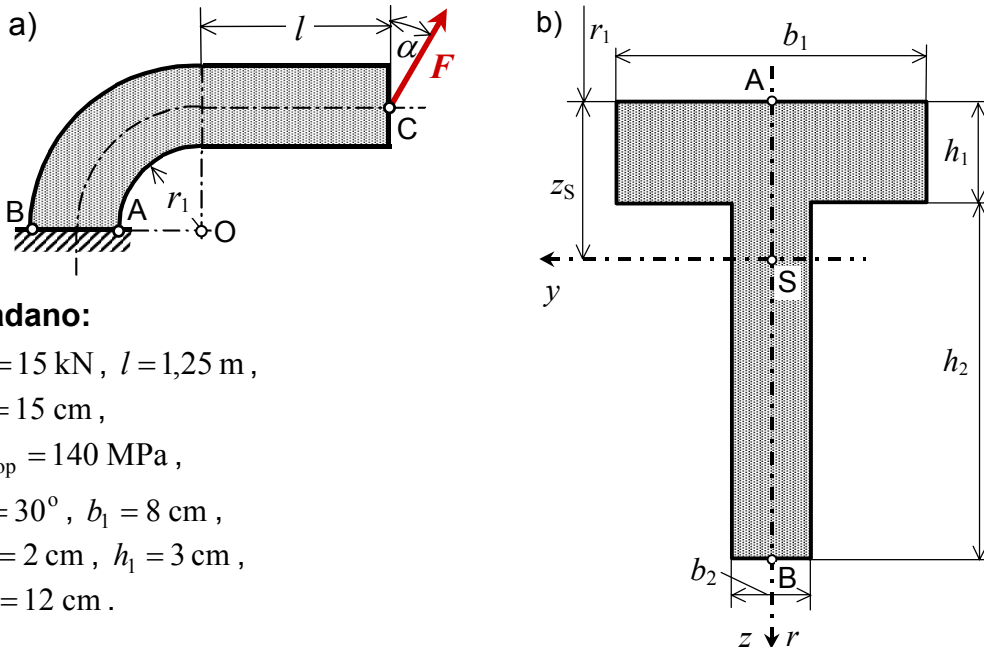


1. Primjer: Naprezanja u poprečnom presjeku debelog jako zakrivljenog štapa

(zadatak N1, poprečni presjek B) na str. 16 u "Vježbenica ispitnih zadataka").

Za konzolni debeli jako zakrivljeni štاپ zadan je i opterećen prema slici a):

- treba odrediti ekstremne vrijednosti normalnih naprezanja u presjeku A-B štapa, uzimajući u obzir naprezanja od uzdužne sile i momenta savijanja u poprečnom presjeku,
- nacrtati dijagram raspodjele normalnih naprezanja u poprečnom presjeku A-B štapa.

**Zadano:**

$$F = 15 \text{ kN}, l = 1,25 \text{ m},$$

$$r_1 = 15 \text{ cm},$$

$$\sigma_{\text{dop}} = 140 \text{ MPa},$$

$$\alpha = 30^\circ, b_1 = 8 \text{ cm},$$

$$b_2 = 2 \text{ cm}, h_1 = 3 \text{ cm},$$

$$h_2 = 12 \text{ cm}.$$

Rješenje:

Primjenom modula "Deb_stap.exe" paketa programa "CVRSTOCA" proveden je proračun čvrstoće za zadani konzolni debeli zakrivljeni štاپ i poprečni presjek, prema slici b).

1. Geometrijske značajke poprečnog presjeka nosača, slika b):

a) Težište poprečnog presjeka:

$$z_S = \frac{\sum A_i \cdot z_{Si}}{A} = 5,25 \text{ cm},$$

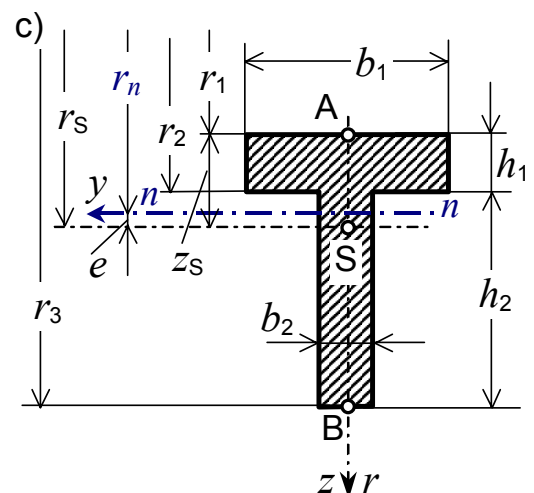
Ploština poprečnog presjeka: $A = b_1 \cdot h_1 + b_2 \cdot h_2 = 48 \text{ cm}^2$.

