

**МОНОЛІТНІ ПЛОСКІ ПЕРЕКРИТТЯ З ПОРОЖНИСТИМИ  
ВКЛАДИШАМИ**

**МОНОЛИТНЫЕ ПЛОСКИЕ ПЕРЕКРЫТИЯ С ПУСТОТНЫМИ  
ВКЛАДЫШАМИ**

**FLAT REINFORCED CONCRETE MULTI VOID SLABS**

**Кріпак В.Д., к.т.н., професор, Антонов Р.Э., аспірант** (Київський національний університет будівництва і архітектури, м. Київ)

**Крипак В.Д., к.т.н., профессор, Антонов Р.Е., аспирант** (Киевский национальный университет строительства и архитектуры, г. Киев)

**Kripak W., Ph.D., Professor, Antonov R., postgraduate** (Kyiv National University of construction and architecture, Kiev)

У статті розглядаються сучасні типи багатопорожнистих перекриттів, висвітлюються їхні переваги над традиційними, розглядаються проблеми використання таких перекриттів в проектуванні та обґрунтовується доцільність проведення дослідження таких плит на фізичних та числових моделях.

В статье рассматриваются современные типы многопустотных перекрытий, освещаются их преимущества над традиционными, рассматриваются проблемы их проектирования и обосновывается целесообразность проведения исследований таких плит на физических и числовых моделях.

This article discusses the modern types of hollow core slabs, highlights their advantage over traditional, addresses the challenges of their design and the expedience of such plates conducting research on physical and numerical models.

**Ключові слова:**

**Плита з вкладишами, залізобетонні перекриття, моделювання, армування, порожниноутворювачі.**

**Плита с вкладышами, железобетонное перекрытие, моделирование, армирование, пустоогообразователи.**

**Cooker with liner, concrete slabs, modeling, reinforcement, void formers.**

В зв'язку з постійним збільшенням поверховості масової забудови важливою проблемою стає зниження маси будинків. Як відомо, зниження маси будівель може бути досягнуто за рахунок застосування нових ефективних конструктивних форм, використання попередньо напружених

конструкцій, збільшення застосування легких бетонів на пористих заповнювачах. В останні роки ця проблема стала ще більш актуальною у зв'язку з інтенсивним розвитком зведення будівель з монолітного залізобетону. У нашій країні в практиці проектування і будівництва монолітних будівель найбільш широкого поширення набули стінові, каркасні, каркасно-стінові і рамно-ригельні конструктивні системи з суцільними плоскими перекриттями [1, 2].

Не так давно, в світі з'явилася практика виконання монолітних безригельних пустотних перекриттів. Основні типи і характеристики та проблеми використання таких перекриттів і викладаються у цій статті.

Принцип створення пустот в перекритті не новий, але в сучасному будівництві він має суттєві відмінності, від відомих, і інші способи реалізації, і при цьому, відповідає всім перерахованим вище вимогам.

Використовують різні варіанти використання багато порожнистих плит для різних задач:

- Розташування пустотоутворювачів в одному напрямку (однопролітна схема роботи, рис.1);
- Розташування пустотоутворювачів в двох напрямках (двопролітна схема роботи, рис. 2);
- Утворення в тілі плити в зоні спирання на вертикальні елементи ділянок плит без порожнин (утворення умовних капітелей) [3, 7].



Рис. 1. Плита з порожнинами в одному напрямку



Рис. 2. Плита з порожнинами в обох напрямках

Принцип та характер роботи всіх варіантів схожий, але є відмінності у технології виробництва, засобах реалізації та отриманих результатах.

Для зниження маси перекриттів, що зводяться з монолітного бетону, в зарубіжних країнах широко застосовують перекриття ефективних конструктивних форм. Наприклад, у багатьох європейських країнах будують монолітні кесонні перекриття, перекриття з елементами у вигляді

пустотілих бетонних блоків, пластикових елементів різноманітної форми і т.п., що залишаються в товщі конструкції плити. Ці елементи відіграють роль незнімної опалубки, формуючи простір для отримання кесонної структури з монолітного бетону, заповнюють частину конструкції перекриття, одночасно утворюючи пустоти і зменшуючи масу перекриттів.

