

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Číslo projektu	CZ .1 .07/1.1 .36/02.0066
Autor	Pavel Florík
Předmět	Mechanika
Téma	Deformace nosníků při ohybu
Metodický pokyn	výkladový text s ukázkami

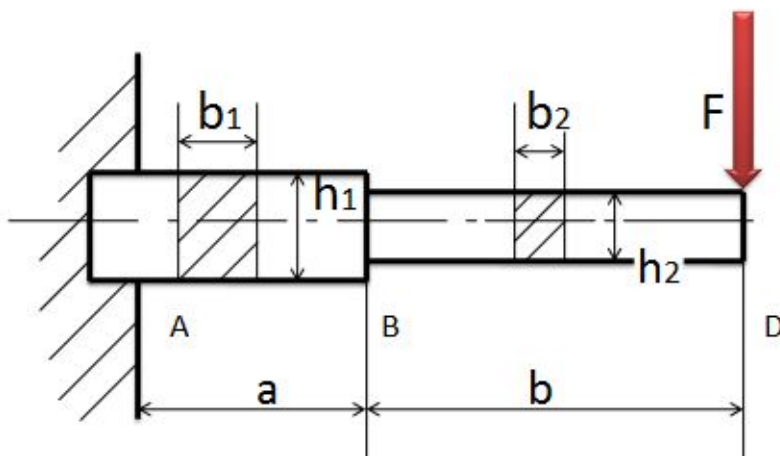
Deformace nosníků při ohybu.

Příklad č. 5

Vetknutý osazený nosník z oceli 11500 obdélníkového průřezu je zatížen na svém konci osamělou silou o velikosti

$F = 1500 \text{ N}$ podle obrázku. Zajímá nás, jak je velký celkový úhel natočení a průhyb nosníku, jestliže jeho rozměry jsou :

$a = 1 \text{ m}$, $b = 1,5 \text{ m}$; délka nosníku : $l = 2,5 \text{ m}$. Příčné rozměry jsou: $b_1 = 80 \text{ mm}$; $h_1 = 150 \text{ mm}$; $b_2 = 60 \text{ mm}$; $h_2 = 100 \text{ mm}$. Dále zkontrolujte napětí v nebezpečných průřezích, je-li : $E = 2,1 \cdot 10^5 \text{ MPa}$ a $\sigma_{D0} = 125 \text{ MPa}$.



Rozbor řešení:

Tento příklad je ukázkou výpočtu deformací vetknutého nosníku, který se v určitých aspektech liší od výpočtu deformací nosníků s neměnným průřezem. Nosník je deformován osamělou silou, nicméně protože se mění průřez nosníku je třeba redukovat ohybový moment, protože rozměrnější část je pevnější a neprohne se tolik. Postupujeme tedy tak, že řešíme každou zátěž zvlášť a výsledek sloučíme. Důležité je, že v tomto příkladu aplikujeme již dříve nabyté zkušenosti s řešením deformace vetknutých nosníků. Další viz . obrázky.

pozn. Tento program neumí pracovat s konstantou E (modul pružnosti v tahu), tedy s jejím

označením. Takže místo E se bude ve výpočtech objevovat "A"

Řešení:

1. Nejprve vypočteme velikost **jednotlivých kvadratických momentů**.
2. Vypočteme poměr kvadratických momentů průřezu
3. Vypočteme velikost deformací - úhel natočení a průhyb způsobený osamělou silou metodou momentové plochy.
4. Vypočteme ohybová napětí v nebezpečných průřezích a porovnáme s dovolenými hodnotami.

