



АВТОРИ



БАМБУРА А.М.
Докт. техн. наук,
завідувач відділу
ДП "Державний
науково-дослідний
інститут будівельних
конструкцій"



БЕЛОКОНЬ А.М.
Інженер ДП "Державний
науково-дослідний
інститут будівельних
конструкцій"



ЖАРКО Л.О.
Канд. техн. наук,
завідувач відділу
ДП "Державний
науково-дослідний
інститут будівельних
конструкцій"



БОРЕЦЬКА Н.С.
Науковий
співробітник
ДП "Державний
науково-дослідний
інститут будівельних
конструкцій"

ТАРАСЮК В.Г.

Канд. техн. наук, заступник
директора інституту з наукової
та нормативно-методичної
роботи ДП "Державний
науково-дослідний інститут
будівельних конструкцій"



ПЕТРИК Ю.М.
Директор ТОВ
"Єврокон Україна"



ОВЧАР В.П.,
Канд. техн. наук,
провідний науко-
вий співробітник
ДП "Державний
науково-
дослідний інститут
будівельних
конструкцій"



ТАЩИЛОВА А.О.
Інженер ДП
"Державний
науково-дослідний
інститут будівельних
конструкцій"

НАТУРНІ ВИПРОБУВАННЯ ІННОВАЦІЙНОГО РІШЕННЯ ЗБІРНО-МОНОЛІТНОГО ПЕРЕКРИТТЯ З ПУСТОТНИМИ ПОПЕРЕДНЬО НАПРУЖЕНИМИ ПЛИТАМИ ТА ПРИХОВАНИМИ РИГЕЛЯМИ

УДК 624.073

АНОТАЦІЯ

Представлено результати натурних випробувань інноваційного рішення збірно-монолітного перекриття з пустотними попередньо напруженими плитами та прихованими ригелями.

The results of the full-scale tests of innovative decision of precast and cast-in-place floor with prestressed hollow slabs and hidden cross-bars are presented.

КЛЮЧОВІ СЛОВА

натурні випробування, інноваційне рішення, збірно-монолітне перекриття, пустотні попередньо напружені плити, приховані ригеля, відповідність вимогам нормативних документів

В сучасних умовах особливого значення набуває поєднання технологій монолітного і збірного будівництва.

Таке інноваційне рішення збірно-монолітного перекриття з пустотними попередньо напруженими плитами та прихованими ригелями розроблено ТОВ «ЄВРОКОН БУД» разом з ДП НДІБК [1] і застосовано в проекті ПНВП "Базис-центр" [2] житлового будинку (рис. 1) рамної просторової схеми, яка забезпечується жорсткими вузловими з'єднаннями з колонами монолітних ригелів і збірних плит перекриття, що розташовані в поздовжньому і поперечному напрямках. План будівлі на відмітці +15,520 зі схемою розкладки панелей наведено на рис. 2.

Збірно-монолітне перекриття складається з сітки монолітних залізобетонних ригелів по число-



вим і літерним осям шириною 350-400 мм та збірних залізобетонних круглопустотних попередньо-напружених плит перекриття типу ПК шириною 120 мм на прогін 7,25 м (між осями 1 і 2) на восьмий рівень навантаження і 6,05 м (між осями 2 і 3) на шостий рівень навантаження.

Монолітність перекриття забезпечується застосуванням збірних залізобетонних плит перекриття типу ПК, що виконані з випусками арматури по бокам (розробленими ТОВ «ЄВРОКОН БУД» разом з ДП НДІБК); встановленням в пустотах плит обмежувачів на відстані 100 мм від бокового краю (плит перекриття типу ПК, що виконані з випусками арматури по бокам (рис. 3); очищенням верху стін, стикуванням арматури балок (ригелів) і випусків змонтованих плит; бетонуванням балок (ригелів) разом з пустотами плит до обмежувачів; заповненням швів між плитами бетоном С20/25 на дрібнозернистому заповнювачі [1, 2].

Схеми об'єднання плит з балками по числовим осям шляхом стикування арматури балок і випусків змонтованих плит та бетонування балок разом з пустотами плит до обмежувачів, також об'єднання плит з балками по літерним осям та між собою шляхом заповнення швів бетоном на дрібнозернистому заповнювачі наведено на рис. 4 і 5. Влаштування збірно-монолітного перекриття з пустотними попередньо напруженими плитами та прихованими ригелями на етапі підготовки до бетонування показано на рис. 6.

