

BETONSKI ČELICI I NJIHOVA VEZA S BETONOM

- ČELICI ZA ARMIRANJE
- MEHANIZAM VEZE BETON-ČELIK (PRIONJIVOST)

NAZVI

1. BETONSKI ČELIK
2. ČELIK ZA PREDNAPINJANJE

OBLICI

1. ŽICE
2. ŠIPKE
3. KOLUTOVI
4. ZAVARENE MREŽE

GEOMETRIJA

1. VELIČINA=NAZIVNI PROMJER (Φ_n)
2. POVRŠINA
 - GLATKE
 - REBRASTE (PROFILIRANE)
 - OREBRENE (NAZUBLJENE)

FIZIKALNA SVOJSTVA

- 1. GUSTOĆA $\rho=7\ 850\ \text{kg/m}^3$**
- 2. TEMPERATURNI KOEFICIJENT $\alpha=10^{-5}$**

MEHANIČKA SVOJSTVA

- 1. ČVRSTOĆA**
- 2. DEFORMABILNOST**
- 3. DUKTILITET**

TEHNIČKA SVOJSTVA

- 1. PRIONLJIVOST**
- 2. ZAVARLJIVOST**

ČVRSTOĆA ČELIKA

TRI KARAKTERISTIČNE VRIJEDNOSTI:

- **GRANICA POPUŠTANJA: MJERODAVNA ZA DIMENSIONIRANJE**
- **TOČKA POČETKA PLASTIČNOG PONAŠANJA: ZA HLADNO VUČENE ČELIKE PRI DEFORMACIJI 0,2%**
- **VLAČNA ČVRSTOĆA**

NORMATIVNA KLASIFIKACIJA

PBAB87:

- **PRIRODNO ČVRSTI ČELICI**
 - GA 240/360 (glatki)
 - RA 400/500 (rebrasti)
- **HLADNO VUČENI ČELICI**
 - MA 500/560 (mreže)

EC2:

OZNAKE PREMA GRANICI POPUŠTANJA S220, S400, S420, S500 ...

TENDENCIJA JE:

- **NAPUSTITI GLATKI ČELIK (prionljivost i cijena)**
- **POSTIĆI GRANICU POPUŠTANJA 500 ZA SVE ČELIKE**

