

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta
za gradbeništvo
in geodezijo



Jamova cesta 2
1000 Ljubljana, Slovenija
<http://www3.fgg.uni-lj.si/>

DRUGG – Digitalni repozitorij UL FGG
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

To je izvirna različica zaključnega dela.

Prosimo, da se pri navajanju sklicujete na bibliografske podatke, kot je navedeno:

Strmecki, M., 2015. Eksperimentalne preiskave in poenostavljena potresna analiza konstrukcijskega sistema JUBHome BASE. Diplomski naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentor Dolšek, M., somentor Snoj, J.): 25 str.

Datum arhiviranja: 08-10-2015

University
of Ljubljana

Faculty of
Civil and Geodetic
Engineering



Jamova cesta 2
SI – 1000 Ljubljana, Slovenia
<http://www3.fgg.uni-lj.si/en/>

DRUGG – The Digital Repository
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

This is original version of final thesis.

When citing, please refer to the publisher's bibliographic information as follows:

Strmecki, M., 2015. Eksperimentalne preiskave in poenostavljena potresna analiza konstrukcijskega sistema JUBHome BASE. B.Sc. Thesis. Ljubljana, University of Ljubljani, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Dolšek, M., co-supervisor Snoj, M.): 25 pp.

Archiving Date: 08-10-2015

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta za
*gradbeništvo in
geodezijo*



Jamova 2
1000 Ljubljana, Slovenija
telefon (01) 47 68 500
faks (01) 42 50 681
fgg@fgg.uni-lj.si

UNIVERZITETNI ŠTUDIJSKI
PROGRAM PRVE STOPNJE
GRADBENIŠTVO

Kandidat:

MARKO STERMECKI

**EKSPERIMENTALNE PREISKAVE IN
POENOSTAVLJENA POTRESNA ANALIZA
KONSTRUKCIJSKEGA SISTEMA JUBHOME BASE**

Diplomska naloga št.: 237/B-GR

**EXPERIMENTAL INVESTIGATIONS AND SIMPLIFIED
SEISMIC ANALYSIS OF THE STRUCTURAL SYSTEM
JUBHOME BASE**

Graduation thesis No.: 237/B-GR

Mentor:

izr. prof. dr. Matjaž Dolšek

Somentor:

asist. dr. Jure Snoj

Ljubljana, 24. 09. 2015

STRAN ZA POPRAVKE

Stran z napako

Vrstica z napako

Namesto

Naj bo

IZJAVA O AVTORSTVU

Podpisani Marko Stermecki izjavljam, da sem avtor diplomske naloge z naslovom »Eksperimentalne preiskave in poenostavljena potresna analiza konstrukcijskega sklopa JUBHome BASE«.

Izjavljam, da je elektronska različica v vsem enaka tiskani različici.

Izjavljam, da dovoljujem objavo elektronske različice v digitalnem repozitoriju.

Ljubljana, september 2015

Marko Stermecki

BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

UDK:	624.042.7(043.2)
Avtor:	Marko Stermecki
Mentor:	prof. dr. Matjaž Dolšek
Somentor:	asist. dr. Jure Snoj
Naslov:	Eksperimentalne preiskave in poenostavljena potresna analiza konstrukcijskega sistema JUBHome BASE
Tip dokumenta:	diplomska naloga - univerzitetni študij
Obseg in oprema:	25 str., 9 sl., 18 pregl.
Glavne besede:	JUBHome BASE, toplotna izolacija, preiskave na zdrs, koeficient lepenja, ciklične preiskave, strižna nosilnost, potresna sila, pospešek tal

Izveček:

V prvem delu diplomske naloge je opisan postopek testiranja sistema JUBHome BASE, ki predstavlja temeljni konstrukcijski sklop sistema JUBHome. Obravnavan temeljni sklop je sestavljen iz podložnega betona, hidroizolacije, toplotne izolacije ter armiranobetonske temeljne plošče. Osnovni namen preiskav, ki so se izvajale na Fakulteti za gradbeništvo in geodezijo, je bilo določiti odpornost temeljnega sklopa na zdrs ter odpornost čepastega stika med EPS ploščami, ki se lahko izvede v sloju toplotne izolacije. Kot rezultati preizkusov so v diplomski nalogi podani koeficienti lepenja ter strižne nosilnosti posameznih preizkušancev. V nadaljevanju diplomske naloge je opisan postopek potresne analize po metodi z vodoravnimi silami. Po tem postopku je opravljena potresna analiza temeljnega sklopa izbrane pritlične hiše na področju Ljubljane. Rezultati analize so potresne sile na nivoju toplotne izolacije. Za obravnavan primer smo ugotovili, da je zdrs v primeru projektne potresa preprečen. Projektni pospešek tal pri katerem bi prišlo do pojava zdrsa objekta, če se toplotno izolacijo prosto položi na hidroizolacijo, znaša 0,36 g. V primeru lepljenega stika med toplotno in hidroizolacijo pa je zdrs preprečen vse do maksimalnega pospeška tal 0,68 g.

BIBLIOGRAPHIC – DOCUMENTALISTIC INFORMATION

UDC: 624.042.7(043.2)
Author: Marko Stermecki
Supervisor: Prof. Matjaž Dolšek, Ph. D.
Co-advisor: Assist. Jure Snoj, Ph. D.
Title: Experimental investigations and simplified seismic analysis of the structural system JUBHome BASE
Document type: Graduation Thesis – University studies
Notes: 25 p., 9 fig., 18 tab.
Key words: JUBHome BASE, thermal insulation, sliding tests, coefficient of static friction, shear tests, shear resistance, seismic force, ground acceleration

Abstract:

The experimental investigations of the structural system JUBHome BASE are presented in the first part of the thesis. JUBHome BASE is a foundation assembly which consists of hydro isolation, thermal isolation (EPS) and reinforced concrete foundation slab. The main objective of the experimental investigations, which were performed at the Faculty of Civil and Geodetic Engineering, was to determine the shear resistance of the JUBHome BASE system and the shear resistance of the contact in layers of thermal isolation. Discussed are the results of the experimental investigation with an emphasis on the coefficient of friction and shear resistance of contact between layers of thermal isolation. In the second part of the thesis the simplified seismic analysis according to method with horizontal forces is described. This method was used to estimate the design seismic force in the case of a residential house located in Ljubljana. It was found that the design seismic force is lower than the shear resistance of JUBHome BASE system. The slip between the hydro isolation and thermal isolation would occur if peak ground acceleration would be greater than 0,36 g. If the thermal isolation is glued then the shear resistance would be attained at peak ground acceleration of 0,68 g.

ZAHVALA

Za pomoč in nasvete se zahvaljujem mentorju Matjažu Dolšku in somentorju Juretu Snoju. Za moralno podporo v času študija in pisanja diplomskega dela se zahvaljujem svoji družini in prijateljem.

