

ОБЛЕГЧЕННЫЕ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ КОНСТРУКЦИИ ПЕРЕКРЫТИЙ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Ю.А. Иващенко

Развитие железобетонных конструкций для перекрытий зданий происходило в направлении снижения их массы, повышения качества материалов и снижения трудоемкости возведения. В связи с этим в статье приводятся результаты разработок и исследований, направленные на снижение массы конструкций перекрытий и увеличение их экономической эффективности.

Ключевые слова: железобетон, перекрытия, снижение массы, уменьшение расхода металла.

В процессе развития каменных и железобетонных конструкций плоских и пространственных перекрытий наблюдалось два направления: первое – применение сплошных конструкций одинаковой или переменной толщи-

ны; второе – применение ребристых и пустотелых конструкций, включая пространственные [1, 12]. Первое направление обусловлено применением естественных и искусственных камней, второе – развитием технологий железобетона, позволяющих создавать ребристые и пустотелые конструкции.

В настоящее время при возведении многоэтажных зданий, широко применяются перекрытия из сплошных сборных или монолитных конструкций. Такие конструкции обладают рядом недостатков:

- увеличивается собственный вес конструкции, который является нагрузкой; при этом собственный вес монолитных сплошных перекрытий составляет около 70 % от собственного веса несущих надземных конструкций (колонны, стены горизонтальной жесткости); это создает значительные по величине усилия в колоннах, стенах жесткости и фундаменте; увеличение собственного веса приводит к повышению усилий на все несущие конструкции при сейсмических воздействиях;

- увеличение расхода металла за счет увеличения нагрузки от собственного веса, а также вследствие того, что для обеспечения проектного положения верхней рабочей арматуры используются зигзагообразные арматурные каркасы, не участвующие в сопротивлении перекрытия нагрузкам;

- создаются неудобства при бетонировании перекрытий, так как передвижение рабочих осуществляется по установленной системе перекрестного армирования; при этом возможны повреждения элементов армирования;

- повышенный расход металла в сплошных перекрытиях (кроме указанных выше причин) происходит вследствие того, что для расчета применяются упругие методы определения внутренних усилий, заложенные в программные комплексы и не учитывающие неупругие свойства железобетона; при этом необходимость учета нелинейности регламентируется в Федеральном законе № 384-ФЗ.

Снижение собственного веса достигается применением ребристых и часторебристых (кессонных) конструкций [3, 4]. В справочнике [3] приведены сборные конструкции перекрытий с применением керамических камней, заполняющих пространство между ребрами, а в патенте [4] разработаны кессонные перекрытия для сложных криволинейных форм.

В данной статье предлагаются кессонные конструкции перекрытий многоэтажных зданий, возводимых по монолитной технологии. Для бетонирования перекрытий используется обычная опалубка. Перекрестная система ребер создается следующим образом: на опалубке раскладываются блоки из легких бетонов (пенобетон, ячеистый бетон) с промежутками между собой так, чтобы образовалась перекрестная система балок (ребер) после заполнения их тяжелым бетоном. Рекомендуется ширину сечения балок-ребер вдоль осей колонн (главная балка) назначать равной ширине сечения колонны, а ширину сечения балок-ребер в пространстве между колоннами (второстепенная балка) – равной 100 мм. Арматура устанавлива-

ется по балкам-ребрам и разделяется на верхнюю и нижнюю в соответствии с расчетами на прочность, деформативность и трещиностойкость.

Предлагается четыре варианта конструкции перекрытия. Первый – применение сплошных блоков плотностью от 300 до 600 кг/м³; второй – применение пустотелых блоков, укладываемых пустотами так, чтобы образовывались замкнутые пустоты; третий – применение блоков при заполнении тяжелым бетоном балок-ребер с образованием слоя толщиной 50 мм над блоками; четвертый – создание предварительного напряжения верхней арматуры главных балок-ребер.

Также перекрытия являются облегченными в сравнении со сплошным, так как их собственный вес равен от 250 до 320 кг/м³ (для сплошного – 500–600 кг/м³). Предлагаемые перекрытия имеют также другие преимущества: повышение шумоизоляции в 2–2,5 раза; повышение сопротивления теплопередачи в 2–3 раза; повышение сейсмостойкости пропорционально снижению общей массы несущих конструкций.

Применение таких перекрытий дает существенную экономию металла за счет снижения общей нагрузки, более рационального размещения арматуры, устранения конструктивной арматуры, не учитываемой расчетами, и применением методов расчета, учитывающих нелинейные свойства железобетона.

