

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ
ЖЕЛЕЗОБЕТОННОЙ ПУСТОТНОЙ ПЛИТЫ ПЕРЕКРЫТИЯ**

Сурьянинов Н.Г., д.т.н., профессор,
sng@ogasa.org.ua, ORCID: 0000-0003-2592-5221

Неутов С.Ф., к.т.н., доцент,
ORCID: 0000-0002-0132-124X

Корнеева И.Б., к.т.н., доцент,
ORCID: 0000-0002-0104-6938

Чучмай А.М., к.т.н., ст. преподаватель,
ORCID: 0000-0002-5856-623X

Одесская государственная академия строительства и архитектуры

Аннотация. Приведены результаты лабораторных испытаний пустотной плиты перекрытия ПК 30.12-8, изготовленной на предприятии ООО «Великодолинский завод ЖБК» в соответствии с нормативными документами и рабочими чертежами. Выполнено сравнение полученных результатов с результатами компьютерного моделирования и расчета в программных комплексах SOFiSTiK и ЛИРА-САПР. Результаты расчета методом конечных элементов в двух разных программных комплексах незначительно отличаются от экспериментальных данных. Изгибающий момент от расчетной нагрузки с учетом собственного веса, полученный в эксперименте (вычислен на основе обработки показаний тензодатчиков), отличается на 1,9 % от значения, полученного в результате компьютерного расчета. А момент от контрольной разрушающей нагрузки с учетом собственного веса, полученный в эксперименте, превышает аналогичную величину, определенную численно, на 3,9 %. При испытаниях была достигнута разрушающая нагрузка 111,8 кН, то есть несущая способность плиты оказалась в 1,55 раза больше расчетной. Процесс трещинообразования начался при нагрузке 44,41 кН, что составило 40% от фактической разрушающей нагрузки.

Ключевые слова: железобетон, серийная плита перекрытия, несущая способность, экспериментальные исследования, SOFiSTiK, ЛИРА-САПР.

Введение. Многопустотные плиты перекрытия широко используются при строительстве зданий и сооружений. Предварительно напряженные и обычные железобетонные, разных типоразмеров, при различных схемах опирания, такие плиты применяются в каркасных и бескаркасных системах. Плиты перекрытия используются в жилых, общественных и административно-бытовых зданиях со стенами из кирпича или бетонных блоков, возводимых в обычных условиях строительства.

Плиты перекрытия – разновидность железобетонных конструкций, которые применяются в качестве перекрытий многоэтажного здания, при укладке тепловых трасс с нормальным температурным режимом и влажностью. Производятся плиты из тяжелого, легкого или плотного силикатного армированного бетона. Выбор материала зависит от особенностей конструкции строящегося объекта.

Многопустотные плиты перекрытия обладают целым рядом преимуществ по сравнению с цельными плитами: универсальность применения; высокая пожарная безопасность и прочность; высокий уровень звукоизоляции; уменьшенный вес; повышенная тепло- и шумозащита; соответствие современным требованиям качества и надежности; ускоренный монтаж.

Анализ последних исследований. Исследованию несущей способности плит посвящено большое количество работ, в которых отражены результаты экспериментальных и компьютерных исследований. Так, авторами работы [1] выполнены испытания сборно-монолитного перекрытия, опертого на несущие стены многоэтажного здания. Как показали

результаты испытания, подтвержденные соответствующим теоретическим анализом, испытанное перекрытие, опертое на несущие стены, имеет несущую способность и жесткость значительно выше требуемых. В перекрытии благодаря плотным контактам и внутренним связям была достигнута конструктивная целостность, каждая ячейка работала как цельная опертая по контуру пластина. Перераспределение усилий между элементами перекрытия способствовало значительному уменьшению величины достигнутых усилий в каждой многопустотной плите по сравнению со схемой свободного опирания. Результаты испытания перекрытия, теоретический анализ и опыт строительства 25-этажного здания полностью подтвердили высокую надежность и эффективность, как конструкции перекрытия, так и несущего остова в целом.

В работе [2] рассмотрены результаты экспериментальных исследований пустотных плит перекрытия непрерывного формования при сниженной площади опирания на ригели. В ходе исследований установлено, что при принятом конструктивном решении перекрытие полностью удовлетворяет требованиям норм по прочности, жесткости и трещиностойкости.

Результаты экспериментальных исследований прочности междуэтажных перекрытий из многопустотных плит с платформенными стыками приведены в работе [3]. Авторами работы [4] рассмотрены конструктивные решения пустотных плит сборных и монолитных перекрытий, которые применялись при возведении зданий до широкого использования в строительстве крупногабаритных многопустотных сборных плит. Описаны конструктивные решения таких перекрытий, экспериментальные исследования и компьютерное моделирование их работы под нагрузкой. Обследованию, оценке технического состояния и восстановлению эксплуатационной пригодности или усилению плит посвящена работа [5]. В связи с изменением функционального назначения помещений существующих зданий и увеличением нагрузок на перекрытие выполнено усиление конструкций.

Разная номенклатура плит в разных странах предполагает отличие в испытательных стендах и установках, но методы исследования несущей способности остаются схожими. Так, в статье [6] описаны четыре экспериментальные серии перекрытий, выполненные со сферическими полыми плитами системы «sobiax». В результате экспериментов был получен поправочный коэффициент для описания несущей способности плиты в зависимости от исследуемой серии. Моделирование и расчет методом конечных элементов показали хорошее совпадение между расчетом и экспериментом, что позволит снизить сложность и объем дальнейших испытаний.

