

УДК 624.074

Е.Г. Стоянов, А.В. Набока

Харьковский национальный университет городского хозяйства имени А.Н. Бекетова, Харьков

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ДИСКА ПЕРЕКРЫТИЯ, СОСТАВЛЕННОГО ИЗ СБОРНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПРЕДВАРИТЕЛЬНО НАПРЯЖЕННЫХ МНОГОПУСТОТНЫХ ПЛИТ

В статье приводятся результаты экспериментальных исследований работы конструкции перекрытия, составленного из сборных железобетонных предварительно напряженных плит с канатной арматурой, работающих в едином диске перекрытия. При достаточной сдвиговой прочности шва между плитами ячейка перекрытия работает как единый диск при симметричном и несимметричном нагружении.

Ключевые слова: диск перекрытия, изгибная жесткость, схема нагружения.

Постановка проблемы

Объектом исследования являются сборные многопустотные железобетонные предварительно напряженные плиты перекрытий, изготавливаемые по безопалубочной стендовой технологии. Плиты выполняются шириной 1200 мм, высотой 220 мм, перекрывают пролеты от 4.2 м до 9.0 м, запроектированы под расчетную временную нагрузку сверх собственного веса от 4.5 кН/м² до 21.0 кН/м².

Плиты армируются высокопрочной канатной арматурой К1400, К1500.

Для серийного производства таких плит авторами разработана методика их расчета, базирующаяся на национальных нормах [1,2], и на рекомендациях Еврокода 2.

Анализ последних исследований и публикаций

Рассматривались различные конструктивные схемы сборных дисков (с опиранием на жесткий или податливый контур, с опиранием плит друг на друга по этажной схеме, с соединением плит между собой с помощью закладных деталей в отдельных точках или сплошным продольным швом, с устройством надбетонки над пустотными плитами и др.). Определенный интерес представляют композитные железобетонные плиты, в которых в качестве вкладышей применены микрокапсулы РСМ, которые адаптируются к температурному режиму и имеют потенциал в энергосбережении [3,4].

Цель исследования

Целью настоящего исследования является возможность управления напряженно-деформированным состоянием ячейки перекрытия, составленной из сборных железобетонных плит.

Основная часть исследования

При разработке рекомендаций по проектированию плит были определены следующие критерии:

- минимизация затрат на изготовление и монтаж;
- применение минимально возможного класса бетона;
- рационально принимаемая длина опирания концевых участков плит на каменную кладку без дополнительного усиления торцов плит.

Для выполнения указанных требований плиты запроектированы без поперечной и конструктивной арматуры.

Класс бетона для плит и рациональная длина опирания плиты на стену определялись, исходя из требований отсутствия трещин в верхней фибре бетона в момент отпуска напрягаемой арматуры, достаточности прочности бетона торцевых опорных участков плит под действием сжимающей нагрузки от вышележащих этажей и достаточности прочности плиты в наклонных сечениях.

При этом, рекомендовано для плит проектируемой номенклатуры применять бетон классов С30/35 и С32/40, длину опирания на стены принимать 120...200 мм в зависимости от пролетов плит и временной расчетной нагрузки.

Для разных пролетов и нагрузок авторами разработаны проектные решения плит, работающих по балочной схеме [5,6].

Настоящим исследованием авторы предлагают усовершенствование конструктивного решения перекрытия, создавая возможность совместной работы плит в составе диска.

Предлагается решение, при котором между отдельными балочными плитами организуются рациональные типы связей, позволяющие существенно уменьшить деформации перекрытия и перераспределить нагрузку между плитами. При этом, ячейка перекрытия, состоящая из нескольких плит, ограничена со всех четырех сторон стенами или ригелями, на которые плиты опираются шарнирно.

