

А. С. Моргун, д. т. н., проф.; О. О. Єжов

ДОСЛІДЖЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ АЛЮВІАЛЬНИХ СУГЛИНКІВ ДЛЯ ГЕОТЕХНІЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ОСНОВ

У статті досліджено визначення модуля деформації алювіального суглинка в стані його повного водонасичення, побудовано компресійну криву, вираховано коефіцієнт ущільнення.

Ключові слова: геомеханічні процеси, ґрунт, стиснення, модуль деформацій, компресійні дослідження.

Вступ

Проблема оцінки несучої спроможності основ фундаментів є визначальною під час практичного проектування. Вона постає ще важливішою для будівництва на сьогодні, коли відбувається перехід до великомасштабних плитних і плитно-пальових фундаментних конструкцій, контактне напруження з ґрунтами в яких сягає 1 МПа.

Достовірність прогнозу розвитку геомеханічних процесів у ґрунтових основах споруд пов'язана з необхідністю визначення дійсних вхідних параметрів вибраної моделі ґрунтів. Як відомо, стисливість ґрунту виражається через модуль деформацій E . Розрізняють компресійний модуль деформацій, що визначається за даними досліджень ґрунту без можливості його бокового розширення і вільний модуль деформації E , який визначають в умовах порівняно вільного розширення, ґрунту (наприклад, під час досліджень ґрунту штампом). В обох випадках величина модуля деформацій є величиною змінною, яка залежить від навантаження.

Постановка завдання, визначальні співвідношення

Для визначення модуля деформацій ґрунту в лабораторних умовах використовуються компресійні прилади (одометри, прилади тривісного стиску), у яких зразок ґрунту стискується без можливості бокового розширення. Модуль деформацій вираховують на вибраному інтервалі тисків $\Delta p = p_2 - p_1$ графіка досліджень (рис. 1) за формулою:

$$E = (1 + e_0) \cdot \beta / \alpha, \quad (1)$$

де e_0 – початковий коефіцієнт пористості ґрунту, β – коефіцієнт, що враховує відсутність поперечного розширення ґрунту в приладі, визначається залежно від коефіцієнта поперечного розширення Пуассона ν чи коефіцієнта бокового тиску $\xi (\nu = \frac{\xi}{1 + \xi})$ (таблиця 1), α – коефіцієнт ущільнення – кількісна характеристика можливості ґрунту ущільнюватися в умовах неможливості бокового розширення. Чисельно він дорівнює тангенсу кута нахилу прямої в заданому інтервалі тисків p_1 і p_2 (ущільненого питомого навантаження), рис. 1:

$$\alpha = \frac{e_1 - e_2}{p_2 - p_1}, \quad (2)$$

Інтервал тисків $p_2 - p_1$ обирається щоразу залежно від умов поставленого завдання. Тиск p_1 (МПа) відповідає природному (тиску від ваги ґрунту); p_2 (МПа) – очікуваний тиск під подошвою фундаменту; e_1, e_2 – коефіцієнти пористості, що відповідають тискам p_1 і p_2 .

