

# ВЗАЄМОДІЯ ГРУНТОВОЇ ОСНОВИ І СТРИЧКОВИХ ФУНДАМЕНТІВ З ЛАМАНИМ ОБРИСОМ ОПОРНОЇ ПЛИТИ

Вінницький національний технічний університет

## Анотація

У роботі на основі математичного моделювання за допомогою програмного комплексу Plaxis досліджено напружено-деформований стан стрічкового фундаменту з ламаним обрисом опорної плити під дією вертикального навантаження з різними геометричними параметрами та в різних ґрунтових умовах. Виконано порівняння стрічкового фундаменту з ламаним обрисом опорної плити та суцільного стрічкового фундаменту. Встановлено, що розрахунковий опір під подошвою стрічкових фундаментів з ламаним обрисом опорної плити на 10-20% вищий.

## Ключові слова:

Стрічковий фундамент, ламаний обрис опорної плити, напружено-деформований стан.

## Abstract

In the work, based on mathematical modeling with the help of the Plaxis software complex, the stress-strain state of the strip foundation with a fractured outline of the base plate under the action of a vertical load with other geometric parameters and in various justified conditions was investigated. A comparison of the strip foundation with a broken outline of the base plate and the continuous strip foundation was made. It was established that the calculated resistance under the sole of strip foundations with a broken outline of the base plate is 10-20% higher.

## Keywords:

Strip foundation, broken outline of base plate, stressed-deformed state.

## Вступ

Вартість фундаментів при зведенні будівель і споруд складає в середньому 12 % від його вартості, працевитрати нерідко досягають 15 % і більше від загальних витрат праці, а тривалість робіт по зведенню фундаментів досягає до 20 % загального терміну будівництва. При зведенні заглиблених частин будівлі, а також при будівництві в складних ґрунтових умовах ці показники значно збільшуються. Відповідно, удосконалення проектних і технологічних рішень в області фундаментобудування приводить до економії матеріальних і трудових ресурсів, скороченню термінів будівництва будівель і споруд.

Значне місце у фундаментобудуванні, особливо при зведенні житлових малоповерхових будівель, займають стрічкові фундаменти під стіни. В зв'язку з цим питання впровадження нових конструкцій, удосконалення методів їх розрахунку, експериментальне і теоретичне вивчення роботи основ стрічкових фундаментів є на сьогодні актуальною задачею.

Серед відомих типів фундаментів під стіни будівель перспективними з точки зору економії матеріалу є стрічкові фундаменти з ламаним обрисом опорної плити.

Ефективність таких конструкцій обумовлена наступними факторами:

- зменшення жорсткості фундаментів приводить до перерозподілу контактних напружень із зменшенням значень по краях фундаментів і збільшенням в середній частині;
- збільшення співвідношення периметру фундаменту до його площі призводить до збільшення коефіцієнта постелі;
- зміна контуру крайової зони призводить до появи в основі «арочного ефекту» і збільшенню його несучої здатності;

- положення нормативної літератури дозволяють при розрахунках таких фундаментів збільшувати величину розрахункового опору ґрунту на 7-30 %;
- зони пластичних деформацій основ під фундаментами з ламаними обрисами опорної поверхні менші ніж під еквівалентними суцільними;
- границі пропорційної залежності між напруженнями і деформаціями основ під фундаментами з ламаними обрисами опорної поверхні 1,1÷1,5 рази більше ніж під еквівалентними суцільними;
- при застосуванні стрічкових фундаментів з ламаними обрисами опорної поверхні у більшій мірі використовується несуча здатність основи у порівнянні з еквівалентними суцільними фундаментами, а саме, відбувається перерозподіл напружень по глибині із збільшенням напружень у верхніх шарах (до 1,5b) і зниженням напружень в нижніх шарах ґрунтах основи.

Можливості конструкцій фундаментів з геометрично змінною формою підшви виявлені не повністю і вивчення особливостей їх взаємодії з ґрунтовою основою є актуальною задачею.

### **Виклад основного матеріалу дослідження**

Шляхом чисельного моделювання виконано комплексний аналіз НДС системи «основа–стрічковий фундамент з ламаним обрисом поверхні» з врахуванням впливу геометричних параметрів стрічкових фундаментів і фізико-механічних характеристик ґрунтів основи.

