

# Експериментальні дослідження багато порожнистих монолітних плит перекриття

Володимир Кріпак<sup>1</sup>, Роман Антонов<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Київський національний університет будівництва і архітектури  
31, просп. Повітрофлотський, Київ, Україна, 03037

<sup>1</sup>kripak.vd@gmail.com, orcid.0000-0001-6575-5015

<sup>2</sup>ankon@gmail.com, orcid.org/0000-0002-1709-2621

DOI:10.32347/2522-4182.5.2019.45-51

**Анотація.** Зарубіжний досвід зведення монолітних залізобетонних плит перекриття з введенням в їх склад пустотоутворювачів свідчить про значні переваги таких плит перекриття перед суцільними. Однак ряд як, об'єктивних так і суб'єктивних факторів, стримують впровадження цих перспективних конструкцій в практику сучасного будівництва в Україні. Однією з причин цього є відсутність нормативної бази для проектування подібних плит і відсутність теоретичних та експериментальних досліджень в цьому напрямку. З огляду на це, авторами проведені експериментальні дослідження пустотної монолітної плити, яка зведена в умовах будівельного майданчика.

В статті наведені методика виготовлення дослідного фрагменту монолітної плити перекриття з замкнутими порожнинами в умовах будівельного майданчика та результати експериментальних досліджень міцності, жорсткості та тріщиностійкості такої плити. Експеримент підтвердив технологічну можливість виготовлення монолітних пустотних плит в умовах будівельного майданчика і при відсутності пустотоутворювачів промислового виробництва, міцність та жорсткість таких плит практично не зменшується в порівнянні з суцільними плитами при значній економії матеріалів і зменшенні власної ваги плити перекриття.

**Ключові слова.** Пустотна монолітна плита, пустототворювач, експериментальне дослідження, натурна модель, міцність, тріщиностійкість.

## ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Більшість сучасних будівель промислового та цивільного призначення вимагають складних геометричних форм, архітектурних рішень з вільними плануванням та відносно великих прольотів. Конструкція та



**Володимир Кріпак**  
професор кафедри залізобетонних та кам'яних конструкцій, к.т.н., проф.



**Роман Антонов**  
аспірант кафедри залізобетонних конструкцій

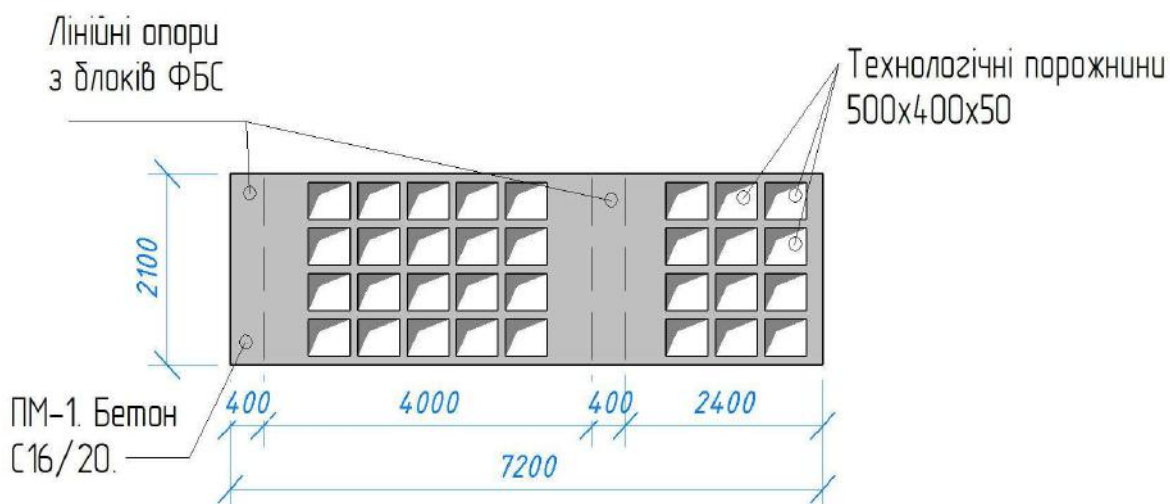
матеріали монолітних залізобетонних перекриттів дають можливості для вирішення більшості цих складних задач. Зарубіжний досвід [1,2] свідчить, що ефективність монолітних залізобетонних плит можна суттєво підвищити, якщо їх виконувати частково пустотними. Переваги пустотних монолітних плит не викликають заперечень, однак практика їх впровадження не значна. Причини різні: - це ускладнення технології будівельного процесу виготовлення плити і відсутність налагодженого виробництва пустотоутворювачів; - відсутність нормативної бази для проектування подібних перекриттів; відсутність теоретичних і, особливо, експериментальних досліджень конструкцій плит з сформованими в них замкнутими порожнинами. В статті наводяться окремі результати експериментального дослідження міцності, тріщиностійкості і жорсткості пустотної монолітної плити, яка зведена в умовах будівельного майданчика. На наш погляд, ця робота сприяє накопиченню масиву інформації стосовно застосування багатопорожнинних монолітних перекриттів, яка разом з дослідженнями інших

фахівців дасть змогу створити необхідну вітчизняну нормативну базу для проектування таких перекриттів і значно розширити сферу застосування багатопорожнинних монолітних перекриттів в айн.

### ОСНОВНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ.

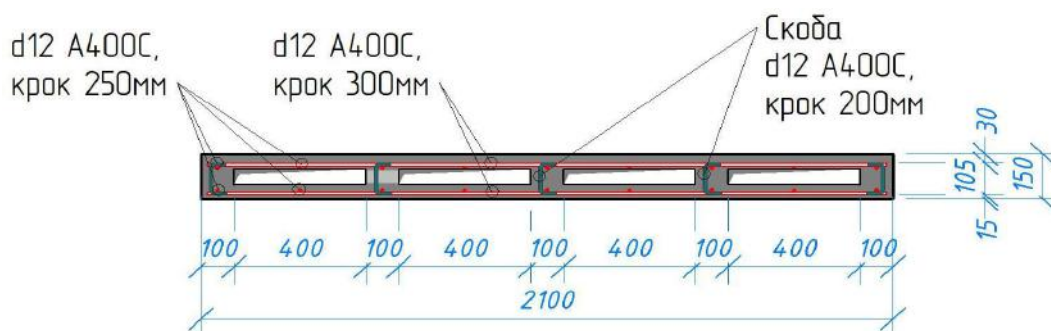
Для проведення експериментальних досліджень виготовлена дослідна плита ПМ1, яка, яка відтворює реальний фрагмент плити перекриття.

При підготовці та проведенні експерименту використані положення чинних нормативних документів і правил оцінки міцності, жорсткості та тріщиностійкості виробів, встановлені у цьому стандарті, при проведенні дослідницьких випробувань заново проєктованих виробів. Опалубочні розміри дослідної плити наведені на рис. 1 та 2. Виготовлення плити виконано в відповідності з вимогами технології виробника пустотоутворювачів «СИБФОРМА» [3], який має значний досвід в провадженні в виробництво монолітних пустотних плит.



**Рис.1.** Опалубочне креслення багатопорожнистої плити перекриття.

**Fig.1.** Drawing of the reinforced multi voided concrete slab.



**Рис.2.** Поперечний переріз багатопорожнистої плити перекриття.

**Fig.2.** Section drawing of the reinforced multi voided concrete slab.

Дослідна плита виготовлена з бетону класу С16/20 з масовим співвідношенням Ц:П:Щ - 1 : 2,6 : 4,5, марка цементу М 500. В якості робочої арматури використана арматура періодичного профілю діаметром 12 мм класу А400С. Схема

армування плити наведена на рис. 2. Поетапний технологічний процес виготовлення дослідної плити ПМ1 показаний на рис. 3-6.





**Рис3.** Армування багатопорожнистої плити  
**Fig.3.** Reinforcement of multi voided concrete slab



**Рис.4.** Встановлення порожниноутворювачів  
**Fig.4.** Adding voids to concrete slab, while concreting



**Рис.5.** Бетонування багатопорожнистої плити  
**Fig.5.** Concreting of multi voided concrete slab



**Рис.6.** Готова плита після розпакування  
**Fig.6.** Ready slab after uncoupling

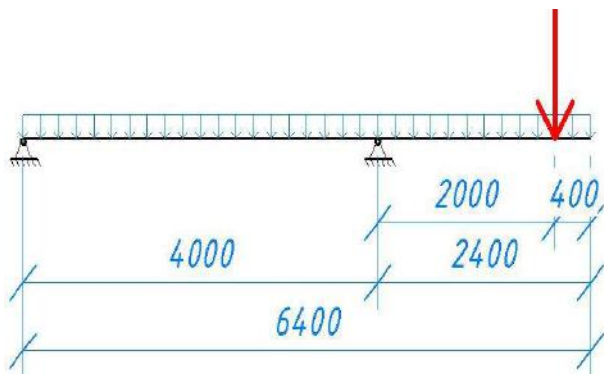


**Рис.7.** Перший етап завантаження плити  
**Fig.7.** The first stage of loading the slab



**Рис.8.** Черговий етап завантаження плити  
**Fig.8.** Another stage of loading the slab

В якості опор дослідних плит використані збірні бетонні блоки ФБС 24-4-6. Для навантаження використаний штучний вантаж – фасований в мішки цемент, зважений та промаркований заводом-виробником з максимальною похибкою зважування до  $\pm 0,1$  кг.



