

ОПР КІЛЬЦЕВИХ ФУНДАМЕНТІВ ЗА МГЕ

Вінницький національний технічний університет

Анотація. Метою роботи є вирішення професійної прикладної проблеми з використання кільцевих палей в будівельній галузі, з застосуванням загальних методів і прийомів її вирішення з проведенням наукового пошуку. Тому тема роботи є актуальна для науки та практики фундаментобудування, містить аргументовані висновки. Будівництво – одна із головних галузей народного господарства, потребує великих матеріальних затрат. Проектування поведінки ґрунтових основ для споруд має свої особливості.

Надійність споруд забезпечується використанням при проектуванні основних закономірностей механіки дисперсних ґрунтів, які враховують специфіку їх поведінки під навантаженням.

За результатами теоретичних досліджень за сучасним числовим методом граничних елементів (МГЕ) з використанням сучасних наукових досліджень проведено числові дослідження що до розв'язання актуальної прикладної задачі визначення несучої спроможності кільцевих фундаментних палей, проведено аналіз впливу товщини кільцевої палі на її опір вертикальному навантаженню, практична спрямованість отриманих результатів дозволяє використовувати в практиці проектування найбільш економічний варіант цих палей.

Експериментальних даних про НДС основ і кільцевого фундаменту недостатньо. Методи їх розрахунку, що використовуються – недосконалі. Тому напрацювання теоретичних положень розрахунку кільцевих фундаментів є актуальною задачею.

Ключові слова: напружено-деформований стан, кільцеві фундаменти, числовий метод граничних елементів.

Abstract. The purpose of the work is to solve a professionally applied problem of using ring piles in the construction industry, using general methods and techniques for solving it with scientific research. Therefore, the topic of the work is relevant to the science and practice of foundation construction, it contains reasoned conclusions. Construction is one of the main branches of the national economy, requiring enormous material costs. Designing the behaviour of soil foundations for structures has its characteristics.

The reliability of structures is ensured by their use in the design of the basic laws of the mechanics of dispersed soils, which take into account the specifics of their behavior under load.

Based on the results of theoretical studies using the modern numerical method of boundary elements (BEM) with the use of modern scientific research, numerical studies were carried out to solve the actual applied problem of determining the bearing capacity of ring foundation piles, an analysis of the influence of ring pile thickness on resistance to vertical load was carried out, practical orientation the obtained results allow us to use the most economical version of these piles in design practice. There is not enough experimental data on VAT foundations and ring foundations. The methods of their calculation used are imperfect. Therefore, the development of theoretical provisions for the calculation of ring foundations is an urgent task.

Keywords: stress-strain state, ring foundations, numerical method of boundary elements

Сучасна геотехніка знаходиться на шляху інтенсивного розвитку, широко застосовуються числові методи, які дозволяють ціленаправлено змінювати вхідні параметри нелінійних пружно-пластичних моделей і які все більше використовуються в проектній практиці будівництва. 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.

Математична модель технічного об'єкта на мікрорівні – система диференціальних рівнянь в частинних похідних, точне рішення якої отримати можна лише в небагатьох часткових випадках, тому будується дискретна модель з застосуванням числових методів, які використовують ідею Пуассона, що поведінку складної моделі можна подати поведінкою її окремих складових елементів. Інтенсивний розвиток та широке застосування ЕОМ суттєво наблизило фундаментальні математичні проблеми до прикладних, посилило їх взаємовплив. Поява нового, потужного та загального 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 МГЕ.

Багаточисленні данні досліджень фундаментів статичними навантаженнями підтверджують нелінійний характер залежності навантаження-осідання «р – s» та вказують на доцільність використання рішень нелінійної механіки ґрунтів для оцінки напружено-деформованого стану (НДС) ґрунтової

основи. В роботі приведено рішення пружно-пластичної задачі поведінки під навантаженням кільцевих фундаментів градірні.

