

І. В. Мельник, В. М. Сорохтей, Т. В. Приставський,  
Р. І. Грушка, П. С. Барщик  
Національний університет “Львівська політехніка”,  
кафедра мостів та будівельних конструкцій

## ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ДЕФОРМАТИВНОСТІ ФРАГМЕНТІВ МОНОЛІТНОГО ПЕРЕКРИТТЯ З ТРУБЧАСТИМИ ВСТАВКАМИ І СУЦІЛЬНОГО ПЕРЕКРИТТЯ

© Мельник І. В., Сорохтей В. М., Приставський Т. В., Грушка Р. І., Барщик П. С., 2015

Подано методику та результати експериментальних досліджень деформативності фрагментів монолітного залізобетонного перекриття: суцільного марки ДФ-1; з поперечним розташуванням вставок марки ДФ-2; з поздовжнім розташуванням вставок марки ДФ-3. Загальні габаритні розміри всіх дослідних зразків були однаковими: довжина 2,05 м, ширина і висота перерізу 355×180 мм. Випробовували дослідні зразки двома зосередженими силами, заміряючи деформації нормальних перерізів у зоні чистого згину, в трьох похилих перерізах між опорами і зосередженими силами та загальні прогини. У нормальних перерізах деформації стиснутого бетону є практично однаковими для всіх трьох дослідних зразків: цільного ДФ-1, з поперечним і поздовжнім розташуванням вставок відповідно ДФ-2 і ДФ-3. Проте деформації арматури дещо відрізняються: вони є меншими для зразка ДФ-1 і найбільшими для зразка ДФ-2. На відміну від нормальних перерізів, деформації похилих перерізів дослідних зразків суттєво відрізняються. Найменші деформації зафіксовані в цільному зразку, порівняно більші в зразку з поздовжнім розташуванням вставок. Проте найінтенсивніше наростали деформації в похилих перерізах зразка ДФ-2 з поперечним розташуванням вставок. Така тенденція спостерігалася у всіх трьох похилих перерізах: біля опор, біля прикладання зосереджених сил  $F$  і в проміжних похилих. Деформації нормальних і похилих перерізів дослідних зразків відобразилися на їхніх прогинах, як інтегрувальної величини деформацій.

**Ключові слова:** монолітні залізобетонні перекриття, оптимізація, вставки, деформативність.

Methods and results of experimental studies deformation of fragments of monolithic reinforced concrete floor are posted: solid brand DF-1; inserts with transverse marks DF-2; mark DF-3 with longitudinal inserts. Overall dimensions of test samples were the same length 2.05 m, width and height section 355x180 mm. Tested prototypes of two concentrated forces, measuring the deformation of the normal sections in the area of pure bending in 3 inclined sections between the supports and lumped forces and deflections general. In normal sections deformation of compressed concrete is almost the same for all 3 prototypes: whole DF-1, with a cross and a longitudinal inserts according DF-2 and DF-3. However deformation fittings slightly differ: they are smaller sample DF-1 and the largest sample DF-2. Unlike normal cross section deformation inclined sections prototypes significantly differ. The slightest deformation recorded with whole-grain sample, compared to the larger sample with a longitudinal inserts. However, the most intensive strain grew in sloping sections sample DF-2 with transverse inserts. At the same time this trend was observed in all 3 inclined sections: near the pillar and at the application of concentrated forces  $F$  and in the intermediate inclined sections. Deformation of normal and inclined sections of prototypes reflected in their troughs as integrating values strains.

**Key words:** monolithic reinforced concrete slabs, optimization, insertion, deformability.

## Вступ

У практиці будівництва все частіше використовують монолітні залізобетонні перекриття в будівлях різного призначення. Під час збільшення прольотів, що є характерною тенденцією, важливою проблемою постає зменшення власної ваги залізобетонних перекриттів. Для їхньої оптимізації доцільно використовувати вставки з порівняно легких і дешевих матеріалів [1–3].

Конструктивно-технологічні рішення монолітних перекриттів з порожниноутворювальними вставками пов'язані з важливими проблемами ресурсо- і енергозбереження, оскільки суттєво зменшують витрати бетону як дуже енергоємного матеріалу, а також власну вагу перекриття і, відповідно, кількість робочої арматури.

У Національному університеті “Львівська політехніка” продовжуються експериментально-теоретичні дослідження монолітних плоских залізобетонних перекриттів з порожниноутворювальними вставками [4, 5, 9–11].