Стандартна чарунка перекриття в осях Б-В/1-3, що підлягала випробуванню в осях Б-В/1-3, складалася з двох збірних плит перекриття ПК 69.12-8 і однієї ПК 69.10-6, що об'єднуються з монолітними ригелями по осям 1 і 2, та двох збірних плит перекриття ПК 57.12-6 і однієї ПК 57.10-6, які об'єднуються з монолітними ригелями по осям 2 і 3. Ці плити пов'язані між собою шляхом замонолічування на монолітних ригелях по осям 2 і В, а також з іншими плитами паралельно осі В.

Випробування такого конструктивного рішення були про-

ведені відділом досліджень конструкцій будівель і споруд ДП НДІБК на житловому будинку №29 на відмітці +15,520 об'єкту «Будівництво об'єктів житлової, громадської забудови та об'єктів соціальної та інженерно-транспортної інфраструктури на території ІІ житлового району м. Бровари в районі вул. Богунської та Маяковського» у грудні 2016 року (рис. 1) за замовленням ТОВ «ЄВРОКОН БУД» за розробленою Методикою натурних



Рис.1. Житловий будинок №29.

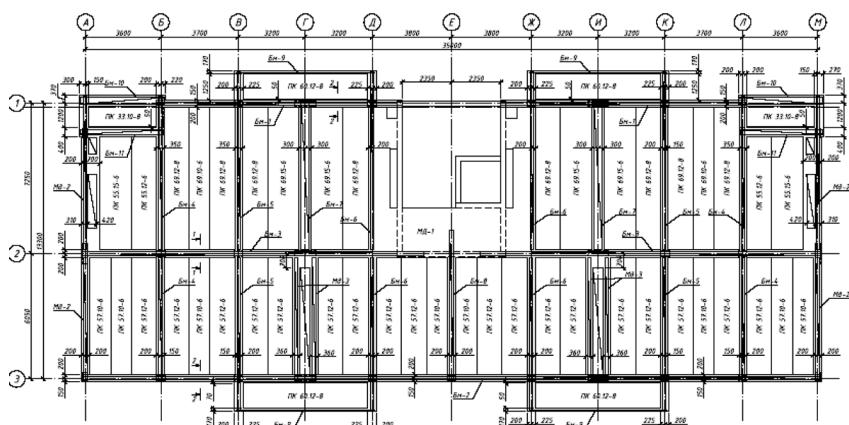


Рис.2. План будівлі на відмітці +15,520 зі схемою розкладки панелей ПК.

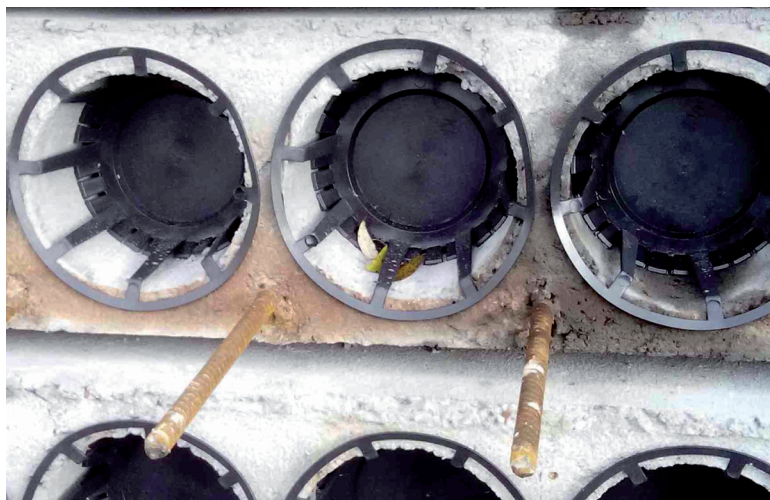


Рис.3. Вигляд торців плит перекриття ПК з випусками арматури і заглушками.

