

Павлова И.П., Беломесова К.Ю.

В строительной отрасли одним из перспективных способов нанесения бетонной смеси на криволинейные поверхности, а также поверхности, расположенные в любых плоскостях, является способ торкретирования. Нанесение бетонной смеси осуществляется под большим давлением, за счет чего удается достичь максимально плотного взаимодействия частиц смеси между собой, а также с подготовленной поверхностью, при этом наблюдается эффект заполнения пустот, мелких пор и трещин. Применение торкрет-бетона особенно эффективно при сооружении пространственных конструкций покрытий зданий (куполов, оболочек), резервуаров различного типа и назначения, плавательных бассейнов, элементов наружных трехслойных конструкций жилых и производственных зданий с эффективным утеплителем, в качестве облицовки небольших водопропускных сооружений, поверхностей тоннелей и т.д. Так же стоит отметить, что с каждым годом растет число повреждений железобетонных конструкций от коррозии, вызванных различными причинами — химической агрессией, некачественным выполнением работ, повреждениями от стихийных бедствий и механических воздействий и пр. Применение торкретирования для ремонта и усиления поврежденных конструкций является наиболее эффективным и, нередко, единственно возможным способом.

К компонентам смеси для торкрет-бетона существуют определенные требования, зависящие от желаемых конечных характеристик готового продукта (прочность, водонепроницаемость, морозостойкость и т.д.), а также зависящие от технических параметров установки для нанесения данного бетона (диаметр распылительного сопла и др.).

Основными требованиями к компонентам торкрет-бетонной смеси являются: - крупность заполнителя и непрерывная гранулометрия; - форма зёрен заполнителя (окатанная); - вид цемента (быстротвердеющий). За счет грамотного подбора состава при соблюдении всех вышеперечисленных требований к компонентам смесью можно достичь высоких эксплуатационных показателей данного бетона. В современной технологии все больше внимания уделяется технологии композитов с иерархической структурой, в том числе с дисперсным армированием.

Дисперсное армирование бетонов позволяет улучшить следующие свойства композитных структур бетона типа: прочность на изгиб, растяжение и срез, водонепроницаемость, ударная вязкость, деформативность, трещиностойкость, истираемость, огнеупорность и морозостойкость [1, с. 26]. Дисперсное армирование композитов осуществляется волокнами-фибрами, равномерно распределенными в объеме бетонной матрицы. Для этого используются различные виды металлических и неметаллических волокон минерального и органического происхождения.

Дисперсное армирование базальтовым волокном обладает рядом преимуществ перед другими типами волокон [2, с.35]. По своей природе базальтовое волокно (фибра) является продуктом обработки горной породы типа базальта, который обладает высокими прочностными показателями. Базальтовая фибра как готовый продукт представляет собой отрезки комплексного базальтового волокна заданной длины в виде рассыпчатых монофиламентов. По своей структуре фибра схожа с цементным камнем и обладает природной естественной шероховатостью, благодаря чему достигается высокое сцепление волокон с цементной матрицей. Что же касается способности разделения волокна на отдельные монофиламенты, то благодаря этому достигается равномерное распределение волокон по всему объему смеси (так называемое 3-Дармирование). Эффект 3-Дармирования хорошо виден на микрофотографии опытного образца торкрет-бетона с дисперсным армированием базальтовой фиброй (рисунок 1).

Для определения влияния базальтового волокна, как армирующего компонента, на прочностные характеристики торкрет-бетона был произведен ряд экспериментальных исследований. Были выполнены испытания следующих серий: серия I – НЦ (напрягающий цемент); серия II – НЦ+5%БФ (напрягающий цемент + базальтовая фибра). В состав компонентов всех серий входил пластификатор на поликарбоксилатной основе. Опытные образцы подвергались испытаниям в возрасте 2, 7, 28 суток. Результаты, полученных данных представлены в таблице 1.

