

ЦЕМЕНТНО-ПЕСЧАНЫЕ РАСТВОРЫ, АРМИРОВАННЫЕ БАЗАЛЬТОВЫМ ВОЛОКНОМ

Беломесова К.Ю., магистрант
(Брестский государственный технический университет)

Научным руководителем представленной работы является - Тур В.В., д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой технологии бетона и строительных материалов, Брестский государственный технический университет, г. Брест, Республика Беларусь

Аннотация. В статье приведены результаты опытных исследований влияния дисперсного армирования на свойства и прочностные характеристики контрольных образцов, приготовленных из цементно-песчаной смеси. Исследования проводились с целью назначения оптимального количества армирующего компонента, позволяющего достичь высоких показателей прочности при сжатии и растяжении при изгибе, а также уменьшения величины усадочных деформаций при применении в качестве вяжущего вещества напрягающего цемента.

Изготовление бетонных и железобетонных изделий из бетона на основе портландцемента в настоящее время широко распространено в строительстве. Однако, как известно, бетон подвержен усадочным деформациям, развивающимся как во время гидратации портландцемента, так и в процессе эксплуатации конструкций [1]. Одним из эффективных способов снижения неблагоприятных последствий усадки является применение напрягающих бетонов. Напрягающий бетон – это бетон на основе расширяющегося вяжущего, обладающий способностью при твердении увеличиваться в объеме, а в условиях ограничения деформаций расширения развивать усилие самонапряжения [2].

Бетоны на напрягающем цементе за счет своих свойств позволяют с успехом применять их в сборных и монолитных конструкциях и сооружениях в различных областях строительства. В практике строительства применяют как напрягающие бетоны для получения нормируемой величины самонапряжения, так и бетоны с компенсированной усадкой, в которых самонапряжение не нормируется. Особенно эффективно применение таких бетонов в конструкциях и сооружениях, к которым предъявляются высокие требования по трещиностойкости, водонепроницаемости и долговечности.

Вместе с тем, напрягающий бетон является искусственным камнем, показывающим низкое сопротивление растяжению. В целях повышения сопротивления бетонных конструкций изгибу и растяжению, последние армируют непрерывной волокнистой арматурой, применяя для этого стекловолокно, полимеры и металл. Однако, несмотря на свои очевидные преимущества, данные армирующие материалы имеют ряд существенных недостатков.

Что же касается базальтовой фибры, применяемой в качестве армирующего компонента, то она обладает рядом преимуществ перед перечисленными выше материалами. Одним из таковых является то, что фибра обеспечивает трехмерное укрепление бетона в сравнении с традиционной арматурой, которая обеспечивает двухмерное укрепление. Применение базальтовой фибры в бетонных смесях позволяет уменьшить трудозатраты по армированию бетонных изделий, добиться повышения производительности работ, а также снизить толщину и вес конструкции, при этом увеличивая ее трещиностойкость и долговечность.

Целью данной работы являлось определение оптимальной концентрации армирующего компонента (фибры), оказывающей положительное влияние на рост прочностных характеристик напрягающего цемента, характеристик расширения без изменения других показателей.

Исходные материалы и применяемое оборудование. Напрягающий цемент изготавливали в лабораторных условиях, при смешивании портландцемента и расширяющейся добавки. Процентное соотношение компонентов было принято следующим: 71:14:15 – портландцемент СЕМ I 42,5 N : высокоактивный метакраолин (ВМК) : гипс природный. Приготовление напрягающего цемента включало два этапа: на первом этапе приготавливали суспензию из воды, метакраолина и гипса. На втором этапе в ранее приготовленную суспензию вводили портландцемент (ПЦ) с дальнейшим перемешиванием всех составляющих. Смешивание компонентов напрягающего цемента, осуществлялось с помощью механического смесителя в соответствии с СТБ EN 196-3 [3]. С целью изучения влияния базальтовой фибры как армирующего компонента изготавливали образцы-балочки размером $4 \times 4 \times 16$ см на основе цементно-песчаной смеси состава Ц:П = 1:1.

В качестве армирующего компонента применяли базальтовую фибру с длиной волокна 25 мм. Количество армирующего компонента было принято в количестве 5 % по массе вяжущего вещества. Для улучшения равномерного распределения базальтового волокна в цементно-песчаной матрице, а также увеличения пластичности смеси был применен гиперпластификатор на поликарбонатной основе.

Основными контролируемыми параметрами напрягающего цемента являлись величина самонапряжения и линейного расширения согласно [4]. Для определения основных показателей напрягающего цемента (НЦ), существуют методы и оборудование подробно описанные в СТБ 1335 [4].

