

СТРОИТЕЛЬСТВО. АРХИТЕКТУРА

УДК 624.012

И. В. Мельник, В. М. Сорохтей, Т. В. Приставский

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ДЕФОРМАТИВНОСТИ ФРАГМЕНТОВ МОНОЛИТНОГО ПЛОСКОГО ЖЕЛЕЗОБЕТОННОГО ПЕРЕКРЫТИЯ С ПЕНОПОЛИСТИРОЛЬНЫМИ ВКЛАДЫШАМИ

UDC 624.012

I. V. Melnyk, V. M. Sorokhtey, T. V. Prystavskyy

EXPERIMENTAL INVESTIGATIONS OF DEFORMABILITY OF FRAGMENTS OF A MONOLITHIC FLAT REINFORCED CONCRETE FLOOR WITH POLYSTYRENE FOAM INSERTS

Аннотация

Приведены конструкция, методика и результаты экспериментальных исследований деформативности нормальных и наклонных сечений, а также прогибов фрагментов монолитного железобетонного перекрытия: сплошного, с поперечным и продольным расположениями пенополистирольных вкладышей.

Ключевые слова:

монолитные железобетонные перекрытия, оптимизация, вкладыши, деформативность.

Abstract

The paper presents the design, methods and results of the experimental investigations of deformability of normal and oblique sections, as well as deflections of fragments of a monolithic reinforced concrete floor, which is solid, with transverse and longitudinal arrangement of polystyrene inserts.

Key words:

monolithic concrete floors, optimization, inserts, deformability.

Введение

В практике строительства все чаще используют монолитные железобетонные перекрытия в зданиях различного назначения. При проектировании перекрытий больших пролетов необходимо решать важную проблему уменьшения собственного веса железобетонных перекрытий. Для оптимизации процесса целесообразно использовать вкладыши из относительно легких и дешевых материалов [1, 2].

Конструктивно-технологические решения монолитных перекрытий с пустотообразующими эффективными вкладышами связаны с проблемами ресурсо- и энергосбережения, поскольку существенно уменьшают расходы бетона как очень энергоемкого материала, а также собственный вес перекрытия и, соответственно, количество рабочей арматуры.

Анализ исследований и публикаций

В [3], выполненной под руководством И. В. Мельника, исследовалось напряженно-деформированное состояние фрагментов монолитного перекрытия с трубчатыми цилиндрическими картонными вкладышами. С такими вкладышами монолитное железобетонное перекрытие рассматривали В. Т. Артюх и Т. В. Санников [4]. В экспериментально-теоретических исследованиях В. И. Евстафьева [5] были использованы пенополистирольные квадратные в плане вкладыши.

Важные вопросы конструирования, технологии возведения и технико-экономической эффективности монолитного перекрытия с картонными гильзами рассмотрены в [6].

В Национальном университете «Львовская политехника» продолжают экспериментально-теоретические исследования монолитных плоских железобетонных эффективных перекрытий [7–11].

В [9, 10] отражены результаты экспериментальных исследований прочности и деформативности фрагментов монолитного натурального перекрытия с однонаправленным расположением трубчатых вкладышей квадратного сечения. Показано, что деформации по высоте сечения опытных образцов с продольным и поперечным расположениями вкладышей и, соответственно, прогибы существенно отличаются. Однако для сравнения с деформативностью сплошных монолитных перекрытий необходимо провести экспериментальные исследования с использованием эталонных опытных образцов сплошного сечения. Кроме этого, не исследовались фрагменты перекрытий при действии сосредоточенной нагрузки.

Цель исследований

Цель работы заключалась в проведении сравнительных экспериментальных исследованиях деформативности фрагментов сплошного монолитного перекрытия и фрагментов с поперечным и продольным расположением вкладышей при действии сосредоточенной нагрузки.

Методика исследований

Для проведения испытаний были изготовлены опытные образцы, которые представляли собой фрагменты монолитного железобетонного перекрытия с однонаправленным расположением прямоугольных пенополистирольных вкладышей (рис. 1). Такое однонаправленное расположение вкладышей целесообразно при соотношении сторон перекрытия $L_1/L_2 > 1,5$.

Таким образом, опытные образцы ИДФ-2 и ИДФ-3 изготавливались с поперечным и продольным расположением вкладышей (рис. 2, б, в). Кроме этого, для сопоставления и анализа были изготовлены опытные образцы сплошного сечения марки ИДФ-1 (рис. 2, а). Габаритные размеры всех опытных образцов одинаковы: длина – 2050 мм, ширина – 355 мм, высота – 180 мм (см. рис. 2).

