

SINERGIJSKI KONCEPT KONSTRUKCIJE PASIVNE HIŠE SYNERGY CONCEPT OF THE PASSIVE HOUSE CONSTRUCTION

UDK 72.02:620.92
COBISS 1.02 pregledni znanstveni članek
prejeto 09.2.2009

izvleček

Zasnova konstrukcije pasivnih hiš je zelo podobna konstrukciji potresno izoliranih hiš. V obeh primerih je konstrukcija objekta izolirana od podlage. Praktično neodvisno od vrste uporabljenega gradiva konstrukcije (glina, opeka, les, beton) so skoraj vse konstrukcije hiš stenastega tipa. To pomeni, da so zelo toge v horizontalni smeri in ob potresu prejmejo znatne obremenitve, ki pa jih lahko učinkovito omejimo z vgradnjo potresne varovalke. V članku je predstavljen sinergijski koncept zasnove konstrukcije pasivne hiše, ki omogoča vgradnjo potresne varovalke ob zanemarljivih dodatnih investicijskih stroških t.j. pod 0.5%, predvsem pa omogoča naknadno vgradnjo aktivnega sistema potresne izolacije.

ključne besede

temeljenje, pasivna hiša, toplotna izolacija, potres, potresna varovalka

abstract

The design of a passive house is very similar to the design of a seismically isolated building. In both cases the structure of the building is isolated from the foundation. Nearly all buildings are constructed with a solid wall system, regardless of the type of construction material used. This means they are very rigid in the horizontal direction, and when a seismic event occurs, they are subjected to a considerable load which, however, may be efficiently mitigated by the incorporation of an earthquake protector. The article presents a synergy concept of a passive house design which enables the incorporation of an earthquake protector with negligible additional investment costs (i.e. less than 0.5%) and, most importantly, makes possible the incorporation at a later stage of an active seismic isolation system.

key words

foundation, passive house, thermal insulation, earthquake, seismic fuse

Zasnova konstrukcije pasivnih hiš je na nek način zelo podobna konstrukciji potresno izoliranih hiš. Bistvo izoliranja je v obeh primerih ta, da je konstrukcija objekta ločena od podlage.

Če na splošno primerjamo konstrukcije hiš, lahko ugotovimo, da so praktično neodvisno od vrste uporabljenega gradiva konstrukcije (glina, opeka, les, beton) skoraj vse konstrukcije hiš stenastega tipa.

Tudi leseni montažni objekti so pretežno stenastega tipa, če seveda odmislimo podajnost veznih sredstev na stiku s podlago, ki ponavadi prav zaradi svoje podajnosti zmanjšajo vnos obremenitev v zgornjo nosilno konstrukcijo.

Na splošno to pomeni, da so konstrukcije hiš zelo toge tudi v horizontalni smeri in ob potresu prejmejo znatne obremenitve, ki pa jih lahko učinkovito omejimo z vgradnjo potresne varovalke.

Potresna varovalka, kot del potresne izolacije, ima nalogo, da se konstrukcija objekta ob nihanju temeljnih tal oz. podlage pri premočnem potresu ne poruši. Predvsem je bistveno to, da se deformacija izvrši v omejenem obsegu in na predvidenem mestu.

Danes obstaja že veliko sistemov, od pasivnih cenejših pa do najdražjih aktivnih potresnih izolacij, ki praktično v realnem času opravijo detekcijo vsiljenega nihanja in izvedeno ustrezen odziv sistema za vzdrževanje mirovanja varovanega jedra [Naeim in Kelly, 1999]. Največji problem pri tako dovršenih sistemih

je gotovo cena. Dodatne težave lahko povzroča tudi motena preskrba z energijo, ki je potrebna za delovanje sistema.

Ena od bistvenih nalog potresne varovalke je tudi njena cenenost, ki je zelo pomembna za množično vgradnjo. Prav z namenom, da poiščemo ekonomsko rešitev za izvedbo potresne varovalke, smo na Fakulteti za arhitekturo v Ljubljani v okviru raziskovalnega projekta ARRS z naslovom "Uvajanje naprednih tehnologij za povečanje varnosti v arhitekturi sodobnih stanovanjskih stavb" analizirali možnosti sinergijskih učinkov [Wallner, 2008/1].

Tako smo izhajali iz podobnosti zasnove konstrukcije "pasivnih hiš" [Zbašnik S., 2007], ki so temeljene na temeljni plošči pod katero nameščamo plast toplotne izolacije in potresno izoliranih hiš podobne zasnove.