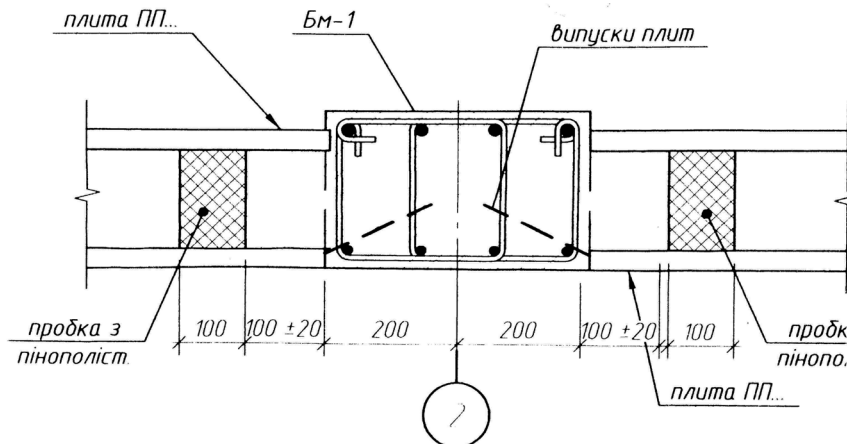


Рис.4. Схема об'єднання плит з балкою стикуванням арматури балок і випусків змонтованих плит та бетонуванням балок разом з пустотами плит до обмежувачів за числовими осями.

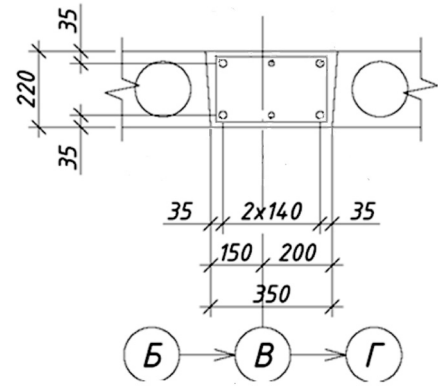


Рис.5. Схема об'єднання плит з балкою по осях Б, В та між собою заповненням швів бетоном на дрібнозернистому заповнювачі.

випробувань [3].

Завантаження під час випробування здійснювалося ступенями за схемою розкладки вантажів при завантаженні фрагменту перекриття згідно з Методикою [3] по табл. 1. Зняття навантаження виконувалося в два етапи: спочатку розвантажили ділянку Б в осях Б-В/2-3, потім А в осях А-Б/1-2. Розвантаження проводилося ступенями по рядах вантажів.

Вимірювальні прилади були встановлені за схемою при завантаженні-розвантаженні фрагменту перекриття - прогиномірів П1-П23 та індикаторів І1-І3 (рис. 7).

Для вимірювання прогинів було застосовано прогиноміри 6ПАО з ціною поділки 0,01 мм (23 шт.).

Для вимірювання переміщення плит в горизонтальній площині в поздовжньому напрямку з обох боків ригеля по осі 2 по осях трьох плит ПК на базі 500мм були застосовані індикатори з ціною поділки 0,01 мм (3 шт.).

На початку робіт була обстежена ділянка перекриття, на якій намічалася Замовником проведення випробувань. Виявлені дефекти збірно-монолітного перекриття, а саме - неякісне влаштування поздовжніх стиків між плитами ПК та тріщина шириною розкриття до 0,2 мм над поздовжнім стиком між плитами ПК в осях Б-В/2-3.

Таблиця 1. Порядок завантаження ділянок перекриття

Ступені навантаження	Рівномірно-розподілене навантаження перекриття, q , кгс/м ²			Навантаження на перекриття, P , кгс				Кількість вантажів (по 16,5 кг) на ділянці, шт.	
	розрахункове	фактичне, на ділянці		розрахункове, на ділянці	фактичне, на ділянці			А	Б
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	120	119.9	120.1	3219	2686	3217.5	2689.5	195	163
2	180	239.9	179.8	4828	4029	4834.5	4026	293	244
3	240	239.9	240.3	6438	5372	6435	5379	390	326
4	300	300.2	300	8048	6716	8052	6715.5	488	407
5	360	359.8	359.7	9657	8059	9652.5	8052	585	488
6	420	420.1	420.1	11266	9402	11269.5	9405	683	570
7	480	479.8	479.8	12876	10745	12870	10741.5	780	651
8	540	540.0	540.3	14486	12088	14487	12094.5	878	733
9	600	599.7	600	16095	13431	16087.5	13431	975	814
10	660	660	659.7	17704	14774	17704.5	14767.5	1073	895
11	720	719.7	720.1	19314	16117	19305	16120.5	1170	977



Рис.6. Влаштування збірно-монолітного перекриття з пустотними попередньо напруженими плитами та прихованими ригелями

