

РЕКОНСТРУКЦІЯ ФУНДАМЕНТІВ МІЛКОГО ЗАКЛАДАННЯ ЗА ЧИСЛОВИМ МЕТОДОМ ГРАНИЧНИХ ЕЛЕМЕНТІВ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Тема присвячена проблемі фундаментобудування та механіки ґрунтів – удосконаленню методики розрахунку підсилених 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.

Інтенсивний розвиток та широке застосування ЕОМ суттєво наблизило фундаментальні математичні проблеми до прикладних, посилило їх взаємовплив. Поява нового потужного методу досліджень – числового експерименту – як ніколи раніше тісно пов'язала фізичний зміст задачі, її математичне формулювання, числові методи розрахунку та сучасні ЕОМ.

В роботі для розв'язку нелінійної задачі геомеханіки використано числовий МГЕ, наведено обґрунтування теоретичними викладками та проілюстровано даними числового розрахунку.

Ключові слова: метод граничних елементів, напружено деформований стан, реконструкція та підсилення фундаментів.

Annotation

The topic is devoted to the problem of foundation construction and soil mechanics - improvement of the methodology of calculation of reinforced foundation structures according to the modern numerical method of MGE 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 intensive development and widespread use of computers significantly brought fundamental mathematical problems closer to applied ones, and strengthened their mutual influence. The emergence of a new powerful method of research - the numerical experiment - more closely connected the physical content of the problem, its mathematical formulation, numerical calculation methods and modern computers than ever before.

In the work, the numerical MGE was used to solve the nonlinear problem of geomechanics, the justification was given by theoretical explanations and illustrated by numerical calculation data.

Key words: boundary element method, stressed deformed state, reconstruction and strengthening of foundations.

Вступ

Прикладання числового МГЕ до розв'язків практичних задач геомеханіки, процесу осідання основ та допустимих навантажень на них підкріплено та проілюстровано даними числового розрахунку стовпчастих фундаментів мілкового закладання. Від використаних методів розрахунку міцності будівельних конструкцій залежить їх безаварійність роботи. Міцність – проблема століття. Руйнування будь-якого твердого тіла – процес поступового розкриття спочатку найслабкіших місць, а потім все менш і менш небезпечних дефектів.

Фундамент глибиною закладання 0.5 м. і розміром 1*1 м. був підсилений чотирма буронабивними палями довжиною 2.5 м. з використанням пневмопробійників. Зростання обсягів реконструкції та реставрації об'єктів потребує збереження довготривалої минулої забудови споруд

і є досить важливим і актуальним питанням формування міськобудівного середовища. За числовим МГЕ скомпоновано методику прогнозування напружено-деформованого стану підсилених таким чином фундаментів та проведено співставлення розрахунку з експериментальними даними. В роботі за МГЕ визначено напружено-деформований стан фундаменту без підсилення (рис. 2а) та підсиленого фундаменту з рівновеликою площею бокової поверхні та вістря (рис. 2б). Фізико-механічні характеристики ґрунту:

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

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

При розгляді нелінійної задачі інтегральне рівняння, отримане К. Бреббія [1], набуває вигляду:

$$c_{ij} \cdot u_j + \int_{\Gamma} p_{ij}^* u_j d\Gamma = \int_{\Gamma} u_{ij}^* p_j d\Gamma + \int_{\Omega} \dot{\sigma}^* \dot{\varepsilon}_{jk}^p d\Omega, \quad (1)$$

де, u – заданий вектор переміщень на контактній границі фундаментної конструкції; p – шуканий вектор напружень на границі; u^* , p^* , σ^* – ядра граничного рівняння чи функції впливу МГЕ, це двоточкові функції, їх компоненти – переміщення та напруження довільної точки поля в напрямку «і» (точка нагляду) від сили $P = 1$, прикладеної в «j» –му напрямку (джерелі) – прийнято рішення Р. Міндіна для переміщень, напружень та похідних від напружень, що відповідають одиничним взбурюючим впливам ($P=1$) в півпросторі. Ядра інтегрального рівняння характеризують собою досліджуване середовище.

