



HRVATSKA KOMORA INŽENJERA GRAĐEVINARSTVA

15. Dani Hrvatske komore inženjera građevinarstva

Opatija, 2021.

Tipologija oštećenja nearmiranih zidanih zgrada na području Sisačko-moslavačke županije, nakon potresa 29.12.2020. godine

Jug Drobac

Jug Drobac, mag.ing.aedif., Sveučilište u Rijeci, Građevinski fakultet, Rijeka

Thomas Tätzsch, dipl.ing.građ., Submalin d.o.o., Malinska

Sadržaj prezentacije

1. Uvod
2. Tipologija zidanih zgrada u SMŽ
3. Pravila projektiranja u potresnim područjima za jednostavne zgrade
4. Razlozi oštećenja zidanih zgrada od potresnog djelovanja
5. Osnovne vrste oštećenja zgrada u SMŽ
6. Zaključak



1. Uvod

- Petrinju, Sisak, Glinu i ostatak Sisačko-Moslavačke županije (SMŽ) je dana 29.12.2020. pogodio potres magnitude **$M_w = 6,4$ prema Richterovoj ljestvici**
- **prema EMS-98 ljestvici** potres je rangiran ocjenama između **VIII (Jaka oštećenja)** i **IX (Razoran)**
- **vršno ubrzanje tla** u epicentru potresa oko **$a_g = 0,3 \cdot g$** , po seizmičkim kartama predviđeno vršno ubrzanje tla **za povratni period $T_p = 475$ godina** iznosi **$a_g = 0,16 \cdot g$**
- potres sa ubrzanjem tla $a_g = 0,3 \cdot g$ je na području SMŽ predviđen s **povratnim periodom $T_p = 1000$ godina**



1. Uvod

- **zgrada** - zatvorena i/ili natkrivena građevina namijenjena **boravku ljudi**, odnosno smještaju životinja, biljaka i stvari
- u SMŽ zgrade su najčešće **obiteljske kuće** (prizemnice, katnice ili višekatnice) i **gospodarski objekti** za smještaj životinja
- veliki je utjecaj **tipologije tla (mikrolokacije)** na kojoj se zgrada nalazi, uvelike utječe na stupanj oštećenja
- rijetka naseljenost cijelog područja SMŽ, prema popisu stanovništva iz 2011. godine: **38,59 stan./km²**



2. Tipologija zidanih zgrada u SMŽ

Razlikujemo četiri vrste zida:

1. Nearmirano (neomeđeno) zide
 2. Omeđeno zide
 3. Ispunsko zide (okviri ispunjeni zidom)
 4. Armirano zide
- kod izrade zidanih zgrada na području SMŽ najčešće je korišteno **nearmirano (neomeđeno) zide**
 - iako se kod nekih takvih zgrada pojavljuju vertikalni armiranobetonski omeđujući elementi (**serklaži**), oni najčešće nisu izvedeni na ispravan način da bi mogli govoriti o zgradama zidanim od **omeđenog zida**



2. Tipologija zidanih zgrada u SMŽ

- serklaži su na **prevelikom razmaku** i nisu izvedeni oko svih većih otvora (otvori površine veće od 1,5 m²)
- serklaži **nisu izvedeni na svim katovima** zgrade, a kritični kat je uvijek kat bez vertikalnih serklaža
- izuzetno **krute i teške ploče (dijafragme)** koje prenose velika opterećenja na **slabe nosive zidove** (prevelika opterećenja na slabo armirane zidove)
- **zidovi su male debljine i male tlocrtne ploštine presjeka** u odnosu na bruto tlocrtnu ploštinu kata



3. Pravila projektiranja u potresnim područjima za jednostavne zgrade

- ovisno o umnošku $a_g \cdot S$ za lokaciju i tip gradnje (a_g je proračunsko ubrzanje tla, S je parametar tla), treba ograničiti **dopušteni broj katova** iznad temeljnog tla
- u oba ortogonalna smjera treba provjeriti **zadane najmanje ploštine presjeka zidova** u svakom smjeru
- najmanja ploština presjeka izražena je kao **najmanji postotak $p_{A,min}$** od ukupne ploštine stropa po katu
- nearmirano zide **ne treba upotrijebiti** ako vrijednost $a_g \cdot S$ premašuje **granicu ubrzanja tla $a_{g,urm} = 0,20 \cdot g$**



