



УДК 624.154.1

М. О. Гембарська, Науково-дослідний інститут підземного і спеціального будівництва

ІМІТАЦІЙНІ ВИПРОБУВАННЯ БУРОНАБИВНИХ ПАЛЬ З ВИКОРИСТАННЯМ КІНЦЕВОЕЛЕМЕНТНИХ МОДЕЛЕЙ

АНОТАЦІЯ. У статті досліджено відповідність результатів імітаційного моделювання палей з застосуванням кінцевих елементів до даних натурних випробувань, отриманих згідно діючих норм. Розглянуто доцільність використання імітаційного моделювання для оцінки значень фізико-механічних властивостей ґрунту, отриманих під час геологічних вишукувань.

АННОТАЦИЯ. В статье исследовано соответствие результатов имитационного моделирования свай с использованием конечных элементов к данным натурных испытаний, полученных в соответствии действующих норм. Рассмотрено целесообразность использования имитационного моделирования для оценки физико-механических свойств грунта, полученных во время геологических изысканий.

ANNOTATION. Accordance between pile imitation design with the use of finite element computer program and results of real model tests was described in this article. Possibility of use the imitation design for verifications of physical and mechanical soil properties was also shown.

Формулювання проблеми. Згідно діючих будівельних норм кількість палей, що піддаються натурним статичним випробуванням має складати до 0,5% від загальної кількості на даному об'єкті, але не менше 2 шт. Однак часто, в зв'язку з тим, що в межах одного будівельного майданчика геологічні умови значно різняться, постає необхідність проведення додаткових натурних випробувань для оцінки роботи палей та уточнення геології. Це призводить до наднормових витрат. Виникає потреба заміни натурних випробувань імітаційними.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Метод польових випробувань палями регламентується відповідними чинними нормами [1]. Однак, окрім натурних випробувань є необхідність проведення численного моделювання. Цю проблему досліджують Клованич С.Ф., Парамонов В.Н. В своїх працях вони описують кінцевоелементне моделювання в нелінійних задачах геомеханіки [2, 3]. Визначені логіко-математичні моделі можна числено реалізувати за допомогою сучасних програм на ЕОМ. Посібник до програми PLAXIS 3D описує, як цього досягти в зазначеній програмі [4].

Формулювання мети статті. Метою проведеного дослідження є співставлення результатів натурних статичних випробувань з результатами імітаційного моделювання, що виконується з застосуванням кореляційного аналізу. Спираючись на отримані дані необхідно визначити доцільність використання імітаційного моделювання для оцінки достовірності механічних та деформаційних характеристик ґрунту, які визначаються при інженерно-геологічних вишукуваннях, а також оцінки осідань палей в тих точках майданчика, де не було виконано статичних випробувань.

Викладення основного матеріалу. В 2011 р. проводилося обстеження будівлі одного з банків з метою визначення її технічного стану. Геологічні вишукування на об'єкті проводились в 1992 та 2001 рр. Відповідно до даних двох наявних звітів про інженерні вишукування ділянка знаходиться в межах лівого берегу долини р. Либідь. Розвідана товща ґрунтів, що становить 16 м, представлена насипними ґрунтами, верхньочетвертинними алювіальними відкладами, які складаються з пісків, супісків, суглинків і палеогенових спондилових глин. Ґрунтові води знаходяться на глибині 2,2-3,5 м. При цьому слід зазначити, що надані геологічні розрізи та значення фізико-механічних властивостей ґрунту в представлених звітах різняться (рисунок 1). Основна відмінність геології 2001 р. порівняно з даними 1992 р. полягала в виділенні над спондиловою глиною шару «наглинку»; окрім цього є різниця між значеннями модулів деформації різних шарів ґрунту, що

коливається в межах 20-27%, відрізняються також і міцнісні характеристики: кут внутрішнього тертя та зчеплення.

При вирішенні проблеми визначення достовірності тієї чи іншої інженерно-геологічної моделі в розпорядженні дослідника були результати статичних випробувань двох буронабивних паль діаметром 630 мм (рисунк 2), одержані у відповідності з чинними нормами [1]. Базуючись на цих даних прийнято рішення використати метод імітаційного випробування паль з метою визначення, яка з наявних геологій більш точно відповідає фактичним ґрунтовим умовам майданчика.

