

ОПТИМІЗАЦІЯ ПЛИТНОГО ФУНДАМЕНТУ ВИСОТНОЇ БУДІВЛІ ЗА МЕТОДОМ ГРАНИЧНИХ ЕЛЕМЕНТІВ

Вінницький національний технічний університет

Анотація. В роботі наведено практичне опрацювання нової нелінійної технології розрахунку фундаментних конструкцій за числовим методом граничних елементів.

Ключові слова: напружено-деформований стан, метод граничних елементів, пластична течія ґрунту.

Annotation. In the article the practical elaboration of a new nonlinear technology for the calculation of foundation structures by the numerical method of boundary elements is given.

Key words: stress-deformed state, method of boundary elements, plastic flow of soil.

Вступ

В роботі проведено аналіз напрацьованих в механіці ґрунтів матеріалів з питання прогнозу поведінки плитних фундаментів, та з позицій механіки дисперсного середовища викладено уявлення про особливості їх поведінки під навантаженням. Теоретичні питання висвітлені в об'ємі, що дозволяє продумано підійти до оцінки роботи ґрунтів в основах фундаментів і проектування їх за межами пружності. Наведено методіку розрахунку цього конструктивного розв'язку фундаментів (плитних фундаментів будівлі) для висотних споруд за сучасними комп'ютерними технологіями на основі МГЕ з урахуванням можливості роботи системи «основа - плитний фундамент» в граничному стані, виявити резерви міцності. Прикладання числового МГЕ до розв'язків задач геомеханіки, процесу осідання основ та допустимих навантажень на них обґрунтовано теоретичними викладками, підкріплено та проілюстровано даними числового розрахунку.

Основна частина

Проведено визначення несучої спроможності плитного фундаменту висотної будівлі (рис. 2). Нелінійну роботу системи «плитний фундамент – основа» змодельовано з використанням сучасного числового МГЕ.

Для реалізації цього методу використано інтегральний синтез рівнянь рівноваги, геометричних та фізичних рівнянь і поведінка ґрунту під навантаженням описувалась інтегральним рівнянням, отриманим К. Бреббія [2,3]:

$$\left. \begin{array}{l} \sigma_{ij,j} + b_j = 0 \\ \varepsilon_{ij} = \frac{1}{2}(u_{i,j} + u_{j,i}) \\ \sigma_{ij} = C_{ijkl} \varepsilon_{kl} \end{array} \right\} \Rightarrow C_{ij}(\xi)u_j(\xi) + \int_{\Gamma} p_{ij}^*(\xi, x)u_j(x)d\Gamma(x) = \int_{\Gamma} u_{ij}^*(\xi, x)p_j(x)d\Gamma(x), \quad (1)$$

де $\sigma_{ij,j} + b_j = 0$ – статичні рівняння рівноваги;

$\varepsilon_{ij} = \frac{1}{2}(u_{i,j} + u_{j,i})$ – геометричні рівняння;

$\sigma_{ij} = C_{ijkl} \varepsilon_{kl}$ – фізичні рівняння середовища,

де u, p – шукані вектори переміщень та напружень на границі фундаментної конструкції; інтеграл по області Ω (Ω – активна зона навколо фундаментної основи) включає вектор пластичних деформацій ε_p ; Γ – границя досліджуваного об'єкта; u^*, p^* – сингулярні фундаментальні рішення Р. Мінділіна, що відповідають одиничним взбуджуючим впливам в півпросторі.

Основою числової реалізації МГЕ є перехід від функціональних інтегральних співвідношень до їх алгебраїчних аналогів. Для оцінки приходу граничного стану (початку порушення рівноваги між частинками ґрунту і його агрегатами, перехід ґрунту в стан пластичної течії) використано октаедричну теорію міцності та критерій текучості Мізера-Шлейхера-Боткіна [1,3,4]:

$$\tau_{окт} = f(\sigma_{окт}); f(\sigma_{окт}, \tau_{окт}) = 0 \quad (2)$$

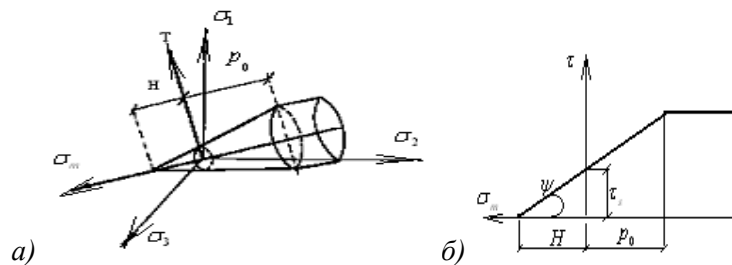


Рис. 1 – Критерій текучості Мізера-Шлейхера-Боткіна в координатах головних напружень (а), меридіональний переріз в площині гідростатичного тиску (б)

