

## **ВПЛИВ ПОХИБОК ВИМІРУ ФІЗИЧНИХ І ДЕФОРМАЦІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ҐРУНТУ НА ДОСТОВІРНІСТЬ ВИЗНАЧЕННЯ СТИСЛИВОСТІ ОСНОВИ**

*Проаналізовано похибки, які виникають при визначенні фізичних і деформаційних характеристик ґрунту за результатами компресійних випробувань.*

*Ключові слова:* модуль деформації, стисливість, компресійне випробування ґрунту, похибка.

## **ВЛИЯНИЕ ПОГРЕШНОСТЕЙ ИЗМЕРЕНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ И ДЕФОРМАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ГРУНТА НА ДОСТОВЕРНОСТЬ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СЖИМАЕМОСТИ ОСНОВАНИЯ**

*Проанализированы погрешности, возникающие при определении физических и деформационных свойств грунта по результатам компрессионных испытаний.*

*Ключевые слова:* модуль деформации, сжимаемость, компрессионное испытание грунта, погрешность.

## **EFFECT OF ERRORS OF MEASUREMENT OF PHYSICAL AND DEFORMATION PROPERTIES OF SOIL FOR CREDIBILITY DETERMINATION COMPRESSIBILITY FOUNDATION**

*The error analysis was performed that arise in determining the physical properties of soil deformation and the results of the compression tests.*

*Keywords:* deformation modulus, compressibility, compression test of soil, error.

**Вступ.** Лабораторні випробування ґрунтів є найбільш поширеними при проектуванні будівель і споруд. Однак до їх суттєвих недоліків можна віднести недостатню достовірність визначення деформаційних характеристик. З'ясуванню причин цього недоліку може допомогти аналіз сучасних методик визначення деформаційних властивостей ґрунту.

**Огляд останніх джерел досліджень і публікацій.** Модуль деформації  $E$  розраховують за результатами компресійних випробувань окремих зразків ґрунту [1 – 3], та при визначенні величини модуля деформації ґрунтової основи не враховується вплив пористості цих зразків на величину  $E$  [4]. Підвищення значення похибки при призначенні розрахункової характеристики стисливості ґрунту  $E$  викликано також грубою градацією коефіцієнта  $\beta$ , який залежить від бічного розширення ґрунту, а також застосування теорії пружності до ґрунтів [5 – 7].

**Виділення не розв'язаних раніше частин загальної проблеми.** Ряд геотехніків указують на недостатню достовірність величин деформаційних

характеристик ґрунту [8 – 10], зокрема через похибки визначення фізичних і деформаційних характеристик його зразків.

Тому за мету прийнято аналіз причин недостатньої достовірності параметрів стисливості ґрунтів за їх лабораторними випробуваннями.

**Основний матеріал і результати.** Похибки фізичних властивостей легких пилуватих суглинків визначено за даними 350 вимірів при їх компресійних випробуваннях. Зразки відібрано з глибин 2 – 10 м.

Результати визначення похибок виміру коефіцієнтів пористості  $e_0$  зразків ґрунту подано в таблиці 1, а середні величини похибок визначення фізичних характеристик ґрунту зведено в таблицю 2.

**Таблиця 1. Похибки визначення коефіцієнтів пористості зразків ґрунту**

Глибина відбору, м	Початковий коефіцієнт пористості $e_0$	Похибки виміру коефіцієнтів пористості			
		початкові		в процесі випробувань	
		абсолютні $\Delta e_0$	відносні $\Delta e_0/e_0*100\%$	абсолютні $\Delta e_p$	відносні $\Delta e_p/e_p*100\%$
2	0,857	0,0169	2,15	0,018	2,23
4	0,939	0,018	2,08	0,0191	2,19
6	0,938	0,0182	2,09	0,0193	2,14
8	0,851	0,0168	2,16	0,0179	2,18
10	0,855	0,0168	2,16	0,0179	2,23
Середні знач.	0,888	0,0173	2,13	0,0184	2,19

