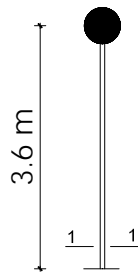


Primjer

Na slici (a) je prikazana konstrukcija vertikalnog konzolnog nosača koju predstavlja čelična cijev sa sljedećim karakteristikama poprečnog presjeka (b):

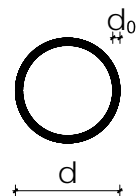
- debljina, $d_o = 6.3$ mm
- spoljni prečnik cijevi, $d = 11.43$ cm
- moment inercije poprečnog presjeka, $I = 313$ cm⁴
- modul elastičnosti, $E = 240$ GPa
- težina cijevi 164.8 N/m

Na vrhu cijevi se nalazi težina u iznosu od 23 kN. Spektri odgovora ubrzanja za različite nivoe relativnog prigušenja za zemljotresni zapis El Centro prikazani su na slici (c). Pretpostavlja se da sistem posjeduje relativno prigušenje od $\zeta = 2\%$. Potrebno je odrediti maksimalno pomjeranje sistema na dejstvo datog zemljotresa i napone u cijevi usljed momenta savijanja u kritičnom poprečnom presjeku.

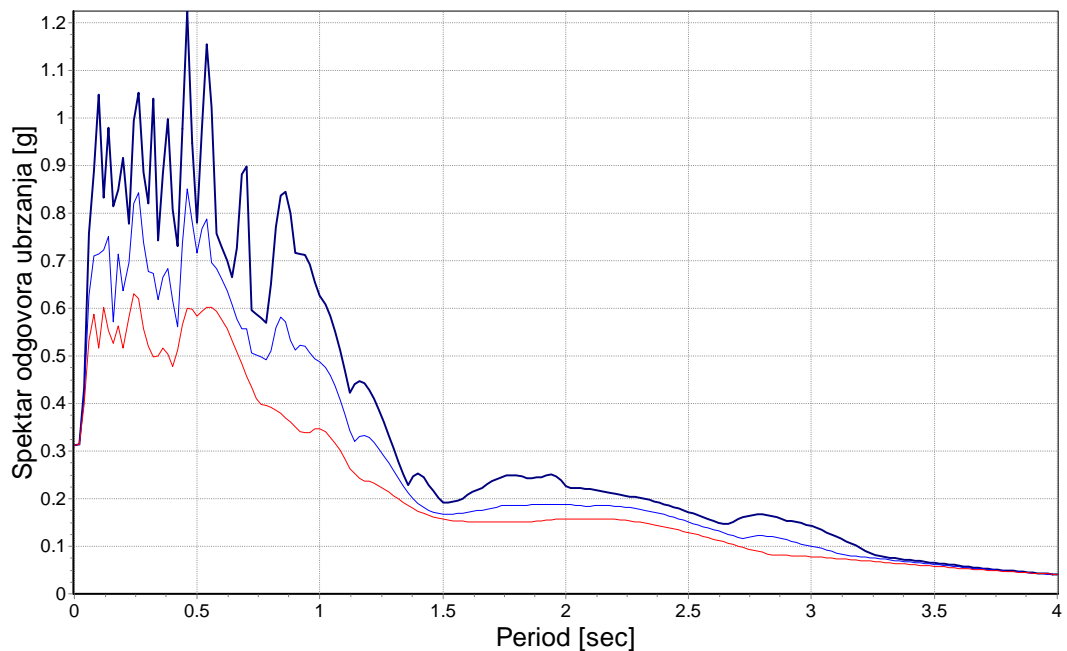


a) Izgled vertikalnog konzolnog nosača

Presjek 1-1



b) Poprečni presjek nosača



c) Spektral odgovora ubrzanja za El Centro zemljotres za tri nivoa prigušenja: 2%, 5% i 10%

Rješenje:

Bočna krutost konzolnog nosača na dejstvo koncentrisane sile u vrhu iznosi:

$$k = \frac{3EI}{L^3} = \frac{3 \cdot 210 \cdot 10^2 \cdot 313}{360^3} = 0.4226 \frac{kN}{cm} = 42.26 \frac{kN}{m}$$

Kako su u prethodnom izrazu sve jedinice morale biti usaglašene, jedinica modula elastičnosti E koja je data u GPa promjenjena je u kN/cm² kako slijedi:

$$1GPa = 10^9 \frac{N}{m^2} = 10^9 \frac{10^{-3}kN}{10^4 cm^2} = 10^2 \frac{kN}{cm^2}$$

Ukupna težina cijevi je 164.8 N/m x 3.6m = 593.28 N = 0.59 kN što se može zanemariti u odnosu na težinu koncentrisane mase na vrhu koja iznosi 23 kN. Odgovarajuća masa je jednaka:

$$m = \frac{23}{9.81} = 2.345 \frac{kNs^2}{m}$$

Sada se može izračunati sopstvena kružna frekvencija,

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}} = \sqrt{\frac{42.26}{2.345}} = \sqrt{18.02} = 4.245 \frac{1}{sec}$$

i sopstvena perioda konstrukcije:

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2 \cdot 3.14}{4.245} = 1.47 sec$$

Sa spektra odgovora ubrzanja (sa prigušenjem od 2%) prikazanog na slici (c) se može za analiziranu konstrukciju sa sopstvenom periodom od T = 1.5 sec pročitati maksimalno ubrzanje konstrukcije $S_a = 0.22g = 0.22 \times 9.81 = 2.158 m/s^2$.

Maksimalna seizmička sila je jednaka:

$$F_{S,max} = mS_a = 2.345 \cdot 2.158 = 5.06 kN$$

Iz relacije $F_{S,max} = ku$ lako se izračunava maksimalno horizontalno pomjeranje:

$$u = \frac{F_{S,max}}{k} = \frac{5.06}{42.26} = 0.1197 m = 12 cm$$

Maksimalni moment savijanja usljed dejstva horizontalne sile se nalazi na mjestu uklještenja i iznosi:

$$M = F_{S,max} \cdot L = 5.06 \cdot 3.6 = 18.22 kNm$$

Imajući u vidu da je maksimalni napon jednak odnosu momenta savijanja i otpornog momenta koji je s druge strane jednak količniku momenta inercije i maksimalne udaljenosti od težišta poprečnog presjeka, imamo da je maksimalni napon u čeličnoj cijevi usljed dejstva momenta savijanja jednak:

$$\sigma = \frac{M}{W} = \frac{M}{I/y_{\max}} = \frac{18.22 \cdot 10^2}{313/(0.5 \cdot 11.43)} = 33.27 \frac{kN}{cm^2}$$