

Слід зазначити, що попередня побудова кореляційної залежності "параметр поширення пружної хвилі – міцність бетону", відповідно до положень відомих нормативних документів, дозволяє визначити міцність бетону на ділянках досліджуваної конструкції чи споруди.

Запропонована методика реалізується спеціалізованою портативною акустичною апаратурою ПАА-3, розробленою з урахуванням специфіки проведення вимірів. Вона забезпечує максимальну простоту проведення вимірів, необхідну вірогідність результатів, надійність функціонування [4].

Розробка, зокрема, застосовувалася для діагностики масивних конструкцій з цементно-піщаних бетонів міцністю 2...10 МПа на промислових об'єктах Східної Німеччини.

Для порівняння результатів контролю вищевказана діагностика цементно-піщаного бетону низької міцності масивних конструкцій з використанням розроблених методики й портативної акустичної апаратури дублювалася контрольними вимірами на основі ультразвукового імпульсного методу, реалізованого з бураленням допоміжних шпурів і установкою в них випромінюючого і приймального п'єзоелектричних перетворювачів.

Дублювання вимірів ультразвуковим методом проводилося після одержання результатів діагностики з використанням розробленого акустичного методу в місцях виявлених площин розшарування бетону. Дослідження структурних неоднорідностей бетону ультразвуковим методом полягало в перевірці їх наявності й визначенні величини міцності бетону на контрольованих ділянках досліджуваної конструкції.

Порівняння даних, отриманих при використанні розробленої методики акустичного контролю й апаратури ПАА-3, з результатами, одержаними при їхній перевірці ультразвуковим імпульсним методом, показало збіг у визначенні місця розташування площин розшарування бетону. Діапазон порівняльних значень міцності бетону, визначеної на підставі вимірів обома методами, займає 5...8 %.

Одним з елементів розробленої методики діагностики є спеціалізована обробка даних вимірювання, що пов'язана з рядом обчислювальних робіт і побудовою графіків розподілу характеристик пружних хвиль у досліджуваному бетоні конструкції або споруди. У зв'язку з цим логічним продовженням розробки з'явилося створення програмного продукту, що дозволяє автоматизувати процес обробки даних.

Для створення програмного інтерфейсу використовувалося візуальне середовище програмування Delphi. Вибір цього середовища програмування обумовлений наступними основними міркуваннями.

В основі ідеології Delphi лежать технології візуального проектування й подійного програмування, застосування яких дозволяє істотно скоротити час розробки й полегшити процес створення доповнень – програм, які працюють у середовищі Windows.

Delphi також включає розширену підтримку баз даних, включаючи убудовану підтримку запитів, звіти й засоби створення баз даних.

Додатково Delphi оснащена експертами, що полегшують конструювання й реалізацію баз даних і відповідного інтерфейсу користувача. Проектувальник наборів даних (Data Set designer), що поставляється з Delphi,

за допомогою форм, дає користувачеві можливість швидко створювати таблиці, форматувати відображення запитаних даних.

Розроблене спеціалізоване програмне забезпечення дозволяє вирішити завдання обробки даних і одержувати тверду копію результатів розрахунку.

Розроблені методика, комплекс контрольно-вимірювальної апаратури та спеціалізоване програмне забезпечення для діагностики монолітного бетону в конструкційних елементах чи спорудах дають змогу визначати не тільки порушення структури досліджуваного матеріалу, але й визначати місце їх розташування з достатньою достовірністю. Таким чином, це поширює область застосування розробки і на дослідження експлуатованих конструкцій та споруд з метою визначення подовженості їх життєвого циклу, обсягу ремонтних чи реставраційних робіт.

#### ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Сериков Я.А. Применение ультразвукового импульсного метода контроля при реализации проектов ремонта и реконструкции существующего жилого фонда и промышленных объектов / Устойчивое развитие городов и новации жилищно-коммунального комплекса // Пятая Международная научно-практич. конф. М.: МИКХиС, 2007, т.2. С. 338 – 341.
2. Сериков Я.А., Л.Н.Шутенко, М.С.Золотов, С.Я.Сериков Диагностика монолитного бетона в конструкциях и сооружениях неразрушающим методом с использованием упругих волн / Устойчивое развитие городов и новации жилищно-коммунального комплекса // Пятая Международная научно-практич. конф. М.: МИКХиС, 2007, т.2. С. 162 - 165.
3. Шутенко Л.Н., Сериков Я.А., Золотов М.С. Исследование строительных материалов и конструктивных элементов зданий и сооружений ультразвуковыми методами. К.: Техника, 2006 – 210 с.
4. Serikov J. Improvement of the Methods and Means of Nonlinear Acoustics for Diagnostics of Concrete of Massive Items, Constructions and Structures // Nonlinear Acoustics at the beginning of the 21<sup>st</sup> Century // 16<sup>th</sup> Intern. Symp. on Nonlinear Acoustics «ISNA – 16». Moskow State University – Moskow, 2002. – V.2, p. 843 – 846.

УДК 624.016 – 192

#### ОЦЕНКА НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ СТАЛЕБЕТОННОГО ПЕРЕКРЫТИЯ ПРОМЫШЛЕННОГО ЗДАНИЯ

*Н.В. Смолянюк к.т.н.,*

*Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет, г. Харьков*

В сталебетонных конструкциях сцеплению листовой арматуры с бетоном по длине контакта придаётся первостепенное значение, поскольку надёжная связь является единственной гарантией эксплуатационной пригодности таких конструкций. В настоящее время существуют прогрессивные сварочные

технологии, широко используются в строительстве эффективные синтетические клеящие материалы, новые виды листовой арматуры. Наряду со своими позитивными свойствами, эти способы объединения имеют и недостатки, поэтому необходимы новые конструктивные решения плит с внешним армированием.

В настоящей работе описаны экспериментальные исследования опёртых по контуру бетонных плит с внешним армированием листовой сталью. В отличие от ранее проводимых работ [1,2,3], здесь предложено объединение стального листа с бетоном при помощи П-образных просечек, вырезанных в металлическом листе (см. рис. 1) [4,5].

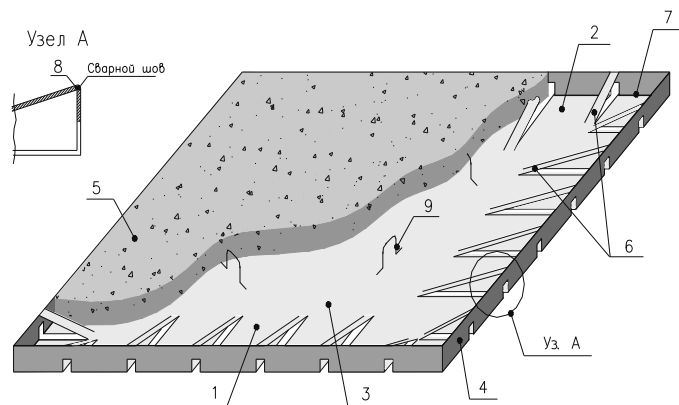


Рис. 1. Схема сталебетонной плиты перекрытия:

1- армоопалубочный элемент; 2 – металлический лист; 3 – основание листа; 4 – отбортовки стального листа; 5 – бетон; 6 – просечка; 7 – лития перегиба отбортовок; 8 – отогнутая кромка просечек; 9 – петлевой анкер.

В процессе исследований определялись: несущая способность плит с различным расположением просечек; характер деформирования и исчерпания несущей способности; динамика развития пластических свойств в стальном листе и трещинообразование в бетоне; влияние характера расположения и шага просечек на деформации и прочность плиты; закономерности распределения усилий в стальном листе, а также в бетоне на поверхности плиты и в просечках.

