

УДК 624.13

Барсукова С. О., аспірант спеціальності 131 Прикладна механіка

(Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна)

ОГЛЯД ЧИСЕЛЬНИХ МЕТОДІВ РОЗРАХУНКУ СТІЙКОСТІ УКОСІВ ТА СХИЛІВ

В останні роки у зв'язку з швидким удосконаленням програмного забезпечення чисельні методи розрахунку надають широкі можливості для моделювання стійкості ґрунтових укосів.

Найбільш ефективні з чисельних методів це метод кінцевих елементів, метод граничних елементів та метод дискретних елементів.

Але наразі у рішенні геомеханічних задач найчастіше використовується саме метод кінцевих елементів. Метод кінцевих елементів запозичений із будівельної механіки. Його суть полягає у тому, що виділяється деяка досліджувана область, яка розбивається на певні малі підобласті, достатні для того, щоб розглядати їхнє внутрішнє середовище, як однорідне та ізотропне. Дані підобласті називаються кінцевими елементами та взаємодіють між собою через вузлові сили та переміщення.

Основна ідея методу у тому, що переміщення внутрішніх точок кожного елемента пов'язуються з переміщеннями вузлів, що виражається функцією форми. Цю функцію необхідно підібрати таким чином, щоб задовольнити граничним умовам на контурі елемента і дотримуватися умов нерозривності деформацій [1, 2].

За допомогою методу кінцевих елементів можна реалізовувати різні критерії міцності опису геомеханічних процесів [3].

Критерії міцності, які використовуються в даний час при прогнозі міцності і стійкості ґрунтових укосів представлені в таблиці 1.

Таблиця 1

Перелік критеріїв міцності та формули, які їх описують

№	Критерій міцності	Формула, яка описує критерій міцності
1	Лінійний критерій міцності Кулона – Мора	$\tau = \sigma \times \operatorname{tg} \varphi + c$
2	Нелінійний критерій міцності О. Шашенко	$\tau = \sqrt{\sigma \times c \times \operatorname{tg}(\varphi) + c^2}$
3	Поліноміальний критерій міцності	$\left\{ \begin{aligned} \tau = f(\sigma_0) &\approx f(\sigma_0) + \frac{\partial f(\sigma_0)}{\partial \sigma_0} \times \frac{(\sigma - \sigma_0)}{1!} + \frac{\partial^2 f(\sigma_0)}{\partial^2 \sigma_0} \times \frac{(\sigma - \sigma_0)^2}{2!} = \\ &= a_0 + a_1 \times \sigma + a_2 \times \sigma^2; \\ a_0 &= f(\sigma_0) - \frac{\partial f(\sigma_0)}{\partial \sigma_0} \times \sigma_0 + \frac{\partial^2 f(\sigma_0)}{\partial^2 \sigma_0} \times \sigma_0^2; \\ a_1 &= \frac{\partial f(\sigma_0)}{\partial \sigma_0} - \frac{\partial^2 f(\sigma_0)}{\partial^2 \sigma_0} \times \sigma_0; a_2 = \frac{\partial^2 f(\sigma_0)}{\partial^2 \sigma_0} \times \frac{\sigma_0^2}{2} \end{aligned} \right.$

У вище наведених формулах наступні позначення:

τ – руйнуюче дотичне напруження,

Матеріали XI Міжнародної науково-технічної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «МОЛОДЬ: НАУКА ТА ІННОВАЦІЇ», 22-24 листопада 2023 р.

σ – вертикальне навантаження на ґрунтовий зразок,
 φ і c – матеріальні константи (відповідно кут внутрішнього тертя і питоме зчеплення) критеріїв міцності Кулона-Мора і О. Шашенко, що підлягають визначенню,
 $f(\sigma)$ – експериментальна функціональна залежність руйнівного напруження τ від нормального тиску σ ,

σ_0 – напруження, що відповідає природному стану (іншими словами, напруження, в околі якого виконується апроксимація),

a_0 , a_1 і a_2 – матеріальні константи поліноміального критерію міцності [4].

Використання цих критеріїв міцності в сучасних прогнозах стійкості і міцності ґрунтових укосів є ключовим елементом для розв'язання завдань геотехнічної інженерії.

Список використаних джерел:

1. Chen Z. The limit analysis for slopes: Theory, methods and application / Z. Chen // Slope Stability Engineering: Proceedings of the international symposium on slope stability engineering – is Shikoku'99, 11, November, 1999, Shikoku, Japan. – Rotterdam: A. A. Balkema, 1999. – Vol.1. – P. 15-29

2. Chowdhury, R.N. Theoretical landslide studies and unresolved issues: International Symposium on Landslides, Proceedings, 7-11, April, 1980, New Delhi, India. – Meerut: Sarita Prakashan, 1980. – Vol.3. –P. 172- 174.

3.URL:https://sp.nmu.org.ua/d_08.080.04/Prychyna/%D0%94%D0%B8%D1%81%D0%B5%D1%80%D1%82%D0%B0%D1%86%D1%96%D1%8F_%D0%9F%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B8%D0%BD%D0%B0_%D0%9A%D0%A1.pdf

4. Ковров О.С. Моделирование та прогноз зсувонебезпечних ситуацій в урочищі Тонельна балка м. Дніпропетровська / О.С. Ковров // Техногенні катастрофи : моделі, прогноз, запобігання: 3-міжнар. научн.-техн. конф. 22-24 травня, 2013р. – Д: Національний гірничий університет, 2013.