## Аналіз досліджень і публікацій

У магістерській роботі [6], виконаній під керівництвом І. В. Мельника, досліджувався напружено-деформований стан фрагментів монолітного перекриття з трубчастими циліндричними картонними вставками. З такими самими вставками досліджували монолітне залізобетонне перекриття В. Т. Артюх і Т. В. Санніков [7]. В експериментально-теоретичних дослідженнях В. І. Євстаф'єва [8] використані пінополістирольні квадратні в плані вставки.

У публікаціях авторів [9, 10] відображені результати експериментальних досліджень міцності і деформативності фрагментів монолітного натурального перекриття з однонапрямленим розташуванням трубчастих вставок квадратного перерізу. Показано, що деформації по висоті перерізу дослідних зразків з поздовжнім і поперечним розташуванням вставок та, відповідно, прогини суттєво відрізняються. Різницю в жорсткостях слід враховувати в загальному статичному розрахунку перекриттів з трубчастими вставками, зокрема з використанням сучасних програмних комплексів. Проте для порівняння з деформативністю суцільних монолітних перекриттів необхідно провести експериментальні дослідження з використанням еталонних дослідних зразків суцільного перерізу. Крім цього, не досліджувалися фрагменти перекриттів за дії зосередженого навантаження.

## Мета і задачі досліджень

Провести порівняльні експериментальні дослідження деформативності фрагментів суцільного монолітного перекриття і фрагментів з поперечним та поздовжнім розташуванням вставок за дії зосередженого навантаження.

## Методика досліджень

Для проведення випробувань виготовлено дослідні фрагменти перекриття плитної конструкції з габаритними розмірами в плані 2050×355 мм і висотою перерізу 180 мм (рис. 1).

Дослідний зразок ДФ-1 суцільного перерізу (рис. 1, а). Дослідні зразки ДФ-2 і ДФ-3 виготовлялися з порожниноутворювальними вставками відповідно з поперечним і поздовжнім їх розташуванням (рис. 1, б, в), що відповідає конструкції натурального монолітного залізобетонного перекриття з трубчастими вставками [11].

Армування нижньої частини всіх дослідних фрагментів було однаковим: поздовжня робоча арматура з трьох стержнів Ø12 А500С, поперечна (конструктивна) діаметром 8 мм класу А 500С з кроком 500 мм. На припорних ділянках дослідний фрагмент ДФ-2 був додатково армований вертикальними каркасами з арматури класу А500С, Ø12 мм.

Випробування на розтяг дали такі фактичні фізико-механічні характеристики робочої арматури: межа текучості  $\sigma_y = 539$  МПа, межа міцності  $\sigma_u = 629$  МПа, відносне видовження 11 %.

Дослідні зразки виготовляли в заводських умовах з ущільненням бетону на вібростолі і подальшою тепловою обробкою в пропарювальній камері. Фактична міцність бетону перед випробуванням за результатами випробувань стандартних кубів становила 27-31 МПа.

Статична схема випробувань для всіх груп дослідних зразків була однаковою. На рис. 2 вона подана на прикладі дослідного фрагмента з поперечним розташуванням вставок. Відстань між зосередженими силами  $F$  була такою, щоб для дослідного фрагмента ДФ-2 сили  $F$  були прикладені над вертикальними ребрами.