В работе [7] представлены результаты испытаний железобетонных плит, серийно выпускаемых в Великобритании, при температуре окружающей среды и повышенных температурах. Испытания позволили провести прямое сравнение между режимами разрушения, которые оказались одинаковыми при температуре окружающей среды и повышенных температурах. В качестве арматуры использовались сварные гладкие проволочные сетки, как из мягкой стали, так и из нержавеющей стали, с различными диаметрами стержней и расстоянием между ними. Испытания при температуре окружающей среды показали, что плиты с низким коэффициентом армирования потеряли несущую способность из-за разрушения арматуры в центре плиты. Было обнаружено, что увеличение коэффициента усиления приводит к разрушению бетона при сжатии в углах плит. Повторение испытаний при повышенных температурах показало, что все плиты также пришли в негодность из-за разрушения арматуры.

В статье [8] приведены результаты испытаний на статическую нагрузку трех разных элементов плиты: элемент плиты с двусторонними ребрами, собранный монолитный элемент плиты и ребристый элемент плиты. Предложен метод расчета, учитывающий влияние сборных верхних и нижних плит.

Тем не менее, большинство экспериментальных исследований проводят на моделях либо в заводских условиях по упрощенным методикам. Поэтому исследование серийной плиты в лаборатории, оснащенной всем необходимым оборудованием, представляется актуальным.

Целью данной работы является экспериментальное исследование несущей способности серийной многопустотной плиты перекрытия ПК 30.12-8 серии 1.141-1 [9] путем проведения натурных статических испытаний в лабораторных условиях и сравнение полученных результатов с результатами компьютерного моделирования и расчета в программных комплексах SOFiSTiK и ЛИРА-САПР.

Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи: разработана программа испытаний; выполнена подготовка плиты; разработана конструкция испытательного стенда; проведены испытания; выполнена обработка результатов испытаний и проведен их анализ.

Материалы и методика исследований. Плита перекрытия ПК 30.12-8 изготовлена на предприятии ООО «Великодолинский завод ЖБК» в соответствии с нормативными документами [12, 13] и рабочими чертежами серии 1.141-1 [9], что подтверждено сертификатом соответствия. Для изготовления плиты использован бетон С16/20 и арматура А IVс.



Рис. 1. Процесс изготовления плиты

Процесс изготовления плиты можно условно разделить на четыре этапа: установка каркаса (рис. 1, а), установка пустотообразователей (рис. 1, б), загрузка бетонной смеси (рис. 1, в) и уплотнение смеси при помощи виброплиты (рис. 1, г).

Исследование прочностных свойств бетона выполнено на образцах-кубах с размером ребра 10 см, которые испытаны на сжатие и получена кубиковая прочность, соответствующая бетону С16/20. Определение прочности бетона при кратковременном нагружении производили в соответствии с требованиями действующих норм [10, 11].

Опалубочное формование основывается на использовании готовых форм, в которые предварительно устанавливают металлическую арматуру, а затем заливают бетоном. В процессе вибрации осуществляется равномерное распределение раствора в форме. Затем изделия проходят через тепловые камеры для пропаривания, что позволяет ускорить химические процессы. В результате плита, изготовленная опалубочным способом, характеризуется высокими характеристиками прочности и деформативности.

Испытания плиты проведены в лаборатории кафедры строительной механики ОГАСА на специально изготовленном для этого стенде (рис. 2).

