

# Спрегнути друмски мостови

## Опште о спрезању

Армирано бетонска коловозна плоча се спреже са челичним носачима;

Поред локалног напрезања (савијања) АБ плоча учествује у раду спрегнутих носача;

Спрезање АБ плоче може да се изврши:

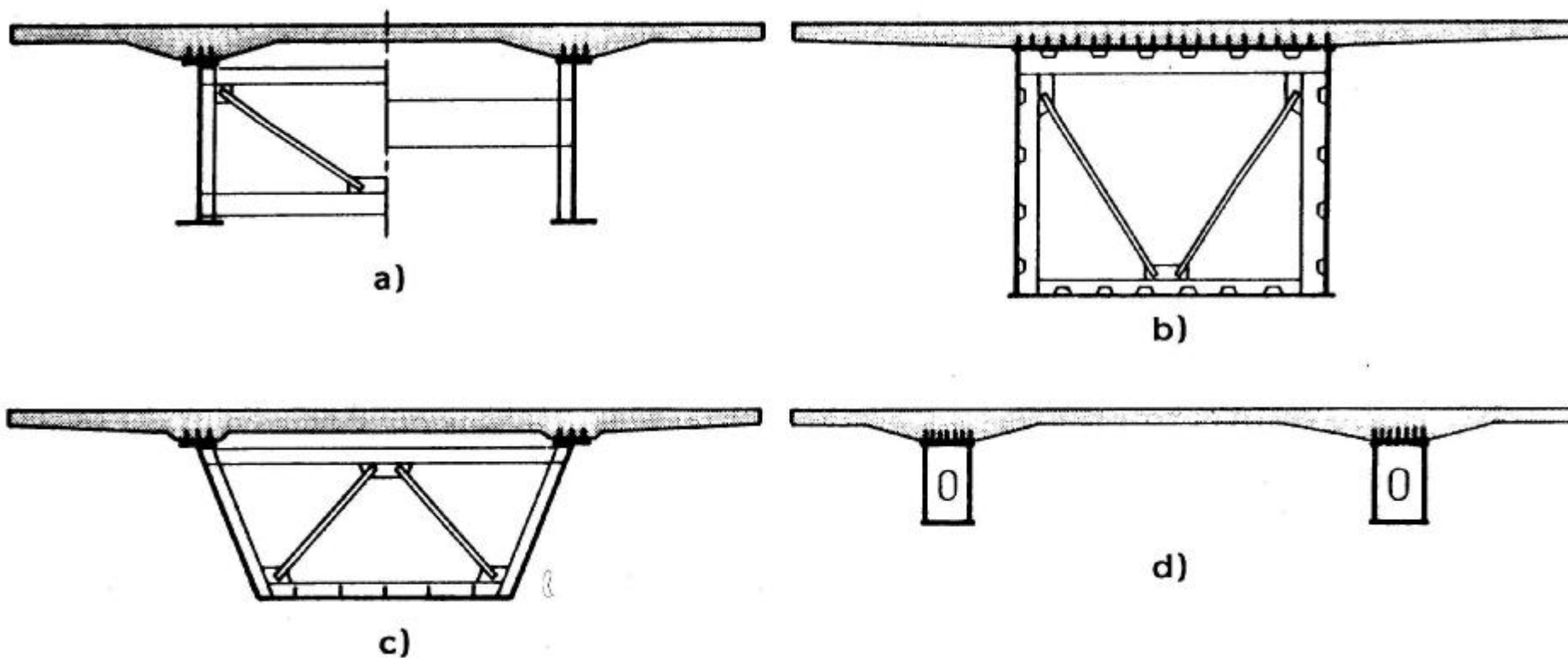
- само са главним носачима,
- са главним и попречним носачима или
- само са попречним носачима (коловоз на доњем појасу).

Да би се омогућило спрезање са главним носачима неопходно је да саобраћај буде на горњем појасу;

# Облици попречних пресека спрегнутих главних носача

- **Отворени** попречни пресеци са два или више главних носача несиметричног I попречног пресека;
- **Затворени** – сандучасти попречни пресеци (један или два сандука);
- **Мешовити** попречни пресеци – комбинација претходна два случаја;

# Различити облици попречних пресека спрегнутих друмских мостова



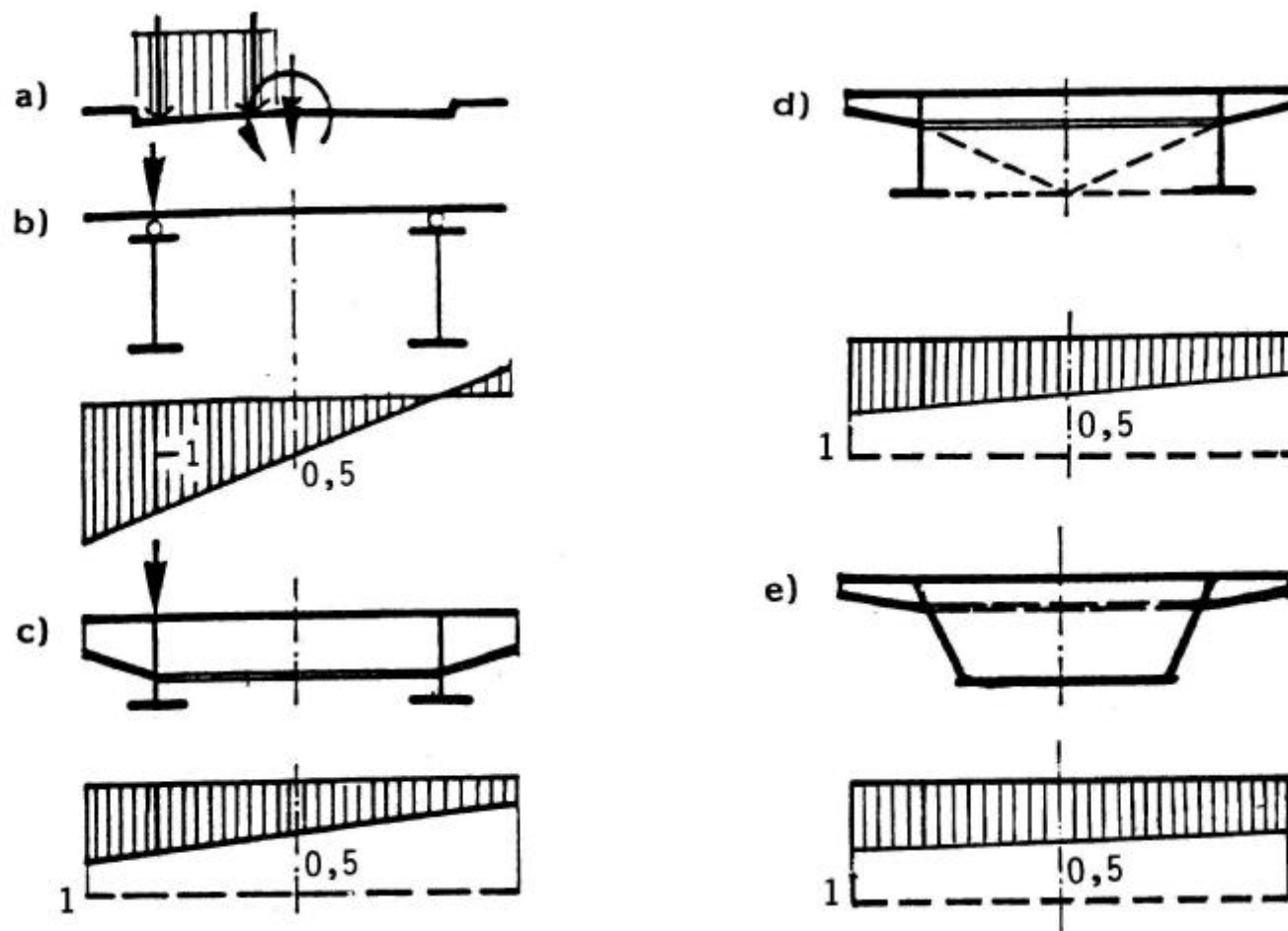
# Прерасподела саобраћајног оптерећења на главне носаче

Саобраћајно оптерећење код друмских мостова може да има произвољан положај у попречном правцу (у оквиру ширине саобраћајних трака)!

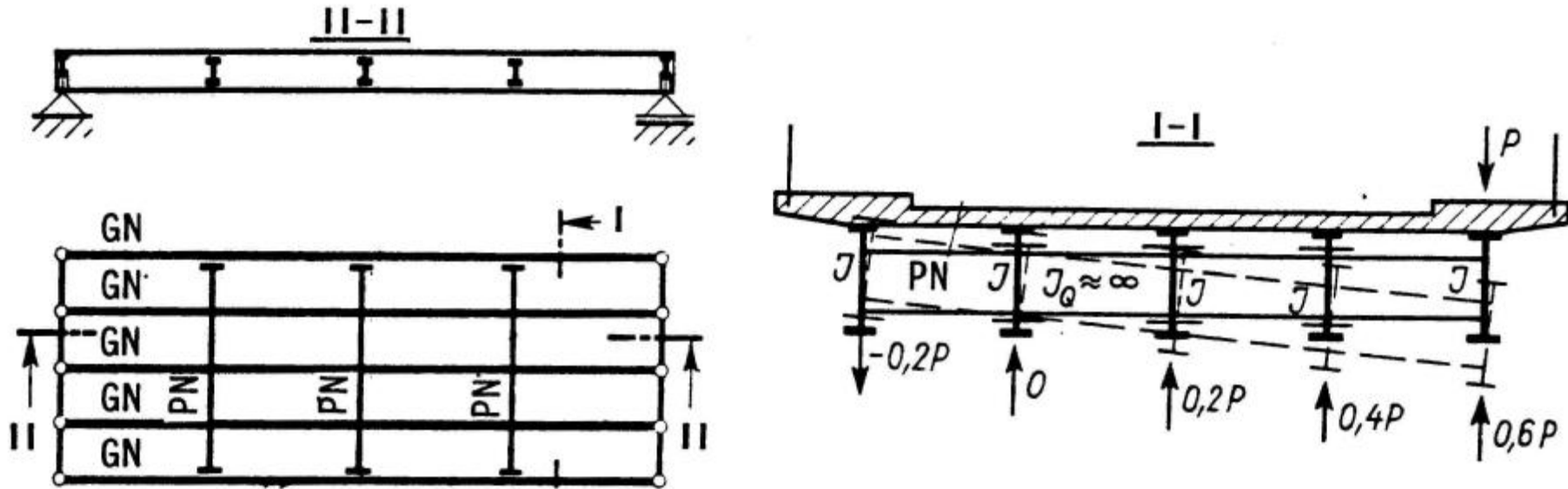
Прерасподела оптерећења зависи од:

- броја главних носача,
- врсте главних носача (торзионо меки или крути),
- односа крутости на савијање главних и попречних носача (роштиљно дејство).

# Прерасподела оптерећења код различитих типова попречних пресека



# Роштільно дејство поперечних и главних носача



Коефицијент крутости роштілног система:

$$z = \frac{I_0}{I} \cdot \left( \frac{\ell}{2a} \right)^3$$

## АБ плоче код спрегнутих мостова

Могу да буду:

- монолитне (ливене на лицу места) или
- префабриковане (монтажне).

Коловозна АБ плоче могу да се ослањају:

- само на главне носаче или
- на главне и попречне носаче (крстасто армиране плоче).

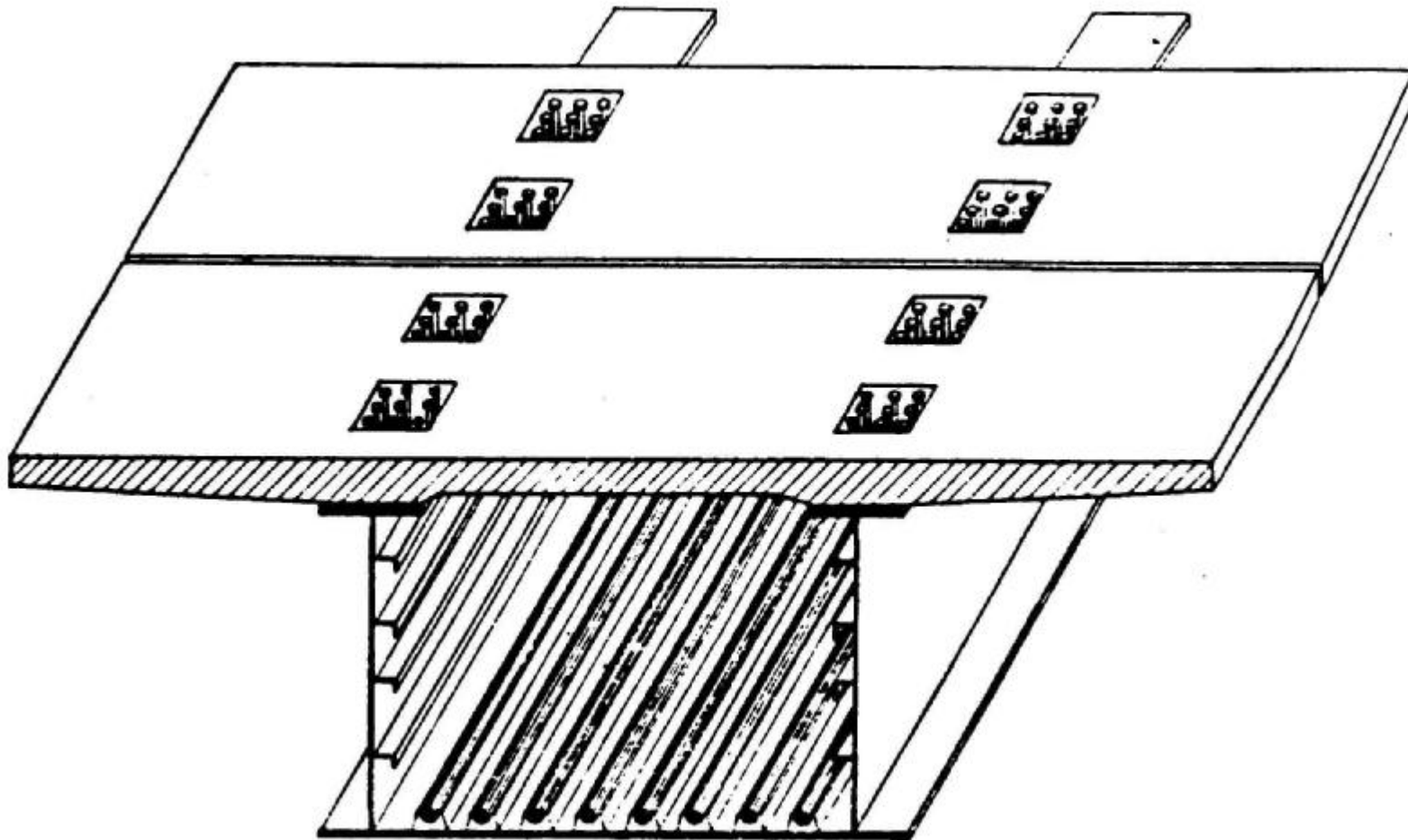
Минимална дебљина АБ плоче је 16 (18) cm,