Karakteristike potresov v Sloveniji in omejitveni kriteriji preiskovanih hiš

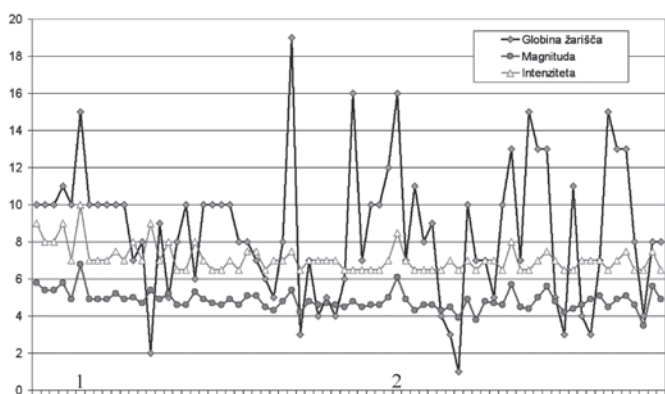
Ob spoznanju, da ne iščemo univerzalnega sistema za reševanje vseh mogočih objektov, smo se odločili definirati omejitvene kriterije, ki pa veljajo za veliko večino objektov. Iz izkušenj vemo, da največjo škodo povzročijo horizontalne komponente longitudinalnih potresnih valov. Gre za dvojce in sicer, pri plitvih potresih, je nad samim hipocentrom potresa pričakovati številčno malo objektov in posledično manjše število poškodovanih objektov, hkrati pa so naše hiše ob povečanju obremenitev v

vertikalni smeri na dodatne obremenitve nekoliko bolj odporne kot v horizontalni smeri.

Ločimo več vrst potresov, pri katerih se ob nenadnih premikih kamnitih gmot sprošča energija:

- prelomi in premiki kamninskih gmot vzdolž prelomnice - tektonski potresi (90%)
- premiki magme – vulkanski potres (7%)
- udorni potresi ob udorih in podorih (2.9%)
- potresi, ki se sprožijo zaradi človekove aktivnosti: jedrski poskusi, rudarstvo, (0.1%)

V Sloveniji lahko pričakujemo le tektonske potrese tipa a), ki pa so kar pogosti. Potresi pri nas nastajajo predvsem zaradi stiskanja Jadranske plošče med Afriško ploščo na jugu in Evrazijsko ploščo na severu. Lega prelomov je posledica smeri delovanja tektonskih pritiskov v sled premikanja litosferskih plošč, globine le teh pa so različne v povprečju pa so večinoma plitvi saj običajno ne presegajo globino desetih kilometrov. Med plitve potrese štejemo tiste, kjer se mesto loma oziroma žarišče t.j. hipocenter pojavi v globinah do 70 km pod zemeljskim površjem. Iz podatkov dostopnih za Slovenijo so po letu 567 globine hipocentrov znašale med 1 do 19 km [ARSO, 2009].



Slika 01: Globina žarišč, magnitud in intenzitet* potresov od leta 567 pa vse do danes, (1_ekstrem Cerkljeva Idrija 1511, 2_Ljubljana 1895), [MORS, 2006]
* intenziteta po EMS je v grafu namesto z rimsko podana z latinsko številko

Figure 01: Focal depths, magnitudes and intensities* of earthquakes from 567 A.D. to the present, (1_extreme Cerkljeva Idrija 1511, 2_Ljubljana 1895), [MORS, 2006]. *intensity according to the EMS scale is shown in the diagram with an Arabic numeral

Glede na razmeroma redko poseljenost in plitvost potresov lahko sklepamo, da omejitev na varovanje objektov zgolj pred horizontalnimi obremenitvami ni tako velika, saj je iskana rešitev potresne varovalke uporabna za veliko večino objektov. Kot je razvidno iz slike 1, je bilo v preteklosti na območju Slovenije več potresov, med katerimi je bilo prek 65 rušilnih. Do sedaj je bila zabeležena največja magnituda 6.8 po Richterju [Tasič in Vidrih, 2006], ki je dosegla tudi največji rušilni učinek z intenziteto 10 po EMS lestvici.

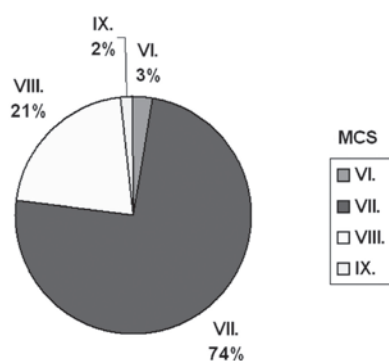
Magnituda je sicer izmerjena količina, ki pa je za nekatere starejše potrese ocenjena. Intenziteta potresa zabeleženega po evropski lestvici EMS (European Macroseismic Scale) [Tomaževič, 1999], je izražena opisno glede na poškodbe, ki jih tak potres povzroči. Z razvojem gradiv, konstrukcijskih sistemov, tehnologije in kvalitete gradnje je težko primerjati

učinke potresov na objektih, zato ne vemo natančno kakšno škodo bi danes povzročil potres iz leta 567.