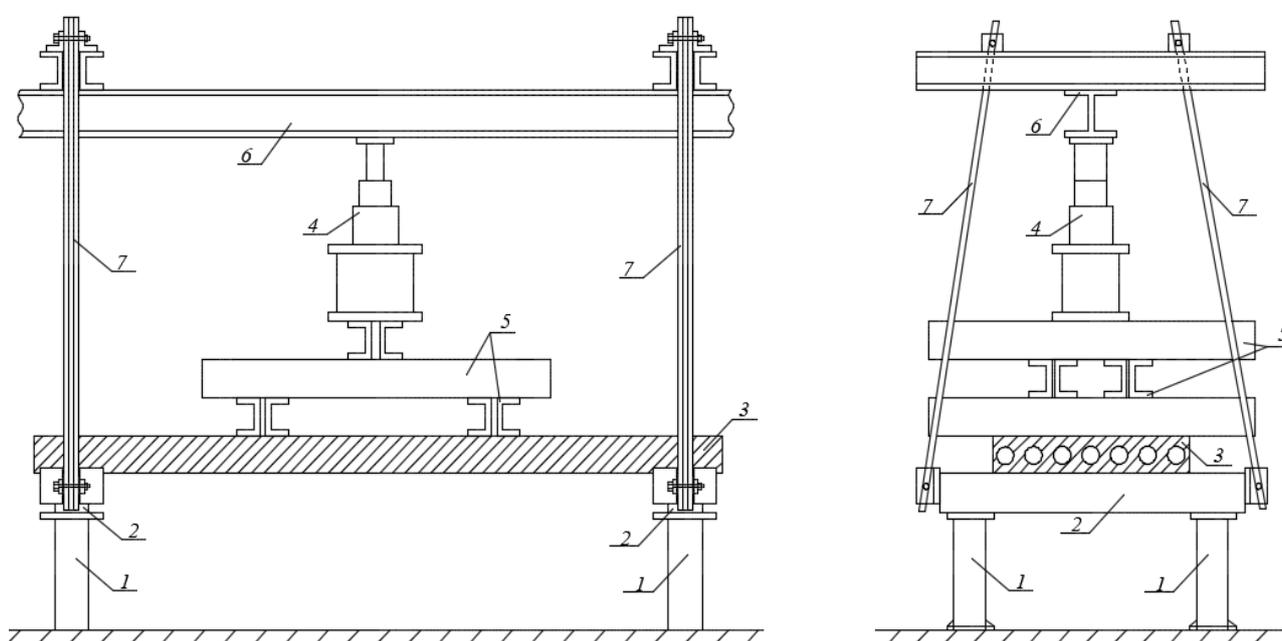


Рис. 2. Принципиальная схема установки для испытания плиты

Силовое устройство стенда состоит из четырех стоек (1) и двух опорных балок (2), соединенных между собой в один жесткий пространственный элемент, на который опирается железобетонная плита (3). Нагрузка создается с помощью домкрата мощностью 300 кН (4), который своей нижней плоскостью давит на двухуровневую перекрестно-балочную систему (5), а через нее – на железобетонную плиту. Верхний шток домкрата упирается в двутавровую балку (6), которая одновременно является кран-балкой для тельфера грузоподъемностью 30 кН. Для того, чтобы все усилия уравнивались в пределах стенда, верхняя упорная балка (6) связана с нижним опорным пространственным элементом четырьмя пластинчатыми стержнями (7). Каждый пластинчатый стержень состоит из четырех пластин сечением 50x5 мм. Через каждые 24 см пластины соединены между собой высокопрочными болтами 16 мм. Прочность каждого пластинчатого стержня на разрыв – 200 кН. Усилие, прикладываемое к плите, контролируется с помощью образцового динамометра (500 кН). Все усилия, создаваемые силовым устройством, уравновешены в пределах стенда. От установки на фундамент передается лишь ее собственный вес и возможный динамический удар во время хрупкого разрушения железобетонного элемента.

Результаты исследования. Многopустотная плита перекрытия ПК 30.12-8 имеет размеры в плане 1190×2980 и высоту 220 мм, расход бетона – 0,43 м³, стали – 12,74 кг, масса плиты – 1080 кг (рис. 3).

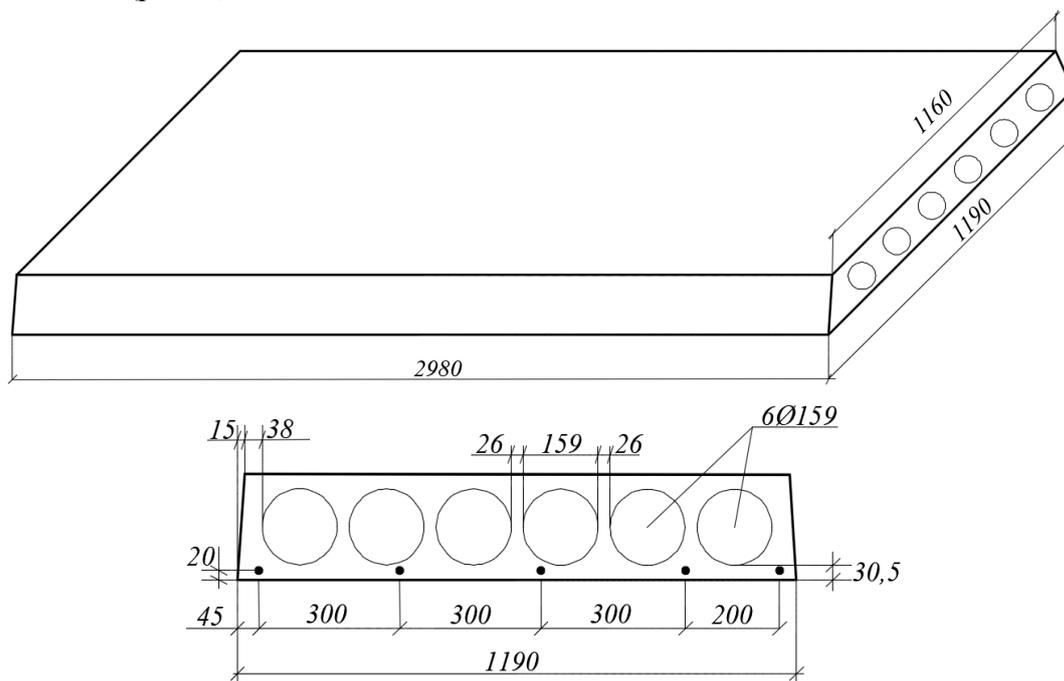


Рис. 3. Многopустотная плита перекрытия ПК 30.12-8

Перед началом испытаний была выполнена предварительная подготовка (рис. 4): смонтированы нагрузочные приспособления; установлены приборы, подмости и ограждения; выполнены работы по предварительному нагружению испытываемой конструкции.

Предварительное нагружение является контрольным этапом испытания. На данной стадии проверяется надежность нагрузочных приспособлений, крепление приборов и испытываемой конструкции, правильность показаний установленных приборов. Интенсивность предварительного нагружения принимается обычно равной величине первой ступени нагрузки, предусмотренной программой испытаний. Все неудовлетворительно работающие приборы и приспособления, выявленные во время контрольных нагружений, подлежат ремонту или замене.

