

О. В. Титко, к. т. н.; Н. П. Бадьора

АНАЛІЗ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ РОБОТИ ФУНДАМЕНТІВ З ГРУПИ ВЗАЄМОЗАЛЕЖНИХ ПАЛЬ РІЗНОЇ ДОВЖИНИ

Проаналізовано експериментальні дослідження роботи фундаментів з групи взаємозалежних палей різної довжини, на основі якого встановлено, що порядок розташування коротких та довгих палей впливає на несучу здатність фундаменту. Доведено, що несуча здатність групи палей різної довжини приблизно однакова з несучою здатністю пальнової групи палей однакової довжини.

Ключові слова: *палей, несуча здатність, групи палей різної довжини, коефіцієнт ефективності, ущільнення ґрунту, граничне навантаження на групу.*

Вступ

Застосування палей в якості фундаментів під промислові та цивільні будівлі дозволяє майже виключити земляні роботи та механізувати процес влаштування фундаменту. В будівництві при влаштуванні пального фундаменту виникає потреба в значних витратах, що призводять до здорошення будівництва в цілому.

Існуючі методи розрахунку палювих фундаментів досить умовні, в їхню основу не в достатній мірі закладено аналіз механічних процесів, що виникають в основі при їхньому навантаженні. Саме тому розміри палювих фундаментів визначаються розрахунком по принципу простого складання несучих здатностей одиночних палей, хоча гранична несуча здатність групи палей не є простим додаванням граничних несучих здатностей одиночних палей. Великою кількістю дослідів встановлено, що функціональна залежність “навантаження – осадка” одиночної палі в більшості ґрунтових умов не відповідає аналогічній залежності для групи палей [1 – 3]. Ці обставини зумовлюють доцільність та актуальність подальшого вдосконалення палювих фундаментів і зниження їх вартості за рахунок використання палей різної довжини.

Задачею роботи є проведення модельних випробовувань із групи палей різної довжини, а також побудова графіків залежності розподілу зусиль між палями від навантаження групи за результатами експериментальних досліджень.

Основна частина

При випробуванні груп палей однакової довжини найбільш ефективними виявилися групи з відстанню між палями рівною $3d$ [4], то при випробуванні груп палей різної довжини відстань не варіювалася, а була прийнята рівною $3d$ для всіх випадків.

Випробовувались групи з 9 палей у двох варіантах:

- найбільш довгими (700 мм) є кутові палі (К-3);
- найбільш довгими (700 мм) є проміжні палі та центральні (К-4);
- найбільш довгі (700 мм) кутові, середні (600 мм) – проміжні, коротка (500 мм) – центральна (К-5).

Випробування проводилися в пісках середньої щільності. Кожний дослід повторювався 3 – 6 раз. Середні результати випробувань представлені в табл. 1.

При порівнянні несучої здатності груп палей різної довжини з несучою здатністю груп із палей однакової довжини [4] виявлено, що при зменшенні довжини як кутових, так і центральних палей, несуча здатність їх дещо зменшується. При цьому коефіцієнт ефективності для цих ґрунтових умов не змінюється за величиною.

Результати дослідів, які отримані при проведенні експерименту, не підтвердили

результатів дослідів Бермана В. І. [5], у якого несуча здатність групи з укороченими палями не знижувалася в порівнянні з несучою здатністю групи паль найбільшої довжини, хоча була застосована та ж послідовність занурення паль. Це, очевидно, пояснюється тим, що в дослідях Бермана В. І. групи паль не доводилися до втрати несучої здатності, і, крім того, це могло бути обумовлене перерозподільним впливом ростверку при його жорсткому з'єднанні з палями (в дослідях автора з'єднання паль з ростверком було шарнірним).

Застосування груп взаємозалежних паль різної довжини можна рекомендувати в пісках середньої щільності, так як навіть при відсутності ефекту підвищення несучої здатності залишається ефект зменшення енерго- та матеріаловитрат. Оскільки більш короткі палі, що забиваються останніми, не входять в переущільнену зону, утворену при забивці попередніх паль, і можуть бути легко занурені до проектної позначки.

Результати експериментів показали, що порядок розташування коротких та довгих паль у групі впливає на несучу здатність фундаменту в цілому. Пальові групи, в яких центральні палі коротші, а кутові – довші (К-3, К-5), мають більшу несучу здатність порівняно з групами, в яких середні палі довші, а кутові – коротші (К-4). Це можливо пояснити зміною форми нижньої частини пальової групи, що забезпечує передачу більшого навантаження на поверхню ущільненої основи за рахунок утворення зон концентрації напружень (рис. 1).