Изнад ослонаца (главног носача) дебљина монолитне плоче треба да буде 30 cm;

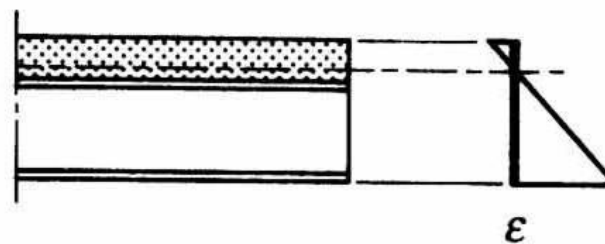
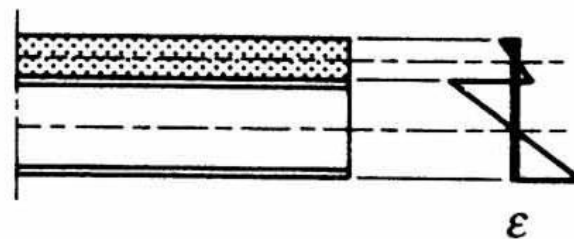
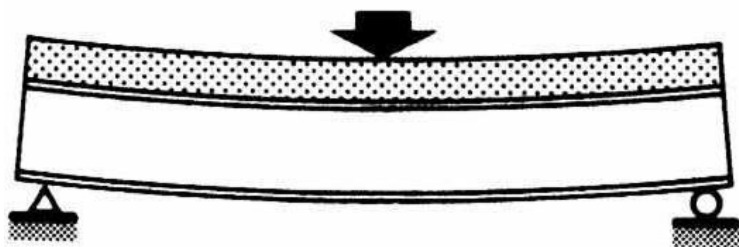
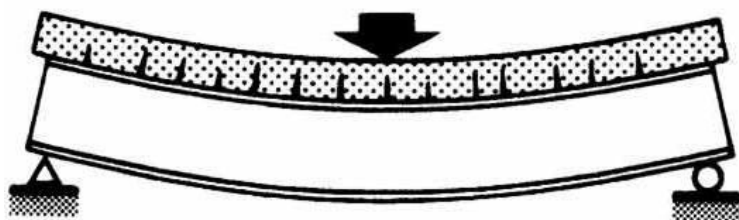
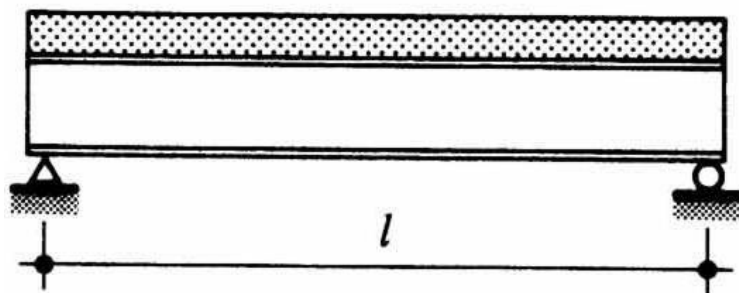
Минимална марка бетона је МБ30.



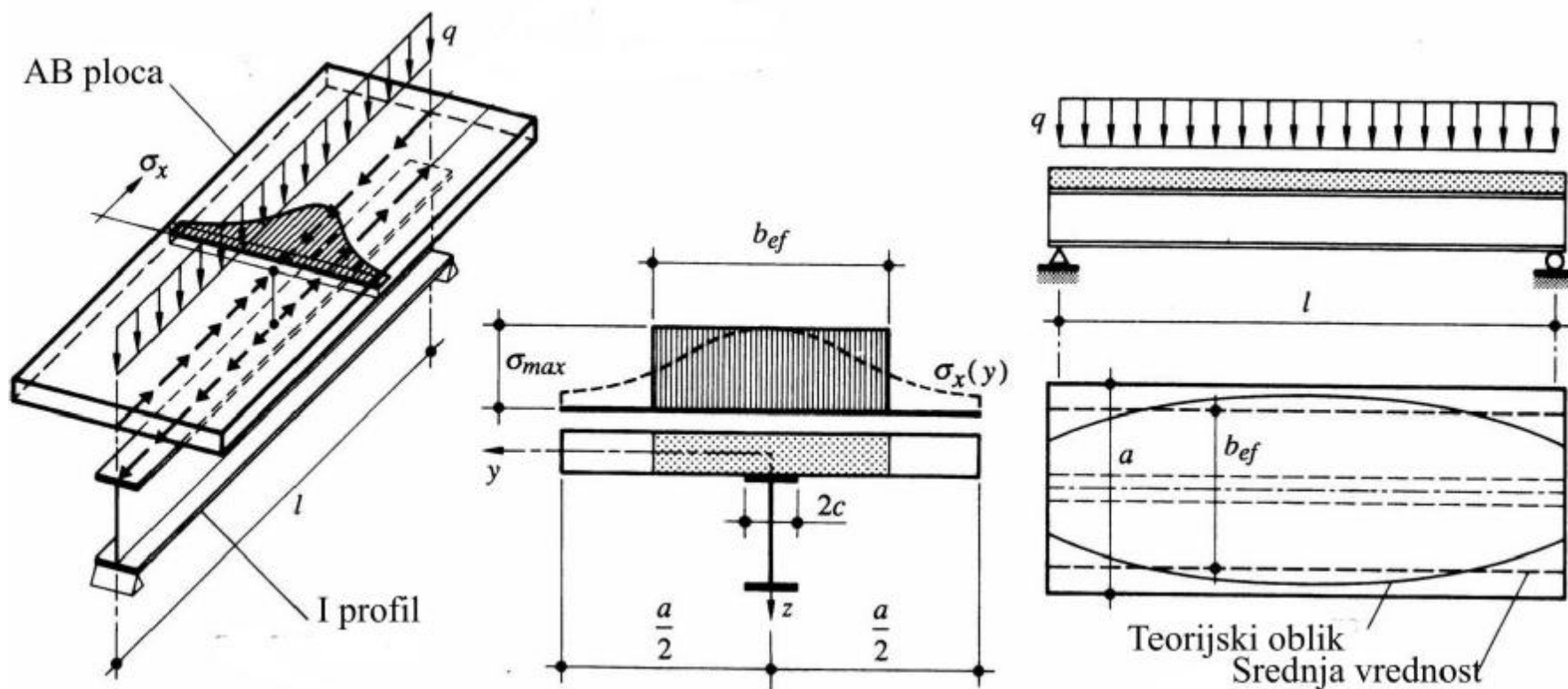
# Монтажне АБ плоче



# Ефекат спрезања

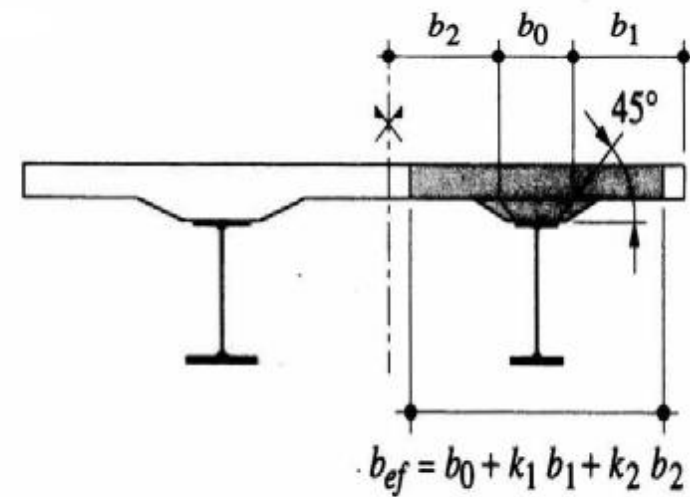
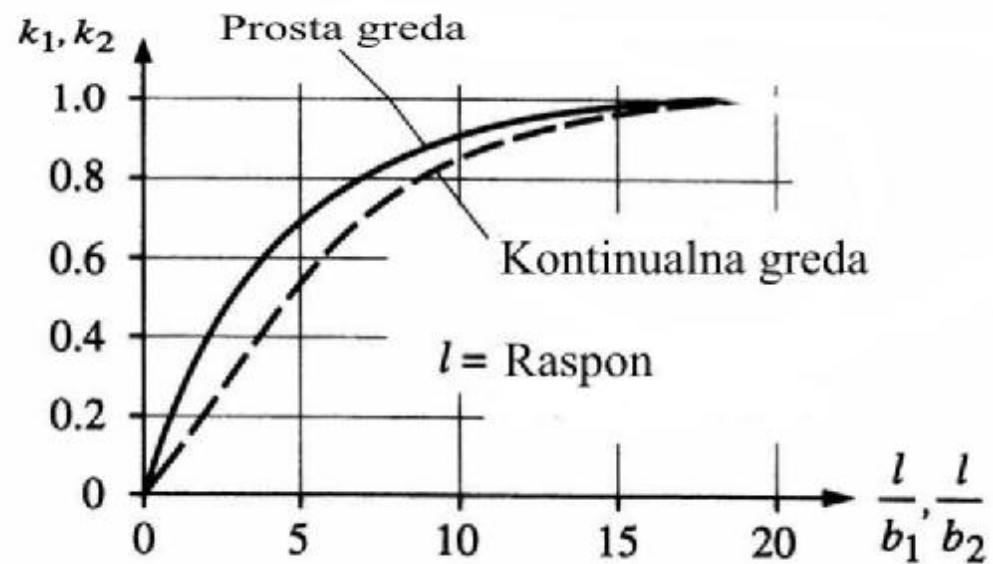


# Ефективна ширина АБ плоче



Садејствујућа - ефективна ширина АБ плоче одређује се на основу *shear lag* ефекта. Овај проблем је посебно изражен код кратких мостова.

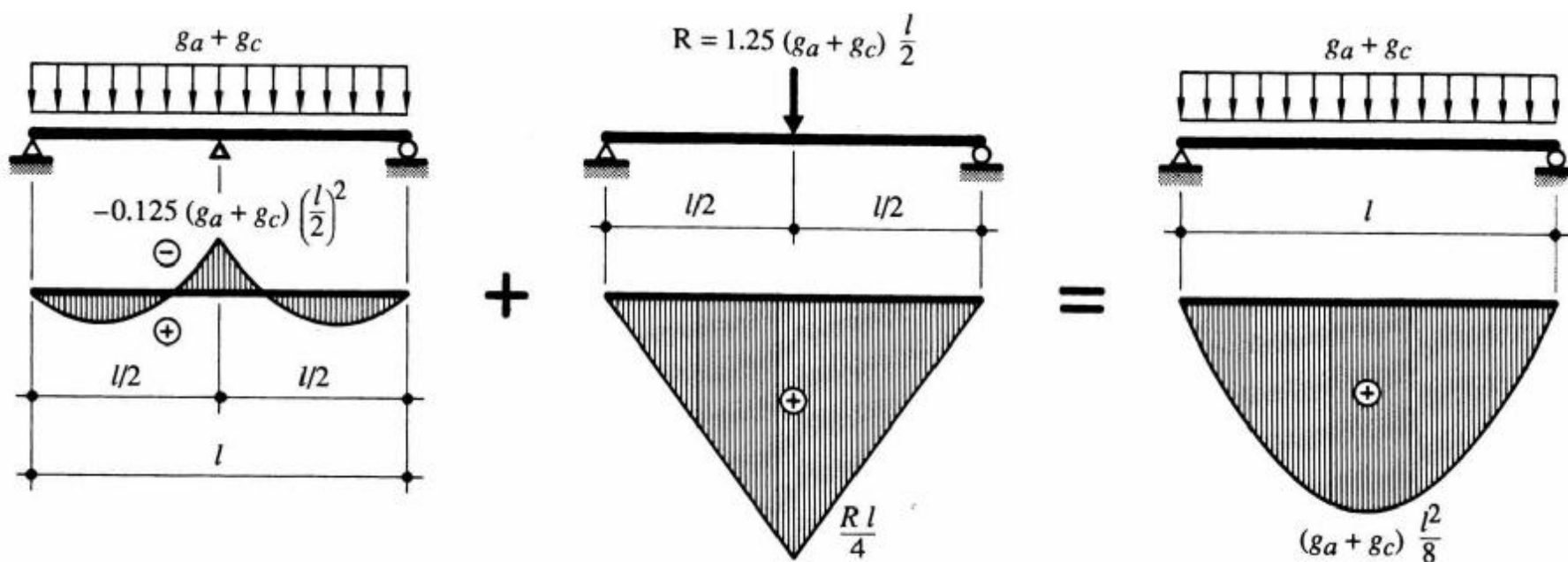
# Одређивање ефективне ширине



# Начини спрезања главних носача

- Спрезање за целокупно стално и саобраћајно оптерећење (монтажа на скели);
- Спрезање за део сопствене тежине, додатно стално и саобраћајно оптерећење (монтажа са привременим ослонцима – јармовима)
- Спрезање само за додатно стално и саобраћајно оптерећење;

