

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКА ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ БУДІВНИЦТВА ТА АРХІТЕКТУРИ

Бенрадї Ілхам



УДК 624.042.7:699.841

**СЕЙСМОСТІЙКІСТЬ БУДІВЕЛЬ З БЕЗРИГЕЛЬНИМ КАРКАСОМ
З УРАХУВАННЯМ ВПЛИВУ НЕНЕСУЧОГО ЗАПОВНЕННЯ**

05.23.01 – Будівельні конструкції, будівлі та споруди

АВТОРЕФЕРАТ
дисертації на здобуття наукового
ступеня кандидата технічних наук

Одеса – 2020

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана у Одеської академії будівництва і архітектури Міністерство освіти і науки України.

Науковий керівник: кандидат технічних наук, доцент
МУРАШКО Олексій Володимирович,
Одеська державна академія будівництва та архітектури, доцент кафедри залізобетонних конструкцій та транспортних споруд.

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, с. н. с.
МАР'ЄНКОВ Микола Григорович,
Державне підприємство «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій», завідувач відділу автоматизації досліджень та сейсмостійкості будівель та споруд, м. Київ;

кандидат технічних наук, доцент
БЕЗУШКО Денис Іванович,
Одеський національний морський університет,
Завідувач кафедри цивільної інженерії та архітектури

Захист дисертації відбудеться «10» Листопада 2020 р. о 13⁰⁰ на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 41.085.01 при Одеській державній академії будівництва та архітектури за адресою: 65029, м. Одеса, вул. Дідріхсона, 4, ауд. а.360.

З дисертацією можна ознайомитися у науковій бібліотеці Одеської державної академії будівництва та архітектури за адресою: 65029, м. Одеса, вул. Дідріхсона, 4

Автореферат розісланий «05» жовтня 2020 р.

Учений секретар спеціалізованої
вченої ради Д. 41.085.01, д. т. н., доцент



С.О. Кровяков

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Обґрунтування вибору теми дослідження. Землетруси є одним з найбільш катастрофічних природних стихійних явищ на нашій планеті. Аналіз результатів пошкоджень і виду руйнування будівель і споруд при дії сильних підземних поштовхів показує, що більшість об'єктів або отримують серйозні пошкодження, або повністю руйнуються. Тому для забезпечення життєдіяльності необхідно передбачити низку заходів щодо попередження руйнувань існуючих будівель, першим з яких є оцінювання сейсмостійкості об'єктів у сейсмічних районах.

У США, Туреччині, Японії та ряді європейських країн, використовують сучасний метод оцінювання сейсмічної небезпеки і сейсмічного ризику. Метод має назву RAPID VISUAL SCREENING (оперативне візуальне оцінювання) сейсмостійкості. У той же час, існуючі норми багатьох країн не дають такого інструментарію щодо оцінювання сейсмостійкості будівель.

Найбільш поширеною конструктивною схемою в сейсмічних районах є каркасна. Заповненням каркасу під час будівництва споруд служать стіни, які, згідно вимог нормативних документів, не сприймають вертикальні і горизонтальні навантаження від каркасу.

Зважаючи на це, дослідження впливу такого стінового заповнення на сейсмостійкість каркасу при візуальному оцінюванні є актуальною проблемою.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Тема дисертації і отримані результати відповідають актуальним напрямкам науково-технічної політики України відповідно до Постанови Кабінету Міністрів України від 23.05.2011 № 547 «Про затвердження Порядку 31 застосування будівельних норм, розроблених на основі національних технологічних традицій, та будівельних норм, гармонізованих з нормативними документами Європейського Союзу». Також при підготовці дисертаційної роботи були проведені дослідження та аналіз з пріоритетних наукових напрямів: методи розрахунку та дослідження напружено-деформованого стану, у тому числі при наявності дефектів різного походження; застосовані науково обґрунтовані методи оцінки технічного стану та залишкового ресурсу конструкцій тривалої експлуатації; використанні сучасні механіка руйнування та критерії граничного стану; коливання механічних систем та хвильові процеси; динаміка, стійкість, керування і оптимізація взаємодіючих дискретно-континуальних механічних систем; вивчення і прогнозування сейсмічної небезпеки та інших небезпечних природних явищ визначеними постановою Національної Академії наук України від 30.01.2019 р. № 30 «Основні наукові напрями та найважливіші проблеми фундаментальних досліджень у галузі природничих, технічних і гуманітарних наук НАН України на 2019-2023 рр.».

Мета роботи – розробка системи візуального оцінювання сейсмостійкості будівель з безригельним каркасом з урахуванням впливу ненесучого стінового заповнення.

Завдання досліджень.

1. Виконати лабораторні експериментальні дослідження фрагменту газобетонного стінового заповнення з урахуванням заповнювача швів;
2. Виконати натурне експериментальне дослідження будинку з урахуванням впливу ненесучого стінового заповнення;
3. Виконати чисельне дослідження впливу ненесучого стінового заповнення на будівлях різної форми у плані, а також з різними видами нерегулярності розташування заповнення у комп'ютерному програмному комплексі ЛІРА САПР;
4. Розробити форму візуального оцінювання для будівель з безригельним каркасом з урахуванням впливу ненесучого стінового заповнення та апробувати її на будинку у сейсмічному районі.

Об'єкт дослідження – процес зміни сейсмостійкості будівель з монолітним залізобетонним безригельним каркасом при урахуванні ненесучого стінового заповнення.

Предмет дослідження – візуальне оцінювання сейсмостійкості будівель з безригельним каркасом з урахуванням впливу ненесучого стінового заповнення.

Методи дослідження. Визначення фізико-механічних властивостей бетону та газобетону, випробування елементів заповнення швів проводили за стандартними методиками згідно з чинними нормативними документами; аналіз напружено-деформованого стану та міцності розглянутих зразків виконано за допомогою методу кореляції цифрових зображень (Digital Image Correlation :DIC); для натурних досліджень динамічних параметрів будівель використані неруйнівні методи; побудова і аналіз нелінійних моделей виконувалась за допомогою числових методів.

Наукова новизна полягає у тому, що
вперше:

- визначено особливості роботи ненесучого стінового заповнення спільно з каркасом з урахуванням деформаційного шва;

отримала подальший розвиток:

- теорія оцінювання фактичної сейсмостійкості будівель та споруд;
- отримала подальший розвиток методика розробки розрахункових моделей будівель з урахуванням їх фактичної роботи при сейсмічних впливах;

удосконалено:

- перший рівень системи оцінювання фактичної сейсмостійкості шляхом урахування впливу ненесучого заповнення..

Практичне значення отриманих результатів роботи. Розроблено систему візуального оцінювання сейсмостійкості будівель з безригельним каркасом.

- Обґрунтовано вплив ненесучого стінового заповнення, що враховано при розробці числових моделей будівель при проектуванні.

- Результати досліджень впроваджені у будівництві компанією ТОВ "Мікромегас-Інвест", та у проектній діяльності ПП "Капітель-М". Результати роботи також впроваджені в навчальний процес в Одеській державній академії будівництва та архітектури при підготовці здобувачів вищої освіти ступеня магістра за спеціальністю «Будівництво та цивільна інженерія».

