

МОДЕЛЮВАННЯ НАПРУЖЕНО–ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ ПІДСИЛЕНИХ ФУНДАМЕНТІВ ЗА МЕТОДОМ ГРАНИЧНИХ ЕЛЕМЕНТІВ

Вінницький Національний Технічний Університет

Анотація

Робота присвячена удосконаленню методики розрахунку підсилених фундаментних конструкцій за сучасним числовим методом МГЕ з метою практичного прикладання та більш повного використання їх несучої спроможності. Переулаштування, підсилення фундаментів має за мету пристосування їх для використання в змінних умовах експлуатації. Прикладання числового МГЕ до розв'язків практичних задач геомеханіки, процес осідання основ та допустимих навантажень на них підкріплено та проілюстровано даними числового розрахунку стовпчастих фундаментів мілкого закладання.

Ключові слова: несуча спроможність, підсилення фундаменту, метод граничних елементів.

Abstract

The work is devoted to the improvement of the method of calculation of reinforced foundation structures according to the modern numerical method of MBE for the purpose of practical application and fuller use of their bearing capacity. Rearrangement, reinforcement of foundations aims to adapt them for use in changing operating conditions. The application of numerical MBE to the solutions of practical problems of geomechanics, the process of subsidence of foundations and allowable loads on them is supported and illustrated by the data of numerical calculation of columnar foundations of shallow foundations.

Keywords: bearing capacity, foundation reinforcement, boundary element method.

Вступ

Експериментальне дослідження фундаментів в слабких водонасичених ґрунтах, підсилених набивними палями, проводилась на полігоні [3]. Фундамент глибиною закладання 0.5 м. і розміром 1x1 м був підсилений чотирма набивними палями довжиною 2.5м з використанням пневмопробійників. Набивні палі підсилення були виготовлені таким чином, щоб частина перетину палі знаходилась під подошвою фундаменту. Це досягалось тим, що перша свердловина пробивалась пневмопробійником безпосередньо поряд з граню подошви, а потім засипалась напівсухою бетонною сумішшю, яка при наступних проходках пробійника виштовхувалась в оточуючий ґрунт та під подошву фундаменту, створюючи при цьому опорну консоль, рис.1 [3].

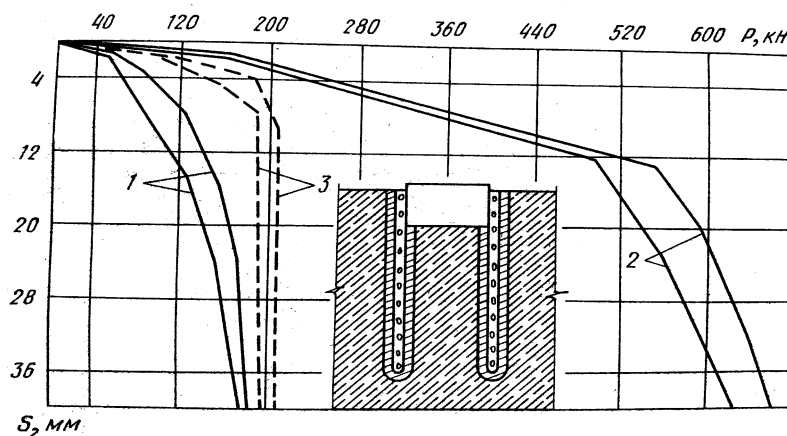


Рис. 1. 1 Графік навантаження-осідання, 1- експериментальних досліджень фундаменту на натуральній основі, 2 – експериментальні дані після підсилення набивними палями, 3 – поведінка одиночної набивної палі

При чотирьохразовій проходці діаметр палі склав 270 мм., розміри консолі – 4-5 см. В результаті такого підсилення несуча спроможність фундаменту збільшилась майже в чотири рази, рис.1. Проведені дослідження [3] дозволили рекомендувати запропонований метод підсилення стрічкових фундаментів мілкого закладання в пілувато-глинистих ґрунтах для практичного використання.

За числовим МГЕ скомпоновано методику прогнозування напружено-деформованого стану підсиленних таким чином фундаментів та проведено співставлення розрахунку з експериментальними даними.