3. Pravila projektiranja u potresnim područjima za jednostavne zgrade

HRN EN 1998-1:2011 (Eurokod 8)					
Očekivano vršno (najveće) ubrzanje tla na lokaciji: $\alpha_g \cdot S$		$\alpha_g \cdot S \leq 0,07 \cdot k \cdot g$	$\alpha_g \cdot S \leq 0,10 \cdot k \cdot g$	$\alpha_g \cdot S \leq 0,15 \cdot k \cdot g$	$\alpha_g \cdot S \leq 0,20 \cdot k \cdot g$
Tip gradnje	Broj katova (n) ¹⁾	Najmanji zbroj ploština presjeka nosivog zida u svakom smjeru kao postotak ukupne ploštine stropa po katu ($p_{A,min}$)			
Nearmirano zide	1	2,0%	2,0%	3,5%	n/a ²⁾
	2	2,0%	2,5%	5,0%	n/a
	3	3,0%	5,0%	n/a	n/a
	4	5,0%	n/a	n/a	n/a
Omeđeno zide	2	2,0%	2,5%	3,0%	3,5%
	3	2,0%	3,0%	4,0%	n/a
	4	4,0%	5,0%	n/a	n/a
	5	6,0%	n/a	n/a	n/a
Armirano zide	2	2,0%	2,0%	2,0%	3,5%
	3	2,0%	2,0%	3,0%	5,0%
	4	3,0%	4,0%	5,0%	n/a
	5	4,0%	5,0%	n/a	n/a
1) Prostor krova (tavana) iznad punoga kata nije uključen u broj katova		k = 1 + (L _{av} -2)/4 ≤ 2, ako je najmanje 70% zidova dulje od 2 m, a ako nije zadovoljen taj uvjet tada je k = 1,0			
2) n/a znači "nije prihvatljivo" (en. "not acceptable")		L _{av} je prosječna duljina promatranih zidova u m'			



3. Pravila projektiranja u potresnim područjima za jednostavne zgrade

HRN ENV 1998-1-3:1995 (prednorma Eurokoda 8)			
Dopušteni broj katova iznad tla			
Proračunsko ubrzanje tla a_g	$a_g < 0,20 \cdot g$	$0,20 \cdot g \leq a_g < 0,30 \cdot g$	$a_g \geq 0,30 \cdot g$
Nearmirano zide	3	2	1
Omeđeno zide	4	3	2
Armirano zide	5	4	3

Najmanji omjer ploštine horizontalnog presjeka zidova i površine kata			
Proračunsko ubrzanje tla a_g	$a_g < 0,20 \cdot g$	$0,20 \cdot g \leq a_g < 0,30 \cdot g$	$a_g \geq 0,30 \cdot g$
Nearmirano zide	3%	5%	6%
Omeđeno zide	2%	4%	5%
Armirano zide	2%	4%	5%



4. Razlozi oštećenja zidanih zgrada od potresnog djelovanja

Teoretski razlozi (iz literature):

- materijal kojim se zida je krhak i degradacija njegove čvrstoće zbog ponovljenog opterećenja je znatna
- velika težina elemenata
- neujednačenost čvrstoća materijala za zidanje
- vlačna nosivost nearmiranog zida je mala i duktilnost je kod vlačnog sloma neznatna
- ponašanje čitave zgrade na horizontalna opterećenja je neduktilno, tj. krhko



4. Razlozi oštećenja zidanih zgrada od potresnog djelovanja

Iskustveni razlozi (iz SMŽ):

- nestručno projektiranje zgrada
- nestručno izvođenje zgrada
 - nepridržavanje projektne dokumentacije
 - izgradnja bez projektne dokumentacije
 - uštede materijala, korištenje zamjenskih materijala...
- neodržavanje zgrada



5. Osnovne vrste oštećenja zgrada u SMŽ

- a) oštećenja dimnjaka i pokrova zgrade
- b) oštećenja nosive konstrukcije (nosivih zidova) u kritičnom katu
- c) oštećenja nenosive konstrukcije (pregradnih zidova) na višim katovima
- d) oštećenja krovne konstrukcije
- e) oštećenja zabatnih zidova
- f) oštećenja temelja zgrade



a) oštećenja dimnjaka i pokrova zgrade

- otpadanje **crijepa i masivnih dimnjaka**
- dimnjaci nisu adekvatno učvršćeni i **nisu armirani**



b) oštećenja nosive konstrukcije (nosivih zidova) u kritičnom katu

- svi zidovi u kritičnom katu preuzimaju opterećenje bez obzira na debljinu zidova (svi postaju nosivi)
- **mehanizmi sloma** i otkazivanja nosivih zidova:
 - slom zidova unutar ravnine
 - slom zidova izvan ravnine
 - odvajanje zidova na spojevima i na kutovima zgrade
 - odvajanje zidova i međukatne konstrukcije