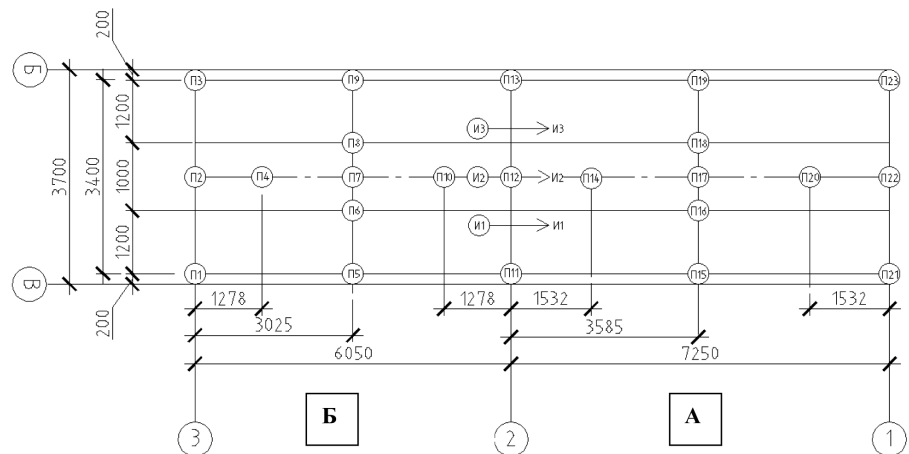


Рис.7. Схема місць встановлення вимірювальних приладів при завантаженні-розвантаженні фрагменту перекриття: П1-П23 – прогиноміри; І1-І3 – індикатори; [А], [Б] - ділянки завантаження-розвантаження.



Збірні залізобетонні плити перекриття типу ПК за технічними умовами повинні відповідати вимогам робочих креслень 4521-П.1 [1] та ДСТУ Б В.2-6-53:2008 [4]. Плити перекриття було виконано з випусками арматури з боків для монолітного зв'язку з прихованими ригелями по числовим осям.

Випробування проводилися за ДСТУ Б В.2-6-7-95 [5] та Методикою [3].

Згідно з технічними можливостями на майданчику та за згодою із Замовником завантаження здійснювалося випробувальними вантажами у вигляді дрібних стінових блоків з ніздрюватого бетону розмірами 60×25×20 см. Середня маса цих блоків, яку було попередньо перевірено, становила 16,5 кг.

Під час випробувань навантаження проводилося етапами: перший становив 20 %, а подальші – 10 % величини контрольного навантаження. Відповідно до вимог стандарту [4] після прикладання кожної частки навантаження ділянка монолітної плити перекриття витримувалася під цим навантаженням не менше 10 хвилин. Після прикладання контрольного і повного навантаження конструкція витримувалася під цим навантаженням протягом 30 хвилин.

Під час витримки на кожному ступені фіксувалися стабільні показники вимірювальних приладів.

Вигляд навантаженого перекриття на дев'ятому ступені навантаження показано на рис. 8.



Рис.8. Дев'ятий ступінь навантаження.

Зняття навантаження виконувалося в два етапи: спочатку розвантажували ділянку Б, потім А.

Розвантаження перекриття виконувалося поетапно ступенями у послідовності, зворотній завантажуванню по рядах вантажів. Після знімання кожної частки вантажу, що відповідає ступеню навантаження, робилася витримка протягом не менше 5 хвилин.

Після повного розвантаження ділянки Б перші показники були зняті після витримки протягом 5 хвилин; після повного розвантаження (ділянки А) – після витримки протягом 30 хвилин.

Було отримано величини прогинів та деформацій під час випробувань рівномірним навантаженням чарунки перекриття в осях Б-В/1-3 від 0 до 720 кгс/м² (н 1-11) та розвантаженням ділянки перекриття в осях Б-В/3-2 (р 0-9), потім в осях

Б-В/2-1 (р 0).

За результатами випробувань були розраховані прогини і переміщення під час випробувань чарунки перекриття навантаженням (н 0-11) та прогини і переміщення під час розвантаження ділянки перекриття в осях 3-2 (р 9-1), потім в осях 2-1 (р 0).

Максимальні прогини плити перекриття в поперечному напрямку (рис. 9):

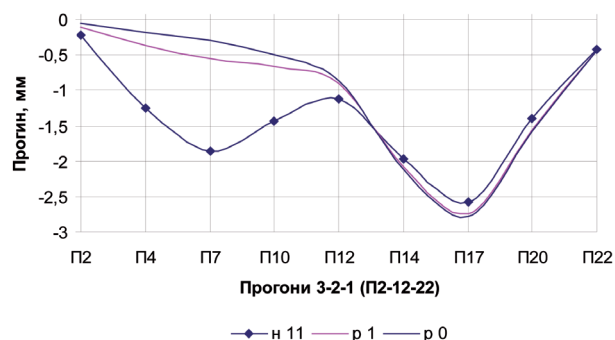


Рис.9. Максимальні прогини плити перекриття по середній осі між Б і В в прогонах 3-2-1 після навантаження в осях Б-В/3-1 ("н 11") та розвантаження ділянки в осях Б-В/3-2 ("р 1") і в осях Б-В/2-1 ("р 0").

