Прийнято до спеціалізованої вченої ради АГ 08.084.032
13.08.2024р.
Голова с.в.р, д.т.н, проф. Себін В.Л.

РЕЦЕНЗІЯ

кандидата технічних наук, доцента,
доцента кафедри «Технічна механіка»
Українського державного університету науки і технологій
Недужої Лариси Олександрівни
на дисертаційну роботу Харченка Віталія Володимировича
«Обґрунтування параметрів міцності та деформативності основ цивільних будівель при їх підсиленні мікропалями»,
подану на здобуття наукового ступеня доктора філософії
за спеціальністю 192 – Будівництво та цивільна інженерія,
галузь знань 19 – Архітектура та будівництво

Актуальність теми дисертаційної роботи

Оскільки фундаменти цивільних будівель потребують міцної ґрунтової основи, що має достатній рівень деформативності, науково-технічна задача підсилення є завжди на часі, характеризуючись високим ступенем актуальності. Аналіз інженерно-геологічних умов території України свідчить про те, що близько 35 % її площі займають слабкі ґрунти, які, під час взаємодії з фундаментом та надфундаментною будівлею, створюють деформований стан значної інтенсивності. Додатково проблему просідань ґрунтової основи ускладнює наявність в Україні лесових або лесоподібних ґрунтів, які просідають під дією не тільки фундаменту, а й в присутності ґрунтових вод.

Безсумнівно, що приведення ґрунтів підфундаментної основи в експлуатаційний стан, тобто надання їм підвищеної міцності та зменшення деформативності, можливе лише за допомогою інженерних рішень. Найбільш ефективним на сьогодні є застосування для цивільних будівель пальових фундаментів, палі яких створюють за допомогою буронабивної технології, що виключає, на відміну від забивання, вплив від вібрації. Однак, розвиток підсилення ґрунтових основи надає можливість скоригувати вже існуючі інженерні рішення.

Для цивільних будівель, що спираються на стрічкові фундаменти, ефективним способом підсилення підфундаментної основи є застосування

мікропаль, які влаштовуються за допомогою буроін'єкційної (jet-grouting, струминне нагнітання) або бурозмішувальної (drilling-mixing technology) технологій. Проте, оскільки не існує державних будівельних норм для такого типу вертикальних елементів підсилення, кожен проєкт повинен бути науково обґрунтований, що потребує значних витрат на проєктування.

Таким чином, узагальнення досвіду застосування бурозмішувальної та буроін'єкційної технологій створення мікропаль, а також обґрунтування параметрів міцності та деформативності основ цивільних будівель при їх підсиленні мікропалями є актуальною науково-технічною задачею в галузі будівництва, вирішення якої надасть можливості приймати науково обґрунтовані рішення під час вибору геометричних розмірів мікропаль, відстані між ними та деформативної властивості в залежності від ґрунту підфундаментної основи.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами

Дисертаційна робота виконана відповідно до тематики науково-дослідних робіт Дніпровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна (нині – Український державний університет науки і технологій), а саме держбюджетних науково-дослідних робіт «Виконання завдань перспективного плану розвитку наукового напряму "Технічні науки" Дніпровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна на 2021 рік» (номер державної реєстрації 0122U000381) та «Виконання завдань перспективного плану розвитку наукового напряму "Технічні науки" Українського державного університету науки і технологій на 2023 рік» (номер державної реєстрації 0123U103708).

Автор був виконавцем робіт за вказаними науково-дослідними роботами, результати дисертаційної роботи у вигляді результатів чисельного аналізу використані під час написання звітів. Судячи з участі в трьох науково-дослідних роботах, аспірант, окрім публікаційної та апробаційної діяльності, впровадив отримані наукові результати дисертації на високому рівні. Приймаючи участь в науково-дослідних роботах Харченко В. В. проявляв себе як дослідник, результати дослідження якого є корисними для прикладних робіт,

що виконувалися в університеті.

Ступінь обґрунтованості основних наукових положень і висновків, сформульованих у дисертації забезпечується коректним застосуванням математичного апарату, високим рівнем володіння розрахунковим комплексом SCAD та порівнянням результатів чисельного аналізу скінченно-елементних моделі стрічкового фундаменту на слабкій основі із результатами експериментальних досліджень міцності та стійкості непідсиленої та підсиленої мікропалями ґрунтової основи в плоскому лотку.

Наукова новизна і практичне значення дисертаційної роботи

Наукова новизна отриманих результатів полягає в обґрунтуванні параметрів міцності та деформативності основ цивільних будівель при їх підсиленні мікропалями, а саме:

1. Вперше, ґрунтуючись на результатах чисельного аналізу із високим ступенем апроксимації R^2=0,99, отримано закономірність вертикальних переміщень мікропалі, створеної за допомогою буроін'єкційної або бурозмішувальної технологій, від модуля пружності ґрунтової основи, яка є степеневою залежністю вигляду $s=aE_s^{-b}$, що надає змогу прогнозувати деформований стан для достатньо широкого діапазону модуля пружності слабкої ґрунтової основи (E=5…20 МПа).

