

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу

Раздуя Романа Вячеславовича

на тему: «Напружено-деформований стан системи «грунтоцементна основа – фундамент – будівля»,

представлену на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю

192 – Будівництво та цивільна інженерія,

галузь знань 19 – Архітектура та будівництво

Детальний аналіз дисертації Раздуя Романа Вячеславовича «Напружено-деформований стан системи «грунтоцементна основа – фундамент – будівля» дозволяє сформулювати наступні узагальнені висновки щодо актуальності, наукової новизни, ступеня обґрунтованості основних наукових положень, висновків, рекомендацій, достовірності, практичного значення, а також загальної оцінки роботи.

Актуальність теми дисертаційного дослідження Раздуя Романа Вячеславовича обумовлена необхідністю удосконалення методів проектування та влаштування покращення характеристик основ, складених ґрунтами з особливими властивостями (слабкими, здатним до просідання) і одним з таких методів, що сьогодні активно використовується в світі та все частіше починає використовуватися в Україні є метод армування ґрунтового масиву вертикальними ґрунтоцементними елементами (ГЦЕ) за допомогою бурозмішувальної технології. Поки що, в нормативній базі України відсутні детальні рекомендації для практичного використання цього методу покращення властивостей слабких ґрунтових основ фундаментів будівель, тому є гостра необхідність у комплексних теоретичних, лабораторних та натурних дослідженнях напружено-деформованого стану таких композитних основ, армованих вертикальними ГЦЕ влаштованих за бурозмішувальною технологією, при їх взаємодії з стрічковими фундаментами неглибокого закладання та надземними частинами будівель. Також існує необхідність у розв'язанні питання вибору оптимальної глибини армування основи цього типу фундаментів залежно від властивостей природного ґрунту, ширини підшви фундаментів та інтенсивності тиску на основу, тому безумовно дане дисертаційне дослідження є актуальним у сучасних реаліях геотехніки в Україні.

Наукова новизна одержаних результатів

До основної позиції наукової новизни даного дисертаційного дослідження слід віднести:

- на основі дослідних даних дістав подальшого розвитку метод визначення значень першого та другого критичного тисків на ґрунтову основу в залежності від відсотка армування основи ґрунтоцементними елементами для стрічкових фундаментів за умов їх влаштування на слабких глинистих ґрунтах;
- отримано нові дослідні дані розвитку в часі осідань армованих вертикальними ГЦЕ слабких основ стрічкових фундаментів житлових багатопверхових цегляних будівель;
- обґрунтовано можливість застосування для математичного моделювання напружено-деформованого стану системи «ґрунтоцементна основа – стрічковий фундамент – будівля» моделей ґрунту, які враховують пружно-пластичну поведінку основи, що дозволяє отримати задовільну збіжність осідань фундаментів отриманих за результатами моделювання у порівнянні з експериментальними даними.

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

Обґрунтованість наукових положень та висновків роботи полягає в тому, що вони сформульовані здобувачем на основі огляду літератури за тематикою дослідження де серед розглянутих джерел значна частина досліджень виконаних незалежними закордонними дослідниками, коректної постановки, проведення та подальшого опису і аналізу експериментальних досліджень взаємодії масштабних моделей ґрунтових основ, ґрунтоцементних елементів та фундаментів у лотку, аналізі та узагальнені даних довготривалих геодезичних спостережень за осіданнями конструкцій будівель споруджених із використанням покращення слабких основ ґрунтоцементними елементами, проведені математичного моделювання напружено-деформованого стану системи «ґрунтоцементна основа – стрічковий фундамент – будівля» з використанням різних моделей деформування ґрунтового середовища та верифікацією результатів моделювання на базі експериментальних даних спостереження за осіданнями моделей конструкцій та повно розмірних будівель.

Дисертація вміщує велику кількість розрахункових моделей, графічного пояснювального матеріалу, таблиць. Це свідчить про ґрунтовний підхід до

опрацювання отриманих експериментальних даних та результатів математичного моделювання.

