

МЕХАНІКА ҐРУНТІВ ТА ФУНДАМЕНТИ

УДК 681.3:624.044:624.15

ВИЗНАЧЕННЯ ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ ГЕОЛОГІЧНОЇ СИТУАЦІЇ ОСНОВИ

А.С. Моргун, А.В. Ніцевич, І.М. Меть, О.Е. Тимошенко

Вступ

В останній час спостерігається явна тенденція посилення ролі теоретичних досліджень у фундаментобудуванні. Сучасна методика проектування основ заснована на ідеї, що опір основи має перебільшувати напруження, які в них розвиваються без надмірних запасів міцності. Тому при вирішенні практичних задач фундаментобудування виникає необхідність якомога точніше оцінити міцність ґрунтів, вивчити їх напружено-деформований стан. Вирішення цих задач пов'язане з необхідністю розгляду питання про фізико-механічні властивості ґрунтової основи, які є визначальними вхідними параметрами сучасних розрахунків. Числові показники властивостей ґрунтів мають прикладне значення, вони об'єктивно характеризують ґрунт як будівельний матеріал в його природному стані, в якому він знаходиться на будівельному майданчику.

Ґрунт – це мінерально-дисперсне середовище, тверді частинки якого або не мають зв'язків між собою, або мають зв'язки, яким властива значно менша міцність, ніж міцність частинок. Загальноприйняті дослідження основних властивостей ґрунтів не потребують спеціальних теоретичних обґрунтувань. Та результати досліджень властивостей ґрунтів дуже необхідні для розв'язку більшості питань, що вивчає механіка ґрунтів.

Постановка задачі, визначальні співвідношення

Обмежена достовірність результатів досліджень при аналізі ґрунтів є темою багатьох дискусій, тому інженери, що використовують дані цих визначень мають враховувати цю обставину. Вхідних параметрів ґрунту – велика кількість, вони змінні, залежать від складної історії утворення основи. Жоден будівельний матеріал не має такого різноманіття будівельних властивостей як ґрунт.

Досить часто реальна неоднорідність ґрунту не виявляється в результатах інженерно-геологічних вишукувань, оскільки в довільному шарі ґрунту його характеристики мають як горизонтальну так і вертикальну зональність. Якщо всі характеристики однакові в довільних точках маси даного ґрунту, то останній рахують однорідним. Та однорідних ґрунтів в природі не буває, але всі теоретичні положення відносно роботи ґрунту виходять з такого припущення, і відносяться до деякого умовного ідеального ґрунту, будь-яка характеристика якого може рахуватись середньою для натурального ґрунту.

При значних відхиленнях характеристик в різних точках маси ґрунту середнє значення цих характеристик може залишатись незмінним. Такі відхилення, як відомо, називаються "дисперсією", а середні значення їх – "статистичною середньою". Кількість зразків має бути достатньою для обґрунтованого визначення надійних середніх характеристик ґрунту.

Вибір задовільної для будівництва ґрунтової основи – одна із головних проблем будь-якого будівництва. Враховуючи змінність і складну природу ґрунту ця проблема будівництва потребує ретельного вивчення. Значна частина питань закладена в самій природі ґрунту. Дуже часто у будівельників немає вибору при призначенні основ для будівлі і потрібно рахуватись з тими властивостями, які притаманні ґрунту будівельного майданчика та використовувати ґрунт в природному стані. При стисканні ґрунту відбувається безперервне перегрупування його частинок, йде поступовий процес дренажу (витіснення із пор води і повітря), стиснення скелету, води, повітря і передача напружень на скелет ґрунту. Скелет ґрунту та вода, будучи практично нестискаємими, не можуть здійснити під навантаженням значного впливу на зменшення об'єму зразка ґрунту. Тому є сенс віднести явище зменшення об'єму ґрунту на рахунок витіснення води та повітря із пор.

Із вище сказаного можна зробити висновок, що здатність ґрунту стискатись в малій мірі визначається стискаємністю матеріалу, з якого складається скелет. Вірогідніше – це функція рухомості цього матеріалу, тобто залежить від жорсткості скелету ґрунту, яка в свою чергу

залежить від структурних зв'язків та розміщення часток ґрунту, а в дрібнозернистих ґрунтах – від степені зв'язності окремих частинок. Відносно зміщення частинок ґрунту після зняття тиску не призводить до відновлення початкового положення (мають місце залишкові пластичні деформації).

