

ВЗАЄМОДІЯ ПАЛЬ РІЗНОЇ ДОВЖИНИ У ПАЛЬОВОМУ ПОЛІ

В.Л. Підлуцький

Великі міста завжди були центрами розквіту та розвитку будівельної справи. З кожним роком у мегаполісах все більш інтенсивно акумулюється нестача площ та територій, необхідних для проживання людей та задоволення їх потреб.

Людство намагається ефективно використовувати кожен клаптик землі, тому будівлі доводиться розвивати як вгору, так і вниз, створюючи простори як високо над рівнем земельного покрыву, так і глибоко під землею. Тим самим, виникає необхідність у спорудженні висотних будинків, які б могли забезпечити досить широкі простори одночасно при раціональному використанні земельних ресурсів в умовах їх дефіциту. Але для надійної експлуатації висотних будинків необхідно передбачити і надійні фундаменти. Тому на сучасному рівні будівництва висотних будинків широко використовується влаштування саме пальових фундаментів.

Як відомо, архітектурно-планувальне рішення будинків та ґрунтові умови впливають на напружено-деформований стан системи „ґрунтовий масив–пальовий фундамент–наземні конструкції”. В свою чергу, геометричне розташування паль та їх раціональна довжина також впливає на напружено-деформований стан цієї системи.

У зв'язку з тим, що в характерних зонах будинків палі працюють по-різному, виникає питання про влаштування паль раціональної довжини у даних зонах будинків. Під характерними зонами розуміють розташування паль по кутках фундаментної плити, на контурі (це периферійні палі, кутові палі або палі крайнього ряду), в ядрі жорсткості та палі, розташовані в середній зоні фундаментної плити (середні палі).

Попередні дослідження та розрахунки багатьох науковців показують, що палі, розташовані в периферійній зоні фундаментної плити, навантажуються більше за палі, що розташовані у середній зоні фундаментної плити. Цей факт пояснюється тим, що у палях крайніх рядів краще працює бічна поверхня, а у „середніх” палях просторовий міжпальовий ґрунт ніби „затискується” між бічними поверхнями паль, що виключає його дійсну роботу. Постає питання – навіщо влаштовувати палі там, де вони не працюють? Змінюючи довжину паль, можна регулювати зусилля, що виникають у головах паль, тим самим раціонально використовувати їх несучу здатність, а також отримувати оптимальні внутрішні зусилля у фундаментних конструкціях.

Тому метою дослідження даної задачі є виявлення характеру перерозподілу зусиль у пальовому фундаменті при влаштуванні паль різної довжини. Сумісна робота фундаментної плити та паль різної довжини в системі „ґрунтовий масив–пальовий фундамент–наземні конструкції” вимагає більш досконалого вивчення.

Дослідження проводилися на реальному об'єкті м. Києва. Споруда висотна, загальна кількість поверхів – 29, розміри в плані 30×30м. Будинок зводиться на багатошаровій ґрунтовій основі, верхні шари якої є слабкими з точки зору сприймання повного навантаження від будинку. Це викликало необхідність спорудження пальового фундаменту, який складається з буроін'єкційних паль, зв'язаних ростверком у вигляді залізобетонної плити. Несучими конструкціями будинку, що утворюють жорсткий каркас, слугують залізобетонні монолітні конструкції (колони, пілони, стіни, ригелі, перекриття).

В геоморфологічному відношенні будинок знаходиться у верхній частині лівого схилу долини р. Либідь, в місці переходу її (долини) у моренно-зандрову рівнину. Товща ґрунтових умов характеризується наявністю пісків, супісків, суглинків, глин. В основі паль залягають піски щільні.

Розрахунки проводилися на розрахунковому комплексі “VESNA”, який включає добре зарекомендовані скінчено-елементні бібліотеки та алгоритми розв'язку нелінійних задач механіки (включаючи задачі механіки ґрунтів), що були випробувані в системах “ПРОЧНОСТЬ-75”, “КОМБІК”, “РОСИНКА”, “APROKS” та інші.

Скінченно - елементна модель будинку подана на рис. 1, при побудові якої ступінь дискретизації приймався шляхом зіставлення результатів при послідовному згущенні сітки та змінюванні кроку.

При проведенні даних розрахунків враховувалися реальні фізико-механічні характеристики ґрунту основи, що оточує фундаментні конструкції як знизу, так і бічного ґрунтового масиву і геометрії будівлі.

