

УДК 539.3

Є.О.Гоцуляк, д-р техн. наук  
А.М. Шельменко, аспірант

## РОЗРАХУНОК ОДИНИЧНОЇ ПАЛІ З УРАХУВАННЯМ НЕЛІНІЙНОЇ ЗАЛЕЖНОСТІ ЖОРСТКІСНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ОСНОВИ

Виконано розрахунок палі з використанням скінченно-елементного програмного комплексу у двох постановках – за класичною теорією та з урахуванням залежності жорсткісних параметрів ґрунтового середовища від його напруженого стану. Результати приведеного розрахунку порівняні з експериментальними та теоретичними даними, що опубліковані в літературі.

Будівництво споруд ведеться в основному на паливних фундаментах. При розрахунку осідання паливних фундаментів за методикою СНиП, як правило, отримують результати, які виходять за межі допустимих. Але на практиці не спостерігається таких великих вертикальних переміщень споруд. Для прикладу розглянемо готову монолітну залізобетонну будівлю, побудовану в м. Києві, що має суцільний плитний ростверк розташований на буронабивних палиях довжиною 20 м та діаметром поперечного перерізу 600 мм. Для цього будинку виконаний теоретичний розрахунок осідання фундаменту за СНиП 2.02.03-85 та СНиП 2.02.01-83\* методом лінійно-деформівного шару. В результаті отримано значення осідання, що становить 9 см. Відповідно до Додатку №4 СНиП 2.02.01-83\*, максимально допустима осадка житлових багатоповерхових будівель складає  $s_{\max, u} = 8$  см, тобто розрахункове значення перевищує максимально допустиме і унеможливило будівництво будинку в такій конфігурації. Проте, за півтора роки спостережень за станом будівлі її осадка склала 3 см. Є багато інших випадків, коли осідання будівель має аналогічний характер, а за розрахунком осадка сягає 30 см!

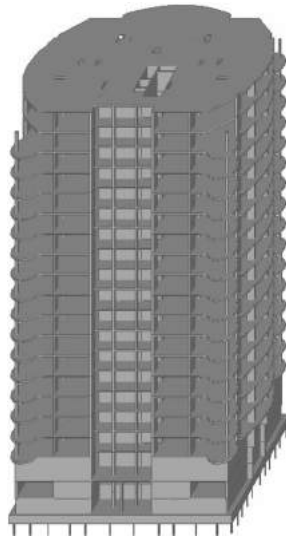


Рис.1

На наш погляд, така відмінність теоретичних і експериментальних результатів викликана тим, що в методиці розрахунку за СНиП не враховуються залежності жорсткісних характеристик ґрунту, тоді як при розрахунку шпунтових паль на горизонтальні навантаження використовується лінійна залежність параметрів жорсткості від глибини його залягання.

В наш час для розрахунку фундаментів використовують програмний комплекс PLAXIS 3D Foundation, який базується на скінченно-елементній дискретизації ґрунта в тривимірній постановці з урахуванням пружно-пластичної моделі Кулона-Мора (рис. 2). Дана теорія міцності враховує міцність ґрунтів на зсув. Для цього в програмі використовуються такі коефіцієнти як кут внутрішнього тертя та питоме зчеплення ґрунту. Даний програмний комплекс дозволяє розраховувати плитні та пальові фундаменти з поетапним навантаженням та зміною розрахункової схеми.

Співробітники Московського державного будівельного університету Знаменський, Рузаєв та Полинков виконали розрахунки палі за допомогою цього програмного комплексу і порівняли отримані результати з результатами натурних випробувань. Вони використали 9-тиметрову забивну палю перерізом 0,35x0,35 м (рис. 3), яку випробовували в глинистому ґрунті (табл. 1).

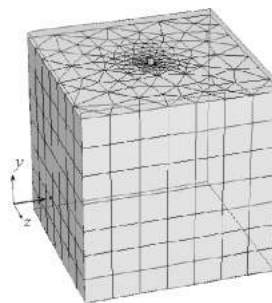


Рис. 2

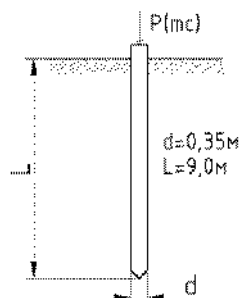


Рис. 3

Таблиця 1

Характеристика (позначення)	Величина
Модуль деформації $E_{ref}$ , кН/м <sup>2</sup>	22000
Коефіцієнт Пуасона $\nu$	0,35
Зчеплення ґрунту $c_{ref}$ , кН/м <sup>2</sup>	40
Кут внутрішнього тертя $\phi$	25
Кут делатансії $\psi$	0,1
Об'ємна вага ґрунту в природньому стані $\gamma_{sat}$ , кН/м <sup>3</sup>	18
Об'ємна вага ґрунту в сухому стані $\gamma_{unsat}$ , кН/м <sup>3</sup>	15
Коефіцієнт фільтрації $k_x=k_y$ , м/добу	0,001

Отримані результати наведені на графіку (рис. 4), з якого видно, що значення несучої здатності палі мають достатню збіжність. Але з графіка також видно, що експериментальні значення осідання палі в 2-3 рази менші від теоретичного розрахунку при лінійній стадії роботи палі. Тобто, як і у випадку розрахунку за СНиП, так і у них є значна різниця в осадках, отриманих при розрахунках та експерименті.

