

РЕЦЕНЗІЯ

на дисертаційну роботу **Кашоїди Остапа Олександровича**

на тему «Взаємодія пальових фундаментів з ґрунтовими основами при врахуванні зміни жорсткості конструкцій будівлі» представлена на здобуття ступеня доктора філософії в галузі знань 19 – Архітектура та будівництво за спеціальністю 192 – Будівництво та цивільна інженерія

Розгляд і детальний аналіз дисертаційної роботи Кашоїди Остапа Олександровича на тему: «Взаємодія пальових фундаментів з ґрунтовими основами при врахуванні зміни жорсткості конструкцій будівлі» показав її завершеність, як наукового дослідження. Базуючись на виконаних напрацюваннях, а також ознайомившись з публікаціями автора, можна оцінити кваліфікаційну роботу.

Актуальність теми дисертації. Дисертаційне дослідження Кашоїди Остапа Олександровича-розвиває методи оцінки взаємодії пальових фундаментів з ґрунтовими основами із врахуванням жорсткості конструкцій будівлі

Актуальним питанням сьогодні реконструкція існуючих та пошкоджених будинків, що часто супроводжується зміною жорсткості несучих конструкцій, та призводить до зміни роботи фундаментних конструкцій. Вимогою для проектування та зведення будівель і споруд є забезпечення їх надійності та довговічності із врахуванням мінливості навантажень, можливої зміни їх жорсткості під-час експлуатації та неоднорідності ґрунтових основ. Виконані дослідження із оцінки впливу зміни жорсткості конструкцій будівлі можна використати у повоєнному відновленні зруйнованих будівель і споруд та реконструкції існуючих об'єктів. Запорукою коректного числового моделювання напружено-деформованого стану системи «основа – фундамент – надземні конструкції» є врахування зміни жорсткості її елементів для всіх стадій життєвого циклу будівлі: починаючи з розробки котловану, влаштування фундаментів, спорудження підземної і надземної частини будівлі та завершуючи введенням в експлуатацію із поступовою зміною навантажень і жорсткості конструкцій. Подальший моніторинг поведінки будівель є необхідним та

дозволяє виконати порівняння результатів числового моделювання із натурними спостереженнями і удосконалити методи розрахунків.

Тема дисертації відповідає пріоритетним напрямкам розвитку науки і техніки України та переліку пріоритетних тематичних напрямків наукових досліджень та розробок. Актуальність вибору теми дослідження підтверджується також її зв'язком із науково-дослідною роботою, що виконується на кафедрі геотехніки КНУБА на тему: «Вдосконалення методів розрахунку будівельних конструкцій і основ» №0121U113033, що виконується на підставі наказу КНУБА від 03.06.2021 № 243.

Обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій. У дослідженнях використані основні положень механіки деформованого твердого тіла. Прослідковується логічна відповідність сформульованої мети та задача дослідження із методами дослідження. Для обґрунтування адекватності прийнятої моделі та методики моделювання процесів взаємодії конструкцій з ґрунтовими основами в своїх дослідженнях дисертант використав експериментальні дані взаємодії групи паль з ґрунтовою основою отримані незалежними дослідниками. Для числового моделювання напружено-деформованого стану ґрунтових основ і конструкцій у роботі використано два незалежних програмних комплекси. Дані числових моделювань за запропонованим у роботі підходом врахування зміни жорсткості підтверджені даними геодезичного моніторингу за переміщеннями фундаменту на дослідному об'єкті.

Достовірність основних положень роботи забезпечена:

- точністю та достовірністю вихідних даних;
- використанням тестових та контрольних задач;
- проведенням ідентифікації параметрів прийнятої числової моделі на базі даних експериментальних досліджень;
- використанням даних геодезичного моніторингу за переміщеннями реальних конструкцій на дослідному майданчику.

Наукова новизна одержаних результатів полягає у наступному:

Вперше показано перерозподіл зусиль у пальовому фундаменті будинку надземні несучі конструкції якого виконаного із збірного залізобетону в залежності від зміни жорсткості конструкцій підвального поверху у випадках виконання його із збірного чи монолітного залізобетону та виявлено, що відбувається перерозподіл поздовжніх зусиль у палях до 20% від середнього навантаження на палю в залежності від жорсткості підземного поверху.

