УДК 624.138.231.1

ДЕЯКІ МЕТОДИ ІНЖЕНЕРНОЇ ПІДГОТОВКИ ТА ПРОГНОЗ ОСІДАНЬ СЛАБКИХ ГЛИНИСТИХ ВОДОНАСИЧЕНИХ ОСНОВ

Мосічева І.І.

Одеська державна академія будівництва та архітектури

АНОТАЦІЯ: Розглянуто ефективні способи зміцнення слабких основ при будівництві в місцях залягання потужних товщ слабких водонасичених глинистих ґрунтів та виконано прогноз їх осідання з часом.

АННОТАЦИЯ: Рассмотрены эффективные способы укрепления слабых оснований при строительстве в местах залегания мощных толщ слабых водонасыщенных глинистых грунтов и выполнен прогноз их осадки во времени.

ABSTRACT: The effective methods of strengthening of weak bases at building in the places of occurrence of powerful layers of weak water-saturated clay soils considered and a prognosis their sediments in time performed.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: передбудівельне ущільнення, вертикальні піщані дрени, дренажні прорізи, консолідація

В даний час все більшого поширення набуває забудова площ поблизу різних водойм, а також освоєння новостворених намитих територій, складених, як правило, глинистими водонасиченими (мулистими) ґрунтами.

Використання наукових досягнень в області розрахунку, проектування і будівництва споруд на слабких ґрунтах дозволяє знизити вартість будівництва і забезпечити нормальні умови їх тривалої експлуатації.

Ущільнення слабких глинистих водонасичених ґрунтів відбувається протягом досить тривалого часу. Осідання споруд, зведених на них, тривають роки, а іноді і десятиліття. Це пояснюється дуже малою фільтраційною здатністю цих ґрунтів.

З огляду на вкрай низьку несучу здатність і надмірну стисливість глинистих водонасичених ґрунтів, для можливості використання їх в якості основ споруд необхідно передбачати проведення спеціальних інженерних заходів з метою поліпшення їх будівельних властивостей. В якості таких заходів, і для скорочення часу ущільнення водонасичених ґрунтів виконується їх передбудівельне ущільнення [1] з влаштуванням в них вертикальних дренажних прорізів (ВДП), або вертикальних піщаних дрен (ВПД). Схема ущільнення основи з ВДП приведена на рис. 1.

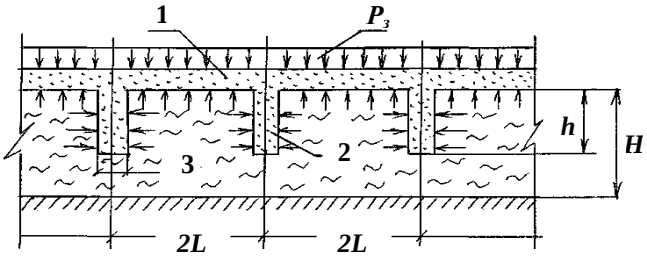

Рис. 1. Схема ущільнення основи з недосконалими вертикальними дренажними прорізами: 1 – дренуючих шар з піску; 2 – вертикальні дренажні прорізи (ВДП); 3 – слабкий глинистий грунт (мул)

Відстань *2L* між ВДП залежить від фільтраційних властивостей ґрунту, що ущільнюється, і заданого часу передбудівельного ущільнення, визначається розрахунком і зазвичай знаходиться в межах від 4 до 7 м.

ВДП зазвичай влаштовують в тих районах, де дренуючих матеріал (пісок, гравій, шлак) має низьку вартість, тому що для їх влаштування потрібна значна кількість цього матеріалу. Так, наприклад, при глибині прорізів = 5,0 м, шириною *2b* = 50 см і відстані між ними *2L* = 5,0 м буде потрібно 5 тис. $м^3$ піску на пристрій ВДП на території площею 1 га.

При розрахунку передбудівельного ущільнення слабких основ з влаштованими в них ВДП слід враховувати зазначену у [2] різницю в величинах осідань поблизу прорізів і при віддаленні від них, що зумовлено різною стисливістю водонасиченого глинистого ґрунту і дренуючого матеріалу.

З метою оцінки ефективності застосування ВДП були виконані модельні (в масштабі 1:20) експериментальні дослідження з консолідації шару пасти з мулу суглинистого, відібраного з проміжної зони гідровідвалу в лимані М. Аджалик (п. Южний, Одеської обл.) [3]. За результатами чотирьох серій дослідів були побудовані графіки залежності осідання (*S*) зазначеного шару мулової пасти від часу (*t*) його консолідації (рис. 2).

