

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПОСИЛЕННЯ ГРУНТОВОЇ ОСНОВИ ПАЛЬОВИХ ФУНДАМЕНТІВ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Одним з найбільш проблемних та мало досліджених напрямків у області посилення фундаментів є посилення ґрунтових основ пальових фундаментів. Відомі загальноприйняті способи підсилення пальових фундаментів існуючих будівель. Запропоновано спосіб посилення ґрунтової основи пального фундаменту в процесі влаштування, що полягає в армуванні ґрунтової основи твердими ін'єкційними тілами.

Ключові слова: паля, паловий фундамент, міжпальовий простір, ґрунт, несуча здатність, ростверк, жорсткі включення.

Abstract

One of the most problematic and little-studied areas in the field of foundation reinforcement is the strengthening of soil foundations of pile foundations. There are common methods of strengthening the pile foundations of existing buildings. A method of strengthening the soil base of the pile foundation in the process of installation is proposed, which consists in reinforcing the soil base with solid injection bodies.

Keywords: pile, pile foundation, pile space, soil, bearing capacity, grille, rigid inclusions.

Вступ

Зведення будівель в місцях щільної забудови та освоєння нових ділянок незабудованих територій, які в більшості випадків знаходяться в несприятливих інженерно-геологічних умовах вимагає пошуку нових видів та технологій влаштування фундаментів, які б забезпечували надійну експлуатацію побудованих будівель і створювали б мінімальний вплив на навколишні будівлі підчас їх виготовлення. До таких фундаментів відносяться пальові фундаменти, які дають можливість надійного спорудження будівель в найскладніших ґрунтових умовах. Нерідко у будівельній практиці виникає необхідність посилення пальної основи будівель та споруд. Підсилення фундаментів є одним з основоположних етапів реконструкції або реставрації будівлі і розроблено традиційні методи [1], які в більшості зводяться до збільшення площі опирання подошви існуючих фундаментів, таким чином зменшуючи тиск на ґрунт основи. До традиційних методів можна віднести виконання додаткових - як правило, буронабивних - паль з подальшим зведенням ростверку, що включає їх у роботу.

Іншими ефективними методами підсилення фундаментів є підсилення ґрунтів основи [2]. Існує великий вибір хімічних реагентів, здатних закріпити ґрунт основи на достатньо довгий період часу. Одним з альтернативних способів посилення пальових фундаментів є метод ґрунтової ін'єкції, що полягає в нагнітанні в ґрунт рухомого цементно-піщаного розчину під тиском, що перевищує його структурну міцність. В результаті, після його твердіння, в основі формуються тверді ін'єкційні тіла, що армують ґрунтову основу.

Проведення експериментальних досліджень

При проведенні експериментів щодо оцінки впливу схеми розташування жорстких включень на деформативність ґрунтової основи моделі пального фундаменту використовувався лабораторний ґрунтовий лоток з розмірами 180×120 см у плані та глибиною 100 см. Він заповнювався середньозернистим піском, який шарово ущільнювали з контролем щільності. Палі моделювалися дерев'яними стрижнями з поперечним перерізом 20×20 мм та довжиною $l = 20$ см, паловий ростверк – металеві смуги з довжиною $l = 60$ см, шириною $b = 4,5$ та товщиною $h = 2$ см, ін'єкційні тіла – зернами гравію з еквівалентним діаметром 1–2 см ($\sim 0,1b - 0,3b$) та будівельний гіпс (рис. 1).



Рис. 1. Матеріали для підсилення ґрунтової основи

На першому етапі випробувано ростверк стрічкового фундаменту без палі; ростверк і забиті палі, з допомогою гравітаційного молота в шаховому порядку і проведено випробування пальового фундаменту.

Обрані співвідношення площ ґрунтового лотка і дослідного зразка дозволили моделювати умови, що незначно відрізняються від природних умов роботи фундаментів. В експериментальних дослідженнях виконано серію дослідів, для порівняння ефекту підсилення.

Навантаження на ростверк передавалося як зосереджена сила гвинтовим домкратом через пружинний динамометр. Після кожного навантаження витримувався період умовної стабілізації деформацій. Вимірювання вертикальних осідань ростверку здійснювалося за двома прогиномірами з ціною поділок 0,01 мм, встановленим на його торцях (рис.2).



Рис. 2. Проведення першого етапу досліджень

Армована ґрунтова основа моделювалася укладанням жорстких включень – щебеню і гравію. В отвори ростверку (в проміжку між палями) впроваджувалися зерна гравію з невеликим зусиллям, що створює деяке ущільнення, що умовно моделює зміну структури навколишнього ґрунту при ін'єктуванні цементно-піщаного розчину. Використання окремих зерен гравію, що укладаються впритул один до одного, моделювало можливе порушення суцільності ін'єкційних тіл у ґрунтовому масиві.

При впровадженні жорстких елементів в основу під ростверком в проміжку між палями вибиралися різні розміри і форми ін'єкційних тіл для визначення напрямків, об'єму та опору впровадження. Після дослідження виконували розкопку та фіксацію об'ємів посилення.