Для математичного моделювання роботи стрічкових фундаментів з ламаним обрисом поверхні обрано програмний продукт Płaxis 3D, який базується на використанні чисельного методу скінчених елементів.

Основна мета моделювання в програмному комплексі Płaxis полягає в визначенні напружено-деформованого стану в основі стрічкових фундаментів з ламаним обрисом поверхні в залежності від геометричних параметрів (ширина фундаментної плити, відстань між розривами), а також від характеристик ґрунтової основи. Для вирішення даної задачі моделювалась робота стрічкового фундаменту з ламаним обрисом поверхні при вертикальному навантаженні.

При моделюванні були взяті такі передумови і параметри:

- модель ґрунту основи – пружно-пластична модель Кулона–Мора;
- модель фундаменту шириною 1,2 м, 1,6 м, 2 м і 2,4 м відстань між розривами 1,0 м, загальна довжина фундаменту – 24 м;
- ширина розриву 200, 400 та 600 мм;
- розміри розрахункової області в плані 30×30 м, по глибині 15 м;
- моделювання проводилося до досягнення осідання, що не перевищує гранично допустимого (12 см для технічного об'єкту).

Величина навантаження на моделі збільшувалась до тих пір, поки деформації знаходились в межах допустимих значень.

При моделюванні були враховані такі фази роботи:

- робота ґрунтової товщі без фундаменту (початкова фаза);
- влаштування фундаменту;
- робота стрічкового фундаменту з ламаним обрисом поверхні під дією вертикального навантаження.

На рис.2 наведено характер розподілу контактних напружень по підшві стрічкового фундаменту з ламаним обрисом опорної плити. Напруження розподіляються більш рівномірно під підшвою фундаменту у порівнянні з стрічковим суцільним фундаментом, а також в роботу включається ґрунт з міжплитного простору за рахунок «арочного ефекту». Підтвердження виникнення «арочного ефекту» також є рис. 3, де наведено характер розподілу напружень по глибині в основі стрічкового фундаменту з ламаним обрисом опорної плити. На цьому рисунку чітко розглядаються арочні контури напружень під підшвою стрічкового фундаменту з ламаним обрисом опорної плити.

На рис. 4 наведено графіки залежності «навантаження – осідання» для моделі шириною 2,4 м при різній ширині розривів. Як видно з рисунку 4 осідання фундаментів однакової ширини незначно зменшується із збільшенням ширини розривів. Це пояснюється виникненням «арочного ефекту» в ґрунті, де розрив у фундаментній плиті. Така ж закономірність спостерігається на графіках «навантаження – осідання» для фундаменту з ламаним обрисом опорної плити шириною 1,6 м (рис. 5).

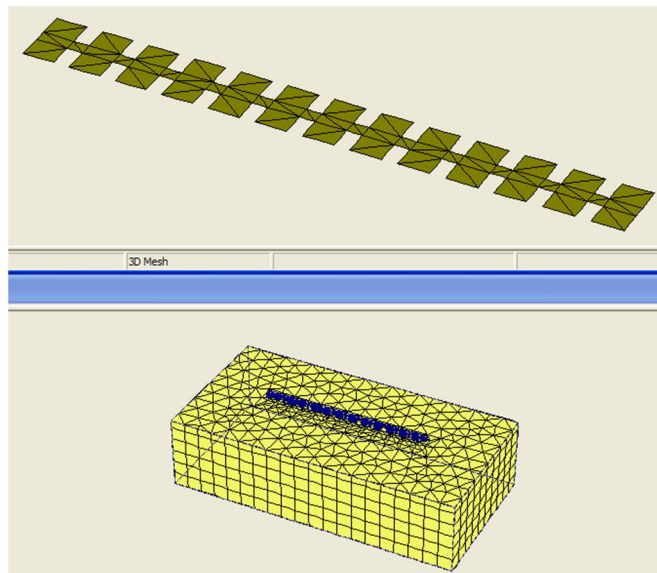


Рис. 1 – Розрахункова модель стрічкового фундаменту з ламаним обрисом опорної плити шириною 2,4 м

