

УДК 624.016.724

СПОСТЕРЕЖЕННЯ ЗА ОСІДАННЯМИ БУДИНКІВ, ЯКІ ПІДСИЛЕНІ ЗА БУРОЗМІШУВАЛЬНОЮ ТЕХНОЛОГІЄЮ

Аспірант Хімченко Ю. Є.

*Полтавська регіональна комплексна лабораторія ДП НДІБК,
м. Полтава, Україна*

Постановка проблеми. В останні роки з розвитком технологій поліпшення основ, отримав впровадження новий метод підсилення стрічкових фундаментів жорсткими ґрунтоцементними елементами, що виготовляються за бурозмішувальною технологією. Під підсиленням (армуванням) основи розуміють покращення фізико-механічних властивостей ґрунтового масиву шляхом влаштування в ньому жорстких елементів, які сумісно працюють з ґрунтом і конструктивно не зв'язані з фундаментом. Необхідні характеристики основи досягаються за рахунок варіювання об'ємом ґрунтоцементних елементів, котрі добре працюють на стиск і мають високе зчеплення з оточуючим ґрунтом, що забезпечує сумісну роботу ґрунту та елементів армування [1]. Ґрунтоцементні елементи можуть мати вертикальне, похиле і навіть горизонтальне орієнтування. Останні отримали впровадження в Запорізькому філіалі інституту ДП НДІБК [2, 3]. Для поліпшення властивостей основ при підсиленні стрічкових фундаментів будівель і споруд на значну глибину, найбільш придатний метод армування похилими жорсткими ґрунтоцементними елементами, які виготовляються за бурозмішувальною технологією. Оскільки у стрічкових фундаментів стислива товща у 5–6 разів більша за їх ширину, необхідно дослідити ефект підсилення в умовах реконструкції основ і фундаментів.

Зв'язок з науковими і практичними завданнями та аналіз останніх досліджень і публікацій. Головна перевага методу підсилення основ ґрунтоцементом за бурозмішувальною технологією – це широке використання місцевих ґрунтів як основного дешевого матеріалу, що є повноцінним заміноювачем бетонних матеріалів [4].

За допомогою спеціального обладнання виконують розпушування ґрунту безпосередньо у масиві без його виймання. Одночасно у розпушений ґрунт нагнітається цементна суспензія, виконується перемішування й ущільнення ґрунтоцементної суміші. Внаслідок у ґрунті утворюється циліндричний ґрунтоцементний елемент (ГЦЕ), який не розмокає у водному середовищі. Такі ГЦЕ можуть використовуватися як фундаменти будівель і споруд різного призначення, протифільтраційні заони, підпірні стіни, утримуючі споруди при закріпленні укосів котлованів та зсувних схилів, армування слабких основ, підсилення існуючих будівель і споруд [5, 6, 7]. Як відомо, в Україні ще недостатньо розвинута база нормативних документів на ґрунтоцемент. Це спонукає до експериментальних та теоретичних досліджень з визначення механічних властивостей ґрунтоцементу у лабораторних і польових умовах,

модельовання напружено-деформованого стану системи «армована основа – фундамент».

Формулювання мети. Метою проведених досліджень було підтвердження ефективності використання ґрунтоцементного армування основи для підсилення стрічкових фундаментів при реконструкції. Методика досліджень складається з теоретичних досліджень напружено-деформованого стану системи «армована основа – фундамент, що реконструюється» і геодезичних спостережень за деформаціями основ, які підсилені жорсткими ГЦЕ за бурозмішувальною технологією.

Викладення основного матеріалу досліджень. У геоморфологічному відношенні ділянка, на якій розташовано соматичний корпус Полтавської обласної лікарні ім. М.В. Скліфосовського, приурочена до Полтавського лесового плато. Тип ґрунтових умов за просадочністю – І. Потужність лесової товщі до 8,6 м. Рівень ґрунтових вод було зафіксовано на глибині 2,95 – 3,80 м від поверхні землі. До несприятливих фізико-геологічних процесів та явищ у межах ділянки віднесені: просадочні явища, підтоплення території.

