

Добровольська А.О.

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

ЗМІНА ДЕФОРМАЦІЙ ТЕХНОГЕНИХ ГРУНТІВ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ ЗАМОЧУВАННЯ

Для розвитку геотехнічного будівництва у складних умовах міської щільної забудови важливим питанням є міцність ґрунтових основ, так і їх деформаційних властивостей, які безпосередньо впливають на несучу здатність основи, враховуючи, що за багатолітній період розвитку міста поверхня ґрунтового масиву із природного стану перетворюється у ґрунт із порушеною структурою. Знання про міцність та деформаційні властивості таких ґрунтів дає змогу попередити негативний вплив на майбутні споруди. Тому для визначення деформативності ґрунту було змодельовано ситуацію замочування ґрунтового масиву. Проведені дослідження деформативних властивостей зразків указують, що зразки із максимальним зволоженням нафтопродуктом та два види зволоження гарячою водою, тобто часткове і максимальне замочування, мають осідання, які є вищими меж граничних значень.

Ключові слова: техногенний ґрунт, деформаційні властивості, щільність, показник текучості та опір ґрунту.

Постановка проблеми. Останнім часом, під час освоєння вільних міських територій, техногенні ґрунти все частіше залучаються до сфери інженерного впливу, а, отже, вимагають вивчення, що обмежене у часі під час проведення інженерно-геологічних досліджень. Осідання даної групи основ у результаті проведення будівельних робіт в умовах щільної міської забудови часто перевищує припустимі значення. Внаслідок техногенних впливів замочування у результаті аварійних ситуацій на тепломережах, можуть виникнути додаткові осідання споруд, які були не передбачені, і можуть призвести до руйнування будівель та споруд.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Техногенні ґрунти досить часто використовуються і як основи споруд (особливо при дефіциті території для можливої забудови – як у багатьох великих містах світу), і як матеріали земляних споруд. Збільшення обсягів наземного та підземного будівництва у районах міста відіграє не малу роль у зміні геологічної будови.

Питання зміни деформаційних властивостей техногенних ґрунтів порушеної структури присвячено значну кількість робіт [6, с. 56, 8-13]. Вивчення умов формування та закономірностей поширення техногенних процесів у геологічному середовищі за [14, с. 52] варто розглядати, як частину важливої наукової проблеми взаємодії

людини та природи. Закономірності зміни деформаційних характеристик у ґрунтових середовищах за наявності різної кількості домішок дозволяють спрогнозувати їх поведінку в умовах щільної міської забудови [1, с. 53, 2, с. 18].

У [3, с. 136-139] досліджено наслідки розвитку будівельного виробництва у місті Києві та техногенні зміни геологічної будови майбутніх будівельних майданчиків, кількість яких за останні роки зросла на 40%. Порівняння геологічної будови м. Києва виявило, що потужності шарів техногенних ґрунтів за період з 2006 по 2016 рр. зросли у середньому на 98%. [4; 5] Також прослідковується зміна їх деяких фізичних характеристик протягом десяти років, а саме зменшення питомої ваги ґрунтових шарів. Можна припустити, що це відбулось внаслідок зміни вмісту органічних домішок у верхньому шарі ґрунту. Показник, що характеризує консистенцію ґрунту, який за станом на 2006 р. являв собою супісок текучої консистенції, на 2016 рік змінився на пластичний. Внаслідок зміни фізичних характеристик змінився опір ґрунту, що перетворило його на непридатний для використання під забудову.

Постановка завдання. Мета дослідження – визначити характер зміни відносної вертикальної деформації зразків техногенного ґрунту, замочених до різного рівня вологості, при їх ступінчастому завантаженні.