В першому варіанті розрахунку товщина фундаментної плити $H = 0.9$ м. Отриманий графік «навантаження-осідання» подано на рис. 2,а. Несуча спроможність склала 16000 кН. Різке зменшення реактивних тисків під краями фундаментної плити пояснюється тим, що ґрунт в крайніх зонах під плитою «пройшов» стадію дилатансійного зміцнення ($\Lambda < 0, V \downarrow$) і став роззміцнюватись ($\Lambda > 0, V \uparrow$). В цілому ж, роз зміцнення ґрунту під краями фундаментної плити компенсується його зміцненням в центральній частині, і в осіданні не проявляється не лінійності. Зони роззміцнення ґрунту зароджуються під краями фундаментної плити і з ростом навантаження розповсюджуються в сторони від фундаментної плити і в глибину основи під центр фундаментної плити. В деякий момент проходить замикання зон розуцільнення в єдину область. Цьому відповідає різке збільшення осідання при практично постійному навантаженні. Дане навантаження має назву граничного [1,3]. З метою оптимізації фундаментної конструкції в другому варіанті розрахунку висоту фундаментної плити зменшено до $H = 0.6$ м. Результати нелінійного прогнозування на рис. 2,б.

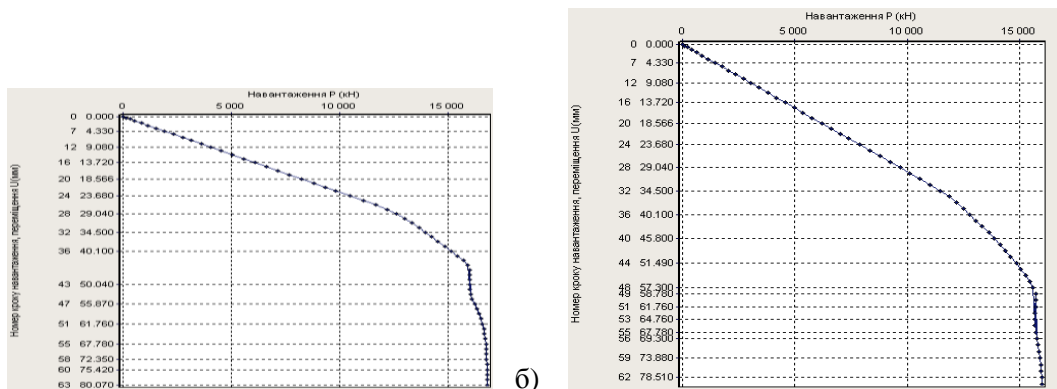


Рис. 2 – Графіки «навантаження-осідання» для фундаментної плити при: а) $H=0.9$ м., б) $H=0.6$ м.

Висновки

Реалізація поставленої задачі сприяє підвищенню продуктивності і якості проектування фундаментної конструкції, економії матеріалів і енергетичних ресурсів. Прогноз деформацій основ будівель є пріоритетною задачею механіки ґрунтів, особливо в сучасному будівництві при тисках в основах до 1 МПа.

Пружно-пластичний розрахунок основ за запропонованою математичною моделлю дозволив істотно якісніше за інженерні методи оцінити НДС ґрунтової основи будівельного майданчика та прийняти економічно ефективне проектне рішення по зменшенню висоти фундаментної плити.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Бойко І. П. Напружено – деформований стан ґрунтовогосмасиву при побудовіновихфундаментівпоблизуіснуючихбудинків // Основи і фундаменти. Міжвідомчийнауково – технічнийзбірник. / І.П. Бойко, В.О. Сахаров. – К.: КНУБА, 2004 – С. 3 – 10.
2. Бреббия К. Методы граничных элементов: пер. з англ. / К. Бреббия, Ж. Теллес, К. Вроубел. – М.: – Мир – 1988 – 523 с.
3. Моргун А.С. Деформативність ґрунту при пластичній формозміні та дилатансії: монографія / А. С. Моргун – Вінниця: ВНТУ, 2017, - 103 с.
4. Николаевский В. Н. Современные проблемы механики ґрунтов // Определяющие законы механики ґрунтов / В.Н. Николаевський. – М. Стройиздат, 1975 – С. 210 – 227.

Моргун Алла Серафимівна – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри будівництва, міського господарства та архітектури Вінницького національного технічного університету. e-mail: alla@morgun.com.ua

Задорожнюк Віолета Олегівна – аспірант ВНТУ

AllaSerafimivna - Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Construction, Urban Management and Architecture of VinnytsiaNationalTechnicalUniversity.

Zadorozhnyuk Violeta is a post-graduate student of VinnytsiaNationalTechnicalUniversity.