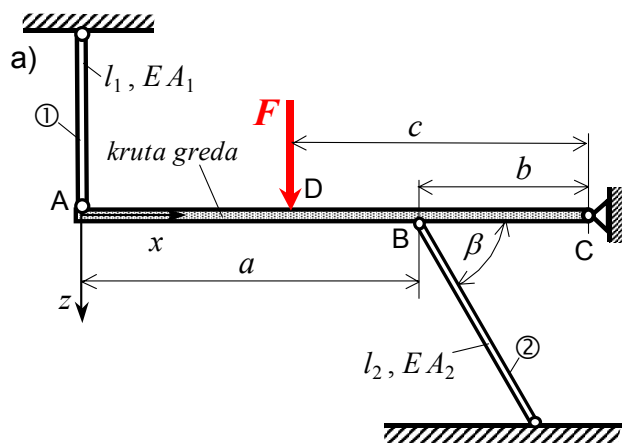


## 2. Primjer: Statički neodređena štapna konstrukcija opterećena silom

(Zadatak 3. primjer C) 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 silom  $F$ .



### Treba odrediti:

a) ploštine poprečnih presjeka štapova kod opterećenja konstrukcije silom  $F = 300 \text{ kN}$ , ako je zadano:

$l_1 = 125 \text{ cm}$ ,  $l_2 = 140 \text{ cm}$ ,  $a = 1,6 \text{ m}$ ,  
 $b = 80 \text{ cm}$ ,  $c = 1,4 \text{ m}$ ,  $\beta = 60^\circ$ ,  $E = 206 \text{ GPa}$ ,  
 $\sigma_{\text{dop}} = 130 \text{ MPa}$ ,  $A_1 = 2A_2$ .

b) Provjeriti čvrstoću štapova i odrediti pomake krute grede konstrukcije kod zadanog opterećenja i ploština presjeka štapova:  $A_1 = 2A_2 = 14 \text{ cm}^2$ .

### Rješenje:

Kruta greda oslobođena veza prikazana je na slici b).

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

### a) Određivanje potrebne ploštine štapova kod zadanog opterećenja konstrukcije

Jednadžbe ravnoteže krute grede ABC su, slika b):

- $\sum F_x = -N_2 \cdot \cos \beta + F_{Cx} = 0$ ,
- $\sum F_z = F - N_1 - N_2 \cdot \sin \beta + F_{Cz} = 0$ ,
- $\sum M_C = -N_1 \cdot (a + b) + F \cdot c - N_2 \cdot \sin \beta \cdot b = 0$ .
- Uvjet deformacija iz plana pomaka krute grede konstrukcije jest, slika c):

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

gdje su deformacije štapova ① i ②:

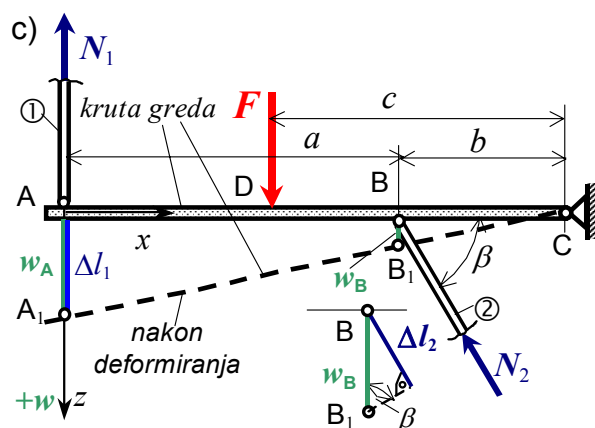
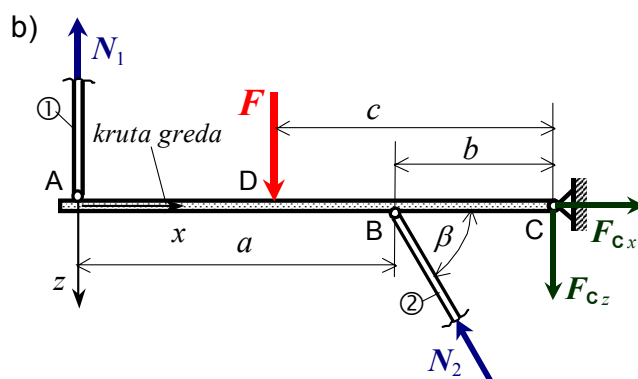
$$\Delta l_1 = \frac{N_1 l_1}{E A_1}, \quad \Delta l_2 = \frac{N_2 l_2}{E A_2},$$

a pomaci točaka krute grede ABC su:

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

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

$$N_1 = 7,76 |N_2|; \quad N_1 = 168,723 \text{ kN (+)}, \quad N_2 = 21,744 \text{ kN (-)}.$$



Potrebne ploštine poprečnih presjeka štapova konstrukcije jesu:

$$\sigma_1 = \frac{N_1}{A_1} \leq \sigma_{\text{dop}} \Rightarrow A_1 \geq \frac{N_1}{\sigma_{\text{dop}}} = \frac{168,723}{13} = 12,98 \text{ cm}^2,$$

$$\sigma_2 = \frac{|N_2|}{A_2} \leq \sigma_{\text{dop}} \Rightarrow A_2 \geq \frac{|N_2|}{\sigma_{\text{dop}}} = \frac{21,744}{13} = 1,673 \text{ cm}^2.$$

### b) Provjera čvrstoće štapova konstrukcije i pomaci krute grede

Za zadano opterećenje konstrukcije silom  $F = 300 \text{ kN}$  i zadane ploštine presjeka štapova  $A_1 = 2A_2 = 14 \text{ cm}^2$ , sile u štapovima ① i ② konstrukcije su:

$$N_1 = 168,723 \text{ kN (+)}, \quad N_2 = 21,744 \text{ kN (-)}.$$

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

$$F_{C_x} = 10,872 \text{ kN}, \quad F_{C_z} = -112,446 \text{ kN},$$

odnosno ukupna je reakcija veze u C:  $F_C = \sqrt{F_{C_x}^2 + F_{C_z}^2} = 112,971 \text{ kN}$ .

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

$$\sigma_1 = \frac{N_1}{A_1} = \frac{168,723}{14} \cdot 10 = 120,516 \text{ MPa} < \sigma_{\text{dop}},$$

$$\sigma_2 = \frac{N_2}{A_2} = \frac{-21,744}{7} \cdot 10 = -31,063 \text{ MPa} < \sigma_{\text{dop}}.$$

Prema tome je čvrstoća štapova ① i ② konstrukcije zadovoljavajuća.

Promjene duljine štapova ① i ② konstrukcije su:

$$\Delta l_1 = \frac{N_1 \cdot l_1}{EA_1} = \frac{168,723 \cdot 125}{2,06 \cdot 10^4 \cdot 14} \cdot 10 = 0,731 \text{ mm},$$

$$\Delta l_2 = \frac{N_2 \cdot l_2}{EA_2} = \frac{-21,744 \cdot 140}{2,06 \cdot 10^4 \cdot 7} \cdot 10 = -0,211 \text{ mm}.$$

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

$$w_A = \Delta l_1 = 0,731 \text{ mm},$$

$$w_B = \frac{|\Delta l_2|}{\sin \beta} = \frac{0,211}{0,866} = 0,244 \text{ mm}.$$