В отличие от этажной схемы опирания плит [7], в предлагаемом решении все плиты опираются друг на

друга по «цепной» схеме, когда все плиты опираются по четырем сторонам. При этом, первая плита опирается по трем сторонам на жесткие опоры (по одной боковой стороне – на продольную стену или ригель, по двум – на поперечные стены или ригели) и по второй боковой стороне – на смежную плиту, имеющую определенную податливость за счет изгибной деформации. Каждая следующая плита опирается на две поперечные жесткие опоры (поперечные стены или ригели) и на две продольные податливые опоры смежных плит. При такой схеме опирания плит друг на друга обеспечивается совместность их вертикальных перемещений.

Плиты объединяются между собой с помощью монолитных шпонок (рис.1), способных воспринимать поперечные усилия.

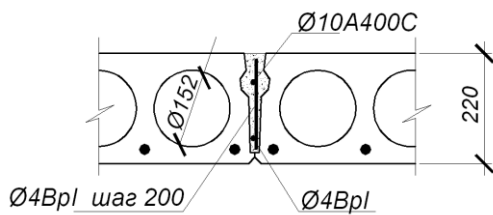


Рис. 1. Конструкция продольного шва между плитами

Такое объединение плит друг с другом позволяет рассматривать диск в пределах ячейки как некоторую шарнирно-пластинчатую систему [6]. Каждая плита такого шарнирно-пластинчатого диска должна воспринимать крутящие моменты.

Цилиндрическая жесткость диска в направлении длины плит зависит от изгибной жесткости плит, составляющих диск. В перпендикулярном направлении цилиндрическая жесткость плит является малой величиной. Крутильная жесткость диска зависит от жесткости свободного кручения каждой отдельной плиты.

Ожидается, что предлагаемое конструктивное решение позволит существенно уменьшить усилия в плитах и, следовательно, сократить расход дорогостоящей канатной арматуры.

Для подтверждения ожидаемого эффекта авторами проведены экспериментальные исследования ячейки перекрытия из трех плит длиной 7.2 м (рис.2).

