

## ЕФЕКТИВНЕ РІШЕННЯ ПЛИТНОГО ФУНДАМЕНТУ ЗМІННОЇ ТОВЩИНИ

Вінницький національний технічний університет

### *Анотація*

*У роботі розглядаються конструктивні рішення плитних фундаментів змінної товщини для багатопверхових громадських та житлових будівель. Плити змінної товщини застосовуються для підвищення несучої здатності фундаменту в місцях концентрації зусиль від колон при одночасному зменшенні матеріаломісткості всієї конструкції. Наведено основні принципи проєктування, розрахунку та конструктивного влаштування таких плит. Підтверджено результатами розрахунку, що локальне збільшення товщини плити у вигляді капітелей дозволяє зменшити напруження в бетоні та рівномірно розподілити контактні тиски по основі.*

**Ключові слова:** фундамент, плита, змінна товщина, капітель, армування, жорсткість, несуча здатність.

### *Abstract*

*The paper considers the structural solutions of variable-thickness slab foundations for multi-storey civil and residential buildings. Such foundations are used to increase the bearing capacity in areas of concentrated loads from columns while reducing material consumption. The main principles of design, calculation and construction of these slabs are presented. It is shown that local thickening of the slab in the form of capitals or ribs makes it possible to reduce concrete stresses and distribute the contact pressures more evenly.*

**Key words:** foundation, slab, variable thickness, capital, reinforcement, stiffness, bearing capacity.

### Вступ

Сучасне будівництво багатопверхових будівель вимагає від проєктувальників пошуку конструктивних рішень, що поєднують надійність, жорсткість і економічність. Одним із таких рішень є застосування монолітних плитних фундаментів, які забезпечують рівномірний розподіл навантажень на ґрунт і високу просторову жорсткість будівлі. При значних вертикальних зусиллях від колон виникає потреба у локальному підсиленні фундаментної плити для запобігання продавлюванню бетону колонами. Ефективним інженерним рішенням є улаштування капітелів — потовщень плити у зонах опирання колон. Водночас збільшення товщини всієї плити призводить до надлишкових витрат бетону та арматури, тому актуальним є питання оптимізації товщини плити шляхом поєднання зони підсилення під колонами з тоншою частиною у прольотах. Така конструкція дозволяє досягти балансу між міцністю, деформативністю та економічністю.

### Результати дослідження

Метою дослідження є аналіз напружено-деформованого стану монолітної плитної основи змінної товщини та узгодження експериментальних даних з результатами чисельного моделювання для визначення граничних станів і впливу геометричної варіації товщини на несучу здатність.

Експериментальні випробування, наведені на рисунку 1.1, проведені чеськими інженерами [1], стали базовими для калібрування моделей взаємодії «плита – основа». Досліджувалася залізобетонна плита розміром 2×2 м і товщиною 150 мм, виготовлена з бетону С35/40 з арматурною сіткою Ø8/100/100 мм. Навантаження прикладалося ступінчасто із приростом 75 кН, а максимальне навантаження становило 950 кН, при якому зафіксовано руйнування плити за механізмом продавлювання. Вимірювання показали нерівномірність осідань і асиметричний розподіл деформацій, що зумовлено неоднорідністю ґрунтової основи. Отримані дані стали основою для подальшої верифікації скінченноелементних моделей.



Рисунок 1.1 – Експериментальне випробування [1]

На основі цих результатів китайські інженери [2] розробили аналітичні моделі залізобетонних плит зі змінною товщиною, у яких враховано ефект стискаючої мембрани (СМА) та вплив граничних умов. Розрахунки показали, що зміна товщини по площі плити може підвищити її несучу здатність на 15–25 %, а також зменшити максимальні прогини на 10–18 % порівняно з рівномірною плитою. Подібні закономірності експериментально підтвердив ізраїльський інженер М. Hashem [3], який досліджував поведінку плит з локальними потовщеннями. Такі потовщення істотно знижують ризик продавлювання у місцях опирання колон та сприяють рівномірному розподілу напружень.