Фундаментобудування займає важливе місце в будівництві України. У зв'язку з цим особливу актуальність набувають питання подальшого розвитку методів їх проектування.

Важливою властивістю ґрунтової основи є наявність незворотних структурних деформацій ґрунтів. Г. К. Клейн відмічав, що структурні деформації виникають в результаті руйнування зв'язків тертя і зчеплення між окремими структурними елементами ґрунту. Тому вони є незворотними і носять місцевий характер, виникаючи при досягненні тиском величини p_s (межа пружності) та захвачують лише область ґрунту, розташовану безпосередньо під навантаженням. За рамками звантаженої площадки вони відсутні.

При розгляді нелінійної задачі визначальне інтегральне рівняння рівноваги, отримане К. Бреббія [2], набуває вигляду (1):

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

де, u – заданий вектор переміщень на контактні границі фундаментної конструкції; p – шуканий вектор напружень на границі; u^* , p^* , σ^* – ядра граничного рівняння (1) чи функції впливу МГЕ, це двоточкові функції, їх компоненти – переміщення та напруження довільної точки поля в напрямку «i» (точка нагляду) від сили $P = 1$, прикладеної в «j» –му напрямку (джерелі) – прийнято рішення Р. Міндліна для переміщень, напружень та похідних від напружень, що відповідають одиничним взбуджуючим впливам ($P=1$) в півпросторі. Ядра інтегрального рівняння характеризують собою досліджуване середовище.; C_{ij} – постійна, визначається із умов руху тіла як цілого, з'являється при переводі красвої задачі до інтегрального рівняння (1) для отримання єдиного рішення.; Γ , ξ , x , Ω – відповідно гранична поверхня фундаментної конструкції, точка збурення, точка нагляду та границя трикутних осередків активної зони ґрунту [1,2].

При числовій реалізації (2) дискретизувалась лише контактна поверхня фундаменту та ґрунту, контактна границя розбивалась на ряд граничних лінійних елементів, очікувана активна зона деформацій основи дискретизувалась трикутними осередками (рис. 2-5).

При дослідженнях за МГЕ несучої спроможності круглих та кільцевих опор на піску [6] взято співвідношення внутрішнього радіуса (r) до зовнішнього (R) $r/R = 0,3; 0,4; 0,5$ (рис. 1) за умови рівності зовнішнього радіуса $R = 5$ см.

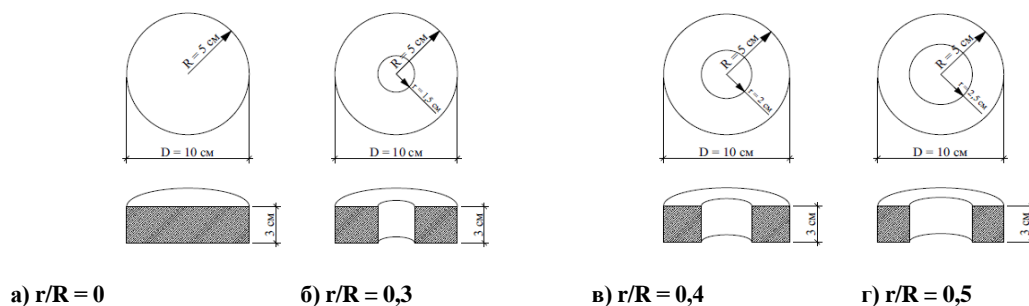


Рис. 1. – Розглянуті види круглих та кільцевих опор

Дані числового розрахунку за МГЕ круглих та кільцевих опор наведено на рис. 2-5.

