

УДК 624.043

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ДЕФОРМАЦІЙНОЇ АНІЗОТРОПІЇ ҐРУНТІВ

С.Й. Цимбал, канд. техн. наук, Л.Ч. Меуленер, асп. (КНУБА)

Приведены результаты полевых экспериментальных исследований деформационной анизотропии песчаных и пылевато-глинистых грунтов. Установлена зависимость коэффициента анизотропии от плотности грунта, показателей текучести и глубины. Полученные величины коэффициента деформационной анизотропии позволяют определять горизонтальный модуль деформации.

В умовах природного залягання ґрунти, як правило, мають різні деформаційні властивості у вертикальному і горизонтальному напрямках, що суттєво впливає на характер розподілу напружень, міцність та стійкість основ будівель і споруд. Чинні нормативні документи не враховують анізотропію ґрунтів, тому, на наш погляд, дослідження деформаційної анізотропії ґрунтів у природних умовах є актуальними.

Деформаційну анізотропію для трансверсально-ізотропної моделі ґрунту зручно характеризувати коефіцієнтом деформаційної анізотропії δ , який визначається за формулою

$$\delta = \frac{E_x}{E_z},$$

де E_x , E_z – модулі загальної деформації відповідно в горизонтальному і вертикальному напрямках.

Величини вертикального і горизонтального модулів деформації визначались у польових умовах шляхом проведення штампових та пресіометричних випробувань відповідно до вимог нормативних документів. При обробці результатів пресіометричних випробувань коригуючий коефіцієнт переходу від горизонтального модуля деформації до вертикального не враховувався. Випробування проводились з використанням пресіометрів двох

типів: камерного гідростатичного Д-76 і дволопатевого ЛПМ-15. Для адекватного порівняння результатів штампів і пресіометричні випробування проводились паралельно на відповідних глибинах. Досліди виконувалися на різних будівельних майданчиках Києва і Сум. Результати випробувань та визначені коефіцієнти деформаційної анізотропії наведено в таблиці.

Слід відзначити, що ґрунти, в яких проводились випробування, не мали явних прошарків ґрунтів іншого генетичного типу, тобто були однорідними в межах інженерно-геологічного елемента. Експериментальні дослідження різних типів ґрунтів показали, що коефіцієнт деформаційної анізотропії залежно від стану ґрунту знаходиться в таких межах: для суглинків $\delta = 0,64 \dots 0,76$, для супісків $\delta = 0,79 \dots 0,88$, для пісків $\delta = 0,60 \dots 0,70$. В суглинках анізотропія виявилась дещо більшою, ніж у супісках. Аналогічні результати отримав В.П. Писаненко [3] при дослідженні еолово-делювіальних суглинків і супісків, коефіцієнт деформаційної анізотропії яких дорівнював відповідно 0,70 і 0,81.

Процес утворення ґрунтів, їх історія і сучасні природні умови впливають на формування їх структури і текстури, які є головними факторами анізотропії. Тому при дослідженні анізотропних властивостей ґрунтів необхідно враховувати їх генезис.

На дослідних майданчиках зустрічалися суглинки різного походження, коефіцієнт деформаційної анізотропії яких дорівнював: для делювіальних суглинків – 0,76, алювіальних – 0,71...0,75, флювіогляціальних – 0,73 і еолово-делювіальних – 0,64...0,67. Наведені результати досліджень показують, що еолово-делювіальні суглинки мають більш характерні властивості анізотропії, ніж ґрунти іншого походження. Очевидно, що формування цих ґрунтів відбувалось під впливом двох факторів – вітру і води, які могли діяти одночасно або поперемінно в різних напрямках, тому їх структура більш неоднорідна, ніж структура ґрунтів, які формувались під впливом одного фактора.