Питання ущільнення та розущільнення ґрунтів під навантаженням – основна проблема, що виникає при прогнозі осадок споруди і прогнозі допустимого навантаження на ґрунт. Тому значна увага в роботі приділена дилатансійній теорії та методам моделювання залишкових пластичних деформацій ґрунту з метою їх практичного прикладання. Адже основною задачею є будівництво споруд з достатнім ступенем надійності.

Фізична суть дилатансії – руйнування ділянок зчеплення і повертання блоків, в результаті порушується структура, утворюються поверхня ковзання. Для врахування дилатансійних ефектів основи при навантаженні підсиленого фундаменту використано положення [2,3,5].

Реальні задачі геомеханіки моделюються диференційними рівняннями в частинних похідних і зводиться до класу крайових задач. Розв'язок задач теорії пластичності пов'язаний з розв'язком системи нелінійних диференціальних рівнянь в частинних похідних, що являє собою складну задачу. В аналітичному вигляді її можна розв'язати у виключних випадках. Тому пошук рішення поставленої практичної задачі проводився числовим методом граничних елементів (МГЕ). В роботі використано метод пружних рішень О.А. Іллюшина. К. Бреббії [1] система диференціальних рівнянь зведена до інтегрального рівняння, числове інтегрування, як відомо, є більш стійкий процес ніж числове диференціювання:

$$\left. \begin{aligned} \sigma_{ij,j} + b_j &= 0 \\ \varepsilon_{ij} &= \frac{1}{2}(u_{i,j} + u_{j,i}) \\ \sigma_{ij} &= C_{ijkl} \varepsilon_{kl} \end{aligned} \right\} \Rightarrow C_{ij}(\xi)u_j(\xi) + \int_{\Gamma} p_{ij}^*(\xi, x)u_j(x)d\Gamma(x) = \int_{\Gamma} u_{ij}^*(\xi, x)p_j(x)d\Gamma(x), \quad (1)$$

де $\sigma_{ij,j} + b_j = 0$ – статичні рівняння рівноваги; $\varepsilon_{ij} = \frac{1}{2}(u_{i,j} + u_{j,i})$ – геометричні рівняння; $\sigma_{ij} = C_{ijkl} \varepsilon_{kl}$ – фізичні рівняння середовища; u, p – шукані вектори переміщень та напружень на границі фундаментної конструкції.

В роботі за МГЕ визначено напружено-деформований стан фундаменту без підсилення (рис. 2.а) та підсиленого фундаменту з рівновеликою площею бокової поверхні та вістря (рис. 2.б) . Фізико-механічні характеристики ґрунту:

$$\rho = 1.7 \text{ т/м}^3, \quad \rho_{\min} = 1.6 \text{ т/м}^3, \quad \rho_{\max} = 2.2 \text{ г/см}^3, \quad e = 0.7,$$

$$E = 10.54 \text{ МПа}, \quad \varphi = 24^\circ, \quad c = 14 \text{ КПа}, \quad \nu = 0.33$$

Результати числового прогнозу роботи палі та дискретизація активної зони на рис.2.

