

РОЗПОДІЛЕННЯ ВЕРТИКАЛЬНОГО НАВАНТАЖЕННЯ МІЖ ВИСЯЧИМИ ПАЛЯМИ У КУЩОВИХ ФУНДАМЕНТАХ

*Л. Козачок, к.т.н., Ю. Фабрика, к.т. н.
Львівський національний аграрний університет*

Ключові слова: кущовий фундамент, висяча паля, жорсткий ростверк, вертикальне навантаження, нерівномірність розподілення, осідання.

Описані методика і результати експериментального дослідження з використанням великомасштабних моделей. Зроблено висновок про те, що прикладене вертикальне навантаження розподіляється на палі нерівномірно, причому характер нерівномірності змінюється зі збільшенням осідання.

Постановка проблеми. Пальові фундаменти досить часто застосовують під час спорудження промислових, цивільних і сільськогосподарських будівель, особливо в складних інженерно-геологічних умовах. За обсягом використання в будівництві вони займають друге місце після фундаментів неглибокого закладення. Водночас чимало особливостей взаємодії пальових фундаментів із ґрунтами основи вивчені в експериментально-теоретичному відношенні недостатньо повно, що спонукає їх проектувати з підвищеним запасом надійності [1].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Однією з таких особливостей є взаємовплив роботи висячих паль за близької відстані між ними у фундаментах, які сприймають центрально прикладене вертикальне навантаження. Досліджено, зокрема, що одним із проявів взаємовпливу висячих паль є нерівномірне розподілення вертикального навантаження між ними [1; 4]. Водночас чіткого пояснення причин зазначеного прояву не сформульовано, крім того, існують розбіжності в тому, які саме палі за своїм розташуванням під ростверком (чи то кутові, чи то центральні) є найбільш завантаженими.

Постановка завдання. Для уточнення зазначених розбіжностей проведено експериментально-теоретичне дослідження з використанням великомасштабних моделей кущових фундаментів. Під час проведення дослідження виконували такі завдання:

- проводили випробування моделей паль і кущів у лотку на дію вертикального навантаження;
- визначали розподілення вертикального навантаження на висячі палі в куцах при збільшенні осідання;
- аналізували й узагальнювали отримані експериментальні дані;
- розробляли рекомендації щодо використання результатів дослідження для проектування кущових фундаментів.

Виклад основного матеріалу. Для експериментальних досліджень у круглому залізобетонному лотку використовували такі моделі фундаментів: одинична кругла паля діаметром $d = 50$ мм та кущ з дев'яти забивних паль із відстанню між їх осями $3d$. Усі моделі паль (як одиничних, так і кущових) виготовляли зі сталевих безшовних труб діаметром $d = 50$ мм і довжиною $l = 1000$ мм. Конструктивно вони склалися зі стовбура (з них три кущових із тензокільцем), наконечника, стяжної труби. Під час дослідження групової роботи палі зверху об'єднувалися жорстким ростверком, конструктивно виконаним з двох сталевих пластин загальною товщиною 28 мм. Верхні кінці стяжних труб пропускали через отвори ростверка з тим, щоб гайками щільно притиснути ростверк до верхніх кінців тензокільця.

Середовищем, яке слугувало основою для моделей фундаментів, був штучно укладений у лоток із пошаровим ущільненням (до $e = 0,6$; $\rho_d = 1,64$ г/см³) алювіальний кварцовий маловологий середньозернистий пісок з $\rho_s = 2,65$ г/см³. Лоток, в якому проводили експериментальні дослідження, виконувався як круглий у плані залізобетонний бездонний колодязь внутрішнім діаметром 2 м, заввишки 3 м, товщиною стінок 170 мм (рис. 1).

Моделі паль у підготовлену піщану основу забивали важком 25 кг, який падав з висоти 30 см. Оскільки заглиблення труб вели через шаблон, вертикальність і відстань між ними витримували з достатньою точністю, яку все ж таки перевіряли під час перезарядки лотка.

Вертикальне навантаження на модель, що створювалося гідравлічним домкратом, зросло

висхідними ступенями, значення яких приймали не більше 10% від очікуваного граничного навантаження. Кожний наступний ступінь навантаження прикладали після умовної стабілізації осідання від дії попереднього ступеня навантаження. За момент умовної стабілізації приймали осідання, яке впродовж 10 хв спостережень не збільшувалося на 0,01 мм за дії незмінного навантаження. Критерієм для порівняння опору різних видів моделей паль і кущів було їх осідання. Враховуючи, що граничний опір моделей одиничних паль з умови стійкості ґрунту на дію вертикального навантаження реалізовувався вже за осідання 2 мм, осідання 10 мм моделей кущів було прийняте як максимальне. За розробленою методикою моделювання [1] визначено, що осідання наших моделей кущів, яке доходило до 10 мм, відповідало 80-90 мм осідання реальних фундаментів, які працюють в аналогічних ґрунтових умовах.

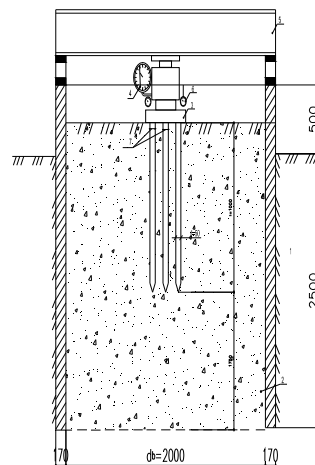


Рис. 1. Вертикальний розріз залізобетонного лотка для випробування моделі куща паль: 1 – стінка лотка; 2 – ґрунт основи; 3 – модель куща; 3 – гідравлічний домкрат; 4 – манометр; 5 – упорна балка; 6 – індикатори; 7 – тензокільця.