**Рис.9.** Розрахункова схема 1 стадії експерименту

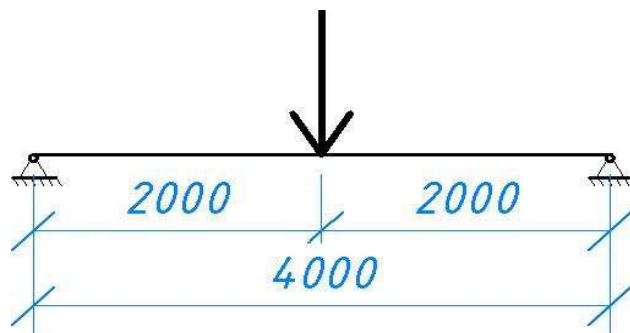
**Fig.9.** The design scheme of the 1st stage of the experiment

Планом проведення експерименту передбачено два етапи випробування дослідної моделі плити ПМ1. Перший етап передбачав випробування її до руйнування в опорній зоні консолі згідно рис. 9. На другому етапі, після розвантаження, зруйнована консоль плити відрізлася і випробування плита виконувалася по схемі одно пролітної балки як показано на рис. 10.

Випробування створеної натурної моделі багатопорожнистої плити здійснювалось по закінченні 28-и денної витримки плити в опалубці після бетонування в умовах будівельного майданчика при середньодобовій температурі  $24,7^{\circ}\text{C}$  та відносній вологості повітря 55%. Для вимірювань прогинів в плиті влаштовані опорні точки (маркери) в вигляді дюбелів з відповідною нумерацією.

Навантаження плити ПМ1 виконувалася покроково рівномірно ПМ-1 з додатковим зосередженням на консолі з плечем 2 м від опори (рис.9). Одно пролітна плита ПМ2 завантажувалася по ширині плити розподіленим в середній зоні прольоту (рис.4).

Для вимірювання прогинів та переміщень застосовані наступні вимірювальні прилади та



**Рис.10.** Розрахункова схема 2 стадії експерименту

**Fig.10.** The design scheme of the 2st stage of the experiment

Послідовність і значення покрокових величин завантаження плити ПМ1 наведені в таблиці 1.

**Табл. 1.** Етапи навантаження плити ПМ1

**Table. 1.** Stages Load Plate PM1

Етапи навантаження	Тип навантаження	Величина навантаження
1	Власна вага плити	
2	Рівномірно розподілене	200 кг/м <sup>2</sup>
3	Рівномірно розподілене	400 кг/м <sup>2</sup>
4	Рівномірно розподілене	520 кг/м <sup>2</sup>
5	Рівномірно розподілене	640 кг/м <sup>2</sup>
6	Рівномірно розподілене	760 кг/м <sup>2</sup>
7	Рівномірно розподілене	760 кг/м <sup>2</sup> + 660кг
8	Рівномірно розподілене	760 кг/м <sup>2</sup> + 1100 кг

Етапи навантаження плити ПМ1 показані на рис. 7 – 8. На кожному етапі завантаження здійснювалась витримка на протязі 30 хвилин, після чого плита оглядалася, замірялися прогини в контрольних точках, переміщення по встановлених пластикових маркерах, глибина та ширина розкриття тріщин. Заміри деформацій плити показані на рис. 11 -14.

інструменти: - нівелір Н-05 2 класу, середньо квадратична похибка вимірювання становить



0,5 мм; - тахеометр Sokkia SET 530 RK-3, середньо квадратична похибка вимірювань координат  $dX=\pm 1\text{ мм}$ ,  $dY=\pm 1\text{ мм}$

. Ширина розкриття тріщин фіксувалася такими приладами:

- мікроскоп МПБ-3М призначений для спостереження зі збільшенням з об'єктивом 2х - 25х і 50х різних дрібних предметів і дистанційного вимірювання їх лінійних розмірів у відбитому і прохідному світлі. Похибка вимірювання, мм

