

УДК 519.673:624.154

ОСОБЛИВОСТІ ЧИСЛОВОГО МОДЕЛЮВАННЯ НДС ОСНОВИ БАГАТОВИТКОВОЇ ПАЛІ У НАТУРНИХ УМОВАХ

Сєдін В. Л., д. т. н., проф., Волнянський Ю. Ю., аспірант, Ковба В. В., к. т. н., доц., Бікус К. М., к. т. н., доц.

Державний вищий навчальний заклад
«Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»

Постановка проблеми. В умовах розвитку геотехнічного будівництва пов'язаного з використанням пильових фундаментів з багатовиткових пиль для будівель та споруд в складних інженерно-геологічних умовах, програмні комплекси відіграють велику роль для інженерів та геотехніків. Традиційні інженерні методики не дозволяють достатньо достовірно оцінити напружено-деформований стан основ без використання потужних геотехнічних програмних комплексів.

Числове моделювання роботи багатовиткових пиль за допомогою сучасних розрахункових програмних комплексів, що отримали сьогодні широке розповсюдження, може значно спростити і пришвидшити визначення несучої здатності пильових фундаментів з багатовиткових пиль та подальшої деформації їх основ, надавши при цьому достатньо точні результати для потреб проектування [1].

Мета дослідження. У зв'язку з вищевикладеним виникає необхідність створити числову модель для проведення числового моделювання напружено-деформованого стану основи багатовиткової палі. Також є необхідним провести порівняння отриманих результатів числового моделювання з результатами натурального випробування для адаптації параметрів існуючої числової моделі.

Основне дослідження. Числове розв'язання поставленої задачі вирішувалось з використанням МСЕ у ПК Plaxis 3D, у нелінійній постановці, із застосуванням пружно-пластичної моделі роботи зі зміцненням ґрунту (Hardening Soil Model) [2]. У розрахункову область було включено масив ґрунту (рис. 1а), складений з чотирьох ПЕ, дослідна багатовиткова палля довжиною 2,0 м і навантаження, яке відповідало поетапному навантаженню натурної палі.

Моделювання виконувалося у наступній послідовності:

- створення геометричної моделі ґрунту;
- створення геометричної моделі багатовиткової палі;
- поетапне навантаження багатовиткової палі.

Під час моделювання поставленої задачі, основна увага була приділена створенню числової моделі багатовиткової палі. Багатовиткова палля моделювалась за допомогою стрижневих та плоских елементів (рис. 1 б).



Рис. 1. Геометрична скінченно-елементна модель:
а) ґрунтової основи; б) багатовиткової палі

Для моделювання масиву ґрунту на першій фазі розрахунку використовувалася функція K0-procedure, за допомогою якої можна регенерувати вертикальні напруження в стані рівноваги за власною вагою.

Поетапне навантаження багатовиткової палі моделювалося шляхом збільшення прикладеного зосередженого навантаження до верхньої частини палі відповідно до поетапного навантаження натурної палі. Розрахунок проводився до прикладання максимального проектного навантаження $P = 20,58 \text{ кН}$ при вдавлюванні палі та $P = 14,7 \text{ кН}$ при її висмикуванні.

В результаті числового моделювання деформація дослідної багатовиткової палі від максимального осьового статичного вдавлюючого навантаження $P = 20,58 \text{ кН}$ склала $S = 0,468 \text{ мм}$. Ізолінії вертикальних переміщень багатовиткової палі показані на рисунку 2.