Особистий внесок здобувача. Основні представлені в дисертаційній роботі результати досліджень отримані автором самостійно. Частина результатів отримано у співавторстві з науковим керівником Мурашко О.В., Кубійовичем М.І. та Михайловою Н.О. Особистий внесок полягає у:

- плануванні та проведенні експериментальних досліджень оцінювання сейсмостійкості будівель з монолітним залізобетонним безригельним каркасом з урахуванням впливу ненесучого стінового заповнення [10];

- розробці розрахункових моделей для нелінійного розрахунку, аналіз отриманих даних [3,4,8,10];

- розробці методики випробувані, виготовлення дослідних зразків, проведенні експериментальних досліджень та їх аналізі [9];

- отриманні експериментальних значень та аналізі напружено-деформованого стану та міцності розглянутих зразків [2];

- аналізі отриманих результатів натурних та числових експериментів [1,6].

Апробація результатів роботи. Основні положення дисертаційної роботи доповідалися й обговорювалися на наступних конференціях:

Міжнародний академічний конгрес. Японія, Токіо, 25 жовтня 2014р; IV міжнародна науково-практична конференція «Актуальні проблеми інженерної механіки» 16-19 травня 2017 року, м. Одеса; III міжнародна науково-практична конференція «Експлуатація та реконструкція будівель і споруд» 26-27 вересня 2019 року. м. Одеса; VII Міжнародна науково-практична конференція "Актуальні проблеми інженерної механіки" 13 травня 2020 року. м. Одеса; 75-ї науково-технічної конференції професорсько-викладацького складу Одеської державної академії будівництва та архітектури. 16 - 17 травня 2019 року. м. Одеса.

Публікації. Основні положення дисертації опубліковані у 12 наукових працях, 7 з яких – статті у фахових виданнях України (2 індексуються наукометричною базою Index Copernicus), 5 тез доповідей у збірниках наукових конференцій.

Обсяг і структура роботи. Дисертація складається зі вступу, п'яти розділів, загальних висновків, списку використаних джерел, додатків. Робота викладена на 197 сторінках, які включають 124 сторінок основного тексту, в тому числі 141 рисунок, 26 таблиць; 15 сторінки списку використаних джерел, 26 сторінок додатків.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовано актуальність роботи, сформульовані цілі та задачі досліджень, приведена наукова новизна і практичне значення отриманих результатів.

У першому розділі дисертації міститься аналіз світового досвіду в області оцінки сейсмостійкості будівель і споруд в загальному та, зокрема, будівель з безригельним каркасом. На сьогоднішній день в Україні, як і в багатьох інших державах, аналіз наслідків землетрусів являє собою значний прикладний інтерес, оскільки дає інформацію для проектування більш сейсмостійких конструкцій,

знаходження економічних рішень, підвищення їх безпеки, а також для розробки заходів по посиленню вже пошкоджених або непошкоджених, але перебуваючих в експлуатації, будівель і споруд. Візуальна оцінка сейсмостійкості (ВОС) являє собою систему оцінки, базою якої є висновок експерта. Сам висновок експерта складається на основі візуального обстеження об'єкта та заповненої за його результатами спеціальної форми, що складається протягом короткого проміжку часу. Такі системи знайшли широке застосування в багатьох країнах світу: FEMA 154 (США), Швейцарська, Новозеландська, Індійська, Турецька і Японська системи. Така процедура вимагає попереднього обстеження будівель з метою оцінки наступних аспектів: наявність нерегулярностей, рік будівництва, кількість поверхів, наявність чи відсутність гнучких поверхів, коротких колон і т.д.

На сьогоднішній день в Україні, Марокко та багатьох інших країнах назріла гостра необхідність в масовій оцінці сейсмостійкості будівель, оскільки значні території знаходяться в різних за інтенсивністю сейсмічно активних зонах. Найбільш поширеною конструктивною схемою в сейсмічних районах є монолітний залізобетонний безригельний каркас.

Питання оцінки сейсмостійкості будівель з залізобетонним безригельним каркасом розглядалися в роботах вітчизняних і зарубіжних дослідників. Серед них слід відзначити Немчинова Ю.І., Єгупова К.В., Айзенберга Я.М., Биховського В.А., Полякова С.В., Аванесова Г.А., Дорофєєва В.С., Хакимова Ш.А., Мар'єнкова М.Г., Шеховцова І.В., Бабіка К.М., Кендзери О.В., Омельченка В.Д., Хавкіна А.К., Пустовитенка Б.Г., Гудименка С.В., Медведєва С.В., Мурашка О.В., Freeman S.A., Chopra A., Goel R.K., Watanabe F., Yön B., Sayın E., Köksal T.S., Penna, A., Calvi G.M., Costa, A.A. та інших.

Аналіз літературних джерел і нормативних документів показав, що нормативний метод не дозволяє враховувати цілий ряд різних факторів, що призводить до значних відхилень результатів розрахунку та проектування від фактичного характеру роботи конструкцій при реальних землетрусах. Тому досить актуальним і своєчасним є розробка системи ВОС, яка б дозволила оперативно виконувати оцінку сейсмостійкості будівель. На підставі проведеного дослідження літературних джерел була поставлена мета досліджень. Мета досліджень полягає у визначенні впливу «ненесучого» заповнення на роботу багатоповерхових будівель з залізобетонним безригельним каркасом при сейсмічних впливах.

У другому розділі роботи наведено методику дослідження.

В контексті запланованих досліджень наведені характеристики експериментальних зразків, установки для випробувань, методика випробувань і прилади. В якості дослідних зразків були прийняті бетонні та газобетонні куби (розміром 100×100 мм) і призми (розміром $b \times h = 100 \times 400$ мм) в поєднанні з різними матеріалами заповнення деформаційних швів. Аналіз деформацій проводився за допомогою методу цифрової кореляції зображень (DIC: The Digital Image Correlation).

У розділі розглянуто напружено-деформований стан при малоцикловому навантаженні трьох видів заповнення шва: мінеральної вати, пінополістиролу та вилатерму. Запропоновано методику випробування елементів стінових конструкцій

при дії статичного еквівалента сейсмічних навантажень, та розроблено стенд для випробувань. Основний етап експериментальної частини включає випробування чотирьох газобетонних стін (моделей зразків в масштабі 1:2,5) на горизонтальні зсувні впливу з урахуванням роботи матеріалу заповнення. Розміри панелі прийняті 1200×1200×100 мм. На рис.1 показано випробування стінових панелей горизонтальним зосередженим навантаженням. Параметри, які необхідно реєструвати є переміщення верху конструкції та відносні переміщення по діагоналях панелі. Для реєстрації переміщень використовувалися методи тензометрії та методи фотограмометрії.



Рис.1. Стенд для випробування стінових панелей

Також наведено методику натурних досліджень багатоповерхового будинку. Коливання збуджували трьома способами: за допомогою ударів вантажу, виконаного з монолітного залізобетону в якості незнімної опалубки, для якого використовувалися автомобільні покрішки; балки опалубки довжиною 2 м, яка використовувалася в якості тамперу. Також реєструвалися коливання від вітрового впливу та сейсмічного шуму (ambient vibrations). Удари проводилися по ядру жорсткості на рівні покриття верхнього поверху. Реєструюча апаратура розташовувалася за різними варіантами: як на покритті (для виявлення коливань в плані), так і на різних поверхах (для виявлення поширення коливань по висоті будівлі).

Третій розділ дисертації присвячений розгляду результатів лабораторних та натурних експериментів.

Для першого етапу фрагменти кладки випробувані на спеціальному стенді при монотонному ступінчастому навантаженні (по 10 кН і далі до руйнівного навантаження).

