

РЕЗУЛЬТАТИ ПЕРШОГО ЕТАПУ ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ КОРОТКИХ І ДОВГИХ ПАЛЬ У СТОВПЧАСТИХ ПАЛЬОВИХ ФУНДАМЕНТАХ ШЛЯХОМ ФІЗИЧНОГО МАЛОМАСШТАБНОГО МОДЕЛЮВАННЯ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

В роботі наведені результати першого етапу фізичного моделювання на маломасштабних моделях роботи паль та низького ростверку у складі пальового фундаменту. Метою досліджень є порівняння роботи коротких та довгих паль у складі фундаменту, враховуючи роботу ростверку. Виконаний опис використаного устаткування, моделей паль та ростверку з ілюстрацією шляхом фотофіксації. Наведений план проведення експериментальних досліджень. Викладені результати першого етапу досліджень з варіюванням довжини паль. Проведено також випробування ростверку пальового фундаменту без паль з метою визначення реалізації роботи ростверку у складі фундаменту.

Ключові слова: новий пальовий фундамент, короткі палі, довгі палі, ростверк, планування експерименту, маломасштабні моделі.

Abstract

The paper presents the results of the first stage of physical modeling on small-scale models of piles and low grillage as part of a pile foundation. The purpose of the research is to compare the operation of short and long piles as part of a foundation, taking into account the operation of the grillage. The equipment used, pile and grillage models are described with an illustration by photofixation. A plan for conducting experimental research is presented. The results of the first stage of research with varying pile lengths are presented. A test of the grillage of a pile foundation without piles was also carried out to determine the implementation of the grillage as part of the foundation.

Keywords: new pile foundation, short piles, long piles, grillage, experimental planning, small-scale models.

Вступ

Використання ресурсів несучої здатності паль є одним із ефективних способів досягнення економії при влаштуванні пальових фундаментів. Ці ресурси пов'язані як з включенням у роботу ростверку, що не передбачене чинними нормами [1], так і врахуванням різного ступеню реалізації несучої здатності паль в залежності від їх довжини.

Попередні дослідження показали [2-5], що короткі палі краще реалізують свою несучу здатність при спільній роботі з ростверком, що дозволяє зменшувати кількість паль в межах габаритів ростверку без суттєвої втрати несучої здатності куца.

Попередньо авторами було проаналізоване питання, чи може бути економічно доцільним використання коротких паль у порівнянні з довгими і за яких умов використання коротких паль може дати економічний ефект [5]. При проектуванні за нормами [1] короткі палі частіше за все замінюються меншою кількістю довгих паль. В роботі [5] на підставі результатів математичного моделювання доведено, що за рахунок кращої реалізації роботи елементів пальового фундаменту для паль малої довжини з великим кроком можна досягти однакової несучої здатності з фундаментом з паль великої довжини при традиційному мінімальному кроці 3d.

Для підтвердження раніше виконаного попереднього дослідження ефективності використання коротких паль у складі стовпчастого пальового фундаменту виконаний фізичний експеримент на маломасштабних моделях. Проведені дослідження розглядають стовпчасті пальові фундаменти при новому будівництві.

Устаткування та прилади для проведення фізичного моделювання

Випробування маломасштабних моделей пальового фундаменту проводилось у лабораторному лотку розміром 1800×1200×1000 мм, обладнаного упорною системою для домкрату, який передає навантаження на пальовий куц.

В якості ґрунту використовувався пісок середньої крупності із щільністю $\rho = 1,67 \text{ г/см}^3$ та вологістю $w = 0,07$. Основа створювалась шляхом пошарового засипання у лоток піску заданої вологості з ущільненням кожного шару до заданої щільності. Щільність контролювалась методом ріжучого кільця у трьох точках кожного шару товщиною 15 см.

Навантаження на модель фундаменту передавалось за допомогою гвинтового домкрату вантажо-підйомністю 1,5 т, а для виміру зусилля, що передається на фундамент, використовувався динамометр з максимальним зусиллям 3 т.

Для замірювання переміщень моделі фундаменту використовувалась система прогиномірів, встановлена на незалежній реперній системі, закріпленій на стінки лотка.