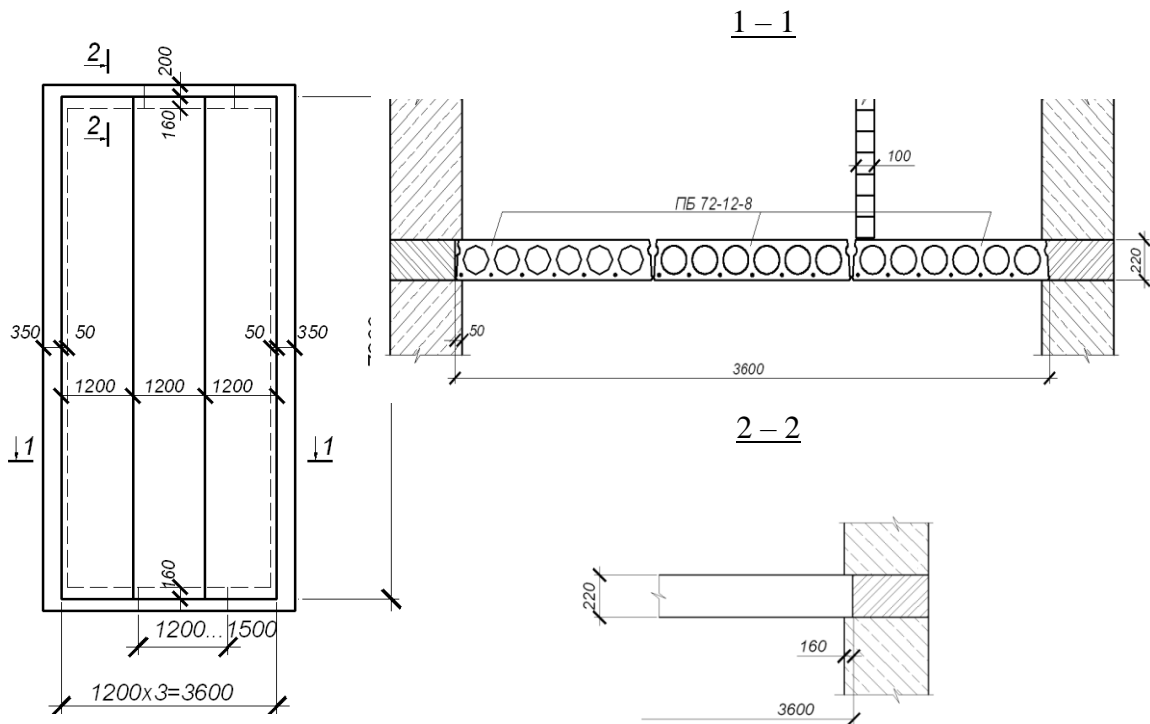


Рис.2. Схема установки плит перекрытия

Для проведения эксперимента была построена ячейка здания с продольными и поперечными стенами из блоков ФБС-4. Плиты располагались на высоте 1800 мм от уровня пола, что позволило установить всю измерительную аппаратуру под плитами (рис.3, 4).

Нагружение производилось равномерно распределенной нагрузкой, которая обеспечивалась высотой столба воды в ванне, построенной над ячейкой перекрытия. Наружные стенки ванны выполнены из блоков ФБС-3, внутренняя перегородка ванны вдоль шва между плитами

выполнена из пеноблоков толщиной 100 мм. Герметичность ванны обеспечена двумя слоями полиэтиленовой пленки.



Рис.3. Общий вид фрагмента перекрытия с нагрузочной ванной

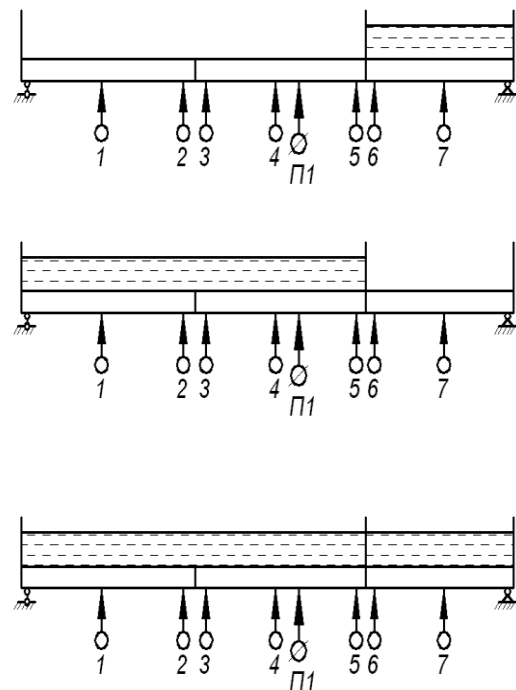


Рис.4. Схема установки приборов

Испытания проводились по трем разным схемам нагружения (рис.5):

Равномерно распределенная нагрузка прикладывалась в виде столба воды ступенями по 2 кН/м^2 с выдержкой между нагружениями 10 мин.

Деформации плит фиксировались приборами: датчиками ДПИ-100, работающими с электронной тензометрической системой СИИТ-3 и механическими прогибомерами БПАО.



Приборы: 1...7 – датчики ДПИ 100; П1 – прогибомер БПАО

Рис. 5.Схемы нагружения плит и установки измерительной аппаратуры

Результаты испытания

Перед началом испытания вся площадь фрагмента перекрытия была нагружена равномерно распределенной нагрузкой (водяным столбом) 3 кН/м^2 (сверх собственного веса плит) для проверки герметичности ванны. Далее на первом этапе испытаний фрагмент перекрытия загружался по схеме 1.

Приборы фиксировали прогибы в середине длины плит, начиная с нагрузки 3 кН/м^2 . Нагрузка была доведена до величины 11 кН/м^2 . Характер приращения прогибов (в мм) представлен на рис. 6.

