

УДК 624.012.45:639.5

МЕТОД ВОЗВЕДЕНИЯ КАРКАСНЫХ СИСТЕМ НОВОГО ТИПА

С.А. Бугаевский, доцент, к.т.н., ХНАДУ

Аннотация. Разработана новая архитектурно-строительная система для возведения монолитных железобетонных зданий и сооружений, а также технология изготовления конструкций с помощью укладки фибробетона способом «мокрого» торкретирования с применением минимальной номенклатуры опалубки. Технология бетонирования монолитного железобетонного каркаса предусматривает применение неизвлекаемых вкладышей-пустотообразователей для придания позитивных свойств конструкции.

Ключевые слова: архитектурно-строительная система, монолитный железобетонный каркас, фибробетон, неизвлекаемые вкладыши-пустотообразователи.

МЕТОД СПОРУДЖЕННЯ КАРКАСНИХ СИСТЕМ НОВОГО ТИПУ

С.О. Бугаєвський, доцент, к.т.н., ХНАДУ

Анотація. Розроблено нову архітектурно-будівельну систему для спорудження монолітних залізобетонних будівель та споруд, а також технологію виготовлення конструкцій за допомогою укладання фібробетону способом «мокрого» торкретування із застосуванням мінімальної номенклатури опалубки. Технологія бетонування монолітного залізобетонного каркаса має на увазі застосування вкладишів-порожниноутворювачів, які не виймаються, для надання позитивних властивостей конструкції.

Ключові слова: архітектурно-будівельна система, монолітний залізобетонний каркас, фібробетон, вкладиші-порожниноутворювачі, які не виймаються.

METHOD OF FRAMEWORK SYSTEM OF NEW TYPE CONSTRUCTION

S. Bugaevsky, Associate Professor, Candidate of Technical Science, KhNAHU

Abstract. The new architectural and construction system is developed for construction of monolithic ferro-concrete buildings and constructions. It is designed specifically for laying fiber concrete by way of a «wet» spray application with the minimum number of timber forms. The technology of monolithic ferro-concrete involves the use of permanently embedded fixed volumetric inserts that contribute to the positive qualities of the design.

Key words: architectural and construction system, a monolithic ferro-concrete framework, fiber concrete, fixed volumetric inserts.

Введение

Архитектурно-строительные системы в нашей стране и за рубежом, предназначенные для многоэтажных жилищно-гражданских объектов, в сочетании со сложившейся строительной базой в основном ориентированы на использование каркасных конст-

рукций. При этом материалом для каркаса сооружения является монолитный или сборный железобетон, либо сталь. Стены, как правило, многослойные, выполняются непосредственно на площадке самонесущими или навесными из эффективных неармированных материалов. Анализ современного состояния и перспективы развития зданий обсуждаемой

направленности, кроме поиска новых конструктивных решений, обуславливают, наряду с упомянутым, удовлетворение при разработке системы условиям комфортности проживания, экологической чистоты, архитектурно-художественной выразительности сооружений, возведенных из ее элементов и т.д. Решение этой проблемы представляет собой набор сложных многофакторных и многокритериальных задач, во многом внутренне противоречивых.

Анализ публикаций

За последние годы в капитальном строительстве начинает преобладать тенденция к увеличению темпов роста возведения промышленных и гражданских зданий с использованием монолитных железобетонных конструкций. Технология монолитного домостроения позволяет создавать любые криволинейные формы, проектировать и строить здания, уникальные по своей архитектуре, со свободной планировкой помещений, большими пролетами и требуемой высотой этажа [1].

Стены и перекрытия, выполняемые по монолитной технологии, имеют небольшую толщину, что уменьшает нагрузку на фундамент и, соответственно, затраты на возведение здания. Несущий каркас из монолитного железобетона способен выдержать большие нагрузки, что позволяет строить здания в 30–40 и более этажей.

