

УДК 624.07.012.4

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПЛИТ ПЕРЕКРИТТЯ ЗІ СТАЛЕВИМ ОБРАМЛЕННЯМ У ПОРІВНЯННІ ЗІ ЗВИЧАЙНИМИ ЗАЛІЗОБЕТОННИМИ ПЛИТАМИ

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПЛИТ ПЕРЕКРЫТИЯ СО СТАЛЬНЫМ ОБРАМЛЕНИЕМ В СРАВНЕНИИ С ОБЫЧНЫМИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫМИ ПЛИТАМИ

THE EXPERIMENTAL RESEARCHES OF FLOOR SLABS WITH STEEL FRAMING COMPARED TO REGULAR REINFORCED CONCRETE SLABS

Стороженко Л.І., д.т.н., професор, Нижник О.В., д.т.н., професор, Клецов О.В., аспірант, Гапченко С.А., аспірант, Горб О.О., студент, Дячук О.Ф., студентка. (Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка, м. Полтава)

Стороженко Л.И., д.т.н., профессор, Нижник О.В., д.т.н., профессор, Клецов О.В., аспирант, Гапченко С.А., аспирант, Горб О.О., студент, Дячук О.Ф., студентка. (Полтавский национальный технический университет имени Юрия Кондратюка, г. Полтава)

Storozhenko L.I., doctor of technical sciences, professor, Nizhnik O.V., doctor of technical sciences, professor, Klestov O.V., post graduate student, Gapchenko S.A., post graduate student, Gorb O.O., student, Dyachuk O.F., student. (Poltava national technical university named after Uriy Kondratuk, Poltava)

В статті розглянуто нову конструктивну форму – збірну плиту перекриття зі сталевим обрамленням.. Наведені результати експериментальних досліджень плит зі сталевим обрамленням у порівнянні зі звичайними залізобетонними плитами та їх аналіз.

В статье рассмотрена новая конструктивная форма – сборная плита перекрытия со стальным обрамлением. Приведены результаты экспериментальных исследований плит со стальным обрамлением в сравнении с обычными железобетонными плитами и их анализ.

The new structural form is considered in the article – precast floor slab with steel framing. The results of experimental researches and their analysis of

slabs with steel framing in comparing with regular reinforced concrete slabs are described in this article.

Ключові слова:

Плита, деформація, обрамлення, анкер, арматура, сталь.

Плита, деформация, обрамление, анкер, арматура, сталь.

Slab, deformation, framing, anchor, reinforcement, steel

Постановка проблеми.

Потреби будівництва викликають необхідність не тільки в збільшенні обсягу, але і в розширенні сфери створення та використання таких індустріальних несучих конструкцій, які б повною мірою відповідали вимогам гнучкого планування в будівлях із різними функціями. Дуже важливо зробити такі конструкції легкими та простими у виготовленні й монтажу. Внаслідок цього останнім часом в будівництві все частіше розпочали застосовувати сталезалізобетонні конструкції, які являють собою сполучення металевих профілів із залізобетоном зі стрижневим армуванням [1].

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Дослідження та використання сталезалізобетону набуло надзвичайно широкого розповсюдження в багатьох країнах і, зокрема, в Україні [2].

Економічність сталезалізобетонних конструкцій із використанням сталевих профілів порівняно з традиційними залізобетонними забезпечується за рахунок більш ефективного застосування жорсткої арматури шляхом раціонального її розміщення, що дає можливість отримати приріст міцності та жорсткості. На даний час впровадження та використання безбалкових перекриттів формує курс розвитку масового будівництва як в Україні так і за її межами. Такі перекриття являються найбільш надійними та довговічними. Дослідженню безбалкових перекриттів, а також окремих їх елементів присвячені роботи багатьох вчених як в нашій країні, так і за її межами.

Виділення не розв'язаних раніше частин загальної проблеми.

