

МЕХАНІКА КОНТАКТНОЇ ВЗАЄМОДІЇ ПІДСИЛЕНИХ ФУНДАМЕНТІВ З ГРУНТОВОЮ ОСНОВОЮ ЗА МГЕ

Вінницький національний технічний університет

Анотація. Удосконалення методики розрахунку підсиленних фундаментних конструкцій за сучасним числовим методом МГЕ з метою практичного прикладання та більш повного використання їх несучої спроможності є актуальною задачею сьогодення. Переулаштування, підсилення фундаментів має за мету пристосування їх для використання в змінних умовах експлуатації. Від використаних методів розрахунку міцності будівельних конструкцій залежить їх безаварійність роботи. Міцність – проблема століття.

Експериментальне дослідження фундаментів мілкового закладання в слабких водонасичених ґрунтах, підсиленних набивними палями, проводилась на полігоні [1]. Фундамент мілкового закладання глибиною 0.5 м. і розміром 1*1 м. був підсилений чотирма буронабивними палями довжиною 2.5 м. з використанням пневмопробійників. В результаті такого підсилення несуча спроможність фундаменту згідно експериментальних досліджень збільшилась майже в чотири рази.

Ключові слова: напружено-деформований стан, підсилення фундаментів, числовий метод граничних елементів.

Abstract . Improving the calculation methodology of reinforced foundation structures according to the modern numerical method of MHE for the purpose of practical application and more complete use of their bearing capacity is an urgent task today. The purpose of rearranging and strengthening the foundations is to adapt them for use in changing operating conditions.

The safety of their work depends on the used methods of calculating the strength of building structures. Durability is the problem of the century.

An experimental study of shallow foundations in weak water-saturated soils, reinforced with driven piles, was conducted at the landfill [1]. The 0.5 m deep and 1 x 1 m shallow foundation was reinforced with four 2.5 m long bored piles using pneumatic punchers. As a result of such strengthening, the bearing capacity of the foundation, according to experimental studies, increased almost four times, Fig. 1 [1].

Keywords: stress-strain state, foundation reinforcement, numerical method of boundary elements

Абстрактна характеристика нелінійного процесу деформування ґрунту подається за допомогою математичної моделі, саме вона дає можливість числового аналізу та отримання даних прогнозного характеру та управління ними.

Використано числовий метод граничних елементів (МГЕ) [5,4].

Основним розрахунковим рівнянням є інтегральне рівняння, отримане К. Бреббія [4]:

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

де u -заданий вектор переміщень на границі фундаментної конструкції;

p - шуканий вектор напруг на границі;

u^* , p^* , σ^* - ядра граничного рівняння (1) – рішення Р. Міндліна для переміщень, напружень та похідних від напружень, що відповідають одиничним взбурюючим впливам ($P=1$) в півпросторі [4];

Розглянута змішана задача, яка має задовольняти в пружній і пластичній областях одним і тим же рівнянням рівноваги, геометричним рівнянням, але різним в цих областях фізичним рівнянням (умові текучості в пластичній області) та відповідним граничним умовам.

При роботі ґрунту в дограничній стадії прийнято модель лінійно-деформованого середовища, яка характеризувалась модулем загальної деформації E , коефіцієнтом Пуассона ν . При роботі ґрунту в пластичній стадії використано теорію пластичної течії

$$d\varepsilon_{ij}^p = d\lambda \frac{\partial F}{\partial \sigma_{ij}}, \quad F \neq f. \quad (2)$$

Загальні деформації визначались:

$$d\varepsilon_{ij} = d\varepsilon_{ij}^e + d\varepsilon_{ij}^p, \quad (3)$$

де $d\varepsilon_{ij}^e$ – приріст пружних деформацій, для визначення компонент $d\varepsilon_{ij}^e$ використано закон Гука; $d\varepsilon_{ij}^p$ – приріст пластичних деформацій.

Перехід в заграничний (пластичний) стан визначався у відповідності з умовою граничної рівноваги (текучості) Мізеса-Шлейхера-Боткіна [3]:

$$\begin{cases} f = T + \sigma_{окт} \cdot \operatorname{tg} \psi - \tau_s = 0 & \text{при } \sigma_{окт} \leq p_0 \\ f = T + \rho_0 \cdot \operatorname{tg} \psi - \tau_s = 0 & \text{при } \sigma_{окт} > p_0 \end{cases}, \quad (4)$$

де f – поверхня текучості, T – другий інваріант девіатора напружень.

Розрахунок пластичних деформацій доповнювався дилатансійним співвідношенням В. М. Ніколаєвського, І. П. Бойка [3,2]:

$$d\varepsilon_{ij}^p = \Lambda(\chi) \cdot d\gamma^p, \quad (5)$$

де $d\gamma^p$ – скалярний еквівалент приросту зсувної пластичної деформації на октаедричній площині; $d\varepsilon_{ij}^p$ – приріст непружних змін об'єму, що супутні зсуву; χ – параметр зміцнення ґрунту, Λ швидкість дилатансії:

$$\Lambda = dV / d\gamma. \quad (6)$$

При проведенні розрахунку гранична поверхня фундаменту дискретизувалась лінійними граничними елементами, активна зона навколофундаментного ґрунту дискретизувалась трикутними осередками.

Результати експериментальних досліджень [1] та числового моделювання за МГЕ наведено на рис. 1-3.