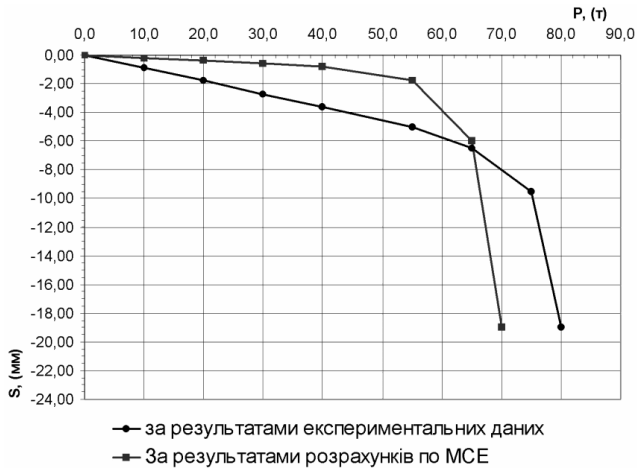


Рис.4 Графік залежності переміщень від навантаження (виконаний в МГСУ)

Нами запропоновано враховувати залежність жорсткісних параметрів ґрунтового середовища від його напруженого стану. Тому було виконано розрахунок аналогічної палі в ґрунті, модуль деформації якого зростає пропорційно вертикальному напруженню від власної ваги ґрунту за допомогою програмного комплексу PLAXIS 3D Foundation, оскільки в даній програмі реалізована можливість задання такого модуля деформації, який змінюється з глибиною.

На рис. 5 наведено графік залежності деформації від навантаження палі при постійному та змінному модулі деформації. Як бачимо, значення переміщення на лінійній ділянці роботи палі при змінному модулі деформації в середньому в 2,5 рази менші ніж при сталому модулі деформації і наближаються до результатів натурних випробувань.

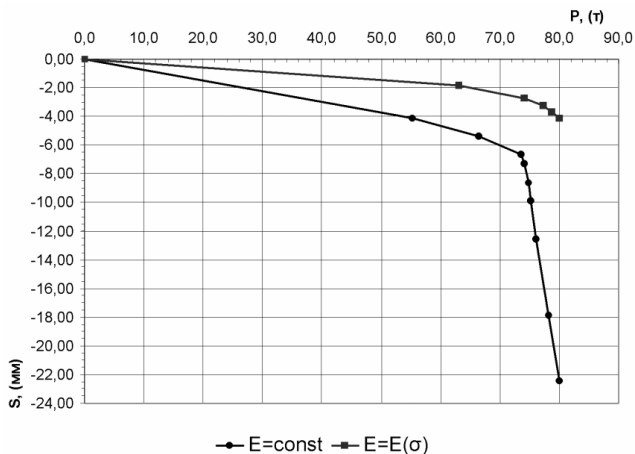


Рис. 5. Графік залежності переміщень від навантаження (виконаний в МГСУ)

Проаналізувавши результати приведених розрахунків в пружній стадії роботи фундаменту, бачимо, що у всіх випадках результати теоретичних розрахунків, виконаних за існуючою методикою, відрізняються від експериментальних в декілька разів. Причиною цієї різниці може бути неврахування зміни модуля деформації ґрунту від глибини його залягання. Відомо, що в практиці геологічних досліджень модуль деформації подається сталою величиною, але з наших розрахунків видно, що при використанні змінного модуля деформації отримуються значення осідання палі, які наближаються до результатів натурних випробувань.

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Знаменский В.В., Рузаев А.М., Польшков И.Н. Сравнение результатов натурных экспериментов с расчетами, выполненными при помощи конечно-элементной программы PLAXIS 3D Foundation для забивных свай в глинистых грунтах// Вестник МГСУ. – 2008. - №2. – С. 18-23.
2. СНиП 2.02.03-85 Свайные фундаменты.
3. СНиП 2.02.01-83 Основания зданий и сооружений.
4. Цытович Н.А. Механика грунтов. – М.: Государственное издательство литературы по строительству, архитектуре и строительным материалам, 1963. – 636 с.
5. Ухов С.Б., Семенов В.В., Знаменский В.В., Тер-Мартirosян З.Г., Чернышев С.Н. Механика грунтов, основания и фундаменты. – М.: АСВ, 1994. – 524 с.

Отримано 21.09.09.

*Е.А. Гоцуляк, А.Н. Шельменко*

**Расчет одиночной сваи с учетом нелинейной зависимости жесткосных характеристик основания**

Выполнен расчет сваи с использованием конечно-элементного программного комплекса в двух постановках - по классической теории и с учетом зависимости жесткосных параметров грунтовой среды от её напряженного состояния. Результаты приведенного расчета сравнены с экспериментальными и теоретическими данными, изложенными в литературе.

*E.O. Gotsuliak, A. M. Shelmenko*

**Calculation of single pile with an allowance for nonlinear dependence of rigid foundation characteristics**

Calculation of the pile was completed by using finite-element software in two arrangements - classical theory and on the basis of nonlinear relation of rigid ground parameters from its stress state. The results of this calculation were compared with experimental and theoretical data described in the literature.