Параметрами реалізованої математичної моделі ґрунтового середовища є щільність ρ , коефіцієнт Пуассона ν , модуль деформації ґрунту E .

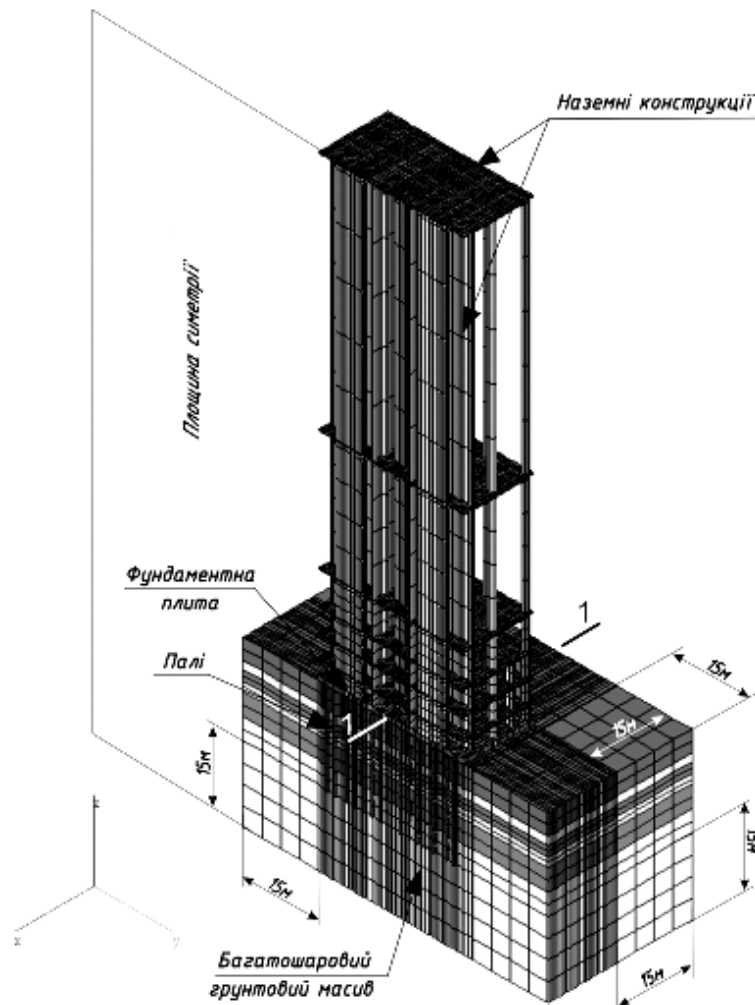


Рис. 1. Скінченно-елементна модель будинку

Шляхом попередніх послідовних розрахунків встановлено раціональне геометричне розташування палей, яке використане для подальших розрахунків із дослідження впливу зміни довжини палей на напружено-деформований стан системи „ґрунтовий масив–пальовий фундамент–наземні конструкції”.

Розглядається три можливих варіанти влаштування палей (рис. 2):

- 1) Палі у пальовому фундаменті однакової довжини, що становить 18 м;
- 2) Довжина палей в середній зоні фундаментної плити залишається сталою ($L=18$ м). Змінюється довжина палей 2-го та 1-го крайніх рядів та становить відповідно 17 та 16 м;
- 3) Змінюється довжина палей у середній зоні фундаментної плити та палей 2-го крайнього ряду, яка становить відповідно 16 та 17 м. Сталою залишається довжина палей 1-го крайнього ряду та дорівнює 18 м.

Розміщення бічних площин, які обмежують розрахункову частину основи вздовж осей X і Y (вони відстоять від краю плити розтертку на відстані 15 м) прийнято з такою умовою, щоб можна було горизонтальні переміщення і осадки вважати досить малими, для закріплення точки ґрунтової основи на цих площинах вздовж осей X і Y .

