

ЧИСЛОВІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗА МЕТОДОМ ГРАНИЧНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ОСІДАНЬ КРУГЛИХ ТА КІЛЬЦЕВИХ ФУНДАМЕНТІВ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

В роботі за числовим методом граничних елементів (МГЕ) проведено пошук оптимального співвідношення внутрішнього та зовнішнього діаметрів кільцевих фундаментів з метою отримання максимальної несучої здатності. Для визначення несучої здатності кільцевих фундаментів залучено неасоційований закон пластичної течії та кінематичні співвідношення дилатансійної теорії пористих середовищ В.М. Ніколаєвського - І.П. Бойка, оскільки така властивість ґрунтів, як ущільнення, вносить свої корективи в розрахунок деформативності основ. Здійснено порівняння числових досліджень з експериментальними даними.

Ключові слова: кільцеві фундаменти, НДС, метод граничних елементів, оптимізація форми.

Abstract

In this paper, the numerical boundary element method (BEM) conducted search optimal balance of internal and external diameters of circular foundations for maximum load capacity. To determine the bearing capacity of circular foundations involved in non-associated law of plastic flow ratio dilatation and kinematic theory of porous media V.M. Nikolaevsky – I.P. Boyko as a property of the soil as compaction, making adjustments to the calculation of a base-deformativity. The comparison of numerical studies with experimental data.

Keywords: circular foundations, SSS, boundary element method, optimization of shape.

Кільцеві фундаменти мають більш високу питому несучу спроможність, ніж суцільні фундаменти. Значний ефект досягається влаштуванням огороджуючих стінок з них. Величина руйнівного навантаження збільшується в 2-3 рази.

Розподіл напружень σ в основі фундаментів кільцевої форми має кількісні та якісні відмінності від аналогічних в основі фундаментів із суцільною подошвою (круглих, прямокутних, стрічкових). Напружено-деформований стан основ споруд залежить від форми фундаментів в плані. Існуючі методи розрахунку кільцевих фундаментів не мають поки-що надійного нормативного забезпечення, що суттєво обмежує можливості їх раціонального проектування та використання, що безумовно стримує їх широке впровадження, хоча для ряду споруд (димові труби, градирні, силоси, телевежі, і т.д.) використання кільцевих фундаментів найбільш доцільно.

Тому створення надійних, науково обґрунтованих методів визначення їх НДС є актуальною задачею фундаментобудування.

Згідно діючих ДБН [1] несуча здатність круглого фундаменту складається із опору ґрунту під подошвою (перша складова в (1)) та сил тертя по боковій поверхні (друга складова в (1)).

$$F = \gamma_c \cdot (R \cdot A \cdot \gamma_{cr} + U \Sigma f_i \cdot h_i \cdot \gamma_{cr}) \quad (1)$$

Для визначення площ робочих поверхонь круглого та кільцевих фундаментів використано залежності:

для круглого фундаменту:

$$S = 2\pi R \cdot H + \pi R^2, \quad (2)$$

де $A = \pi R^2$, $U \Sigma h_i = 2\pi R \cdot H$.

для кільцевого фундаменту несуча здатність визначалась як сума опору зрушенню по внутрішній і зовнішній бічних поверхонь кільцевого фундаменту та опору стиснення ґрунту під подошвою кільцевого фундаменту:

$$S = \underbrace{2\pi R \cdot H + 2\pi r H}_{\text{бокова поверхня}} + \underbrace{\pi R^2 - \pi r^2}_{\text{подошва}}, \quad (3)$$

де $A = \pi R^2 - \pi r^2$, $U \Sigma h_i = 2\pi R \cdot H + 2\pi r H$.

Схеми досліджуваних моделей кільцевих фундаментів наведено на рис. 1.

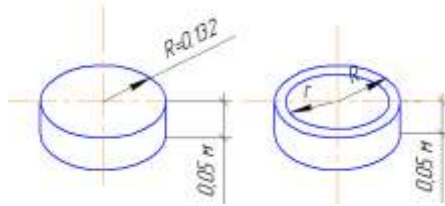


Рис.1. Схеми досліджуваних моделей кільцевого фундаменту

Дані для розрахунку робочих поверхонь (бокових поверхонь та підшоши) для розглянутих моделей кільцевих фундаментів наведені в таблиці 1.

Таблиця 1 – Дані для розрахунку робочих поверхонь моделей кільцевих фундаментів

Співвідношення R/r	r (м)	R (м)	Площа бокових поверхонь, (м ²)	Відношення до БП круглого фундаменту	Площа вістря, (м ²)	Відношення до В круглого фундаменту	Сумарна робоча поверхня(м ²)	Відношення сумарних робочих поверхонь кільцевих фундаментів до круглих
0		0,132	0,04147	1	0,0547	1	0,09617	1
0,2	0,0264	0,132	0,0497	1,198	0,05255	0,96	0,1023	1,15
0,4	0,0528	0,132	0,05806	1,4	0,04598	0,84	0,10404	1,176
0,6	0,0792	0,132	0,06635	1,6	0,03503	0,64	0,10138	1,024
0,8	0,1056	0,132	0,0747	1,8	0,1972	0,36	0,09443	0,648

Для отримання оптимального співвідношення r/R залучено метод градієнтного спуску.