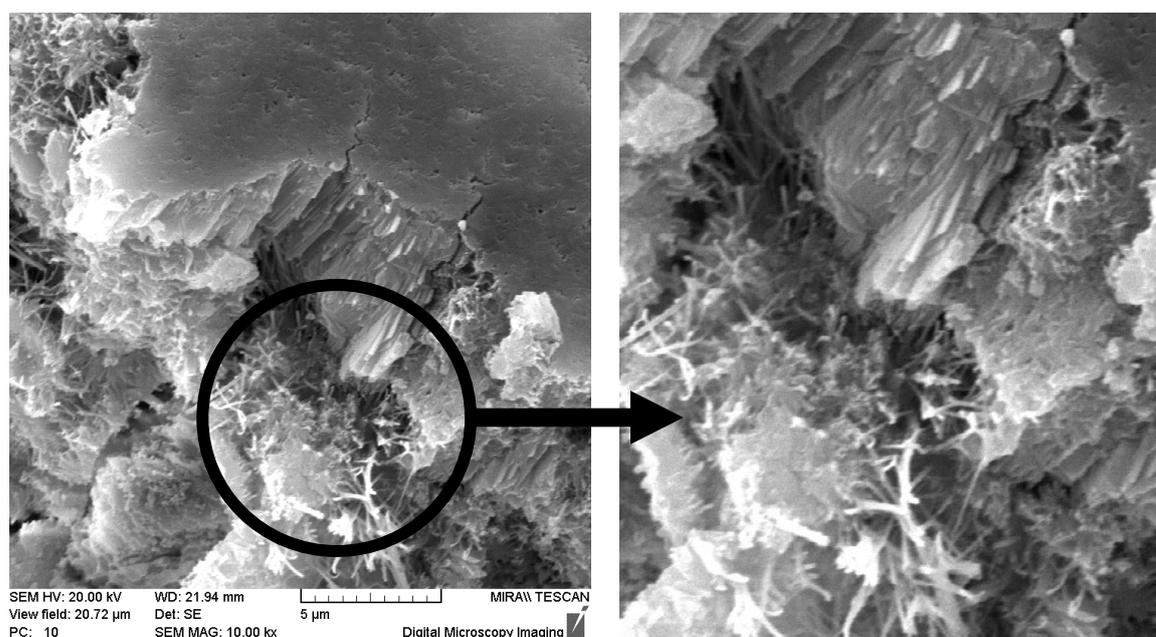


Рисунок 1 – Микрофотография образца торкрет-бетона, армированного базальтовой фиброй

Таблица 1 – Прочностные характеристики опытных образцов

Обозначение	Средняя прочность на сжатие, МПа			Средняя прочность на растяжение при изгибе, МПа		
	Возраст образцов, сут.			Возраст образцов, сут.		
	2	7	28	2	7	28
Серия I	8,18	14,2	30,54	1,9	2,89	5,61
Серия II	10,21	29,24	39,09	2,39	5,11	7,61

Анализируя полученные данные, можно с уверенностью сказать, что применение базальтовой фибры в качестве армирующего компонента торкрет-бетона является целесообразным. По полученным данным, значения прочностей образцов серии II (армированных базальтовой фиброй) в возрасте 28 суток примерно на 20% превышают значения прочностей образцов серии I (без армирования). Увеличение прочностных показателей может быть обусловлено целым рядом причин, одной из таких причин является природа и структура базальтовой фибры. По своей природе базальтовое волокно (фибра) является продуктом обработки горной породы типа базальта, который обладает высокими прочностными показателями, а структура фибры схожа с цементным камнем и обладает природной естественной шероховатостью, благодаря чему достигается высокое сцепление волокон с цементной матрицей. Другой причиной повышения прочности образцов является эффект так называемого «трехмерного армирования», который вызван равномерным распределением волокон по всему объему смеси во всех плоскостях.