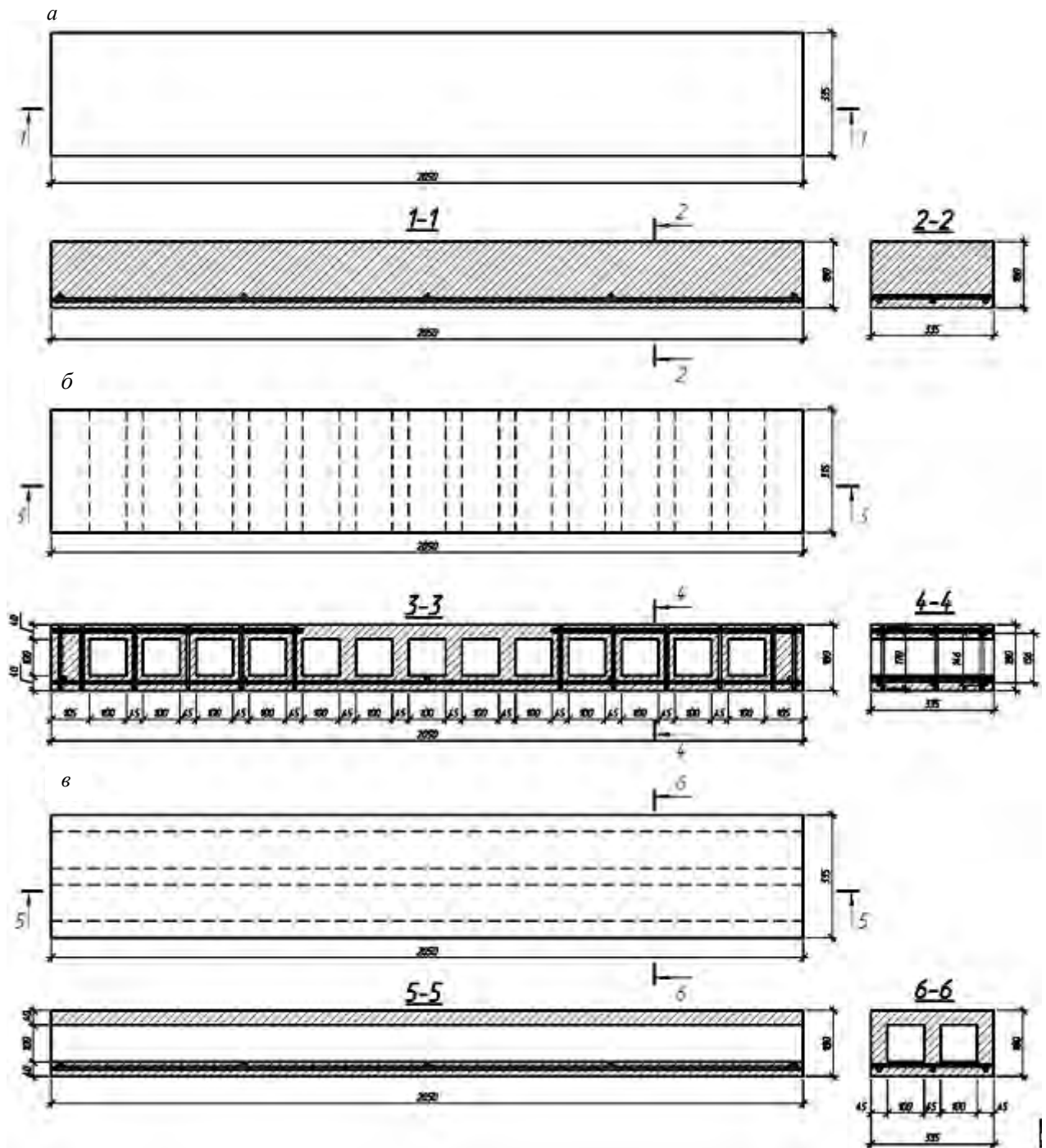


Рис. 1. Конструкція дослідних фрагментів:  
 а – суцільного, марки ДФ-1; б – з поперечним розташуванням вставок, марки ДФ-2;  
 в – з поздовжнім розташуванням вставок, марки ДФ-3

Навантаження створювали гідравлічним домкратом і контролювали попередньо протарованим коловим динамометром.

Для заміру і деформацій використовували прилади механічної дії; схема їх розташування подана на рис. 2.

Прогиноміри монтували на металевій рамі, яку в площині опорних перерізів кріпили до бокових граней дослідних зразків.

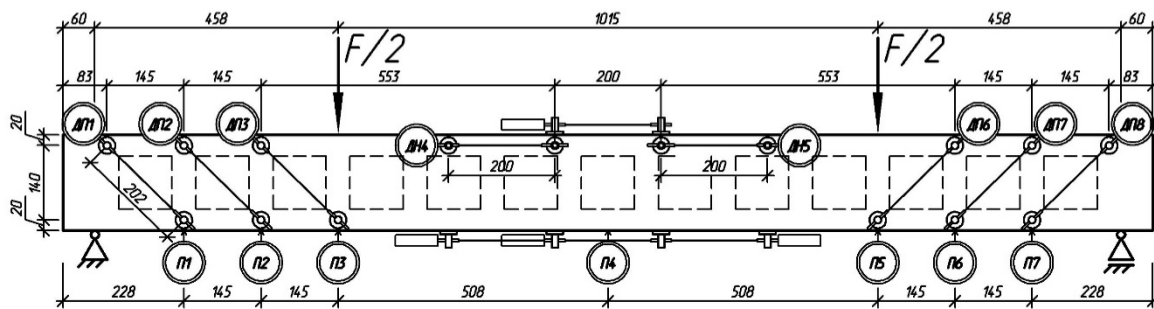


Рис. 2. Схема завантаження і розташування приладів

Загальний вигляд випробувань наведено на рис. 3 на прикладі дослідного зразка з поперечним розташуванням вставок.

