

Питання оптимального проєктування комбінованого плитно-пального фундаменту

Кирило Шаповал, здобувач другого рівня вищої освіти, магістр¹ (ORCID: 0009-0003-8939-2505).

Володимир Кріпак, канд. техн. наук, професор¹ (ORCID: 0000-0001-6575-5015)

¹ Київський національний університет будівництва і архітектури, пр-т Повітряних сил 31, Київ, Україна

АНОТАЦІЯ

Проведено дослідження, щодо підбору оптимального конструктивного рішення комбінованого плитно-пального фундаменту, в залежності від сукупності факторів такі як: характер навантажень, фізичні характеристики ґрунтів, взаємодія ростверку і ґрунту.

Ключові слова: плитно-пальовий фундамент, палі, куці палі, оптимізація конструктивного рішення, напружено-деформований стан

1. ВСТУП

При проєктуванні і будівництві багатоповерхових будівель виникає ряд особливостей і питань. До теперішнього часу недостатньо досліджено низку питань, пов'язаних із проєктуванням пальових фундаментів: не вирішено проблему включення низького ростверка в роботу з ґрунтом основи під час посилення та влаштування пальових кущових фундаментів із врахуванням особливостей ґрунтів; недостатньо досліджено зміну напружено-деформованого стану (НДС) пальових фундаментів та основ; відсутня методика, яка дає змогу враховувати роботу ґрунтів у основі елементів, які розвантажуються під час влаштування фундаментів. Тому тема роботи про вдосконалення способів розрахунку і відповідно оптимального проєктування пальових фундаментів будівель є актуальною.

2. МЕТА

Аналіз новітніх теоретичних рішень роботи пальових фундаментів, методів їх розрахунку і відповідно застосування їх в проєктуванні, порівняння з діючою нормативною базою, для вибору найбільш оптимального конструктивного рішення для влаштування комбінованого плитно-пального фундаменту.

3. ОСНОВНІ ЧАСТИНА

Проблема раціонального проєктування пальових фундаментів є актуальною в галузі сучасного фундаментобудування, оскільки, як показує практика, частка витрат на зведення конструкцій підземних частин будівель і споруд на пальових фундаментах може становити до 20% від загального обсягу бетону та залізобетону, який застосовують під час будівництва.

Одним із найважливіших напрямів підвищення економічної ефективності пальових фундаментів є вдосконалення методів їхнього розрахунку та проєктування.

Диференціювати вплив різних чинників на несучу спроможність ростверку, включно з неоднорідністю основи за глибиною, можна завдяки їх варіюванням у чисельному експерименті. Досвід наукових досліджень як у нашій країні, так і за кордоном підтверджує можливість використання чисельних експериментів під час вивчення взаємодії

фундаментів, включно з пальовими, з ґрунтами основи для одержання якісних і кількісних результатів, які дають змогу встановити необхідні для розроблення нових та вдосконалення наявних розрахункових методів закономірностей

На основі накопиченого досвіду в даний час вироблені наступні положення для проєктування плитно-пального фундаменту:

- застосування меншої кількості довгих палей замість великої кількості коротких;
- палі слід розташовувати в зоні дії навантаження;
- заходи по збереженню природного стану ґрунту під плитою повинні бути складовою частиною проєкту;
- між плитною частиною ростверку і палями слід виконувати зазор[3].

Дослідження взаємодії палей показали, що краще використовувати меншу кількість палей і розташовувати їх у зоні концентрації навантаження (під колоною або пілоном), чим більша кількість палей, тим і вищий ростверк.

Однією з найбільш ефективних розробок в галузі фундаментального будівництва останнього десятиліття є комбінований плитно-пальовий фундамент – ППФ [2]. «Комбінований плитно-пальовий фундамент (ППФ) являє собою фундаментну систему «пальове поле – плитний ростверк – ґрунтова основа», в якій частину навантаження від будівлі сприймають палі, а частину – плитний ростверк. Плитний ростверк працює в даному випадку як фундаментна плита» (рис.1) [2]

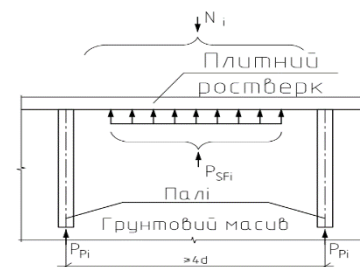


Рисунок. 1 Плитний ростверк

При досить великому кроці палі працюють як одиночні, а фундамент розраховується як плита на природній основі. Палі можна замінити зворотними реакціями, рівним допустимому навантаженню на палю, отриманому по результатах випробувань пробним навантаженням.

Для оптимізації проектного рішення плитно-пальових фундаментів варто застосовувати чисельне моделювання на основі методу скінченних елементів, що дозволяє отримати досить достовірну і якісну картину поведінки пальових фундаментів під навантаженням. Перевагою їх є можливість широкого варіювання різними параметрами паль та ґрунту.