Общей программой исследований предусмотрено испытание опытных образцов сосредоточенной нагрузкой по двум схемам: в схеме 1 расстояние между сосредоточенными силами принято равным 725 мм, в схеме 2 – 1015 мм.

В статье представлены результаты экспериментальных исследований деформативности опытных образцов, испытанных по схеме 1 с соответствующим добавлением индекса I в маркировке опытных образцов: ИДФ-1, ИДФ-2, ИДФ-3.

Армирование нижней части всех опытных образцов было одинаковым: продольная рабочая арматура с тремя стержнями $\varnothing 12$ А500С, поперечная (конструктивная) – диаметром 8 мм класса А 500С с шагом 500 мм.

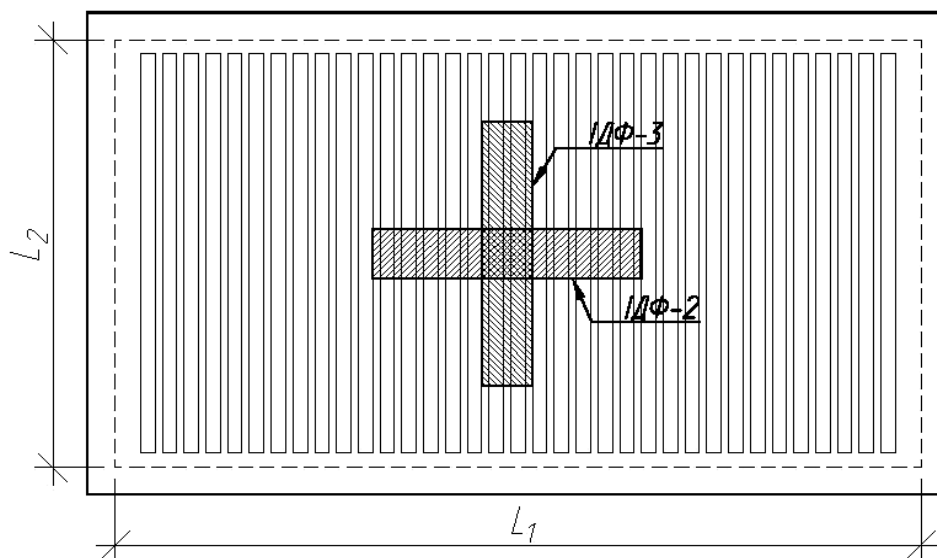


Рис. 1. Схема расположения в плане опытных образцов ИДФ-2, ИДФ-3 в перекрытии с однонаправленным расположением пенополистирольных вкладышей

На приопорных участках фрагмент ИДФ-2 был дополнительно армирован вертикальными каркасами из арматуры класса А500С Ø12 мм.

Фактические физико-механические характеристики рабочей арматуры: предел текучести – 539 МПа, предел прочности – 629 МПа, относительное удлинение – 11 %.

Опытные образцы изготавливали в заводских условиях с уплотнением бетона на вибростоле и последующей тепловой обработкой в пропарочной камере. Фактическая прочность бетона перед нагружением опытных образцов по результатам испытаний стандартных кубов составила 27...31 МПа.

Статическая схема испытаний для всех опытных образцов была одинаковой. На рис. 3 она представлена на примере фрагмента с поперечным расположением вкладышей. Расстояние между сосредоточенными силами F было таким, чтобы для опытного фрагмента ИДФ-2 силы F были приложены над вертикальными ребрами.

Нагрузку создавали гидравлическим домкратом и контролировали предварительно протарированным

кольцевым динамометром.

Для замера деформаций использовали индикаторы часового типа с ценой деления 0,001 мм; схема их расположения представлена на рис. 3. Прогибомеры с ценой деления 0,01 мм монтировали на металлической раме, которую в плоскости опорных сечений крепили к боковым граням опытных образцов.

Общий вид испытаний образцов ИДФ-1, ИДФ-2 приведен на рис. 4. Для образца марки ИДФ-3 схема расположения приборов была аналогичной.

Результаты исследований

Характер разрушения опытных образцов был разным.

