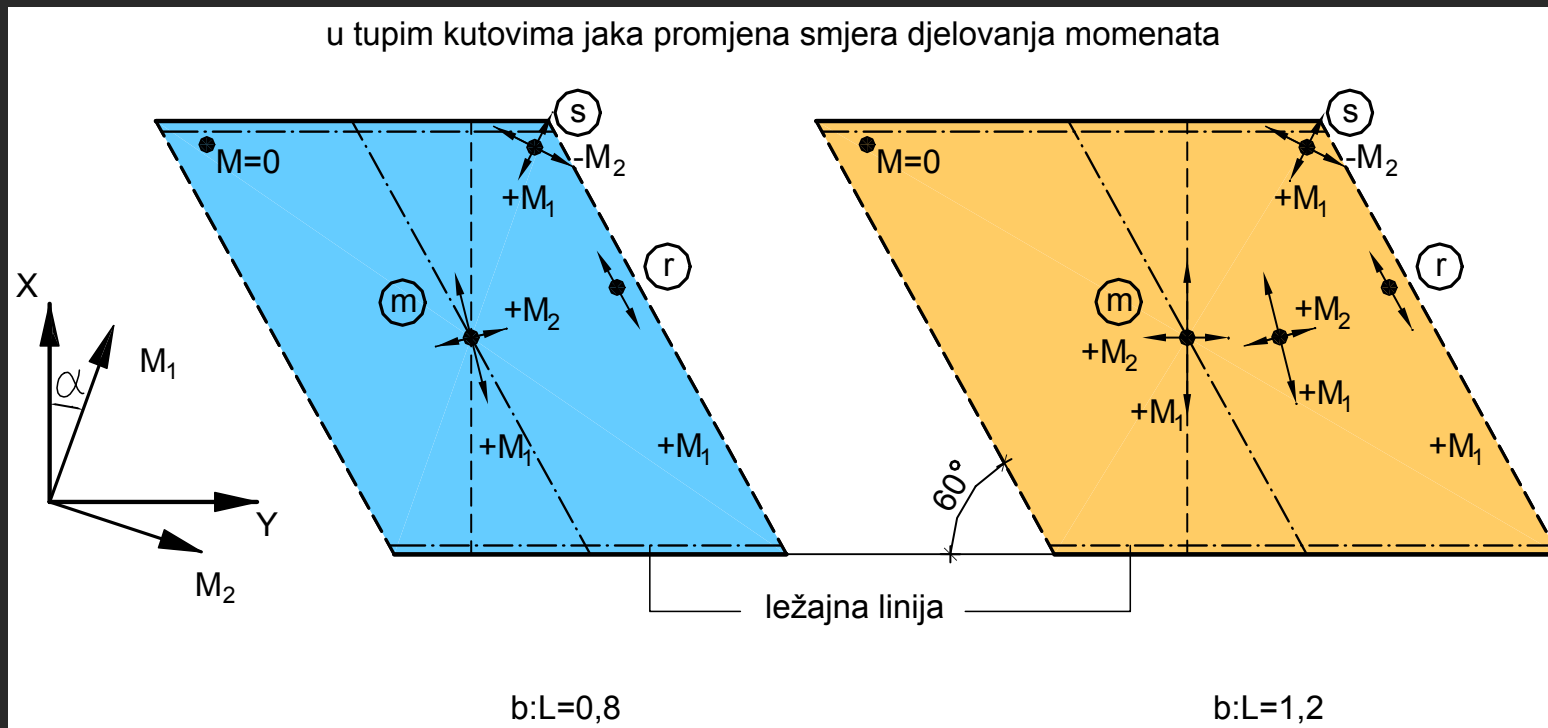
- Proračun na savijanje u praksi ograničen na mali broj točaka (Homborg)
- $m \rightarrow (+)$ $M_{\max}$, polje
- $r \rightarrow (+)$ $M_{\max}$, slobodni rub
- $s \rightarrow (-)$ $M_{\max}$, tupi kut (linijsko oslanjanje)



Proračun-Kose ploče s 1 rasponom

Momenti savijanja

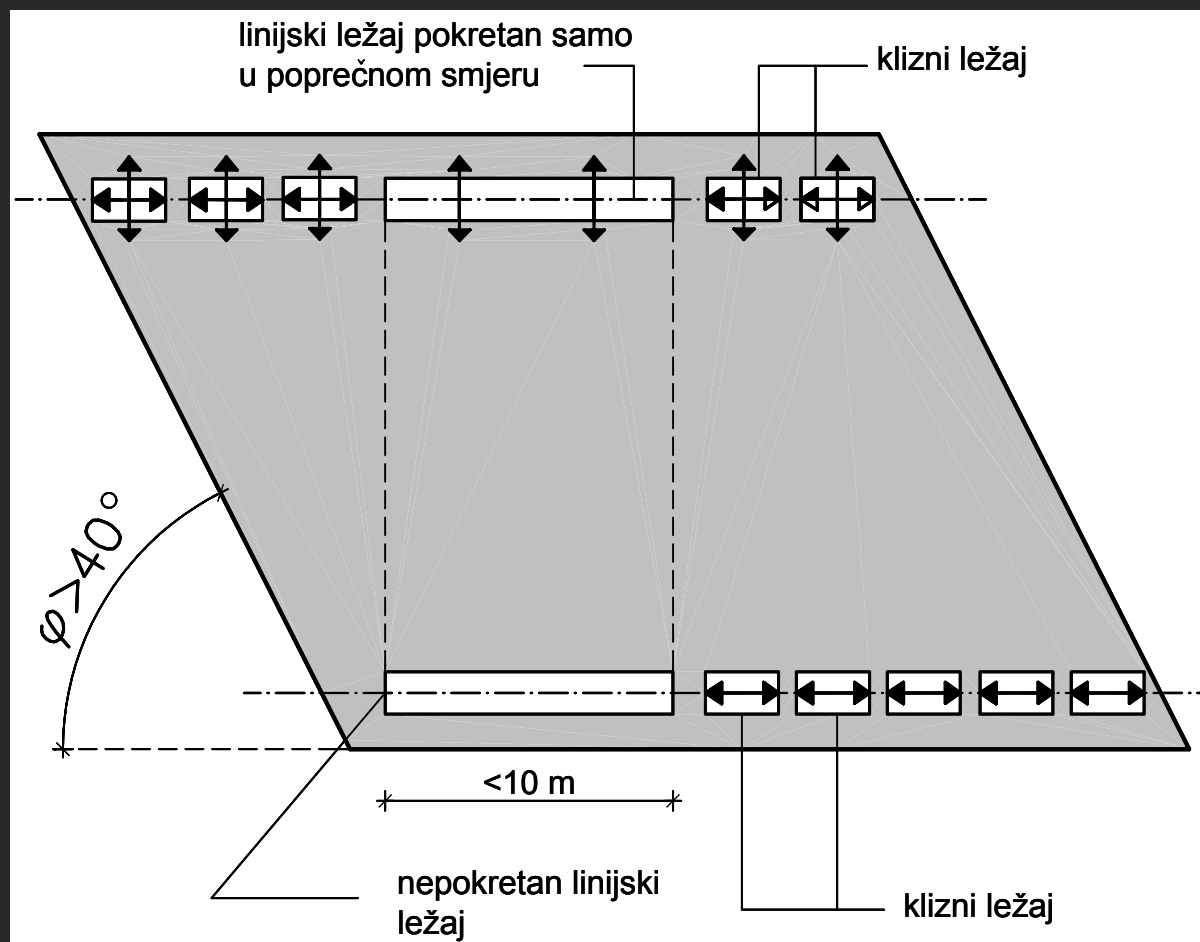
- M_1 i M_2 kod kosih ploča pod kutem 60° i s različitim odnosom $b:l$, opterećenih jednolikim opterećenjem



