

XELLA POROBETON HR, d.o.o.

Stručni skup: Zagreb 29.9.2010. i Split 30.9.2010.

Prof.dr.sc. Dražen Aničić

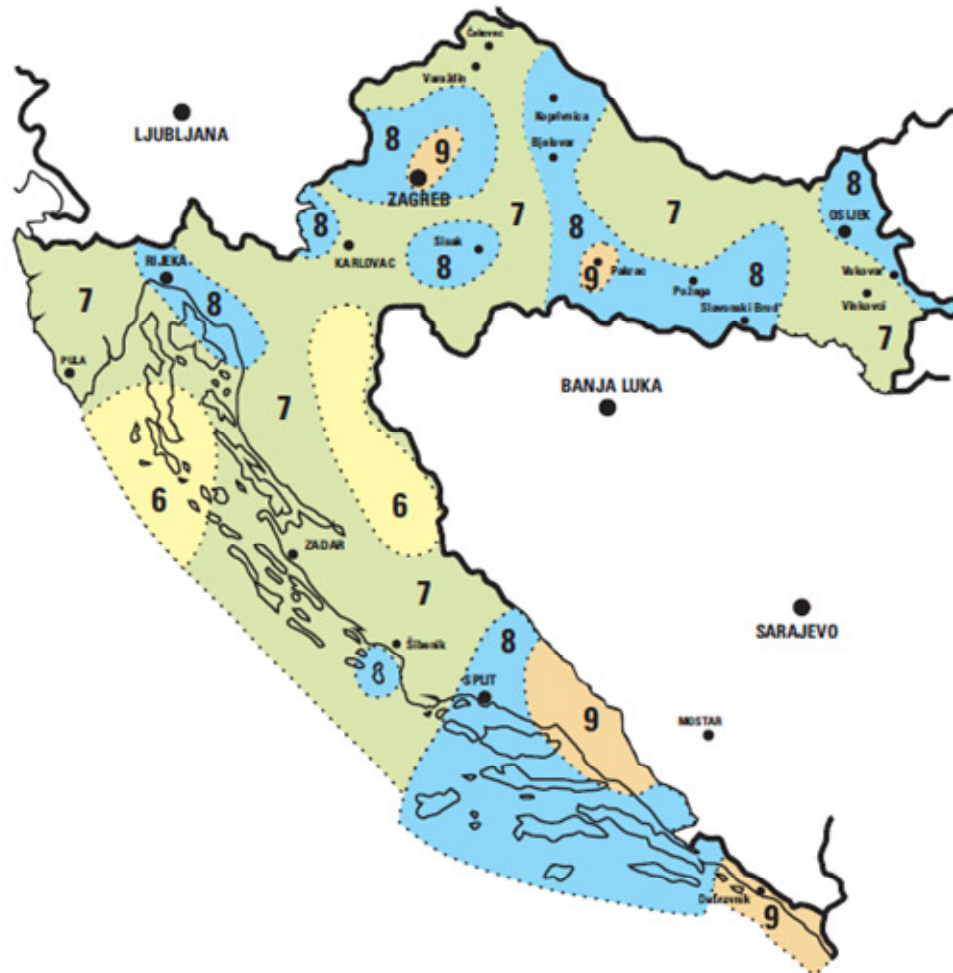
**GRAĐENJE PORASTIM BETONOM
U POTRESNIM PODRUČJIMA**

XELLA POROBETON HR, d.o.o.
Stručni skup: Zagreb 29.9.2010. i Split 30.9.2010.

- Potresna područja Hrvatske
- Potresna otpornost zidanih zgrada
- Zidni elementi: opeka, vapnenosilikatni, betonski, porasti, kameni, umj. kamen
- Opečno zide : zide od porastog betona - bitni zahtjevi (6)
- Norme: HRN EN 1996-1-1; HRN EN 1998-1

XELLA POROBETON HR, d.o.o.

Stručni skup: Zagreb 29.9.2010. i Split 30.9.2010.



Karta intenziteta
potresa prema
ljestvici MSK-64

Trenutačno – do
prihvaćanja nove
karte vrijedi:

7 ... 0,1g

8 ... 0,2g

9 ... 0,3g

XELLA POROBETON HR, d.o.o.
Stručni skup: Zagreb 29.9.2010. i Split 30.9.2010.

Načela i pravila:

- osigurati mehaničku otpornost i stabilnost
- u slučaju potresa
zaštita ljudskih života
 - ispunjenje zahtjeva "ne smije doći do rušenja"
- ograničenje štete
 - ispunjenje zahtjeva ograničenog oštećenja
 - neugrožavanje funkcija građevina bitnih neposredno nakon potresa
- tijekom faze građenja ili tijekom uporabe konstrukcije neće doći do promjene konstrukcije.

XELLA POROBETON HR, d.o.o.

Stručni skup: Zagreb 29.9.2010. i Split 30.9.2010.

- Provjera graničnih stanja nosivosti i graničnih stanja oštećenja
- $S \leq R$
- Učinak djelovanja \leq otpornost
- Proračunsko potresno djelovanje nije stvarno djelovanje na građevinu nego umanjeno

XELLA POROBETON HR, d.o.o.

Stručni skup: Zagreb 29.9.2010. i Split 30.9.2010.

