

ОСОБЛИВОСТІ ВИЗНАЧЕННЯ КУЩОВОГО ЕФЕКТУ ПАЛЬ ПРИ ДІЇ ГОРИЗОНТАЛЬНИХ НАВАНТАЖЕНЬ

Ковальський Р.К., Карпенко Д.А.

ДП «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій»
м. Київ, Україна

АНОТАЦІЯ: В статті приведено результати визначення кущового ефекту палей при дії горизонтальних навантажень за допомогою математичного моделювання з використанням програмних комплексів PLAXIS та Lira-Windows.

АННОТАЦИЯ: В статье приведены результаты определения кустового эффекта свай при действии горизонтальных нагрузок с помощью математического моделирования с использованием программных комплексов PLAXIS и Lira-Windows.

ABSTRACT: In the article the results over of determination of bush effect of piles at the action of the horizontal loading by means of mathematical design with the use of programmatic complexes of PLAXIS and Lira-Windows are presented.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: Палі, кущовий ефект, горизонтальні навантаження, польові випробування.

ВСТУП

Визначення кущового ефекту при дії горизонтальних навантажень на палеві фундаменти не представлено в сучасних нормативних документах України. Хоча згідно вимог нормативного документу [1] врахування кущового ефекту обов'язкове. Тому визначення величини кущового ефекту при дії на палі горизонтальних навантажень є актуальним питанням.

Мета статті - розробити методику щодо визначення величини кущового ефекту при дії на палі горизонтальних навантажень та верифікації математичних моделей з використанням даних польових випробувань.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЯГНЕНЬ ТА ПУБЛІКАЦІЙ

В останній редакції нормативного документу, що регламентує розрахунки пальових фундаментів [1] відсутні будь-які вказівки щодо розрахунків кущового ефекту паль при дії горизонтальних навантажень. Хоча в попередньому нормативному документі такі вказівки були [2]. Була приведена емпірична формула, яка в основному залежала від геометричних параметрів пальового фундаменту – діаметру паль та відстані між палями у фундаменті. В закордонних працях кущовий ефект прив'язують до кроку паль та кількості рядів [3]. Таким чином величину кущового ефекту також визначають з врахуванням лише геометрії пальового фундаменту без врахування інженерно-геологічної будови.

ВИЗНАЧЕННЯ КУЩОВОГО ЕФЕКТУ ПАЛЬОВОГО ФУНДАМЕНТУ ПРИ ДІЇ ГОРИЗОНТАЛЬНИХ НАВАНТАЖЕНЬ ЗА ДОПОМОГОЮ ПРОГРАМНИХ КОМПЛЕКСІВ PLAXIS TA LIRA-WINDOWS

Для визначення кущового ефекту пальового фундаменту при дії горизонтальних навантажень використаємо інженерно-геологічну будову, яка була визначена в безпосередній близькості біля дослідного куща (проведено випробування двох паль, голови яких об'єднанні монолітним залізобетонним ростверком).

Інженерно-геологічна будова була визначена безпосередньо біля випробуваного куща за результатами статичного зондування. Посадка дослідної палі на інженерно-геологічний розріз зображена на рис. 1.

Рівень підземних вод на абсолютній відмітці від рівня землі - 110,49 м (відносна відмітка - 3,5 м). У табл. 1 представлено величини фізико-механічних характеристик ґрунтів ПГЕ, виділених при виконанні статичного зондування.

Геометричні розміри дослідного куща представлено на рис. 2.

Кущовий ефект визначався для пальового фундаменту, геометричні розміри якого представлено на рис. 3. З врахуванням вище приведеного при розрахунках було розглянуто дві розрахункові моделі:

- перша розрахункова модель - просторова модель пальового куща з 2-х паль (рис. 2);

- друга розрахункова модель - просторова модель пальового куща з 76-ти паль (рис. 3).

Кущовий ефект досліджувався при середніх навантаженнях на палях рівним 800 кН, таким чином для 1-ї розрахункової моделі в рівні ростверку прикладалась сила - 1600 кН, для 2-ї розрахункової моделі - 3200 кН (в поперечному напрямку для одного ряду з чотирьох паль).