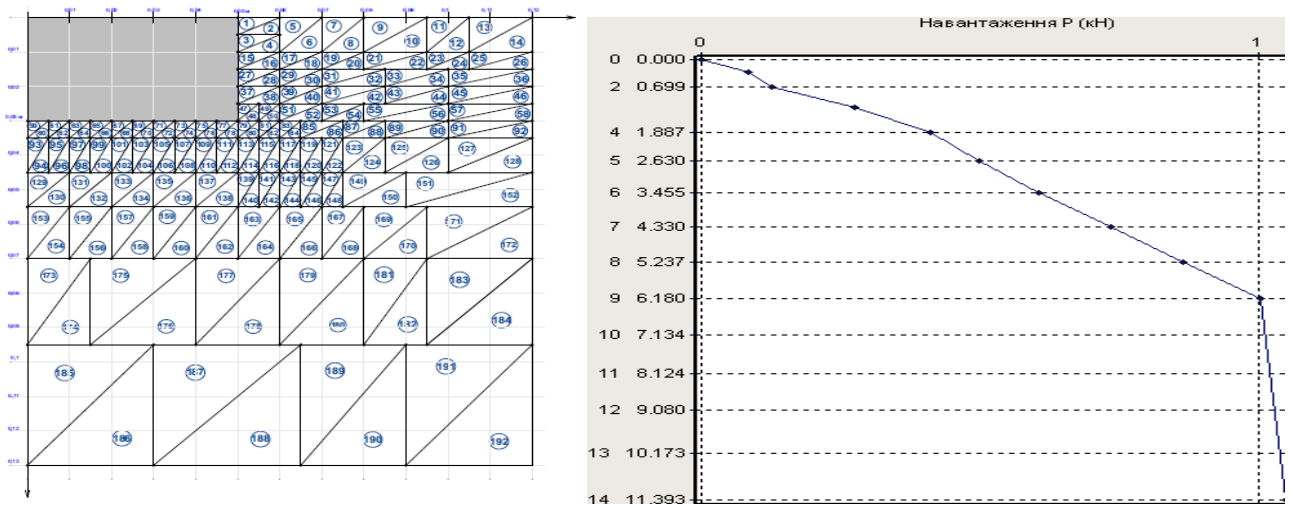


Рис. 2 – Графік «навантаження-осідання» та дискретизація круглої опори

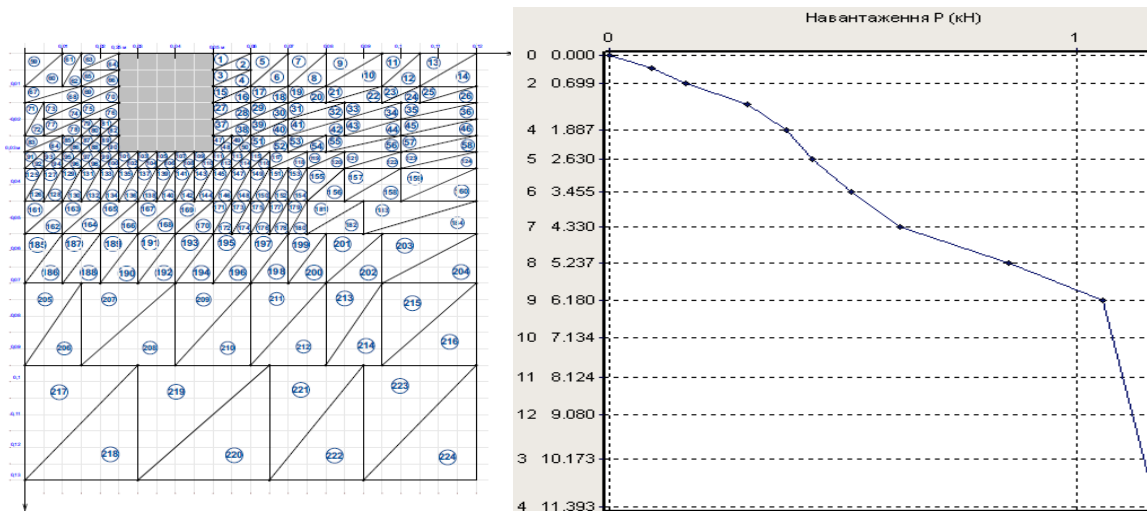


Рис.3 – Графік «навантаження-осідання» та дискретизація кільцевої опори ($r/R = 0,3$)

