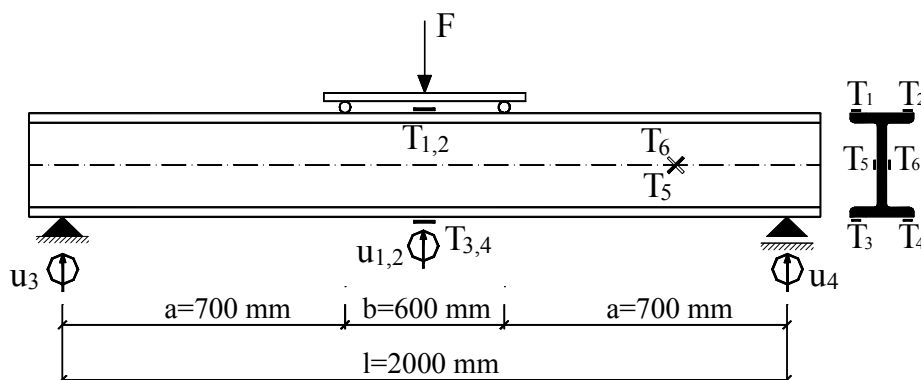


LABORATORIJSKA VJEŽBA IZ OTPORNOSTI MATERIJALA 2

SAVIJANJE ČELIČNOG "I" NOSAČA:



NP I200

$l = 2000 \text{ mm}$
$I_y = 21,42 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$
$S_y = 1,25 \cdot 10^5 \text{ mm}^3$
$t = 7,5 \text{ mm}$
$h = 200 \text{ mm}$
$E = 2,1 \cdot 10^5 \text{ N/mm}^2$
$\nu = 0,3$

T_1 do T_6 – elektro otporni tenzometri (EOT)
 U_1 do U_4 – mikroure (točnost 0,01 mm)

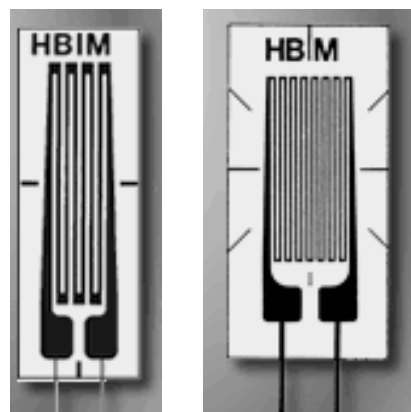
MJERNI INSTRUMENTI:

1. ELEKTRO OTPORNI TENZOMETAR

Račun relativne deformacije

$$\varepsilon = \frac{\Delta R}{R} \cdot \frac{1}{K}$$

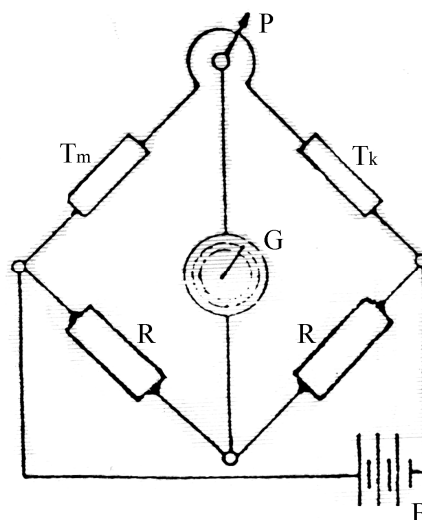
$\Delta R/R$ - relativna promjena otpora
 $K = 2,07$ - konstanta



2. WHEATSTONE-ov MOST

Oznake:

- P - potencijometar
- T_m - mjerni elektro otporni tenzometar
- T_k - komparativni elektro otporni tenzometar
- G - galvanometar
- R - otpornici
- B - baterije





MJERENI PODACI

F (kN)	Moment M (kNm)	Relativne deformacije EOT (‰)			Pomaci (LVDT) na sredini raspona (mm)		Pomaci (LVDT) na ležajevima (mm)	
		T ₁ , T ₃	T ₂ , T ₄	T ₅ , T ₆	f ₁	f ₂	f ₃	f ₄
		ε _{1,3}	ε _{2,4}	ε _{5,6}				
30,0	10,5							
0,0	0,0							