В основе всех применяемых технологий возведения монолитных железобетонных зданий – использование принципиально различных видов опалубок: тоннельной, горизонтально и вертикально извлекаемой, скользящей, крупнощитовой, мелкощитовой и несъемной. Основными характеристиками эффективности технологии служат показатели технологичности при монтаже и демонтаже, в то время как армирование и бетонирование конструкций для всех видов опалубок имеют много общих признаков [1].

Возведение тонкостенных пространственных конструкций с использованием пневматической опалубки базируется на применении двух разновидностей технологии укладки бетона: путем нанесения на разостланную в горизонтальном положении опалубку с последующим приведением ее в проектное положение подачей воздуха и методом «мокро-

го» торкретирования на надутую опалубку [2, 3].

Помимо достоинств монолитного железобетона, таких как низкие ресурсные затраты, одним из основных недостатков данного вида строительства является большая трудоемкость выполнения работ. Отсюда важнейшей задачей повышения эффективности применения монолитного бетона становится задача снижения трудоемкости. Комплексный технологический процесс возведения монолитных железобетонных конструкций состоит из трех видов работ: арматурных, опалубочных и бетонирования. Одним из основных резервов сокращения трудозатрат выступает совершенствование опалубочных и бетонных работ. Эти работы, за счет применения высокоэффективных и принципиально новых конструкций опалубочных систем, в комплексе с современными средствами механизации и автоматизации бетонных работ, позволят сократить сроки строительства, повысить производительность труда и снизить трудоемкость.

Цель и постановка задачи

Целью нашей работы является разработка новой архитектурно-строительной системы для возведения монолитных железобетонных зданий и сооружений, а также технологии возведения таких конструкций с помощью укладки фибробетона торкретированием.

Предметом исследований являются процессы формирования монолитного железобетонного каркаса, возводимого с применением неизвлекаемых вкладышей-пустотообразователей в элементах конструкции (колонны, стены, перекрытия и т.д.), и технологические процедуры формирования конструкции, обеспечивающие применение минимальной номенклатуры опалубки.

Конструктивная реализация

Для массового жилищно-гражданского строительства в Украине разработаны разные архитектурно-строительные системы, в том числе «РАМПА», «ИКАР» и «ДОБОЛ» [1].

Перечисленные архитектурно-строительные системы получили развитие в новом монолитном железобетонном каркасе многоэтажного здания, обладающем следующими характеристиками:

- произвольной (нерегулярной) сеткой колонн;
- применением различных материалов для неизвлекаемых вкладышей-пустотообразователей с целью значительного уменьшения собственного веса конструкции, а также имеющих стоимость на порядок ниже, чем стоимость железобетона;
- сложной конфигурацией в плане и неодносвязностью дисков перекрытия;
- возможностью расположения диска перекрытия не в одной плоскости;
- наличием плоских полов и потолков;
- рациональной топологией ребер внутри диска перекрытия, обеспечивающей выравнивание усилий в плите перекрытия;
- созданием сложной конфигурации пустотелых колонн.

Характерными достоинствами предложенной архитектурно-строительной системы являются: создаваемые конструкции с произвольной геометрией, практически неограниченная комбинаторика объемно-планировочных решений, свободная внутренняя планировка, использование заданного расхода материалов, высокая несущая способность элементов, ограниченная деформативность, небольшой собственный вес, эффективная технология возведения и многое другое.

Для возведения конструкций предложенной архитектурно-строительной системы, с нашей точки зрения наиболее эффективна технология торкретирования.

В результате нанесения бетона на поверхность под давлением образуется уплотненный слой торкрет-бетона, свойства которого в ряде случаев выше, чем у вибрируемого бетона. Торкрет-бетон обладает повышенной механической прочностью при сжатии и растяжении, водонепроницаемостью, лучшим сцеплением с поверхностью обрабатываемой конструкции, быстрее набирает прочность при равных условиях ухода за бетоном.