В якості логіко-математичного опису об'єкту використано модель у вигляді кінцевих елементів масиву ґрунту та палі. Дана модель найбільш точно відповідає системі «буроін'єкційна паля – основа» [2, 3]. При цьому для ґрунтового середовища, що оточує палю, прийнято механічну модель Кулона-Мора, а для тіла палі - модель жорсткого тіла, що знаходиться в товщі ґрунта.

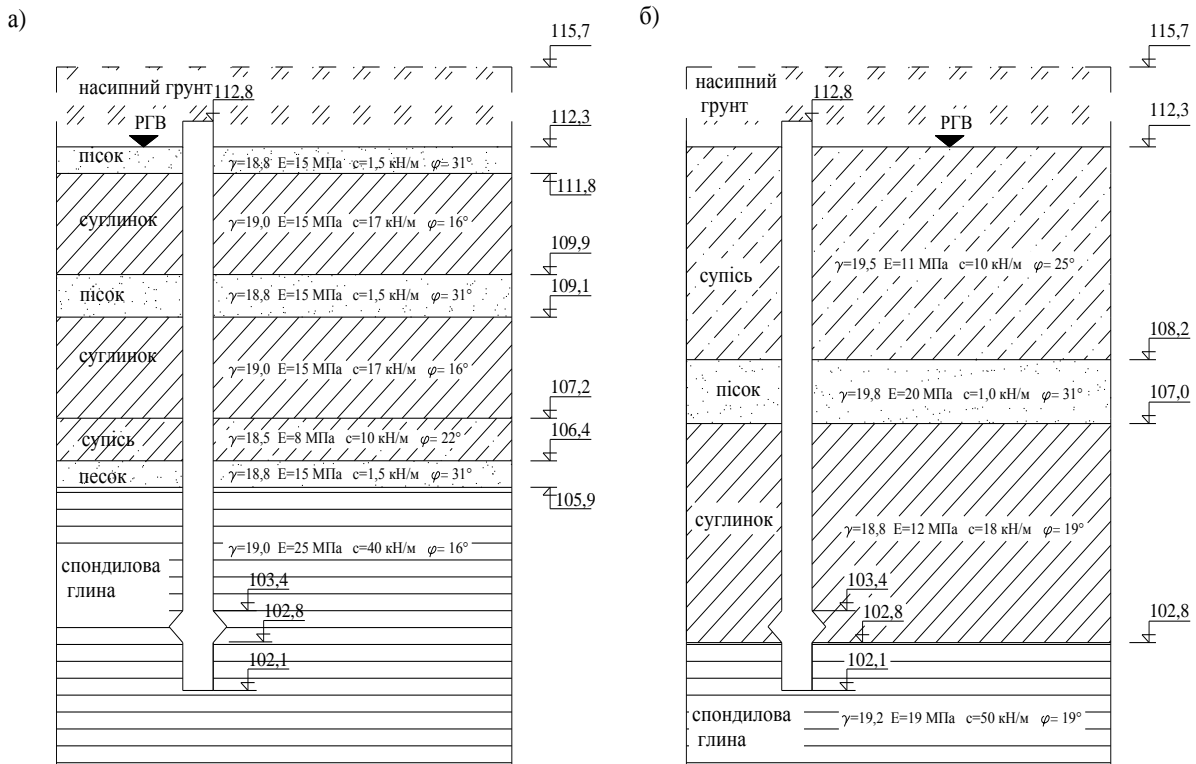


Рисунок 1. Геологія ділянки за даними геологічних вишукувань: а) 1992 р., б) 2001 р.

