

ОСОБЛИВОСТІ ПРОЕКТУВАННЯ ФУНДАМЕНТІВ СУМІЖНИХ ВИСОТНИХ СПОРУД

В.С. Носенко

Сьогодні містобудування розвивається у напрямку комплексного освоєння земельних ділянок із спорудженням на них висотних житлових комплексів із інтегрованою інфраструктурою обслуговування населення. В зв'язку з цим переважає спорудження багатоповерхових будівель із використанням не тільки надземних частин, а і заглиблення корисних об'ємів із залученням їх під підземні гаражі та технічні приміщення. Такі будівлі вже досягають висоти 30-34 поверхи та найчастіше являють собою групи різноповерхових об'єктів, що розміщуються поряд. У зв'язку із значним навантаженням, що передається на ґрунтову основу таких будинків, найчастіше як фундаменти застосовується комбінований пальово-плитний фундамент, що забезпечує надійну експлуатацію таких будівель.

Перед інженерами-проектувальниками постає ряд задач, рішення яких вимагає розробки нових прогресивних методик розрахунку конструкцій, використання систем автоматизованого проектування, використання уточнених розрахункових моделей, що відповідали б реальним параметрам матеріалів споруди та основи. Необхідним при розрахунках відповідальних будівель є врахування спільної роботи системи "ґрунтова основа – фундамент – надземні конструкції" для отримання уточненого уявлення про роботу всіх елементів цієї системи [1]. Актуальності набуває питання взаємного впливу окремих будівель архітектурного комплексу при різних послідовностях будівництва його складових частин, що часто мають різну поверховість. Розрахунок окремих секцій комплексу без врахування взаємовпливу їх фундаментів залишає поза увагою зміну напружено-деформованого стану (НДС) конструкцій і основи при послідовному зведенні частин. Такий підхід призводить до виникнення непередбачених додаткових деформацій ґрунтової основи і конструкцій, перерозподілу напружень між елементами системи, що не був передбачений розрахунком окремих споруд, виникненням зусиль, що не можуть бути сприйнятими несучими елементами та, як наслідок, порушенням нормальної експлуатації будівель. Тому при проектуванні суміжних споруд або при реконструкції та добудові споруд у щільній міській забудові необхідно враховувати взаємовплив їх фундаментів, що дозволить передбачити зміни НДС в елементах системи "ґрунтова основа – фундаменти – надземні конструкції" та прийняти обґрунтовані надійні конструктивні рішення.

Діючий на сьогодні нормативний документ [1] рекомендує при розрахунках таких споруд враховувати найбільш істотні чинники, що визначають НДС основи і конструкцій споруди (статична схема споруди, особливості зведення, властивості ґрунтів основи, можливості їх зміни в процесі будівництва і експлуатації споруди), враховувати просторову роботу конструкцій, геометричну і фізичну нелінійність тощо. Поряд із цим, це ж джерело [1] рекомендує використовувати метод кутових точок для оцінки взаємного впливу споруд, що у випадку складної геометрії будівель, різною глибини залягання фундаментів різноповерхових будівель робить процес підрахунку за методом кутових точок практично неможливим та малоефективним з причини нехтування багатьма вищеперерахованими факторами.

Аналітичні методи розрахунку не дають необхідної точності та деталізації НДС елементів системи "основа–фундаменти–надземні конструкції" при розрахунках складних різноповерхових споруд, тому у практику сьогодні широко увійшло використання чисельного моделювання роботи висотних будинків за допомогою програмних комплексів.

Традиційні розрахункові комплекси, які широко користуються популярністю проектувальників, використовують модель ґрунтової основи у вигляді коефіцієнта жорсткості основи. Цей підхід поряд із перевагами має і ряд недоліків, а саме: не враховується взаємодія паль із ґрунтовим масивом по глибині, не враховується робота ґрунтового масиву за межами плями навантаження від будинку, коефіцієнт жорсткості основи призначається наближено за прогнозованою осадкою S , а вирішення задач взаємовпливу споруд взагалі залишається поза увагою.

Для ефективного моделювання взаємовпливу різноповерхових сусідніх будівель необхідно застосовувати моделі, де ґрунт основи поданий у вигляді об'ємних елементів, що дає змогу

оцінити його роботу як під будівлями, так і навколо них, що значно впливає на роботу системи “основа – фундаменти – надземні конструкції” в цілому [2].

Метою даної роботи є порівняння НДС основи і фундаментів двох суміжних висотних будівель при розрахунках із врахуванням їх взаємного впливу або без врахування взаємовпливу.