OBRADA REZULTATA

F (kN)	M (kNm)	Normalna naprezanja (MPa)		Glavna naprezanja (MPa)		Progibi (mm)	
		Računska	Mjerena	Računska	Mjerena	Računska	Mjerena
		$\sigma = \pm \frac{M}{I_y} \cdot \frac{h}{2}$	$\sigma = \pm \varepsilon \cdot E$	$\sigma_{1,2} = \pm \tau$	$\sigma_{1,2} = \pm \frac{E \cdot \varepsilon}{1 + \nu}$	$f_{rač}$	f_{mj}
30,0	10,5						

Računska **glavna naprezanja** na mjestu T₅ i T₆: $\sigma_{1,2} = \pm \tau_{\max} = \pm \frac{F}{2} \cdot \frac{S_y}{I_y \cdot t}$

Glavna naprezanja na mjestu T₅ i T₆ izračunata iz izmjerenih deformacija:

$$\sigma_1 = \frac{E}{1 - \nu^2} \cdot (\varepsilon_1 + \nu \cdot \varepsilon_2) \quad \sigma_2 = \frac{E}{1 - \nu^2} \cdot (\varepsilon_2 + \nu \cdot \varepsilon_1)$$

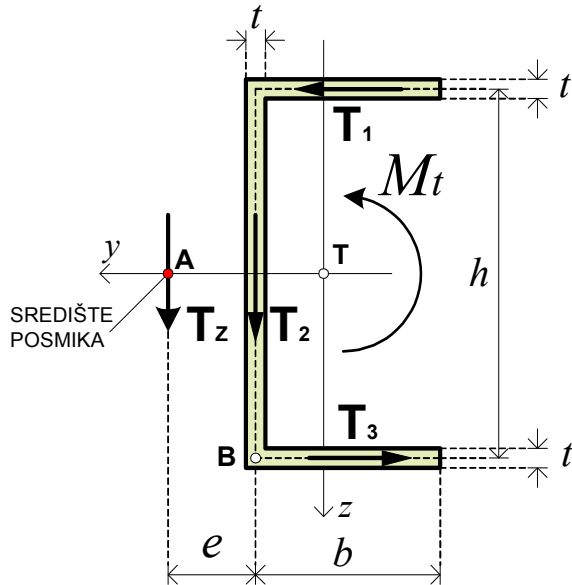
Za $\varepsilon_2 = -\varepsilon_1$ $\sigma_{1,2} = \pm \frac{E}{1 - \nu^2} \cdot (\varepsilon_1 - \nu \cdot \varepsilon_1) = \pm \frac{E \cdot \varepsilon_1}{1 - \nu^2} \cdot (1 - \nu) = \pm \frac{E \cdot \varepsilon_1}{1 + \nu}$

$$\varepsilon_1 = \varepsilon_{5,6} \Rightarrow \sigma_{1,2} = \pm \frac{E \cdot \varepsilon_{5,6}}{1 + \nu}$$

Računski progib u sredini raspona: $f_{rač} = \frac{F \cdot a}{48 \cdot E \cdot I_y} \cdot (3 \cdot l^2 - 4 \cdot a^2)$

Izmjereni progib u sredini raspona: $f_{mj} = \frac{f_1 + f_2}{2} - \frac{f_3 + f_4}{2}$

