



УКРАЇНА

(19) UA (11) 59066 (13) U
(51) МПК (2011.01)
G01N 33/24

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

видається під
відповідальність
власника
патенту

(54) СПОСІБ УРАХУВАННЯ ЗМІНИ З ГЛИБИНОЮ ХАРАКТЕРИСТИК МІЦНОСТІ НЕОДНОРІДНОГО ҐРУНТОВОГО ПІВПРОСТОРУ

1

2

(21) u201001714

(22) 18.02.2010

(24) 10.05.2011

(46) 10.05.2011, Бюл.№ 9, 2011 р.

(72) ЦИХАНОВСЬКИЙ ВАЛЕНТИН КОСТЯНТИ-
НОВИЧ, ПРУСОВ ДМИТРО ЕДУАРДОВИЧ

(73) НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
(НАУ)

(57) Спосіб урахування зміни з глибиною характеристик міцності неоднорідного ґрунтового півпростору, що включає використання існуючих напівемпіричних методів, проведених за допомогою лабораторних експериментів моделювання ґрунтового простору, за якими визначають початковий модуль деформації, який **відрізняється** тим, що визначають шість незалежних констант рівнянь стану, вводять коефіцієнт відношення модулів деформації відносно напрямів у площині ізотропії та ортогональному до неї, та отримують чотири незалежні технічні константи рівнянь стану, визначають переміщення в ґрунтах, та приймають співвідношення в рівняннях стану, при умові, що пе-

реміщення в ґрунтах є мало чутливими до коефіцієнтів Пуассона, прийнятої моделі поперечної анізотропії, які мають лише три незалежних константи, з урахуванням, що аргумент глибини півпростору фактично визначає гідростатичний тиск, та приймають наступну залежність модуля загальної деформації E_0 від глибини:

$$E_{(z)} = K_s E_0; K_s = K_U \sqrt{\gamma z},$$

де $E_{(z)}$ – скориговане значення модуля загальної деформації E_0 в залежності від глибини через коефіцієнт K_s ,

K_U – коефіцієнт умов роботи ґрунтового півпростору,

γz – аргумент глибини півпростору – гідростатичний тиск,

причому залежність є новим співвідношенням моделювання багатошарових ґрунтових систем з урахуванням впливу поперечної анізотропії та неоднорідності на міцнісні характеристики ґрунтів та їх залежність від глибини.

Корисна модель належить до галузі дослідження та аналізу матеріалу ґрунту, а також механіки ґрунтів, а саме методології моделювання неоднорідного ґрунтового півпростору.

Спосіб урахування зміни з глибиною характеристик міцності неоднорідного ґрунтового півпростору може бути використаний при проектуванні об'єктів промислового, цивільного і транспортного будівництва в умовах тісної міської забудови у складних геологічних умовах.

Як прототип використані існуючі напівемпіричні методи [2, 3, 4], які свідчать, що початковий модуль деформації, отриманий за допомогою лабораторних експериментів, значно зростає із збільшенням щільності та є приблизно пропорційним гідростатичному тиску. Крім того виявлено, що на величину зміни модуля деформації з глибиною ґрунтового півпростору впливає неоднорідність шарів ґрунтового масиву - взаємодія окремих шарів багатошарової системи за відсутністю урахування тертя між ними [1, 5, 6].

Відхилення складу ґрунтового масиву від ізотропного тіла пояснюється наявністю в ньому шаруватості, а саме значної різниці у властивостях ґрунтів у вертикальному напрямку та практично відсутність різниці у горизонтальній площині, тобто має місце поперечна анізотропія, що достатньо точно може бути описана за допомогою закону Гука для матеріалу з трансверсальною ізотропією.

При розв'язанні задач визначення стану рівноваги та полів напружень всередині ґрунтового масиву на основі співвідношень теорії пружності і пластичності отримують недостатньо достовірні результати, а розрахунки деформацій за допомогою сучасних методів викликає сумніви в їх достовірності, про що свідчать незбігання з експериментальними даними.

Пропонується спосіб моделювання ґрунтового півпростору на основі нової модифікованої моделі урахування неоднорідності та анізотропних властивостей багатошарового півпростору при відсутності тертя між окремими шарами, що впливає на

(13) U

(11) 59066

(19) UA

міцнісні характеристики ґрунту, а також побудована на цьому способі методика розрахунку в закритичному стані ґрунтових відкосів при взаємодії з огорожувальними конструкціями з урахуванням геометричної та фізичної нелінійності у постановці задачі на основі теорії нелінійної механіки ґрунтів, нелінійної теорії пружності, методів нелінійного програмування та методу скінченних елементів.