Proračun-Kose ploče s 1 rasponom

Ležajne reakcije, oslanjanje i poprečne sile

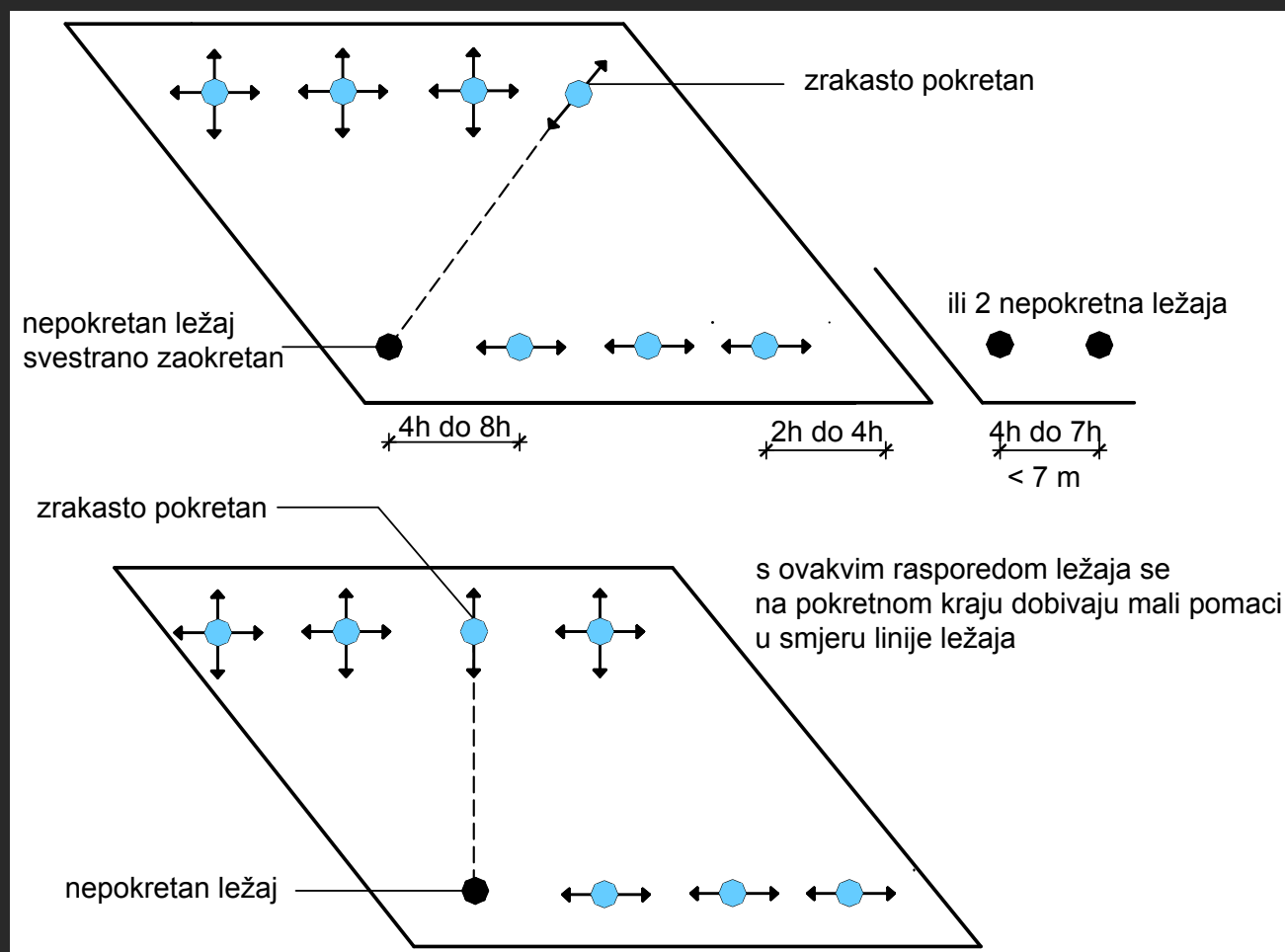
- Preporuke za odabir ležaja pri $\varphi > 40^\circ$