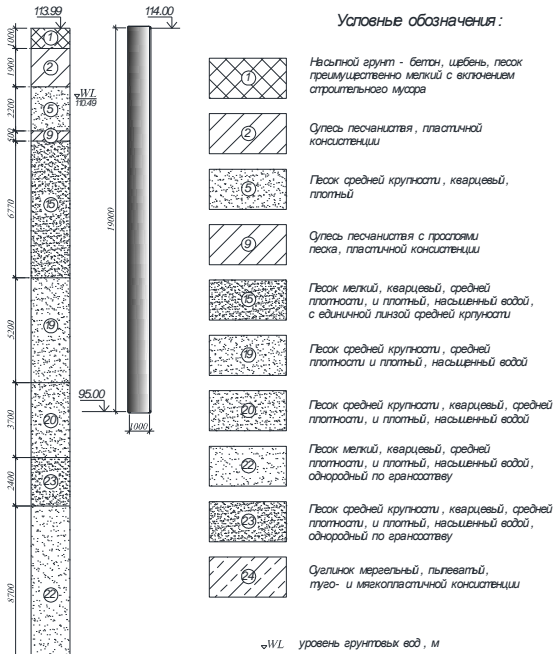


Рис. 1. Посадка випробувальної палі на інженерно-геологічний розріз

Таблиця 1

Фізико-механічні характеристики ґрунтів інженерно-геологічних елементів

ІГЕ	Коефіцієнт пористості, e	Показник текучості, I_L	$\alpha = 0,85$			E , кПа
			γ_p , кН/м ³	Φ_p , град	c_p , кПа	
1	0,49	-	18,3	26	4,0	28000
2	0,44	0,60	20,4	25	15,0	18000
5	0,46	-	20,0	36	5,0	34000
9	0,49	0,40	20,3	22	18,0	15000
15	0,56	-	19,9	32	3,0	30000
19	0,55	-	20,1	35	3,0	35000
20	0,53	-	20,3	35	3,0	40000
23	0,55	-	20,3	35	3,0	40000
22	0,55	-	20,2	33	4,0	33000
24	0,75	0,31...0,72	19,4	23	38,0	25000

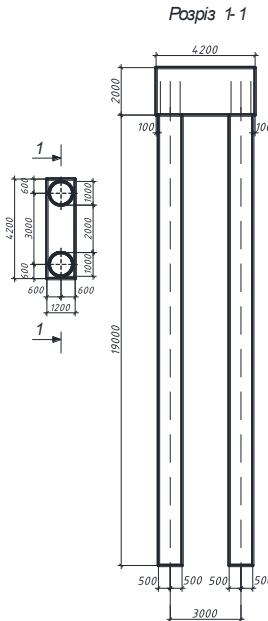


Рис. 2. Геометричні розміри пального куца із 2-х палів (перша розрахункова модель)

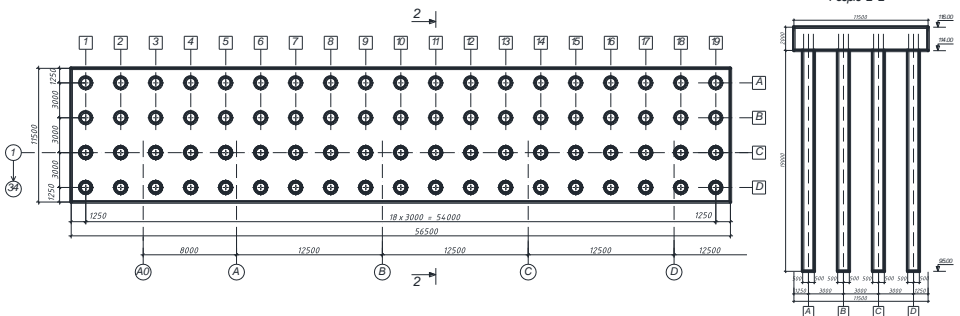


Рис. 3. Геометричні розміри пального ростверку із 76-ти палів (друга розрахункова модель)

Для розрахункових моделей використано наступні вихідні дані. Характеристики палів: діаметр палів - 1,0 м; довжина палів 19 м; глибина занурення палів від рівня землі - 19 м; абсолютна відмітка поверхні ґрунту біля палів - 113,99 м; абсолютна відмітка прикладення горизонтальної сили - 116,00 м; абсолютна відмітка низу палів - 95,00 м; палі бурин'єкційні - клас бетону С25/30 (В30). Залізобетонні конструкції палів моделюються лінійно-пружним непористим матеріалом. Розрахункові характеристики

матеріалу палів: питома вага бетону - 25 кН/м^3 , модуль деформації - $2,8 \times 10^7 \text{ кН/м}^2$, коефіцієнт Пуассона - $0,2$. Розрахункові характеристики матеріалу ростверку: питома вага бетону - 25 кН/м^3 , модуль деформації - $3,0 \times 10^7 \text{ кН/м}^2$, коефіцієнт Пуассона - $0,2$.