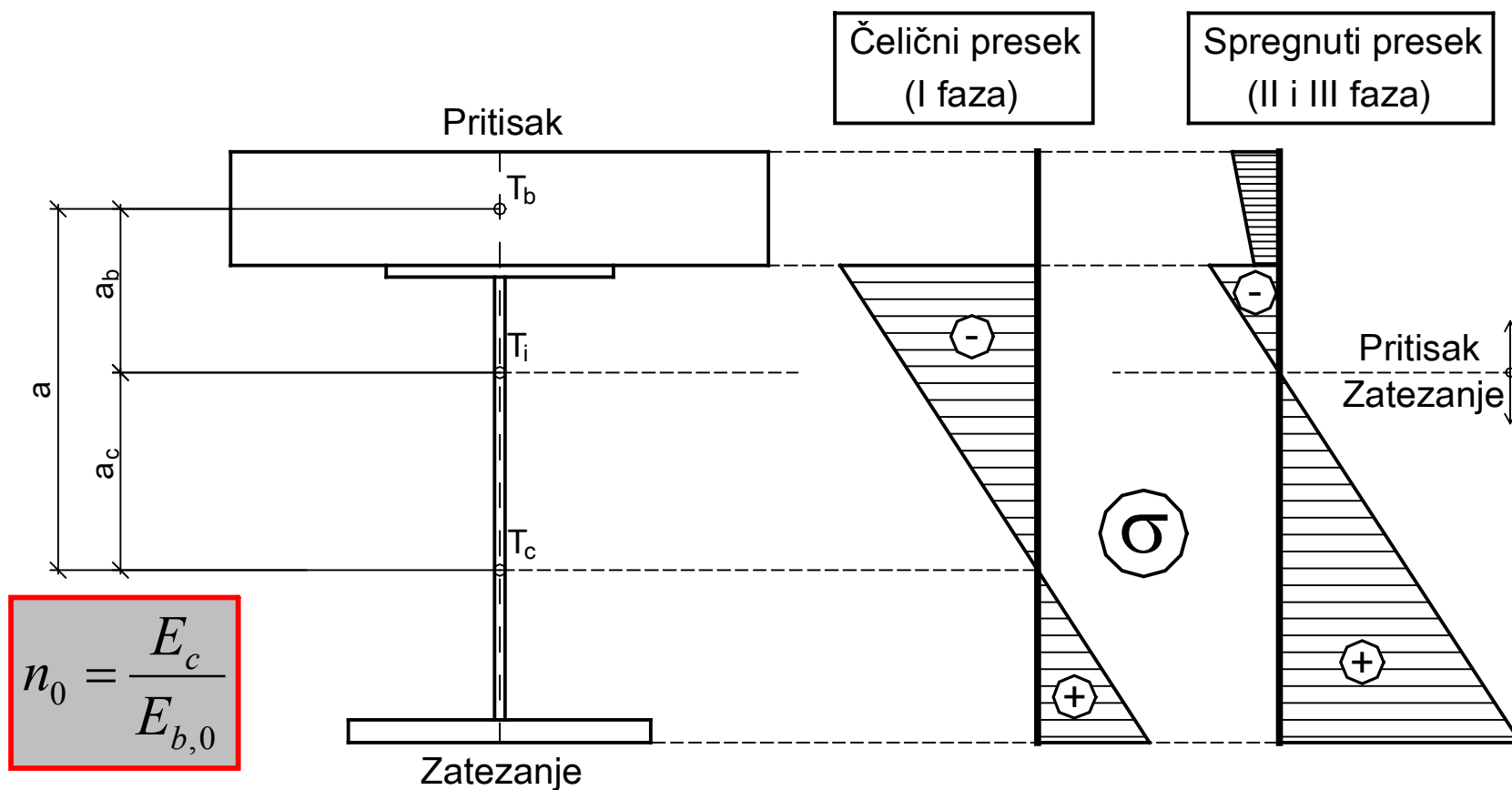
# Спрезање за део сопствене тежине, додатно стално и саобраћајно оптерећење (примена јармова)



# Фазе рада спрегнутог пресека

1. **Фаза напрезања (монтажа):**
  - Активан само **челични део пресека**;
  - Оптерећење од сопствене тежине челика, свежег бетона оплате и опреме за уградњу;
2. **Фаза напрезања (након очвршћавања АБ плоче  $t=t_o$  )**
  - Активан **спрегнути пресек**;
  - Оптерећење од додатног сталног терета (асфалт, ивичњаци, одбојници, ограде, расвета...), реакције јарма, ако постоји, и саобраћајно оптерећење;
3. **Фаза напрезања ( $t=t_\infty$ )**
  - Активан **спрегнути пресек**;
  - Оптерећење од скупљања и течења бетона и температурне разлике  $\Delta t$ ;

# Анализа напрезања спрегнутог пресека



$$n_0 = \frac{E_c}{E_{b,0}}$$

$$A_{i,0} = A_c + A_b / n$$

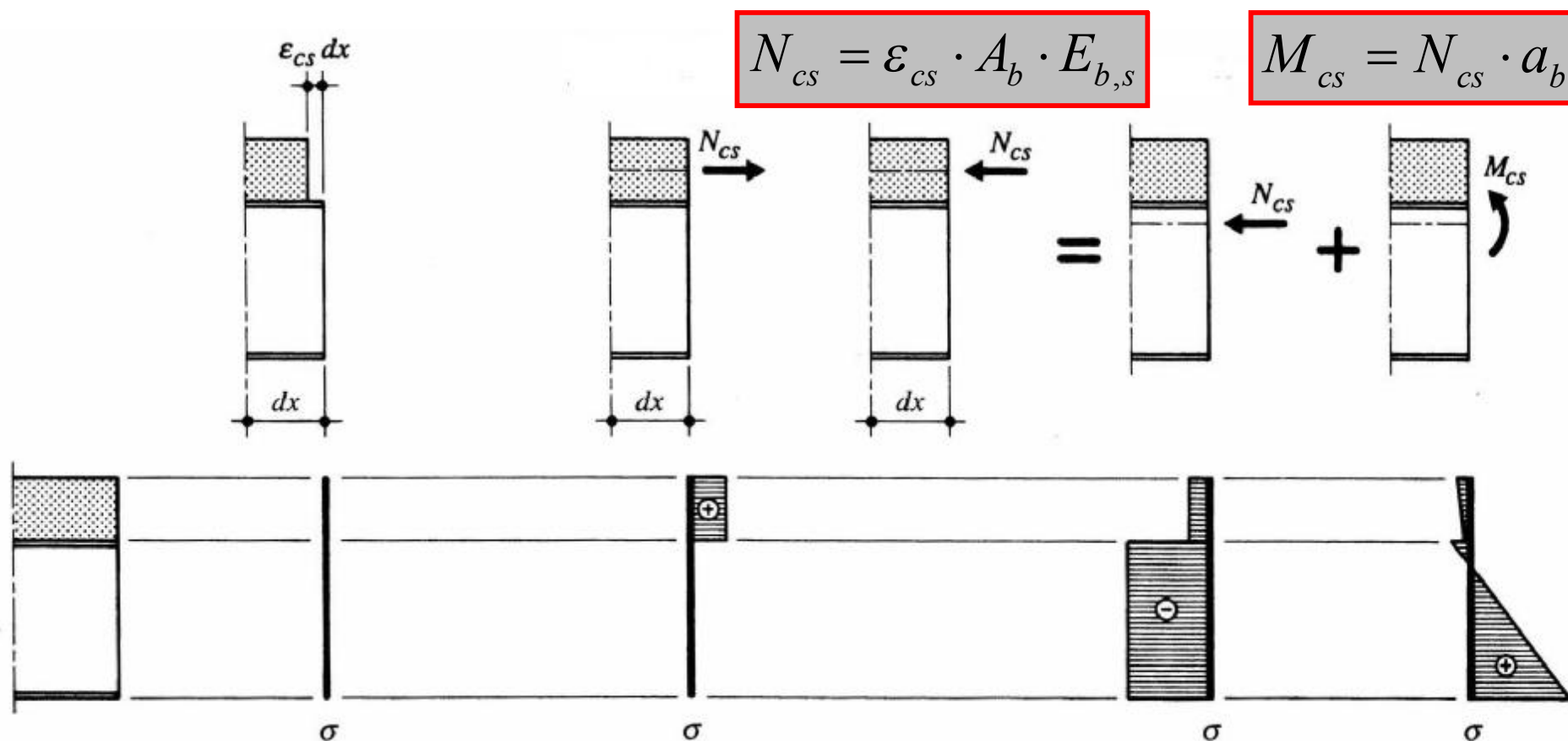
$$I_{i,0} = I_c + A_c \cdot a_c^2 + (I_b + A_b \cdot a_b^2) / n_0$$



# Утицаји услед скупљања бетона ( $t=t_{\infty}$ )

Слободна деформација

Спречена деформација



Дијаграми нормалних напона

## Утицаји услед течења бетона ( $t=t_{\infty}$ )

Током времена услед реолошких особина бетона (временске деформације) услед сталног оптерећења (притиска) долази до пада модула еластичности бетона.

Смањује се учешће бетонског дела пресека у носивости спрегнутог попречног пресека!

Мењају се карактеристике идеализованог попречног пресека:

$$E_{bt} = \frac{E_{b,0}}{1 + 1,1 \cdot \varphi_{\infty}}$$

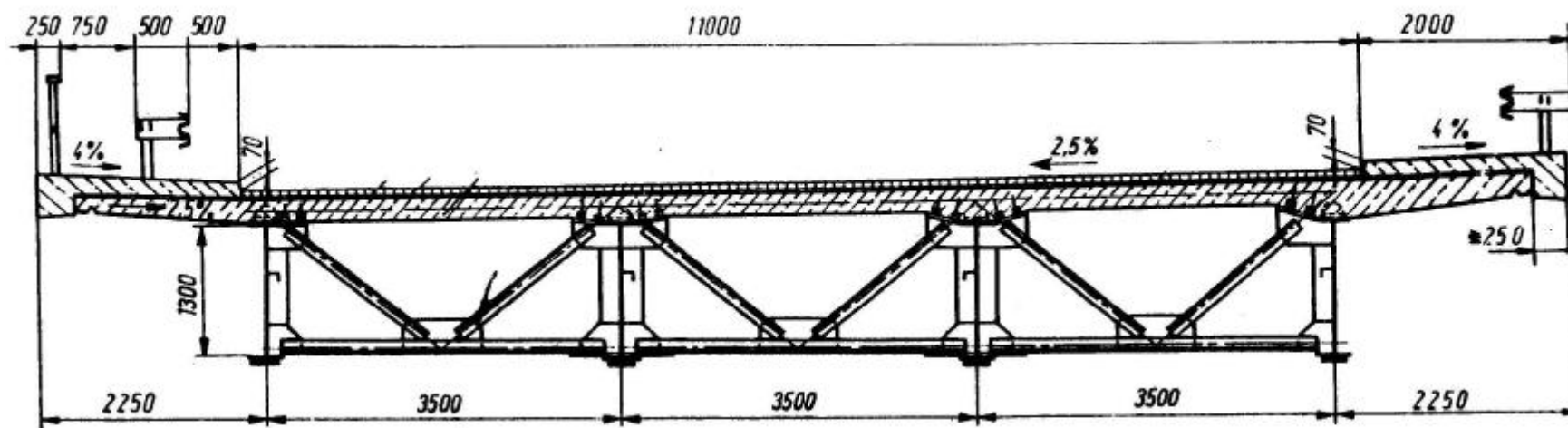
Према Фрицу (*Fritz*)