- при навантаженні - найбільші в середині прогонів мали величини, що відповідали довжині прогону: в прогоні Б-В/3-2 (6,05 м) – 1,85мм, прогоні Б-В/2-1 (7,25 м) – 2,57 мм;
- після повного розвантаження – вигини дзеркально відповідали прогинам під вантажем: найбільші в прогоні Б-В/3-2 – -1,53 мм, в прогоні Б-В/2-1 – -2,09 мм;
- під час розвантаження прогону Б-В/3-2 прогин навантаженого прогону Б-В/2-1 майже не змінювався і перед останнім ступенем не перевищував 0,03 мм;
- після повного розвантаження залишкові деформації склали для прогонів Б-В/3-2 і Б-В/2-1, відповідно, 0,32 мм і 0,48 мм.

Максимальні прогини плити перекриття в поперечному напрямку (рис. 10):

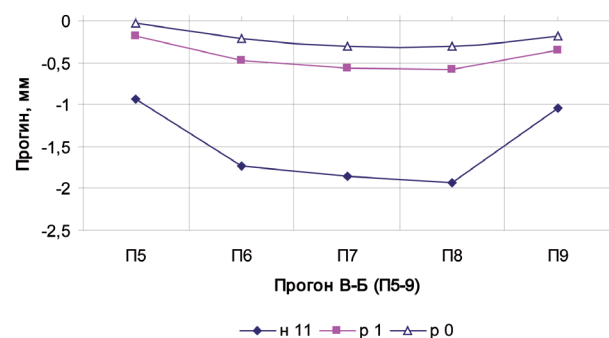


Рис.10. Максимальні прогини плити перекриття в поперечному напрямку в прогоні В-Б між осями 3-2 і 2-1 після навантаження в осях Б-В/3-1 ("н 11") та розвантаження ділянки в осях Б-В/3-2 ("р 1") і в осях Б-В/2-1 ("р 0").



- при навантаженні відповідали довжині ділянки з врахуванням ширини плит ПК і стримуючого впливу ригелів, найбільшим були на ділянці Б-В/3-2 +1,93 мм, на ділянці Б-В/2-1 +2,68 мм;
- після повного розвантаження – вигини відповідали прогинам під вантажем: найбільші в прогоні Б-В/3-2 – -1,6 мм, прогоні Б-В/2-1 – -2,09 мм;
- під час розвантаження прогону Б-В/3-2 прогин навантаженого прогону Б-В/2-1 майже не змінювався і перед останнім ступенем не перевищував 0,27 мм;
- після повного розвантаження залишкові деформації склали для прогонів Б-В/3-2 і Б-В/2-1, відповідно, 0,33 мм і 0,59 мм.

Максимальні прогини ригелів по осям В і Б в прогонах 3-2-1 в поздовжньому напрямку (рис. 11):

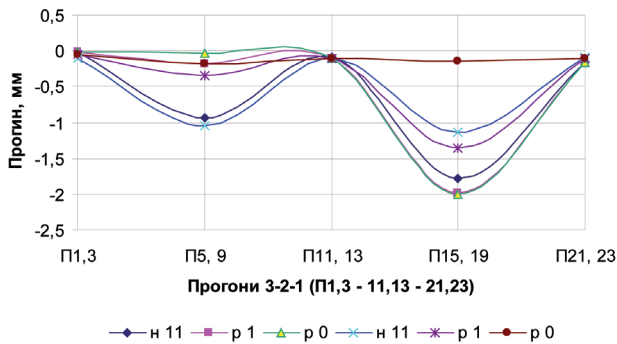


Рис.11. Максимальні прогини ригеля по осям В і Б в прогонах 3-2-1 після навантаження в осях Б-В/3-1 ("н 11") та розвантаження ділянки в осях Б-В/3-2 ("р 1") і в осях Б-В/2-1 ("р 0").

- при навантаженні - найбільші в середині прогонів мали величини, що відповідали довжині прогону: в прогоні Б-В/3-2 – 0,94 мм, прогоні Б-В/2-1 – 1,78 мм;
- після повного розвантаження – вигини дзеркально відповідали прогинам під вантажем: найбільші в прогоні Б-В/3-2 – -0,76 мм, в прогоні Б-В/2-1 – -1,39 мм;
- під час розвантаження прогону Б-В/3-2 прогин навантаженого прогону Б-В/2-1 майже

не змінювався і перед останнім ступенем не перевищував 0,23 мм;

- після повного розвантаження залишкові деформації склали для прогонів Б-В/3-2 і Б-В/2-1 відповідно 0,18 мм і 0,39 мм.

