

УДК 624.07

**МОНОЛІТНІ ПЛОСКІ ПЕРЕКРИТТЯ З ПОРОЖНИСТИМИ
ВКЛАДИШАМИ**

**FLAT REINFORCED
CONCRETE MULTI VOID SLABS**

**Кріпак В.Д. к.т.н. проф., Антонов Р.С., аспірант, Київський
національний університет будівництва та хітектури**

**Kripak V., Ph.d., Prof., Antonov R., a graduate student of r. e.,
Kyiv National University of construction and architecture**

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

The aim of this report is to highlight the following characteristics of " Strength and rigidity of multi void reinforced concrete slabs".": Overlays in the context of modern industrial and civil construction should meet many requirements - first of all, strength and reliability, architectural solutions with free planning and geometric forms, resolving large enough spans. The design and materials of concrete reinforced slabs give the opportunity to solve all these complex tasks. From the moment of the invention of reinforced concrete structures, there are a lot of variants of execution with different characteristics. Not so long ago, in the world there was a practice of monolithic non-rugged cavernous overlapping. The main types and characteristics will be presented in this article. In this article we will highlight the types of multi-void ceilings in world practice, their advantages over traditional ones, and describe the simulation of experimental studies of monolithic multipoor iron-concrete overlap under the influence of various load combinations using the software complex 'SCAD OFFICE'.

Ключові слова: багатопорожністі перекриття, залізобетонні

перекриття, багатопорожнисті плити, залізобетон, перекарття, порожниноутворювачі, міжповерхові перекарття.

Keywords: multi-voided concrete slabs, reinforced concrete slabs, multi-cavity plates, reinforced concrete, overlap, void formers, inter floor slabs.

Перекарття у контексті сучасного промислового та цивільного будівництва мають відповідати багатьом вимогам - в першу чергу забезпечувати міцність та надійність, реалізувати архітектурні рішення з вільним плануванням та необхідними геометричними формами, забезпечувати можливість використання достатньо великих прольотів.

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 перекарттями. [1, 2]

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

Принцип створення пустот в перекартті 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 багаторожнистих плит для різних задач:

- Розташування пустотоутворювачів в одному напрямку (однопротітна схема роботи);
- Розташування пустотоутворювачів в двох напрямках (двопротітна схема роботи);

- Утворення в тілі плити в зоні спирання на вертикальні елементи ділянок плит без порожнин (утворення умовних капітелей). [3, 7]

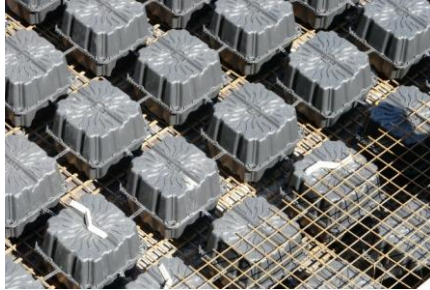


Рис. 1. Монтаж порожниноутворювачів по вкладеній нижній арматурній сітці.



Рис. 2. Приклад однонаправленого розташування порожниноутворювачів.



Рис. 3. Приклад двонаправленого розташування порожниноутворювачів.

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

Застосування важкого монолітного бетону для зведення несучих залізобетонних конструкцій, широке використання стінових конструктивних систем призвело до збільшення маси, як окремих конструкцій, так і будівель в цілому.

Розрахунки показали, що перекриття прольотом 6 м з нормативним навантаженням $6-7 \text{ кН} / \text{м}^2$ характеризуються такими показниками:

- приведена товщина бетону перекриттів з вертикальними порожнечами - 10,2 см, суцільних перекриттів - 14 -18 см,
- витрата сталі на 1 м^2 площі з використанням арматури без попереднього напруження для перекриттів з вертикальними порожнечами - 8,5 кг, для суцільних - 14-16 кг, з використанням напруженої стрижневою 4,7 кг і 12-14 кг відповідно.

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 30-35 мм, в ребристих панелях з ребрами вниз товщина полиці - плити 50-60 мм. [4-6]

На рис. 4 наведена конструкція порожнинного перекриття з круглими пластиковими кулями системи "Bubble Desk" фірми «Собіах».



Рис. 4. Фрагмент укладання на поверхню опалубочного настилу арматурних каркасів з поліетиленовими порожніми кулями.

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

За даними фірми «Собіах» 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 / м³ 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.



Рис. 6. Приклад розташування порожниноутворювачів.

У світовій будівельній практиці є приклади влаштування монолітних перекриттів з круглими порожнечами, які отримуються

шляхом розміщення в них полімерних або картонних труб. Однак така технологія не знайшла широкого застосування, оскільки пов'язана з додатковою витратою матеріалів і досить трудомістка.