При випробуваннях фрагментів вимірювалися переміщення верхньої зони рами в площині дії горизонтального сейсмічного навантаження і відносні переміщення по діагоналях панелі переміщення. Виходячи з результатів випробувань статичними та малоцикловими навантаженнями мінеральної вати, пінополістиролу та вилатерма на бетонних і газобетонних призмах, показано що всі три види заповнення продовжують брати участь в роботі стінового заповнення до повного руйнування газобетонних елементів. Як заповнювач застосовувалася мінеральна вата товщиною 10 мм.

За результатами експериментальних випробувань стінових панелей з газобетону із заповненням деформаційних швів горизонтальним зростаючим знакопостійним навантаженням визначено, що фрагменти сприймають горизонтальні сили до 32 кН при деформаціях до 16 мм.

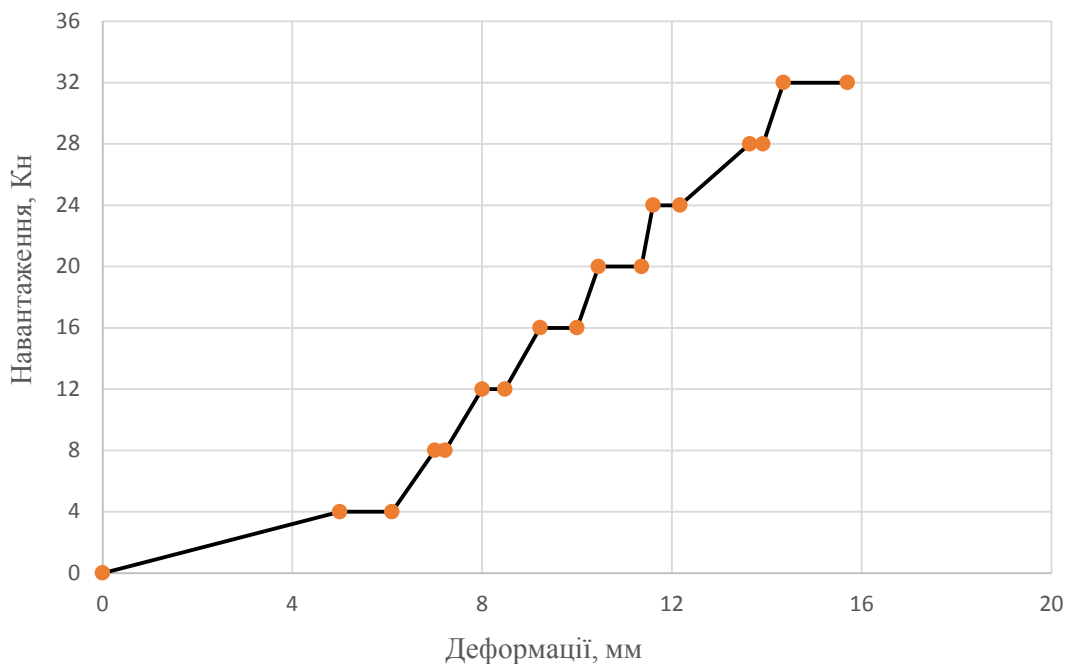


Рис.2. Діаграма залежності між навантаженням та горизонтальним переміщенням стінової панелі

Навантаження на дослідні зразки прикладалися домкратом зі змінним розташуванням домкрат, з правого боку і з лівого боку. Після прикладання кожного горизонтального навантаження дослідні зразки витримували під цим навантаженням протягом 10 хвилин.

Аналізуючи результати експериментальних випробувань стінових панелей з газобетону із заповненням деформаційних швів малоцикловим зростаючим знакозмінним навантаженням встановлено, що фрагменти сприймають горизонтальні сили до 40 кН при деформаціях до 13 мм (рис. 3).

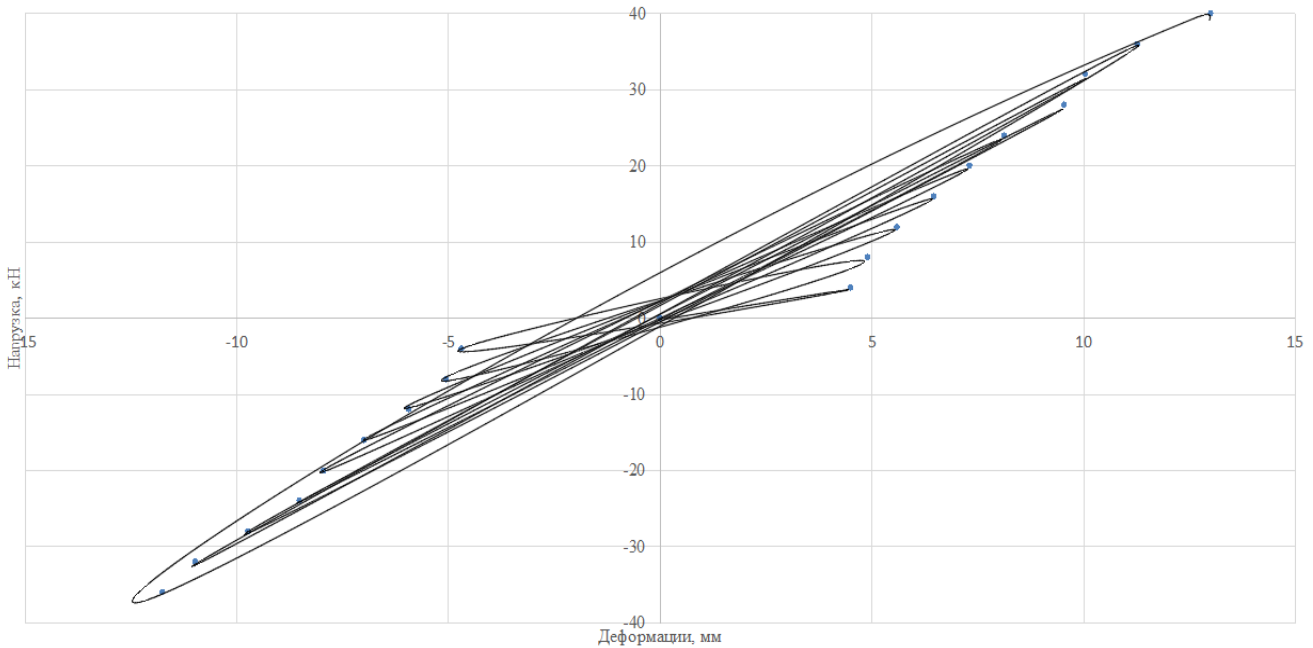


Рис. 3. Графік залежності навантаження – деформації при малоцикловому впливі

Проведений аналіз результатів натурних випробувань будівлі, розташованої в м.Одесі по вул. Французький бульвар, показав, що метод збудження коливань впливає тільки на амплітуду коливань, величини періодів коливань залишаються незмінними.

У результаті натурального випробування багатопверхового житлового будинку була реалізована тільки перша форма коливань, період якої склав 1.63 сек.

У четвертому розділі дисертації наведено результати числових досліджень.

