

СЕКЦІЯ БУРІННЯ ТА ГЕОЛОГІЇ

УДК 627.21.001.63

*Ю.Л. Винников, д.т.н., професор
А.В. Бондар, аспірант
А.Р. Новоженіна, студентка гр. 301-НЗ
Національний університет
«Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»
А. Аніскін, к.т.н., доцент
Університет North, Вараждін, Хорватія*

МОДЕЛІ МЕХАНІКИ АНІЗОТРОПНИХ ГІРСЬКИХ ПОРІД

Якщо властивості зразка гірської породи чи ґрунту не залежать від його просторової орієнтації в масиві, то її називають ізотропною. У протилежному випадку породу вважають анізотропним. Думка про невиправданість поширення гіпотези ізотропності гірських порід і можливість використання їх анізотропної моделі в геотехнічних задачах розвинена в роботах Б. Амадея, Л. Бардена, І.П. Бойка, М.Н. Гольдштейна, М.Ф. Друкованого, А. Казагранде, В.В. Ковтуна, Ю. Лока, Д. Магнана, А.Ф. Полака, Х. Сіда, С.Й. Цимбала, Г.І. Черного, О.В. Школи, Л.М. Шутенка, В.Б. Швеця, Н.С. Швець та ін. [1].

Природна анізотропія характерна для гірських порід різного генезису, зокрема магматичних з кристалічною структурою, осадових зі сланцюватою чи шаруватою текстурою й метаморфічних з дислокаційним метаморфізмом (за однобічного стиснення порід). У гірських порід осадового походження природна анізотропія, зокрема, притаманна глинистим відкладам водного (особливо морського, озерного) походження, лесів, стрічкових глин [2].

Проектувальника звичайно цікавить різниця механічних властивостей породи за різними напрямками, або так звана механічна анізотропія (наприклад, деформаційна анізотропія, анізотропія міцності, анізотропія набухання), а іноді різниця фільтраційних властивостей, або фільтраційна анізотропія. Анізотропію механічних властивостей ґрунтів пояснюють їх упорядкованою структурою з пріоритетною паралельною орієнтацією часток за якимось напрямом. У кожній точці масиву для всіх напрямків досліджень α характеристик відносно горизонтальної площини при близьких коефіцієнтах варіації значення механічних характеристик породи зручно подавати у вигляді годографів чи їх квадрантів, які є графічним представленням залежностей значень механічних характеристик від кута α . Однак, на практиці в аналітичних розрахунках, у т. ч. математичному моделюванні, найбільш апробованою є модель ортотропного середовища.

Для оцінювання напружено-деформованого стану (НДС) масивів при утворенні фундаментів ущільнення та їх наступній роботі використано

комплекс, у якому реалізовано рішення вісесиметричної задачі методом скінчених елементів (МСЕ) кроково-ітераційними методами у фізично й геометрично нелінійній постановці з представленням ґрунту ізотропним чи ортотропним середовищем [3]. Зокрема, при моделюванні МСЕ для ґрунту кожного шару в якості вихідних параметрів необхідно призначати:

– початкові жорсткості – залежно від ознаки урахування анізотропії. В разі представлення ґрунту ізотропним матеріалом параметри жорсткості задають у вигляді початкового модуля деформації та коефіцієнта Пуассона ν . При представленні ґрунту ортотропним середовищем за характеристики жорсткості приймають модулі деформації E_r , E_θ , E_z і відповідні їм коефіцієнти Пуассона $\nu_{r\theta}$, ν_{rz} , $\nu_{\theta z}$. Можливе прийняття й гіпотези трансверсально-ізотропного тіла. У цьому випадку: $E_\theta = E_r$, $\nu_{\theta z} = \nu_{rz}$;

– залежність модуля деформації від об'єму (чи пористості) ґрунту $E_i/E_o = f(V_i/V_o)$ у вигляді аналітичного виразу чи таблиці. Для першого етапу цю залежність задають для швидкості прикладення навантаження, що відповідає технології влаштування основи чи фундаменту, а для другого – статичного навантаження;

– залежність опору ґрунту зрушенню від нормального напруження $\tau = f(\sigma)$;

– питому вагу ґрунту γ .

Зокрема, шляхом такого моделювання доведено, що для випадків, коли значення коефіцієнтів анізотропії ґрунту суттєво відрізняються від одиниці, точність оцінювання НДС основ може бути підвищена використанням в їх моделі співвідношень ортотропного чи трансверсально-ізотропного середовища.

Доведено також можливість уточнення вертикальних деформацій ортотропного ґрунтового середовища шляхом застосування апробованого аналітичного методу пошарового підсумовування, зокрема, врахуванням: змінності модуля деформації ґрунту в усьому діапазоні тиску, який сприймає основа при навантаженні; коефіцієнта β_z за міцністю ґрунту; деформаційної анізотропії ґрунтів; закономірностей зміни величини модуля деформації ґрунту за глибиною масиву під фундаментами і в межах штучних основ, що зводяться з ущільненням ґрунту.

Література

1. Amadei B. *Rock anisotropy and the theory of stress measurements* / B. Amadei. – Berlin: Springer, 1983. – 478 p.
2. Vynnykov Yu.L. *Practical problems of anisotropic soil mechanics: Monograph* / Yu.L. Vynnykov, A. Aniskin. – Varazdin: University North, Croatia, 2019. – 157 p.
3. Винников Ю.Л. *Математичне моделювання взаємодії фундаментів з ущільненими основами при їх зведенні та наступній роботі: Монографія* / Ю.Л. Винников. – Полтава: ПолтНТУ імені Юрія Кондратюка, 2016. – 280 с.