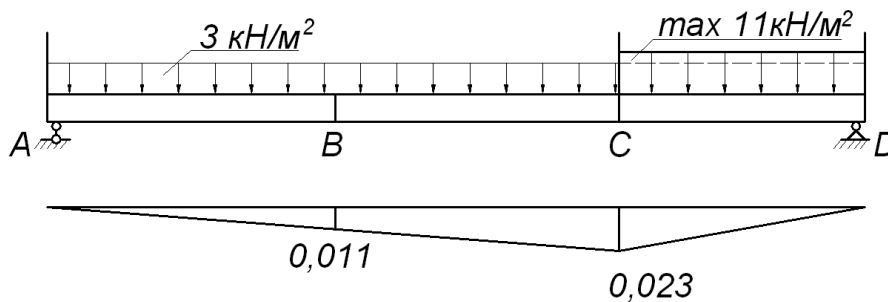


Рис. 6. Характер деформирования фрагмента перекрытия при нагружении по схеме 1.

Деформирование фрагмента по схеме 2 фиксировалось после полной перекачки воды из отсека С-Д в отсек А-С. При этом, начало отсчета

приращения прогибов выполнялось от нагрузки 8 кН/м².

Характер приращения прогибов (мм) представлен на рис. 7.

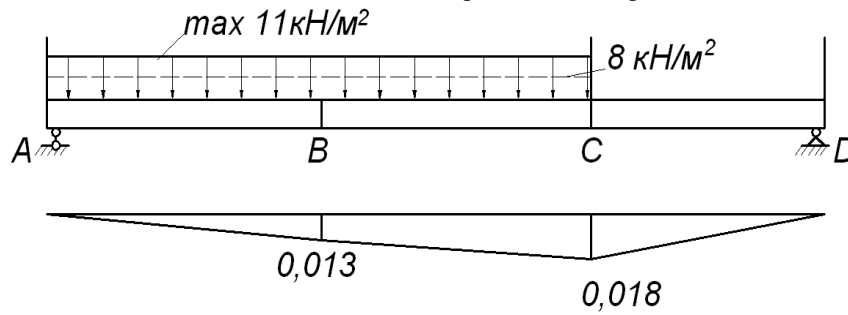


Рис.7. Характер деформирования фрагмента перекрытия при нагружении по схеме 2.

Деформирование фрагмента перекрытия при нагружении по схеме 3 (рис.8) фиксировалось после перекачки воды из фрагмента А-С во фрагмент С-Д до одинакового уровня воды 0.8 м (до нагрузки

сверх собственного веса плиты 8 кН/м²). Дальнейшее нагружение осуществлялось ступенями по 1 кН/м² до максимального уровня воды 1.5 м (15 кН/м²).

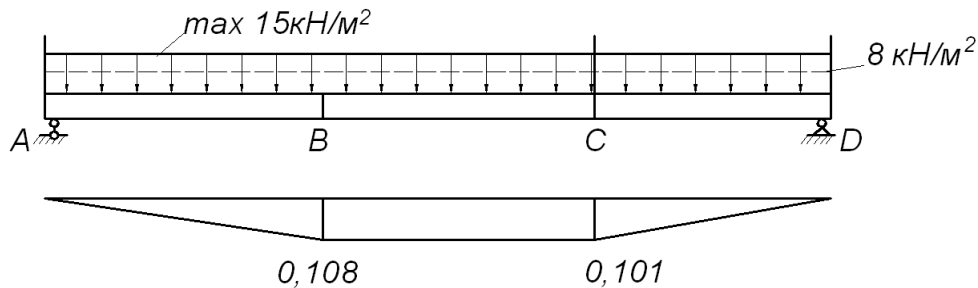


Рис. 8. Характер деформирования фрагмента перекрытия при нагружении по схеме 3

Для отдельной плиты длиной 7.2 м, работающей по балочной схеме, в интервале нагрузок 8...11 кН/м² приращение прогиба составило 0.169 мм.

