

Вплив вибору моделі основи на напружено-деформований стан вертикальних несучих елементів монолітно-каркасного будинку

Віктор Носенко¹, Остап Кашоїда²

Київський національний університет будівництва і архітектури

31, просп. Повітрофлотський, Київ, Україна, 03037,

¹v.s.nosenko@gmail.com, orcid.org/0000-0002-8261-1846

²o.o.kashoida@gmail.com, orcid.org/0000-0002-9234-4489

DOI: 10.32347/0475-1132.41.2020.45-54

Анотація. Виконано порівняння напружено-деформованого стану вертикальних елементів каркасу монолітного будинку (підвалу, першого і четвертого поверху), в залежності від методу моделювання ґрунтового середовища та паль.

Використання пальових фундаментів обумовлено тим, що вони забезпечують передачу навантажень на глибші шари ґрунтів та, як правило, більшу несучу здатність в порівнянні з фундаментами неглибокого закладання. Під час проектування фундаментів перед інженерами виникає питання як моделювати ґрунтове середовище і палі?

У даній роботі представлено вплив прийнятого рішення (обраної моделі ґрунтового середовища і методу моделювання паль) на напружено-деформований стан вертикальних несучих елементів каркасу будинку.

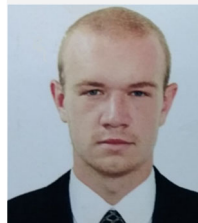
Виконано порівняння напружено-деформованого стану вертикальних елементів каркасу (підвалу, першого і четвертого поверху), які були отримані при використанні наступних варіантів моделей системи «основа – пальовий фундамент – надземні несучі конструкції»:

1) палі змодельовані одновузовими скінченними елементами, що мають лише вертикальну жорсткість за результатами випробування паль на вертикальне статичне вдавлююче навантаження, взаємний вплив паль та характеристики ґрунтів не враховуються (СЕ-56 тут і далі, це номер скінченного елемента у бібліотеці елементів ПК «Ліра-САПР»);

2) палі змодельовані одновузовими скінченними елементами, що розташовуються з заданим по довжині палі кроком та мають жорсткість в різних напрямках і наближено враховують оточуючий ґрунт навколо палі та під її вістрям (СЕ-57);



Віктор Носенко
доцент кафедри
геотехніки
к.т.н., доц.



Кашоїда Остап
аспірант кафедри
геотехніки

3) ґрунтове середовище змодельовано об'ємними пружними скінченними елементами; палі – стержневими скінченними елементами.

Показано, що вибір моделі основи впливає на НДС не тільки фундаментних конструкцій, а й вертикальних несучих елементів будинку. При використанні різних варіантів моделювання основи: за допомогою одновузового скінченного елемента, що моделює палю як пружну в'язь (СЕ-56), за допомогою ланцюжка одновузових скінченних елементів (СЕ-57), або об'ємного ґрунтового масиву, можна отримати як кількісні відмінності у напруженнях від 2 до 20%, так і якісну зміну, що спостерігається у зміні знаку згинальних моментів.

Ключові слова. Пальовий фундамент, числове моделювання, об'ємний ґрунтовий масив, коефіцієнти жорсткості, вертикальні несучі елементи.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

За допомогою сучасних програмних комплексів для числового моделювання напружено-деформованого стану конструкцій можна створити модель будівлі, що буде повторювати її форму та мати дуже наближені до реальних геометричні і фізичні характеристики конструктивних елементів. Перед інженерами постає проблема: яким чином моделювати систему «основа – пальовий фундамент – надземні несучі конструкції», адже важливу роль у коректності отриманих результатів відіграє обрана модель ґрунтового середовища.

АНАЛІЗ ПОПЕРЕДНІХ ДОСЛІДЖЕНЬ

У роботах Бойко І.П. [1, 7], Сахаров В.О. [4], Шашкін К.Г. [6], Уліцький В.М. [5], Носенко В.С. і Кашоїди О.О. [9] висвітлюється питання моделювання взаємодії пальових фундаментів з ґрунтовою основою.

МЕТА РОБОТИ

Дослідити вплив обраної моделі ґрунтової основи та паль на напружено-деформований стан (далі НДС) вертикальних елементів каркасу багатоповерхового будинку.

ЗАДАЧІ

Змоделювати НДС елементів системи «основа – фундаменти – надземні конструкції» з використанням таких варіантів моделювання системи «основа – пальовий фундамент»:

1.1) одновузовими скінченними елементами, що мають однакову жорсткість для всіх паль моделі, жорсткість була визначена по результатам випробування паль (СЕ-56);

1.2) одновузовими скінченними елементами, що розташовуються з заданим кроком

по довжині палі і відповідно кожний одновузовий елемент має свою жорсткість, жорсткість визначається по даним фізико-механічних характеристик ґрунтів в системі «Ґрунт» ПК «Ліра-САПР 2019»;

1.3) із використанням об'ємного пружного середовища ґрунтового масиву (рис. 1).

2) Порівняти НДС вертикальних елементів каркасу будинку при використанні різних варіантів моделювання основи.

МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

У роботі застосовано числове моделювання НДС елементів системи «основи – фундаменти – надземні конструкції» з використанням ПК «Ліра – САПР 2019».

ОСНОВНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ

Для дослідження було обрано 25-ти поверховий житловий будинок каркасної конструктивної схеми. Висота першого поверху 3300мм, підвалу і інших поверхів – 3000мм, товщина плит перекриття 180мм, пілони підвального-третього поверху перерізом 300x1200мм, на вище розташованих поверхвах пілони мають переріз 250x1200мм, фундаментом є буроін'єкційні палі діаметром 820мм і довжиною 21м, що об'єднані між собою монолітним залізобетонним ростверком висотою 1,2м (рис. 2).

Згідно даних геологічних вишукувань основа складається в основному із пісків. Вістря палі занурено в пісок дрібний, щільний, що має наступні фізико-механічні характеристики: щільність – 2.03 г/см³; щільність частинок ґрунту – 2.65 г/см³; коефіцієнт пористості – 0.55; вологість – 0.19; модуль загальних деформацій – 37 МПа; питоме зчеплення – 1 кПа; кут внутрішнього тертя – 31; коефіцієнт Пуассона – 0.3.

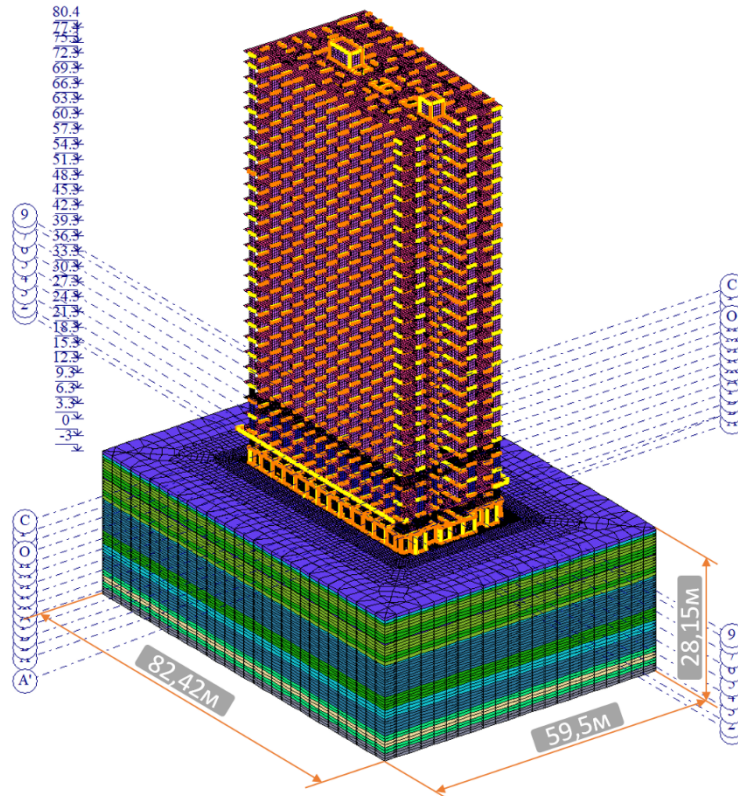


Рис.1. Скінчено-елементна модель.
Fig.1. Finite element model.

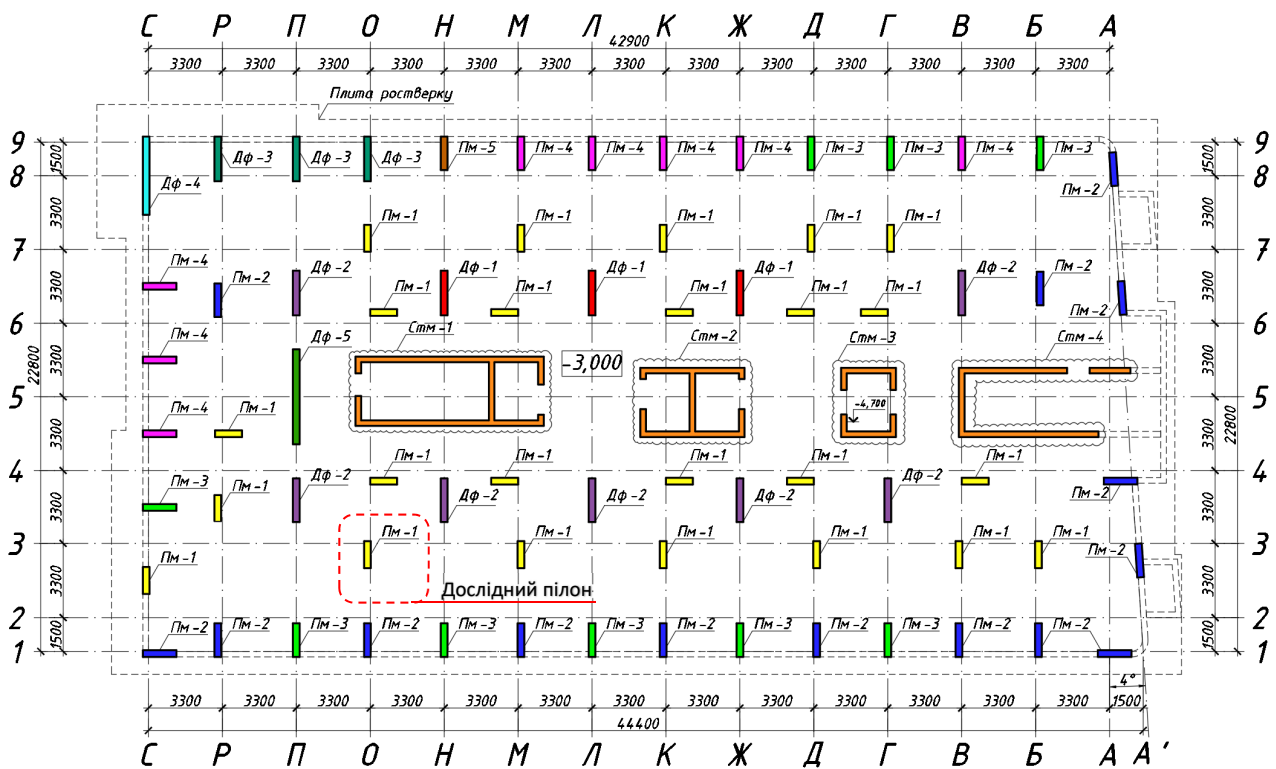


Рис.2. Схема вертикальних конструктивних елементів підвального поверху.
Fig.2. Scheme of vertical structural elements of the basement.

