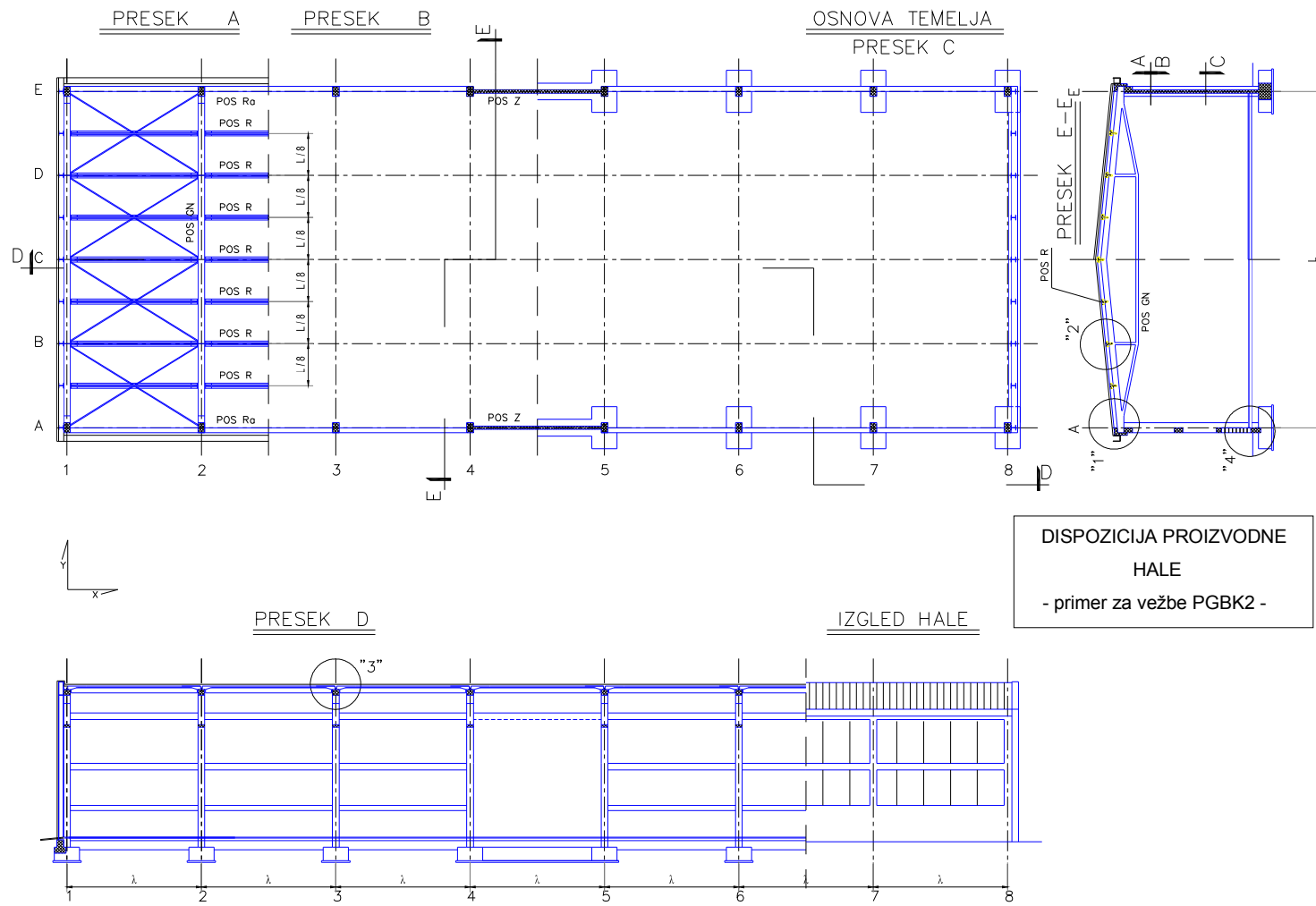
