

Розрахунок підпірних стін з використанням різних програмних комплексів

Олег Малишев, доц., канд.техн.наук, ¹ (ORCID: 0000-0002-2804-6217),
Анатолій Буртовий, магістр ¹(ORCID: 0009-0005-2750-908X)

¹ Київський національний університет будівництва і архітектури, м. Київ, Україна

АНОТАЦІЯ

Наявні програмні комплекси, хоча й представлені в обмеженій кількості, дозволяють підвищити якість розрахунків підпірних стін і зменшити трудомісткість їх виконання. Водночас у таких програмах можуть бути реалізовані розрахункові підходи, засновані на інженерних методиках, теоретичних засадах або нормативних документах інших держав. Це може спричинити розбіжності між результатами, отриманими за допомогою програм, та тими, що базуються на національних інженерних методах, або ж призводити до відсутності необхідних перевірочних умов, передбачених вітчизняними нормативами. Така ситуація обмежує можливості практичного використання програмних засобів.

У дослідженні розглянуто особливості взаємодії кутових підпірних стін із типовою та укороченою консоллю, яка спричиняє утворення несиметричної призми обвалення. Це, у свою чергу, впливає на результати розрахунків при роботі з основами, що складаються з незв'язаних ґрунтів. Проведено порівняння результатів розрахунків кутових підпірних стін, виконаних за інженерними методами та за допомогою програмного забезпечення. Встановлено, що висота стінової частини має значний вплив на величину згинальних моментів у піщаних ґрунтах, що важливо враховувати під час проектування та будівництва.

Ключові слова: підпірні стіни, стійкість, деформації, основа, програмні комплекси.

1. ВСТУП

У сучасних умовах розвитку міської інфраструктури одним із пріоритетних напрямів є освоєння вільних від забудови територій для розміщення нових логістичних комплексів, які забезпечують ефективну роботу міської інфраструктури. Такі території, як правило, мають значну площу забудови, і навіть незначний ухил рельєфу часто зумовлює необхідність проектування та зведення підпірних стін великої довжини. Ці стіни можуть відрізнятися за конструктивними особливостями, використовуваними матеріалами, типом взаємодії з ґрунтовою основою, а також методами розрахунку, що безпосередньо впливає на їх подальшу експлуатаційну ефективність.

У зв'язку з цим важливим завданням є порівняння різних методів розрахунку підпірних стін з метою вибору найбільш раціонального варіанта. Це дозволить оптимізувати процес проектування і підвищити загальну ефективність реалізації інженерних рішень.

2. МЕТА РОБОТИ

Метою даної роботи є: аналіз існуючих інженерних методів розрахунку підпірних стін та їх аналоги з використанням сучасного комп'ютерного програмного забезпечення.

3. ОСНОВНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ

Документи «Керівництво з проектування підпірних стін та стін підвалів для промислового та цивільного будівництва, 1984» (надалі — керівництво 84) та «Довідковий посібник до СНиП. Проектування стін та стін підвалів, 1991» (надалі — посібник 91), які використовуються для розрахунку підпірних стін, є морально застарілими, оскільки були розроблені ще у ХХ столітті. У цих джерелах спостерігаються суттєві

відмінності в підходах до реалізації розрахункових положень, що може призводити до розбіжностей у результатах.

Зокрема, керівництво 84 надає розгорнутий опис методики визначення всіх складових активного та пасивного тиску ґрунту, який діє на масивні, кутові підпірні стіни та стіни підвалів. У ньому передбачено можливість виконання розрахунків за першою та другою групами граничних станів із детальним поясненням і графічним зображенням кожного етапу. Проте методи визначення несучої здатності основи та розрахункового опору ґрунтів є застарілими, що знижує актуальність використання цього джерела в сучасному проектуванні. У зв'язку з цим виникає потреба у застосуванні актуалізованих нормативних виразів, наведених у чинних документах [3]. Також у керівництві 84 розглянуто розрахунок кутових підпірних стін із урахуванням характеру призми обвалення — симетричної або несиметричної.

Посібник 91 містить аналогічні методичні підходи, однак вирізняється специфікою реалізації: більшість формул подано у спрощеному вигляді, зведених до єдиних узагальнених виразів, що полегшує проведення розрахунків, особливо при використанні електронних таблиць у середовищі Microsoft Office. Однак, попри зручність, посібник має низку недоліків. До них належать складність інтерпретації розрахункових формул, можливі неточності у їх реалізації (зокрема, у визначенні сум проєкцій сил на вертикальну площину), а також обмеження лише описовим поданням певних положень. Наприклад, врахування типу призми обвалення (симетрична/несиметрична) подано без супровідних аналітичних виразів, що ускладнює практичне застосування відповідних методик.

Застосування геотехнічного програмного комплексу **PLAXIS** (рис. 1) дає змогу здійснити комплексну перевірку розрахункової моделі із використанням чисельних методів, у результаті чого визначається єдиний, найбільш критичний механізм руйнування. Це відрізняє підхід **PLAXIS** від аналітичних (інженерних) методів, де необхідно

виконувати низку окремих перевірок із урахуванням відповідних коефіцієнтів запасу. Водночас проведення детальних перевірок на стійкість, несучу здатність та деформації у середовищі PLAXIS є доволі трудомістким процесом, який не завжди є доцільним або необхідним у контексті попереднього проєктування.

