

Література:

1. Автогород от Volkswagen [Електронний ресурс]. – Режим доступа: <https://www.drive2.ru/b/4899916394579133677/>.
2. Жилой дом вместо зернового элеватора [Електронний ресурс]. – Режим доступа: https://3m2.kiev.ua/stati/poslednie_novosti/zhiloy_dom_vmesto_zernovogo_elevatora.
3. Деревенский небоскрёб [Електронний ресурс]. – Режим доступа: <http://www.magazindomov.ru/2010/05/03/derevenskij-neboskryob/>.
4. Жилой многоквартирный дом в Финляндии из силосных башен [Електронний ресурс]. – Режим доступа: https://his.ua/article/zhiloy-mnogokvartirnyy-dom-v-finlyandii-iz-silosnyh-bashen_2018-01-29.
5. Le Silo ou temple de l'art contemporain [Електронний ресурс]. – Режим доступа: <http://www.club-faune.com/blog-voyage/le-silo-hotel-luxe-cape-town/>.
6. SILOS 13 в Париже [Електронний ресурс]. – Режим доступа: <http://www.berlogos.ru/work/silos-13-v-parizhe/>.

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ БУРОВИХ ПАЛІ НА ВИСМИКУВАЛЬНІ НАВАНТАЖЕННЯ

Компанієць С. В., Сафух Ахмед-Амін, студенти 6-го курсу Будівельного факультету

Табачников С. В., канд. техн. наук, ст. викл. каф. Механіки ґрунтів, фундаментів та інженерної геології

*Харківський національний університет міського господарства
імені О. М. Бекетова*

Існує широкий клас фундаментних конструкцій на палях, сприймаючих як вдавлюючі, так і висмикуючі навантаження, наприклад, фундаменти відтяжок і баштових споруд, фундаменти виносних опор стадіонів (рис.4.1), опори ліній електропередач, фундаменти вітрогенераторів і придорожніх конструкцій, позацентрово навантажені фундаменти під колони промислових будівель, а також анкерні палі, що використовуються в конструкціях стендів для випробувань та ін. При цьому, як правило, застосовують бурові палі великих діаметрів.

У роботах [1-4] авторами наводяться задовільні результати застосування метода скінчених елементів, реалізованого в ПК Plaxis, для моделювання випробувань ґрунтів натурними палями при їх вдавлюванні в ґрунтові масиви, у тому числі з використанням різних моделей ґрунтової основи і умов контакту «паль – ґрунт». Однак, у існуючих джерелах практично відсутні методики моделювання роботи паль на висмикуюче навантаження в широко застосованих розрахункових комплексах, тому числові дослідження НДС системи «ґрунтова основа – паль» є актуальним напрямком в механіці ґрунтів і паловому фундаментобудуванні.

В якості вихідних даних використані результати польових випробувань бурін'єкційної палі довжиною 12,0 м і діаметром Ø630 мм на вертикальні

висмикуючі навантаження, проведених при реконструкції стадіону «Металіст» в м. Харків [5].

Метою роботи є пошук методики для адекватного математичного моделювання взаємодії ґрунтового масиву з палями, що працюють на висмикуючі навантаження. Метою випробування є моделювання і числовий аналіз НДС системи «ґрунтова основа – палі» і порівняння з результатами натурних випробувань ґрунтів палею.

Відповідно до вихідних даних була створена аналогічна модель за допомогою програмного комплексу «Plaxis 3D Foundation» (версія 1.6) Моделювання напружено-деформованого стану ґрунту проводилося з використанням нелінійної моделі з критерієм міцності Мора-Кулона (М-К). Для конструкції палі використовувалася лінійно-пружна модель матеріалу. Масив ґрунту моделювався відповідно до основних фізико-механічних характеристик ґрунтової основи майданчику.

Поверхні контакту моделювались шляхом підбору величини коефіцієнта зниження міцності $R_{inter}=0,7\div 1,0$. В якості еталонної моделі розглядалась модель із коефіцієнтом $R_{inter}=0,7$, що узгоджується з коефіцієнтом умов роботи ґрунту за боковою поверхнею γ_{cf} бурин'єкційної палі великого діаметра у відповідних ґрунтах [6].

На рис. 2 приведена модель масиву ґрунту виконана відповідно до розрахункової схеми рис.3.

