

ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТЕЙ ЧИСЛОВИХ ПІДХОДІВ ДО ЗАДАЧ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ПРО НЕСУЧУ СПРОМОЖНІСТЬ ПЛИТНИХ ФУНДАМЕНТІВ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Будівництво – одна із провідних галузей народного господарства в історичному аспекті його розвитку. Першою задачею проектування є визначення міцності будівельних конструкцій. Тому дослідження НДС та пов'язані з ним розрахунки найбільш відповідальні в будівництві. Основною задачею при цьому є будівництво споруд з достатнім ступенем надійності. Головною проблемою механіки ґрунтів і на тепер залишається вибір адекватної теоретичної моделі. Дійсно, деформування дисперсного гранульованого матеріалу ґрунту проходить при взаємному проковзуванні зерен, реологія ґрунту складна, про це свідчить великий експериментальний матеріал. Сьогодні шлях розвитку механіки ґрунтів пов'язаний з дослідженням задач в рамках пружно-пластичної дилатансійної моделі та вдосконалення цієї моделі на основі експериментів. Поява методу дослідження – числового експерименту, як ніколи раніше тісно пов'язала фізичний зміст задачі, її математичне формулювання, числові методи розрахунку та сучасні ЕОМ. В роботі використано числовий метод граничних елементів (МГЕ).

Ключові слова: напружено-деформований стан (НДС), плитні фундаменти, числовий метод граничних елементів (МГЕ).

Abstract

Construction is one of the leading branches of the national economy in the historical aspect of its development. The first design task is to determine the strength of building structures. Therefore, VAT research and related calculations are the most responsible in construction. The main task is the construction of structures with a sufficient degree of reliability. The selection of an adequate theoretical model remains the main problem of soil mechanics. Indeed, the deformation of the dispersed granular material of the soil takes place during the mutual sliding of the grains, the rheology of the soil is complex, as evidenced by a large amount of experimental material. Today, the path of development of soil mechanics is related to the study of problems within the framework of the elastic-plastic dilatation model and the improvement of this model based on experiments. The appearance of the research method - the numerical experiment, as never before closely connected the physical content of the problem, its mathematical formulation, numerical methods of calculation and modern computers. The numerical method of boundary elements (BEM) was used in the work.

Key words: stress-strain state (SBS), slab foundations, numerical boundary element method (MBE)

Вступ

Реальні задачі геомеханіки моделюються диференційними рівняннями в частинних похідних і зводяться до класу крайових задач, аналітичне рішення яких отримати практично неможливо. Виходом з положення є залучення числових методів та ЕОМ. Тому створення нового розрахункового апарату з прогнозу деформацій основ і фундаментів є важливою та актуальною задачею.

Результати дослідження

Проведено числове дослідження за МГЕ та розв'язана нелінійна прикладна задача по визначенню несучої спроможності плитного фундаменту $H=0.7$ м. дев'ятиповерхової будівлі.

Розрахунковим рівнянням є інтегральне рівняння, отримане К. Бреббія [3] шляхом зведення системи диференційних рівнянь 15-го порядку до інтегрального рівняння:

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

де u -заданий вектор переміщень на границі фундаментної конструкції; p - шуканий вектор напружень на границі; u^*, p^*, σ^* - ядра граничного рівняння (1) – рішення Р. Міндліна для переміщень, напружень та похідних від напружень, що відповідають одиничним взбуваючим впливам ($P=1$) в півпросторі [4];

При обчисленні задачі про взаємодію фундаменту з пружним середовищем в якості фундаментального рішення використано розв'язки Р. Міндліна.

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 характеризується модулем загальної деформації E , коефіцієнтом Пуассона ν . При роботі ґрунту в пластичній стадії використано теорію пластичної течії [1,4]:

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

У відповідності до напрацьованої моделі 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:

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

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

Розрахунок пластичних деформацій доповнювався дилатансійним співвідношенням

$$В. М. Ніколаєвського, І. П. Бойка [1,2]: \quad d\varepsilon_{ij}^p = \Lambda(\chi) \cdot d\gamma^p, \quad (5)$$

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.

