

ПОРІВНЯННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАТУРНИХ ВИПРОБУВАНЬ ПАЛІ З РЕЗУЛЬТАТАМИ МОДЕЛЮВАННЯ В СЕРЕДОВИЩІ ПК «ЛІРА»

І.В. Маєвська, Н.В. Блашук

На сьогоднішній день існує велике різноманіття програмних комплексів для моделювання та розрахунку конструкцій будівель і споруд. Серед них ПК «ЛІРА», «SCAD», «Plaxis», «Z-Soil», «FEM models». Розрахунки, як правило, виконуються методом скінченних елементів шляхом дискретизації диференціальних рівнянь і побудови систем алгебраїчних рівнянь, порядок яких може бути до сотень тисяч.

Для моделювання ґрунтової основи в деяких програмних комплексах застосовується модель Вінклера або її модифікації, де за допомогою коефіцієнта жорсткості основи вирішується контактна задача, але при такому підході залишаються без уваги процеси деформування ґрунтової основи за межами зони навантаження, та на глибину. В такому випадку змоделювати роботу палі по боковій поверхні неможливо, оскільки паля моделюється одновузловим скінченим елементом кінцевої жорсткості. Таке моделювання використовують, для отримання якісної оцінки системи «основа-фундамент-будівля» [1], а також таке моделювання використовують при реальному проектуванні будівель і споруд. Для ефективного моделювання роботи палі необхідно застосовувати такі моделі, де ґрунт основи та тіло палі представлені у вигляді об'ємних елементів, що дає змогу оцінити роботу палі по боковій поверхні та навколо.

Для оцінки такого моделювання в даній роботі співставленні результати натурних випробувань забивних палі і результати моделювання в середовищі ПК «ЛІРА».

Для моделювання ґрунту були використані наступні типи скінчених елементів з бібліотеки ПК «ЛІРА»:

- тип 271 – фізично нелінійний об'ємний скінчений елемент ґрунту в формі паралелепіпеда;
- тип 276 – фізично нелінійний об'ємний 8-вузловий ізопараметричний скінчений елемент ґрунту;
- тип 273 – фізично нелінійний об'ємний скінчений елемент ґрунту в формі трьохгранної призми;
- тип 274 – фізично нелінійний об'ємний 6-вузловий ізопараметричний скінчений елемент ґрунту.

Для порівняння використовувались дані по статичним випробуванням забивних палі С12-35 [2,3] на двох будівельних майданчиках з різними геологічними умовами (табл. 1, 2).

Таблиця 1

Інженерно-геологічні умови I майданчику

№ ПЕ	Назва ґрунту	h, м	$E, \text{т/м}^2$	ν	$\rho_0, \text{т/м}^3$	k_e	$c, \text{т/м}^2$	$R_b, \text{т/м}^2$	$\varphi, \text{град}$
1	Суглинок лесовий твердий	1,8-1,9	2400	0,35	1,5	2,5	1,4	3,46	22
2	Супісок лесовий твердий	3,5-4	2100	0,30	1,4	2,5	1,1	2,86	21
3	Суглинок лесовий твердий	3,1-3,9	2200	0,35	1,6	2,5	1,8	4,94	20
4	Супісок лесовий твердий	2,1-2,7	1500	0,30	1,62	2,5	1,4	3,64	21
5	Суглинок лесовий твердий	1,2-1,4	2200	0,35	1,76	2,5	2,5	5,88	23
6	Суглинок низькопористий твердий	3,9-4,9	2100	0,35	1,91	2	3,5	8,66	22
7	Глина червонобура тверда	розвід. 3	2100	0,42	1,96	2,5	5,4	15,68	19

Інженерно-геологічні умови II майданчику

№ ПЕ	Назва ґрунту	h, м	E_s , т/м ²	ν	ρ_0 , т/м ³	k_e	c, т/м ²	R_b , т/м ²	ϕ , град
1	Насипний ґрунт	0,8-1,2	-	-	-	-	-	-	-
2	Суглинок бурий напівтвердий	1,0-1,3	-	-	1,68	-	-	-	-
3	Суглинок жовтий тугопластичний	2,0-2,3	1100	0,35	1,78	2,5	1,4	2,53	29
4	Суглинок світло-бурий тугопластичний	2,8-3,2	1200	0,35	1,85	2	2,2	5,44	22
5	Суглинок жовто-бурий тугопластичний	5,5-6,0	1700	0,35	1,89	2	2,4	4,92	26
6	Елювій граніта структурного, глинистий каолін	розвід. 7	2800	0,39	1,94	2,5	5,2	19,4	15

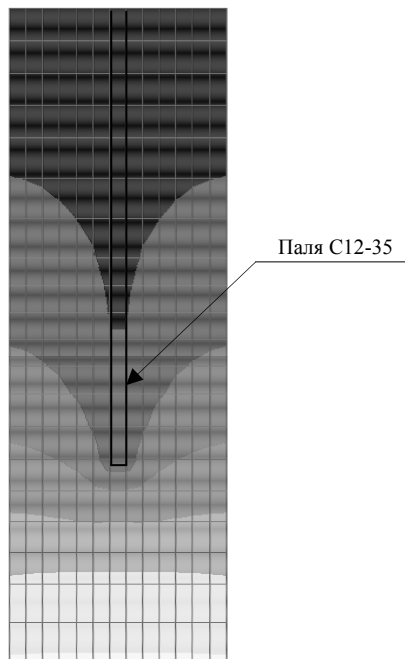


Рис. 1. Ізополя осідання палі при навантаженні 190 т (I майданчик)

Ізополя переміщень для I майданчика при максимальному значенні навантаження зображено на рис. 1. По даним значенням було побудовано графіки залежностей осідання-навантаження, які зображено на рис. 2.