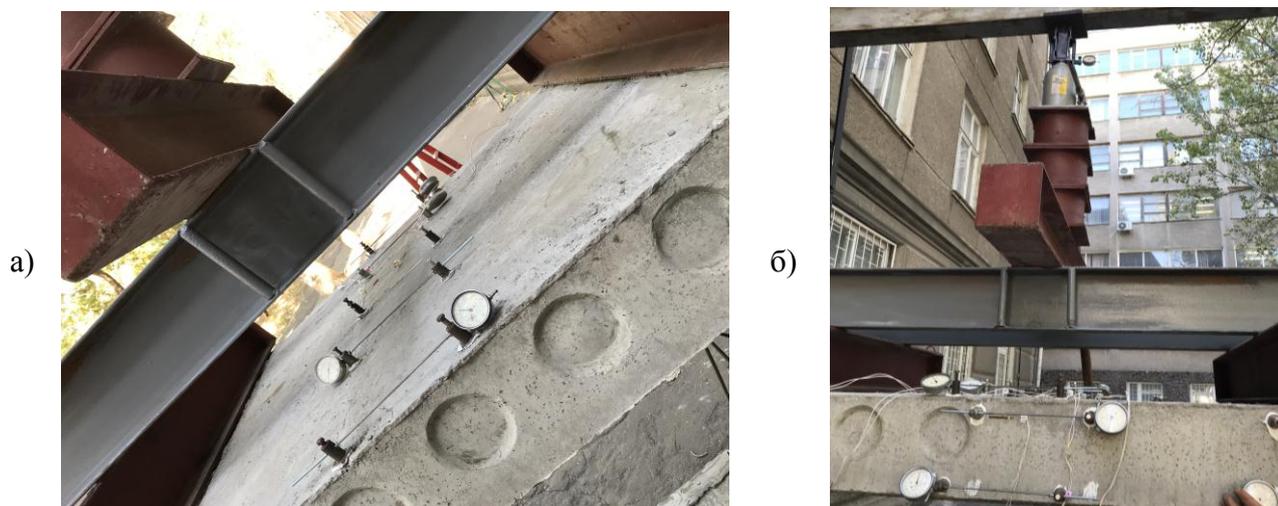


Рис. 4. Подготовка плиты к испытаниям:
а – установка индикаторов; б – подсоединение тензодатчиков

При назначении ступеней загрузки и разгрузки исходят из следующих соображений: с одной стороны, чем меньше каждая ступень, тем чаще в процессе нагружения могут быть взяты отсчеты по приборам, и графики исследуемых характеристик строятся, следовательно, точнее; это особенно существенно при наличии нелинейности; с другой стороны, с уменьшением ступеней нагрузки возрастает их общее число, что делает процесс испытания более длительным и трудоемким. В каждом конкретном случае следует находить оптимальное решение, учитывая эти соображения. Так, например, для испытаний железобетонных изделий серийного изготовления рекомендуется при проверке прочности применять ступени нагрузки, не превышающие 10 % ее контрольного (то есть максимального) значения, а при проверке жесткости – 20 % соответствующей контрольной нагрузки. При оценке трещиностойкости, после приложения нагрузки, равной 90 % соответствующей контрольной, каждую последующую ступень нагружения, вплоть до момента появления трещин, следует принимать не более 5 % контрольной.

Для облегчения обработки результатов испытаний последовательные ступени нагрузки должны быть по возможности одинаковыми. Начальную ступень нагружения рекомендуется брать небольшой (не более 10 % ожидаемой максимальной нагрузки), поскольку в начале испытаний какая-то часть нагрузки идет на обжатие прокладок в опорах и под нагрузочными приспособлениями, вытяжку тяг и т. д. Для уменьшения этих потерь прибегают к повторным приложениям и снятиям начальной ступени нагружения. Такие повторные нагрузки полезны также и для проверки возвращения показаний установленных приборов к исходным значениям.

При проведении статических испытаний нагружение исследуемых конструкций внешней нагрузкой должно осуществляться постепенно, без рывков и ударов, чтобы исключить влияние сил инерции.

Нагружение производится равными ступенями до разрушения (или начала пластического течения). На каждой ступени фиксируют значения нагрузки и соответствующие им значения перемещений (прогибов) плиты перекрытия, по которым затем строится график зависимости деформаций от нагрузки.

На каждой ступени образец выдерживается под нагрузкой в течение времени, требуемого по нормам [14, 15].

В качестве разрушающей нагрузки принимается максимальное значение достигнутой нагрузки, при котором происходит разрушение или пластическое течение (прогрессирующий прогиб и раскрытие трещин).

Помимо экспериментальных исследований, несущая способность плиты была рассчитана теоретически и на основе компьютерного моделирования.

Условия прочности по первому предельному состоянию:

$$F \leq F_u ,$$

где F – расчетное усилие, равное возможному максимальному усилию в сечении элемента при самой невыгодной комбинации расчетных нагрузок;

F_u – расчетная несущая способность сечения.

Испытание выполнено при однопролетной схеме заменяющей эквивалентной нагрузкой (рис. 5), нагружение выполнялось приложением двух сосредоточенных полосовых вертикальных нагрузок по ширине плиты, вместо равномерно распределенной.