Разом зі значними перевагами традиційні залізобетонні безбалкові перекриття мають і ряд суттєвих недоліків. Зокрема, при спорудженні збірних залізобетонних конструкцій безбалкового перекриття відповідальним моментом, від якого залежить успіх монтажу всього перекриття, є надзвичайно точне встановлення надколонних плит, що в свою чергу потребує нестандартного підходу з точки зору технології та організації робіт. Такі перекриття влаштовані таким чином, що під час їх монтажу потрібне застосування значної кількості додаткових підтримуючих пристроїв та риштувань для встановлення плит. Роботи зі спорудження будівель з таким каркасом потребують специфічних навичок у робітників на будівельному майданчику. Це призводить до деяких технологічних труднощів та до значного збільшення трудомісткості виготовлення конструкції. Суттєвим моментом у багатьох випадках є також наявність рельєфу на поверхні стелі, що

утворюється міжколонними та надколонними плитами (залежно від розрізування перекриття на збірні елементи) й основним настилом. Це зводить нанівещь основну ідею безбалкового перекриття, що полягає в утворенні абсолютно гладкої плоскої стелі.

Монолітні залізобетонні безбалкові перекриття з точки зору їх роботи виглядають досить пристойно, але при спорудженні такого перекриття потрібна велика кількість різноманітних риштувань, підтримуючих засобів та дорога за вартістю опалубка. При будівництві монолітного перекриття значно збільшуються терміни будівництва, за рахунок збільшення кількості технологічних перерв, необхідних для тужавіння бетону.

Формулювання цілей статті.

Метою даної статті є аналіз експериментальних даних щодо несучої здатності, деформацій та характеру руйнування залізобетонної плити зі сталевим обрамленням у порівнянні зі звичайними залізобетонними плитами.

Методика досліджень.

В основу запропонованої конструкції збірної залізобетонної плити перекриття зі сталевим обрамленням [3] покладено завдання удосконалення поперечного перерізу, зміни технології виготовлення та ефективних засобів забезпечення сумісної роботи бетону зі сталевим елементом, що дає можливість уникнути опалубних робіт, економити матеріали, спростити і прискорити виготовлення та монтаж конструкцій.

За програмою експериментальних досліджень було виготовлено три серії сталезалізобетонних зразків та три залізобетонних з різними геометричними характеристиками, таблиця 1.

Таблиця 1

Характеристика дослідних зразків

№	Серія	Розміри в плані / товщина плити, мм	Несуча здатність, кН
Сталезалізобетонні зразки			
1	ПВ50-1	1250x1250/50	182
2	ПВ63-1	1276x1276/63	195
3	ПВ75-1	1300x1300/75	268
Залізобетонні зразки			
4	ПВ50-1-1	1250x1250/50	123
5	ПВ63-1-1	1276x1276/63	136
6	ПВ75-1-1	1300x1300/75	190

На рис.1 зображено збірну залізобетонну плиту перекриття зі сталевим обрамленням та її поперечний переріз. Конструкція, що наведена на рис. 1 складається зі сталеві рами 1, яка може бути виготовлена з кутиків за допомогою електрозварювання, арматурної сітки 2 та анкерних засобів 3, що забезпечують сумісну роботу сталеві рами та залізобетонної складові плити.

Для отримання експериментальних результатів, які дадуть можливість в достатній мірі судити про особливості роботи плит перекриття зі сталевим обрамленням, запроектовані і виготовлені зразки різних геометричних розмірів, з бетону одного замісу із запроектованою міцністю бетону В30. У якості в'язучого використовувався цемент активністю М400 Балаклієвського цементно-шиферного комбінату. У якості заповнювача для бетону використовувався гранітний щебінь Кременчуцького кар'єра фракції 5-20 мм і кварцовий пісок із модулем крупності 1,4. Бетонування плит виконувалось без перерв в один шар з послідовним ущільненням бетонної суміші за допомогою віброплощадок.

