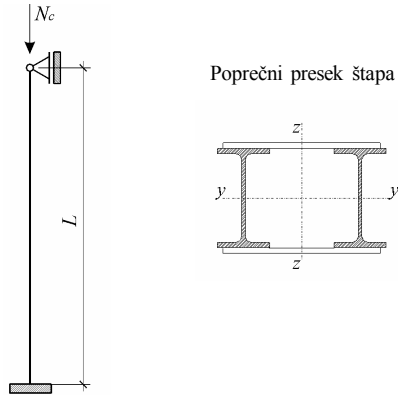


4. Zadatak

Dimenzionisati centrično pritisnut štap konstantnog višedelnog poprečnog preseka:



Dužinu izvijanja štapa u ravni (oko z-z ose) usvojiti prema zadatoj statičkoj šemi. Dužina izvijanja štapa izvan ravni (oko y-y ose) jednaka je sistemnoj dužini štapa. Štap je:

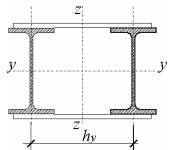
- ramovskog tipa

Sila pritiska: $N_c = 1000 \text{ kN}$
Dužina štapa: $L = 8 \text{ m}$
Razmak veznih limova / čvorova rešetkaste ispune $a = 100 \text{ cm}$.
Osnovni materijal: S235
Slučaj opterećenja: I

Osnovni materijal S235 (I sl.o.) \Rightarrow dopušten napon zatezanja $\sigma_{dop} = 16 \text{ kN/cm}^2$

Provera nosivosti štapa¹

Predpostavljaju se dva profila IPE 270



$b_f = 135 \text{ mm}$	$A_f = 45,9 \text{ cm}^2$	$A = 91,8 \text{ cm}^2$
$t_f = 10,2 \text{ mm}$	$I_{yf} = 5790 \text{ cm}^4$	$I_y = 11580 \text{ cm}^4$
$h = 270 \text{ mm}$	$I_{zf} = 420 \text{ cm}^4$	$I_z = 15183 \text{ cm}^4$
$t_w = 6,6 \text{ mm}$	$i_{yf} = 11,2 \text{ cm}$	$i_y = 11,2 \text{ cm}$
$h_v = 250 \text{ mm}$	$i_{zf} = 3,02 \text{ cm}$	$i_z = 12,86 \text{ cm}$

1. Kontrola stabilnosti na izvijanje oko materijalne ose

Izvijanje van ravni štapa (oko y-y ose)

$$l_{iy} = \beta \cdot l = 1,0 \cdot 800 = 800 \text{ cm}$$

$$\lambda_y = \frac{l_y}{i_y} = \frac{800}{11,2} = 71,4$$

$$\bar{\lambda}_y = \frac{\lambda_y}{\lambda_v} = \frac{71,4}{92,9} = 0,768$$

$$\alpha = 0,489 \text{ (kriva izvijanja C)}$$

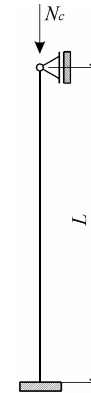
$$\beta_y = 1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda}_y - 0,2) + \bar{\lambda}_y^2$$

$$\beta_y = 1 + 0,489 \cdot (0,768 - 0,2) + 0,768^2 = 1,868$$

$$\chi_y = \frac{2}{\left(\beta_y + \sqrt{\beta_y^2 - 4\bar{\lambda}_y^2} \right)}$$

$$\chi_y = \frac{2}{\left(1,868 + \sqrt{1,868^2 - 4 \cdot 0,768^2} \right)} = 0,682$$

(štap je bočno pridržan na krajevima)



Kontrola stabilnosti:

$$\sigma = \frac{N_c}{A} = \frac{1000}{2 \cdot 45,9} = 10,89 \text{ kN/cm}^2 < \sigma_{i,dop} = \chi_y \cdot \sigma_{dop} = 0,682 \cdot 16 = 10,91 \text{ kN/cm}^2$$