KAZALO VSEBINE

STRAN ZA POPRAVKE.....	I
IZJAVA O AVTORSTVU	II
BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK.....	III
BIBLIOGRAPHIC – DOCUMENTALISTIC INFORMATION	IV
ZAHVALA	V
KAZALO PREGLEDNIC	VIII
KAZALO SLIK	IX
1 Uvod.....	1
2 Preizkušanci	2
2.1 Opis materialov	2
2.2 Zasnova preizkušancev.....	2
3 Preiskave	4
3.1 Preiskave na zdrs	4
3.1.1 Zaključki.....	7
3.2 Ciklične preiskave	7
3.2.1 Opis preiskave	7
3.2.2 Zaključki.....	10
3.3 Primerjava rezultatov.....	11
4 Opis računskega postopka za poenostavljeno potresno analizo.....	12
4.1 Metoda s horizontalnimi silami	12
4.1.1 Potresna sila.....	12
4.1.2 Razdelitev horizontalnih potresnih sil	13
5 Analiza izbrane konstrukcije.....	14
5.1 Opis konstrukcije.....	14
5.2 Material.....	15
5.3 Obtežba.....	15
5.3.1 Lastna in koristna obtežba	15
5.3.2 Potresna obtežba	17
5.3.3 Razpokanost prerezov.....	17

5.3.4	Določitev faktorja obnašanja.....	18
5.3.5	Izračun mas	18
5.4	Izračun togosti toplotne izolacije	19
5.5	Izračun pomikov konstrukcije v programu SAP	20
5.6	Izračun potresnih sil	21
5.6.1	Prosto polaganje toplotne izolacije.....	21
5.6.2	Uporaba lepila Hidrozol	21
5.7	Primerjava z rezultati preiskav	23
5.8	Vpliv projektne pospeška tal na zdrs temeljne plošče	23
6	Zaključek	24
VIRI.....		25

KAZALO PREGLEDNIC

Tabela 1 : Mehanske lastnosti EPS.....	2
Tabela 2: Opis preizkušancev	3
Tabela 3: Odnos med horizontalno silo in pomikom ter koeficient lepenja za preizkušanca T1 in T2... 5	5
Tabela 4: Odnos med horizontalno silo in pomikom ter koeficient lepenja za preizkušanca T3 in T4... 6	6
Tabela 5: Minimalne vrednosti koeficienta lepenja.....	7
Tabela 6: Protokol obremenjevanja.....	8
Tabela 7: Odnos med horizontalno silo in pomikom ter strižne nosilnosti na enoto površine za T5 do T10.....	9
Tabela 8: Minimalne vrednosti strižnih nosilnosti	10
Tabela 9: Primerjava rezultatov.....	11
Tabela 10: Koristna obtežba posameznih kategorij ter vrednosti faktorjev Ψ_2 in φ (SIST EN 1991-1-1: 2006).....	15
Tabela 11: Konstrukcijski sklop tal (lastna teža).....	16
Tabela 12: Konstrukcijski sklop tal (koristna obtežba)	16
Tabela 13: Konstrukcijski sklop stropa (lastna teža).....	16
Tabela 14: Konstrukcijski sklop strehe (lastna teža)	16
Tabela 15: Konstrukcijski sklop sten (lastna teža)	17
Tabela 16: Strižna togost toplote izolacije	19
Tabela 17: Pomiki posameznih etaž pri prostem polaganju toplotne izolacije.....	20
Tabela 18: Pomiki posameznih etaž pri uporabi lepila Hidrozol	20

KAZALO SLIK

Slika 1:Preizkušavec pripravljen na testiranje.....	2
Slika 2: Zdrs preizkušanca T1.....	4
Slika 3: Zdrs preizkušanca T3.....	4
Slika 4: Porušitev preizkušanca T5.....	4
Slika 5: Porušitev preizkušanca T6.....	8
Slika 6: Porušitev preizkušanca T10.....	8
Slika 7: Tloris nosilne konstrukcije.....	14
Slika 8: Projektni spekter pospeškov po EC8.....	17
Slika 9: Računski model v programu SAP2000.....	20

1 Uvod

Optimalna izraba virov v smislu trajnostne gradnje je izjemno kompleksen problem še posebej, če želimo zadostiti vsem projektnim zahtevam. Poraba energije za ogrevanje ali ohlajevanje prostora ima kar precejšen vpliv na porabo virov v času uporabe objekta. Če se osredotočimo samo na čas uporabe objekta, lahko porabo energije bistveno zmanjšamo z izvedbo ustreznega ovoja toplotne izolacije. Izvedba toplotne izolacije po celotnem ovoju objekta predstavlja optimalen način gradnje s stališča porabe energije, ki je potrebna za ogrevanje prostorov, in je zato tudi osnova za pasivne in skoraj nič-energijske hiše.

Toplota skozi ovoj stavbe uhaja preko različnih sklopov. Po navedbah Mikca (2014) največ toplote uide skozi stene (približno 35%) in streho (približno četrtino). Toplotne izgube na stiku stavbe s tlemi so manjše (različni viri navajajo od 10-20%) vendar niso zanemarljive, zato je tudi tu smotrno namestiti toplotno izolacijo. Po novem pravilniku o učinkoviti rabi energije v stavbah PURES, ki je stopil v veljavo 1.7.2010 in tehnični smernici TSG-1-004:2010 je lahko maksimalna toplotna prevodnost konstrukcijskega sklopa tal na terenu $U_{\max} = 0,35 \text{ W/m}^2\text{K}$, kar pa je brez toplotne izolacije skoraj nemogoče doseči (Mikec, 2014).

Gradnja objektov s toplotno izolacijo pod temelji ni predvidena v standardu za potresno odporno projektiranje objektov (Evrokod 8). Zaradi tega je potrebno preveriti vpliv toplotne izolacije na potresno odpornost ter razviti napotke za projektiranje takšnih objektov. Med potresom se v toplotni izolaciji pod temeljno ploščo povečajo tlačne in strižne napetosti, pojavi nevarnost za zdrs in prevrnitev objekta. Toplotna izolacija deloma vpliva tudi na nihajni čas sistema, ki se poveča zaradi podajnosti toplotne izolacije.

V prvem delu diplomske naloge je opisan postopek testiranja preizkušancev temeljnega sklopa JUBHome BASE. Temeljni sklop je izveden tako, da se na podložni beton najprej privari sloj hidroizolacije, na katerega se položi sloj toplotne izolacije, na koncu pa se izvede še armiranobetonska temeljna plošča. Sloj toplotne izolacije se izvede iz ekspandiranega polistirena (EPS) v enem ali dveh slojih z vmesnim čepastim stikom v različnih skupnih debelinah. Takšni preizkušanci so bili izvedeni z namenom določitve koeficient lepenja in zdrs. Poleg tega so bili izvedeni ciklični testi za določitev odpornosti čepastega stika med toplotno izolacijo, ter odpornosti homogenega materiala. Rezultati teh preizkusov so v diplomski nalogi podrobneje predstavljeni.

V nadaljevanju je predstavljen postopek potresne analize po metodi s horizontalnimi silami za izbran enostaven objekt, kjer smo preverili ali je preprečen zdrs v primeru projektnega potresa. Obravnavana pritlična hiša se nahaja na območju Ljubljane. Ocenili smo tudi koliko znaša pospešek tal, pri katerem se lahko pojavi zdrs.

2 Preizkušanci

Izvedenih je bilo pet parov preizkušancev na horizontalno obtežbo. Dokončani preizkušanci so bili pripeljani v Konstrukcijsko prometni laboratorij Fakultete za gradbeništvo in geodezijo, kjer se jih je pripravilo na testiranje. Horizontalno obtežbo se je v preizkušance vneslo s pomočjo hidravličnega bata preko jeklene pomožne konstrukcije, ki je bila nameščena na temeljno armiranobetonsko ploščo. Preizkušanci so bili obremenjeni z vertikalno obtežbo, ki je bila sestavljena iz lastne teže zgornje AB plošče in obtežbe dodatnega hidravličnega bata. Pritisk v vertikalnem batu smo uravnavali ročno, tako da se je vertikalna sila gibala v bližini željene vrednosti. Na preizkušance so bili v posameznih točkah nameščeni induktivni merilci (LVDT), s pomočjo katerih smo merili pomike.



Slika 1: Preizkušanec pripravljen na testiranje

2.1 Opis materialov

Uporabljeni materiali za preizkušance so beton C30/37, jeklo S500 in različne izvedbe toplotne izolacije z expandiranim polistirenom (EPS) proizvajalca JUB. V spodnji preglednici so podane mehanske lastnosti uporabljenih EPS dobljene iz poročila (Tekavec, 2014).

Tabela 1 : Mehanske lastnosti EPS

Lastnost	EPS 300	EPS 400
Tlačna trdnost pri 10% deformaciji σ_{10} (kPa)	300	400
Strižna trdnost τ (kPa)	225	300

2.2 Zasnova preizkušancev

V tabeli 2 so podani načrti in opisi posameznih preizkušancev, v tabeli 3 pa tipi eksperimentov, vrsta izvedbe toplotne izolacije (lahko gre za čepast stik ali homogen material) in vrsta uporabljene toplotne izolacije glede na tlačno trdnost.