$$n_t = \frac{E_c}{E_{bt}} = n_0 \cdot (1 + 1,1 \cdot \varphi_{\infty})$$

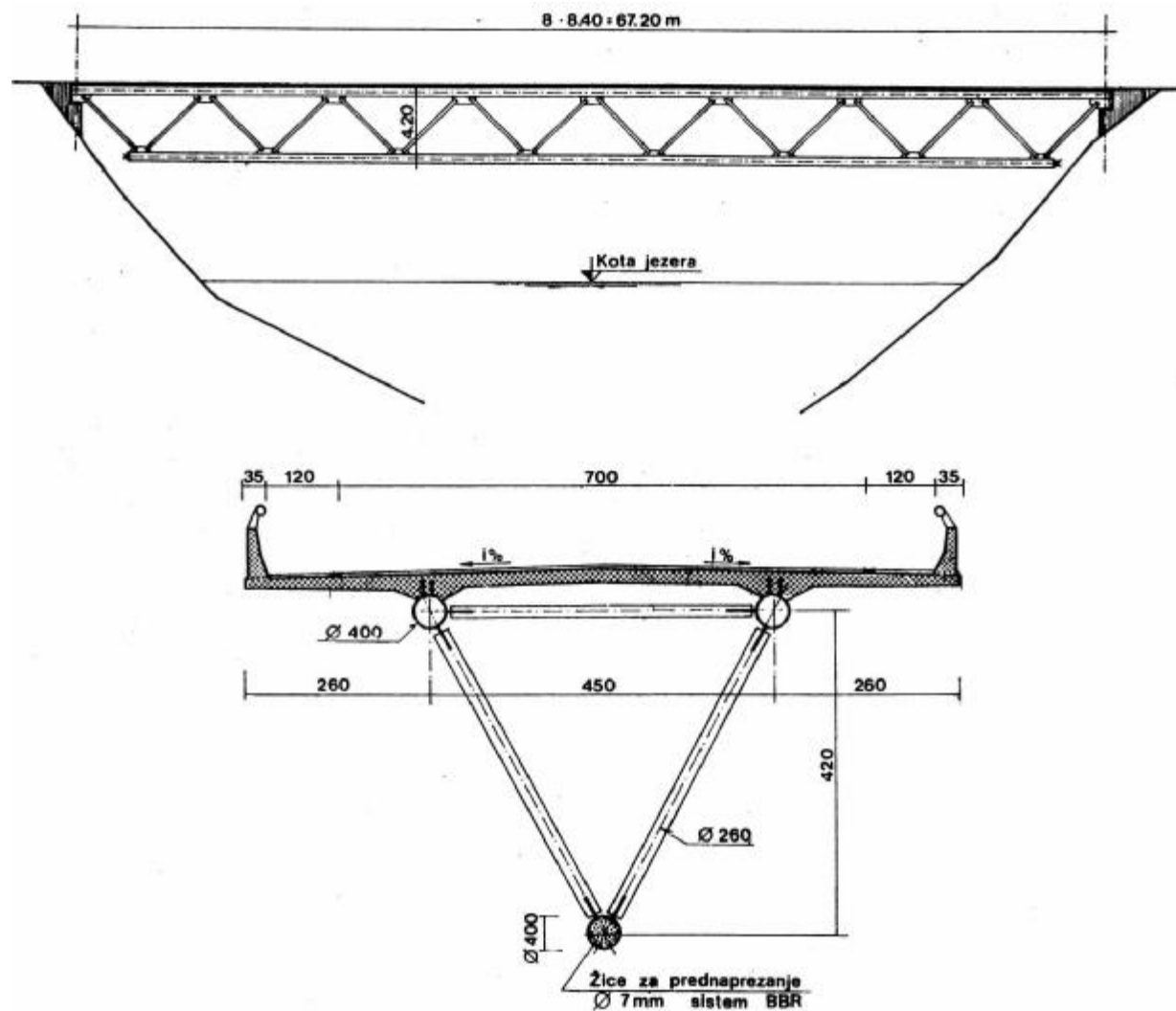
# Статички системи и конструкцијско обликовање спрегнутих главних носача

- Углавном се користе код гредних система (**проста греда, континуалан носач**);
- Најповољнији систем је **проста греда** (бетонска плоча у зони притиска дуж читавог распона);
- Користе се и код лучних мостова, а у последње време и код мостова са косим затегама за коловозне греде;
- У погледу конструкцијског обликовања најчешће се користе **пуни лимени носачи**, мада има и примера са **решеткастим главним носачима**;

# Спрезање АБ плоче са пуним главним носачима



# Спрезање АБ плоче са решеткастим главним носачима

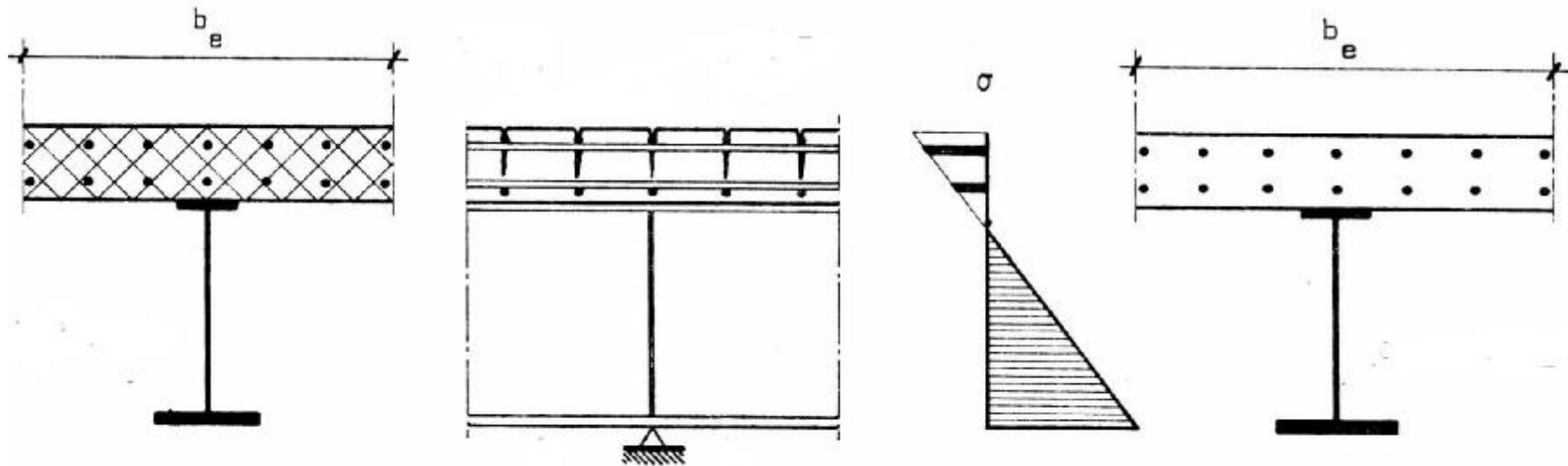


# Пријем негативног момента савијања код континуалних носача

Може се остварити:

1. Помоћу обичне “меке” **арматуре**;
2. Помоћу **каблова** за преднапрезање;
3. Помоћу преднапрезања **издизањем**  
(спуштањем) ослонаца;

# Пријем негативног момента обичном арматуром

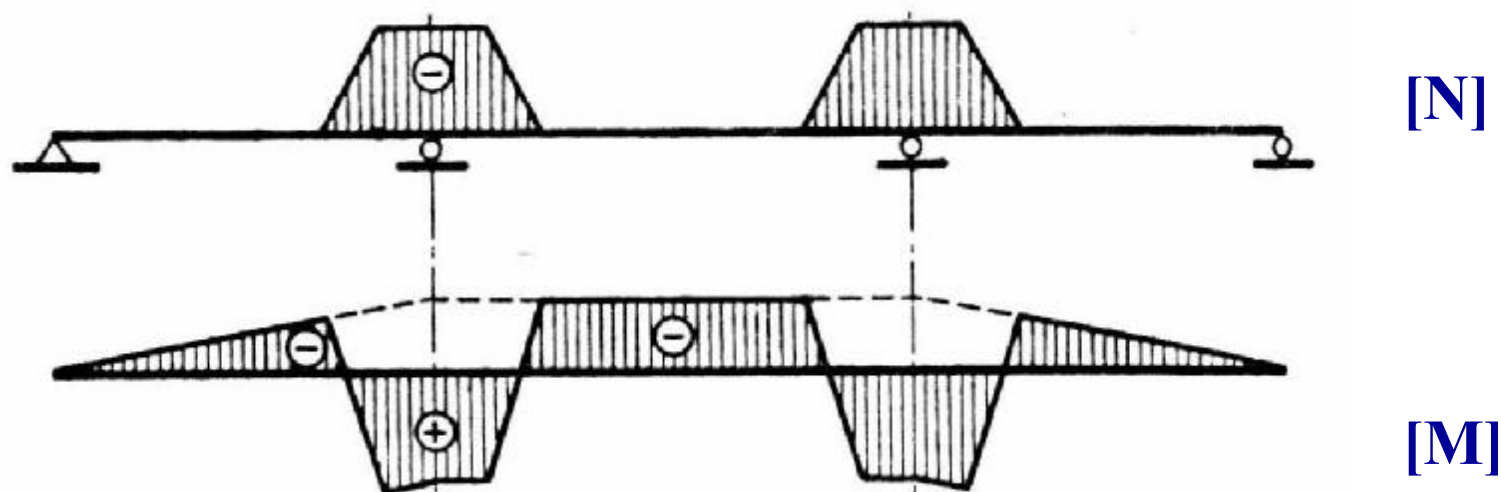


Активан пресек за прорачун  
утицаја у носачу и контролу  
деформација

Активан пресек за  
димензионисање

Потребно је извршити доказ прслина у зетегнутом бетону!

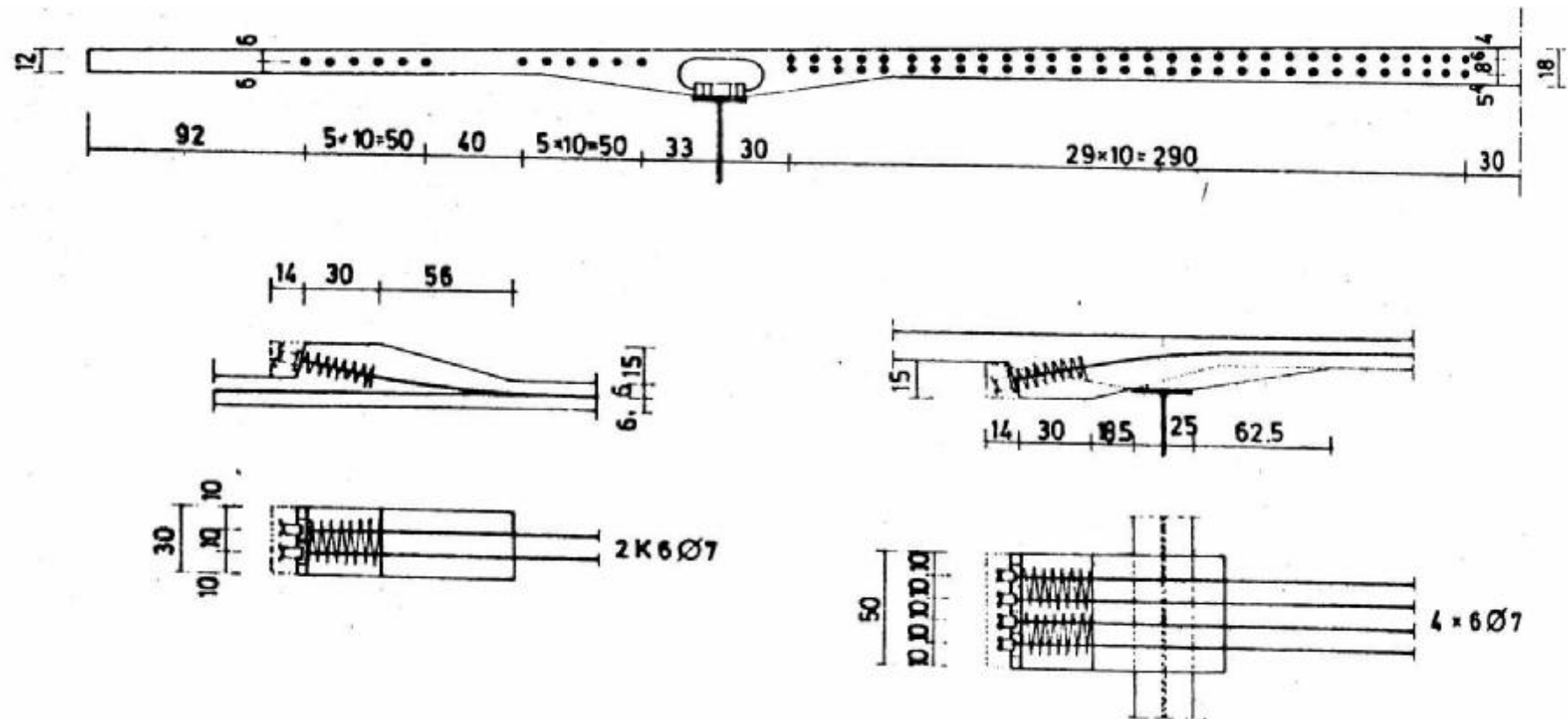
## Пријем негативног момента кабловима за преднапрезање – пресечне силе од преднапрезања



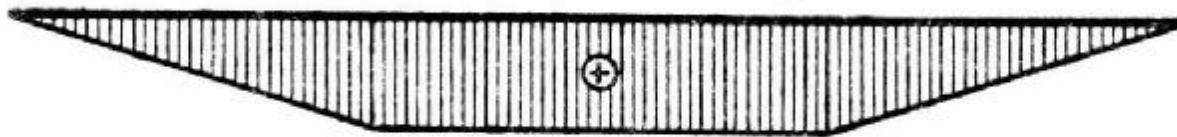
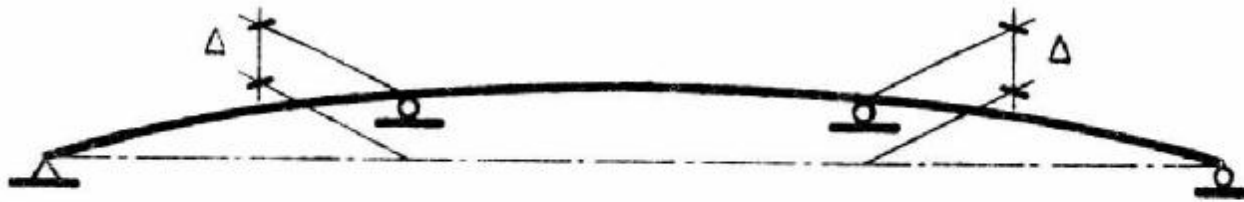
**Течење бетона умањује ефекат преднапрезања!**