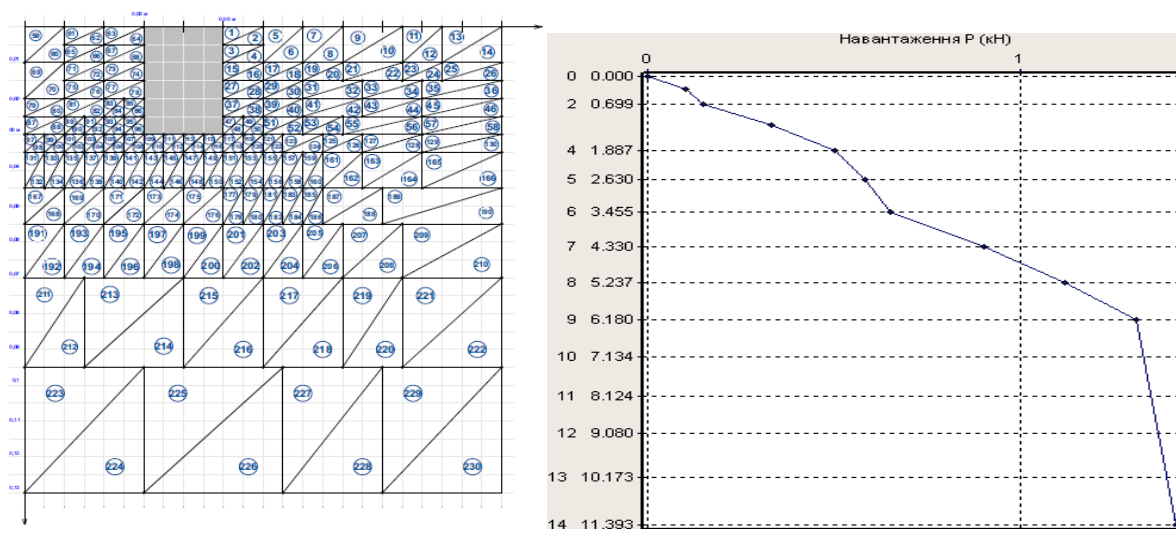


Рис. 4 – Графік «навантаження-осідання» та дискретизація кільцевої опори ($r/R = 0,4$)

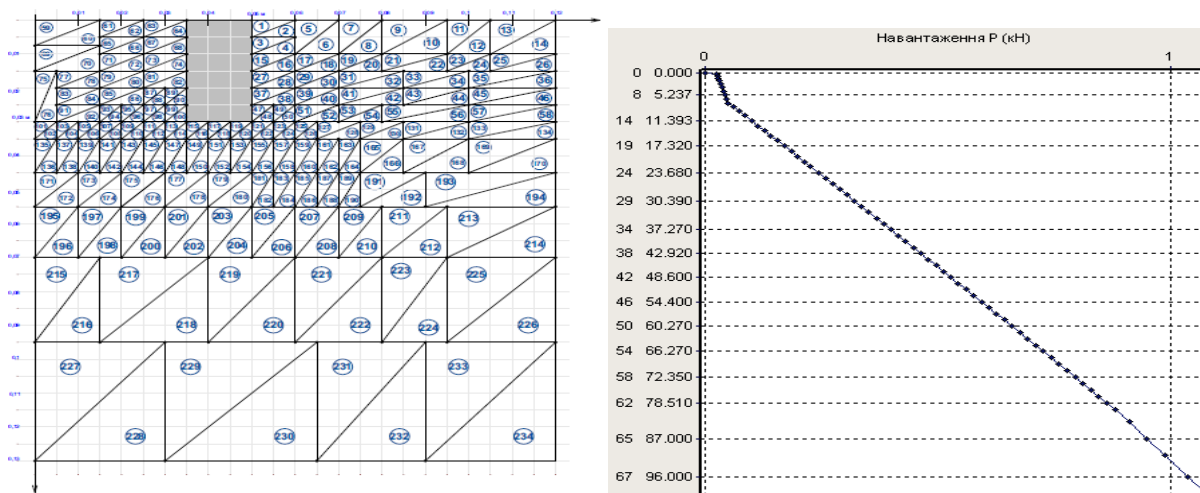


Рис. 5 – Графік «навантаження-осідання» та дискретизація кільцевої опори ($r/R = 0,5$)