Набивні палі підсилення були виготовлені таким чином, щоб частина перетину палі знаходилась під подошвою фундаменту.

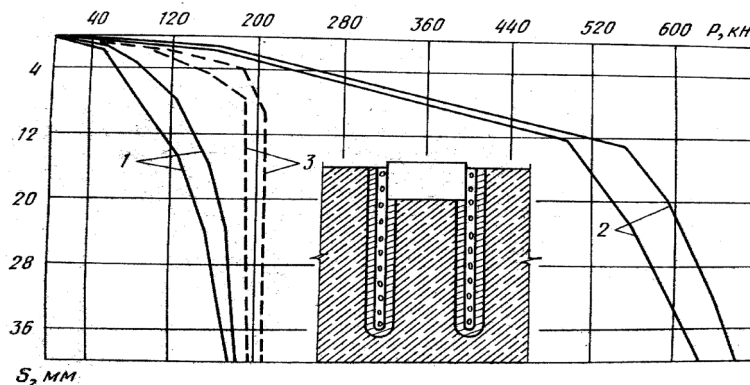


Рис. 1 Графік експериментальних досліджень фундаменту на натуральній основі [1], 2 – експериментальні дані після підсилення набивними палями [1], 3 – поведінка одиночної буронабивної палі згідно експериментальних досліджень [1]

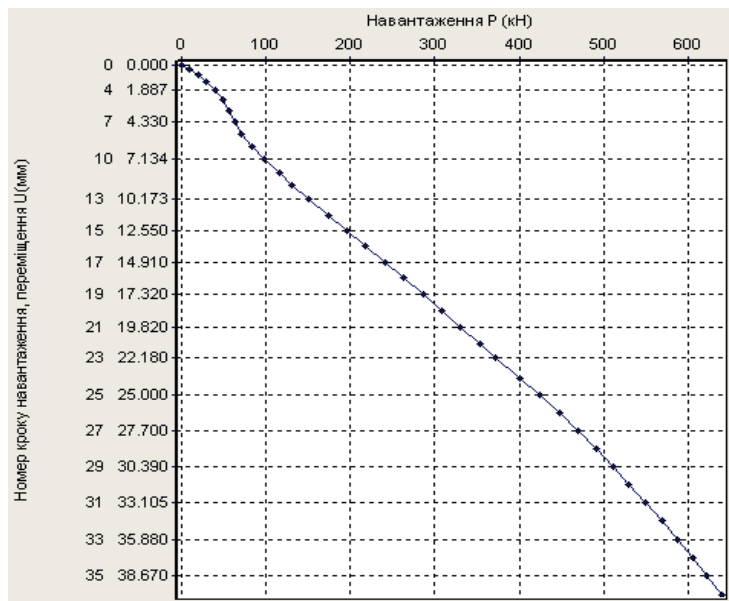
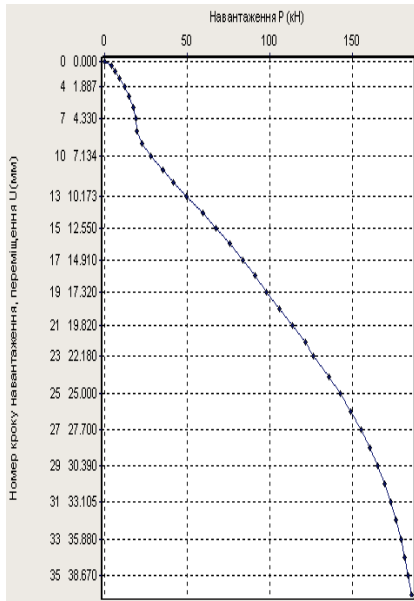


Рис. 2 а) Графік “навантаження – осідання” результатів числових дослідження за МГЕ фундаменту без підсилення, б) результати поведінки фундаменту, підсиленого набивними палями за числовим МГЕ

Висновки

1. Таким чином, напрацьована за числовим МГЕ нелінійна модель для визначення несучої спроможності підсиленого буронабивними палями фундаменту мілко закладання фіксує збільшення несучої спроможності більше ніж в три рази (в 3.72 рази). Згідно експериментальних даних збільшення несучої спроможності склало 3.8 рази.
2. Дане конструктивне рішення є ефективним проектним рішенням підсилення фундаменту мілко закладання і гарантує надійність експлуатації споруди.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Козаков Ю.И., Буланкин Н.Ф., Стоян Ю.Ф. Усиление фундаментов сваями, устраиваемыми с помощью пневмопробойников. М.: Стройиздат. ОФМГ №4, 1993.
2. Николаевский В.Н. Механика пористых и трещиноватых сред. М.: Недра. 1984
3. Бойко И.П. Теоретические основы проектирования свайных фундаментов на упругопластическом основании / И.П. Бойко, Сб. КИСИ “Основания и фундаменты”. – 1985 – №18, С 11-18.
4. Бреббия К., Теллес Ж., Вроубел Л. Методы граничных элементов. М.: Мир, 1987.
5. Моргун А.С. Теорія пластичної течії в механіці ґрунтів./А.С. Моргун – Вінниця, ВНТУ. – 2013 – 108 С.

Моргун Алла Серафимівна – професор кафедри будівництва, міського господарства та архітектури; Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: morgunallaS@gmail.com
Бобрук Артур Віталійович – магістр ФБЕЦІ; Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: arturchik235804@gmail.com