# Пријем негативног момента кабловима за преднапрезање – детаљи



# Пријем негативног момента издизањем и спуштањем ослонаца



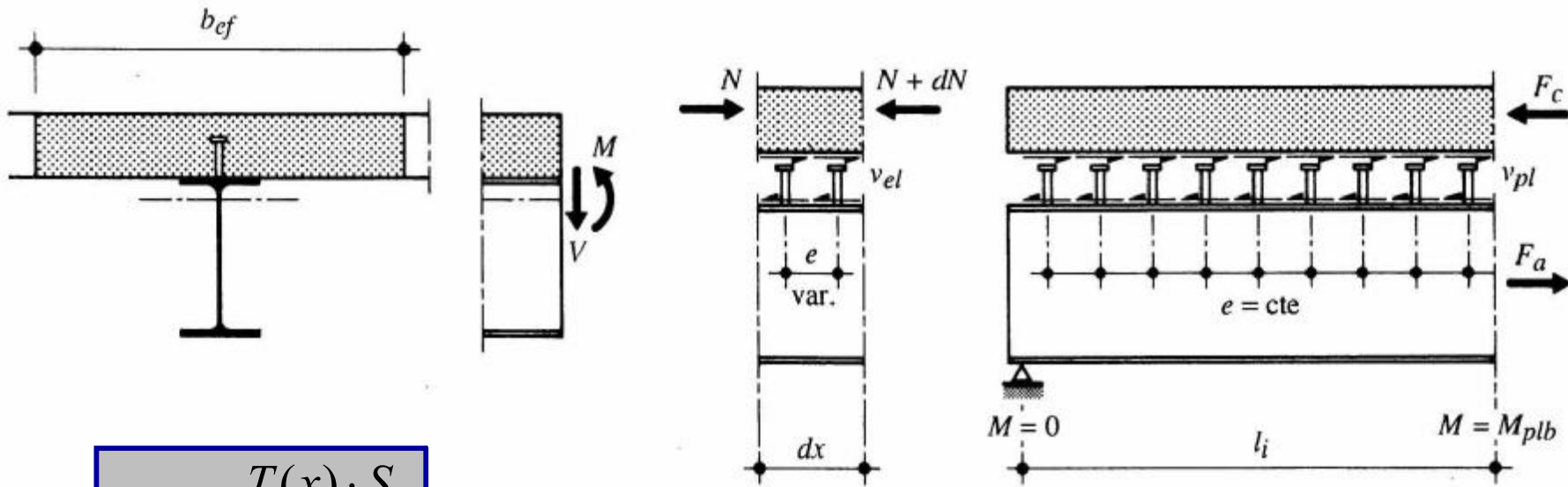
Спуштање  
ослонаца

Течење  
бетона

## Средства за спрезање - можданици

- Спречавају проклизавање (независно хоризонтално померање) на контакту између бетона и челика и омогућавају заједнички рад попречног пресека (Бернулијева хипотеза о равном пресеку);
- Димензионишу се на дејство хоризонталних смичућих сила које делују у нивоу контакта челика и бетона;
- Највећи утицаји су у зони максималних смичућих сила (ослоначке зоне);

# Напрезања можданика



$$\bar{\tau}(x) = \frac{T(x) \cdot S_o}{I}$$

$$H_i = \int_0^{\ell_i} \bar{\tau}(x) \cdot dx = \int_0^{\ell_i} \frac{T(x) \cdot S}{I} \cdot dx$$

$$n_i = \frac{H_i}{F_{dop}}$$

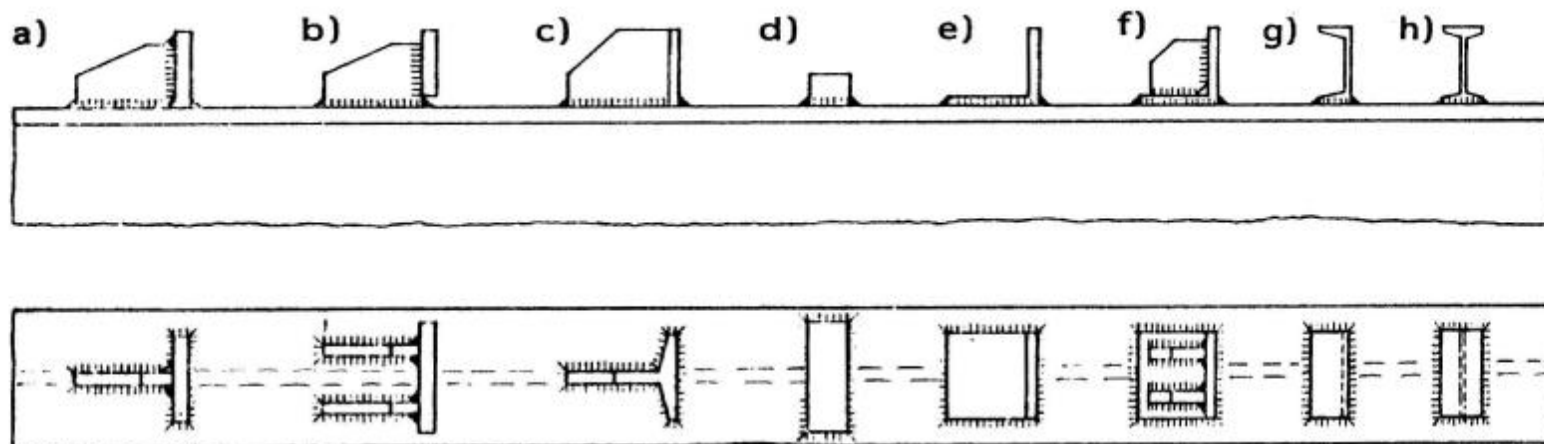
Потребан број  
можданика

# Врсте можданика

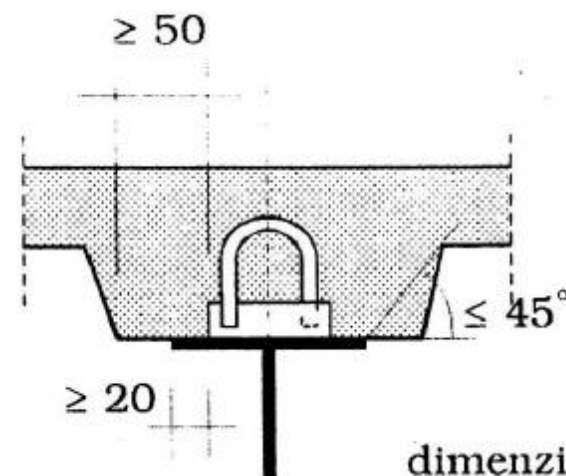
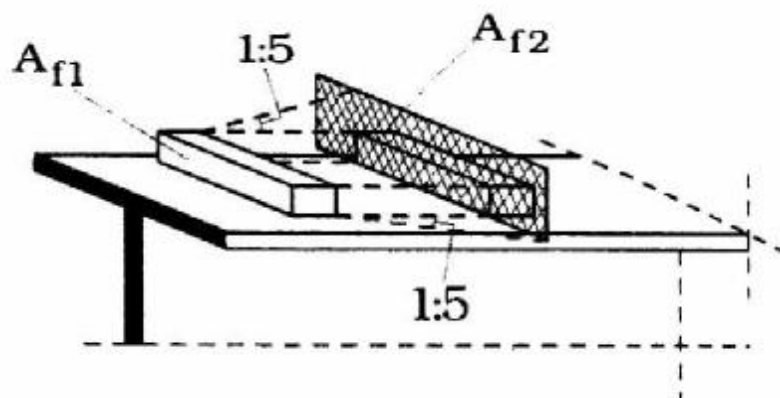
По својој конструкцији могу да буду:

- **крути** можданици,
- **еластични** (витки) можданици (ваљкасти можданици са главом, сидра и преднапрегнути високовредни завртњеви)

# Крути можданци



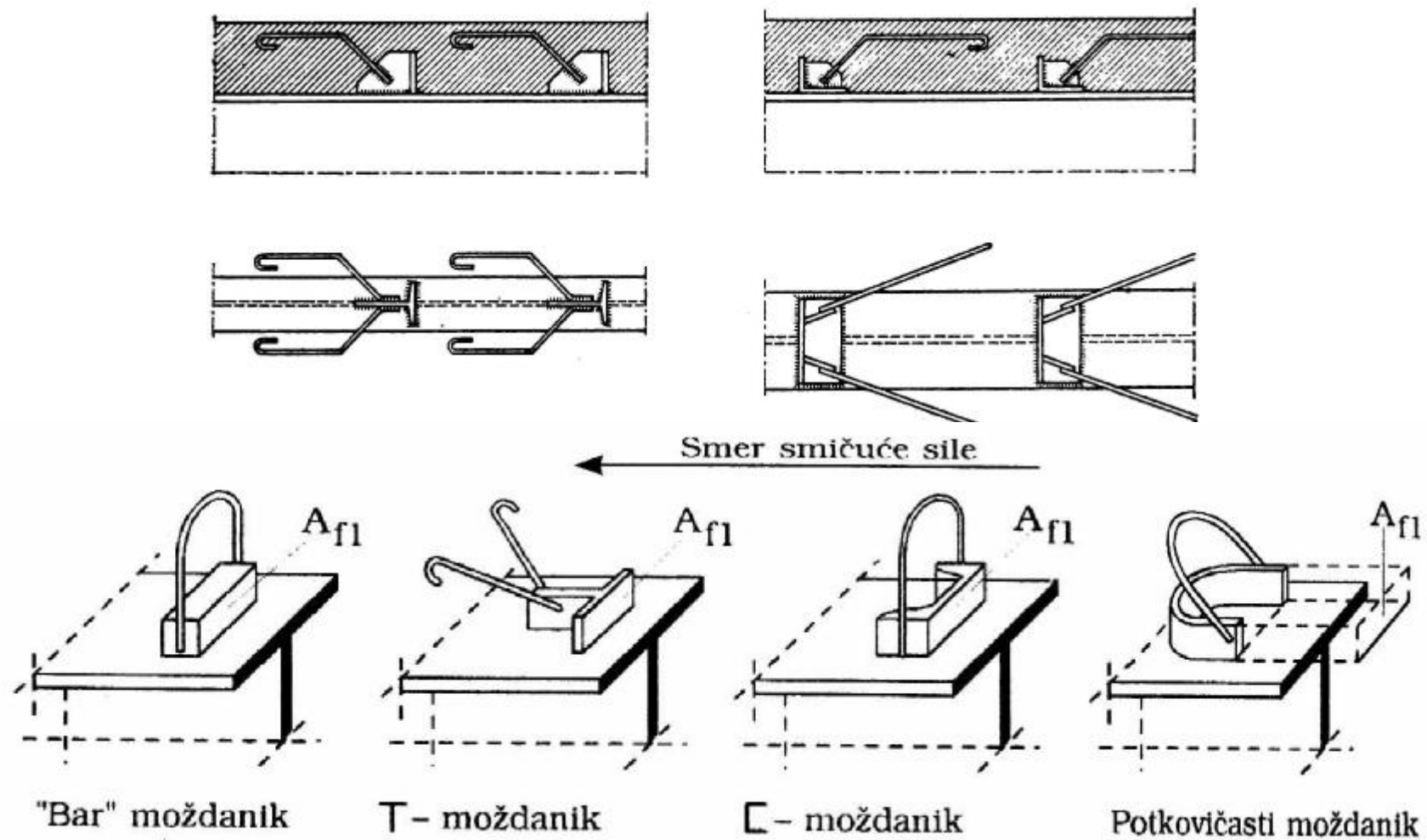
Смичућа сила се преноси директним притиском на бетон!



