

## **ВИЗНАЧЕННЯ СТИСЛИВОСТІ ТЕХНОГЕННО ПОРУШЕНОГО ҐРУНТУ МЕТОДОМ СТАТИСТИЧНОЇ ОБРОБКИ**

Техногенні ґрунти на відміну від природного ґрунтоутворення формуються безпосередньо сама людина після порушення земної поверхні відкритими розробками корисних копалин, добування будівельних матеріалів та під час промислового, цивільного, підземного будівництва та ін. Тому не випадково, що нині є актуальним питання, щодо розширення досліджень техногенних ґрунтів.

На даному етапі просадковість техногенних ґрунтів в Україні, які б могли використовуватись як майданчики для проведення будівельних робіт вивчена не на достатньому рівні, так як не до кінця описані зміни властивості ґрунту при частковому замочуванні гарячою водою. Для якісного оцінювання придатності інженерно-геологічних умов таких будівельних майданчиків потрібно додатково проводити дослідження фізико-механічних та деформаційних характеристик ґрунтів.

Однією із суттєвих деформаційних характеристик для визначення придатності техногенних ґрунтів є стисливість, за якою класифікуються будівельні майданчики за групою складності умов будівництва.

Для вивчення стисливості техногенно порушеного ґрунту використовувались два варіанти замочування ґрунту, а саме замочування в холодній воді, та в гарячій воді (60°C). Зразки техногенних ґрунтів в природному стані відбиралися безпосередньо на будівельному майданчику м. Києва Солом'янського району, та в лабораторії НДІБК визначалися їх фізико-механічних властивостей та проводились компресійні випробування. Також дані зразки були замочені і їх дослідження проводились аналогічно ґрунту в природному стані. Для випробувань використовувались компресійні прилади (Wikeham Farran, В. Великобританія)

Для аналізу та обробки результатів експериментальних досліджень застосовуємо метод статистичної обробки. Статистика дає стислу та чітку характеристику просадковості техногенних ґрунтів і водночас можливість виявити та пояснити тенденцію її розвитку. Метою статистичної обробки експериментальних даних є представлення їх у формі, зручній для аналізу та проведення такого аналізу, з метою виявлення певних закономірностей у процесах, стан яких відображає експериментальні дані. Для дослідження стисливості ґрунтів в різних станах порівнювались значення відносної вертикальної деформації. Дані досліджень заносились до таблиці 1.

Дані компресійних випробувань

| Грунт в природному стані |                                 | Грунт замочений в холодній воді |                                 | Грунт замочений в гарячій воді |                                 |
|--------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|
| К-ть зразків             | Відносна вертикальна деформація | К-ть зразків                    | Відносна вертикальна деформація | К-ть зразків                   | Відносна вертикальна деформація |
| 2                        | 0,057                           | 1                               | 0,029                           | 2                              | 0,065                           |
| 2                        | 0,083                           | 2                               | 0,033                           | 3                              | 0,068                           |
| 5                        | 0,068                           | 3                               | 0,042                           | 5                              | 0,08                            |
| 3                        | 0,081                           | 4                               | 0,045                           | 3                              | 0,085                           |
| 4                        | 0,062                           | 3                               | 0,048                           | 1                              | 0,1                             |
| 3                        | 0,058                           | 2                               | 0,052                           | 2                              | 0,094                           |
| 1                        | 0,084                           | 1                               | 0,055                           | 4                              | 0,075                           |

За результатами досліджень побудуємо графік залежності відносної частоти від відносної вертикальної деформації. Відклавши по осі абсцис значення відносної вертикальної деформації  $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_k$ , а по осі ординат — відповідні числа випадків  $n_1, n_2, \dots, n_k$ , отримаємо криву розподілу, відповідно до трьох варіантів дослідження техногенного ґрунту (рис. 1,2,3).

Крива розподілу виходить симетричною, тому що ймовірність відхилення відносної вертикальної деформації як у меншу, так і в більшу сторони приблизно однакова. Вона близька до симетричної кривої нормального закону розподілу Гаусса-Лапласа

$$n_x = \frac{n \Delta \varepsilon_x}{S \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(\varepsilon_x - \varepsilon_m)^2}{2S^2}},$$

де  $n_x$  — число зразків, що показали відносну вертикальну деформацію  $\varepsilon_x$ ,  $n$  — загальне число зразків,  $\Delta \varepsilon_x$  — інтервал між значеннями  $\varepsilon_x$ .

n

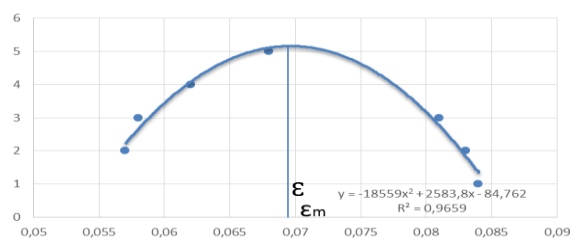


Рис. 1 Крива розподілу значень відносної вертикальної деформації техногенного ґрунту.