НДС ПІЛОНІВ ПРИ МОДЕЛЮВАННІ ОСНОВИ З ВИКОРИСТАННЯМ ПОСТІЙНОГО КОЕФІЦІЄНТА ЖОРСТКОСТІ (СЕ-56)

СЕ-56 – це одновузловий скінченний елемент пружних в'язей. Він застосовується для введення пружних в'язей вздовж та (або) довкола глобальних осей (X, Y, Z). Даний елемент має наступні степені свободи: X – лінійне переміщення; Y – лінійне переміщення; Z – лінійне переміщення; U_x – кут повороту відносно осі X; U_y – кут повороту відносно осі Y; U_z – кут повороту відносно осі Z.

Відповідно у нашому випадку використовується лише погонна жорсткість на осьовий стиск відносно глобальної осі Z. Тоді погонну жорсткість палі можна записати так:

$$R_z = \frac{N}{S} \text{ (т/м)}; \quad (1.1)$$

$$R_z = \frac{250\tau}{0,011\text{м}} \approx 22727,3 \text{ (т/м)};$$

де: N – навантаження, що прикладалось до палі під час випробування (т); S – осідання палі, що отримано від прикладання навантаження під час випробування (м).

До переваг даного методу моделювання основи можна віднести його простоту.

До недоліків можна віднести те, що даний метод не враховує взаємовплив між палями, відсутній згинаючий момент в палях та не можна задати тип примикання палі до ростверку.

Для подальших розрахунків та порівняння розглянемо пілон марки «Пм-1», в осях «О;3», що виділено на рис.2. Нормальні напруження в перерізах даного вертикального елемента підвалу змінюються в діапазоні від 1478 до 1496 тс/м², середні значення напружень становлять 1486.2 тс/м² (рис.3).

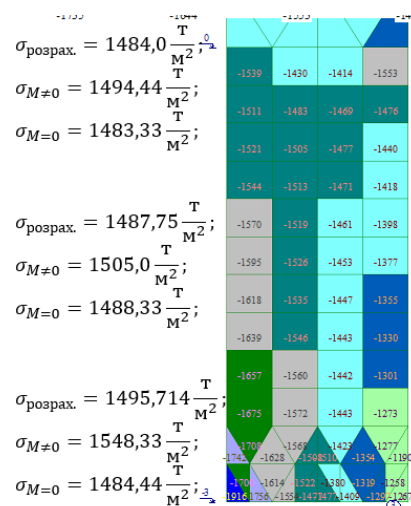


Рис.3. Нормальні напруження пілону Пм-1.
Fig.3. Normal stresses of the PM-1 pylon.

Розрахункові нормальні напруження були визначені через суму напружень кожного скінченного елемента в даному перерізі:

$$\sigma_{\text{розрах.}} = \frac{\sum_{i=1}^n \sigma_{CE,i}}{n}; \quad (1.2)$$

де: $\sigma_{CE,i}$ - це напруження у *i*-му скінченному елементі певного перерізу (тс/м²); *n* – це кількість скінченних елементів у перерізі, що розглядається.

Нормальні напруження з врахуванням згинаючого моменту визначаються по наступній формулі:

$$\sigma_{M \neq 0} = \frac{\sum_{i=1}^n N_i}{A_{\text{пiл.}}} + \frac{\sum_{i=1}^n M_i}{W_{\text{пiл.}}}; \quad (1.3)$$

де: *N_i* – поздовжнє зусилля у вузлі (тс); *A_{пiл.}* – площа поперечного перерізу пілону (м²); *M_i* – згинаючий момент у вузлі (тс*м); *W_{пiл.}* – момент опору поперечного перерізу пілону (м³).

Поздовжнє зусилля і згинаючий момент було визначено в ПК «Ліра-САПР 2019» за допомогою сумування навантажень (зусиль) у вузлах.

При визначенні нормальних напружень без врахування згинаючого моменту необхідно скористуватись наступною формулою:

$$\sigma_{M=0} = \frac{\sum_{i=1}^n N_i}{A_{\text{пiл.}}}; \quad (1.4)$$

Нормальні напруження в перерізах дослідного пілону першого поверху змінюються в діапазоні від 1399 до 1404 тс/м², середні значення напружень становлять 1402.5тс/м².

