

ТЕХНОЛОГІЇ ВИРІВНЮВАННЯ ГЕОМЕТРИЧНОГО ПОЛОЖЕННЯ БУДІВЕЛЬ НА НЕРІВНОМІРНО ДЕФОРМОВАНИХ ОСНОВАХ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Розглянуто причини зміни геометричного положення будівель та виконано аналіз відомих рішень для виправлення нахилених будівель. Проведено дві серії лабораторних досліджень по використанню технологічних рішень, які можуть бути корисними для регулювання нерівностей осідання будівель і споруд на слабких основах.

Ключові слова: будівля, фундамент, ґрунт, основа, осідання, крен, свердловина, зсув.

Abstract

The reasons for the change in the geometric position of buildings are considered and the analysis of known solutions for correcting tilted buildings is performed. Two series of laboratory studies have been conducted on the use of technological solutions that can be useful for regulating the uneven settlement of buildings and structures on weak foundations.

Keywords: building, foundation, soil, base, settlement, roll, well, landslide.

Вступ

В даний час в містах усього світу активно розвивається багатоповерхове (висотне і висотне) будівництво, в тому числі і на слабких водонасичених і сильно стисливих ґрунтах. Це викликає ряд проблем, пов'язаних із забезпеченням експлуатаційної надійності об'єктів, зокрема, з дотриманням нормативних показників по абсолютному і відносному осіданню, а також відхиленням каркаса будівлі від вертикалі в результаті чого відбувається його крен. Найбільш небезпечними, з точки зору надійності і безпеки, є випадки просторово складних і нестабілізованих у часі нахилів будівель. Незважаючи на загальновідомі широко поширені методи зміцнення фундаментів і вирівнювання геометричного положення будівель і споруд, невирішеною залишається проблема стабілізації осідання фундаментів і ліквідації кренів об'єктів в умовах слабких фундаментів зі складними, нестабільними нахилами.

Таким чином, розробка методу вирівнювання геометричного положення будівель на нерівномірно деформованих основах і контрольованого регулювання нерівностей осідань будівель і споруд на слабких основах є актуальним завданням.

Результати дослідження

Нахил об'єкта рідко виникає внаслідок однієї проблеми. Зазвичай це ряд факторів в межах якого ми можемо шукати домінуючий. Їх можна розділити на три групи:

- властивості ґрунту (наприклад, занадто низька несуча здатність, недостатня підготовка ґрунту для фундаментів, нерівномірне закріплення, зміна стану ґрунтових вод);
- фундаменти (наприклад, надто мілке закладення, невідповідний тип);
- антропогенні фактори (пряма чи непряма діяльність людини, наприклад, розробка корисних копалин, влаштування підземних конструкцій).

Природну неоднорідність надр (різноманітність товщини, перешарування, різна стисливість і ступінь попередньої консолідації тощо) слід завжди мати на увазі під час проектування, так як вона є однією з основних причин нерівномірного осідання. Несподівана зміна консистенції ґрунту під фундаментом, наприклад під впливом природного коливаннями ґрунтових вод, затопленням або засухою; або різке застосування навантаження у випадку дрібних ґрунтів може призвести до зниження несучої здатності, що зазвичай і відбувається і викликає будівельний нахил [1].

Слід мати на увазі, що нахил будівлі також може бути результатом нерівномірного розширення

грунту під об'єктом, а не тільки стиснення. Ця проблема стосується ґрунтів, що містять природні експансивні корисні копалини, наприклад монтморилонітові глини, але також можуть зустрічатися в антропогенних ґрунтах, побудованих з використанням шлаку електростанцій або активної золи-винесення [2].

Що стосується невідповідної ширини або глибини фундаменту, то можна припустити, що більша глибина закладення Пізанської вежі, також зменшить або запобіжить її нахилу – фундамент вежі закладено на глибині всього 2 м при ширині його основи 20 м [3]. Один із контрзаходів, застосованих під час останніх стабілізаційних робіт Пізанської вежі - приєднування до її фундаментів з влаштованою навколишньою стінкою в ґрунті, що збільшило ефективну площу фундаменту.

Можна виділити три основні групи методів вирівнювання геометричного положення будівель, тобто ліквідації нахилу:

- примусове осідання вищих частин конструкції, наприклад, за допомогою видалення землі;
- підйом нижніх частин конструкції;
- одночасне опускання вищих частин об'єкта і піднімання нижніх.

При виконанні примусового осідання вищих частин конструкції змінюють властивості ґрунту, що лежить під будівлею. Зокрема, зміни стосуються стисливості ґрунту, напруженого стану, вмісту води тощо. Випрямлення досягається шляхом контрольованого зниження жорсткості ґрунту під фундаментом. Обсяг шарів ґрунту під фундаментом з меншим осіданням зменшують, викликаючи осідання. Отже, об'єкт повертається до правильної орієнтації в просторі. Перевагою є те, що конструкція будівлі під час таких робіт не потребує втручання. Крім того, конструкція і спосіб навантаження будівлі, що передається на ґрунт, також не змінюється. Ці методи можна використовувати для виправлення будівель незалежно від кількості поверхів, типу фундаменту (плита, індивідуальні або суцільні фундаменти) і для більшості надр (природних, антропогенних).