Теоретичне значення сформульованого наукового положення полягає в отриманні закономірностей деформування непідсилених та підсилених мікропалями ґрунтових основ під фундаментом цивільної будівлі, які дозволяють прогнозувати рівень вертикальних переміщень при варіації деформативних властивостей частин системи, що взаємодіють. Для зміни модуля пружності в рамках 5…20 МПа, що відповідає досить широкому переліку ґрунтів (супіски, леси, суглинки, глини тощо), визначено залежність, яка дозволяє аналітично визначити рівень деформацій фундаменту цивільної споруди, що однозначно підтверджує наукову новизну.

2. Вперше з урахуванням результатів параметричного чисельного аналізу доведено, що, базуючись на нормативному документі, який розроблено для забивних або буронабивних паль, неможливо ефективно зменшити

вертикальні переміщення шляхом зближення мікропаль, оскільки відстань між мікропалями в $3d$ для елементів, що створені за допомогою буроін'єкційної й бурозмішувальної технологій, є мінімальною, проте застосування навіть поодиноких мікропаль зменшує вертикальні переміщення в 11,7…11,9 % (мікропаля з ґрунтоцементу) і в 18,1…18,5 % (мікропаля з армованого ґрунтоцементу).

Друге наукове положення, яке також характеризується явною науковою новизною, має своїм обґрунтуванням отримані автором результати лоткових досліджень і потенційно може стати основою для створення нових норм, що регулюють створення стрічкових фундаментів на підсиленій мікропалями ґрунтовій основі, причому мікропалі мають значно нижчі параметри деформативності, ніж забивні або буронабивні палі.

Практичне значення полягає в обґрунтуванні параметрів міцності та деформативності підсиленої мікропалями основи за допомогою нового підходу до їх взаємного впливу і таким чином дозволяють визначати напружено-деформований стан основи шляхом варіювання довжини, діаметру, деформаційних характеристик та розташування мікропаль, підбираючи оптимальні параметри підсилення, що потребується для різних ґрунтових основ, на яких зводяться цивільні будівлі.

Створена автором методика чисельного аналізу та низка розроблених скінченно-елементних моделей стрічкового фундаменту на ґрунтовій основі, підсиленій мікропалями, може бути застосована для розрахунку таких геотехнічних систем, в яких, на основі отриманих закономірностей, визначено найефективніші параметри вертикальних елементів підсилення.

Аналіз змісту та структури дисертації

Дисертація складається із вступу, чотирьох розділів основної частини, висновків та списку використаних джерел. Загальний обсяг – 113 сторінок, з них 86 сторінок основного тексту, 32 рисунки на 30 сторінках, 10 таблиць на 8 сторінках, список використаних джерел з 95 назв на 10 сторінках.

У вступі наведені дані щодо актуальності дисертаційної роботи, її мети і завдань, об'єкту, предмету та методів рішення, дані про наукову новизну та практичне значення та інші об'єктивні дані щодо виконаної наукової роботи в

рамках дисертації на здобуття вченого звання «доктор філософії».

В першому розділі автором проведено аналіз стану питання визначення параметрів міцності та деформативності основ цивільних будівель при їх підсиленні мікропалями. Основою для подальших досліджень в рамках чисельного аналізу є результати критичного аналізу моделей основи при її підсиленні мікропалями, які надали змогу обґрунтувати застосування гіпотези шару кінцевої товщини, що більш адекватний для чисельного підходу. Автором проаналізовано технології підсилення конструкцій фундаментів та основ в процесі їхньої експлуатації, в тому числі буроін'єкційна (струминна) та бурозмішувальна, з визначенням особливостей кожної з них.

В другому розділі проведене обґрунтування параметрів міцності та деформативності основ при їх підсиленні мікропалями, результати якого позначені науковою новизною і сформульовані у вигляді наукових положень. Для можливості подальшого порівняння ефективності підсилення мікропалями зменшення деформованого стану, проведено первинний аналіз стрічкового фундаменту цивільної будівлі на непідсиленій основі. З урахуванням отриманих результатів проведене обґрунтування міцності і деформативності підсиленої мікропалями основи.

В третьому розділі виконане обґрунтування напружено-деформованого стану підсиленої мікропалями основи з урахуванням нового підходу до їх взаємного впливу. Ґрунтуючись на масиві отриманих в ході чисельного аналізу результатів, з'ясовано що, базуючись на нормативному документі, який розроблено для забивних або буронабивних паль, неможливо ефективно зменшити вертикальні переміщення шляхом зближення мікропаль, оскільки відстань між мікропалями в $3d$ для елементів, що створені на основі буроін'єкційної й бурозмішувальної технологій, є мінімальною, проте застосування навіть поодиноких мікропаль зменшує вертикальні переміщення в 11,7…11,9 % (мікропаля з ґрунтоцементу) і в 18,1…18,5 % (мікропаля з армованого ґрунтоцементу).