Комплекс являє собою два поряд розташовані вісімнадцятиповерхові будинки. З конструктивної точки зору будівлі є неповними каркасами із безригельними перекриттями у вигляді монолітних плит товщиною 250 мм. Просторову жорсткість забезпечують колони розміром 500×500 мм та діафрагми товщиною 250 мм, крок колон 6×6 м. Фундаменти пальові, об’єднані суцільною плитою. Палі буроін’єкційні, діаметром 620мм, довжиною 20м (рис.1). Ґрунтова основа представлена алювіальними відкладами – пісками дрібними, вологими, середньої щільності, неоднорідними із такими основними фізико-механічними характеристиками: щільність 1,75т/м³, модуль деформації 25МПа, кут внутрішнього тертя 31.°

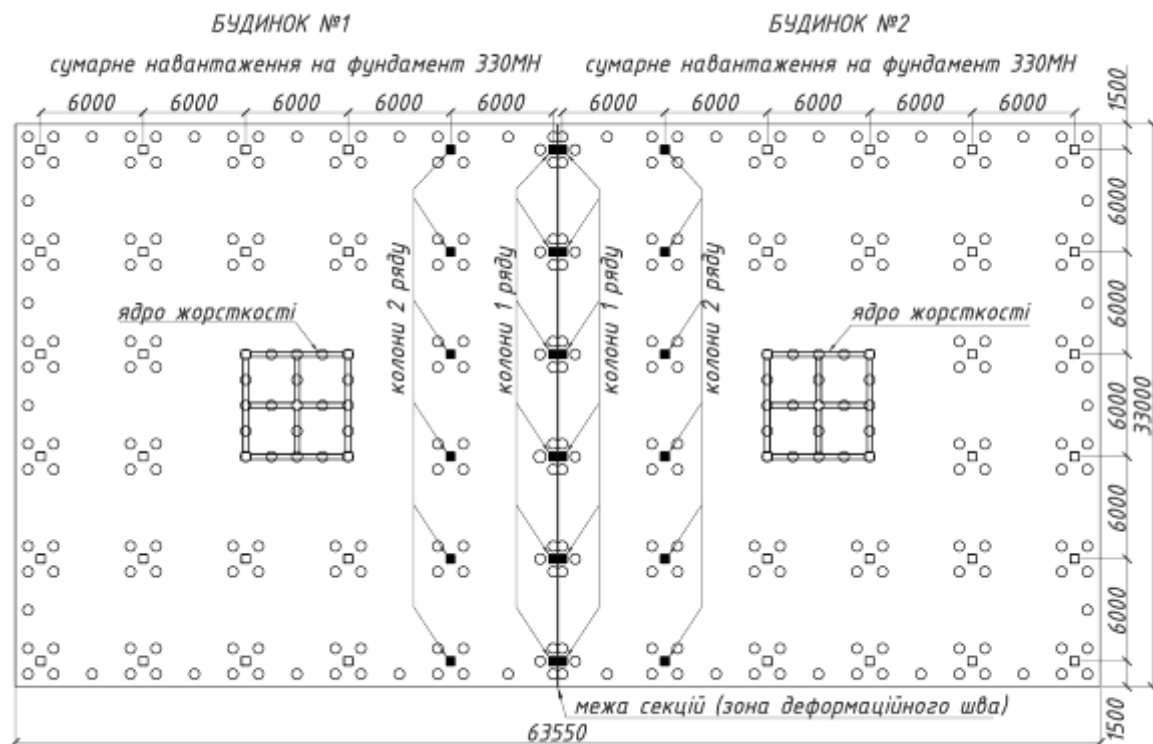


Рис. 1. Схема несучих конструкцій секцій комплексу

Моделювання роботи елементів системи “основа – фундаменти – надземні конструкції” виконане за допомогою апарату чисельного моделювання, що реалізовано у автоматизований системі наукових досліджень “VESNA”. Для моделювання процесів нелінійного деформування ґрунтів використано комбінований підхід з використанням неасоційованого і асоційованого законів з дилатансійною умовою [3].

Моделювання проводилося у трьох таких постановках:

1. Розрахунок одного будинку окремо (задача №1).
2. Умовно-миттєве спорудження двох будинків одразу (задача №2).
3. Поступове спорудження будинків спочатку першого від початку до кінця, потім другого (задача №3).

Перша задача – моделювання окремої секції будівлі з метою визначення зусиль у ґрунтовій основі та фундаментах із наступним порівнянням за іншими варіантами розрахунку.