dimenzije u mm

$$F_{dop} = A_{f1} \cdot \sigma_{bet} \cdot \sqrt{A_{f2} / A_{f1}}$$

# Комбиновани можданици – крути са сидрима од арматуре





## Еластични ваљкасти можданици са главом





## Предности ваљкастих (чеп) можданика

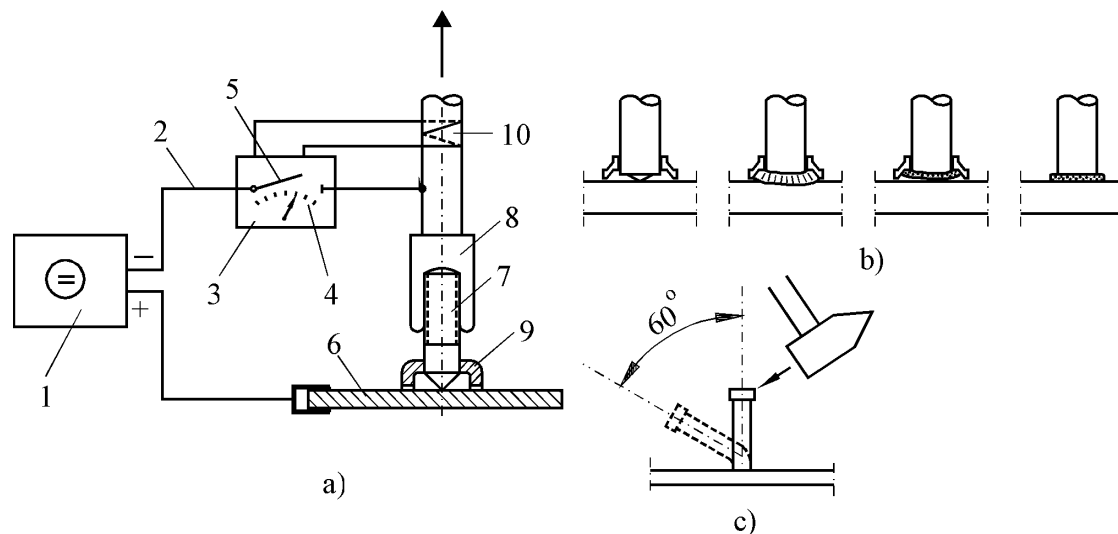
- Брзо и једноставно постављање;
- Заузимају мали простор и не ремете распоред арматуре;
- Смичуће силе преносе смицањем, затезањем и савијањем;
- Боље прожимају АБ плочу и имају бољу отпорност на замор;
- Имају мању тежину (15-30%);

# Заваривање ваљкастих (чеп) можданика са главом

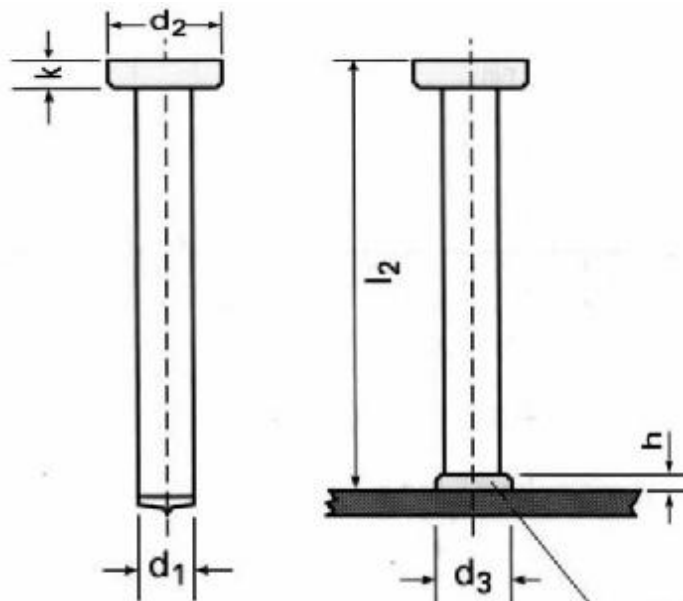


Електролучно завртивање посебним уређајима за заваривање.

Произвођачи: *Peco, Nelson*



# Стандардне димензије

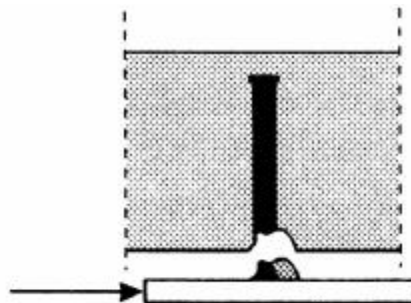


Пречници ваљкастих (чеп)  
можданика су: 13, 16, 19 и  
22 mm.

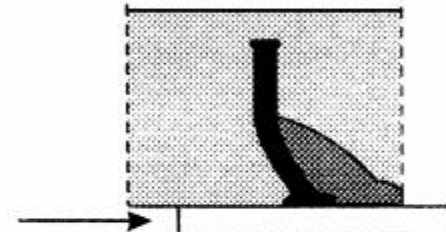
Werkstoff: S235 J2G3+C450, Matière: S235 J2G3+C450, Material: S235 J2G3+C450

Ø	l <sub>2</sub>	Bestell-Nr. No de pièce Part No.	Stück/ Faß Pièce/ tonneau Picea/ barrel	Gewicht Poids Weight (kg/100)	d <sub>1</sub>	d <sub>2</sub>	d <sub>3</sub>	k	h	Keramikring normal Bague réfract. normale Ferrule/norm. Type
1/4" (6)	50	15-09-17	10.000	1,6	6,35	12,7	9,7	4,7	3,0	KSN 1/4"
1/4" (6)	65	15-04-66	8.000	2,0	6,35	12,7	9,7	4,7	3,0	KSN 1/4"
1/4" (6)	100	15-05-79	4.500	2,8	6,35	12,7	9,7	4,7	3,0	KSN 1/4"
3/8" (10)	50	15-04-82	4.500	4,1	9,52	19,05	12,5	7,1	4,0	KSN 3/8"
3/8" (10)	75	15-15-37	3.300	5,4	9,52	19,05	12,5	7,1	4,0	KSN 3/8"
3/8" (10)	100	15-04-68	2.400	6,8	9,52	19,05	12,5	7,1	4,0	KSN 3/8"
3/8" (10)	125	15-29-20	1.900	8,2	9,52	19,05	12,5	7,1	4,0	KSN 3/8"
3/8" (10)	150	15-11-31	1.400	9,5	9,52	19,05	12,5	7,1	4,0	KSN 3/8"
3/8" (10)	175	15-41-34	1.000	10,8	9,52	19,05	12,5	7,1	4,0	KSN 3/8"
1/2" (13)	25	15-16-87	4.000	5,2	12,7	25,4	17,0	8,0	5,0	KSN 1/2"
1/2" (13)	50	15-04-71	2.500	7,7	12,7	25,4	17,0	8,0	5,0	KSN 1/2"
1/2" (13)	75	15-04-72	1.800	10,2	12,7	25,4	17,0	8,0	5,0	KSN 1/2"
1/2" (13)	100	15-04-73	1.400	12,7	12,7	25,4	17,0	8,0	5,0	KSN 1/2"
1/2" (13)	125	15-04-74	1.100	15,2	12,7	25,4	17,0	8,0	5,0	KSN 1/2"
1/2" (13)	150	15-21-16	900	17,7	12,7	25,4	17,0	8,0	5,0	KSN 1/2"
1/2" (13)	175	15-28-87	700	20,2	12,7	25,4	17,0	8,0	5,0	KSN 1/2"
5/8" (16)	35	15-28-02	2.000	9,2	15,87	31,7	21,0	8,0	7,0	KSN 16
5/8" (16)	50	15-25-20	1.500	11,7	15,87	31,7	21,0	8,0	7,0	KSN 16
5/8" (16)	75	15-04-77	1.200	15,6	15,87	31,7	21,0	8,0	7,0	KSN 16
5/8" (16)	100	15-04-78	900	19,5	15,87	31,7	21,0	8,0	7,0	KSN 16
5/8" (16)	125	15-04-79	700	24,2	15,87	31,7	21,0	8,0	7,0	KSN 16
5/8" (16)	150	15-04-80	600	27,2	15,87	31,7	21,0	8,0	7,0	KSN 16
5/8" (16)	175	15-28-55	500	31,1	15,87	31,7	21,0	8,0	7,0	KSN 16
5/8" (16)	200	15-15-01	400	35,8	15,87	31,7	21,0	8,0	7,0	KSN 16
3/4" (19)	50	15-04-88	1.250	16,1	19,05	31,7	24,0	10,0	9,0	KSN 19
3/4" (19)	60	15-04-89	1.100	17,6	19,05	31,7	24,0	10,0	9,0	KSN 19
3/4" (19)	75	15-04-90	950	21,0	19,05	31,7	24,0	10,0	9,0	KSN 19
3/4" (19)	80	15-04-91	850	22,1	19,05	31,7	24,0	10,0	9,0	KSN 19
3/4" (19)	100	15-04-92	700	26,6	19,05	31,7	24,0	10,0	9,0	KSN 19
3/4" (19)	125	15-04-93	600	32,2	19,05	31,7	24,0	10,0	9,0	KSN 19
3/4" (19)	150	15-04-94	500	37,8	19,05	31,7	24,0	10,0	9,0	KSN 19
3/4" (19)	175	15-17-95	400	43,4	19,05	31,7	24,0	10,0	9,0	KSN 19
3/4" (19)	200	15-37-55	350	51,8	19,05	31,7	24,0	10,0	9,0	KSN 19

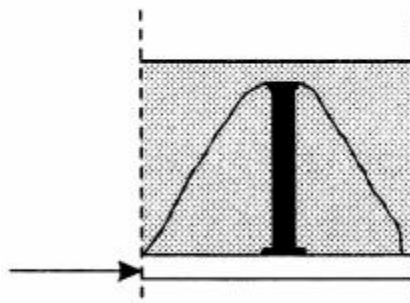
## Потенцијални облици лома ваљкастих можданка



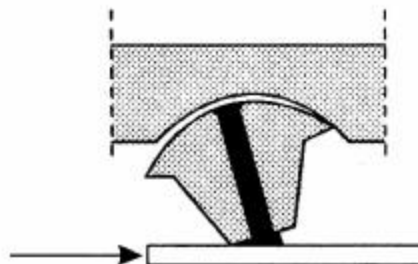
Kidanje moždanika smicanjem neposredno iznad prstenastog šava (može da se javi i kod rebrastih ploča)



Lokalno drobljenje betona u podnožju moždanika (može da se javi i kod rebrastih ploča)



Izvlačenje betonskog konusa (prskanje betona u području moždanika)



Odvajanje betonskog rebra smicanjem

# Носивост чеп можданика према Еврокоду

Гранична носивост можданика на смицање:

$$P_{Rd} = 0,8 \cdot \frac{d^2 \pi}{4} \cdot f_u \cdot \frac{1}{\gamma_v}$$

$$\gamma_v = 1,25$$

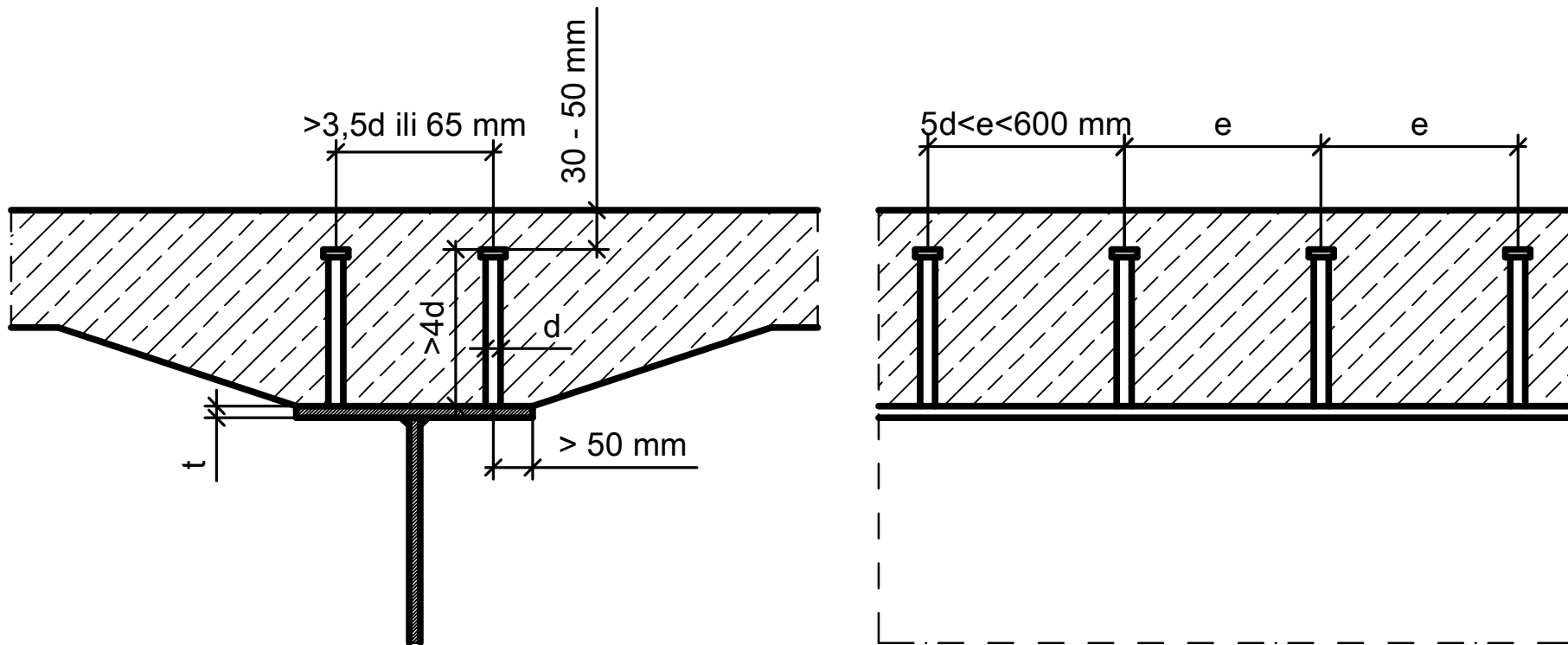
Гранична носивост околног бетона:

$$P_{Rd} = 0,29 \cdot \alpha \cdot d^2 \sqrt{f_{ck} \cdot E_{cm}} \cdot \frac{1}{\gamma_v}$$