Показано ефект впливу жорсткості стиків окремих елементів панельного будинку на напружено-деформований стан пальових фундаментів таких будинків, який полягає як у якісній так і в кількісній зміні згинальних моментів у плиті ростверку.

Запропоновано підхід управління напружено-деформованим станом несучих конструкцій будинку через зміну жорсткості окремих його частин шляхом введення додаткових конструктивних елементів, що дозволяє перерозподілити зусилля у фундаментних конструкціях та знизити пікові значення згинальних моментів у фундаментних плитах до 1,5 рази.

Підтверджено, що використання одноузлових скінченних елементів постійної жорсткості, що моделюють роботу палі, не дозволяє змодельовати взаємний вплив між палями у фундаменті, а використання об'ємних скінченних елементів для моделювання ґрунтового середовища дозволяє виявити перерозподіл навантаження між палями, який може досягати 1,6 рази між палями розміщеними у кутовій і центральній зоні.

Практичне значення отриманих результатів визначається наступним:

Розроблено методику, яка дозволяє за допомогою числового моделювання напружено-деформованого стану системи «основа – фундаменти – надземні конструкції» врахувати вплив зміни жорсткості будівельних конструкцій на зусилля у фундаменті.

Розроблено та реалізовано проект підсилення фундаментів та вертикальних несучих конструкцій житлового будинку у м. Київ, що включає в себе введення додаткових вертикальних елементів, завдяки чому було досягнуто зменшення згинальних моментів у плиті ростверку.

Повнота викладення наукових положень, висновків і рекомендацій дисертації в опублікованих працях. Наукові результати дисертації висвітлені у 6 наукових публікаціях здобувача, серед яких: 1 стаття у науковому виданні, включеному до переліку наукових фахових видань України категорії «А», яке цитується у реферативній базі «Web of Science»; 5 статей опублікованих у науковому виданні, включеному до переліку наукових фахових видань України категорії «Б». Результати дисертаційного дослідження були апробовані на 6 наукових конференціях. Наукові результати, отримані в дисертаційній роботі, повністю висвітлені у наукових публікаціях здобувача.

Оцінка змісту, стилю та мови дисертації, її завершеності, оформлення

Представлена на рецензію дисертаційна робота написана українською мовою та оформлена відповідно до вимог наказу МОН України від 12 січня 2017 р. № 40 «Про затвердження вимог до оформлення дисертації». Дисертація складається з вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатку. Загальний обсяг дисертації складає 170 сторінок, у тому числі основна частина складає 139 сторінок, список використаних джерел – 10 сторінок і додаток – 1 сторінка.

У вступі викладено актуальність теми, сформульовано мету та задачі дослідження, описано методи за допомогою яких створена наукова робота, викладено об'єкт та предмет дослідження, публікації та апробацію наукових розробок.

У першому розділі «Раціональні конструкції пальових фундаментів і методи їх розрахунку при врахуванні зміни жорсткості конструкцій будівлі» виконано аналіз існуючих досліджень науковців які працювали та зараз виконують дослідження у напрямку досліджень взаємної роботи пальового фундаменту з ґрунтовою основою. Описано типи паль і пальових фундаментів, а також зазначено недоліки і переваги кожного з них. Детально наведено і описано способи моделювання паль у сучасних програмних комплексах, також розглянуто аналітичні і експериментальні методи визначення несучої здатності паль.

У другому розділі «Моделі ґрунтового середовища та матеріалу конструкцій, що використовуються для оцінки взаємодії пальових фундаментів з основами» описано пружно-пластичну модель деформування ґрунту із критерієм міцності Кулона-Мора. Приведені переваги обраної моделі, серед яких відносна простота обчислень та поширеність у більшості розрахункових комплексах. Серед недоліків моделі зазначено апроксимацію кривої руйнування ґрунту до двох прямих ліній. Однак автором зазначена достатня точність результатів, які отримані при використанні моделі Кулона-Мора.