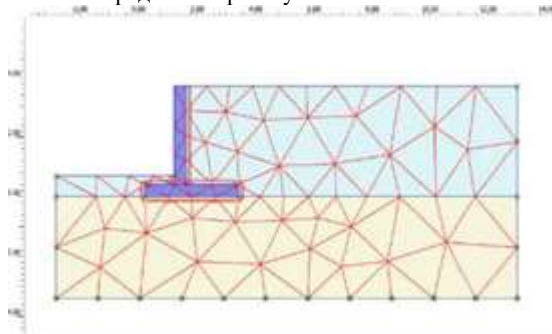


Рисунок 1. Приклад розрахункової схеми підпірної стіни в ПК Plaxis.

ПК Geo5. Програмний комплекс GEO5 (Рис.2) містить такі основні модулі для розрахунку підпірних стін:

- «куткова стіна»;
- «гравітаційна стіна»;
- «габійонна стіна».

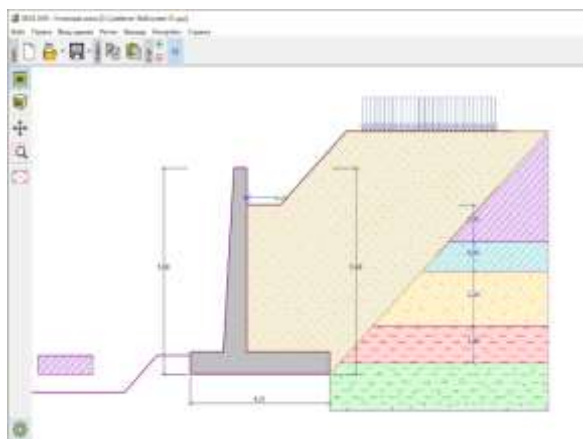


Рисунок 2. Приклад розрахункової схеми підпірної стіни в ПК GEO5.

Програмний комплекс надає можливість виконувати розрахунки відповідно до положень європейських нормативів із застосуванням різних методик і підходів, які користувач може самостійно обирати та налаштовувати відповідно до поставлених завдань. Разом із тим, автоматичне врахування вимог чинних національних нормативних документів не передбачене. Додаткові труднощі викликає і недостатня прозорість у реалізації характеристик ґрунтів зворотної засипки та природної основи при розрахунках за різними групами граничних станів.

Основна сфера застосування програми — виконання попередніх розрахунків підпірних стін з метою визначення їх геометричних параметрів та, за потреби, елементів армування.

Окремо слід відзначити модуль «Підпірна стіна» програмного комплексу **МОНОМАХ-САПР** (рис. 3), який

дозволяє виконувати розрахунок і проєктування монолітної залізобетонної кутової підпірної стіни з урахуванням заданих інженерно-геологічних умов конкретного будівельного майданчика.

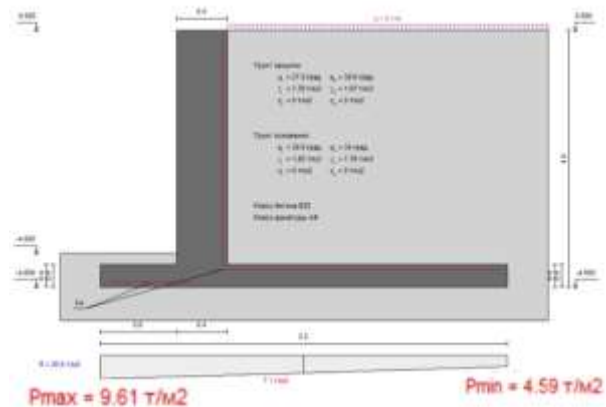


Рисунок 3. Приклад розрахункової схеми підпірної стіни в модулі «Підпірна стіна» в ПК МОНОМАХ-САПР.

Встановлено, що методика визначення активного тиску незв'язаного ґрунту на кутові підпірні стіни, викладена у «посібнику 91», не враховує призму обрушення, наявність якої підтверджується експериментальними даними, приведеними в літературних джерелах, а також містить неточності у виразах для розрахунку проєкції усіх сил на вертикальну площину (неврахування власної ваги стіни, коефіцієнту надійності за навантаженням).

Найбільшу збіжність тиску під підшовою підпірної стіни мають результати розрахунку за «керівництвом 84» та ПК «Мономах» 7-26% - для стандартної консолі та 1-69% - для короткої консолі, для «посібника 91» - 7-11% та 25-130% - для стандартної та короткої консолі відповідно. Найбільшу збіжність мають напруження стику, найменші - розтягу.

Встановлено порядок найбільшої збіжності результатів: «керівництвом 84», ПК «Мономах», Geo5, «посібник 91».

Список літератури

- [1] ДСТУ-Н Б В.2.1-31:2014. Настанова з проєктування підпірних стін:– [Чинний від 2015.10.01]. – Київ: Мінрегіонбуд України, 2015. – 86с..
- [2] ДБН В.2.1-10:2018. Основи і фундаменти будівель та споруд. Основні положення. – [Чинний від 2019-01-01]. – К.: Мінрегіонбуд України, 2018. – 36с.
- [3] Раюк В. Ф. Розрахунок тиску ґрунту на підпірні стіни / В. Ф. Раюк // Річковий транспорт. – К., 1965. – № 5. – С. 46-49.
- [4] Чернишова К. Й. Результати дослідження розподілу тиску ґрунту на гнучкі підпірні стінки / К. Й. Чернишова // Доповіді АН УРСР. – К.: Наукова думка. – 1964. – Вип. 12. – С. 1609-1613.
- [5] Gucunski N. Seismic analysis of retaining walls, buried structures, embankments, and integral abutments / N. Gucunski, H. Najm, H. Nassif; Piscataway: Dept. of Civil & Environmental Engineering Center for Advanced Infrastructure & Transportation (CAIT) Rutgers, 2005 – 160 p.