Запропоновано підхід щодо апробації існуючих зарубіжних систем ВОС на будівлях в сейсмічних районах України. Виконано експериментально-статистичне планування, яке дозволило досить швидко і ефективно враховувати вплив факторів варіювання у зарубіжних системах ВОС. Розглянуті основні існуючі системи ВОС для оцінки сейсмостійкості будівель в місті Одесі. Показано, що жодна з існуючих систем ВОС не може бути застосована для сейсмічних районів України. Також зазначено, що жодна з розглянутих систем не враховує вплив несучого заповнення. Виконано аналіз експериментально-статистичних моделей систем ВОС щодо виявлення факторів, що оказують найбільший вплив, із застосуванням системи COMPEX.

Для будівлі, що була випробувана в рамках третього розділу, була розроблена числова модель, виходячи з класичного уявлення про роботу будівлі під час землетрусу: все стінове заповнення моделювалося навантаженнями, але величини навантажень на перекриття не враховувалися, за виключенням навантаження від заповнення.

В результаті проведених розрахунків був отриманий період першої форми власних коливань – 2,0978 сек, що значно відрізняється від того, що був отриманий при натурних випробуваннях.

З урахуванням описаних вище передумов, була розроблена модифікована числова модель будівлі, з урахуванням жорсткості ненесучого заповнення (рис.4). В результаті розрахунку період коливань склав 1.6556 сек., різниця з отриманими в ході випробувань даними становила 1.5%. Таким чином, очевидним є необхідність, паралельно з основною моделлю, розробляти другу модель, що враховує реальну роботу будівель.



Рис. 4. Загальний вигляд випробуваної будівлі і розрахункової схеми з урахуванням стінового заповнення

Також досліджено роботу будівель при землетрусі з урахуванням різних варіантів розташування ненесучого стінового заповнення із застосуванням нелінійного статичного методу розрахунку. У якості ключового параметру для оцінки сейсмостійкості будівлі при заданому рівні впливу була прийнята величина нелінійного перекосу поверху. Також досягнення граничного перекосу поверху при певному рівні впливу може бути використано в якості критерію оцінки впливу ненесучого стінового заповнення будівель з безригельним каркасом при сейсмічних впливах.

Також у даному розділі приведені результати з вивчення поведінки різних нерегулярностей форми будівель в плані при сейсмічних впливах. Було проаналізовано геометричні форми плану будівлі (прямокутні, L-подібні і Т-подібні, тощо), що найбільш широко застосовуються в Україні та за кордоном. Моделювання та розрахунок форм здійснилось за допомогою програмного комплексу LIRA SAPR-2019.

Нелінійний статичний аналіз, рекомендований (АТС-40), з деякими додатковими спрощеннями, прийнятий в Єврокодi 8 як основний інструмент визначення сейсмічних навантажень на конструкції будівель і споруд. Також цей метод регламентується ДБН В.1-1-12. Величина нелінійного перекосу поверху є ключовим параметром для оцінки сейсмостійкості будівлі при заданому рівні впливу.

Допустимі значення перекосів поверхів будівлі із залізобетонним каркасом без вертикальних діафрагм або ядер жорсткості в залежності від міжповерхового перекосу експлуатаційного рівня:

- СЗ: 0,0067;
- ПЗ: 0,012;
- МРЗ: 0,03.

Для розрахунків використовувалися будівлі з розмірами в осях 36×36 м² при прольотах, кратних 6-м метрам. Конструктивна схема будівель – безригельна каркасна, з залізобетону показана на рис.5. Висоти поверхів – по 3м. Будинки мають 4 поверхи. Колони – квадратні з розміром в перерізі 400×400мм. Робоча арматура – діаметром Ø20 класу А500С. Перекриття – монолітні з залізобетону, арматура – діаметром Ø12 класу А500С.

Для розрахунку лінійних задач використовувались:

СЕ-10 – універсальний просторовий стержневий скінченний елемент для моделювання залізобетонних колон;

СЕ-41 – універсальний прямокутний скінченний елемент оболонки для моделювання монолітних залізобетонних плит перекуття.

Клас бетону – С16/20, відповідно цим елементам призначались наступні характеристики:

- модуль пружності $E=2,7 \cdot 10^7$ кПа;
- коефіцієнт Пуасона $\nu=0,2$;
- об'ємна вага $\rho=27,5$ кН/м³.

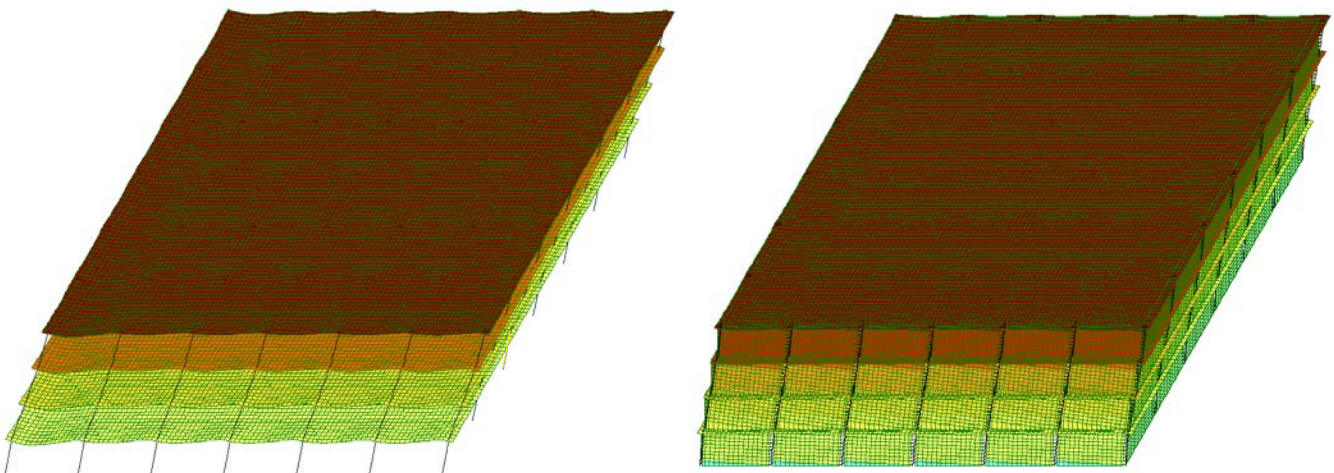


Рис. 5 . Вид розрахункової моделі будівлі при руйнуванні; а) без урахування впливу НСЗ, б) з урахуванням НСЗ

Для розрахунку задач в нелінійній постановці використовувались:

- SE-410 – універсальний просторовий стержневий скінченний елемент з урахуванням фізичної та геометричної нелінійності для моделювання залізобетонних колон;
- SE-441 – прямокутний скінченний елемент оболонки з урахуванням фізичної та геометричної нелінійності для моделювання монолітних залізобетонних плит перекриття та газобетонних стін ненесучого заповнення;
- SE-259 – фізично нелінійний чотирьохвузловий елемент платформного стику для моделювання опирання газобетонної стіни на залізобетонне перекриття, сприймаючи тільки стиск по вертикалі у своїй площині і зсув у горизонтальній площині;
- SE2-262 – двовузловий скінченний елемент, що моделює односторонні пружні зв'язки між вузлами для моделювання взаємодії між колонами та стінами ненесучого заповнення, сприймаючи тільки стиск із зазором 10мм.

