

СОВРЕМЕННЫЕ БЕТОНЫ – ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИИ И СФЕРЫ ПРИМЕНЕНИЯ

С.Н. Погорелов, П.И. Пузырев, А.Ф. Хабиров

Современное строительство предполагает использование новых высокоэффективных видов бетонов, расширение областей применения бетонов, приготовление и применение бетонных смесей с качественно новыми

свойствами позволяющими разнообразить технологии строительного производства.

Рассмотрим некоторые из современных бетонов, которые вызывают несомненный интерес для использования в строительстве:

1. Самоуплотняющиеся бетоны

Самоуплотняющимися называют бетоны, которые без дополнительного уплотнения, лишь под действием силы тяжести способны течь, заполнять форму и пространства между арматурой, вытесняя воздух, не обнаруживая при этом седиментации или сегрегации. Базовые реологические свойства таких бетонов, например, высокая текучесть, надежное удаление воздуха и высокая устойчивость к расслаиванию, можно обеспечить благодаря тщательному подбору исходных материалов и их пропорций.

Самоуплотняющийся бетон (СУБ) стал наиболее значительным технологическим скачком в строительной промышленности за многие десятилетия. Внедрение СУБ существенно изменило технологии материалов и методики бетонирования. Свойства этого нового материала также позволяют оптимизировать организационную сторону вопроса. Он способствует усовершенствованию строительных технических приемов, наращиванию объемов и повышению эффективности процессов. Отказ от механической вибрации ведет к получению более надежных и стабильных бетонных конструкций. Общие улучшения условий труда оказывают существенное влияние на повышение безопасности труда и здоровья рабочих, что также способствует увеличению производительности [1].

Анализируя историю появления СУБ, следует отметить, что уход от виброуплотнения не был первостепенной задачей. Стартовым импульсом послужила, тем не менее растущая обеспокоенность специалистов по поводу обеспечения качества на сложных объектах бетонного строительства в случае ненадлежащего уплотнения монолитного бетона. Это вело к увеличению строительных издержек и создавало угрозу долговечности конструкций. Единственным практичным выходом из сложившейся ситуации стал вывод процесса уплотнения из круга обязанностей рабочих-строителей, предоставив бетону возможность самостоятельно заполнять опалубку, гарантируя идеальное уплотнение и равномерное обволакивание всех арматурных прутьев.

Уровень образования и квалификации рабочих на стройплощадках падает. Это требует более неприхотливых технологий.

Поставщик бетона может взять на себя ответственность за доставку и укладку СУБ непосредственно в опалубку, это позволяет лучше контролировать свойства свежего бетона. Этот процесс может включать выдачу поставщику товарного бетона субподрядов на выполнение сопутствующих операций, в том числе, установки опалубки, ухода за бетоном, тепловлажностной обработки, распалубки и пр. В предлагаемой схеме одно юридическое лицо будет отвечать за весь процесс, включая разработку рецепту-

ры смеси, производство бетона, поставку бетона, укладку и уход. Товар, поставляемый следующему по цепочки звену, будет представлять собой готовую бетонную конструкцию. Подобная конструкция напоминает независимое сборное железобетонное производство, где проектирование состава смеси, изготовление, поставка, укладка и уход за бетоном осуществляются под одной крышей [1].

Неоспоримым преимуществам СУБ противопоставляют такие его недостатки, как более высокие затраты на материал, меньшую стабильность и более высокие, по сравнению с обычным бетоном, затраты на разработку рецептуры, производство, обеспечение качества и контроля. Несмотря на растущую долю на рынке и далеко не исчерпанный потенциал СУБ в будущем не полностью заместит нормальный бетон. Его сферы применения будут ограничены теми случаями, когда он сможет обеспечить наилучшее соотношение затрат и эффекта. На эффект экономии можно рассчитывать в том случае, когда возможна высокая интенсивность укладки в связи с условиями конкретного строительства (сроки, количество работников). Например, при устройстве устоев подвесного моста Akashi-Kaikyo в Японии благодаря использованию СУБ удалось сократить сроки с 2,5 до 2 лет [2].

2. Высокопрочные и сверхпрочные бетоны

Благодаря своим превосходным свойствам – отличному соотношению прочности и объемной плотности, высокой плотности и долговечности – высокопрочный бетон все чаще используется для решения различных практических задач строительства.

Для производства высокопрочного бетона водоцементное отношение (отношение В/Ц) должно быть значительно ниже 0,4, за счет чего уменьшается пористость и повышается прочность матрицы цементного камня.

Зерна заполнителя должны обладать высокой прочностью и по возможности высоким модулем упругости. Также необходимо очень хорошее сцепление между зернами заполнителя и матрицей цементного камня. В данном случае превосходный результат достигается за счет добавления пуццолановых вяжущих.