2. Kontrola stabilnosti na izvijanje oko nematerijalne ose (oko z-z ose)

Određivanje ekvivalentne vitkosti

$$l_{iz} = \beta \cdot l = 0,7 \cdot 800 = 560 \text{ cm}$$

$$\lambda_z = \frac{l_z}{i_z} = \frac{560}{12,86} = 43,55$$

$$\lambda_f = \frac{a}{i_f} = \frac{100}{3,02} = 33,11$$

(Vitkost samostalnog elementa)

$$\lambda_{z,eq} = \sqrt{\lambda_z^2 + \frac{m}{2} \lambda_f^2} = \sqrt{43,55^2 + \frac{2}{2} \cdot 33,11^2} = 54,71$$

Relativna ekvivalentna vitkost

$$\bar{\lambda}_{z,eq} = \frac{\lambda_{z,eq}}{\lambda_v} = \frac{54,71}{92,9} = 0,589$$

$$\alpha = 0,489 \text{ (kriva izvijanja C)}$$

$$\beta_{z,eq} = 1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda}_{z,eq} - 0,2) + \bar{\lambda}_{z,eq}^2$$

$$\beta_{z,eq} = 1 + 0,489 \cdot (0,589 - 0,2) + 0,589^2 = 1,537$$

$$\chi_{z,eq} = \frac{2}{\left(\beta_{z,eq} + \sqrt{\beta_{z,eq}^2 - 4\bar{\lambda}_{z,eq}^2} \right)}$$

$$\chi_{z,eq} = \frac{2}{\left(1,537 + \sqrt{1,537^2 - 4 \cdot 0,589^2} \right)} = 0,792$$

¹ Čelične konstrukcije u građevinarstvu / JUS U.E7.091 / str. 663

Kontrola stabilnosti:

$$\sigma = \frac{N_c}{A} = \frac{1000}{2 \cdot 45,9} = 10,89 \text{ kN/cm}^2 < \sigma_{i,dop} = \chi_{z,eq} \cdot \sigma_{dop} = 0,792 \cdot 16 = 12,7 \text{ kN/cm}^2$$

3. Kontrola stabilnosti na izvijanje samostalnog elementa na sredini visine višedelnog štapa

Određivanje sile u samostalnom elementu

$$N_{pl} = A \cdot f_y = 2 \cdot 45,9 \cdot 24 = 2203,2 \text{ kN}$$

$$N_{cr} = \pi^2 \frac{E \cdot I_z}{l_{iz}^2} = \pi^2 \frac{E \cdot 15183}{560^2} = 10034 \text{ kN}$$

$$S_y = 2 \cdot \frac{\pi^2 E I_f}{a^2} = 2 \pi^2 \frac{E \cdot 420}{100^2} = 17410 \text{ kN}$$

$$\frac{1}{N_{cr,V}} = \frac{1}{N_{cr}} + \frac{1}{S_y} = \frac{1}{10034} + \frac{1}{17410} = 1,57 \cdot 10^{-4} \text{ 1/kN}$$

$$N_{cr,V} = 6365,4 \text{ kN}$$

$$M_y = \frac{N_c \cdot f_0}{1 - \frac{v \cdot N_c}{N_{cr,V}}} = \frac{1000 \cdot (800/500)}{1 - \frac{1,5 \cdot 1000}{6365}} = 2093,3 \text{ kNcm}$$

$$W_z = I_z / y_{f,max} = 2 \cdot 15183 / 25 = 1215 \text{ cm}^3$$

$$N_1 = \frac{N}{r} + \frac{M_z}{W_z} \cdot A_1 = \frac{1000}{2} + \frac{2093,3}{1215} \cdot 45,9 = 579,1 \text{ kN}$$