Proračun-Kose ploče s 1 rasponom

Ležajne reakcije, oslanjanje i poprečne sile

- Preporuke za odabir ležaja pri $\varphi < 40^\circ$



Proračun-Kose ploče s 1 rasponom

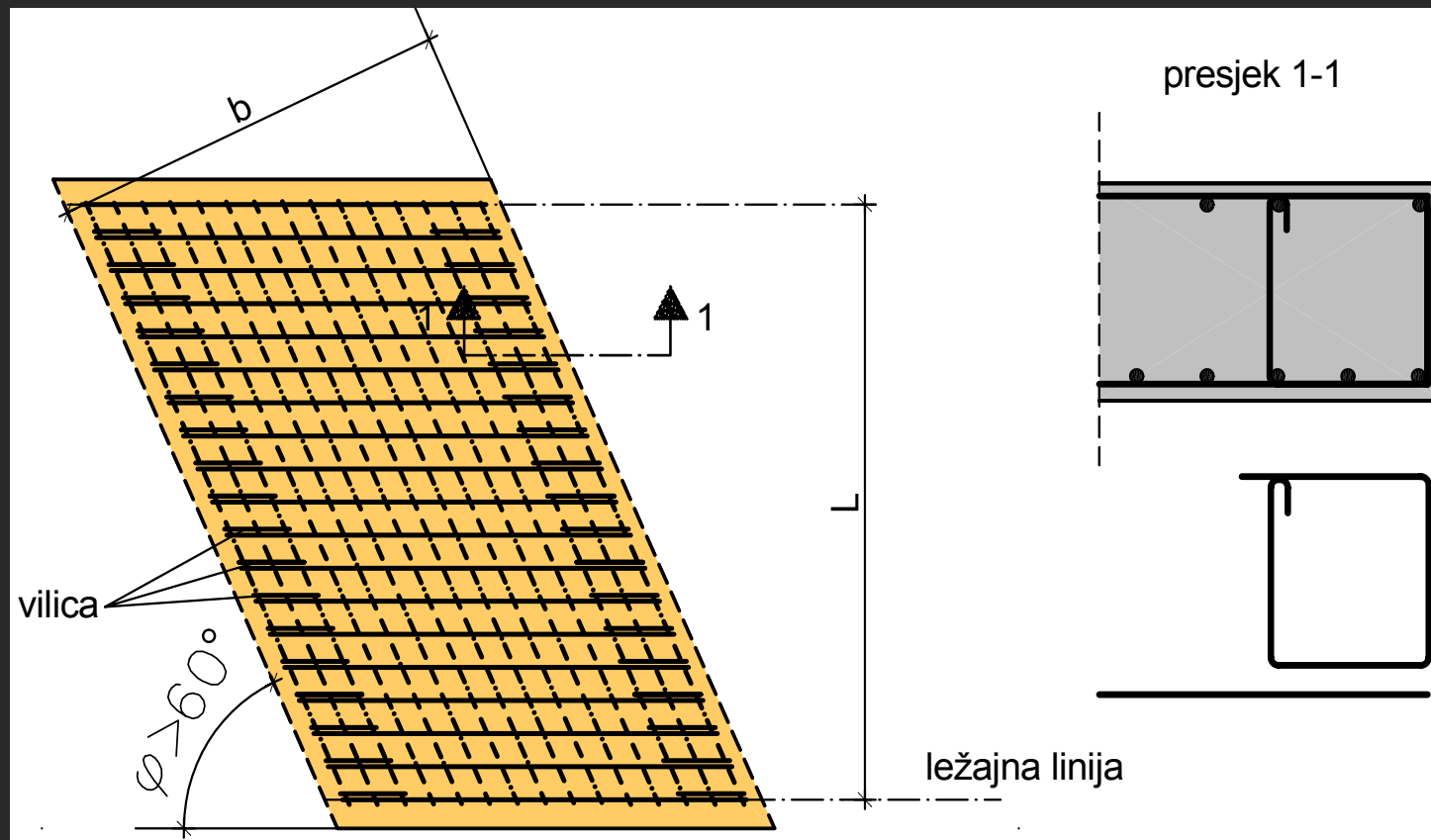
Ležajne reakcije, oslanjanje i poprečne sile

- Poprečne sile - iz ležajnih reakcija → posmična armatura
- Kod prednapetih ploča u pravilu nije potrebna posmična armatura,
- Kod armiranobetonskih ploča može biti potrebna u području ležaja, naročito pri tupim kutevima.