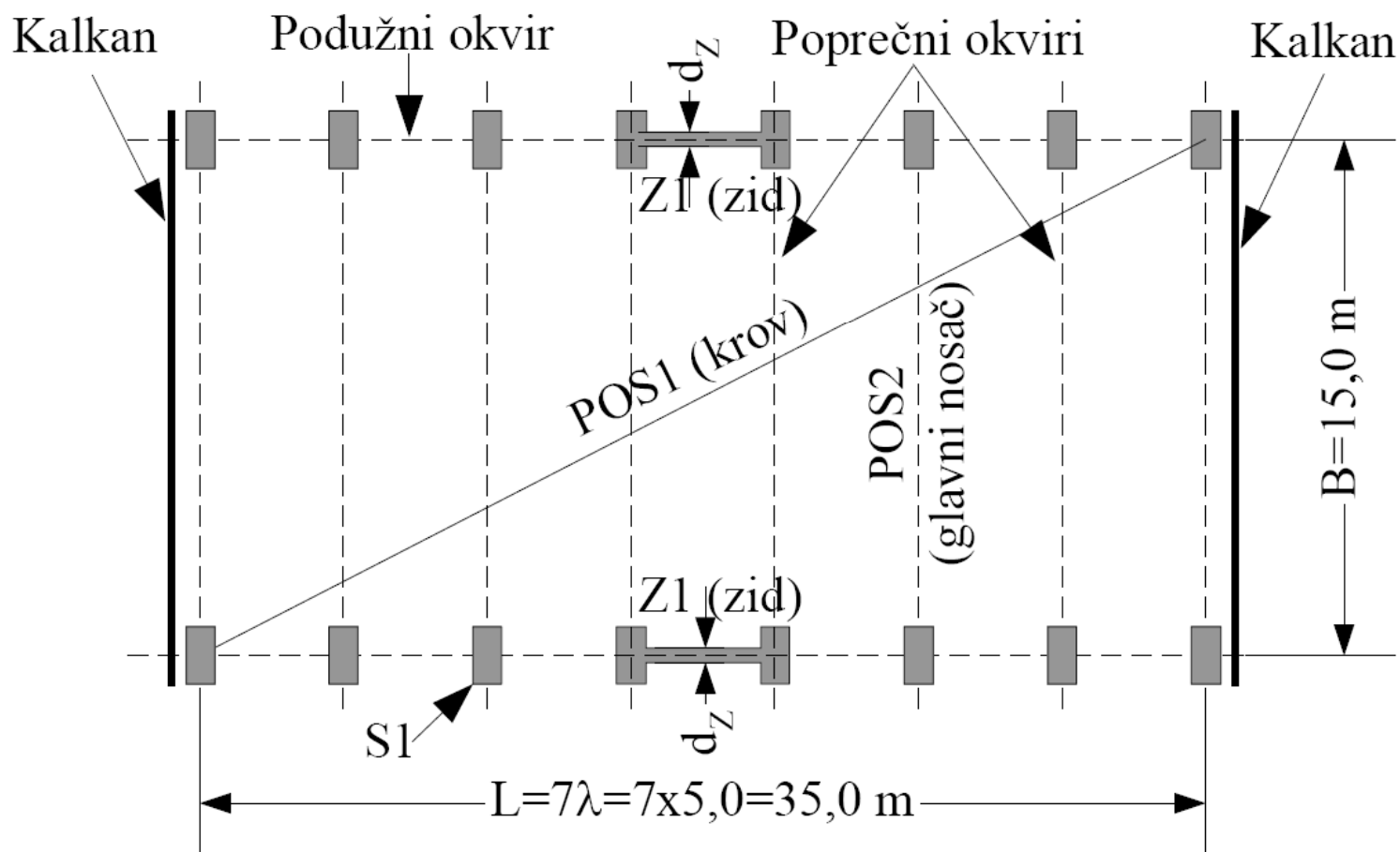