Розроблено скінчено-елементну модель комплексу (рис. 2) із розбиттям сітки елементів, при чому у місцях імовірної концентрації напружень виконувалось згущення стінки елементів. Граничні умови як у плані, так і по глибині підібрані із розрахунку, що подальше збільшення розмірів моделі впливає на результат не більше, ніж на 2%.

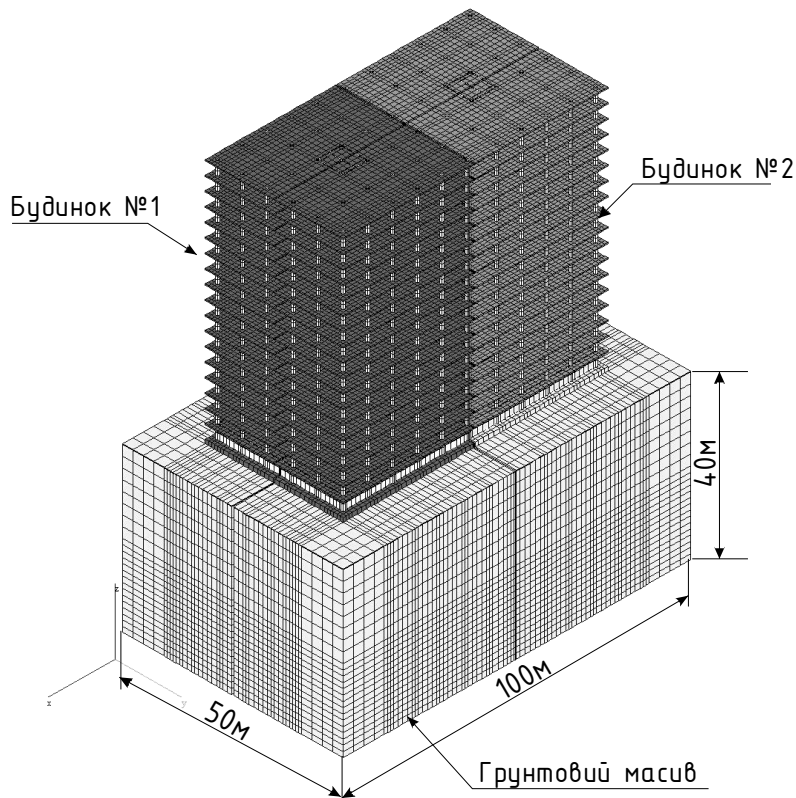


Рис. 2. Скінчено-елементну модель системи “основа–фундаменти–надземні конструкції”

За результатами розрахунку отримано величини напружень у ґрунті під підшоною фундаменту, зусилля у палях, згинальні моменти та перерізуючі сили у фундаментній плиті, але нас цікавитимуть не абсолютні значення напружень та зусиль, а їх зміни при врахуванні взаємного впливу суміжних споруд. Тому необхідно провести розрахунки (задачі №2, 3) із урахуванням взаємного впливу та порівнювати відповідні значення.

Аналізуючи результати розрахунку будівель із урахування їх взаємного впливу помічено такі основні особливості роботи елементів основи і фундаментів:

- змінюється картина деформації (осідання) будівлі, а саме, при розрахунку однієї секції окремо найбільше розрахункове осідання будівлі (7,5 см) відбувається в ядрі жорсткості, а при врахуванні взаємного впливу зона максимальних значень осідань переміщується до границі між секціями, абсолютне значення осідання збільшується на 20% та складає 9 см;
- відбувається перерозподіл згинальних зусиль у фундаментній плиті. При розрахунку будівлі як окремо стоячої, згинальні моменти у фундаментній плиті в зоні ядра жорсткості більші на 15%, ніж коли враховується взаємовплив двох будівель, натомість згинальні моменти у зоні біля деформаційного шва (біля 1 та 2 ряду колон) на 25% менші;
- значні перерозподіли зусиль при врахуванні взаємного впливу відбуваються і у палях, так чітко простежується закономірність збільшення навантаження на палі у міру їх наближення до зони межі між секціями. Збільшення сягає 10-15% для паль розміщених під колонами 3 та 4 рядів від стику секцій, до 30% для паль 2 ряду (рис.3);
- важливою особливістю є зменшення до 50% зусиль у палях 1 ряду за рахунок зміни крайових умов їх роботи. Для окремо стоячого будинку вони були палями, що розміщувались на контурі, а при розрахунках із урахуванням взаємовпливу вони є палями, що розміщуються усередині навантаженої площі двох будинків, цей факт значно впливає на особливості їх роботи;
- врахування послідовності будівництва при розрахунках суміжних будівель впливає на зміну тиску під фундаментною плитою, збільшення тиску у зоні стику досягає 25%.