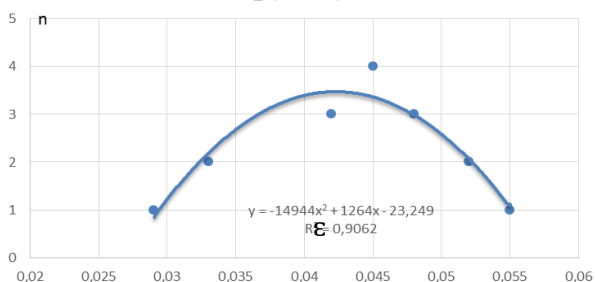


Рис. 2 Крива розподілу значень відносної вертикальної деформації техногенного ґрунту у замоченого в холодній воді

n

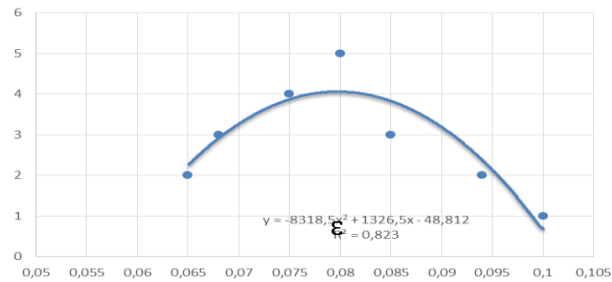


Рис 3. Крива розподілу значень відносної вертикальної деформації техногенного ґрунту замоченого в гарячій воді

Середня відносна вертикальна деформація всіх зразків ґрунту в природньому стані буде становити

$$\begin{aligned}\varepsilon_m &= \frac{n_1\varepsilon_1 + n_2\varepsilon_2 + \dots + n_k\varepsilon_k}{n_1 + n_2 + \dots + n_k} = \\ &= \frac{0,057 \cdot 2 + 0,083 \cdot 2 + 0,068 \cdot 5 + 0,081 \cdot 3 + 0,062 \cdot 4 + 0,058 \cdot 3 + 0,084 \cdot 1}{2 + 2 + 5 + 3 + 4 + 3 + 1} = \\ &= \frac{1,369}{20} = 0,07\end{aligned}$$

Позначивши відхилення відносної вертикальної деформації окремих зразків від середнього значення через  $\Delta_1 = \varepsilon_1 - \varepsilon_m$ ,  $\Delta_2 = \varepsilon_2 - \varepsilon_m$ ,  $\Delta_k = \varepsilon_k - \varepsilon_m$  визначаємо середньоквадратичне відхилення для кривої розподілу техногенного ґрунту у :

$$S = \sqrt{\frac{n_1\Delta_1^2 + n_2\Delta_2^2 + \dots + n_k\Delta_k^2}{n_1 + n_2 + \dots + n_k}} = \sqrt{\frac{0,001943}{20}} = 0,0098$$

Аналогічно розраховуємо середню відносно вертикальну деформації та середньо квадратичне відхилення для кривої розподілу техногенного ґрунту у який був замочений в холодній воді.

$$\begin{aligned}\varepsilon_m &= \frac{n_1\varepsilon_1 + n_2\varepsilon_2 + \dots + n_k\varepsilon_k}{n_1 + n_2 + \dots + n_k} = \\ &= \frac{0,029 \cdot 1 + 0,033 \cdot 2 + 0,042 \cdot 3 + 0,045 \cdot 4 + 0,048 \cdot 3 + 0,052 \cdot 2 + 0,055 \cdot 1}{1 + 2 + 3 + 4 + 3 + 2 + 1} = \\ &= \frac{0,704}{16} = 0,04 \\ S &= \sqrt{\frac{n_1\Delta_1^2 + n_2\Delta_2^2 + \dots + n_k\Delta_k^2}{n_1 + n_2 + \dots + n_k}} = \sqrt{\frac{0,001036}{16}} = 0,008\end{aligned}$$

Відповідно середня відносна вертикальна деформація та середньо квадратичне відхилення всіх зразків техногенно порушеного ґрунту у, який був замочений у гарячій воді буде становити:

$$\begin{aligned}\varepsilon_m &= \frac{n_1\varepsilon_1 + n_2\varepsilon_2 + \dots + n_k\varepsilon_k}{n_1 + n_2 + \dots + n_k} = \\ &= \frac{0,065 \cdot 2 + 0,068 \cdot 3 + 0,08 \cdot 5 + 0,085 \cdot 3 + 0,01 \cdot 1 + 0,094 \cdot 2 + 0,075 \cdot 4}{2 + 3 + 5 + 3 + 1 + 2 + 4} = \\ &= \frac{1,577}{20} = 0,08\end{aligned}$$

$$S = \sqrt{\frac{n_1\Delta_1^2 + n_2\Delta_2^2 + \dots + n_k\Delta_k^2}{n_1 + n_2 + \dots + n_k}} = \sqrt{\frac{0,001846}{20}} = 0,0096$$

Якісний результат розрахунків може бути пояснено таким чином, що нормальний розподіл є добрим наближенням кожного разу, коли розглянута випадкова величина, яка являє собою суму великого числа незалежних випадкових величин, максимальна з яких мала в порівнянні із всією сумою. В свою чергу середньоквадратичне відхилення є іменованою величиною, яка виражається в тих одиницях вимірювання, що й індивідуальна відзнака, тобто відносна вертикальна деформація. Розрахунок середнього квадратичного відхилення дозволяє визначити, наскільки в середньому коливається величина ознаки одиниць статичної сукупності. Отже, статистична обробка свідчить, про достатність дослідження 3-4х зразків ґрунту при порівняльному аналізі їх деформаційних характеристик та достовірність отриманих результатів лабораторних вимірювань.