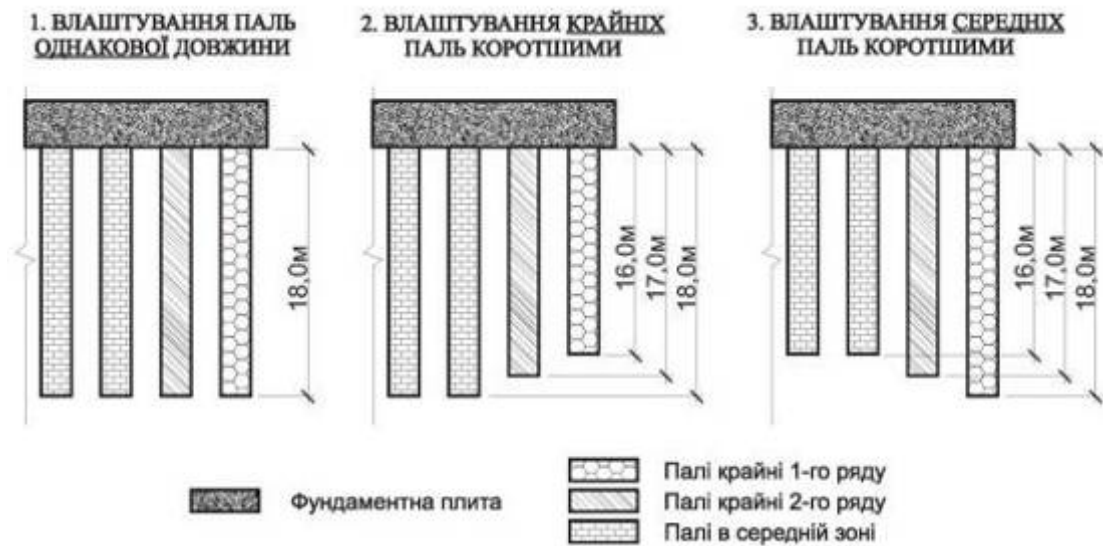


Рис. 2. Варіанти влаштування палей

Розташування, потужність та механічні властивості (модуль деформації E та коефіцієнт Пуассона ν) ґрунтових шарів взято з даних інженерно-геологічних вишукувань. Залізобетонні палі подані стержнями, які працюють на поздовжнє стиснення та згин. В верхній частині палі скріплені з плитою і по всій висоті мають повне зчеплення з ґрунтовою основою. Залізобетонна плита ростверку має контакт з основою і передає частину навантаження безпосередньо на ґрунт.

Розрахунки даної системи „ґрунтовий масив - паливий фундамент – наземні конструкції” при зміні довжини палей проводяться в лінійній постановці.

Симетрія навантаження та симетрія будівлі дозволяє використати для розрахунку лише симетричну частину споруди із відповідним накладанням в’язей на осі симетрії. Тому з метою зменшення часу розрахунку для аналізу використано симетрію розрахункової схеми.

Провівши розрахунки трьох наведених варіантів влаштування палей, порівнюємо результати розрахунків за такими параметрами:

- усереднені зусилля, що виникають у головах палей, розміщених в характерних зонах (рис. 3);
- перерозподіл внутрішніх зусиль між паями вцілому та фундаментною плитою;
- осідання фундаментної плити по перерізу 1-1 (рис. 1);
- максимальні згинальні моменти у фундаментній плиті (рис. 4).