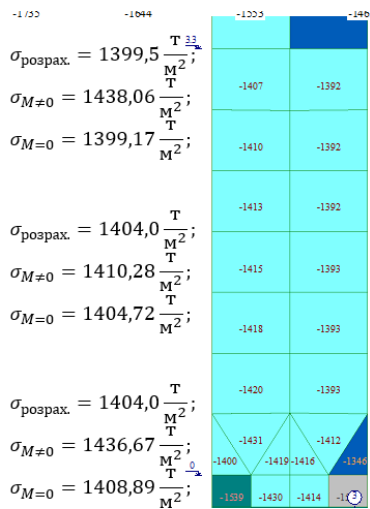


Рис.4. Нормальні напруження в пілоні першого поверху в осях «О;3».
Fig.4. Normal stress in the pylon of the first on top in the axes «O;3».

Товщина пілонів на четвертому поверсі становить 250мм. Нормальні напруження в перерізах дослідного пілону четвертого поверху змінюються в діапазоні від 1439 до 1447 тс/м², середні значення напружень становлять 1443 тс/м².

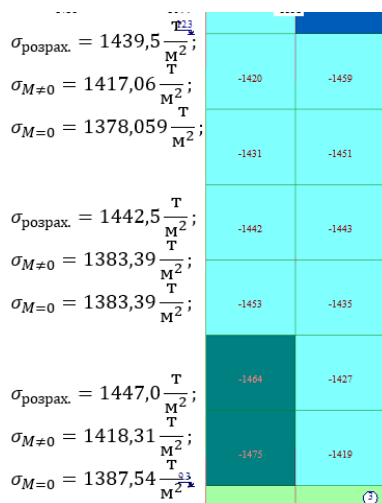


Рис.5. Нормальні напруження в пілоні четвертого поверху в осях «О;3».
Fig.5. Normal stress in the pylon of the fourth floor in the axes «O;3».

НДС ПІЛОНІВ ПРИ МОДЕЛЮВАННІ ОСНОВИ З ВИКОРИСТАННЯМ КОЕФІЦІЄНТІВ ЖОРСТКОСТІ ОСНОВИ, ЩО ВРАХОВУЮТЬ ВЗАЄМНИЙ ВПЛИВ МІЖ ПАЛЯМИ (СЕ-57)

СЕ-57 – це одновузловий скінченний елемент в ПК «Ліра – САПР 2019», що моделює палю як пружну в’язь по всіх напрямках та довкола глобальних (X, Y, Z) осей. Він має змогу визначати жорсткість палі у автоматичному режимі, для цього програмою використовується система «Ґрунт» у якій задається інформація про геологічні умови ділянки (фізико-механічні характеристики ґрунту: $\rho, e, w, E, C, \varphi$). Відмінністю від попереднього скінченного елемента (СЕ-56) є те, що у СЕ-57 жорсткісні характеристики розраховуються для всього пальового поля одночасно. Тоді як при використанні СЕ-56 при зміні потужності шару ґрунту треба було створювати нову жорсткість і вводити нову потужність шарів ґрунту, що у свою чергу значно збільшувало об’єм рутинної роботи.

Числове моделювання СЕ-57 представлено двома способами: 1) єдиним одновузловим скінченним елементом, що знаходиться на місці палі; 2) одновузловими скінченними елементами, що розташовані по довжині стовбура палі з певним кроком. При моделюванні другим способом можна врахувати тип примикання палі до ростверку (жорстке, чи шарнірне).

При розрахунку жорсткості палі вертикальна жорсткість ґрунтової основи розповсюджується по довжині палі пропорційно граничній несучій здатності ґрунту F_d , що визначено згідно формули:

$$F_d = R * A * \gamma_{R,R} * \gamma_c + \sum_{i=1}^{i=n} f_i * u * h_i * \gamma_{R,f} * \gamma_c; \quad (1.5)$$

де: R – розрахунковий опір ґрунту під п’ятою палі; f_i – розрахунковий опір i -го шару ґрунту по боковій поверхні палі; h_i – товщина шару; A – площа п’яти палі; u – периметр поперечного перерізу палі; $\gamma_{R,R}, \gamma_{R,f}, \gamma_c$ – коефіцієнти умов роботи.

Тоді жорсткість ґрунту під підшовою

палі EA_{i0} . і жорсткість i -го шару ґрунту вздовж довжини палі EA_i визначається як:

$$EA_{під.} = \frac{R * A * \gamma_{R,R} * \gamma_c}{S_{Fd}}; \quad (1.6)$$

$$EA_i = \frac{f_i * u * h_i * \gamma_{R,f} * \gamma_c}{S_{Fd}}; \quad (1.7)$$

Де: S_{Fd} – теоретичне осідання палі при навантаженні $F=F_d$. Значення $R, f_i, \gamma_{R,R}, \gamma_{R,f}, \gamma_c$ – беруться із норм.

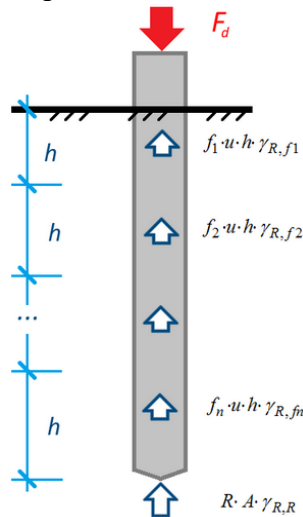


Рис.6. Схема визначення жорсткості палі по теоретичним значенням осідання і несучої здатності палі.

Fig.6. Scheme for determining the stiffness of the pile according to the theoretical values of displacement and bearing capacity of the pile.

До переваг даного методу можна віднести те, що моделювати роботу палі відносно просто, можна задати примикання палі до плити ростверку, при моделюванні палі «ланцюжком», також можна прослідкувати зміну поздовжніх зусиль з глибиною занурення палі.