Stopnja intenzitete po EMS in opis učinka:

- I. Nezaznaven. Zabeležijo ga le seizmografi. Poškodb ni.
- II. Komaj zaznaven. Čutijo ga le redki posamezniki. Poškodb ni.
- III. Šibak. Čutijo ga mnogi, predvsem v visokih stavbah. Poškodb ni.
- IV. Zaznaven. Podnevi ga čuti mnogo ljudi v poslopjih, redki tudi na prostem. Posameznike potres zbudi. Viseči predmeti zanihajo. Poškodbe so zanemarljive.
- V. Močan. Podobno kot IV. stopnja. Z manjšimi poškodbami. Manjši predmeti popadajo na tla. Omet odpada, šipe lahko popokajo.
- VI. Močan z zmernimi poškodbami. Čutijo ga vsi ljudje, mnogi prestrašeni bežijo na prosto. Posamezniki izgubijo ravnotežje. Ponoči se vsi zbudijo. Manjši predmeti padajo na tla, pohištvo se premika. Omet odpada, dimniki se lomijo. Poškodbe na visokih objektih.
- VII. Močan s srednje težkimi poškodbami. Ljudje bežijo na prosto. Mnogi se le s težavo obdržijo na nogah. Pohištvo se premika, redkeje tudi prevrne, predmeti padajo. Škoda na potresno varnih zgradbah je zanemarljiva, na slabše grajenih zmerna do znatna. Začutijo ga lahko vozniki v avtomobilih.
- VIII. Močan s težkimi poškodbami. Ljudje se s težavo obdržijo na nogah, tudi na prostem. Pohištvo se prevrača, težji predmeti popadajo na tla. Škoda na potresno varnih zgradbah je neznatna, slabše grajene so delno porušene. Padajo polomljeni dimniki, spomeniki in stene slabše grajenih zgradb. Zelo mehka tla lahko vidno valovijo, namočena se lahko utekočinijo. Možni manjši izbruhi peska ali blata iz tal.
- IX. Rušilen. Zavlada splošna panika. Ljudi pomeče na tla. Znatno poškodovane so tudi potresno varne zgradbe. Stavbe se lahko premaknejo ali prevrnejo s temeljev. Podzemna napeljava se trga. Površje valovi in razpoka. Prožijo se manjši plazovi.
- X. Zelo rušilen. Večina stavb je močno poškodovanih in porušeni. Površje je močno razpokano. Železniški tiri se ukrivijo. Udori strmih rečnih bregov in obalnih previsov, plazenje strmih pobočij.
- XI. Uničujoč. Le redke stavbe so še delno ohranjene. Mostovi so porušeni. Podzemne napeljave so popolnoma uničene. Zevajoče razpoke, možni premiki površja.
- XII. Katastrofalen. Popolno uničenje vseh zgradb in podzemnih napeljav. Vidno valovanje površja. Predmete ali celo ljudi meče v zrak. Premiki in dvigovanje površja, zevajoče razpoke. Udori in plazenje pobočij.

Seveda je že iz slike 1 razvidno, da je verjetnost ponovitve ekstremno močnega potresa zelo majhna v primerjavi s šibkejšimi. Bistveno pa je, da se zavedamo, da preobremenitve lahko nastanejo in, da je prav zato potrebno določiti mejo zgornje obremenitve, ki jo morajo objekti brez izjeme prenesti. Za preobremenitve t.j. obremenitve nad to mejo pa vgradimo potresne varovalke. Če želimo, da so objekti čim manj poškodovani, moramo mejo postaviti zelo nizko, ko objekti ostajajo še v elastičnem območju.



Slika 02: Deleži površin Slovenije po potresnih conah, vir [MORS, 2006]

Figure 02: Portions of Slovenia's surface area according to seismic zones, [MORS, 2006].

Potres z močjo IX. stopnje po MCS se pri nas pojavlja le pri periodi 500 let. V slučaju, da znaša pričakovana intenziteta VII ali več, je po predpisih to potresno aktivno območje in je zato potrebno pri analizi konstrukcij gradbenih objektov upoštevati vpliv potresa. Po novih standardih SIST - Eurocode 8 [SIST EN, 2005] pri projektiranju uporabljamo karto projektnih pospeškov tal in ne več karto potresnih con razmejenih po stopnjah pričakovane intenzitete potresa.

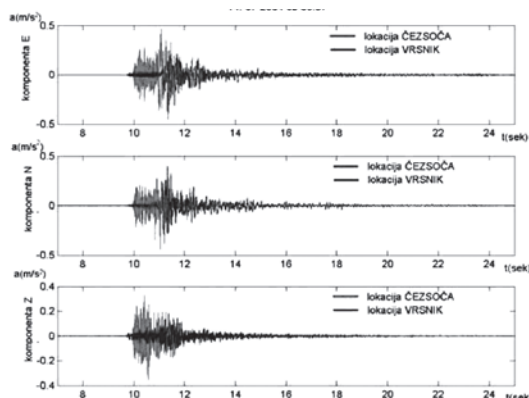
Intenziteta VII. stopnje po MCS je bila z novim standardom za Slovenijo ocenjena s projektnim pospeškom $a_g = 0.1 \text{ g}$ [ND SIST EN, 2005], to pomeni, da je ob potresu pričakovati vpliv vztrajnostnih sil v horizontalni smeri z vrednostjo 10% od teže objekta. Če se omejimo na območja VII. cone in več, potem glede na podatke iz slike 2 zajamemo kar 97% površine Slovenije.

