

УДК 624.131

ДОСЛІДЖЕННЯ ПОВТОРНИХ СТАТИЧНИХ ВИПРОБУВАНЬ ГРУНТІВ НАБИВНИМИ ПАЛЯМИ В ПРОБИТИХ СВЕРДЛОВИНАХ

м.н.с., аспірант Бікус К.М. , д.т.н., проф. Сєдін В.Л.* ,
д.т.н., проф. Винников Ю.Л.***

**ДВНЗ "Придніпровська державна академія будівництва та архітектури",
м. Дніпропетровськ*

***Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка,
м. Полтава*

Постановка проблеми. Сучасне геотехнічне проектування пов'язане з проблемами збільшення навантажень на основи фундаментів будівель і споруд. Це може призводити до збільшення як абсолютних, так і відносних нерівномірних осідань основ, у т. ч. пальових, будівель і споруд.

Тому вирішення задач підвищення рівня надійності будівель і споруд, достовірності визначення несучої здатності паль, зниження абсолютних і відносних осідань основ пальових фундаментів без зростання загальної вартості будівництва є важливим завданням геотехніків.

При проектуванні пальових фундаментів, які виготовляють без виймання ґрунту (наприклад, влаштовують зануренням у ґрунт збірних елементів або шляхом утворення в ґрунті порожнини із подальшим заповненням її збірними чи монолітними конструкціями врозпір) [3], необхідно знати фактичну несучу здатність паль і майбутню деформативність їх основ. Ці вихідні геотехнічні параметри значною мірою залежать від можливого (особливо в щільних і водонасичених ґрунтах при недостатній відстані між палями) випирання раніше вже влаштованих сусідніх паль (фундаментів) [2, 3, 5, 8, 10]. Цей ефект знижує несучу здатність паль і підвищує деформативність їх основ при наступній роботі паль у складі фундаментів будівель і споруд.

Зв'язок з науковими та практичними завданнями й аналіз останніх досліджень і публікацій. Особливості стану ґрунту навколо паль, несучої здатності паль і деформативності пальових основ при різних відстанях між сусідніми палями досліджували А.О. Бартоломій, Б.В. Бахолдін, І.П. Бойко, В.М. Голубков, А.І. Готман, А.О. Григорян, Б.І. Далматов, А.Ж. Жусулбеков, М.І. Зоценко, В.О. Іллічов, С.М. Кляіков, В.І. Крутов, Ф.К. Лапшин, А.А. Луга, Р.А. Мангушев, М.І. Нікітенко, А.Б. Пономарьов, Ю.Ф. Тугаєнко, В.М. Уліцький, Д.М. Шапіро, В.Б. Швець, Н. Brandl, R. Frank, R. Katzenbach, G. Meyergof, R. Peck, M. Randolph та ін. [1 – 11].

Зокрема, нами була взята до уваги пропозиція проф. Б.В. Бахолдіна [1] про те, що вплив "відпочинку" на зміну несучої здатності паль коректно вивчати за результатами однократних статичних навантажень однакових паль (так званих, паль-близнюків) з різними строками їх "відпочинку", що надалі використовувалось полтавською геотехнічною школою [2, 3, 7].

Всебічні польові статичні випробування паль, проведені проф. Н. Brandl [10], підтвердили, що під час першого навантаження залежність осідання від навантаження для окремих паль однієї і тієї ж конструкції значно різняться. Повторне ж їх навантаження приводить до певного вирівнювання осідань цих паль.

Проф. Б.І. Далматовим і проф. М.І. Зоєнком та їх учнями встановлено певні закономірності об'ємів випрання ґрунтів залежно від їх властивостей та параметрів сусідніх паль [3, 8]. Заслуговує також подальшого дослідження пропозиція проф. В.І. Крутова [4] стосовно того, що "попереднє привантаження фундаментів у витрамбованих котлованах навантаженням, яке дорівнює 0,7 – 0,9 від розрахункового, повністю забезпечує їх несучу здатність, відповідну проектному навантаженню при наступних осіданнях їх в 3 – 4 рази менших за допустимі".

Постановка завдання. Отже, в зв'язку з вищевикладеним виникла необхідність проведення натурних досліджень можливого впливу повторних статичних випробувань вертикальним статичним навантаженням набивних паль у пробитих свердловинах, зокрема в глинистих ґрунтах, на їх несучу здатність і деформативність їх основ.

Викладення основного матеріалу і результати досліджень. Набивні палі у пробитих свердловинах [2, 3, 7] вирізняє високий ступінь використання несучої здатності основи внаслідок формування в ній ущільненої зони, в межах якої зростає міцність і знижується деформативність ґрунту. Як показує практика будівництва набивні палі у пробитих свердловинах найбільш раціонально застосовувати у лесових макропористих ґрунтах природної вологості при зведенні житлових будівель переважно зі стрічковими ростверками.