Розрахунок кривої деформування основного матеріалу SE-410 колон та SE-441 залізобетонних перекриттів проведений за рівнянням 3.4 ДБН В.2.6-98: 2009 (аналогічно рівнянню 3.14 EN 1992-1-1: 2004). Так як здійснюється розрахунок на аварійний вплив, величини напружень і відповідних відносних деформацій приймалися за характеристичними значеннями. НСЗ істотно впливає на сейсмостійкість будівель, як на рівні гранично допустимих перекосів, так і на рівні перекосів що передують обваленню (рис.6, рис.7).

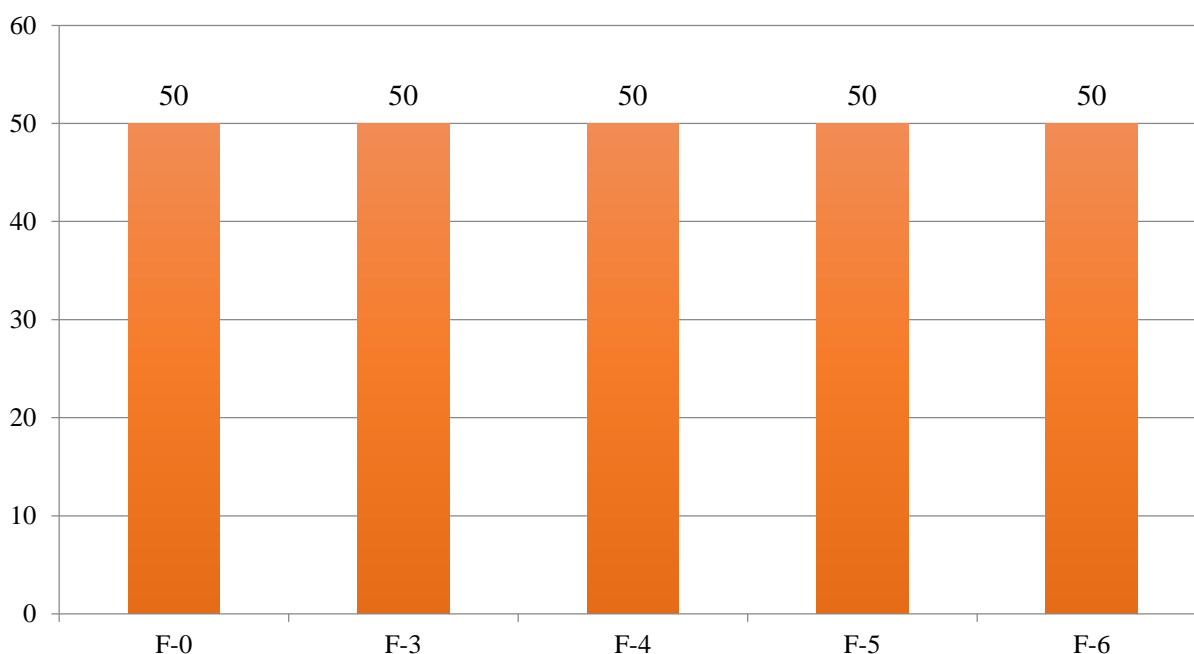


Рис. 6. Частина семибального сейсмічного впливу, що сприймає схема при гранично допустимому перекосі без урахування НСЗ (у відсотках)

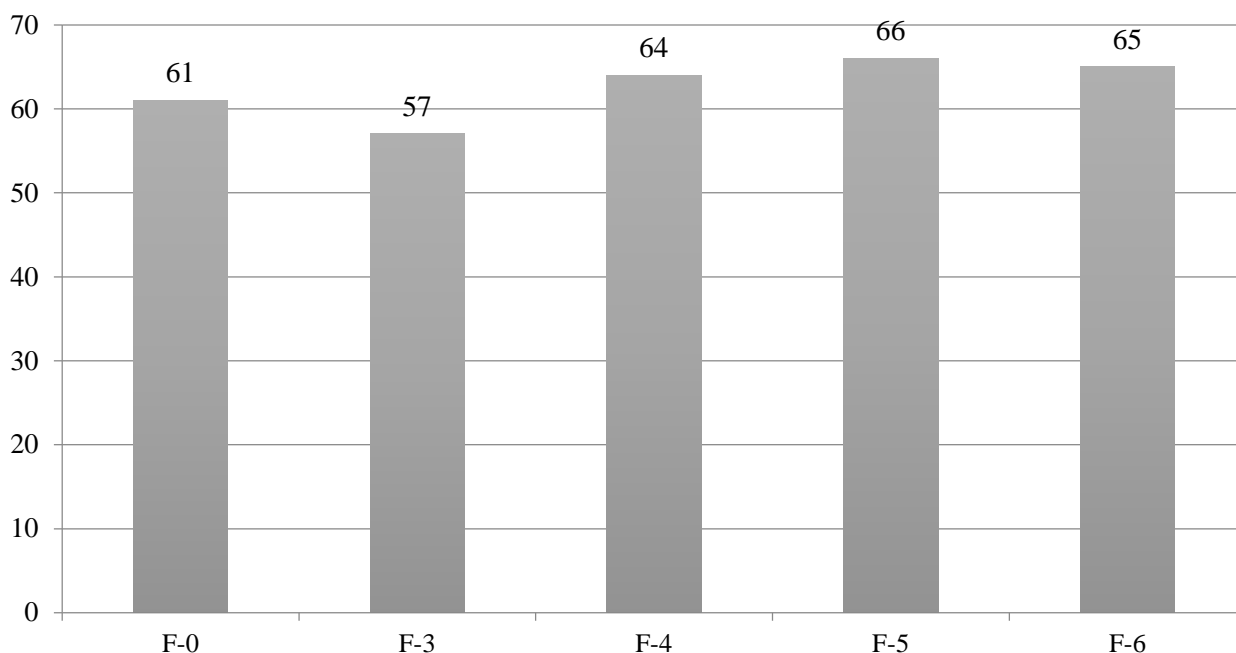


Рис. 7 . Частина семибального сейсмічного впливу, що сприймає схема при гранично допустимому перекосі з урахуванням НСЗ (у відсотках)

Також було виконано врахування нерегулярності НСЗ двома шляхами: виключення з роботи однієї грані НСЗ на усю висоту, та виключення з роботи однієї грані НСЗ в рівні першого поверху. Таки види нерегулярності НСЗ призводять до утворення гнучкого поверху - локалізації сейсмічних сил на окремих колонах.

Виходячи з результатів апробації зарубіжних систем візуальної оцінки сейсмостійкості можна зробити висновок про те, що жодна з них не може бути застосована для сейсмічних районів України, що пояснюється значною суперечливістю результатів.

П'ятий розділ дисертації присвячено створенню форми ВОС та її апробації

В результаті аналізу наслідків землетрусів виявлено основні варіанти нерегулярності стінового заповнення, що істотно вплинуло на поведінку будівель. Нерегулярне розташування НСЗ пропонується ввести в форму ВОС у вигляді критичного фактора, наявність якого на об'єкті переводить об'єкт у категорію потенційно несейсмостійких. Нерегулярне розташування НСЗ може призводити до наслідків, як для самого нерегулярно розташованого елемента, так і для всієї конструктивної схеми в цілому.

Проаналізувавши результати наслідків землетрусів та зіставивши їх з результатами проведених числових та експериментальних досліджень, можна зробити наступні висновки:

Ненесуче стінове заповнення може призводити до виникнення наступних основних сценаріїв руйнувань:

1. «Ефект коротких колон»;
2. Ефект гнучкого поверху;
3. Робота заповнення з площиною;
4. Концентрація зусиль на прилеглих залізобетонних елементах.