Экспериментальные исследования проводились на 9 опытных образцах квадратных сталебетонных плит (П1, ..., П9) с размерами в плане 1,0 × 1,0 м и высотой 0,05 м. Толщина стального листа – 1 мм. Сцепление плоского стального листа с отбортовками и размещённого на этом листе бетонного слоя достигалось за счёт П-образных просечек шириной 20 мм, выполненных в металлическом листе. Так как основание каждой просечки размещалось на листе, а отогнутая кромка просечек – на отбортовках, по периметру стального листа образовались треугольные шпонки. Рассматривались следующие варианты размещения П-образных просечек: под углом 90 ° по отношению к

кромке листа (образцы П1, П4, П5); веерообразно ( П2, П6, П7) под углами от 54 ° до 90 ° по отношению к кромке листа и по углам плиты ( ПЗ, П8, П9) (см. рис. 2). Кроме того, в каждом третьем образце просечки при соединении с отбортовками закручивались на 180 °.

Для изготовления бетонной смеси использовался шлакопортландцемент марки 500 (Белгород), песок (Безлюдовка) с модулем крупности  $M_k=1,0 \dots 1,4$ . Заполнитель – гранитный щебень марки М-1200 (по прочности), фракции 5-20 мм (Кременчуг). Бетонирование осуществлялось на Харьковском заводе железобетонных конструкций «Метрострой». Изготовленные образцы П-1...П-9 были подвержены тепловлажностной обработке в пропарочной камере ямного типа.

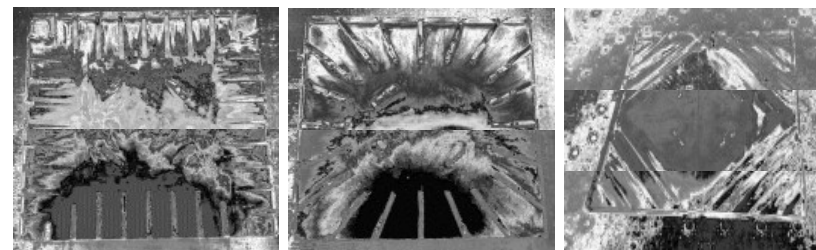


Рис. 2. Стальной лист с отогнутыми бортами и приваренными к ним просечками (образцы П1, П6, ПЗ до бетонирования).

Испытания проводились в соответствии с представленной схемой (см. рис. 3) на действие распределённой нагрузки, приложенной в центре плиты через жёсткий штамп с внешними размерами 40×40 см и внутренними - 20×20 см. Таким образом, нагрузка передавалась по замкнутой полосе площадью 0,12 м<sup>2</sup>. Под штампом располагался слой плотной резины толщиной 1 см. Рабочее усилие создавалось гидравлическим домкратом. Предотвращение отрыва плиты от опорного контура в угловых зонах осуществлялось скобами, допускающими свободные угловые перемещения.

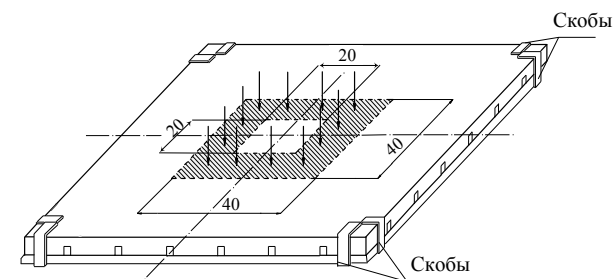


Рис. 3. Схема приложения нагрузки.

Вертикальные перемещения точек образца в процессе нагружения фиксировались индикаторами часового типа, которые располагались вдоль оси симметрии плиты. В образцах измерялись относительные деформации стального листа, а также деформации в верхних волокнах бетона и в просечках при помощи тензометрических датчиков.

В результате испытаний опытных образцов сталебетонных плит получены данные о характере деформирования их под нагрузкой. На рис. 4 представлены линии прогибов плит при различных значениях нагрузки на них.