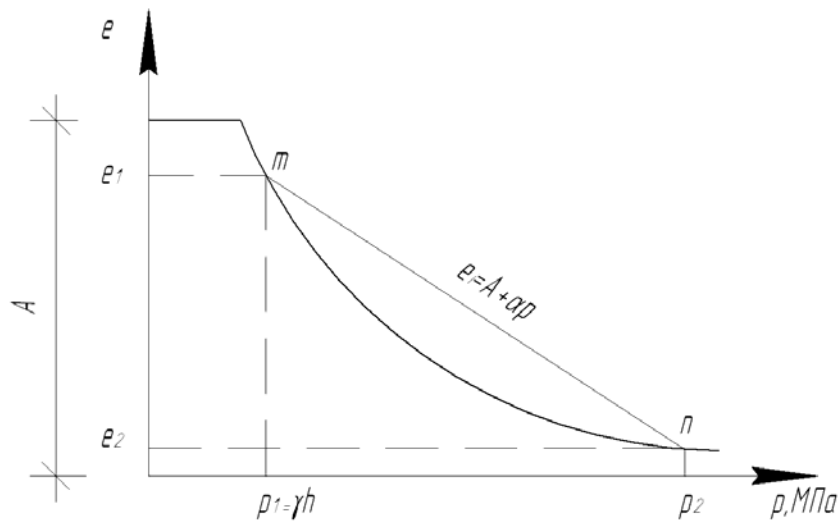


Рис. 1. Крива дослідження ґрунту на стиск у компресійному приладі

Таблиця 1

Середнє значення коефіцієнта Пуассона ν і коефіцієнта β

Ґрунт	ν	$\beta = \frac{1 - 2 \cdot \nu^2}{1 - \nu}$ $\beta = \frac{(1 - \xi) \cdot (1 + 2\xi)}{1 + \xi}$
крупнооблаковий	0,27	1,17
пісок і супісь	0,3	0,74
суглинок	0,35	0,62
глина	0,42	0,4

Значення E за компресійними дослідженнями для всіх ґрунтів, окрім сильно стислих, виявляються заниженими, особливо для глинистих ґрунтів, тому в розрахунках осадок ці дані потрібно коригувати на основі зіставлення досліджень цього ж ґрунту в польових умовах штампом. Для четвертинних супісєй, суглинків, глин в (1) можна ввести коригуючий коефіцієнт "m" [2] до компресійного модуля деформацій:

$$E = \frac{m \cdot (1 + e_0) \cdot \beta}{\alpha} \tag{3}$$

Для проведення розрахунків найнадійніші значення модуля загальної деформації ґрунту отримують за результатами польових досліджень ґрунтів пробним статичним навантаженням.

У практиці інженерно-геологічних досліджень модуль загальної деформації визначається в діапазоні напружень 0,1 – 0,3 МПа чи 0,1 – 0,2 МПа (верхня межа визначається тиском під подошвою фундаменту). Досліди проводять у шурфах жорсткими штампами площею $A = 2500 - 5000 \text{ см}^2$ чи у скважині площею штампу $A = 600 \text{ см}^2$. За результатами досліджень будують графік залежності осідання штампа S від тиску p (рис. 2).

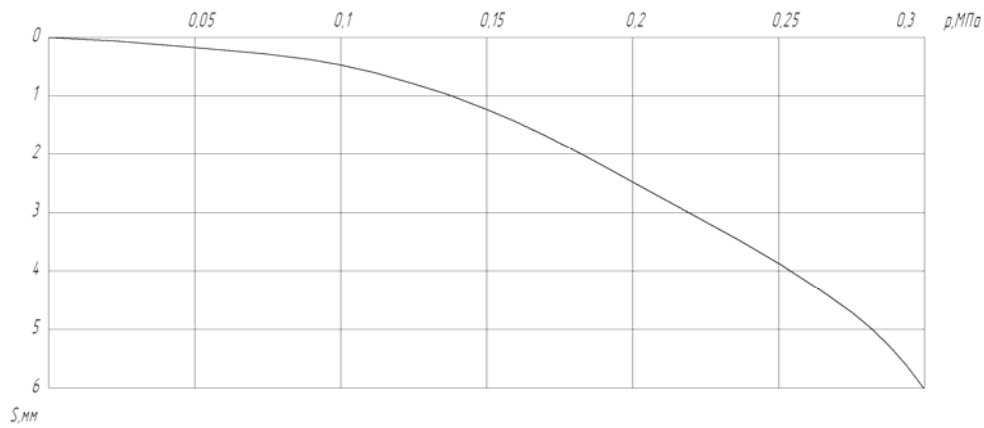


Рис. 2. Графік залежності осідання штампа S від тиску p

Модуль у цьому разі оцінюється за нахилом вітки кривої залежності "p – S" для області стиснення за формулою:

$$E = (1 - \nu^2) \cdot \omega \cdot b \cdot \frac{\Delta p}{\Delta S}, \quad (4)$$

де ω – безрозмірний коефіцієнт, що залежить від жорсткості штампа і форми його підшви, b – діаметр чи ширина штампа, Δp – приріст тиску по підшві штампа в межах прямолінійної ділянки графіка $S = f(p)$, ΔS – приріст осідання прямої, що відповідає Δp .

