

Экспериментальные исследования

МОНОЛИТНЫЕ ПУСТОТНЫЕ ПЕРЕКРЫТИЯ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ ЗДАНИЙ

Д.А. ГЛОТОВ, инженер,

И.С. ЛОСКУТОВ, инженер,

О.В. КАНТУР, д-р техн. наук, профессор.

ООО «Проектно-конструкторское бюро «Катриэль», г. Москва

Настоящая работа является первым обобщением опыта проектирования и возведения монолитных пустотных перекрытий в условиях строительной площадки при строительстве многоквартирного жилого дома. Рассматриваются вопросы конструирования, армирования, технологии возведения. Уделено внимание вопросам организации строительства, обучения рабочих, технико-экономической эффективности использованного подхода в сопоставлении с аналогичными процедурами при возведении сплошных железобетонных перекрытий.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: монолитные пустотные перекрытия, организация строительства, жилой дом, бетонирование.

Пустотные конструкции в перекрытиях зданий появились в начале XX века (~1905г.), и в то время их изготовление производилось на строительной площадке (Р. Залигера [1]). В период развития сборного домостроения (начало 50-х годов) изготовление пустотных плит было полностью перенесено в заводские условия. Развитие объемов транспорта до уровня, практически сопоставимого с пропускной способностью автодорог, увеличение объемов строительства в регионах, далеко отстоящих от комбинатов железобетонных изделий, возросший интерес к свободной планировке помещений (и как следствие этого увеличение расстояния между вертикальными опорами перекрытий), явились наиболее слабым звеном в этой, ранее казавшейся эффективной, схеме. Принципиально конструкция таких плит не изменилась.

В современном строительстве с использованием монолитной технологии подобные перекрытия фактически не используются. Нам известны единичные случаи, когда в процессе возведения монолитных перекрытий закладывались вставки из легких материалов, либо трубчатые элементы, и это было вызвано, как правило, недостаточным объемом поставляемого товарного бетона (частные сообщения А. Летчфорд, к.т.н. А. Артемов – личная практика).

При переносе всего процесса изготовления пустотных перекрытий на строительную площадку расширяется число факторов, позволяющих управлять свойствами перекрытия, по сравнению с унифицированными пустотными плитами заводского изготовления и обеспечивают возможность:

- создания перекрытия без швов в пределах целого этажа, что приведет к снижению величины моментов в пролете перекрытия этажа с увеличением длины пролетной части (до 12-15 м);

- конструктивного решения задачи сочетания участков, различающихся направлением пустот, и включения в конструкцию монолитных участков (в том числе «скрытые» ригели, участки опирания на вертикальные несущие элементы, на колонны);

- управления несущей способностью и изгибной жесткостью (толщина перекрытия до 40 см, ширина ребер, толщины полок, параметры армирования), армирования поперек направления расположения пустот.

В последние годы интерес к использованию подобного типа перекрытий возрастает. В ряде стран Европы «облегченные перекрытия», возведенные в

условиях строительной площадки, становятся распространенной практикой. Существует успешный опыт разработки и выпуска опалубки для массового возведения конструкций подобного типа. Например, системы **Cobiax®** (Швейцария), когда в тело перекрытия устанавливаются полостные элементы с жесткими стенками – пустотные шары или эллипсоиды (отходы полипропилена) размером до 30-40 см; **Nautilus®** (Италия) – призматические пустотные элементы.

После застывания бетонной смеси такое перекрытие может иметь несущую способность и изгибную жесткость больше, а массу на 20-40% меньше, чем сплошное перекрытие.

Начиная с 2003г, на Украине опубликовано около десятка работ [3-7], посвященных различным аспектам создания «облегченных перекрытий», пустотных и близких к ним по конструктивной схеме, предназначенных для использования в основном при реконструкции зданий.

Настоящая работа является первым обобщением опыта проектирования и строительства монолитных пустотных перекрытий в условиях строительной площадки при строительстве 13-этажного жилого дома, по адресу: МО, г.Звенигород, м/р-н 3, район «Восточный», вл. № 15.