Proračun-Kose ploče s 1 rasponom

Armiranje kosih ploča

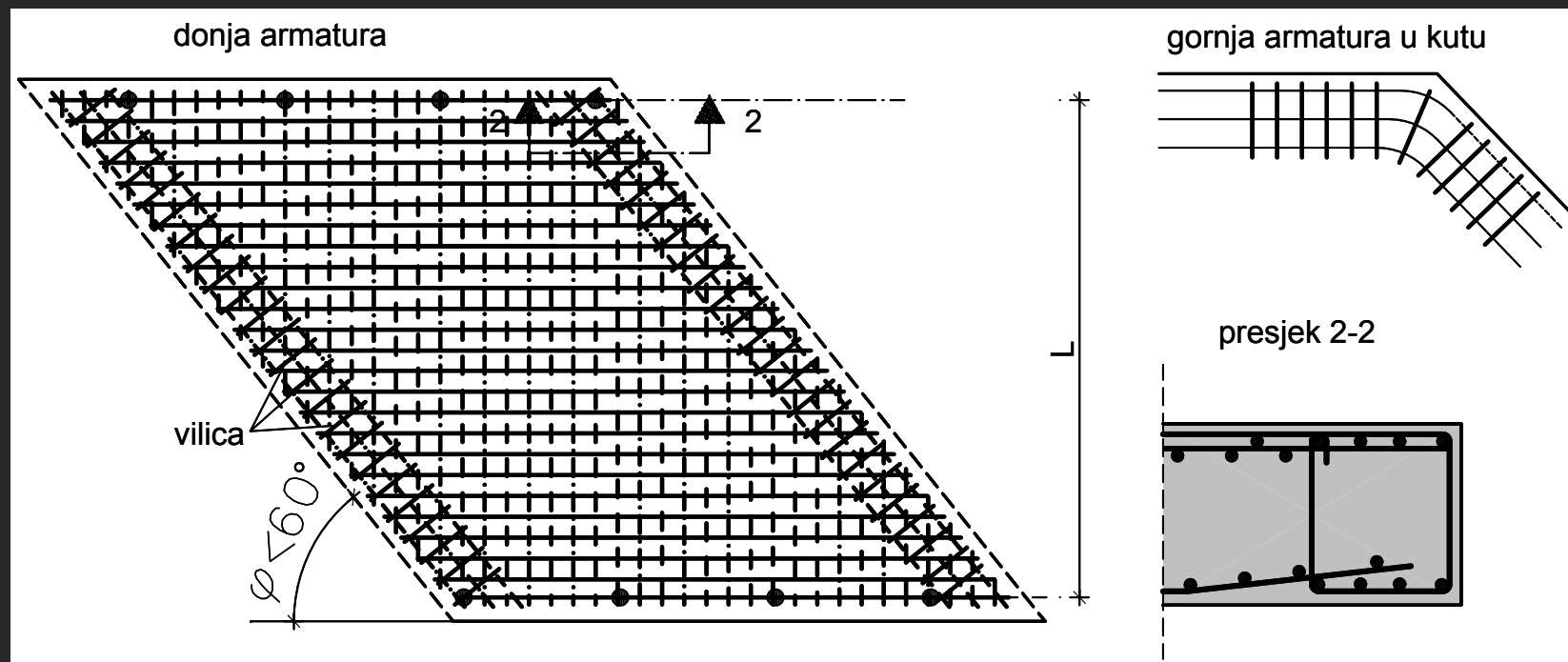
- $\varphi > 60^\circ$, $b:l \geq 1:2$



Proračun-Kose ploče s 1 rasponom

Armiranje kosih ploča

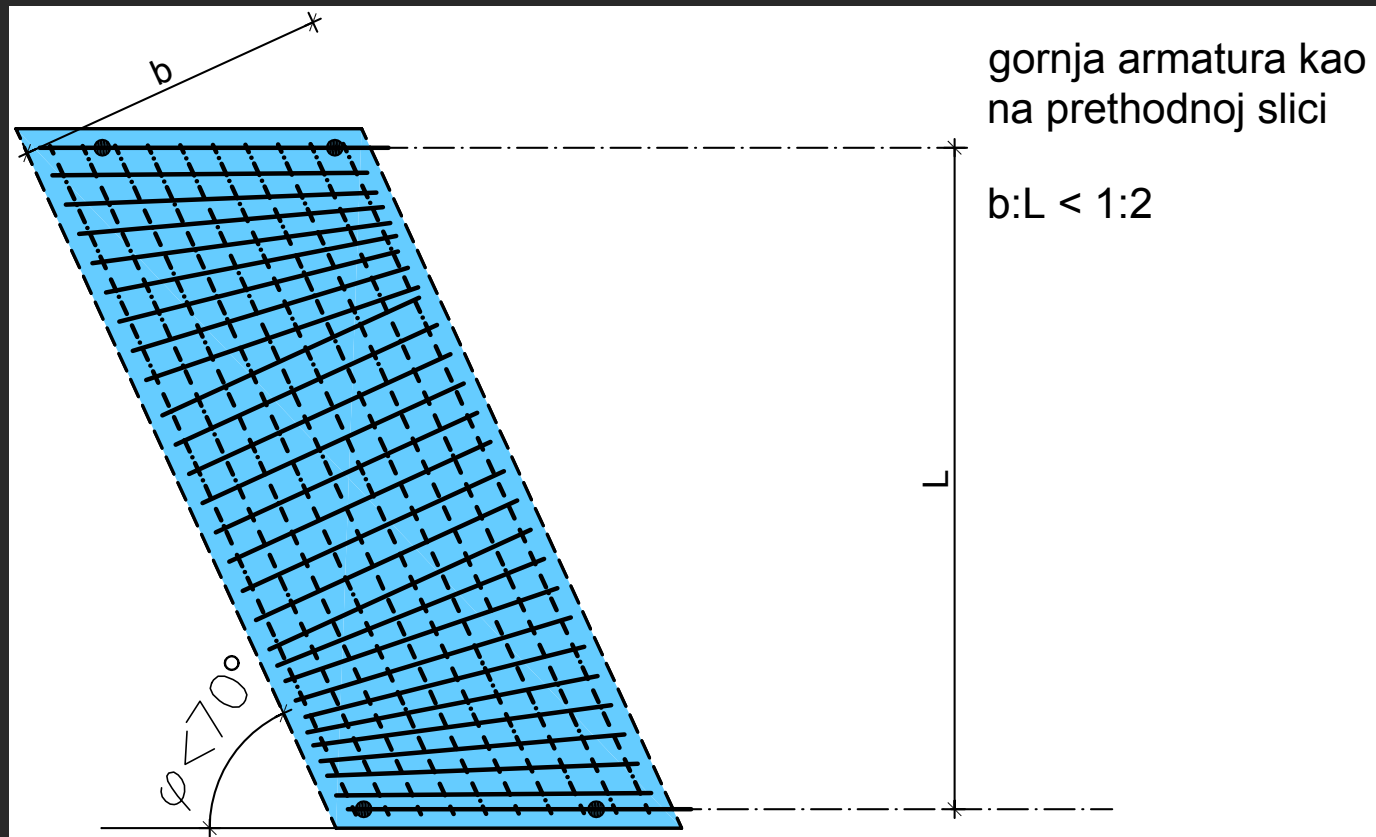
- $\varphi < 60^\circ$
- Na slobodnim rubovima - traka širine $b_r \approx h$, koja se ojačava uzdužnom armaturom i obuhvaća vilicama.