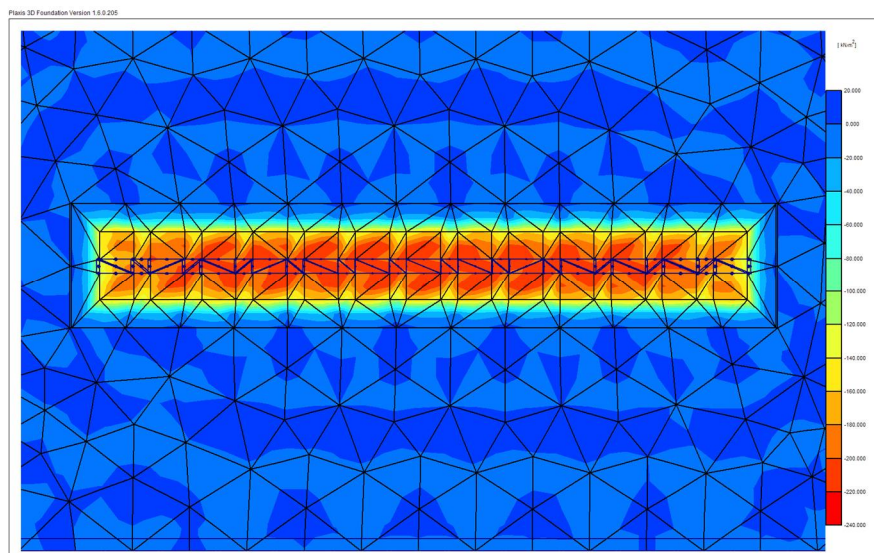


Рис. 2 – Характер розподілу контактних напружень по підшві стрічкового фундаменту з ламаним обрисом опорної плити

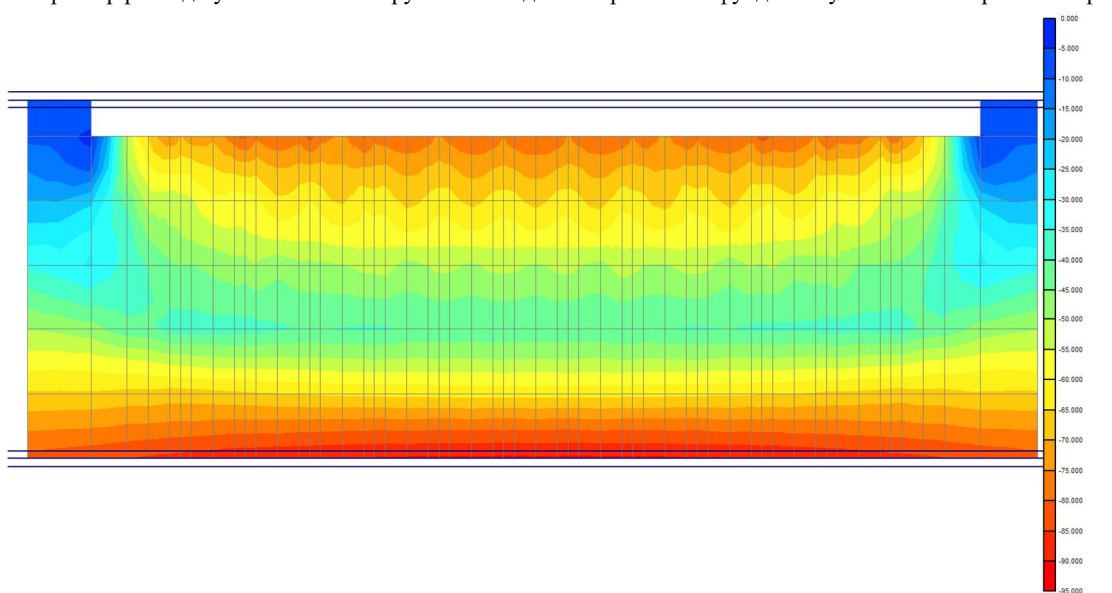


Рис. 3 – Характер розподілу напружень по глибині в основі стрічкового фундаменту з ламаним обрисом опорної плити