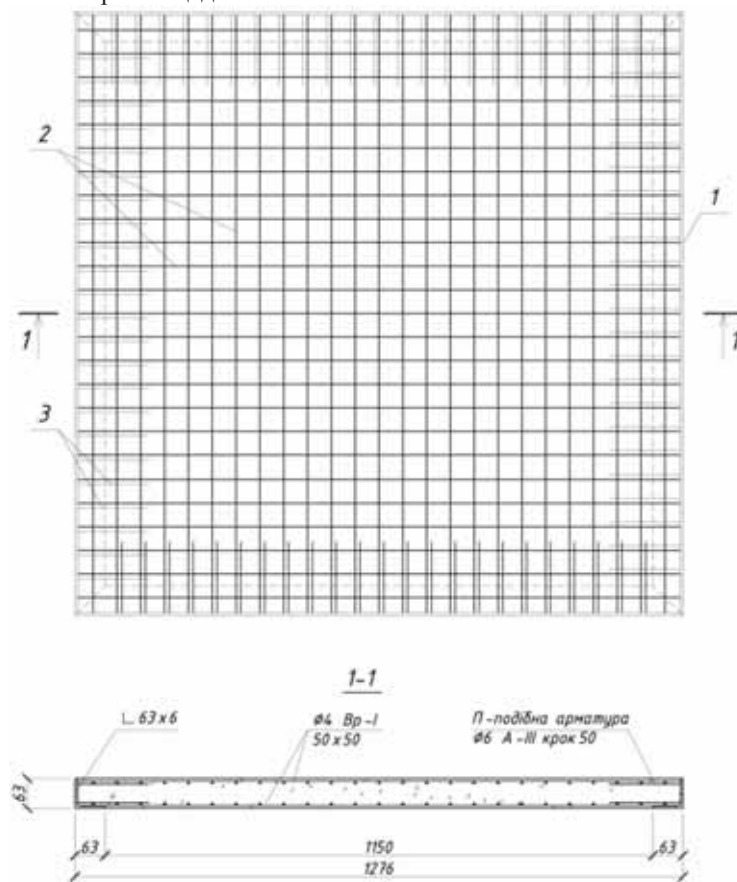


Рис.1. Дослідні зразки панелей перекриття ПВ 63-1:

- 1 – кутик рівнополічний 63×5;
- 2 – сітка арматурна (Вр-I Φ 4мм, крок 50×50 мм);
- 3 – анкери у вигляді П-подібної арматури Φ 6мм, крок 50мм

Сталезалізобетонні зразки виготовлялись на горизонтальній поверхні без застосування опалубки. Розміщення на готових плитах монтажних або інших навантажень до експериментальних випробувань не допускалось.

При дослідженні зразки спиралися по контуру плити на сталеву раму та завантажувалися на відстані 360мм від країв через траверси поетапно. Завантаження на плити проводилось через прокладки поетапно ступенями, що складала 2кН. Витримка між ступенями завантаження складала 10 хв. Під час витримування плит під навантаженням відбувалось зняття показань приладів і ретельне обстеження поверхні плити.

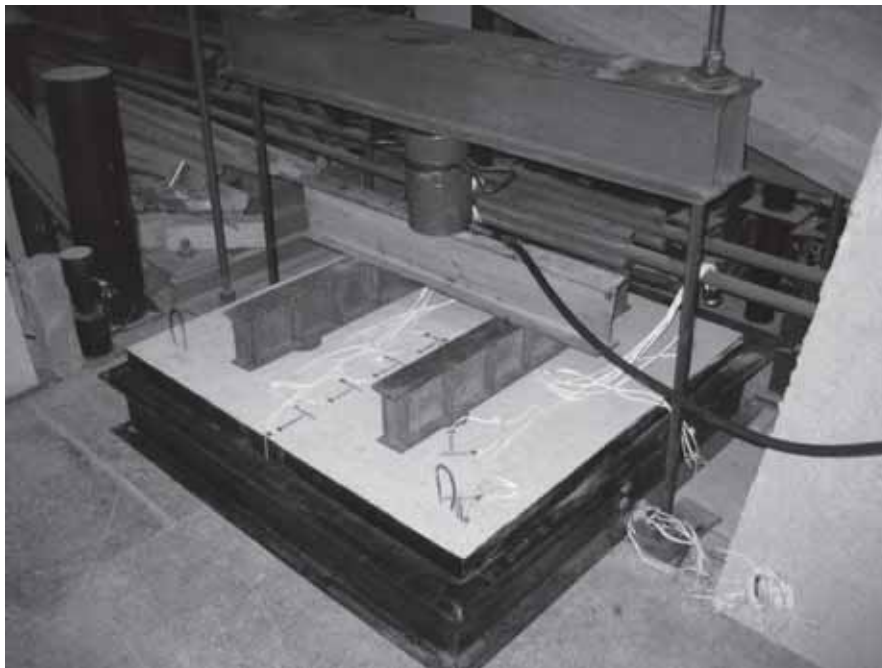


Рис.2. Установка для випробування зразків

Для вимірювання прогинів на плити встановлювались прогиноміри по середині прольоту конструкції. Основним джерелом інформації про напружено-деформований стан плит були електротензорезистори (база 50 мм, рис.3). Відліки по тензорезисторам знімалися за допомогою приладу ВНП-8.