Проведені раніше моделювання стовпчастих пальових фундаментів на маломасштабних моделях при кафедрі БМГА ВНТУ [2, 4] дозволили обрати масштаб моделювання 1:20, який дозволить довести до втрати несучої здатності фундаменти з моделями паль довжиною до 10 м при перерізі 30х30 см (виходячи з обмежених можливостей упорної системи).

Для випробувань виготовлені моделі дерев'яних паль перерізом 15х15 мм з довжинами 150, 230, 300 та 450 мм (відповідають натурним палям перерізом 300х300 мм з довжинами 3, 4,5, 6 та 9 м) (рис. 1).



Рис. 1 – Дерев'яні моделі паль різної довжини

З метою варіювання кроком паль було виготовлено моделі ростверків, що дозволяють приймати крок паль 3d, 5d та 7d, де d – розмір поперечника палі. Моделі ростверків виготовлені з трьох металевих пластин товщиною 10 та 18 мм з передбаченими в нижній та середній пластинах отворів для пропуску голів паль. На рис. 2 наведено конструктивне рішення одного з ростверків.

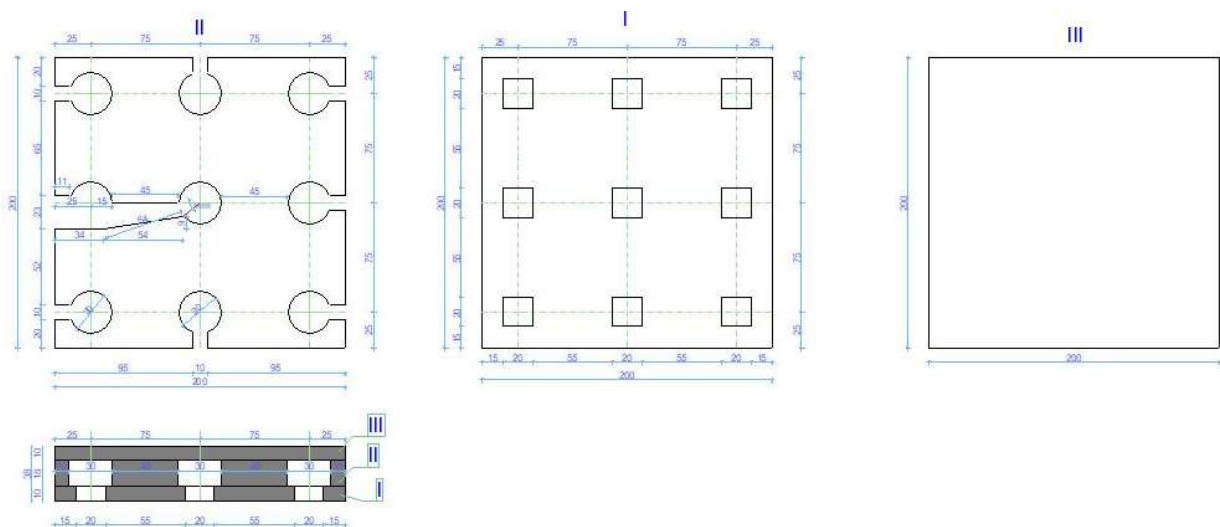


Рис. 2 – Конструктивне рішення ростверку під максимальну кількість паль 9 шт. при кроці паль 5d

Передбачено 5 моделей ростверків з умови розміщення 4, 9 або 16 паль. На рис. 3 наведені геометричні розміри моделей ростверків, на рис. 4 – виготовлені моделі ростверків.