Згідно ДСТУ Б В.2.1-2-96 [8] у межах ділянки виділені такі інженерно-геологічні елементи (ГЕ):

ГЕ-1 – насипні ґрунти (ґрунтово-рослинний шар, суглинки, будівельне сміття) злежалі, ущільнені;

ГЕ-2а – суглинок гумусований, коричневий, напівтвердий;

ГЕ-2 – суглинок лесовий, коричневий, карбонатний, важкий пілуватий, від напівтвердого до м'якопластичного, макропористий, деградований;

ГЕ-3а – суглинок лесовий, темно-коричневий, темно-сірий, легкий пілуватий, текучопластичний, макропористий, з домішками органічних речовин;

ГЕ-3 – суглинок лесовий, пальово-жовтий, легкий пілуватий, текучий, макропористий;

ГЕ-4 – суглинок темно-коричневий, карбонатний, важкий пілуватий, тугопластичний. Фізико-механічні характеристики ґрунтів наведено в табл. 1.

Таблиця 1

Фізико-механічні характеристики ґрунтів основи

Номер ГЕ	W	I _p	I _L	γ _п , кН/м ³	E, МПа	c, кПа	φ _п , град
ГЕ -2	0.24	0.145	0.14	18.05	5	29	18
ГЕ -2*				18.4	7.5	35	20
ГЕ -3	0.31	0.10	0.96	18.60	3.5	11	20
ГЕ -3а	0.30	0.085	>1	18.60	3	10	21
ГЕ -4	0.295	0.145	0.48	18.90	6	22	19

Будівля, яка підлягає реконструкції, являє собою двохповерховий лікарняний корпус із цегляними несучими зовнішніми й внутрішніми стінами.

Корпус є пам'яткою архітектури загальнодержавного значення. Фундаменти під будівлею – стрічкові, цегляні. За умовну відмітку 0.000 прийнято рівень чистої підлоги 1-го поверху, що відповідає абсолютній відмітці 155,30 м за генпланом.

Середня ширина підшови фундаментів 0,95 м. Глибина їх закладання 1,7 м. Основою фундаментів служить ІГЕ-2. Під підшовою фундаменту внаслідок тривалого обтиснення основи зафіксовано деяке підвищення механічних характеристик ґрунту ІГЕ-2* (табл. 1). За весь час експлуатації величини просадок лесової основи фундаментів при її замоканні до коефіцієнта водонасичення $S_r = 0,9$ склали $S_{sl} = 20 - 25$ см. Це викликало нерівномірні деформації основ фундаментів.

Про наслідки загального деформування несучих конструкцій будівлі свідчать тріщини, виявлені в місцях примикання несучих поперечних стін до поздовжніх з боку головного фасаду по осі "Б" між осями "9" – "18". Це свідчить про те, що в процесі експлуатації внутрішні й зовнішні стіни просіли не однаково, більше просідання відбулося з боку внутрішніх стін, що є несучими й мають меншу ширину фундаментів, ніж зовнішні (до 950 мм). Тобто, під підшовою фундаменту залягає товща слабкого ґрунту ІГЕ-3 та ІГЕ-3а, яку необхідно підсилити.

Підсилення основи виконувалося з обох боків несучих конструкцій під кутом 22^0 . Схема розташування армуючих ГЦЕ наведено на рис. 1.