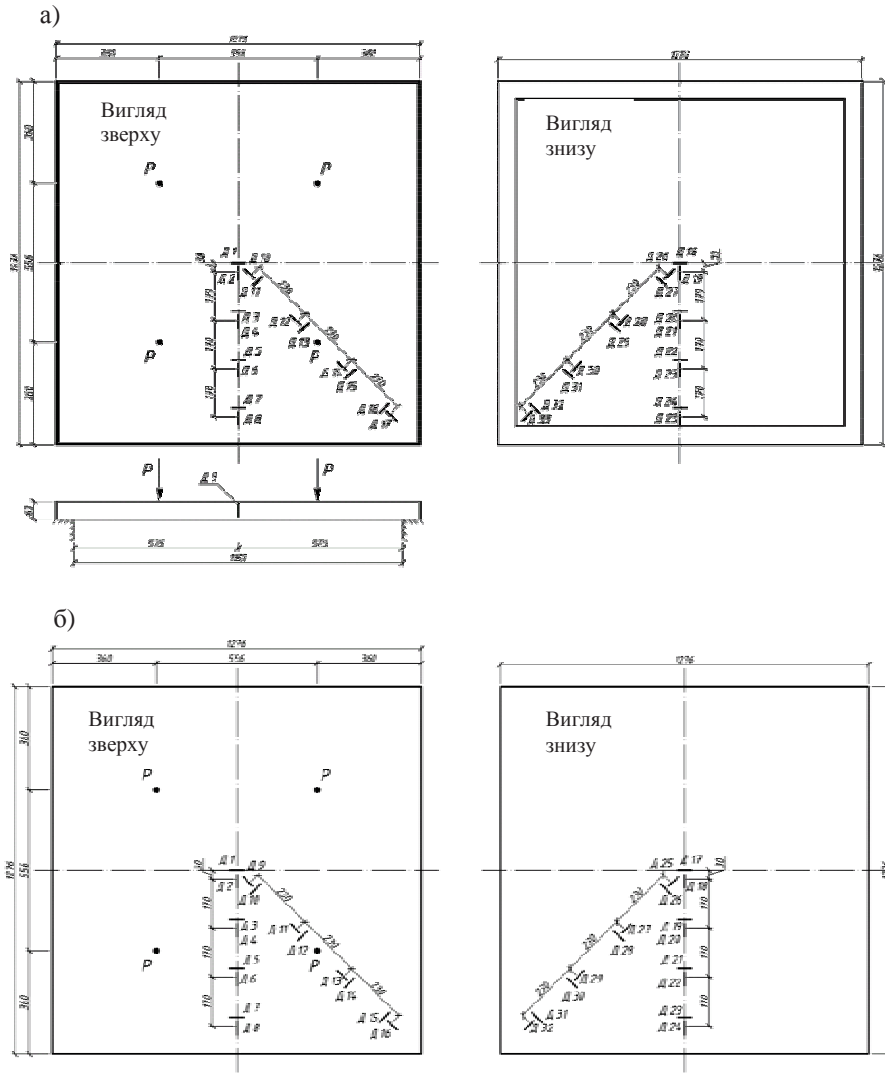


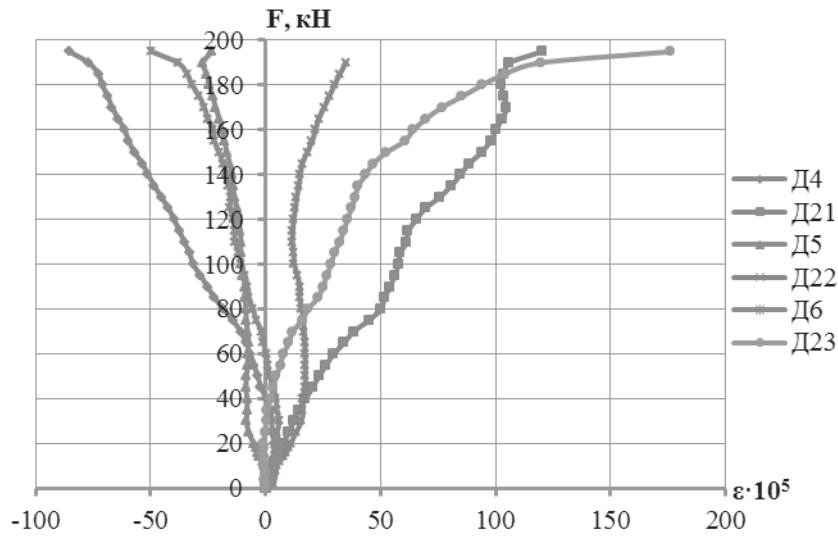
Рис.3. Схеми розміщення електротензорезисторів та прикладення зовнішніх сил;
а) ПВ 63-1, б) ПВ 63-1-1.