Ці палі влаштовують шляхом пробивання свердловин у ґрунті циліндричною трамбівкою діаметром 0,4 – 0,6 м, масою 3 – 6 т чи забивним штампом із заповненням їх бетоном, залізобетоном, ґрунтобетоном, сумішшю щебеню й глини. Для збільшення опору навантаженню в їх нижній частині влаштовують розширення з утрамбованого щебеню чи жорсткого бетону. Розміри набивних паль у пробитих свердловинах коливаються в межах: діаметр стовбура 400 – 800 мм; висота фундаменту 1,5 – 10 м (іноді до 20 м); діаметр розширення складає 700 – 1200 мм [7, 9].

Дослідний майданчик розташовано в м. Пирятин Полтавської області. До глибини 8,4 м його складено суглинками лесовими, просідаючими (ПЕ-2 та ПЕ-3), які підстиляються щільними супісками (ПЕ-4) та суглинками (ПЕ-5), а зверху перекриті ґрунтово-рослинним шаром і суглинком гумусованим загальною потужністю 1,2 м. Рівень ґрунтових вод на майданчику було зафіксовано на глибині 13 м від денної поверхні.

Інженерно-геологічна колонка дослідного майданчика з прив'язкою набивної палі у пробитій свердловині подана на рис. 1.



Рис. 1. Інженерно-геологічна колонка дослідного майданчика з прив'язкою набивної палі у пробитій свердловині: 1 – стовбур набивної палі у пробитій свердловині; 2 – розширення цієї палі з втрабованого щебеню об'ємом $V_{cr}=1,5 \text{ м}^3$; 3 – зона достатнього ущільнення ґрунту

Було влаштовано дослідні палі в пробитих свердловинах діаметром 0,5 м, глибиною близько 6,5 м і з об'єм утрабованого в розширення щебеню $1,5 \text{ м}^3$ (див. рис. 1).

Після влаштування дослідних палей та їх "відпочинку" понад 40 діб були проведені їх статичні випробування за нормативною методикою ДСТУ Б В.2.1-27:2010 як при природному, так при замоченому до коефіцієнта водонасичення $S_r=0,85$ стані ґрунтів основи. При цьому навантаження на кожну палю доводилось до величини $F_v=1\,400 \text{ кН}$. Кожна ступінь навантаження витримувалась до умовної стабілізації осідання палі відповідно ДСТУ Б В.2.1-27:2010, після чого здійснювалось повне розвантаження палі. Після перерви цей цикл повністю повторювався. Кількість циклів випробувань для кожної дослідної палі склала п'ять. Приклади результатів цих випробувань представлено на рис. 2.

З рис. 2,а, зокрема, чітко видно, що при випробуванні ґрунту в природному стані після першого циклу навантаження відбулось осідання голови палі на $S_1=28 \text{ мм}$, що графічно показано лінією 1. Після розвантаження палі відбулось її підняття на 6 мм. Після другого навантаження відбулось осідання палі лише на $S_2=19,5 \text{ мм}$, що показано лінією 2. Після п'ятого навантаження відбулось осідання палі на $S_3=17 \text{ мм}$, що показано лінією 3.

З рис. 2,б також добре видно, що при випробуванні ґрунту в замоченому стані після першого навантаження відбулось осідання палі на $S_1=40 \text{ мм}$, що графічно показано лінією 1. Після розвантаження палі відбулось її підняття на 5 мм. Після другого навантаження відбулось осідання палі лише на $S_2=28 \text{ мм}$,

що показано лінією 2. Після розвантаження палі відбулось її підняття на 3 мм. Після п'ятого навантаження відбулось осідання палі на $S_3=22$ мм, що показано лінією 3.

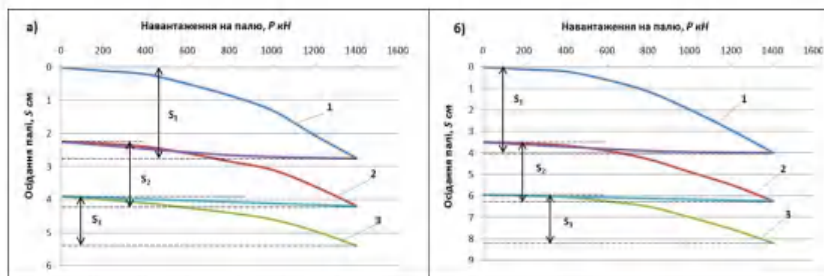


Рис. 2. Графіки залежності осідання набивних паль у пробитих свердловинах від вертикального навантаження при повторних статичних випробуваннях палею ґрунту: а – в природному стані, б – в замоченому стані; 1 – перший цикл статичних випробувань; 2 – другий цикл; 3 – п'ятий цикл

Отже, вже при другому статичному випробуванні палею в пробитій свердловині ґрунту величина осідання як природної, так і замоченої основи палі знизилась приблизно на 30 % при однаковому навантаженні $F_v=1\ 400$ кН на неї. Цей ефект досягається за рахунок доущільнення пальнової основи.