Tabela 2: Opis preizkušancev

Preizkušanec	Tip eksperimenta	Načrt	Opis sklopa
T1	zdrs		<ul style="list-style-type: none"> • Kontaktno betonirana zgornja AB plošča • EPS 400 2 x 15 cm z vmesnim čepastim stikom prosto položen na hidroizolacijo • Spodnja AB plošča (podložni beton)
T2	zdrs		
T3	zdrs		<ul style="list-style-type: none"> • Kontaktno betonirana zgornja AB plošča • EPS 400 2 x 15 cm z vmesnim čepastim stikom lepljen na hidroizolacijo z lepilom Hidrozol • Spodnja AB plošča (podložni beton)
T4	zdrs		
T5	strig (ciklični test)		<ul style="list-style-type: none"> • Zgornja AB plošča • EPS 400 2 x 15 cm z vmesnim čepastim stikom zgoraj in spodaj lepljen z epoksi lepilom SikaForce • Spodnja AB plošča (podložni beton)
T6	strig (ciklični test)		
T7	strig (ciklični test)		<ul style="list-style-type: none"> • Zgornja AB plošča • EPS 300 2 x 7 cm z vmesnim čepastim stikom zgoraj in spodaj lepljen z epoksi lepilom SikaForce • Spodnja AB plošča (podložni beton)
T8	strig (ciklični test)		
T9	strig (ciklični test)		<ul style="list-style-type: none"> • Zgornja AB plošča • EPS 300 14 cm homogen zgoraj in spodaj lepljen z epoksi lepilom SikaForce • Spodnja AB plošča (podložni beton)
T10	strig (ciklični test)		

3 Preiskave

3.1 Preiskave na zdrs

Preizkušanca T1 in T2 se je s pomočjo hidravličnega bata obremenjevalo v horizontalni smeri preko zgornje AB plošče. Preizkušancema se je vsiljevalo pomike s konstantno hitrostjo 0,1 mm/s. Vertikalna napetost je znašala 50 kPa, nato pa se je postopek ponovil še pri vertikalni napetosti 100 kPa. Prvi preizkušanec se je obremenilo do končnega pomika 50 mm. Ker je do padca sile pri vertikalni napetosti 50 kPa prišlo že pri pomiku 4,2 mm oz. pri vertikalni napetosti 100 kPa pri pomiku 6,7 mm, se je preizkušanec T2 obremenilo le do končnega pomika 30 mm. Pri obeh preizkušancih je prišlo do zdrsa na stiku med hidroizolacijo in toplotno izolacijo, kot je razvidno iz slike 2. Preizkušanca T3 in T4 se je obremenjevalo po istem postopku kot T1 in T2. Pomike v horizontalni smeri se je vsiljevalo s konstantno hitrostjo 0,1 mm/s do končnega pomika 30mm. Pri obeh preizkušancih je prišlo do odpovedi lepila Hidrozol na stiku med hidroizolacijo in toplotno izolacijo, kot je razvidno iz slike 3. Koeficient lepenja je določen na podlagi razmerja med tlačnimi in strižnimi napetostmi v trenutku ko se toplotna izolacija odlepi od hidroizolacije.

Vertikalna tlačna napetost v preizkušancu je definirana z enačbo:

$$\sigma = \frac{F_v}{A} \quad (3.1)$$

Pri čemer je A enak bruto površini plošče toplotne izolacije, F_v pa je osna sila na stiku toplotne izolacije in hidroizolacije, v kateri je zajet prispevek osne sile v vertikalnem batu, jeklenih elementov za raznos vertikalne obtežbe (3,7 kN) ter zgornje AB plošče (3,9 kN)

Strižna napetost τ je definirana z razmerjem med horizontalno silo v batu F_b in površino tloriga plošč toplotne izolacije A (0.68 m²).

$$\tau = \frac{F_b}{A} \quad (3.2)$$

Koeficient lepenja je določen po enačbi:

$$k = \frac{\tau}{\sigma} \quad (3.3)$$



Slika 2: Zdrs preizkušanca T1



Slika 3: Zdrs preizkušanca T3

Tabela 3: Odnos med horizontalno silo in pomikom ter koeficient lepenja za preizkušanca T1 in T2

Preizkušavec	Vertikalna napetost	Diagram odvisnosti sile in pomika	Koeficient lepenja
T1	50 kPa		0,71
	100kPa		0,92
T2	50 kPa		0,61
	100 kPa		0,92

Tabela 4: Odnos med horizontalno silo in pomikom ter koeficient lepenja za preizkušanca T3 in T4

Preizkušanec	Vertikalna napetost	Diagram odvisnosti sile in pomika	Koeficient lepenja
T3	50 kPa		1,12
	100 kPa		1,10
T4	50 kPa		1,09
	100 kPa		0,96

3.1.1 Zaključki

Iz rezultatov preiskav je razvidno, da uporaba lepila Hidrozol bistveno poveča koeficient lepenja. Povečanje koeficienta lepenja zaradi uporabe lepila Hidrozol je najbolj opazno pri vertikalni obtežbi, ki ustreza napetosti 50 kPa. Pri preizkušancih T1 in T2 se koeficient lepenja zvišuje z večanjem vertikalne obtežbe. Pri preizkušancih T3 in T4, kjer je toplotna izolacija z lepilom Hidrozol prilepljena na hidroizolacijo pa pride do obratnega pojava, koeficient lepenja se z večanjem vertikalne obtežbe manjša. Iz diagramov za preizkušanca T3 in T4 je tudi razvidno, da pri vertikalni napetosti 50 kPa po začetnem padcu sile ta še vedno narašča, kar je posledica gubanja hidrozola pod izolacijo. Pri dovolj velikem pomiku pa hidrozol popolnoma popusti in posledično pride do velikega padca sile. Ta pojav pri vertikalni napetosti 100 kPa ni tako izrazit. Zaradi majhnega števila preizkušancev je za kasnejšo analizo merodajen najmanjši koeficient lepenja izmed dveh preizkušancev istega tipa, ki je podan v tabeli 5.

Tabela 5: Minimalne vrednosti koeficienta lepenja

Preizkušanec	Koeficient lepenja (obtežba 50 kPa)	Minimum	Koeficient lepenja (obtežba 100 kPa)	Minimum
T1	0,71	0,61	0,92	0,92
T2	0,61		0,92	
T3	1,12	1,09	1,1	0,96
T4	1,09		0,96	

3.2 Ciklične preiskave

3.2.1 Opis preiskave

Preizkušancem od T5 do T10 se je v horizontalni smeri s pomočjo hidravličnega bata vsiljevalo pomike. Pomike se je vsiljevalo ciklično po vnaprej predpisanem protokolu. Ciklično vsiljevanje pomeni, da bat potisne preizkušanec do nekega skrajnega pomika in nato preko začetne lege proti negativni vrednosti tega pomika, v naslednjem ciklu pa se skrajni pomik poveča. Protokol poteka pomikov je prikazan v tabeli 6. Pri preizkušancu T5 je zaradi rotacije temelja prišlo do velikega nihanja velikosti vertikalne obtežbe v pozitivni in negativni smeri. Pri prestrigu temelja je bila vrednost vertikalne napetosti dosti večja od 50 kPa, kar se kaže v večji strižni nosilnosti čepastega stika. Pri ostalih preizkušancih pa se je vertikalno obtežbo s pomočjo hidravličnega bata uravnavalo, tako da se je vertikalna napetost gibala okoli vrednosti 50 kPa. Rezultati preiskav so bili diagrami odvisnosti sile in pomika. Določene so bile strižne nosilnosti čepastega stika za preizkušance od T5 do T7 ter strižne nosilnosti homogenega materiala pri preizkušancih T9 in T10. Strižne nosilnosti posameznih preizkušancev so bile določene po enačbi 3.2, v kateri je upoštevana največja dosežena horizontalna sila.