Proračun-Kose ploče s 1 rasponom

Armiranje kosih ploča

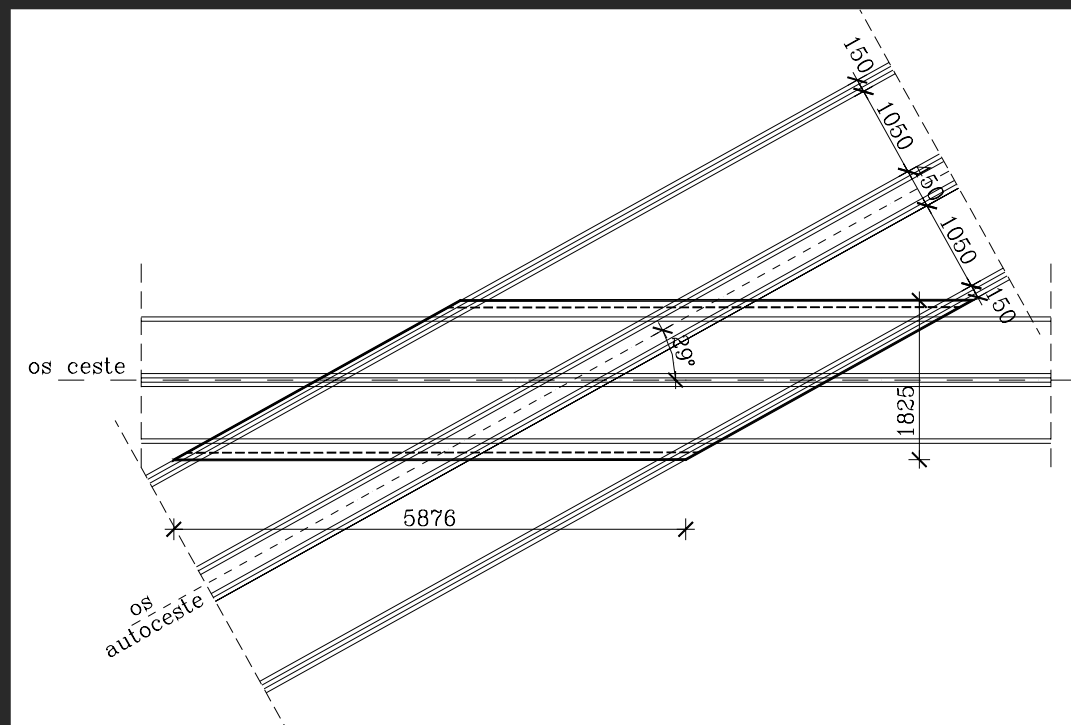
- $\varphi < 70^\circ$, $b:l < 1:2$



Proračun-Kosa ploča (okvirni podvožnjak)

