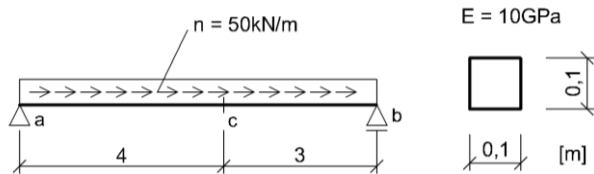


Obr.: Výpočtový model konstrukce a průřez

Zadání

Metodou jednotkových sil určete vodorovný posun bodu c nosníku podle obrázku. Nosník je vyroben z měkkého dřeva o modulu pružnosti 10 GPa.



Obr.: Výpočtový model konstrukce a průřez

Řešení

V prvním kroku výpočtu se stanoví průběhy vnitřních sil (v tomto případě normálových) od skutečného zatížení.

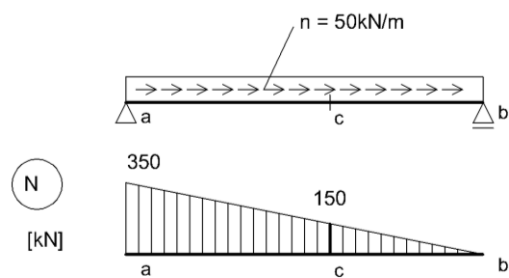
Určete normálové síly:

$$N_a = (350) \text{ [kN]}$$

$$N_c = (150) \text{ [kN]}$$

$$N_b = (0) \text{ [kN]}$$

Nakreslete průběh normálových sil



Obr.: Normálové síly od původního zatížení

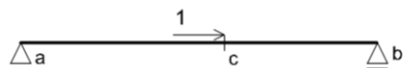
Normálové síly:

$$N_a = 7 \cdot 50 = 350 \text{ kN}$$

$$N_c = 3 \cdot 50 = 150 \text{ kN}$$

$$N_b = 0 \text{ kN}$$

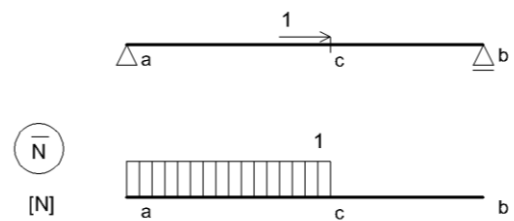
Nakreslete nosník s fiktivním zatížením pro výpočet vodorovného posunu u_c .



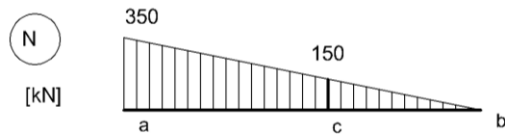
Obr.: Jednotkový impuls

Ve druhé fázi se zatíží konstrukce jednotkovým impulsem v místě a směru hledaného přemístění. V tomto případě se hledá vodorovný posun – impuls tedy představuje jednotková síla v bodě c . Pro tento impuls se rovněž stanoví průběh normálových sil. Směr impulsu (síly) definuje předpokládaný kladný směr přemístění (posunu).

Nakreslete průběh normálových sil od jednotkového impulsu.



Obr.: Normálové síly od jednotkového impulsu



Obr.: Normálové síly od původního zatížení



Obr.: Normálové síly od jednotkového impulsu

Výpočet vodorovného posunu bodu c

Z Maxwell-Mohrova vzorce pro výpočet přemístění

$$\delta = \int_L \frac{N\bar{N}}{EA} ds + \int_L \frac{V\bar{V}}{GA_\kappa} ds + \int_L \frac{M\bar{M}}{EI} ds + \int_L \bar{N}\alpha_t \Delta t_0 ds + \int_L \bar{M}\alpha_t \frac{\Delta t_1}{h} ds - \sum_r \left(\bar{R}_{rx} u_r + \bar{R}_{rz} w_r + \bar{M}_r \varphi_r \right)$$

se použije pouze první integrál týkající normálových sil. U přímých prutů přechází ds do dx a křivkový integrál do běžného.

$$\delta = u_c = \int_L \frac{N\bar{N}}{EA} dx$$

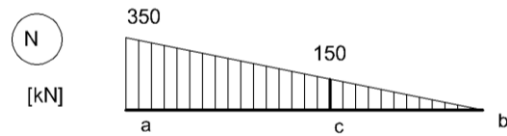
Integruje se pouze v části $a-c$, kde je součin obou normálových sil nenulový.

Určete osovou tuhost prutu

$$EA = (1E8) \text{ N}$$

Určete vodorovný posun bodu c

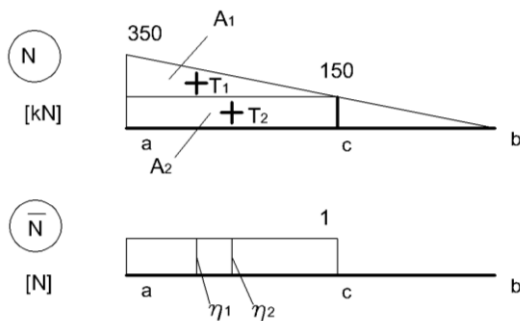
$$u_c = (10) \text{ mm}$$



Obr.: Normálové síly od původního zatížení



Obr.: Normálové síly od jednotkového impulsu



Obr.: Schéma pro Vereščaginovo pravidlo

Osová tuhost průřezu:

$$EA = 0,1 \cdot 0,1 \cdot 10 \cdot 10^9 = 100 \cdot 10^6 \text{ N}$$

Vodorovný posun bodu c

Výpočet podle tabulek:

$$\begin{aligned} u_c &= \frac{1}{EA} \frac{1}{2} (N_a + N_c) \overline{N}_a L \\ &= \frac{1}{100 \cdot 10^6} \frac{1}{2} \cdot (350 \cdot 10^3 + 150 \cdot 10^3) \cdot 1 \cdot 4 = 0,01 \text{ m} = 10 \text{ mm} \end{aligned}$$

Alternativní výpočet podle Vereščaginova pravidla:

$$\begin{aligned} u_c &= \frac{1}{EA} [A_1 \eta_1 + A_2 \eta_2] \\ &= \frac{1}{100 \cdot 10^6} \cdot \left[\left(\frac{(350 - 150) \cdot 10^3 \cdot 4}{2} \right) \cdot 1 + (150 \cdot 10^3 \cdot 4) \cdot 1 \right] \\ &= 0,01 \text{ m} = 10 \text{ mm} \end{aligned}$$

Vodorovné posunutí bodu c je 10 mm.