При вилученні ґрунту відповідну кількість ґрунту витягується, у суворо контрольований спосіб, за допомогою свердловин, з під піднятої частини будівлі. Залежно від потреб, отвори висвердлюються вертикально, горизонтально або під кутом. Бурова установка рухається по спеціально підготовлених напрямних обсадних колонах підосви попередньо підготовленої виїмки в безпосередній близькості від об'єкта виправлення. Деформацію ґрунту можна додатково регулювати шляхом заливання води в отвори [4].

В лабораторії механіки ґрунтів основ та фундаментів ВНТУ проведені лабораторні дослідження роботи моделі фундаменту мілкого закладання при усуненні нерівномірної осадки методом вибурювання. Метою досліджень була оцінка ефективності методу вибурювання вертикальних та малопохилих до вертикалі свердловин в сипучих ґрунтах для зниження нерівномірності осідання плоского штапу та виявлення закономірностей впливу геометричних характеристик свердловини при вибурюванні ґрунту на процес зниження нерівномірності осідання плоского штапу.

Для проведення першої серії досліджень використовувався лоток, виконаний із металу, зі скляними стінками для фіксації переміщень моделей фундаментів та ґрунту основи (рис. 1). Установка є універсальною та підходить для досліджень фундаментів різного типу, свого часу була розроблена на кафедрі БМГА Вінницького національного технічного університету.

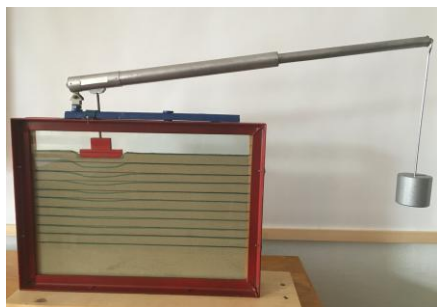


Рис. 1 – Ґрунтовий лоток

В ґрунтовий лоток вкладався ґрунт - пісок мілкий, причому, використовували пісок в повітряно-сухому стані з вкладанням горизонтальними шарами, які відображали пофарбованим піском. Модель фундаменту мілкого закладання, що зазнає нерівномірного осідання, виконана в масштабі з коефіцієнтом $K=100$, розмірами зіставними з розмірами випробувального ґрунтового лотка. Навантаження на модель фундаменту задавалася за допомогою важеля (рис.1). Незалежна від лотка реперна система встановлювалася для використання вимірювального обладнання і поводитися фотофіксація дослідження.

Після навантаження фундаменту виконували вертикальну свердловину з боку моделі фундаменту з найменшим осіданням. Ефективність оцінювалася за результатами моніторингу осідання та візуального спостереження за заповненням свердловин ґрунтом. Фіксувалася зона зсувів ґрунту в основі фундаменту.

Друга серія досліджень проводилася на моделі фундаменту мілкого закладання в формі металевого штапу з плоскою підосвою, який встановлювали в лоток, заповнений піском середньої крупності

з заданою щільністю та вологістю. Після виконання робіт із заповнення лотка ґрунтом та встановлення моделі фундаменту, з використанням силового домкрату ступінчасто прикладалося статичне навантаження. Одна ступінь дорівнювала $0,5\text{кН}$, всього загальне навантаження склало $N=5\text{кН}$. Осідання під навантаженням фіксували з допомогою чотирьох прогиномірів, встановлених на реперній системі (рис. 2).

Навантаження моделі припинялося після досягнення різниці осідання, що дорівнювала $\Delta s=8\text{ мм}$. Критерієм умовної стабілізації осідання прийнято вважати додаткові деформації рівні $0,1\text{ мм}$ протягом останніх чотирьох годин випробувань.

Потім приступали до буріння вертикальних свердловин з боку моделі фундаменту з найменшими осадками. Глибина буріння першого циклу $0,5b$, потім із кроком $0,5b$, глибина досягла $2b$, де b – ширина моделі фундаменту. Ефективність оцінювалася за результатами моніторингу осадок та візуального спостереження за заповненням свердловин ґрунтом.



Рис. 2 – Процес випробування

Після кожного циклу вибурювання витримувалося не менше доби, потім за відсутності результату після 2-3 разів буріння до однієї і тієї ж глибини довжина свердловини збільшувалася на $0,5b$.

На підставі моніторингу за процесом розвитку нерівномірності осідання у часі було побудовано графік (рис. 3). Максимальна різниця осадок між крайніми точками моделі (А-Б, на рис. 3) при досягненні критерію умовної стабілізації склала 8 мм .