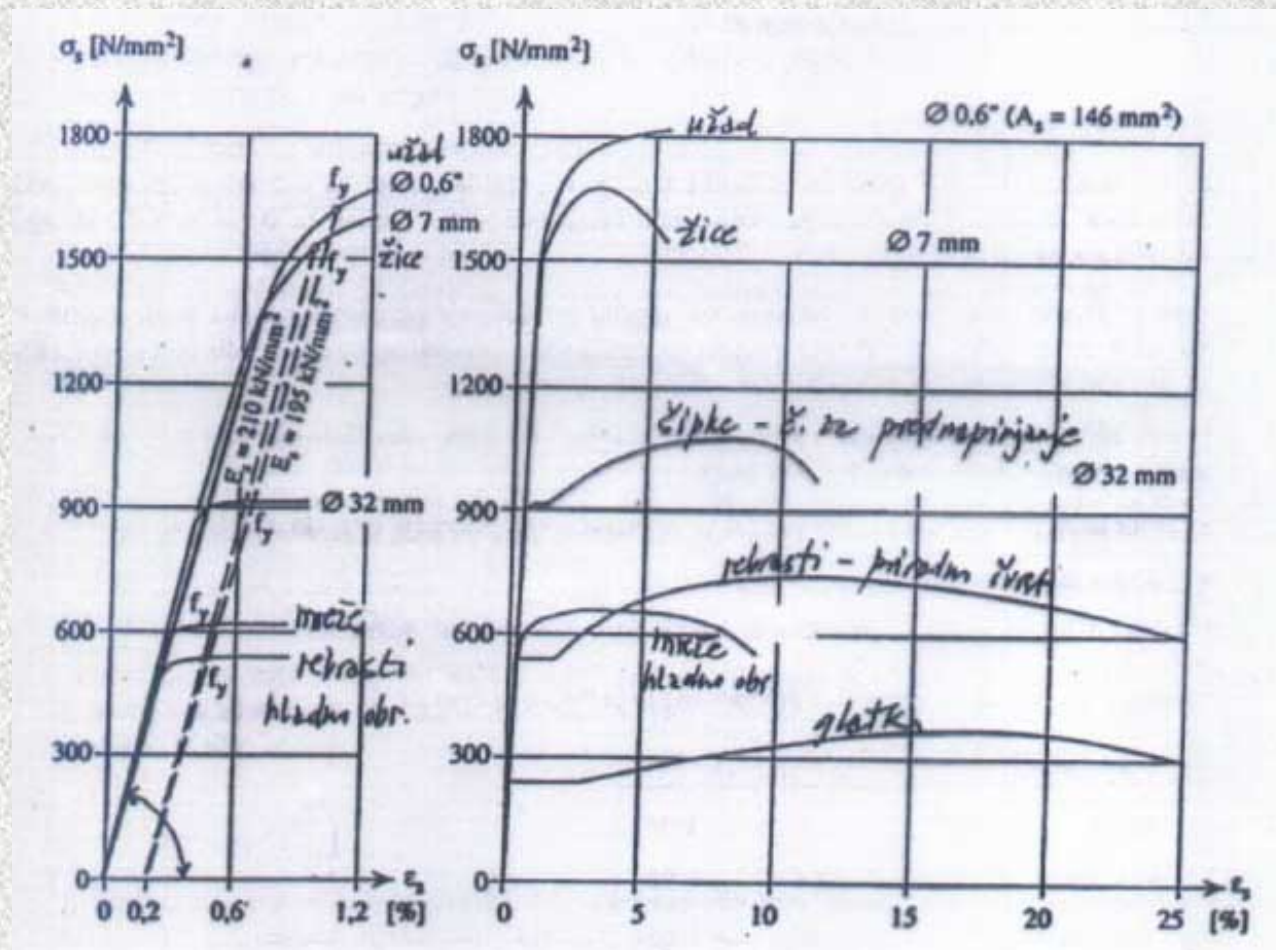
DEFORMABILNOST ČELIKA

σ - ϵ DIJAGRAM VLAČNOG POKUSA.

LINEARNI DIO = ELASTIČNO PONAŠANJE

ZA SVE VRSTE ČELIKA $E = 210\ 000\ \text{N/mm}^2$

UŽAD ZA PREDNAPINJANJE $E = 195\ 000\ \text{N/mm}^2$



DUKTILNOST ČELIKA

**VAŽNO SVOJSTVO DEFORMABILNOSTI
MJERA DUKTILNOSTI = POVRŠINA RADNOG DIJAGRAMA, TJ.
ENERGIJA DEFORMACIJE PROBNOG TIJELA.**

PREMA PBAB87

PRODULJENJE PRI SLOMU UZORKA DULJINE 10Φ.

ZA GA 240/360 TO JE MIN 18%

ZA RA 400/500 TO JE MIN 10%

ZA MA 500/560 TO JE MIN 6%

PREMA EC2

**KLASE DUKTILNOSTI ODREĐENE POMOĆU DVA
PARAMETRA (OBA S FRAKTILOM 5%):**

- JEDNOLIKO PRODULJENJE PRI SLOMU**
- ODNOS VLAČNE ČVRSTOĆE I GRANICE POPUŠTANJA**

KLASE DUKTILNOSTI	ε_{uk} (%)	$(f_t / f_y)_k$
H – VISOKA	> 5	>1,08
N – NORMALNA	> 2,5	>1,05
S – SEIZMIČKA PODRUČJA	> 6	> 1,15

Prianjanje = uvjet zajedničkog rada

$$\epsilon_a = \epsilon_b$$

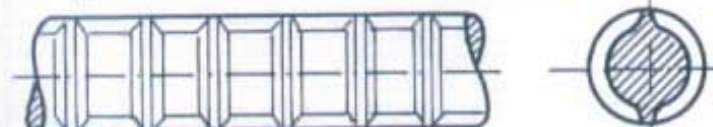
$$\sigma_a / E_a = \sigma_b / E_b$$

$$\sigma_a = [E_a / E_b] \sigma_b$$

$$\sigma_a = n \sigma_b$$



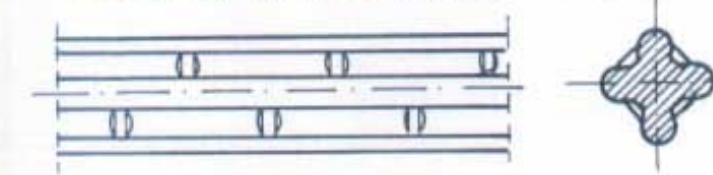
glatka armatura (GA 240/360)



rebrasta armatura (RA 400/500-1)



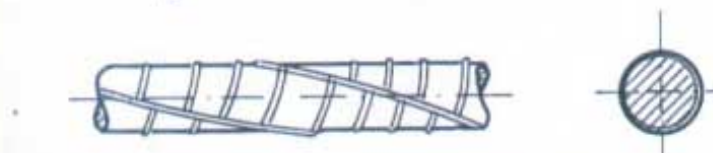
rebrasta armatura (RA 400/500-2)