Образец сплошного сечения разрушился в результате раздавливания (дробления) бетона в зоне чистого изгиба с последующим значительным удлинением и разрывом стержней продольной рабочей арматуры при нагрузке $F = 55$ кН.

Иным был характер разрушения опытных образцов ИДФ-2 и ИДФ-3, которые разрушились по наклонным сечениям.

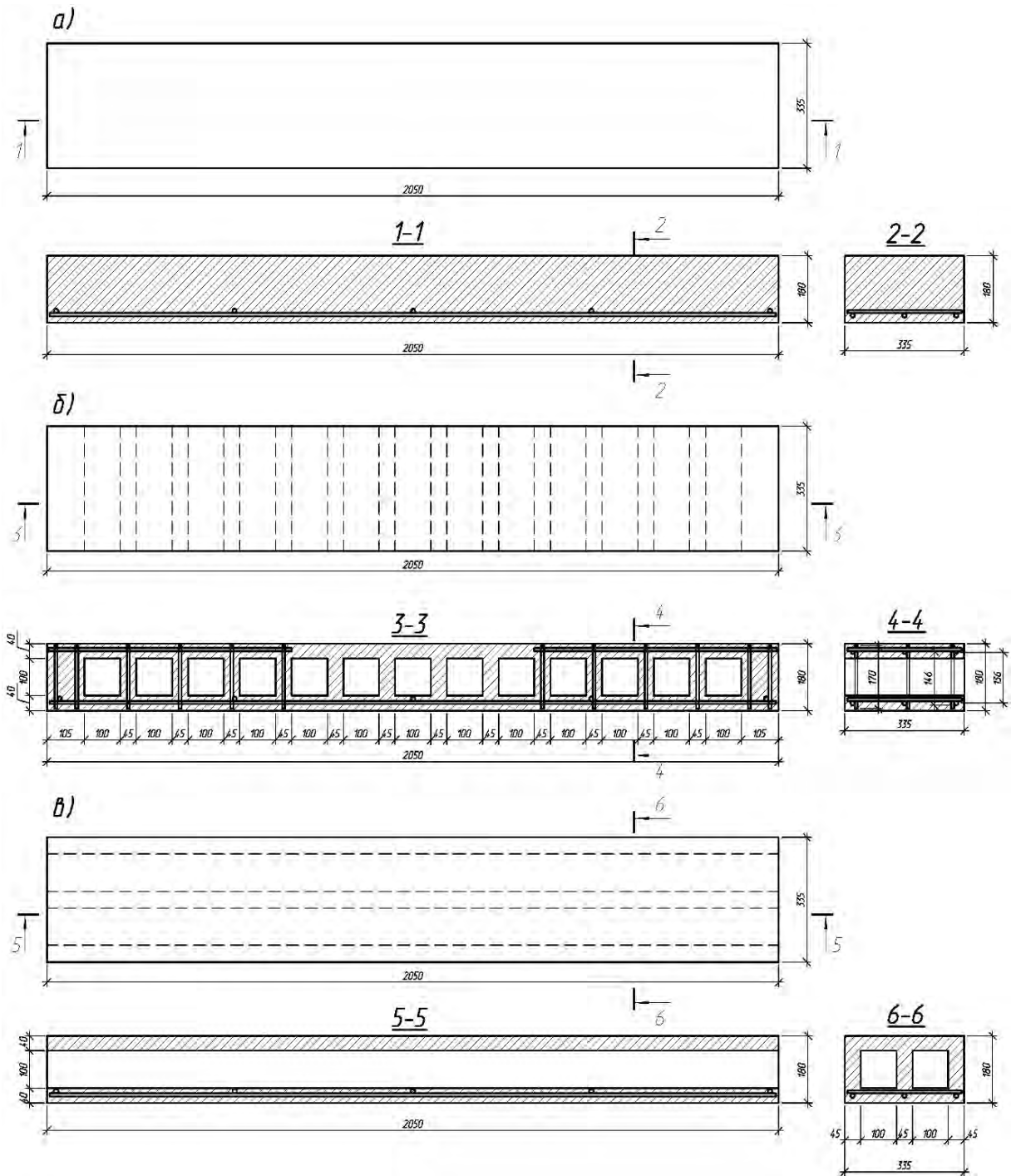


Рис. 2. Конструкция опытных образцов: а – сплошного, марки ИДФ-1; б – с поперечным расположением вкладышей, марки ИДФ-2; в – с продольным расположением вкладышей, марки ИДФ-3