$$\alpha = 0,2 \cdot [h / d + 1] \leq 1$$

**Носивост можданика једнака је мањој вредности!**

## Обликовање детаља – минимална и максимална растојања чеп можданика

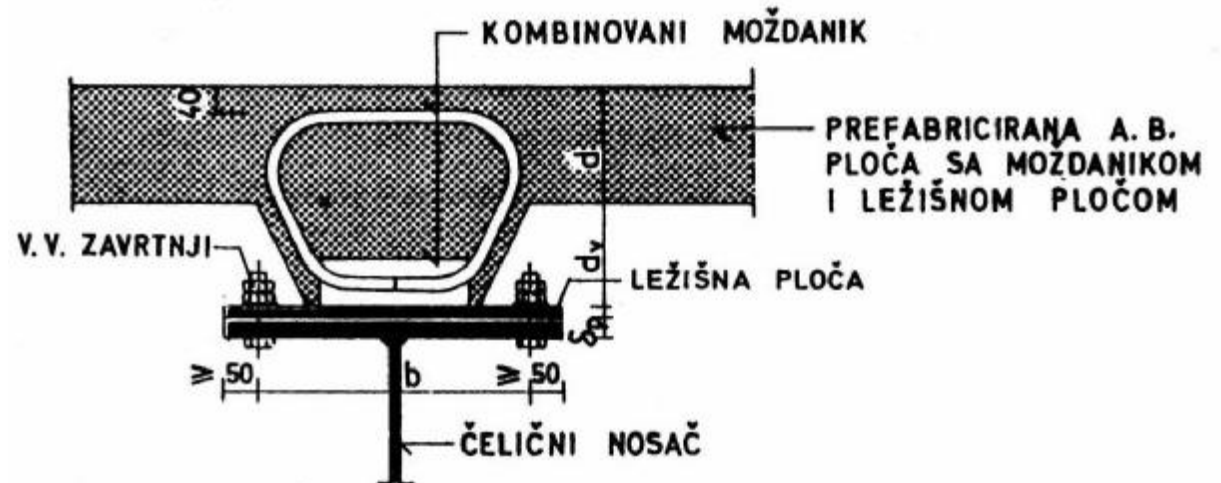
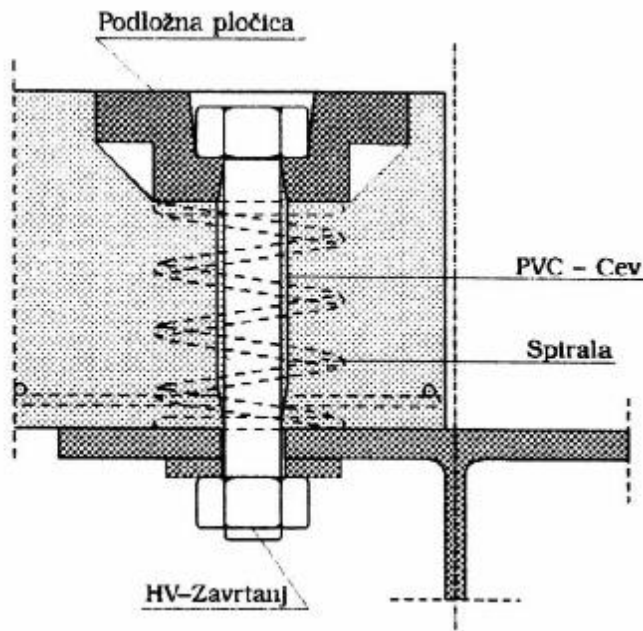