За результатами виконаних лабораторних, натурних та числових досліджень розроблена форма ВОС (табл. 1), яка була апробована на будівлі в м. Одеса, для якої виявлено дефіцит сейсмостійкості, обумовлений впливом форми та нерегулярного розташування стінового заповнення.

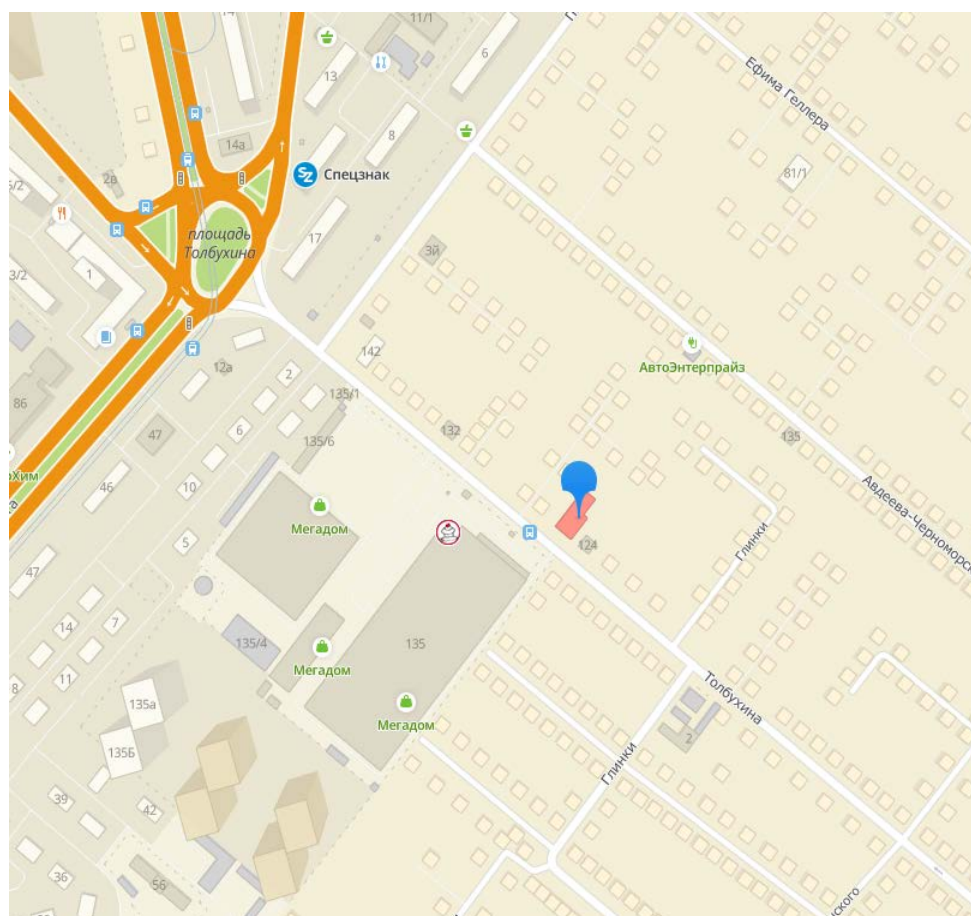
Таблиця 1. Форма оцінювання сейсмостійкості об'єкта

<p>Фотофіксація об'єкту (Характерний вид, сформувані загальне уявлення про об'єкт)</p> 	<p>Адреса – Толбухіна, б.126</p> <p>Кількість поверхів – 3</p> <p>Площа будівлі, м² – 1200</p> <p>Рік зведення – 2014</p> <p>Цільове призначення – Житлове</p> <p>Вартість об'єкту за ДСТУ 8855: 2019 (в м.р.з.п.) – 734</p> <p>Клас наслідків [3] – СС2</p> <p>Сейсмічність майданчику – 7</p> <p>Категорія ґрунтів за сейсмічними властивостями – II</p> <p>Інше</p> <p>Експерт (ПІБ № кваліфікаційного сертифіката): Мурашко О.В, АЕ 005333</p>	
Кількість людей, які перебувають на об'єкті		
Постійно	Періодично	За межами
<50 50-400 >400	<100 100-1000 >1000	<100 100-50K >50K
Чи є об'єктом культурної спадщини		НІ
Критичний критерій		
1. Розташування в зонах можливого прояву тектонічних розломів на поверхні		2. Зони можливого проходження селевих потоків і лавин
3. З крутизною схилів понад 15°		4. Осипи, обвали, зсуви
5. Цунамі		6. Ґрунти IV категорії за сейсмічними властивостями
7. Карсти, суфозія, гірничі виробки		8. Наявність поруч розташованого об'єкта, з яким можливо зіткнення

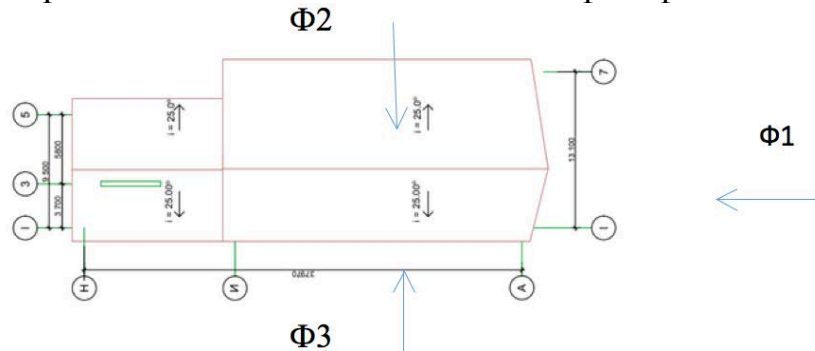
Продовження таблиці 1.

9. Наявність конструктивних елементів в аварійному стані		10. Наявність нерегулярності в плані	X
11. Наявність нерегулярності по висоті		12. Примітки .:	
13. Нерегулярність стінового заповнення			
13.1. Нерегулярне розташування стінового заповнення в рамках окремого прольоту		13.2. Нерегулярне розташування стінового заповнення в рамках окремого 2-го і вище поверхів	X
13.3. Нерегулярне розташування стінового заповнення на типових поверхах		13.4. Нерегулярне розташування стінового заповнення в рамках першого поверху	X
13.5. Нерегулярне стінового заповнення, що приводить до руйнування залізобетонного каркасу по типу «ефект коротких-колон »		13.6. Нерегулярне розташування стінового заповнення в рамках окремого першого поверху приводить до руйнування залізобетонного каркаса по типу «гнучкого поверху»	X

Ситуаційний план (схема)



Форма в плані із зазначенням точок фотофіксації



Фасад 1



Фасад 2



Фасад 3

Фасад 4
доступ до тилового фасаду
не був наданий

Фотофіксація виявлених критичних критеріїв об'єкта (при виявленні)

Критичні критерії №10, 11, 13.2, 13.4, 13.6 видно на фасадах № 1 та №2

Висновок експерта

Об'єкт є потенційно **НЕсейсмостійким** і потребує проведення паспортизації (другий рівень СОФС)

Враховуючи те, що візуальна оцінка сейсмостійкості є частиною тривірневої системи оцінки фактичної сейсмостійкості, то при виявленні дефіциту сейсмостійкості на першому етапі необхідно подальше, більш детальне, обстеження об'єкту за допомогою паспортизації. За результатами оцінки визначено, що Об'єкт є потенційно не сейсмостійким, та потребує проведення паспортизації (2ий рівень СОФС).