Roxor - armatura



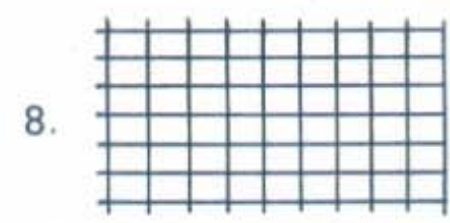
isteg - armatura



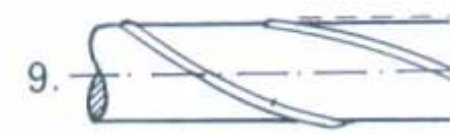
sukana rebrasta armatura



Bi - armatura (Bi

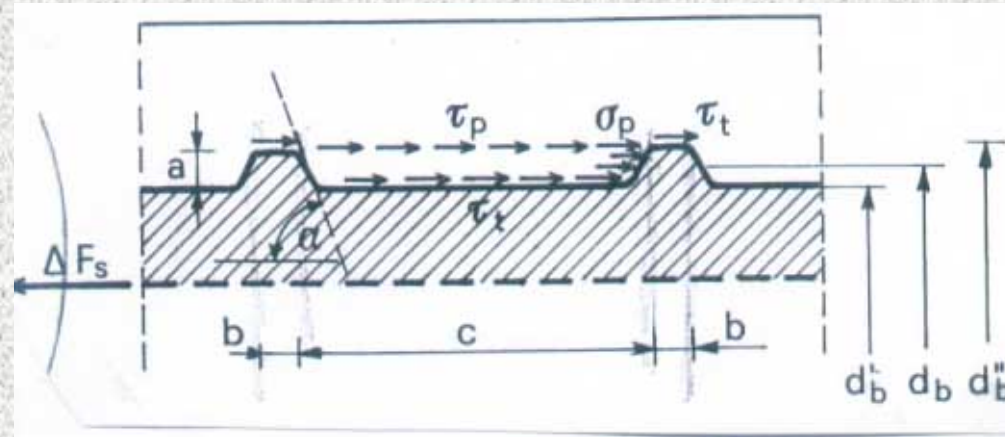


mrežasta armatura
(MAR 500/560)
(MAG 500 560)



Tor - armatura

Analiza prijanjanja: 2 tipa GA & RA



GA : τ_t (ADHEZIJA, TRENJE)

RA : τ_t (ADHEZIJA, TRENJE) - ZANEMARIVO
 σ_p & τ_p (MEHANIČKA VEZA BETONA I REBARA)

SILA KOJA SE PRENOSI S BETONA NA ARMATURU:

$$\Delta F_s \approx \Pi d_b a \sigma_p \approx \Pi d_b c \tau_p$$

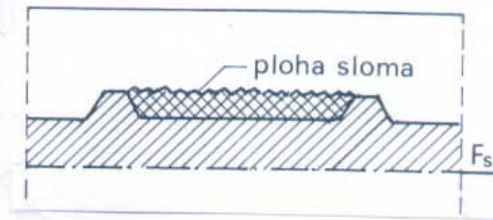
$$a \sigma_p \approx c \tau_p$$

odnos koji određuje MEHANIZAM SLOMA

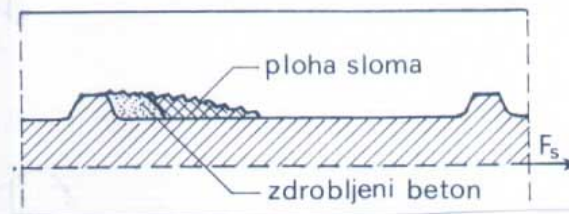
$$\tau_p \approx (a / c) \sigma_p$$

PLOHE SLOMA

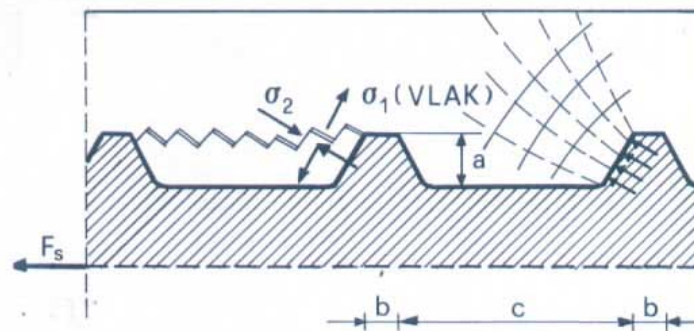
$a/c > 0,15$ (MALI RAZMAK REBARA)



$a/c < 0,1$ (VELIKI RAZMAK REBARA)



PLOHE SLOMA NAZUBLJENE ???