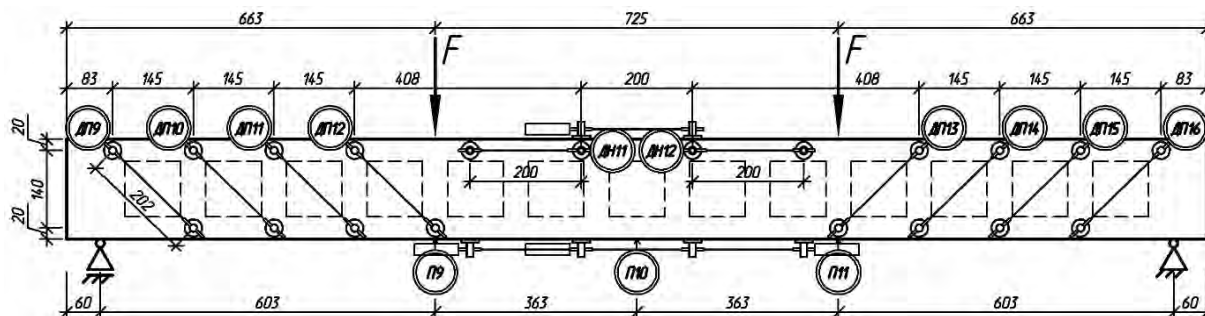
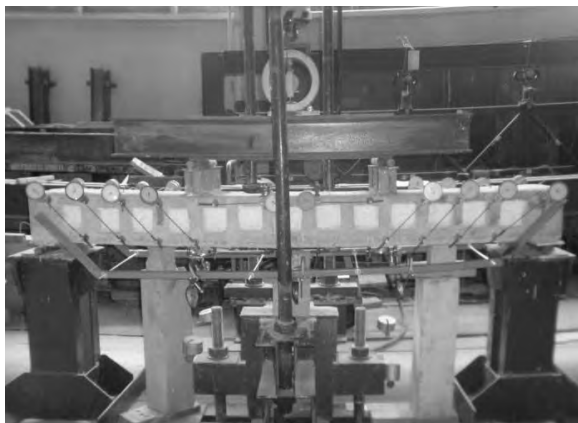


Рис. 3. Схема загрузки и расположения приборов при испытаниях по схеме 1

а)



б)

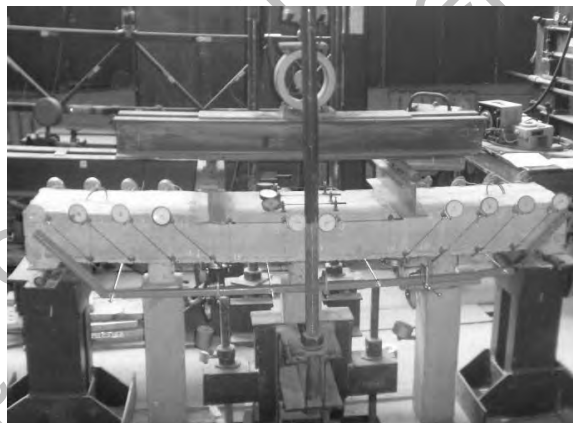


Рис. 4. Общий вид испытаний опытных образцов ИДФ-1 (а) и ИДФ-2 (б)

Опытный фрагмент ИДФ-2 с поперечным расположением вкладышей разрушился при нагрузке $F = 17,5$ кН. Конечному исчерпанию несущей способности предшествовало трещинообразование вследствие значительных деформаций, особенно в вертикальных ребрах и верхней полке приопорных участков.

Фрагмент ИДФ-3 с продольным расположением вкладышей также разрушился по наклонному сечению, но характер разрушения отличался от характера разрушения фрагмента ИДФ-2 и больше соответствовал классической схеме разрушения железобетонных изгибаемых элементов. Наклонная трещина проходила от сосредоточенной силы к опоре. Окончательное разрушение фрагмента ИДФ-3 произошло при нагрузке $F = 22,5$ кН.

Более подробно характер разрушений и трещинообразования опытных образцов описан в [11].

Деформативность опытных образцов представлена в виде графиков деформаций нормальных и наклонных сечений, а также прогибов.

Приведенные на графиках значения деформаций сжатого бетона определяли как средние значения показаний трех приборов, расположенных на верхней грани образцов; значения деформаций арматуры – по замерам пяти приборов, расположенных снизу на трех стержнях продольной рабочей арматуры.