Возвращаясь к вопросу выбора вяжущего вещества для торкрет-бетона, необходимо отметить, что применяя для торкретирования бетон на основе традиционного портландцемента, повышается вероятность возникновения усадочных деформаций, которые зачастую приводят к образованию сквозных или поверхностных трещин и как следствие, снижению долговечности и эксплуатационной надежности [3, с.5].

Для частичного снижения или полного исключения усадочных деформаций бетона необходимо применять в качестве вяжущего вещества, расширяющиеся или напрягающие цементы. В процессе твердения таких цементов (РЦ, НЦ) происходит расширение, которое вызвано возникновением в структуре цементного камня новообразований, объем которых суще-

ственно превышает объем вступающих в реакцию исходных веществ. На основании существующих, а также собственных исследований в данной области, наиболее эффективными являются напрягающие цементы, механизм расширения которых происходит за счет образования повышенного количества этtringита - высокоосновной формы гидросульфoалюмината кальция [4, с.102]. Одним из вариантов состава такого напрягающего цемента является смесь портландцемента и расширяющейся добавки, состоящей из высокоактивного метакoалина (ВМК) и природного гипса.

Основными контролируемыми параметрами напрягающего цемента являлись величина самонапряжения и линейного расширения согласно [5]. Для определения основных показателей напрягающего цемента (НЦ) существуют методы и оборудование подробно описанные в СТБ 1335 [5].

В ходе проведения испытаний были оценена степень влияния базальтовой фибры на рост свободных деформаций. Таким образом, испытаниям подвергали две серии образцов: серия I – НЦ (напрягающий цемент); серия II – НЦ + 5% БФ (напрягающий цемент + базальтовая фибра). В состав компонентов всех серий входил пластификатор на поликарбоксилатной основе. Результаты, полученные в ходе экспериментальных исследований, представлены на рисунке 2.