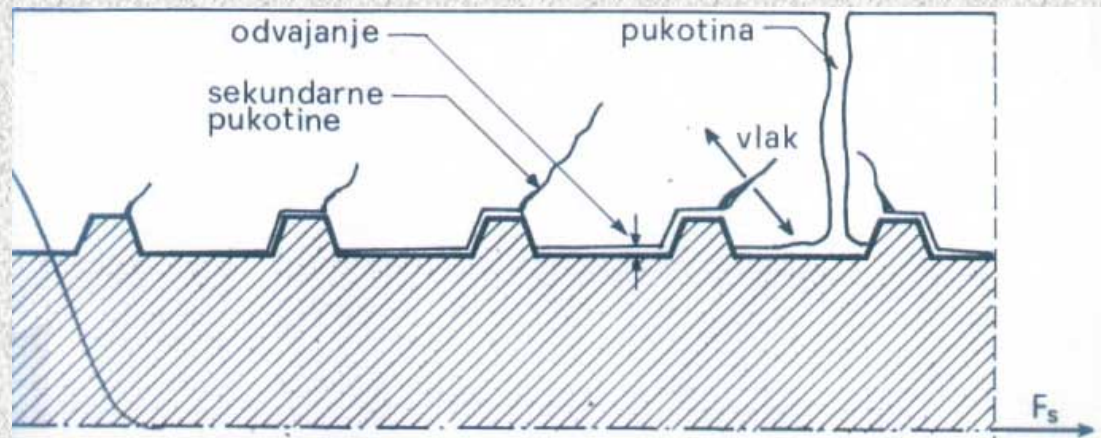


$SLOM = f(\sigma_1)$, [f_{ct} & f_{cp} betona]

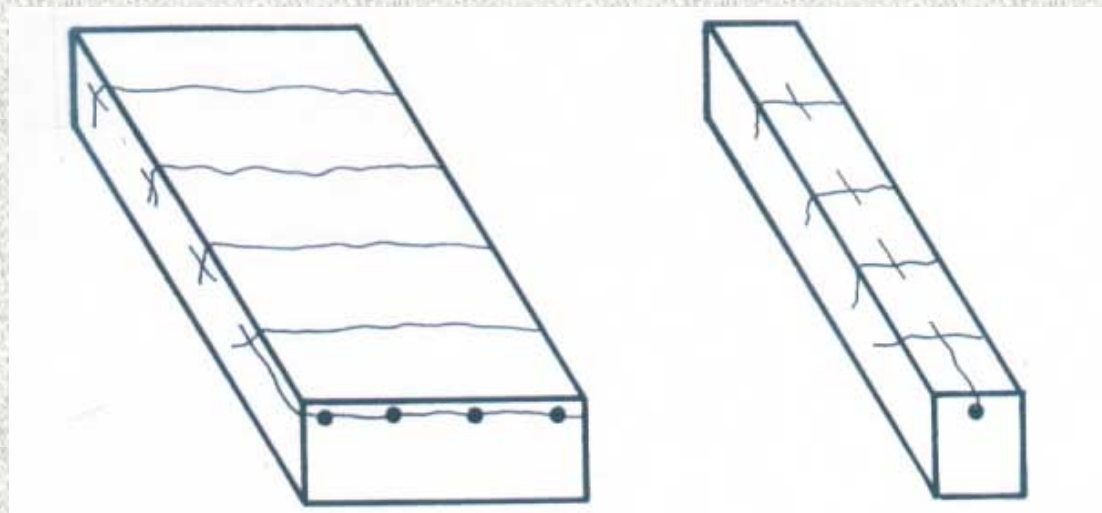
RA & PUKOTINSKO STANJE

$\delta = f$ - popuštanje mehaničkih veza
- deformacija betonskog zuba
- sekundarne pukotine