- stabilnost konstrukcije kao cjeline (prevrtanje i klizanje)
- temelji (nosivost, deformiranje temeljnog tla)
- nekonstrukcijski elementi
- deformiranje

XELLA POROBETON HR, d.o.o.

Stručni skup: Zagreb 29.9.2010. i Split 30.9.2010.

Oblikovanje

U fazi idejnog projekta zgrada mora zadovoljiti ova načela:

- jednostavnost konstrukcije
- jednoličnost, simetrija i prekobrojnost elemenata (redundantnost)
- otpornost i krutost u dva smjera
- otpornost i krutost na torziju
- kruta dijafragma u razini kata "bijeli strop"
- prikladnost temelja

XELLA POROBETON HR, d.o.o.
Stručni skup: Zagreb 29.9.2010. i Split 30.9.2010.

- kontinuitet po visini
- središte masa i središte krutosti
- smjer horizontalnih sila

XELLA POROBETON HR, d.o.o.
Stručni skup: Zagreb 29.9.2010. i Split 30.9.2010.

Modeliranje

- proračunski model
- bočna krutost: ... doprinos deformacije prouzročene savijanjem i posmikom
- raspucavanje: 50 % elastične krutosti

XELLA POROBETON HR, d.o.o.

Stručni skup: Zagreb 29.9.2010. i Split 30.9.2010.

Posebna pravila za zgrade od porastoga betona

- Osobitosti porastoga betona u usporedbi s opekom
- zidni elementi (HRN EN 772-1) - čvrstoća ne smije biti manja od $f_{b,min} = 2,0 \text{ N/mm}^2$.
- tankoslojni mort (HRN EN 998-2) – min. čvrstoća $f_{m,min} = 5,0 \text{ N/mm}^2$ za nearmirano i omeđeno zide.
- vertikalne sljubnice ispunjene !!!

XELLA POROBETON HR, d.o.o.
Stručni skup: Zagreb 29.9.2010. i Split 30.9.2010.

Preporučeni geometrijski zahtjevi za nosive zidove

	$t_{ef,min}$ (mm)	$(h_{ef}/t_{ef})_{max}$	$(l/h)_{min}$
Nearmirano zide	240	12	0,4
Omeđeno zide	240	15	0,3
Armirano zide	240	15	nema ograničenja

t_{ef} debljina zida (vidi normu HRN EN 1996-1-1)
 h_{ef} proračunska visina zida (vidi normu HRN EN 1996-1-1)
 h veća svijetla visina otvora uz zid
 l duljina zida

XELLA POROBETON HR, d.o.o.
Stručni skup: Zagreb 29.9.2010. i Split 30.9.2010.

Serklaži

Vrste čelika za armiranje: B500B ili B500C

Preklopi armature: $60 \cdot \Phi$

Uloga serklaža u potresu:

Horizontalni ...

... Armatura hor. dijafragme

... Povezivanje vert. i hor. elemenata

Vertikalni ...

... Daju duktilnost nearmiranom zidu

XELLA POROBETON HR, d.o.o.

Stručni skup: Zagreb 29.9.2010. i Split 30.9.2010.

- **horizontalni**: armatura min 200 mm^2 ($4\Phi 8$ mm); preporuka: min $4\Phi 10$ mm.
- **vertikalni**: min. presjek 15 cm x 15 cm
armatura: min 300 mm^2 ($4\Phi 10$ mm), ali ne više od $0,01 \cdot A_c$, gdje je A_c ploština betona

XELLA POROBETON HR, d.o.o.
Stručni skup: Zagreb 29.9.2010. i Split 30.9.2010.

Razmještaj vertikalnih serklaža:

- na slobodnim rubovima svakog nosivog zidnog elementa
- s obje strane svakog otvora u zidu čija je ploština veća od $1,5 \text{ m}^2$ **rasprava o tome**
- min. svakih 5 m
- na presjecištima nosivih zidova

XELLA POROBETON HR, d.o.o.
Stručni skup: Zagreb 29.9.2010. i Split 30.9.2010.

**Omeđeno ziđe od porastog betona, tankoslojni mort –
 jednostavna zidana zgrada - orijentacijski podaci**

	Omjer ploštine poprečnog presjeka nosivih zidova u svakom smjeru i bruto ploštine kata u postotku			
	$a_g = 0,5$	$a_g = 1,0$	$a_g = 2,0$	$a_g = 3,0$
Proračunsko ubrzanje (m/s ²)				
$S_d(T_1) = a_g S (2,5/q)$	0,6	1,2	2,4	3,6
Broj katova n				
1	2,0	2,0	2,0	3,0
2	2,0	2,0	3,5	5,0
3	2,0	2,5	4,0	6,5
4	2,0	3,0	5,0	7,0

XELLA POROBETON HR, d.o.o.

Stručni skup: Zagreb 29.9.2010. i Split 30.9.2010.