Методика дослідження. Проби досліджуваних ґрунтів для лабораторних дослідів відбиралися на глибині 5 м від поверхні, що відповідає середині товщі техногенного ґрунту у м. Києві. У лабораторних умовах виконано дослідження на компресійних приладах фізико-механічних властивостей ґрунтів, результати яких наведено у таблиці 1. Застосовувались чотири варіанти насичення ґрунту, а саме, шляхом максимального замочування у гарячій (60°C) воді, часткове замочування у гарячій воді (60°C), максимальне замочування у нафтопродукті та часткове замочування у нафтопродукті. Для порівняння результатів також випробовувався зразок у природному стані. Зразки техногенних ґрунтів у природному стані відбиралися безпосередньо на будівельному майданчику у Солом'янському районі м. Києва.

Лабораторні дослідження деформаційних властивостей техногенного ґрунту у результаті замочування проводились у два етапи.

На першому етапі ґрунт піддавався відсотковому замочуванню водою при 60°C. Відібраний ґрунт був поміщений в акваріум з оргскла з перфорацією, в який було заведено металопластикову трубку діаметром 2 см, що підключалася до нагрівального пристрою, який може нагрівати воду до 90°C. (рис. 1). Для створення різновідсоткового замочування зразка у металопластиковій трубці були створені отвори, а для максимального зволоження зразка трубка попередньо було пошкоджена, а саме переломлена з одної сторони, щоб збільшити водоприток для часткового замочування. Дана імітація моделювала аварійні ситуації на тепломережі, а саме: протікання та прорив тепломереж.

Зразки ґрунту, замочені гарячою водою, являють собою супісок з $\gamma=2,0 \text{ г/см}^3$ та $\gamma_{\text{sw}}=4,61 \text{ г/см}^3$ при частковому замоченні, $\gamma=2,1 \text{ г/см}^3$ та $\gamma_{\text{sw}}=3,49 \text{ г/см}^3$ при максимальному зволоженні. У вище описаному режимі замочування зразки витримувались

Таблиця 1

Фізико-механічні властивості

Номер зразка	Природна вологість, %	Щільність ґрунту, г/см ³	Щільність скелету ґрунту, г/см ³	Питома вага, г/см ³	Питома вага ґрунту виваженої в рідині г/см ³	Щільність мінеральночастинок, г/см ³	Коефіцієнт пористості	Вологість після випробування, %	Коефіцієнт водо насичення	Кут внутрішнього тертя φ	Питома щелення с
1	7,2	1,96	1,82	19,6	6,7	2,69	0,44	6,8	0,44	24	0,064
2	15,97	2,00	1,72	20,0	4,61		0,56	14,8	0,77	30	0,051
3	29,74	2,06	1,59	21	3,49		0,69	27,4	1,0	30	0,051
4	12,17	2,03	1,81	20,3	6,8		0,49	11,61	0,67	30	0,051
5	23,01	2,04	1,66	20,4	5,31		0,62	22	0,69	30	0,051