Висновки логічно витікають з проведених експериментів та математичного моделювання, проведено порівняння їх результатів, критично оцінено достовірність моделювання. Все це дозволило автору результаті комплексних експериментально-теоретичних досліджень вирішити науково-технічну задачу з удосконалення підходу до оцінювання НДС системи «грунтоцементна основа – стрічковий фундамент – будівля» з урахуванням коефіцієнту та глибини армування масиву, особливостей використання розрахункових моделей ґрунту і способів моделювання ГЦЕ.

Практичне значення результатів досліджень

Удосконалено методику оцінки НДС системи «грунтоцементна основа – стрічковий фундамент – будівля» із використанням моделей пружно-пластичного деформування ґрунту з використанням різних способів задання вертикальних ГЦЕ стержневими та об'ємними елементами.

Визначено впливу відсотка армування вертикальними ГЦЕ ґрунтових основ виконаними за бурозмішувальною технологією на НДС стрічкових фундаментів цегляних будівель.

Аналіз змісту та завершеності дисертації

Дисертація, підготовлена Раздуєм Р.В., складається зі вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел (163 найменування) та двох додатків. Загальний обсяг роботи становить 194 сторінки.

Зміст анотацій українською та англійською мовами є ідентичним і повною мірою відображає зміст дисертації та достатньо 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 та предмет дослідження, публікації та апробацію наукових розробок.

У розділі 1 проаналізовано геотехнічний досвід використання ґрунтоцементу для на армованих слабких основах, особливості методів їх покращення, методи та результати лабораторних досліджень у світовій практиці. Розглянуто недоліки та переваги нормативних методів розрахунку деформацій системи «грунтоцементна основа – фундамент – споруда». Узагальнено плюси та мінуси різних типів числових

методів оцінювання НДС цієї системи, деякі програмні розрахункові комплекси, котрі використовують у геотехніці. Показано, що методи, реалізовані в діючих на даний момент нормативних документах, не повною мірою враховують технологічні особливості виготовлення ГЦЕ, їх взаємодію між собою у групі та із навколишнім ґрунтом. Методи, реалізовані в програмних комплексах для оцінювання цієї системи при використанні ГЦЕ, можуть бути застосовані, але потрібна верифікація параметрів моделей ґрунтів на бази даних порівнянь натурних спостережень.

У розділі 2 описано результати лоткових досліджень армованих вертикальними ГЦЕ основ під жорстким стрічковим штампом. Випробування виконано з для основи без армування та з варіюванням відсотку вертикального армування ґрунтової основи 2,1%; 4,4% та 7,1% при діаметрі поперечного перерізу елементу 5 мм і щільності скелета ґрунту $\rho_d = 1,45 \text{ г/см}^3$. Наведено методику лоткового експерименту, описано методику приготування ґрунтової пасти, характеристики лотку та вантажної системи, представлено обладнання, технологію і виконання армування основи. Викладено графіки статичних штампових випробувань при усіх відсотках армування основи, із розвитком осідань у часі та з впливом розвантаження. Проаналізовано графіки залежності осідань основи штампу від тиску на неї. Апроксимовано емпіричні залежності значень першого та другого критичних тисків на основу в залежності від відсотку її армування.

У розділі 3 описано серію циклів геодезичних натурних спостережень за багатоповерховими цегляними будівлями зі стрічковими фундаментами на армованих ГЦЕ основах. Описано інженерно-геологічні умови ділянок, конструктивні рішення основ і фундаментів будівлі, її надземної частини. Наведені фото процесу армування основи ГЦЕ, виготовленими за бурозмішувальною технологією. Описано принципи влаштування та розміщення осадкових марок, зв'язкових точок, тощо. Представлено схему геометричного нівелювання з розміщенням марок. Отримано нові дослідні дані розвитку фактичних деформацій слабких глинистих основ армованих вертикальними ГЦЕ у часі. За результатами геодезичних натурних спостережень приведено наочні графіки розвитку осідань деформаційних марок у часі, суміщені з графіками зведення та експлуатації будівлі. Проаналізовано отримані результати осідань, частку величини осідань за періоди зведення, монтажу, заселення та експлуатації.