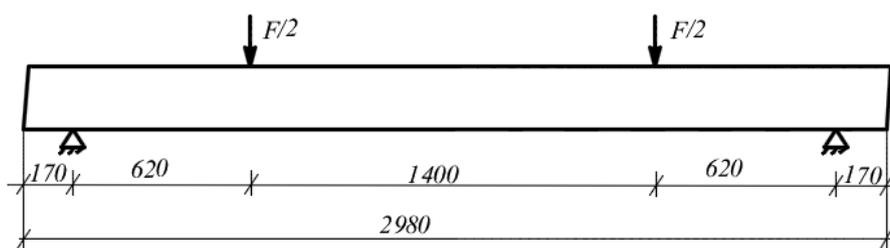


Рис. 5. Расчетная схема эквивалентного нагружения

При обеих схемах нагружения величины изгибающих моментов должны быть равны между собой, тогда нагрузка считается эквивалентной.

При испытаниях была достигнута разрушающая нагрузка 111,8 кН. Процесс трещинообразования начался при нагрузке 44,41 кН, что составило 40% от фактической разрушающей.

Согласно паспортным характеристикам, нагрузка на данную серийную плиту должна составлять:

- расчетная без учета собственного веса – $7,85 \text{ кН/м}^2$;
- расчетная с учетом собственного веса – $11,08 \text{ кН/м}^2$;
- контрольная разрушающая без учета собственного веса (при $C=1,4$) – $13,12 \text{ кН/м}^2$;
- контрольная разрушающая с учетом собственного веса (при $C=1,4$) – $16,05 \text{ кН/м}^2$;
- контрольная разрушающая без учета собственного веса (при $C=1,6$) – $15,42 \text{ кН/м}^2$;
- контрольная разрушающая с учетом собственного веса (при $C=1,6$) – $18,34 \text{ кН/м}^2$.

Момент трещинообразования 13,76 кНм, полученный в ходе эксперимента при нагрузке 44,41 кН, численно почти совпадает с изгибающим моментом 13,51 кНм от расчетной нагрузки $11,08 \text{ кН/м}^2$ с учетом собственного веса плиты.

Потеря несущей способности произошла при эквивалентной нагрузке 111,84 кН, что соответствует распределенной нагрузке $28,43 \text{ кН/м}^2$ при изгибающем моменте 34,67 кНм. Это превышает контрольную разрушающую нагрузку ($18,34 \text{ кН/м}^2$) в полтора раза.

Теперь обратимся к результатам компьютерного моделирования и расчета, которые были выполнены в двух программных комплексах – SOFiSTiK и ЛИРА-САПР.

На рис. 6 показаны эпюры прогибов и изгибающих моментов при расчетной нагрузке $11,08 \text{ кН/м}^2$, соответствующей расчетной нагрузке с учетом собственного веса, полученные в SOFiSTiK, а на рис. 7 – эти же характеристики, полученные в ПК ЛИРА-САПР. Аналогично, эпюры прогибов и изгибающих моментов при нагрузке $18,34 \text{ кН/м}^2$, соответствующей контрольной разрушающей нагрузке с учетом собственного веса, приведены на рис. 8, 9.

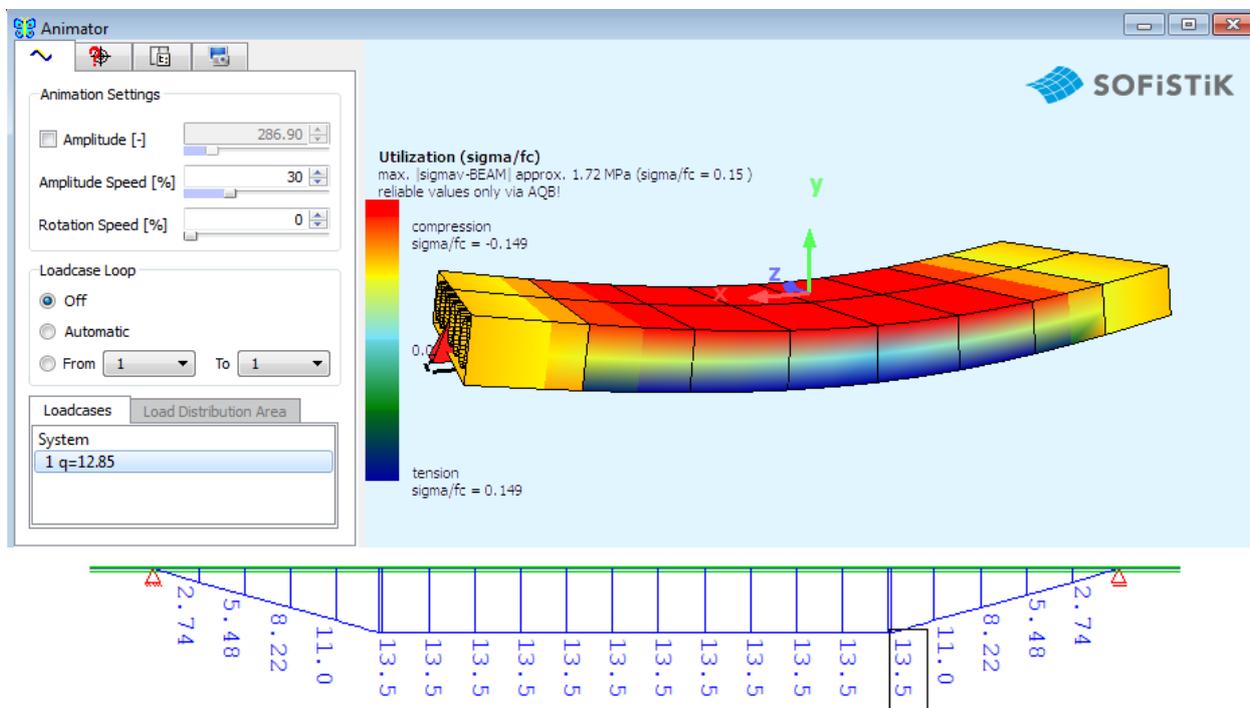


Рис. 6. Прогибы и изгибающие моменты в ПК SOFiSTiK от расчетной нагрузки с учетом собственного веса

Числовые значения прогибов и изгибающих моментов от расчетной нагрузки с учетом собственного веса и от контрольной разрушающей нагрузки с учетом собственного веса, полученные экспериментально и в результате компьютерного моделирования, приведены в табл. 1.

