

## ПРОГНОЗУВАННЯ ГРАНИЧНОГО СТАНУ КІЛЬЦЕВИХ ТА КРУГЛИХ ФУНДАМЕНТІВ ЗА ЧИСЛОВИМ МГЕ

Вінницький національний технічний університет

### Анотація

Стаття присвячена дослідженням за методом граничних елементів (МГЕ) напружено-деформованого стану (НДС) кільцевих та круглих фундаментів та порівнянні результатів досліджень з їх розрахунком за методом скінченних елементів (МСЕ).

**Ключові слова:** метод граничних елементів, метод скінченних елементів, кільцевий фундамент, круглий фундамент.

### Abstract

The article is devoted to research on the method of boundary elements (MBE) of stressed-deformed state (SDS) of ring and round foundations and comparison of research results with their calculation by finite element method (FEM).

**Key words:** method of boundary elements, method of finite elements, ring foundation, circular foundation.

### Вступ

Улаштування фундаментів – одна з самих складних задач при проектуванні та будівництві, оскільки пов'язано з необхідністю урахування всієї гами властивостей ґрунту, що залягає на будівельному майданчику, для прийняття найбільш раціонального варіанту та виконання умови  $S \leq S_u$  (осідання не мають перебільшувати гранично допустимі значення).

В прикладних технічних науках прогрес неможливий без переходу до математичного описання процесу. Можливість числової реалізації складних розрахунків за допомогою ЕОМ дозволяє досліднику та інженеру відповідати на широкий ряд питань міцності, деформативності, стійкості споруд, вибору оптимального конструктивного рішення. До сьогоднішнього дня стоїть питання створення розрахункової моделі ґрунту, яка б обіймала всю множину його природних властивостей/

### Результати досліджень

Більшість деформацій ґрунтових основ залишкова. Тому пружно-пластичне деформування ґрунту описується не інтегрованими диференційними залежностями. Для розв'язання поставленої задачі залучено числовий МГЕ, який є одним з сучасних та перспективних методів моніторингу НДС основ і дає оперативність та достовірність результатів.

Основним розрахунковим рівнянням моделі роботи ґрунту, яке є аналогом системи 15 диференційних рівнянь (статичних рівнянь, геометричних, фізичних) є інтегральне рівняння, отримане К. Бреббія [1]:

$$C_{ij}(\xi)U_i(\xi) + \int_{\Gamma} p_{ij}^*(\xi, x)U_j(x)d\Gamma(x) = \int_{\Gamma} U_{ij}^*(\xi, x)p_j(x)d\Gamma(x) + \int_{\Omega} U_{ij}^*(\xi, x)b_i(x)d\Omega(x) \quad (1)$$

де  $U_{ij}^*(\xi, x)$ ,  $p_{ij}^*(\xi, x)$ , – переміщення та напруження, що виникають в точці  $x$  в  $j$ -му напрямку від дії одиничної сили  $P=1$  в  $i$ -му напрямку і прикладеної в точці  $\xi$ ,  $U_i(x)$ ,  $p_i(x)$  – переміщення і напруження на границі тіла.

Математична реалізація процесу прогнозування несучої спроможності фундаменту за числовим МГЕ [2] передбачає дискретизацію граничної поверхні фундаментної конструкції та активної зони ґрунту граничними елементами.

Активну зону основи кільцевого та круглого фундаментів [3], розрізи яких наведено на рис. 1,а,б дискретизували відповідно 172 та 148 трикутні дискретні елементи, рис. 2,а,б.

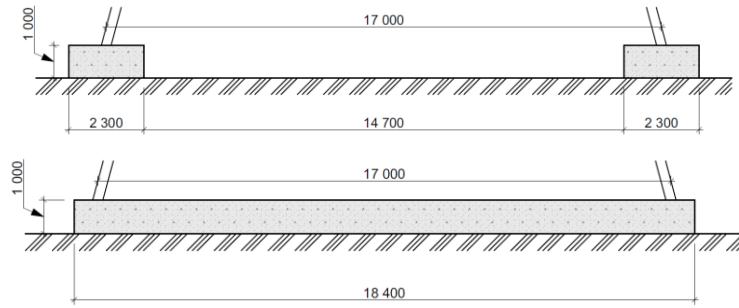


Рис. 1. Розрізи кільцевого (а) та круглого (б) фундаментів

Визначалась несуча спроможність та осідання кільцевого та круглого фундаментів. Результати прогнозування за МГЕ подано на рис. 2,а,б. Розрахунки кільцевого та круглого фундаментів за МСЕ проведено з використанням програми Plaxis 3D 2011 [3]. Відповідність числових досліджень за МСЕ, особливо при мінімальних значеннях осідань (54 мм для кільцевого фундаменту та 56 мм – для круглого) – підтверджує вірність вибору розрахункової дилатансійної моделі.