**Таблиця 2. Середні значення похибок визначення фізичних характеристик**

№ з/п	Найменування фізичних характеристик ґрунту	Одиниця виміру	Середнє значення	Абсолютна похибка	Відносна похибка
1	Щільність ґрунту	г/см <sup>3</sup>	1,63	0,01	0,64
2	Щільність сухого ґрунту	г/см <sup>3</sup>	1,43	0,01	0,71
3	Вологість ґрунту	д.о.	0,139	0,001	0,55
4	Початковий коефіцієнт пористості	д.о.	0,888	0,017	2,13
5	Коефіцієнт пористості при компресійних випробуваннях	д.о.	0,841	0,018	2,19

З них видно, що похибки вимірювання фізичних характеристик ґрунту майже не впливають на значення характеристик, котрі визначають за їх окремими зразками. Відносні похибки визначення щільності  $\rho$  й вологості  $w$  ґрунту не перевищують 1%, а коефіцієнта пористості  $e_0$  – 2%. Отже, точність визначення фізичних характеристик ґрунту не може бути причиною недостатньої достовірності його деформаційних властивостей.

Для визначення впливу похибок вимірювання на деформаційні характеристики зразків ґрунту виконано відповідний аналіз. На величину коефіцієнта стисливості  $m_0$  впливає похибка виміру, що дорівнює різниці похибок визначення коефіцієнтів пористості при зміні тиску. Похибка

визначення відносного коефіцієнта стисливості  $m_v$  зразка ґрунту незначна, тому що його величина залежить від похибок визначення коефіцієнта стисливості  $m_o$  й початкової пористості  $e_o$  зразка ґрунту.

За розрахункову деформаційну характеристику ґрунту прийнято його модуль деформації  $E$ , який залежить від відносного коефіцієнта стисливості  $m_v$  і безрозмірного коефіцієнта  $\beta$ . Коефіцієнт  $\beta$ , що залежить від бічного розширення ґрунту, приймають за нормами [1]: 0,74 для супісків; 0,63 для суглинків; 0,40 для глин. Абсолютна похибка значень  $\Delta\beta$  при цій градації дорівнює 0,085. Відносна похибка при середній величині коефіцієнта  $\beta=0,63$  складає 13,5%, що відбивається на похибці визначення модуля деформації. Похибки визначень деформаційних властивостей для 150 зразків ґрунту за їх компресійними випробуваннями зведено в таблицю 3.

**Таблиця 3. Похибка вимірів при визначенні параметрів стисливості ґрунту**

Глибина відбору, м	Коефіцієнт стисливості $m_o$		Відносний коефіцієнт стисливості $m_v$		Модуль деформації $E$	
	Похибки виміру					
	абсол. $\Delta m_o$	відн. $\Delta m_o/m_o\%$	абсол. $\Delta m_v$	відн. $\Delta m_v/m_v\%$	абсол. $\Delta E$	відн. $\Delta E/E\%$
2	0,0011	3,8	0,00075	4,7	7,2	18,2
4	0,0011	3,2	0,00075	4,1	6	17,6
6	0,0011	6	0,00069	6,9	14,4	20,4
8	0,0011	6,7	0,00068	7,6	14,7	21,1
10	0,0011	4,5	0,00073	5,4	8,8	18,9
Середні значення похибок	0,0011	4,8	0,00072	5,7	10,2	19,2

Відносна похибка вимірів при визначенні коефіцієнта стисливості складає до 5%, а відносного коефіцієнта стисливості – до 6%, що вказує на високу точність компресійних випробувань. Але ж похибка визначення модуля деформації зразків ґрунту, викликана похибкою коефіцієнта  $\beta$ , досягає 20%. Похибка визначення деформаційних характеристик зразків за компресійними випробуваннями, внесена вимірюваннями, не перевищує 6% величини характеристик. Це вказує на достатньо високу точність визначення величин деформаційних характеристик, котрі отримують за результатами компресійних випробувань окремих зразків ґрунту.