Таблица 1 – Прогибы и изгибающие моменты

Расчетная нагрузка с учетом собственного веса								
Эксперимент			SOFiSTiK			ЛИРА-САПР		
Нагрузка кН	Момент кНм	Прогиб мм	Нагрузка кН	Момент кНм	Прогиб мм	Нагрузка кН	Момент кНм	Прогиб мм
43,59	13,76	0,010	43,59	13,5	0,0102	43,59	13,5	0,0101
Контрольная разрушающая нагрузка с учетом собственного веса								
Эксперимент			SOFiSTiK			ЛИРА-САПР		
Нагрузка кН	Момент кНм	Прогиб мм	Нагрузка кН	Момент кНм	Прогиб мм	Нагрузка кН	Момент кНм	Прогиб мм
72,14	23,31	0,017	72,14	22,4	0,0167	72,14	22,4	0,0165

Выводы. Таким образом, результаты расчета методом конечных элементов в двух разных программных комплексах, использующих разные конечные элементы для аппроксимации построенных геометрических моделей плиты, практически не отличаются друг от друга (значения прогибов и моментов в табл. 1). Изгибающий момент от расчетной нагрузки с учетом собственного веса, полученный в эксперименте (вычислен на основе обработки показаний тензодатчиков), отличается на 1,9 % от значения, полученного в результате компьютерного расчета. А момент от контрольной разрушающей нагрузки с учетом собственного веса, полученный в эксперименте, превышает аналогичную величину, определенную численно, на 3,9 %.

При испытаниях была достигнута разрушающая нагрузка 111,8 кН, т.е. несущая способность плиты оказалась в 1,55 раза больше расчетной. При этом характер разрушения плиты не отличается от характера разрушения, присущего железобетонным изгибаемым элементам.

Процесс трещинообразования начался при нагрузке 44,41 кН, что составило 40% от фактической разрушающей нагрузки.

Литература

1. Босаков С.В. Результаты испытания нагружением сборно-монолитного перекрытия, опертого на несущие стены многоэтажного здания / С. В. Босаков, А.И. Мордич, А.А. Карякин, С.А. Сонин, И.С. Дербенцев, П.В. Попп // Промышленное и гражданское строительство. – М., ООО «Издательство ПГС», 2018. – № 2. – С. 35–42.
2. Фардиев Р.Ф. Исследование несущей способности пустотных плит перекрытия при сниженной величине опирания на ригели / Р.Ф. Фардиев, А.Х. Ашрапов, А.И. Мустафин // Известия КГАСУ. – Казань, КГАСУ, 2014. – № 4 (30). – С. 72–77.
3. Лазовский А.Д. Особенности работы многопустотных плит перекрытий безопалубочного формования с платформенными стыками / А.Д. Лазовский // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия F, Строительство. Прикладные науки. – Полоцк, ПГУ, 2013. – № 16. – С. 45–50.
4. Малахова А.Н. Пустотные кессонные плиты перекрытий монолитных многоэтажных зданий / А.Н. Малахова // Вестник МГСУ. – М., МГСУ, 2016. – № 6. – С. 15–24.
5. Голоднов А.И. Усиление многопустотных плит перекрытий в связи с изменением функционального назначения помещений / А.И. Голоднов, Ю.Н. Слюсар // Ресурсоэкономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди. – Ровно, НУВГП, 2014. – Вип. 28. – С. 499–506.

