УДК 624.15

Р. О. Кордецький
О. Ю. Шмундяк
І. В. Маєвська

ВПЛИВ РОЗРІДЖЕНОГО РОЗМІЩЕННЯ ПАЛЬ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ РОБОТИ СТОВПЧАСТОГО ПАЛЬОВОГО ФУНДАМЕНТУ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Наведено результати математичного моделювання роботи стовпчастих пальових фундаментів із розрідженим розміщенням паль у програмному комплексі SOFiSTiK. Проаналізовано вплив кількості та довжини паль, а також площі ростверку на навантаження, яке сприймає пальовий кущ, і частку ростверку в загальному навантаженні. Встановлено, що зменшення кількості паль за незмінної площі ростверку не спричиняє пропорційного зниження навантаження на фундамент. Збільшення площі ростверку за сталої кількості паль підвищує його участь у сприйнятті навантаження та створює передумови для застосування коротших паль.

Ключові слова: стовпчастий пальовий фундамент, розріджене розміщення паль, ростверк, короткі палі, довгі палі, SOFiSTiK, несуча здатність, математичне моделювання.

Вступ. Під час традиційного проєктування пальових фундаментів за чинними нормами [1] кількість паль часто визначають за їхньою індивідуальною несучою здатністю, а палі в межах ростверку розміщують компактно. За такого підходу робота низького ростверку як елемента, що безпосередньо контактує з ґрунтом і передає на нього частину зовнішнього навантаження, може враховуватися недостатньо. Розріджене розміщення паль у поєднанні зі збільшеною площею ростверку дає змогу залучити до спільної роботи ґрунтову основу під ростверком і змінити співвідношення навантажень між палями та ростверком [2].

Метою дослідження є оцінювання впливу кількості й довжини паль та площі ростверку на ефективність роботи стовпчастого пальового фундаменту з розрідженим розміщенням паль за результатами математичного моделювання.

Методика математичного моделювання

Математичне моделювання виконано у програмному комплексі SOFiSTiK, який застосовано для оцінювання роботи паль у ґрунті в межах діапазону лінійної залежності «навантаження–осідання». Розглядали пальові кущі, аналогічні моделям, використаним під час фізичного моделювання. Варіювали кількість паль (4, 5 та 12 шт.) і розміри ростверку в плані (1,8 × 1,8 м та 3,2 × 3,2 м); додатково моделювали роботу одиночних паль довжиною 3 та 10 м і ростверків відповідних розмірів як фундаментів мілкого закладання.

Розрахункова модель передбачала ростверк товщиною 0,7 м із підколонником розміром 0,5 × 0,5 м та забивні палі перерізом 0,3 × 0,3 м із бетону С20/25 (В25) довжиною 3 і 10 м. Ґрунтову основу прийнято однорідною, піщаною; для ґрунту задано: γ = 18,6 кН/м^3, e = 0,67, c = 2 кПа, φ = 32°, E = 28 МПа. Для ґрунту використано пружно-пластичну модель Кулона–Мора. Розміри ґрунтового масиву в плані становили 20 × 20 м за глибини 20 м.

Навантаження прикладали у вигляді зосередженої сили до підколонника. Розрахунок виконували до осідання понад 40 мм [3]. Для порівняння варіантів визначали загальне навантаження на фундамент, зусилля в палях, навантаження, яке сприймає ростверк, частку ростверку в загальному навантаженні, а також ступені реалізації несучої здатності паль і ростверку за осідання куща 40 мм.

Результати моделювання та їх аналіз

Отримані залежності «навантаження–осідання» мали практично лінійний характер у прийнятому діапазоні. Результати математичного моделювання підтвердили основні закономірності, виявлені під час фізичних випробувань: ростверк залучається до сприйняття навантаження, а його внесок залежить від площі ростверку, кількості та довжини паль. Частка ростверку дещо збільшувалася зі зростанням навантаження, після початкових етапів розрахунку її зміна була незначною.

За результатами SOFiSTiK зменшення кількості паль до трьох разів за незмінної площі ростверку призводило до зменшення навантаження, яке сприймав кущ, лише у 1,1–1,12 раза для паль довжиною 3 м та у 1,1–1,29 раза для паль довжиною 10 м. Отже, зниження кількості паль не супроводжується пропорційним зменшенням навантаження на фундамент. Більший ефект від розрідженого компонування спостерігався для коротких паль.

На рис. 1 наведено залежності навантаження на кущ від кількості паль для ростверку розміром 1,8 × 1,8 м (105 × 105 мм при фізичному моделюванні). Графік ілюструє результати фізичного моделювання та розрахунку в SOFiSTiK для різних довжин паль. Зі збільшенням кількості паль навантаження на кущ зростає, однак характер зміни свідчить про те, що внесок кожної додаткової палі не є однаковим; при розрідженому компонуванні істотну роль відіграє робота ростверку.