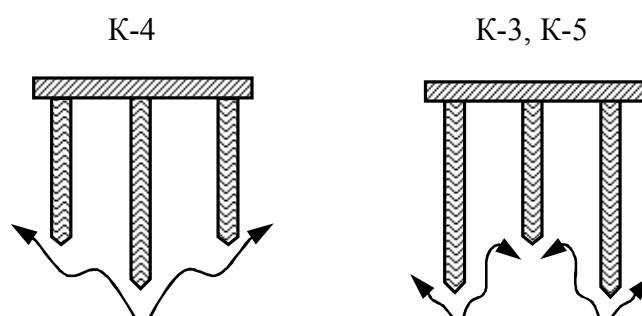


Рис. 1. Напрямки дії напружень в основах груп паль різної довжини

У випадку застосування груп паль різної довжини в процесі завантаження фундаментів розподіл зусиль між окремими палями в групах відбувається нерівномірно, тільки в групах К-3 та К-5 зусилля розподіляються приблизно однаково в кінцевій фазі завантаження групи. Оскільки з'єднання паль із ростверком було виконане шарнірним, то ця нерівномірність визначається напруженим станом ґрунту навколо паль.

Як видно з табл. 1, у момент втрати пальовою групою несучої здатності в характері перерозподілу навантажень між палями в групах паль різних довжин є своя специфіка. Вона виражається в тому, що більшу частку навантажень сприймають довші палі групи, не зважаючи на те, що у випадку, коли в центрі знаходиться коротка паля, вона спирається на ґрунт, ущільнений раніше зануреними довгими палями.

Припущення [5] про те, що в цьому випадку зусилля між палями розподіляються рівномірно, не підтверджуються дослідями, виконаними в цій роботі. Одержано, що для більшості груп із довгими палями, розташованими по кутах, більша частка навантаження практично з перших етапів занурення передається на кутові палі.

На рис. 2 зображено залежність розподілу зусиль між палями дослідної групи К-3, яка складається з кутових паль більшої довжини (700 мм), проміжних та центральних коротших (500 мм). Характерним для цього випробування є підвищення навантаження на кутові палі (700 мм) і наближення до навантаження, яке сприймає центральна паля (500 мм), хоча в групах із довгих паль однакової довжини розбіжність у зусиллях була доволі суттєва.

На рис. 3 представлено дані про розподілення навантажень на палі групи К-4, коли кутові палі – короткі (500 мм), а проміжні та центральна – довгі (700 мм). Велике навантаження сприймається довгими палями, тобто проміжними. Але, якщо порівняти дані рис. 3 і 4,

можна з'ясувати, що короткі кутові палі на початковій стадії занурення сприймають більші навантаження, ніж центральна паля. Це засвідчує про більш прийнятні умови роботи короткої кутової палі з основою, в порівнянні з короткою центральною в початковій фазі завантаження.