- **Napomena 1:** Prizemlje se računa kao kat. Ne računa se prostor ispod krova a iznad punog kata (mansarda).
- **Napomena 2:** Za tip B temeljnog tla $S=1,2$
- **Napomena 3:** Za omeđeno zide $q=2,5$ pa je $S_d(T_1) = 1,2 \cdot a_g$
- **Napomena 4:** Faktor važnosti zgrade $\gamma_1 = 1,0$ pa je proračunsko ubrzanje $a_g = \gamma_1 \cdot a_{gR} = 1,0 \cdot a_{gR}$
- **Napomena 5:** Karakteristična tlačna čvrstoća zida za zidne elemente objavljene tlačne čvrstoće $f_b=4$ MPa je $f_k=3,14$ MPa
- **Napomena 6:** Tlačna čvrstoća tankoslojnog morta TM10 $f_m=10$ MPa
- **Napomena 7:** Karakt. posmična čvrstoća zida je $f_{vk}=0,16$ MPa
- **Napomena 8:** Parcijalni koeficijent za djelovanje potresa je $\gamma_m=1,5$
- **Napomena 9:** U proračunu potresne sile za sve je katnosti uzet koeficijent $\lambda=1,0$ (formula 4.5 u normi HRN EN 1998-1).

XELLA POROBETON HR, d.o.o.
Stručni skup: Zagreb 29.9.2010. i Split 30.9.2010.

Proračun zidane zgrade na djelovanje potresa

Provjeravaju se granična stanja nosivosti i, po potrebi, granična stanja uporabljivosti.

Stalna + prolazna djelovanja

(vlastita težina, vjetar, snijeg, uporabna opterećenja, opterećenja temeljnog tla).

Stalna + prolazna + izvanredna djelovanja

(vlastita težina, dio uporabnog opterećenja, potres)

XELLA POROBETON HR, d.o.o.

Stručni skup: Zagreb 29.9.2010. i Split 30.9.2010.

$$E_d = \sum_{j \geq 1} \gamma_G G_{k,j} \text{ „+“ } \gamma_E A_{Ed} \text{ „+“ } \sum_{i \geq 1} \gamma_Q \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

- „+“ oznaka znači "kombinirati sa"
- E_d proračunska vrijednost učinka djelovanja
- $G_{k,j}$ karakteristična vrijednost stalnog djelovanja j
- A_{Ed} učinak potresnog djelovanja
- $Q_{k,i}$ karakteristična vrijednosti prolaznog djelovanja i
- $\psi_{2,i}$ koeficijent kombinacija koji za kuće, stambene i uredske zgrade ima vrijednost
 $\psi_2=0,3 \cdot \varphi=0,3 \cdot 0,5=0,15$ (prema izrazu (4.2) u normi HRN EN 1998-1).

XELLA POROBETON HR, d.o.o.

Stručni skup: Zagreb 29.9.2010. i Split 30.9.2010.

Parcijalni koeficijenti za stalno i prolazno **djelovanje** za potresnu proračunsku situaciju

$$\gamma_G = \gamma_Q = \gamma_E = 1,0$$

Za granično stanje nosivosti i za potresnu pror. situaciju parcijalni koeficijent za **materijal**:

$$\gamma_{m,E} = (2/3) \cdot \gamma_m \text{ ali ne manje od } 1,5 \text{ za zide}$$

$$\gamma_s = 1,0 \text{ za čelik.}$$

XELLA POROBETON HR, d.o.o.

Stručni skup: Zagreb 29.9.2010. i Split 30.9.2010.

Proračun potresne sile

Ukupna potresna sila u podnožju zgrade, F_b ,

$$F_b = S_d(T_1) m \lambda$$

$S_d(T_1)$ ordinata proračunskog spektra za period oscilacije zgrade T_1 (s)

$$S_d(T_1) = a_g S \eta (2,5/q)$$

a_g proračunsko ubrzanje temeljnog tla za tlo tipa A; $a_g = \gamma_I \cdot a_{gR}$

S faktor tla

η popravni faktor za viskozno prigušenje; $\eta = 1,0$ za prigušenje 5 %

q faktor ponašanja konstrukcije (određen u skladu s normom ili eksperimentalno)

γ_I faktor važnosti zgrade; $\gamma_I=1,0$ za kuće, stambene i uredske zgrade

a_{gR} referentno (poredbeno) vršno ubrzanje temeljnog tla za tlo tipa A u m/s^2

XELLA POROBETON HR, d.o.o.

Stručni skup: Zagreb 29.9.2010. i Split 30.9.2010.

m ukupna masa zgrade iznad temelja ili iznad krutoga podruma određena za izvanrednu kombinaciju djelovanja;

$$m = W/g$$

W težina zgrade

g gravitacijsko ubrzanje $g=9,81 \text{ m/s}^2$

λ popravni faktor koji iznosi

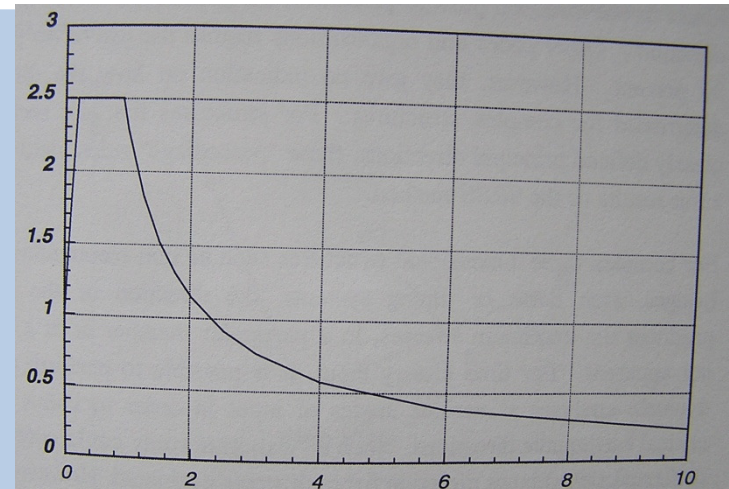
$\lambda = 0,85$ ako je $T_1 \leq 2 T_C$ za zgrade koje imaju više od dva kata