Середньозважені фізико-механічні характеристики різновидів непросадкових суглинків та глин: $E=16900$ КПа, $\nu=0.38$, $c=38.42$ КПа, $\varphi=0.32$ радіан, $\rho=1.894$ т/м³, $\rho_{min} = 1.818$ т/м³, $\rho_{max} = 2.03$ т/м³, $p_0=1790$ КПа. min

Контактна з ґрунтом границя плитного фундаменту дискретизувалась прямолінійними граничними елементами (ГЕ). Активна зона оточуючої плитний фундамент ґрунтової основи дискретизувалась трикутними осередками. На рис. 1 наведено отриманий графік «навантаження – осідання» згідно числових дослідження за МГЕ процесу деформування плитного фундаменту під навантаженням.

З метою відпрацювання параметрів алгоритму та оцінки похибок результати числового дослідження порівняно з експериментом.

Експериментальні дослідження зафіксували величину осідання фундаментної плити $S=5,8$ см. при вазі споруди 11000 кН., дані числового моделювання за МГЕ склали $S=5,73$ см.

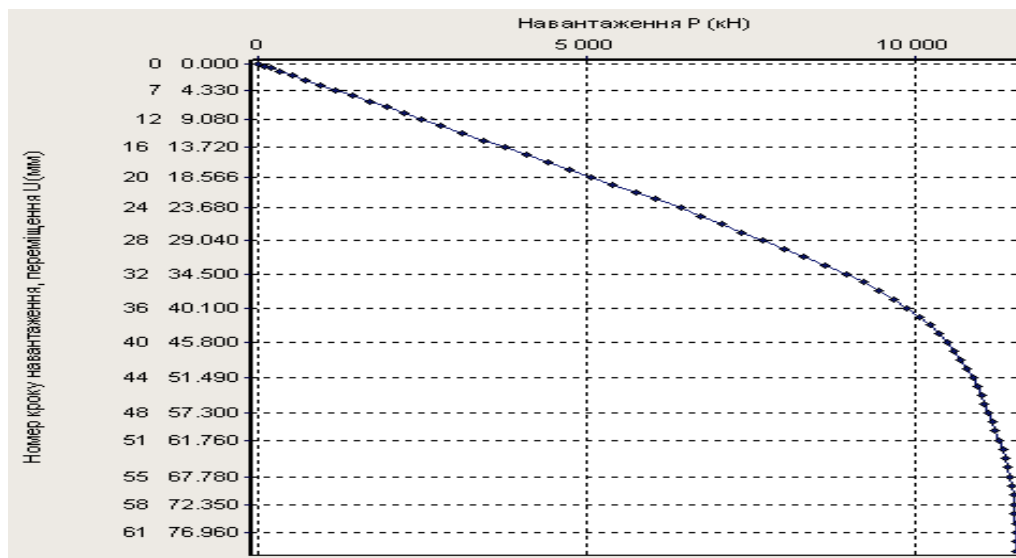


Рис. 3 Результати прогнозування за МГЕ поведінки під навантаженням плитного фундаменту споруди $H=0.7$ м.

Висновки

Встановлено, що плитні фундаменти в умовах передачі на ґрунтову основу великих тисків є одним із найбільш ефективних видів фундаментних конструкцій, які забезпечують рівномірність осідання споруди. Програмні комплекси дозволяють отримувати ресурсозберігаючі проектні рішення та достовірність осідання, що підтверджено застосуванням числового методу граничних елементів. Приведені числові розв'язки мають як науковий, так і прикладний характер.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Николаевский В.Н. Механика пористых и трещиноватых сред./ В.Н. Николаевский.- М.: Недра.1984.- 233с.
- 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. Бреббия К. Методы граничных элементов/К. Бреббия, Ж. Теллес, Л. Вроубел.пер. с англ.. М.: Мир, 1987.-524 с.
- 4.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

Мет Іван Миколайович – декан ФБЦЕІ; Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: met@vntu.edu.ua

Чен Яньмей – магістр кафедри будівництва, міського господарства та архітектури; Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: 1058523239@qq.com

Morgun Alla Serafimovna - professor of the department of construction, municipal economy and architecture; Vinnytsia national technical university, Vinnytsia, e-mail: morgunallaS@gmail.com
Met Ivan Mykolayovych – dean of FBIEE; Vinnytsia national technical university, Vinnytsia, e-mail: met@vntu.edu.ua

Chen Yanmei - a master of the department of construction, municipal economy and architecture; Vinnytsia national technical university, Vinnytsia, e-mail: 1058523239@qq.com