

## **Тема 4. ОСНОВИ І ФУНДАМЕНТИ НА ТЕРИТОРІЯХ ЗІ НАДТОСТИСЛИВИМИ ВОДОНАСИЧЕНИМИ ПИЛУВАТО- ГЛИНИСТИМИ І БІОГЕННИМИ ГРУНТАМИ**

**Мета вивчення теми.** Засвоїти засади механіки надтостисливго водонасичених пилувато-глинистих і біогенних ґрунтів та особливості проектування основ і фундаментів на територіях з цими ґрунтами.

### **Питання для вивчення**

*4.1. Загальне уявлення про надтостисливі водонасичені пилувато-глинисті та біогенні ґрунти.*

*4.2 Фільтраційна консолідація водонасичених пилувато-глинистих ґрунтів.*

*4.3. Тривалість деформацій основи, складеної з ґрунтів, що повільно деформуються.*

*4.4. Особливості розрахунків основ і конструювання фундаментів на територіях з надтостисливими ґрунтами.*

*4.5. Методи будівництва на територіях з надтостисливими ґрунтами.*

*4.6. Конструктивні заходи для підвищення експлуатаційної надійності будівель.*

**4.1.До** надтостисливих ґрунтів відносять водонасичені супіски, коефіцієнт пористості яких  $e > 0,7$ , суглинки ( $e > 1,0$ ), глини ( $e > 1,1$ ), мули (морські та прісноводні), водонасичені лесові ґрунти, водонасичені пилуваті намивні ґрунти.

Прикметною ознакою більшості з цих ґрунтів є:

- високий ступінь вологості  $S_r > 0,80$ ;
- велика стисливість  $E < 5 \text{ МПа}$  в інтервалі тисків, властивих для фундаментів промислових, цивільних та сільськогосподарських будівель;
- повільне загасання деформацій, що може тривати десятки років;
- мінливість та анізотропія міцнісних, деформаційних, фільтраційних і реологічних характеристик;

- значна тиксотропія, що спричиняє тимчасове розрідження їх при дії динамічних впливів.
- низька міцність, бо для цих ґрунтів властиві такі значення міцнісних характеристик:  $\varphi = 4-10^\circ$ ;  $c = 6-25 \text{кПа}$ ;
- ці ґрунти при дії навантаження **можуть** перебувати у нестабілізованому стані.

#### 4.2. Консолідація в перекладі з латинської на українську мову означає

згуртування. Стосовно до ґрунтів під терміном консолідація розуміють збільшення щільності їх унаслідок зменшення пористості, при цьому треба мати на увазі, що об'єм пор повністю заповнений водою. Отже, щоб зменшився об'єм пор, треба з них витиснути воду. Процес поступового витиснення води і зменшення об'єму пор унаслідок дії тиску називається фільтраційною консолідацією ґрунту. В теорії фільтраційної консолідації розглядаються повністю водонасичені пілуватоглинисті ґрунти з малим коефіцієнтом фільтрації ( $k_f < 1 \cdot 10^{-7}$  м/с) з вільною нестисливою та гідравлічно безперервною водою в порах.

У початковий період дії тиск сприймається водою, від чого в ній розвиваються так звані нейтральні напруження, які спонукають воду височуватися в менш напружені зони. Внаслідок височування нейтральні напруження зменшуються, бо в роботу по сприйняттю тиску включається кістяк з твердих частинок ґрунту. Фільтраційна консолідація триватиме до тих пір, поки не настане стабілізація ефективних напружень, тобто поки ґрунт не стабілізується (від лат. *stabilis* -стійкий). До настання стабілізації водонасичений пілуватоглинистий ґрунт перебуває в нестабілізованому стані, коли можливості ґрунтів сприймати тиск є недостатньо високими, тому що тертя між частинками ґрунту повністю не реалізовується.

Після закінчення фільтраційної консолідації деформації ущільнення ґрунту під впливом дії тиску не закінчуються. Вважають, що подальший процес деформування ґрунту відбувається внаслідок змінання водно-колоїдних зв'язків між частинками ґрунту, внаслідок чого ґрунт ще в більшій мірі

консолідується, але ця консолідація вже називається не фільтраційною (первинною), а вторинною. Для наближеного визначення меж між первинною і вторинною консолідаціями користуються методиками, запропонованими професорами А.Казагранде, Д.Тейлором та ін.

**4.3.** На відміну від піщаних ґрунтів, осідання яких закінчується невдовзі після спорудження будівлі, осідання водонасичених пілувато-глинистих ґрунтів може тривати десятиріччями, а інколи й сторіччями. Наприклад, ґрунти в основі Пізанської вежі продовжують деформуватися протягом восьмисот сторіч.

