

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу

Кашоїди Остапа Олександровича

«Взаємодія пальових фундаментів з ґрунтовими основами при врахуванні зміни жорсткості конструкцій будівлі»,

представлену на здобуття наукового ступеня доктора філософії за

спеціальністю 192 – будівництво та цивільна інженерія,

галузь знань 19 – Архітектура та будівництво

Детальний аналіз дисертації Кашоїди Остапа Олександровича «Взаємодія пальових фундаментів з ґрунтовими основами при врахуванні зміни жорсткості конструкцій будівлі» дозволяє сформулювати наступні узагальнені висновки щодо актуальності, ступеня обґрунтованості основних наукових положень, висновків, рекомендацій, достовірності, наукової новизни, практичного значення, а також загальної оцінки роботи.

Актуальність теми дисертаційного дослідження Кашоїди Остапа Олександровича «Взаємодія пальових фундаментів з ґрунтовими основами при врахуванні зміни жорсткості конструкцій будівлі» полягає у визначенні впливу жорсткості несучих конструкцій на напружено-деформований стан (НДС) пальового фундаменту у складі системи «основа – фундамент – надземні конструкції». Сьогодні є важливим забезпечення надійності та довговічності будівель з урахуванням зміни навантажень або жорсткості конструкцій під-час експлуатації будівлі, неоднорідності ґрунтових основ і т. ін. Отримані результати з оцінювання впливу зміни жорсткості конструкцій будівлі можна використати у повоєнному відновленні зруйнованих будівель і споруд та реконструкції існуючих об'єктів, що часто призводить до зміни їх конструктивної схеми, й відповідно жорсткості. Урахування зміни жорсткості конструкцій будівлі є запорукою коректного моделювання НДС системи «основа – фундамент – надземні конструкції» для всіх стадій життєвого циклу будівлі, починаючи із земляних робіт і завершуючи введенням в експлуатацію будівлі зі зміною навантажень і жорсткості конструкцій. Подальший моніторинг за поведінкою

будівлі є необхідним і дозволяє виконати порівняння натурних спостережень з результатами числового моделювання та удосконалити методи розрахунків.

Наукова новизна одержаних результатів

За допомогою зміни жорсткості окремих частин будівлі чи її конструкцій, всебічно обґрунтовано новий підхід до управління НДС несучих конструкцій будівлі, що дозволяє знизити пікові значення згинальних моментів у ростверку в 1,5 рази і більш рівномірно розподілити навантаження між палями.

Вперше виявлено ефект впливу жорсткості стиків елементів панельного будинку на НДС пальового фундаменту, який полягає як у кількісній, так і в якісній зміні згинальних моментів у плиті ростверку до 5 разів.

На базі випробувань групи паль отримано нові дані щодо впливу різних методів моделювання взаємодії пальового фундаменту з ґрунтовою основою, виявлено що використання одновузлових скінченних елементів постійної жорсткості, які моделюють роботу палі, не дозволяє виконати моделювання взаємного впливу між палями, а застосування групи одновузлових скінченних елементів перемінної жорсткості чи об'ємних елементів ґрунтового середовища, дозволяє виявити перерозподіл навантаження між палями, що становить близько 1,5 рази між палями, розміщеними у кутовій і центральній зоні.

Отримано нові закономірності з перерозподілу зусиль у палях при зміні жорсткості конструкцій частин будівлі (підвального поверху), виконаних зі збірного чи монолітного залізобетону; виявлено перерозподіл поздовжніх зусиль у палях у межах 20% від середнього навантаження на палю залежно від жорсткості підземного поверху.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації

Обґрунтування наукових положень дисертаційної роботи витікає з проведеного аналізу сучасного стану науково-технічної та нормативної літератури, чіткого формулювання задач досліджень, постановки чисельних і натурних дослідів зі статистичною обробкою їх результатів, використання апробованих апаратів класичної і нелінійної механіки ґрунтів, сучасних методів розв'язання змішаної пружно-пластичної задачі методом скінчених елементів

(МСЕ) у фізично нелінійній постановці для визначення НДС системи «основа – фундамент – надземні конструкції», а також ретельним проведенням чисельного експерименту з використанням сучасного програмного забезпечення й порівнянням його даних з відомими раніше результатами, що дозволило автору: удосконалити загальний підхід до числового моделювання взаємодії пальових фундаментів з ґрунтовими основами з урахуванням зміни жорсткості конструкції будівель і нелінійних процесів деформування матеріалів; виявити роль поступової зміни жорсткості конструкцій будинку на перерозподіл зусиль між елементами цієї системи, тощо.