Незважаючи на суттєву ефективність багатопорожнистих монолітних плит, зведення багатоповерхових будівель в нашій країні ведеться в основному із суцільними перекриттями. Це пов'язано як із технологічною простотою зведення таких перекриттів, так і відсутністю наукових досліджень і нормативної бази для їх проектування.

Для вирішення другої частини проблеми передбачається виготовлення натурального фрагменту перекриття з порожнистими вкладишами (рис. 6 - 11) з подальшим його випробуванням.

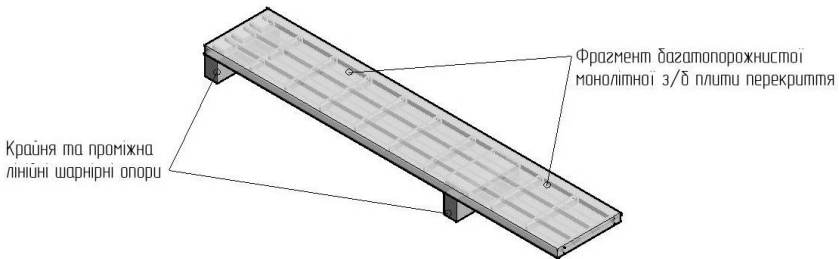


Рис. 7. Аксонометрія натурального фрагменту перекриття з порожнистими вкладишами.

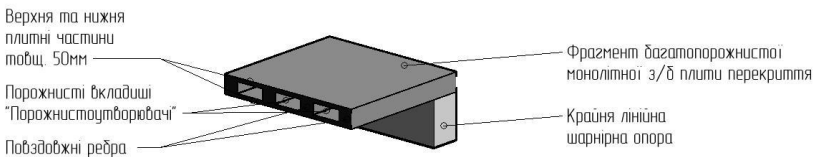


Рис. 8. Аксонометричний розріз натурального фрагменту перекриття з порожнистими вкладишами.

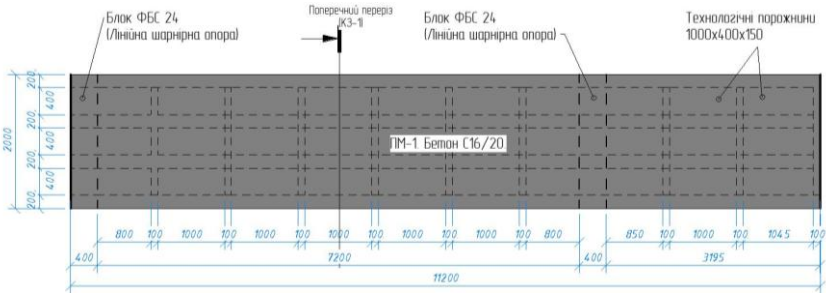


Рис. 9. Опалубочний план натурального фрагменту перекриття з порожнистими вкладишами.



Рис. 10. Поперечний переріз фрагменту перекриття.

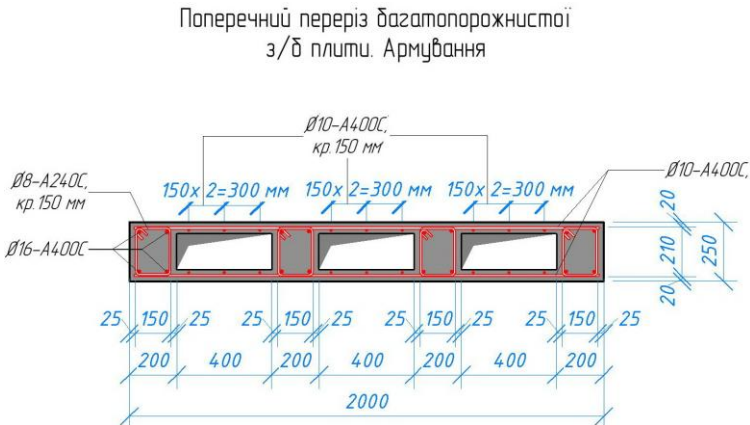


Рис. 11. Схема армування фрагменту перекриття.

Виконано моделювання роботи натурального фрагменту з використанням програмного комплексу "SCAD OFFICE". Розроблена багатоелементна розрахункова модель (умовно "точна", рис 12 -15) для аналізу напружено деформованого стану експериментального фрагменту. Розробляється спрощена розрахункова модель адекватна "точній" для використання в просторовій розрахунковій моделі багатоповерхового будинку з багатопорожнистими плитами.