# Dispozicija hale

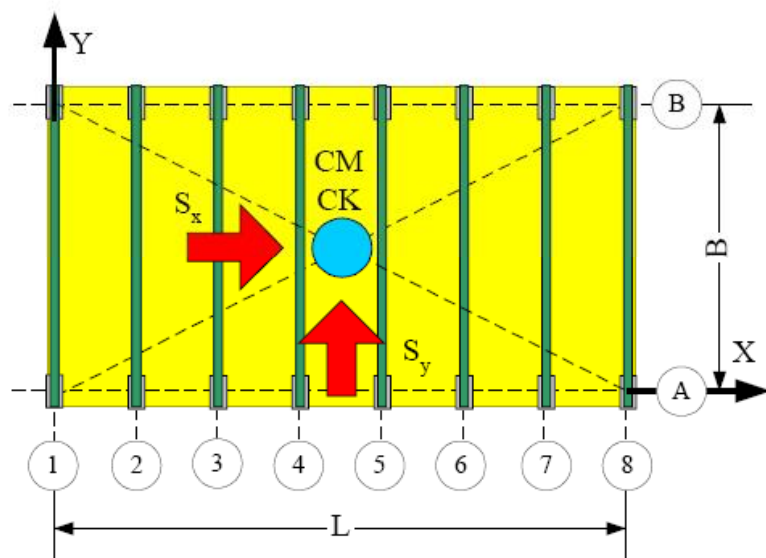


# Elementi konstrukcije hale za prijem vertikalnih i horizontalnih uticaja

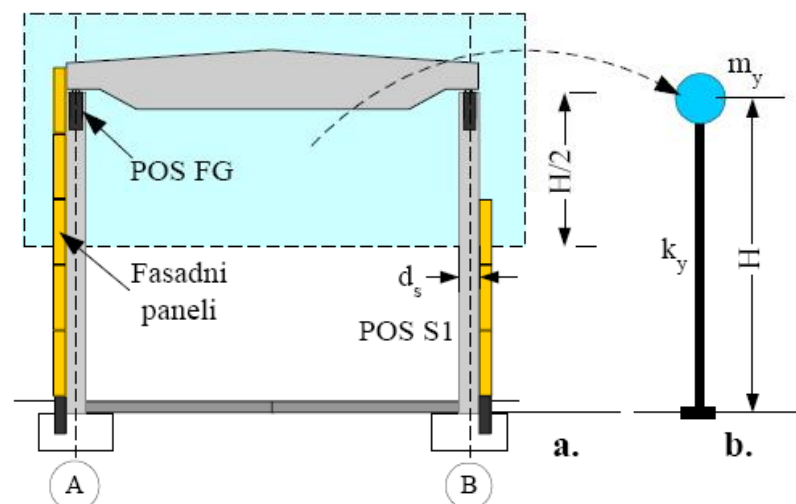


## 4.2 PRORAČUN UTICAJA USLED ZEMLJOTRESA

S obzirom da su krutost konstrukcije i raspored masa dvoosno simetrični u osnovi, centar mase  $CM$  i centar krutosti  $CK$  se poklapaju - prema Yu81 nema torzionih uticaja usled dejstva zemljotresa, slika 4.9.