6. Abramski M. Experimentelle und numerische untersuchungen zum tragverhalten von stahlbetondecken mit kugelförmigen hohlkörpern / M. Abramski, A. Albert, R. Pfeffer, J. Schnel. – Beton- und Stahlbetonbau, 105 (2010), Helf 6. – pp. 349–361.
7. Bailey C. G. Small-scale concrete slab tests at ambient and elevated temperatures / C.G. Bailey, W.S. Toh. – Engineering Structures, 2007, vol. 29, no. 10, – pp. 2775–2791.
8. Zhou X. H. Study on stiffness of assembled monolithic concrete hollow floor with two-way ribs / X.H. Zhou, W. Chen, F.B. Wu. – Journal of Building Structures, 2011, vol. 32, no. 9. – pp. 75–83.
9. Серия 1.141-1. Выпуск 60. Панели перекрытий железобетонные многопустотные. Рабочие чертежи: цНиЭП Жилища. НИИЖБ, 1983. – 52 с.
10. Бетони. Методи визначення міцності за контрольними зразками. ДСТУ Б.В.2.7-214:2009. – [чинний від 2009-12-22]. – К.: Мінрегіонбуд України, 2010. – 43 с. (Національний стандарт України).
11. BS EN 12390-3:2009 Testing hardened concrete - Part 3: Compressive strength of test specimens.
12. Плити перекриттів залізобетонні багатопустотні для будівель і споруд. Технічні умови: ДСТУ Б В.2-6-53:2008. – [чинний від 2010-01-01]. – К.: Мінрегіонбуд України, 2008. – 39 с. (Національний стандарт України).
13. Конструкції будинків і споруд. Вироби бетонні і залізобетонні. Загальні технічні умови.:ДСТУ Б В.2.6-2:2009. – [чинний від 2010-10-01]. – К.: Мінрегіонбуд України, 2010. – 29 с. (Національний стандарт України).
14. Изделия строительные бетонные и железобетонные сборные. Методы испытаний нагружением. Правила оценки прочности, жесткости и трещиностойкости: ДСТУ Б В.2.6-7-95 (ГОСТ 8829-94). – [Введен с 1995-11-16]. – К.: Державний комітет України у справах містобудування і архітектури, 1997. – IV, 30 с. – (Національний стандарт України).
15. Бетонні і залізобетонні конструкції. Основні положення: ДБН В.2.6- 98:2009. – Офіц. вид. – К.: Мінрегіонбуд України, 2011. – 71 с. – (Конструкції будинків і споруд. Державні будівельні норми України).

References

- [1] S.V. Bosakov, A.I. Mordich, A.A. Karyakin, S.A. Sonin, I.S. Derbentsev, P.V. Popp, “Rezultaty ispytaniya nagruzheniyem sborno-monolitnogo perekrytiya, opertogo na nesushchiye steny mnogoetazhnogo zdaniya”, *Promyshlennoye i grazhdanskoye stroitelstvo*, M., ООО «Izdatelstvo PGS», no. 2, pp. 35–42, 2018.
- [2] R.F. Fardiyev, A.Kh. Ashrapov, A.I. Mustafin, “Issledovaniye nesushchey sposobnosti pustotnykh plit perekrytiya pri snizhennoy velichine opiraniya na rigeli”, *Izvestiya KGASU*, Kazan, KGASU, no. 4 (30), pp. 72–77, 2014.
- [3] A.D. Lazovskiy, “Osobnosti raboty mnogopustotnykh plit perekrytiy bezopalubochnogo formovaniya s platformennymi stykami”, *Vestnik Polotskogo gosudarstvennogo universiteta, Seriya F, Stroitelstvo. Prikladnyye nauki*, Polotsk, PGU, no. 16, pp. 45–50, 2013.
- [4] A.N. Malakhova, “Pustotnyye kessonnyye plity perekrytiy monolitnykh mnogoetazhnykh zdaniy”, *Vestnik MGSU*, M, MGSU, no. 6, pp. 15–24, 2016.
- [5] A.I. Golodnov, Yu.N. Slyusar, “Usileniye mnogopustotnykh plit perekrytiy v svyazi s izmeneniyem funktsionalnogo naznacheniya pomeshcheniy”, *Resursoyekonomni materialy, konstruktsii, budivli ta sporudi*, Rovno, NUVGP, Vol. 28, pp. 499–506, 2014.
- [6] M. Abramski, A. Albert, R. Pfeffer, J. Schnel, “Experimentelle und numerische untersuchungen zum yragverhalten von stahlbetondecken mit kugelförmigen hohlkörpern”, *Beton- und Stahlbetonbau*, 105, Helf 6, pp. 349–361, 2010.
- [7] C.G. Bailey and W.S. Toh, “Small-scale concrete slab tests at ambient and elevated temperatures”, *Engineering Structures*, Vol. 29, no. 10, pp. 2775–2791, 2007.

- [8] X. H. Zhou, W. Chen, and F. B. Wu, “Study on stiffness of assembled monolithic concrete hollow floor with two-way ribs”, *Journal of Building Structures*, Vol. 32, no. 9, pp. 75–83, 2011.
- [9] Seriya 1.141-1. Vypusk 60. Paneli perekrytiy zhelezobetonnyye mnogopustotnyye. Rabochiye chertezhi: tsNiEP Zhilishcha. NIIZhB. 1983.
- [10] Betony. Metody vyznachennya mitsnosti za kontrol'nymy zrazkami. DSTU B.V.2.7-214: 2009 [chynnyy vid 2009-12-22]. K.: Minrehionbud Ukrayiny, 2010.
- [11] BS EN 12390-3:2009 Testing hardened concrete - Part 3: Compressive strength of test specimens.
- [12] Pliti perekrittiv zalizobetonni bagatopustotni dlya budivel i sporud. Tekhnichni umovi: DSTU B V.2-6-53:2008. [chinniy vid 2010-01-01]. K.: Minregionbud Ukraïni, 2008.
- [13] Konstruktsii budinkiv i sporud. Virobi betonni i zalizobetonni. Zagalni tekhnichni umovi.: DSTU B V.2.6-2:2009. [chinniy vid 2010-10-01]. K.: Minregionbud Ukraïni, 2010.
- [14] Izdeliya stroitelnyye betonnyye i zhelezobetonnyye sbornyye. Metody ispytaniy nagruzheniyem. Pravila otsenki prochnosti. zhestkosti i treshchinostoykosti: DSTU B V.2.6-7-95 (GOST 8829-94). [Vveden s 1995-11-16]. K.: Derzhavniy komitet Ukraïni u spravakh mistobuduvannya i arkhitekturi, IV, 1997.
- [15] Betonni i zalizobetonni konstruktsii. Osnovni polozhennya: DBN V.2.6- 98:2009. Ofits. vid. K.: Minregionbud Ukraïni, 2011.