Различают два способа нанесения торкрет-бетона – «мокрый» и «сухой». Технология «мокрого» торкретирования обладает рядом преимуществ, по сравнению с «сухим» торкретированием: пониженное пылеобразование; однородный состав уложенного бетона; возможность производства работ в стесненных условиях; минимальный отскок бетонной смеси при укладке; минимальные затраты на защиту рабочей площадки.

Для улучшения свойств торкрет-бетона применяются различные добавки (суперпластификаторы, ускорители схватывания, минеральные добавки). Они влияют на быстрое схватывание (начало и конец схватывания происходят соответственно в течение 3 и 12 мин); увеличение толщины наносимого слоя торкрет-бетона; уменьшение отскока торкрет-бетона при нанесении на вертикальные и потолочные поверхности; быстрый набор прочности торкрет-бетоном до 3,5–7,0 МПа; достижение проектной прочности на 3–7-е сутки [4].

Оптимизация параметров дисперсного армирования способствовала широкому применению торкрет-фибробетона. Его свойства зависят от характеристик используемых фибр: их прочности и объемного содержания в торкрет-бетоне, диаметра и длины фибр, соотношением между диаметром и длиной, профилем и качеством их поверхности, обуславливающих анкеровку в бетонной матрице, а также от технологических приемов создания покрытий. Применение фибр в качестве армирующих компонентов торкрет-бетона повышает его способность к пластической деформации, трещиностойкость, прочность при растяжении и изгибе, сопротивление к динамическим и огневым воздействиям.

В зависимости от вида и назначения бетонов для их дисперсного армирования применяют различные виды фибр, причем наиболее часто используют стальные, минеральные и полимерные. В случаях, когда требуемые характеристики фибробетона не могут быть достигнуты с использованием одного типоразмера фибры, применяют полидисперсное армирование. При этом размеры фибр назначают, исходя из основных компонентов бетонной смеси. При использовании двух размеров стальной фибры размер первой (36 мм) привязывается к каркасообразующему элементу бетона – щебню фракции 20–40 мм, а длина второй фибры не превышает 5 мм, что соответствует крупности мелкого заполнителя песка [5]. Такая комбинация не вызывает ухудшения технологических характеристик бетонной смеси и повышения трудоемкости процессов, вместе с тем позволяет увеличить содержание фибры для достижения заданных свойств сталефибробетона.

В отличие от стальной фибры, неметаллическая не может создать жесткой пространственной структуры, однако, располагаясь в

межзерновом пространстве заполнителя и благодаря своей сверхвысокой дисперсности, даже при незначительном насыщении смеси также образуют в ней пространственный каркас. При использовании двух размеров неметаллической фибры большая по размеру для бетона выступает упрочнителем, а меньшая модифицирует структуры цементного камня, способствуя повышению характеристик долговечности [5].

Предложенная технология «мокрого» торкретирования позволяет уплотнять бетонную смесь без вибрации и применять для бетонирования конструкции только опалубочный «стол» с набором инвентарных гибких элементов и направляющих. Эти атрибуты технологии необходимы для получения различных по конфигурации элементов конструкции. В отличие от укладки обычного и самоуплотняющегося бетона, в предложенной технологии удешевляется стоимость строительства за счет отсутствия сложной, дорогостоящей индивидуальной опалубки.

Для строительства монолитных железобетонных зданий предлагаемой конструкции по технологии «мокрого» торкретирования предложен самонесущий арматурный каркас, обеспечивающий создание конструкций с произвольной геометрией, а также нанесение на него торкрет-фибробетона с последующим набором им необходимой прочности. Самонесущий каркас собирается соединением отдельных объемных элементов из арматурных стержней диаметром 5–10 мм (например, в виде треугольной призмы). Для соединения их в единый самонесущий каркас применяются, как в конструкторе, типовые элементы в виде накладок, устанавливаемых с двух сторон в узлах, образованных стыкуемыми углами треугольных призм. После окончания сборки добавляется рабочая арматура, в соответствии с расчетами, и прикрепляется с одной из сторон легкая опалубка или мелкая арматурная сетка, играющая роль экрана для возможности нанесения на каркас торкрет-фибробетона.