Результати досліджень.

У результаті вимірювання переміщень посередині прольоту та виникнення мікротріщин у крайніх волокнах досліджуваних зразків, що заміряні за допомогою прогиноміра та електротензорезисторів, отримані

графіки залежності деформацій від навантаження, які свідчать про те, що на всіх етапах завантаження бетон та сталь працювали сумісно (рис.4).

а)



б)

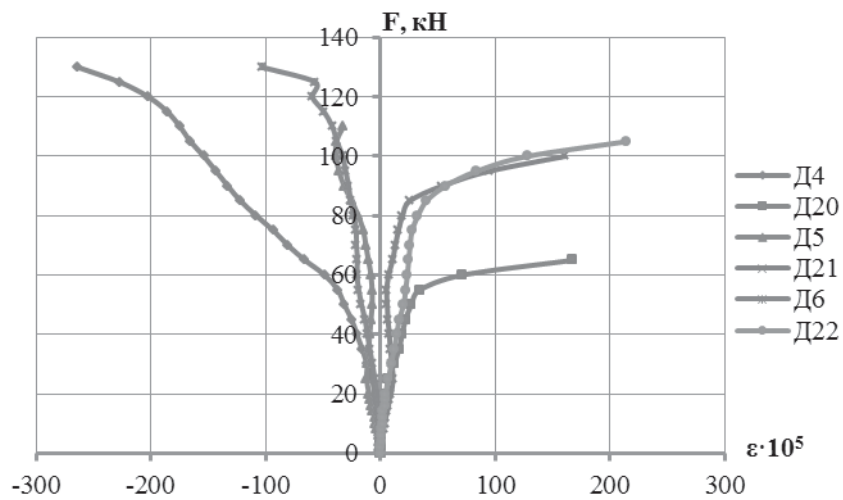


Рис.4. Залежність відносних деформацій від навантаження за показаннями електротензорезисторів:

а) зразок ПВ 63-1; б) зразок ПВ 63-1-1

На основі показань повздовжніх та поперечних електротензорезисторів побудовані графіки розподілення деформацій по поверхні та по висоті зразків, з яких яскраво видно характер їх деформування (рис.5, рис. 6).

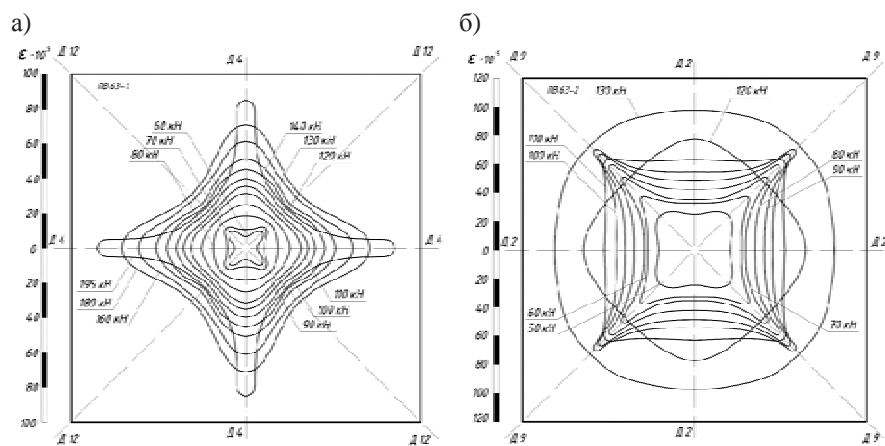


Рис.5. Графіки розподілення деформацій в залежності від навантаження посередині плити по поздовжнім телектротензорезисторам у поперечному та діагональному напрямках:
а) ПВ 63-1; б) ПВ 63-1-1