Наукові висновки органічно витікають з проведених експериментальних і теоретичних досліджень та їх порівняння, що підтвердило достатню відповідність дослідних даних їх розрахунковим величинам. Це дозволило здобувачу вдосконалити методику розрахунку пальових фундаментів секційних висотних будинків, що за своїми загальними положеннями відповідає вимогам ДБН В.2.1-10: 2018. Основи і фундаменти будівель та споруд.

Практичне значення результатів досліджень

Запропонована методика числового моделювання НДС системи «основа – фундаменти – надземні конструкції», що дозволяє виявити вплив зміни жорсткості будівельних конструкцій на НДС пальового фундаменту.

Запропоновано та реалізовано конструктивне рішення підсилення вертикальних несучих елементів у м. Київ на експериментальній ділянці будівництва багатосекційних висотних будинків, завдяки чому досягнуто зменшення згинальних моментів у плиті ростверку, що позитивно вплине на міцність і тріщиностійкість ростверку.

Аналіз змісту та завершеності дисертації

Дисертація, підготовлена Кашоїдою О.О., складається зі вступу, чотирьох розділів, загальних висновків, списку використаних джерел (85 найменування) та одного додатку. Загальний обсяг роботи становить 170 стор.

Зміст анотацій українською та англійською мовами є ідентичним і повною мірою відображає зміст дисертації і в достатній мірі висвітлює її основні результати та висновки.

У вступі ґрунтовно викладено актуальність теми, науково сформульовано мету, яка відповідає обраній темі та розкрита у завданнях, викладено об'єкт і предмет дослідження, публікації та апробацію наукових розробок.

В першому розділі виконано аналіз існуючих технологій влаштування пальових фундаментів і методів їх розрахунку, визначено вплив геометричних розмірів (форми перерізу) палі на жорсткість та несучу здатність палі. Зокрема, виявлено, що неспівпадіння центрів ваги несучих конструкцій і фундаменту призводить до нерівномірних осідань. Також неврахування центрів ваги призводить до нерівномірності завантаження палі в окремих зонах.

У другому розділі виконано аналіз моделей ґрунтового середовища, які використовують для числового моделювання взаємодії пальових фундаментів із ґрунтовими основами. Показано, що пружно-пластичні моделі ґрунту є ефективними нелінійними моделями, які шляхом розрахунків дозволяють отримати коректний НДС системи «основа – фундамент – надземні конструкції». Критерій міцності Кулона-Мора описує пружно-пластичну поведінку матеріалу, дозволяє отримати наближені результати у загальних випадках нелінійних розрахунків ґрунтової основи при оцінюванні несучої здатності, тому такий критерій міцності широко використовують при моделюванні. Використання критерію міцності Кулона-Мора має й недоліки. зокрема: меридіан і крива руйнування для закону Кулона-Мора мають лінійну форму, так що параметр міцності (кут внутрішнього тертя) не залежить від гідростатичного тиску; середнє головне напруження не впливає на міцність, що протирічить реальній поведінці ґрунтів при випробуваннях.

У третьому розділі на базі польового випробування групи з дев'яти палі, виконано числове моделювання взаємодії пальового фундаменту з ґрунтовою основою та застосовано різні моделі взаємодії палі з основою. Виявлено, що використання одновузлового скінченного елемента постійної жорсткості, що моделює палі можна допустити у першому наближенні лише, коли на палі передається навантаження, що менше половини її несучої здатності, у такому випадку фундамент буде працювати нераціонально. Такий підхід не може враховувати перерозподіл навантаження між палями й зміну жорсткості

грунтової основи в процесі її деформації, що призводить до хибного проектування і прийняття таких же конструктивних рішень.

Встановлено, що застосування групи одновузових скінченних елементів перемінної жорсткості, які моделюють палі, дає змогу отримати задовільну кореляцію результатів осідання паль порівняно з польовим дослідженням (різниця в середньому складає близько 15%). Такий підхід дає змогу виявити перерозподіл зусиль між палями та запроектувати пальовий фундамент з певним запасом. Показано, що використання об'ємних скінченних елементів з пружним законом деформування у якості ґрунтового середовища призводить до доброї кореляції результатів моделювання у порівнянні із експериментальними даними як поздовжніх зусиль в палях так і осідань ростверку. Встановлено, що числове моделювання за таким методом дозволяє виявити перерозподіл між палями.

Визначено, що використання пружно-пластичних моделей ґрунту призводить до збільшення збіжності результатів моделювання із польовим експериментом, в порівнянні із пружним законом деформування. Цей підхід дає змогу виявити перерозподіл зусиль між палями, але розрахункові поздовжні зусилля будуть відрізнятись від фактичних, отриманих при експерименті до 30%.