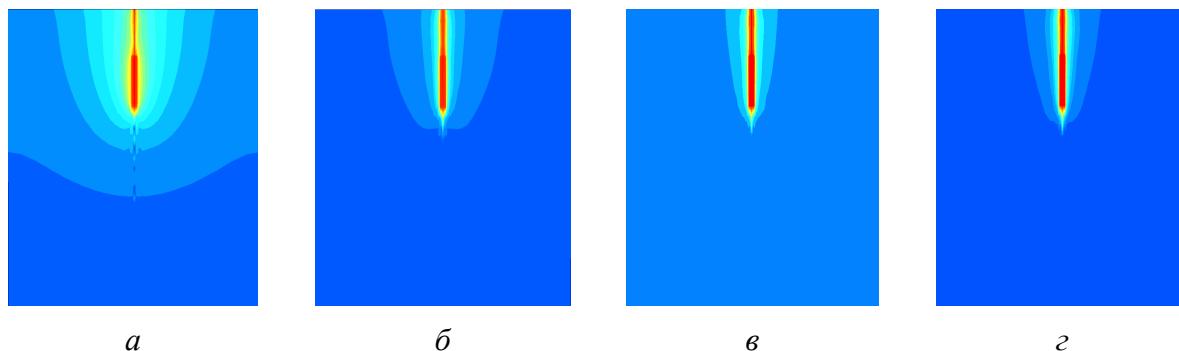


Рис. 2. Ізолінії вертикальних переміщень при статичному вдавлюючому навантаженні:
а) 3,9 кН; б) 13,7 кН; в) 17,65 кН; з) 20,58 кН

Деформація дослідної багатовиткової палі від максимального осьового статичного висмикуючого навантаження $P = 14,7 \text{ кН}$ склала $S = 1,53 \text{ мм}$. Ізолінії вертикальних переміщень багатовиткової палі показані на рисунку 3.

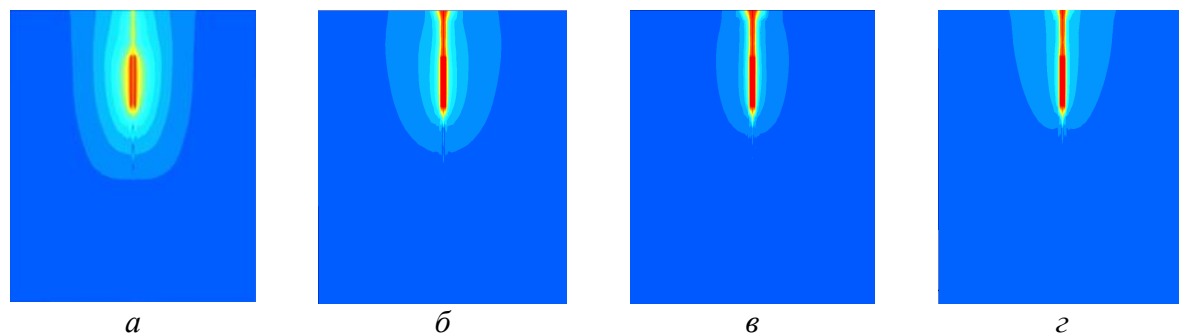


Рис. 3. Ізолінії вертикальних переміщень при статичному висмикуючому навантаженні:
а) 2,94 кН; б) 10,29 кН; в) 13,23 кН; з) 14,7 кН

Для оцінювання коректності числового моделювання було проведено порівняння отриманих результатів при числовому розрахунку та проведених натурних випробуваннях. Для виразності результати зображені у графічному вигляді на рисунку 4.

Основними для оцінювання розрахунку є навантаження P і осідання S . З аналізу графіку (рис. 4 а) видно, що при максимальному статичному вдавлюючому навантаженні $P = 20,58 \text{ кН}$ результати моделювання та натурних випробувань демонструють задовільну збіжність, різниця осідань при навантаженні 0,468 та 0,48 мм (при натурних випробуваннях) не перевищує 3 %. З аналізу графіку (рис. 4 б) видно, що при статичному висмикуючому навантаженні $P = 20,58 \text{ кН}$ результати моделювання та натурних статичних випробувань демонструють задовільну збіжність, різниця осідань при навантаженні 1,53 та 1,5 мм (при натурних випробуваннях) не перевищує 2 %.