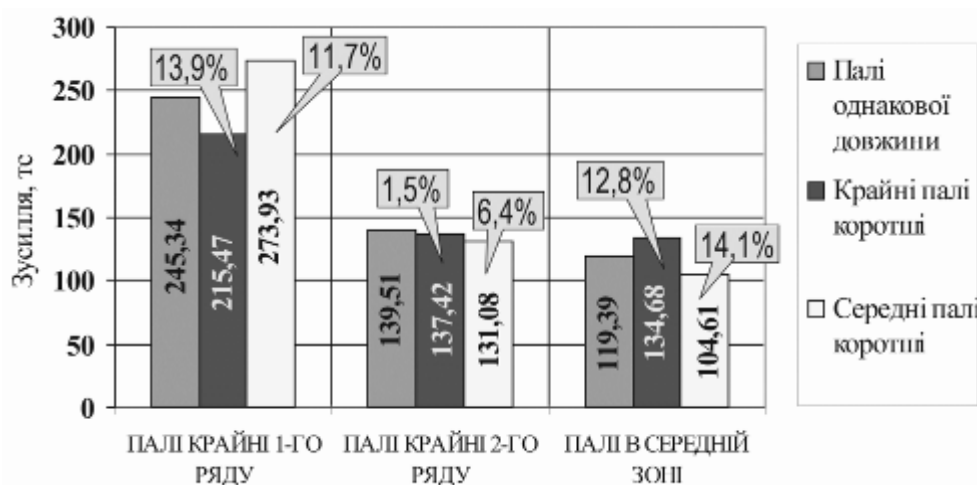


Рис. 3. Усереднені зусилля, що виникають у головах палей

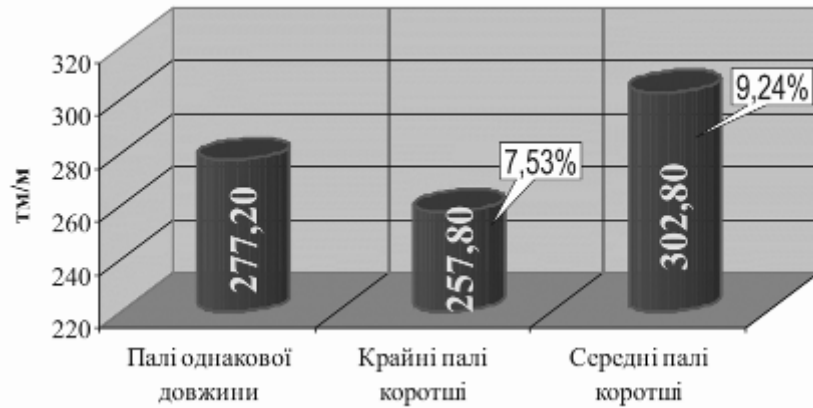


Рис. 4. Максимальні згинальні моменти у фундаментній плиті

На основі проведених досліджень розроблена методика вибору раціонального розташування палів різної довжини у характерних зонах фундаменту, яку можна зобразити у вигляді алгоритму.

