



SUVREMENI PRISTUP KONSTRUKCIJE MOSTOVA

ASEIZMIČKI PRORAČUN MOSTOVA

Proračun po EC8 dijela 2 za mostove primjenjiv je kod mostova kod kojih se opterećenje rasponske konstrukcije prenosi na upornjake i pojedinačne stupove koji su vertikalni ili približno vertikalni. Može se primijeniti i na lučne mostove i mostove s kosim zategama. Propisi nisu primjenjivi za viseće mostove i mostove izražene zakrivljenosti i skošenosti. Mostovi su klasificirani po kategorijama koje se opisuju pomoću γ_i koji predstavlja faktor važnosti objekta.

γ_i – faktor važnosti objekta

$\gamma_i = 1.3$ važnost veća od prosječne

$\gamma_i = 1.0$ važnost prosječna

$\gamma_i = 0.85$ važnost manja od prosječne

Važnost veća od prosječne pripada mostovima koji moraju imati funkciju održavanja komunikacije za vrijeme i nakon nepogode. Pored toga tu spadaju i mostovi čije bi urušavanje izazvalo velike ljudske žrtve i mostovi s vijekom trajanja većim od normalnog.

U mostove kod kojih je značaj manji od prosječnog spadaju mostovi koji sami po sebi nisu kritični za održavanje komunikacija.

Utjecaj potresa se opisuje efektivnim maksimalnim ubrzanjem tla a_g s vrijednošću jednakom povratnom periodu od 475 godina.

Za proračun potresnog djelovanja koristi se seizmička karta s računskim ubrzanjima tla.

Računska ubrzanja tla daju se državnim propisima.

Područje Inteziteta	Računsko Ubrzanje tla
VII	0,1g
VIII	0,2g
IX	0,3g
X	Posebna istrazivanja

Područja sa ubrzanjem $a_g \leq 0.05$ su područja malog inteziteta. U slučaju $a_g \leq 0.02$ proračun na potres nije potreban.

Utjecaji potresa na konstrukciju ovise i o vrsti tla na kojem se konstrukcija gradi.

TABLICA TIPOVA TLA EC-8

Tip tla	Opis geotehničkog profila	$V_{s,30}$ (m/s)	N_{SPT} (n/30cm)	C_u (kPa)
A	Stijena ili druga geološka formacija uključujući najmanje 5 m slabijeg materijala na površini.	≥ 800	-	-
B	Nanosi vrlo zbijenoga pijeska, šljunka ili vrlo krute gline debljine najmanje nekoliko desetaka metara, sa svojstvom postupnoga povećanja mehaničkih svojstava s dubinom.	360 do 800	≥ 50	≥ 250
C	Debeli nanosi srednje zbijenoga pijeska, šljunka ili srednje krute gline debljine od nekoliko desetaka do više stotina metara	180 do 360	15-50	70 do 250
D	Nanosi slabo do srednje koherentni (sa ili bez mekim koherentnim slojevima) ili s predominantno mekim do srednje krutim koherentnim tlima.	≤ 180	≤ 15	≤ 70
E	Profili koji sadrže površinski sloj koji karakterizira brzina v_s tza tipove tla C i D i debljine od 5m do 20m, a ispod njih je kruti materijal s brzinom većom od v_s 800m/s			
S1	Nanosi koji sadrže najmanje 10m debeli sloj mekane gline s visoko plastičnim indeksom ($PI \geq 40$) i visokim sadržajem vode	≤ 100		10-20
S2	Nanosi likvefakcijski osjetljivog tla pijeska i gline ili bilo koji tip tla koji nije opisan od A do E i pod S1			

$V_{s,30}$ - srednja vrijednost brzine (L) poprečnih površinskih valova

N_{SPT} - standardni penetracijski test (broj udaraca)

C_u - posmična čvrstoća tla

Što se tiče proračuna u primjeni su:

- linerna dinamička analiza-metod spektra odziva
- metoda osnovnog tona
- alternativne linearne metode (analiza spektralnom snagom i analiza vremenskim redovima)
- nelinearna vremenska analiza

Spektralna analiza koristi ordinate proračunskog spektra u zavisnosti od terena. Koristi se u slučajevima kad je dozvoljena linearna analiza. Promatra se ukupan odziv konstrukcije sve tonove koji doprinose seizmičkom odgovoru.