прогибы плит в составе диска на порядок меньше расчетных значений.

В исследуемом фрагменте в составе диска перекрытия приращение прогиба в центре фрагмента в интервале нагрузок 8...11 кН/м² составило 0.036 мм, т.е. в 4.7 раза меньше, чем для отдельной плиты.

4. При полной нагрузке диска перекрытия по схеме 3, равной 15 кН/м², оставленной для длительного нагружения, деформация центра диска перекрытия увеличилась за счет ползучести бетона за 30 суток на 1.17 мм и практически остановилась (рис. 9).

В результате проведенных экспериментов можно сделать следующие выводы.

1. При различных возможных схемах нагружения фрагментов перекрытий при отсутствии взаимных сдвигов смежных плит в продольном шве фрагмент перекрытия работает как сплошной диск в двух направлениях с перераспределением усилий от внешних нагрузок на все плиты диска.

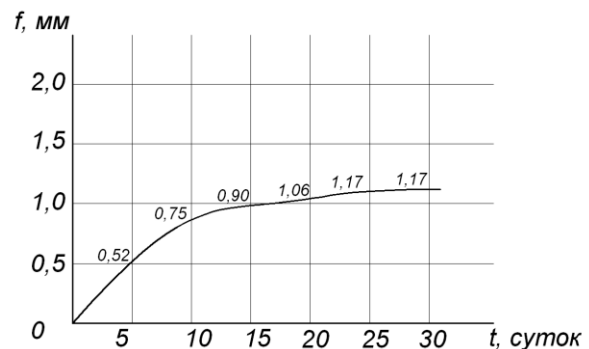


Рис. 9. Нарастание прогиба центра диска перекрытия при длительном действии нагрузки

2. В связи с перераспределением усилий на все плиты диска и работы перекрытия в двух направлениях имеется возможность уменьшить расчетное армирование плит при их работе в составе диска.

3. При нагрузке 15 кН/м² (сверх собственного веса плиты), соответствующей контрольной нагрузке по изгибающему моменту, фактические

5. Работа фрагментов перекрытий в составе диска в двух направлениях возможна при опирании продольных кромок крайних плит на несущие стены или балки и при надежной конструкции продольных

швов между смежными плитами, гарантирующими отсутствие взаимных сдвигов между ними.

Литература

1. ДБН В2.6-98:2009. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення: – К.: Мінрегіонбуд України, 2009.
2. ДСТУ Б В.2.6-156:2010. Бетонні та залізобетонні конструкції з важкого бетону. Правила проектування: – К.: Мінрегіонбуд України, 2011.
3. Биби, Э.В. Руководство для проектировщиков к Еврокоду 2. Проектирование железобетонных конструкций / Э.В. Биби, Р.С. Нараянан; – М. : МГСУ – 2012.
4. Еврокод 2. Проектирование железобетонных конструкций. Часть 1 – 1. Общие правила для зданий (EN 1992-1-1:2004 Eurocode 2 : Design of concrete structures. – Part 1 – 1: General rules and rules for building).
5. Серия 1.С.24-90S. Плиты перекрытия железобетонные, предварительно напряженные, безопалубочного стенового формирования, высотой 220 мм, шириной 1200 мм, армированные канатами класса K1400(K7), диаметром 9 мм, 12 мм, 15 мм. – Вып. 1,2,3. – Харьков : ХНУМГ им. А.Н.Бекетова, 2015.
6. Шмуклер В.С. Выбор рационального типа и количества арматуры для многопустотных армированных плит / В.С. Шмуклер, Е.Г. Стоянов, О.М. Пустовойтова // Науковий вісник будівництва, №2(80), Харків: Харківський національний університет будівництва та архітектури, 2015 – С.78 – 85.
7. Шмуклер В.С. Каркасные системы облегченного типа / В.С. Шмуклер, Ю.А. Климов, Н.П. Бурак. – Х.: Золотые страницы, 2008.

