

*М.О. Гембарська, науковий співробітник
НДІ ПІДЗЕМСПЕЦБУД, м. Київ*

РОБОТА ПАЛЬ У КУЩІ, ОБ'ЄДНАНИХ РОСТВЕРКОМ З ПЕВНОЮ ЖОРСТКІСТЮ

Наведено результати досліджень впливу ростверку з певною жорсткістю на роботу паль у кущі.

Ключові слова: група паль, гнучкий ростверк, жорсткий ростверк.

*М.А. Гембарская, научный сотрудник
НИИ ПОДЗЕМСПЕЦСТРОЙ, г. Киев*

РАБОТА СВАЙ В КУСТЕ, ОБЪЕДИНЕННЫХ РОСТВЕРКОМ С ОПРЕДЕЛЕННОЙ ЖЕСТКОСТЬЮ

Приведены результаты исследований влияния ростверка с определенной жесткостью на работу свай в кусте.

Ключевые слова: группа свай, гибкий ростверк, жесткий ростверк.

*М.А. Gembarskaya, scientist
Underground and Special Construction Research Institute, Kiev*

WORK OF PILES'S GROUP INCORPORATED A GRILLAGE WITH CERTAIN INFLEXIBILITY

The results of researches about influence of grillage with certain inflexibility to work of piles in a group are shown in this article.

Keywords: group of piles, flexible grillage, inflexible grillage.

Вступ. Значення палевих фундаментів важко переоцінити, вони займають значну нішу як у цивільному, так і промисловому будівництві. Якщо ще в середині ХХ сторіччя палі використовувалися в основному при спорудженні гідротехнічних об'єктів, то зараз розвиток висотного будівництва, освоєння територій зі складними геологічними умовами та будівництво в умовах щільної забудови зробили палеві фундаменти дуже поширеними.

Огляд останніх джерел досліджень та публікацій. Питання роботи одиночної палі в ґрунті є порівняно вивченим [1]. Відомо, що залежно від властивостей ґрунтів під нижнім кінцем палі поділяють на палі-стояки та висячі, що передають навантаження на ґрунтову основу відповідно або нижнім кінцем, або нижнім кінцем і через силу тертя по бічній поверхні [2]. Однак слід зазначити, що при вивченості роботи одиночної палі питання роботи і взаємодії групи паль, у тому числі в кущі, є проблемним. Це пояснюється тим, що взаємодія палі з навколишнім ґрунтовим масивом має складний нелінійно-просторовий характер, а при зведенні групи паль виникають додаткові фактори впливу, наприклад: співвідношення діаметра палі й відстані між ними, відстані між палями і довжиною паль, ширини ростверку і довжини паль, жорсткості ростверку тощо.

До прийняття нормативного документа [2] у 2011 р. в Україні, відповідно до діючих тоді норм [3], осідання пальових фундаментів розраховували за схемою умовного фундаменту. Така розрахункова схема мала низку недоліків, до яких належить припущення, що при відстані між палями, меншій ніж $6d$, зміщення палі та ґрунту в міжпальовому просторі проходить одночасно, при цьому пальовий фундамент і ґрунт зміщуються як єдиний масив [4]. Це твердження є хибним, про що свідчить ряд робіт [5, 6]. Згідно з новим нормативним документом [2] осідання групи паль розраховують за методикою, що враховує взаємний вплив паль у фундаменті. Однак відомо, що суттєве значення в роботі пальового фундаменту має також і низький ростверк [7], але в нормативному документі [2] це питання ніяк не висвітлено і при розрахунках не враховується.

Виділення не розв'язаних раніше частин загальної проблеми. Вплив ростверку на характер передачі навантаження на ґрунтову основу пальового фундаменту й відповідно його осідань залежить не тільки від його розмірів, але й від жорсткості. Проведення експериментальних натурних досліджень такого впливу є складним і дорогим. Альтернативним способом розв'язання цієї проблеми є застосування комп'ютерного моделювання, що базується на програмах, які описують нелінійну поведінку ґрунту.

Постановка завдання. У статті розглянуто вплив низького ростверку певної жорсткості на характер роботи й осідання пальового куша.