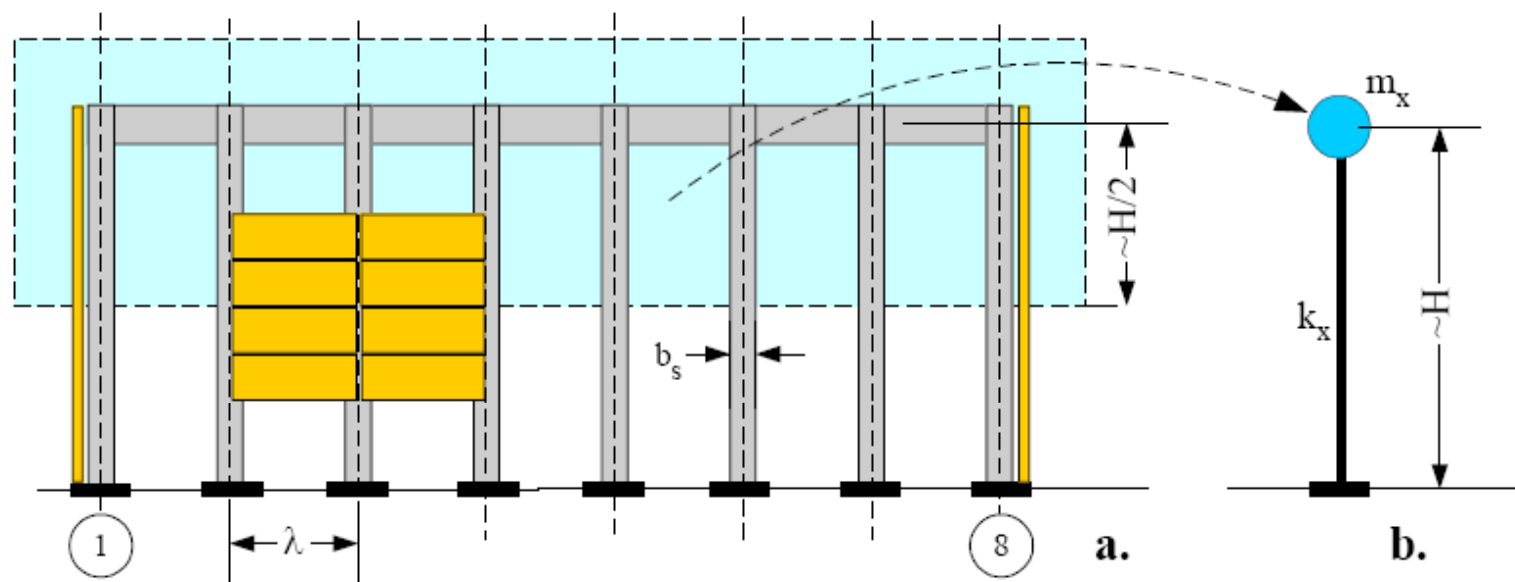


Slika 4.9 - Poklapanje centra mase  $CM$  i centra krutosti  $CK$  u slučaju simetrične konstrukcije hale



Slika 4.10 - Računska masa  $m_y$  konstrukcije i dinamički model u ravni poprečnog okvira

U opštem slučaju, pomeranja bilo koje tačke krute konstrukcije krova u svojoj ravni mogu da se opišu sa tri parametra, dve translacije i rotacija - sistem ima *tri stepena slobode*



*Slika 4.11 - Računska masa  $m_x$  konstrukcije i dinamički model u ravni podužnog okvira*

Krutost sistema u  $X/Y$  pravcu obično nije ista  $k_x \neq k_y$ , pa će se i ukupno seizmičko opterećenje u ova dva pravca razlikovati. Za oba događaja masa je ista,  $m_x = m_y = m$ , ali se relativnim pomeranjima ukupne mase pri zemljotresu u poprečnom  $Y$ -pravcu suprotstavlja  $n=8$  poprečnih okvira, a pri zemljotresu u podužnom  $X$ -pravcu pomeranjima se suprotstavljaju  $n=2$  podužna okvira u osama  $A$  i  $B$ .

Odgovarajući period oscilovanja može da se sračuna preko poznatih izraza:

$$T_1 = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}; \quad T_1 = 2\pi \sqrt{m\delta}; \quad T_1 \approx 2\sqrt{d}$$

gde su:  $m$ -masa;  $k$ -krutost na pomeranje;  $\delta$ -pomeranje usled jedinične sile ('fleksibilnost konstrukcije');  $d$ -pomeranje (u metrima) usled težine  $g \times m$  usmerene horizontalno. Poslednja dva izraza su opštija i pogodnija za proračun. Uočiti da treći izraz u slučaju konzolne konstrukcije daje:

$$T_1 = 2\sqrt{d} = 2\sqrt{\frac{QH^3}{3EI}} = 2\sqrt{\frac{mgH^3}{3EI}} = 2\sqrt{g} \sqrt{m \frac{1 \times H^3}{3EI}} \approx 2\pi \sqrt{m\delta}$$