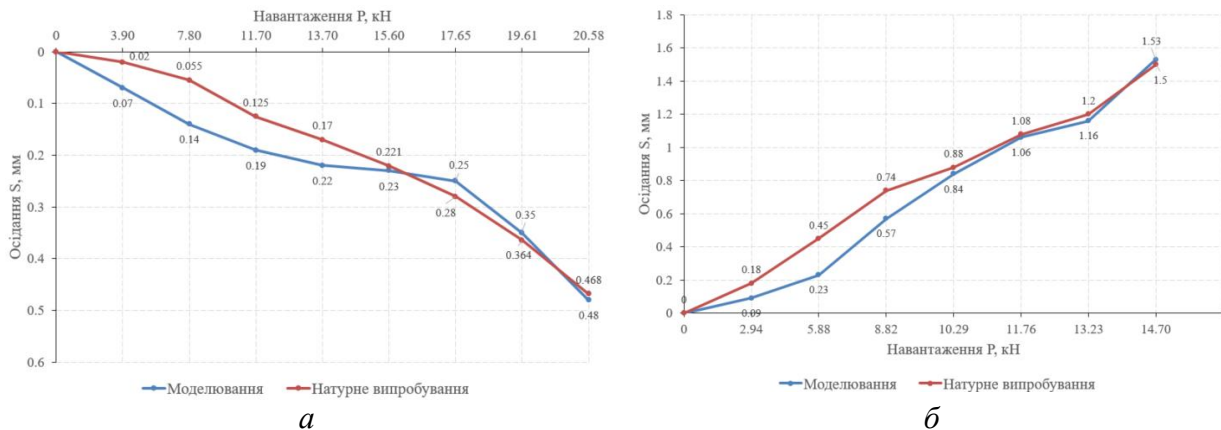


Рис. 4. Графік залежності осідання змодельованої дослідної багатовиткової палі від:
 а) статичного вдавлюючого навантаження; б) статичного висмикуючого навантаження

З аналізу графіків (рис. 4 а, б) можна зробити висновок, що проведене числове моделювання та порівняння його результатів з результатами натурального дослідження демонструє задовільну збіжність, що свідчить про адекватно підібрані параметри пружно-пластичної моделі зі зміцненням ґрунту в ПК Plaxis. Це дозволяє використовувати створену числову модель для подальших розрахунків багатовиткових паль з метою оцінки деформації основи та несучої здатності багатовиткових паль.

Висновки. Використання створеної числової моделі для оцінки деформацій основи і несучої здатності багатовиткових паль в конкретних інженерно-геологічних умовах доцільне для попереднього вибору технології влаштування паль на етапі проектування. Це дозволить зберегти кошти необхідні для вибору в першому наближенні багатовиткових паль влаштованих за різними технологіями та з різним кроком паль на одному будівельному майданчику, до їх натурних випробувань.

Список використаних джерел

1. Sedin V., Volnianskyi Yu., Kovba V. Application of the hardening soil model for numerical simulation of behavior of screw piles in soil base. *Наука і техніка : перспективи XXI століття : мжвузівська наук.-практ. конф. молод. вчен.* 2019. С. 127–128.
2. Сєдін В. Л., Бікус К. М., Ковба В. В., Волнянський Ю. Ю. Моделювання напружено-деформованого стану основи фрагменту пального фундаменту при навантаженні ростверку, нез'єданого з палею, у натурних умовах. *Строительство, материаловедение, машиностроение. Серия: «Компьютерные системы и информационные технологии в образовании, науке и управлении».* 2017. Вып. 1. С. 190–197.
3. Stanier S.A., Black J.A, Hird C.C. Modelling helical screw piles in soft clay and design implications. *Geotechnical Engineering (P I CIVIL ENG-GEOTEC).* UK, 2014. № 50 (2). С. 447–460.
4. Salhi L., Nait-Rabah O., Deyrat C., Roos C. Numerical modeling of single helical pile behavior under compressive loading in sand. *Electronic Journal of Geotechnical Engineering.* UK, 2013. № 18. С. 4321–4338.