Для определения прочности на растяжение при изгибе и прочности на сжатие использован гидравлический пресс марки с CONTROLS AUTOMAX, данный пресс является универсальным лабораторным прессом, позволяющим проводить испытания в условиях контроля скорости сжатия и изгиба, а также нагрузки на образец. Пресс оснащен микропроцессорным блоком управления, что позволяет выводить результаты испытания и запоминать их.

Экспериментальные исследования.

Для определения величины самонапряжения и линейного расширения напрягающего цемента, были заформованы контрольные образцы в соответствии с СТБ 1335 [4]. Контрольные измерения связанных и свободных деформаций опытных образцов производили для напрягающего цемента в возрасте 1, 3, 7, 14, 21 и 28 суток в соответствии с указаниями нормативных документов.

Испытаниям подвергали следующие образцы:

серия I – образцы из цементно-песчаной смеси;

серия II – образцы из цементно-песчаной смеси, армированной базальтовой фиброй.

Для наглядного представления протекания процесса роста величины самонапряжения и линейного расширения опытных образцов двух серий на протяжении 28 суток, были построены графические зависимости, представленные на рисунке 1.

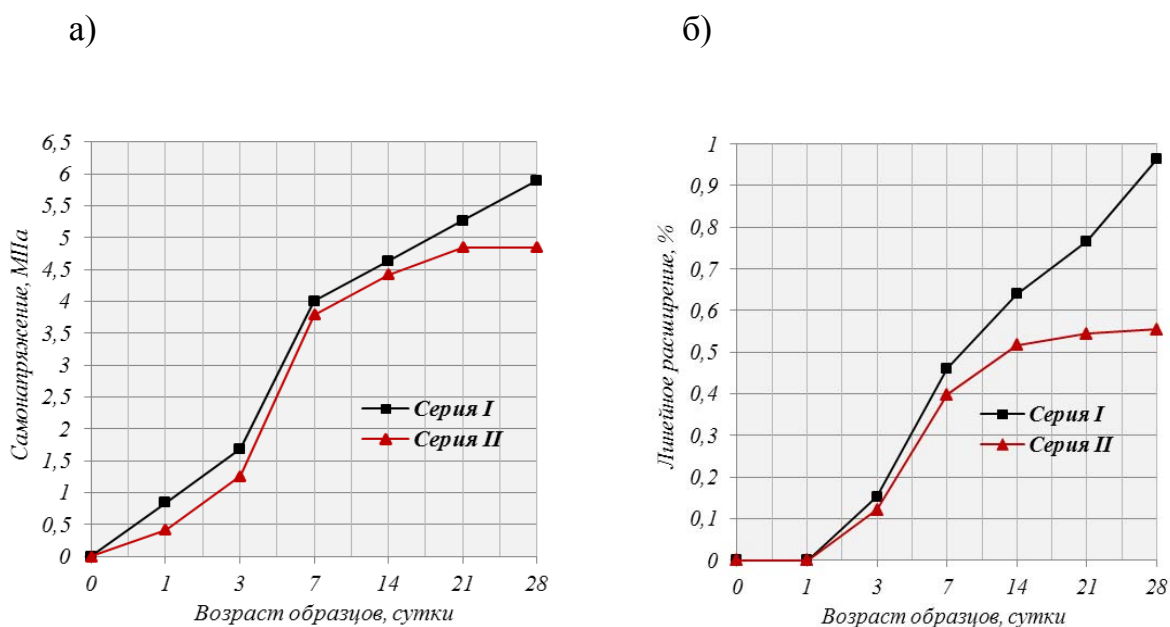


Рисунок 1 – График развития самонапряжения (а) и линейного расширения (б) во времени

Конечные значения величины самонапряжения и линейного расширения серий образцов из напрягающего цемента в возрасте 28 суток представлены в таблице 1.

На основании полученных данных был проведен сравнительный анализ образцов серии I и серии II. Значение величины самонапряжения образцов, не армированных базальтовой фиброй (серия I) превышает значение образцов, армированных базальтовой фиброй (серия II) примерно на 20 %.

Что же касается значений линейного расширения, то величина линейного расширения образцов, не армированных базальтовой фиброй, практически вдвое превосходит значение величины линейного расширения образцов, армированных базальтовой фиброй.

Таблица 1 – Значения величин свободных и связанных деформаций напрягающего цемента

Серия образцов	Самонапряжение, МПа (в возрасте 28 суток)	Линейное расширение, % (в возрасте 28 суток)
Серия I	5,88	0,964
Серия II	4,83	0,551

На основании полученных данных можно сделать вывод о степени влияния базальтовой фибры на рост свободных и связанных деформаций напрягающего цемента. Необходимо отметить, что базальтовое волокно (фибра) представляет собой отрезки комплексного базальтового волокна заданной длины в виде рассыпчатых монофиламентов, а по своей структуре схоже с цементным камнем и обладает природной естественной шероховатостью. Именно благодаря своей шероховатости достигается высокое сцепление волокон с цементной матрицей, а за счет способности разделения волокна на отдельные монофиламенты достигается равномерное распределение волокон по объему смеси.