gde je  $g = 9,81 \text{ m/s}^2 \rightarrow \sqrt{g} = 3,132 \approx \pi$

# Poprečni $S_y$ zemljotres

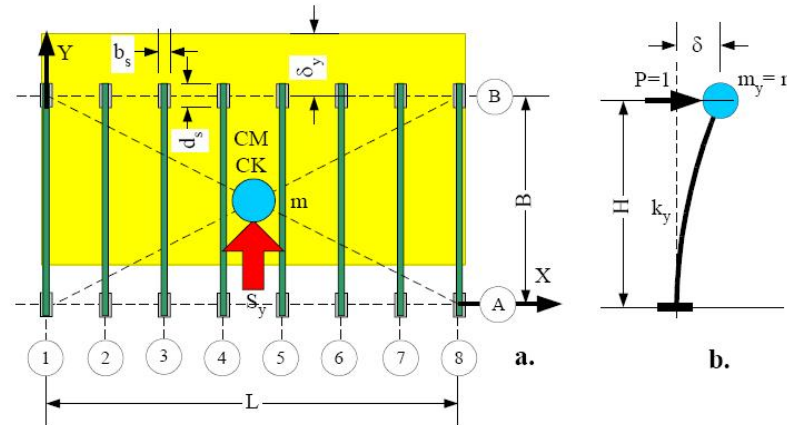
Ukupno seizmičko opterećenje  $S_y$  u  $Y$ - pravcu iznosi

$$S_y = k_0 k_s k_p k_d Q \quad \text{gde su:}$$

$Q$  ukupna računaska težina ( $=m \times g$ )  
 $k_0 = 1,0$  koeficijent kategorije objekta, objekat II kategorije  
 $k_p = 1,0$   $T_1 < 2,0 s$  (koeficijent duktilnosti, član 27 Yu81)  
 $= 1,6$   $T_1 \geq 2,0 s$

$k_s = 0,025$  koeficijent seizmičnosti, VII zona  
*Napomena:* Ukoliko je zadatkom zadato ubrzanje tla  $a_g$  na osnovnoj steni sa povratnim periodom 500 godina, tada je:  
 $k_s \sim 0,25 a_g / g$

$k_d = 0,5 / T_1 \leq 1,00$  koeficijent dinamičnosti, tlo I kategorije  
 $\geq 0,33$



Slika 4.12 - Proračun efekata zemljotresa u poprečnom  $Y$ -pravcu

Od parametara koji definišu ukupno seizmičko opterećenje  $S_y$ , svi su jedonožno definisani propisima za date uslove zadatka, osim vrednosti koeficijenta dinamičnosti  $k_d$ , koji je funkcija nepoznate vrednosti perioda oscilovanja u prvom tonu  $T_1$ .

Vrednost perioda oscilovanja  $T_1$  može da se odredi na osnovu poznate *ukupne mase*  $m_y=m$  i ukupne, *zbirne krutosti*  $k_y$  konstrukcije na pomeranje u  $Y$ -pravcu. S obzirom da su svi stubovi (ukupno  $n=16$  stubova) istog, konzolnog sistema, to je pomeranje bilo kog stuba  $i$ , sa momentom inercije preseka  $I_i = b_s d_s^3/12$  i visine  $H_i$ , usled delovanja jedinične sile u vrhu  $P=1$ , jednako

$$\delta_i = 1 \times H_i^3 / 3EI_i$$

Prethodni izraz definiše 'matricu fleksibilnosti', dok je krutost konzolnog stuba  $i$  na pomeranje jednaka

$$k_{iy} = 1 / \delta_i = 3EI_i / H_i^3$$

Krutost ukupne konstrukcije na pomeranje jednaka je sumi krutosti svih pojedinačnih stubova

$$k_y = \sum_{i=1}^{16} k_{iy}$$

pa je period oscilovanja u prvom tonu  $T_1 = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k_y}}$ , gde je  $m$  ukupna masa.

U opštem slučaju, pomeranje  $\delta$  vrha konstrukcije konzolnih stubova sa ukupnom krutošću  $k_y$  usled dejstva jedinične sile  $P=1$  u vrhu iznosi

$$\delta = 1 / k_y = \frac{1}{\sum_{i=1}^{16} k_{iy}} = \frac{1}{\sum_{i=1}^{16} \frac{3EI_i}{H_i^3}}$$

U konkretnom slučaju, svi stubovi su istih visina  $H$ , i istih momenata inercije preseka  $I$ , pa je

$$\delta = 1/k_y = \frac{1}{\sum_1^{16} k_{iy}} = \frac{1}{\sum_1^{16} \frac{3EI_i}{H_i^3}} = \frac{H^3}{16 \times 3EI}$$

odnosno,  $T_1 = 2\pi\sqrt{m\delta}$ , gde je  $m$  ukupna masa.