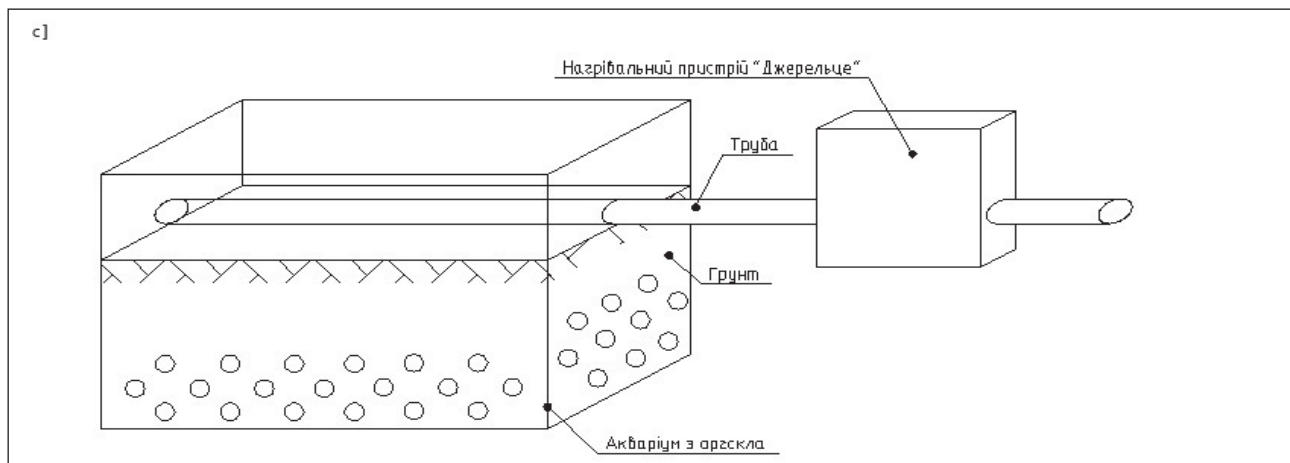


Рис. 1. Лабораторний стенд замочування ґрунту гарячою водою

24 години, після чого з них були вирізані кільця з ґрунтом для випробування у компресійному приладі зі ступінчастим навантаженням.

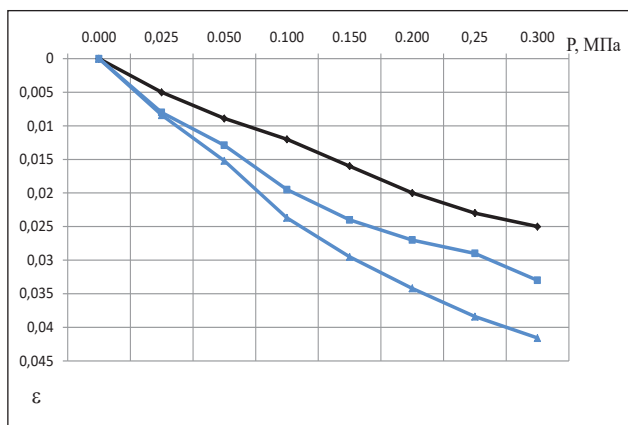
У нормативних документах [7] передбачено граничні значення деформації ґрунту, як основи у природному та водонасиченому станах. Дані значення та результати випробувань у рамках дослідження наведені на графіку 1, який показує залежність відносної вертикальної деформації до навантаження на зразок при ступінчастому навантаженні. Згідно з [7], значення деформації ґрунту у природному стані взяті за еталон.

Зразок № 1 ґрунт у природному стані

Зразок № 2 ґрунт, замочений у гарячій воді, з вологістю 15,97%

Зразок № 3 ґрунт, замочений у гарячій воді, з вологістю 29,74%

У результаті досліджень першого етапу за значеннями залежностей 1 та 4, що відповідають зразку природного стану ґрунту та нормативному значенню деформації відповідно до [7], можна зробити висновки, що їх відхилення від норми становить від до 66%. Це дає можливість стверджувати про достовірність результатів всіх зразків. У свою чергу, результати досліджень зразків ґрунту, які були попередньо замочені у гарячій воді, зразок № 2 та зразок № 3 відразу дали осідання більше, ніж зразок у природному стані. При навантаженні 0,5-2,0 МПа осідання зразка 2 та 3 рівномірне, а зі збільшенням навантаження на ґрунт з частковим зволоженням фіксується зменшення осідання, що не можна сказати про зразок із максимальним зволоженням, де осідання продовжує рівномірно зростати і у кінцевому результаті становить на 43% більше.