V primeru, ko bi uspeli zagotoviti, da potresna varovalka prične delovati pri obremenitvah s projektnim pospeškom 0.1 g , potem lahko pričakujemo, da bi vsi tako grajeni objekti zmogli potresne obremenitve v elastičnem območju t.j. brez resnih konstrukcijskih poškodb. Seveda pa je vrednost meje pri kateri potresna varovalka prične delovati odvisna od sistema in vgrajenih materialov.

Realne vrednosti deleža horizontalnih obremenitev v primerjavi z vertikalnimi se gibljejo med 0.05 in 0.20. Spodnja minimalna vrednost se določi kot tista, ki še zagotavlja ustrezno horizontalno odpornost na vpliv vetra, maksimalna vrednost pa se določi kot tista, ki objekt zavaruje pred resnimi poškodbami konstrukcije.

Tipično značilno za potrese pri nas je torej to, da njihova intenziteta običajno dosega VII. ali VIII. stopnjo. Glede na zadnje izkušnje iz leta 2004 za območje Posočja lahko ugotovimo, da dejanske vrednosti intenzitet lokalno lahko celo presežejo pričakovane vrednosti intenzitet s periodo 475 oz. 500 let. Na srečo so učinki tega potresa z razdaljo močno upadli tako, da ni bilo večje škode, seveda pa veliko k temu prispeva kratko trajanje potresov.

To je značilno, že iz časa potresov v Breginju ter severni Italiji in običajno velja tudi za glavnino močnejših potresov v Sloveniji, da ob potresu primarni del t.j. glavno tresenje tal traja cca.



Slika 03: Zapisi pospeškov gibanja tal iz dne 14.07.2004 – Vrsnik in Čezsoča, značilno kratko trajanje potresa in močan pospešek, vir [Vidrih, 2006]

Figure 03: Records of ground movement accelerations for July 14th 2004 – Vrsnik and Čezsoča, characteristically short duration of the seism and a powerful acceleration [Vidrih, 2006].

20 sekund (gl. slika 3) in se še posebej seveda na območjih, kjer zanihajo večje gmote mehkejših materialov nihanje podaljša. Prav tako kot čas trajanja potresov so pomiki tal pri nas v primerjavi s pomiki v svetu relativno majhni, medtem ko pa pospeški niso zanemarljivi, še posebej v primerih, ko gre za tak splet okoliščin, da se pospeški na površini zemlje ojačijo, takrat lahko zaradi neprimernih vrhnjih plasti terena, na katerih so grajeni objekti, dosežejo tudi vrednost $a_{maks} = 0.47 \text{ g}$, kar se je zgodilo v Bovcu leta 2004 [Tomažević, 2005].

Iz dosegljivih podatkov lahko ugotovimo, da je ob potresih v Sloveniji pričakovati pomike tal v velikosti med 5 in 10 cm in, da pospeški lahko dosega 0.5g.

Sinergijski koncept konstrukcije pasivne hiše z dodano potresno varovalko naj bi torej zmožni tudi premagovanje horizontalnih zamikov do 10 cm glede na svojo prvotno lego, kar je s sistemom temeljne plošče dokaj enostavno.

Ob iskanju rešitev cenene potresne varovalke, kjer smo se omejili na delovanje v horizontalni smeri, smo izbrali tudi najbolj razširjen segment tipičnih stanovanjskih hiš P+1 in K+P+1 (s hladno kletjo). V obeh primerih so kontaktne napetosti v plasteh toplotne izolacije enakega velikostnega reda.

Potresna izolacija

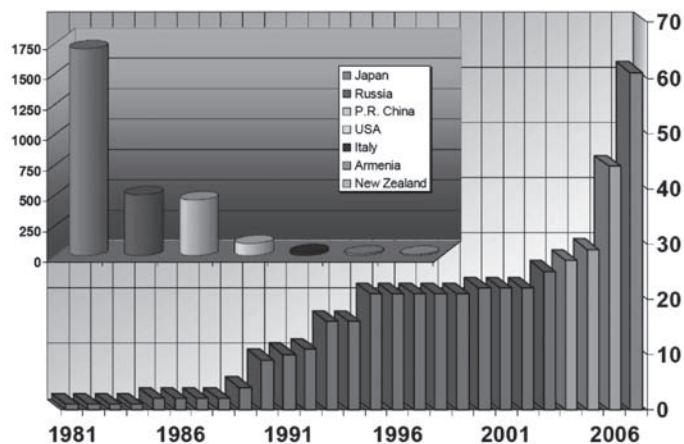
S toplotno izolacijo ne moremo izničiti vpliva prevodnosti toplote, lahko pa bistveno zmanjšamo posledice tega vpliva. Podobno je s potresno izolacijo, ki ne more popolnoma izničiti vpliva potresa, lahko pa bistveno omili posledice.