Перераховані ефективні конструктивні рішення дозволяють знизити масу перекриттів на 30...40%, зменшити витрати арматури в 1,3...1,5 разів, знизити масу будівлі в цілому на 25...30%. Використання легких конструктивних бетонів дозволяє ще більше підвищити ефективність застосування таких конструкцій.

При видаленні бетону з розтягнутої зони зберігають лише ребра шириною, необхідної для розміщення зварних каркасів і забезпечення міцності панелей по похилому перерізі. При цьому панелі в прольоті між ребрами працюють на вигин як балки таврового перетину. Верхня полиця панелі також працює на місцевий вигин між ребрами. Нижня полиця, що утворюється замкнуте порожнечу, створюється при необхідності влаштування гладкої стелі. За формою поперечного перерізу панелі перекриттів можуть виготовлятися з овальними, круглими, кулястими і вертикальними порожнечами, ребристими з ребрами вгору і ребрами вниз, суцільні. У панелях з пустотами мінімальна товщина полиць складає 25...30 мм, ребер 30...5 мм, в ребристих панелях з ребрами вниз товщина полиці - плити 50...60 мм [4...6].

На рис. 3 наведена конструкція порожнинного перекриття з круглими пластиковими кулями системи "Bubble Desk" фірми «Cobiax».



Рис. 3. Перекриття з кульковими вкладишами системи "Bubble Desk"



Рис. 4. Перекриття з пластиковими плоскими вкладишами

У місцях розташування отворів в перекритті, сполучення перекриттів з вертикальними несучими конструкціями влаштовують суцільну монолітну залізобетонну плиту.

За даними фірми «Cobiax» витрата бетону на одиницю площі перекриття скорочується на 32%, економія арматурної сталі і зменшення

витрати бетону на влаштування фундаментів будівлі становить 20%, кількість колон зменшується на 40%. Пропонована система дозволяє зводити безбалкові перекриття, в зв'язку з чим досягається економія бетону на влаштування прогонів і балок скорочення часу на виконання опалубних робіт.

Застосування системи відкриває широкі перспективи для творчості архітекторів і дизайнерів. З'являється можливість перекривати значні площі з розміщенням мінімальної кількості опор.

При товщині покриття до 30 см його маса дозволяє обмежитися значно меншим числом опорних стійок, при цьому доцільно використовувати для влаштування покриття легкий бетон, наприклад, керамзитобетон. Застосування конструктивного керамзитобетону об'ємною масою 1700...1800 кг / м<sup>3</sup> дає можливість знизити вагу покриття на 20-25%.

При проектуванні громадських будівель, спортивних споруд і т.п., застосовуючи систему "Bubble Desk", архітектор має можливість перекривати великі простори, використовуючи нестандартні оригінальні рішення (рис.5) [8...10].



Рис. 5. Можливості системи для ефективних архітектурних рішень.

Незважаючи на суттєву ефективність багатопорожнистих монолітних плит, зведення багатопверхових будівель в нашій країні ведеться в основному із суцільними перекриттями. Це пов'язано як із технологічними ускладненнями зведення перекриттів з монолітними вкладишами, так і відсутністю достатніх наукових досліджень і нормативної бази для їх проектування.

Інтерес до впровадження в практику проектування монолітних порожнистих перекриттів в Україні росте, з'являються окремі наукові публікації в цьому напрямку.

Автори статті мають на меті виявити основні переваги перекриттів з пустотними вкладишами в порівнянні з традиційними суцільними

плитами та показати проектну реалізацію такого перекриття на конкретному об'єкті.

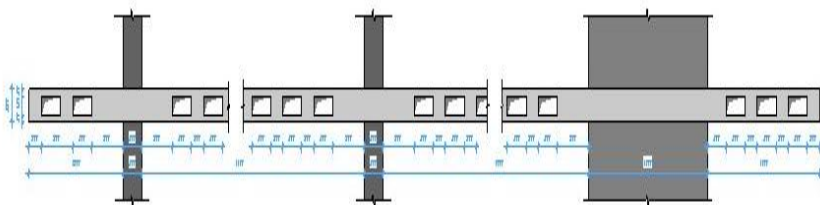


Рис. 6. Розріз багатопорожнистої плити перекриття товщ. 250мм.