Максимальні прогини ригелів по осям 3, 2, 1 в прогоні В-Б в поперечному напрямку (рис. 12):

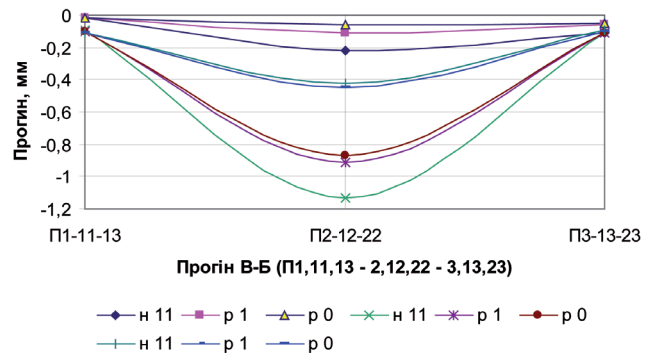


Рис.12. Максимальні прогини ригеля по осям 3, 2, 1 в прогоні В-Б після навантаження в осях Б-В/3-1 ("н 11") та розвантаження ділянки в осях Б-В/3-2 ("р 1") і в осях Б-В/2-1 ("р 0").

- при навантаженні відповідали довжині ділянки, найбільшим були по осі 3 +0,22 мм, по осі 2 +1,13 мм, по осі 1 +0,42 мм;
- після повного розвантаження – вигини відповідали прогинам під вантажем, найбільші були по осі 3 -0,22 мм, по осі 2 -0,93 мм, по осі 1 -0,31 мм;
- під час розвантаження прогону 3-2 прогини навантажених ригелів склали по осям 3, 2, 1 відповідно -0,18 мм, -0,32 мм і +0,03 мм;
- після повного розвантаження залишкові деформації ригелів склали по осях 3, 2, 1, відповідно, 0 мм, 0,2 мм і 0,11 мм.

Максимальні вертикальні переміщення перекриття біля колон на незначній відстані, залежний від розміщення вимірювального приладу, були в межах 0,02-0,17 мм, що відповідало вертикальним деформаціям колон.

Максимальні переміщення між плитами ПК з обох боків ригеля по осі 2 під час навантаження в осях Б-В/3-1 не перевищували 0,06 мм, після роз-

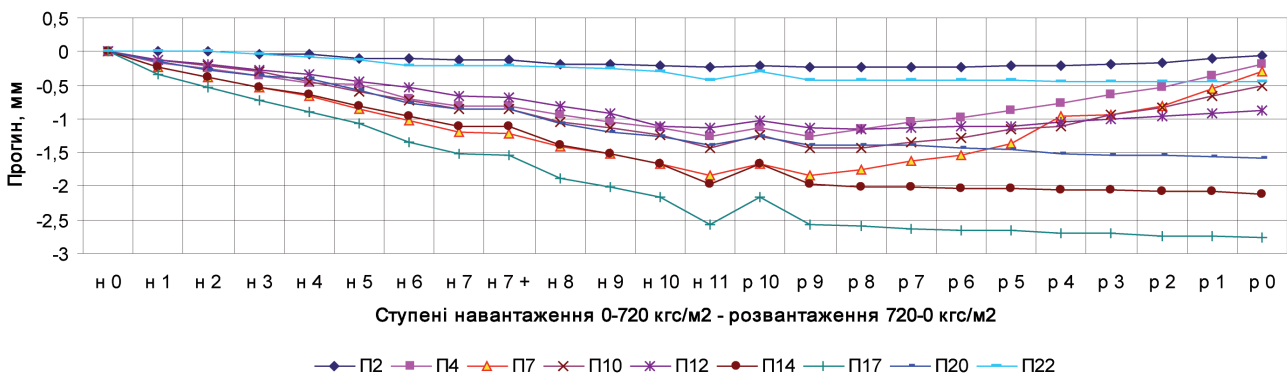


Рис.13. Залежність прогину перекриття по середній осі між В і Б в прогонах 3-2-1 від навантаження в осях Б-В/3-1 та розвантаження ділянки в осях Б-В/3-2 ("р 1") і в осях Б-В/2-1 ("р 0"). Між ступенями "н 7" і "н 7+" та між "н 11" і "р 10" витримки по 30 хв.