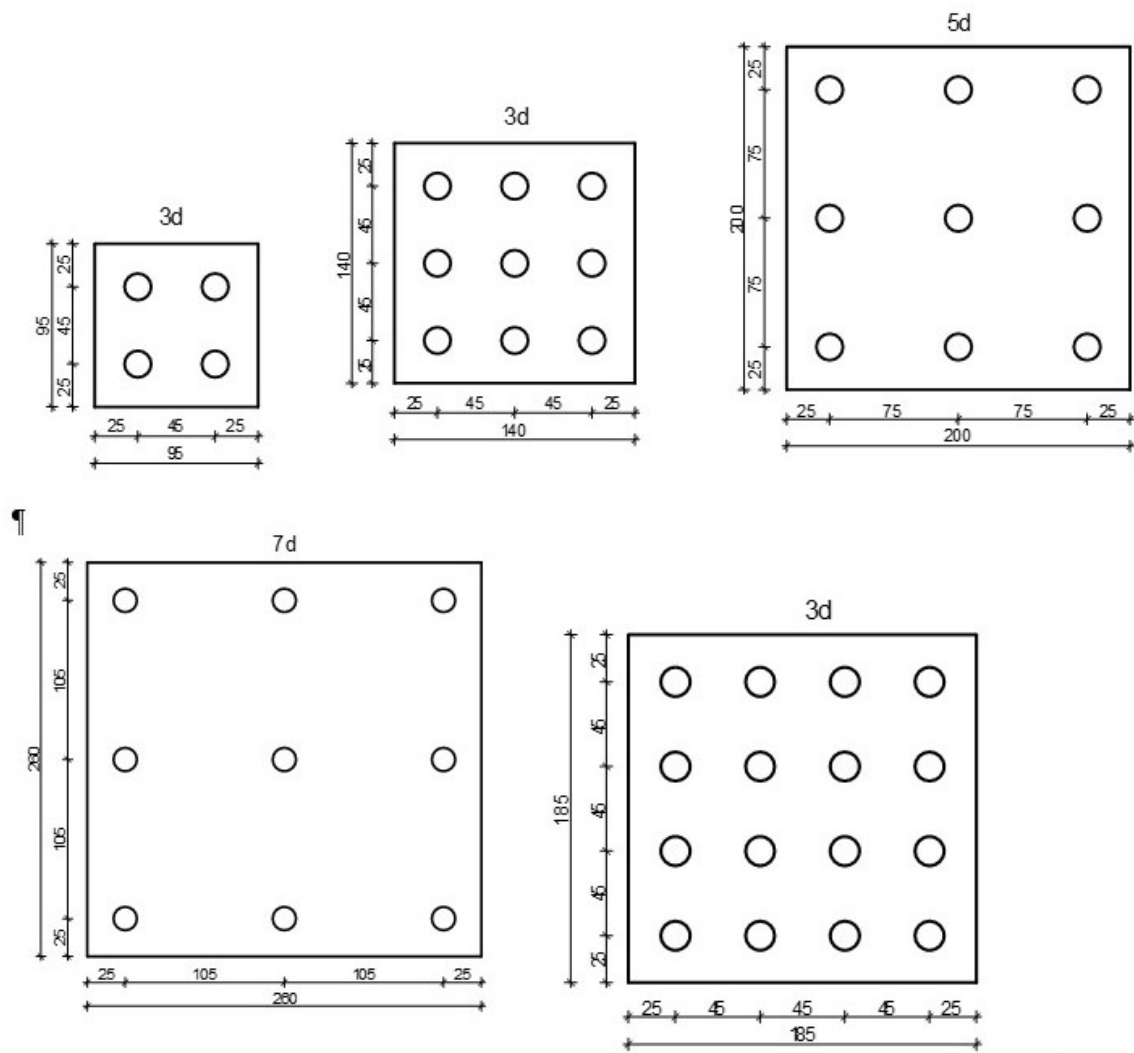


Рис. 3 – Схеми моделей ростверків



Рис. 4 – Моделі ростверків

При проведенні досліджень визначались зусилля у палях куца за допомогою тензометричних датчиків, встановлених на голови паль. Використовувались датчики промислового виготовлення, передбачені для виміру поздовжніх зусиль до 2 кН. Принцип розміщення датчиків в межах середньої пластини моделі ростверка наведений на рис. 5.

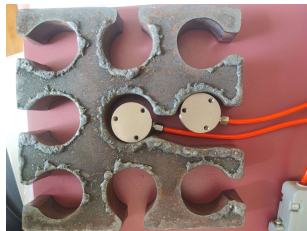


Рис. 5 – Принцип розміщення датчиків в межах середньої пластини моделі ростверка

Для фіксації показів датчиків і перетворення їх у зусилля в палях був виготовлений спеціальний пристрій для замірів навантаження, що припадає на палі групи. Пристрій дозволяє одночасно фіксувати зусилля у 14 палях (рис. 6).