Как видно из сравнения графиков, деформации нормальных сечений сжатого бетона отличаются между собой незначительно, деформации арматуры –

более существенно: деформации наименьшие для образца ИДФ-1 и наиболь-

шие для образца ИДФ-2 (рис. 5).

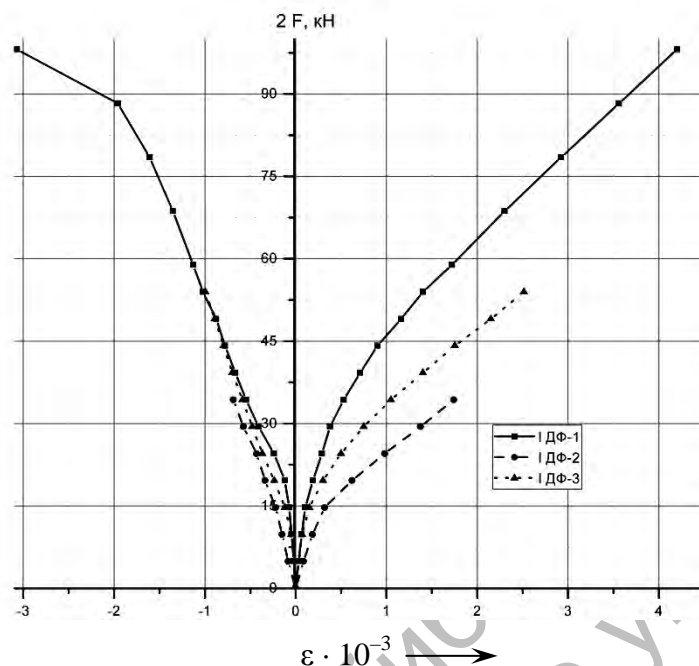


Рис. 5. Графики деформаций бетона и арматуры нормальных сечений в опытных образцах

Деформации наклонных сечений замеряли на двух боковых гранях опытных образцов в четырех сечениях, расположенных под углом 45° и привязанных к углам расположения поперечных вкладышей (см. рис. 3).

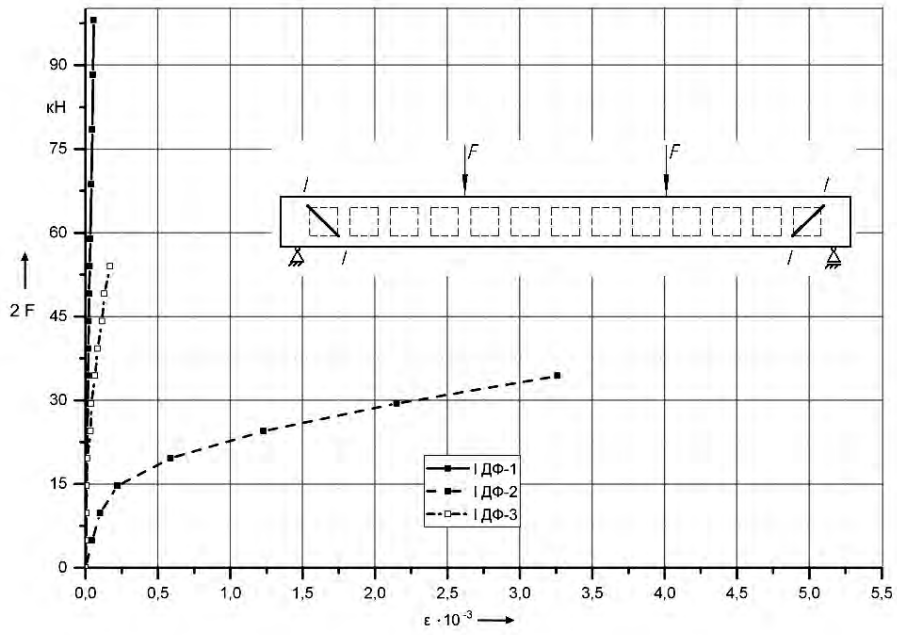
Представленные на графиках значения деформаций наклонных сечений вычислены как средние значения показаний четырех приборов каждого из наклонных сечений: I–I, II–II, III–III, IV–IV.