SREDIŠTE POSMIKA



T – težište poprečnog presjeka

A – središte posmika

$b = 48 \text{ mm}$

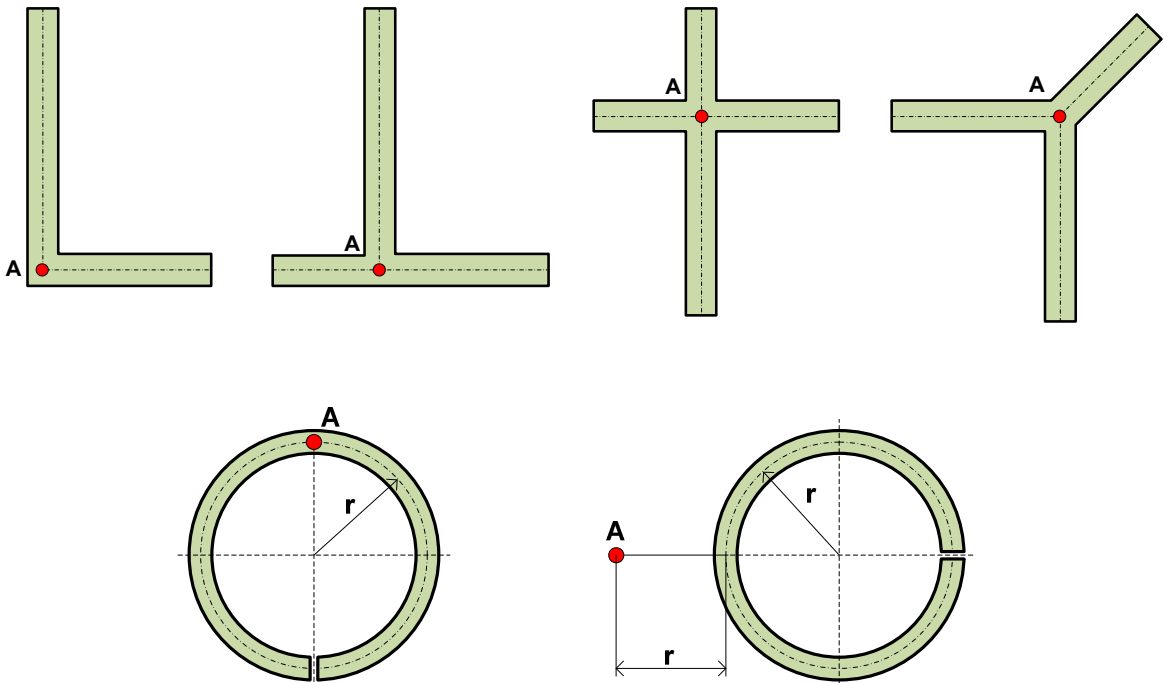
$h = 68 \text{ mm}$

$t = 2,5 \text{ mm}$

$$I_y = \left[\frac{b \cdot t^3}{12} + b \cdot t \cdot \left(\frac{h}{2} \right)^2 \right] \cdot 2 + \frac{t \cdot h^3}{12} = 343071 \text{ mm}^4$$

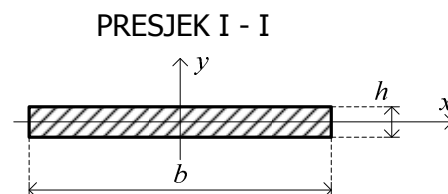
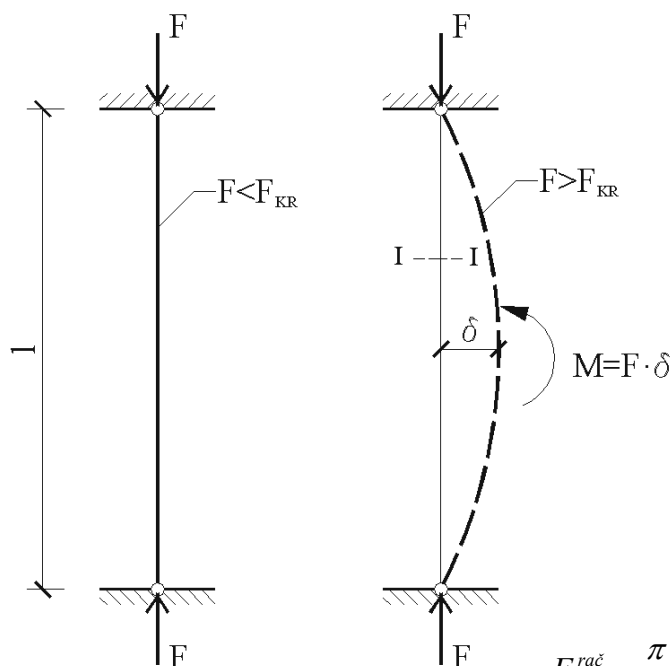
$$e = \frac{b^2 \cdot h^2 \cdot t}{4 \cdot I_y} = \frac{48^2 \cdot 68^2 \cdot 2,5}{4 \cdot 343071} = 19,41 \text{ mm}$$