Основний матеріал і результати. Для достовірності результатів розрахунку на ЕОМ моделювалася робота буронабивної палі, випробуваної статичним навантаженням на будівельному майданчику в м. Київ. Базуючись на даних випробувань, створили розрахункову модель у програмному комплексі Plaxis 3D Foundation. Обрана натурна паля має такі геометричні параметри: довжина – 24,5 м, діаметр – 0,82 м. Улаштована паля переважно в алювіальних пісках аIII-IV, зверху наявний двометровий шар намивного піску. На рівні трьох з половиною метрів знаходяться ґрунтові води. Ґрунти мають такі фізико-механічні характеристики: для алювіальних пісків модуль деформації $E = 25$ МПа, кут внутрішнього тертя $\varphi = 33^\circ$, зчеплення $c = 2$ кН/м²; для намивних пісків: $E = 22$ МПа, $\varphi = 33^\circ$, $c = 3$ кН/м².

Як логіко-математичний опис задачі використовувалася модель скінченних елементів ґрунтової основи та тіла палі. Остання задавалася за допомогою команди Massive Circular Pile як лінійно-пружний непористий матеріал. Ґрунтова основа являє собою куб з розмірами 44x44x35 м (ахbхh). При цьому для моделювання середовища обрано модель ґрунту, що зміцнюється. Ця пружно-пластична модель гіперболічного типу дозволяє враховувати ефект зміцнення як при стисненні, так і при зсуві, а також враховувати залежність характеристик жорсткості від напруження.

У програмі виконано серію розрахунків типу «навантаження – осідання» в діапазоні навантажень до 5600 кН; при цьому паля навантажувалася ступінчасто відповідно до статичних випробувань

натурної палі. У результаті побудовано графіки осідання за даними статичного випробування і за результатами розрахунку (рис. 1).

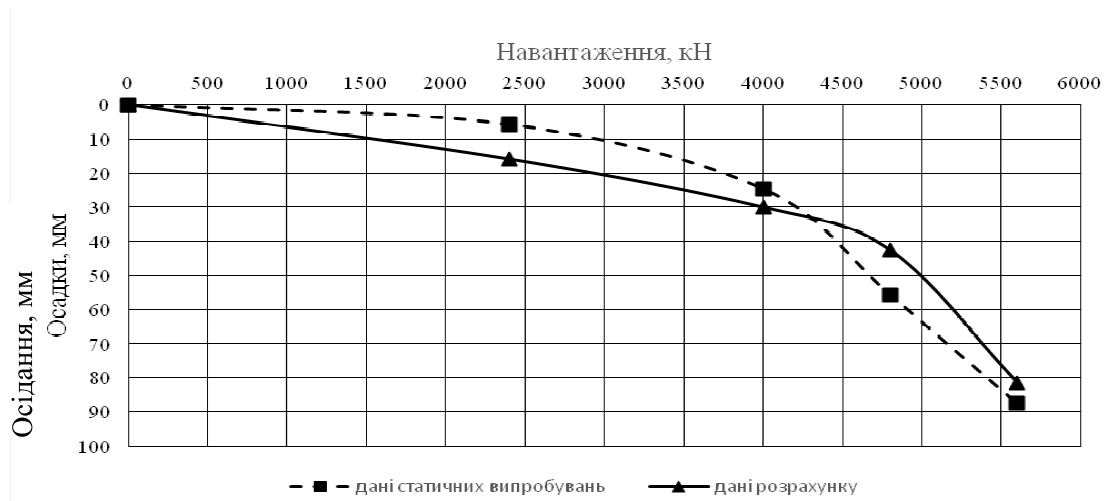


Рис. 1. Графік осідання палі за даними статичного випробування і комп'ютерного розрахунку

З графіків видно, що вибрана модель досить точно прогнозує роботу палі в ґрунті, внаслідок чого вона прийнята для подальшого моделювання групи палей.

Розрахунок здійснюють для куца з п'яти палей (рис. 2) для двох випадків: при відстанях між палями $3d$ і $6d$.