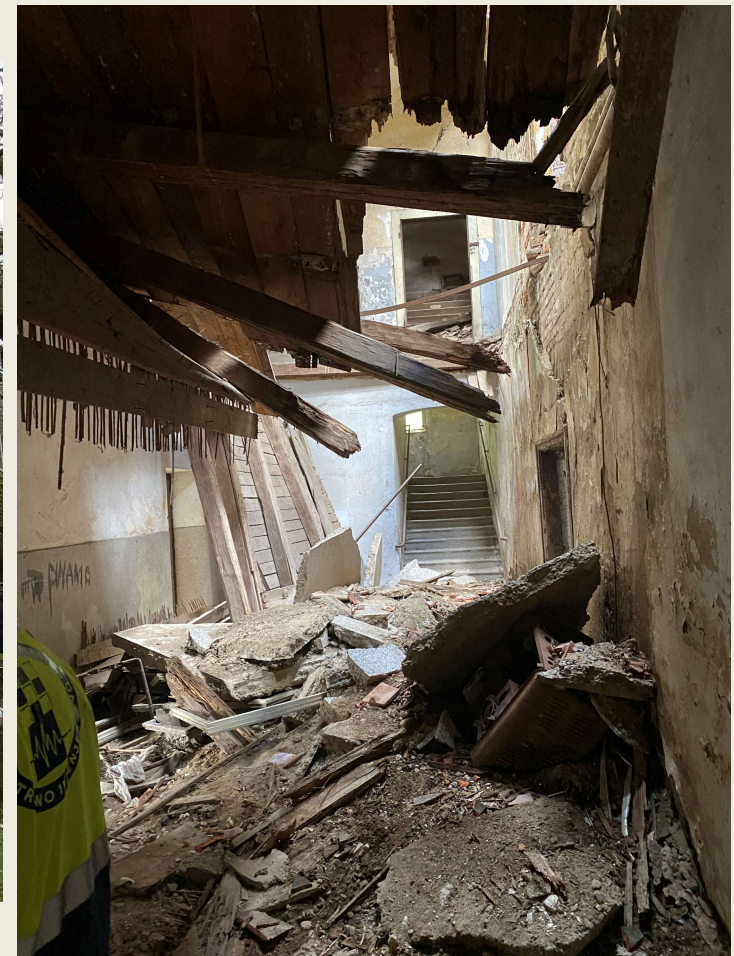


b) oštećenja nosive konstrukcije (nosivih zidova) u kritičnom katu

- **kruta ploča** ravnomjerno prenosi opterećenja sa viših katova na zidove u kritičnoj etaži, zid ne izlazi izvan ravnine, već se oštećenja dešavaju unutar ravnine
- vrste sloma zidova **unutar ravnine**
 - od savijanja
 - od klizanja po horizontalnoj sljubnici morta
 - od posmika (otvaranja dijagonalnih pukotina ili dijagonalno raspucavanje elemenata)
 - od drobljenja elemenata



b) oštećenja nosive konstrukcije (nosivih zidova) u kritičnom katu



b) oštećenja nosive konstrukcije (nosivih zidova) u kritičnom katu



c) oštećenja nenosive konstrukcije (pregradnih zidova) na višim katovima

- na višim katovima su najčešća oštećenja kod zidova koji **nisu kruto povezani sa stropnim pločama**
- oštećenja pregradnih zidova, zabatnih zidova, istaka u najvišem katu jer dolazi do **većih vibracija** u zidovima nego u nižim katovima
- najveća oštećenja pregradnih zidova su na najvišim katovima zgrada, ali i na ostalim katovima se mogu javiti **umjerena oštećenja**



c) oštećenja nenosive konstrukcije (pregradnih zidova) na višim katovima



d) oštećenja krovne konstrukcije

- slom krovišta, najčešća su oštećenja na dvostrešnim krovištima **bez ukrućenja (bez vjetrenog veza)**
- krovišta nisu učvršćena u horizontalnom smjeru, **bez ugrađenih kosnika (ruku)**, rogovi nisu povezani sa horizontalnim nazidnicama i podrožnicama
- nisu ugrađene **vlačne zatege** između rogova, torzijsko izvijanje greda nazidnica i podrožnica
- krovišta nisu povezana sa vanjskim **nosivim zidovima** i sa ostatkom nosive konstrukcije



d) oštećenja krovne konstrukcije



e) oštećenja zabatnih zidova

- najčešći je **mehanizam sloma** zabatnih zidova **izvan ravnine**, zabatni zidovi nisu povezani sa stropnom pločom i u vrhu sa krovnom konstrukcijom
- **ne postoje vertikalni i horizontalni serklaži** u zabatnim zidovima, tanki zidovi velike visine, nisu pridržani na rušenje izvan ravnine
- zbog djelovanja horizontalnih potresnih sila **krovište ih gura izvan ravnine**
- veoma opasni za ljudske živote



e) oštećenja zabatnih zidova



f) oštećenja temelja zgrade

- problemi s **bunarima** ispod obiteljskih kuća
- **likvefakcija i propadanje terena, izviranje pijeska i mulja** u područjima ispod temelja i u dvorištima



6. Zaključak

- potrebno veće **znanje građevinskih inženjera** (projektanata, nadzornih inženjera, izvođača) o ponašanju zgrada prilikom potresnog djelovanja
- uskladiti **seizmološke karte** sa novim podacima
- povećati **svjesnost građana** koji žive u zgradama ili planiraju graditi zgrade na potresnim područjima o opasnosti koja prijete od potresnog djelovanja
- **osiguranje zgrada od potresa** (od svih osiguranih zgrada u SMŽ nijedna nije bila osigurana na potres)



Hvala na pažnji!