Sa sračunatom vrednošću perioda oscilovanja  $T_1$  određuje se vrednost koeficijenta dinamičnosti  $k_d$ , odnosno vrednost ukupnog seizmičkog opterećenja  $S_y$ .

Generalno, pri istim pomeranjima  $\delta_y$  vrhova stubova, raspodela poznate horizontalne sile  $S_y$  na pojedine stubove vrši se srazmerno njihovim krutostima na pomeranje  $k_{iy}$ . Svaki stub  $i$  prima deo sile  $S_{iy}$

$$S_{iy} = S_y k_{iy} / k_y$$

U slučaju stubova istog sistema-konzola, istih visina i istih poprečnih preseka, odnos krutosti na pomeranje se svodi na odnos momenata inercije poprečnih preseka, pa je

$$S_{iy} = S_y I_i / \sum_{i=1}^{16} I_i$$

U konkretnom slučaju,  $S_{iy} = S_y / 16$ , ukupna sila se ravnomerno deli na ukupno 16 stubova.

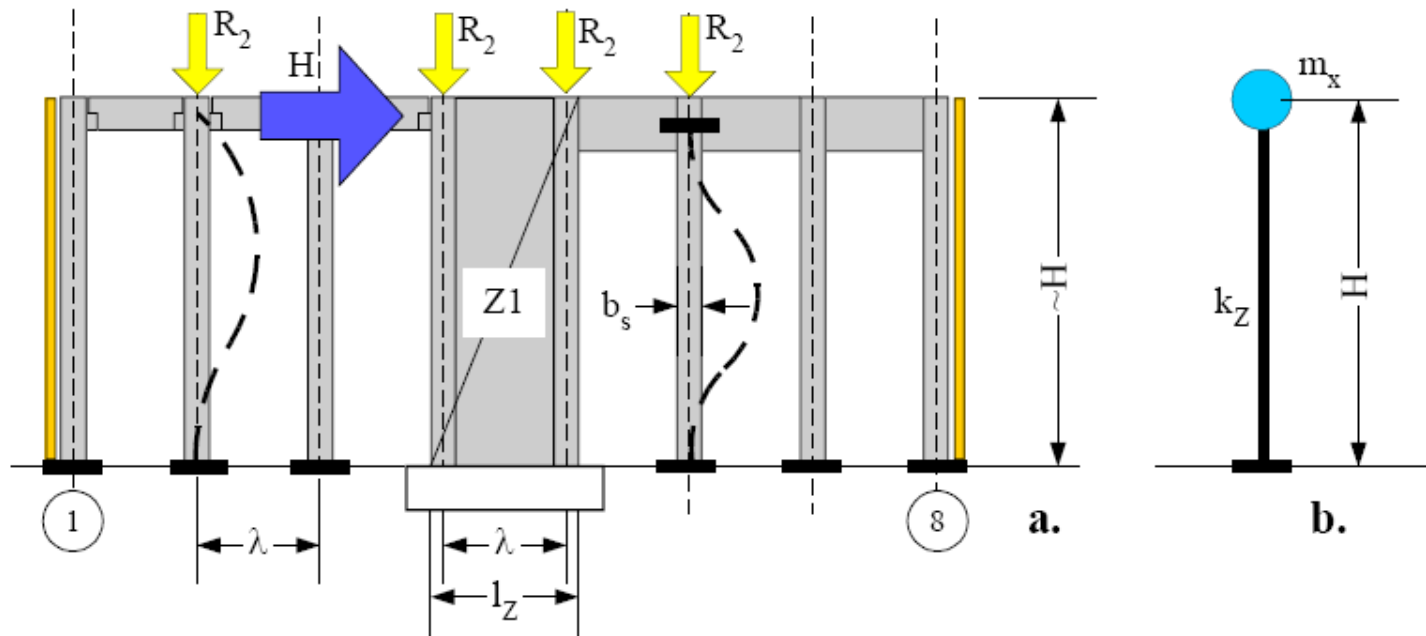
Prema Pravilniku Yu81, potrebno je proveriti i 'pomeranja' vrha konstrukcije pri zemljotresu, usled dejstva računске sile  $S_y$ :

$$\delta_y = S_y \delta = S_y H^3 / (3EI \sum_{i=1}^{16} I_i) \leq H/600?$$

Potrebno je da su računска pomeranja vrha manja od  $H/600$ . Ukoliko je  $\delta_y > H/600$ , na ispitu ne treba korigovati proračun povećanjem krutosti elemenata, dovoljno je to konstatovati. U slučaju industrijskih hala, obično se dozvoljavaju veća pomeranja, zavisno od opreme i konstrukcije fasada.