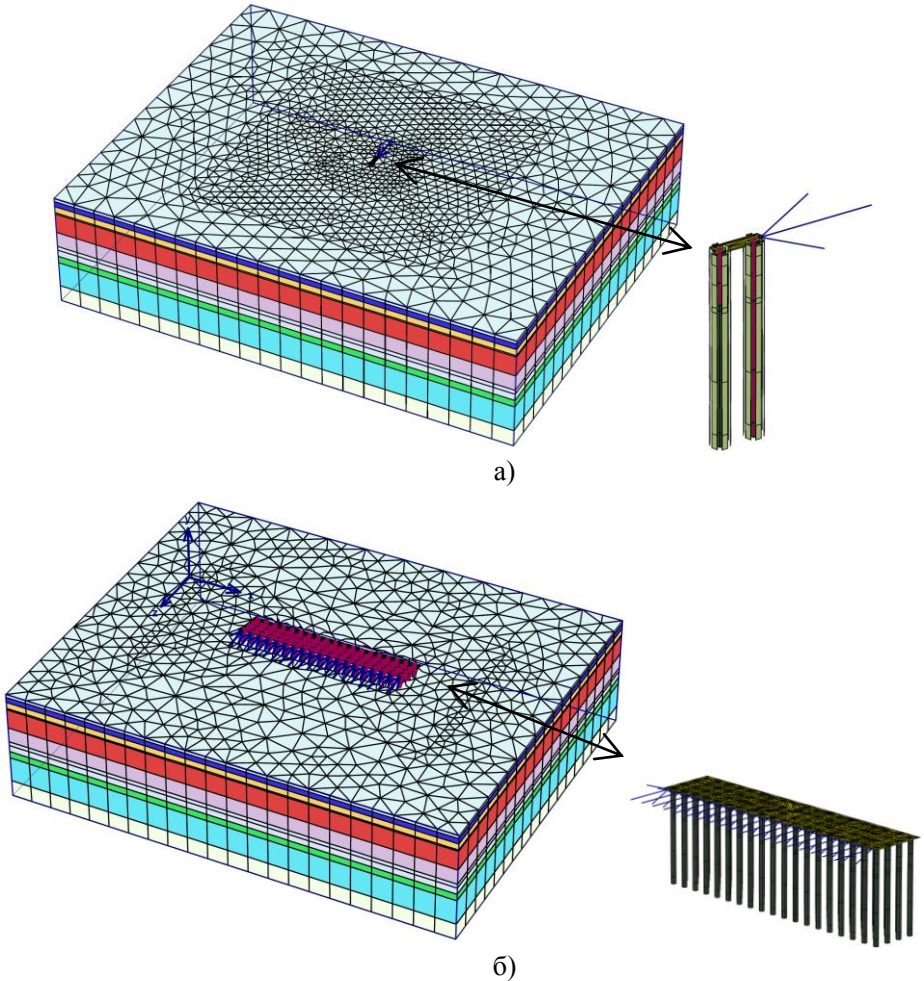


Рис. 4. Розрахункові моделі, виконані в програмному комплексі PLAXIS:
а) для 2 палів; б) для 76 палів

Розрахунок виконувався в три етапи. На першому етапі формується природний напружений стан основи з прикладанням до вузлів скінченно-елементної схеми навантажень від власної ваги ґрунту і початкові умови від генерування тиску води. На другому етапі в розрахункову схему

вводяться кінцеві елементи паль, на третьому - вводяться плоскі елементи ростверку і прикладається зовнішнє горизонтально-зосереджене навантаження. Щоб виключити вплив граничних умов на отримуваний результат, розміри геометричної моделі збільшені на 19 м нижче п'яти паль і на 45 м від паль в горизонтальному напрямку. Граничні умови в нижній частині моделі представлено у вигляді суцільного защемлення, а вертикальні стінки - у вигляді шарнірно-рухомих опор.