До недоліків можна віднести те, що даний метод не дає коректних значень по згинаючим моментам в стержні палі (при моделюванні «ланцюжком») та необхідно задавати «ІГЕ» з їх характеристиками в модуль «Ґрунт», по яких буде визначатись жорсткість палі в конкретному місці.

Нормальні напруження в перерізах дослідного пілону підвалу змінюються в діапазоні від 1495 до 1504 тс/м², середні значення напружень становлять 1499 тс/м².

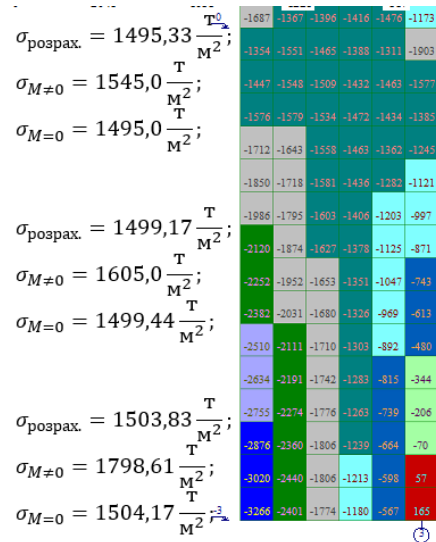


Рис.7. Нормальні напруження пілону Пм-1.
Fig.7. Normal stresses of the PM-1 pylon.

Нормальні напруження в перерізах дослідного пілону першого поверху змінюються в діапазоні від 1410 до 1420 тс/м², середні значення напружень становлять 1415 тс/м².

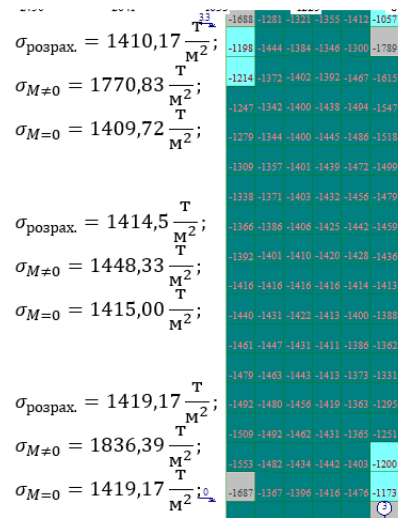


Рис.8. Нормальні напруження в пілоні першого поверху в осях «О;3».
Fig.8. Normal stresses in the pylon of the first floor on the axes "O;3".

Нормальні напруження в перерізах дослідного пілону четвертого поверху змінюються в діапазоні від 1445 до 1464 тс/м², середні значення напружень становлять 1456 тс/м².

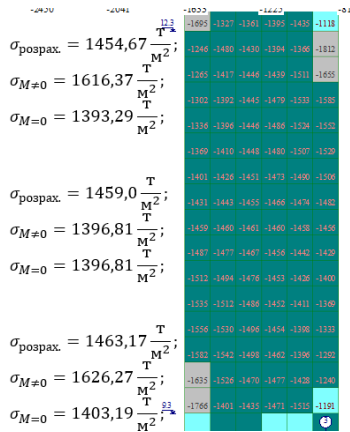


Рис.9. Нормальні напруження в пілоні четвертого поверху в осях «O;3».

Fig.9. Normal stresses in the pylon of the fourth floor in the axes «O;3».

НДС ПІЛОНІВ ПРИ МОДЕЛЮВАННІ ОСНОВИ ОБ'ЄМНИМ ҐРУНТОВИМ МАСИВОМ

Даний метод моделювання полягає в тому, що основою є об'ємний пружний масив, що характеризується модулем деформації та коефіцієнтом Пуассона, які мають фізико-механічні характеристики як і ґрунт основи із урахуванням ідентифікації параметрів.

Нормальні напруження в перерізах дослідного пілона підвалу змінюються в діапазоні від 1436 до 1450 тс/м², середні значення напружень становлять 1445 тс/м².

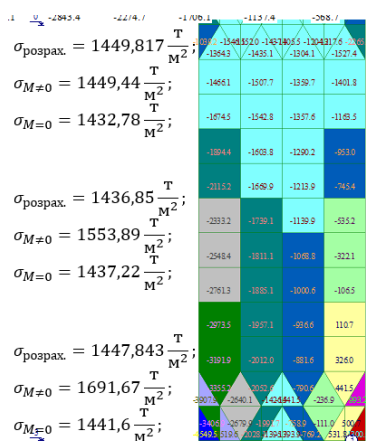


Рис.10. Нормальні напруження пілону Пм-1.
Fig.10. Normal stresses of the PM-1 pylon.

Нормальні напруження в перерізах дослідного пілону 1-го поверху змінюються в ді-

апазоні від 1357 до 1365 тс/м², середні значення напружень становлять 1361 тс/м².

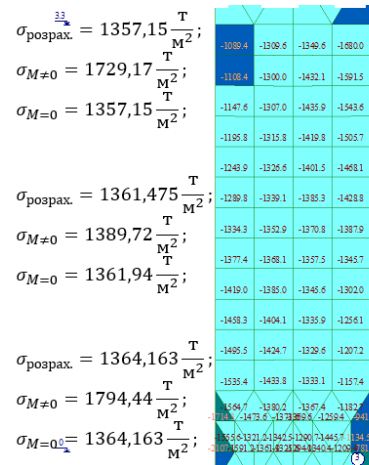


Рис.11. Нормальні напруження в пілоні першого поверху в осях «O;3».