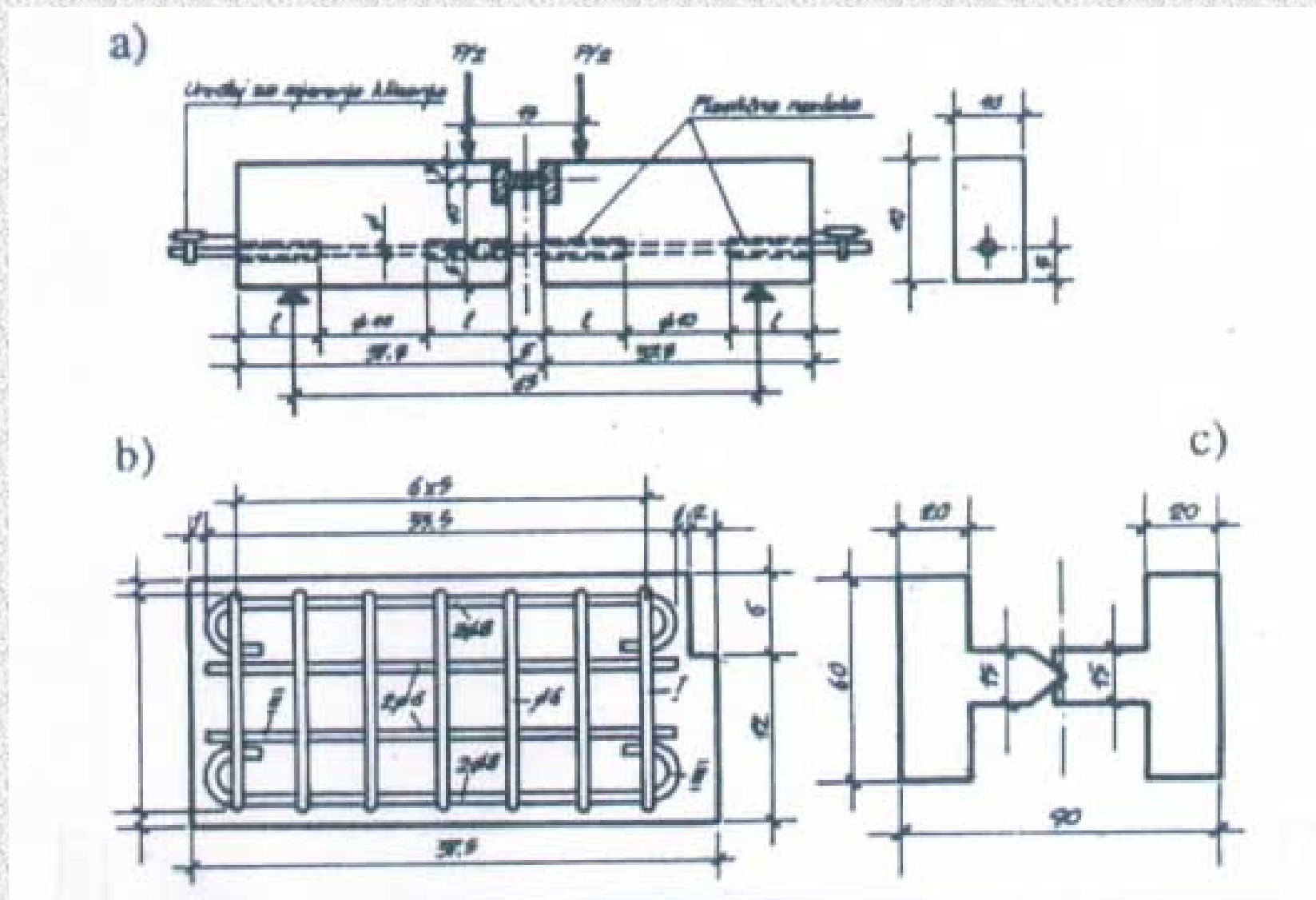
δ_{MAX} - NEPOSREDNO UZ PUKOTINU VLAK U BETONU
OKO SEKUNDARNIH PUKOTINA I ZONI BETONSKOG
ZUBA