Tabela 6: Protokol obremenjevanja

Korak	u (mm)	v (mm/s)	t_{cikla} (s)	n_{ciklov}
0	0,00	0,25	0,00	2
1	1,04	0,25	16,59	2
2	1,45	0,25	23,23	2
3	2,03	0,25	32,53	2
4	2,85	0,25	45,54	2
5	3,98	0,25	63,75	2
6	5,58	0,25	89,25	2
7	7,81	0,25	124,95	2
8	10,93	0,25	174,93	2
9	15,31	0,25	244,90	2
10	21,43	0,25	342,86	2
11	30,00	0,25	480,00	2
12	39,00	0,25	624,00	2
13	48,00	0,25	768,00	2

Pri preizkušancu T5 je zaradi prevelike vertikalne obtežbe prišlo do prestriga spodnje plasti EPS in kasnejše odpovedi čepastega stika med plastema, kot je razvidno iz slike 4. Preizkušanci T6, T7 in T8 so po pričakovanju odpovedali po stiku med plastema EPS. Na sliki 5 je prikazana porušitev preizkušanca T6. Preizkušanca T9 in T10 sta odpovedala po stiku med EPS in spodnjo AB ploščo, kot je razvidno iz slike 6. V tabeli 7 so podani rezultati preizkusov.



Slika 4: Porušitev preizkušanca T5

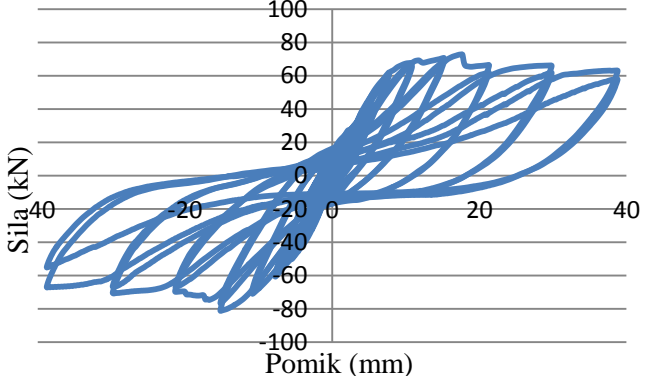
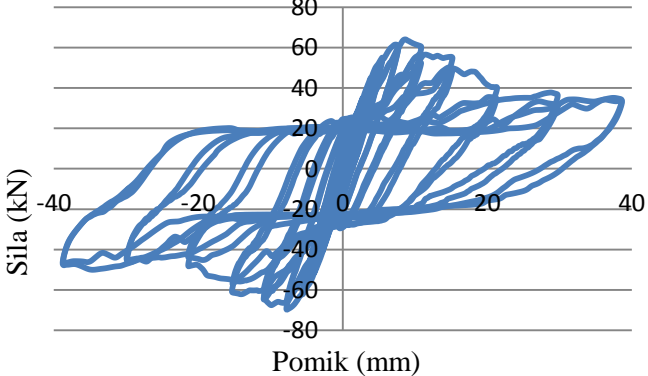
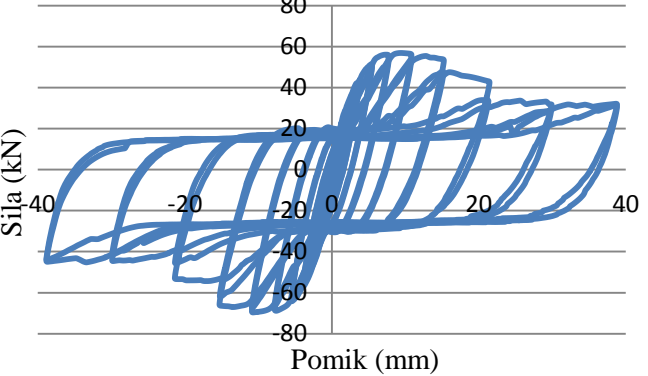
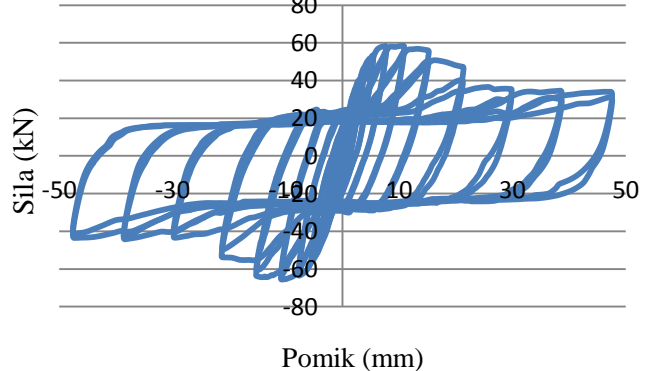


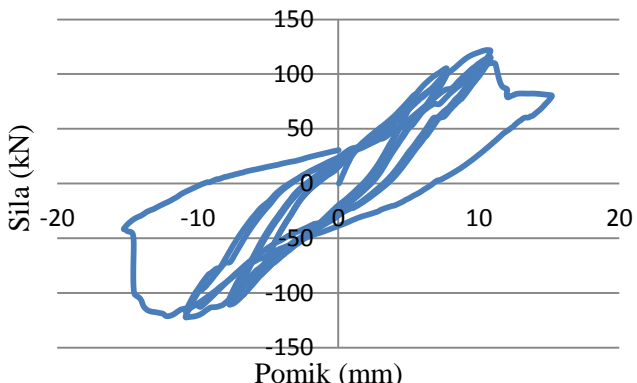
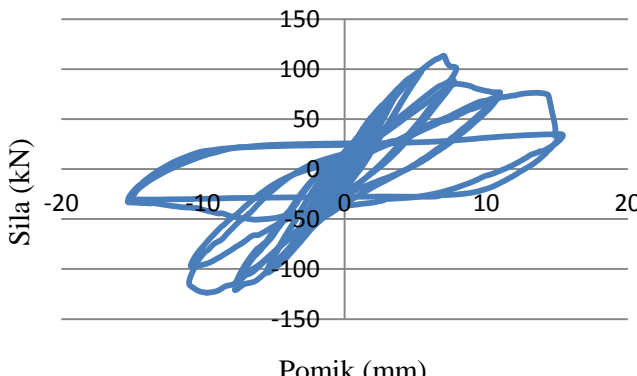
Slika 5: Porušitev preizkušanca T6



Slika 6: Porušitev preizkušanca T10

Tabela 7: Odnos med horizontalno silo in pomikom ter strižna nosilnosti na enoto površine za T5 do T10

Preizku- šanec	Diagram odvisnosti sile in pomika	Strižna nosilnost na enoto površine (kPa)
T5		119
T6		102
T7		102
T8		96

T9		179
T10		182

3.2.2 Zaključki

Kot je že omenjeno v prejšnjem poglavju je bila strižna nosilnost preizkušanca T5 zaradi dosti večje vertikalne sile pri prestrigu večja. Strižna nosilnost tega preizkušanca zaradi nezmožnosti primerjave rezultatov za račun ni merodajna. Iz rezultatov je razvidno, da je nosilnost čepastega stika dosti manjša od nosilnosti homogenega materiala, kar je bilo zaradi manjše strižne površine čepastega stika pričakovano. Iz primerjave med preizkušancema T5 in T6 z preizkušancema T7 in T8 je razvidno, da debelina posameznih slojev toplotne izolacije ne vpliva bistveno na strižno nosilnost čepastega stika. Vpliv razlike v tlačnih trdnostih na strižno nosilnost iz rezultatov preiskav ni razviden. Zaradi majhnega števila preizkušancev se za analizo uporabijo minimalne vrednosti strižnih trdnosti čepastega stika in homogenega materiala, ki so prikazane v tabeli 8.