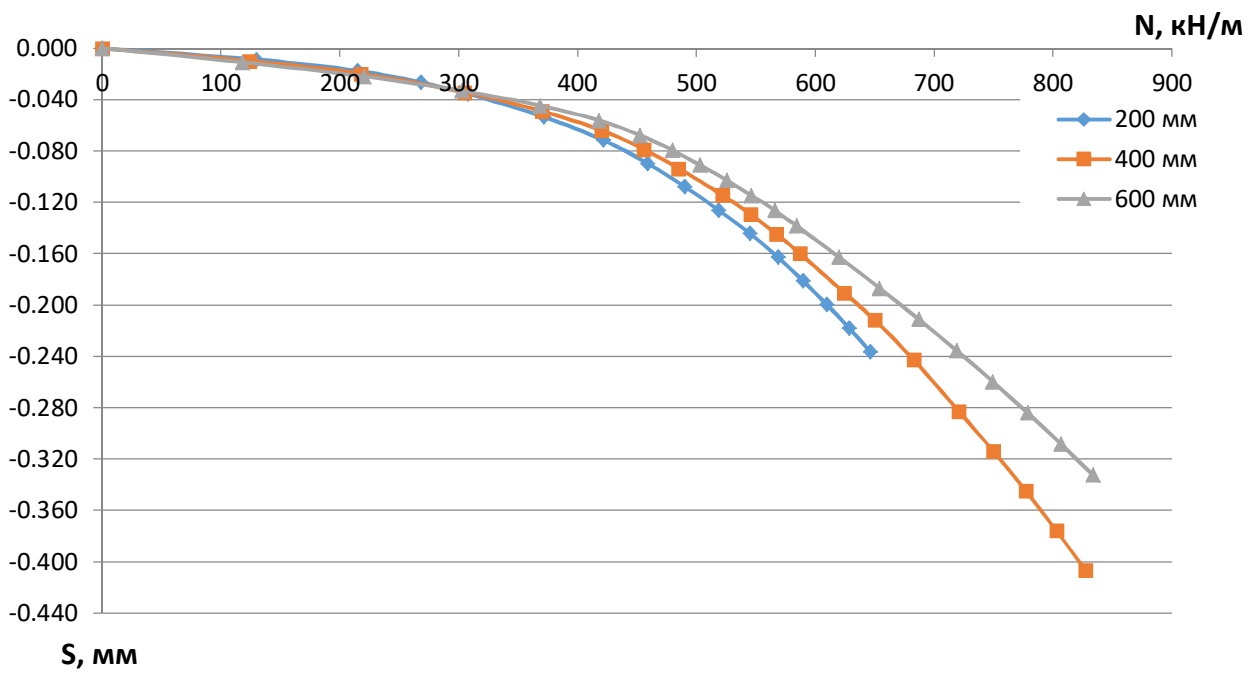


Рис. 4 – Графік залежності навантаження – осідання для стрічкового фундаменту шириною 2,4 м при різних ширині розривів