UZDUŽNA PUKOTINA ZAŠTINTNOG SLOJA

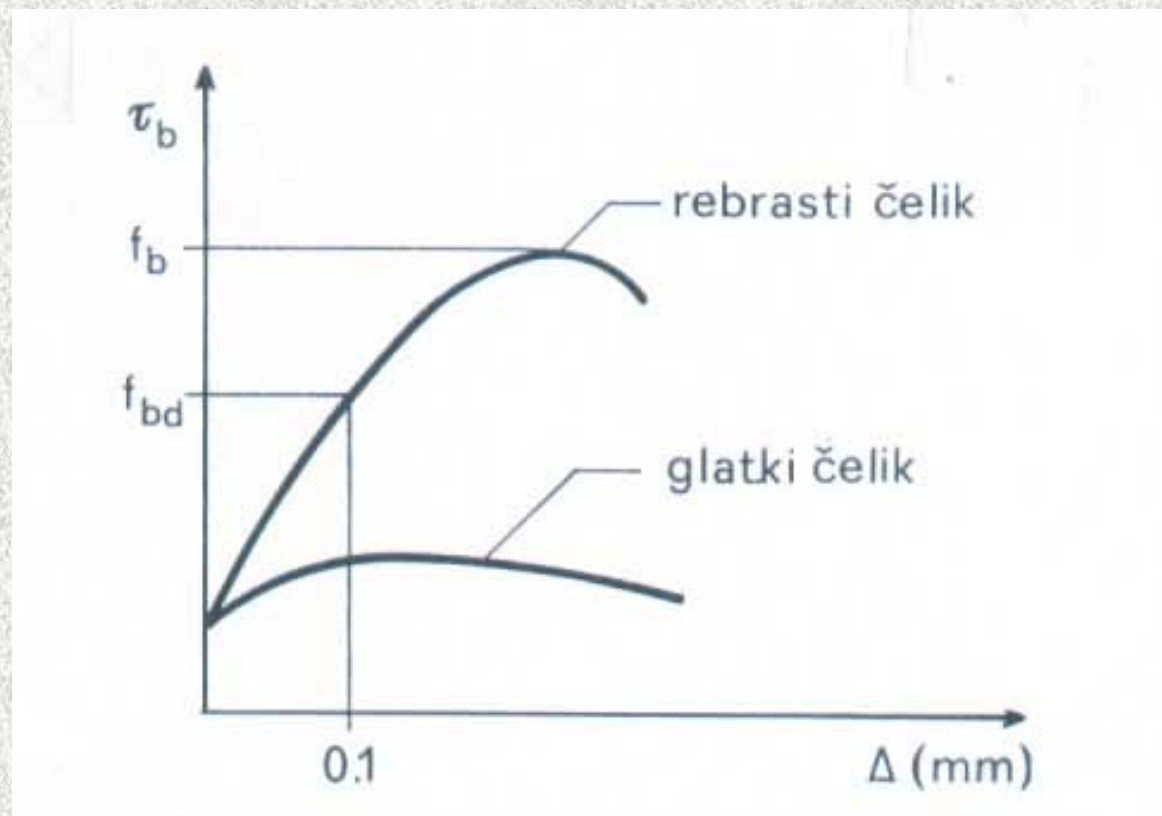


EKSPERIMENTALNO ODREĐIVANJE ČVRSTOĆE PRIONJIVOSTI

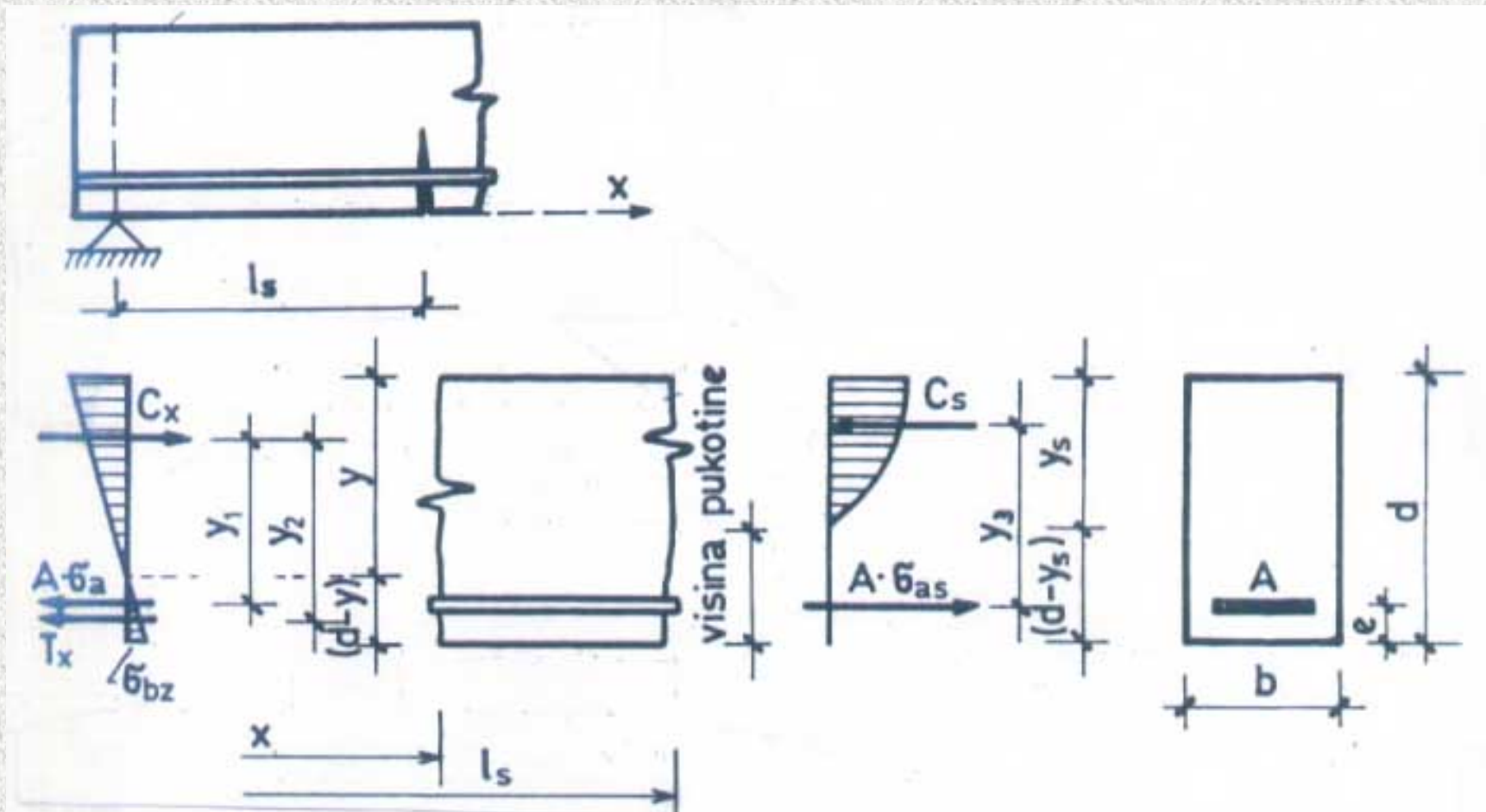


REZULTAT : $F (\Delta = 0,1 \text{ mm})$

Čvrstoća prionljivosti: $f_{db} = F (\Delta = 0,1 \text{ mm}) / O$



LOKALNI NAPONI PRIANJANJA U PUKOTINSKOJ FAZI



$$M_{(x)} = f(q \ \& \ x)$$

$$M_{(x)} = f(\sigma_a A; T_{(x)}; y_1; y_2)$$