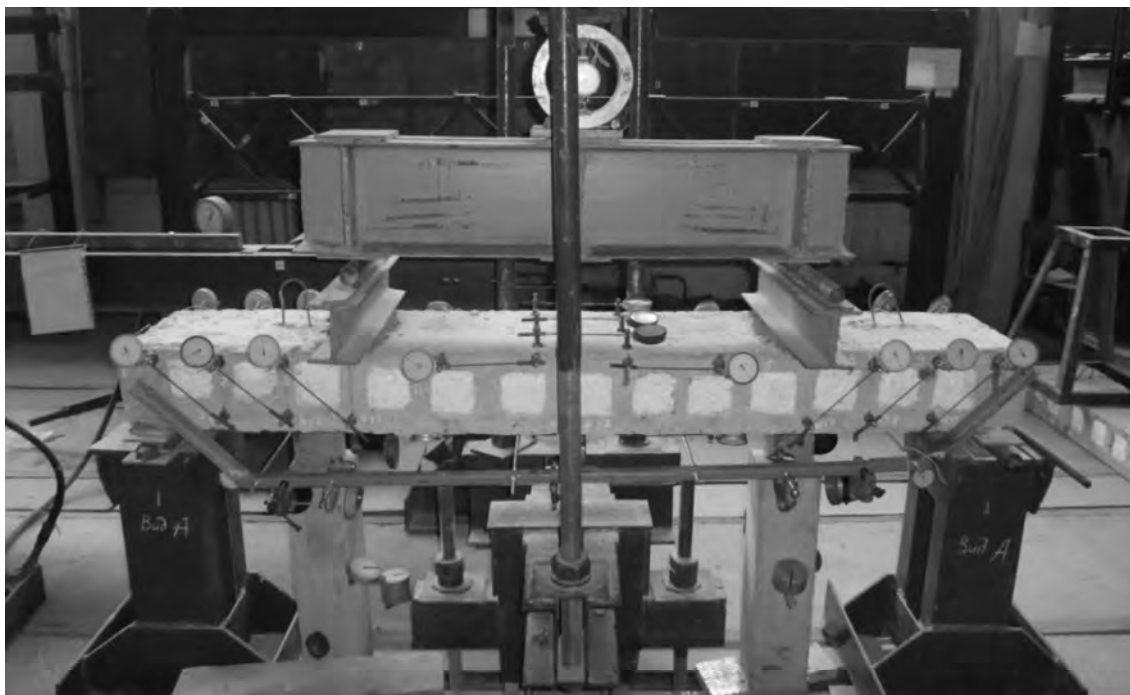


Рис. 3. Загальний вигляд випробувань зразка ДФ-2

### Результати досліджень

Характер руйнувань дослідних фрагментів був різним.

Цільний залізобетонний елемент зруйнувався внаслідок розчавлювання (дрібнення) бетону в зоні чистого згину з подальшим значним видовженням і розриванням стержнів поздовжньої робочої арматури. Повне вичерпання несучої здатності зразка ДФ-1 сталося за навантаження  $F = 142,2$  кН.

Іншим був характер руйнувань дослідних зразків ДФ-2 і ДФ-3, які зруйнувалися по похилих перерізах.

Дослідний фрагмент ДФ-2 з поперечним розташуванням вставок зруйнувався за навантаження  $F = 63,8$  кН. Остаточному вичерпанню несучої спроможності передувало тріщиноутворення внаслідок значних деформацій, особливо у вертикальних ребрах і верхній полиці приопорних ділянок.

Фрагмент ДФ-3 з поздовжнім розташуванням вставок також зруйнувався по похилому перерізу, проте вид руйнування відрізнявся від руйнування фрагмента ДФ-2 і більше відповідав класичній схемі руйнування залізобетонних згинаних елементів. Похила тріщина проходила від зосередженої сили  $F$  до опори. Остаточне руйнування дослідного фрагмента ДФ-3 сталося за навантаження  $F = 98,1$  кН.

Детальніше характер руйнувань дослідних зразків подано в роботі [11].

Деформативність дослідних зразків подана у вигляді графіків деформацій нормальних і похилих перерізів, а також прогинів.