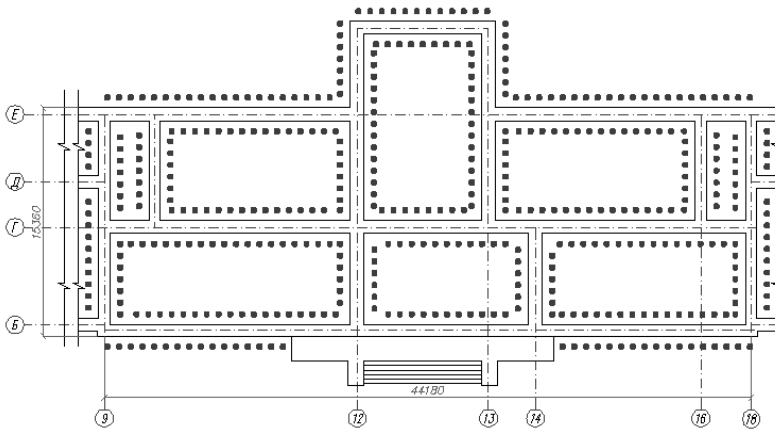


Рис. 1. Схема розташування армуючих ГЦЕ

Всього влаштовано 500 ГЦЕ довжиною 2,2 м та діаметром 200 мм. Глибина армування склала 2 м. Такою кількістю армоелементів ліквідовано просадочність основи та підвищено жорсткість будівлі в цілому, без збільшення ширини існуючого фундаменту традиційними методами. Це дало змогу збільшити розрахунковий опір ґрунту під підшовою реконструйованого

фундаменту майже на 40 кПа і сприйняти додаткове навантаження до 60 кН. Середній тиск під підшовою фундаменту p , розрахунковий опір ґрунту R , осідання S , по осі “Б” та “Д” в осях “9” – 18” до реконструкції розраховані за ДБН [9] і склали: $p = 323,7$ кПа, $R = 339,96$ кПа, $S = 10,1 - 15,1$ см.

Після проведення реконструкції без зміни ширини підшови фундаменту, наприклад, традиційними методами - влаштуванням залізобетонного банкету чи добетонування, осідання по осі “Б” та “Д” в осях “9” – 18” складуть $S=4,6 - 6,6$ см. Оскільки норми ДБН [9] не регламентують допустимі осідання після реконструкції чи надбудови, то ми скористаємося нормами ВСН [10], які обмежують появу додаткового осідання більше 2 см для даного типу будівель.

Було прийнято варіант реконструкції фундаменту – це армування основи похилими жорсткими ґрунтоцементними елементами, виготовленими за бурозмішувальною технологією. В наслідок чого додаткові осідання реконструйованого фундаменту, розраховані за ДБН [9], склали по осі “Б” та “Д” в осях “9” – 18” після реконструкції $S=1,43 - 1,68$ см, що відповідає умовам розрахунку.

В процесі дослідження виконане математичне моделювання напружено-деформованого стану системи “армована основа – фундамент, що реконструюється”. Використаний програмний комплекс “Plaxis-7.2”, який призначений для розрахунку ґрунтових основ методом скінчених елементів у фізично та геометрично нелінійній постановці ітераційно-кроковим методом. В результаті проведеного моделювання отримано додаткові осідання реконструйованого фундаменту, які складають по осі “Б” та “Д” в осях “9” – 18” $S=1,62 - 1,81$ см, що задовольняє умовам розрахунку за ДБН [9] та вимогам ВСН [10].

Модуль деформації підсиленої (армованої) основи склав $E=13,8$ МПа, що в порівнянні з природнім (табл. 1) більше у 4 – 4,5 рази. Слід зазначити, що під підшовою фундаменту внаслідок тривалого обтиснення основи з роками модуль деформації ґрунту збільшився до 7,5 МПа (табл. 1). Проте потужність цієї товщі не перевищує $0,5b$ ширини фундаменту, що недостатньо в умовах реконструкції для сприйняття додаткового навантаження на основу. Модуль деформації ґрунтоцементу прийнятий за даними лабораторних випробувань, він визначався після набуття ГЦЕ віку 28 днів і склав 165 МПа. Слід зазначити, що зі збільшенням терміну тужавіння, як підкреслюють багато дослідників Токін А.Н., Зоценко М.Л., Ларцева І.І., Петраш Р.В., Петруняк М.В., збільшується і модуль деформації [11, 12].

В нашому випадку через 2 роки після підсилення та стабілізації деформацій, модуль деформації ґрунтоцементу складе 300 МПа при вмісті цементу 15% від маси. Модуль деформації через 2 роки після реконструкції складе $E=21,7$ МПа, що в порівнянні з природнім більше у 6,2 – 7,2 рази.