Fig.11. Normal stresses in the pylon of the first floor on the axes «O;3».

Нормальні напруження в перерізах дослідного пілону четвертого поверху змінюються в діапазоні від 1416 до 1425 тс/м², середні значення напружень становлять -1420 тс/м².

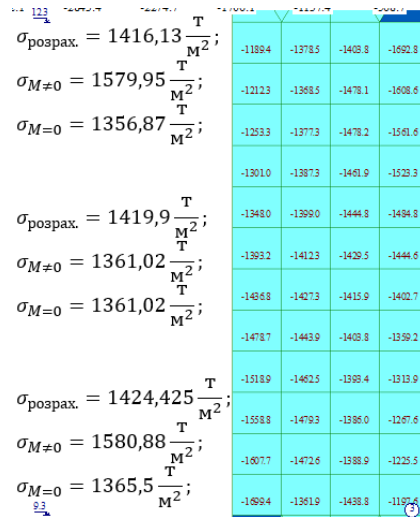


Рис.12. Нормальні напруження в пілоні четвертого поверху в осях «O;3».

Fig.12. Normal stresses in the pylon of the fourth floor in the axes «O;3».

До переваг даного методу можна віднести те, що він дає повну інформацію про напружено-деформований стан пальового фундаменту (осідання, поздовжні зусилля, згинаючі моменти).

До недоліків можна віднести те, що даний метод потребує значної затрати часу на створення моделі, контролю триангуляції елементів і примикання вузлів скінченних елементів між собою, затрати великої кількості часу на розрахунок.

ПОРІВНЯННЯ ЗУСИЛЬ У ВЕРТИКАЛЬНИХ ЕЛЕМЕНТАХ КАРКАСУ В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД МЕТОДУ МОДЕЛЮВАННЯ ОСНОВИ

Нижче наведено порівняння між собою: нормальних напружень, поздовжніх зусиль та згинаючих моментів, що виникають у пілонах марки Пм-1 від дії навантажень, у підвальному, першому і четвертому поверсі при різних варіантах моделювання основи.

Для відображення кількісних відмінностей у напружено-деформованому стані вертикальних елементів каркасу (пілонів), порівняння результатів виконано у табличній формі (Табл.1-3).

Для відображення якісних відмінностей у напружено-деформованому стані вертикальних елементів каркасу (пілонів), порівняння виконано у графічній формі (побудовані епюри зусиль – Рис.13).

Табл. 1. Порівняння нормальних напружень підвального поверху (при $M \neq 0$).

Table 1. Comparison of normal stresses (при $M \neq 0$).

Підвальный поверх	Нормальні напруження при $M \neq 0$, т/м.кв		
	Зверху	Посередині	Знизу
1 Об'ємний ґрунт	1449,44	1553,89	1691,67
2 СЕ-57	1545	1605	1798,61
3 Різниця (1-2)	-95,56	-51,11	-106,94
	-6,59%	-3,29%	-6,32%
4 СЕ-56	1494,44	1505	1548,33
5 Різниця (1-4)	-45	48,89	143,34
	-3,10%	3,15%	8,47%

Табл. 2. Порівняння нормальних напружень першого поверху (при $M \neq 0$).

Table 2. Comparison of normal stresses on the ground floor (при $M \neq 0$).

1й поверх	Нормальні напруження при $M \neq 0$, т/м.кв		
	Зверху	Посередині	Знизу
1 Об'ємний ґрунт	1729,17	1389,72	1794,44
2 СЕ-57	1770,83	1448,33	1836,39
3 Різниця (1-2)	-41,66	-58,61	-41,95
	-2,41%	-4,22%	-2,34%
4 СЕ-56	1438,06	1410,28	1436,67
5 Різниця (1-4)	291,11	-20,56	357,77
	16,84%	-1,48%	19,94%

Табл. 3. Порівняння нормальних напружень четвертого поверху (при $M \neq 0$).

Table 3. Comparison of normal stresses of the fourth floor (при $M \neq 0$).

4й поверх	Нормальні напруження при $M \neq 0$, т/м.кв		
	Зверху	Посередині	Знизу
1 Об'ємний ґрунт	1579,95	1361,02	1580,88
2 СЕ-57	1616,37	1396,81	1626,27
3 Різниця (1-2)	-36,42	-35,79	-45,39
	-2,31%	-2,63%	-2,87%
4 СЕ-56	1417,06	1383,39	1418,31
5 Різниця (1-4)	162,89	-22,37	162,57
	10,31%	-1,64%	10,28%