Для перевірки ефективності таких плитних фундаментів розглянемо два варіанти плит. Один варіант з плитою змінної товщини 1100мм під колонами та 600мм в прольоті, інший - плита сталі товщини 1100мм. Було виконано статичний розрахунок в середовищі ПК "ЛІРА САПР" та проведено аналіз переміщень по Z, а також аналіз тиску на ґрунт (Rz). Результати наведено на рисунку 1.2, рисунку 1.3, рисунку 1.4, рисунок 1.5.

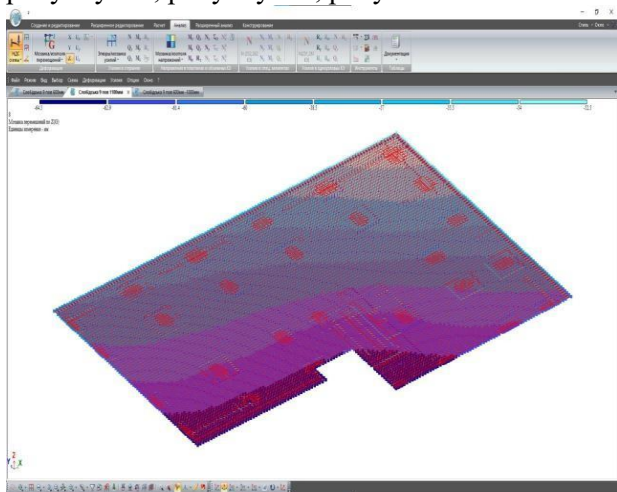


Рисунок 1.2 – Переміщення по Z (1100мм)

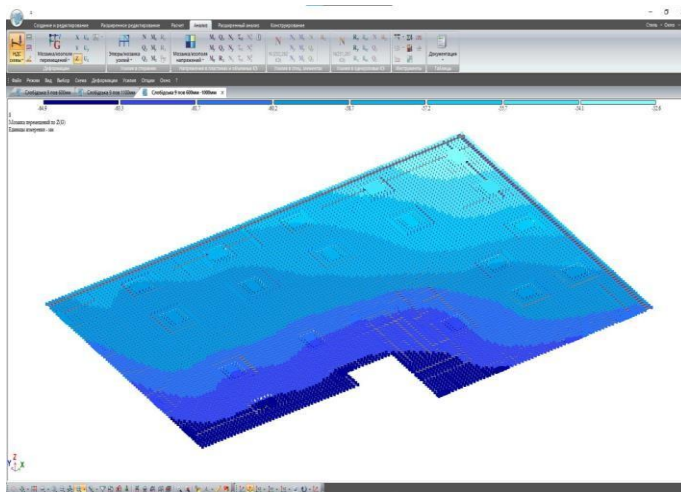


Рисунок 1.3 – Переміщення по Z (600-1100мм)

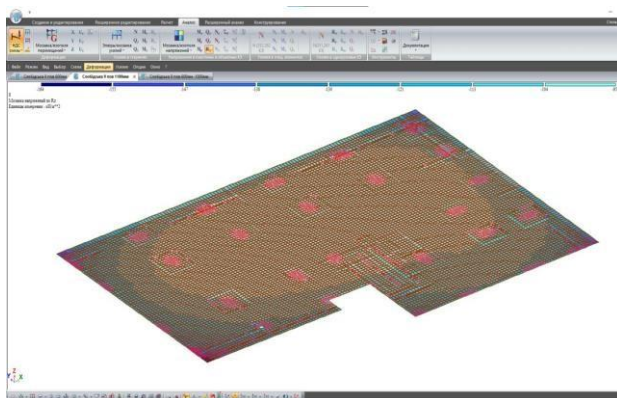


Рисунок 1.3 – Мозаїка тиску на ґрунт (1100мм)

