

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПІДСИЛЕННЯ ПАЛЬОВИХ ФУНДАМЕНТІВ СУЦІЛЬНОЮ ПЛИТОЮ РОСТВЕРКУ

Вінницький національний технічний університет;

Анотація

Виконано моделювання процесу підсилення групи стовпчастих пальових фундаментів суцільною плитою ростверку з урахуванням сумісної роботи плитної частини та паль, використовуючи програмний комплекс «ЛІРА САПР». Показано, що при збереженні навантаження на одному рівні осідання плитно-пального фундаменту менше за осідання групи стовпчастих пальових фундаментів, отже навантаження на фундамент, підсилений плитою ростверку, може бути збільшене.

Ключові слова: суцільний плитний ростверк, моделювання, сумісна робота.

Annotation

Made the simulation of the process of reinforcing the group of columnar pile foundations by a groove with taking into account the joint work of the slab and piles, using the software complex "LIRA SAPR". It is shown that while maintaining the load at one level, the subsidence of the slab-pile foundation is less than the summation of a group of columnar pile foundations, so the load on the foundation reinforced by the plate of the grillage can be increased.

Keywords: solid plate grill, modeling, joint work.

Вступ

В сучасних умовах, в зв'язку з реконструкцією, підсиленням та надбудовою існуючих будівель, актуальним питанням є підсилення фундаментів. Одним з найбільш трудомістких напрямків цієї області є підсилення пальових фундаментів. Найбільш перспективним, а іноді і єдиним можливим способом підсилення пальового фундаменту є підведення фундаментної плити, тобто приведення пальового фундаменту до пальово-плитного фундаменту.

Нормами передбачено врахування роботи ростверку в складі плитно-пального фундаменту лише при новому будівництві. Однак досі не досліджено питання роботи пальово-плитного фундаменту, що утворюється після підсилення пальового фундаменту суцільною плитою.

Під час підсилення пальового фундаменту плитою ростверку традиційно прийнято виконувати розрахунок з врахуванням роботи лише нового ростверку, нехтуючи роботою існуючих паль. В той же час на сьогодні відомо, що врахування сумісної роботи елементів пальово-плитного фундаменту дозволяє до 2-х разів більш повно врахувати ресурси фундаменту порівняно з врахуванням роботи лише одного з компонентів системи.

У даній роботі поставлена задача визначити, наскільки впливає на напружено-деформований стан системи перетворення конструкції фундаменту з стовпчастого пальового на плитно-пальовий фундамент.

Результати дослідження

При проектуванні групи стовпчастих пальових фундаментів з суцільним плитним ростверком доводиться враховувати взаємодію між ґрунтом, палями і ростверком (плитою). У порівнянні з традиційними методами, розрахунок і проектування даного виду фундаменту вимагає застосування більш складної моделі взаємодії між основою та спорудою.

В програмному комплексі «ЛІРА САПР» можна виконувати моделювання взаємодії паль між собою, з ґрунтом і плитою в нелінійній постановці.

Для цього потрібно врахувати:

- залежність між навантаженням на палі і загальним навантаженням на будівлю (відстані між палями, ґрунтових умов, рівня навантаження, що діє на фундамент, довжини паль і т. д.);

- відсутність у просторі між палями прошарку слабого ґрунту (ґрунту, що має модуль деформації менше модуля деформації ґрунту під подошвою ростверку);
- відношення модуля деформації ґрунту під ростверком до модуля деформації ґрунту на рівні нижніх кінців палей.

При використанні системи ГРУНТ програмного комплексу «ЛИРА САПР» можна створити об'ємний ґрунтовий масив для більш точнішого врахування навантаження, що передається на групи палей та суцільний плитний ростверк.

У даній роботі представлені результати порівняльних розрахунків роботи будівлі зі стовпчастими паливими фундаментами з роботою тієї ж споруди після об'єднання ростверків суцільною плитою. Розрахунки виконані для ґрунтових умов конкретного будівельного майданчику.

У таблиці 1 представлені фізико-механічні характеристики ґрунтів.