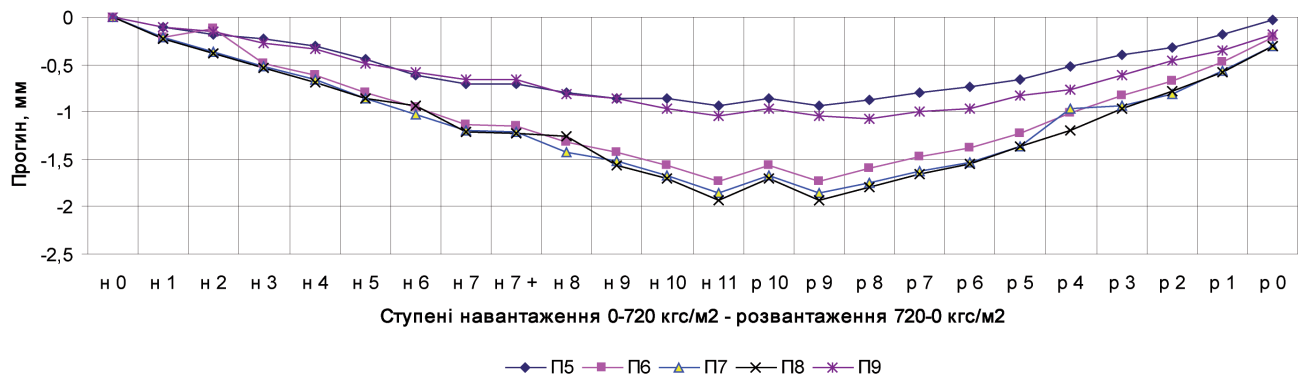


Рис.14. Залежність прогину перекриття між осями 2-3 в прогоні В-Б від навантаження в осях Б-В/3-1 та розвантаження ділянки в осях Б-В/3-2 ("р 1") і в осях Б-В/2-1 ("р 0").

вантаження ділянки в осях Б-В/3-2 – +0,02 мм, а повного розвантаження – -0,05 мм. Після повного розвантаження залишкові деформації між плитами ПК в поздовжньому напрямку складала по осях 3, 2, 1, відповідно, -0,01 мм, 0,02 мм і 0,02 мм.

Зміна прогинів плити перекриття і ригелів, як поздовжніх (рис. 13), так і поперечних (рис. 14), під час навантаження і розвантаження до передостаннього ступеня відбувалася за лінійними залежностями з незначними відхиленнями, що означало роботу конструкції на стадії пружних деформацій. Деякі відхилення спостерігалися на останніх ступенях навантаження-розвантаження, що призвело до наявності залишкових деформацій плити вздовж плит ПК до 0,48 мм і поперек до 0,59 мм та ригелів поздовжніх до 0,39 мм і поперечних до 0,2 мм.

Під час випробувань не було виявлено тріщин та інших пошкоджень поверхні плит, ригелів, колон та їх сполучень.

За наведеними ознаками та результатами інструментальних натурних випробувань можна стверджувати, що конструктивні елементи збірно-монолітного перекриття – ригелі і плити ПК дійсно утворюють суцільну конструктивну систему.

ВИСНОВКИ

В результаті проведення натурних випробувань збірно-монолітної плити перекриття житлового будинку №29 на відмітці +15,520 об'єкта: «Будівництво об'єктів житлової, громадської забудови та об'єктів соціальної та інженерно-транспортної інфраструктури на території II житлового району м. Бровари в районі вул. Богунської та Маяковського» встановлено, що інноваційне рішення збірно-монолітного перекриття з пустотними попередньо напруженими плитами та прихованими ригелями може бути застосоване при зведенні збірно-монолітного перекриття.