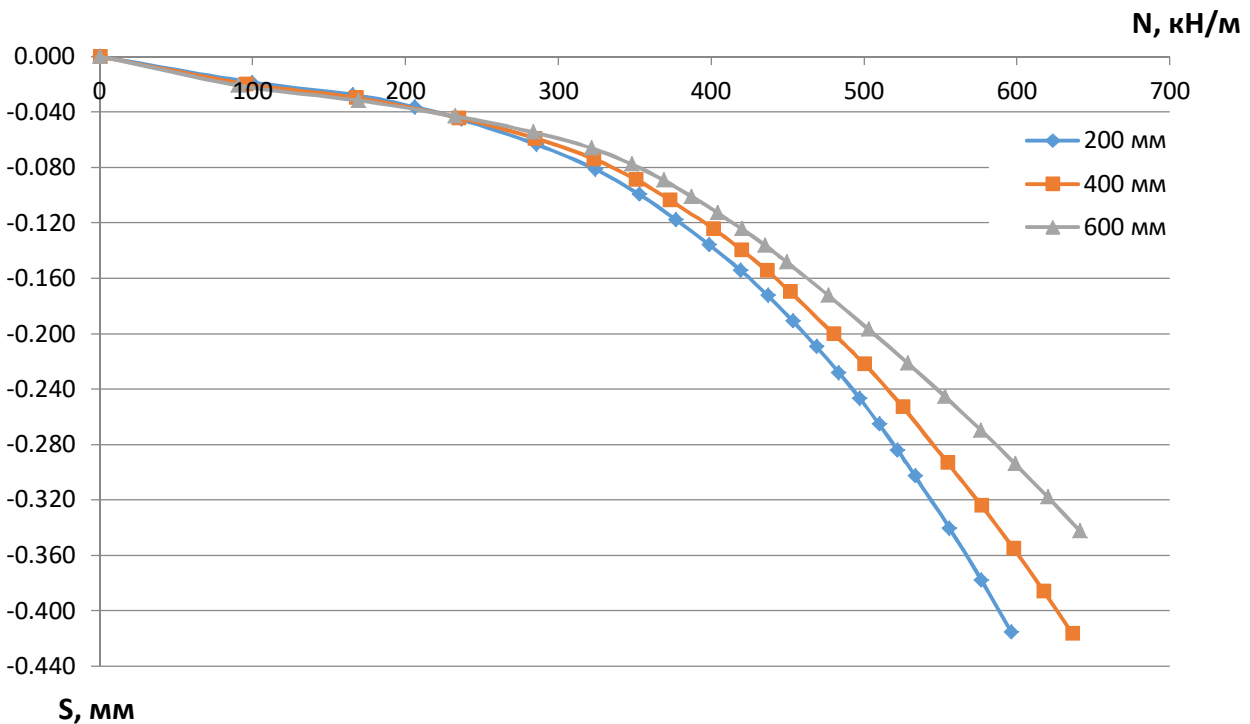


Рис. 5 – Графік залежності навантаження – осідання для стрічкового фундаменту шириною 1,6 м при різних ширині розривів

У таблиці 1 наведено усереднене значення розрахункового опору основи під подошвою стрічкового фундаменту з ламаним обрисом опорної плити за результатами моделювання в ПК Plaxis. Для оцінки розрахункового опору під подошвою стрічкових фундаментів з ламаним обрисом опорної плити було виконано моделювання роботи суцільних стрічкових фундаментів. В таблиці 1 наведено коефіцієнт  $k_d$  – співвідношення розрахункового опору основи під подошвою стрічкового фундаменту з ламаним обрисом опорної плити до розрахункового опору суцільного стрічкового фундаменту такої ж ширини.

Таблиця 1 – Усереднений розрахунковий опір основи під підшоною стрічкового фундаменту з ламаним обрисом опорної плити за результатами моделювання в ПК Plaxis

Група дослідів	Ширина стрічкового фундаменту	Ширина розривів	Розрахунковий опір основи, кПа	$k_d$
1	$b=1,2$ м	200 мм	230	1,14
		400 мм	249	1,23
		600 мм	270	1,34
2	$b=1,6$ м	200 мм	239	1,16
		400 мм	249	1,21
		600 мм	275	1,34
3	$b=2,0$ м	200 мм	237	1,13
		400 мм	256	1,22
		600 мм	279	1,33
4	$b=2,4$ м	200 мм	245	1,15
		400 мм	267	1,25
		600 мм	290	1,36