Другий етап досліджень включав влаштування пальового фундаменту та закріплення основи з допомогою ін'єктування гіпсового розчину під підшву ростверку в проміжку між палями. Гіпсовий розчин вибрано з умови часу проведення досліджень – цементний розчин потрібно було б витримувати до набору міцності. Для збільшення часу тужавіння гіпсового розчину в воду добавляли оцтову кислоту, забезпечуючи можливість ін'єктування ґрунту всього ростверку. Перед ін'єктуванням були виконані лідерні отвори з видаленням ґрунту, для більш оптимального армування. Для виключення випору ґрунту за межі ростверку, перед проведенням ін'єктування, було проведено привантаження ґрунту основи з обох сторін ростверку. Після набору міцності інекційного розчину були проведені випробування пальового фундаменту та розкопка ґрунту основи для фіксації об'єму та форми отриманих твердих інекційних тіл. Процес досліджень показано на рис. 3.

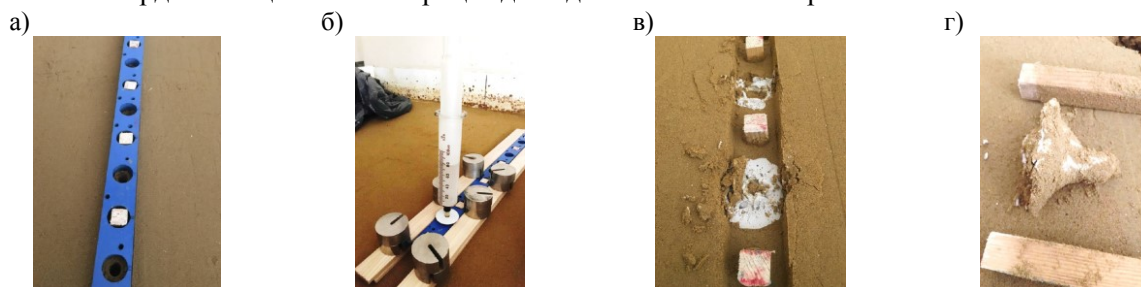


Рис. 3. Процес другого етапу досліджень: а) влаштування лідерних отворів; б) привантаження ґрунту основи та нагнітання розчину; в) основа під ростверком після випробувань; г) тверді ін'єкційні тіла

Результати дослідження

Результати лабораторних експериментів представлені у вигляді середніх графіків залежності осідання моделі пальового фундаменту від навантаження (рис. 4).

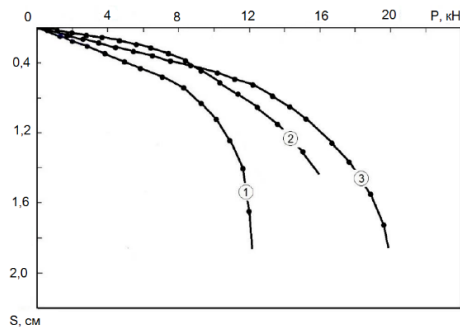


Рис. 4. Графіки осідання моделі пальового фундаменту:
1 - без посилення; 2 - з посиленням гравієм; 3 - з посиленням ін'єктуванням

Висновки

Аналізуючи результати проведених експериментів, можна зробити такі висновки:

1. Будь-які схеми посилення моделі пальового фундаменту використанням жорстких включень позитивно впливають на величину осідань.

2. В результаті залучення в роботу навколишнього ґрунту і включення в роботу подошви ростверку підвищується несуча здатність пальового фундаменту за рахунок збільшення радіальних напружень, які призводять до збільшення сил тертя ґрунту по боковій поверхні стовбура паль.

3. Найбільший вплив на результат надає схема посилення ін'єктуванням, що змінює роботу елементів пальового фундаменту з ґрунтовим масивом.

3. При реалізації запропонованого способу збільшується несуча здатність пальового фундаменту, тому можна використовувати більш короткі палі. Використання запропонованого способу підвищення несучої здатності пальового фундаменту дозволить зменшити витрати на влаштування, підвищити ефективність та надійність використання.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Чернавін Р.В. Обзор методов усиления дисперсных грунтов применяемых в городе Новосибирске // Научное сообщество студентов XXI столетия. ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ: сб. ст. по мат. LX междунар. студ. науч.-практ. конф. № 12(59). URL: [https://sibac.info/archive/technic/12\(59\).pdf](https://sibac.info/archive/technic/12(59).pdf) (дата звернення: 27.04.2022).
2. Нуждин М.Л., Нуждин Л.В. Исследования эффективных параметров контурного армирования твердыми включениями неправильной формы // Механика грунтов в геотехнике и фундаментостроении: материалы междунар. науч.-техн. конф. – Новочеркасск, 2015. – С. 325–331..
3. Способ возведения свайного фундамента: а.с. SU 1565965: МПК6 E02D, 27/12. №4493252; заявл.05.07.01988; опубл. 23.05.1990, Бюл. № 19. 3 с.
4. Спосіб підвищення несучої здатності пальового фундаменту: пат. 145863 Україна: МПК6 E02D 27/12. № 202004702; заявл. 24.07.20; опубл. 06.01.21, Бюл. №1. 4 с.

Подольян Дмитро Євгенійович — студент групи Б-20мз, факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: dima.podolyan1996@ukr.net

Науковий керівник: **Микола Миколайович Попович** — доцент кафедри "Будівництва, міського господарства та архітектури". Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: popovychnick@gmail.com

Podolyan Dmitry E. — student of group B-20mz, Faculty of Civil Engineering, Civil and Environmental Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail : dima.podolyan1996@ukr.net

Supervisor: Mykola Popovych — Cand. Sc. (Eng), Associate Professor of the Department of Construction, Urban and Architecture, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsya, e-mail: popovychnick@gmail.com