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ НЕСУЧОЇ ЗДАТНОСТІ ЗАЛІЗОБЕТОННОЇ ПУСТОТНОЇ ПЛИТИ ПЕРЕКРИТТЯ

Сур'янінов М.Г., д.т.н., професор,
sng@ogasa.org.ua, ORCID: 0000-0003-2592-5221

Неутов С.П., к.т.н., доцент,
ORCID: 0000-0002-0132-124X

Корнесва І.Б., к.т.н., доцент,
ORCID: 0000-0002-0104-6938

Чучмай О.М., к.т.н., ст. викл.,
ORCID: 0000-0002-5856-623X

Одеська державна академія будівництва та архітектури

Анотація. Наведено результати лабораторних випробувань пустотної плити перекриття ПК 30.12-8, виготовленої на підприємстві ТОВ «Великодолинський завод ЗБК» відповідно до нормативних документів і робочих креслень. Більшість експериментальних досліджень проводять на моделях або в заводських умовах за спрощеними методиками. Тому дослідження серійної плити в лабораторії, оснащеної всім необхідним обладнанням, буде актуальним. Випробування плити проведені в лабораторії кафедри будівельної механіки на спеціально виготовленому для цього стенді. Всі зусилля, створювані силовим пристроєм, врівноважені в межах стенду. Від установки на фундамент передається лише її власна вага і можливий динамічний удар під час крихкого руйнування залізобетонного елемента. Випробування виконано за однопроговою схемою заміняючим еквівалентним навантаженням, що виконувалося додатком двох зосереджених смугових вертикальних навантажень по ширині плити, які заміняють рівномірно розподілене навантаження.

Виконано порівняння отриманих результатів з результатами комп'ютерного моделювання та розрахунку в програмних комплексах SOFiSTiK і LIRA-SAPR. Результати розрахунку методом скінчених елементів в двох різних програмних комплексах незначно відрізняються від експериментальних даних. Згинальний момент від розрахункового навантаження з урахуванням власної ваги, отриманий в експерименті (обчислений на основі обробки показань тензодатчиків), відрізняється на 1,9% від значення, отриманого в результаті комп'ютерного розрахунку. А момент від контрольного руйнівного навантаження

з урахуванням власної ваги, отриманий в експерименті, перевищує аналогічну величину, визначену чисельно, на 3,9 %. При випробуваннях було досягнуте руйнівне навантаження 111,8 кН, тобто несуча здатність плити виявилася в 1,55 рази більше розрахункової. Процес утворення тріщин почався при навантаженні 44,41 кН, що склало 40% від фактичної величини руйнівного навантаження. При цьому характер руйнування плити не відрізняється від характеру руйнування, властивого залізобетонним згинальним елементам.

Ключові слова: залізобетон, серійна плита перекриття, несуча здатність, експериментальні дослідження, SOFiSTiK, LIRA-SAPR.

EXPERIMENTAL STUDIES OF THE BEARING CAPACITY OF REINFORCED CONCRETE EMPTY FLOOR SLABS

Surianinov M.G., Doctor of Technical Sciences, Professor,
sng@ogasa.org.ua, ORCID: 0000-0003-2592-5221

Neutov S.P., PhD., Assistant Professor,
ORCID: 0000-0002-0132-124X

Korneieva I.B., PhD., Assistant Professor,
ORCID: 0000-0002-0104-6938

Chuchmai O.M., PhD., Senior Lecturer,
ORCID: 0000-0002-5856-623X

Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture

Abstract. The results of laboratory tests of a hollow core slab PK 30.12-8, manufactured at the enterprise LLC Velikodolinsky Zavod ZhBK in accordance with regulatory documents and working drawings, are presented. Most experimental studies are carried out on models or in the factory using simplified methods. Therefore, the study of a serial plate in a laboratory equipped with all the necessary equipment seems relevant. Plate tests were carried out in the laboratory of the Department of Structural Mechanics on a stand specially made for this. All the efforts created by the power device are balanced within the stand. From the installation to the foundation, only its own weight and possible dynamic impact are transmitted during the brittle destruction of the reinforced concrete element. The test was performed with a single-span design replacing the equivalent load, loading was carried out by applying two concentrated vertical strip loads across the plate width, replacing the uniformly distributed load.

The results obtained are compared with the results of computer modeling and calculation in SOFiSTiK and LIRA-SAPR software systems. The results of the calculation by the finite element method in two different software systems differ slightly from the experimental data. The bending moment from the calculated load, taking into account its own weight, obtained in the experiment (calculated on the basis of processing the load cell readings) differs by 1,9% from the value obtained as a result of computer calculation. And the moment from the control destructive load, taking into account its own weight, obtained in the experiment, exceeds the similar value determined numerically by 3,9 %. During testing, a breaking load of 111,8 kN was achieved, that is, the bearing capacity of the plate was 1,55 higher than the calculated one. The cracking process began at a load of 44,41 kN, which amounted to 40% of the actual breaking load. Moreover, the nature of the destruction of the slab does not differ from the nature of the destruction inherent in reinforced concrete bending elements.

Keywords: reinforced concrete, floor slab, bearing capacity, experimental studies, SOFiSTiK, LIRA-SAPR.

Стаття надійшла 17.11.2019