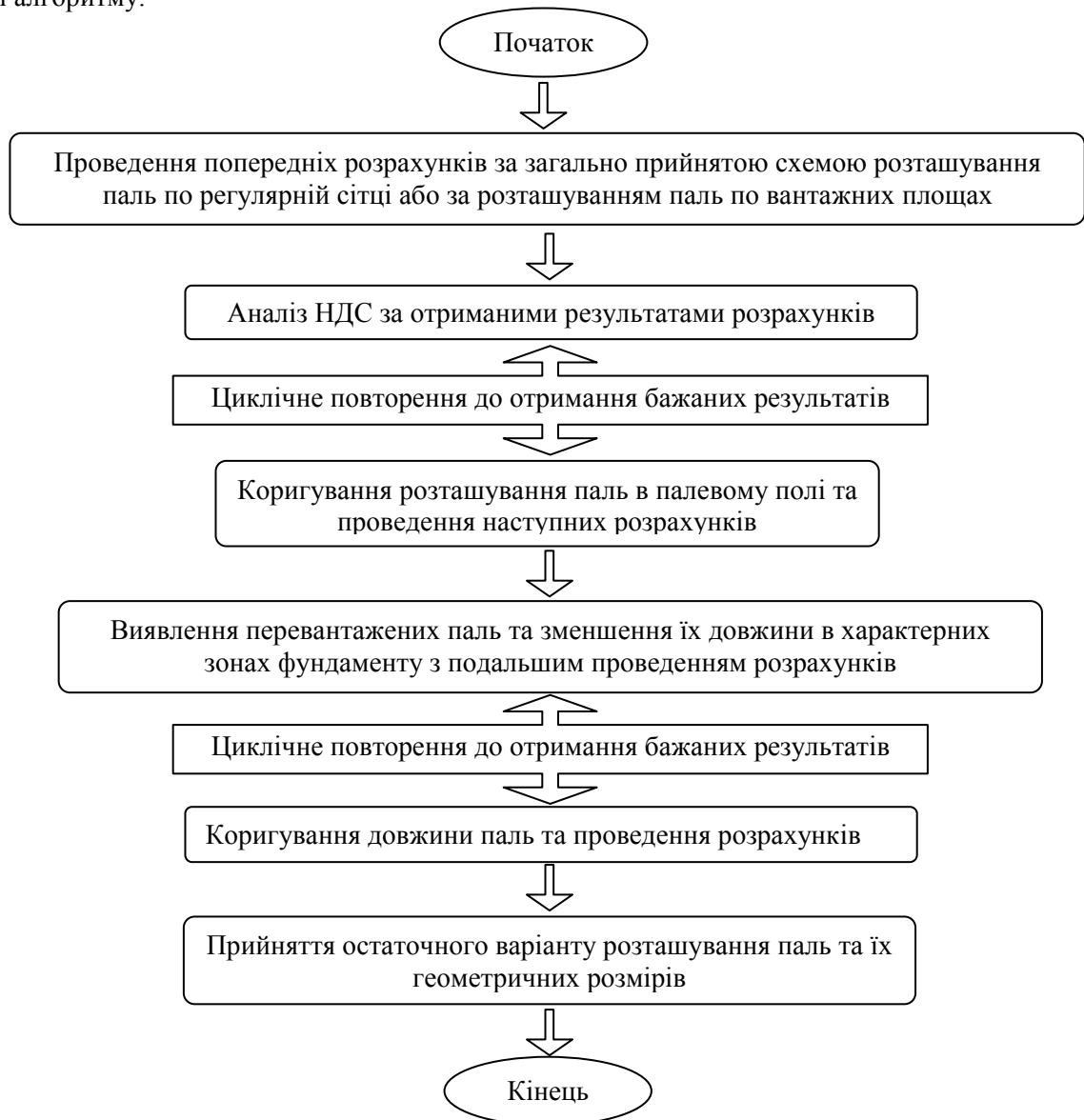


Рис. 5. Алгоритм визначення раціонального розташування палів різної довжини у характерних зонах фундаменту

Висновки

- Методика числового моделювання надає можливість більш глибоко характеризувати перерозподіл зусиль в палях залежно від їх геометричних розмірів та розташування.
- Проведені розрахунки та аналіз результатів при влаштуванні пальового фундаменту з короткими палями крайнього ряду показують, що навантаження на периферійні палі, порівняно з палями однакової довжини, в середньому зменшується до 15%, а на палі, що знаходяться в середній зоні будинку – збільшується в середньому до 13%.
- Результати розрахунку при влаштуванні пальового фундаменту з короткими палями в середній зоні будинку, порівняно з палями однакової довжини, показують, що периферійні палі інтенсивніше включаються в роботу (навантаження збільшується до 12%), а навантаження на палі середньої зони зменшується до 15%.
- При порівнянні результатів розрахунків обох варіантів зі зменшенням довжини паль зусилля в палях відрізняються в межах до 30%.
- Перерозподіл навантаження на фундаментну плиту в цілому в обох випадках не змінюється та зростає в межах 1%. При влаштуванні паль однакової довжини становить 8,4% від загального навантаження, при коротших периферійних палях – 9,0%, при коротших палях середньої зони – 9,3%.
- При зміні довжини паль осідання фундаментної плити збільшується в межах 5-6%. При влаштуванні пальового фундаменту з периферійними короткими палями осідання фундаментної плити зменшується на 1%, тобто практично однаково.
- Встановлено, що раціонально підібране геометричне розташування паль в плані та їх довжина дає змогу зменшити екстремальні значення внутрішніх зусиль у фундаментних конструкціях та зменшити загальну кількість паль.
- Це дозволяє сказати, що при зміні довжини паль в характерних зонах можна досягти зменшення витрат об'ємів матеріалів, що в свою чергу, знижує вартість будівництва.
- Розроблено методику вибору раціонального розташування паль з їх різною довжиною у характерних зонах фундаменту.

Список літератури

1. СНиП 2.02.03.– 85. Свайные фундаменты. – М.: Стройиздат, 1985.
2. Терцаги К. Теория механики грунтов / Терцаги К. – М.: Госстройиздат, 1961. – 508 с.
3. Далматов Б.И. Механика грунтов, оснований и фундаменты / Далматов Б.И. – Л.: Стройиздат, 1988.
4. Бойко І.П. Напружено-деформований стан пальового фундаменту висотної каркасної будівлі з урахуванням спільної роботи з ґрунтовим масивом / Бойко І.П., Жук В.В., Корнієнко М.В., Сахаров О.С. // Будівельні конструкції. – 2004. – Вип. 61. – Т.1. – С. 19-22.
5. Підлуцький В.Л. Напружено-деформований стан елементів системи „Основа пальово-плитний фундамент надземні конструкції” / Підлуцький В.Л. // Збірник наукових праць (галузеве машинобудування, будівництво) // Відповідальний за випуск В.О. Онищенко. – 2007. – Вип. 19. – С. 108-113.
6. Підлуцький В.Л. Перерозподіл зусиль в пальовому фундаменті при влаштуванні паль різної довжини / Підлуцький В.Л. // Основи і фундаменти: Міжвідомчий науково-технічний збірник. – 2006. – Вип. 30. – С. 77-83.
7. Бойко І.П. Вибір розташування паль різної довжини в характерних зонах фундаменту / Бойко І.П., Підлуцький В.Л. // Будівельні конструкції. – 2008. – Вип.71. – Т.1. – С. 479-485.

Підлуцький Василь Леонідович – асистент кафедри основ і фундаментів, Київський національний університет будівництва і архітектури.