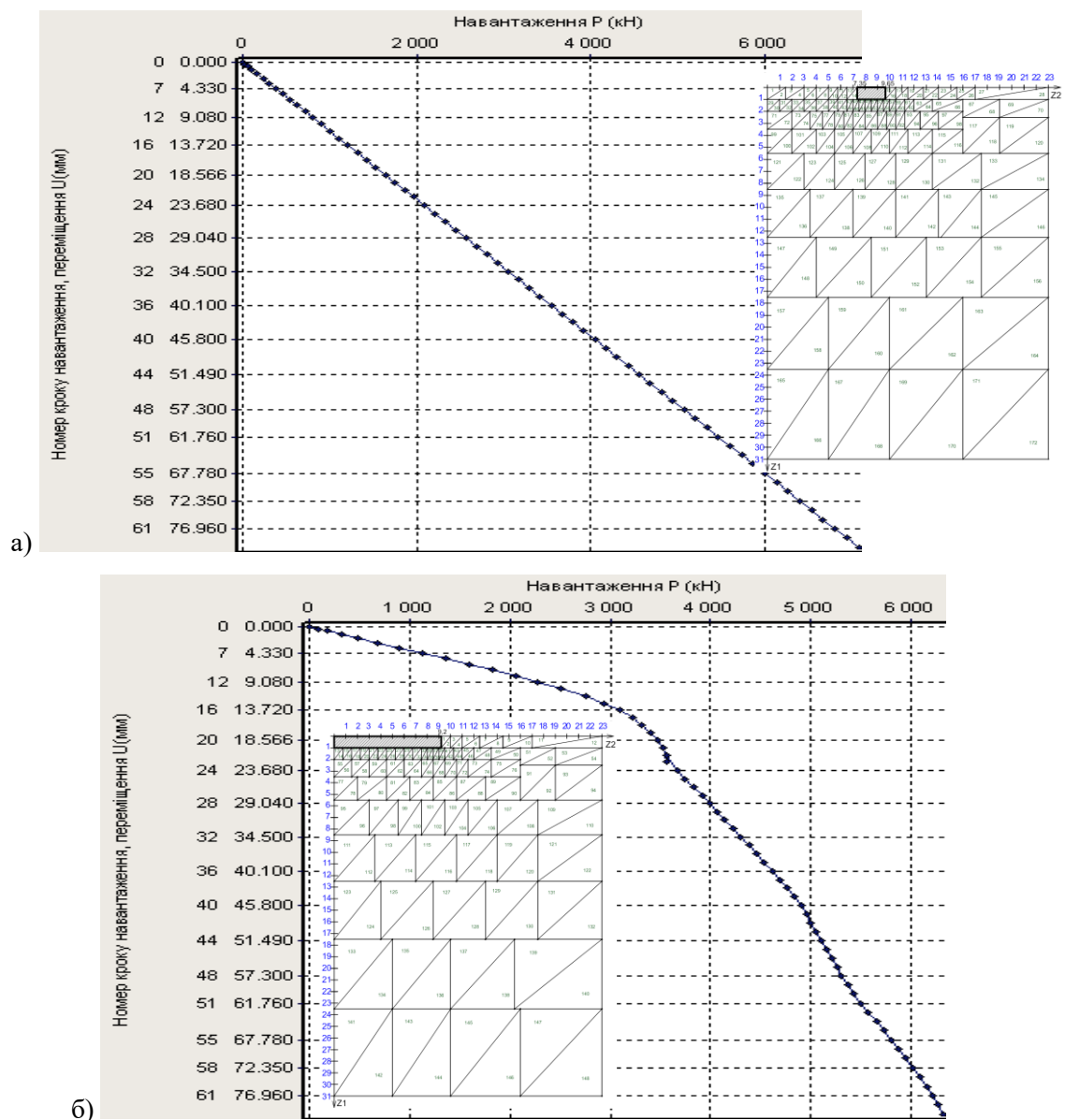


Рис. 2. Дискретизація активної зони та отримані за МГЕ графіки навантаження-осідання кільцевого (а) та круглого (б) фундаментів

## Висновки

В роботі проведено обґрунтування можливості застосування запропонованої методики визначення НДС фундаментних конструкцій за МГЕ для оптимізації та прийняття рішень для кільцевих та круглих фундаментів. Дані розрахунків за МГЕ та МСЕ добре корелюються. Запропонована методика дозволяє врахувати нелінійну роботу ґрунтової основи, її дискретність. Достовірно виявляти потенційні можливості основа-фундамент ще на стадії проектування, корегуючи їх в потрібному напрямку, задовольняючи вимогам першої і другої групам граничних станів. Відкриває більше можливостей для відповідності теорії експериментам.

МГЕ дозволяє виконувати розрахунки НДС ґрунтових основ за рамками розрахункового опору з використанням традиційних характеристик, які визначаються при інженерно-геодезичних вишукуваннях.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- 1.Бреббиа К. Методы граничных элементов / К. Бреббиа, Ж. Теллес, Л. Вроубел. – М.: Мир, 1987. – 525 с.
- 2.Моргун А.С. Теорія пластичної течії в механіці ґрунтів / А.С. Моргун. – Вінниця, ВНТУ, 2013. – 109 с.
- 3.Бартоломей Л.А. Взаимодействие осесимметричных фундаментов-оболочек с ґрунтовым основанием при внецентренном нагружении / Л.А. Бартоломей, А.А. Тарасенко, Я.А. Пронозин, Р.В. Мельников // Интернет-вестник ВолгГАСУ. Серия: Полиматематическая. 2012. – Вып. 2(22). – С. 12-15.

**Моргун Алла Серафимівна** – д-р техн. наук, професор, завідувач кафедри будівництва, міського господарства та архітектури, e-mail: [alla@morgun.com.ua](mailto:alla@morgun.com.ua);

**Малачковська Роксолана Ігорівна** – аспірант кафедри будівництва, міського господарства та архітектури, e-mail: [roksimalachkovska@gmail.com](mailto:roksimalachkovska@gmail.com).

**Morgun Alla** – dr. sciences, professor, head of the department of construction, urban and architecture, e-mail: [alla@morgun.com.ua](mailto:alla@morgun.com.ua);

**Malachkovska Roksolana** – post-graduate student of the department of construction, urban and architecture, e-mail: [roksimalachkovska@gmail.com](mailto:roksimalachkovska@gmail.com).