Из всех возможных вариантов конструкции предпочтение было отдано возведению монолитных пустотных перекрытий с опорой на несущие стены и пилоны по периметру здания.

В качестве наиболее принципиальных задач работы рассматривались:

- разработка конструкции перекрытия, адаптированной к способу монолитного возведения;
- разработка и организация изготовления требуемого количества надежного и дешевого пустотообразователя.

Для успеха всего проекта важнейшими являются: обеспечение высокой производительности труда; отработка технологии армирования и укладки бетона; обеспечение высокого качества выполняемых работ и его контроль; организация мониторинга конструкций после возведения перекрытия; анализ предполагаемой технико-экономической эффективности.

До начала работы не вызывала сомнений возможность изготовления монолитных пустотных перекрытий, принципиальную конструкцию которых нельзя назвать новой, но полное отсутствие информации о результатах решения выше перечисленных задач позволяет и саму работу, и полученные результаты рассматривать как новые ¹.

Особенности конструктивного решения здания

Дом сложной формы, в плане первого этажа 77,960x18,460м (77,2x17,70м по осям). Количество этажей дома – 13, где 2...13 этажи являются типовыми. Высота типового этажа 2,8м (в свету). В здании также присутствует этаж технического подполья, мансардный этаж и технический этаж на отметке +42,55 с выходом на кровлю. Максимальная высота здания +46,1м.

Конструкция дома: монолитный каркас. Пространственная жесткость каркаса обеспечивается монолитным объединением стен и дисков перекрытий.

Фундамент – монолитная пустотная плита толщиной 0,9м (отметим, что в конструкции фундамента плита сплошная только в областях опирания вертикальных несущих элементов).

¹ Московская областная государственная экспертиза при рассмотрении проекта здания потребовала проведения независимой экспертизы в НИИЖБ им. А.А. Гвоздева. Такая работа была выполнена (эксперт к.т.н. Б.С. Соколов), заключение положительное. Из общения с сотрудниками НИИЖБ стало известно, что в подобной постановке экспертируемая работа встречается им впервые.

Перекрытия – монолитные пустотные толщиной 220мм.

Вертикальные конструкции:

по периметру здания – пилоны монолитные толщиной 200мм;

внутри здания – стены монолитные несущие толщиной 200мм;

техническое подполье – стены монолитные несущие толщиной 250мм;

стены лестничных клеток и лифтовые шахты монолитные;

лестницы из сборного железобетона;

кровля – плоская утепленная с организованным водостоком.

Все несущие конструктивные элементы здания изготавливаются из монолитного армированного бетона на строительной площадке.

Используемые материалы:

- товарный бетон класса В25, поставляемый на строительную площадку в автобетоновозах;

- арматура: продольная профилированная класса А400С, поперечная – А240 (ТСН 102.00).

На стадии, предшествующей строительству, разработаны рабочий проект² и проект производства работ, произведено обучение инженерно-технического персонала и рабочих бригад на специально созданных стендах. В процессе изготовления пробных фрагментов перекрытий совершенствовалась их конструкция: вносились изменения размеров полок и стенок между пустотами, оценивалась устойчивость пустотообразователей к повреждениям, устранялись причины, способные привести к дефектам бетонирования нижней полки.

Геометрические характеристики пустотных плит

При конструировании пустотных перекрытий жилого дома были использованы в качестве аналога конструкции пустотных плит без предварительного напряжения арматуры типовой серии 1.141-1 (ГОСТ 9561—91).

Учитывая условия изготовления плиты на строительной площадке, не столь строгие по сравнению с заводскими, использование плоской деревянной опалубки и вибраторов при укладке бетона, размещение в теле плиты дополнительных устройств электрического прогрева (в зимнее время), в конструкцию монолитных пустотных перекрытий, по сравнению со сборными, были внесены изменения (см. табл.1).