Як видно з рис.2, експериментальні дані і дані модельного експерименту різняться, але достатньо близькі. Залежність навантаження – осідання в такому моделюванні носить лінійний характер. Несуча здатність палі з результатів моделювання виявляється заниженою, що йде в запас надійності.

Опір по боковій поверхні палі (I майданчик) за теоретичними розрахунками склав 650 кН, за результатами моделювання в середовищі ПК «ЛИРА» – 770 кН; для іншої палі (II майданчик) 410 кН та 500 кН відповідно.

Жорсткість об'ємних елементів ґрунту задано наступними характеристиками: модуль деформації ґрунту по гілці первинного завантаження – E , т/м²; коефіцієнт Пуассона – ν ; щільність ґрунту в природному стані – ρ_0 , т/м³; коефіцієнт переходу до модуля деформації ґрунту по гілці вторинного завантаження – k_e ; граничне напруження – R_b , т/м²; питоме зчеплення частинок ґрунту – c , т/м²; кут внутрішнього тертя – ϕ , град.

Масив ґрунту було прийнято наступних розмірів: по висоті – сума довжини палі і товщі, що стискається під її нижнім кінцем; в поперечному напрямку – по $6d$ з кожної сторони палі. Вузли в основі масиву закріпленні жорстко. Тіло палі було змодельовано універсальним скінченим елементом в формі паралелепіпеда (тип 39 – універсальний просторовий 8-вузловий ізопараметричний скінчений елемент) з характеристиками жорсткості як для залізобетонного елемента.

В результаті моделювання було отримано значення переміщення палі по осі Z при різних ступенях навантаження.

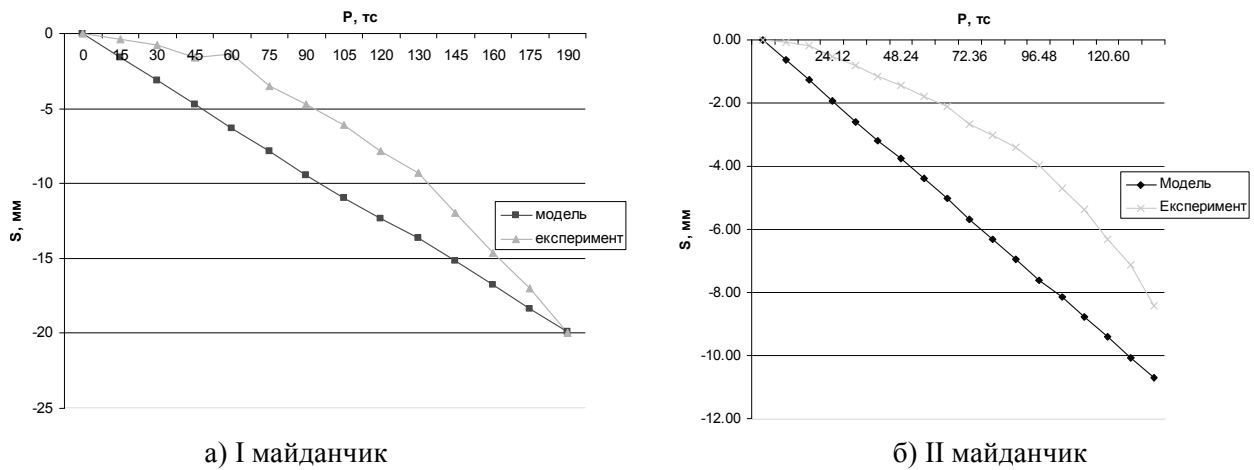


Рис. 2. Графік залежності осідання – навантаження палі С12-35 за даними статичних випробувань та моделювання в середовищі ПК «ЛИРА»

Висновки

- Результати розрахунків показали, що моделювання в середовищі ПК «ЛИРА» дозволяє одержати прийнятні результати для проектування пальових фундаментів. Таке моделювання може бути використане для наукових досліджень щодо впливу різних факторів на роботу пальового фундаменту.

Список літератури

1. Ковальський Р.К. Дослідження роботи ґрунту під низьким ростверком пальового фундаменту / Р.К. Ковальський // Світ геотехніки. – 2007. – №1. – С.17–21.
2. Свайные фундаменты : СНиП 2.02.03-85. – [Введен в действие с 1-01-1987]. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1986. – 48 с.
3. ПК ЛИРА, версія 9.0. Программный комплекс для расчета и проектирования конструкций. Справочно-теоретическое пособие. / [Под ред. А.С. Городецкого]. – К. – М. 2003. – 464 с. : ил. – ISBN 966-664-084-8.
4. ПК ЛИРА, версія 9.0. Программный комплекс для расчета и проектирования конструкций. Справочно-теоретическое пособие под ред. Академіка АИН України А.С. Городецкого. К. – М. : 2003. – 493 с.: ил.

Маєвська Ірина Вікторівна – к.т.н., доцент кафедри промислового та цивільного будівництва Вінницького національного технічного університету.

Блащук Наталя Вікторівна – аспірант Вінницького національного технічного університету.