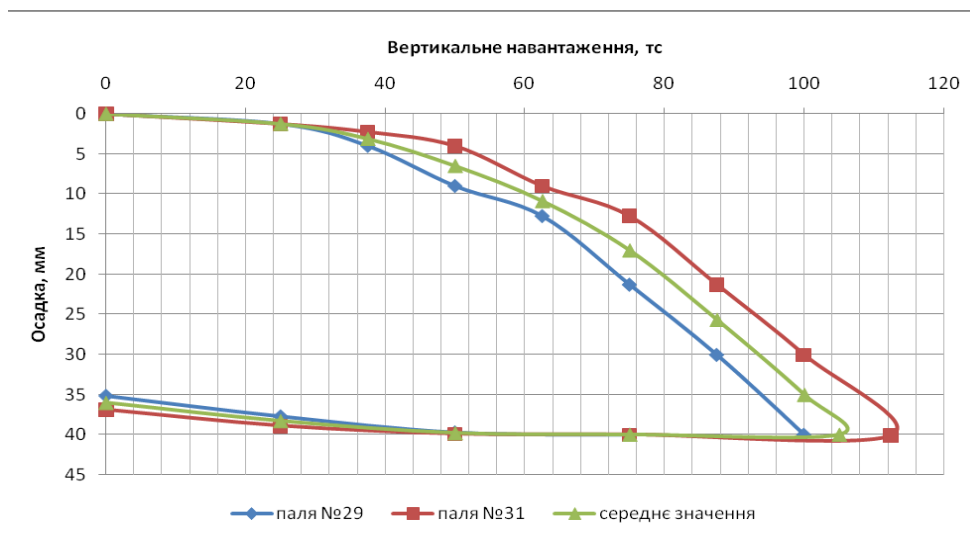


Рисунок 2. Результати статичних випробувань паль.



Для чисельної реалізації визначеної імітаційної моделі використано програму Plaxis 3D Foundation. При обчисленні задавався ґрунтовий масив з розмірами 18x18x20 м (axbхh), паля в модель вводилась за допомогою команди Massive circular pile [4]. В програмі проведено серію розрахунків типу «навантаження-осадка» в діапазоні навантажень до 112,5 тс; при цьому навантаження на палю прикладалося ступінчасто з тими ж величинами ступенів, що й при натурних статичних випробуваннях.

Певну складність при моделюванні являв собою спосіб задання розширення стовбура палі, оскільки реальна буронабивна палія, що є прототипом моделі, має розширення стовбура до 1200 мм, утворене механічним розбурюванням. В моделі воно було приведено до вигляду циліндра діаметром 1000 мм (рисунок 3). Прийняте значення приведенного діаметра визначено в ході розрахунків.

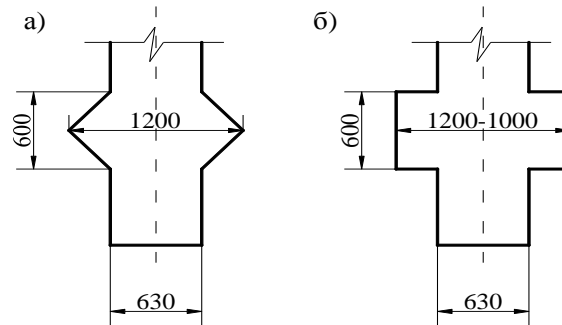


Рисунок 3. Розширення стовбура палі: а) реальне, б) приведенне.

В зв'язку з неточністю геології розрахунок проводився по трьом варіантам: I) завдання геологічного розрізу і фізико-механічних властивостей ґрунтів за даними вишукувань 2001 р.; II) завдання геологічного розрізу і фізико-механічних властивостей ґрунтів за даними вишукувань 1992 р.; III) завдання геологічного розрізу за даними вишукувань 1992 р., а фізико-механічних властивостей ґрунтів за даними 2001 р.

За визначеними даними для палі побудовано графіки залежності «навантаження-осадка» (рисунок 4).