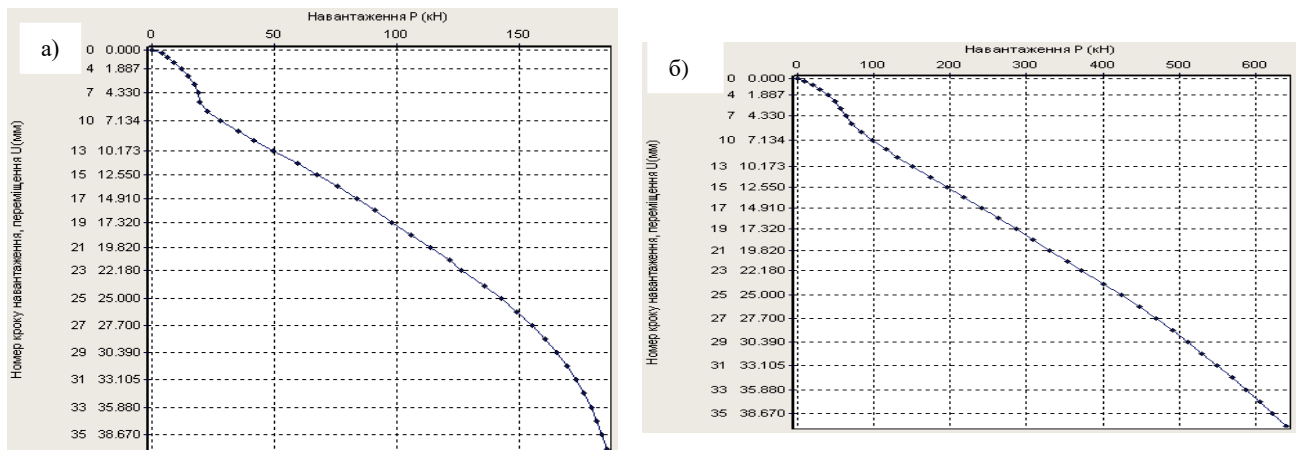


Рис.2 – а) Графік “навантаження – осідання” результатів числових дослідження за МГЕ фундаменту без підсилення, б) результати поведінки фундаменту, підсиленого набивними палями за числовим МГЕ

Дані співставлень є задовільні, значення несучої спроможності як підсиленого, так і не підсиленого фундаментів згідно рис. 1 та рис. 2 практично співпадають.

За експериментальними дослідженнями [3] при $S = 40$ мм несуча спроможність не підсиленого фундаменту склала $P=180$ кН, підсиленого – $P=680$ кН,

За числовими дослідженнями (МГЕ): при $S = 40$ мм несуча спроможність не підсиленого фундаменту склала $P=174$ кН, підсиленого – $P=649$ кН,

Висновки

Напрацьована за числовим МГЕ нелінійна модель для визначення несучої спроможності підсиленого набивними палями фундаменту фіксує збільшення несучої спроможності більше ніж в три рази (в 3.72 рази). Згідно експериментальних даних збільшення несучої спроможності склало 3.8 рази.

Достовірність моделі підтверджено проведенням аналізом результатів числових досліджень за МГЕ, та виконаним співвідношенням з експериментальними даними, які отримані безпосередні заміром тиску в ґрунтові основі мездозами [3], та дають хорошу відповідність.

Дане конструктивне рішення є ефективним проектним рішенням підсилення фундаменту мілкого закладання і гарантує надійність експлуатації споруди.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- 1.Бреббия К., Теллес Ж., Вроубел Л. Методы граничных элементов. М.: Мир, 1987.
- 2.Бойко И.П. Теоретические основы проектирования свайных фундаментов на упругопластическом основании / И.П. Бойко, Сб. КИСИ “Основания и фундаменты”. – 1985 – №18, С 11-18.
- 3.Козаков Ю.Н., Буланкин Н.Ф., Стоян Ю.Ф. Усиление фундаментов сваями, устраиваемыми с помощью пневмопробойников. М.: Стройиздат. Сб. Основания, фундаменты и механика грунтов № 4. 1990, С 26-29.
- 4.Моргун А.С. Теорія пластичної течії в механіці ґрунтів./А.С. Моргун – Вінниця, ВНТУ. – 2013 – 108 С.
- 5.Николаевский В.Н. Современные проблемы механики грунтов // Определяющие механики грунтов // В.Н. Николаевский – М.: Стройиздат. 1975 г. – С. 210-227.

Моргун Алла Серафимівна – професор кафедри будівництва, міського господарства та архітектури; Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: morgunallaS@gmail.com

Меть Іван Миколайович – декан ФБТЕГП; Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: vanmet@ukr.net

Гладкий Станіслав Олександрович – студент гр. Б-19б, ФБТЕГП, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: hladkiyS@gmail.com

Morgun Alla S. - Professor of the Department of Construction, Municipal Economy and Architecture; Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: morgunallaS@gmail.com

Met Ivan M. - Dean of FBHEGS; Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: vanmet@ukr.net

Gladky Stanislav O - student of gr. B-19b, FBTEGP, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: hladkiyS@gmail.com