Таблица 1

Характеристики пустотной плиты в сопоставлении с плитой-аналогом

№	Элемент плиты	Плита серии 1.141	Монолитная плита
1	диаметр пустот	159мм	130мм
2	толщина плиты	220мм	220мм
3	толщина нижней полки	30,5мм	45мм
4	толщина верхней полки	30,5мм	35мм
5	стенка между пустотами	26мм	60мм

Пустотообразователи

При выборе конструкции пустотообразователей было отдано предпочтение картонным спирально-навивным ламинированным тонкой полимерной пленкой гильзам (трубам) заводского изготовления. Толщина стенки трубы – минимальная, обеспечивающая устойчивость к «смятию» трубы при действии веса монтажника на ее поверхность $\delta = 5\text{мм}$.

² Части проекта, в которых сплошные перекрытия «заменены» монолитными пустотными (неразрезными).



Рис. 1. Фрагмент плиты с пустотообразователем [2]

Защита поверхности трубы тонким слоем полимерной пленки гарантирует ее сохранность при контакте с влажным бетоном и воздействии вибратора. В торцы трубы вставляются пробки-заглушки из пенополистирола заводского изготовления.

Армирование плит. Установка пустотообразователей.

Арматура в перекрытии располагалась в двух взаимно перпендикулярных направлениях. Основная арматура – вдоль пустотообразователей. Для облегчения монтажа основной арматуры и пустотообразователей в первую очередь раскладывалась арматура, расположенная перпендикулярно пустотам. Далее укладывалась арматура, расположенная вдоль пустот, и пустотообразователи.

Фиксация «по месту» всех конструктивных элементов, в том числе и пустотообразователей, производилась с использованием пучка отожженной вязальной проволоки (не менее трех) диаметром не менее 1мм.



Рис. 2. Арматурокаркас перекрытия и балконной площадки с уложенными пустотообразователями.

Процесс бетонирования

Процесс бетонирования и уход за бетоном после бетонирования не отличался от аналогичной процедуры для монолитных сплошных плит. Для уплотнения бетона использовался игольчатый вибратор с наконечником диаметром не более 45мм.

Отличительной особенностью процесса бетонирования плит является всплытие пустотообразователей при вибрировании. «Архимедова сила» столь велика, что приводит к «выгибу» вверх всего связанного арматурного каркаса с размещенными в нем пустотообразователями.

Для подавления «всплытия» использовались пригрузочные рамы, которые устанавливались на перекрытие перед началом бетонирования и демонтировались после схватывания бетона³.



Рис. 3. Пригрузочная рама на перекрытии

Мониторинг

После демонтажа опалубки выполнялась геодезическая съемка низа и верха перекрытия. Контролировалось качество нижней и верхней поверхностей вплоть до начала отделочных работ. Не отмечено ни одного случая образования полостей в областях под пустотообразователями.

Заключение

В работе не ставилась задача использовать все достоинства применяемого конструктивного решения перекрытий, здесь мы ограничились лишь реализацией возможности снизить материалоемкость конструкции по сравнению со сплошными перекрытиями в равных условиях функционирования.

Основные заключения: по сравнению со строительством здания со сплошными перекрытиями (аналог)

- производительность труда монтажных бригад при возведении пустотных перекрытий высокая; трудно количественно оценить отличия по сравнению с упомянутым аналогом;

- при использовании пустотных монолитных перекрытий (только на их возведение) снижается расход бетона на 37-42%, арматуры на 36% (стоимость пустотообразователей меньше на 14% вытесняемого им бетона).

При выполнении работы выявились и недостатки. Строительство объекта потребовало перевозки 71км картонных труб на значительное расстояние.

Использование монолитных пустотных перекрытий позволило получить существенный экономический эффект за счет экономии материалов (см. табл.2).

При выполнении работы выявились и недостатки. Строительство объекта потребовало перевозки 71км картонных труб на значительное расстояние.

