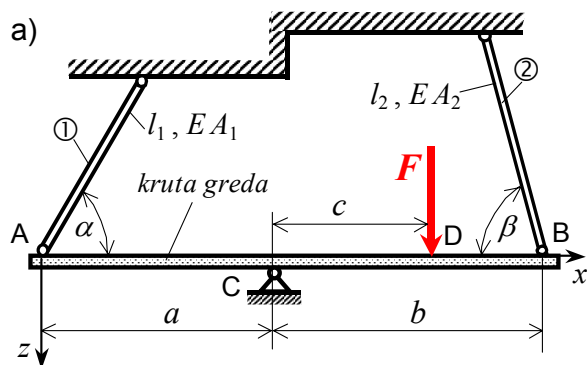


3. Primjer: Statički neodređena štapna konstrukcija opterećena silom

(Zadatak 3. primjer D) 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 krutu gredu ABCD zanemarive težine. Konstrukcija je opterećena u točki D grede silom F .



Treba odrediti:

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

$l_1 = 120 \text{ cm}$, $l_2 = 150 \text{ cm}$, $a = 60 \text{ cm}$, $b = 70 \text{ cm}$,
 $c = 40 \text{ cm}$, $\alpha = 60^\circ$, $\beta = 75^\circ$, $E = 200 \text{ GPa}$,
 $\sigma_{dop} = 150 \text{ MPa}$, $A_1 = 2A_2 = 10 \text{ cm}^2$.

b) Provjeriti čvrstoću štapova i odrediti pomake krute grede konstrukcije, ako je zadano opterećenje: $F = 200 \text{ kN}$.

Rješenje:

Kruta greda oslobođena veza prikazana je na slici b).

Statička neodređenost konstrukcije jest: $n = k - s = 4 - 3 = 1$.

a) Određivanje dopuštenog opterećenja konstrukcije

Jednadžbe ravnoteže krute grede su, slika b):

1. $\sum F_x = -N_1 \cdot \cos \alpha - N_2 \cdot \cos \beta + F_{Cx} = 0$,
2. $\sum F_z = F + N_1 \cdot \sin \alpha - N_2 \cdot \sin \beta + F_{Cz} = 0$,
3. $\sum M_C = N_1 \cdot \sin \alpha \cdot a - F \cdot c + N_2 \cdot \sin \beta \cdot b = 0$.

4. Uvjet deformacija iz plana pomaka krute grede konstrukcije jest, slika c):

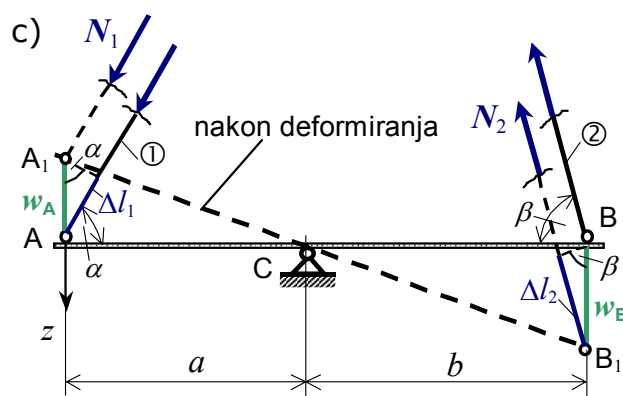
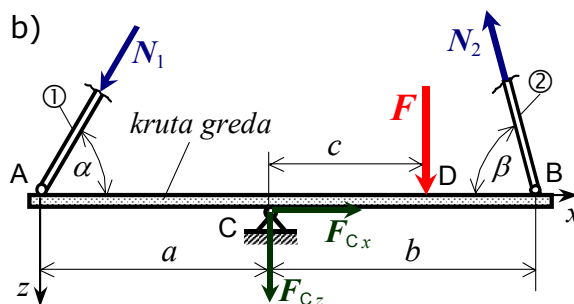
$$\frac{|w_A|}{a} = \frac{w_B}{b},$$

gdje su deformacije štapova ① i ②:

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

a pomaci točaka krute grede ABC su:

$$w_A = \frac{\Delta l_1}{\sin \alpha}, \quad w_B = \frac{\Delta l_2}{\sin \beta}.$$



Rješavanjem sustava 3. i 4. jednadžbe, slijede sile u štapovima ① i ②:

$$|N_1| = 1,921 N_2; \quad N_1 = 0,459 F (-), \quad N_2 = 0,239 F (+).$$

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

$$\sigma_1 = \frac{|N_1|}{A_1} = \frac{0,459 F}{A_1} \leq \sigma_{dop} \Rightarrow F_{dop} \leq \frac{A_1 \cdot \sigma_{dop}}{0,459} = \frac{10 \cdot 15}{0,459} = 326,8 \text{ kN},$$

$$\sigma_2 = \frac{|N_2|}{A_2} = \frac{0,239F}{A_2} \leq \sigma_{\text{dop}} \Rightarrow F_{\text{dop}} \leq \frac{A_2 \cdot \sigma_{\text{dop}}}{0,239} = \frac{5 \cdot 15}{0,239} = 313,8 \text{ kN}.$$

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

$$F_{\text{dop}} \leq 313,8 \text{ kN}.$$

b) Provjera čvrstoće štapova konstrukcije i pomaci krute grede

Za zadano opterećenje konstrukcije silom $F = 200 \text{ kN}$, sile u štapovima ① i ② su:

$$N_1 = -91,791 \text{ kN}, N_2 = 47,777 \text{ kN}.$$

Komponente reakcije veza u osloncu C krute grede, iz 1. i 2. jednadžbe su:

$$F_{Cx} = 58,261 \text{ kN}, F_{Cz} = -233,344 \text{ kN},$$

odnosno ukupna je reakcija veze u C: $F_C = \sqrt{F_{Cx}^2 + F_{Cz}^2} = 240,507 \text{ kN}$.

Normalna naprezanja u poprečnim presjecima štapova ① i ② su:

$$\sigma_1 = \frac{N_1}{A_1} = \frac{-91,791}{10} \cdot 10 = -91,79 \text{ MPa} < \sigma_{\text{dop}},$$

$$\sigma_2 = \frac{N_2}{A_2} = \frac{47,777}{5} \cdot 10 = 95,55 \text{ MPa} < \sigma_{\text{dop}}.$$

Prema tome je čvrstoća štapova ① i ② konstrukcije zadovoljavajuća.

Promjene duljine štapova ① i ② konstrukcije su:

$$\Delta l_1 = \frac{N_1 \cdot l_1}{EA_1} = \frac{-91,791 \cdot 120}{2 \cdot 10^4 \cdot 10} \cdot 10 = -0,5507 \text{ mm},$$

$$\Delta l_2 = \frac{N_2 \cdot l_2}{EA_2} = \frac{47,777 \cdot 150}{2 \cdot 10^4 \cdot 5} \cdot 10 = 0,7167 \text{ mm}.$$

Pomaci točaka krute grede ABC konstrukcije su, slika c):

$$w_A = \frac{\Delta l_1}{\sin \alpha} = \frac{-0,5507}{0,86602} = -0,636 \text{ mm},$$

$$w_B = \frac{\Delta l_2}{\sin \beta} = \frac{0,7167}{0,96592} = 0,742 \text{ mm}.$$