На нашу думку, отриманий ефект цілком можливо використати для повторного (чи за термінологією проф. В.І. Кругова [4] і проф. Н. Brandl [10], "попереднього") навантаження палі для ліквідації підняття сусідніх палі у межах пального поля, зниження деформативності оснoв бурових палі, палі у пробитих свердловинах і фундаментів у витрамбованих котлованах, тощо.

Висновок. Таким чином, шляхом повторних статичних випробувань глинистих ґрунтів у природному та в замоченому стані набивними паллями в пробитих свердловинах доведено, що деформативність як природних, так і замочених глинистих ґрунтів при повторних завантаженнях палі суттєво (на 30 %) знижується за рахунок доущільнення пальнової основи. Це приводить до зростання несучої здатності. Тому, попереднє навантаження палі позитивно впливає на зменшення нерівномірності осідань палі у межах будівельного майданчика, підвищує рівень надійності пальнової основи майбутньої будівлі й сприяє зменшенню вартості будівництва, при врахуванні збільшення несучої здатності на етапі проектування.

Якщо для добре підготовлених оснoв набивних палі у пробитих свердловинах повторні навантаження дають суттєвий ефект за рахунок доущільнення пальнової основи, то для звичайних бурових палі, які мають набагато більше дефектів, така методика буде набагато ефективнішою. Метод попереднього навантаження палі доцільно застосовувати для ліквідування підняття сусідніх палі у межах пального поля та зниження деформативності

основ бурових паль, паль у пробитих свердловинах і фундаментів у витрамбованих котлованах.

ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Бахолдин, Б.В. Экспериментальные и теоретические исследования процесса взаимодействия грунта с забивными сваями и создание на их основе практических методов расчета свай: автореф. дис. д-ра техн. наук: 05.23.02 / Б.В. Бахолдин. – М.: ВНИИОСП, 1987. – 48 с.
2. Винников, Ю.Л. Математичне моделювання взаємодії фундаментів з ущільненими основами при їх зведенні та наступній роботі: Монографія / Ю.Л. Винников. – Полтава: ПолтНТУ ім. Юрія Кондратюка, 2004. – 237 с.
3. Зоценко, М.Л. Напружено-деформований стан основ фундаментів, які споруджують без виймання ґрунту: Автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.23.02. / М.Л. Зоценко. – К.: НДІБК, 1994. – 44 с.
4. Крутов, В.И. Упрочнение оснований фундаментов в витрамбованных котлованах путем их предварительной пригрузки / В.И. Крутов, Н.Т. Танатаров // Основания, фундаменты и механика грунтов. – 1990. – № 6. – С. 11 – 13.
5. Мангушев, Р.А. Научно-техническое сопровождение проектирования и строительства оснований и фундаментов специалистами СПбГАСУ / Р.А. Мангушев, А.А. Веселов, В.В. Конюшков, Д.А. Сапин // Современные геотехнологии в строительстве и их научно-техническое сопровождение: материалы междунар. науч.-технич. конф., посвященной 80-летию образования кафедры геотехники СПбГАСУ и 290-летию российской науки. – Ч. I. – СПбГАСУ. – СПб., 2014. – С. 72 – 88.
6. Пономарев, А.Б. Исследование фактора увеличения несущей способности свай во времени / А.Б. Пономарев, А.В. Захаров, М.А. Безгодов // Галузеве машинобудування, будівництво: зб. наук. праць. – Вип. 3(38). Том. 2. – Полтава, ПолтНТУ, 2013. – С. 288 – 300.
7. Посібник з проектування та влаштування паль у пробитих свердловинах / ПолтНТУ, ДП НДІБК. – К., 2014. – 70 с. – ISBN 978-617-676-056-6.
8. Середюк, И.П. Исследование процессов, происходящих в глинистых грунтах при погружении свай: Автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.23.02 / И.П. Середюк. – Л.: ЛИСИ, 1978. – 23 с.
9. Справочник геотехника. Основания, фундаменты и подземные сооружения / Под общей ред. В.А. Ильичева и Р.А. Мангушева. – М.: Изд-во АСВ, 2014. – 728 с. – ISBN 978-5-93093-952-1.
10. Brandl H. Cyclic preloading of piles to minimize (differential) settlements of high-rise buildings / H. Brandl // Slovak, 2005. – Slovak University of Technology, 2006. – P. 1 – 12.
11. Fleming K. Piling Engineering / K. Fleming, A. Weltman, M. Randolph, K. Elson. – London and New York: Taylor and Francis. – 2008. – 398 p.