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У дисертації вирішена важлива науково-технічна задача впливу ненесучого заповнення на роботу багатопверхових будівель з залізобетонним безригельним каркасом при сейсмічних впливах. Результати досліджень дозволили зробити наступні висновки:

1. Запропонована методика виявлення ступеня впливу заповнення деформаційних швів з найпоширеніших матеріалів: мінеральної вати, пінополістиролу і вилатерму між ненесучими стінами з газобетону і елементами каркаса. Також, розроблена установка для проведення випробувань фрагментів стін на знакозмінні та знакопостійні горизонтальні зсувні впливи. За результатами експериментальних випробувань стінових панелей з газобетону із заповненням деформаційних швів горизонтальним зростаючим знакопостійним та знакозмінним навантаженням, визначено, що заповнення швів значною мірою деформується протягом першого ступіню, та продовжує працювати до руйнування газобетону.

2. Розроблено методику проведення натурних випробувань будівлі. Була збуджена тільки перша форма коливань, період якої склав 1.63 сек

3. Результати числових моделювання багатопверхового житлового будинку свідчать про те, що період першої форми коливань у схемі розробленій виходячи з класичних уявлень становить 2,0978 сек. В результаті розрахунку схеми з урахуванням роботи ненесучого стінового заповнення період коливань склав 1.6556 сек., різниця з отриманими в ході випробувань даними становить 1.5%. Таким чином, очевидним є необхідність, паралельно з основною моделлю, розробляти другу модель, що враховує реальну роботу будівель. Аналіз результатів моделювання в ПК ЛПА САПР також показав, що ненесуче стінове заповнення істотно впливає на величину перекосів: приріст у зоні максимальних перекосів склав від 10% до 32%. Урахування ненесучого стінового заповнення призводить до перерозподілу сейсмічних впливів на колони, до яких воно дотикається.

4. Запропонована форма візуальної оцінки фактичної сейсмостійкості апробована на триповерховому житлового будинку з приміщеннями громадського призначення в м. Одесі по вул. Толбухіна, 126. За результатами оцінки визначено, що об'єкт є потенційно несейсмостійким, та вимагає більш детального дослідження (паспортизації).

5. Результати досліджень впроваджені в практику проектування житлових і громадських об'єктів: при будівництві чотирьохсекційного житлового будинку з підземним паркінгом за адресою: Одеська обл., Лиманський район, с. Ілічанка, вул. Шкільна 25 та будівництві Центру надання адміністративних послуг виконавчого органу Авангардівської селищної ради за адресою: Одеська область, Овідіопольський район, смт. Авангард, вул. Добрянський, 30.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Публікації у наукових фахових виданнях України

1. Murashko O.V., Iham B., Abdelhadi M. Approval of the developed visual assessment of seismic resistance, taking into account the irregular wall infill. Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури, 2020, №78, С. 34-40. (*індексується наукометричною базою Index Copernicus*).
2. Мурашко О.В., Шевченко В.В., Бенраді І., Абдельхаді М., Кубійович М.І. Заповнення деформаційних швів між каркасом та ненесучими стінами при стискуючому навантаженні. Вісник Національного університету водного господарства та природокористування. Випуск. 3(87).Рівне. 2019. С. 166-178.
3. Мурашко О.В., Дорофеев В.С., Губанов А.С., Бенради И. Сейсмостійкість будинків з безригельним каркасом при різній конфігурації за висотою. Журнал наука та будівництво, 2018, № 4. С. 25-31.
4. Murashko O.V., Iham B. Seismic vulnerability of RC frame buildings with various plan shape with account for nonbearing infill walls. Odes'kyi Politechnichniy Universytet Pratsi. 2017. Vol. 1(51).pp 24-26.
5. Мурашко А.В., Бенради И., Губанов А., Крючков К. Ретроспективный анализ требований нормативных документов по сейсмостойкому тротельству каркасных зданий. Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури, 2016, №65, С. 42-48. (*індексується наукометричною базою Index Copernicus*).
6. Murashko O.V., B. Iham. Analysis of world experience in the field of rapid visual screen. Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури, 2015, №58, С. 275-282.
7. Дорофеев В. С., Мурашко А. В., Бенради И. Использование мирового опыта при определении факторов украинской системы визуальной оценки сейсмостойкости. Наука та будівництво. 2015, Випуск № 82. Київ. НДІБК. С. 118-124.

Публікації у збірниках праць за матеріалами конференцій

8. Мурашко А.В., Бенради И. Ненесущее стеновое заполнение при сейсмических воздействиях с точки зрения нелинейного статического анализа. Збірник тез доповідей міжнародна науково-практична конференція «Актуальні проблеми інженерної механіки» Одеса: ОДАБА.2020. С.255-257.
9. Бенради И. Применение метода корреляции цифровых изображений для анализа развития трещин в бетонных призмах. Збірка тез доповідей III міжнародної конференції «Експлуатація та реконструкція будівель і споруд». Одеса: ОДАБА, 2019, С. 32.
10. Мурашко О.В., Бенради И., Марухняк М. Вплив заповнення деформаційного шва між ненесучими газобетонними стінами і каркасом при горизонтальних впливах. Збірка тез доповідей 75-ї науково-технічної конференції професорсько-викладацького складу Одеської державної академії будівництва та архітектури. Одеса: 2019. С.97.

11. Murashko O.V., Iham B. Seismic vulnerability of RC frame buildings with various plan shape with account for nonbearing infill walls. Збірка тез доповідей IV міжнародної науково-практичної конференції «Актуальні проблеми інженерної механіки». Одеса: ОДАБА, 2017, С. 207-209.

12. Парута В.А., Гнып О.П., Мурашко А.В., Бенради.И. Особенности проектирования составов штукатурных растворов с учетом их совместной работы с газобетонной кладкой. Материалы конференции «Современный автоклавный газобетон». Краснодар, 2013. С 41-45.

АНОТАЦІЯ

Бенраді І. Сейсмостійкість будівель з безригельним каркасом з урахуванням впливу ненесучого заповнення – кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.23.01 «Будівельні конструкції, будівлі та споруди» – Одеська державна академія будівництва та архітектури, Одеса, 2020.

Дисертаційне дослідження присвячене визначенню впливу ненесучого стінового заповнення на роботу будівель із залізобетонним безригельним каркасом при візуальному оцінюванні сейсмостійкості.

Аналіз науково-технічної літератури та попередньо проведені дослідження в області оцінювання сейсмостійкості будівель і споруд, дозволили довести необхідність розробка нових удосконалених методів визначення сейсмостійкості, будівель з безригельним каркасом. Показано що, мінеральна вата, пінополістирол і вилатерм продовжують брати участь в роботі стінового заповнення до повного руйнування газобетонних елементів.

За результатом експериментальних випробувань стінових панелей з газобетону із заповненням деформаційних швів горизонтальним зростаючим знакопостійним навантаженням, встановлено, що фрагменти сприймають горизонтальні сили до 32 кН при деформації до 16 мм але при дії малоциклових зростаючим знакозмінним навантаженням, встановлено, що фрагменти сприймають горизонтальні сили до 40 кН при деформації до 13 мм.

В результаті розрахунку період коливань склав 1.6556 сек, різниця з отриманими в ході випробувань даними становить 1.5%. Запропонована форма ВОС, що враховує поряд з іншими факторами вплив ненесучого стінового заповнення.