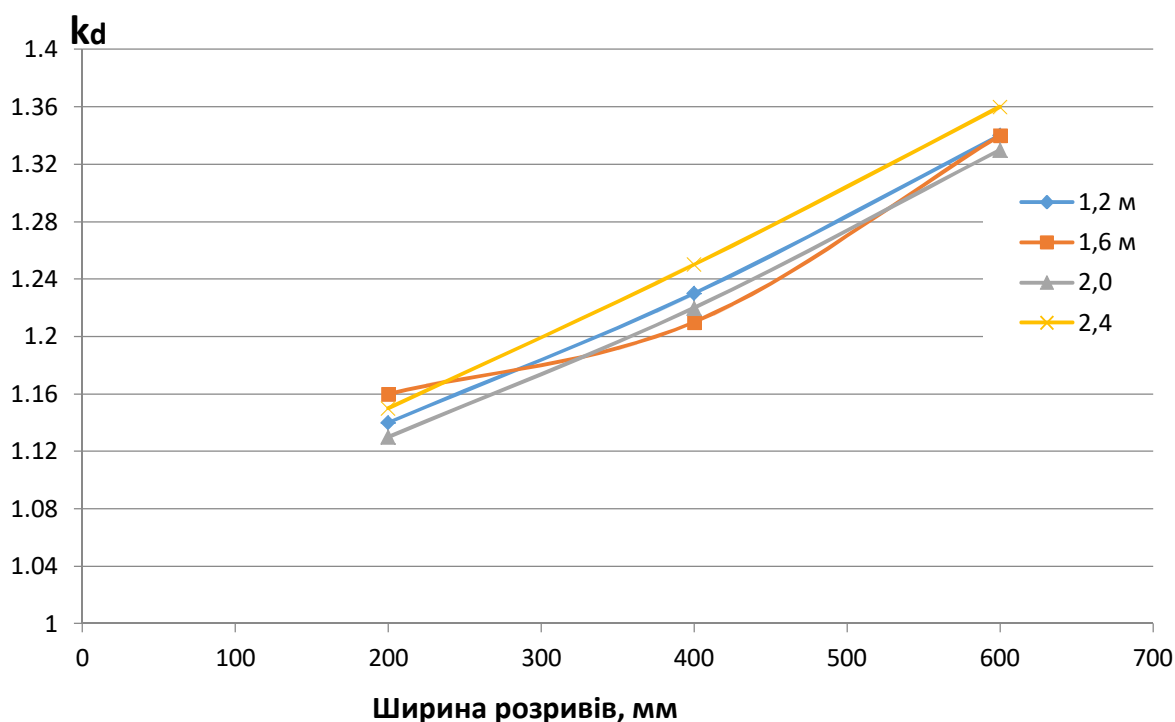


Рис. 6 – Графік залежності коефіцієнта  $k_d$  від ширини розриву для стрічкових фундаментів з ламаним обрисом опорної плити різної ширини за результатами моделювання в ПК Plaxis

#### Висновок

Проведене числове дослідження свідчить, що розрахунковий опір під підшоною стрічкового фундаменту з ламаним обрисом опорної плити можна збільшувати на 10-20 % у порівнянні з рекомендаціями норм, але для цього потрібні більш ширші дослідження з варіюванням ґрунтових умов.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Основи і фундаменти будівель та споруд: ДБН В.2.1-10-2018. - [Чинний від 2019-01-01]. – К.: Мінрегіон України, 2018. – 40 с. – (Національні стандарти України).
2. Фундаменти будівель і споруд. Довідковий посібник / Ю.Л.Винников, В.А.Муха, А.В.Яковлев, О.В.Андрієвська, С.В.Біда. – К.: Урожай, 2002. – 423 с.

3. Разоренов В.Ф. Помогаммы для определения размеров блоков прерывистого фундамента // Основания, фундаменты и механика грунтов. -1978.-№3.-С. 11-16.
4. Фидаров М.И. Основания и прерывистые фундаменты. - Орджоникидзе: <<Ир>>, 1973. - 172 с.

**Меркотан Юрій Олександрович** — магістрант, Факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця. [tester20180803@gmail.com](mailto:tester20180803@gmail.com)

**Науковий керівник: Блащук Наталя Вікторівна** – к.т.н., доцент кафедри будівництва, міського господарства та архітектури Вінницького національного технічного університету [blaschuk@vntu.edu.ua](mailto:blaschuk@vntu.edu.ua)

**Merkotan Yuriy** — student, Faculty of Construction, Civil and Environmental Engineering, Vinnytsya national technical university, Vinnytsya city. [tester20180803@gmail.com](mailto:tester20180803@gmail.com)

**Supervisor: Blaschuk Natalia** – candidate. Sc., assistant professor of department of construction, architecture and municipal economy, Vinnytsia National Technical University. Vinnitsa. E-mail: [blaschuk@vntu.edu.ua](mailto:blaschuk@vntu.edu.ua)