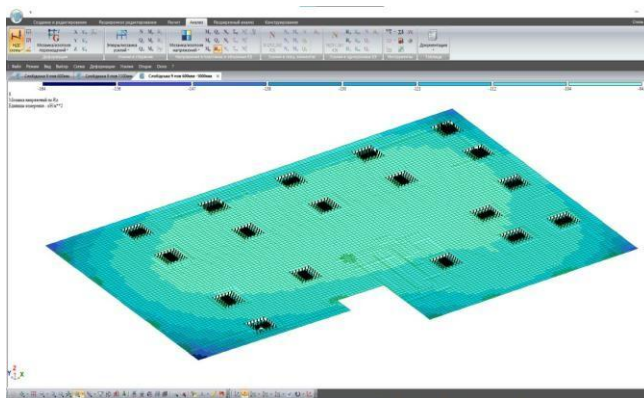


Рисунок 1.4 – Мозаїка тиску на ґрунт (600-1100мм)

Максимальне осідання по осі Z монолітної плити суцільної товщини 1100мм становить 64,9 мм, мінімальне — 52,6 мм. Максимальне осідання по осі Z монолітної плити змінної товщини 600-1100мм становить 64,5 мм, мінімальне — 52,5 мм.

Максимальне значення тиску на ґрунт ( $R_z$ ) монолітної плити суцільної товщини 1100мм становить 164 кН/м<sup>2</sup>, мінімальне — 95,7 кН/м<sup>2</sup>. Максимальне значення тиску на ґрунт ( $R_z$ ) монолітної плити змінної товщини 600-1100мм становить 164 кН/м<sup>2</sup>, мінімальне — 94,9 кН/м<sup>2</sup>.

В економічному порівнянні витрата бетону на плиту суцільної товщини 1100мм становить – 758,56 м<sup>3</sup>, витрата бетону на плиту змінної товщини 600-1100 мм становить – 439,83 м<sup>3</sup> при цьому витрата армування на 1 м<sup>2</sup> плити суттєво не відрізняється для обох варіантів.

## Висновки

Проведений аналіз підтверджує ефективність застосування плитних фундаментів змінної товщини для багатоповерхових будівель. Порівняння двох варіантів — плити сталої товщини та плити з локальними потовщеннями під колонами — показало, що зміна геометрії практично не впливає на величини осідань та контактних тисків, зберігаючи необхідний рівень несучої здатності та допустимі деформації. Водночас використання змінної товщини забезпечує суттєве скорочення матеріаломісткості: економія бетону становить понад 40 %, що є значним показником при проектуванні масивних фундаментних плит. Отримані результати узгоджуються з даними закордонних досліджень, які підтверджують доцільність локального збільшення товщини плити у зонах дії підвищених зусиль. Такий підхід дозволяє підвищити жорсткість та опір продавлюванню без необґрунтованого збільшення товщини всієї плити.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Buchta, V., Fojtík, R., Hurta, J. (2016). Experimental Load Tests of Reinforced Concrete Slab. *Jurnal Teknologi*, 78(5-5), 93–97.
2. Zhu, Y.-J., Zhou, M., Zhu, J.-M. (2021). Analytical Models for Load Capacities of Variable-Thickness Reinforced Concrete Slabs Considering Compressive Membrane Action and Boundary Effects. *Engineering Structures*, Elsevier.
3. Hashem, M. (2019). Behavior of Flat Slab with Drop Area or Varying Thickness. *International Journal of Engineering and Technology*, 8(3), 142–148
4. ДБН В.1.2-2:2006 Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Навантаження і впливи. Норми проектування. Зі Змінами № 1 та № 2

**Голоскевич Роман Віталійович** – студент групи ІБ-24м, факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: [romangoloskevych@gmail.com](mailto:romangoloskevych@gmail.com)

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

**Goloskevych Roman Vitaliyovych** – student of group ІБ-24m, Faculty of Construction, Civil and Environmental Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: [romangoloskevych@gmail.com](mailto:romangoloskevych@gmail.com)

**Blaschuk Natalia Viktorivna** – Ph. D., assistant professor of construction of urban economy and architecture Vinnytsia National Technical University, e-mail: [blaschuk@vntu.edu.ua](mailto:blaschuk@vntu.edu.ua)