Pogosto ne gre le za dodatne stroške vgradnje potresnih izolatorjev ampak tudi za prihranke na konstrukciji. Povprečna protipotresna zavarovalna premija v ZDA znaša letno od 0.5% od celotne vrednosti konstrukcije. Stroški vgradnje potresnih izolatorjev so različni in lahko znašajo tudi do 6% v slučaju naknadne vgradnje, lahko pa gre celo za prihranke na konstrukciji v enakem odstotku.

V enem od slabših primerov lahko privzamemo, da bomo imeli pri vgradnji potresnih izolatorjev 6% dodatnih stroškov. Iz privzetega sledi, da se stroški vgradnje po 18 letih izravnajo s ceno zavarovalne premije. V primerih, ko je vgradnja potresne

izolacije cenejša, se stroški še hitreje povrnejo.

Primerjava cen zavarovalniških premij za potresna zavarovanja objektov in stroškov vgradnje potresnih izolatorjev potrjuje smiselnost vgradnje potresnih izolatorjev. Dejstvo je, da je zelo malo objektov grajenih za krajše obdobje od dvajsetih let. Ustrezna širša uporaba potresnih izolatorjev vpliva tudi na nižanje cene le teh. Prav zato je v zadnjem času zaslediti določen porast.



Slika 04: Primer rasti vgradnje potresnih izolacij v Italiji in stanje v svetu [Forni, 2006]

Figure 04: Example of the growth of seismic isolation incorporations in Italy and the world [Forni, 2006].

V svetu je poznanih že več načinov potresnega izoliranja (pasivni, aktivni) [Kilar in Koren, 2007]. Žal je izvedba odvisna od cene, ki jo investitor sprejme ali pa tudi ne. Uspešen načrtovalec konstrukcije je tisti, ki uspe vgraditi čim boljši sistem potresne izolacije s čim manj stroški. Neprimerna arhitekturna zasnova lahko enormno poveča stroške vgradnje potresnih izolatorjev, zato je za dober rezultat potrebno arhitekturo stavbe v neki meri podrediti zahtevam konstrukcije.

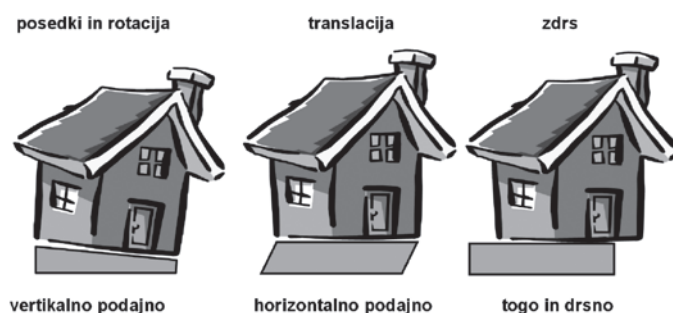
Pasivni sistemi potresnih izolacij so najenostavnejši in hkrati najcenejši. Delimo jih na tiste, pri katerih se konstrukcija po potresu vrne v prvotno lego in tiste, ki obstanejo v neki naključni legi. Slabost slednjih je ta, da jih je potrebno pred naslednjim potresom ročno povrniti na prvotno lego, so pa zato običajno najcenejši. Skupna slabost pasivne potresne izolacije je ta, da je potresna izolacija projektirana na določeno togost konstrukcije, ki pa se lahko med samim potresom spremeni, zaradi česar lahko pride celo do povečanja obremenitev na konstrukcijo.

Moderni aktivni sistemi potresnih izolacij so računalniško krmiljeni in zmorejo v realnem času s pomočjo podatkov pridobljenih iz raznih senzorjev slediti tudi spremembam konstrukcije in so tako učinkovitejši od pasivnih sistemov. Tak sistem je bistveno dražji, hkrati pa je potrebno takemu sistemu ves čas dovajati električno energijo za nadzor in krmiljenje sistema.

Stanovanjske hiše so poseben primer objektov z malo investicijsko vrednostjo, zato danes še ni pričakovati, da bi jih pred potresom varovali s sistemom aktivne potresne izolacije. Predlogi za pasivne potresne izolacije hiš segajo v sam začetek

dvajsetega stoletja. V bistvu so se nekateri poizkusi pričeli izvajati že nekoliko prej, ko je angleški inženir John Milne profesor minerstva deloval v Tokiu. Po nekaj začetnih in manj uspešnih poizkusih, ko so se pojavljale težave z mirovanjem objekta ob vplivu vetra je z zmanjševanjem premera krogel, ki jih je nameščal v nekakšne krožnike iz litega železa, uspel doseči ustrezno odpornost tudi v slučaju tovrstnih obremenitev. Tako je leta 1886 objavil, da je zadovoljiv rezultat dosegel s krogami premera $\frac{1}{4}$ ".