Під час проведення випробувань вимірювали три величини:

- вертикальне навантаження на моделі фундаментів за манометром гідравлічного домкрата;
- осідання моделей фундаментів за індикаторами;
- вертикальне навантаження на кожен палю в моделях кущів за показниками вимірювача деформацій тензокілець.

Усього було проведено випробування шести моделей одиничних паль і шести моделей кущів з дев'яти паль (три з них із тензокільцями).

За даними випробувань кущів із 9 паль з тензокільцями за описаною методикою викреслені графіки залежностей $s = f(F_{VP})$, де F_{VP} – вертикальне навантаження, яке передавалось на моделі паль з тензокільцями за збільшення осідання основи s (рис. 2).

Виявлено, зокрема, що найбільш завантаженими є кутові палі (крива 3), центральна паля при цьому завантажена найменше (крива 1). Але частка участі в передачі навантаження на ґрунт основи по-різному розташованих у плані паль у процесі збільшення осідання не залишається постійною, вона перерозподіляється. Коли в початковий період (за осідання $s = 2$ мм) на основу кутової палі передається вертикальне навантаження 20,6 кН і в ній розвинулися зони граничного напруженого

стану, то центральна паля при цьому осіданні сприймає всього 3,7 кН (різниця складає 88%), а її основа ще має значний запас для механічного опору дії навантаження. Зі збільшенням вертикального навантаження на ростверк і, відповідно, осідання помітна тенденція до вирівнювання навантаження, зокрема за $s = 10$ мм різниця складає 12% (див. рис. 2).

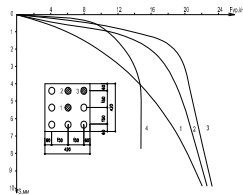


Рис. 2. Графіки залежності $s = f(F_{vp})$ для кущових (1-3) і одиничних (4) паль.

Крім того, обрис кривих залежностей $s = f(F_v)$ також суттєво змінюється. Наприклад, коли граничний стан основи одиничної палі настає за невеликих осідань ($s = 2$ мм) і має провальний характер (крива 4), то аналогічний графік для палі, що працює у складі куща, більш пологий, явище так званого провалу для неї менш виражене.

Висновки

1. Групова робота паль за невеликої відстані між ними сприяє підвищенню стійкості основи кущів на дію вертикального навантаження порівняно із сумою стійкості основи ідентичних паль, що випробовувалися як одиничні в аналогічних ґрунтових умовах і за аналогічною методикою.
2. У разі групової роботи паль їх основа втрачає стійкість спочатку по боковій поверхні до так званого граничного зсувного переміщення вниз відносно навколишнього ґрунту, а відтак під нижніми кінцями при осіданні, що в декілька разів (два або більше) перевищує граничне зсувне.
3. Вертикальне навантаження на кущові висячі палі розподіляється між ними нерівномірно, особливо за невеликих осідань основи, коли найбільш навантаженими є кутові палі, менш навантаженими є проміжні палі, найменш навантаженими – центральні.
4. Зі збільшенням деформацій основи, за яких вичерпується опір ґрунтів на боковій поверхні паль, вертикальне навантаження між ними починає перерозподілятися з тенденцією до його вирівнювання.
5. Врахування зазначених особливостей групової роботи паль під час проектування кущів дозволить досягти вищого рівня надійності та отримати певний техніко-економічний ефект.

Бібліографічний список

1. Бартоломей А. А. Основы расчета ленточных свайных фундаментов по предельно допустимым осадкам / А. А. Бартоломей. – М. : Стройиздат, 1982. – 223с.
2. Ґрунти. Методи польових випробувань палями : ДСТУ Б В.2.1-1-95 / Держкоммістобудування України. – К. : Укрархбудінформ, 1997. – 58 с.
3. Свайные фундаменты : СНиП 2.02.01-85 / Госстрой СССР. – М. : ЦИТП Госстроя СССР, 1986. – 48 с.
4. Фадеев А. Б. Кустовой эффект при работе свайных фундаментов на вертикальную нагрузку / А. Б. Фадеев, Е. Э. Девальтовский // Ускорение научно-технического прогресса в фундаментостроении : сб. науч. тр. – М. : Стройиздат, 1987. – Т. 2. – С. 33-34.

Козачок Л., Фабрика Ю. Распределение вертикальной нагрузки между висячими сваями в кустовых фундаментах.

Описаны методики и результаты экспериментального исследования совместной работы кустов висячих свай и оснований, проведенного с использованием крупномасштабных моделей. Выяснено, что приложенная вертикальная нагрузка распределяется на сваи неравномерно, причем характер неравномерности изменяется по мере увеличения осадки.

Ключевые слова: куст висячих свай, жесткий ростверк, вертикальная нагрузка, неравномерность распределения, осадка.

Kozachok L., Fabryka Yu. Distributing of vertical loading between friction piles in cluster foundations

Experimentally theoretical research as a result of which found out the uneven partition of the vertical centrally enclosed load between friction piles in cluster foundations with a hard grillage is conducted. The feature of this phenomenon is that functions of redistribution are changed on the measure of settling increase.

Key words: cluster foundation, friction pile, hard grillage, vertical loading, unevenness of distributing, settling.