За межу прямолінійної ділянки графіка (при виборі Δp) приймається ступінь навантаження, за якої приріст осідання у 2 рази більший, ніж за попередній ступінь.

У сучасних ДБН [1] висунуто вимогу визначення модуля деформацій ґрунту залежно від величини тисків. У роботі проведено дослідження визначення E алювіального суглинку в стані його повного водонасичення, побудовано компресійну криву виду $e = f(p)$, обраховано коефіцієнт ущільнення α та модуль деформацій E (табл. 2). Початкова висота зразка $h_0 = 30 \text{ мм}$, питома щільність суглинку $\rho_0 = 2,7 \frac{\text{м}}{\text{м}^3}$, початкова вологість суглинку $W = 25\%$,

його об'ємна вага $\gamma_w = 20,1 \frac{\text{м}}{\text{м}^3}$. При початковій вологості вага зразка $q_1 = 361,8 \text{ г}$. При

компресійному дослідженні реєстрацію величини деформації визначаємо за індикатором. Питомий тиск p прикладався рівними значеннями: 100, 200, 300, 400 кПа (1, 2 вертикаль у табл. 2).

Початкове значення коефіцієнта пористості

$$e_0 = w \cdot \rho_0 \cdot 1 = 0,25 \cdot 2,7 \cdot 1 = 0,675. \quad (5)$$

Коефіцієнт пористості (рис. 3) після ущільнення під навантаженням визначаємо:

$$e_i = e_0 - \varepsilon \cdot (1 + e_0), \quad (6)$$

де ε – відносне осідання зразка по вертикалі (3), табл. 2; e_0 – початковий коефіцієнт пористості.

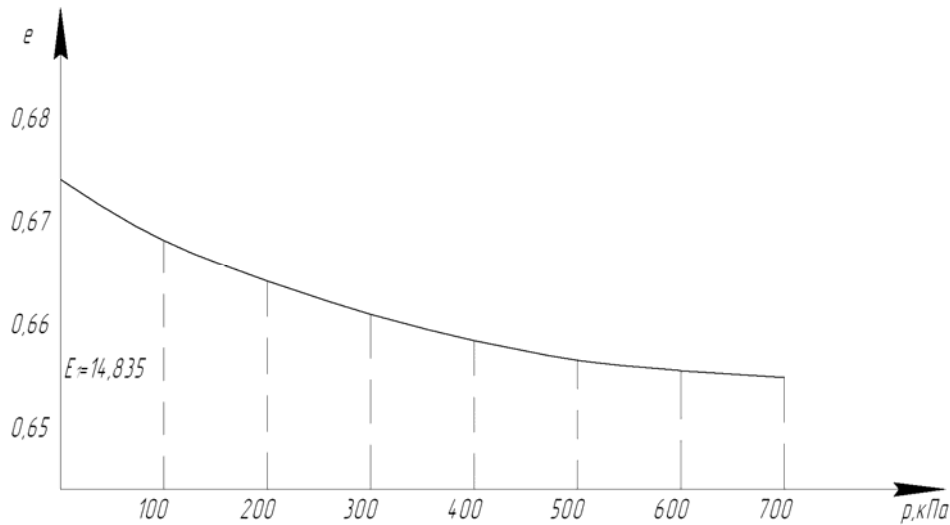


Рис. 3. Компресійна крива виду $e = f(p)$ розрахована за показниками індикатора

Модуль деформацій E в таблиці 2 визначено за наведеним вище алгоритмом (формули 1, 2, табл. 1).