Графік 1. Залежність відносної вертикальної деформації зразків ґрунту 1-го етапу від ступінчастого навантаження в межах 0...0,3 МПа: 1 – зразок № 1, 2 – зразок № 2, 3 – зразок № 3

На другому етапі лабораторних дослідів використовувались техногенні ґрунти із процентним замочуванням нафтопродуктом. Для випробувань ґрунти представлені сушісками маловологими, пластичними із $\gamma=2,03$ г/см³ при частковому замоченні та $\gamma=2,04$ г/см³ при максимальному зволоженні та $\gamma_{sw}=6,8$ г/см³, $\gamma_{sw}=5,31$ г/см³ відповідно. Для відсоткового замочування нафтопродуктом вирізані кільця ґрунту були поміщені у колбу з нафтопродуктом на 24 та 12 годин для максимального та часткового замочування відповідно. Після обробки кільця з ґрунтом були розміщені у компресійному приладі та піддані ступінчастому навантаженню від 0,5 до 3 МПа. Дані наведено на рис. 2:

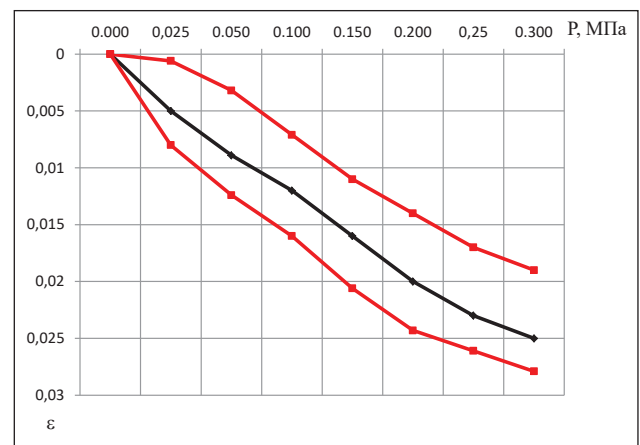
– зразок № 1 – ґрунт у природному стані

– зразок № 4 – ґрунт, замочений у нафтопродукті з вологістю 12%

– зразок № 5 – ґрунт, замочений у нафтопродукті з вологістю 23%

З результатів другого етапу лабораторних дослідів видно, що зразок № 4 просів на 15%, менше ніж зразок у природному стані, а зразок № 5 – на 18% більше. Це означає, що при середньому замоченні ґрунт набирає міцності, а при витримці і подальшому змоченні втрачає деформаційні властивості.

Висновки. У результаті дослідження деформативних властивостей зразків вище меж граничних значень мають зразки із максимальним зволоженням нафтопродуктом та два види зволоження гарячою водою, тобто часткове і максимальне замочування. Різниця значень зразку у природному стані від зразків зволжених гарячою водою становить 43%, а зволоженням нафтопродуктом 18%. Від-



Графік 2. Залежність відносної вертикальної деформації зразків ґрунту від ступінчастого навантаження в діапазоні 0...0,3 МПа 1 – зразок № 1, 2 – зразок № 4, 3 – зразок № 5

повідно зволоження гарячою водою має більш негативний вплив на деформаційні властивості ґрунтів, ніж нафтопродуктом. Але на даному етапі методів зміни механічних та деформаційних властивостей ґрунтів при зволоженні водою відомо більше, ніж при забрудненні нафтопродуктами.

Список літератури:

1. Добровольська А.О. Визначення стисливості техногенно порушеного ґрунту методом статичної обробки. III всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Перспектива розвитку гірничої справи та раціонального використання природних ресурсів». (Житомир 27–27 квітня 2016). Житомир: ЖТДУ. 2016. С. 53–57.
2. Добровольская А.О. Изучение деформационных характеристик техногенного грунта при разных вариантах замачивания. Материалы 10-й международной научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов «Перспективы развития строительных технологий». (Днепропетровск 21-22 апреля 2016). Днепропетровск. 2016. С. 18–23.
3. Добровольська А.О. Зміна геологічної будови м. Києва з урахуванням техногенного впливу на ґрунти. Вісник ЖДТУ. Серія «Технічні науки». 2016. № 3 (78). С. 136-143.
4. Звіт по геологорозвідувальній роботі ділянок м. Києва. Паспортизація ґрунтів. Геотехнічна лабораторія. ВАТ «УкрНГІ». 2007. Додаток Н. С-1-72.
5. Звіт по геологорозвідувальній роботі ділянок м. Києва/(ІГ)-КР-02/ТОВ «МЕДІНЖСЕРВІС». 2016. Додаток Б-К.
6. Стовпник С.М., Ган А.Л., Загоруйко Є.А., Шайдецька Л.В. Вторинне осідання підземної споруди у водонасиченому масиві при деформуванні ґрунтової основи з утворенням призми сповзання. Вісник КрНУ імені Михайла Остроградського. 2017. Випуск 4/2017 (105). С. 56-59.
7. ДБН В.2.1-10-2009. Основи та фундаменти споруд. Основні положення проектування.
8. Власюк А.П., Кузло М.Т. Експериментальні дослідження деяких параметрів фільтрації сольових розчинів у піщаних ґрунтах. Меліорація та водне господарство: міжвідомчий тематич. наук. зб. К.: Аграрна наука 2000. Вип. 87. С. 43-46.
9. Власюк А.П., Мартинюк А.П. Математичне моделювання консолідації ґрунтів в процесі фільтрації сольових розчинів. Рівне: Вид-во УДУВГП, 2004. 211 с.
10. Власюк А.П. Математичне моделювання консолідації ґрунтів при фільтрації сольових розчинів в неізотермічних умовах. Рівне: НУВГП, 2008. 416 с.
11. Кравець В.Г., Філько Д.В. Особливості та умови формування властивостей техногенних ґрунтів. Матеріали конференції «Перспективи розвитку будівельних технологій». 2013.
12. Зуєвська Н.В. Вплив температурного чинника на структурні зміни лесових просадних ґрунтів. Вісник НТУУ «КПІ». Серія «Гірництво». 2012. Вип. 28. С. 15-19.
13. Зуєвська Н.В. Вплив води з підвищеною температурою на інфільтраційні процеси при замочуванні лесових ґрунтів. Вісник НТУУ «КПІ». Серія «Гірництво». 2011. Вип. 22. С. 17–20.
14. Korobiichuk V., Shamrai V., Iziunova O., Tolkach O., Sobolevskyi R. Definition of hue of different types of pokostivskiy granodiorite using digital image processing. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2016. 4/5 (82). P. 52–57.

ИЗМЕНЕНИЕ ДЕФОРМАЦИЙ ТЕХНОГЕННЫХ ГРУНТОВ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ЗАМАЧИВАНИЯ

Для развития геотехнического строительства в сложных условиях городской плотной застройки важны вопросы как прочности грунтовых оснований, так и их деформационных свойств, которые непосредственно влияют на несущую способность основания. Учитывая, что за многолетний период развития города, поверхность грунтового массива из природного состояния превращается в почву с нарушенной структурой, то знание о прочности и деформационных свойствах таких почв позволяет предупредить негативное влияние на будущие сооружения. Поэтому для определения деформативности грунта была смоделирована ситуация замачивания почвенного массива. Проведенные исследования деформативных свойств образцов указывают, что образцы с максимальным увлажнением нефтепродуктом и два вида увлажнения горячей водой, то есть частичное и максимальное замачивания имеют осадки, которые выше пределов предельных значений.

Ключевые слова: техногенный грунт, деформационные свойства, плотность, текучести и сопротивление почвы.

CHANGE OF DEFORMATIONS OF TECHNICAL SOILS FOR RESULTS SOAKING

For the development of geotechnical construction in difficult conditions of urban dense development, important issues are both the strength of ground bases and their deformation properties, which directly affect the bearing capacity of the basis. Given that over a long period of the city's development, the surface of the soil massif from the natural state is transformed into a soil with a disturbed structure. Knowledge of the strength and deformation properties of such soils can prevent a negative impact on future building. Therefore, to determine the deformability of the soil, the situation of soaking the soil was modeled. The conducted studies of the deformative properties of the samples indicate that the samples with the maximum moistening in oil and two types of soaking in the hot water, that is, the partial and maximum soaks has precipitations less than limits of the limit values.

Key words: *technogenic soils, consideration, deformations, sedimentation.*