$$\sigma_{bz} = f(T_{(x)}; (d-y); b)$$

$$\sigma_{bz} = f(M_{(x)}; \sigma_a A; y_1; y_2; (d-y); b)$$

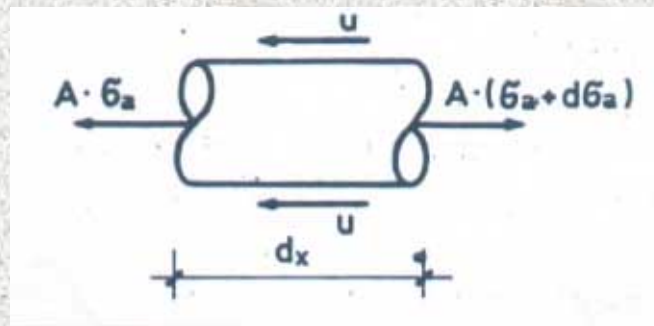
$$\sigma_{bz} = f(q; x; \sigma_a A; y_1; y_2; (d-y); b)$$

$$\sigma_{b (y=e)} = f(\sigma_{bz}; (d-y); (d-y-e))$$

$$\sigma_{b (y=e)} = q \ x \ C_1 - \sigma_a \ C_2$$

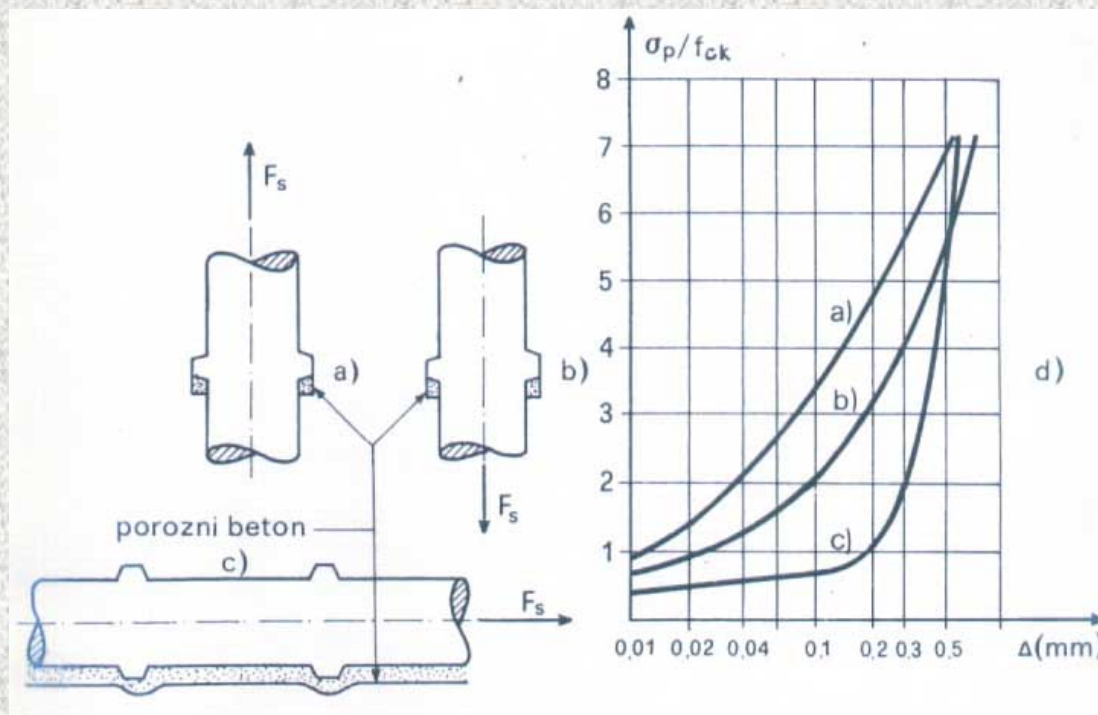
$$\underline{\sigma_{b (y=e)} = f(\sigma_a; X)}$$