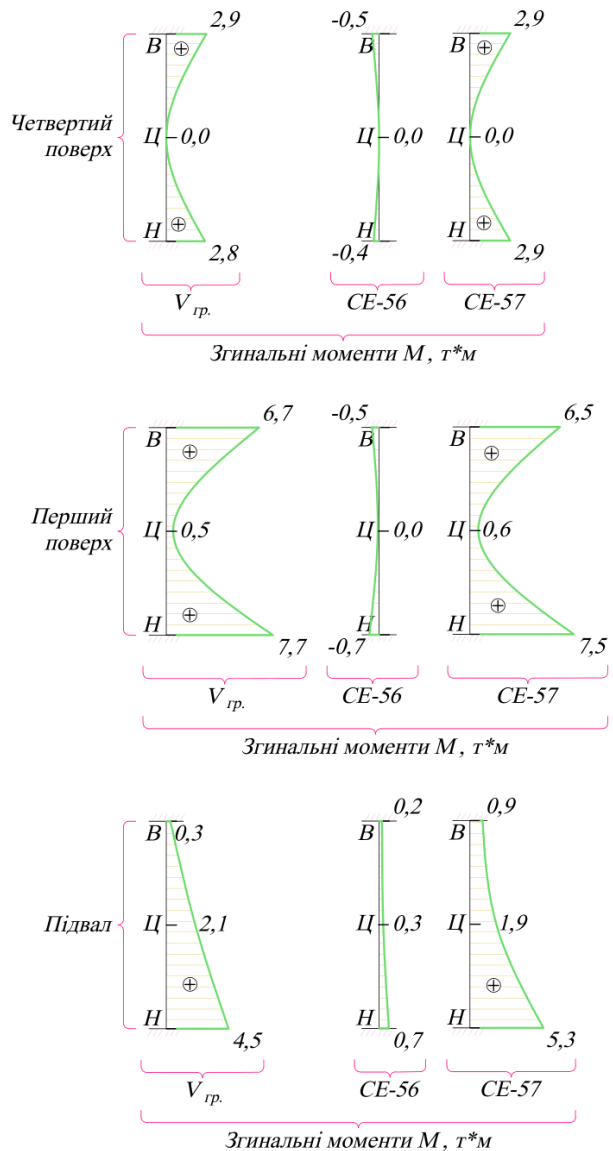


Рис.13. Порівняння згинальних моментів.
Fig.13. Comparison of bending moments.

ВИСНОВКИ

Показано, що вибір моделі основи впливає на НДС не тільки фундаментних конструкцій, а й вертикальних несучих елементів будинку. При використанні різних варіа-

нтів моделювання основи: за допомогою одновузлового скінченного елемента, що моделює палю як пружну в'язь (СЕ-56); за допомогою ланцюжка одновузлових скінчених елементів (СЕ-57) або об'ємного ґрунтового масиву, можна отримати як кількісні відмінності у напруженнях від 2 до 20%, так і якісну зміну, що спостерігається у зміні знаку згинальних моментів.

Показано, що при використанні моделі «одновузлових скінчених елементів, що враховують оточуючий ґрунт (СЕ-57)» із врахуванням впливу між сусідніми елементами (палями), згинальні моменти, які виникають у вертикальних елементах каркасу, добре кореспондуються з варіантом використання «об'ємного ґрунтового пружного масиву».

Якщо використовувати спрощену модель «одновузловий скінчений елемент (СЕ-56)», то можна отримати як кількісну так і якісну різницю в згинальних моментах вертикальних елементів каркасу. У даній моделі згинальні моменти у вертикальних елементах змінюються в діапазоні 0,3...0,7 тс·м, у той час як у інших моделях вони змінюються в діапазоні 0,3...7,7 тс·м, а це різниця у 10 разів.

Порівняння поздовжніх зусиль в дослідних палях показало, що при моделюванні за допомогою «одновузлових скінчених елементів, що враховують оточуючий ґрунт (СЕ-57) із урахуванням уточнення зміни жорсткостей за декілька ітерацій» можна отримати схожі результати як в моделі на «об'ємному пружному ґрунтовому масиві». Різниця в поздовжніх зусиллях паль складала до 7%.

ЛІТЕРАТУРА

1. Бойко І.П. Особливості взаємодії пальових фундаментів під висотними будинками з їх основою. / І.П.Бойко // *Основи і фундаменти: Міжвідомчий науково-технічний збірник*. – К.: КНУБА. – 2006. – Вип. 30. – С. 3-8.
2. Носенко В.С. Напружено-деформований стан пальово-плитних фундаментів секційних висотних будинків: дис. ... канд. техн.

- наук: 05.23.02 / Носенко Віктор Сергійович. – К.: КНУБА, 2012. – 175с.
3. Підлуцький В.Л. Взаємодія фундаментної плити з палями різної довжини з ґрунтовою багат шаровою основою: дис. ... канд. техн. наук: 05.23.02 / Підлуцький Василь Леонідович. – К.: КНУБА, 2013. – 230с.
 4. Сахаров В.О. Моделювання взаємодії пальового фундаменту з нелінійною основою в умовах прибудови: дис. ... канд. техн. наук: 05.23.02 / Сахаров Володимир Олександрович. – К.: КНУБА, 2005. – 215 с.
 5. Улицкий В.М. Расчеты и интерактивный мониторинг при строительстве зданий в сложных грунтовых условиях / В.М. Улицкий, К.Г. Шашкин, А.Г. Шашкин // *Технологии безопасности и инженерные системы № 2(13)*. – С-Пб: Стройиздат. – 2007. – С. 16-19.
 6. Шашкин К.Г. Взаимодействие здания и основания: Методика расчета и практическое применение при проектировании / К.Г.Шашкин, А.Г.Шашкин. – С-Пб: Стройиздат, 2002. – 48с.
 7. Boyko I.P. Finite element simulation of the loss of stable resistance in a foundation-soil system / I.P. Boyko, V.S. Boyandin, A.E. Delnik, A.L. Kozak, A.S. Sakharov // *Archive of Applied Mechanics № 62*. – 1992. – p. 316-328.
 8. Городецкий А.С. Компьютерные модели конструкций / А.С. Городецкий, И.Д. Евзоров. – Київ: ФАКТ, 2007. – 392с.
 9. Носенко В.С. Числове моделювання напружено-деформованого стану пальового фундаменту з використанням різних моделей ґрунтової основи / В.С. Носенко, О.О. Кашоїда // *Основи і фундаменти: Науково-технічний збірник*. – К.: КНУБА. – 2019. – Вип. 38. – С. 34-43.