Деформації частинок (зерен) ґрунту – пружні. Найбільш повне уявлення про роботу і стан ґрунту дають його фізико-механічні характеристики.

Згідно трифазової моделі К. Терцагі (1925) ґрунт складається із скелету та пор, які можуть бути заповнені водою рис. 1.

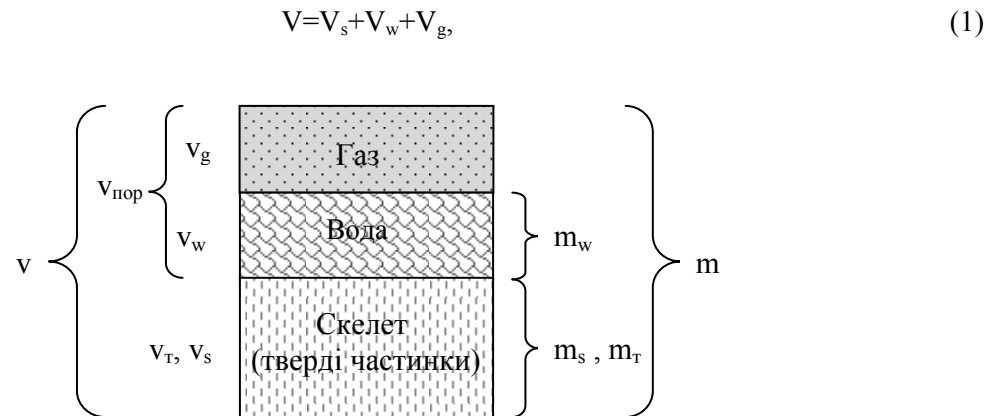


Рис. 1. Графічна схема ґрунту як трифазної системи (спрощена ідеальна модель К. Терцагі)

Рис. 1 розглядається як наглядна схема, оскільки в дійсності такого розподілу не буває, та при ознайомленні з окремими складовими (фазами) ґрунту таке наглядне зображення надає суттєву допомогу.

В механіці ґрантів отримало широке розповсюдження співвідношення об'ємів, до числа яких відносяться:

пористість
$$n = \frac{V_{пор}}{V} = \frac{\rho_s - \rho_{dry}}{\rho_s} 100\%, \quad (2)$$

ступінь вологості
$$Sr = \frac{V_w}{V_{пор}} = \frac{(\rho_s - \rho_{dry})}{V_{пор} \cdot 1}, \quad (3)$$

коефіцієнт пористості
$$e = \frac{V_{пор}}{V_s} \quad (4)$$

Коефіцієнт пористості e знаходить широке вживання завдяки тому, що при стисненні зразка ґрунту знаменник (V_s) залишається незмінним. Масу зразка (проби) ґрунту позначено на рис. 1 – m , масу скелету – m_s , масу води – m_w . Співвідношення цих мас складає вологість ґрунту

$$W = m_w / m_s. \quad (5)$$

Основними показниками фізичних властивостей ґрунту, що визначаються експериментально із монолітів, які відбираються в процесі інженерно-геологічних вишукувань, є:

- щільність ґрунту (маса одиниці об'єму ґрунту)

$$\rho = \frac{m}{V}; \quad (6)$$

- щільність твердих частинок ґрунту (маса одиниці об'єму твердої складової ґрунту), визначається

лабораторним способом

$$\rho_s = \frac{m_s}{V_s}; \quad (7)$$

– вологість ґрунту

$$W = \frac{m_w}{m_s}. \quad (8)$$

Решта показників фізичних властивостей ґрунтів визначаються розрахунком на базі основних показників. Показники щільності ґрунту ρ, ρ_s, ρ_{dry} свідчать про потенційну можливість ущільнення ґрунту. Щільність сухого ґрунту

$$\rho_{dry} = \frac{\rho}{(1 + W)}. \quad (9)$$

При визначенні критичних значень коефіцієнта пористості e та щільності ρ в контейнер (рис. 2) насилають ґрунт в самому рихлому стані. По мірі ущільнення ґрунту висота зразку з h^{\max} зменшиться до h^{\min} в момент максимального ущільнення ґрунту. За умови, що $V_{пор}=0$, висота зразка стає h_0 . В процесі ущільнення зразку дуже важко визначити, чи досягнуто межі максимально можливого ущільнення. Для орієнтованої перевірки можна скористатись формулою [2]:

$$h^{\min} = h_0 \frac{2h^{\max} - h_0}{h^{\max}}. \quad (10)$$

Для визначення мінімальної та максимальної щільності зразка ґрунту можна скористатись даними експериментальних досліджень, поданих на рис. 2 [1-3].