Для уменьшения собственного веса путем создания пустот в элементах конструкции монолитных железобетонных зданий можно применять щитовую извлекаемую опалубку или пневмоопалубку. Более прогрессивной технологией является использование пневмоопалубки с последующей укладкой бетонной смеси «мокрым» торкретированием.

По сравнению со щитовой опалубкой, пневмокаркасная опалубка более проста в эксплуатации и легко транспортируется к месту строительства. Пневмокаркасные опалубочные системы могут быть укомплектованы определенным количеством пневматических модулей (стержней, цилиндров, конусов, арок, тороидов), выполненных из резинотканевых материалов с металлическими крепежными элементами, позволяющими вести работы как на отдельных захватках с последующей перестановкой, так и на всем сооружении в целом.

Основным недостатком этих систем является необходимость извлечения пневмомодулей из элементов конструкции через боковые отверстия после набора бетоном необходимой прочности и сбрасывания давления в пневмомодуле.

Указанных недостатков лишена разработанная технология изготовления элементов конструкции монолитного железобетонного каркаса нового типа. В ее основе лежит идея использования неизвлекаемых вкладышей-пустотообразователей, выполненных из эффективных теплоизоляционных материалов. Перечисленное предопределяет создание конструкций с наперед заданными позитивными свойствами.

Еще одной особенностью предложенной конструкции монолитного железобетонного каркаса является создание пустот в самом неизвлекаемом вкладыше-пустотообразователе при бетонировании объемных элементов конструкции (например, фундаментов), что позволит сэкономить расход материала вкладыша и, соответственно, его стоимость. Это потребует конструирования формы вкладыша в виде коробчатого элемента с пустотами или создания жесткого пространственного каркаса с заполнением внутренних полостей менее прочным и более дешевым теплоизоляционным материалом.

В дальнейшем будут разработаны рекомендации по конструированию составных неизвлекаемых вкладышей-пустотообразователей из различных комбинаций теплоизоляционных материалов с позиции простоты изготовления, технологичности укладки в тело конструкции, достаточной жесткости для восприятия давления от укладываемого торкретированием фибробетона и обеспечения минимальной конечной стоимости.

На рис. 1 и 2 приведено изготовление опытных конструкций колонн и фрагментов дисков перекрытия, выполненное в 2011–2012 г. на базе строительной фирмы «Вертикаль» (г. Харьков, Украина) и Исследовательского центра транспортного строительства Московского государственного университета путей сообщения (г. Москва).

В качестве неметаллической фибры использовалась полипропиленовая – длиной 12 мм, диаметром 4 микрон. Расход полипропиленовой фибры составил 0,9 кг на 1 м³ торкретбетона.

Основные конструктивные особенности каркасной системы нового типа:

1. Каркасное здание содержит фундамент, колонны, элементы жесткости, перекрытия и покрытие, отличающееся тем, что все перечисленные элементы выполнены из монолитного железобетона с полыми сечениями, за счет установки внутри них неизвлекаемых вкладышей-пустотообразователей из органических и неорганических теплоизоляционных материалов, а все узлы сопряжения элементов выполнены из сплошного монолитного железобетона на длину не менее большего размера стороны колонны.



а



б



в



г



д



е

Рис. 1. Изготовление фрагментов колонны и плиты перекрытия на базе строительной фирмы «Вертикаль» (г. Харьков): а – установка для «мокрого» торкретирования; б – укладка бетонной смеси методом торкретирования; в – фрагмент забетонированной колонны и плиты перекрытия; г – разрезка фрагмента плиты перекрытия; д – вкладыш-пустотообразователь внутри плиты перекрытия; е – вкладыш-пустотообразователь внутри четверти колонны



Рис. 2. Изготовление фрагментов колонны и плиты перекрытия на базе Исследовательского центра транспортного строительства Московского государственного университета путей сообщения (г. Москва): а – арматура колонны вместе с вкладышем-пустотообразователем; б – крепление вкладыша к арматурному каркасу; в – армирование плиты перекрытия с вкладышем; г – фрагмент забетонированной колонны круглого сечения

2. Незвлекаемые вкладыши-пустотообразователи могут быть выполнены из одного или двух теплоизоляционных материалов.