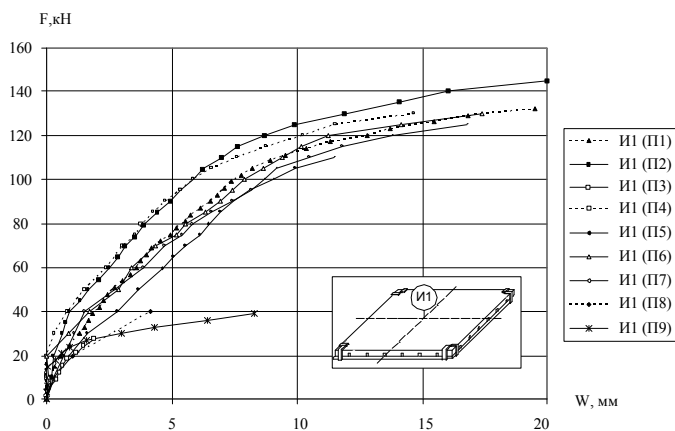


Рис. 4. Диаграмма «нагрузка - прогиб» для центральных точек сталебетонных плит П1 – П9.

Сравнение диаграмм деформирования сталебетонных плит под нагрузкой с аналогичными для железобетонных позволяет сделать вывод о том, что листовое армирование в отличие от стержневого сглаживает анизотропные свойства элемента плиты после образования трещин в растянутой зоне бетона. Поэтому на диаграмме «нагрузка-прогиб» сталебетонных плит отсутствует резкий перелом, характерный моменту трещинообразования в железобетонных плитах.

На рис. 5 приведены результаты измерений относительных деформаций на поверхности бетона плиты. Из рисунка видно, что разрушение верхнего волокна бетона сжатой зоны происходит при нагрузке 12 – 14 т под штампом. Также измерялись деформации на бетоне в нижней зоне путём наклейки датчиков вдоль просечек.

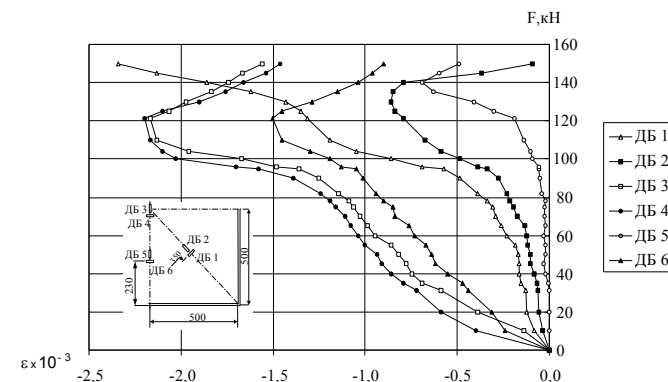


Рис. 5. Деформации бетона на поверхности плиты П2.

В процессе экспериментальных исследований была определена несущая способность сталебетонных плит (см. таблицу 1)

Таблица 1  
Несущая способность экспериментальных образцов

Образец	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Несущая способность, кН	35	50	2	30	20	35	30	2,5	9

Экспериментальные исследования показали, что только у образцов с просечками, выполненными по углам, несущая способность была не велика (на 70 % меньше, чем у плит с другим расположением просечек), т.к. просечки находились в направлении действия изгибающего момента отрицательной величины, то есть в местах образования угловых трещин.

Несущая способность плит с веерообразно расположенными просечками по сравнению с несущей способностью плит, в которых объединение бетонного слоя с листом выполнено при помощи анкерных упоров, в среднем на 20 % больше. Разрушающие нагрузки плит с взаимно перпендикулярным расположением просечек в среднем на 10 % меньше, чем нагрузки плит с веерообразными просечками. Закручивание просечек улучшало сцепление слоя бетона с листом и повышало несущую способность сталебетонных плит в среднем на 3 – 4 %.

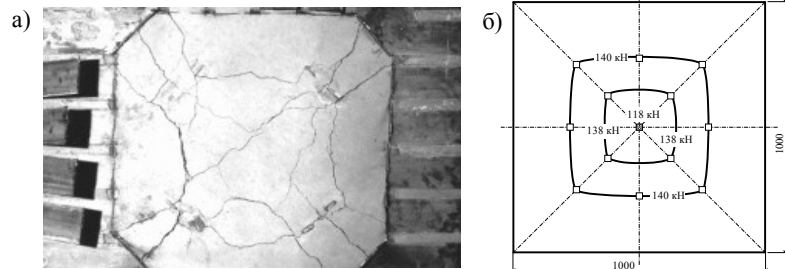


Рис. 6. Схема трещинообразования в растянутой зоне бетона плиты П1 после вскрытия стального листа (а) и развитие пластических свойств в листовой арматуре (б).