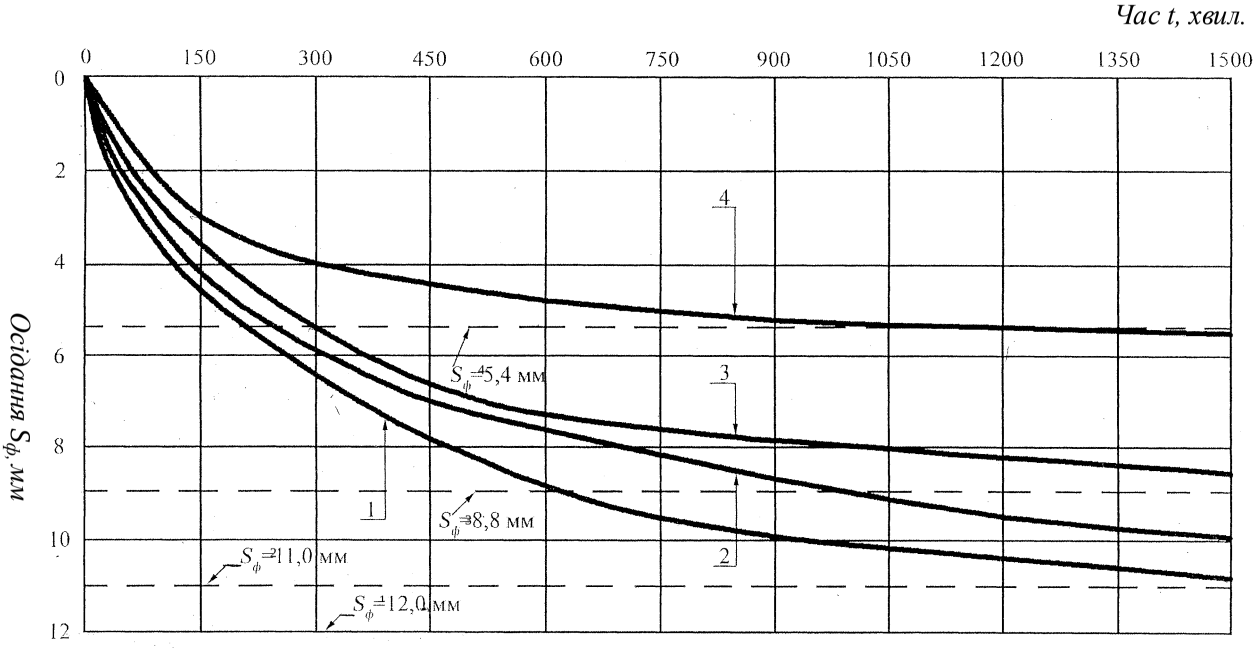

Рис. 2. Графіки консолідації шару мулової пасти товщиною H_0 = 8,0 см при $w_0 = 2\,w_L$ і P_0 = 0,01 МПа: 1 - досліди серії I (без ВДП); 2 - досліди серії II (з ВДП при $2L$ = 40,0 см); 3 - досліди серії III (з ВДП при $2L$ = 20,0 см); 4 - досліди серії IV (з ВДП при $2L$ = 10,0 см).

З рисунку 2 випливає, що величини як фільтраційних ($S_ф$), так і кінцевих (S) осідань при влаштуванні ВДП істотно менше величин осідань в разі відсутності прорізів (серія І). Причому, чим менше відстань *2L* між ВДП, тим різниця більше.

Для пояснення зазначеної в дослідах різниці в величинах осідань випробуваного шару мулової пасти була прийнята гіпотеза про наявність так званого «пальового ефекту» [2] при влаштуванні ВДП.

Для розрахунку кінцевих осідань натурних товщ намивних мулистих грунтів, ущільнюються з пристроєм ВДП, слід користуватися шкалою значень $2L^{нат}$ [3], яка отримана шляхом перерахунку дослідних значень $2L^{оп}$ з урахуванням прийнятого масштабу моделювання. При цьому ширина натурних ВДП приймається рівною $2b^{нат} = 0{,}6$ м, що відповідає середньому її значенням при влаштуванні ВДП існуючими для цього механізмами [4].

При прийнятому в дослідах $\alpha = h/H = 0{,}625$ і максимальних значеннях глибини $h^{нат}_{\max}$ натурних ВДП, рівних 3,5 і 5,5 м [4], графіком залежності $m = f(2L^{нат})$ [3] можна користуватися при визначенні величин кінцевих осідань реальних шарів намивних мулистих грунтів максимальною потужністю $H^{нат}_{0_{\max}}$ від 5,6 м до 8,8 м.