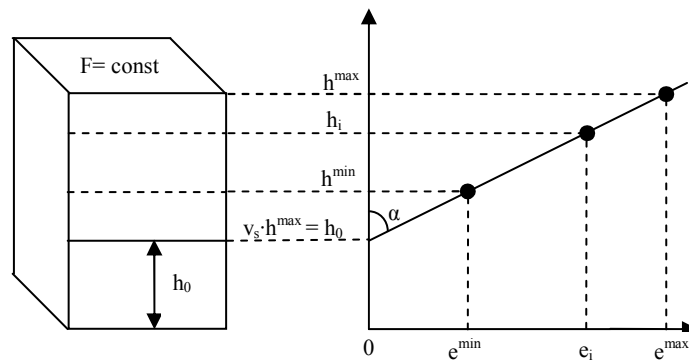


Рис. 2. Визначення критичних величин щільності ґрунту ρ та коефіцієнта пористості ґрунту e

$$\rho^{\min} = \frac{m}{F \cdot h^{\max}}; \quad \rho^{\max} = \frac{m}{F \cdot h^{\min}}; \quad e^{\min} = \frac{h^{\min} - h_0}{h_0}; \quad e^{\max} = \frac{h^{\max} - h_0}{h_0}. \quad (11-14)$$

Об'єм пор в одиниці об'єму

$$V_{\text{пор}} = \frac{e}{1+e}, \quad (15)$$

Об'єм твердих частинок в одиниці об'єму

$$V_s = \frac{1}{1+e}. \quad (16)$$

Для прикладу, з метою отримання фізичних характеристик двох ґрунтів (пісок) було взято 2 зразки з непорушеною структурою та із збереженням вологості. Об'єм кожного зразка $V = h \times F = 10 \times 100 = 1000 \text{ см}^3$.

Маса першого зразка $m_1 = 2,13 \text{ кг}$. Маса другого зразка $m_2 = 1,75 \text{ кг}$. Щільність зразків: $\rho_1 = 2,13 \frac{\text{м}}{\text{м}^3}$, $\rho_2 = 1,75 \frac{\text{м}}{\text{м}^3}$. Після висихання зразків: $m_1 = 1,82 \text{ кг}$, $m_2 = 1,44 \text{ кг}$, $\rho_{\text{dry}1} = \frac{m_1}{V} = \frac{1,82}{1000} = 1,82 \frac{\text{м}}{\text{м}^3}$, $\rho_{\text{dry}2} = \frac{m_2}{V} = \frac{1,44}{1000} = 1,44 \frac{\text{м}}{\text{м}^3}$.

Питома вага зерен піску, визначена пікнометром $\gamma_n = 2,65 \frac{\text{м}}{\text{м}^3}$ в обох.

Вологість піску в природному стані:

$$\omega_1 = \frac{2,13 - 1,82}{1,82} 100 = 17,04\%, \quad \omega_2 = \frac{1,75 - 1,44}{1,44} 100 = 21,6\%.$$

Пористість піску в природному стані:

$$n_1\% = \left(1 - \frac{1,82}{2,65}\right) 100 = 31,3\%, \quad n_2\% = \left(1 - \frac{1,44}{2,65}\right) 100 = 45,7\%.$$

Об'єм пор в одиниці об'єму піску (в 1 м^3) $V_{\text{пор}1} = 0,313 \text{ м}^3$, $V_{\text{пор}2} = 0,457 \text{ м}^3$.

Об'єм твердих частинок $V_s = V_m = 1 - V_{\text{пор}}$:

$$Vm_1 = 1 - V_{\text{пор}1} = 1 - 0,313 = 0,687 \text{ м}^3, \quad Vm_2 = 1 - V_{\text{пор}2} = 1 - 0,457 = 0,543 \text{ м}^3, \text{ або}$$

$$Vm_1 = \frac{\rho_{\text{dry}}}{\rho_s} = \frac{1,82}{2,65} = 0,687 \text{ м}^3.$$

$$\text{Коефіцієнт пористості } e = \frac{V_n}{V_m}: \quad e_1 = \frac{0,313}{0,687} = 0,456, \quad e_2 = \frac{0,457}{0,543} = 0,841.$$

Ступінь вологості: $S_{r,1} = \frac{\rho - \rho_{\text{dry}}}{1 \cdot V_{\text{пор}}} = \frac{2,13 - 1,82}{1 \cdot 0,313} = 0,99$; ґрунт знаходиться в стані повного водонасичення; $S_{r,1} = \frac{1,75 - 1,44}{1 \cdot 0,45} = 0,68$, тобто ґрунт сирий.