Utjecaj tonova se kombinira tako da max vrijednost učinka potresa (reznata sila, pomak) utjecaja E iznosi:

$$E = \sqrt{\sum E_i^2}$$

E_i – i-ti modalni odgovor

U slučaju kada na most djeluju istodobno dvije komponente učinka potresa i uz to još i vertikalna komponenta, vrijednost maksimalnog učinka potresa iznosi:

$$E = \sqrt{E_x^2 + E_y^2 + E_z^2}$$

Najveća vrijednost rezne sile tj. momenta savijanja izabere se iz sljedećih izraza:

$$A_{Ex} + 0.3A_{Ey} + 0.3A_{Ez}$$

$$0.3A_{Ex} + A_{Ey} + 0.3A_{Ez}$$

$$0.3A_{Ex} + 0.3A_{Ey} + A_{Ez}$$

Metoda osnovnog tona

Potresno gibanje se opisuje preko elastičnog spektra odziva.

Pri proračunu se uvodi korekcijski faktor prigušenja.

$$0 \leq T \leq T_B: \quad S_e(T) = a_g S \left[1 + \frac{T}{T_B} (\eta \times 2,5 - 1) \right]$$

$$T_B \leq T \leq T_C: \quad S_e(T) = a_g S \eta \times 2,5$$

$$T_C \leq T \leq T_D: \quad S_e(T) = a_g S \eta \times 2,5 \left[\frac{T_C}{T} \right]$$

$$T_D \leq T \leq 4 \text{ s} : \quad S_e(T) = a_g S \eta \times 2,5 \left[\frac{T_C T_D}{T^2} \right]$$

$S_e(T)$ – ordinata spektra odziva

S – faktor tla

T – osnovni oblik oscilacija sustava s jednim stupnjem slobode

T_B i T_C – granice konstantne vrijednosti spektra odziva

T_D – početak dugih perioda spektra odziva

η – korekcijski faktor prigušenja

Vrijednost faktora prigušenja:

$$\eta = \sqrt{\frac{10}{5 + \xi}} \geq 0.55$$

gdje je ξ u postotcima.

Projektni spektar odgovora

- Elastični spektar reduciran s faktorom ponašanja q .
- Konstrukcija se projektira na seizmičke sile manje od onih kada je odgovor linearan. Tako se osigurava nelinearno ponašanje konstrukcije (plastično deformiranje).
- FAKTOR PONAŠANJA - sposobnost konstrukcije da apsorbira i gubi energiju unijetu u konstrukciju u potresu, gubljenje energije ostvaruje se oštećenjem konstrukcije.

$$0 \leq T \leq T_B : S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \left[\frac{2}{3} + \frac{T}{T_B} \cdot \left(\frac{2,5}{q} - \frac{2}{3} \right) \right]$$

$$T_B \leq T \leq T_C : S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \frac{2,5}{q}$$

$$T_C \leq T \leq T_D : S_d(T) \begin{cases} = a_g \cdot S \cdot \frac{2,5}{q} \cdot \left[\frac{T_C}{T} \right] \\ \geq \beta \cdot a_g \end{cases}$$

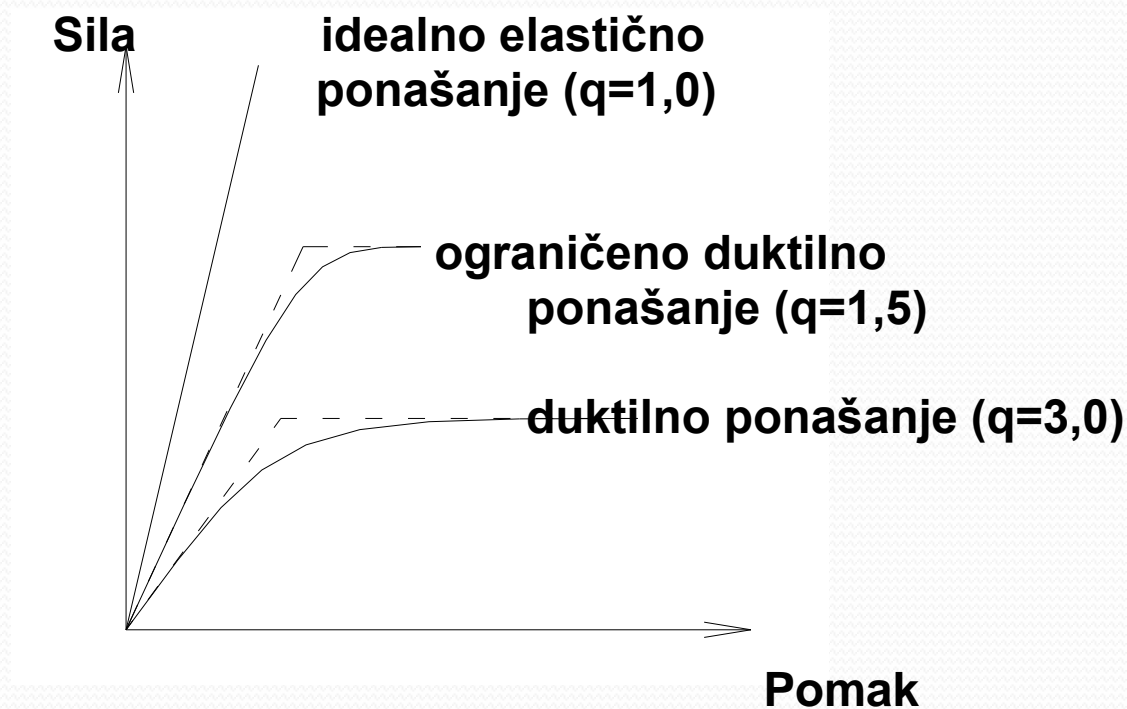
$$T_D \leq T : S_d(T) \begin{cases} = a_g \cdot S \cdot \frac{2,5}{q} \cdot \left[\frac{T_C T_D}{T^2} \right] \\ \geq \beta \cdot a_g \end{cases}$$