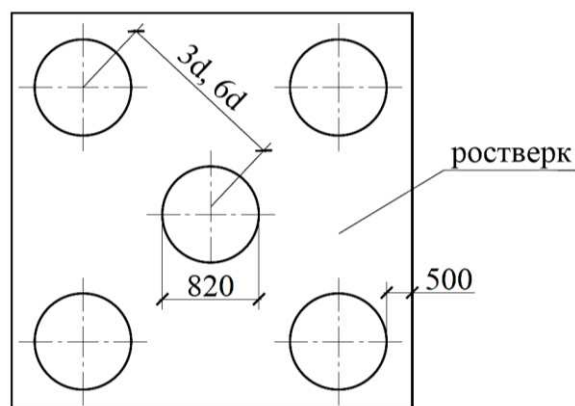


Рис. 2. Розташування палей у куці, об'єднаних ростверком

Для кожного з випадків виконують декілька варіантів розрахунку:

1) група палей не об'єднана ростверком, кожна з палей ступінчасто навантажується в 4 етапи навантаженням у 2400, 4000, 4800, 5600 кН;

2) група палей об'єднана жорстким ростверком з модулем деформації $E=2,1 \times 10^8$ кН/м², система навантажується ступінчасто зосередженим навантаженням по центру в 12000, 20000, 24000, 28000 кН. Значення навантаження розраховано, виходячи з навантаження на одну палю, прийнятого в першому варіанті розрахунку, але з урахуванням кількості палей (5 шт.);

3) група палів об'єднана жорстким ростверком з модулем деформації $E=2,1 \times 10^8$ кН/м², система навантажується ступінчасто розподіленим навантаженням, що розраховується залежно від площі ростверку, виходячи з навантаження на одну палу, прийнятого в першому варіанті розрахунку;

4) група палів об'єднана гнучким ростверком з модулем деформації $E=1 \times 10^6$ кН/м², система навантажується ступінчасто розподіленим навантаженням аналогічно до попереднього варіанта.

Значення величин осідання за переліченими варіантами розрахунків для випадків при відстанях між палями 3d і 6d показано на рис. 3 і 4 відповідно. По осі X відкладено значення навантажень, що за прогнозом припадають на одну палу.

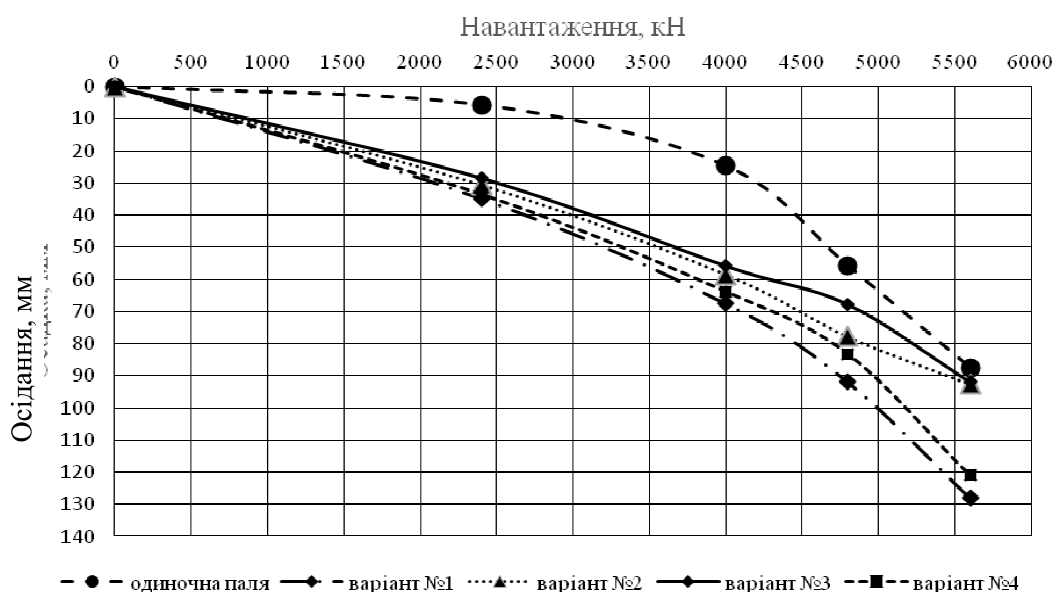


Рис. 3. Графіки осідань палів у куці за визначеними варіантами розрахунку при відстані між палями 3d