Саме рішення Р. Міндіна [2] тотожньо задовольняють граничним умовам на границі (рівність нулю напружень на границі півпростору) і значно понижують об'єм обчислювальних робіт, необхідний для рішення задачі; c_{ij} – постійна, визначається із умов руху тіла як цілого; Γ , ξ , x , Ω – відповідно гранична поверхня фундаментної конструкції, точка збурення, точка нагляду та границя трикутних осередків активної зони ґрунту [1].

Результати числового за МГЕ прогнозу роботи підсиленого фундаменту на рис.2.

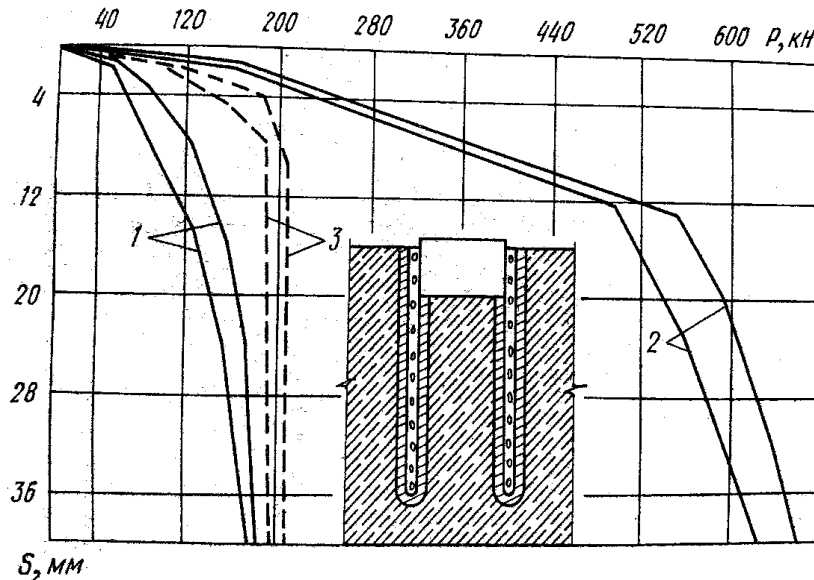
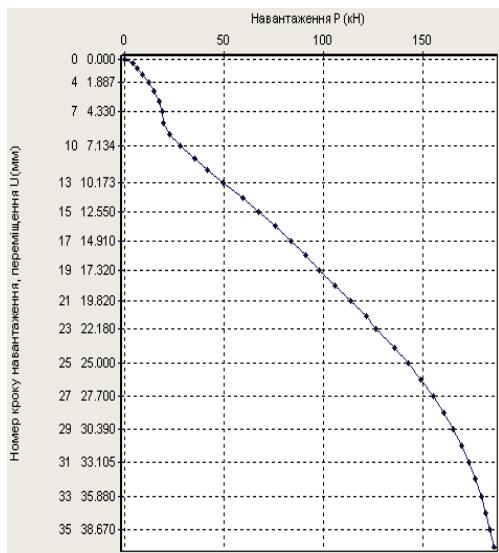


Рис. 1 – 1 – Графік експериментальних досліджень фундаменту на натуральній основі,
2 – експериментальні дані після підсилення набивними палями,
3 – поведінка одиночної набивної палі [16]



а)



б)

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 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.

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

Висновки

1. Достовірність моделі підтверджено проведенням аналізом результатів числових досліджень за МГЕ, та виконаним співвідношенням з експериментальними даними, які отримані безпосередні заміром тиску в ґрунті основі мездозами [16], та дають хорошу відповідність.

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

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Бреббія К., Ж. Теллес, Л. Вроубел. Методи граничних елементів / <http://www.mymanual.ru/ebooks/technicheskaia> literatura/mexanika/7388.html.
2. 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

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

Записов Дмитро Васильович – аспірант Вінницького національного технічного університета, м. Вінниця.