В четвертому розділі для доведення адекватності авторських теоретичних побудов проведено їх порівняльний аналіз з результатами експериментальних досліджень. Розроблено методику експериментальних досліджень міцності та стійкості основи в плоскому лотку, отримано

результати досліджень деформованого стану стрічкового фундаменту на непідсиленій та підсиленій основах, які свідчать, що похибка між ними знаходиться в діапазоні 8,29…8,69 %, що свідчить про високий ступінь достовірності проведеного чисельного та експериментального дослідження фундаменту цивільної будівлі на непідсиленій та підсиленій мікропалею ґрунтовій основі

Висновки дисертації відповідають поставленим задачам та відображають отримані в ході роботи результати, що є підтвердженням її завершеності та повноти дослідження.

Повнота опублікування матеріалів та достатність апробації

За темою дисертації на тему «Обґрунтування параметрів міцності та деформативності основ цивільних будівель при їх підсиленні мікропалями» Харченком В. В. опубліковано 8 наукових публікацій, що повно розкривають основний зміст дисертаційної роботи та є апробацією результатів, отриманих при підготовці дисертаційної роботи, з яких 4 фахові статті в журналах категорії «Б» та 4 тези доповідей міжнародних наукових конференцій (з яких 2 індексуються у наукометричній базі Scopus).

Публікація 4 статей у фаховому журналі «Мости та тунелі: теорія, дослідження, практика», свідчить про достатній рівень опублікування матеріалів дисертації. Згідно з вимогами п. 8 «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 від 12 січня 2022 р. № 44, наукові результати дисертації висвітлені не менше ніж у трьох наукових публікаціях аспіранта Харченка В. В.

Участь в 4 профільованих конференціях, матеріали яких також опубліковані, причому 2 матеріали International Conference Essays of Mining Science and Practice індексуються в наукометричній базі Scopus, і надають змоги оцінити ступінь викладення основних положень дисертаційної роботи, характеризуючи апробаційну діяльність Харченка В. В. як високу.

Зауваження по дисертації

Відмітивши позитивні сторони дисертаційної роботи Харченка В. В., слід також надати зауваження, які не знижують рівень наукової новизни та практичної значимості отриманих результатів і носять дискусійний характер:

1. Незрозуміло, чому в першому розділі в досить детальному аналізі буроін'єкційної (струминної) та бурозмішувальної технологій влаштування мікропаль під час визначення особливостей обох способів влаштування вертикальних елементів підсилення не в повному обсязі проаналізовано роль армування, яке розглядається в подальших розділах дисертаційної роботи.

2. На стор. 51 наведені дані про деформаційні характеристики та граничні умови, що надані скінченно-елементним моделям, однак не конкретизовано, які саме зв'язки накладені на модель фундаменту і яким чином він пов'язаний в моделі з основою.

3. На стор. 58 визначено, що для випадку плитного або стрічкового фундаменту показник його гнучкості визначають за формулою Горбунова-Посадова (див. формулу 2.6), однак конкретний стрічковий фундамент, скінченно-елементна модель якого наведена на рисунку 2.8, за цією формулою не розрахований і показний його гнучкості в тексті не наведено.

4. На рисунку 3.9 (Варіант 2, б) аналіз ізоліній та ізополів вертикальних напружень свідчить про їх збільшення на відміну від непідсиленого варіанту (див. рисунок 2.8, а), при цьому автором визначається позитивна зміна напруженого стану. Чи немає в цьому протиріччя?

5. В пункті 4.2, під час аналізу результатів досліджень деформованого стану стрічкового фундаменту на непідсиленій та підсиленій основах, визначено, цитата: «результати всіх серій порівнювалися з результатами, що отримані під час чисельного аналізу в Розділі 3» (стор. 96), однак не конкретизовано який саме варіант скінченно-елементної моделі є подібним експериментальній моделі.

Загальна оцінка дисертації та її відповідність вимогам

Дисертаційна робота Харченка Віталія Володимировича є закінченим самостійним науковим дослідженням, в якому отримані нові результати, що вирішують поставлені наукові завдання і досягають поставленої мети, а саме

обґрунтування на базі отриманих результатів напружено-деформованого стану параметрів міцності та деформативності основ цивільних будівель при їх підсиленні мікропалями.

За актуальністю, ступенем новизни, обґрунтованістю та практичним значенням здобутих результатів дисертаційна робота Харченка Віталія Володимировича на тему **«Обґрунтування параметрів міцності та деформативності основ цивільних будівель при їх підсиленні мікропалями»** повною мірою відповідає змісту спеціальності 192 – «Будівництво та цивільна інженерія» й напряму наукових досліджень освітньо-наукової програми «Будівництво та цивільна інженерія» Українського державного університету науки і технологій, а також вимогам «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 від 12 січня 2022 р. № 44, а її автор, **Харченко Віталій Володимирович**, заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 192 – Будівництво та цивільна інженерія.

Рецензент, доцент кафедри
«Технічна механіка»
Українського державного університету
науки і технологій, к.т.н., доцент Лариса НЕДУЖА