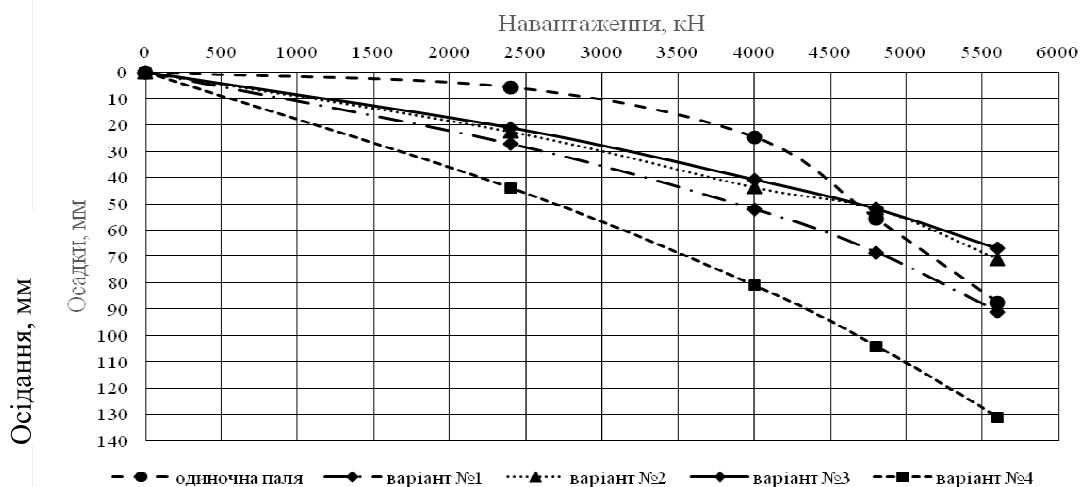
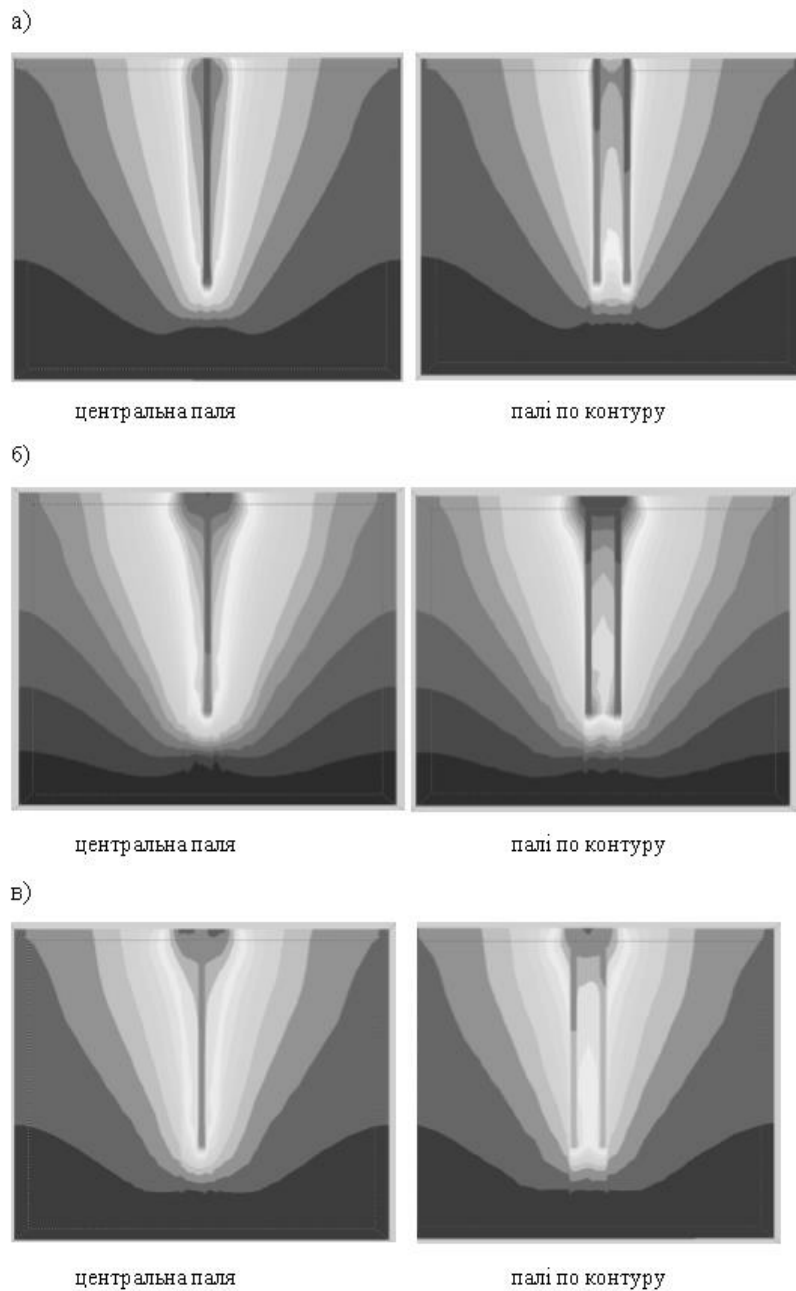


