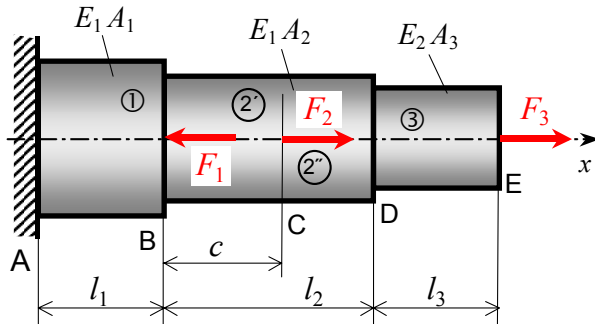


1. Primjer: Statički određena štapna konstrukcija

(Zadatak 2. primjer A) na str. 7 u "Vježbenica ispitnih zadataka" riješen je numerički, primjenom na PC modula "Stap_odr.exe" paketa programa "CVRSTOCA").

U štapnoj konstrukciji dijelovi štapa ① i ② izrađeni su od čelika, a štap ③ je od mjedi, prema slici a).



Slika a)

Treba odrediti:

a) iznos dopuštenog opterećenja štapa promjenjivog presjeka ($F_{dop} = ?$) ako je zadano:

$$F_1 = 2,5F, F_2 = 2F, F_3 = F,$$

$$l_1 = 50 \text{ cm}, l_2 = 70 \text{ cm}, c = 25 \text{ cm}, l_3 = 30 \text{ cm},$$

$$E_1 = 200 \text{ GPa}, E_2 = 115 \text{ GPa}, \sigma_{1dop} = 160 \text{ MPa},$$

$$\sigma_{2dop} = 90 \text{ MPa}, A_1 = 12 \text{ cm}^2, A_2 = 8 \text{ cm}^2,$$

$$A_3 = 6 \text{ cm}^2.$$

b) provjeriti čvrstoću štapova ①, ② i ③ te odrediti pomake presjeka B, C, D i E sastavljenog štapa, ako je zadano: $F = 40 \text{ kN}$.

Rješenje:

a) Određivanje dopuštenog opterećenja štapa, slika a):

Jednadžba ravnoteže sastavljenog štapa jest:

$$\sum F_x = -F_A - F_1 + F_2 + F_3 = 0.$$

Reakcija u A jest:

$$F_A = -2,5F + 2F + F = 0,5F.$$

Uzdužne sile u presjecima dijelova štapa ①, ② i ③ su, N – dijagram na slici b):

$$N_1 = F_A = 0,5F, N'_2 = F_2 + F_3 = 3F, N''_2 = N_3 = F_3 = F.$$

Dopuštena sila F_{dop} opterećenja štapa jest:

$$\sigma_1 = \frac{N_1}{A_1} = \frac{0,5F}{A_1} \leq \sigma_{1dop}, \text{ slijedi: } F \leq 2A_1 \cdot \sigma_{1dop} = 2 \cdot 12 \cdot 16 = 384 \text{ kN},$$

$$\sigma'_2 = \frac{N'_2}{A_2} = \frac{3F}{A_2} \leq \sigma_{1dop}, \text{ slijedi: } F \leq \frac{1}{3} A_2 \cdot \sigma_{1dop} = \frac{1}{3} \cdot 8 \cdot 16 = 42,667 \text{ kN},$$

$$\sigma''_2 = \frac{N''_2}{A_2} = \frac{F}{A_2} \leq \sigma_{1dop}, \text{ slijedi: } F \leq A_2 \cdot \sigma_{1dop} = 8 \cdot 16 = 128 \text{ kN},$$

$$\sigma_3 = \frac{N_3}{A_3} = \frac{F}{A_3} \leq \sigma_{2dop}, \text{ slijedi: } F \leq A_3 \cdot \sigma_{2dop} = 6 \cdot 9 = 54 \text{ kN}.$$

Dopušteno opterećenje štapa je najmanja od izračunatih vrijednosti za silu F , tj.:

$$F_{dop} \leq 42,667 \text{ kN}.$$

b) Za zadano opterećenje na štapu $F = 40 \text{ kN}$ slijede iznosi zadanih sila:

$$F_1 = 2,5F = 2,5 \cdot 40 = 100 \text{ kN}, \quad F_2 = 2F = 2 \cdot 40 = 80 \text{ kN}, \quad F_3 = F = 40 \text{ kN},$$

Uzdužne sile u dijelovima štapa ①, ② i ③ su:

$$N_1 = F_A = 0,5F = 0,5 \cdot 40 = 20 \text{ kN},$$

$$N'_2 = F_A + F_1 = 0,5F + 2,5F = 3F = 3 \cdot 40 = 120 \text{ kN},$$

$$N''_2 = F_3 = F = 40 \text{ kN}, \quad N_3 = F_3 = F = 40 \text{ kN}.$$

Provjera čvrstoće dijelova štapa:

$$\sigma_1 = \frac{N_1}{A_1} = \frac{20}{12} \cdot 10 = 16,67 \text{ MPa} < \sigma_{1\text{dop}},$$

$$\sigma'_2 = \frac{N'_2}{A_2} = \frac{120}{8} \cdot 10 = 150 \text{ MPa} < \sigma_{1\text{dop}}, \quad \sigma''_2 = \frac{N''_2}{A_2} = \frac{40}{8} \cdot 10 = 50 \text{ MPa} < \sigma_{1\text{dop}},$$

$$\sigma_3 = \frac{N_3}{A_3} = \frac{40}{6} \cdot 10 = 66,67 \text{ MPa} < \sigma_{2\text{dop}}.$$

Prema tome je čvrstoća svih dijelova ravnog štapa kod zadanog opterećenja i dimenzija prema slici, zadovoljavajuća.

Promjene duljine dijelova štapa ①, ② i ③ su produljenja:

$$\Delta l_1 = \frac{N_1 \cdot l_1}{E_1 A_1} = \frac{20 \cdot 50}{2 \cdot 10^4 \cdot 12} \cdot 10 = 0,0417 \text{ mm},$$

$$\Delta l'_2 = \frac{N'_2 \cdot c}{E_1 A_2} = \frac{120 \cdot 25}{2 \cdot 10^4 \cdot 8} \cdot 10 = 0,1875 \text{ mm},$$

$$\Delta l''_2 = \frac{N''_2 \cdot (l_2 - c)}{E_1 A_2} = \frac{40 \cdot 45}{2 \cdot 10^4 \cdot 8} \cdot 10 = 0,1125 \text{ mm},$$

$$\Delta l_3 = \frac{N_3 \cdot l_3}{E_2 A_3} = \frac{40 \cdot 30}{1,15 \cdot 10^4 \cdot 6} \cdot 10 = 0,1739 \text{ mm}.$$

Pomaci presjeka štapa su, dijagram na slici c):

$$u_A = 0, \quad u_B = \Delta l_1 = 0,042 \text{ mm},$$

$$u_C = u_B + \Delta l'_2 = 0,229 \text{ mm},$$

$$u_D = u_C + \Delta l''_2 = 0,342 \text{ mm},$$

$$u_E = u_D + \Delta l_3 = 0,516 \text{ mm}.$$

