



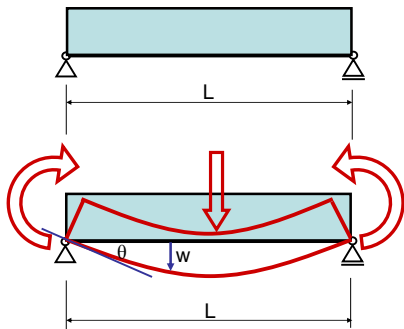
ЈАКОСТ НА МАТЕРИЈАЛИТЕ

7. СВИТКУВАЊЕ

наставник: Проф. д-р Виктор Гаврилоски



7.1. ПОИМ ЗА СВИТКУВАЊЕ

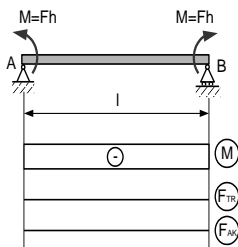


Која е разликата со аксијално напрегање и торзија?

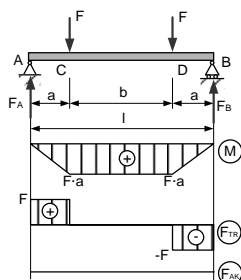
доаѓа до искривување на првобитно правата оска

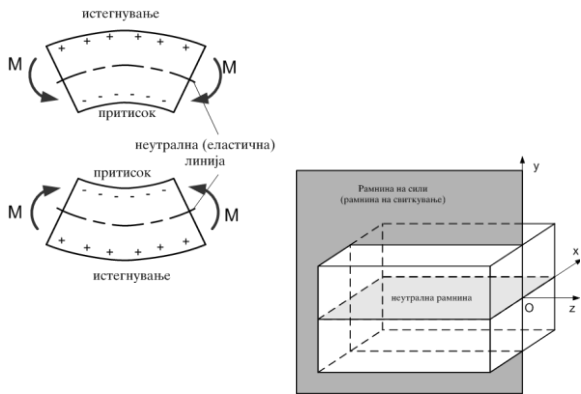


ЧИСТО СВИТКУВАЊЕ (само нападни моменти)

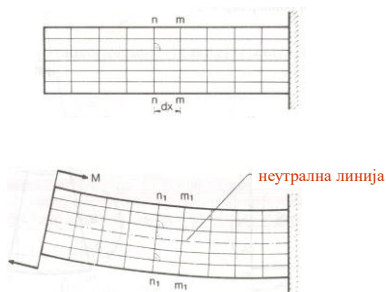


СВИТКУВАЊЕ ОД СИЛИ (нападни моменти + трансферзални сили)

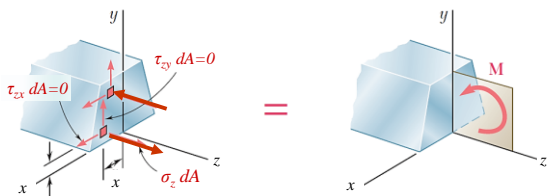




7.2. ЧИСТО СВИТКУВАЊЕ

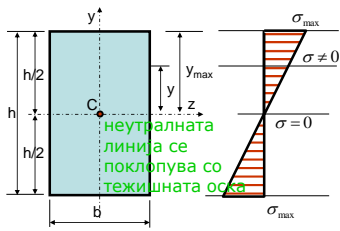


НАПОНИ ПРИ ЧИСТО СВИТКУВАЊЕ



при чисто свиткување се јавува само нормален напон σ_z , што произлегува од условите за рамнотежа на елементарна површина

$$\begin{aligned} \Sigma F_{iz} = 0; & \quad \int_A \sigma_z dA = 0 & (a) \\ \Sigma M_y = 0; & \quad \int_A x \sigma_z dA = 0 & (b) \\ \Sigma M_x = 0; & \quad \int_A y \sigma_z dA = M & (c) \end{aligned}$$



распределба на напоните по висината на напречниот пресек

$$\sigma = \frac{M}{J_x} y$$

максимални напони

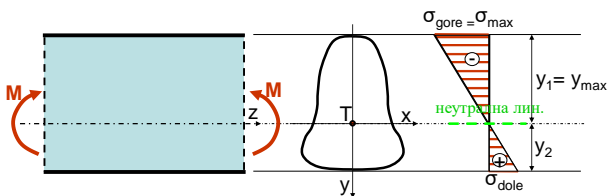
$$\sigma_{\max} = \frac{M}{J_x} y_{\max} = \frac{M}{W_x}$$

M – голем. на мом. на свиткување во посматраниот пресек од носачот

J_x – аксијален момент на инерција на напречниот пресек

y – растојание од тежиштето до разгледуваното место по висина на пресекот

W_x – отпорен момент на напречниот пресек $W_x = \frac{J_x}{y_{\max}}$



$$\sigma = \frac{M}{J_x} \cdot y \quad \text{напони за растојание } y$$

$$\sigma_{\text{gore}} = \frac{M}{J_x} \cdot y_1 \quad \text{напони во горни слоеви (збивање)}$$

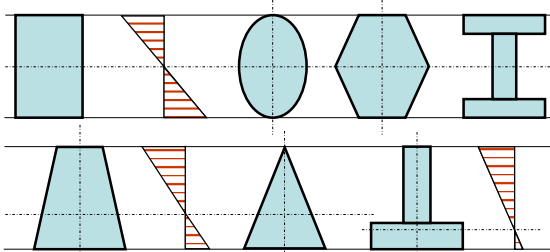
$$\sigma_{\text{dole}} = \frac{M}{J_x} \cdot y_2 \quad \text{напони во долни слоеви (истегнување)}$$