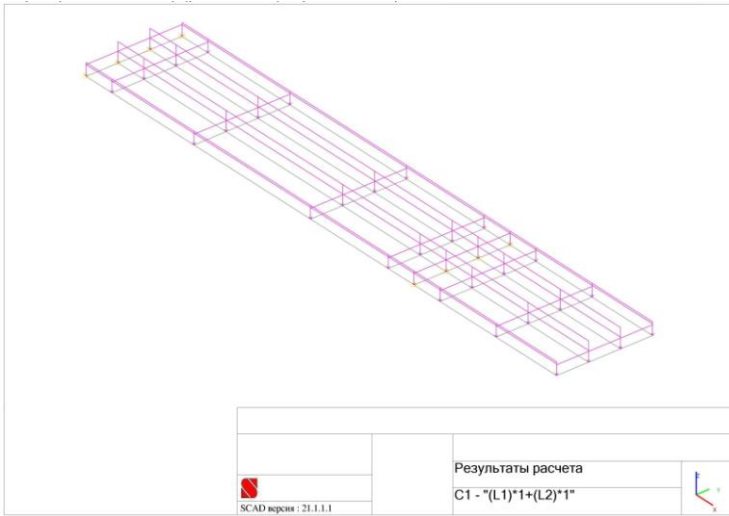


Рис. 12. Розрахункова модель багатопорожнистої плити.

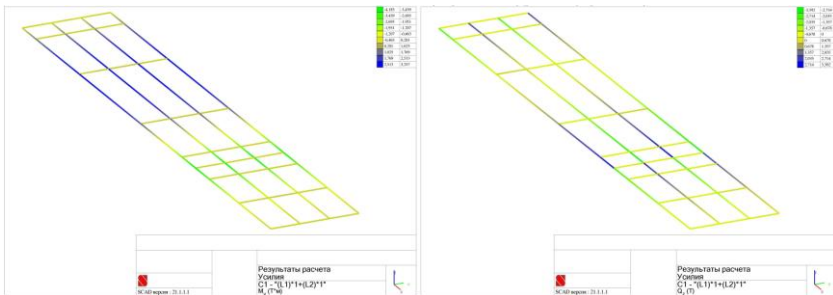


Рис. 13. Спюра зусиль Q_y в нижній та верхній зонах елементів.

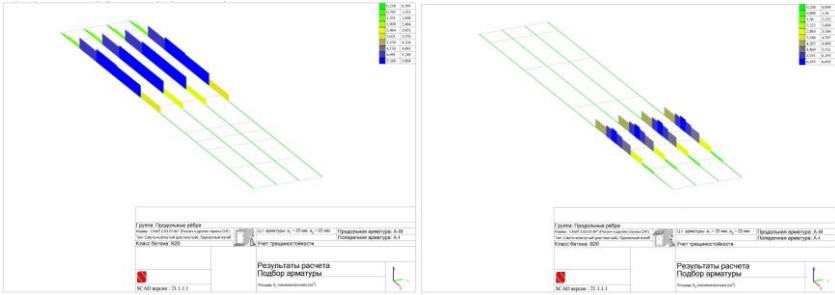


Рис. 14. Розрахункова площа арматури у нижній та верхній зонах елементів.

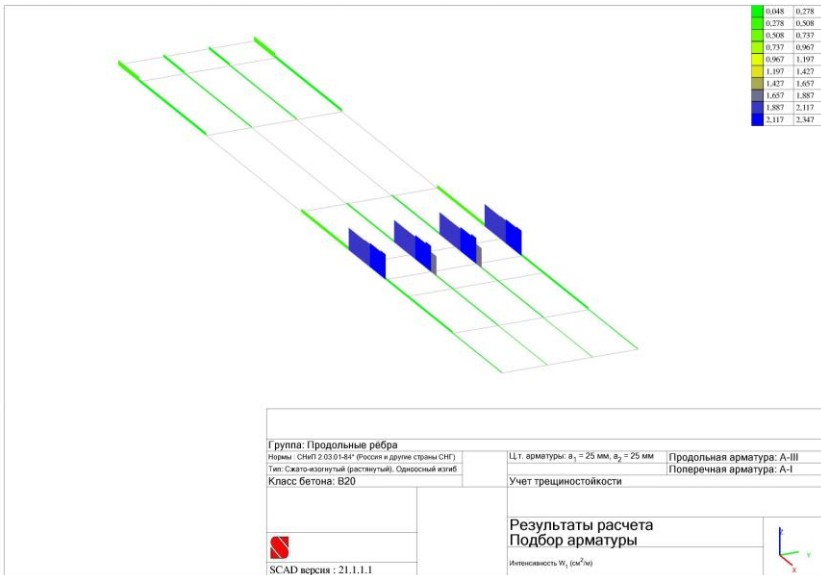


Рис. 15. Розрахункова площа поперечного армування елементів.

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.
8. C. C. Marais, "Design adjustment factors and the economical application of concrete flat slabs with internal spherical voids in south Africa", M.E Dissertation, University of Pretoria.
9. Mike Mota, "Voided slabs then and now", Concrete Industry Board Bulletin, summer 2010
10. M.Aldejohann&Schnellenbach, "Investigations on the Shear Capacity of Biaxial Hollow Slabs – Test results and Evaluation. Darmstadt Concrete, V. 18, 2003