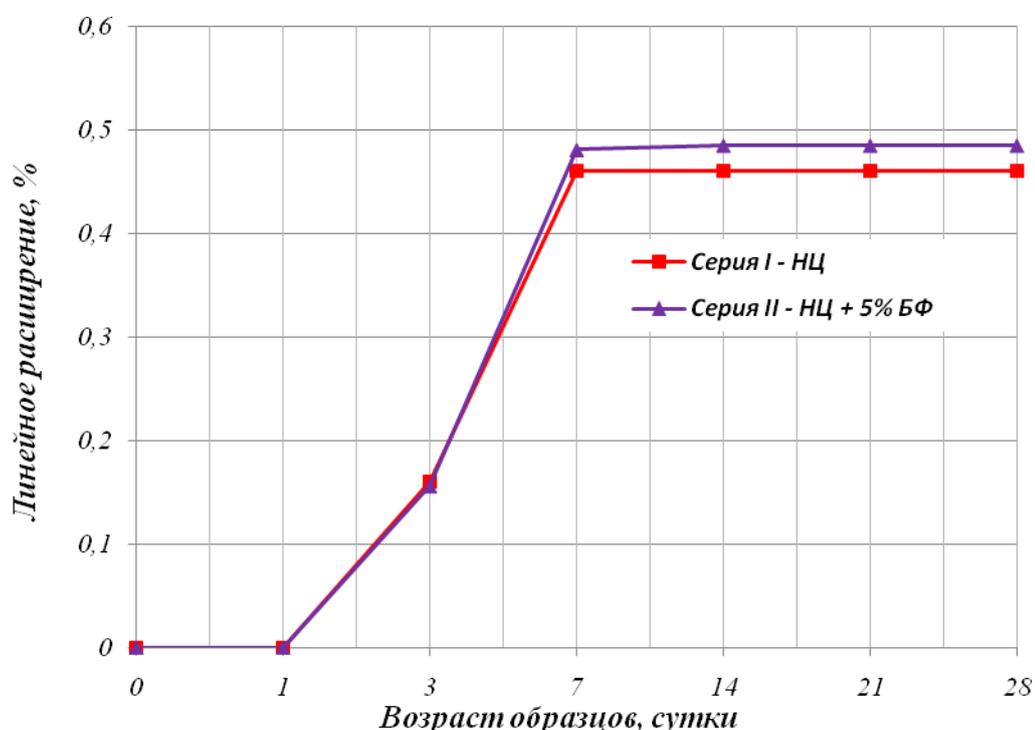


Рисунок 2 – График развития линейного расширения во времени

В результате обработки полученных данных, величина линейного расширения контрольных образцов серии I в возрасте 28 суток составила: - 0,46 %, а образцов серии II – 0,48 %. Полученные значения величины свободного линейного расширения находятся в допустимых пределах, приведенных в СТБ 1335 [5]. Анализируя полученные данные видно, что в данном случае базальтовая фибра не повлияла на рост свободных деформаций бетона на основе напрягающего цемента, но при этом привела к росту прочности.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ выполненных экспериментальных и теоретических исследований позволяет сделать следующие выводы:

1. Одним из универсальных решений по усовершенствованию эксплуатационных характеристик торкрет - бетона является дисперсное армирование волокнами-фибрами, равномерно распределенными в объеме бетонной матрицы. Применение различных видов и размеров фибровых наполнителей способствует значительному изменению макро- и микроструктуры торкрет - бетонов.

2. Введение базальтовой фибры увеличивает вязкость смеси, что является весьма благоприятным фактором для торкрет-бетона. Происходит увеличение вязкости за счет расщепления одного базальтового волокна на множество мельчайших монофиламентов, которые обволакивают все компоненты смеси и образуют единую пластично-вязкую систему.

3. Введение в смесь базальтовых волокон способствует увеличению сцепления с цементно-песчаной матрицей, благодаря чему наблюдается увеличение прочностных характеристик торкрет-бетона на основе напрягающего цемента. Рост прочности составил около 20 %.

4. Применение базальтовой фибры в бетонных смесях позволяет уменьшить трудозатраты по армированию бетонных изделий, добиться повышения производительности работ.

5. Экспериментальным путем получен состав напрягающего цемента с высокими показателями свободных деформаций: портландцемент, а в качестве расширяющейся добавки - смесь высокоактивного метаксаолина и природного гипса.

6. Применение базальтовой фибры (БФ) совместно с напрягающим цементом (НЦ) позволяет компенсировать усадочные деформации с одновременным ростом прочности и непроницаемости.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Войлоков, И. А. Базальтофибробетон. Исторический экскурс / И. А. Войлоков, С. Ф. Канаев // Инженерно-строительный журнал. – 2009. – №4. – С. 26 – 31.

2. Беломесова, К. Ю. Применение базальтовой фибры в качестве армирующего компонента в цементно-песчаных композитах // Традиции, современные проблемы и перспективы развития строительства : сб. науч. ст. / ГрГУ им. Я. Купалы ; редкол.: В. Г. Барсуков (гл. ред.) [и др.]. – Гродно : ГрГУ, 2016. – С. 74 – 77.

3. Титов, М. Ю. Бетоны с компенсированной усадкой на расширяющих добавках: автореф. дис. на соискание ученой степени канд. техн. наук : 05.23.05 / М. Ю. Титов ; НИИЖБ им. А.А. Гвоздева. – М., 2012. – 22 с.

4. Павлова, И. П. Исследование влияния расширяющихся сульфоферритных и сульфоалюминатных добавок на прочностные показатели и собственные деформации цементных систем / И. П. Павлова, Т. В. Каленюк, К. Ю. Беломесова // Весн. БрГТУ., Сер. Строительство и архитектура. – 2016. – №1. – С. 123-127.

5. Цемент напрягающий. Технические условия: СТБ 1335-2002. – Введ. 01.01.2003 – Мн.: Минстройархитектуры, 2002. – 11 с.