Tabela 8: Minimalne vrednosti strižnih nosilnosti

Preizkušavec	Tlačna trdnost σ_{10} (kPa)	Strižna nosilnost τ (kPa)	Minimum (kPa)
T5	400	119	102
T6	400	102	
T7	300	102	96
T8	300	96	
T9	300	179	179
T10	300	181	

3.3 Primerjava rezultatov

Z namenom določitve najbolj kritičnega načina porušitve temeljnega sklopa so za preizkušance od T1 do T4, testirane na zdrs, po enačbi 3.4 določene strižne napetosti, ki se pojavijo v toplotni izolaciji v trenutku, ko pride do zdrsa. Rezultati so prikazani v tabeli 9. Opravljena je bila primerjava izračunanih napetosti z strižnimi nosilnostmi čepastih stikov in homogenega materiala, določenimi v poglavju 3.2 pri vertikalni napetosti 50 kPa. Iz primerjave rezultatov je razvidno, da je najbolj kritična oblika porušitve zdrs na stiku med hidroizolacijo in prosto položeno toplotno izolacijo, saj je v tem primeru strižna napetost najmanjša.

$$\tau_{zdrs} = \frac{F_{zdrs}}{A} \quad (3.4)$$

Pri čemer so:

F_{zdrs} ...horizontalna sila pri zdrsu,

A površino tlora plošče toplotne izolacije.

Tabela 9: Primerjava rezultatov

Preizkušanec	Strižna napetost pri prestrigu (kPa)
T1	35
T2	30
T3	56
T4	55

4 Opis računskega postopka za poenostavljeno potresno analizo

4.1 Metoda s horizontalnimi silami

V tem poglavju je opisana metoda analize z horizontalnimi silami, kot je podana v standardu Evrokod 8 (SIST EN 1998-1, 2004). Metoda je primerna za zgradbe, na odziv katerih najbolj vpliva osnovna nihajna oblika in višje nihajne oblike nimajo večjega vpliva.

4.1.1 Potresna sila

Osnovna potresna strižna sila F_b , za vsako horizontalno smer, v kateri je konstrukcija analizirana je določena z naslednjo enačbo:

$$F_b = S_d(T_1) * m * \lambda \quad (4.2)$$

Pri čemer so:

$S_d(T_1)$... vrednost na ordinati v projektnem spektru pospeškov pri vrednosti T_1 ,

T_1osnovni nihajni čas konstrukcije v obravnavani smeri,

mskupna masa zgradbe nad temelji ali nad togo kletjo,

λkorekcijski faktor, katerega vrednost je: $\lambda = 0,85$ če $T_1 \leq 2 T_c$ in ima zgradba več kot dve nadstropji, v nasprotnem primeru: $\lambda = 1$.

Za določitev osnovnega nihajnega časa konstrukcije T_1 se lahko uporabi Rayleigh-ova metoda. Osnovni nihajni čas konstrukcije določimo po naslednji enačbi:

$$T_1 = 2 * \pi \sqrt{\frac{\sum m_j * u_j^2}{\sum f_j * u_j}} \quad (4.3)$$

Pri čemer so:

m_j ...masa etaže j ,

f_jkomponenta horizontalne obtežbe v etaži j ,

u_jkomponenta statičnega pomika v etaži j zaradi obtežbe.

4.1.2 Razdelitev horizontalnih potresnih sil

Osnovna oblika obtežbe v horizontalni smeri je lahko določena na podlagi metod dinamike gradbenih konstrukcij, lahko se pa uporabi linearna aproksimacija vzdolž višine objekta.

Potresni efekt na dvodimenzionalnem modelu je definiran s pomočjo horizontalnih sil F_i v vseh nadstropjih.

$$F_i = F_b * \frac{s_i * m_i}{\sum s_j * m_j} \quad , \quad (4.4)$$

Pri čemer so:

F_ihorizontalna sila na i-ti etaži;

F_bosnovna potresna sila določena po enačbi 4.2;

s_i, s_j ...pomiki mas m_i in m_j pri osnovni obliki obtežbe;

m_i, m_j ...mase posameznih etaž.

Če je osnovna obtežna oblika linearno aproksimirana vzdolž višine objekta, se horizontalne sile F_i izračuna z naslednjo enačbo:

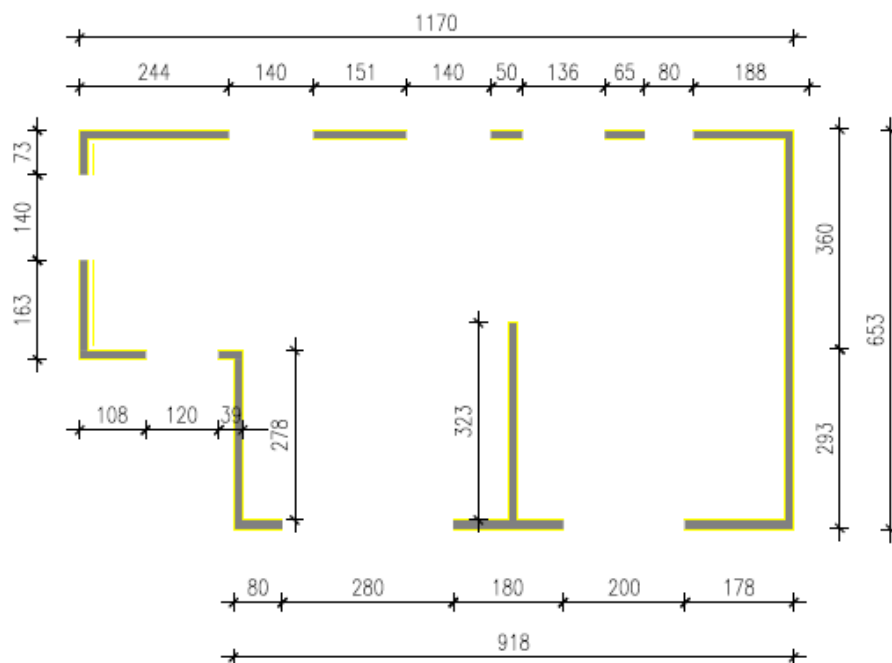
$$F_i = F_b * \frac{z_i * m_i}{\sum z_j * m_j} \quad (4.5)$$

5 Analiza izbrane konstrukcije

Pritlično hišo tlorisne površine 70 m^2 sem analiziral na potresno obtežbo po postopku, opisanem v poglavju 4. Tloris objekta je pripravilo podjetje JUB d.o.o. Za potrebe analize je predpostavljeno, da se hiša nahaja v okolici Ljubljane. Obtežna kombinacija za potresno obtežbo je določena v skladu s standardom Evrokod 8 (SIST EN 1998-1, 2005). Togost konstrukcije je določene s pomočjo računskega modela v programu za analizo konstrukcij SAP2000. Opravljena je potresna analiza v obeh smereh koordinatnega sistema.

5.1 Opis konstrukcije

Nosilno konstrukcijo predstavljajo armiranobetonski stenasti elementi in temeljna plošča. Predpostavljena debelina armiranobetonskih sten je 15 cm, debelina temeljne plošče pa 20 cm. Temeljna plošča leži pod celotnim tlorisom, ki vključuje tudi teraso. Nad temeljno ploščo je 5 cm debela plast estriha, na katero je položena talna keramika debeline 1 cm. Nad stenami se nahaja stropna armiranobetonska plošča debeline 12 cm. Streha je lesena. Za toplotno izolacijo pod temeljno ploščo sta uporabljene dve plasti toplotne izolacije EPS 400, vsaka debeline 15 cm z vmesnim čepastim stikom. Etažna višina znaša 2,5 m.



Slika 7: Tloris nosilne konstrukcije

5.2 Material

Uporabljeni materiali za gradnjo so naslednji:

Beton C30/37

karakteristična tlačna trdnost.....	$f_{ck} = 3,0 \text{ kN/cm}^2$
projektna tlačna trdnost.....	$f_{cd} = 2,46 \text{ kN/cm}^2$
elastični modul.....	$E = 33000000 \text{ kN/m}^2$
strižni modul.....	$G = 13200000 \text{ kN/m}^2$
specifična teža.....	$\gamma = 25 \text{ kN/m}^3$

Toplotna izolacija EPS – 400 kPa

Strižna togost toplotne izolacije EPS400, ki je potrebna za izračun je določena na podlagi rezultatov strižnih eksperimentov. Postopek določitve je opisan v poglavju 5.