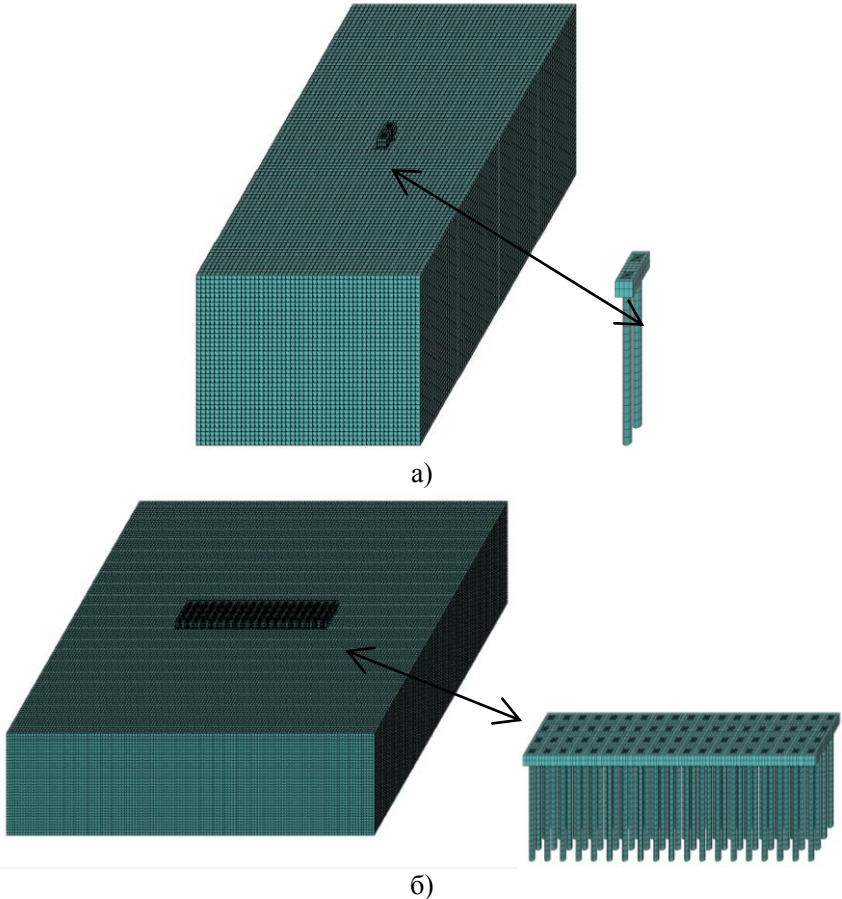


Рис. 5. Розрахункові моделі виконані в програмному комплексі Lira-Windows: а) для 2 паль; б) для 76 паль

Розрахункові математичні моделі, що виконано в програмних комплексах PLAXIS та Lira-Windows представлено на рис. 4 та 5 відповідно.

Перша розрахункова модель використовується для верифікації прийнятої математичної моделі системи «основа – пальовий фундамент».

Горизонтальні переміщення паль в рівні поверхні землі за результатами випробування та за результатами розрахунків при навантаженні на кожну палю 800 кН приведено в табл. 2

Таблиця 2

Величина горизонтальних переміщень паль в рівні поверхні землі

За даними результатів випробувань, мм	За даними розрахунків по PLAXIS	За даними розрахунків по Lira-Windows	Примітка
15,0	19,0	19,5	розходження результатів PLAXIS 27,7%; Lira-Windows 30,0%

Розходження між дослідними даними та розрахунковими можна пояснити тим, що в розрахунок прийняті характеристики ґрунту із забезпеченістю 0,85, таким чином отримана розбіжність результатів є прийнятною. Кушовий ефект визначається, як переміщення в контрольній точці для пального фундаменту із 76 паль до переміщення пального фундаменту із 2 паль. Величина кушового ефекту приведена в табл. 3.

Таблиця 3

Величина кушового ефекту

Розрахунковий комплекс	Горизонтальні переміщення для фундаменту із 2 паль	Горизонтальні переміщення для фундаменту із 76 паль	Величина кушового ефекту
PLAXIS	19,0	72,0	3,79
Lira-Windows	19,5	79,7	4,08

Як видно з табл. 3, при збільшенні кількості паль величина переміщення пального фундаменту збільшується, тобто проявляється кушовий ефект, який обов'язково необхідно враховувати при розв'язанні системи «основа – фундамент - надфундаментна конструкція». Особливо актуальне дане питання у випадках, коли вирішується контактна задача для будівель та споруд із значними горизонтальними навантаженнями.

ЛІТЕРАТУРА

- 1 Основи та фундаменти споруд: ДБН В.2.1-10-2009. Зміна №1 / Мінрегіон України. - К.: ДП «Укрархбудінформ», 2011.
- 2 Свайные фундаменты: СНиП 2.02.03-85 / Госстрой России. – М.: ГУП ЦПП, 2002. – 48 с.
- 3 AASHTOLRED Bridge Desing Specification.

Стаття надійшла до редакції 25.09.2013 р.