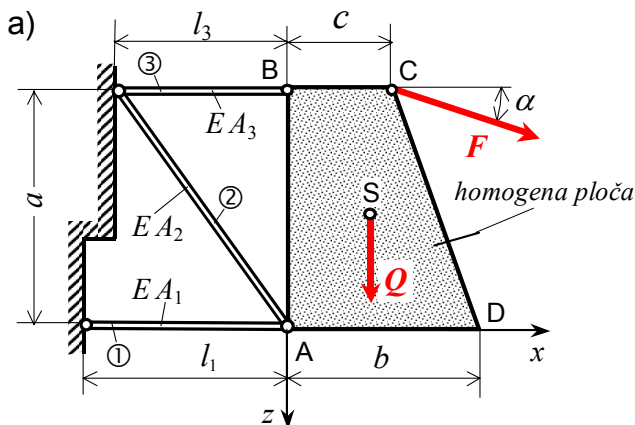


## 2. Primjer: Statički određena štapna konstrukcija

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

U štapnoj konstrukciji prema slici a), štapovi ①, ② i ③ izrađeni su od čelika, te su zglibno vezani za zid i za homogenu ploču ABCD konstantne debljine i težine  $Q$ . Konstrukcija je opterećena u točki C ploče silom  $F$ .



Treba odrediti:

a) potrebne ploštine površina poprečnih presjeka štapova konstrukcije ( $A=?$ ), ako je zadano:

$F = 45 \text{ kN}$ ,  $\alpha = 15^\circ$ ,  $l_1 = 120 \text{ cm}$ ,  $l_3 = 80 \text{ cm}$ ,  
 $Q = 6,5 \text{ kN}$ ,  $a = 1 \text{ m}$ ,  $b = 0,7 \text{ m}$ ,  $c = 0,4 \text{ m}$ ,  
 $E = 207 \text{ GPa}$ ,  $\sigma_{\text{dop}} = 130 \text{ MPa}$ ,

b) provjeriti čvrstoću štapova i

c) odrediti komponente pomaka točke A konstrukcije, ako je zadano:

$A_1 = A_2 = 2 \text{ cm}^2$ ,  $A_3 = 4 \text{ cm}^2$ .

### Rješenje:

#### a) Određivanje potrebne ploštine poprečnih presjeka štapova konstrukcije

Težište S homogene ploče ABCD, uz oznake na slici b) jest:

$$x_S = \frac{b^2 + b \cdot c + c^2}{3(b+c)} = \frac{70^2 + 70 \cdot 40 + 40^2}{3(70+40)} = 28,18 \text{ cm}.$$

Kut  $\beta$  štapa ② s osi  $z$  jest:

$$\tan \beta = \frac{l_3}{a} = \frac{80}{100} = 0,8 \Rightarrow \beta = 38,66^\circ$$

te štap ② ima duljinu:

$$l_2 = \frac{l_3}{\sin \beta} = \frac{80}{0,6247} = 128,062 \text{ cm}.$$

Jednadžbe ravnoteže za ploču ABCD oslobođenu veza su, slika b):

$$1. \sum F_x = -N_1 - N_2 \cdot \sin \beta - N_3 + F \cdot \cos \alpha = 0$$

$$2. \sum F_z = Q - N_2 \cdot \cos \beta + F \cdot \sin \alpha = 0$$

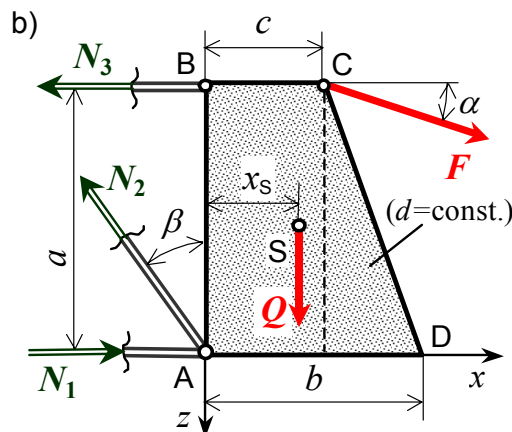
$$3. \sum M_A = N_3 \cdot a - Q \cdot x_S - F \cdot \cos \alpha \cdot a - F \cdot \sin \alpha \cdot c = 0.$$