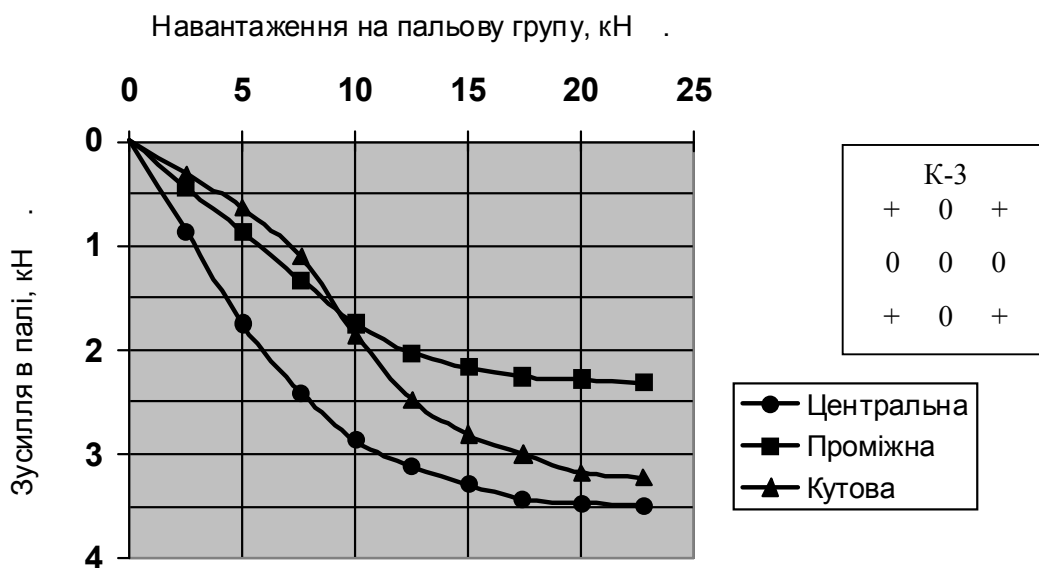


Рис. 2. Залежність розподілу зусиль між палями від навантаження групи:
+ – паля довжиною 700 мм; 0 – паля довжиною 500 мм

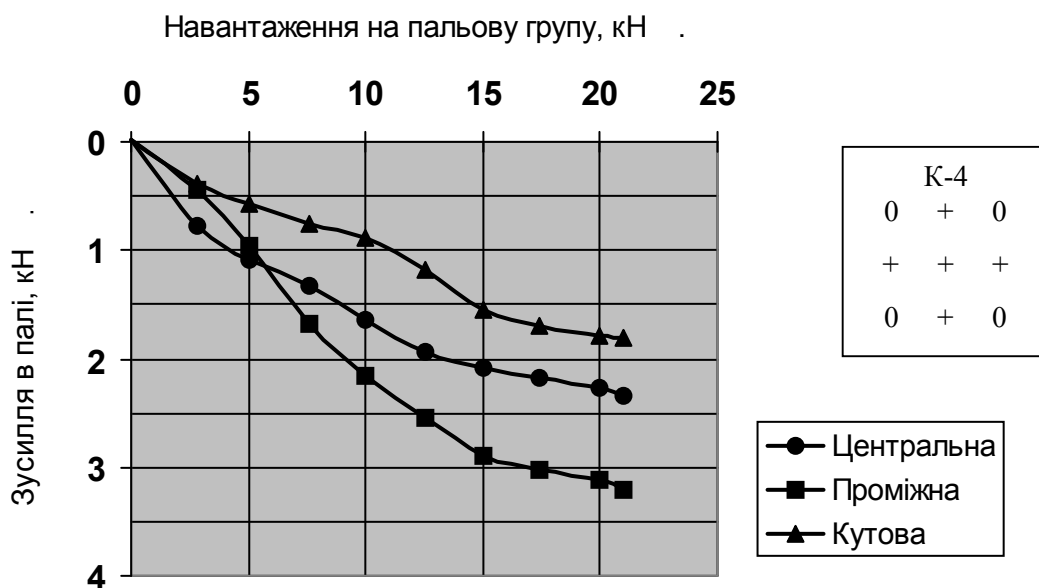


Рис. 3. Залежність розподілу зусиль між палями від навантаження групи:
+ – паля довжиною 700 мм; 0 – паля довжиною 500 мм

Таблиця 1

Результати модельних випробувань груп взаємозалежних паль різної довжини

Тип групи	Положення палі в групі	Довжина палі, мм	Граничне навантаження на групу, кН	Розподіл зусиль на палі			Несуча здатність одиночної палі, $F_{од}$ кН	Осадка групи в момент втрати несучої здатності, мм	Теоретична несуча здатність групи ($\Sigma F_{од}$), кН	Коефіцієнт ефективності, $K_{ЕФ}$
				центральну, кН	кутову, кН	проміжну, кН				
К - 3	кутові	700	22,7	3,42	3,21	2,38	2,87	10,5	23,27	0,89
	проміжні центральна	500					2,23			
К - 4	кутові	500	21,6	2,36	1,84	3,12	2,23	11,0	21,63	0,85
	проміжні центральна	700					2,87			
К - 5	кутові	700	22,8	2,54	2,98	2,76	2,87	10,2	23,43	0,91
	проміжні	600					2,43			
	центральна	500					2,23			

На рис. 4 побудовано залежності розподілу навантаження між палями групи К-5, яка складається з комбінації трьох різних довжин палей: кутові – довгі (700 мм), проміжні – середні (600 мм) і центральна – коротка (500 мм). Характерним показником для цієї комбінації є те, що розподіл зусиль у кінцевій фазі навантаження приблизно однаковий між усіма палями групи, що безперечно впливає на рівномірний розподіл напружень у ростверку. Також для групи (К-5) занурення палей до проектної відмітки не склало труднощів, і це один з показників раціональності та економічності цієї схеми.