З 2006 року ведуться постійні спостереження за осіданнями реконструйованих будинків, основа яких армована жорсткими ґрунтоцементними елементами за бурозмішувальною технологією. Спостереження за вертикальними деформаціями будинків ведуться методом геометричного нівелювання як найбільш надійним за точністю і простим у його реалізації. В основу методики спостережень покладені розробки,

викладені у програмі [13]. Нівелювання ведеться за деформаційними марками та опорними точками зв'язку за III класом точності. Розміщення деформаційних марок, реперів, променів, проміжних площадок і опорних точок зв'язку є основною частиною всієї роботи з вимірюванням деформацій. Від правильного розміщення необхідної кількості марок у більшості залежить якість, повнота і однозначність визначення деформацій. Марки розташовуються в усіх характерних точках будівлі на зовнішніх несучих стінах у рівні цоколя. Відстань між ними залежить від інженерно-геологічних умов ділянки, конструкції фундаментів, величин осідань, які очікуються і їх нерівномірності. Для будинків на слабкій основі, яка армована ГЦЕ, відстань між марками прийнято не більше 15 м.

Схема нівелювання з розміщенням деформаційних марок, реперів, променів, проміжних площадок та точок зв'язку Обласної клінічної лікарні ім. М. В. Скліфосовського по вул. Шевченка, 23 у м. Полтаві показана на рис. 2.

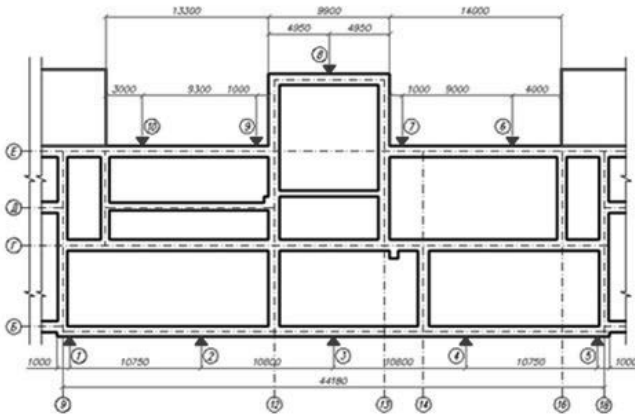


Рис. 2. Схема розташування деформаційних марок, реперів, променів, проміжних площадок та точок зв'язку:
▼ – позначка марки, 1 – порядковий номер марки.

За репер прийнято державний ГУГК № 637 з абсолютною позначкою 156,882 м. По кожній марці наведено інженерно-геологічний розріз з нанесеними на нього контурами стрічкового фундаменту (у розрізі) та його вертикальна прив'язка. Тут же наведено графік залежності осідання марки S , см від середнього тиску під подошвою стрічкового фундаменту p , МПа. Приклад такого графіку наведено на рис. 3.

Осідання цокольної частини будівлі отримані прецизійним нівелюванням по маркам і наведені у табл. 2.

Таблиця 2

№ марки	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Нівелювання протягом 2006 – 2012 р. S, см	1,81	1,84	1,87	1,89	1,92	1,90	1,88	1,85	1,83	1,82