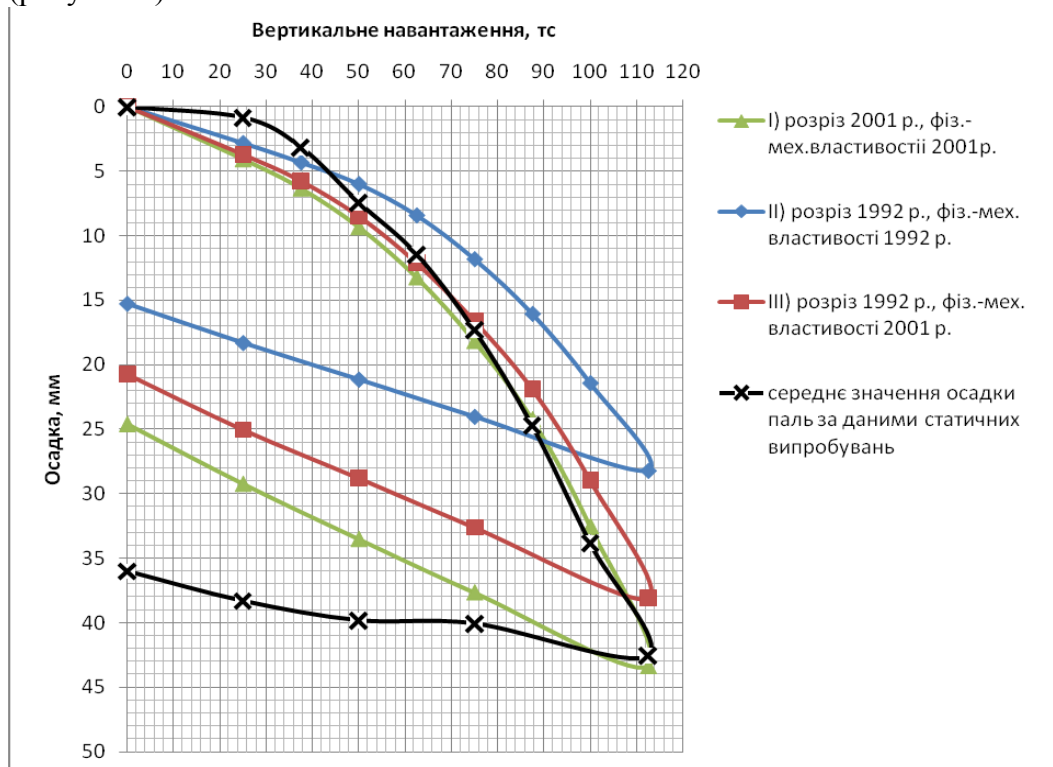


Рисунок 4. Значення осадки палі в залежності від ґрунтових умов.

Співставлення результатів натурних випробувань з результатами імітаційного моделювання виконано з застосуванням кореляційного аналізу. Найкращий показник кореляції $R=0,79$ відповідає першому варіанту задачі, для другого й третього варіантів він становить $R=0,67$ і $R=0,75$ відповідно.

Таким чином, імітаційне моделювання показало, що геологічний розріз 2001 р. більш достовірно відображає реальні умови майданчика.

Висновки:

1) Імітаційне моделювання з застосуванням кінцевих елементів та механічних моделей ґрунту та залізобетонних конструкцій дає придатні для практичного використання значення показників жорсткості буронабивних паль в діапазоні навантажень, що звичайно застосовуються при випробуванні паль згідно діючих норм;

2) Для оцінки достовірності отриманих даних імітаційного моделювання шляхом співставлення з натурними випробуваннями доцільно використовувати методи кореляційного аналізу;

3) При моделюванні уширення стовбуру палі його доцільно приводити до вигляду циліндра, діаметр якого може бути меншим діаметра проектного уширення, і його слід визначати експериментально при розрахунку, спираючись на дані натурних випробувань;

4) Імітаційне моделювання доцільно використовувати для оцінки достовірності механічних та деформаційних характеристик ґрунту, які визначаються при інженерно-геологічних вишукуваннях, а також оцінки осідань паль в тих точках майданчика, де не було виконано статичних випробувань.

Література

1. ДСТУ Б В.2.1-1-95 Основи та підвалини будинків і споруд. Ґрунти. Метод польових випробувань палями. – Чинний від 01.01.1995 - К.: Державний комітет будівництва і архітектури України, 1994. – 61 с.
2. Клованич С.Ф. Метод конечных элементов в нелинейных задачах инженерной механики / С.Ф. Клованич // Бібліотека журналу «Світ геотехніки», 9-й випуск. – З.: ООО «ИПО «Запорожье», 2009. – 400 с.
3. Парамонов В.Н. Конечноэлементное моделирование нестационарных задач геомеханики / В.Н. Парамонов, Н.И. Стеглянникова // Актуальные вопросы геотехники при решении сложных задач нового строительства и реконструкции: сб. тр. науч.-техн. конф. / Санкт-Петербургский госуд. архит.-строит. ун-т. – СПб., 2010. – С. 218 – 223.
4. Plaxis 3D Material model manual, 2001. – 110с.