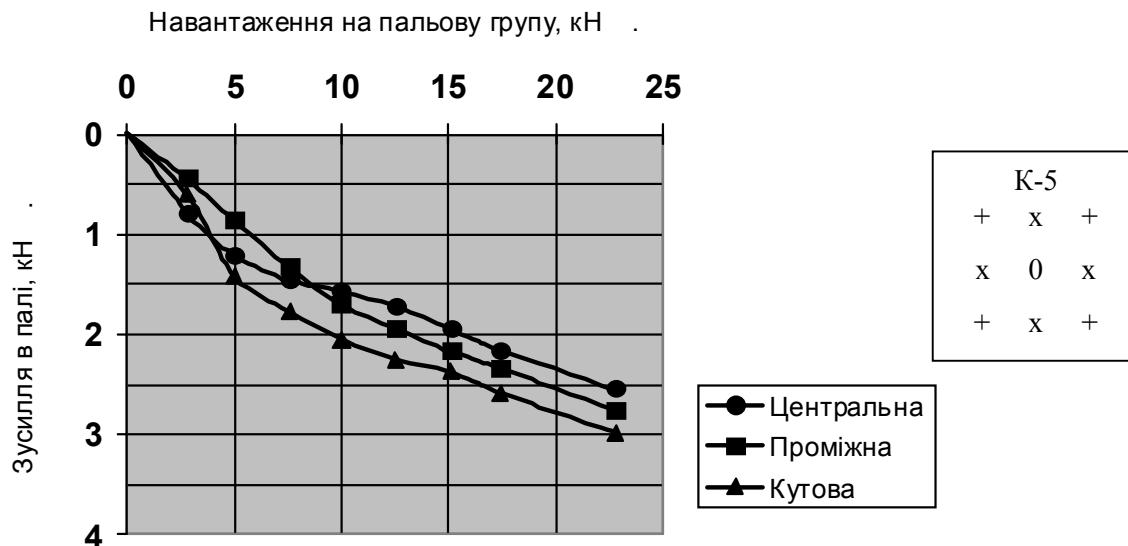


Рис. 4. Залежність розподілу зусиль між палями від навантаження групи:
 + – паля довжиною 700 мм; x – паля довжиною 600 мм;
 0 – паля довжиною 500 мм

Висновки

Експериментальними дослідженнями виявлено, що несуча здатність палювих груп палей різної довжини приблизно однакова з несучою здатністю палювої групи довгих палей однакової довжини. Це можливо пояснити зміною форми нижньої частини групи палей різної довжини, що забезпечує передачу більшого навантаження на поверхню ущільненої основи, ніж в групі палей однакової довжини та сприяє зменшенню осадки при тих самих навантаженнях.

Фундаменти з палей різної довжини у дослідних випадках дозволяють зменшити витрати матеріалу за рахунок скорочення загальної довжини палей на 13 – 16% при збереженні величини навантаження на групу, яке дорівнює опорі групи палей однакової довжини [4].

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Березанцев В. Г. Расчет одиночных свай и свайных кустов на действие горизонтальных сил / В. Г. Березанцев. – Воениздат, 1946. – 51 с.
2. Егоров В. В. О влиянии кустового эффекта на несущую способность свайных фундаментов / В. В. Егоров. – Труды: сб. науч. работ, Новосибирск. – 1977.– Вып. 180. – С. 86.
3. Лалетин Н. В. Расчет свайного куста на вертикальные нагрузки по деформациям грунтов основания / Н. В. Лалетин // Теория сооружений и конструкций. – ВИСИ: сб. трудов. – № 13. – 1967. – Вып. 1. – С. 57 – 160.
4. Титко О. В. Оцінка ефективності фундаментів з групи взаємозалежних палей: монографія / О. В. Титко. – Вінниця: ВНТУ, 2007. – 114 с.

5. Берман В. И. Возведение фундаментов из кустов забивных свай разной длины / В. И. Берман // Промышленное строительство и инженерные сооружения. – 1983. – Вып. 3. – С. 30 – 31.

Титко Олег Васильович – к. т. н., старший викладач кафедри теплогазопостачання.

Бадьора Наталя Петрівна – магістрант кафедри теплогазопостачання.
Вінницький національний технічний університет.