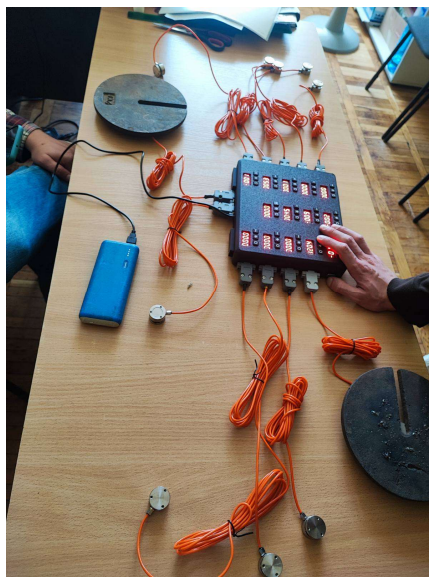


Рис. 6 – Пристрій для замірів навантажень, що припадають на палі групи

На рис 7 показана схема занурення паль у отвори ростверка.



Рис. 7 – Процес занурення паль у отвори ростверка

На рис. 8 наведене розміщення датчиків у тілі ростверка.



Рис. 8 – Розміщення датчиків у тілі ростверка

На рис. 9 показана в зборі система для передавання навантаження на модель ростверку (штамп) без паль, на рис. 10 – система в зборі для передавання навантаження на модель пальового фундаменту.



Рис. 9 – Система для передавання навантаження на модель ростверку (штамп) без паль



Рис. 10 – Система для передавання навантаження на модель пальового фундаменту

План експериментів фізичного моделювання

На 1 етапі досліджень випробувались пальові фундаменти з різною кількістю паль, розміщених у кожному отворі виготовлених ростверків (рис. 3). Випробування передбачали використання паль найменшої довжини 150 мм (модель палі довжиною 3 м) і найбільшої довжини 450 мм (модель палі довжиною 9 м).

При плануванні модельного експерименту в якості незалежних змінних обрані основні геометричні параметри пальового куща:

- приведена довжина палі, l/d ;
- крок паль в кущі.

Межі варіювання параметрів прийняті з врахуванням практики використання пальових фундаментів. Приведена довжина паль обмежена внаслідок обмежених можливостей упорної системи лотка. У таблиці 1 наведена програма 1 етапу модельного експериментального дослідження.

Таблиця 1 - Програма I етапу модельного експериментального дослідження стовпчастих пальових фундаментів

Розміри ростверку, мм	Крок паль	Кількість паль	Довжина паль, мм	Приведена довжина паль
95x95	3d	4	150	10
			450	30
140x140	3d	9	150	10
			450	30
200x200	5d	9	150	10
			450	30
260x260	7d	9	150	10
			450	30
185x185	3d	16	150	10
			450	30

Передача статичного навантаження на фундамент здійснювалась ступенями з витримкою кожного ступеня до умовної стабілізації деформацій (не більше 0,25 мм за 15 хв. спостережень) до досягнення навантаженням граничного значення.

Для аналізу відмінності поведінки паль і ростверку у складі кушового фундаменту і поведінки одиночної палі та плити ростверку проведенні випробування одиночних паль різної довжини та плит ростверків без паль.

Результати I етапу фізичного моделювання роботи стовпчастого пального фундаменту з паллями різної довжини

В результаті проведення експерименту за розробленою програмою дослідження були одержані графіки залежності осідання – навантаження куша в цілому та графіки залежності сумарної несучої здатності паль від його осідання. Також були одержані графіки осідання – навантаження за результатами випробування одиночних паль різної довжини, графік осідання – навантаження при випробуванні плити ростверку як штампа без паль.

На рис. 11 для прикладу наведені такі графіки для ростверку 200x200 мм фундаменту з 9 паль з кроком 5d.