Таблиця 1 – Фізико-механічні характеристики ґрунту

Найменування ґрунту, потужність	γ , кН/м	I_L	e	φ , °С	C , кПа	w	E , МПа	γ_s , кН/м ³
Пісок мілкий охристо-жовтий, буровато-жовтий, світло-жовтий, водонасичений, сер. щільності	17,16	-	0,54	31	1	0,25	17,6	26,5
Супісок буровато-жовтий, жовто-світло-коричневий, з лінзами піску, рідко суглинку, текучий	17,85	>1	0,72	22	7,8	0,26	19,6	26,7
Суглинок тяжкий, пілуватий, жовтий, сірувато-коричневий ближче до подошви шару зеленувато-сірий, з прошарками супіску, туго- і м'якопластичний	18,33	0,46	0,68	18	19,6	0,17	17,65	26,8
Глина, бура, буро-жовта, тугопластична	18,83	0,27	0,80	16	49,3	0,02	21,6	26,8

Ґрунт, що оточує палю розглядається як лінійно-деформоване середовище, яке характеризується змінними по глибині коефіцієнтами постелі. Модель призначена для одностадійного розрахунку, створення пластичних зон в ґрунті не допускається.

Палю розглядається як сукупність стрижневих кінцевих елементів (КЕ 10) Вертикальний зсув палі (осідання) моделюється за допомогою розміщення на торці палі одноузлового кінцевого елемента заданої жорсткості (КЕ 51), що моделює закон лінійного осідання від вертикального навантаження.

Горизонтальна деформація палі (горизонтальні зміщення і кути повороту) моделюється заданням на кожній з ділянок палі (на кожен окремих стрижневий КЕ) свого коефіцієнта постелі в горизонтальному напрямку. При цьому враховується включення в роботу палі деякої частини ґрунтового масиву за допомогою введення приведеної величини ширини перерізу палі.

Порядок виконання розрахунку:

1. Осідання палі визначається за формулою

$$S = \frac{P \cdot I_s}{E_{st} \cdot d}$$

Умовно приймаємо палю як жорстку

$$I = \frac{2.6}{\frac{1}{d} + 4} = \frac{2.6}{\frac{1}{0.4} + 4} = 0.09$$

Жорсткість одно узлового кінцевого елемента КЕ51

$$k = \frac{P}{S} = \frac{20 \cdot 10^4 \cdot 0.4}{0.09} = 88888.88 \text{ кН/м}$$

2. Визначення закону зміни коефіцієнта постелі горизонтальної деформації згідно з [1], виконується за формулою

$$C_z = Kz$$

K - коефіцієнт пропорційності, кН/м^4 , що приймається в залежності від типу ґрунту, що оточує палю за таблицею [1];

Z – відстань від поверхні ґрунту до перерізу палі, для якого визначається коефіцієнт постелі.

3. Визначаємо умовну ширину палі.

Згідно моделі, що рекомендується нормативами, тertia по боковій поверхні відбувається по площі, більшій ніж діаметр палі чи її ширина перерізу, тому в розрахунок водиться умовна ширина малі

$$b_p = (1.5d + 0.5) = (1.5 \cdot 0.3 + 0.5) = 0.9(м).$$

Загальний вигляд розрахункових моделей в програмі “ЛІРА-САПР” показано на рис. 1 та 2.