Подані на графіках значення деформацій стиснутого бетону обчислені як середні значення за показами трьох приладів, розташованими на верхній грані зразків, значення деформацій арматури – за показом п'ятих приладів, розташованих знизу на всіх трьох стержнях поздовжньої робочої арматури.

Як бачимо з порівняльних графіків, у нормальних перерізах деформації стиснутого бетону є практично однаковими для всіх трьох дослідних зразків: цільного ДФ-1, з поперечним і поздовжнім розташуванням вставок відповідно ДФ-2 і ДФ-3. Проте деформації арматури дещо відрізняються: вони є меншим для зразка ДФ-1 і найбільшими для зразка ДФ-2 (рис. 4).

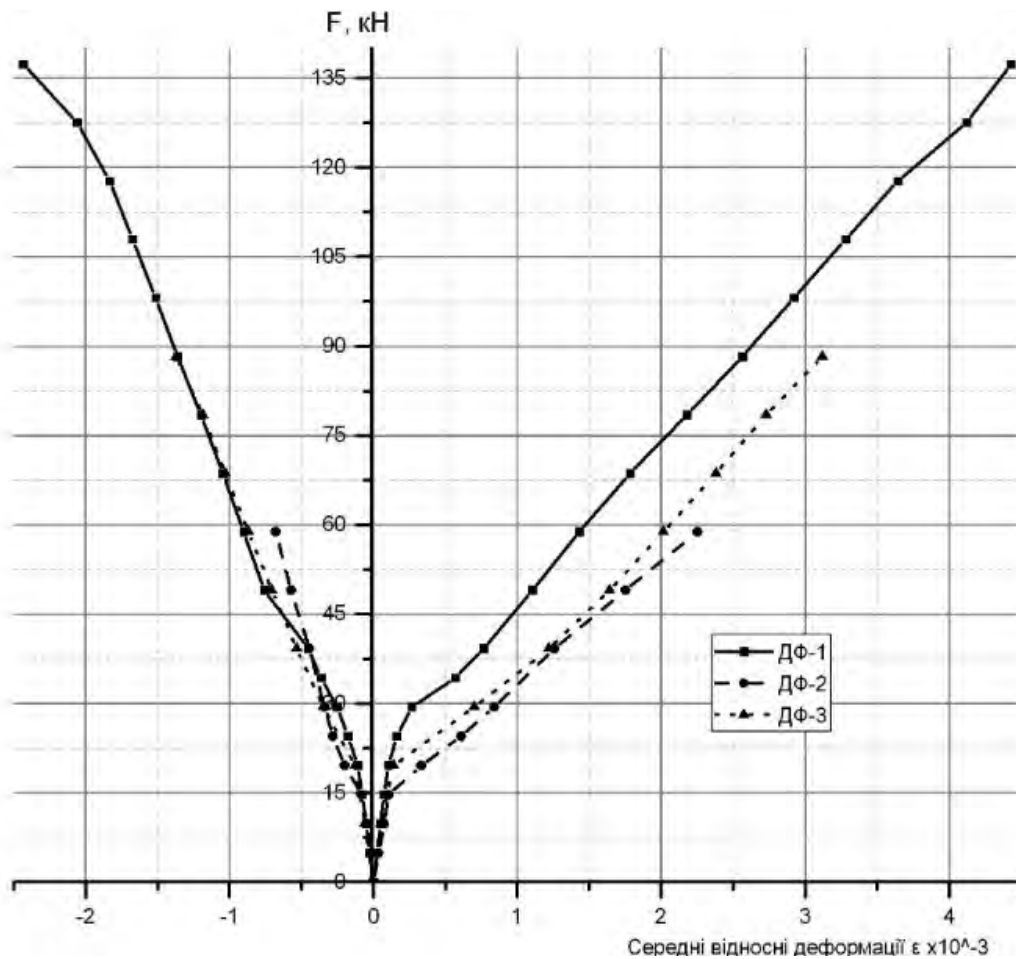


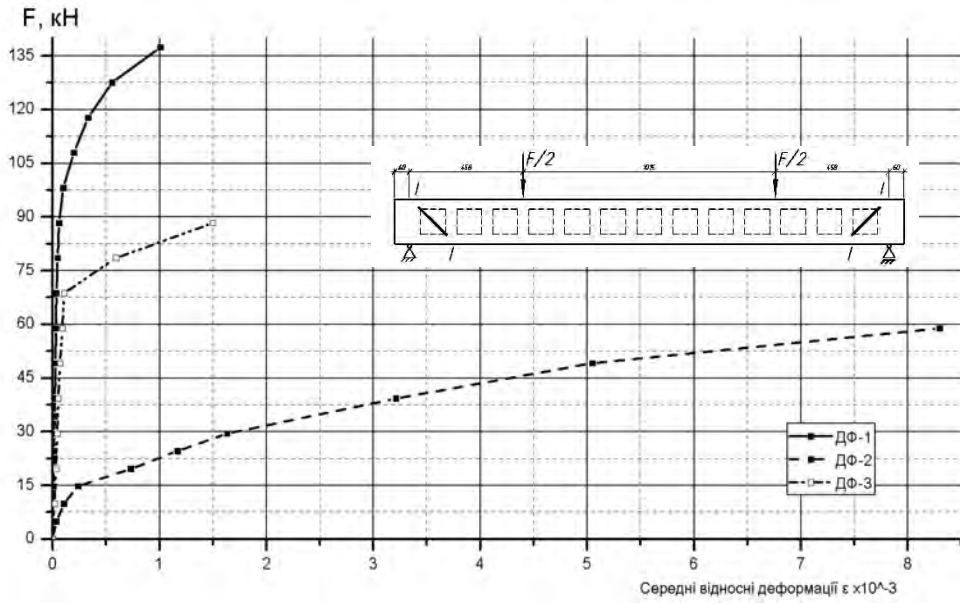
Рис. 4. Графіки деформацій бетону й арматури нормальних перерізів дослідних зразків