$S_d(T)$ – projektni spektar

q – faktor ponašanja

β - faktor koji određuje najnižu vrijednost projektnog spektra odgovora za horizontalno ubrzanje, $\beta=0.2$

q-faktor ponašanja



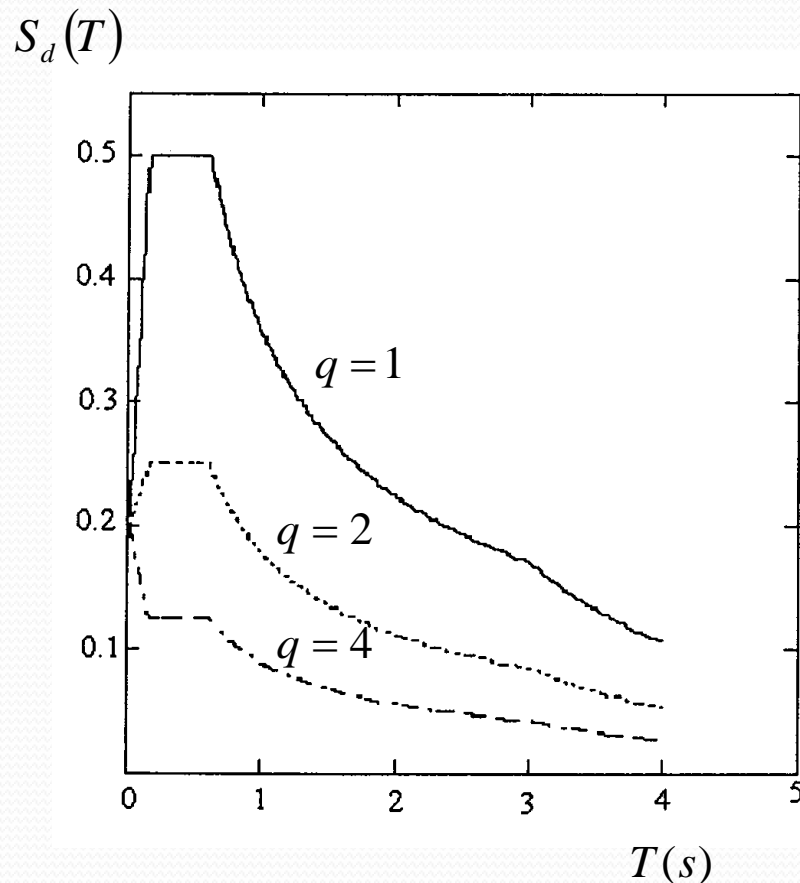
Dijagram sila –pomak za različitu vrijednost q

Za $q \geq 1.50$ predviđa se plastično ponašanje

Plastično ponašanje stupova se ne predviđa kod kratkih stupova i jakih upornjaka.

Oni ostaju u području elastičnog ponašanja. Kada rasponska konstrukcija naliže na stupove različite krutosti pri proračunu se izabere najniži q faktor.

Vrijednost za q dana je u tablici.



Projektni spektri za $\xi = 5\%$ i tlo B za razne faktore ponašanja

Vrijednost za q faktor vrijede ako je bezdimenzijska uzdužna sila

$$\eta_k = \frac{N_c}{f_c A_c} \leq 0.3$$

U slučaju $0.3 \leq \eta_k \leq 0.6$ vrijednosti q se reduciraju.

Za $0.3 \leq \eta_k \leq 0.6$ $q_r = q - \frac{\eta_k - 0.3}{0.3}(q - 1) \geq 1.0$

Kada η_k prelazi vrijednost 0.6 ne dozvoljavaju se plastični zglobovi.