В рівняннях стану є шість незалежних констант, а саме:

E' — модуль деформації у напрямі площини ізоотропії,

E — модуль деформації у напрямі, нормальному до площини ізоотропії,

ν_1 — коефіцієнт Пуассона, що характеризує поперечний стиск в площині ізоотропії та розтяг у цієї ж площині,

ν_2 — те ж, при розтягу у напрямі, нормальному до площини ізоотропії,

G' — модуль зсуву для площини ізоотропії,

G — модуль зсуву для площини, що перпендикулярна до площини ізоотропії.

На основі результатів емпіричних методів та з урахуванням малості деформацій (у випадку нелінійної теорії пружності враховують малість приростів деформацій) вводять коефіцієнт відношення модулів деформації відносно напрямів у площині ізоотропії та ортогональному до неї:

$$n = \frac{E'}{E}; E' = nE$$

де n — коефіцієнт відношення модулів деформації; E' — модуль деформації у площині ізоотропії; E — модуль деформації в ортогональній площині.

В рівняннях стану незалежних технічних констант буде чотири:

$$E, \nu_1, \nu_2 \text{ і } n.$$

де n — коефіцієнт відношення модулів деформації; ν_1 — коефіцієнт Пуассона у площині ізоотропії; ν_2 — коефіцієнт Пуассона в ортогональній площині.

На основі експериментальних досліджень і аналізу залежностей для основної задачі механіки ґрунтів роблять висновок, що напруження в ґрунтах є досить чутливими до вказаного співвідношення, та є мало чутливими до співвідношення коефіцієнтів Пуассона, крім того переміщення також є мало чутливими до коефіцієнтів Пуассона. Отже приймають співвідношення:

$$\nu_1 = \nu_2 = \nu,$$

де ν_1 — коефіцієнт Пуассона у площині ізоотропії; ν_2 — коефіцієнт Пуассона в ортогональній площині; ν — середній коефіцієнт Пуассона.

Тоді рівняння стану прийнятої моделі поперечної анізотропії будуть мати лише три незалежних константи:

$$E, \nu \text{ і } n.$$

де E — модуль деформації; ν — коефіцієнт Пуассона; n — коефіцієнт відношення модулів деформації.

За рекомендаціями багатьох досліджень [5] для того, щоб задовольнити умовам сумісності деформацій для ізоотропного середовища, модуль

деформації повинен змінюватись з глибиною у відповідності до закону:

$$E = E_1 z^\lambda; \lambda = \frac{1}{\nu} - 2,$$

де E — модуль деформації ґрунту; z — глибина; E_1 — модуль деформації ґрунту при $z=1$; λ — функція коефіцієнту Пуассона; ν — коефіцієнт Пуассона.

При таких обмеженнях напівемпіричні залежності між напруженнями і деформаціями відповідають умовам теорії пружності.

При різних значеннях λ маємо різні залежності модуля деформації за глибиною ґрунтового багат шарового масиву:

$\lambda=0$ — відповідає постійному значенню

$$E_{(z)} = \text{const};$$

$\lambda=1$ — відповідає лінійній залежності

$$E_{(z)} = E_1 z;$$

$\lambda=0,5$ — відповідає залежності $E_{(z)} = E_1 \sqrt{z}$;

$\lambda=1,5$ — відповідає залежності $E_{(z)} = E_1 \sqrt{z^3}$;

На основі вищевикладених даних, що пов'язані з впливом умов гідростатичного тиску та багат шаровості ґрунтового масиву після значного числа проведених чисельних досліджень та експериментів приймають наступні залежності модуля загальної деформації E_0 від глибини. Вважають, що середній коефіцієнт Пуассона для розв'язку плоских задач в ґрунтовому просторі може бути $\nu \approx 0,4$. Тоді:

$$\lambda = \frac{1}{0,4} - 2 = \frac{1}{2}; E_{(z)} = E_0 \sqrt{z}$$

де $E_{(z)}$ — скоригований за глибиною модуль деформації ґрунту; E_0 — початковий модуль деформації ґрунту; z — глибина.

Аргумент глибини півпростору фактично визначає гідростатичний тиск — $\gamma \cdot z$, таким чином остаточно приймають:

$$E_{(z)} = K_s E_0; K_s = K_U \sqrt{\gamma z}$$

при $z \leq 2 K_s = 1$,

де $E_{(z)}$ — скориговане значення модуля загальної деформації E_0 в залежності від глибини через коефіцієнт K_s , K_U — коефіцієнт умов роботи ґрунтового півпростору; $\gamma \cdot z$ — аргумент глибини півпростору (гідростатичний тиск).