b) Položaj neutralne osi $n-n$ poprečnog presjeka štapa, slika c):

$$r_2 = r_1 + h_1 = 18 \text{ cm}, r_3 = r_2 + h_2 = 30 \text{ cm},$$

$$r_S = r_1 + z_S = 20,25 \text{ cm},$$

$$r_n = \frac{A}{b_1 \ln \frac{r_2}{r_1} + b_2 \ln \frac{r_3}{r_2}} = \frac{48}{8 \cdot \ln \frac{18}{15} + 2 \cdot \ln \frac{30}{18}} = 19,3531 \text{ cm}.$$



c) Statički moment površine poprečnog presjeka štapa s obzirom na težišnu os y :

$$e = r_s - r_n = 20,25 - 19,3531 = 0,8969 \text{ cm},$$

$$S_y = A \cdot e = 48 \cdot 0,8969 = 43,052 \text{ cm}^3.$$

d) Unutarnje sile u poprečnom presjeku A-B zakrivljenog štapa, slika a):

$$\text{Uzdužna sila: } N = F \cdot \cos \alpha = 15 \cdot 0,866 = 12,99 \text{ kN},$$

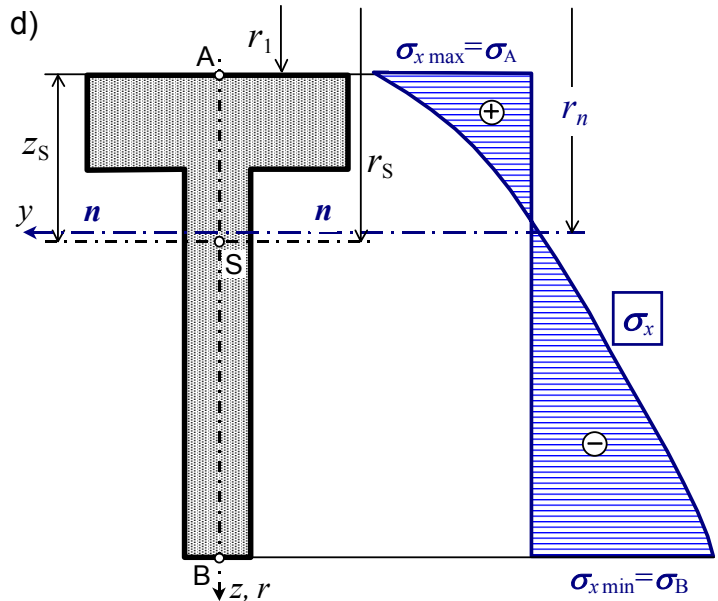
Moment savijanja:

$$M_b = \sum M_{iy} = -F \cdot \cos \alpha \cdot (l + r_n) + F \cdot \sin \alpha \cdot r_n = -17300,535 \text{ N} \cdot \text{m}.$$

e) Ekstremne vrijednosti normalnih naprezanja u presjeku A-B štapa, od uzdužne sile i momenta savijanja su:

$$\begin{aligned} \sigma_{x \max} = \sigma_A &= \frac{N}{A} + \frac{M_b}{S_y} \cdot \left(1 - \frac{r_n}{r_1}\right) = \\ &= \frac{12,99}{48} \cdot 10 + \frac{-17300,535}{43,052} \cdot \left(1 - \frac{19,3531}{15}\right) = \\ &= 2,71 + 116,62 = 119,33 \text{ MPa}. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma_{x \min} = \sigma_B &= \frac{N}{A} + \frac{M_b}{S_y} \cdot \left(1 - \frac{r_n}{r_3}\right) = \\ &= \frac{12,99}{48} \cdot 10 + \frac{-17300,535}{43,052} \cdot \left(1 - \frac{19,3531}{30}\right) = \\ &= 2,71 - 142,62 = -139,91 \text{ MPa}. \end{aligned}$$



Čvrstoća štapa zadovoljava, jer je: $|\sigma_{x \min}| < \sigma_{\text{dop}}$. Iz proračuna normalnih naprezanja vidi se, da se utjecaj uzdužne sile može zanemariti.

Rezultirajući dijagram raspodjele normalnih naprezanja po visini poprečnog presjeka A-B štapa, prikazan je na slici d).

NAPOMENA: U "Vježbenica ispitnih zadataka" na str. 16, zadana su 3 zadatka i 6 različitih poprečnih presjeka, za vježbanje rješavanja čvrstoće debelih jako zakrivljenih štapova. Za dobivanje numeričkih rješenja zadatka može se koristiti modul "Deb_stap.exe" paketa programa "CVRSTOCA".

Za određivanje geometrijskih značajki poprečnog presjeka štapa i polumjera neutralne osi presjeka mogu se koristiti izrazi dani u tablicama u Dodatku 2.