Визначено закономірність розподілу навантаження між палями залежно від їх розташування у фундаменті. Отже, знаючи середнє навантаження на палю N можна прогнозувати зусилля, що буде у ній виникати у палях: кутовій – $1,15N$; середній – N ; центральній – $0,7N$. Запропоновано методику моделювання НДС системи «основа – фундаменти – надземні конструкції», що дозволяє врахувати вплив жорсткості несучих конструкцій на НДС пального фундаменту.

У *четвертому розділі* для експериментального будинку виконано порівняння НДС пального фундаменту та вертикальних несучих елементів підвального поверху залежно від методу моделювання взаємодії пального фундаменту з ґрунтовою основою. На стадії влаштованого залізобетонного каркасу будівлі та огорожуючих конструкцій виміряно фактичні осідання плити ростверку і в подальшому на базі цих даних виконано порівняння розрахункових значень і фактичних величин переміщень у контрольних точках.

Порівняння фактичних і розрахункових переміщень плити ростверку показало, що прогнозовані розрахунком деформації моделі з використанням одноузлових скінченних елементів постійної жорсткості є заниженими у 1,5 рази. Визначено, що застосування моделі з одноузловими скінченними елементами постійної жорсткості моделює НДС пальового фундаменту, який якісно відрізняється на краях і в центральній зоні плити ростверку, також характер епюри згинальних моментів суттєво відрізняється від епюри інших варіантів числового моделювання. Використання моделі із одноузловими скінченними елементами постійної жорсткості прогнозує найменші абсолютні значення напружень у вертикальних елементах, що призводить до недооцінки НДС і зниженню надійності проектних рішень. Використання моделі палів з групою одноузлових скінченних елементів перемінної жорсткості прогнозує НДС пальового фундаменту, який має найбільші кількісні значення ординат епюри згинаючих моментів у плиті ростверку. Порівняння фактичних і розрахункових осідань плити ростверку показало, що переміщення за таким методом числового моделювання взаємодії пальового фундаменту з ґрунтовою основою є завищеними у 5 разів.

Використання об'ємних скінченних елементів у якості ґрунтового середовища прогнозує НДС, при якому майже рівномірно завантажуються вертикальні несучі елементи каркасу за умови, що врахований контакт ростверку з ґрунтом. Порівняння фактичних і розрахункових переміщень плити ростверку показало, що осідання є завищеними до 2 разів, що є достатнім показником із урахуванням відповідальності конструкції. Встановлено, що застосування покрокового зростання навантаження, урахування зміни жорсткості надземних конструкцій, що відповідає реальним стадіям їх зведення, за рахунок поступової появи частин моделі та введення обмеження поздовжнього зусилля у палі в межах її несучої здатності, дозволяє отримати уточнені значення напружень у вертикальних несучих елементах, які є меншими (в межах 20%) ніж без такого врахування. Дослідження впливу жорсткості підвального поверху будівлі із збірного залізобетону на НДС 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 призведе до перерозподілу вертикальних напружень із зменшенням їх величин. Також застосування монолітних конструкцій у якості стін підвалу призводить до зменшення екстремумів на епюрі згинальних моментів у плиті ростверку.

Результати дисертаційного дослідження «Взаємодія пальових фундаментів з ґрунтовими основами при врахуванні зміни жорсткості конструкцій будівлі» впроваджено на конкретному об'єкті «Будівництво житлового комплексу для військовослужбовців та членів їх сімей по вул. Магнітогорській, 5 в Деснянському районі м. Києва. 1-ша черга будівництва», що дозволило обрати раціональний варіант підсилення фундаментів і вертикальних несучих елементів даного будинку.

У дисертаційній роботі відсутні ознаки порушення академічної доброчесності. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів має посилання на відповідне джерело.

Слід додатково відзначити, що дисертація охайно оформлена, добре проілюстрована. Значний статистичний матеріал здобувач представив у вигляді компактних таблиць і графіків. Загальні висновки до дисертації логічні, короткі й у цілому відповідають пунктам наукової новизни.

Автор продемонстрував високий рівень володіння математичним апаратом МСЕ для нелінійних задач механіки ґрунтів, знання моделей ґрунту, здатність самостійно планувати, проводити чисельний і натурний експерименти й обробляти їх результати, аналізувати та представляти їх тощо.

Повнота викладення наукових положень, висновків і рекомендацій дисертації в опублікованих працях

Основні результати, наукові положення, висновки та рекомендації достатньо повно відображено у 6 працях: 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»; 6 тез конференцій.

Праці Кашоїди О.О. відповідають п. 11 «Порядку проведення експерименту з присудження ступеня доктора філософії», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 6 березня 2019 року № 167. Наведені у дисертації розробки пройшли апробацію на конференціях різного рівня, де доповідалися основні положення та результати досліджень.