Primjer modeliranja za Sofistik

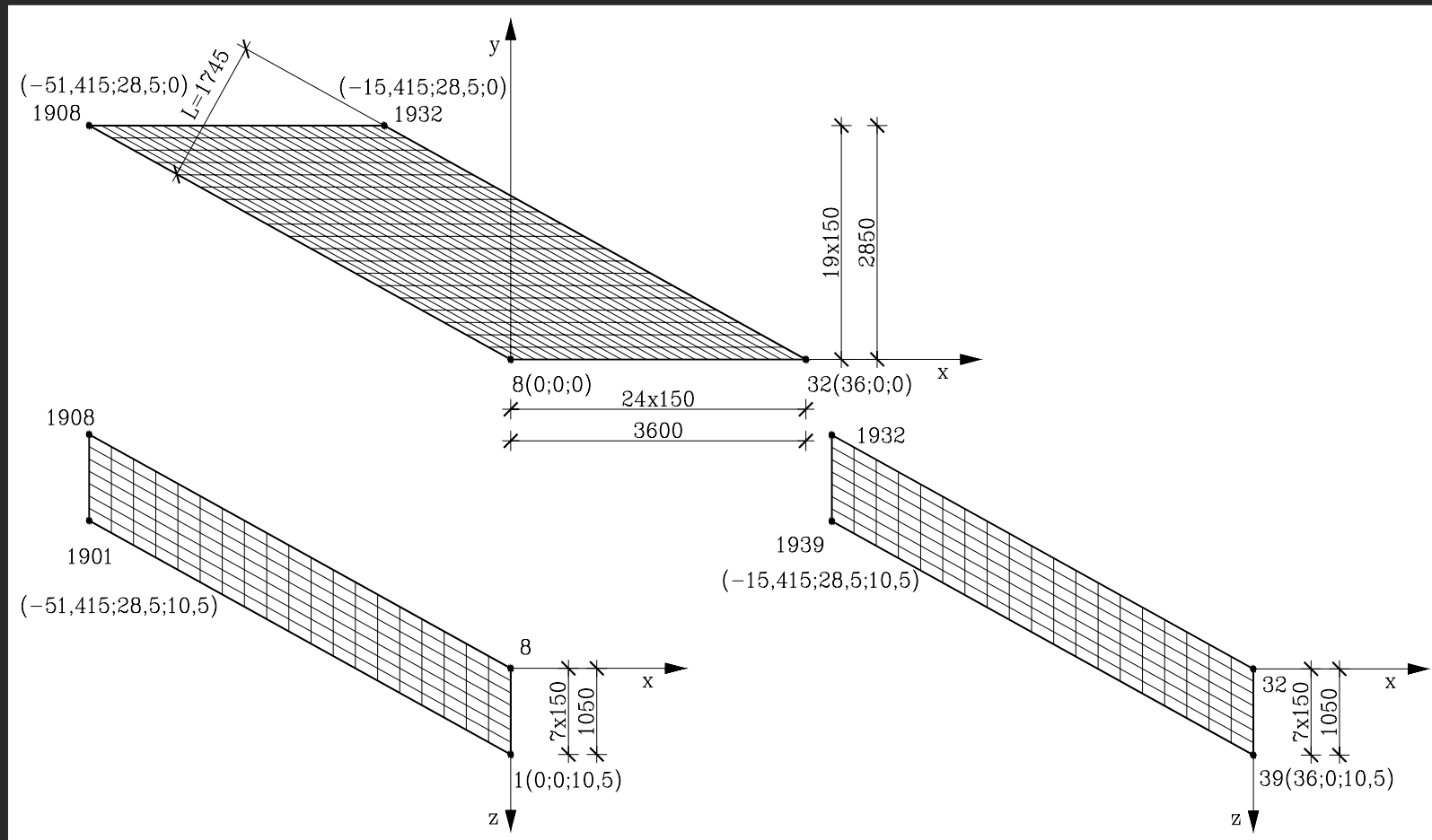
- Tlocrt



Proračun-Kosa ploče s 1 rasponom

Primjer modeliranja za Sofistik

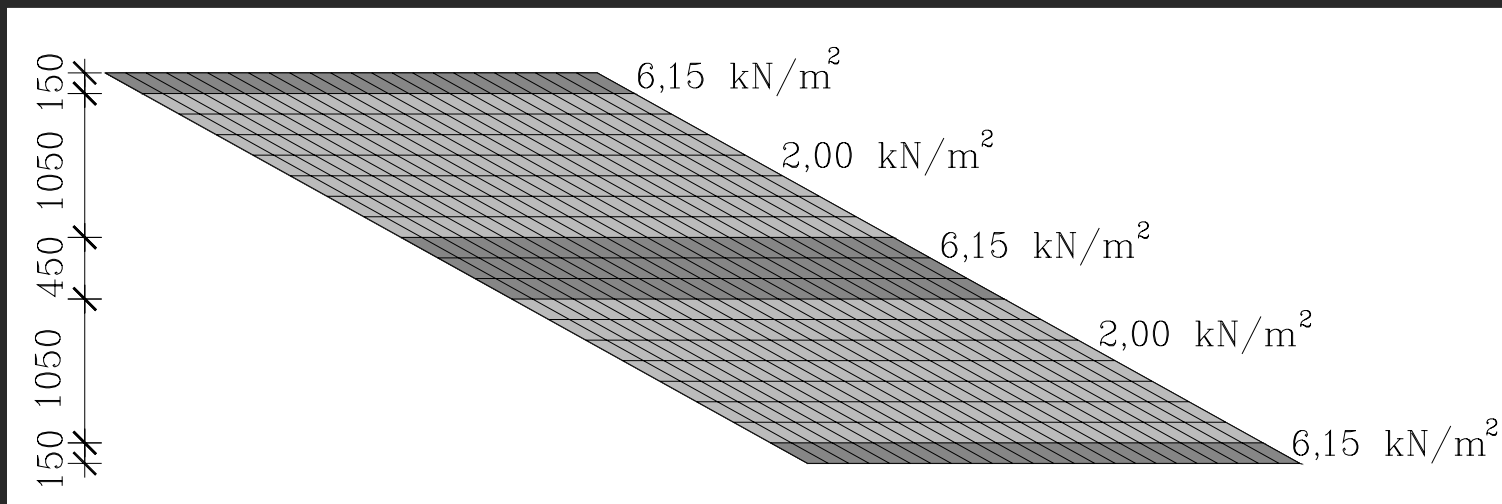
- Model



Proračun-Kosa ploče s 1 rasponom

Primjer modeliranja za Sofistik

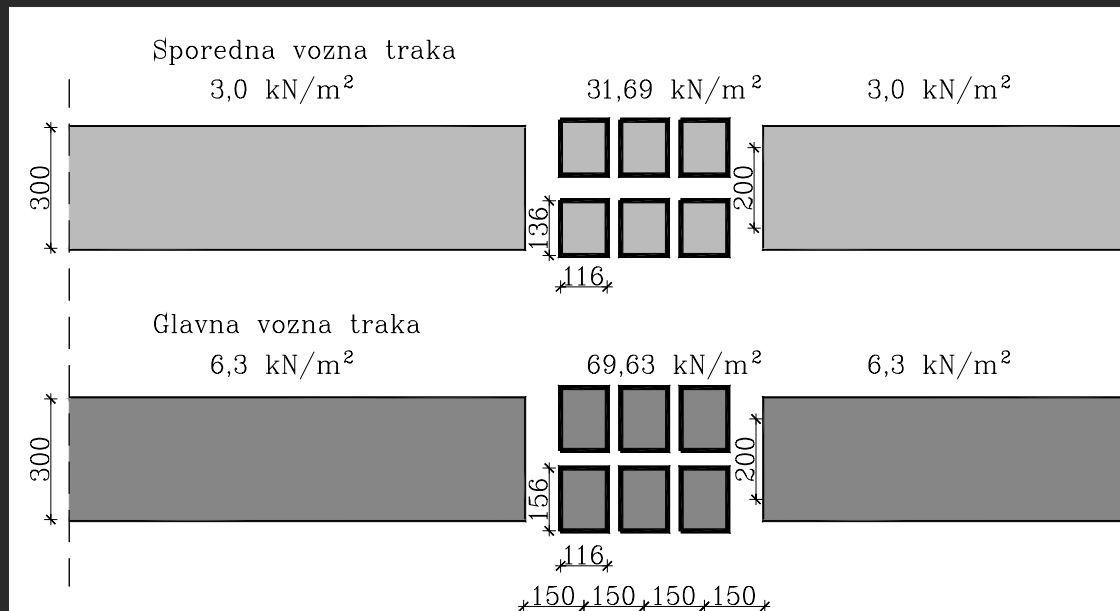
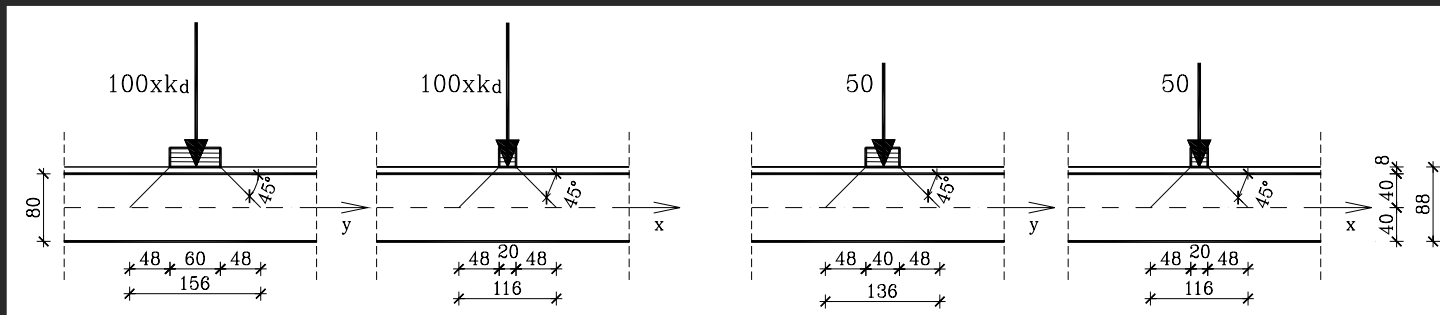
- Dodatno stalno opterećenje