Із графіків на рис. 2-5 – несуча спроможність кільцевих фундаментів збільшується із збільшенням r/R в порівнянні із круговою опорою одного і того ж радіуса і сягає максимального значення при $r/R = 0,4$. Це співвідношення можна розглядати як оптимальне. При подальшому збільшенні r/R несуча спроможність кільцевої опори зменшується. Отримані данні числового моделювання за МГЕ добре співпадають з результатами експериментальних досліджень [6].

Аналітичний прогноз напружено-деформованого стану (НДС) запропонованої математичної моделі виявив адекватність експериментальним дослідженням геомеханічної системи «кільцевий фундамент - основа».

Висновки

1. Оскільки загальна оцінка стійкості ґрунтових масивів має першочергове значення при проектуванні фундаментів споруд, розрахунки надійності та економічності фундаментних конструкцій визначають успіх будівництва в цілому. Створені на сьогодні математичні моделі описання процесів поведінки ґрунту – це система диференціальних рівнянь в частинних похідних, які є досить складними для отримання аналітичних розв’язків. Рішення даної задачі геомеханіки – поведінка під навантаженням кільцевого фундаменту можна отримати числовими методами, одним з яких є метод граничних елементів.

2. Результати досліджень дають відповідь на широке коло проблем, які вирішуються при проектуванні кільцевих фундаментів. Програма на основі МГЕ дає можливість отримати коефіцієнти матриці впливу МГЕ (матриці піддатливості ґрунтової основи). Вхідними параметрами програми числового моделювання є параметри, які характеризують фізико-механічні властивості ґрунту, описують геометрію та топологію розрахункової схеми. Для їх отримання проводиться дискретизація границі області стикання фундаментної конструкції з ґрунтом лінійними граничними елементами, визначаються середньозважені характеристики ґрунтів та встановлюються необхідні розміри фундаментної конструкції.

3. Несуча спроможність кільцевої опори в діапазоні відношення внутрішнього і зовнішнього радіусів $0,4$ є найбільшою і вона більше, ніж у круглої опори з аналогічними властивостями піску.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Моргун А.С. Застосування методу граничних елементів у розрахунках паль в пластичному середовищі ґрунту./ А.С.Моргун – ВНТУ: УНІВЕРСУМ-Вінниця.–2001.–132 с.
2. Бреббія К. Методи граничних елементів/ К. Бреббія, Ж. Теллес, Л. Вроубел.: пер. с англ. Л. Г. Корнійчука.- 1987.-524с.
3. Boyko I.P., Boyandin V.S., Delnik A.E., Kozac A.L., Sakharov A.S. Fenite element simulation of the loss of stable resistanse in a foundation-soil system //Archive of Applied Mechanics.-1992. № 62.- P/316-328.
4. Бішоп А.У. Параметри міцності при зсуві непорушених і перем’ягятих зразків ґрунту. Визначальні закони механіки ґрунтів. 1975. с. 176.
5. Николаевский В.Н. Сучасні проблеми механіки ґрунтів / В.М. Николаевский // Визначальні закони механіки ґрунтів. –

1975. –С. 210-227.

6.Hashim G. Rasheed Al-Sumaiday, Israa S. Hussain Al-Tikrity. Experimental Investigation of the Bearing Pressure for Circular and Ring Footings on Sand : Tikrit Journal of Engineering Sciences/Vol.20/No.3/March 2013, (64-74).

Відомості про авторів

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

Шахно Олександр Вікторович – магістрант кафедри будівництва, міського господарства та архітектури; Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця , e-mail: dzapicov@gmail.com