5.3 Obtežba

5.3.1 Lastna in koristna obtežba

Lastna in stalna obtežba sta upoštevani glede na geometrijo izbrane konstrukcije. Koristna obtežba za stavbe pa je podana v spodnji preglednici.

Tabela 10: Koristna obtežba posameznih kategorij ter vrednosti faktorjev Ψ_2 in φ (SIST EN 1991-1-1: 2006)

Kategorija	Koristna obtežba q_k (kN/m ²)	Ψ_2	φ
A(bivalni prostori)	1,5	0,3	0,5

Za določitev projektnega potresnega vpliva moramo upoštevati naslednjo kombinacijo vplivov:

$$\sum G_{k,i} + \sum \psi_{E,j} * Q_{k,j} \quad (5.1)$$

Pri čemer so:

$$\Psi_{E,j} = \varphi * \Psi_{2,j},$$

$G_{k,j}$... karakteristična vrednost stalnega vpliva i ,

$Q_{k,j}$... karakteristična vrednost spremenljivega vpliva j ,

$\Psi_{E,j}$... koeficient za kombinacijo s spremenljivim vplivom j ,

$\Psi_{2,j}$... faktor za navidezno stalno vrednost spremenljivega vpliva.

Obtežb snega, vetra in temperaturnih sprememb se pri potresni obtežni kombinaciji v obravnavanem primeru ne upošteva, saj je vrednost faktorja za navidezno stalno vrednost spremenljivega vpliva enaka 0.

Stalna in spremenljiva obtežba je določena za posamezne konstrukcijske sklope, kot je prikazano v tabelah.

Tabela 11: Konstrukcijski sklop tal (lastna teža)

Lastna teža					
	A (m ²)	Debelina (m)	γ (kN/m ³)	g (kN/m ²)	G_i (kN)
Temeljna AB plošča	76,4	0,2	25	5	382
Estrih	76,4	0,05	24	1,2	92
Keramika	76,4	0,01	16	0,16	12
				$\sum G_i$	486

Tabela 12: Konstrukcijski sklop tal (koristna obtežba)

Koristna obtežba	
A (m ²)	76
q (kN/m ²)	1,5
Q_j (kN)	114
$\Psi_{E,j}$	0,15
$\sum \psi_{E,j} * Q_j$ (kN)	17

Tabela 13: Konstrukcijski sklop stropa (lastna teža)

Lastna teža					
	A (m ²)	Debelina (m)	γ (kN/m ³)	g (kN/m ²)	G_i (kN)
Zgornja AB plošča	66,9	0,12	25	3	201
				$\sum G_i$	201

Koristna obtežba nepohodnega stropa je zaradi kombinacijskega faktorja $\psi_2=0$ enaka 0.

Tabela 14: Konstrukcijski sklop strehe (lastna teža)

Lastna teža			
	Debelina (m)	γ (kN/m ³)	g (kN/m ²)
Strešna kritina	0,025	20	0,5
Prečne letve 3 cm/5 cm	0,03x0,05	6	0,04
Kontra letve 3 cm/5 cm	0,03x0,05	6	0,04
Špirovec 16 cm/12 cm	0,16x0,12	6	0,14
TI-steklena volna	0,22	0,3	0,07
Lesene deske 1 cm/5 cm	0,01x0,05	6	0,03
		$\sum g_i$	0,82

Tlorisna površina strehe znaša 78 m². Lastna teže strehe je 64 kN.

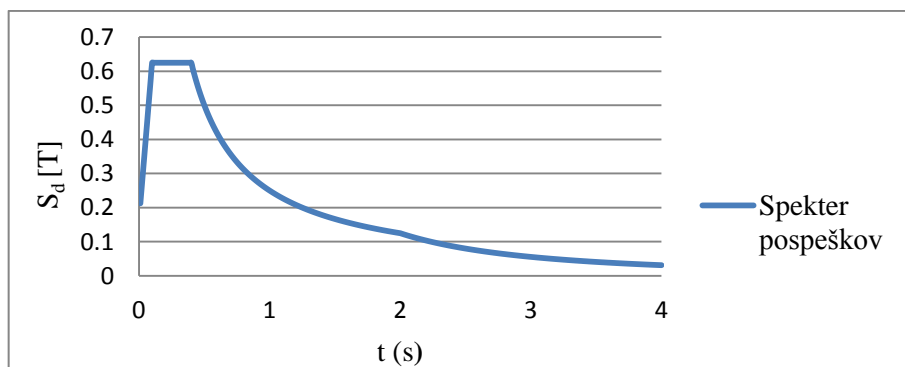
Koristna obtežba strehe je zaradi kombinacijskega faktorja ψ_2 enaka 0.

Tabela 15: Konstrukcijski sklop sten (lastna teža)

Dolžina (m)	Širina (m)	Volumen (m ³)	γ (kN/m ³)	G_i (kN)
2.4	0.4	2.2	25.0	55.8
2.4	0.15	0.9	25.0	22.9
1.5	0.15	0.6	25.0	14.2
0.5	0.15	0.2	25.0	4.7
0.7	0.15	0.2	25.0	6.1
1.9	0.15	0.7	25.0	17.6
0.8	0.15	0.3	25.0	7.5
1.8	0.15	0.7	25.0	16.9
1.8	0.15	0.7	25.0	16.7
1.1	0.15	0.4	25.0	10.1
0.4	0.15	0.1	25.0	3.7
1.6	0.15	0.6	25.0	15.3
0.7	0.15	0.3	25.0	6.8
2.8	0.15	1.0	25.0	26.1
3.2	0.15	1.2	25.0	30.3
6.5	0.15	2.4	25.0	61.2
$\sum G_i$				260

5.3.2 Potresna obtežba

Za Ljubljano znaša projektni pospešek tal 0,25g, tip tal je A, parameter tal S znaša 1. Na sliki 8 je podan projektni spekter pospeškov po standardu Evrokod 8 (SIST EN 1998-1, 2005).



Slika 8: Projektni spekter pospeškov po EC8

5.3.3 Razpokanost prerezov

Standard Evrokod 8 (SIST EN 1998-1, 2005) dopušča, da geometrijske karakteristike prerezov zaradi razpokanosti reduciramo za 50 %.

$$I_{eff} = 0,5 \cdot I \tag{5.2}$$

$$A_{s,eff} = 0,5 \cdot A_s \tag{5.3}$$

$$A_{x,eff} = 0,5 \cdot A_x \tag{5.4}$$

5.3.4 Določitev faktorja obnašanja

Za kontrolo zdrsa upoštevamo faktor obnašanja $q=1$, saj je obnašanje AB stenaste konstrukcije pri projektni potresni obtežbi zelo verjetno še elastično, kar pomeni, da redukcija potresnih sil za kontrolo zdrsa ni dovoljena.

5.3.5 Izračun mas

Pri računu mase spodnje polovice stavbe so upoštevane naslednje mase: masa temeljne armiranobetonske plošče, masi estriha ter talne keramike ter polovica mase sten. Masa zgornje polovice stavbe je sestavljena iz mase zgornje armiranobetonske plošče, mase strehe ter polovice mase sten.

Masa spodnje polovice stavbe:

$$m_1 = \frac{486 \text{ kN} + 17,2 \text{ kN} + 260 \text{ kN}/2}{9,81 \text{ m/s}^2} = 64,5 \text{ t}$$

Masa zgornje polovice stavbe:

$$m_2 = \frac{201 \text{ kN} + 64 \text{ kN} + 260 \text{ kN}/2}{9,81 \text{ m/s}^2} = 40,3 \text{ t}$$

5.4 Izračun togosti toplotne izolacije

Iz rezultatov je razvidno, da je najbolj kritičen način porušitve zdrs na stiku med toplotno in hidro izolacijo. Strižna togost toplotne izolacije je zato določena na podlagi rezultatov preizkušancev T1 in T2, pri vertikalni napetosti 50kPa, dodatno pa je izračunana še strižna togost preizkušancev T3 in T4 pri enaki vertikalni napetosti, z namenom določitve vpliva uporabe lepila Hidrozol na potresno odpornost. Strižna togost je določena na podlagi 30 odstotne sile, ki je potrebna za zdrs temelja in pripadajočega pomika.

$$K_{30} = \frac{F_p}{u_p * A_p} \quad (5.7)$$

Pri čemer so:

K_{30}strižna togost preizkušanca,

F_phorizontalna sila preizkušanca,

u_ppripadajoči pomik,

A_pploščina vzdolžnega prereza toplotne izolacije preizkušanca (0,68 m²).