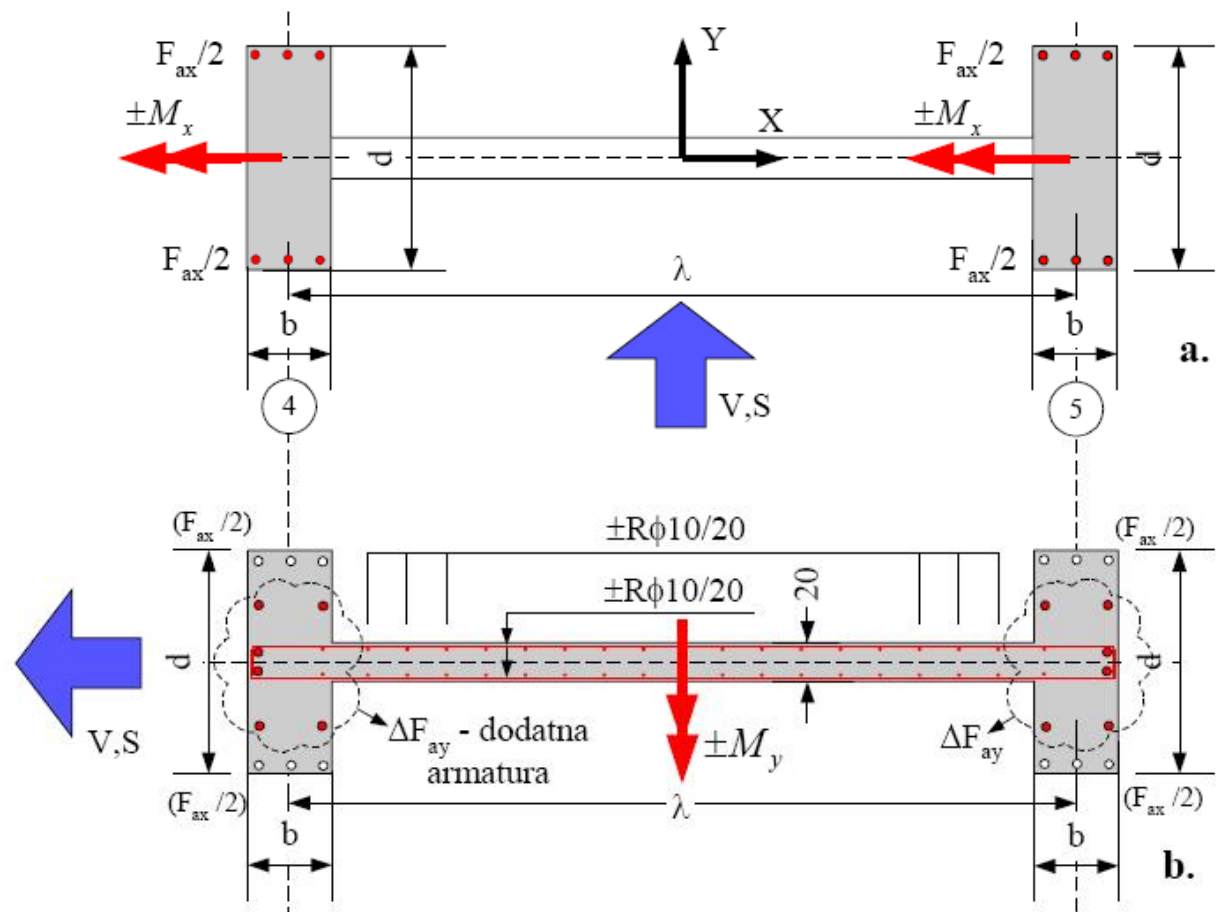
# Podužni Sx zemljotres



Slika 4.25 - Podužni okvir i dinamički model

## Usvajanje armature stuba

1. Sračunati uticaje za vetar iz oba pravca
2. Sračunati uticaje za seizmiku za oba pravca
3. Armira se simetrično
4. Šta je merodavno za dimenzionisanje?
5. Dimenzionisati za vetar (model stub, teorija II reda)
6. Dimenzionisati za seizmiku (koef. sigurnosti 1,3 (1.0 za g))
7. Usvojiti veću armaturu



Slika 4.26 - Supepozicija potrebne armature za savijanje u dve ravni

## Proračun armature za zid

$$Q = 774.0 \text{ kN}$$

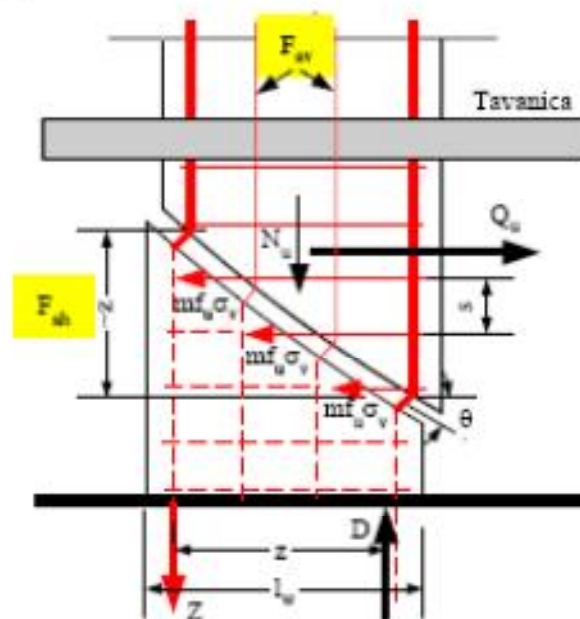
Prema BAB-u, ograničena je veličina maksimalnog „nominalnog napona smicanja“  $\tau_m$

$$\tau_m = \gamma Q_1 / bz \leq 5 \tau_r$$

$$MB 30 \rightarrow \tau_r = 1,1 \text{ MPa}$$

$$\tau_m = 1,3 \times 774,0 / (20 \times 334) = 0,15 \text{ kN/cm}^2 = 1,5 \text{ MPa} < 5 \tau_r$$

Prema Yu81, član 71, 'računska seizmička poprečna sila zida isključivo se pokriva horizontalnom armaturom, sa minimalnim procentom armiranja  $\mu = 0,20\%$  površine vertikalnog preseka zida!'



