

ПРУЖНО-ПЛАСТИЧНІ АСПЕКТИ ДОСЛІДЖЕННЯ НДС КРУГЛИХ В ПЛАНІ ФУНДАМЕНТІВ ЗА МЕТОДОМ ГРАНИЧНИХ ЕЛЕМЕНТІВ

Вінницький національний технічний університет

Анотація. Розглянуто питання необхідності врахування підвищувального коефіцієнта до модуля деформацій ґрунту, отриманого на базі компресійних досліджень для лесових замкнених ґрунтів. Для визначення достовірності двох підходів проведено розрахунки за числовим методом граничних елементів (МГЕ) з використанням пружно-пластичної моделі осідань фундаментів силосів зерносховищ. Результати числових досліджень порівняно з розрахунком за методом скінчених елементів та експериментом.

Ключові слова: лесові ґрунти, напружено-деформований стан, метод граничних елементів.

Abstract. The need for taking into account up factor to the module ground deformations obtained on the basis of compression research for wet loess soils are considered in the report. To determine the reliability of the two approaches to determine the module ground deformations were calculated according to the numerical boundary element method using the elastic plastic model subsidence of grain silos foundations. Numerical research results are compared with the calculation according to the finite element method and the experiment.

Keywords: loessial soil, stress-strain state, method of boundary elements.

Оцінка міцності і деформативності ґрунтів диктується вимогами інженерної практики. В існуючих нормативних документах до модулів деформацій ґрунтів E , отриманих на базі компресійних досліджень, вводиться підвищувальний коефіцієнт m_k , який змінюється від 2 до 6 в залежності виду ґрунту та коефіцієнта пористості ґрунту e .

Підсумки тривалих геодезичних спостережень за осіданнями будівель на слабких ($E < 5$ МПа) лесоподібних замкнених ґрунтах вказують на те, що застосування підвищувальних коефіцієнтів m_k до таких ґрунтів є некоректним [1]. В роботі розглянуто актуальне питання визначення осідань споруд на лесових деградованих ґрунтах, подано результати моделювання за числовим МГЕ осідань металічних силосних корпусів (трьох типів: на 62300 кН; 38180 кН; 23700 кН зерна) циліндричної форми на слабких водонасичених лесоподібних супісках та суглинках потужністю біля 8 м [1]. Фундаменти – монолітні залізобетонні плити, діаметр поперечного перерізу 23,5 м; 18,4 м; 15,5 м на природній основі при глибині закладення 2,2 м.

Для описання складних та різноманітних процесів в ґрунтах вибір розрахункової моделі набуває визначального значення. В роботі використано модель пружно-пластичного середовища як таку, що найбільш точно характеризує нелінійні закономірності деформування ґрунту та дає можливість описати НДС ґрунту на всьому діапазоні зміни навантаження (рис.1).

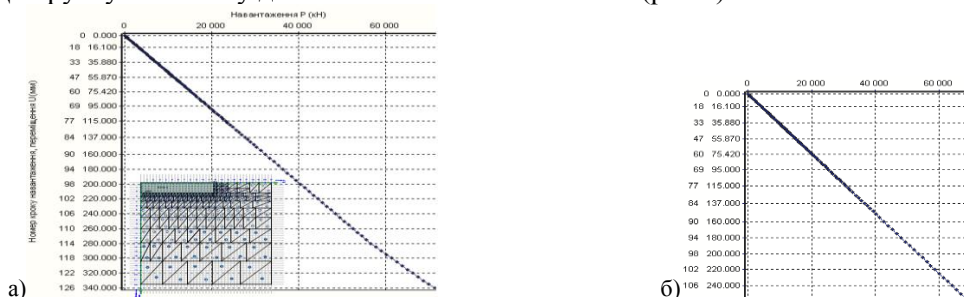


Рис. 1. Схема дискретизації активної зони навколо фундаментної плити та отримані за МГЕ графіки залежності «навантаження-осідання» металевого силосного корпусу діаметром 23,5 м: а) – при застосуванні підвищувального коефіцієнта m_k до модуля деформацій ґрунту E та б) – без нього

Пружна частина роботи ґрунту описується моделлю суцільного середовища, яка дозволяє використовувати апарат вищої математики неперервних функцій та залучати наявні рішення теорії пружності.