В отличие от деформаций нормальных сечений, деформации наклонных сечений опытных образцов более существенно разнятся между собой (рис. 6 и 7). Наименьшие деформации зафиксированы в цельном образце, сравнительно большие — в образце с продольным расположением вкладышей. Однако наиболее интенсивно нарастали деформации наклонных сечений в образце ИДФ-2 с поперечным расположением вкладышей. При

этом такая тенденция наблюдалась для всех четырех наклонных сечений: у опор — сечения I–I, около приложения сосредоточенных сил — сечения IV–IV и промежуточные наклонные сечения II–II, III–III (см. рис. 6 и 7).

Деформации нормальных и наклонных сечений в опытных образцах отразились на их прогибах. Результаты замеров прогибов представлены в виде графиков прогибов посередине пролета в зависимости от величины нагрузки (рис. 8). Как видно из рисунка, наибольшую жесткость имеет цельный фрагмент, несколько меньшую — фрагмент с продольным расположением вкладышей. Жесткость фрагмента с поперечным расположением вкладышей значительно меньше. Очевидно, что такая существенная разница прогибов вызвана в основном деформациями наклонных сечений в опытных образцах.

а)



б)

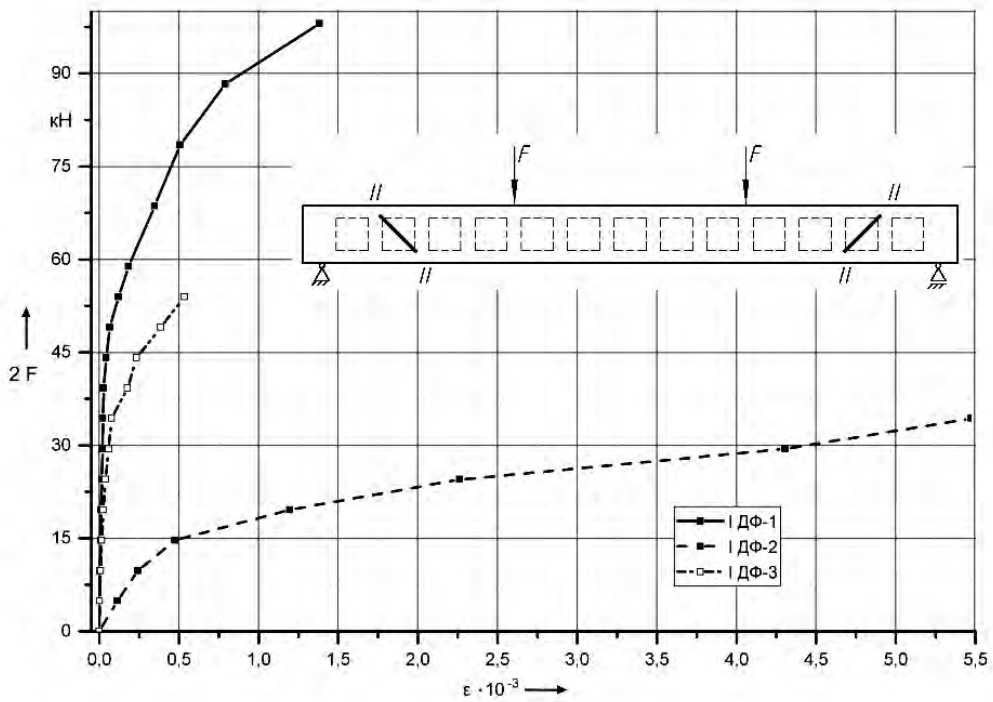
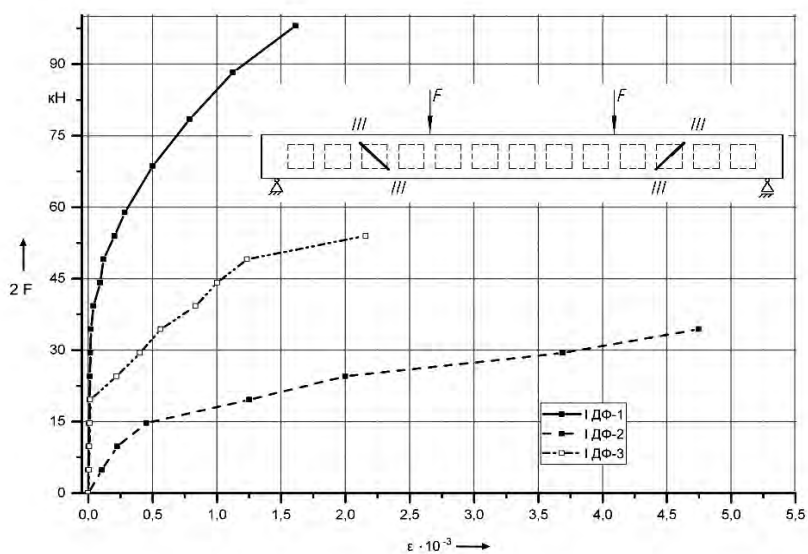