$\lambda = 1,0$ za zgrade s jednim i dva kata

Uvjet $T_1 \leq 2 T_C$ redovito će biti ispunjen za zgrade visine do pet katova

T_1 period prvog oblika vibracija u sekundama

T_C gornja granica perioda s granom konstantnog spektralnog ubrzanja.



XELLA POROBETON HR, d.o.o.

Stručni skup: Zagreb 29.9.2010. i Split 30.9.2010.

- Faktori tla S za tipove tla A do D i dva tipa elastičnog spektra odziva

Tip tla	Elastični spektr odziva tipa 1	Elastični spektr odziva tipa 2
A	1,0	1,0
B	1,2	1,35
C	1,15	1,5
D	1,35	1,8

XELLA POROBETON HR, d.o.o.
Stručni skup: Zagreb 29.9.2010. i Split 30.9.2010.

- Tipovi tla**

Tip tla	Opis stratigrafskog profila	Parametri		
		$v_{s,30}$ (m/s)	N_{SPT} (udara/ 30 cm)	c_u (kPa)
A	Stijena ili druga geološka formacija poput stijene uključujući najviše 5 m slabijeg materijala na površini	>800	-	-
B	Nanosi vrlo gustog pijeska, šljunka ili vrlo krute gline, debljine najmanje nekoliko desetaka metara, s postupnim povećanjem mehaničkih svojstava s dubinom	360 - 800	>50	> 250
C	Duboki nanosi gustog ili srednje gustog pijeska, šljunka ili krute gline debljine od nekoliko desetaka metara do više stotina metara	180 - 360	15 - 50	70- 250
D	Nanosi rahlog do srednje zbijenog	< 180	< 15	< 70

XELLA POROBETON HR, d.o.o.

Stručni skup: Zagreb 29.9.2010. i Split 30.9.2010.

Tip elastičnog spektra ovisi o magnitudi potresa.

Za magnitude $M > 5,5$ tip 1

Za magnitude $M \leq 5,5$ tip 2

Linije granica magnituda ... karta potresnih područja.

XELLA POROBETON HR, d.o.o.

Stručni skup: Zagreb 29.9.2010. i Split 30.9.2010.

Primjer: Stambena zidana zgrada visine dva kata, od zidnih elemenata od porastog betona nalazi se u području potresa magnitude $M > 5,5$ i poredbenog vršnog ubrzanja $a_{gR} = 0,3 \cdot g$ ili 3 m/s^2 na tlu tipa B. Koeficijent važnosti zgrade je $\gamma_I = 1,0$, faktor tla je $S = 1,2$, koeficijent viskoznog prigušenja $\eta = 1,0$, koeficijent ponašanja konstrukcije određen eksperimentalno $q = 3,0$ a popravni faktor $\lambda = 1,0$. Ukupna proračunska poprečna sila u podnožju uz $a_g = \gamma_I \cdot a_{gR}$ iznosi:

$$S_d(T_1) = a_g S \eta (2,5/q) = (0,3 \cdot g) \cdot (1,2) \cdot (1,0) \cdot (2,5/3,0) = 0,30 \cdot g$$

$$F_b = S_d(T_1) m \lambda = 0,30 \cdot g \cdot (W/g) \cdot 1,0 = 0,30 \cdot W$$

XELLA POROBETON HR, d.o.o.

Stručni skup: Zagreb 29.9.2010. i Split 30.9.2010.

Raspodjela ukupne poprečne sile po visini zgrade

Obrnuti trokut

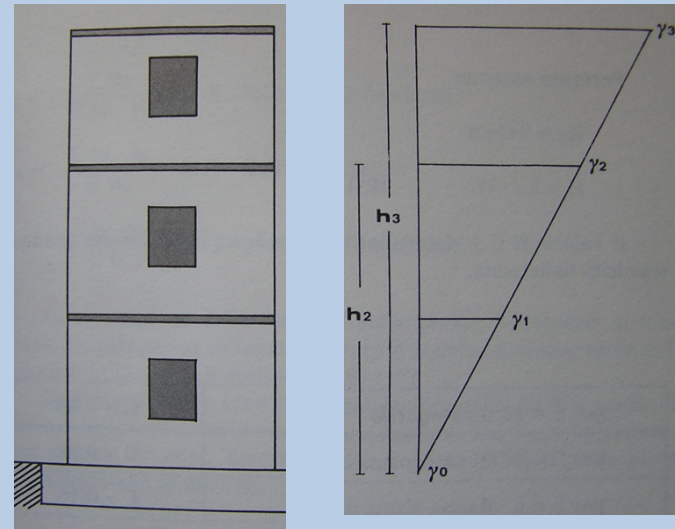
$$F_i = F_b \frac{z_i m_i}{\sum_{i=1 \dots n} z_i m_i}$$

F_i poprečna sila u i -tom katu

z_i visina mase m_i iznad razine potresnog djelovanja (temelja)

m_i masa pojedinog kata

n broj katova.