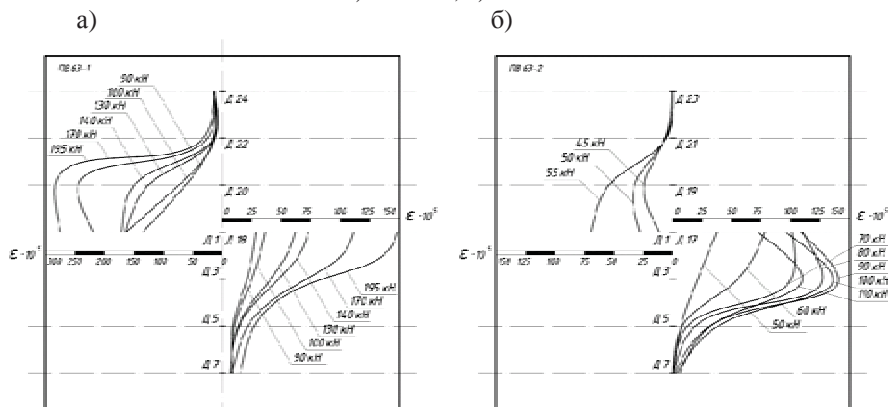


Рис.6. Графіки розподілення деформацій в залежності від навантаження зразків по поперечним електротензорезисторам у поздовжньому напрямку:
а) ПВ 63-1; б) ПВ 63-1-1

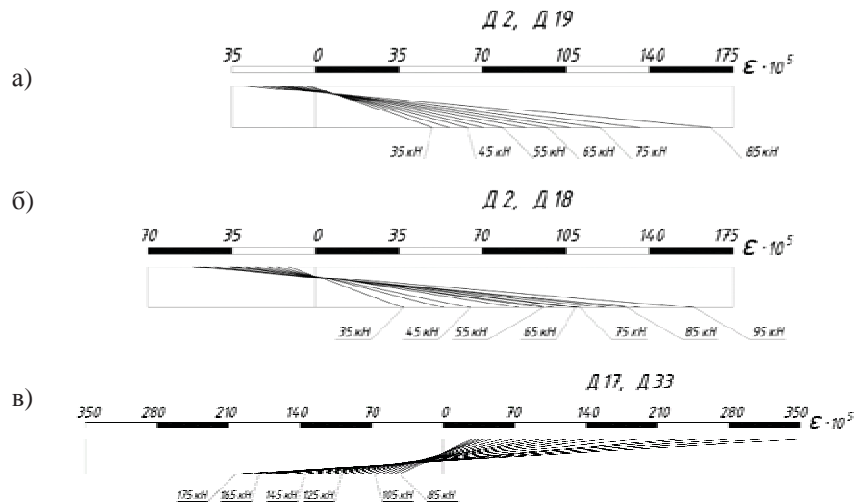


Рис.7. Графіки розподілення деформацій в залежності від навантаження по висоті зразка:

- а) по даним електротензорезисторів Д2, Д19 зразка ПВ 63-1
- б) по даним електротензорезисторів Д2, Д18 зразка ПВ 63-1-1
- в) по даним електротензорезисторів Д17, Д33 зразка ПВ 63-1

З приведених графіків видно, що відносні деформації в плитах розвиваються у поперечному напрямку більше ніж у діагональному, що підтверджується характером руйнування зразків (рис.8). Також слід відзначити, що відносні деформації сталезалізобетонного зразка набагато менші ніж у залізобетонного, що свідчить про більшу жорсткість сталезалізобетонної конструкції. У зразка ПВ 63-1 відносні деформації біля опори змінюють знак на протилежний, що свідчить про наявність моменту на опорі, який створюється сталевим обрамленням з прокатного кутика (рис.7в).

Із наведених графіків видно, що на початковій стадії навантаження виникають переважно пружні деформації. На подальших рівнях завантаження, що відповідають деформаціям, при яких спостерігається текучість і відбувається утворення тріщин на бетонній плиті – різко проявляються пластичні деформації.