Iz izračunanih strižnih togosti posameznih preizkušancev so po enačbi izračunane strižne togosti toplotne izolacije pod temeljno ploščo.

$$K_i = A_t * K_{30} \quad (5.8)$$

Pri čemer so:

K_istrižna togost izolacije pod temeljno ploščo,

A_tploščina toplotne izolacije pod temeljno ploščo.

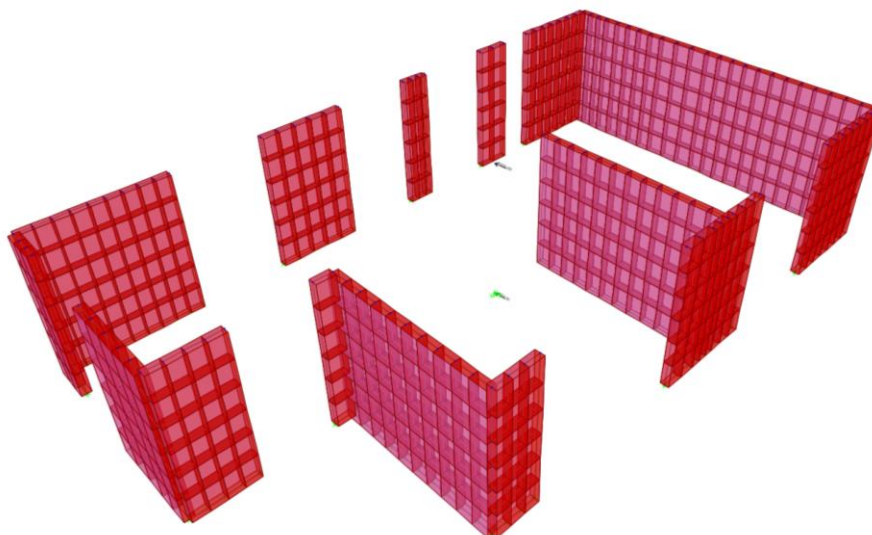
V tabeli 12 so podane izračunane strižne togosti posameznih preizkušancev in strižne togosti izolacije, pri čemer je predpostavljeno, da se toplotna izolacija nahaja pod celotno površino temeljne plošče ($A_t = 76,4 \text{ m}^2$). Zaradi majhnega števila eksperimentov so v izračunu togosti izolacije upoštevane najmanjše strižne togosti izmed dveh preizkušancev istega tipa.

Tabela 16: Strižna togost toplote izolacije

Preizkušavec	Strižna togost preizkušanca (kN/m/m ²)	Strižna togost izolacije (kN/m)
T1	21500	1535600
T2	20100	
T3	24000	1833600
T4	30500	

5.5 Izračun pomikov konstrukcije v programu SAP

Nihajni čas konstrukcije je določen na podlagi modela, izdelanega v programu za analizo konstrukcij SAP2000, ki je prikazan na sliki 7. Ploskovni elementi so modelirani s pomočjo končnih elementov tipa shell. V zgornji in spodnji etaži so vozlišča povezana s pomočjo toge diafragme. V spodnji etaži je v vseh vozliščih preprečen pomik v vertikalni smeri, ter vsi trije zasuki. Pod temeljno ploščo je nameščena vzmet, katere togost ustreza togosti toplotne izolacije, določene v poglavju 5.4. Preverjen je primer prostega polaganja toplotne izolacije na hidroizolacijo, ter primer uporabe lepila Hidrozol. Pri izračunu pomikov potrebnih, za določitev nihajnega časa je predpostavljena enakomerna razporeditev sil po višini, ki je bila določena kot najbolj primerna oblika na podlagi modalne analize v programu SAP. Obe etaži sta bili obremenjeni s silo 1000 kN v obeh glavnih smereh. Določeni so pomiki posamezne etaže. V tabeli 17 so podani pomiki posameznih etaž pri prostem polaganju toplotne izolacije, v tabeli 18 pa pri uporabi lepila Hidrozol.



Slika 9: Računski model v programu SAP2000

Tabela 17: Pomiki posameznih etaž pri prostem polaganju toplotne izolacije

Smer analize	Pomik zgornje etaže (mm)	Pomik spodnje etaže (mm)
x	1,68	1,30
y	1,47	1,30

Tabela 18: Pomiki posameznih etaž pri uporabi lepila Hidrozol

Smer analize	Pomik zgornje etaže (mm)	Pomik spodnje etaže (mm)
x	1,47	1,09
y	1,26	1,09

5.6 Izračun potresnih sil

5.6.1 Prosto polaganje toplotne izolacije

Analiza v smeri x:

Nihajni čas konstrukcije je izračunan po enačbi 4.3 in na podlagi pomikov, izračunanih v tabeli 17.

$$T_1 = 2 * \pi \sqrt{\frac{\sum m_j * u_j^2}{\sum f_j * u_j}} = \sqrt{\frac{64,5 * (1,3 * 10^{-3})^2 + 40,3 * (1,68 * 10^{-3})^2}{1000 * 1,3 * 10^{-3} + 1000 * 1,68 * 10^{-3}}} = 0,54 \text{ s}$$

Vrednost v spektru pospeškov:

$$S_d(T_1) = a_g * s * \left[\frac{2}{3} + \frac{T}{T_B} * \left(\frac{2,5}{q} - \frac{2}{3} \right) \right] = 0,25g * 1 * \left[\frac{2}{3} + \frac{0,054}{0,1} * \left(\frac{2,5}{1} - \frac{2}{3} \right) \right] = 0,42 g$$

Celotna potresna sila je izračunana po enačbi 4.2:

$$F_b = S_d(T_1) * m * \lambda = 428 \text{ kN}$$

Analiza v smeri y:

Nihajni čas konstrukcije je izračunan po enačbi 4.3 in na podlagi pomikov, izračunanih v tabeli 17.

$$T_1 = 2 * \pi \sqrt{\frac{\sum m_j * u_j^2}{\sum f_j * u_j}} = \sqrt{\frac{64,5 * (1,3 * 10^{-3})^2 + 40,3 * (1,47 * 10^{-3})^2}{1000 * 1,3 * 10^{-3} + 1000 * 1,47 * 10^{-3}}} = 0,053 \text{ s}$$

Vrednost v spektru pospeškov:

$$S_d(T_1) = a_g * s * \left[\frac{2}{3} + \frac{T}{T_B} * \left(\frac{2,5}{q} - \frac{2}{3} \right) \right] = 0,25g * 1 * \left[\frac{2}{3} + \frac{0,053}{0,1} * \left(\frac{2,5}{1} - \frac{2}{3} \right) \right] = 0,41g$$

Celotna potresna sila je izračunana po enačbi 4.2:

$$F_b = S_d(T_1) * m * \lambda = 421 \text{ k}$$

5.6.2 Uporaba lepila Hidrozol

Analiza v smeri x:

Nihajni čas konstrukcije je izračunan po enačbi 4.3 in na podlagi pomikov, izračunanih v tabeli 18.

$$T_1 = 2 * \pi \sqrt{\frac{\sum m_j * u_j^2}{\sum f_j * u_j}} = \sqrt{\frac{64,5 * (1,09 * 10^{-3})^2 + 40,3 * (1,47 * 10^{-3})^2}{1000 * 1,09 * 10^{-3} + 1000 * 1,47 * 10^{-3}}} = 0,05 \text{ s}$$