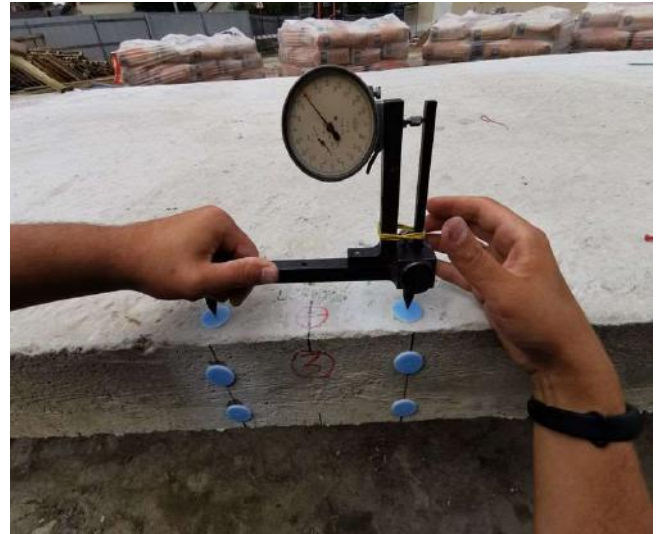
0,02;

- ультразвуковий тестер УК1401М призначений для вимірювання часу і швидкості поширення поздовжніх ультразвукових хвиль в твердих матеріалах при поверхневому прозвучу на фіксованій базі з метою визначення міцності і цілісності матеріалів і конструкцій. Для вимірювання переміщень прийнятий штангенінструмент з індикатором годинникового типу моделі MITUTOYO зі шкалою 1 мм.



**Рис.11.** Вимірювання переміщень під час навантаження плити

**Fig.11.** Measurement of displacements during slab loading



**Рис.12.** Вимірювання лінійних деформацій під час випробування плити

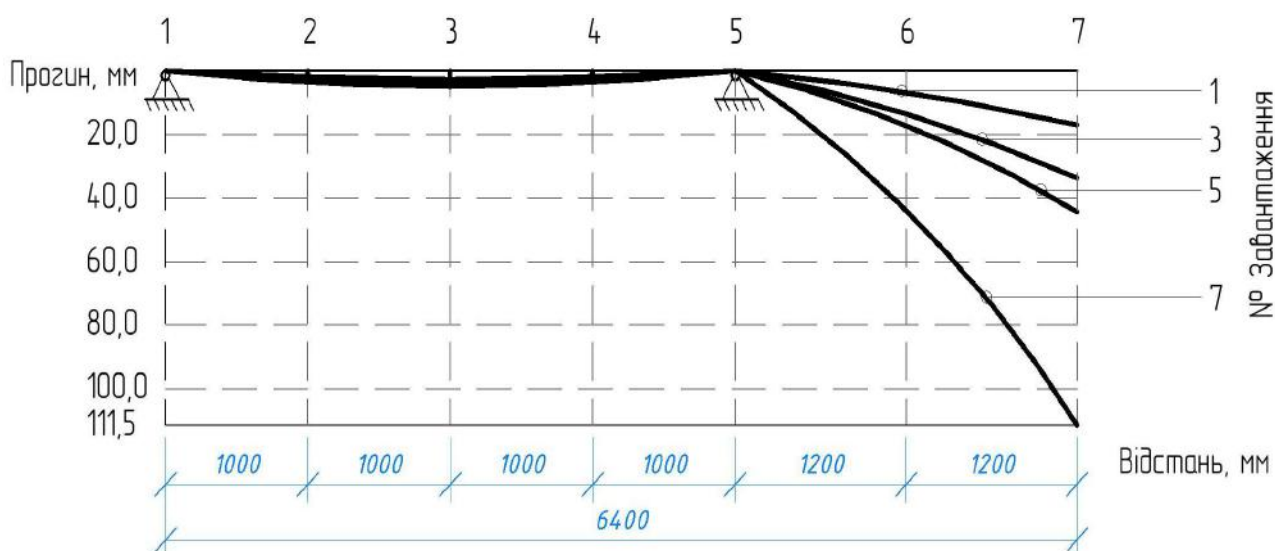
**Fig.12.** Measurement of linear deformation during slab test



**Рис.13.** Вимірювання глибини розкриття тріщин  
**Fig.13.** Measurement of crack opening depth



**Рис.14.** Вимірювання ширини розкриття тріщин  
**Fig.14.** Measurement of crack opening width



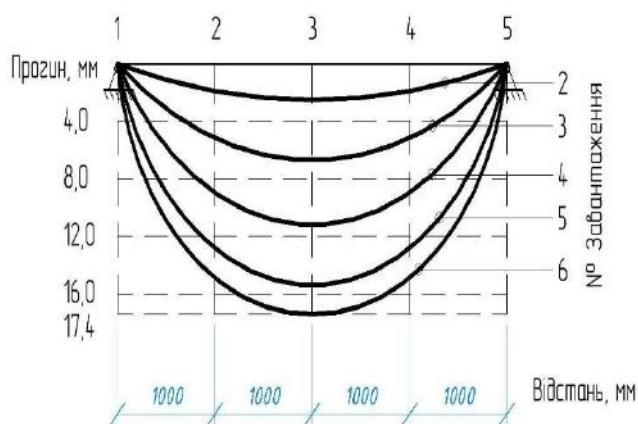
**Рис.15.** Діаграма розвитку вертикальних деформацій  
**Fig.15.** Chart of vertical deformation development