У розділі 4 наведено числове моделювання лоткових досліджень методом скінченних елементів у просторовій постановці з використанням ідеальної пружно-пластичної моделі ґрунту з критерієм міцності Мора-Кулона та моделі що враховує зміну деформаційних параметрів ґрунтів від рівня інтенсивності напружень. Проведено моделювання основ без армування ГЦЕ та при різному відсотку армування. Виконано два варіанти розрахунку, використовуючи різні методи задання ґрунтоцементних елементів: перший – з моделюванням об'ємними елементами; другий – з моделюванням стержневими елементами. Отримано залежності осідань основи штампа від тиску на основу за різними моделями поведінки ґрунту та ґрунтоцементних елементів. Наведено графіки осідань отриманих за обома розрахунковими моделями для неармованої основи штампа та варіативних параметрів армованої основи. Оцінено величини першого та другого критичних тисків на основу. Наведено графіки осідань від тиску, перерізи із візуалізацією деформацій основи.

Наведено вихідні дані та методики моделювання НДС системи «будівля – стрічковий фундамент – слабка основа, підсилена ґрунтоцементними елементами» для експериментального майданчику будівництва 9-10 багатосекційного будинку із використанням моделі коефіцієнтів жорсткості основи та моделей пружно-пластичного деформування основи.

Моделюванням виконано у тривимірній постановці та досліджено розвиток деформацій у разі зведення будівлі на природній основі, за наявності шарів слабких глинистих ґрунтів і порівняно з моделюванням основи, армованої вертикальними ГЦЕ.

У розділі 5 приведено порівняльний аналіз експериментальних і чисельних методів дослідження визначення осідань основи. Представлено в табличній та графічній формах дані порівняння результатів аналітичних розрахунків, числового моделювання та геодезичних спостережень за контрольними точками експериментального будинку.

Результати роботи виконаної аспірантом Раздуєм Р.В. впроваджені у навчальний процес Полтавського національного технічного університету ім. Юрія Кондратюка у практику проектування декількох проектних організацій Полтавського регіону та враховані при розробці п. 9.4 «Розрахунок осідань гребель», першої

редакція, ДСТУ «Греблі з ґрунтових матеріалів. Основні положення», про що у додатку Б є відповідні довідки організацій.

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

Автор дисертаційного дослідження на тему: «Напружено-деформований стан системи «ґрунтоцементна основа – фундамент – будівля» Раздуй Р.В. продемонстрував здатність планувати, проводити лоткові експерименти на моделях конструкцій і основ, обробляти і аналізувати їх результати, проводити експерименти з використанням апарату математичного моделювання процесів взаємодії ґрунтових основ, фундаментів та конструкцій використовуючи актуальні моделі ґрунтового середовища, що описують його пружно-пластичну поведінку.

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

Основні результати, наукові положення, висновки та рекомендації достатньо повно відображено у 18 наукових працях серед яких: 1 стаття у науковому виданні, включеному до міжнародної наукометричної бази «Scopus»; 5 статей опублікованих у наукових виданнях, включених до переліку наукових фахових видань України категорії «Б»; 2 статті у закордонних виданнях; 10 тез у збірниках конференцій.

Праці Раздуй Р.В. 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:

1. Твердження про зростання першого та другого критичних тисків за лінійною залежністю від відсотка армування є дискусійним так як з рисунка 2.15 видно, що наприклад: при відсотку армування 7,1% обрана точка першого критичного тиску знаходиться за межами лінійної ділянки графіку і в основі вже проявляються пластичні деформації, аналогічно і для відсотку армування 4,4%.