XELLA POROBETON HR, d.o.o.

Stručni skup: Zagreb 29.9.2010. i Split 30.9.2010.

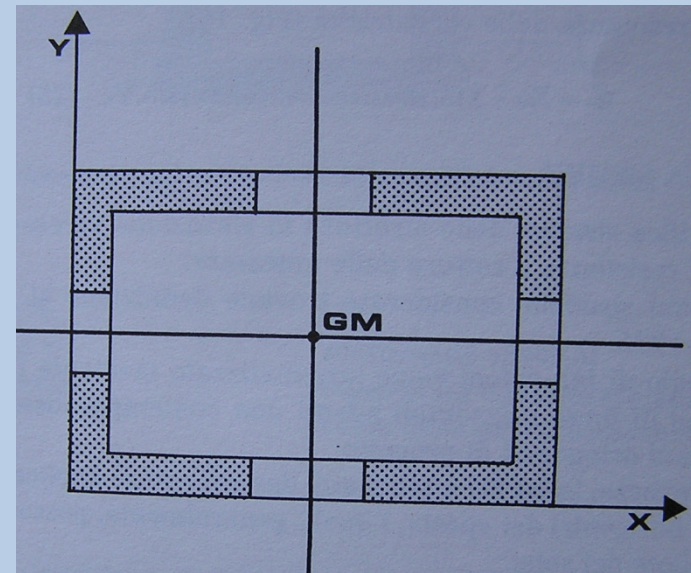
Raspodjela sila na pojedine nosive zidove

- srazmjerno bočnoj krutosti pojedinih zidova

$$K = H / d$$

$$d = \frac{H h^3}{12 E I_w} + \frac{\kappa H h}{G A_w}$$

$$K_e = \frac{G A_w}{1,2 h [1 + \alpha \cdot (G/E) (h/l)^2]}$$



XELLA POROBETON HR, d.o.o.

Stručni skup: Zagreb 29.9.2010. i Split 30.9.2010.

h visina zida

l duljina zida

κ $\kappa=1,2$ koeficijent nejednolične raspodjele posmičnih naprezanja

E modul elastičnosti zida

G modul posmika zida

I_w moment tromosti zida ... raspucalo/neraspucalo

A_w ploština poprečnog presjeka zida

α koeficijent ovisan upetosti zida: $\alpha=0,83$ za potpuno upeti zid; $\alpha=3,33$ za konzolni zid

XELLA POROBETON HR, d.o.o.

Stručni skup: Zagreb 29.9.2010. i Split 30.9.2010.

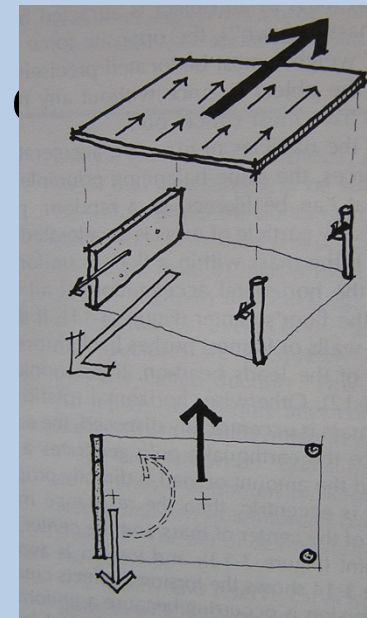
Prvi korak - nema torzije oko vertikalne osi

Središte masa i bočne krutosti podudaraju se na svakom katu

Ako je bočna krutost j-tog zida jednaka

K_j a broj zidova toga kata je m , tada na zid j

$$F_j = F_i \frac{K_j}{\sum_{j=1...m} K_j}$$



XELLA POROBETON HR, d.o.o.
Stručni skup: Zagreb 29.9.2010. i Split 30.9.2010.

Drugi korak - torzija oko vertikalne osi

a) slučajni uzroci torzije:

- slučajne ekscentričnosti zbog odstupanja od projektiranih geometrijskih oblika
- odstupanja stvarnog položaja od projektiranog položaja masa (stalnih i prolaznih)
- odstupanja mehaničkih svojstava materijala

b) "projektirani" uzroci torzije:

- ekscentričnost zbog nepodudaranja središta masa i središta krutosti

Slučajni uzroci torzije:

$$e_{ax,i} = \pm 0,05 L_{x,i} \quad (\text{Indeks "a" ... za accidental})$$

$$e_{ay,i} = \pm 0,05 L_{y,i}$$

$e_{ax,i}$ $e_{ay,i}$ slučajna ekscentričnost mase u katu i u smjeru x odnosno y od proračunom određenog položaja uzeta za sve stropove u istom smjeru

$L_{x,i}$ $L_{y,i}$ dimenzija zgrade u katu i u smjeru x odnosno y okomito na smjer potresnog djelovanja

"Projektirani" uzroci torzije:

- proračun odvojeno za svaki smjer i za svaki kat

$$e_{x,i} = x_{mx,i} - x_{sx,i}$$

$$e_{y,i} = y_{my,i} - y_{sy,i}$$

$x_{mx,i}$ apscisa središta katne mase

$x_{sx,i}$ apscisa središta katne krutosti

$y_{my,i}$ ordinata središta katne mase

$y_{sy,i}$ ordinata središta katne krutosti,
za svaki kat i posebno

XELLA POROBETON HR, d.o.o.