Для визначення e^{min} , e^{max} потрібно насипати зразок ґрунту в контейнер в самому рихлому стані.

Нехай для другого зразка ми маємо той самий об'єм:

$$V = 1000 \text{ см}^3 = h_{\max} \cdot F = 10 \cdot 100. \quad h_0 = V_S \cdot h = 0,543 \cdot 10 = 5,43 \text{ см}.$$

$$e^{\max} = \frac{h_{\max} - h_0}{h_0} = \frac{10 - 5,43}{5,43} = 0,841, \quad h_{\min} = h_0 \cdot \frac{2h_{\max} - h_0}{h_0} = 5,43 \cdot \frac{2 \cdot 10 - 5,43}{5,43} = 7,91 \text{ см};$$

$$e^{\min} = \frac{h_{\min} - h_0}{h_0} = \frac{7,91 - 5,43}{5,43} = 0,456.$$

Для зразка №1 $h_0 = 0,687 \cdot 10 = 6,87 \text{ см}$; об'єм в рихлому стані $V = 1264 \text{ см}^3$; $h_{\max} = 12,64 \text{ см}$ ($F = 100 \text{ см}^2$); $h_{\min} = 6,87 \cdot \frac{2 \cdot 12,64 - 6,87}{6,87} = 10 \text{ см}$, ґрунт в зразку №1 знаходиться в самому щільному стані.

$$e^{\max} = \frac{h_{\max} - h_0}{h_0} = \frac{12,64 - 6,87}{6,87} = 0,84 = e; \quad e^{\min} = \frac{h_{\min} - h_0}{h_0} = \frac{10 - 6,87}{6,87} = 0,456$$

Для зразка №1

$$\rho^{\min} = \frac{m}{F \cdot h_{\max}} = \frac{2,13 \text{ кг}}{100 \text{ см}^2 \cdot 12,64 \text{ см}} = 1,685 \frac{\text{м}}{\text{м}^3}; \quad \rho^{\max} = \frac{m}{F \cdot h_{\min}} = \frac{2,13 \text{ кг}}{100 \text{ см}^2 \cdot 10 \text{ см}} = 2,13 \frac{\text{м}}{\text{м}^3}.$$

Для зразка №2

$$\rho^{\min} = \frac{1,75 \text{ кг}}{100 \text{ см}^2 \cdot 10 \text{ см}} = 1,75 \frac{\text{м}}{\text{м}^3}; \quad \rho^{\max} = \frac{1,75 \text{ кг}}{100 \text{ см}^2 \cdot 7,91 \text{ см}} = 2,212 \frac{\text{м}}{\text{м}^3}.$$

Отримані дані можна використовувати в теоретичних розрахунках основ як вхідні параметри, вони характеризують геологічну ситуацію ґрунтової основи.

Висновки

- Показники властивості породи мають прикладне значення та грають роль числових вхідних параметрів і саме вони визначають ступінь надійності і точності виконуваних розрахунків по теоретичному передбаченні стисливості ґрунтових основ.
- Проведено систематизацію та отримано залежності для фізикомеханічних характеристик ґрунтів, які слугують вхідними параметрами сучасних розрахункових нелінійних моделей, що дають можливість максимально використовувати природну несучу здатність ґрунтів.

Список літератури

1. Швецов Г. И. Основания и фундаменты / Г. И. Швецов. – М. : Высшая школа. – 1991. – 383 с.
2. Тейлор Д. Основы механики грунтов / Д. Тейлор. – М. : Госстройиздат. – 1960. – 597 с.
3. Шукле Л. Геологические проблемы механики грунтов / Л. Шукле. – М.: Стройиздат. – 1976. – 485 с.

Моргун Алла Серафимівна – д.т.н., професор, зав. кафедри промислового та цивільного будівництва Вінницького національного технічного університету.

Ніцевич Андрій Віталійович – магістрант Вінницького національного технічного університету.

Меть Іван Миколайович – магістрант Вінницького національного технічного університету.

Тимошенко Олексій Едуардович – студент Вінницького національного технічного університету.