Vrednost v spektru pospeškov:

$$S_d(T_1) = a_g * s * \left[\frac{2}{3} + \frac{T}{T_B} * \left(\frac{2,5}{q} - \frac{2}{3} \right) \right] = 0,25g * 1 * \left[\frac{2}{3} + \frac{0,054}{0,1} * \left(\frac{2,5}{1} - \frac{2}{3} \right) \right] = 0,4g$$

Celotna potresna sila je izračunana po enačbi 4.2:

$$F_b = S_d(T_1) * m * \lambda = 408 \text{ kN}$$

Analiza v smeri y:

Nihajni čas konstrukcije je izračunan po enačbi 4.3 in na podlagi pomikov, izračunanih v tabeli 18.

$$T_1 = 2 * \pi * \sqrt{\frac{\sum m_j * u_j^2}{\sum f_j * u_j}} = \sqrt{\frac{64,5 * (1,09 * 10^{-3})^2 + 40,3 * (1,47 * 10^{-3})^2}{1000 * 1,09 * 10^{-3} + 1000 * 1,47 * 10^{-3}}} = 0,049 \text{ s}$$

Vrednost v spektru pospeškov:

$$S_d(T_1) = a_g * s * \left[\frac{2}{3} + \frac{T}{T_B} * \left(\frac{2,5}{q} - \frac{2}{3} \right) \right] = 0,25g * 1 * \left[\frac{2}{3} + \frac{0,053}{0,1} * \left(\frac{2,5}{1} - \frac{2}{3} \right) \right] = 0,39 g$$

Celotna potresna sila je izračunana po enačbi 4.2:

$$F_b = S_d(T_1) * m * \lambda = 400 \text{ kN}$$

Iz rezultatov je razvidno, da je pri uporabi lepila Hidrozol zaradi večje togosti temeljnega sklopa nihajni čas konstrukcije nekoliko krajši in posledično tudi potresna sila.

5.7 Primerjava z rezultati preiskav

Po enačbi 5.9 je bila določena nosilnost temeljnega sklopa konstrukcije v primeru prostega polaganja toplotne izolacije in v primeru uporabe lepila Hidrozol pri vertikalni napetosti 50 kPa.

$$F_{odp} = k_{lep} * F_v \quad (5.9)$$

Pri čemer so:

k_{lep} ...koeficient lepenja, dobljen na podlagi preiskav,

F_v ...celotna vertikalna obtežba, ki sestoji iz mas zgornje in spodnje etaže.

Opravljen je primerjava rezultatov s potresnimi silami določenimi v poglavju 5.6. Če potresna sila preseže horizontalno odpornostno silo konstrukcije pride do zdrsa. Največje potresne sile se pojavijo v primeru analize v smeri x, zato so opravljene primerjave le za to smer.

Prosto polaganje toplotne izolacije:

$$F_{odp} = k_{lep} * F_v = 0,61 * (64,5 + 40,3) * 9,81 = 627 \text{ kN}$$

Kontrola:

$$F_b = 428 \text{ kN} \leq F_{odp} = 627 \text{ kN} \quad ok$$

Uporaba lepila Hidrozol:

$$F_{odp} = k_{lep} * F_v = 1,09 * (64,5 + 40,3) * 9,81 = 1121 \text{ kN}$$

Kontrola:

$$F_b = 408 \text{ kN} \leq F_{odp} = 1121 \text{ kN} \quad ok$$

Iz primerjave z potresnimi silami, določenimi v poglavju 5.6 je razvidno, da do zdrsa konstrukcije ne pride v nobenem primeru.

5.8 Vpliv projektnega pospeška tal na zdrs temeljne plošče

Z namenom določitve projektnega pospeška tal, pri katerem pride do zdrsa temeljne plošče se je le tega zviševalo, dokler potresna sila ni presegala horizontalne odpornostne sile. Ugotovljeno je bilo, da v primeru prostega polaganja toplotne izolacije do zdrsa pride pri projektne pospešku tal 0,36 g, pri uporabi lepila Hidrozol pa pri projektne pospešku tal 0,68 g. Do te razlike je prišlo zaradi bistveno večjega koeficienta lepenja pri uporabi lepila Hidrozol in posledično večje horizontalne odpornostne sile.

6 Zaključek

V prvem delu diplomske naloge so opisani rezultati preizkusov, ki se jih je za podjetje JUB d.o.o. opravljalo v Konstrukcijsko prometnem laboratoriju na Fakulteti za gradbeništvo in geodezijo. Izvajali so se preizkusi na zdrs, ciklični strižni preizkusi in tlačni preizkusi, vendar sta v diplomski nalogi obravnavana le prvi dve vrsti preizkusov, saj so rezultati le teh merodajni za potresno analizo. Na podlagi preiskav na zdrs so bili določeni koeficienti lepenja. Pri uporabi lepila Hidrozol na stiku med hidroizolacijo in toplotno izolacijo vrednost koeficienta lepenja v primeru vertikalne napetosti 50 kPa znaša 1,09, v primeru prostega polaganja pa 0,61, kar kaže na zelo ugoden vpliv lepila Hidrozol na odpornost na zdrs objekta. Strižne nosilnosti posameznih stikov med slojema toplotne izolacije so bile določene na podlagi cikličnih strižnih preizkusov. Pri analizi rezultatov smo ugotovili, da debelina sloja toplotne izolacije minimalno vpliva na strižno nosilnost preizkušancev iz dveh plasti toplotne izolacije (razlike med nosilnostmi so manjše od 5 odstotkov) in da je strižna nosilnost homogenega materiala za približno 80 odstotkov višja od nosilnosti dvoslojnega EPS, ki je spojen s pomočjo čepastega stika. V nadaljevanju je bilo ugotovljeno, da je za strižno nosilnost sistema merodajen zdrs, ki se pojavi na stiku med hidroizolacijo in toplotno izolacijo.

Drugi del diplomske naloge obsega enostavno potresno analizo pritlične hiše. Za področje Ljubljane je opravljena potresna analiza po metodi s horizontalnimi silami. Določene so potresne sile na nivoju toplotne izolacije. Rezultati analize kažejo, da je zdrs preprečen v primeru projektnega potresa, kateremu ustreza projektni pospešek tal 0,25 g. Pojav zdrsa med hidroizolacijo in toplotno izolacijo lahko pričakujemo, če pospešek tal presega 0,36 g. Z uporabo lepljenega stika med hidroizolacijo in toplotno izolacijo se strižna nosilnost temeljnega sklopa poveča. Posledično je zdrs preprečen vse do pospeška tal, ki znaša 0,68 g.

VIRI

Slovenski standard. 2004. SIST EN 1990: 2004, Evrokod 0: Osnove projektiranja konstrukcij

Slovenski standard. 2004. SIST EN 1991-1-1: 2004, Evrokod 1: Vplivi na konstrukcije – 1-1. del: Prostorninske teže, lastna teža, koristne obtežbe stavb.

Slovenski standard. 2006. SIST EN 1991-1-1: 2006, Evrokod 1: Vplivi na konstrukcije – 1-3 . del: Splošna pravila – Nezagodni vplivi

Slovenski standard. 2006. SIST EN 1991-1-1: 2006, Evrokod 1: Vplivi na konstrukcije – 1-7. del: Splošni vplivi – Obtežba snega.

Slovenski standard. 2004. SIST EN 1998-1: 2004, Evrokod 8: Projektiranje potresnoodpornih konstrukcij – 1. del: Splošna pravila, potresni vplivi in pravila za stavbe.

Fajfar, P. 1984. Dinamika gradbenih konstrukcij. Univerza Edvarda Kardelja v Ljubljani, Fakulteta za arhitekturo, gradbeništvo in geodezijo, Ljubljana: 550 str.

Mikec, J. 2014. Zdrs toplotne izolacije pod temeljno ploščo v primeru potresne obtežbe. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba J. Mikec): 95 str.

Miran Tekavec. 2014- Analiza mehanskih lastnosti toplotne izolacije iz EPS pod temeljno ploščo PH JUB. Ljubljana, ILKON d.o.o.