ad. 1 : Určení J1 a J2

$$b_1 = 80; h_1 = 150; b_2 = 60; h_2 = 100$$

$$100$$

$$J_1 = \frac{h_1^3 * b_1}{12}$$

$$22\,500\,000$$

$$J_2 = \frac{h_2^3 * b_2}{12}$$

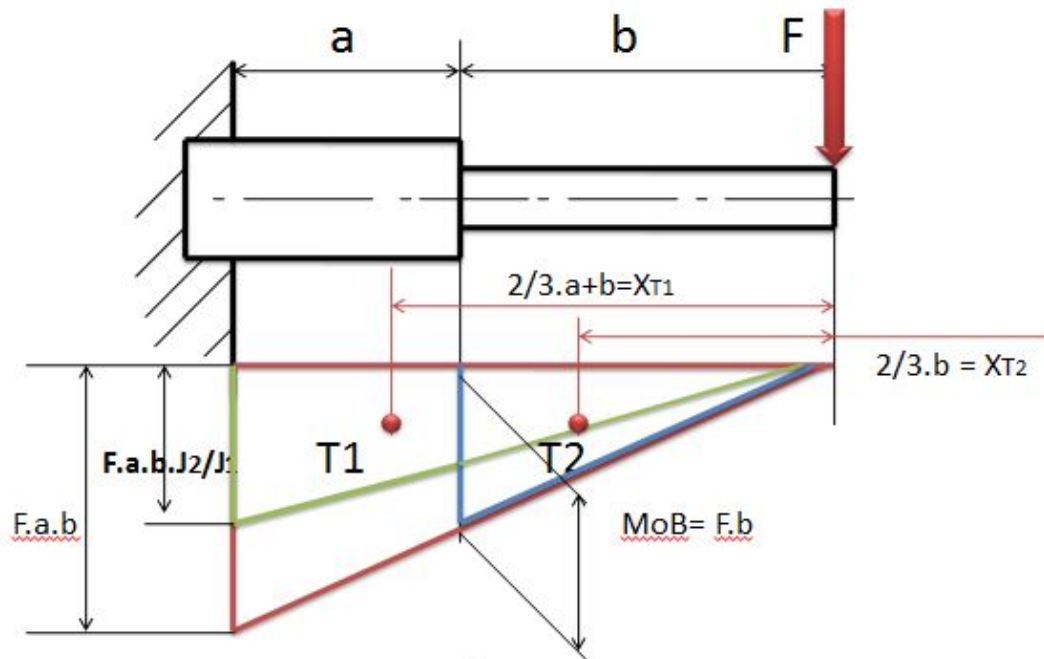
$$5\,000\,000$$

ad 2: Určení poměru kvadratických momentů průřezu.

$$\frac{J_2}{J_1} // N$$

$$0.222222$$

ad 3 : Průhyb pod silou F (bod "D") - redukuje na průřez 2. Pozor ! A = E ! Ostatní viz. obrázek.



$$y_D = \frac{S_{M1} * x_{T1} + S_{M2} * x_{T2}}{A * J_2}$$

$F = 1500$; $a = 1000$; $b = 1500$; $J_1 = 22\,500\,000$; $J_2 = 5\,000\,000$; $A = 2.1 * 10^5$
 210 000.

210000. `
 210 000.

$$S_{M1} = \frac{1}{2} * F * (a+b) * (a+b) * \frac{J_2}{J_1} // N$$

1.04167 × 10⁹

$$S_{M2} = \frac{1}{2} * \left(F * b - F * b * \frac{J_2}{J_1} \right) * b // N$$

1.3125 × 10⁹

$$x_{T1} = \frac{2}{3} (a+b) // N$$

1666.67

$$x_{T2} = \frac{2}{3} * b // N$$

1000.

$$y_D = \frac{S_{M1} * x_{T1} + S_{M2} * x_{T2}}{A * J_2} // N$$

2.90344

Průhyb pod silou F je 2,90344 mm.

$$\alpha_D = \frac{S_{M1} + S_{M2}}{A * J_2} // N$$

0.00224206

0.002242063492063492` radiánu.

Úhel natočení ve stupních:

$$\alpha_D = \frac{S_{M1} + S_{M2}}{A * J_2} * \frac{180}{\pi} // N$$

0.128461

ad 4: Výpočet ohybových napětí v nebezpečných průřezech. Nebezpečné průřezy jsou

: A a B. Platí pevnostní podmínka: $\sigma_{oA,B} = \frac{M_{oA,B}}{W_{oA,B}} < \sigma_{Do}$

$a = 1000$; $b = 1500$; $F = 1500$; $h_1 = 150$; $h_2 = 100$; $b_1 = 80$; $b_2 = 60$; $\sigma_{Do} = 125$

125

$$M_{oB} = F * b$$

2 250 000

$$M_{oA} = F * (a + b)$$

3 750 000

$$W_{oB} = \frac{b_2 * h_2^2}{6} // N$$

100 000.

$$W_{oA} = \frac{b_1 * h_1^2}{6} // N$$

300 000.

$$\sigma_{oB} = \frac{M_{oB}}{W_{oB}} // N$$

22.5

$$\sigma_{oA} = \frac{M_{oA}}{W_{oA}} // N$$

12.5

Napětí v nebezpečných průřezech A i B je: $\sigma_{oA} = 12,5$ Mpa a $\sigma_{oB} = 22,5$ Mpa, je tedy značně menší než dovolené napětí a průřezy vyhovují.

Celkový průhyb v bodě "D" tzn. pod silou F je: $y_D = 2,90344$ mm a úhel natočení: $\alpha_D = 0,002242$ rad, což je $0,128461^\circ$.

Závěr:

Vidíme že průhyb osazeného / odstupňovaného / nosníku, je na řešení obtížnější, protože je nutno

počítat s redukcí ohybových momentů. Nosník se logicky prohne méně v místech většího průřezu. Pro složitější zadání je výhodnější použít grafické / spíše graficko - početní / metody pomocí vláknového obrazce.

Příklad k procvičení:

Vypočtete celkový průhyb nosníku z předešlého příkladu u něhož se bude měnit rozměr h_1 v mezích od 100mm do

250 mm v krocích po 10mm. Závislost průhybu na velikosti h_1 vyjádřete též v grafu.

Zdroje

Mechanika II Pružnost & pevnost L.Mrňák- A.Drdla SNTL Praha 1978

Strojnické tabulky Vávra a kol.