Тому актуальною є задача прогнозування осідань основ, складених водонасиченими пілувато-глинистими ґрунтами, і визначення часу стабілізації ґрунтів у цих основах. Серед апробованих рішень задачі теорії консолідації є рішення фільтраційної консолідації в одномірній постановці, в якій вважають, що осідання пілувато-глинистих ґрунтів відбувається внаслідок витиснення води з пор ґрунту. При цьому однорідний ґрунт з лінійно-деформованим кістяком до прикладення на нього тиску повністю водонасичений вільною нестисливою водою, рух якої в порах є ламінарним. За розрахункову модель основи приймають модель проф. К.Терцагі.

Фільтраційна теорія консолідації дозволяє визначити осідання  $S_t$  в будь який проміжок часу від початку прикладення на ґрунт тиску  $p$  при чому

$$S_t = Q_t S, \quad (4.1)$$

де  $Q_t$  - коефіцієнт консолідації, тобто ступінь ущільнення ґрунту основи протягом часу  $t$ ;

$S$  - кінцеве осідання основи.

Значення коефіцієнта консолідації залежить від багатьох чинників, перш за все від часу, умов фільтрації, характеру розподілення тиску, фізико-механічних властивостей та грубизни того ґрунту, що ущільнюється. Отримано теоретичні рішення, в яких залежно від характеру напружень ущільнення значення  $Q_t$  визначаються як функція параметра  $N$ , при чому

$$N = \frac{\pi^2 c_v t}{4h_s^2}, \quad (4.2)$$

де  $t$  - час від початку дії тиску;

$h_s$  - грубизна ґрунту, що ущільнюється;

$c_v$  - коефіцієнт консолидації, при чому

$$c_v = \frac{K_f E}{\gamma_w \beta} \quad (4.3)$$

тут  $K_f$  - коефіцієнт фільтрації ґрунту;

$E$  - модуль деформації ґрунту;

$\beta$  - коефіцієнт, значення якого визначають за формулою:

$$\beta = 1 - \frac{2\nu^2}{1 - 2\nu}, \quad (4.4)$$

де  $\nu$  - коефіцієнт відносної бічної деформації ґрунту (коефіцієнт Пуассона).

Серед теоретичних рішень, у яких ступінь ущільнення визначається як функція параметра  $N$ , розрізняють випадки, у яких напруження, що ущільнює ґрунти:

- постійне по глибині;
- розподілене по закону трикутника, зменшуючись по глибині.

В обох зазначених випадках фільтрація води буде догори. Кінцеві вирази будуть мати вигляд:

для першого випадку:

$$Q_t = 1 - \frac{8}{\pi^2} \sum_{m=1,3..m}^{\infty} \frac{1}{2} \exp(-m^2 N_a), \quad (4.5)$$

для другого випадку

$$Q_t = 1 - \frac{16}{\pi^2} \sum_{m=1,3..m}^{\infty} \frac{1}{2} \left[ 1 - \frac{2 \sin \frac{\pi m}{2}}{\pi m} \right] \exp(-m^2 N_b), \quad (4.6)$$

Для спрощення розрахунків за формулами (4.5) і (4.6) складено таблиці, в яких подано значення  $N$  залежно від  $Q_t$ .

Розрахунок уповільнення осідання ґрунтів основи внаслідок фільтраційної консолидації рекомендується виконувати в такій послідовності.

1. Приймають відповідну розрахункову схему консолідації, враховуючи при цьому умови фільтрації та характер нашарування ґрунтів.
2. Призначають значення ступеня консолідації  $Q_t$  в діапазоні 0,1-0,95 і за табличними даними знаходять значення коефіцієнта  $N$ .
3. Для кожного значення  $N$  обчислюють час  $t$ , необхідний для досягнення відповідного ступеня консолідації

$$t = \frac{4h_s^2}{\pi^2 c_v} N = TN, \quad (4.7)$$

4. За формулою (4.1) знаходять значення осідання  $S_t$  при заданих значеннях  $Q_t$ .
5. Викреслюють графік залежності  $S_t=f(Q_t)$ , по ньому визначають термін стабілізації ґрунту основи.

**4.4.** Основи, складені водонасиченими пілувато-глинистими ґрунтами, розраховують методами граничних станів.

Розрахунок за методом деформацій виконують звичним чином, додатково при цьому визначаючи тривалість розвитку осідань основи впродовж часу.

Важливою особливістю розрахунків є те, що в певних випадках необхідно визначати несучу здатність основ, якщо вони складаються з ґрунтів, що повільно ущільнюються. До цих ґрунтів належать ті, для яких задовільняються наступні дві умови:

ступінь вологості  $S_r > 0,85$ , коефіцієнт консолідації  $c_v < 1 \cdot 10 \text{ см}^2 / \text{рік}$ .

Вертикальну складову сили граничного опору основи стрічкового фундаменту визначають за формулою

$$N_u = b'[q + (1 + \pi - \alpha + \cos \alpha)c], \quad (4.8)$$

де  $q$  - привантаження з боків фундаменту;

$\alpha$  - кут, значення якого обчислюють за формулою

$$\alpha = \arcsin F_h / b'c, \quad (4.9)$$

тут  $F_h$  - горизонтальна складова **розрахункового** навантаження;

$b'$  - приведена ширина підшви фундаменту;

$c$  - питоме зчеплення ґрунту несучого шару.