Також, автором, описана нелінійно-деформована модель залізобетону, наведені діаграми залежності між напруженнями і деформаціями бетону при двовісному стиску.

Зазначено, що у залізобетонних конструкціях спостерігаються, крім пружних деформацій, також є деформації непружні: текучості, повзучості, усадки, температурні, зміщення опор та інші, які бажано враховувати при моделюванні системи «основа – фундамент – надземні конструкції».

У третьому розділі «Методика числового моделювання взаємодії пальових фундаментів з ґрунтовими основами із урахуванням зміни жорсткості конструкцій будівель та нелінійних процесів деформування матеріалів» виконано порівняння роботи паль у групі за допомогою різних способів числового моделювання. Порівняння виконано на основі польового випробування групи з 9 паль, що було раніше опубліковано Бартоломеем А.О та співавторами.

В розділі описано ідентифікацію параметрів прийнятої моделі, розкрита суть даного підходу для верифікації параметрів елементів ґрунтового масиву. Детально і добре проілюстровано способи числового моделювання взаємодії палі з ґрунтовою основою, в роботі розглянуто три підходи: одновузловий скінчений елемент, одновузловий скінчений елемент перемінної жорсткості, об'ємні скінченні елементи у якості ґрунтового середовища.

У розділі наведена блок-схема методики числового моделювання взаємодії пальового фундаменту з ґрунтовими основами із урахуванням зміни жорсткості конструкцій будівель та нелінійних процесів деформування матеріалів.

Порівняння різних підходів числового моделювання з експериментальними даними виконано для 6 стадій навантаження, що дозволило протестувати кожен модель окремо, визначити еволюцію формування переміщень та зусиль у палях і визначити межі використання кожного з розглянутих підходів до числового моделювання.

Таким чином виявлено, що застосування одновузлового скінченного елемента постійної жорсткості, дає високу збіжність зусиль у палях у порівнянні з експериментальними тільки на перших трьох етапах навантаження, в той самий час, ця модель суттєво переоцінює осідання на початкових етапах навантаження. Згідно з висновками автора, така модель допустима тільки у першому наближенні, коли на палі передається навантаження, яке менше 50% її несучої здатності. Також така модель не може враховувати перерозподіл навантаження між палями та зміну жорсткості ґрунтової основи в процесі її деформування.

Також додатково проведено числове моделювання групи паль, я якому ґрунтове середовище змодельовано об'ємними елементами і порівняно 2 різних способи моделювання паль, а саме: об'ємними скінченими елементами, та стержневими елементами з введенням додаткового контактного елемента «інтерфейсу», який моделює взаємодію палі і ґрунтового середовища.

Встановлено, що при моделюванні паль об'ємними скінченими елементами із врахуванням інтерфейсів, по бічній поверхні, дає змогу отримати добру кореляцію результатів розрахунку в порівнянні із польовим дослідженням випробування групи паль та враховує розподіл навантаження між палями на всіх стадіях навантаження.

Також було визначено закономірність у визначені розподілу навантаження між палями в залежності від їх розташування у пальовому фундаменті. Тобто знаючи середнє навантаження на палю N можна виконати прогноз зусилля, що буде у ній виникати: у кутовій палі – $1,15N$; у середній палі – $1,0N$; у центральній палі – $0,7N$.

Запропоновано методику числового моделювання напружено-деформованого стану системи «основа – фундаменти – надземні конструкції», яка дозволяє врахувати вплив жорсткості несучих конструкцій на напружено-деформований стан пальового фундаменту.

У четвертому розділі «Взаємодія пальових фундаментів з ґрунтовими основами при врахуванні зміни жорсткості конструкцій будівлі» для експериментального будинку було виконано порівняння напружено-деформованого стану пальового фундаменту та вертикальних несучих елементів підвального поверху в залежності від методу числового моделювання взаємодії пальового фундаменту із ґрунтовою основою. На стадії влаштованого залізобетонного каркасу будівлі та огорожуючих конструкцій було виміряно фактичні осідання плити ростверку і в подальшому на основі цих даних було виконано порівняння розрахункових значень та фактичних величин переміщень у контрольних точках.