Таблиця 2

Побудова компресійної кривої e_0 , коефіцієнта ущільнення α_i та модуля деформації E_i

Питомий тиск p , кПа	Повна осадка за індикатором Δh , мм	Відносна осадка $\varepsilon = \frac{\Delta h}{h_0}$	Коефіцієнт пористості $e_i = e_0 - \varepsilon \cdot (1 + e_0)$	Межі питомих тисків P , МПа	Коефіцієнт ущільнення α_i	Модуль деформацій E_i , кПа
1	2	3	4	5	6	7
0	0	0	0,675			
100	0,12	0,04	0,670	0-0,1	0,00007	14835,7
200	0,19	0,0063	0,607	0,1-0,2	0,00004	24962,5
300	0,23	0,0077	0,6645	0,2-0,3	0,0000253	41007
400	0,26	0,0087	0,66277	0,3-0,4	0,0000173	59005
500	0,29	0,0097	0,6613	0,4-0,5	0,0000146	71000
600	0,31	0,0103	0,66005	0,5-0,6	0,0000126	82421
700	0,32	0,0107	0,659	0,6-0,7	0,0000107	96700

За ДБН [1] нормативне значення модуля деформацій алювіального суглинку складає 22 МПа. На рис. 4 – отримані значення E за компресійними дослідженнями при різних тисках на ґрунт.

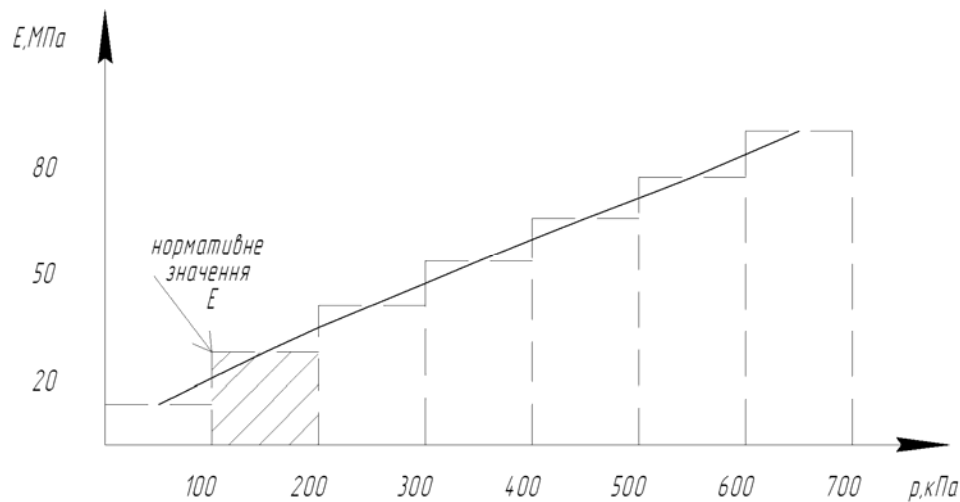


Рис. 4. Модуль деформацій за компресійними дослідженнями

Висновок

Модуль деформацій ґрунту – змінна величина, яка залежить від параметрів стиснення ґрунту, у різних межах тисків має різне значення, у нелінійних розрахунках має бути векторною величиною. Значення модуля деформації за компресійними дослідженнями для всіх ґрунтів (крім сильностислих) виявилися заниженими, особливо для глинистих ґрунтів, тому в розрахунках осадок ці дані потрібно коригувати на основі зіставлення досліджень цього ж ґрунту в польових умовах штампом.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. ДБН В.2.1-10-2009 Основи та фундаменти споруд. Основні положення проектування. К.; 2009. – 80 с.
2. СНиП 2.02.01-83. Основація зданий сооружений. – М.: Стройиздат, 1985. – 40 с.

Моргун Алла Серафимівна – д. т. н., професор кафедри промислового та цивільного будівництва, e-mail: alla@proft.com.ua.

Єжов Олексій Олександрович – студент кафедри промислового та цивільного будівництва.

Вінницький національний технічний університет.