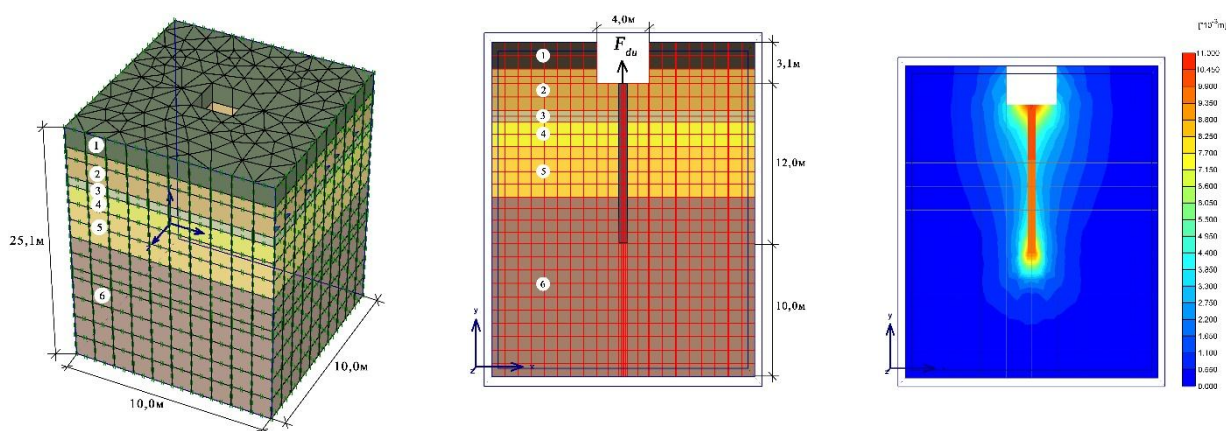


Рис. 2 Модель масиву ґрунту, її розріз та отримані переміщення

Формування напружено-деформованого стану системи «масив – палі» при дії висмикуючих навантажень складалося з наступних етапів (фаз):

Фаза 1 – навантаження розрахункової області власною вагою ґрунту і формування начального НДС ґрунтового масиву (*Initial phase*);

Фаза 2 – умовне моделювання котловану розмірами в плані 4,0×4,0м і глибиною 3,1м і моделювання палі Ø630 мм та $L=12$ м;

Фаза 3 – прикладання висмикуючого навантаження, $F_{du}=1020$ кН, що відповідає граничному висмикуючому навантаженню при натурних випробувань.

Після першої та другої фази переміщення ґрунту і палі обнулялися шляхом включення функції *Reset displacement to zero*.

З картини переміщень розрахункової моделі (рис. 2) видно, що в роботу включається ґрунт, що знаходиться під нижнім кінцем палі, перешкоджаючи розвитку переміщень і витягаючи слідом за палею. Область розвитку переміщень поширюється приблизно на 4,0 м нижче підшви палі. З метою виключення такого фактора моделювання масиву ґрунту нижче п'яти палі на глибину 4,0 м в межах її діаметру виконано у вигляді еластичного матеріалу (рис. 8) з деякими заниженими параметрами лінійно-пружної моделі матеріалу (Л-У): питома вага $\gamma=12,0$, кН/м^3 ; модуль пружності $E=1000,0$, кПа ; коефіцієнт Пуассона $\nu=0,499$, од. Матеріал моделювання з використанням інструмента *Massive circular pile* з коефіцієнтом зниження міцності в інтерфейсі, що дорівнює $R_{inter}=0,1$.

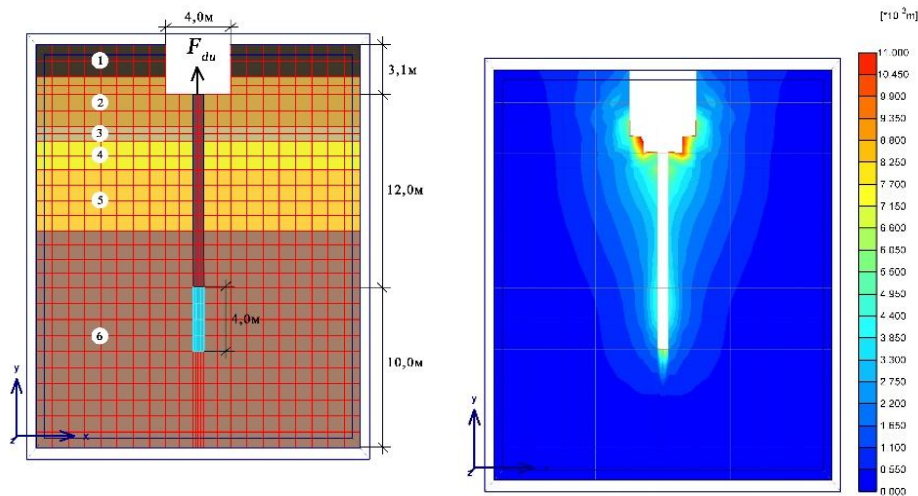


Рис. 3. Розріз масиву ґрунту з еластичним матеріалом під п'ятою палі та переміщення палі та ґрунту при $R_{inter}=0,7$

Такий прийом дозволив трохи знизити включення ґрунту під п'ятою палі, що більше відповідає реальному процесу деформування (рис. 4). На рис. 4 показані графіки залежності переміщення досліджуваної палі від висмикуючого навантаження, яке зіставлене з графіком при натурних випробуваннях.