Во вновь построенном доме возведены монолитные пустотные перекрытия непосредственно на месте установки, монолитно связанные с вертикальными

³ Послойная заливка бетона (сначала слой до уровня ~ 0,3 диаметра пустотообразователя, а затем через 1–2 часа до конца) не применялась. Отечественные нормы запрещают бетонирование с перерывом конструкций, высота которых менее 500мм.

Таблица 2

*Ведомость материалов для изготовления монолитных перекрытий
с шагом стен 6,4м, для многоэтажного жилого здания*

Описание конструкции	Толщина, см	Расход бетона, м ³	Расход рабочей арматуры, кг/м ²
Сплошная монолитная плита	22,0	0,22	26,4
Сплошная монолитная плита ⁴	18,0	0,18	23,4
Монолитная пустотная плита	22,0	0,154	13,7

несущими элементами, общей площадью 19500м². Проектировщиками и строителями результаты выполненной работы оцениваются как положительные, и монолитные пустотные перекрытия зданий рекомендованы в качестве типовых в постоянной деятельности организаций.

Авторы благодарны своим коллегам из ООО «ПКБ Катриэль», а также соавторам по выполненной работе ЗАО «ПромСтройАвтоматика». Хорошее взаимопонимание и взаимная поддержка явились необходимыми факторами успешного выполнения всей работы.

Выражаем благодарность д.т.н., профессору Кривошапко С.Н. за внимание к работе, а также всем участникам научного межвузовского семинара «Геометрия и расчет тонких оболочек неканонической формы» (РУДН) за беспристрастное обсуждение результатов работы.

Л и т е р а т у р а

1. Залигер Р. Железобетон и его проектирование. – М.-Л., ГНТИ, 1931. – 671 с.
2. Большепролетные монолитные конструкции, ЗАО «Стройпромавтоматика», ООО «ПКБ Катриэль», 19-я Международная неделя капитального строительства «СТРОЙТЕХ-2011», 14–17 февраля 2011 года, ЭЦ «Сокольники», www.stroytekh.ru.
3. Артюх В.Г., Яловенко В.И., Санников И.В. Напрямки матеріалозбереження в монолітному будівництві// Перспективні напрямки проектування житлових та громадських будівель: Збірник наукових праць: КиївЗНДІЕП.-Київ 2004.-С. 234-236.
4. Артюх В.Г., Тонкачев Г.Н., Практика проектирования и устройства монолитных многопустотных плит перекрытий// Современное промышленное и гражданское строительство. – Макеевка: ДНАСА, 2005. Т. 1, №1. - С. 5-11.
5. Артюх В.Г., Санников И.В., Досвід проектування та будівництва монолітних залізобетонних плит з циліндричними порожнинами в перекриттях цивільних будинків// Будівництво України 2007, №4. - С. 13 - 15.
6. Тонкачев Г. Н., Таран В. В., Технологичность конструкций монолитных плит перекрытий гражданских зданий // Містобудування та територіальне планування: Зб. наук. пр. - К.: КНУБА, 2008. Вип 29. – С. 381-394.
7. Сопельник В.І., Сопельник К.В., Таран Р.А., Таран В.В.; Плита перекрытия: Патент на корисну модель UA №32799, МПК (2006) E04B 5/00 E04B 5/08, заявлено 11.02.2008, Опуб. 26.05.2008, Бюл. №10.
8. СНиП 2.03.01-84*. Бетонные и железобетонные конструкции. – М.,1989. – 80 с.
9. СП 52-103-2007. Железобетонные монолитные конструкции зданий. – М.: 2007. – 22с.

MONOLITH HOLLOW FLOORS FOR DWELLING HOUSES

D.A. Glotov, I.S. Loskutov, O.V. Kantur

This work summarizes monolith cellular floors design and construction within the site of a residential apartment house. The questions of engineering design, reinforcement and erection technology are considered. Attention is paid to the construction arrangement, workers training, technical and economic effectiveness of the approach compared to the similar procedures used for solid reinforced concrete floors.

⁴ Приведено потому, что при проектировании зданий рассматриваемой конструкции целесообразней использовать перекрытия толщиной 180 мм.