Результати досліджень свідчать, що найбільш оптимальним з точки зору несучої спроможності має бути кільцевий фундамент з $r/R=0,4$, оскільки має максимальну сумарну робочу поверхню.

З метою перевірки отриманих даних проведено розрахунок моделей круглого та кільцевих фундаментів, розміри яких наведено вище в табл. 1, за МГЕ з використанням пружно-пластичної моделі ґрунтової основи [2,3]. Дані розрахунків та порівняння з модельними експериментальними дослідженнями [4] наведено на рис. 3,4. Використана пружно-пластична модель дала основу для числового аналізу отримати дані прогнозного характеру деформування кільцевих фундаментів [2]. Оскільки розглянута задача нелінійна, при її розрахунку використано покроково ітераційний процес, адже крокова процедура була і залишається невід'ємною частиною скінченно-елементного аналізу. На кожному кроці вирішувалась лінійна задача методом пружних рішень А. А. Іллюшина.

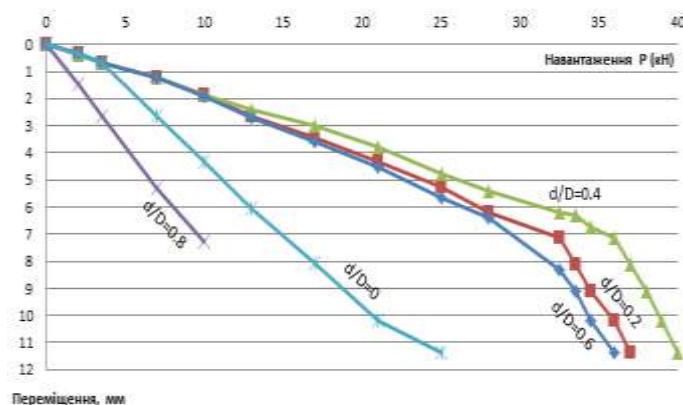


Рис. 1. Дані числового прогнозування за МГЕ несучої спроможності круглого та кільцевого фундаментів з однаковою площею контакту

МГЕ зводить розрахункову систему диференціальних рівнянь до інтегрального рівняння [3]:

$$C_{ij} \cdot U_{ij} + \int_{\Gamma} \rho_{ij}^* \cdot U_{ij} d\Gamma = \int_{\Gamma} U_{ij}^* \cdot \dot{\rho}_{ij} d\Gamma + \int_{S_2} \sigma_{ij}^* \cdot \varepsilon_{ij}^p d\Omega \quad (4)$$

При числовій реалізації (4) дискретизувалась лише поверхня фундаменту та ґрунту, границя розбивалась на ряд граничних лінійних елементів, очікувана зона деформацій основи дискретизувалась трикутними осередками.

Для прогнозування нелінійної поведінки дисперсних ґрунтів в роботі залучено теорію пластичної течії [3]. В якості поверхні текучості використано теорію міцності Мізеса-Шлейхера-Боткіна [2], що дає співвідношення між σ_m і σ_i на октаедричній площині.

Аналіз залежностей на рис. 3 дозволяє зробити висновок, що при однаковій площі контакту мінімальна несуча здатність притаманна кільцю з $d/D=0,8$, у якого, згідно табл. 1, сумарна робоча площа найменша. Максимальне значення несучої здатності має кільцевий штамп з $d/D=0,4$ (43 кН), його сумарна робоча площа (табл. 1) є найбільшою.

Співставлення числових та експериментальних даних дає хорошу кореляцію.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. ДБН В.2.1-10-2009 «Основи та фундаментиспоруд. Зміна №1».
2. Моргун А. С. Теорія пластичної течії в механіці ґрунтів. Монографія / А. С. Моргун. – Вінниця: ВНТУ, 2013. – 108 с. ISBN 978-966-641-525-0.
3. Бреббія К. Методы граничных элементов / К. Бреббія, Ж. Телес, Л. Вроубел. – М.: Мир, 1987. – 524 с.
4. Черкашин А. В. Экспериментальные исследования осадки круглых и кольцевых штампов на песчаном основании / А. В. Черкашин, С. И. Дружкин, В. М. Струлев. - Труды ТГТУ: сб. науч. ст. молодых ученых и студентов. – Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2007. – Вып. 20. – С. 224 – 228.

Рекомендовано кафедрою БМГА.

Моргун Алла Серафимівна— д-р техн. наук, професор, завідувач кафедри БМГА

Франчук Ольга Василівна— аспірант Вінницького національного технічного університету, м. Вінниця; e-mail: franchuk.bud@gmail.com.

Morgun Alla Serafymivna – Dr. Sc. , Professor, Head of Department of Construction, Urban Management and Architecture, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia;

Franchuk Olga Vasylivna – graduate student Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia; e-mail: franchuk.bud@gmail.com.