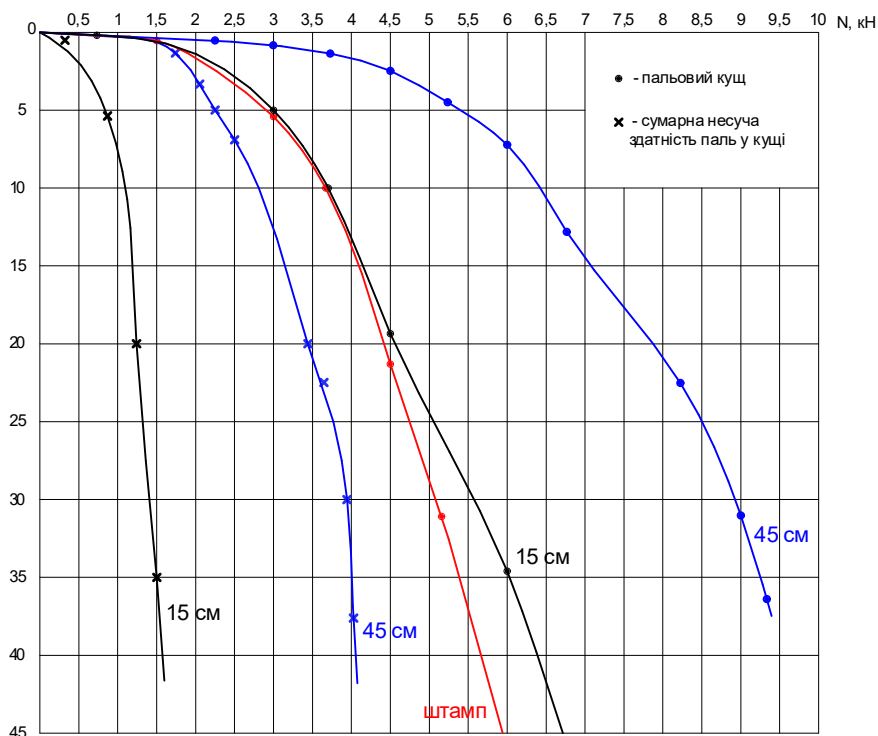


Рис. 11 – Графіки осідання – навантаження для ростверку 200x200 мм фундаменту з 9 паль з кроком 5d

Висновки

1. Частка ростверку у навантаженні на пальовий фундамент зменшується із збільшенням їх довжини.
2. Зменшення довжини паль у 3 рази призводить до зменшення несучої здатності пальового фундаменту у 1,5 рази.
3. Проведення досліджень доводить доцільність використання коротких паль при улаштуванні пальових фундаментів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. ДБН В.2.1-10-2009. Основи та фундаменти споруд. Основні положення проектування зі зміною №1 та №2. [Чинний від 2012-07-01]. Київ : Мінрегіонбуд України, 2009. 161 с. (Об'єкти будівництва та промислова продукція будівельного призначення).
2. Маєвська І. В., Блащук Н. В. Робота паль і ростверку у складі стовпчастих пальових фундаментів : монографія. Вінниця : ВНТУ, 2023. 182 с.
3. Маєвська І. В., Блащук Н. В., Кремінська Ю. О. Особливості роботи пальових кушів з коротких паль за даними числового моделювання. Основи та фундаменти: науково-технічний збірник. Вип.43. Київ : КНУБА, 2021. С.30-39.
4. Маєвська І. В. Попович М.М., Кремінська Ю. О. Різниця в роботі коротких і довгих паль у складі стовпчастого пальового фундаменту за результатами фізичного моделювання. „Сучасні технології, матеріали та конструкції в будівництві”, н/т збірник ВНТУ, Вінниця. 2022. №2(33). С. 108-118.
5. Саміленко В. В., Шмундяк О.Ю., Маєвська І.В. Практична доцільність переходу від довгих до коротких паль у стовпчастих пальових фундаментах. Матеріали міжнародної н/т конференції «ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ В ГАЛУЗЯХ ЕКОНОМІКИ УКРАЇНИ (2023)», Вінниця, 2023. [Електронний ресурс]. [https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/eg2023/paper/view/19121](https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/egeu/eg2023/paper/view/19121).

Шмундяк Олександр Юрійович - аспірант, факультет будівництва цивільної та екологічної інженерії, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: shmund@ukr.net.

Барбалиук Максим Сергійович - студент гр. 2Б-24б, факультет будівництва цивільної та екологічної інженерії, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: destroyer.maksimka@gmail.com

Маєвська Ірина Вікторівна — доцент кафедри "Будівництва, міського господарства та архітектури". Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: irina.mayevskaja@gmail.com.

Shmundyak Oleksandr YU — Faculty of Construction, Civil and Environmental Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, email : shmund@ukr.net

Barbaliuk Maksym Serhiyovych - student, group 2B-24b, Faculty of Civil and Environmental Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: destroyer.maksimka@gmail.com

Maievskaya Irina Victorivna – associate professor of the Department of "Building, Urban and Architecture". Vinnitsa National Technical University, Vinnytsia, e-mail: irina.mayevskaja@gmail.com