Вертикальні піщані дрени (ВПД) являють собою вертикальні піщані циліндри. У плані дрени розташовані на певних відстанях одна від одної по квадратній або трикутній сітці. Після влаштування дрен на поверхню слабкого грунту укладають дренуючий піщаний шар товщиною 0,5-1,0 м, а потім поверх дренуючого шару створюють ущільнююче навантаження.

Відстань між дренами ($l_{др}$) залежить від фільтраційних властивостей слабкого ґрунту і заданого часу передбудівельного ущільнення ($t_{упл}$), визначається розрахунком і зазвичай коливається в межах від 1,5 до 4,0 м. Найбільш часто зустрічається $l_{др}$ = 2,0-3,0 м.

Діаметр (d) піщаних дрен впливає на швидкість ущільнення значно менше, ніж відстань ($l_{др}$) між ними. Він коливається в діапазоні 30-50 см і залежить в основному від способу пристрою дрен і застосовуваного технологічного устаткування. Найбільш часто на практиці влаштовуються ВПД діаметром 40-50 см. Довжина ВПД визначається в основному потужністю шару слабкого ґрунту. Найбільший ефект дрени дають в тому випадку, коли вони повністю пронизують слабкий пласт і досягають покрівлі щільного підстилаючого ґрунту.

Ущільнення слабких ґрунтів потужністю 10-15 м є звичайним в будівельній практиці. Однак пристрій ВПД довжиною 20-25 м і більше призводить до необхідності різкого збільшення потужності всіх видів

енергетичного обладнання для влаштування дрен, що робить їх використання малопродуктивним і дорогим. У цьому випадку більш ефективними можуть виявитися ВПД, що не досягають покрівлі підстилаючого щільного грунту, тобто недосконалі (рис. 3).

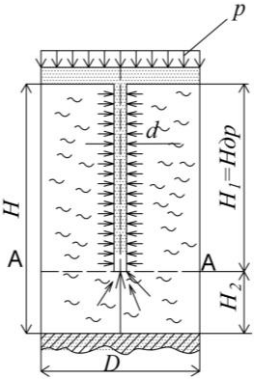

Рис. 3. Розрахункова схема ущільнення слабкої водонасиченої основи з недосконалими піщаними дренами

Як видно з даного малюнка, шлях фільтрації порової води в горизонтальному напрямку в дрену, рівний *D* (де *D* – ефективний діаметр піщаної дрени, тобто діаметр грунтового циліндра з дреною у центрі), як правило, в 4-5 разів менше потужності (*H*) слабкого грунту, що ущільнюється, що призводить, в свою чергу, до скорочення часу досягнення необхідного ступеня консолідації до 25 і більше разів.

Так, наприклад, при потужності слабкого грунту, що дорівнює 10,0 м і відстані між дренами, рівної 2,5 м час досягнення 80%-го ступеня консолідації скорочується в 33 рази (з 11 років при відсутності дрен до 3-х місяців – при влаштуванні дрен).

Розрахунок ущільнення основи з висячими дренами заснований на фільтраційної теорії консолідації з використанням принципу суперпозиції і підрозділяється на наступні три етапи:

1) розрахунок консолідації верхнього шару потужністю H_1;

2) розрахунок консолідації нижнього шару потужністю H_2;

3) підсумовування результатів розрахунку.

При цьому розрахунок консолідації верхнього шару H_1 рекомендується проводити методом рівних вертикальних деформацій [4], а розрахунок ущільнення нижнього шару H_2 – за пропонованими аналітичними методами [5], заснованими на використанні відомих [6] передумов теорії фільтраційної консолідації ґрунтів, і прийняття

додаткового допущення про заміну дійсної області ущільнення еквівалентній їй в геометричному відношенні півсферою радіусом *R*.

З метою оцінки результатів розрахунку консолідації нижнього шару слабкого ґрунту H_2 по запропонованим аналітичним методам були виконані чотири серії дослідів із зразками-близнюками, приготованими з мулу суглинистого. На рисунку 4 наведено дослідні криві консолідації, отримані за результатами всіх чотирьох серій дослідів, які знаходяться в логічній узгодженості між собою.