Ako je („model rešetke“) nagib pritisnute dijagonale  $\theta = 45^\circ$  (ugao prsline  $\sim 45^\circ$ ), ukupna horizontalna armatura  $F_{all}$  koja 'premošćuje' prslinu visine  $h \approx z$  iznosi, slika 3.18:

$$\Sigma X = 0 \rightarrow F_{all} \sigma_v = \gamma Q = Q_u$$

ili, na metar dužni visine zida

$$f_{all} = F_{all} / z \approx Q_u / 0,8 l_w \sigma_v \text{ (cm}^2/\text{cm)} \quad (3.20)$$

$$f_{all} = 1,3 \times 774,0 / (40 \times 344) = 0,073 \text{ (cm}^2/\text{cm)}$$

$$\mu = f_{all} / b = 0,073 / 20 = 0,36\% > \mu_{min} = 0,2\%$$

usvojeno:  $\pm R010/20$

$$R010 \rightarrow f_u = 0,59 \text{ cm}^2$$

$e = 20 \text{ cm}$  (razmak)

$$\mu_{pot} = 2 f_u / be = 2 \times 0,79 / (20 \times 20)$$

$$= 0,395\% > \mu_{pot} = 0,36\%$$

Vertikalna armatura  $F_{av}$  srednjeg dela rebra zida ( $F_{av}$  na sl. 3.18) obično se usvaja jednaka horizontalnoj

usvojeno:  $\pm R010/20$