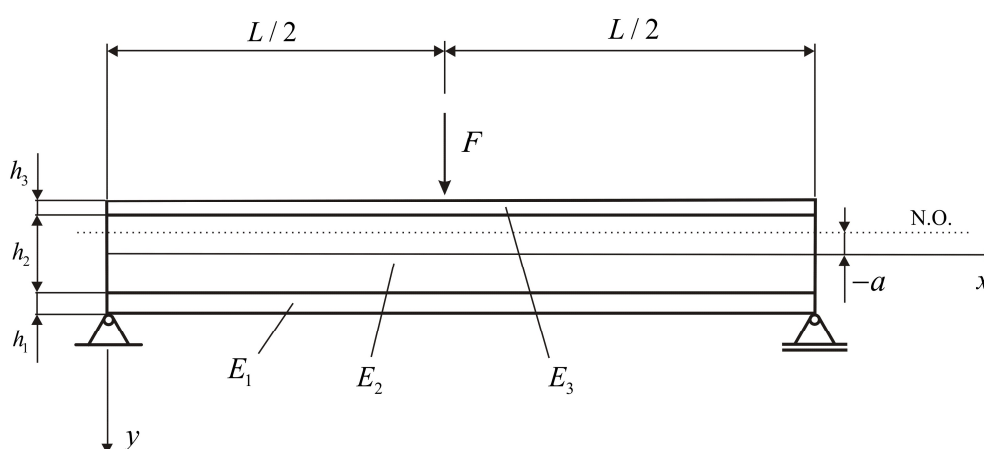


Upogibne deformacije kompozitnega nosilca

Izmerite največji povos obojestransko členkasto vpetega troslojnega kompozitnega nosilca. Izmerjene vrednosti primerjajte s teoretičnimi ter navedite glavne vzroke za morebitna odstopanja.

Obojestransko členkasto vpet troslojni kompozitni nosilec:



Enačba upogibnice:

Pri izpeljavi enačbe upogibnice za kompozitni nosilec upoštevamo Euler – Bernoullijevo hipotezo o ravnih prerezih. Za vsak sloj kompozitnega nosilca lahko napišemo izraz za napetost v obliki:

$$\sigma_{x1}(y) = \frac{a-y}{\rho} E_1 = E_1 \left(\varepsilon_0 - \frac{y}{\rho} \right) \quad \sigma_{x2}(y) = \frac{a-y}{\rho} E_2 = E_2 \left(\varepsilon_0 - \frac{y}{\rho} \right) \quad \sigma_{x3}(y) = \frac{a-y}{\rho} E_3 = E_3 \left(\varepsilon_0 - \frac{y}{\rho} \right)$$

kjer je a razdalja med x osjo in nevtralno osjo, ρ je radij ukrivljenosti nosilca in ε_0 raztezek vlaken na x osi. Koordinatno os x izberemo v težišču druge plasti. Problem se poenostavi z uvedbo lokalnih koordinatnih sistemov: x_1y_1 naj bo težiščni koordinatni sistem prve plasti, x_2y_2 naj bo težiščni koordinatni sistem druge plasti (sovpada s koordinatnim sistemom xy) in x_3y_3 naj bo težiščni koordinatni sistem tretje plasti. V ustreznih plasteh tako velja:

$$y = y_1 + e_1 \quad y = y_2 \quad y = y_3 - e_3$$

$$\text{Velja pa tudi: } e_1 = \frac{1}{2}(h_1 + h_2) \quad e_3 = \frac{1}{2}(h_2 + h_3)$$

Robna pogoja za določitev neznank a in ρ (ali ε_0 in ρ) sta v našem primeru:

$$N = 0 \Rightarrow \int_A \sigma_x dA = 0 \quad M_z = M \Rightarrow \int_A y \sigma_x dA = M$$

Z upoštevanjem zgornjih izrazov lahko zapišemo dve enačbi z dvema neznankama ε_0 in ρ :

$$\varepsilon_0 (E_1 A_1 + E_2 A_2 + E_3 A_3) - \frac{1}{\rho} (E_1 e_1 A_1 - E_3 e_3 A_3) = 0$$

$$\varepsilon_0 (E_1 e_1 A_1 - E_3 e_3 A_3) - \frac{1}{\rho} [E_1 (I_1 + e_1^2 A_1) + E_2 I_2 + E_3 (I_3 + e_3^2 A_3)] = M$$

kjer velja: $I_1 = bh_1^3 / 12$, $I_2 = bh_2^3 / 12$ in $I_3 = bh_3^3 / 12$. Veličina b je širina nosilca, ki je v našem primeru za vse tri plasti enaka. Sistem dveh linearnih enačb z dvema neznankama lahko rešimo in dobimo:

$$\varepsilon_0 = -\frac{I_{e1} M}{I_{e0} I_{e2} - I_{e1}^2} \quad \frac{1}{\rho} = -\frac{I_{e0} M}{I_{e0} I_{e2} - I_{e1}^2}$$

kjer so konstante:

$$I_{e0} = E_1 A_1 + E_2 A_2 + E_3 A_3 \quad I_{e1} = E_1 e_1 A_1 - E_3 e_3 A_3 \quad I_{e2} = E_1 (I_1 + e_1^2 A_1) + E_2 I_2 + E_3 (I_3 + e_3^2 A_3)$$

Enačbo upogibnice lahko določimo iz znane zveze:

$$\frac{1}{\rho} = \frac{d^2 y}{dx^2} = -\frac{I_{e0} F}{2(I_{e0} I_{e2} - I_{e1}^2)} x$$

Izraz dvakrat integriramo in upoštevamo ustrezna robna pogoja, tako da dobimo izraz za enačbo upogibnice:

$$y(x) = \frac{F I_{e0}}{48(I_{e0} I_{e2} - I_{e1}^2)} (3L^2 - 4x^2) x \quad 0 \leq x \leq \frac{L}{2}$$

Pri vaji merimo povprečno silo f pod silo F , ki ga lahko izračunamo iz zgornje enačbe upogibnice:

$$y\left(\frac{L}{2}\right) = \frac{F I_{e0} L^3}{48(I_{e0} I_{e2} - I_{e1}^2)} = f$$



Meritve:

Izmerimo geometrijo kompozitnega nosilca

Tabela 1: Geometrija kompozitnega nosilca

h_1 (mm)	h_2 (mm)	h_3 (mm)	b (mm)

Izmerjeni moduli elastičnosti plasti nosilca (univerzalni trgalni stroj Zwick Z050):

Tabela 2: Moduli elastičnosti treh gradiv

E_1 (MPa)	E_2 (MPa)	E_3 (MPa)

Za dve različni dolžini L izmerimo največji povos pri različnih obremenitvah F . Rezultate vnesemo v spodnji tabeli:

Tabela 3: Izmerjeni in izračunani povosi pri $L_1 = 370$ mm

F (N)			
f_{izm} (mm)			
f_{teor} (mm)			

Tabela 4: Izmerjeni in izračunani povosi pri $L_2 = 436$ mm

F (N)			
f_{izm} (mm)			
f_{teor} (mm)			