Stručni skup: Zagreb 29.9.2010. i Split 30.9.2010.

Koordinate središta masa kata i :

sumiranje po nosivim elementima kata j od $j=1...m$

$$x_{mx,i} = \frac{\sum_j \sigma_{dy,j} A_{wy,j} x_j}{\sum_j \sigma_{dy,j} A_{wy,j}} \quad y_{mx,i} = \frac{\sum_j \sigma_{dx,j} A_{wx,j} y_j}{\sum_j \sigma_{dx,j} A_{wx,j}}$$

(masa stropne ploča je uključena)

XELLA POROBETON HR, d.o.o.

Stručni skup: Zagreb 29.9.2010. i Split 30.9.2010.

Koordinate središta krutosti kata i : sumiranje
po nosivim elementima kata j od $j=1...m$

$$x_{sx,i} = \frac{\sum_j K_{x,j} x_j}{\sum_j K_{x,j}} \qquad y_{sx,i} = \frac{\sum_j K_{y,j} y_j}{\sum_j K_{y,j}}$$

XELLA POROBETON HR, d.o.o.

Stručni skup: Zagreb 29.9.2010. i Split 30.9.2010.

$\sigma_{dx,j}$, $\sigma_{dy,j}$ prosječno tlačno naprezanje j -tog zida određenog kata postavljenog u smjeru osi x odnosno y , za potresnu proračunsku situaciju

$A_{wx,j}$, $A_{wy,j}$ ploština presjeka j -tog zida u smjeru osi x odnosno osi y

$K_{x,j}$, $K_{y,j}$ bočna krutost j -tog zida u smjeru osi x odnosno u smjeru osi y

x_j , y_j koordinate j -tog zida od ishodišta.

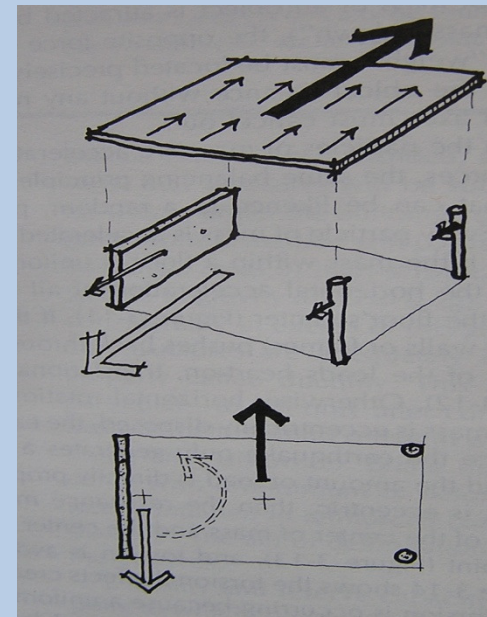
Treći korak - ukupni torzijski moment

Torzijski moment na i -tom katu za ekscentričnosti u smjeru x odnosno y je:

$$M_{Tx,i} = F_i \cdot (e_{ax,i} + e_{x,i})$$

$$M_{Ty,i} = F_i \cdot (e_{ay,i} + e_{y,i})$$

F_i - ukupna poprečna sila kata.



XELLA POROBETON HR, d.o.o.
Stručni skup: Zagreb 29.9.2010. i Split 30.9.2010.

Središte rotacije oko vertikalne osi jest središte krutosti .

Torzijski moment $\sum M_{T_x,i}$ odnosno $\sum M_{T_y,i}$ na katu i je zbroj torzijskih momenata svih katova iznad i -tog.

Četvrti korak - raspodjela torzijskog momenta

Torzijska krutost pojedinog zida j je

$$K_{T,j} = K_{x,j} x_j^2 + K_{y,j} y_j^2 \quad (\text{kN/m}\cdot\text{m}^2)$$

- x_j je udaljenost elementa j od osi y
- y_j je udaljenost elementa j od osi x
- ishodište sustava je u **središtu krutosti**

XELLA POROBETON HR, d.o.o.
Stručni skup: Zagreb 29.9.2010. i Split 30.9.2010.

Ukupna torzijska krutost svih zidova $j=1\dots m$ na katu i je

$$K_{MT,i} = \sum_{j=1}^m K_{T,j} \quad (\text{kN}\cdot\text{m})$$

XELLA POROBETON HR, d.o.o.

Stručni skup: Zagreb 29.9.2010. i Split 30.9.2010.

Sila koja otpada na pojedini zid j u katu i u smjeru x prouzročena torzijskim momentom

$M_{Tx,i}$ je

$$F_{Tx,ij} = M_{Tx,i} \frac{K_{xj} \cdot y_j}{K_{MT,i}} \quad (\text{kN})$$

XELLA POROBETON HR, d.o.o.

Stručni skup: Zagreb 29.9.2010. i Split 30.9.2010.