**Табл. 2.** Вертикальні переміщення плити ПМ1  
**Table. 2.** Vertical displacement of the PM1 plate

№ етапів наванта- ження	Прогин, мм						
	1	2	3	4	5	6	7
2	0.20	1.00	1.38	0.65	0.25	2.70	6.70
3	0.15	2.30	2.81	1.14	0.40	6.80	17.05
4	0.06	1.50	1.66	0.10	0.60	15.50	40.50
5	0.05	2.80	3.76	1.55	1.10	13.55	33.70
6	0.10	3.20	4.20	1.54	1.25	15.20	38.55
7	0.15	3.60	4.90	2.00	1.37	17.20	44.30
8	0.22	5.45	5.89	2.70	1.45	21.30	54.06
9	0.20	3.97	4.63	0.70	1.50	43.90	111.50

На рисунку 15 та в таблиці 2 наведені вертикальні переміщення плити ПМ1 на першому етапі випробування. Зафіксовані деформації плити в місці розташування опор свідчать про можливі деформації ґрунтової основи на якій встановлені бетонні опорні блоки. На рис. 16 та

в таблиці 3 наведені вертикальні переміщення точок плити ПМ2 на другому етапі випробування.



**Рис.16.** Діаграма розвитку вертикальних деформацій

**Fig.16.** Chart of vertical deformation development

### ВИСНОВКИ І ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Вибору конструктивного рішення дослідної плити, її виготовленню та плануванню експерименту передували дослідження на числових моделях з використанням програмного комплексу ПК “SCAD OFFICE”. Руйнування обох моделей відповідало числовим розрахункам. Експеримент підтвердив технологічну можливість виготовлення таких плит в умовах будівельного майданчика і при відсутності пустотоутворювачів промислового виробництва, міцність та жорсткість таких плит практично не зменшується в порівнянні з суцільними плитами при значній економії матеріалів і зменшенні власної ваги плити перекриття.

### ЛІТЕРАТУРА

1. Mota, M. (2009). Voided Two-Way Flat Plate Slabs. Structure, (April), 7.
2. CBD-MS & CRO, Cobiax Technology Handbook, Switzerland: Cobiax Techn. AG Zug
3. Стандарт СТО 35546020.001-2016. Несъемная опалубка Сибформ.

### REFERENCES

1. Mota, M. (2009). Voided Two-Way Flat Plate Slabs. Structure, (April), 7.
2. CBD-MS & CRO, Cobiax Technology Handbook, Switzerland: Cobiax Techn. AG Zug
3. Standard STO 35546020.001-2016. Non-Cedemaya formwork Sibform.k.

№ етапів навантаження	Прогин, мм				
	1	2	3	4	5
2	0.90	1.90	2.50	2.30	0.20
3	1.40	3.80	6.70	4.80	1.00
4	2.80	5.60	11.20	8.80	1.40
5	3.30	7.40	15.60	11.40	2.40
6	5.40	8.10	17.40	13.10	2.70

**Табл. 3.** Вертикальні переміщення плити ПМ2

**Table 3.** Vertical displacement of the plate PM2

### Experimental research of many Hollow monolithic slabs overlap

*Volodymyr Kripak, Roman Antonov*

**Summary.** Foreign experience in the construction of monolithic reinforced concrete slabs with the introduction of cavities in their composition shows significant advantages of such slabs will overlap in front of the DC. However, a number of both objective and subjective factors constrain the implementation of these promising structures in the practice of modern construction in Ukraine. One of the reasons for this is the lack of regulatory framework for the design of such plates and the lack. With this in mind, the authors carried out experimental researches of the hollow monolithic slab, which is erected in the conditions of the construction site.

In this article the method of manufacturing a research slice of a monolithic slab overlap with closed cavities in the conditions of the construction site and the results of the experimental research of the strength, rigidity and trishnostjnosti of such a plate. The experiment confirmed the technological possibility of manufacturing monolithic hollow plates in the construction site and in the absence of voids of industrial production, strength and rigidity of such plates Practically does not decrease in comparison with solid plates with considerable savings of materials and the decrease of own weight slabs.

**Key words.** Hollow monolithic Slab, hollow Liner, experimental research, model, crack