Tudi danes je osnovna ideja o sposobnosti gibanja nadzemnega dela stavbe glede na podlago še vedno aktualna. Ločimo različne načine gibanja glede na podlago, ki je lahko vertikalno in horizontalno podajna, lahko po pride do drsenja.



Slika 05: Vrste podajnosti podlage in pripadajoč način gibanja objekta ob potresu
Figure 05: Types of soil-flexibility and appertaining modes of movement of a structure during an earthquake.

V primeru elastičnih deformacij v podlagi se objekt po potresu povrne v prvotno lego. Kadar pride do drsenja ali do plastičnih deformacij v podlagi pa objekt ob koncu potresa običajno obstane z nekim zamikom glede na začetni položaj. Potresna izolacija, pri kateri pride do trajnega zamika zato, da bi pred hujšimi posledicami potresa obvarovali zgornjo konstrukcijo, lahko imenujemo potresna varovalka. Trajna deformacija je običajna slabost pasivnih sistemov, ki pa so prav zaradi preprostosti sistema relativno cenen. Cena samih blažilcev oziroma pasivnih potresnih izolatorjev je v bistvu še nekoliko manjša, saj v bistvu del stroškov celotnega sistema predstavlja tudi cena preureditve temeljenja konstrukcije t.j. ločitve na zemeljski in nadzemni del (izvedba podstavka nadzemnega dela in temeljenje potresnih izolatorjev).

Pasivna hiša in sinergijski koncept konstrukcije z dodano potresno varovalko

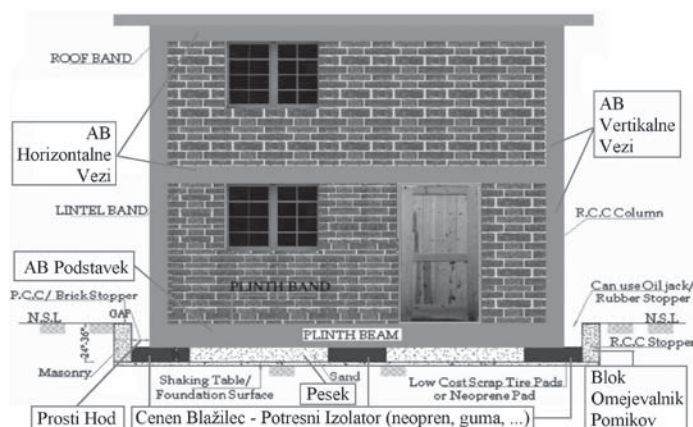
Pri pasivnih hišah, ki so večinoma temeljene na temeljnih ploščah položenih prek toplotno izolativnega ovoja zgradbe, je običajno t.i. delitev na zemeljski hladni in nadzemni topli del zgradbe že v zasnovi načrtovana.

To ločitev zgornje konstrukcije od spodnjega zemeljskega dela lahko z minimalnimi korekturami izkoristimo v prid cenejše izvedbe potresne izolacije. Ob vgradnji potresne izolacije torej ta del stroška odpade. To je bistvena ugotovitev in osnova sinergijskega koncepta.

Dejstvo je, da je sistem "pasivne hiše" začel nastajati neodvisno od že poznane sistema potresne izolacije, saj se je vsaj v Evropi pričel razvijati na tleh, ki potresno niso aktivna (Nemčija) [Wallner, 2008/2].

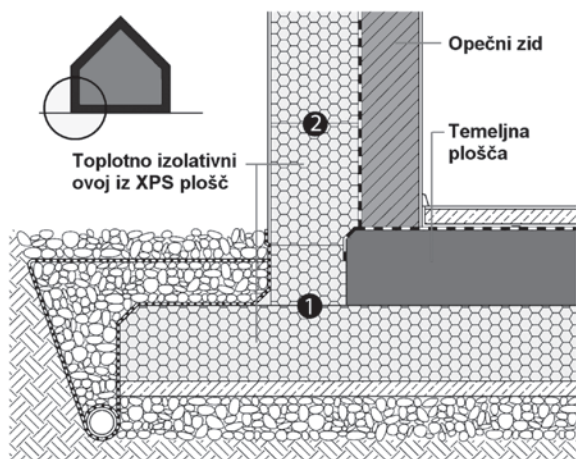
V okviru eksperimentalnih raziskav s področja strižne odpornosti toplotno-izolativnega ovoja nameščenega pod temeljno ploščo, smo prišli do zaključka, da je dejansko potrebno zelo malo sprememb na zasnovni "pasivne hiše", da dosežemo določeno stopnjo potresne izoliranosti objekta.

Preizkuse smo opravljali sklopov ovoja sestavljenega iz XPS (ekstrudirani polistiren) toplotno-izolativnih plošč, pri katerih je mogoče vgrajevati ločilne drsne plasti.