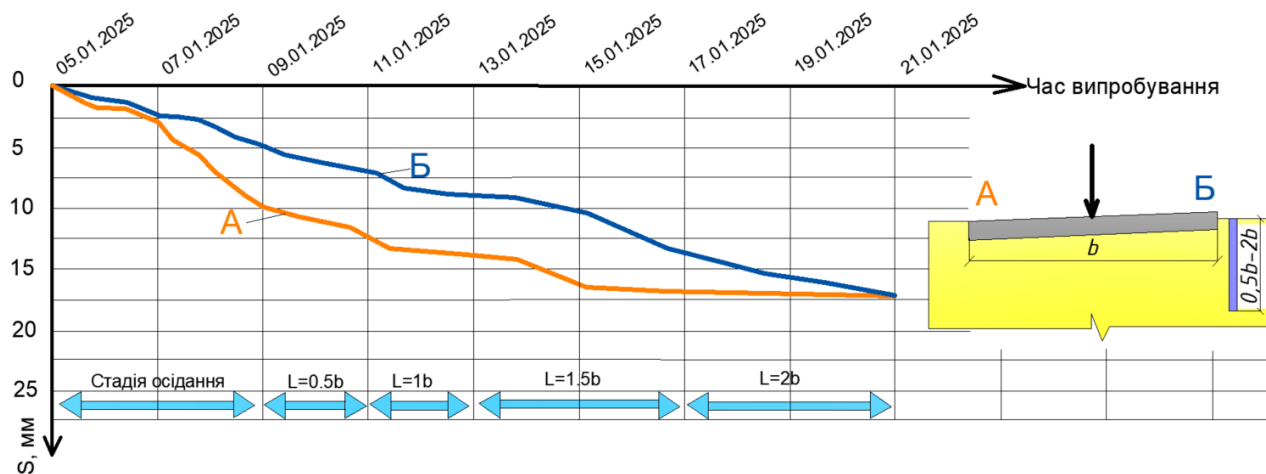


Рис. 3 – Хронологія розвитку осідання моделі фундаменту при вертикальному бурінні

Спочатку буріння велося на глибину $0,5b$, після двох циклів по 5 свердловин у кожному, глибина була збільшена до $1b$, через відсутність прогресу зниження нерівномірності осідання, за результатами моніторингу за осіданням. Як можна бачити з графіка (рис. 3) довжина свердловини рівна $1b$ також не справила належного ефекту. На третій стадії глибина становила $1,5b$, при цій глибині став проявлятися необхідний ефект. Для повного вирівнювання моделі фундаменту глибина буріння була збільшена до $2b$. У результаті різниця осідань крайніх точок моделі фундаменту знизилася до $\Delta s=0,2\text{мм}$.

Висновки

Аналізуючи отримані дані, можна дійти висновку, що при появі значних зон зсувів ґрунту відбувається процес переміщення ґрунту основи у вибурені свердловини, що призводить до ослаблення основи з найменш осівшої сторони фундаменту і надалі призводить до осідання цієї сторони, тобто до зниження нерівномірності осадки. Тому можна вважати, що поява зон зсувів ґрунту в основі фундаменту при вибурюванні свердловин пов'язана з ефективністю застосування методу, що підтверджується результатами моніторингу. Так поява значних зон зсувів ґрунтового масиву наставала, коли довжина свердловини у ґрунті досягала $1,5b - 2b$.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Ковальський Р.К. Підсилення основ методом армування в умовах реконструкції: Будівельні конструкції: зб. наук. пр. Київ: НДІБК, 2001. Вип.54. С. 98-102.
2. Юхименко А.І., Самченко Р.В. Про комплексні технології відновлення деформованих будівель та споруд, які зазнали кренів: Містобудування та територіальне планування: наук.-техн. зб. Київ: КНУБА, 2015. Вип. 55. С. 359-367.
3. F. Terracina, "Foundations of the Leaning Tower of Pisa," Géotechnique, pp. Vol. 12, 4, pp. 336-339, 1962.
4. Самченко Р.В. Удосконалення технології вирівнювання нахилених будівель горизонтальним вибурюванням ґрунту із основи : автореф. дис. ...канд. техн. наук: 05.23.08. Дніпропетровськ, 2010. 19 с.

Федорченко Анастасія Валентинівна – студент групи Б-23мз, факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: nf61664@gmail.com

Попович Микола Миколайович – к.т.н., доцент кафедри будівництва, міського господарства та архітектури, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: popovychnick@gmail.com

Anastasia Fedorchenko – Faculty of Construction, Civil and Environmental Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: nf61664@gmail.com

Mykola Popovych – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Department of Construction, Urban Economy and Architecture, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, email: popovychnick@gmail.com