В настоящее время известны следующие методы: методы теории упругости, теории пластичности, теории ползучести и теории предельного равновесия. Для расчета облегченных конструкций автором разработан метод предельного равновесия с учетом перераспределения внутренних усилий вследствие проявления ползучести бетона, трещинообразования и учета распора. Учет ползучести бетона осуществлен по рекомендациям [5], а учет распора – по рекомендациям [6] и исследованиям автора статьи на расчетных моделях. Влияние распора на напряженное состояние плоских ребристых монолитных перекрытий известно [6]. Наибольшая величина распора возникает в средних ячейках и приводит к снижению количества арматуры до 20 %. Существующие программные комплексы не учитывают это явление. Автором статьи исследовались крайняя и угловые ячейки, в которых влияние распора является наименьшим. Для анализа составлена расчетная схема в виде перекрестных балок, смоделированных из плоских конечных элементов. Развитие деформаций ползучести учитывалось по рекомендациям [5] путем снижения модуля упругости бетона на разных этапах нагружения, а учет образования трещин при растяжении элементов учитывался вычислением «приведенного модуля упругости» в соответствии с количеством растянутой арматуры. Установлено перераспределение изгибающих моментов, возникающих в ребрах-балках, между сечениями в пролете и на опорах (в зонах, примыкающих к колоннам). Величина распора в главных балках достигала 5–7 тс в зависимости от размеров сечения колонн, а во второстепенных балках распор принимал значение 0,5–3,0 тс.

Для сопоставления результатов расчета сплошного монолитного перекрытия, спроектированного с применением ПК «Ли́ра», с облегченным перекрытием при применении сплошных пеноблоков приведена следующая таблица.

Таблица

Результаты расчета сплошного монолитного перекрытия

Параметры ячейки	Расход тяжелого бетона В25 м ³ /м ²	Расход блоков Р=500 кг/м ³	Расход арматуры, кг на м ² /м ³
Ячейка – 4 х 5 м, толщина плиты – 220 мм по проекту – 111-07-23 кж, расчет ПК «Ли́ра»		–	
Ячейка – 4 х 4 м, толщина плиты – 220 мм по проекту – 111-07-23 кж, расчет ПК «Ли́ра»		–	
Ячейка – 4 х 5 м, толщина плиты – 230 мм кессонное с блоками, расчет с учетом физической нелинейности		1,68	
Ячейка – 4 х 4 м, толщина плиты – 200 мм кессонное с блоками, расчет с учетом физической нелинейности		1,3	

Примечание: расход материалов соответствует одинаковой полезной нагрузке.

Заключение. Применение кессонных перекрытий с применением сплошных блоков из легких бетонов позволяют снизить расход тяжелого бетона на 30–40 %, а расход металла – в 2–3 раза. При использовании пустотелых блоков расход металла снизится. Технология армирования и бетонирования была опробована при возведении 2-этажного здания спортивного назначения размером в плане 12 х 21 м. Установлено, что трудоемкость возведения перекрытия, включая раскладку блоков, меньше на 30 % в сравнении с возведением сплошного монолитного перекрытия.

Кессонные перекрытия с применением блоков из легкого бетона могут быть применены для возведения перекрытий или покрытий при пролетах 12 м и более путем создания криволинейных пространственных поверхностей.

Снижение расхода металла, кроме уменьшения массы перекрытия, также достигается применением для расчетов новых расчетных моделей с учетом нелинейных свойств материалов.

Библиографический список

1. Кудзис, А.П. Железобетонные и каменные конструкции: Учебн. для строит. спец. вузов. в 2-х частях. Ч.2. Конструкции промышленных и гражданских зданий и сооружений / А.П. Кудзис. – М.: Высш. шк., 1989. – 264 с.
2. Пространственные конструкции зданий и сооружений (исследование, расчет, проектирование и применение): сб. статей. Вып. 10/МОО «Пространственные конструкции». – М.: 2006. – 272 с.
3. Справочник проектировщика. Сборные железобетонные конструкции / под ред. В.И. Мурашева. – М.: Гос. изд-во литературы по строительству, архитектуре и строительным материалам, 1959. – 604 с.
4. Авторское свидетельство № 540021, БИ № 47 (разработчик Львовский ордена Ленина политехнический институт им. Ленинского комсомола, НИЛ-23), 1976.
5. СП 52-102-2004. Предварительно напряженные железобетонные конструкции. – М.: ФГУП ЦПП, 2005. – 38 с.
6. Проектирование железобетонных конструкций: Справочное пособие / А.Б. Гольшев, В.Я. Бачинский, В.П. Полищук и др.; под ред. А.Б. Гольшева. – 2-е изд. перераб. и доп. – Киев: Будивэльнык, 1990. – 544 с.

[К содержанию](#)