Рис. 6. Графики деформации наклонных сечений I-I (а) и II-II (б) в опытных образцах

а)



б)

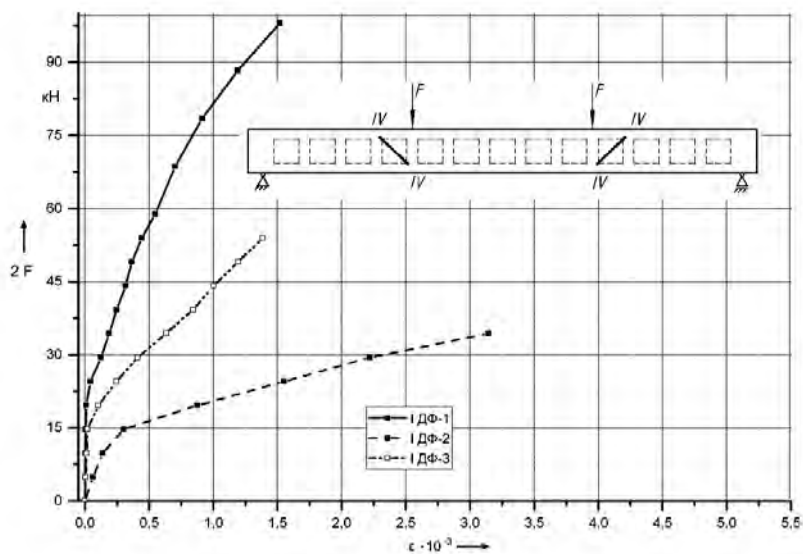


Рис. 7. Графики деформации наклонных сечений III–III (а) и IV–IV (б) в опытных образцах

Выводы

Деформативность фрагментов монолитного железобетонного перекрытия (цельного, с поперечным и продольным расположением вкладышей) различная.

Наибольшие деформации, особенно наклонных сечений, имеет опытный образец с поперечным расположением

вкладышей, меньшие – образец с продольным расположением вкладышей, наименьшие – цельный образец.

Определенные экспериментальным путем показатели деформативности необходимо учитывать при общем статическом расчете перекрытий с однонаправленным расположением вкладышей.

