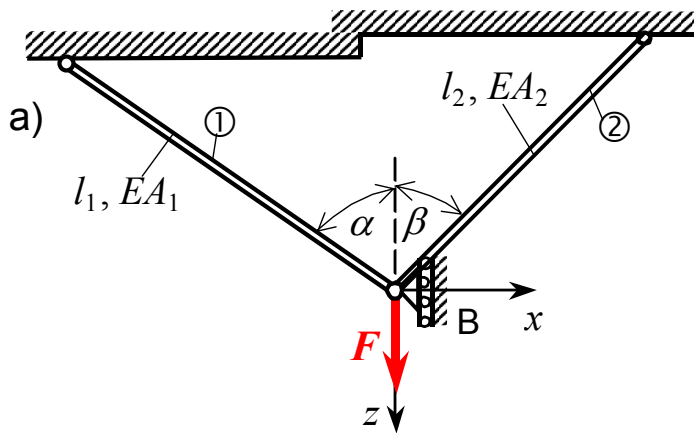


4. Primjer: Statički neodređena štapna konstrukcija opterećena silom

(Zadatak 3. primjer E) na str. 8 u "Vježbenica ispitnih zadataka", riješen je numerički primjenom na PC modula "Stapsila.exe" paketa programa "CVRSTOCA").

U štapnoj konstrukciji prema slici a), štapovi ① i ② izrađeni su od čelika te su zglobno vezani za zid i za pomičan oslonac u B, bez početnih naprezanja.



Treba odrediti:

a) dopušteno opterećenje konstrukcije ($F_{\text{dop}} = ?$), ako je zadano:

$$l_1 = 145 \text{ cm}, l_2 = 125 \text{ cm}, \alpha = 60^\circ,$$

$$\beta = 45^\circ, E = 200 \text{ GPa}, \sigma_{\text{dop}} = 130 \text{ MPa},$$

$$A_2 = 2A_1 = 16 \text{ cm}^2.$$

b) Provjeriti čvrstoću štapova i odrediti pomak oslonca B konstrukcije, ako je zadano opterećenje: $F = 170 \text{ kN}$.

Rješenje:

Kruta greda oslobođena veza prikazana je na slici b).

Statička neodređenost konstrukcije jest: $n = k - s = 3 - 2 = 1$.

a) Određivanje dopuštenog opterećenja konstrukcije

Jednadžbe ravnoteže sila u zglobu B su, slika b):

$$1. \sum F_x = -N_1 \cdot \sin \alpha + N_2 \cdot \sin \beta + F_B = 0,$$

$$2. \sum F_z = F - N_1 \cdot \cos \alpha - N_2 \cdot \cos \beta = 0,$$

3. Uvjet deformacija iz plana pomaka zgloba B jest, slika c):

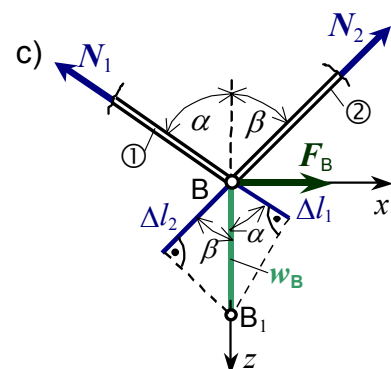
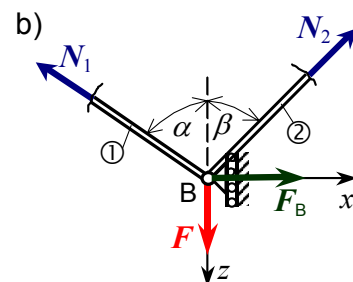
$$w_B = \frac{\Delta l_1}{\cos \alpha} = \frac{\Delta l_2}{\cos \beta},$$

gdje su deformacije štapova ① i ②:

$$\Delta l_1 = \frac{N_1 l_1}{EA_1}, \quad \Delta l_2 = \frac{N_2 l_2}{EA_2}.$$

Rješavanjem sustava 2. i 3. jednadžbe, slijede sile u štapovima ① i ②:

$$N_2 = 3,281N_1; \quad N_1 = 0,3546F (+), \quad N_2 = 1,1635F (+).$$



Dopušteno opterećenje konstrukcije biti će ono koje je najmanje od izračunatih vrijednosti:

$$\sigma_1 = \frac{|N_1|}{A_1} = \frac{0,3546F}{A_1} \leq \sigma_{\text{dop}} \Rightarrow F_{\text{dop}} \leq \frac{A_1 \cdot \sigma_{\text{dop}}}{0,3546} = \frac{8 \cdot 13}{0,3546} = 293,3 \text{ kN},$$

$$\sigma_2 = \frac{|N_2|}{A_2} = \frac{1,1635F}{A_2} \leq \sigma_{\text{dop}} \Rightarrow F_{\text{dop}} \leq \frac{A_2 \cdot \sigma_{\text{dop}}}{1,1635} = \frac{16 \cdot 13}{1,1635} = 178,77 \text{ kN}.$$

Dopušteno opterećenje konstrukcije je najmanje od izračunatih vrijednosti, tj. treba biti:

$$F_{\text{dop}} \leq 178,77 \text{ kN}.$$

b) Provjera čvrstoće štapova konstrukcije i pomaci krute grede

Za zadano opterećenje konstrukcije silom $F = 170 \text{ kN}$, sile u štapovima ① i ② su:

$$N_1 = 60,284 \text{ kN}, \quad N_2 = 197,789 \text{ kN}.$$

Reakcija veze u osloncu B konstrukcije, iz 1. jednadžbe jest:

$$F_B = F_{B_x} = -87,651 \text{ kN}.$$

Normalna naprezanja u poprečnim presjecima štapova ① i ② konstrukcije su:

$$\sigma_1 = \frac{N_1}{A_1} = \frac{60,284}{8} \cdot 10 = 75,355 \text{ MPa} < \sigma_{\text{dop}},$$

$$\sigma_2 = \frac{N_2}{A_2} = \frac{197,789}{16} \cdot 10 = 123,618 \text{ MPa} < \sigma_{\text{dop}}.$$

Prema tome je čvrstoća štapova ① i ② konstrukcije zadovoljavajuća.

Promjene duljine štapova ① i ② konstrukcije su:

$$\Delta l_1 = \frac{N_1 \cdot l_1}{EA_1} = \frac{60,284 \cdot 145}{2 \cdot 10^4 \cdot 8} \cdot 10 = 0,546 \text{ mm},$$

$$\Delta l_2 = \frac{N_2 \cdot l_2}{EA_2} = \frac{197,789 \cdot 125}{2 \cdot 10^4 \cdot 16} \cdot 10 = 0,773 \text{ mm}.$$

Pomak oslonca B konstrukcije jest, slika c):

$$u_B = 0, \quad w_B = \frac{\Delta l_1}{\cos \alpha} = \frac{0,546}{0,5} = 1,093 \text{ mm}.$$