Slika 06: Predlog pasivne potresne izolacije za zagotovitev potresne varnosti konstrukcije z uporabo "Low Cost" materialov [Ahmad, Qureshi, 2007]

Figure 06: Suggestion for passive seismic isolation to ensure seismic safety of a structure through the use of low cost materials [Ahmad, Qureshi, 2007].



Slika 07: Detajl izvedbe toplotno-izolativnega ovoja zgradbe na stiku stena - tla [Fibran, 2008]

Figure 07: Detail of the execution of the thermal insulation envelope of the building at the wall-floor joint [Fibran, 2008].

Rezultati meritev strižne odpornosti na različnih vzorcih; od osnovnih sklopov, ovoja, kombinacij z nasutim peskom, do uporabe hidroizolacij in ločilnih folij so pokazali, da se strižna odpornost kaže z vrednostjo od 25 do 64% vertikalne teže.

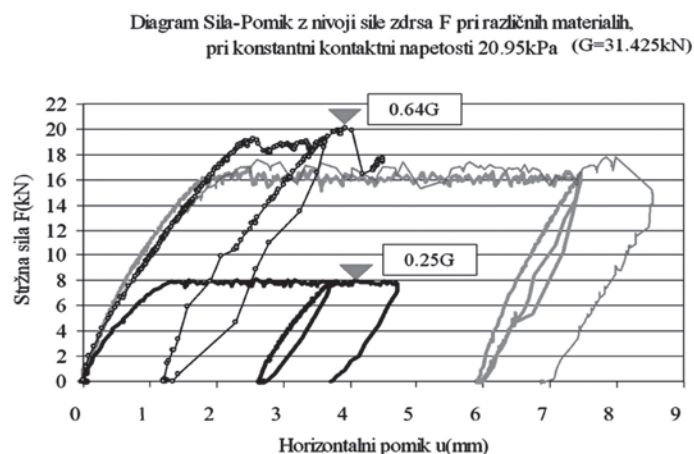
Pri preizkušancu, kjer smo med temeljno ploščo in toplotno izolativnimi ploščami FIBRANxps 400 v debelini 24cm

namestili ločilno PE folijo Sarnavap 1000, je prišlo do zdrsa med XPS ploščo in PE folijo že pri 25% vertikalne obremenitve.



Slika 08: Eksperimentalne meritve strižne odpornosti toplotno-izolativnega ovoja zgradbe pod temeljno ploščo.

Figure 08: Experimental measurements of the shear resistance of the thermal insulation envelope of the building underneath the foundation slab.

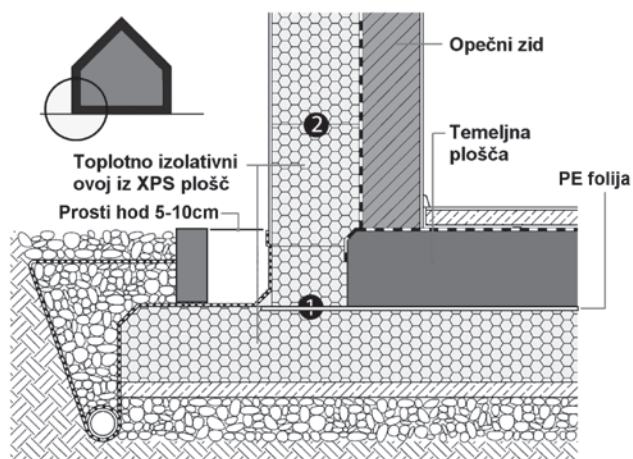


Slika 09: Rezultati meritev strižne odpornosti različnih sklopov toplotno-izolativnih ovojev

Figure 09: Measurement results for shear resistances of different thermal envelope complexes.

V nadaljevanju to pomeni, da tak sklop že lahko deluje kot potresna varovalka, ki varuje zgornjo konstrukcijo pred horizontalnimi obremenitvami večjimi od 25% teže objekta. Seveda je potrebno izdelati tudi ustrezne robne detajle, ki omogočajo in hkrati omejujejo horizontalen zamik zgornje konstrukcije glede na podlago. Kljub vsemu, pa lahko ugotovimo, da je mogoče z minimalnimi kirurškimi posegi v koncept toploto-izolirane "pasivne hiše" dograditi tudi potresno varovalko brez večjih dodatnih stroškov.

Zaradi možnega potresa ter posledično zdrsa med podlago in objektom je smiselno projektirati gibljive spoje instalacij, če seveda želimo preprečiti škodo na instalacijah. Glede na karakterističen hod in kratko trajanje potresov pri nas je pričakovati, da predlagani koncept zadovoljivo deluje v smislu varovalke za enkratno uporabo [Wallner, 2008/3], saj ni pričakovati, da bi se objekt po potresu zaustavil ravno v prvotni poziciji t.j. pred drsenjem. Za večkratno uporabo pa je potrebno predvideti, da se objekt po potresu ponovno namesti v prvotno pozicijo, kar se lahko izvede ročno ali pa se v ta namen vgradi t.i. dodatno opremo za avtomatsko korekcijo pozicije stavbe.