З урахуванням реалізації запропонованої моделі поперечної анізотропії шарів багат шарового півпростору для задач взаємодії ґрунтового масиву з огорожувальними конструкціями глибоких котлованів на основі чисельних експериментів встановлено

$$K_U = 1,0 \dots 1,75,$$

тобто при $\lambda=1/2$, $k_s=1; 1,5; 1,75$, та побудовані графіки корекції функції модулів загальної деформації $E_0(z)$, що наведені на Фіг. Характер кривих має яскраво виразну параболічну залежність, починаючи з точки $z=2,0$ м. Для конструкцій огорожень глибоких котлованів більш прийнятним діапазоном змін функції $E(z)$ є діапазон при $5 \dots 1,75$ (криві 1, 2 відповідно), для звичайних підпірних стін висотою більше 6,0 м рекомендується викори-

стовувати залежність $k_u = 1$ за графіком кривої "3". Пунктирною лінією показаний графік лінійної залежності збільшення $E_0(z)$ з глибиною, отриманий на основі експериментальних даних.

Відомості, які підтверджують можливість здійснення винаходу.

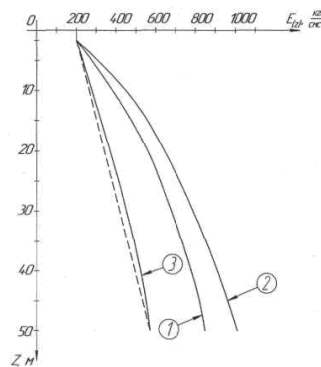
Як приклад застосування корисної моделі була розглянута контрольно-тестова задача розрахунку на міцність і стійкість класичної конструкції підпірної стінки з похилою передньою стінкою та вертикальною задньою стінкою з монолітного бетону та проведені Розв'язок задачі розрахунку конструкції підпірної стінки полягав у розрахунку на міцність бетонної конструкції; розрахунку на стиск, зсув та згин; розрахунку на стійкість; розрахунку на перекидання відносно ребра "а" та визначення коефіцієнту запасу. Всі розрахунки виконані аналітично та чисельно на основі запропонованої методології із використанням викладеного підходу. Відповідно до кожного з варіантів отримані результати розрахунків та проведений порівняльний аналіз результатів інженерного і чисельного розрахунків конструкції підпірної стінки. Характери розрахунків за цими варіантами практично не якісно, але відрізняються кількісно.

Спосіб урахування зміни з глибиною характеристик міцності неоднорідного ґрунтового півпростору був застосований у розв'язанні задачі стійкості багат шарового ґрунтового масиву при взаємодії з конструкціями огороження глибокого котловану та основою існуючої будівлі. Розрахункова схема та дискретна модель включали в себе багат шаровий ґрунтовий простір, складений з 7 горизонтальних шарів у відповідності з конкретною геологією, а також включення конструкцій огорожень котловану, фундаментів існуючих споруд та порожнин. Побудовані графіки залежності $E(z)$ від глибини ґрунтового півпростору $z=0\ldots 50\text{м}$ при $E_0=200\text{ кг/см}^2$; $k_u=1$; 1,5; 1,75; питома вага ґрунту

$\gamma_0=0,0017\text{ кг/см}^2$. Проведений аналіз результатів двох варіантів розрахунку ґрунтового півпростору: з урахуванням корекції E_0 , та без урахування корекції E_0 . Аналіз отриманих результатів досліджень закритичного стану рівноваги багат шарового ґрунтового масиву при його взаємодії з огорожувальними конструкціями глибоких котлованів при спорудженні нових будівель в умовах тісної міської забудови за наявності поряд розташованих існуючих споруд підтверджує, що розроблені нові співвідношення моделювання ґрунтів з урахуванням впливу поперечної анізотропії та неоднорідності багат шарових систем на основі нелінійної теорії пружності і пластичності з урахуванням критерію текучості на основі розширеного критерію текучості Мізеса дозволяють отримувати достатньо достовірний характер взаємодії ґрунтів з огорожувальними конструкціями котлованів та уточнити величини внутрішніх зусиль в огорожувальних конструкціях при наявності стабілізуючих, укріплюючих та інших елементів з метою забезпечення уточнених розрахунків стійкості ґрунтових масивів.

Джерела інформації

1. Гольдштейн М.Н. Механические свойства грунтов - М.: Стройиздат, 1973.-93 с.
2. Лехницкий С.Г. Теория упругости анизотропного тела. - М.: Наука. Глав. ред. физ.-мат. лит., 1977.-415 с.
3. Маслов Н.Н. Основы инженерной механики грунтов и геологии. - М.: Высшая школа, 1982.-511с.
4. Терцаги К. Теория механики грунтов. М.: Гостройиздат, 1961.- 160с.
5. Харр М.Е. Основы теоретической механики грунтов. - М.: Изд-во лит. по стр-ву, 1971. - 320 с.
6. Цытович Н.А. Механика грунтов. - 4ое изд. Перер., доп. - М.: Высшая шк., 1983. - 636 с.



Функції зміни модуля загальної деформації ґрунту з глибиною $E_0(z)$ при $\lambda=1/2$: 1 - $K_u=1,5$; 2 - $K_u=1,75$; 3 - $K_u=1$.

Фіг.