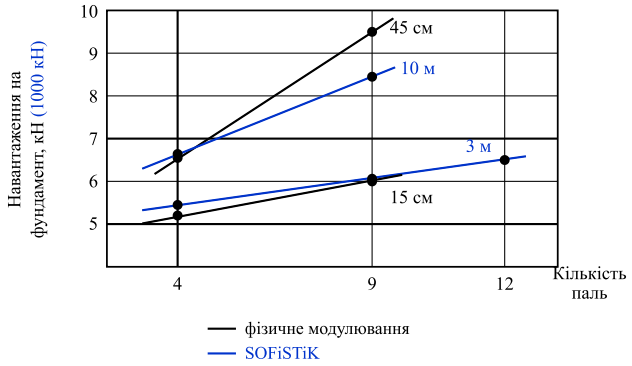


Рисунок 1 – Залежність навантаження на кущ від кількості паль для ростверку 1,8 × 1,8 м за різної довжини паль (за матеріалами розділу 3)

За сталої кількості паль збільшення площі ростверку підвищувало навантаження, яке сприймав фундамент, і збільшувало частку ростверку в загальному навантаженні. Збільшення площі приблизно у три рази давало змогу розглянути заміну паль довжиною 10 м на палі довжиною 3 м, що забезпечує економію матеріалів.

Зі збільшенням площі ростверку за сталої кількості паль зростала його частка в загальному навантаженні: за результатами математичного моделювання вона становила приблизно 50–60 %, тоді як за фізичними випробуваннями — до 60–80 % (для окремих варіантів — 70–90 %). Зі збільшенням кількості паль за сталих розмірів ростверку знижується ступінь реалізації несучої здатності як паль, так і ростверку (для ростверку — 0,5–0,7 при компактному та 0,7–0,9 при розрідженому розміщенні паль).

Висновки

1. Моделювання у SOFiSTiK підтвердило ефективність спільної роботи паль і ростверку в стовпчастому пальовому фундаменті з розрідженим розміщенням паль.
2. Зменшення кількості паль до трьох разів за сталої площі ростверку знижує навантаження на кущ лише у 1,1–1,12 раза для паль довжиною 3 м та у 1,1–1,29 раза для паль довжиною 10 м.
3. Збільшення площі ростверку за незмінної кількості паль підвищує його частку в навантаженні (для окремих варіантів до 70–90 %) і дає змогу розглядати заміну довгих паль коротшими без втрати ефективності фундаменту.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. ДБН В.2.1-10-2009. Основи та фундаменти споруд. Основні положення проектування зі зміною № 1 та № 2. Київ : Мінрегіонбуд України, 2009. 161 с.
2. Poulos H. G. Approximate Numerical Analysis of Pile-Raft Interaction. *International Journal for Numerical and Analytical Methods in Geomechanics*. 1994. Vol. 18, No. 2. P. 73–92.
3. ДСТУ Б В.2.1-1-95 (ГОСТ 5686-94). Основи та підвалини будинків і споруд. Ґрунти. Метод польових випробувань палями. Київ : Мінрегіон України, 1994. 58 с.

Кордецький Роман Олександрович — здобувач ступеня магістра кафедри промислового та цивільного будівництва, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: romankovygh@gmail.com.

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

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

INFLUENCE OF SPARSE PILE ARRANGEMENT ON THE PERFORMANCE EFFICIENCY OF A COLUMN-PILE FOUNDATION BASED ON MATHEMATICAL MODELING RESULTS

Abstract

The results of mathematical modeling of column-pile foundations with a sparse pile arrangement in the SOFiSTiK software package are presented. The influence of the number and length of piles, as well as the grillage area, on the load carried by the pile group and the share of the grillage in the total load is analyzed. It was found that reducing the number of piles within a constant grillage area does not cause a proportional decrease in the load on the foundation. Increasing the grillage area with a constant number of piles increases its participation in load bearing and creates prerequisites for using shorter piles.

Keywords: column-pile foundation, sparse pile arrangement, grillage, short piles, long piles, SOFiSTiK, bearing capacity, mathematical modeling.

Kordetskyi Roman Oleksandrovych — Master’s Degree Student of the Department of Industrial and Civil Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: romankovygh@gmail.com.

Shmundiak Oleksandr Yuriiovych — Faculty of Construction, Civil and Environmental Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: shmund@ukr.net.

Maievska Iryna Viktorivna — associate professor of the Department of "Building, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Industrial and Civil Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: irina.mayevskaja@gmail.com.