Деформації похилих перерізів заміряли на двох бокових гранях дослідних зразків у трьох перерізах, розташованих під кутом  $45^\circ$ , які були прив'язані до кутів розташування поперечних вставок (рис. 5).

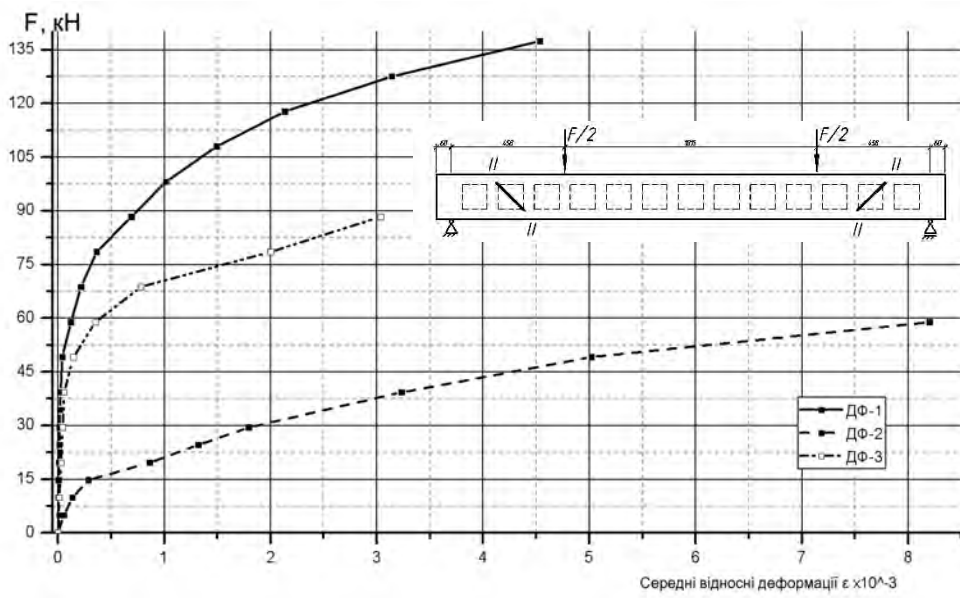
Подані на графіках значення деформацій похилих перерізів обчислені як середні значення показів чотирьох приладів у кожному з похилих перерізів I-I, II-II, III-III.

На відміну від нормальних перерізів, деформації похилих перерізів дослідних зразків суттєво відрізняються (рис. 5). Найменші деформації зафіксовані в цільному зразку, порівняно більші в зразку з поздовжнім розташуванням вставок. Проте найінтенсивніше наростали деформації в похилих перерізах зразка ДФ-2 з поперечним розташуванням вставок. Така тенденція спостерігалася у всіх трьох похилих перерізах: I-I біля опор, біля прикладання зосереджених сил у перерізах III-III і в проміжних похилих перерізах II-II (див. рис. 5, а, б, в).