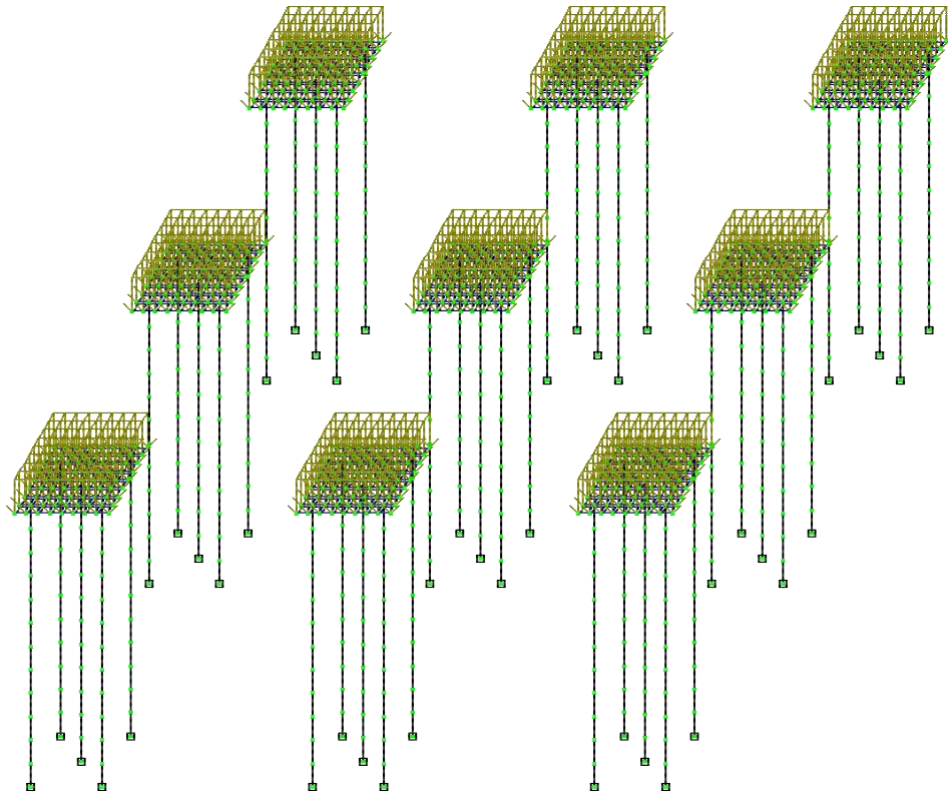


Рис 1. Загальний вигляд розрахункової моделі у варіанті моделювання тільки кущів палей, що сприймають навантаження

Побудова розрахункової моделі.

Побудову розрахункової моделі виконуємо безпосередньо в ПК Ліра-САПР 2013. Для моделювання палі використовуємо KE 10 – універсальний просторовий стрижневий KE. Для моделювання ростверку та плити фундаменту використовуємо KE 44 – універсальний чотирикутний KE оболонки. Для моделювання опору під нижнім кінцем палі використовуємо KE 51 – одноузловий KE пружного зв’язку.

Задаємо жорсткості елементів розрахункової схеми.

Оскільки переміщення по осі Z в схемі будуть обмежуватись за допомогою введення коефіцієнтів постелі та жорсткістю одноузлового кінцевого елемента додаткових зв’язків не вводиться.

Для моделювання ґрунтового масиву використовуємо зв’язок програми “ЛІРА-САПР 2013” та підпрограми комплексу “Ґрунт”. Для цього перед початком моделювання вводимо в програму “Ґрунт” характеристики ґрунтів та створюємо “свердловину” в якій задаються потужність шарів.

Для елементів фундаментних плит задаємо стартовий осереднений тиск під подошвою.

Після цього за допомогою спеціального інструменту спільної роботи програм “Ліра-визор” та “Ґрунт” дані про фундаментну плиту імпортуються в програму “Ґрунт” та прив’язуються до моделі ґрунту. Це дозволяє розрахувати коефіцієнти постелі перед основним розрахунком моделі що моделює сумісну роботу схеми з ґрунтовою основою. Після розрахунку моделі передаємо значення опору ґрунту у стартову розрахункову схему для уточнення коефіцієнтів постелі. Розрахунки схеми проводимо декілька разів поки мозаїка опору ґрунту не стає сталою.