максималниот напон е:

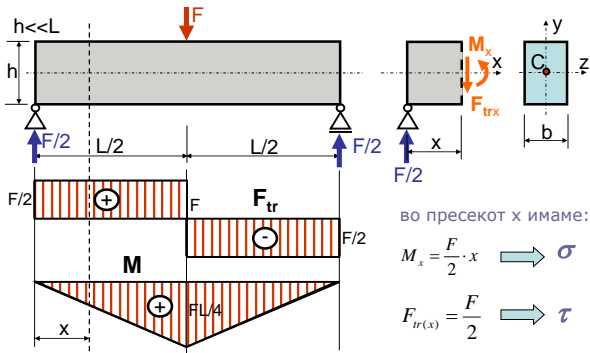
$$\sigma_{\max} = \frac{M}{J_x} y_{\max} = \frac{M}{W_x}$$

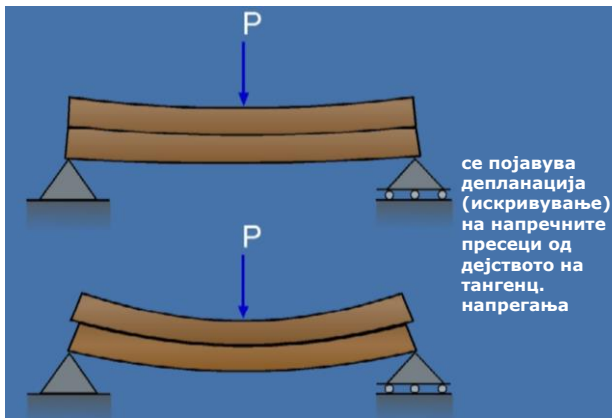
$$W_x = \frac{J_x}{y_{\max}} \quad \text{отпорен момент [m}^3\text{]}$$

- обликот на напречниот пресек не влијае на обликот на дијаграмите на нормалните напони, односно распределбата по висината е секогаш линеарна.
- максимални напони се јавуваат на најоддалечените влакна (слоеви), а во тежиштето напоните имаат вредност "0".



7.3. СВИТКУВАЊЕ ОД СИЛИ





7.4. НАПОНИ ПРИ СВИТКУВАЊЕ ОД СИЛИ

Определување на нормалните напони при свиткување од сили

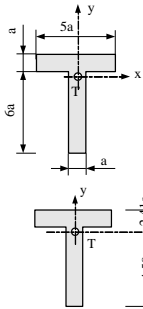
$$\sigma_z = \frac{M_x}{I_x} \cdot y$$

$$\sigma_{\max} = \frac{M}{J_x} y_{\max} = \frac{M}{W_x}$$

- грешката е мала
- пресметките се поедноставуваат
- влијанието на трансферзалната сила на нормалните напрегања за $h \ll L$ е занемарливо

Изразот за определување на нормалните напони е ист за чисто свиткување и за свиткување од сили

Определување на геометриски карактеристики на напречен пресек



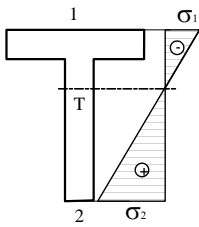
$$y_T = \frac{\sum y_i \cdot A_i}{\sum A_i} = \frac{5a \cdot a \cdot 6.5a + 6a \cdot a \cdot 3a}{5a \cdot a + a \cdot 6a} = 4.59a$$

$$I_x = \frac{5a \cdot (a)^3}{12} + 5a \cdot a \cdot (1.91a)^2 + \frac{a \cdot (6a)^3}{12} + a \cdot 6a \cdot (1.59a)^2$$

$$I_x = 51.83a^4$$

$$W_{x,1} = \frac{I_x}{y_{1,\max}} = \frac{51.83a^4}{2.41a} = \frac{51.83 \cdot 20^4}{2.41 \cdot 20} = 172035 \text{ mm}^3$$

$$W_{x,2} = \frac{I_x}{y_{2,\max}} = \frac{51.83a^4}{4.59a} = \frac{51.83 \cdot 20^4}{4.59 \cdot 20} = 90328 \text{ mm}^3$$



Цртање на дијаграми на нормални напрегања

$$\sigma_{\max,1} = \frac{M_{\max}}{W_{x,1}} = \frac{7.03 \cdot 10^6}{172035} = 40,8 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{\max,2} = \frac{M_{\max}}{W_{x,2}} = \frac{7.03 \cdot 10^6}{90328} = 77,8 \text{ N/mm}^2$$

Цртање на дијаграми на тангенцијални напони

$$S_{x,1} = S_{x,3} = 0$$

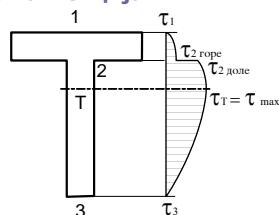
$$S_{x,2} = 5a \cdot a \cdot 1.91a = 9.55a^3$$

$$S_{x,T} = S_{x,\max} = a \cdot 4.59a \cdot \frac{4.59a}{2} = 10,534a^3$$

$$\tau_2^{\text{горе}} = \frac{F_{TR} \cdot 9.55a^3}{51.83a^4 \cdot 5a} = 0,7 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_2^{\text{доле}} = \frac{F_{TR} \cdot 9.55a^3}{51.83a^4 \cdot a} = 3,4 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_{\max} = \frac{F_{TR} \cdot 10,534a^3}{51.83a^4 \cdot a} = 3,8 \text{ N/mm}^2$$



Кои напони се доминантни?

Колку се тангенц. напони во опасниот пресек?