а



б



в

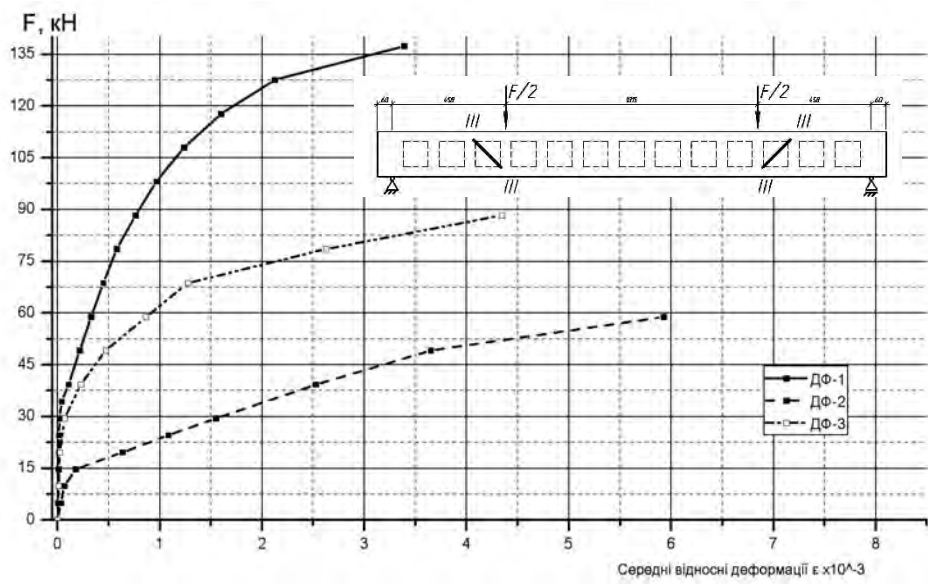


Рис. 5. Графіки деформації в похилих перерізах дослідних фрагментів:  
а – в перерізах I-I; б – в перерізах II-II; в – в перерізах III-III

Деформації нормальних і похилих перерізів дослідних зразків відобразилися на їхніх прогинах як інтегральної величини деформацій. Результати замірів прогинів подані у вигляді графіків прогинів посередині прольоту залежно від величини навантаження (рис. 6). Як бачимо, найбільшу жорсткість має цільний фрагмент, дещо меншу – фрагмент з поздовжнім розташуванням вставок. Жорсткість фрагмента з поперечним розташуванням вставок є значно меншою. Очевидно, що така суттєва різниця прогинів спричинена переважно деформаціями похилих перерізів дослідних зразків.