Proračun-Kosa ploče s 1 rasponom

Primjer modeliranja za Sofistik

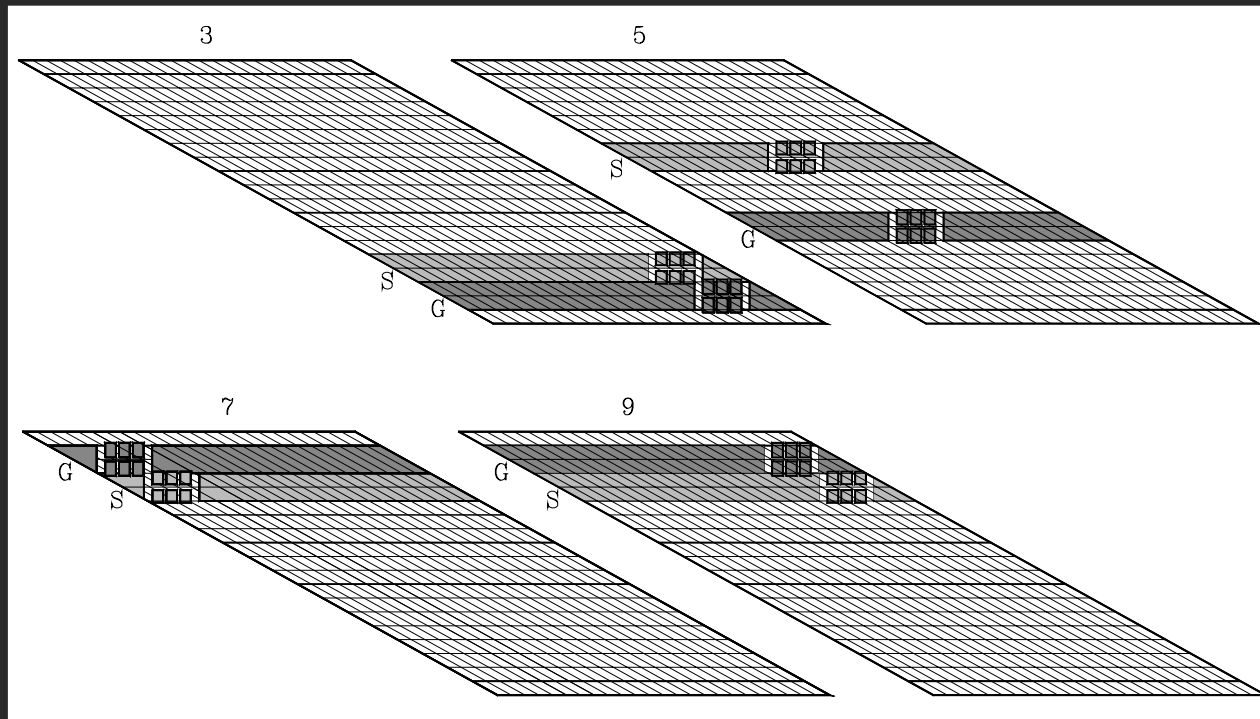
- Prometno opterećenje



Proračun-Kosa ploče s 1 rasponom

Primjer modeliranja za Sofistik

- Prometno opterećenje (4 od 9 važnijih položaja prometnog opterećenja)



Izvođenje - Monolitna izvedba

Nepokretne skele

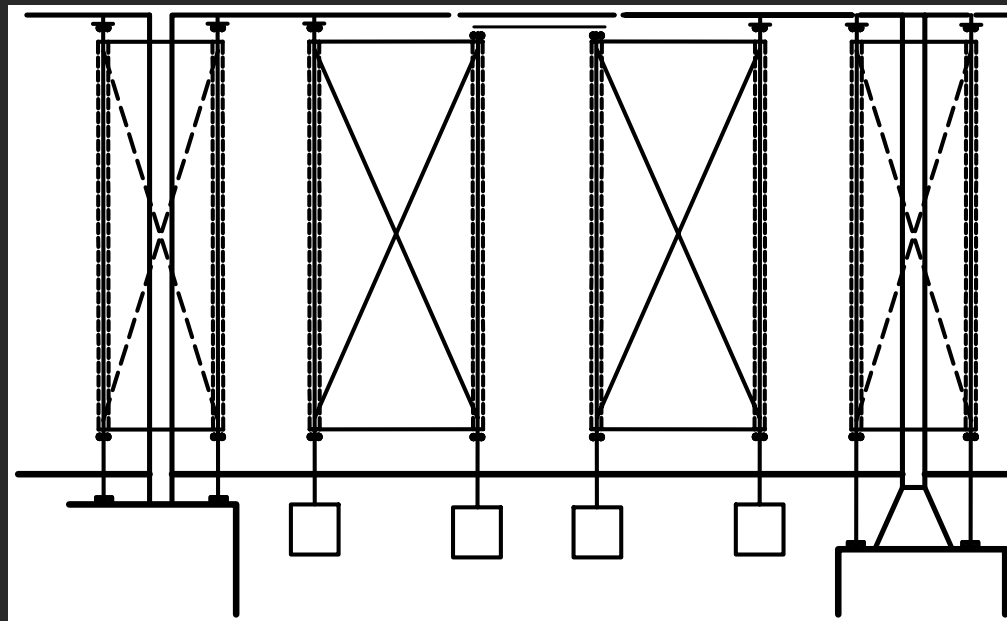
- Klasične nosive skele
- Fiksne, grade se na jednom mjestu
- Za ponovnu upotrebu - rastaviti i u dijelovima premjestiti
- Prema građi : drvene, čelične i kombinirane.
- Oplata: daščana, od šperploče i metalna,
dobro ukrućena i bez vidljivih deformacija od pritiska svježeg betona
- Prema načinu oslanjanja:
 - skele s više oslonaca,
 - s malo oslonaca,
 - s dva oslonca u jednom polju mosta.

Izvođenje - Monolitna izvedba

Nepokretne skele

Skele s više oslonaca

- Pogodne su za gredne mostove (i plitke svodove), kada građevina nije visoko uzdignuta iznad tla
- Drveni 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.