Порівняння фактичних і розрахункових переміщень плити ростверку показало, що прогнозовані розрахунком із використанням одноузлових скінченних елементів постійної жорсткості деформації є заниженими у від 0,5 до 1,3 рази. Аналіз результатів вертикальних переміщень показав відсутність різниці між переміщеннями в крайніх і центральних точках фундаментної плити.

Використання моделі із одноузловими скінченними елементами постійної жорсткості прогнозує найменші абсолютні значення напружень у вертикальних елементах, що призводить до недооцінки напружено-деформованого стану та зниженню надійності проектних рішень.

Використання більш детальної моделі, а саме «ланцюжка» скінчених елементів показало розподіл між переміщеннями крайніх і центральних точок, але самі абсолютні значення переміщень завищені у 3 – 7 разів.

Використання об'ємних скінченних елементів супроводжується попередньою ідентифікацією параметрів ґрунту, що показало завищення переміщень у фундаментній плиті до 2,5 раз.

Встановлено, що використання покрокового зростання навантаження, врахування зміни жорсткості надземних конструкцій, що відповідає реальним

етапам їх зведення, за рахунок поступової появи елементів моделі та введення обмеження поздовжнього зусилля у палі до межі її несучої здатності, дозволяє отримати уточнені значення напруження у вертикальних несучих елементах, що на 20% менші ніж без такого врахування.

Дослідження впливу жорсткості підвального поверху будівель із збірного залізобетону на напружено-деформований стан пальового фундаменту показало, що згинальні моменти у плиті ростверку чутливі до розташування вертикальних стиків у стінових панелях. Виявлено, що використання монолітних конструкцій для стін підвального поверху у якості вертикальних несучих елементів завжди буде призводити до перерозподілу вертикальних напружень із зменшенням їх пікових значень. Також застосування монолітних конструкцій у якості стін підвалу призводить до зменшення екстремумів на епюрі згинальних моментів у плиті ростверку.

Результати роботи виконаної аспірантом Кашоїдою О.О. в межах його дисертаційного дослідження на тему: «Взаємодія пальових фундаментів з ґрунтовими основами при врахуванні зміни жорсткості конструкцій будівлі» впроваджені на експериментальному об'єкті: «Будівництво житлового комплексу для військовослужбовців та членів їх сімей по вул. Магнітогорській, 5 в Деснянському районі м. Києва. 1-ша черга будівництва», дозволило обрати ефективний варіант підсилення фундаментів та вертикальних несучих елементів даного будинку.

У загальних висновках сформульовано основні наукові результати дослідження відповідно до поставлених завдань.

Дискусійні положення та зауваження по дисертаційній роботі. У процесі аналізу змісту й структури дисертації виникли такі зауваження змістовного характеру:

1. При моделюванні задач з 4-ого розділу, а саме моделювання взаємодії системи «основа-фундамент-надземні конструкції» для експериментального будинку не зазначено, яким чином змодельовано контакт між ґрунтом і плитою-ростверком для варіанту з одновузловими скінченими елементами (як постійної так і перемінної жорсткості). Спосіб моделювання цього контакту або

відсутність контакту між ґрунтом і ростверком у розрахунковій моделі може суттєво вплинути на результати розрахунків і подальший аналіз.

2. У науковій новизні і у висновках до роботи є формулювання «вплив жорсткості стиків», який показав суттєвий ефект на зусилля у фундаментній плиті, у роботі не розкрито це поняття, і окрім опису моделі закладної деталі панелі, не можливо зрозуміти які жорсткості чи контактні елементи моделювали цей стик.

3. Автором наведено моделювання експерименту в якому ґрунт моделюється об'ємними елементами, а контакт між палями і ґрунтом за допомогою «інтерфейсу», в роботі не зазначено прийняті параметри цього інтерфейсу і вплив зміни його значення на результати розрахунку.