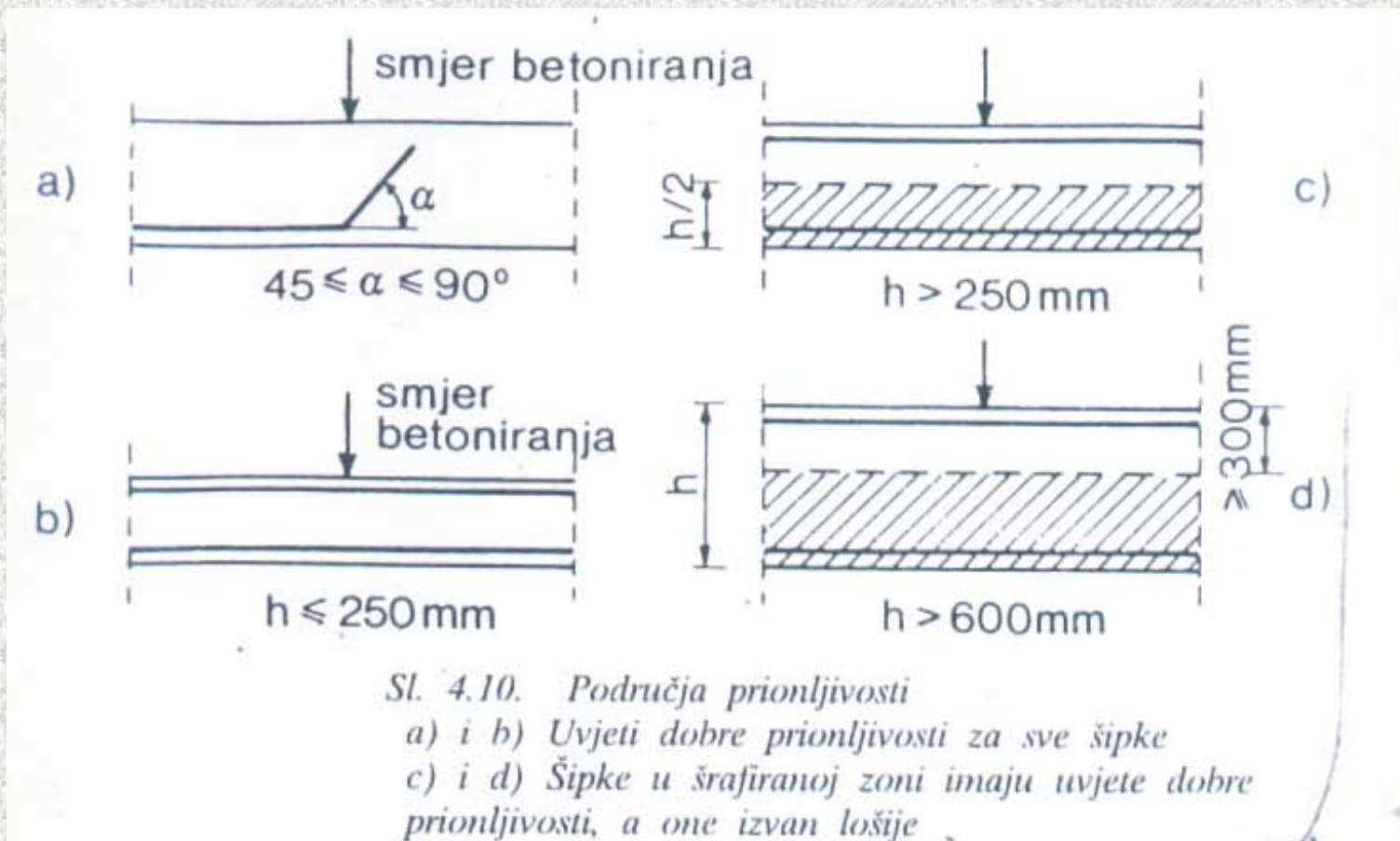
$\sigma_a = f(\epsilon_a)$ **MOGUĆE EKSPERIMENTALNO MJERITI**



PRIANJANJE I POLOŽAJ ŠIPKE U KONSTRUKCIJSKOM ELEMENTU

Položaj šipke u presjeku vrlo bitan-pojavljuje se unutarnje izlučivanje vode i segregacija.





RAČUNSKA ČVRSTOĆA PRIONJIVOSTI

f_{bd} (N / mm)

$$f_{bd} = f(MB, Klase \ \& \ RA, GA)$$

Posmična čvrstoća veze pri kojoj nema klizanja uz koeficijent sigurnosti $\gamma_c = 1,5$.

EC 2:	GA	$f_{bd} = [0,36 \sqrt{f_{ck}}] / 1,5$
	RA	$f_{bd} = [2,25 f_{ctk ; 0,05}] / 1,5$

EC2:

Računske čvrstoće prionljivosti f_{bd}									
f_{ck}	12	16	20	25	30	35	40	45	50
Glatke šipke	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7
Rebraste šipke $\phi \leq 32$ mm i zavarene mreže od rebrastih žica (MAR)	1.6	2.0	2.3	2.7	3.0	3.4	3.7	4.0	4.3

PBAB:

					MPa						
					15	20	30	40	50	60	
8.	Naponi prianjanja	8.1.	Za glatke čelike	Slučaj I	τ_p	0.4	0.45	0.51	0.57	0.61	0.65
				Slučaj II		0.6	0.67	0.76	0.85	0.92	0.98
		8.2.	Za rebr. čelike	Slučaj I	τ_p	0.8	0.9	1.1	1.35	1.6	1.85
				Slučaj II		1.2	1.4	1.75	2.1	2.45	2.8