Результати чисельного моделювання та їхній математико-статистичний аналіз засвідчують, що під час оцінювання впливу роботи низького ростверку на опорну здатність пальового фундаменту необхідно враховувати всі передбачені чинники, проте найбільш значущими з них є відносна довжина паль (L/d) і відносна осьова відстань між паллями (a/d).

Вибір ефективних рішень таких фундаментів залежить від багатьох факторів: ґрунтових умов, параметрів паль і кроку між ними, жорсткості плити, і характеру взаємодії між паллями, плитою і ґрунтовою основою, а також вибором моделі ґрунтової основи та її параметрів.

Визначальною особливістю ППФ є той фактор, що обидві складові фундаменту є несучими елементами і забезпечують передачу навантаження від надфундаментної конструкції на ґрунтову основу: палі – нижнім кінцем і бічною поверхнею, плита – підшоною.

Для того, щоб мати можливість включити в роботу відпір ґрунту, необхідно щоб був забезпечений безпосередній контакт підшови плитного ростверку з ґрунтом і виконувалися такі умови:

- пальова компонента ППФ повинна володіти певною податливістю, тобто мати осадку під навантаженням;
- палі повинні бути розташовані на певній відстані між собою.

Одним з перспективних напрямків оптимізації проектування є запропонована О.В. Самородовим конструкція плитно-пального фундаменту й методика визначення її раціональних параметрів [3].

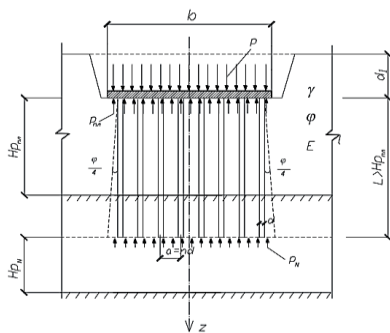


Рисунок.2 Розрахункова схема взаємодії крупнорозмірного плитно-пального фундаменту з ґрунтовим масивом [3]

Розрахункова схема взаємодії крупнорозмірного плитно-пального фундаменту з ґрунтовим масивом наведена на рис.2.

Де повний тиск по підшопі фундаменту p приймається рівномірно розподіленим по всій площі фундаментної плити розмірами $b \cdot l$, при цьому в процесі зведення будівлі спочатку включається в роботу плитна частина фундаменту, яка сприймає допустимий тиск p_{pl} , а далі включаються в роботу палі, інтенсивність реакцій N яких представляється у вигляді рівномірно розподіленого тиску p_n на рівні відмітки

закладання їх підшоп. Тому послідовно утворюються дві стисливі товщі $H_{p_{pl}}$ і H_{p_n} відповідно під плитою й під нижніми кінцями паль.

Застосування в практичному проектуванні наведених в дисертації методичних розрахунків дозволяють раціонально виконати проектування плитно-пального фундаменту, виходячи з гранично допустимих осідань споруди s_u , беручи до уваги нормативну розрахункову схему за ДБН В.2.1-10:2018 взаємодії умовного пального фундаменту з лінійно-деформованим ґрунтовим середовищем.

В тій же роботі наводиться практичний приклад розрахунку результатом якого можливе зниження витрат бетону для влаштування паль на 35% (з реальним сприйняттям 50% загальної навантаження плитою ростверку) в порівнянні з фактично виконаним рішенням комбінованого пально-плитного фундаменту (з умовним включенням плити в роботу до 15%) [3].

4. ВИСНОВКИ

Розрахунки плитно-пальових фундаментів рекомендовано виконувати за допомогою програмних комплексів, в яких реалізовано метод скінчених елементів. До виконання розрахунків плитно-пальових фундаментів рекомендується уточнювати механічні характеристики ґрунту за результатами випробувань паль і тестувати обрану модель розрахунку.

На підставі наведених чисельних досліджень роботи пального фундаменту як єдиної системи «ростверк - група паль - ґрунт» можна більш чітко встановити закономірності впливу низького ростверка на несучу здатність фундаменту залежно від різних чинників, основними з яких, за отриманими даними, є відносна довжина паль (L/d) і відносна осьова відстань між паллями (a/d).

Застосування запропонованого оптимізаційного підходу до проектування пального фундаменту дає змогу, варіюючи змінними параметрами проектування фундаменту, визначити таке їхнє поєднання, за якого забезпечується його надійна робота за умовами I і II груп граничних станів за одночасного досягнення найкращих техніко-економічних показників проекту.

Список літератури

- [1] ДБН В.2.1-10-2018 "Основи і фундаменти будівель та споруд. Основні положення".
- [2] Кріпак В.Д. (2023). Комплексний плитно-пальовий фундамент. Будівельні конструкції. Теорія і практика, (13), 30–40. <https://doi.org/10.32347/2522-4182.13.2023.30-40>
- [3] Самородов О.В. (2017). Розвиток наукових основ вибору раціональних параметрів комбінованих пального і плитних фундаментів багатоповерхових будівель». Харківський національний університет будівництва та архітектури. Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури». Харків.