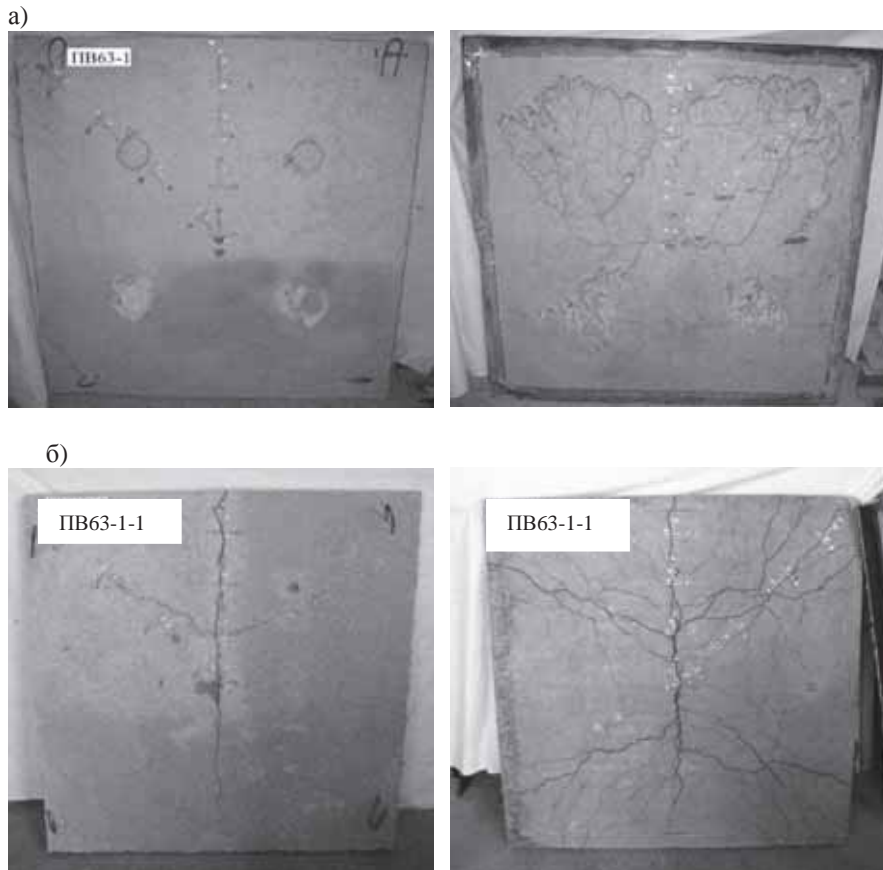


Рис.8. Характер утворення тріщин на поверхні зразків серії ПВ
а) ПВ 63-1; б) ПВ 63-1-1.

Результатом досліджень є установлені фактичні значення навантажень при утворенні перших тріщин, залежності прогинів від навантаження, значення згинальних моментів, при яких відбулося повне руйнування конструкцій. При навантаженнях, що склали більше 70-80% від руйнуючого, починали утворюватись незначні тріщини в тілі плити.

При навантаженнях, що відповідали руйнуючим, можна було відзначити значні деформації плит, прогини досягнули більш ніж 2 см (рис.9), після чого конструкції втрачали свою несучу здатність. При проведенні експериментальних досліджень установлено, що несуча здатність

залізобетонних плит перекриття становила 120-190кН, а плит зі сталевим обрамленням становила 180– 270кН в залежності від товщини плит (рис.10).