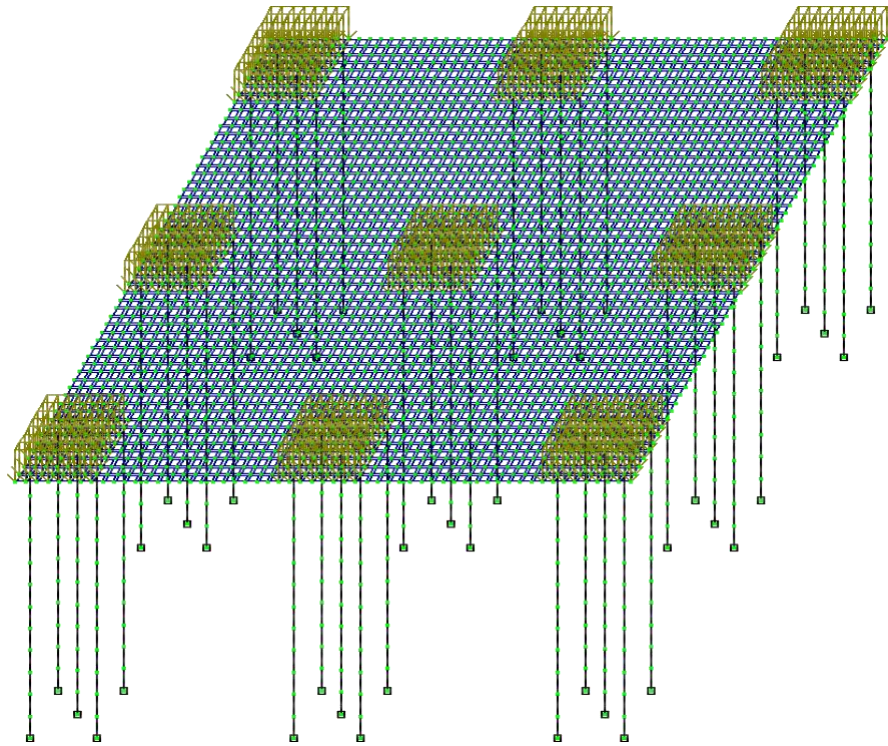


Рис. 2. Загальний вигляд розрахункової моделі у варіанті моделювання куців паль, об'єднаних суцільною фундаментною плитою

Результатом розрахунку є деформовані схеми з внутрішніми зусиллями які виникають в елементах моделі. Для прикладу на рисунках 3 та 4 наведені деформовані схеми переміщень для обох варіантів.

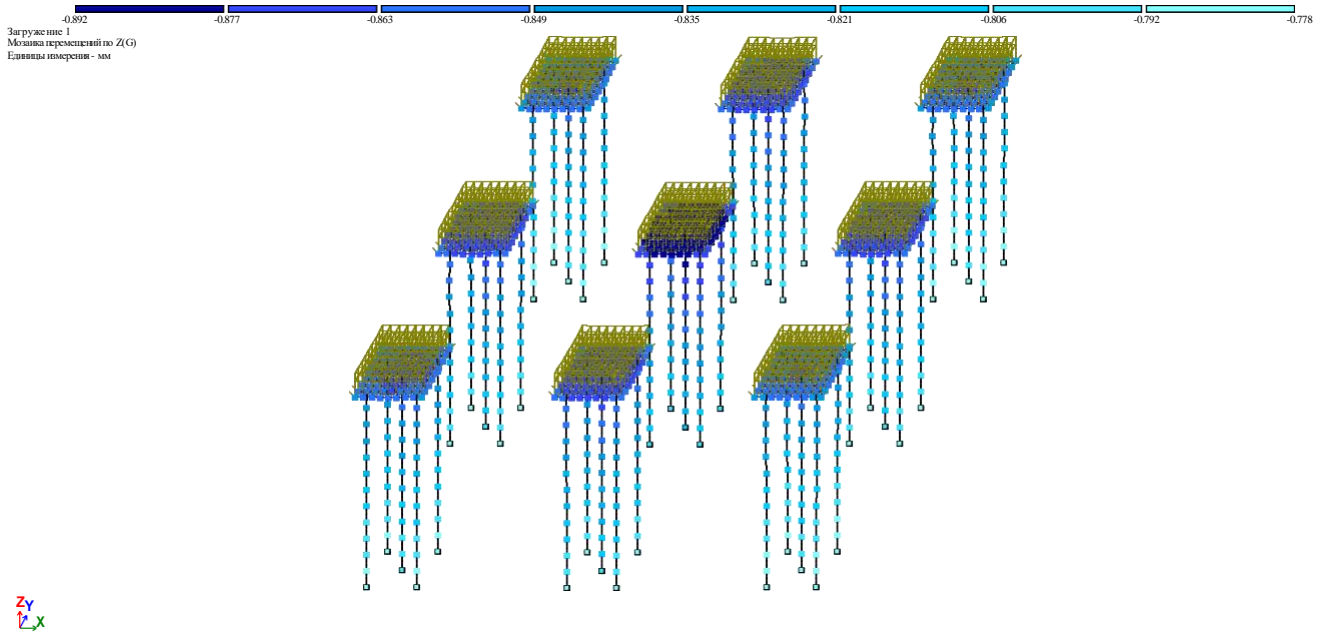


Рис. 3. Деформована схема розрахункової моделі у варіанті моделювання тільки куців паль