Осідання цоколя

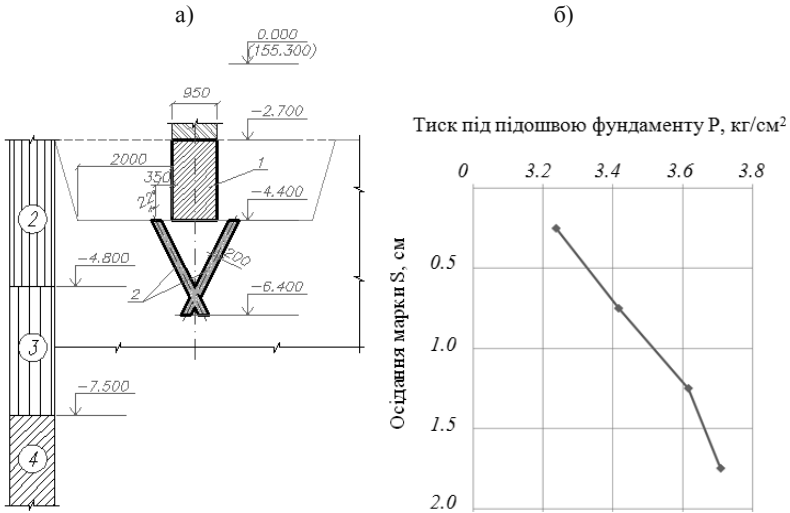


Рис. 3. Схема реконструйованого фундаменту: а) прив'язка до інженерно-геологічного розрізу по марці № 5, б) графік залежності осідання марки S, від тиску під підшовою фундаменту p; 1– існуючий фундамент; 2 – елементи армування.

За даними табл. 2. максимальне осідання зовнішніх стін клінічної лікарні складає $S = 1,92$ см. Окремі осідання марок коливаються у межах від 1,81 до 1,92 см. Найменше осідання зафіксоване з протилежної сторони фасаду на перетині осей “Б” – “9”, а найбільше на головному фасаді, на перетині “Б” – “18”. Як видно з табл. 2, усі отримані значення додаткових осідань приблизно рівні з отриманими даними за допомогою розрахунку та математичного моделювання і задовольняють вимоги ВСН [10].

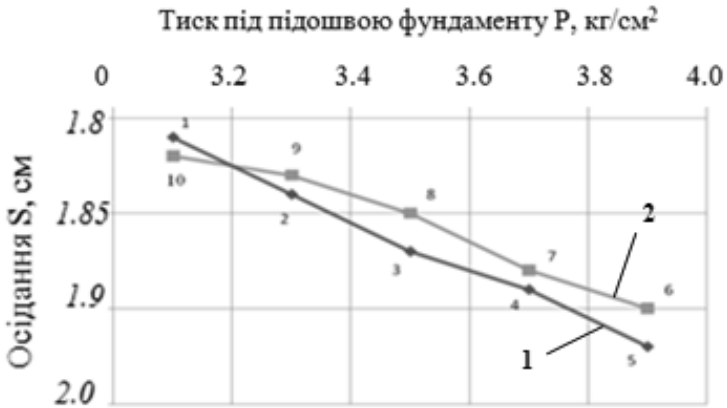


Рис. 4. Графік осідання марок:
 1- осідання марок №1-5 головного фасаду;
 2- осідання марок №6-10 дворового фасаду фасаду

Графік залежності осідання марок цоколя за даними табл. 2 від тиску під підшоною реконструйованого фундаменту показано на рис. 4, який показує рівномірність осідання цокольної частини головного та дворового фасаду будівлі в осях “9” – “18”. Добре видно, що права сторона фасаду (вісь “18”) осідає нерівномірно в порівнянні з лівою (вісь “9”). Однак це відхилення не перевищує відносної різниці осідань за ДБН [9] і складає $\frac{\Delta S}{L} = 0.00042$.

Станом на 2012 р. з візуальних обстежень головного фасаду Обласної клінічної лікарні ім. М. В. Скліфосовського рис.5., добре видно, що з моменту проведення будівельних робіт по реконструкції у 2006 р. немає жодних мікротріщин в несучих конструкціях. У період реконструкції осідання основи прогресує, тому точність вимірів може бути невисокою, а частота вимірів більша. У період експлуатації будівлі швидкість осідань затухає, відповідно, вимоги до точності вимірів підвищуються, частота вимірів зменшується.

Висновки. Отже, за реконструйованими будинками в м. Полтава на армованій жорсткими ґрунтоцементними елементами основі організовано спостереження за їх вертикальними деформаціями, що ведуться методом геометричного нівелювання, як найбільш надійного за точністю і простого у його реалізації. За результатами інструментальних спостережень за осіданнями встановлено, що вони відповідають нормативним методам розрахунку та результатам математичного моделювання. Це дає підставу стверджувати, що прийнята методика прогнозування величини модуля деформації армованого ґрунту відповідає заданим умовам підсилення основи.