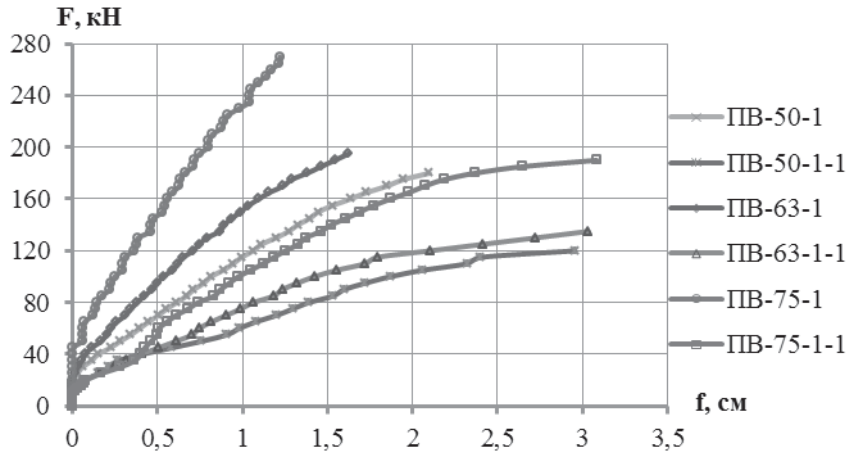


Рис.9. Графіки залежностей прогинів від навантажень

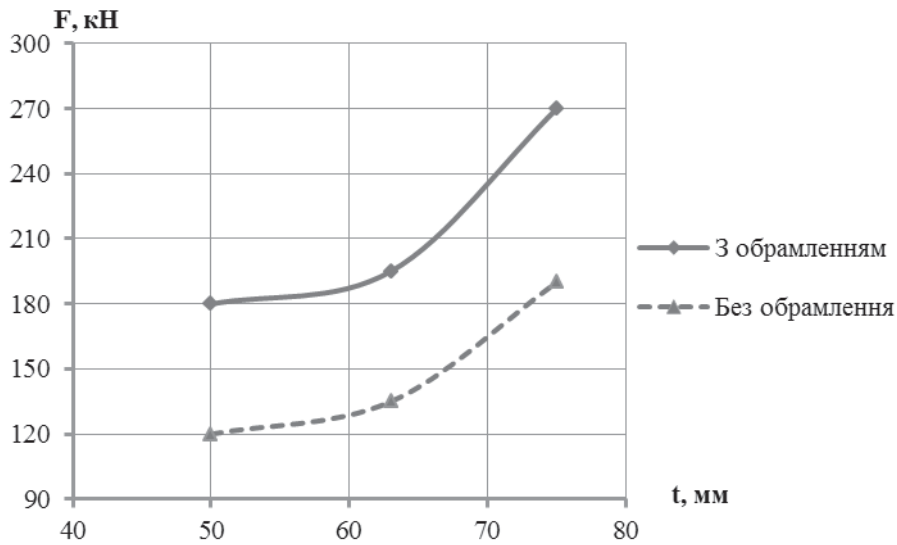


Рис.10. Графік залежності несучої здатності від товщини плит

В цілому досліджувані плити з обрамленням на всіх ступенях завантаження працювали як єдина монолітна конструкція, при цьому можна чітко відзначити сумісність роботи сталевго обрамлення із залізобетонною

плитою, оскільки не спостерігалися відриви залізобетонної складової від сталевго обрамлення – все це свідчить про надійність роботи конструкції в цілому. У всіх зразках руйнування проходило майже однаково, характеризуючись різким збільшенням прогинів та руйнуванням бетону стиснутої зони на середній ділянці між точками прикладання навантаження.

Після завершення випробувань кожен зразок ретельно оглядався, особлива увага приділялась місцю стикування бетону та сталевго обрамлення – на їх межі ніяких суттєвих порушень зв'язку не відмічено, що свідчить про сумісну роботу двох складових комплексної плити.

Всі ці обставини дозволяють вважати, що запропоновані збірні плити перекриття зі сталевим обрамленням можуть широко застосовуватись при зведенні громадських будівель різного призначення, зокрема при спорудженні безбалкових та часторебристих перекриттів, оскільки вони забезпечують гнучкість і трансформативність планувальних рішень, а також у тих випадках, коли перекриття є основним елементом, що забезпечує загальну просторову стійкість будинку, і тоді, коли воно має складну в плані форму, внаслідок чого типові конструкції збірних перекриттів не можуть бути застосовані.

Висновки.

З аналізу проведених експериментальних досліджень можна зробити висновок, що сталезалізобетонні плити зі сталевим обрамленням ефективно працюють під навантаженням. При їх виготовленні в збірному варіанті не потрібна опалубка, вони можуть виготовлятися на рівній поверхні – бойку. На всіх етапах завантаження в плитах зі сталевим обрамленням бетон та прокатні профілі-кутики працювали сумісно. Несуча здатність плит зі сталевим обрамленням на 45-50% більша ніж у звичайних залізобетонних плитах. Сталева обрамлення суттєво підвищує жорсткість конструкції. Збірні плити перекриття зі сталевим обрамленням можуть широко застосовуватись при зведенні громадських будівель різного призначення.

1. Стороженко Л.І. Сталезалізобетонні конструкції / Л.І. Стороженко, О.В. Семко, В.Ф. Пенц. – Полтава: ПНТУ, 2005. – 181 с.

2. Стороженко Л.І. Сталезалізобетонні конструкції. Дослідження, проектування, будівництво, експлуатація / Л.І. Стороженко, В.М. Сурдін, В.І. Єфіменко, В.І. Вербицький. – Кривий Ріг: КТУ, 2007. – 448 с.

3. Патент на кор. модель №41231 Україна, Держ. Департамент інтелектуальної власності МПК (2006) E04B 1/02 Збірна плита перекриття зі сталевим обрамленням / заявники Стороженко Л.І., Нижник О.В.; власник ПолтНТУ. – 2009.