References

1. DBN V2.6-98:2009. Concrete and reinforced concrete structures. Substantive provisions: – K.: Ukraine Minregionbud, 2009.

2. DSTU B V2.6-156:21010 Concrete and reinforced concrete construction with heavy concrete. Design Rules: – K.: Ukraine Minregionbud, 2011.
3. Bibi E, Narayan R. Guide for designers to the Eurocode 2. Reinforced concrete structures design : english translate. – M : MGSU – 2012.
4. Eurocode 2 : Design of concrete structures. – Part 1 – 1: General rules and rules for building (EN 1992-1-1:2004 Eurocode 2 : Design of concrete structures. – Part 1 – 1: General rules and rules for building).
5. Series 1.C.24-90S, vol. 1,2,3, KNAME. Reinforced concrete overlapping slabs, prestressed, formless stand formation, 220 mm height, 1200 mm width, 9 mm, 12mm, 15mm diameter cable fittings K1400(K7). – Kharkiv : KNAME, 2015.
6. Shmukler V., Stoyanov E., Pustovoytova O. The choice of rational type and quantity reinforcement for multicavity reinforced slabs. Scientific herald building #2(80) Kharkov: Kharkiv National University of Building and Architecture in Kharkiv, 2015, 78 – 65.
7. Shmukler V., Klimov Y., Burak N. Light-weight frame systems. – Kh.: Golden Pages, 2008.

Рецензент: д-р техн. наук, проф. В.С. Шмуклер, Харківський національний університет городского хозяйства им. А.Н. Бекетова, Харьков.

Автор: СТОЯНОВ Євгеній Геннадійович Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, кандидат технічних наук, доцент
E-mail – stoyanoveg@mail.ru

Автор: НАБОКА Анатолій Віталійович Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, аспірант
E-mail – vestusiq@mail.ru

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ ДИСКУ ПЕРЕКРИТТЯ, СКЛАДЕНОГО ІЗ ЗБІРНИХ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ПОПЕРЕДНЬО НАПРУЖЕНИХ БАГАТОПУСТОТНИХ ПЛИТ

Є.Г. Стоянов, А.В. Набока

Харківський національний університет міського господарства ім. О. М. Бекетова, Харків

У статті наведені результати експериментальних досліджень сумісної роботи попередньо напружених збірних залізобетонних плит в межах чарунки перекриття. При достатній зсувній міцності шву між плитами чарунка перекриття працює як єдиний диск при симетричному та несиметричному навантаженні

Ключові слова: диск перекриття, згинальна жорсткість, схема навантаження.

EXPERIMENTAL RESEARCH WORK OF THE DISK OVERLAP COMPOSED OF THE PRESTRESSED REINFORCED MULTIHOLLOW CONCRETE SLABS

E.G. Stoyanov, A.V. Naboka

O.M. Beketova national university of Urban Economy in Kharkiv

The article describes the main provisions of calculation and design of reinforced concrete hollow core prestressed formless bench molding floor slabs, reinforced with cable armature classes K1400, K1500. Plates are designed without transverse and all any kinds of constructive armature. Slabs calculated as the structure, that having no cracks in the operational conditions. To minimize the cost, minimum concrete strength was define for the manufacture of the floor slabs. By varying the size of the temporary load, slabs span and bearing length on the wall number of floors of the building was defined, that does not require amplification of the end portionsof the floor slab. Loss of prestressing are designed for slabs with the calculated cross section of reinforcement defined based on the strength analysis. The loss of temperature difference taken at $\Delta T = 65^\circ C$, and the loss of retracting rope when cutting the monolith defined by the results of experimental studies (drawing on the length of 7 m averages 3.5 mm). The calculations presented a full nomenclature of slabs with a working cable armatures in various versions of reinforcing ropes with a diameter of 9 mm, 12 mm, 15 mm.

Keywords: disk overlap, flexural stiffness, loading scheme.