4. В описі моделі ґрунту де у якості критерія міцності використовується відомий критерій Кулона-Мора, одним з міцнісних параметрів зазначено кут дилатанції ψ , наведена формула для визначення цього параметра не має посилання на джерело і є не коректною, варто для подальших досліджень ознайомитись з роботами інших дослідників наприклад: О. Рейнольдса, В. М. Ніколаєвського, І.П Бойка.

5. Бажано було б розробити рекомендації, де висвітлити закономірності, за якими варто розташовувати додаткові вертикальні елементи, таким чином, щоб їх місце розташування давало максимальний ефект на зниження згинальних моментів у плиті.

6. Аналіз перекладу анотації на англійську мову виявив некоректний переклад геотехнічних термінів, наприклад: Модель Кулона-Мора варто перекладати як Mohr-Columb model, кут внутрішнього тертя - friction angel, ґрунтове середовище – soil environment, також є інші неточності в англійському перекладі.

Вказані зауваження не знижують позитивної оцінки роботи і можуть розглядатись, як рекомендації для майбутніх досліджень. Вважаю, що висловлені зауваження не є визначальними і не зменшують загальну наукову новизну та практичну цінність результатів та не впливають на позитивну оцінку дисертаційної роботи.

Оцінка відповідності освітньо-науковій програмі підготовки.

Протягом виконання дисертаційних досліджень Кашоїда Остап Олександрович провів наукове дослідження, оформлене у вигляді дисертації та опублікував його основні наукові результати.

Аналіз змісту дисертації та підсумків впровадження її результатів показав, що кваліфікаційна наукова робота здобувача Кашоїди Остапа Олександровича повністю відповідає напрямку наукового дослідження освітньо-наукової програми КНУБА для здобувачів третього (освітньо-наукового) рівня підготовки фахівців за спеціальністю 192 – Будівництво і цивільна інженерія.

Відповідність дисертації вимогам «Порядку присудження ступеня доктора філософії». Дисертація Кашоїди Остапа Олександровича «Взаємодія пальових фундаментів з ґрунтовими основами при врахуванні зміни жорсткості конструкцій будівлі» відповідає вимогам чинного законодавства України, що передбачені в пп. 5 – 9 «Порядку присудження ступеня доктора філософії...», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44.

Дотримання принципів академічної доброчесності. Дисертаційна робота Кашоїди Остапа Олександровича є результатом самостійних досліджень здобувача і не містить елементів фальсифікації, компіляції, фабрикації, плагіату та запозичень. Використані ідеї, результати і тексти інших авторів мають належні посилання на відповідне джерело.

Загальний висновок про дисертаційну роботу

Робота Кашоїди Остапа Олександровича виконана на доброму науковому рівні. Всі поставлені задачі розв'язані, сформовані відповідні висновки у роботі присутні наукова і практична новизна. Рівень кваліфікаційної роботи показує володіння автором знаннями у обраному напрямку та його вміння ставити задачі і отримувати науковий результат у вигляді встановлення залежностей, розробки методології та рекомендацій по результатам досліджень.

Вважаю, що кваліфікаційна наукова праця «Взаємодія пальових фундаментів з ґрунтовими основами при врахуванні зміни жорсткості конструкцій будівлі», подана на здобуття ступеня доктора філософії за

спеціальністю 192 – «Будівництво та цивільна інженерія» є завершеною і самостійно виконаною працею, містить нові науково обґрунтовані теоретичні та практичні результати і відповідає вимогам пп. 5-9 «Порядку присудження ступеня доктора філософії», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. №44, а її автор, Кашоїда Остап Олександрович, заслуговує на присудження ступеня доктора філософії за спеціальністю 192 – «Будівництво та цивільна інженерія».

Рецензент:

доцент кафедри геотехніки
Київського національного університету
будівництва і архітектури,
кандидат технічних наук

Людмила БОНДАРЕВА

«Підпис Л.О. Бондаревої засвідчую»

Вчений секретар Вченої ради КНУБА

к.т.н., доцент



Микола КЛИМЕНКО