Središte posmika još nekih profila:



GUBITAK STABILNOSTI

IZVIJANJE ČELIČNE TRAKE



$$b = 40 \text{ mm}$$

$$h = 0,7 \text{ mm}$$

Proračun kritične sile:

$$I_{\min} = I_x = \frac{b \cdot h^3}{12} = 1,1433 \text{ mm}^4$$

$$\text{Duljina izvijanja: } l_i = l = 255,5 \text{ mm}$$

$$E = 2,1 \cdot 10^5 \text{ MPa}$$

$$F_{kr}^{rac} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_{\min}}{l_i^2} = \frac{\pi^2 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \cdot 1,1433}{255,5^2} = 36,299 \text{ N}$$

Ekperimentalno dobivena kritična sila (težina mosta je 4,37 N):

$$F_{kr}^{exp} = 4,37 + \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ N}$$

EKSPERIMENTALNO ODREĐIVANJE MODULA ELASTIČNOSTI CFK (CARBON FIBER COMPOSITE) TRAKE

Pomoću Eulerove kritične sile može se odrediti modul elastičnosti npr. CFK trake.

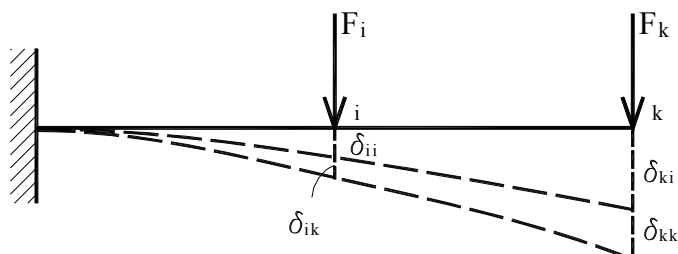
$$\text{Za dimenzije trake } b = 40 \text{ mm i } h = 1,2 \text{ mm: } I_{\min} = I_x = \frac{b \cdot h^3}{12} = 5,76 \text{ mm}^4$$

Duljina izvijanja: $l_i = l = 254,5 \text{ mm}$ (zglob na oba kraja)

Izmjerena kritična sila iznosi: $F_{kr}^{exp} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ N}$

$$E_{CFK} = \frac{F_{kr}^{exp} \cdot l_i^2}{\pi^2 \cdot I_{\min}} = \frac{\underline{\hspace{2cm}} \cdot 254,5^2}{\pi^2 \cdot 5,76} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ MPa}$$

UZAJAMNOST POMAKA



$$\frac{1}{2} \cdot F_i \cdot \delta_{ii} + \frac{1}{2} \cdot F_k \cdot \delta_{kk} + F_i \cdot \delta_{ik} = \frac{1}{2} \cdot F_k \cdot \delta_{kk} + \frac{1}{2} \cdot F_i \cdot \delta_{ii} + F_k \cdot \delta_{ki}$$



$$F_i \cdot \delta_{ik} = F_k \cdot \delta_{ki}$$

Bettijev stavak o uzajamnosti radova:

Rad grupe sila F_i na pomacima izazvanim grupom sila F_k , jednak je radu grupe sila F_k na pomacima izazvanim grupom sila F_i .

Ako je $F_i = F_k = 1$:

$$\delta_{ik} = \delta_{ki}$$

Maxwellov stavak o uzajamnosti pomaka:

Pomak hvatišta sile F_i u smjeru te sile uslijed sile F_k , je jednak pomaku hvatišta sile

F_k u smjeru sile F_k uslijed sile F_i ($F_i = F_k = 1$).

REZULTATI MJERENJA POMAKA:

Opterećenje	u_i	u_k	δ_{ik}	δ_{ki}
0				
F_i				
F_k				