Рис. 5. Головний фасад Обласної клінічної лікарні ім. М.В. Скліфосовського

ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Зоценко М.Л. Порівняльна характеристика фундаментів будівель і споруд із паль та на армованій основі /М.Л. Зоценко, І.М. Сухоросов, Л.М. Зоценко // Міжвідомчий наук.–техн. зб. наук. пр. (будівництво) / Держ. наук.–дослід. ін–т будівельних конструкцій Мінбуду України. – К.: НДІБК, 2007. – Вип. 66 - с. 81-88.
2. Степура І.В. Горизонтальное армирование грунтов в основаниях зданий / И.В. Степура, В.С. Шокарев, А. В. Павлов, Р.В. Самченко, С.И. Степура // Міжвідомчий наук.–техн. зб. наук. пр. (будівництво) / Держ. наук.–дослід. ін–т будівельних конструкцій Мінбуду України. – К.: НДІБК, 2008. – Вип. 66 - с. 34-41.
3. Степура І.В. Усиление оснований армированием грунтов при реконструкции /И.В. Степура, В.С. Шокарев, А.В. Павлов, Р.В. Самченко, С.И. Степура // Міжвідомчий наук.–техн. зб. наук. пр. (будівництво) / Держ. наук.–дослід. ін–т будівельних конструкцій Мінбуду України. – К.: НДІБК, 2008. – Вип. 71: В 2-х кн.: Книга 1 - с. 111-118.

4. Безрук В. М. Укрепление грунтов в дорожном и аэродромном строительстве / В. М. Безрук/. – М. : Транспорт, 1971. – 216 с.
5. Семко О.В. Результати впровадження ґрунтоцементних паль як фундаментів будівель і споруд / О.В. Семко, Р.В. Петраш, Л.М. Зоценко // Міжвідомчий наук.–техн. зб. наук. пр. (будівництво) / Держ. наук.–дослід. ін–т будівельних конструкцій Мінбуду України. – К.: НДІБК, 2007. – Вип. 66 - с. 89-95.
6. Ларцева І.І. Застосування цементації ґрунтів за бурозмішувальною технологією для закріплення зсувонебезпечних територій / І.І. Ларцева, А.М. Ягольник // Тези доповідей 68-ої Міжнарод. наук.-практ. конф. “Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту”. – Д.: ДНУЗТ, 2008. – С. 138.
7. Великодний Ю.Й. Використання ґрунтоцементу, виготовленого за бурозмішувальною технологією, для влаштування протифільтраційних завіс /Ю.Й. Великодний, М.Л. Зоценко, С.В. Біда, А.М. Ягольник, І.І. Ларцева // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди: зб. наук. пр. – Рівне: НУВГТ, 2010. – Вип. 20. С. 11–16.
8. ДСТУ Б В.2.1-2-96. Ґрунти. Класифікація. – К.: Держбуд України, 1997.
9. ДБН В.2.1-10-2009. Об’єкти будівництва та промислової продукції будівельного призначення. Основи та фундаменти будинків та споруд. Основи та фундаменти споруд. Основні положення проектування. – К. : Мінрегіонбуд України, 2009. – 104 с.
10. ВСН 490-87Р. Проектирование и устройство свайных фундаментов и шпунтовых ограждений в условиях реконструкции промышленных предприятий и городской застройки. М. : Минмонтажспецстрой СССР.- 1988.-21с.
11. Токин А.Н. Фундаменты из цементогрунта / А.Н. Токин – М. : Стройиздат, 1984. – 184 с.
12. Ларцева І.І. До визначення фізико-механічних характеристик ґрунтоцементу / І.І. Ларцева, М.В. Петруняк // Зб. наук. пр. (галузево-машинобуд., буд-во). – Полтава: ПолтНТУ, 2010. – Вип. 2 (27). – С. 127–134.
13. Руководство по наблюдениям за деформациями оснований и фундаментов зданий и сооружений, М.: Стройиздат, 1975. – 156с.