Таблиця. Результати випробувань та коефіцієнти деформаційної анізотропії

| № | Місце випробувань | Генезис | Тип грунту | Глибина h , м | Щільність грунту ρ , кг/см ³ | Щільність частинок грунту ρ_s , кг/см ³ | Вологість грунту W , % | Коефіцієнт пористості e | Кут внутрішнього тертя φ , град | Зчленення грунту c , кПа | Модуль деформації при штапових E_{st} , МПа | Модуль деформації при пресометрич- них випробуваннях E_{pr} , МПа | Коефіцієнт деформаційної анізотропії b | Усереднений коефіцієнт деформаційної анізотропії b_{cp} | | |
|-----------------------------------|--|---|---|-----------------------------------|---|--|-----------------------------|------------------------------|--|-------------------------------|---|--|--|--|------|------|
| 1 | Ділянка забудови III мікро- району, Південна Борщагів- ка, м. Київ | Флювіо- гляціальні відкла- дення | Пісок дрібний середньої щільності | 4 | 1,68 | 2,65 | 0,038 | 0,64 | 32 | 2,2 | 32,7 | 22,6 | 0,69 | 0,70 | | |
| | | | | 5 | 1,70 | 2,65 | 0,040 | 0,62 | 33 | 2,6 | 33,6 | 23,8 | 0,71 | | | |
| | | | | 6 | 1,71 | 2,65 | 0,042 | 0,61 | 33 | 2,8 | 35,0 | 24,5 | 0,70 | | | |
| | | | Суглинок тугопластичний | 6 | 1,78 | 2,70 | 0,159 | 0,76 | 21 | 22 | 24,5 | 24,5 | 17,2 | 0,70 | 0,73 | |
| | | | | 7 | 1,78 | 2,70 | 0,159 | 0,76 | 21 | 22 | 24,8 | 24,8 | 17,8 | 0,72 | | |
| | | | | 8 | 1,79 | 2,70 | 0,160 | 0,75 | 22 | 23 | 25,7 | 25,7 | 18,8 | 0,73 | | |
| | | | | 9 | 1,80 | 2,70 | 0,165 | 0,75 | 21 | 23 | 25,6 | 25,6 | 18,9 | 0,74 | | |
| | | | | 13 | 1,82 | 2,70 | 0,165 | 0,73 | 22 | 24 | 26,4 | 26,4 | 19,5 | 0,74 | | |
| | | | | 3 | 1,67 | 2,64 | 0,086 | 0,72 | 29 | 0,6 | 24,0 | 24,0 | 14,2 | 0,59 | | |
| | | | | 5,5 | 1,68 | 2,64 | 0,091 | 0,71 | 30 | 0,8 | 24,8 | 24,8 | 15,1 | 0,61 | | |
| | | | XVI мік- рорайон, вул. Мос- тиська, м. Київ | Делюві- альні від- кладення | Пісок дрібний середньої щільності | 6,5 | 1,69 | 2,64 | 0,096 | 0,71 | 30 | 0,8 | 25,0 | 15,0 | 0,60 | 0,60 |
| | | | | | | 3 | 1,73 | 2,67 | 0,150 | 0,77 | 21 | 13 | 19,8 | 15,6 | 0,79 | |
| | | | | | | 3,5 | 1,73 | 2,67 | 0,150 | 0,77 | 21 | 13 | 20,7 | 16,4 | 0,79 | |
| Суглинок лесовидний твердий | 4 | 1,74 | | | 2,67 | 0,152 | 0,77 | 23 | 14 | 22,4 | 22,4 | 18,4 | 0,82 | 0,82 | | |
| | 5 | 1,74 | | | 2,67 | 0,158 | 0,78 | 22 | 13 | 22,0 | 22,0 | 18,5 | 0,84 | | | |
| | 6 | 1,75 | | | 2,67 | 0,160 | 0,77 | 23 | 14 | 22,0 | 22,0 | 18,3 | 0,80 | | | |
| | 7 | 1,76 | | | 2,67 | 0,161 | 0,78 | 24 | 14 | 22,8 | 22,8 | 19,2 | 0,84 | | | |
| | | | Суглинок текучепластич. | 6 | 1,65 | 2,68 | 0,177 | 0,91 | 12 | 13 | 8,3 | 6,3 | 0,76 | 0,76 | | |
| | | | | 10,5 | 1,68 | 2,68 | 0,182 | 0,89 | 13 | 13 | 9,2 | 7,8 | 0,77 | | | |

За результатами експериментальних досліджень можна визначити вплив коефіцієнта пористості, який характеризує щільність ґрунту, на величину коефіцієнта деформаційної анізотропії – чим більше його значення, тим яскравіше проявляються анізотропні властивості ґрунтів різних типів.