Силу граничного опору основи прямокутного в плані фундаменту

$$N_u = b' l' (N_\gamma \xi_\gamma b' \gamma + N_g \xi_g \gamma' d + N_c \xi_c c) \quad (4.10)$$

де  $b'$  і  $l'$  - приведені ширина і довжина підшви фундаменту;

$N_\gamma, N_g, N_c$  - коефіцієнти несучої здатності;

$\xi_\gamma, \xi_g, \xi_c$  - коефіцієнти форми підшви фундаменту,

$\gamma, \gamma'$  - питома вага ґрунту, що залягає під і над рівнем підшви

фундаменту відповідно;

$d$  - глибина закладення фундаменту в ґрунт;

$c$  - питоме зчеплення ґрунту.

Якщо ґрунти основи перебувають у нестабілізованому стані, то міцнісні характеристики ґрунтів  $\phi$  і  $c$  визначають з урахуванням послаблення за рахунок фільтрації води.

**4.5.** Якщо розрахунки основ, що складені водонасиченими пілуватоглинистими ґрунтами, свідчать про загрозу нормальній експлуатації споруджених на цих ґрунтах будівель, то застосовують один з трьох принципів будівництва:

- попередньо ущільнити або закріпити надто стисливі слабкі пілуватоглинисті ґрунти;

- замінити надто стисливі слабкі ґрунти на інші більш придатні для сприйняття навантаження;

- прорізати фундаментами, в тому числі пальовими верхні надто стисливі слабкі ґрунти.

Передбудівельне ущільнення ґрунтів у даному випадку виконують за

допомогою привантаження ґрунтового масиву з улаштуванням для прискорення процесу консолідації піщаних або картонних дрен. Для поліпшення властивостей ґрунтів можна застосувати їх електрохімічне закріплення.

Часто доцільним буде слабкий ґрунт на повну або неповну глибину вийняти і на його місце укласти з пошаровим ущільненням грубозернисті піски чи піщано-гравійну суміш, тобто влаштувати подушку.

Одним з надійних заходів є прорізання слабких ґрунтів палями. Але при розрахунках паливових фундаментів необхідно вважати на можливість розвитку негативного тертя на бічній поверхні палі.

**4.6.** При виборі конструктивної схеми будівлі та її фундаментів на основах, складених надтостисливими ґрунтами, треба враховувати, що підвищення просторової жорсткості зменшує нерівномірність деформацій основи і перерозподіляє зусилля, які виникають в окремих конструктивних елементах будівлі. При проектуванні фундаментів будівель варто давати перевагу монолітним чи збірно-монолітним залізобетонним конструкціям у вигляді суцільних плит чи перехресних стрічок.

Якщо передбачаються значні нерівномірні деформації, внаслідок чого у стінах будівлі можуть виникнути тріщини, фундаменти і стіни доцільно посилити безперервними армованими швами чи поясами.

Чутливість будівлі до нерівномірних деформацій можна зменшити, розрізавши її на окремі відсіки обмеженої довжини за допомогою осадкових швів.

### **Контрольні запитання**

- 1. Які види пилувато-глинистих і біогенних ґрунтів відносять до надтостисливих.*
- 2. Назвіть характерні риси надтостисливих пилувато-глинистих і біогенних ґрунтів при роботі їх у складі основ будівель.*
- 3. Вкажіть види консолідацій водонасичених пилувато-глинистих ґрунтів та принципову різницю між цими видами.*

4. *Що розуміють під терміном фільтраційна консолідація.*
5. *Опишіть, що уявляє собою нестабілізований стан водонасичених пілувато-глинистих ґрунтів.*
6. *Опишіть засадничі положення теорії фільтраційної консолідації ґрунтів.*
7. *Як визначити осідання основи в певний час фільтраційної консолідації ґрунтів, з яких вона складена.*
8. *З яких причин деформація основи, складеної з водонасичених пілувато-глинистих ґрунтів, триває довше, ніж з водонасичених піщаних ґрунтів.*
9. *Як визначити тривалість фільтраційної консолідації ґрунтів основи.*
10. *Які ґрунти відносяться до тих, що повільно деформуються.*
11. *Назвіть принципи будівництва на надто стисливих водонасичених пілувато-глинистих ґрунтах.*
12. *Як ущільнюють і закріплюють надто стисливі водонасичені пілувато-глинисті ґрунти.*
13. *Нарисуйте і поясніть схему, в якій передбачена заміна надто стисливих слабких ґрунтів на надійніші.*
- 14.3 *якою метою застосовують конструктивні заходи щодо будівель, які споруджують на надто стисливих ґрунтах.*
15. *У чому полягають конструктивні заходи, які застосовують у будівлях, які споруджують на надто стисливих ґрунтах.*