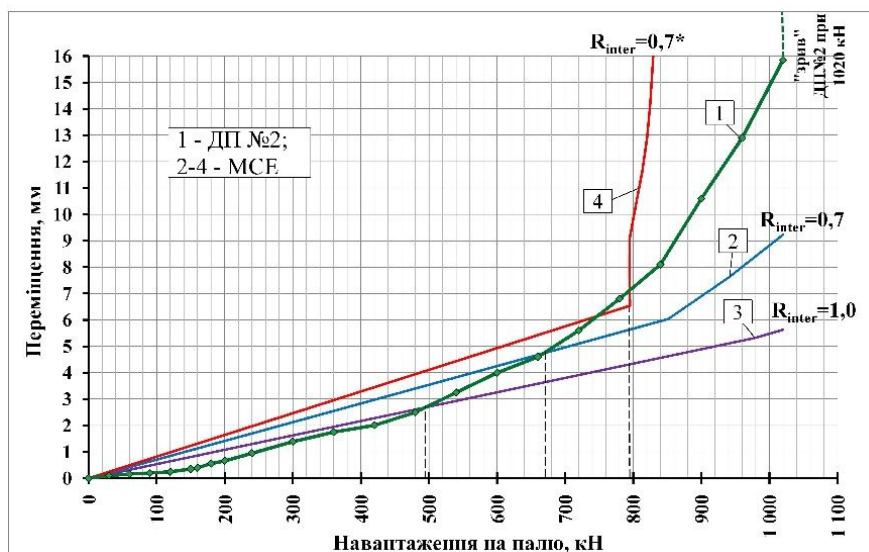


Рис. 4. Графіки залежності вертикального переміщення палі від висмикуючого навантаження F_{du} (ДП №2) та числового моделювання (Plaxis 3D)

У відповідності до ДСТУ [7] приватне значення граничного опору склало $F_u=960$ кН, тобто рівне навантаженню, прийнятої на одну ступінь менше від навантаження, що викликало безперервне збільшення переміщень палі - її зриву. Несуча здатність за результатами польових випробувань натурної палі на дію висмикуючих навантажень при цьому дорівнює $F_d=768$ кН, а розрахункове навантаження N на палю згідно з ДБН буде мати ще менше значення.

Висновки

1. Отриманні на основі численного рішення в ПК Plaxis залежності 2-4 переміщень від навантажень до 768 кН, що відповідає границі практично лінійної залежності переміщень від навантаження як при натурних випробуваннях, так і при моделюванні розглянутими методиками, є досить близькими до результатів, отриманих при натурних випробуваннях. Подальше завищення несучої здатності палі і лінійний характер залежності, можливо, пояснюється виникненням розтягуючих зусиль в ґрунті під п'ятою палі, що не відповідає реальному процесу деформування і обмежує розвиток переміщень (залежність 2,3).

2. Отримано за допомогою програмного комплексу «Plaxis 3D Foundation» числове рішення напружено-деформованого стану системи «ґрунтова основа - паля» з використанням моделі Мора-Кулона, результати якого показують можливість застосування «класичних» підходів моделювання для роботи паль на висмикуюче навантаження в межах навантажень, які перевищують значень несучої здатності F_d палі згідно з ДСТУ, отриманих на підставі польових випробувань.

Література:

1. Винников Ю.Л. Порівняння результатів математичного моделювання з лотковими випробуваннями набивних паль в пробитих свердловинах в складі стрічкового ростверку / Ю.Л. Винников, І.В. Мірошніченко // Вісник ПНІП. Будівництво та архітектура. - 2013. - № 1. - С. 45-56.
2. Седін В.Л. Застосування моделі ґрунту, що зміцнюється в числовому моделюванні паль великого діаметру / В.Л. Седін // Геотехніка. - 2014. - № 4. - С. 32-40.
3. Маєвська І.В. Числове моделювання роботи буроін'єкційної палі у піщаних ґрунтах / І.В. Маєвська, А.В. Романенко // Наук.-техн. Збірник «Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві». - 2011. №1. - С. 67-70.
4. Поліщук А.І. Оцінка несучої здатності паль в глинистих ґрунтах за допомогою ПК Plaxis 3D Foundation / А.І. Поліщук // Вісник ТГАСУ. -2013. - №3. - с.351 - 359.
5. Дослідження несучої здатності чотирьох паль вертикальної статичним навантаженням на майданчику будівництва стадіону «Металіст» у Харкові: звіт про НДР / ХГТУСА; Викон. .: Самородов А.В. - Харків, 2008. - 42 с.
6. Основи та фундаменти споруд. Зміна №1: ДБН В.2.1-10-2009. - [Чинний від 2011-07-01]. - К .: Мінрегіонбуд України, 2011. - 55 с.
7. Палі. Визначення несучої здатності за результатами польових випробувань: ДСТУ Б В.2.1-27: 2010. - [Чинний від 2011-07-01]. - К .: Мінрегіонбуд України, 2011. - 11 с.