$d \leq 2,5t$  за притиснуте ножице

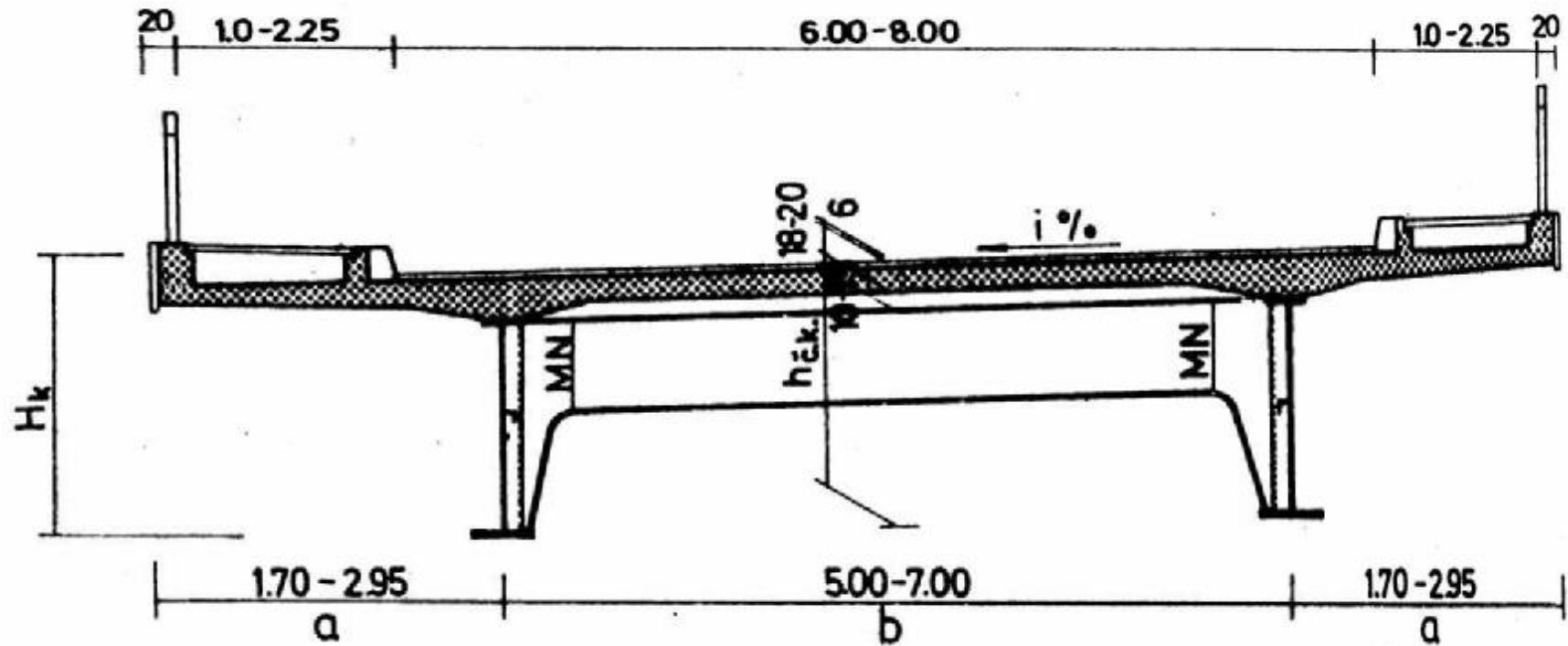
$d \leq 1,5t$  за затегнуте ножице



# Спрезање помоћу преднапрегнутих високовредних завртњева

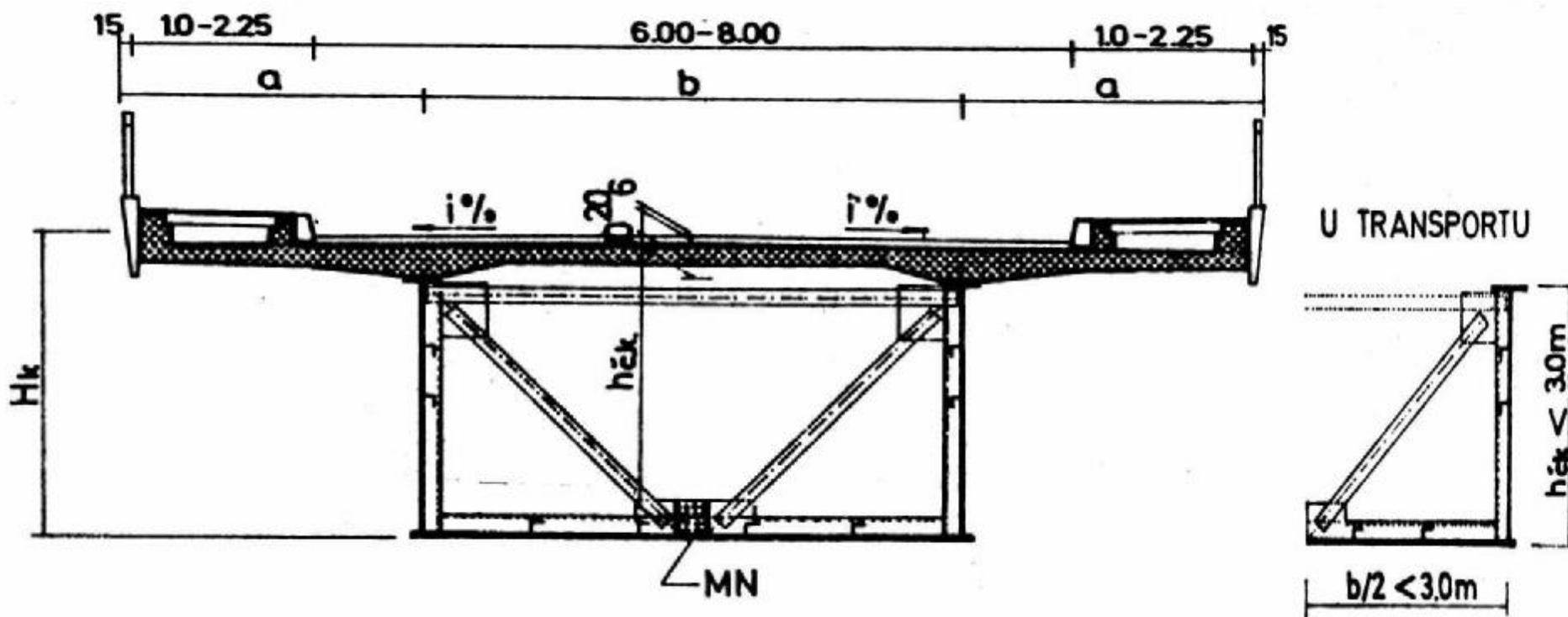


## Попречни пресек друмског моста са два главна носача отвореног I пресека

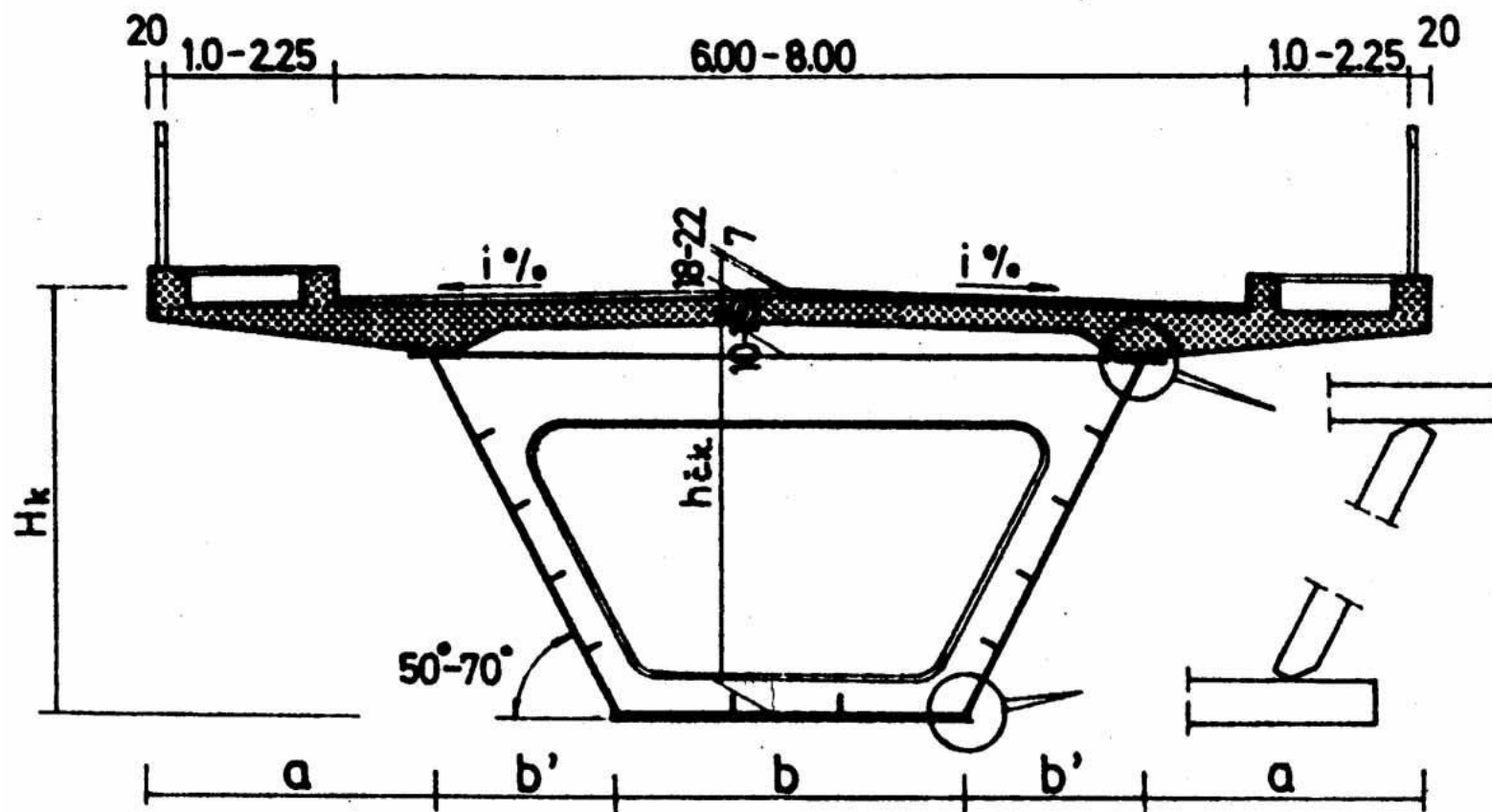




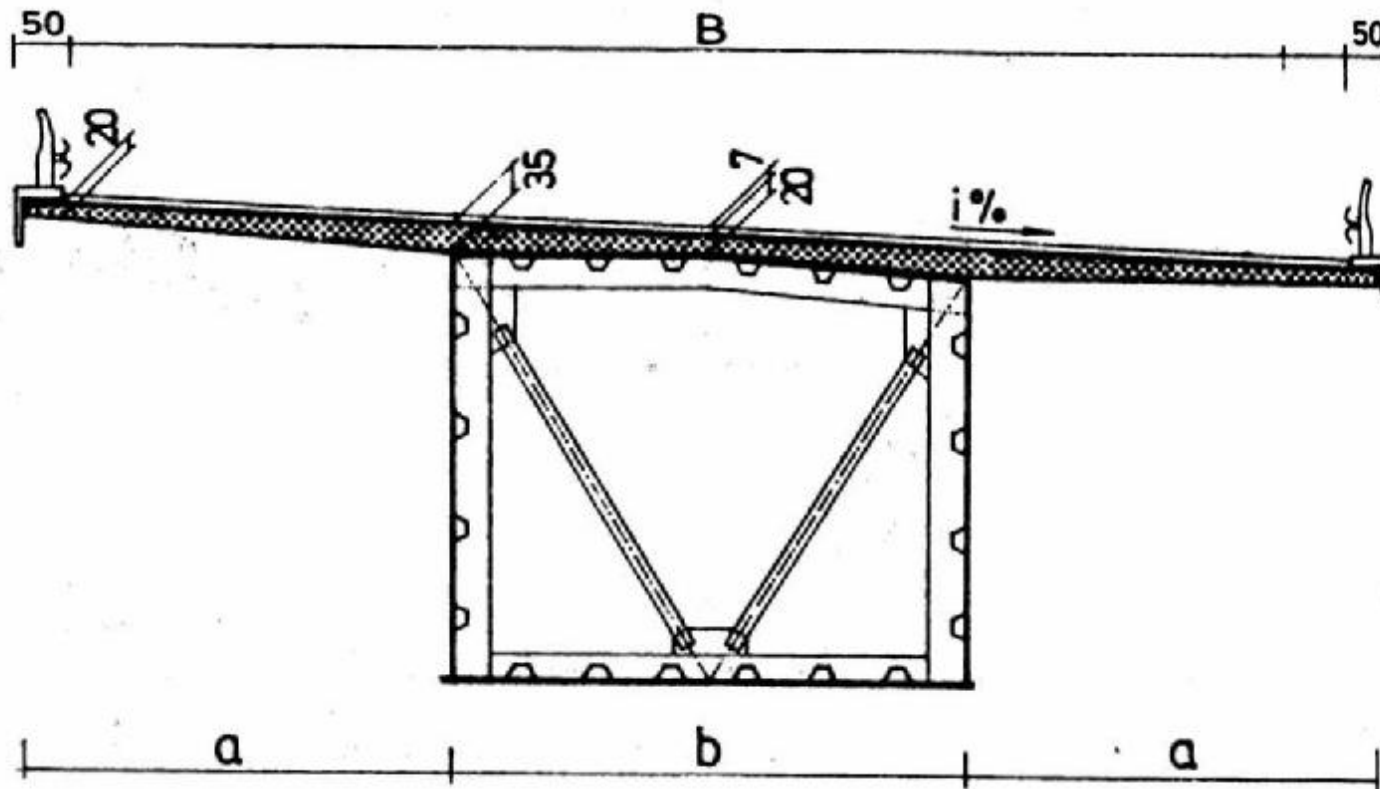
# Сандучасти попречни пресек спрегнутог друмског моста



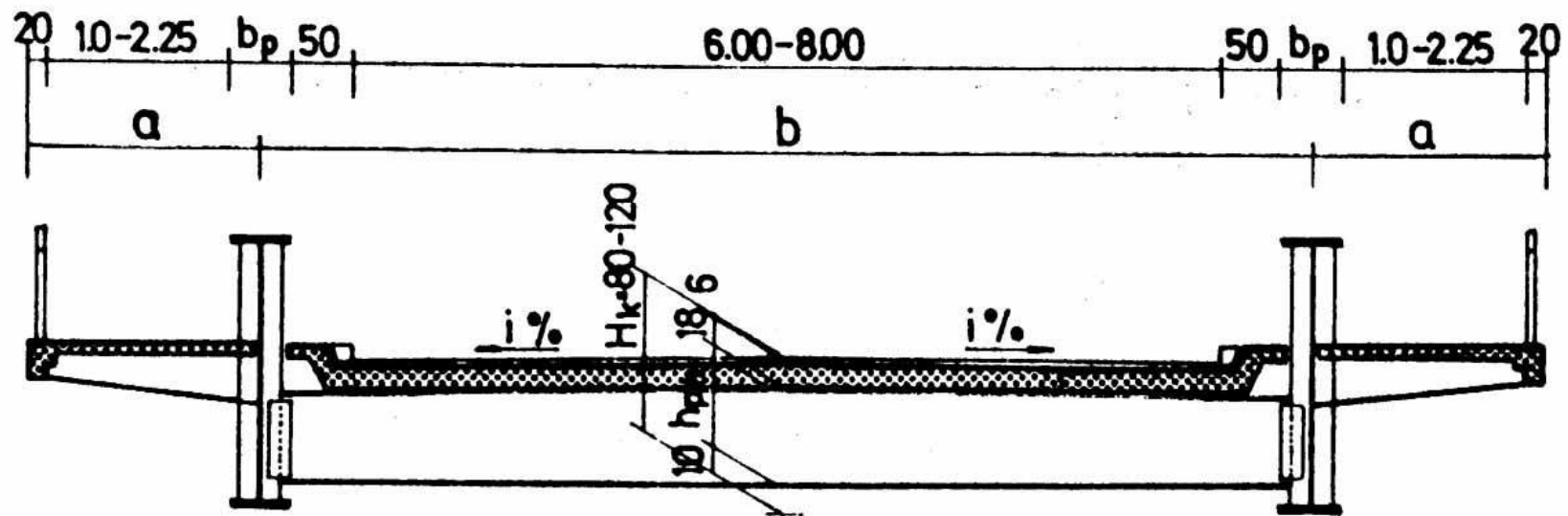
## Сандучасти попречни пресек спрегнутог друмског моста – коса ребра



## Сандучасті поперчний пресек са горњом челичном плочом (монтажа лансирањем)

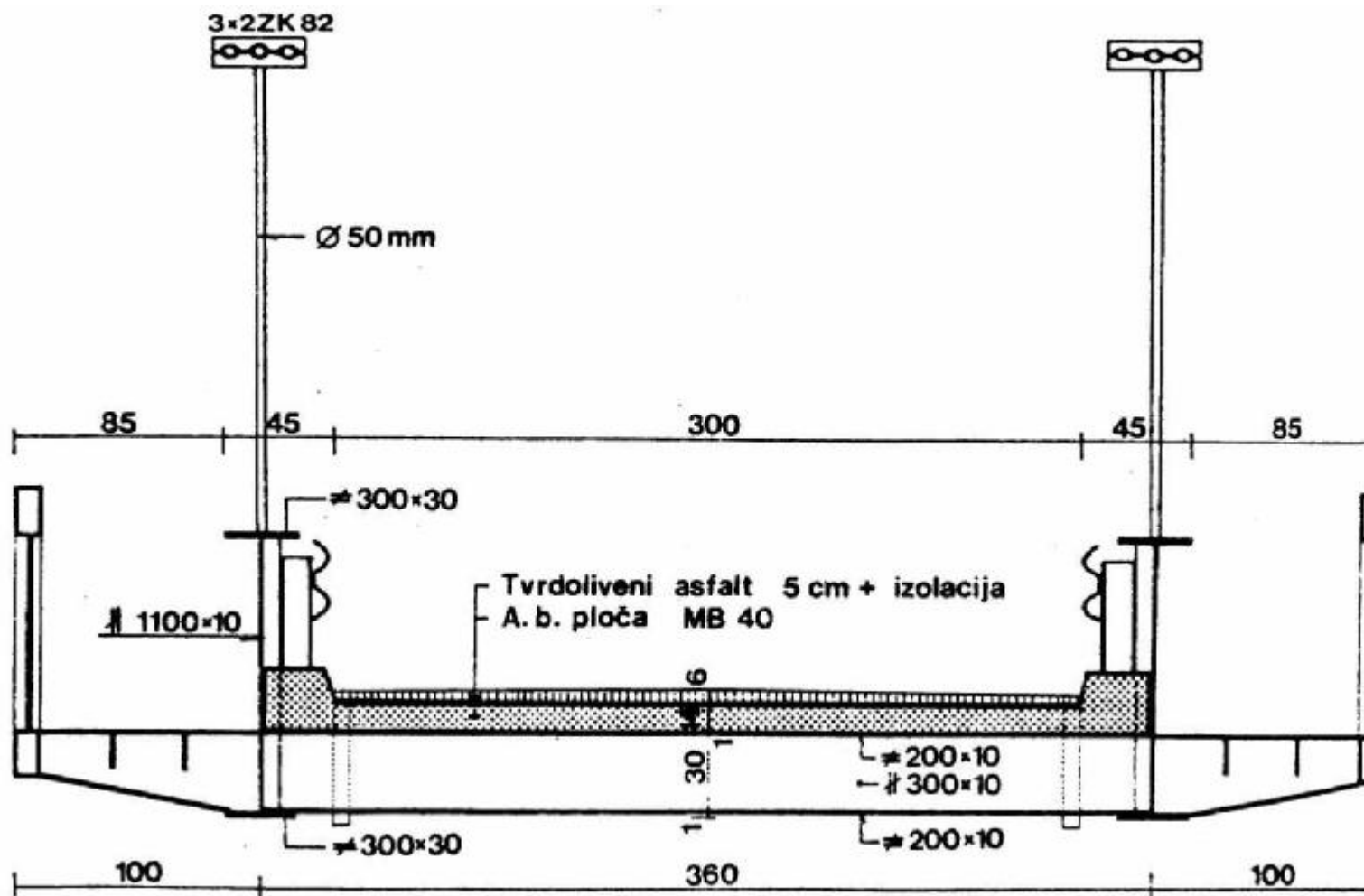


## Пример друмског моста са малом грађевинском висином

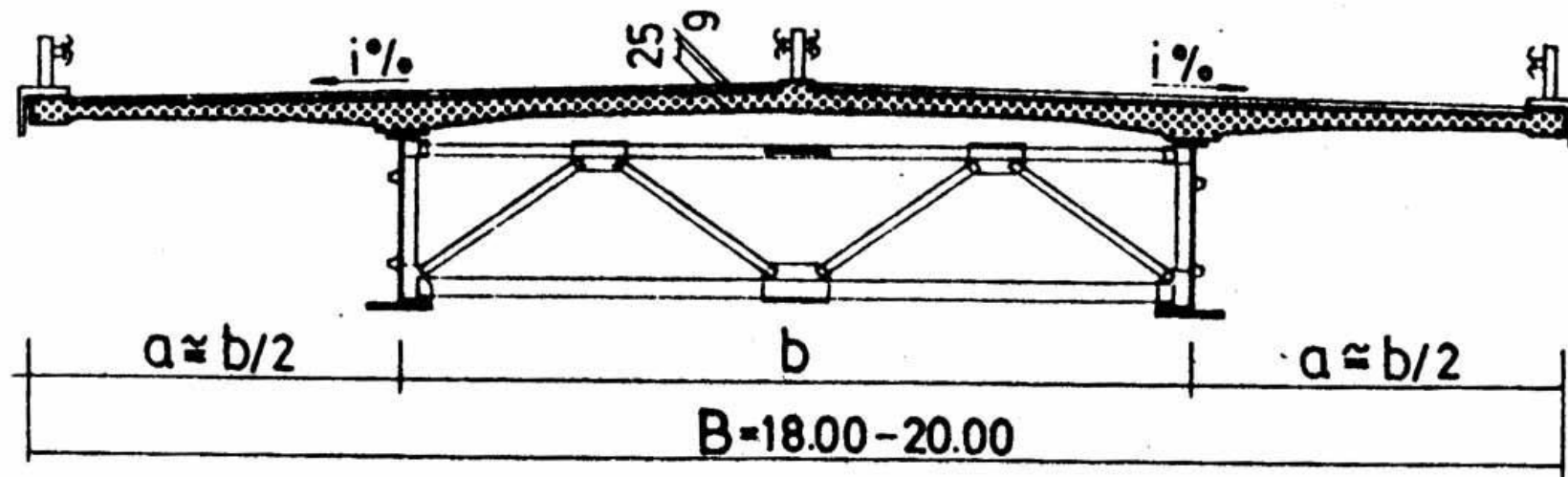


**Спрезање АБ плоче само са попречним носачима!**

# Спрезање АБ плоче са попречним носачима код висићег моста



## Пример попречног пресека спрегнутог моста за саобраћајнице велике ширине



## Пример попречног пресека спрегнутог моста за саобраћајнице велике ширине