Sile u štapovima ①, ② i ③ konstrukcije za zadano opterećenje su:

$$N_1 = -21,008 \text{ kN}, \quad N_2 = 23,239 \text{ kN}, \quad N_3 = 49,957 \text{ kN}.$$

Potrebne ploštine presjeka štapova ①, ② i ③ konstrukcije su:

$$A_1 \geq \frac{|N_1|}{\sigma_{\text{dop}}} = \frac{21,008}{13} = 1,62 \text{ cm}^2, \quad A_2 \geq \frac{|N_2|}{\sigma_{\text{dop}}} = \frac{23,239}{13} = 1,79 \text{ cm}^2, \quad A_3 \geq \frac{|N_3|}{\sigma_{\text{dop}}} = \frac{49,957}{13} = 3,84 \text{ cm}^2.$$



Opterećena ploča oslobođena veza

**b) Provjera čvrstoće štapova ①, ② i ③ konstrukcije, za zadane ploštine poprečnih presjeka štapova:**

$$\sigma_1 = \frac{N_1}{A_1} = \frac{-21,008}{2} \cdot 10 = -105,04 \text{ MPa} < \sigma_{\text{dop}},$$

$$\sigma_2 = \frac{N_2}{A_2} = \frac{23,239}{2} \cdot 10 = 116,2 \text{ MPa} < \sigma_{\text{dop}},$$

$$\sigma_3 = \frac{N_3}{A_3} = \frac{49,957}{4} \cdot 10 = 124,9 \text{ MPa} < \sigma_{\text{dop}}.$$

Prema tome je čvrstoća svih štapova konstrukcije zadovoljavajuća.

**c) Pomak točke A konstrukcije**

Promjene duljine štapova ①, ② i ③ su:

$$\Delta l_1 = \frac{N_1 \cdot l_1}{EA_1} = \frac{-21,008 \cdot 120}{2,07 \cdot 10^4 \cdot 2} \cdot 10 = -0,609 \text{ mm},$$

$$\Delta l_2 = \frac{N_2 \cdot l_2}{EA_2} = \frac{23,239 \cdot 128,06}{2,07 \cdot 10^4 \cdot 2} \cdot 10 = 0,719 \text{ mm},$$

$$\Delta l_3 = \frac{N_3 \cdot l_3}{EA_3} = \frac{49,957 \cdot 80}{2,07 \cdot 10^4 \cdot 4} \cdot 10 = 0,483 \text{ mm}.$$

Komponente pomaka točke A konstrukcije pokazane su u planu pomaka na slici c) i iznose:

$$u_A = \Delta l_1 = -0,609 \text{ mm},$$

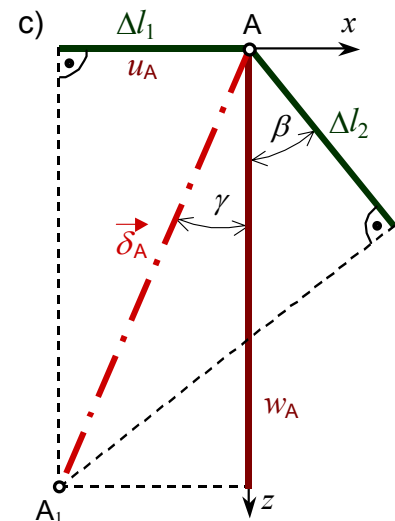
$$w_A = \frac{\Delta l_2}{\cos \beta} + |\Delta l_1| \cdot \tan \beta = \frac{0,719}{0,7809} + 0,609 \cdot 0,8 = 1,408 \text{ mm}.$$

Ukupni je pomak točke A konstrukcije, slika c):

$$\delta_A = \sqrt{u_A^2 + w_A^2} = \sqrt{0,609^2 + 1,408^2} = 1,534 \text{ mm},$$

a vektor pomaka  $\vec{\delta}_A$  čini kut  $\gamma$  s osi  $z$ :

$$\tan \gamma = \left| \frac{u_A}{w_A} \right| = \frac{0,609}{1,408} = 0,43253 \Rightarrow \gamma = 23,4^\circ.$$



Deformacije štapova ① i ②, komponente pomaka točke A štapne konstrukcije.