$q_r = 1.0$

Table 4.1: Maximum values of the behaviour factor q

Type of Ductile Members	Seismic Behaviour	
	Limited Ductile	Ductile
Reinforced concrete piers:		
Vertical piers in bending	1,5	3,5 $\lambda(\alpha_s)$
Inclined struts in bending	1,2	2,1 $\lambda(\alpha_s)$
Steel Piers:		
Vertical piers in bending	1,5	3,5
Inclined struts in bending	1,2	2,0
Piers with normal bracing	1,5	2,5
Piers with eccentric bracing	-	3,5
Abutments rigidly connected to the deck:		
In general	1,5	1,5
Locked-in structures (see. 4.1.6(9), (10))	1,0	1,0
Arches	1,2	2,0

* $\alpha_s = L_s/h$ is the shear span ratio of the pier, where L_s is the distance from the plastic hinge to the point of zero moment and h is the depth of the cross-section in the direction of flexure of the plastic hinge.

For $\alpha_s \geq 3$ $\lambda(\alpha_s) = 1.0$

$3 > \alpha_s \geq 1.0$ $\lambda(\alpha_s) = \sqrt{\frac{\alpha_s}{3}}$

Vrijednosti u tablici se mogu primjenjivati samo za pristupačne plastične zglobove.

Ako nisu pristupačni za pregled mora se vrijednost q pomnožiti s 0,6 pri tome da ne bude manji od 1,0.

Duktilni stupovi koji su predviđeni za disipaciju seizmičke energije a kod kojih plastični zglobovi nisu pristupačni imaju vrijednost $q=2,1$ za vertikalne stupove i 1,5 za kose. Kod stupova na kojima su elastomeri računa se s $q=1,0$

Metoda osnovnog tona primjenjiva je u slučaju kada se dinamičko ponašanje konstrukcije poistovjeti s dinamičkim modelom s 1 stupnjem slobode. Statičke seizmičke sile izvedene su iz inercijalnih sila. Inercijalne sile odgovaraju osnovnom vlastitom periodu konstrukcije.



U ovisnosti od karakteristika mosta mogu se primijeniti tri modela:

- model krute kolovozne konstrukcije
- model savitljive kolovozne konstrukcije
- model pojedinačnih stupova

Model krute kolovozne konstrukcije

Model krute kolovozne ploče primjenjiv je kad je masa manja od 1/5 mase kolovozne ploče i ako je deformacija kolovozne konstrukcije zanemariva u horizontalnoj ravnini za vrijeme potresa u odnosu na pomjeranje vrhova srednjih stupova. Ovaj zahtjev je većinom ispunjen u uzdužnom pravcu. U poprečnom pravcu kolovozna ploča je kruta ako vrijedi: $L / B \leq 4.0$ gdje je

L-ukupna duljina kontinuirane kolovozne konstrukcije

B-širina kolovozne konstrukcije

Ili ako je ispunjen uvjet:

$$\frac{\Delta d}{d_a} \leq 0.2$$

Δd -maksimalna razlika pomjeranja svih vrhova srednjih stupova u poprečnom pravcu

d_a -prosjeck pomjeranja

Potresna sila iznosi:

$$F = MS_d(T)$$

M-ukupna masa konstrukcije

Jednaka je sumi mase rasponske konstrukcije i mase gornje polovine stupova.

$S_d(T)$ -ordinata računskog spektra odziva koja odgovara osnovnom periodu mosta.

Osnovni period izračunan je:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{M}{K}}$$

K-ukupna krutost jednaka krutosti svih nosivih elemenata.

Model savitljive kolovozne konstrukcije

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{\sum m_i d_i^2}{\sum f_i d_i}}$$

m_i -masa u i-toj točki

d_i -pomjeranje zbog utjecaja sile $f_i = m_i * g$ u istom pravcu i u svim čvornim točkama.

Sila se postavlja u svim čvorovima.

$$F_i = \frac{4\pi^2}{T^2} \frac{S_d(T)}{g} d_i m_i$$

Torzioni utjecaji u poprečnom pravcu

Prilikom primjene krutog ili savitljivog modela, torzioni utjecaji se određuju primjenom statičkog momenta torzije.

$$M_t = \pm Fe$$

$$e = e_0 + e_a$$

e_0 -teorijski ekscentricitet između centra krutosti podupirućih elemenata i centra masa

$$e_a = 0.05L$$

e_a -slučajni ekscentricitet

Model pojedinačnih stupova

U poprečnom pravcu potresna sila se preuzima stupovima i među njima se ne javlja međudjelovanje.

$$F_i = M_i S_d(T_i)$$

M_i -masa pridružena stupu i

$$T_i = 2\pi \sqrt{\frac{M_i}{K_i}}$$

T_i - osnovni period i-tog stupa

Ova metoda može se primijeniti kada je ispunjen uvjet:

$$0.90 < T_i / T_{i+1} \leq 1.00$$

U protivnom traži se preraspodjela masa koja dovodi do zadovoljenja kriterija.