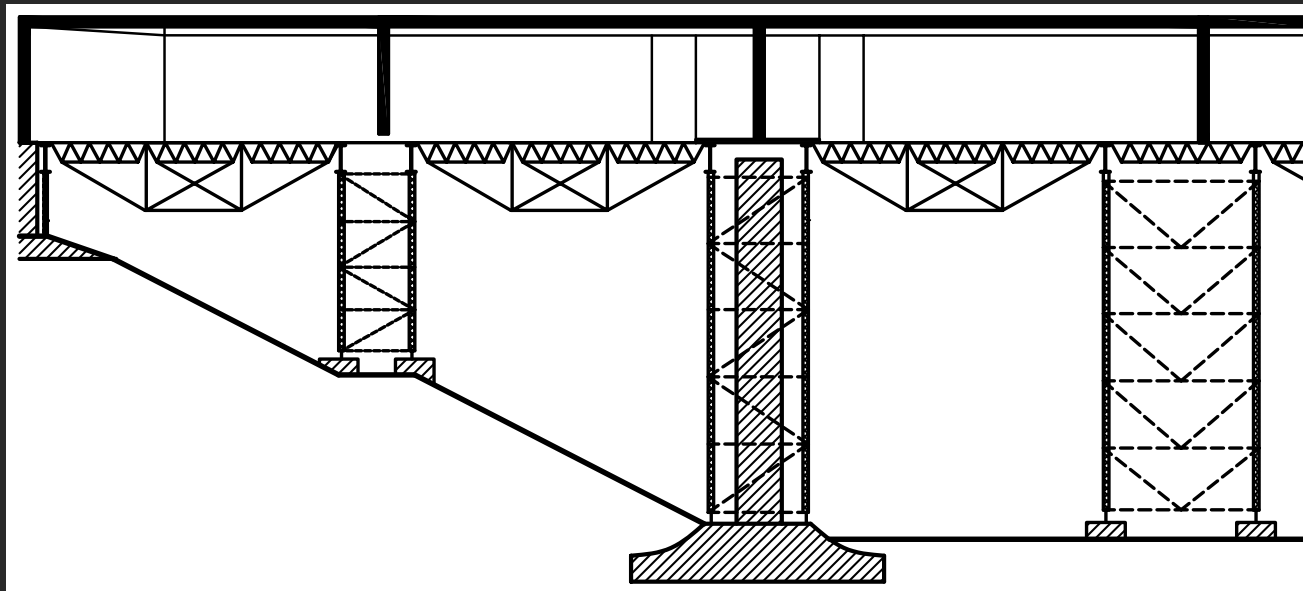


Izvođenje - Monolitna izvedba

Nepokretne skele

Skele s malo oslonaca

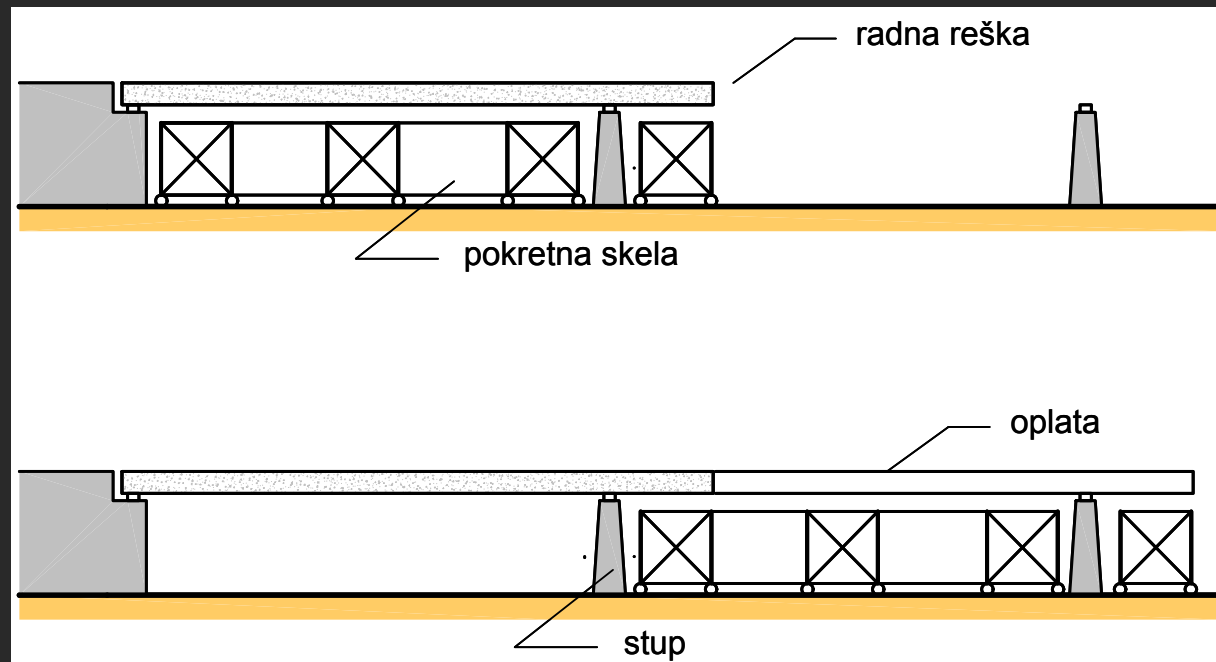
- uglavnom su čelične, tipizirani dijelovi
- kod mostova različitih raspona i visina iznad terena



Izvođenje - Monolitna izvedba

Pokretne skele

- Bez rastavljanja mogu se premještati uzduž i poprijeko na most
- Pogodne za ravno i dobro nosivo tlo, te za mostove koji nisu visoko uzdignuti iznad tla i imaju više od tri raspona
- Radne reške na mjestima nul-točaka momentnog dijagrama ($\approx \frac{1}{4} l$).



Izvođenje – Montažna i polumontažna izvedba

- Autodizalice
- Portalne dizalice
- Transport specijalnim cestovnim vozilima ili željeznicom
- Za montažu tipskih nosača - 2 autodizalice nosivosti 90-100 t, kod otežanog pristupa mostu 1 autodizalica nosivosti 300 t.
- Montažni način – za nadvožnjake
- Polumontažni – za objekte u trasi