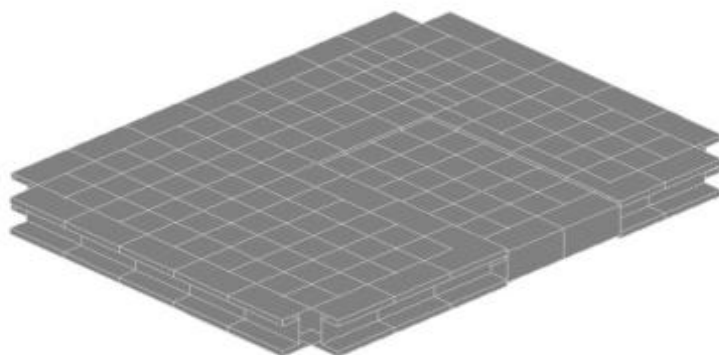


Рис. 7. Фрагмент розрахункової моделі багатопорожнистої плити.

Для проведення порівняльного аналізу між перекриттям в традиційному виконанні, у вигляді безбалкового монолітного перекриття товщиною 200 мм, та перекриттям з порожнистими вкладишами, проведені числові дослідження на конкретному проектному об'єкті (рис.8) з використанням програмного комплексу “SCAD OFFICE”. Для аналізу напружено деформованого стану перекриття з порожнинами (рис. 6) розроблена багатoeлементна розрахункова модель (умовно “точна”, рис. 7 та 9).

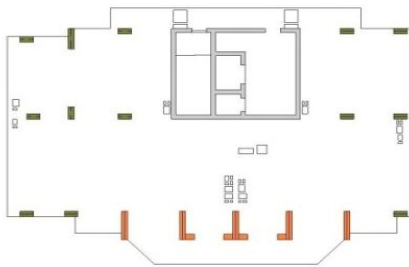


Рис. 8. Схема плану перекриття

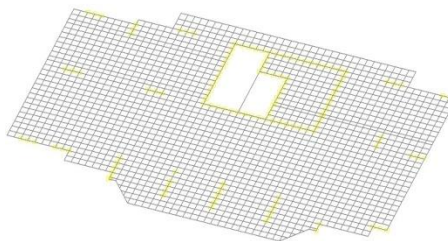


Рис. 9. Розрахункова схема багатопорожнистої плити перекриття

Результати даних розрахунків представлені нижче у графічному вигляді на рис. 10–13.

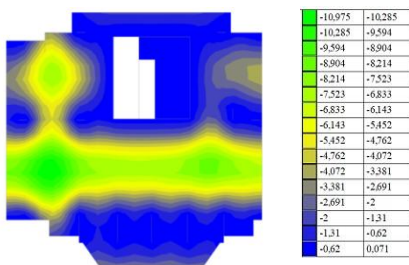


Рис. 10. Прогини монолітного безбалкового перекриття

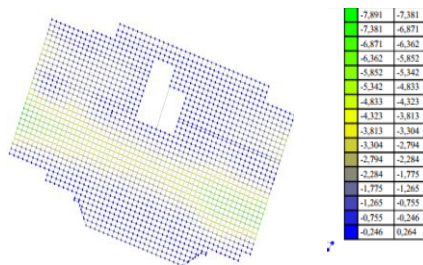


Рис. 11. Прогини порожнистої плити перекриття товщ. 250мм

Як видно з епюр максимальний прогин по середині найбільшого прольоту в плиті перекриття з порожнинами в 1,5 рази менший ніж в безбалковій плиті.

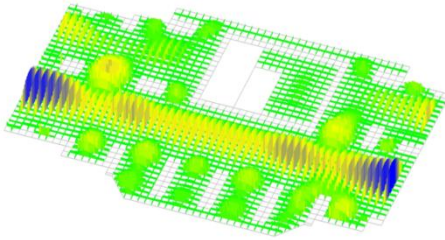


Рис. 12. Епюри армування нижньої зони «в прольоті» багатопорожнистої плити

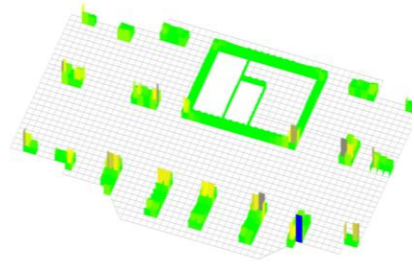


Рис. 13. Епюри армування нижньої зони «біля опор» плити

Виходячи з прийнятого армування безбалкової плити перекриття на підставі наведених епор, загальна витрата сталі на  $1 \text{ м}^2$  у верхній та нижній зонах плити перекриття складає  $27,13 \text{ кг/м}^2$ .