Дискусійні положення та зауваження до дисертації

Незважаючи на загальну позитивну оцінку дисертаційної роботи, слід вказати на певні дискусійні положення та зауваження, а саме:

I. У вступі актуальності теми приділено 4 сторінки, що все-таки забагато. У вступі чи наприкінці першого розділу доцільно було навести загальну структурну схему досліджень, викладених у дисертації.

II. При аналізі сучасного стану питання (розділ 1), на жаль, взято до уваги лише 10 джерел англійською мовою, з них 6 робіт професора Р. Катценбаха. Доцільно було провести більш детальний аналіз за темою дисертації матеріалів міжнародних конференцій останнього десятиріччя. Був сенс звернути увагу і на натурні дослідження роботи пальових фундаментів, виконані професором О.В. Самородовим. У п. 1.3.3 аналітичні методи визначення несучої здатності паль логічно було б порівняти з методиками розрахунку несучої здатності паль тертя за показниками міцності ґрунтів навколопальної зони. Такі рішення, наприклад, пропонувались у кандидатських дисертаціях К.Л. Зінсу (Київський національний університет будівництва і архітектури) та В.С. Яковлева (Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»).

III. У другому розділі слід було коротко викласти прийняті автором дослідні методики визначення параметрів моделей ґрунтів, зокрема, їх характеристик міцності та модуля деформації, оскільки вони суттєво впливають на вихідні дані для подальших розрахунків.

IV. При описі вихідних даних задач моделювання роботи паль і пальових фундаментів слід було приділити певну увагу умовам призначення загальної кількості скінчених елементів, їх розмірів і розмірів розрахункових областей та їх впливу на коректність моделювання. При викладенні методики та результатів

модельовання МСЕ (розділ 3) не зрозуміло, як враховано параметри ґрунтів (γ , φ , c , E) ущільнених зон навколо паль, які влаштовані без виймання ґрунту?

V. У четвертому розділі мало сенс дати суміщені графіки зростання навантажень на фундамент та відповідно осідань поверхневих марок натурального об'єкту у часі. Також слід було зупинитися на практичному впровадженні результатів дисертації.

VI. Перед загальними висновками слід було вказати, яку наукову задачу, на думку автора, було вирішено в дисертації.

VII. Є певні побажання до оформлення роботи й термінології, наприклад: доцільно осі графіків підписувати і словами, а не лише умовними позначеннями; на всі рисунки давати посилання у тексті; використовувати термін «група» паль, а не «кущ» паль; коефіцієнт водонасичення ґрунту, а не ступінь його вологості; завершувати кожний пункт роботи певним узагальненням.

Загальний висновок

Результати аналізу дисертації, анотацій українською та англійською мовами, опублікованих праць дають підстави для висновку про те, що дослідження Капоїди Остапа Олександровича «Взаємодія пальових фундаментів з ґрунтовими основами при врахуванні зміни жорсткості конструкцій будівлі» є завершеним самостійним науковим дослідженням. Вирішена конкретна важлива наукова задача з удосконалення загального підходу до числового модельовання взаємодії пальових фундаментів з ґрунтовими основами з урахуванням зміни жорсткості конструкції будівель і нелінійних процесів деформування матеріалів, що має суттєве народногосподарче значення для підвищення надійності та економічності проектування основ і фундаментів будівель і споруд, зокрема за умов щільної забудови, складних інженерно-геологічних умов, а також повоєнного відновлення будівель і споруд, й наукове значення для розвитку теорії та практики механіки ґрунтів і фундаментобудування. За рівнем наукової новизни отриманих результатів та їх практичного значення дисертація «Взаємодія пальових фундаментів з ґрунтовими основами при врахуванні зміни жорсткості конструкцій будівлі» є закінченою роботою, містить наукову новизну, має

теоретичне та практичне значення, розв'язані в роботі задачі мають істотне значення для будівельної галузі знань і відповідає вимогам наказу МОН України № 40 від 12.01.2017 р. «Про затвердження Вимог до оформлення дисертації» (з наступними змінами) і «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України № 44 від 12.01.2022 р., а її автор Кашоїда Остап Олександрович заслуговує присудження наукового ступеня доктор філософії за спеціальністю 192 – «Будівництво та цивільна інженерія».

Офіційний опонент:

Доктор технічних наук, професор,
в.о. завідувача кафедри буріння та геології
Національного університету «Полтавська
політехніка імені Юрія Кондратюка»

 Юрій ВИННИКОВ

Підпис д.т.н., професора Винникова Юрія «засвідчую»

Проректор з наукової та міжнародної роботи
Національного університету «Полтавська
політехніка імені Юрія Кондратюка»
доктор технічних наук, професор





Олена СТЕПОВА