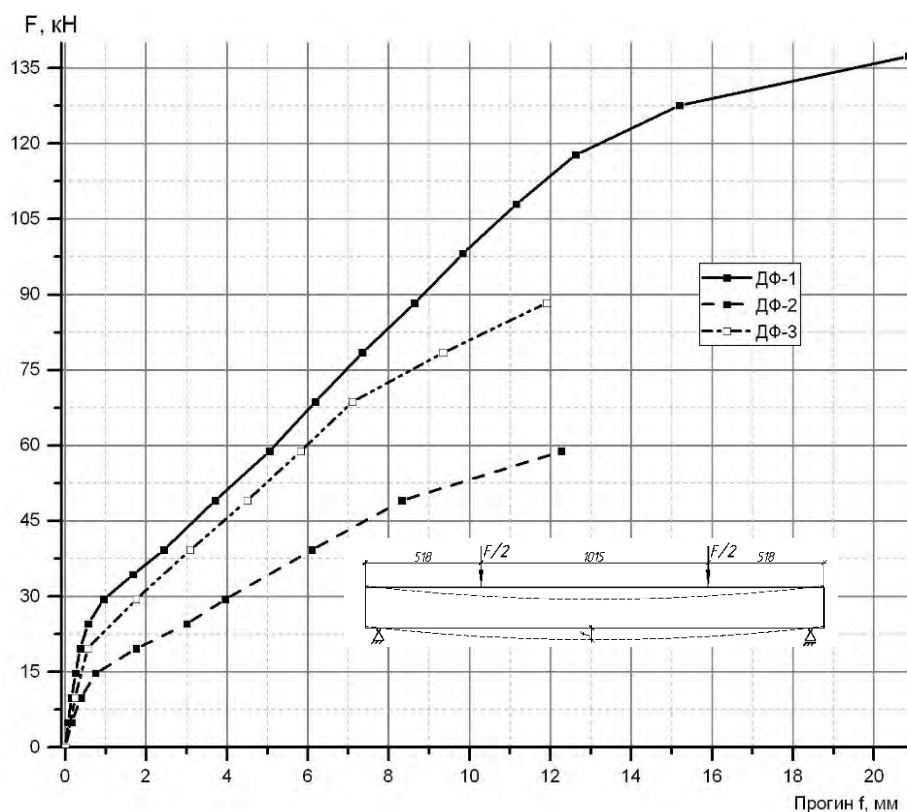


Рис. 6. Графіки прогинів дослідних зразків посередині прольоту

### Висновки

Деформативність фрагментів монолітного залізобетонного перекриття дослідних фрагментів (цільного, з поперечним і поздовжнім розташуванням порожниноутворювальних вставок) є різною.

Найбільші деформації, особливо похилих перерізів, має дослідний зразок з поперечним розташуванням вставок, менші – зразок з поздовжнім розташуванням вставок, найменші – цільний зразок.

Визначені експериментальним шляхом показники деформативності необхідно враховувати за загального статичного розрахунку перекриттів з трубчастими вставками.

1. Мельник І. В. Конструктивно-технологічні особливості бетонних і залізобетонних конструкцій з ефективними вставками / І. В. Мельник // Міжвідомчий наук.-техн. зб. – К., 1999. – Вип. 50. – С. 164–171. 2. Мельник І. В. Спосіб виготовлення пустотілих бетонних і залізобетонних виробів / І. В. Мельник // Деклараційний патент на винахід. – Державний департамент інтелектуальної власності. Бюл. № 7-II від 15.12.2000 р. 3. Мельник І. В. Оптимізація залізобетонних конструкцій з допомогою ефективних вставок / І. В. Мельник // Проблеми теорії і практики будівництва : зб. наук. статей. – Львів, 1997. – Т. IV. – С. 89–90. 4. Мельник І. В. Конструктивні рішення плоских монолітних залізобетонних перекриттів з ефективними вставками і експериментальне дослідження їх фрагментів / В. М. Сорохтей // Ресурсоекономні матеріали,

конструкції, будівлі та споруди : зб. наук. пр. – Рівне, 2006. – Вип. 14. – С. 253–260. 5. Мельник І. В. Конструювання і дослідження плоских монолітних перекриттів з ефективними вставками / О. Ю. Царинник, В. М. Сорохтей // Будівельні конструкції : міжвідомчий наук.-техн. зб. – К. : НДІБК, 2007. – Вип. 67. – С. 794–801. 6. Маїтаков С. О. Напружено-деформований стан монолітного залізобетонного перекриття з трубчастими порожнинами / С. О. Маїтаков // Магістерська робота. Нац. ун-т “Львівська політехніка”. – Львів, 2002. 7. Артюх В. Г. Экспериментальное исследование монолитной железобетонной плиты с цилиндрическими пустотами / И. В. Санников // Науково-технічні проблеми сучасного залізобетону : міжвід. наук.-техн. зб. – К., 2007р. 8. Євстаф’єв В. І. Полегшені багатошарові перекриття для архітектурно-будівельних систем з широким кроком несучих конструкцій / В. І. Євстаф’єв // автореф. дис. ... канд. техн. наук. – К., 2004 – 18 с. 9. Мельник І. В. Випробування фрагментів монолітного плоского залізобетонного перекриття з однонаправленим розташуванням пінополістирольних вставок / В. М. Сорохтей, Т. В. Приставський, Н. Б. Давидовський, В. О. Крет // Вісник Нац. ун-ту “Львівська політехніка” “Теорія і практика будівництва. – Львів, 2012. – № 742. – С. 131–138 10. Мельник І. В. Деформативність фрагментів монолітного залізобетонного плоского перекриття з поздовжнім і поперечним розташуванням прямокутних вставок / В. М. Сорохтей, Т. В. Приставський // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди : зб. наук. пр. – Рівне, 2012. – Вип. 23. – С. 312–320. 11. Мельник І. В. Порівняльні експериментальні дослідження фрагментів монолітного перекриття з трубчастими вставками і суцільного перекриття / І. В. Мельник, В. М. Сорохтей, Т. В. Приставський, О. С. Бачкай, Р. І. Грушка, П. С. Барцик // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди : зб. наук. пр. – Рівне, 2014. – Вип. 29. – С. 259–265.