Рівняння стану, що використано в розрахунку, отримано К. Бреббія [2] при реалізації числового методу граничних елементів.

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

Для описання непружної частини деформацій ґрунту в якості фізичних рівнянь прийнято теорію пластичної течії, яка використовує окреме описання пружних і пластичних деформацій, а саме, неасоційований закон пластичної течії:

$$d\varepsilon_{ij}^p = \frac{\partial E}{\partial \sigma_{ij}}, F \neq f, \quad (2)$$

В якості критерій міцності взято октаедричну теорію Мізеса-Шлейхера-Боткіна.

Результати порівнянь осідань основ фундаментів зерносховищ за числовими методами МГЕ та МСЕ подано в таблиці 1.

Таблиця 1. Порівняння осідань фундаментів зерносховищ

Діаметр силосу	Вага силосу	Осідання заповнених зерном силосів (мм)			
		за МГЕ		за МСЕ [1]	
		без урахування m_k	з урахуванням m_k	без урахування m_k	з урахуванням m_k
d=23,5 м	62300 кН	309 мм	236 мм	315 мм	231 мм
d=18,4 м	38180 кН	305 мм	198 мм	297 мм	185 мм
d=15,5 м	23700 кН	231 мм	127 мм	237 мм	126 мм

Дані числового методу моделювання за МГЕ та МСЕ добре корелюються та підтверджують той факт, що при розрахунках осідань замкнених лесоподібних ґрунтів застосування підвищувальних коефіцієнтів m_k до результатів компресійних досліджень модуля деформацій ґрунту E не в повній мірі відображає реальну поведінку цих ґрунтів під навантаженням та приводить до занижених значень осідань споруд, що і підтверджується даними експериментальних досліджень [1]. Згідно даних спостережень за осіданнями зерносховищ після їх повного завантаження вже за перший рік експлуатації силосів зафіксовано розвиток осідань до 24...29 см [1]. Таким чином, при розрахунках лесових замкнених ґрунтів більш доцільним є неврахування m_k до модуля деформацій E .

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Червинський Я.Й. Дослідження технічного стану будівель та споруд при небезпечних геологічних процесах / Я.Й. Червинський, О.О. Петраков, М.Л. Зоценко, Ю.Л. Винников, В.А. Титаренко, В.Д. Шумінський, С.В. Степанчук, А.М. Дворник, Я.І. Домбровський // «Наука та будівництво». – К. : ДП НДІБК, 2014. – С. 17-24.
2. Бреббія К. Методи граничних елементів / К. Бреббія, Ж. Теллес, Л. Вроубел. – М. : Мир, 1987. – 525 с.
3. Моргун А.С. Нелінійні проблеми механіки ґрунтів / А.С. Моргун. – Вінниця, ВНТУ, 2016. – 122 с.

Моргун Алла Серафимівна – д-р техн. наук, професор, завідувач кафедри будівництва, міського господарства та архітектури, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: alla@morgun.com.ua;

Плясовиця Віталій Юрійович – здобувач, факультет будівництва, теплоенергетики та газопостачання, Вінницький національний технічний університет;

Малачковська Роксолана Ігорівна – аспірант, факультет будівництва, теплоенергетики та газопостачання, Вінницький національний технічний університет.

Morgun Alla S. – Dr. Sc., Professor, Head of the Department of Construction, Architecture and Municipal Economy, Vinnytsia National Technical University. Vinnitsa, e-mail: alla@morgun.com.ua;

Plyasovytsya Vitaliy Y. – applicant, Department of construction, heating and gas, Vinnytsia National Technical University;

Malachkovska Roksolana I. – post-graduate, Department of construction, heating and gas, Vinnytsia National Technical University.