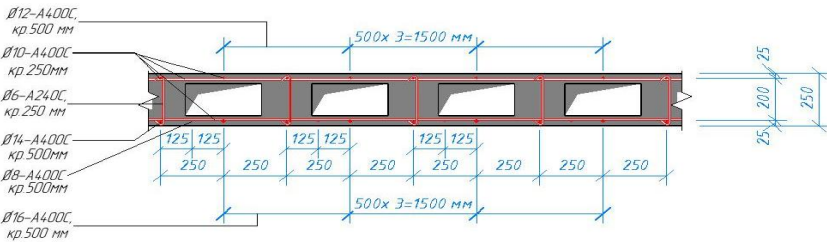


Рис. 14. Переріз багатопорожнистої плити. Армування.

Виходячи з прийнятого армування багатопорожнистої монолітної плити перекриття на підставі наведених епор (рис.14), загальні витрати сталі на  $1 \text{ м}^2$  плити перекриття складає  $24,42 \text{ кг/м}^2$ .

Порівняння витрат матеріалів на  $1 \text{ м}^2$  плану плити перекриття у безбалочному та багатопорожнистому виконанні наведено в табл.1.

Таблиця 1

№ п.п.	Показники на $1 \text{ м}^2$ плану плити	Тип перекриття	
		Безбалкове	Багатопорожнисте
1	Витрати сталі, кг	27,3	24,4
2	Об'єм бетону, $\text{м}^3$	0,2	0,135
3	Власна вага, кг	510	332

З даних, наведених у порівняльній таблиці видно, що перекриття з порожнинами має ряд переваг, а саме: потребує на  $0,07 \text{ м}^3$  менше бетону; має меншу вагу на 178 кг; на 11% менше вимагає сталі для армування; жорсткість плити з порожнинами в 1,5 рази перевищує жорсткість звичайної плити.

Для оцінки адекватності моделювання дійсного напружено-деформованого стану плити з порожнинами багатоелементною розрахунковою стержневою моделлю запланована програма дослідження натурального фрагменту перекриття показаного на рис. 15.

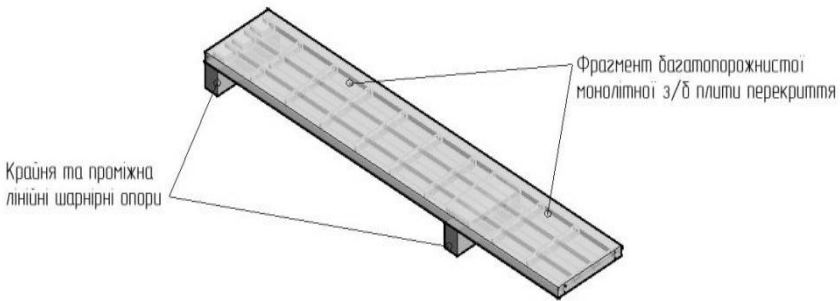


Рис. 15. Аксонометрія натурального фрагменту перекриття з порожнистими вкладишами

1. Сагадеев Р.А. "Современные методы возведения монолитных и сборно-монолитных перекрытий". Учебное пособие. М., ГАСИС, 2008. 2. Казаков Ю.Н., Рафальский Ю.Е. Новые зарубежные строительные технологии. Санкт-Петербург. «ДЕАН», 2007. 3. Mota, M. (2009). Voided Two-Way Flat Plate Slabs. Structure , (April), 7. 4. Nasvik, J. (2011). On the Bubble. Concrete Construction, (December), 10/28/2012. 5. CBD-MS & CRO, Cobiax Technology Handbook, Switzerland: Cobiax Technologies AG Zug. 6. BubbleDeck Design Guide for compliance with BCA using AS3600 and EC231, October 2008. Unpublished manuscript. 7. Tina L (2010). Structural behavior of Bubble Deck slabs and their application to lightweight bridge decks, Master of Engineering in Civil and Environmental Engineering at the Massachusetts Institute of Technology, USA.