Slika 10: Korigirani detajl izvedbe toplotno-izolativnega ovoja zgradbe na stiku stena - tla z dodano potresno varovalko

Figure 10: Corrected detail of the execution of the thermal insulation envelope of the building at the wall-floor joint following an added earthquake protector.

Zaključek

Tipičen individualni stanovanjski objekt v Sloveniji je stenasta konstrukcija, zidana v opeki in je tako zgradba z nizko duktilnostjo, ki je zaradi velike togosti in mase v slučaju potresa tudi zelo močno obremenjena [Tomažević, 2004]. Tuje raziskave kažejo na to, da vgradnja potresnih izolatorjev danes ni tako velik strošek. Ker je gradnja pasivnih hiš že danes realnost in, ker se koncepta potresne izolacije in toplotne izolacije vgrajene pod objektom podvajata je smiselno koncepta združiti, da dosežemo sinergijski učinek.

Trenutno je pri manjših objektih t.j. hišah smiselno izbrati koncepta zasnove potresne izolacije po principu varovalke, ki v primeru preobremenitve deluje kot »air bag« v avtomobilu, saj je bistvenega pomena, da v situaciji, ko nas preseneti zelo močan potres t.j. močnejši od predvidenega, lahko varno zapustimo zgradbo oz. »izstopimo« iz nje brez poškodb.

Ker je uporabna doba zidanih objektov bistveno daljša v primerjavi z avtomobili, je pri danes grajenih stavbah smiselno zasnovati tako konstrukcijo, da bo omogočala takojšnje ali pa naknadno vgradnjo oziroma servisno vgradnjo elementov potresne izolacije. Sočasno pa s tem dopustimo možnost raznih posodabljanj, sicer se lahko zgodi, da bodo stavbe prehitro zastarale in izgubile svojo vrednost.

Viri in literatura

- ARSO, (2009): Karakteristike potresov v Sloveniji, <http://www.arso.gov.si/potresi/vpra%C5%A1anja/#N151>, <Februar, 2009>
- Ahmad, N. in Qureshi, U., (2007): <http://www.kenken.go.jp/english/information/information/event/ws2007/2-14.pdf>, <Februar, 2009>
- Fibran, (2008): Prospekti, detajli, <http://www.fibran.si> - Fibran internetni portal, <Februar, 2009>
- Forni, M., (2006): Podatki seizmičnih izolacij v Italiji in svetu, www.enea.it, <Januar, 2007>
- Kilar, V. in Koren, D., (2007): Vpliv potresne izolacije na arhitekturo stavb, Poročilo o raziskovalnem delu za leto 2006, UL-FA, Ljubljana
- MORS, (2006): Ocena potresne ogroženosti RS, http://www.sos112.si/slo/docs/ogrozenost_potres.pdf, <Februar, 2009>
- Naeim, F. in Kelly, J., (1999): Design of Seismic Isolated Structures: From Theory to Practice, John Wiley & Sons, New York
- ND SIST EN, (2005): Nacionalni dodatek k standardu SIST EN 1998-1, Urad RS za standardizacijo in meroslovje, Ljubljana
- Tasič, I. in Vidrih, R., (2006): Magnituda potresa, v: Ujma, 2006, št. 20, Ljubljana
- Tomažević, M., (1999): Earthquake-resistant design of masonry buildings, Imperial College Press, London
- Tomažević, M., (2004): Vpliv robustnosti opečnih votlakov na obnašanje zidov pri potresni obteži, v: Gradbeni vestnik, September 2004, ZDGITS, Ljubljana
- Tomažević, M., (2005): Obnašanje zidanih stavb med potresom v Bovcu 12.7.2004, v: Gradbeni vestnik, Januar 2005, ZDGITS, Ljubljana
- SIST EN, (2005): SIST EN 1998-1 standard, Urad RS za standardizacijo in meroslovje, Ljubljana
- Wallner, E., (2008/1): Pregled možnosti potresnih izolacij individualnih objektov, Poročilo o raziskovalnem delu za leto 2007, UL-FA, Ljubljana
- Wallner, E., (2008/2): Temeljenje hiš na toplotni izolaciji, v: Pasivne hiše – novogradnje in sanacije, Publikacija ob strokovnem izpopolnjevanju, UL-FA, Ljubljana
- Wallner, E., (2008/3): Temeljenje pasivnih hiš s potresno varovalko, v: Zbornik 30. zborovanja gradbenih konstruktorjev Slovenije, SDGK, Ljubljana
- Zbašnik S., M., (2007): Pasivna Hiša, UL-FA, Ljubljana

mag. Edo Wallner
edo.wallner@fa.uni-lj.si
UL Fakulteta za arhitekturo