На основании анализа схемы трещинообразования и последовательности развития пластических свойств в листовой арматуре можно утверждать, что схемы предельного состояния при разрушении сталебетонной плиты по прочности нормальных сечений совпадают с аналогичными схемами для железобетонных плит (рис. 6). Следовательно, применение метода предельного равновесия к оценке несущей способности с использованием известных для железобетонных плит схем, обосновано также и для плит с внешним листовым армированием.

Приведенные результаты экспериментальных данных подтверждают результаты теоретических исследований, полученных при расчёте сталебетонных плит методом конечных элементов с помощью проектно-вычислительного комплекса Structure CAD для Windows. Например, на рис. 7 изображены вертикальные перемещения плиты П-2 (см. рис. 7а) и отдельно стального каркаса до бетонирования (см. рис. 7б). Аналогичные расчёты были проведены для плиты П-1. Результаты всех вычислений представлены в графической форме в виде деформированной схемы, изополей и изолиний перемещений и деформаций.

Расчёт сталебетонных плит вёлся при нагрузке 70 кН (в упругой стадии). В углах, где конструкция плиты закреплялась скобами, перемещения ограничивались по всем шести направлениям. По контуру накладывались связи с ограничением перемещений по оси Z. Анализ результатов расчёта позволяет сделать выводы, аналогичные выводам, полученным при анализе результатов экспериментальных исследований.

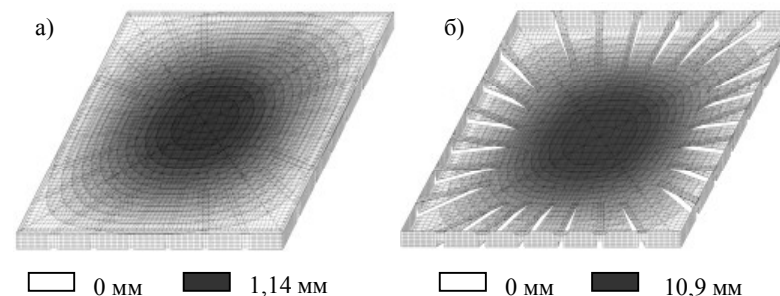


Рис. 7. Изополя и изолинии вертикальных перемещений плиты П2.

В результате сравнения эффективности сталебетонных плит с железобетонными был получен вывод о том, что замена стержневого армирования на листовое в плитах опёртых по контуру приводит к существенному повышению их жёсткости. Очевидно, отмеченное свойство плиты объясняется особенностью работы плоского стального листа, способного воспринимать растягивающие усилия близкие к его физическому пределу текучести одновременно во взаимно перпендикулярных направлениях. Также необходимо отметить, что треугольная шпонка, образованная по периметру сталебетонной плиты благодаря отогнутым и приваренным просечкам, работающим на растяжение, играет существенную роль в повышении жёсткости, а, следовательно, и несущей способности плиты с внешней листовой арматурой.

#### ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Чихладзе Э.Д., Арсланханов А.Д. Несущая способность сталебетонных плит // Изв. вузов. Строительство и архитектура, – 1989, - №4. – С.5 – 8.
2. Чихладзе Э.Д., Арсланханов А.Д. Напряжённо-деформированное состояние сталебетонных плит // Строительная механика и расчёт сооружений, – 1990, - №2. – С.22 – 26.
3. Чихладзе Э.Д., Арсланханов А.Д. Экспериментальные исследования сталебетонных плит // Изв. вузов. Строительство и архитектура, – 1991, - №5. – С.125 – 128.
4. А.С. № 1647101. Перекрытие / Чихладзе Э.Д., – 1991, – Бюл. №17.
5. Коровниченко Н.В. Сталебетонная плита перекрытия // Межвузовский сборник научных трудов / ХарГАЖТ, - 2001, – вып.48. – С. 57 – 60.