Рис. 4. Графіки осідань палів у куці за визначеними варіантами розрахунку при відстані між палями 6d

З графіків на рис. 1 і 2 видно, що ростверк має значний вплив на осідання групи паль, при цьому характер такого впливу залежить від його жорсткості. У цілому, група паль, об'єднана ростверком, дає менші значення осідання, що відбувається за рахунок передачі навантаження на основу не тільки палями, але й ростверком на верхні шари ґрунту. Особливо це характерно при використанні жорсткого ростверку: його наявність зменшує осідання паль на 28 та 26 % при відстані між ними в 3d і 6d відповідно.

Характер передачі навантаження на ґрунтову основу та її деформації при різних варіантах завантаження пального куща показано на рис. 5.



*Рис. 5. Деформації ґрунтової основи залежно від наявності та типу ростверку:
а) куц паль без ростверку; б) куц паль, об'єднаних жорстким ростверком;
в) куц паль, об'єднаних гнучким ростверком*

Таким чином, при куці паль, не об'єднаних ростверком (рис. 5, а), найбільші деформації основи відбуваються вздовж тіла палі по її довжині, а ґрунт у міжпальовому просторі й палі осідають не як одне ціле. За наявності жорсткого ростверку (рис. 5, б) найбільші деформації виникають у верхній частині основи, причому рівномірно розподіляються під всією довжиною ростверку. При гнучкій його конструкції видно, що він також передає навантаження на основу (рис. 5, в), але виникають прогини і максимальні деформації у проміжках між палями, оскільки ростверк не забезпечує достатню передачу навантажень на палю, а перевантажує верхні шари основи.

Висновки:

1. При розв'язанні геотехнічних задач, пов'язаних з прогнозом роботи групи паль, можна використовувати спеціальні програмні комплекси, що описують нелінійну поведінку ґрунту.

2. Низький ростверк має значний вплив на характер роботи пальового фундаменту і деформації основи, причому цей вплив залежить від жорсткості самого ростверку.

3. За даними комп'ютерного моделювання, найбільш ефективним є жорсткий ростверк, що рівномірно передає навантаження не тільки на палі, але й певну його частку на верхні шари ґрунтової основи, що в цілому приводить до зменшення осідання пальового фундаменту (до 28 %).

4. При влаштуванні гнучкого ростверку не забезпечується необхідна передача навантажень на палі, внаслідок чого під ростверком у проміжках між палями виникає перевантаження верхніх шарів ґрунту і з'являються прогини.

Література

1. Далматов, Б.И. Проектирование фундаментов зданий и подземных сооружений / Б.И. Далматов, В.Н. Бронин. – М.: Изд. «АСВ», 2001. – 434 с.
2. ДБН В.2.1-10-2009. Основи та фундаменти споруд. Зміна №1. Пальові фундаменти. – Київ, 2011.
3. СНиП 2.02.03-85. Свайные фундаменты. – М., 1986.
4. Бартоломей, А.А. Прогноз осадок свайных фундаментов / А.А. Бартоломей, И.М. Омельчак, Б.С. Юшков. – М.: Стройиздат, 1994. – 350 с.
5. Сернов, В.А. Исследование напряженно-деформированного состояния грунта в межсвайном пространстве / В.А. Сернов // Геотехника Беларуси: наука и практика. – Минск: БНТУ, 2008 – С. 239 – 246.
6. Emilius M. Comodromosa. Numerical assessment of axial pile group response based on load test / Emilius M. Comodromosa, Christos T. Anagnostopoulos, Michael K. Georgiadis // Computers and Geotechnics. – Volume 30, Issue 6, September 2003. – P. 505 – 515.
7. Сернов, В.А. Опыт применения фундаментов из коротких конических свай с несущими ростверками / В.А. Сернов, О.А. Голубкова, К.Н. Макаров // Геотехника Беларуси: наука и практика. – Минск: БНТУ, 2008 – С. 247 – 253.

Надійшла до редакції 25.09.2013

©М.О. Гембарська