Однак на достовірність оцінювання стисливості основи впливають не лише похибки вимірювання при компресійних випробуваннях, але й фізична суть деформаційної характеристики. На величину  $E$ , крім коефіцієнта  $\beta$ , впливає пористість зразків, що не враховується при розрахунку модуля деформації основи. Зразки ґрунтів, відібрані навіть з одного моноліту, мають значне розходження в коефіцієнтах пористості, що відповідно впливає на розкид величин модуля деформації ґрунту й у свою чергу знижує достовірність визначення модуля деформації основи [10]. На

зниження достовірності впливає й застосування до стисливості ґрунтів теорії пружності, відображеної у вигляді модуля деформації  $E$ .

**Висновки.** Отже, аналізом похибок, які виникають при визначенні фізичних і деформаційних властивостей ґрунту за даними компресійних випробувань, доведено, що похибки суттєво не впливають на похибки деформаційних параметрів зразків ґрунту. Головна причина зниження точності визначення деформаційних характеристик основи закладена в методиці відображення стисливості ґрунтів через модуль деформації  $E$ , на значення якого впливають чинники, не пов'язані зі стисливістю ґрунту.

#### Література

1. ДСТУ Б В.2.1-4-96 (ГОСТ 12248-96). Ґрунти. Методи лабораторного визначення характеристик міцності і деформативності. – К.: Державний комітет України з будівництва та архітектури, 1997. – 101 с.
2. *Механіка ґрунтів. Основи та фундаменти: підручник* / В.Б. Швець, І.П. Бойко, Ю.Л. Винников, М.Л. Зоценко, О.О. Петраков, В.Г. Шаповал, С.В. Біда. – Дніпропетровськ: Пороги. – 2012. – 196 с.
3. *Mechi, J. Geotechnical Engineering Examples and Solutions Using the Cavity Expanding Theory* / J. Mechi. – Budapest: Hungarian Geotechnical Society, 2013. – 221 p.
4. ДСТУ Б В.2.1-5-96 (ГОСТ 20522-96). Ґрунти. Методи статистичної обробки результатів випробувань. – К.: Державний комітет України з будівництва та архітектури, 1996. – 14 с.
5. Корниенко, Н.В. Влияние сил трения на результаты компрессионных испытаний лессовых грунтов / Н.В. Корниенко, А.В. Пятков // *Основания и фундаменты*. – 1989. – Вып. 22. – С. 38 – 40.
6. Винников, Ю.Л. Пропозиції щодо уточнення розрахунку осідань основ методом поширеного підсумовування / Ю.Л. Винников, А.В. Яковлев // *Будівельні конструкції: міжвід. наук.-техн. зб.* – К.: НДІБК, 1999. – Вып. 51. – С. 445 – 453.
7. Горбунов-Посадов, М.И. Определение значения модуля деформации по величине простейших грунтовых характеристик / М.И. Горбунов-Посадов, С.И. Синельников // *Основания и фундаменты: науч.-техн. бюл. НИИОСП*. – М., 1958. – № 21. – С. 46 – 49.
8. Тугаенко, Ю.Ф. Модуль деформации в механике грунтов, методы его определения и их достоверность / Ю.Ф. Тугаенко // *Вісник Одеської держ. акад. буд-ва та арх-ри. Основи та фундаменти*. – Одеса, 2009. – Вып. 34. – С. 538 – 545.
9. Винников, Ю.Л. Проблеми визначення модуля деформації замкнених лесоподібних ґрунтів / Ю.Л. Винников // *Збірник наукових праць (галузеве машинобуд., буд-во) / Полтав. нац. техн. ун-т ім. Юрія Кондратюка*. Вып. 3 (28). – Полтава: ПолтНТУ, 2010. – С. 62 – 68.
10. Корниенко, Н.В. О неоднородности лессовых грунтов в пределах одного образца / Н.В. Корниенко, В.Е. Киреев // *Основания и фундаменты*. – К.: Будівельник, 1981. – Вып. 14. – С. 40 – 42.

Надійшла до редакції 23.09.2013  
© Н.А. Косточка