Заполнители должны отвечать требованиям соответствующих норм. Важную роль играют прочность, водопоглощение, форма зерна, гранулометрический состав и химическая активность (предотвращение щелочных реакций). Чтобы уверенно выйти на прочность выше 100 МПа, рекомендуется применять мелкий базальтовый, габбровый или гранитный щебень. Гранулометрический состав должен обладать как можно более низким содержанием мелкодисперсных частиц ($< 0,125$ мм) и мелкозернистого песка (от 0,125 до 0,25 мм). Диаметр самого крупного зерна должен колебаться в пределах от 8 до 16 мм [3].

В качестве минеральных добавок при производстве высокопрочных бетонов используются: микрокремнезем, зола-унос каменного угля, мета-

каолин, нанокремнезем (кремневая кислота) и каменная мука (кварцевая и известняковая мука). Микрокремнезем имеет в данном контексте особое значение: сферические частицы микрокремнезема диаметром примерно 0,2 микрометра заполняют пустоты между зернами заполнителя и цементным камнем за счет разрушения низкопрочных кристаллов портландита (пуццолановая реакция).

Обязательным условием при изготовлении высокопрочных бетонов является использование пластификаторов в качестве химических добавок.

Все большее применение находят эфиры поликарбоксилата, которые, наряду с известными механизмами пластификации, обладают дополнительным преимуществом: структуры макромолекул полимера, которые скапливаются на поверхности частицы и фактически берут на себя функцию распорок. В данном случае речь идет о пространственной (стерической) стабилизации. По сравнению с другими реагентами, даже минимальная доза продуктов на основе эфиров поликарбоксилата обеспечивает адекватное разжижающее действие и продлевает сроки удобоукладываемости бетонной смеси.

Высокопрочные бетоны значительно быстрее набирают прочность, чем традиционные бетоны. Причиной этому служит низкое водоцементное отношение, а также более активное выделение тепла вследствие быстрой гидратации и высокого содержания цемента.

Высокопрочные бетоны отличаются большей хрупкостью по сравнению с обычными. Трещины быстро распространяются по всей структуре, что приводит к образованию изломов и растрескиванию заполнителя. При пожаре высокопрочные бетоны значительно теряют в прочности при температуре ниже 300 °С. С увеличением плотности цементной матрицы затрудняется выход водяного пара, возникшего в результате нагревания. Соответственно, увеличивается опасность взрывоподобного скалывания бетонного слоя с арматуры. Предлагается использование полипропиленовой фибры, которая при температурах ниже 170 °С начинает плавиться, образуя каналы, благодаря которым давление пара понижается.

Прочность сверхпрочного бетона колеблется в пределах 150 МПа и 250 МПа.

Данный бетон позволяет создавать конструкции и сооружения, отличающиеся одновременно как высокой несущей способностью, так и тонкостью контуров и долговечностью. Помимо правил производства высокопрочных бетонов, для изготовления сверхэффективного бетона были разработаны [3] следующие технологические требования:

- дальнейшее сокращение водоцементного отношения до $V/C = 0,2$;
- непременное использование микрокремнезема и пластификатора;
- оптимизация плотности упаковки зерен заполнителя – вплоть до нановеличин;

- ограничение максимального размера крупнейших зерен до 8 мм; как правило, до 2 мм;

- использование заполнителей из горных пород повышенной прочности;

С целью сокращения взрывоопасного скалывания материала и повышения его прочности на растяжение или изгиб добавляют, как правило, от 1,5 до 2,5 % от объема мелкой стальной фибры. Применение высокопрочных и сверхпрочных бетонов предлагает следующие преимущества:

- уменьшение геометрических размеров или увеличение несущей способности конструкций;

- создание более изящных контуров при увеличении длины пролетов конструкций, работающих на изгиб (большепролетные мосты);

- одинаковые размеры опалубки в условиях заводского производства колонн, рассчитанных на различную нагрузку, или для производства колонн для всех этажей при монолитном строительстве (высокопрочный бетон на нижних этажах);

- сокращение расхода бетона и арматуры, и соответственно, транспортировочной и монтажной массы;

- более высокая начальная прочность и более ранняя распалубка, что обеспечивает возможность более ранней эксплуатации элемента;

- более высокая плотность, водо- и газонепроницаемость за счет низкого содержания капиллярных пор;

- более высокая износостойкость;

- повышенная стойкость к химически активным веществам.

Основными областями применения высокопрочных бетонов являются: высотное строительство, мосты, резервуары для жидкостей, промышленные полы и др.

Библиографический список

1. Мещерин, В. Самоуплотняющийся бетон – основы технологии и сферы применения / В. Мещерин // ICCX Санкт-Петербург. – 2006. – С. 48–51.

2. Храпко, М. СУБ: успехи и трудности / М. Храпко // ICCX Санкт-Петербург. – 2009. – С. 28–31.

3. Мещерин, В. Высокопрочный и сверхпрочный бетон – технологии производства и сферы применения / В. Мещерин // ICCX Санкт-Петербург. – 2007. – С. 24–28.