2. У шостому висновку до розділу 3 вказано, що для дотримання вимог будівельних норм стосовно граничних осідань армування основ у межах стисливої товщі необхідно здійснювати на значно більшу глибину, бажано в доповіді мотивовано обґрунтувати необхідну на думку здобувача довжину армування з прив'язкою до виду та стану ґрунтів, що підсилюються, відсотку армування, інтенсивності тиску фундаментів на основу.

3. У першому висновку до розділу 4 вказується, що модель поведінки ґрунту HSM, показує доволі точне співпадіння графіків математичного моделювання і лоткового експерименту як для моделювання ґрунтоцементних елементів об'ємними елементами так і стержневими (пальовими у термінології роботи), тоді як модель Мора-Кулона завищує величини осідань, особливо в стадії пружних деформацій проте із графіків рис. 4.6 та рис.4.7 видно, що застосування моделі ґрунту HSM, показує значну недооцінку величини осідань у порівнянні із натурними випробуваннями, подекуди до 2-3 х разів, як наприклад при відсотку армування 2,1%, тобто використання даних математичного моделювання із цією моделлю ґрунту (HSM) недооцінює осідання фундаментів, що є небезпечним для реального проектування.

4. В таблиці 2.1 на сторінці 49 вказано, що щільність ґрунту для приготування пасти складає $\rho=2,68 \text{ г/см}^3$, бажано у доповіді пояснити як отримано таку величину щільності для суглинку тугопластичного який є матеріалом для ґрунтової пасти про що вказано на цій же сторінці в абзаці вище бо зазвичай щільність суглинків знаходиться в діапазоні $1,75 \dots 1,95 \text{ г/см}^3$.

5. На сторінці 54 у четвертому абзаці помилково повторно вказано відсоток армування 4,4%, а має бути 7,1%.

6. На сторінці 97 вказано, що прийнятий при математичному моделюванні експерименту діаметр ґрунтоцементних елементів складає 6мм, що суперечить положенням розділу 2 де описано, що при модельних випробуваннях у лотку діаметр ґрунтоцементних елементів 5мм бажано пояснити причини такої різниці.

Загальний висновок

Результати аналізу дисертації, анотацій українською та англійською мовами, опублікованих праць дають підстави зробити висновок про те, що дослідження Раздуга Романа Вячеславовича «Напружено-деформований стан системи

«грунтоцементна основа – фундамент – будівля» є завершеним самостійним науковим дослідженням.

Вирішена наукова задача з удосконалення загального підходу до оцінювання напружено-деформованого стану системи «грунтоцементна основа – фундамент – будівля» з урахуванням коефіцієнту та глибини армування масиву, особливостей використання розрахункових моделей ґрунтів і способів моделювання ґрунтоцементних елементів, що має важливе значення для підвищення надійності та економічності проектування та влаштування стрічкових фундаментів неглибокого закладання, що влаштовуються на структурно-нестійких ґрунтах.

Вказані у даному відгуку зауваження не змінюють загального позитивного враження від роботи.

За рівнем наукової новизни отриманих результатів та їхнього практичного значення дисертація «Напружено-деформований стан системи «грунтоцементна основа – фундамент – будівля» є закінченою роботою, містить наукову новизну, має теоретичне та практичне значення, розв'язані в роботі задачі мають істотне значення для будівельної галузі знань та 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 **Раздуй Роман Вячеславович заслуговує присудження наукового ступеня доктор філософії за спеціальністю 192 – «Будівництво та цивільна інженерія».**

Офіційний опонент:

кандидат технічних наук, доцент,

завідувач кафедри геотехніки

Київського національного університету

будівництва і архітектури

Підпис к.т.н., доцента Носенка В.С. «Засвідчую»

Вчений секретар КНУБА



Віктор НОСЕНКО

Микола КЛИМЕНКО