

Інноваційні технології проектування кільцевих фундаментів

Вінницький національний технічний університет

Анотація. В роботі викладено основи теоретичних розрахунків кільцевих фундаментів за числовим методом граничних елементів та наведено приклад розрахунку кільцевого фундаменту.

Ключові слова: кільцевий фундамент, метод граничних елементів.

Abstract. This article describes the theoretical bases of calculations circular foundations for numerical boundary element method and an example of calculating ring foundation.

Keywords: ring foundation, boundary element method.

Результати моніторингу осідань будівель показують значні розбіжності між фактичними і розрахунковими їх значеннями. Це пояснюється умовністю розрахункових схем, неврахуванням процесів зміцнення ґрунтів.

Міцність ґрунту суттєво залежить від траєкторії навантаження, початкової щільності, співвідношення девіаторної та шарової частини тензора напруг $T\sigma$, тобто з ефектами дилатансії та контрактансії. Тому розвиток і уточнення розрахункових моделей основ споруд є актуальним для сьогодення.

В зв'язку з цим в роботі приведено прогноз напружено-деформованого стану (НДС) фундаментної плити числовим МГЕ за дилатансійною моделлю, яка акумулює сучасні уявлення про роботу дисперсного середовища ґрунту.

Фундаментна конструкція має забезпечити міцність будівлі, а це вимагає найбільш точного прогнозу деформацій. Тому для проектування фундаментної плити корпусу їдальні та конференцзалу залучено програмний комплекс, який базується на МГЕ.

При розгляді тривимірної задачі пластичної поведінки ґрунтової основи споруди границя контакту фундаментної конструкції та ґрунту дискретизувалась 40 лінійними граничними елементами (ГЕ), а підвалини, де очікуються пластичні деформації, дискретизувались 142 внутрішніми осередками трикутної форми. Матричне співвідношення інтегрального граничного рівняння рівноваги для граничного вузла ξ_i має вигляд [1]:

$$NU = GP + DE^p \quad (1)$$

де $N = \int_{\Gamma} \rho^* \Phi d\Gamma$; $G = \int_{\Gamma} U^* \Phi d\Gamma$ – інтеграли по кожному граничному елементу бокової поверхні та нижньої поверхні, обраховуються по схемах числового інтегрування двовимірних квадратур Гауса [1], G – матриця впливу МГЕ; U^* , ρ^* – ядра граничного рівняння, матриці впливу Гріна, в дані роботі – це фундаментальні сингулярні розв'язки Р.Міндліна; Γ , ξ , x – відповідно границя, точка взбурення, точка нагляду; $D = \int_{\Omega} \sigma^* \Phi^T d\Omega$ – матриці D відповідають інтеграли, що включають непружні деформації.

Інтеграли по внутрішніх осередках ґрунту Ω обраховувались за схемою напіваналітичного інтегрування з використанням формул Хамера [2].

$$\int_{\Omega} \sigma^* \Phi^T d\Omega = \sum_{k=1}^K (\sigma^* \Phi^T)_k W_k I_k \quad (2)$$

де I_k – якобіан перетворення системи координат; W_k – вагові коефіцієнти методу Хамера.

Матриця впливу МГЕ (G) компонувалась згідно аналітичних рішень Р.Міндліна для пружного півпростору.

Таким чином, компоновка матриці впливу МГЕ дає можливість отримати жорсткість ґрунтової основи по всіх граничних елементах бокової поверхні та нижньої поверхні фундаментної конструкції.

Алгоритм розв'язання пластичної задачі базується на ітераційному способі накопичення приростів пластичних деформацій, основна ідея якого запропонована О. А. Іллюшиним.

В межах будівельного майданчика ґрунти (суглинки) мали подібні по генезису умови формування і близькі фізико-механічні характеристики шарів. Для розрахунку взято середньозважені характеристики шарів по даним чотирьох свердловин:

$$E=15,55 \text{ МПа}; \quad \nu=0,35; \quad C=27,81 \text{ кПа};$$

$$\varphi=19^\circ; \quad \rho=1,895 \text{ т/м}^3;$$

$$\rho^{\min}=1,2538 \text{ т/м}^3; \quad \rho^{\max}=2,0428 \text{ т/м}^3; \quad e=0,7952.$$

Фундаментна плита в числовому розрахунку розглядалась як однорідне циліндричне тіло, що не деформується, на яке діє вертикальне стискаюче навантаження.

В цілому характер розвитку деформацій ілюструє нелінійну залежність $\rho = f(s)$ після порушення природних структурних зв'язків суглинку. В першому варіанті розрахунку товщина фундаментної плити взята 0,3 м, що укладалась на ґрунт натурального закладання (рис. 1).

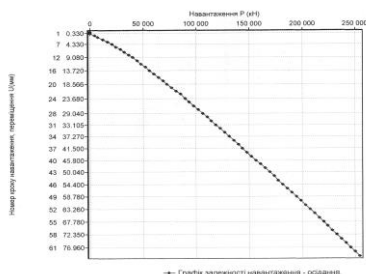


Рис. 1. Осідання фундаментної плити на ґрунті натурального закладання

З метою зменшення осідання будівлі було запропоновано покращити фізико-механічні показники ґрунтової основи підсіпкою 15 см щебеню. Середньозважений модуль деформацій за таких умов збільшився з 15,55 МПа до 24,47 МПа. Результати прогнозу при покращених показниках ґрунту зображені на рис. 2. Прогнозоване за МГЕ осідання будівлі складає 11 мм, що значно менше нормативно допустимого 8 см.

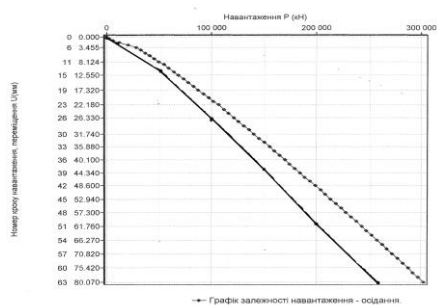


Рис. 2. Осідання фундаментної плити: а) на ґрунті зі щебеневою підсіпкою; б) на ґрунті натурального закладання

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Теорія пластичної течії в механіці ґрунтів: монографія / Моргун А.С.– Вінниця: 2013.– 108 с.
2. Моделювання ефекту взаємодії системи «будівля–фундамент–основа» за числовим методом граничних елементом / монографія / Моргун А.С., Меть І.М., Ніцевич А.В. – Вінниця: 2010.– 132 с.

Моргун Алла Серафимівна – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри факультету будівництва, теплоенергетики, газопостачання Вінницького національного технічного університету. м. Вінниця, alla@morgun.com.ua.

Франчук Ольга Василівна – аспірант Вінницького національного технічного університету.

Morgun Alla Serafimovna - PhD, Professor, head of the department of faculty building, heating, gas Vinnytsia National Technical University. Vinnytsya, alla@morgun.com.ua.

Franchuk Olga - post-graduate Vinnytsia National Technical University.