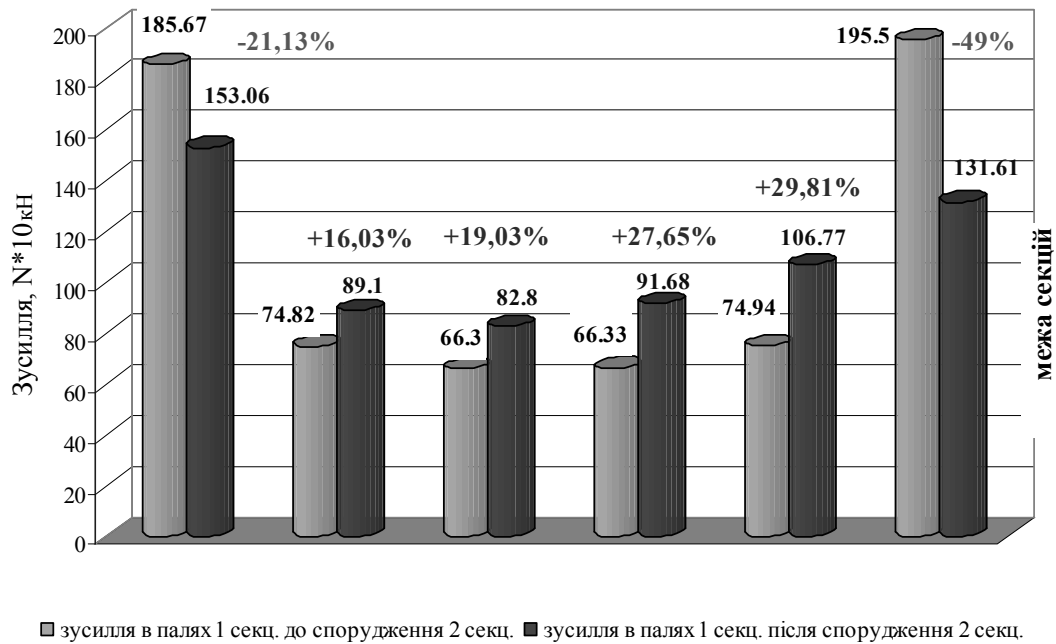


Рис. 3. Гістограма зміни зусилля у палях при врахуванні взаємного впливу будівель

Висновки

- Показано, що детальний аналіз роботи конструкцій висотних секційних будівель дає можливість встановити особливості роботи елементів системи “основа – фундаменти – надземні конструкції”, врахувати їх взаємовплив.
- При врахуванні взаємного впливу будівель виявлено перерозподіл зусиль у палях існуючої секції, навантаження на палі збільшується у міру їх наближення до межі між секціями. Зростання сягає 10-15% для палей, розмішених на відстані 10-15 м та до 30% для палей розмішених на відстані 2-5 м.
- Зафіксовано, що зусилля у палях, найбільше наближених до деформаційного шва, зменшилися до 50% за рахунок зміни крайових умов їх роботи.
- Досліджено, що при врахуванні взаємного впливу осідання секцій збільшується на 20% порівняно із розрахунком без урахування взаємного впливу будівель.
- Виявлено, що в зоні примикання секцій відбувається перерозподіл зусиль у фундаментній плиті. Ці фактори необхідно враховувати у проектуванні суміжних висотних споруд.

Список літератури

1. СНиП 2.02.01-83 Основания зданий и сооружений / Госстрой СССР. – М.: Стройиздат, 1985. – 40 с.
2. Бойко І.П. Зміна напружено-деформованого стану основи існуючих фундаментів при зведенні поруч нових будівель в умовах міської забудови / Бойко І.П., Носенко В.С. // Будівельні конструкції. – 2008. – Вип. 71. – С. 370-376.
3. Boyko I.P., Boyandin V.S., Delnik A.E., Kozak A.L., Sakharov A.S. Finite element simulation of the loss of stable resistance in a foundation-soil system // Archive of Applied Mechanics. – 1992. – №62. – P. 316 – 328.

Носенко Віктор Сергійович – асистент кафедри основ і фундаментів Київського національного університету будівництва і архітектури.