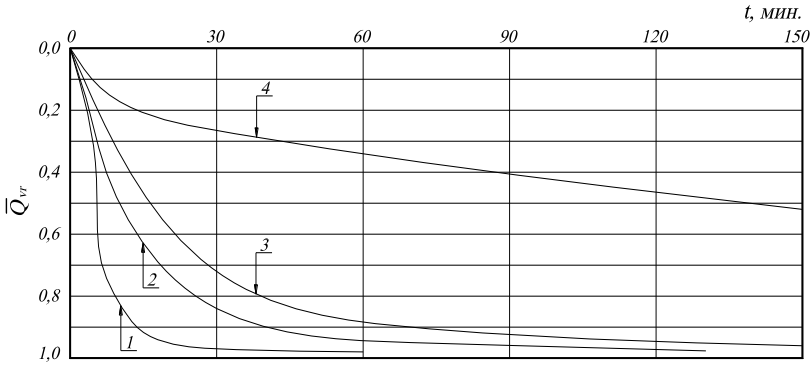

Рис. 4. Дослідні графіки консолідації грунтового циліндру *D* = 14,0 см і *H* = 5,0 см при фільтрації порової води: 1 – в центральну піщану дрену *d* = 2,0 см; 2 – в центральний отвір в штампі *d* = 2,0 см і днище одометра; 3 – в днище одометра; 4 – в центральний отвір в штампі

ВИСНОВКИ

1. Ефективність застосування ВДП при проведенні передбудівельного ущільнення намивних мулистих грунтів виражена в скороченні часу досягнення, наприклад 80% кінцевого їх осідання від чотирьох (при $2L^{on} = 40$ см) до восьми (при $2L^{on} = 10$ см) разів у порівнянні з часом досягнення зазначеного осідання при відсутності ВДП.
2. Застосування ВПД для ущільнення водонасичених глинистих ґрунтів веде до скорочення часу досягнення необхідного ступеня консолідації до 25 і більше разів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Абелев М.Ю. Строительство промышленных и гражданских сооружений на слабых водонасыщенных грунтах. – М.: Стройиздат, 1983. – 248 с.

2. Марченко А.С. Морские портовые сооружения на слабых грунтах. – М.: Транспорт, 1976. – 192 с.

3. А.К. Посуховский. Прогноз осадок оснований искусственных территорий из намывных илистых грунтов при устройстве вертикальных дренажных прорезей / А.К. Посуховский, И.И. Мосичева // Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури. – Випуск 30. – Одеса: ОДАБА – 2008. – С. 278 – 283.

4. Абелев М.Ю. Слабые водонасыщенные глинистые грунты как основания сооружений. – М.: Стройиздат, 1973. – 288 с.

5. Школа А.В. Инженерный метод расчёта предпостроечного уплотнения слабых глинистых оснований с применением несовершенных песчаных дрен при двусторонней вертикальной фильтрации поровой воды / Школа А.В., Мосичева И.И. // Вісник Одеського національного морського університету. – Випуск 10. – Одеса: ОНМУ – 2003. – С. 125-130.

6. Флорин В.А. Основы механики грунтов. Т II // М.-Л. Госстройиздат – 1961 – С. 507.

REFERENCES

1. Abelev M.Yu. Stroitelstvo promyshlennykh i grazhdanskikh sooruzheniy na slabykh vodonasyshchennykh gruntakh (Construction of industrial and civil constructions on weak saturated soils). – M.: Stroyizdat. 1983. – 248 p.

2. Marchenko A.S. Morskiye portovyye sooruzheniya na slabykh gruntakh (Sea port facilities on weak soils). – M.: Transport. 1976. – 192 p.

3. A.K. Posukhovskiy. Prognoz osadok osnovaniy iskusstvennykh territoriy iz namyvnykh ilistykh gruntov pri ustroystve vertikalnykh drenazhnykh prorezey (Forecast precipitate reason artificial areas of alluvial silt at the device of vertical drainage slots) / A.K. Posukhovskiy. I.I. Mosicheva // Visnik Odeskoї derzhavnoї akademiї budivnitstva ta arkhitekturi. – Vol. 30. – Odesa: ODABA – 2008. – pp. 278 – 283.

4. Abelev M.Yu. Slabyye vodonasyshchennyye glinistyye grunty kak osnovaniya sooruzheniy (Weak water-saturated clay soils as the base facilities). – M.: Stroyizdat. 1973. – 288 p.

5. Shkola A.V. Inzhenernyy metod rascheta predpostroyechnogo uplotneniya slabykh glinistykh osnovaniy s primeneniyem nesovershennykh peschanykh dren pri dvustoronney vertikalnoy filtratsii porovoy vody (Engineering method of calculation preconstruction seals weak clay grounds with imperfect sand drains with bilateral vertical filter of pore water) / Shkola A.V.. Mosicheva I.I. // Visnik Odeskogo natsionalnogo morskogo universitetu. – Vol. 10. – Odesa: ONMU – 2003. – pp. 125-130.

6. Florin V.A. Osnovy mekhaniki gruntov (Fundamentals of Soil Mechanics). vol II // M.-L. Gosstroyizdat – 1961 – p. 507.