REFERENCES

1. Boyko I.P. (2006). Osoblyvosti vzaiemodii palovykh fundamentiv pid vysotnymy budynkami z yikh osnovoiu [Features of the interaction of pile foundations under high-rise buildings with their foundation]. *Osnovu i fundamente: Mizhvidomchyj naukovotekhnichnyj zbirnyk*. Kyiv: KNUBA, 30, 3-8 (in Ukrainian).
2. Nosenko V.S. (2012). Napruzhenodeformovanyj stan paljovo-plytnykh fundamentiv sekcijnykh vysotnykh budynkiv [Stress-strain state of plate-pile foundations of sectional high-rise buildings]. *Dys. kand. tekhn.*

- nauk: 05.23.02. Kyiv: KNUBA, 175 (in Ukrainian).
3. Pidlutskyi V.L. (2013). Vzayemodiya fundamentnoyi plyty z palyamy riznoyi dovezhyzny z gruntovoyu bagatosharovoyu osnovoyu [Interaction of a base plate with piles of different lengths with a soil multilayer basis]. Dys. kand. tekhn. nauk: 05.23.02. Kyiv: KNUBA, 230 (in Ukrainian).
 4. Sakharov V.O. (2005). Modelyuvannya vzayemodiyi paljovogo fundamentu z nelinejnoyu osnovoyu v umovakh prybudovy [Modeling of the interaction of a pile foundation with a nonlinear basis in the conditions of an extension]. Dys. kand. tekhn. nauk: 05.23.02. Kyiv: KNUBA, 215 (in Ukrainian).
 5. Ulitskiy V.M., Shashkin K.G., Shashkin A.G. (2007). Raschjoty i interaktivnyj monitoring pri stroitel'stve zdaniy v slozhnykh gruntovykh usloviyakh [Calculations and interactive monitoring during the construction of buildings in difficult ground conditions]. *Tekhnologii bezopasnosti i inzhenernye sistemy*. S-Petersburg: Strojizdat, 2(13), 16-19 (in Russian).
 6. Shashkin K.G., Shashkin A.G. (2002). Vzaimodejstvie zdaniya i osnovaniya: Metodika rascheta i prakticheskoe primenenie pri proektirovanii [Interaction of the building and the foundation: Method of calculation and practical application in the design]. S-Petersburg: Strojizdat, 48 (in Russian).
 7. Boyko I.P., Boyandin V.S., Delnik A.E., Kozak A.L., Sakharov A.S. (1992). Finite element simulation of the loss of stable resistance in a foundation-soil system. *Archive of Applied Mechanics*, 62, 316-328.
 8. Gorodetskiy A.S. (2007). Computer models of structures. Kyiv, FAKT, 392 (in Ukrainian)/
 9. Nosenko V.S., Kashoida O.O. (2019). Chyslove modelyuvannya napruzhenno-deformovanoho stanu pal'ovoho fundamentu z vykorystannyam riznykh modeley gruntovoyi osnovy [Numerical simulation the stress-strain state of the pile foundation building using different soil models]. *Osnovu i fundamenty: Naukovo-tekhnichnyj zbirnyk*. Kyiv: KNUBA, 38, 34-43 (in Ukrainian).

Influence of the choice of the base model on the stress-strain state of the vertical load-bearing elements of a monolithic-frame house

*Viktor Nosenko,
Ostap Kashoida*

Summary. Comparison of the stress-strain state of vertical elements of the frame of a monolithic house (basement, first and fourth floors), depending on the method of modeling the soil environment and piles, is carried out.

The use of pile foundations is due to the fact that they provide the transfer of loads to deeper soil layers and, as a rule, a greater bearing capacity compared to shallow foundations. In the design of foundations, engineers face the question of how to model the soil environment and piles?

This paper presents the influence of the decision taken (the selected soil model and the method of modeling piles) on the stress-strain state of the vertical load-bearing elements of the house frame.

Comparison of the stress-strain state of vertical elements of the frame (basement, first and fourth floors), which were obtained using the following models of the system «base - pile foundation - overhead supporting structures»:

1) the piles are modeled by single-node finite elements, have only vertical stiffness according to the results of testing the piles for vertical static pressing loads, the mutual influence of piles and soil characteristics are not taken into account (FE-56 hereinafter, this is the number of the finite element in the library of elements of the PC «Lira -SAPR»)

2) the piles are modeled by single-node finite elements, are located with a given step along the length of the pile and have rigidity in different directions and approximately take into account the surrounding soil around the pile and under its tip (FE-57);

3) the soil environment is modeled by volumetric elastic finite elements; piles - rod finite elements.

It is shown that the choice of the foundation model carries stress-strain state not only for the foundation structures, but also for the vertical bearing elements of the house. When using various options for modeling the base: using a single-node finite element that simulates a smoke like elastic ligature (FE-56), using a chain of single-node skinned elements (FE-57), or a volumetric soil massif, it is possible to obtain quantitative differences in stresses from 2 to 20%, and a qualitative change, which is observed in a change in the sign of bending moments.

Key words. Pile foundation, numerical modeling, stiffness coefficients, vertical bearing elements.