3. В качестве ригелей, опирающихся на колонны, используются внутренние ребра жесткости плит перекрытия.

4. Колонны размещены в плане с произвольным шагом и соединены с ребрами жесткости, размещенными внутри перекрытий, образуя узел сопряжения, содержащий от четырех до восьми стержней.

5. При пересечении в узлах «колонна-покрытие», «колонна-перекрытие» более четырех внутренних ребер жесткости устраивается капитель многоугольной или круглой формы с размером грани или диаметром не менее 0,2 от расстояния между колоннами.

6. Покрытие каркасного здания может быть выполнено в виде оболочки с произвольной гауссовой кривизной.

7. Перекрытия или покрытие выполнены в виде сетки внутренних ребер жесткости, а также верхней и нижней железобетонных обшивок, а все остальное свободное пространство внутри перекрытия или покрытия заполнено неизвлекаемыми вкладышами-пустотообразователями.

8. Перекрытия каркасного здания могут иметь отверстия многоугольной или овальной формы, при этом внутренние ребра жесткости окантовывают их и внешний контур плиты.

Бетонирование всех основных элементов каркасного здания происходит по двухста-

дийной технологии. Покажем на примере бетонирования диска перекрытия особенности предложенной технологии. После установки опалубочного «стола» и арматурного каркаса наносится первый слой торкрет-фибробетона толщиной 5–7 см для формирования нижней обшивки диска перекрытия. Следующим этапом технологии является закрепление неизвлекаемых вкладышей-пустотообразователей. На второй стадии бетонирования осуществляется заполнение торкрет-фибробетоном промежутков между неизвлекаемыми вкладышами-пустотообразователями для формирования внутренних ребер жесткости и слоя торкрет-бетона толщиной 5–7 см для формирования верхней обшивки диска перекрытия.

Выводы

Разработанная новая архитектурно-строительная система может быть применена для строительства монолитных железобетонных зданий промышленного и гражданского назначения, а также различных сооружений, в том числе и мостов. Предложенная технология возведения элементов конструкций данной архитектурно-строительной системы позволяет сократить сроки строительства, повысить производительность труда и снизить трудоемкость, за счет отсутствия сложной дорогостоящей индивидуальной опалубки и необходимости уплотнения бетонной смеси.

В совокупности предложенная архитектурно-строительная система обуславливает возможность создания сооружений нового каче-

ственного уровня, включая и конструктивные механизмы.

Литература

1. Шмуклер В.С. Каркасные системы облегченного типа / В.С. Шмуклер, Ю.А. Климов, Н.П. Бурак. – Х.: Золотые страницы, 2008. – 336 с.
2. Бурак Е.Э. Совершенствование технологии нанесения торкрет-бетона на горизонтальные поверхности пневмоопалубок: дис... канд. техн. наук: спец. 05.23.08 / Е.Э. Бурак. – Воронеж, 2011. – 200 с.
3. Болотских Л.В. Технология торкретирования бетонной смеси на вертикальные поверхности пневмоопалубок: дис... канд. техн. наук: спец. 05.23.08 / Л.В. Болотских. – Воронеж, 2003. – 172 с.
4. Методические рекомендации по применению торкрет-бетона при строительстве и ремонте гидротехнических сооружений: СТО 16216892-002-2010. – М., 2010. – 44 с.
5. Пухаренко Ю.В. Научные и практические основы формирования структуры и свойств фибробетонов: дис... д-ра техн. наук: спец. 05.23.05 / Ю.В. Пухаренко. – Санкт-Петербург, 2004. – 316 с.

Рецензент: Е.Б. Угненко, профессор, д.т.н., ХНАДУ.

Статья поступила в редакцию 10 сентября 2012 г.