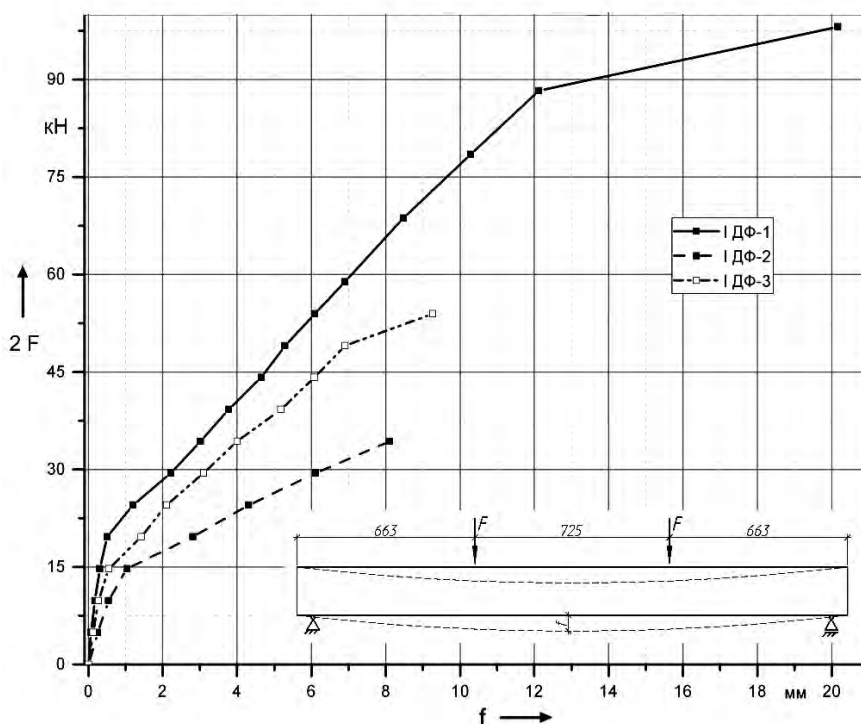


Рис. 8. Графики прогибов опытных образцов посередине пролета

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Мельник, І. В. Конструктивно-технологічні особливості бетонних і залізобетонних конструкцій з ефективними вставками / І. В. Мельник // Науково-технічні проблеми сучасного залізобетону : міжвідомчий наук.-техн. зб. – Київ, 1999. – Вип. 50. – С. 164–171.
2. Мельник, І. В. Оптимізація залізобетонних конструкцій з допомогою ефективних вставок / І. В. Мельник // Проблеми теорії і практики будівництва : зб. наук. ст. – Львів, 1997. – Т. 4. – С. 89–90.
3. Маштаков, С. О. Напружено-деформований стан монолітного залізобетонного перекриття з трубчатими порожнинами : магістерська робота / С. О. Маштаков. – Львів : Нац. ун-т «Львівська політехніка», 2002.
4. Артюх, В. Г. Экспериментальное исследование монолитной железобетонной плиты с цилиндрическими пустотами / В. Г. Артюх, И. В. Санников // Науково-технічні проблеми сучасного залізобетону : міжвідомчий наук.-техн. зб. – Київ, 2007.
5. Євстаф'єв, В. І. Полегшені багатопористі перекриття для архітектурно-будівельних систем з широким кроком несучих конструкцій : автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Київ, 2004. – 18 с.
6. Глотов, Д. А. Монолитные пустотные перекрытия в строительстве зданий [Электронный ресурс] / Д. А. Глотов, И. С. Лоскутов, О. В. Кантур. – М., 2015. – Режим доступа : http://xn--90ajn.xn--p1ai/concrete/technology_gbk/air_void_cast_in_place/air_void_cast_in_place_slabs.php.
7. Мельник, І. В. Конструктивні рішення плоских монолітних залізобетонних перекриттів з ефективними вставками і експериментальне дослідження їх фрагментів / І. В. Мельник, В. М. Сорохтей // Ресурсоєкономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди : зб. наук. прац. – Рівне, 2006. – Вип. 14. – С. 253–260.
8. Мельник, І. В. Конструювання і дослідження плоских монолітних перекриттів з ефективними вставками / І. В. Мельник, О. Ю. Царинник, В. М. Сорохтей // Будівельні конструкції : міжвідомчий наук.-техн. зб. – Київ, 2007. – Вип. 67. – С. 794–801.
9. Мельник, І. В. Випробування фрагментів монолітного плоского залізобетонного перекриття з однонаправленим розташуванням пінополістирольних вставок / І. В. Мельник, В. М. Сорохтей,

Т. В. Приставський, Н. Б. Давидовський, В. О. Крет // Вісн. НУ «Львівська політехніка». Сер. Теорія і практика будівництва. – 2012. – № 742. – С. 131–138.

10. **Мельник, І. В.** Деформативність фрагментів монолітного залізобетонного плоского перекриття з поздовжнім і поперечним розташуванням прямокутних вставок / І. В. Мельник, В. М. Сорохтей, Т. В. Приставський // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди : зб. наук. прац. – 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. прац. – Рівне, 2014. – Вип. 29. – С. 259–265.

Статья сдана в редакцию 10 июля 2015 года

Игорь Владимирович Мельник, канд. техн. наук, доц., Национальный университет «Львовская политехника». E-mail: gndl112@ukr.net.

Василий Михайлович Сорохтей, научный сотрудник, Национальный университет «Львовская политехника». E-mail: monza@ukr.net.

Тарас Владимирович Приставский, аспирант, Национальный университет «Львовская политехника». E-mail: taras.vol@ukr.net.

Igor Vladimirovich Melnyk, PhD (Engineering), Associate Prof., Lviv Polytechnic National University
E-mail: gndl112@ukr.net.

Vasyl Mikhailovich Sorokhtey, research fellow, Lviv Polytechnic National University.
E-mail: monza@ukr.net.

Taras Vladimirovich Prystavskyy, PhD student, Lviv Polytechnic National University.
E-mail: taras.vol@ukr.net.