Vitkost samostalnog elementa

$$\bar{\lambda}_f = \frac{\lambda_f}{\lambda_v} = \frac{33,11}{92,9} = 0,356$$

$\alpha = 0,489$ (kriva izvijanja C)

$$\beta_z = 1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda}_z - 0,2) + \bar{\lambda}_z^2$$

$$\beta_z = 1 + 0,489 \cdot (0,356 - 0,2) + 0,356^2 = 1,203$$

$$\chi_z = \frac{2}{\left(\beta_z + \sqrt{\beta_z^2 - 4 \bar{\lambda}_z^2} \right)}$$

$$\chi_z = \frac{2}{\left(1,203 + \sqrt{1,203^2 - 4 \cdot 0,356^2} \right)} = 0,921$$

Kontrola stabilnosti

$$\sigma = \frac{N_1}{A_1} = \frac{579,1}{45,9} = 12,6 \text{ kN/cm}^2 < \sigma_{i,dop} = \chi_z \cdot \sigma_{dop} = 0,921 \cdot 16 = 14,7 \text{ kN/cm}^2$$

4. Kontrola stabilnosti na izvijanje samostalnog elementa u krajnjem polju

Uticaji u samostalnom elementu

$$N_1 = \frac{N}{r} = \frac{1000}{2} = 500 \text{ kN}$$

$$\max V = \frac{\pi}{l} \cdot \frac{N_c \cdot w_0}{1 - \frac{v \cdot N_c}{N_{cr,V}}} = \frac{\pi}{800} \cdot 2093,3 = 8,22 \text{ kN}$$

$$M_f = \frac{\max V}{r} \cdot \frac{a}{2} = \frac{8,22}{2} \cdot \frac{100}{2} = 205,5 \text{ kNcm}$$

Kontrola napona u samostalnom elementu u krajnjem polju:

$$\sigma = \frac{N_1}{A_1} + \frac{M_f}{W_{z,1}} = \frac{500}{45,9} + \frac{205,5}{62,2} = 14,2 \text{ kN/cm}^2 < \sigma_{dop} = 16,0 \text{ kN/cm}^2$$

5. Provera spojnih limova²

Uticaji u spojnim limovima:

(videti tabelu 1)

$$T = \frac{\max V \cdot a}{h_y} = \frac{8,22 \cdot 100}{25} = 32,9 \text{ kN}$$

$$M = \frac{\max V \cdot a}{r} = \frac{8,22 \cdot 100}{2} = 411 \text{ kNcm}$$

Usvaja se vezni lim = 150x10...350

Kontrola napona

$$\sigma = \frac{M}{W} = \frac{411}{15^2 \cdot 1,0} \cdot 6 = 10,96 \text{ kN/cm}^2$$

$$\tau = \frac{T}{t \cdot h} = \frac{32,9}{1 \cdot 15} = 2,2 \text{ kN/cm}^2$$

Kontrola uporednog napona

$$\sigma_u = \sqrt{\sigma^2 + 3 \cdot \tau^2} = \sqrt{10,96^2 + 3 \cdot 2,2^2} = 11,6 \text{ kN/cm}^2 < \sigma_{dop} = 16,0 \text{ kN/cm}^2$$

² Čelične konstrukcije u građevinarstvu / str 667

	Opis	$r=2$	$r=3$	$r=4$
1	Presjek višedelnog štapa			
2	Uticaji u jediničnom polju štapa			
3	Presečna sila T u spojnim limovima	$T = \frac{V \cdot a}{h_f}$	$T = \frac{V \cdot a}{2h_f}$	$T' = 0,4 \frac{V \cdot a}{h_f}$ $T'' = 0,3 \frac{V \cdot a}{h_f}$
4	Momentni dijagram u spojnim limovima			

	Ramovski štap	Rešetkasti štap			
S_y	$2 \frac{\pi^2 \cdot E I_f}{a^2}$	$n \cdot E A_y \cdot \frac{a \cdot h_y^2}{d^3}$			
λ_f	$\frac{a}{i_f}$	$\pi \sqrt{\frac{A}{n \cdot A_y} \cdot \frac{d^5}{a \cdot h_y^2}}$			
A_r		A_y	A_d	$2A_d$	$0.5A_d$

n - broj paralelnih ravni u kojima su postavljene spoje limovi ili štapovi ispunc
 d - sistemma dužina dijagonale