Дослідження анізотропних властивостей ґрунту, проведені на різній глибині від поверхні, показали, що зі збільшенням глибини коефіцієнт деформаційної анізотропії зростає, тобто анізотропні властивості ґрунту зменшуються. Це можна пояснити тим, що з глибиною під дією всебічного природного напруженого стану щільність ґрунту збільшується.

Аналіз величин коефіцієнта деформаційної анізотропії суглинків, наведених у таблиці, показав, що при збільшенні показника текучості анізотропні властивості ґрунту зменшуються. Відомо, що порова вода знаходиться під впливом молекулярних сил у зв'язному стані з поверхнею частинок скелета породи і має полярну орієнтацію. Шари молекул води, зв'язані з поверхнею цих частинок, утворюють адсорбційну плівку. При збільшенні вологості товщина адсорбційної плівки збільшується і молекулярні зв'язки між водою і частинками ґрунту слабшають, що веде до вирівнювання деформаційних властивостей ґрунту у вертикальному і горизонтальному напрямках.

Результати цих досліджень підтверджуються експериментальними даними, одержаними іншими авторами [1–4], і дозволяють зробити висновок, що коефіцієнт деформаційної анізотропії досліджуваних ґрунтів менший від одиниці, тобто величина вертикального модуля більша, ніж горизонтального. Таке явище, очевидно, зумовлене тим, що в період генезису частинки ґрунту під дією зовнішніх факторів уклались так, що їх довша вісь приймала переважно горизонтальний напрямок і контакти між ними мали хаотичний характер. У вертикальній площині під дією сил гравітації мало місце більш упорядковане укладання частинок ґрунту, тому деформативність ґрунту в цьому напрямку менша, ніж у горизонтальному.

Дослідженнями, проведеними Т.Г. Поліщуком, І.М. Набоковим, А.К. Бугровим і А.А. Плаксою [1], встановлено, що для ґрунтів з явно вираженою шаруватістю модуль деформації у вертикальному напрямку менший, ніж у горизонтальному (в площині шаруватості), а коефіцієнт деформаційної анізотропії змінюється в межах 1,1...4,0. Такі властивості мають намівні піски, донні відкладення, переущільнені ґрунти та озерно-льодовикові стрічкові глини.

Виконані експериментальні дослідження показали, що на дослідних майданчиках з різними типами ґрунтів мала місце деформаційна анізотропія. Анізотропні властивості пілувато-глинистих і піщаних ґрунтів залежать від їх щільності, глибини залягання, показників текучості та вологості. Величина коефіцієнта деформаційної анізотропії у всіх випадках не перевищувала одиниці, тобто модуль вертикальної деформації був більший від модуля горизонтальної деформації.

Отримані величини коефіцієнта анізотропії дають змогу визначати величини горизонтального модуля деформації за значеннями вертикального модуля, наведеними в нормативних документах або одержаними після проведення штампових випробувань.

1. Бугров А.К., Голубев А.И. Анизотропные ґрунты и основания сооружений. – С.-Пб.: Недра, 1993. – 244 с.

2. Орнатский Н.В. Механика ґрунтов. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1962. – 477 с.

3. Писаненко В.П. Зависимость модуля деформации глинистых ґрунтов от анизотропии // Изв. вузов. Строительство и архитектура. – 1976. – №11. – С. 147–149.

4. Ladd C.C., Foott R., Ishihara K. Stress deformation and strength characteristics // Proc. of the IX ICSMFE. – Tokyo, 1977. – V. 2. – P. 421–497.