Ключові слова: сейсмостійкість будівель, безригельний каркас, візуальне оцінювання сейсмостійкості, ненесуче заповнення.

АННОТАЦИЯ

Бенради И. Сейсмостойкость зданий с безригельным каркасом с учетом влияния ненесущего заполнения - квалификационная научная работа на правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.23.01 «Строительные конструкции, здания и сооружения» - Одесская государственная академия строительства и архитектуры, Одесса, 2020.

Диссертационное исследование посвящено определению влияния ненесущего стенового заполнения на работу зданий с железобетонным безригельным каркасом при визуальной оценке сейсмостойкости.

Анализ научно-технической литературы и предварительно проведенные исследования в области оценки сейсмостойкости зданий и сооружений, позволили доказать необходимость разработку новых усовершенствованных методов определения сейсмостойкости, зданий с безригельного каркасом. Было показано, что, минеральная вата, пенополистирол и Вилатерм продолжают участвовать в работе стенового заполнения до полного разрушения газобетонных элементов.

По результатам экспериментальных испытаний стеновых панелей из газобетона с заполнением деформационных швов горизонтальной возрастающей знакопостоянной нагрузкой, установлено, что фрагменты воспринимают горизонтальные силы до 32 кН при деформации до 16 мм, но при малоцикловыми возрастающими знакопеременными нагрузками, установлено, что фрагменты воспринимают горизонтальные силы до 40 кН при деформации до 13 мм.

В результате расчета период колебаний составил 1.6556 сек, разница с полученными в ходе испытаний данными составляет 1.5%.

Также рассмотрено влияние различных нерегулярностей формы зданий в плане при сейсмических воздействиях. Предложена форма ВОС, учитывающая наряду с прочими факторами и влияние ненесущего стенового заполнения.

Ключевые слова: сейсмостойкость зданий, безригельный каркас, визуальная оценка сейсмостойкости, ненесущее заполнения

ABSTRACT

Benradi Ilham. Seismic vulnerability of buildings with flat-slab framework system taking into account the irregular wall infill – qualifying scientific work on the rights of the manuscript.

Dissertation for the PhD scientific degree in the specialty 05.23.01 "Construction Structures, Buildings and Structures" (192 - Civil Engineering and Building). - Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture, Odessa, 2020.

The dissertation is concerned with the study of a proposed methodology for the visual assessment of the earthquake resistance of buildings in Ukraine, especially those with flat slab frame, taking into account the influence of non-structural wall infill.

Thesis contains the analysis of world experience in the field of seismic resistance assessment of buildings and structures in general and, in particular, buildings with flat slab frame. Visual assessment of seismic resistance, in other words, rapid visual screening (RVS) is a method to estimate the seismic vulnerability of a large number of structures in a city. This system has found wide application in many countries of the world. Fema 154 (USA), Swiss System, New Zealand System, Indian System, Turkish System and Japanese

Seismic Method. Scores may be modified due to additional inputs such as: Irregularities, year of construction, number of floors, soft storey, short columns, etc.

The materials of the prototypes are concrete and aerated concrete cubes (100*100 mm) and prisms ($b \times h = 100 \times 400$ mm), in combination with various materials for filling expansion joints. The section deals with the stress-strain state under low-cycle loading of three types of joint filling: mineral wool, polystyrene foam and wilaterme. The main stage of the experimental part includes testing of four aerated concrete walls (models, samples in 1:2,5 scale) on horizontal shear effects taking into account the work of the filling material. The panel dimensions are 1200×1200×100 mm.

Based on the results of tests with static and low-cycle loads of mineral wool, polystyrene foam and wilatherm on concrete and aerated concrete prisms, it is shown that all three types of filling continue to participate in the wall filling until the complete destruction of aerated concrete elements.

According to the results of experimental tests of wall panels made of aerated concrete with the filling of deformation joints with horizontal growing familiar load it was determined that the fragments perceive horizontal forces up to 32 kN at deformation up to 16 mm. Analyzing the results of experimental tests of wall panels made of aerated concrete with the filling of deformation joints of low-cycle growing alternating loads it is determined that the fragments perceive horizontal forces up to 40 kN at the deformation up to 13 mm.

The analysis of the results of field tests of the building, located in Odessa on the French Boulevard Street, showed that the method of oscillation excitation affects only the amplitude of oscillations, the values of vibration periods remain unchanged.

As a result of field testing of multi-storey residential building was implemented only the first form of vibration, the period of which was 1.63 sec. The period of the first form of natural oscillations was obtained -2.0978 sec, which is significantly different from that obtained in field tests. Taking into account the abovementioned preconditions, a modified numerical model of the building was developed, taking into account the stiffness of the bearing fillings. The calculation resulted in an oscillation period of 1.6556 s, the difference being 1.5%. It is obviously necessary to develop a second model, taking into account the real work of the buildings, in parallel with the main model.

Also thesis presents the results of studying the behavior of various irregularity of the geometric form of buildings in terms of seismic effects. The most common geometrical forms of the building in plan used both in Ukraine and abroad were analyzed (rectangular, L-shaped and T-shaped, etc.). Modeling and calculation of forms was carried out with the help of software package LIRA SAPR-2019.

An approach to approbation of existing foreign RVS systems on buildings in seismic areas of Ukraine is proposed. Experimental and statistical planning was performed, which allowed to take into account the influence of variation factors in foreign RVS systems quite quickly and efficiently.

The analysis of experimental-statistical models of RVS systems to identify the major factors that have the most impact, using the COMPEX system is performed.

Non regular wall infill (NWI) significantly affects the seismic resistance of buildings, both at the level of maximum permissible distortions, and at the level of distortions of the previous caving.

Having analyzed the results of flexible floor modeling, which is caused by irregularity of NWI, it can be assumed that the main reason for the largest susceptibility of flexible floor to earthquakes is the localization of seismic forces.

As a result of the analysis of earthquake consequences, the main variants of irregularity of wall filling have been revealed, which significantly affected the behavior of buildings. It is proposed to introduce irregular location of NWI in the data collection form as a critical factor, in the case of availability the object must be classified as potentially non-seismic.

According to the results of performed laboratory, field and numerical investigations, the RVS form was developed and tested on the buildings in Odessa's city, for which there was found a seismic resistance deficiency due to the influence of the form and automotive locations of the wall filling.

In conclusion, it shows the relevance of the objective solved in the dissertation, and presents the main results of the research conducted.

The results obtained in this this thesis paper have been implemented in the building compagny "Mikromegas" LLC, and in the design activity of "Kapitel-M" LLC in the construction of real objects for various purposes (relevant references are provided in the annexes).

Keywords: Seismic vulnerability, flat-slab framework system, rapid visual screening, irregular wall filling.

Підписано до друку 02.10.2020 р.
Формат 60 X 84/16 Папір офісний Гарнітура Times
Цифровий друк. Ум.-друк. арк. 15,58.
Наклад 100 прим. Зам. №20-62Е

Видавець і виготовлювач:
Одеська державна академія будівництва та архітектури
Свідоцтво ДК № 4515 від 01.04.2013 р.
Україна, 65029, м. Одеса, вул. Дідріхсона, 4.
тел.: (048) 729-85-34, e-mail: rio@ogasa.org.ua

Надруковано в авторській редакції з готового оригінал-макету
в редакційно-видавничому відділі ОДАБА