Sila koja otpada na pojedini zid j u katu i u smjeru y prouzročena torzijskim momentom

$M_{Ty,i}$

$$F_{Ty,ij} = M_{Ty,i} \frac{K_{yj} \cdot x_j}{K_{MT,i}} \quad (\text{kN})$$

XELLA POROBETON HR, d.o.o.
Stručni skup: Zagreb 29.9.2010. i Split 30.9.2010.

Konačna veličina sile na i -tom katu za j -ti nosivi element

$$F_{x,ij} = F_{x,j} + F_{Tx,ij} \quad (\text{kN})$$

$$F_{y,ij} = F_{y,j} + F_{Ty,ij} \quad (\text{kN})$$

XELLA POROBETON HR, d.o.o.
Stručni skup: Zagreb 29.9.2010. i Split 30.9.2010.

Torzija – jednostavni postupak

Formula (4.12) u normi HRN EN 1998-1

$$\delta = 1 + 1,2 x/L_e$$

Za $x/L_e = 0,5 \dots \delta = 1,6$

$$F_{x,ij}^* = \delta \cdot F_{x,ij} = 1,6 F_{x,ij}$$

Povećati sile proračunane za simetričnu zgradu
za 60 % !!!

Proračun otpornosti

- Odrediti pripadajuće vertikalno opterećenje svakog zida za potresnu proračunsku situaciju
- Provesti proračun otpornosti za svaki nosivi zid pojedinačno i za svaki kat zgrade

$$N_{Sd} \leq N_{Rd}$$

$$M_{Sd} \leq M_{Rd}$$

$$V_{Sd} \leq V_{Rd}$$

XELLA POROBETON HR, d.o.o.
Stručni skup: Zagreb 29.9.2010. i Split 30.9.2010.

M

- blok tlačnog naprezanja zasniva se samo na tlačnoj čvrstoći zida
- tlačna armatura vertikalnog serklaža se zanemari
- vlačna nosivost armature uzima se u obzir

V

- otpornost na posmik je zbroj posmičnih otpornosti zida i betona omeđujućih elemenata
- duljina tlačno opterećenog dijela zida l_c
- armatura omeđujućih elemenata ne uzima se u obzir.

XELLA POROBETON HR, d.o.o.
Stručni skup: Zagreb 29.9.2010. i Split 30.9.2010.

Proračun za istodobno djelovanje M i N

U zidu postoji normalno naprezanje od stalnog gravitacijskog opterećenja (uz $\gamma_s = 1,0$)

$$\sigma_d = N_d / t l_0 \quad \text{ili} \quad N_d = \sigma_d t l_0$$

Proračunska tlačna čvrstoća zida za potresnu proračunsku situaciju (uz $\gamma_{m,E} = 1,5$) je

$$f_d = f_k / \gamma_{m,E} = N_{Rd} / t l_0 \quad \text{ili} \quad N_{Rd} = t l_0 f_k / \gamma_{m,E}$$

XELLA POROBETON HR, d.o.o.

Stručni skup: Zagreb 29.9.2010. i Split 30.9.2010.

Za preuzimanje momenta savijanja parom sila (od tlačnog ruba zida do vlačne armature serklaža) na tlačnom rubu zida preostaje kapacitet nosivosti za uzdužnu silu

$$\Delta N = N_{Rd} - N_d = [(f_k/\gamma_M) t x - \sigma_{d,u} t x] = [(f_k/\gamma_M) - \sigma_{d,u}] t x$$

gdje je $x=0,1 \cdot \ell_0$ (duljina tlačnog područja zida) a $\sigma_{d,u} = 10\sigma_d$ jer se u fazi sloma tlačno područje smanjeno na duljinu x .

XELLA POROBETON HR, d.o.o.

Stručni skup: Zagreb 29.9.2010. i Split 30.9.2010.

Otpornost presjeka kombiniranog od zida i armature za moment savijanja manja je od vrijednosti:

otpornosti zida

$$M_{Rd,m} = \Delta N \cdot z$$

otpornosti armature

$$M_{Rd,s} = A_s f_{yd} z$$

t debljina zida

$z = \ell_0 + d/2$ krak unutarnjih sila

ℓ_0 duljina zida između vertikalnih serklaža

d visina presjeka vertikalnog serklaža u smjeru duljine zida

A_s ploština presjeka uzdužnih šipki vertikalnog serklaža

$f_{yd} = f_y$ granica popuštanja armature vert. serklaža za potresnu pr. s.

XELLA POROBETON HR, d.o.o.

Stručni skup: Zagreb 29.9.2010. i Split 30.9.2010.

Proračun za djelovanje posmične sile - slom klizanjem

Proračunska je otpornost:

$$V_{Rd,mc} = V_{Rd,m} + V_{Rd,c}$$

$V_{Rd,m} = V_{Rd}$ pror. posmična otpornost zida, $V_{Rd} = f_{vd} t$
 I_c

$V_{Rd,c}$ pror. posmična otpornost dvaju vert. serklaža

XELLA POROBETON HR, d.o.o.