ЛІТЕРАТУРА

1. Пустотні попередньо напружені плити для збірно-монолітного перекриття з прихованими ригелями висотою 220 мм, довжиною 3550 мм, 5650 мм та 6850 мм, шириною 1000 мм, 1200 мм та 1500 мм під розрахункове навантаження 5,89 кПа (600 кг/м²), 7,85 кПа (800 кг/м²) і 9,81 кПа (1000 кг/м²). Робочі креслення 4521-П.1. – ТОВ «ЄВРОКОН Україна». – К.: ДП НДІБК, 2016.
2. Житловий будинок поз. 29 секція 1 тип 1. Проект – ТОВ «EUROCON», 2016.
3. Методика натурних випробувань інноваційного рішення збірно-монолітного перекриття з пустотними попередньо напруженими плитами та прихованими ригелями житлового будинку №29 на відмітці +15,520 об'єкта: «Будівництво об'єктів житлової, громадської забудови та об'єктів соціальної та інженерно-транспортної інфраструктури на території II житлового району м. Бровари в районі вул. Богунської та Маяковського», МЕВ-221-5029.16-001. – К.: ДП НДІБК, 2016. -20 с.
4. Конструкції будинків і споруд. Плити перекриттів залізобетонні багатопустотні для будівель і споруд. Технічні умови: ДСТУ Б В.2-6-53:2008. – [Чинний від 2010-01-01]. – К.: Мінрегіон України, 2009. – III, 23 с. – (Національний стандарт України).
5. Конструкції будинків і споруд. Вироби будівельні бетонні та залізобетонні збірні. Методи випробувань навантаженням. Правила оцінки міцності, жорсткості та тріщиностійкості: ДСТУ Б В.2.6-7-95 (ГОСТ 8829-94). – [Чинний від 1996-01-01]. – К.: Державний комітет України у справах містобудування і архітектури, 1997, - IV, 30 с. – (Національний стандарт України).



REFERENCES

1. LLP "EUROKON Ukraina". (2016). Pustotni poperednio napruzheni plyty dlia zbirno-monolitnoho perekryttia z prykhovanyimi ryheliamy vysotoiu 220 mm, dovzhynoiu 3550mm, 5650 mm ta 6850 mm, shyrinoiu 1000 mm, 1200 mm ta 1500 mm pid rozrakhunkove navantazhennia 5,89 kPa (600 kg/m²), 7,85 kPa (800 kg/m²) i 9,81 kPa (1000 kg/m²). Robochi kreslennia 4521-П.1 [Hollow prestressed slabs for a precast and cast-in-situ floor with concealed girders having the height of 220 mm, lengths of 3550 mm, 5650 mm and 6850 mm and widths of 1000 mm, 1200 mm and 1500mm for the design loads of 5.89 kPa (600 kg/m²), 7.85 kPa (800 kg/m²) and 9.81 kPa (1000 kg/m²). Design drawings 4521-П.1]. – Kyiv: SE NDIBK [in Ukrainian].
2. LLP "EUROKON Ukraina". (2016). Zhytlovyi budynok poz. 29 sektsiia 1 typ 1. Proekt [Dwelling house No 29, section 1, type 1. Design] [in Ukrainian].
3. (2016). Metodyka naturnykh vyprobuvan innovatsiinoho rishennia zbirno-monolitnoho perekryttia z pustotnymi poperednio napruzhenymi plytamy ta prykhovanyimi ryheliamy zhytlovoho budynku №29 na vidmittsi +15,520 obiektu: «Budivnytstvo ob'ektiv sotsialnoi ta inzhenerno-transportnoi infrastruktury na terytorii II zhytlovoho raionu m. Brovary v raioni vul. Bohunskoi ta Maiakovskoho», MEV-221-5029.16-001 [Procedure for the full-scale testing of the innovative solution of the precast and cast-in-situ floor with hollow prestressed slabs and concealed girders for dwelling house No 29 at elevation +15,520 of the following object: «The construction of housing and public development objects and social and engineering-transportation infrastructure facilities on the territory of the Brovary II residential zone in the Bohunska and Maiakovska streets area», MEV-221-5029.16-001]. – Kyiv: SE NDIBK [in Ukrainian].
4. Konstruktsii budynkiv i sporud. Plyty perekryttiv zalizobetonni bagatopustotni dlia budiveli sporud. Tekhnichni umovy [Structures of buildings and facilities. Multiple cavity reinforced concrete floor slabs for buildings and facilities. Technical specifications]. (2009). DSTU B V.2-6-53:2008 National Standard of Ukraine effective from 01st January 2010. – Kyiv: Minrehion Ukrainy [in Ukrainian].
5. Konstruktsii budynkiv i sporud. Vyroby budivelni betonni ta zalizobetonni zbirni. Metody vyprobuvan navantazhuvanniam. Pravyla otsinky mitsnosti, zhorstkosti ta

trishchynostiikosti [Structures of buildings and facilities. Concrete and reinforced concrete precast building products. Loading test methods. Strength, rigidity and resistance to cracking assessment rules]. (1997). DSTU B V.2.6-7-95 (HOST 8829-94) National Standard of Ukraine from 01st January 1996. Kyiv: State Committee of Ukraine for Urban Development and Architecture [in Ukrainian].