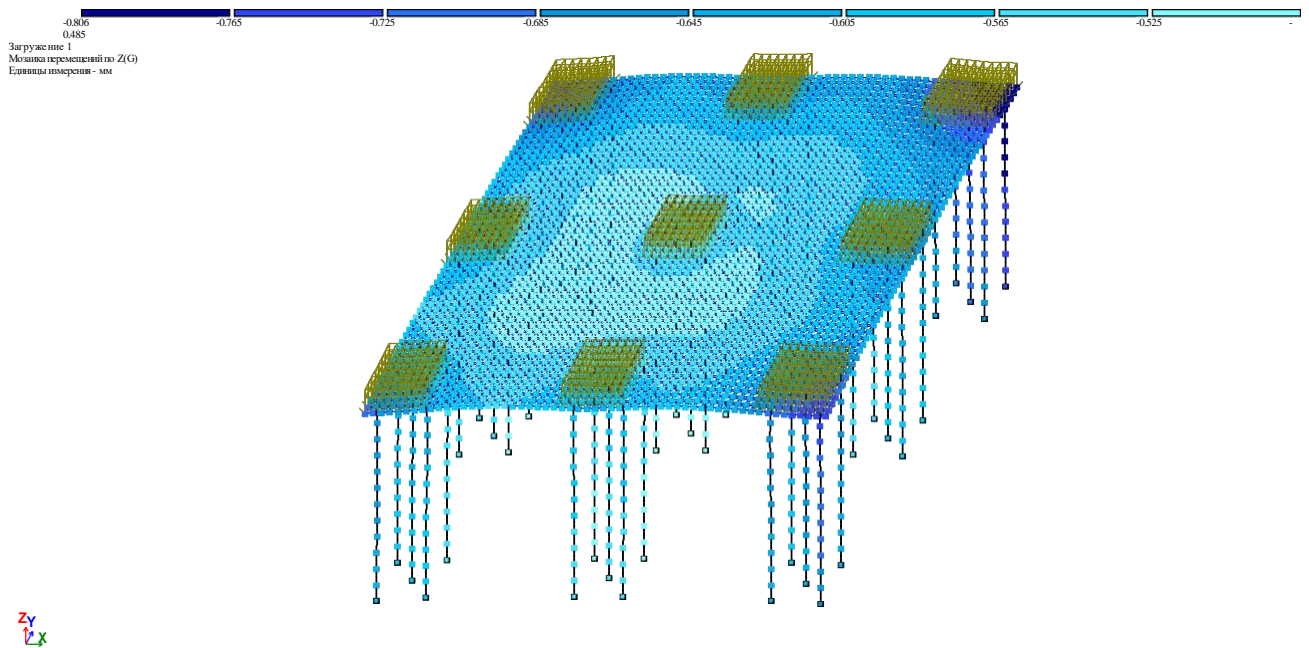


Рис. 4. Деформована схема розрахункової моделі у варіанті моделювання куців паль, об'єднаних суцільною фундаментною плитою

Як бачимо при включені в роботу фундаментної плити, яка об'єднує ростверк, осідання фундаментів зменшується. Осідання пального фундаменту складає 0,816 мм, осідання плитно-пального фундаменту складає 0,728 мм. Перетворення фундаменту з пального на плитно-пальною дозволяє зменшити осідання фундаменту до 11%, а отже навантаження на фундамент, підсилений плитою ростверку може бути збільшене.

Висновки

1. Осідання плитно-пального фундаменту менше на 11%, ніж пального. Осідання пального фундаменту складає 0,816 мм, осідання плитно-пального фундаменту складає 0,728 мм, тому навантаження на підсилений плитою ростверку фундамент може бути збільшене.
2. Введення фундаментної плити ростверку суттєво розвантажує палі, що знаходяться всередині контуру плити, тобто відбувається перерозподіл зусиль між палями.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Основи та фундаменти будівель та споруд. Основні положення проектування: ДБН В.2.1-10-2009. Зміна 1 – [Чинні від 2011-07-01]. – К.: Мінрегіонбуд України, 2011 – 55 с. – (Державні будівельні норми України).
2. Малікова Т.А., Соломін В.Н. Розрахунок конструкцій на піддатливих основах / Малікова Т.А., Соломін В.Н. - М.: Стройіздат, 1984. - 679с.

Роман Юрійович Луцький — магістрант гр. 1Б-17м, факультет будівництва теплоенергетики та газопостачання, Вінницький національний технічний університет.

Ірина Вікторівна Масвська — канд. техн. наук, доцент кафедри будівництва, міського господарства та архітектури, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця.

Roman Y. Lutsky - Master hr. 1B-17m, Department of construction of thermal power and gas, Vinnytsia National Technical University.

Irina V. Majewska - candidate. Sc., assistant professor of department of construction, architecture and municipal economy, Vinnytsia National Technical University. Vinnitsa.