Stručni skup: Zagreb 29.9.2010. i Split 30.9.2010.

$$V_{Rd,m} = f_{vd} t l_0 = [(f_{vk0} + 0,4 \sigma_d) / \gamma_M] t l_0 \quad (\text{kN})$$

Primjer: Za zid od porastoga betona s
 $f_b = 4 \text{ N/mm}^2$, $f_{vk0} = 0,3 \text{ N/mm}^2$, $\sigma_d = 0,2 \text{ N/mm}^2$,
debljine $t = 300 \text{ mm}$ i duljine $l_0 = 4000 \text{ mm}$ te
 $\gamma_M = 1,5$ dobiva se

$$V_{Rd,m} = [(0,3 + 0,4 \cdot 0,2) / 1,5] 300 \cdot 4000 = 304 \text{ kN}$$

XELLA POROBETON HR, d.o.o.
Stručni skup: Zagreb 29.9.2010. i Split 30.9.2010.

Prema točki 6.2.2 norme HRN EN 1992-1-1 $V_{Rd,c}$ proračunava se iz izraza

$$V_{Rd,c} = 2 A_c (v_{\min} + k_1 \sigma_{cp})$$

A_c ploština poprečnog presjeka jednog vertikalnog serklaža

$$v_{\min} = 0,035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2}$$

$$k_1 = 0,15$$

$$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c$$

$$k = 1 + (200/d)^{0,5} \leq 2,0 \text{ uz } d \text{ u mm } (d = 150 \text{ mm})$$

f_{ck} karakteristična tlačna čvrstoća betona vertikalnog serklaža

XELLA POROBETON HR, d.o.o.

Stručni skup: Zagreb 29.9.2010. i Split 30.9.2010.

Izraz $k_1 \sigma_{cp}$ može se zanemariti jer je vertikalni serklaž neznatno opterećen vertikalnim opterećenjem pa je $\sigma_{cp} \approx 0$

$$V_{Rd,c} = 2 A_c v_{min}$$
$$v_{min} = 0,035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2}$$

v_{min} za beton C20/25 iznosi $v_{min} = 0,44$ a za beton C25/30
 $v_{min} = 0,49$

Uz $v_{min} = 0,50$ doprinos dvaju vertikalnih serklaža posmičnoj nosivosti jednak je

$$V_{Rd,c} = A_c (N) \text{ uz } A_c \text{ u mm}^2.$$

Za vertikalni serklaž $\Phi 150$ mm dobiva se $V_{Rd,c} = 17,7$ kN.

XELLA POROBETON HR, d.o.o.
Stručni skup: Zagreb 29.9.2010. i Split 30.9.2010.

Ukupna proračunska otpornost

$$V_{Rd,mc} = V_{Rd,m} + V_{Rd,c} = 304 + 17,7 = 321,7 \text{ kN}$$

Doprinos vertikalnih serklaža posmičnoj nosivosti nije značajan.

Doprinos vertikalnih serklaža očuvanju stabilnosti je bitan – vidi rezultate ispitivanja.

XELLA POROBETON HR, d.o.o.

Stručni skup: Zagreb 29.9.2010. i Split 30.9.2010.

Proračun za djelovanje posmične sile - slom po kosoj pukotini

Proračunska otpornost je

$$V_{Rd,m,x} = A_w \tau_{Rd}$$

$$\tau_{Rd} = \frac{f_{tk}}{1,5 \gamma_m} [1 + (\sigma_0 \cdot \gamma_m / f_{tk})]^{0,5} \quad (\text{Turnšek – Čačovič})$$

A_w ploština poprečnog presjeka zida ($A_w = t l_0$)

$\sigma_0 = N_d / A_w$ normalno naprezanje zida za izvanr. pror. situaciju

$f_{td} = f_{tk} / \gamma_M$ proračunska vlačna čvrstoća zida

$\gamma_m = 1,5$ parcijalni koeficijent za materijal

XELLA POROBETON HR, d.o.o.

Stručni skup: Zagreb 29.9.2010. i Split 30.9.2010.

Primjer:

Za $f_{tk}=0,15$ N/mm², $\sigma_0=0,2$ N/mm² i $\gamma_{m,E}=1,5$

$\tau_{Rd}=0,12$ N/mm².

Kako je $A_w=300\cdot 4000=1200000$ mm²

$V_{Rd,m,x}=1200000\cdot 0,12=144$ kN

S obzirom da je $V_{Rd,m,x} < V_{Rd,mc}$, tj. 144 kN < 322 kN slom će nastupiti po kosoj pukotini.

XELLA POROBETON HR, d.o.o.
Stručni skup: Zagreb 29.9.2010. i Split 30.9.2010.

Dokaz mehaničke otpornosti i stabilnosti

Pojedini nosivi element

Za svaki pojedini nosivi element (zid) dokazuje se zadovoljenje uvjeta

$$S_{d,E} \leq R_{d,E}$$

tj. da je učinak djelovanja (=unutarnja sila) manje od otpornosti za odabranu proračunsku situaciju

XELLA POROBETON HR, d.o.o.
Stručni skup: Zagreb 29.9.2010. i Split 30.9.2010.

**Dokaz mehaničke otpornosti i stabilnosti
Zgrada kao cjelina**

Kontrola stabilnosti na prevrtanje i na klizanje:

$$E_{d,dst} \leq E_{d,stab}$$

$E_{d,dst}$ pror. vrijednost učinka destabilizirajućih
djelovanja

$E_{d,stab}$ pror. vrijednost učinka stabilizirajućih
djelovanja

XELLA POROBETON HR, d.o.o.
Stručni skup: Zagreb 29.9.2010. i Split 30.9.2010.

Hvala na pažnji !