Однако необходимо отметить, что для равномерного распределения волокна необходимо подобрать оптимальный способ введения данного волокна в цементно-песчаную матрицу и способ перемешивания всех составляющих.

В ходе проведенных исследований выявлено, что наиболее эффективно вводить базальтовую фибру в заранее приготовленную суспензию, состоящую из воды и напрягающего цемента, с последующим добавлением песка. При таком способе перемешивания базальтовая фибра разделяется на отдельные монофиламенты, которые в свою очередь равномерно распределяются по объему смеси вызывая эффект объемного армирования, что также влияет и на прочностные характеристики смеси.

Определение прочности на сжатие и растяжение при изгибе цементно-песчаных растворов серий I и II выполняли в возрасте 1, 3, 7 и 28 суток. Результаты испытаний представлены в виде гистограмм на рисунках 2 и 3.

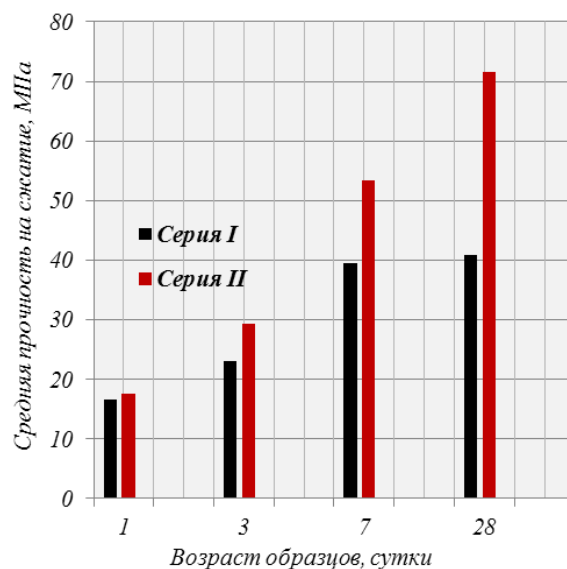


Рисунок 2 – Прочностные характеристики опытных образцов на сжатие

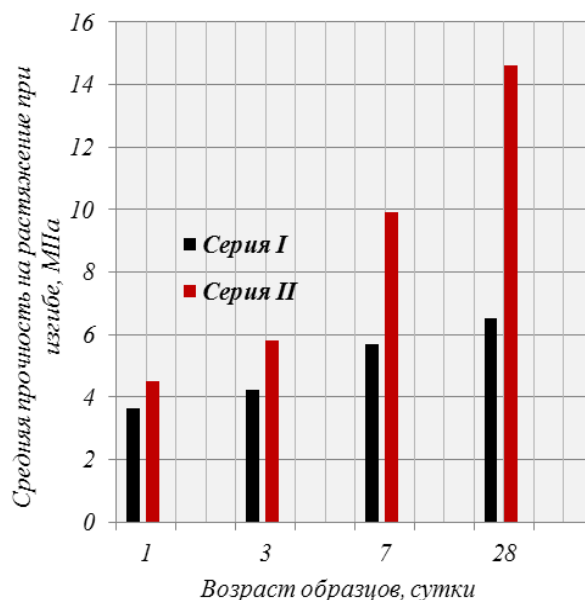


Рисунок 3 – Прочностные характеристики опытных образцов на растяжение при изгибе

Значения прочности на сжатие и на растяжение при изгибе образцов из напрягающего цемента в возрасте 28 суток представлены в таблице 2.

По результатам экспериментальных исследований выявлено, что армирование цементно-песчаной смеси базальтовой фиброй в количестве 5 % от массы вяжущего, повышает величину прочности на сжатие примерно на 70 %, а величину прочности на растяжение при изгибе на 120 %.

Увеличение прочностных показателей напрягающего цемента обусловлено целым рядом причин, одной из которых является природа и структура базальтовой фибры. Базальтовую фибру производят из расплава горных пород типа базальта, обладающим высокими показателями прочности, благодаря

этому при взаимодействии фибры с цементным камнем удается получить плотное и прочное сцепление.

Таблица 2 – Прочностные характеристики напрягающего цемента

Серия образцов	Средняя прочность на сжатие, МПа (в возрасте 28 суток)	Средняя прочность на растяжение при изгибе, МПа (в возрасте 28 суток)
Серия I	40,88	6,54
Серия II	71,61	14,61

Однако также необходимо отметить, что на начальных этапах прирост прочности не так выражен, чего нельзя сказать о более поздних сроках. Как показано на рисунке 2 нарастание прочности происходит опережающими темпами в возрасте 7 суток, что вероятно, является результатом более глубоких гидратационных процессов при твердении цементного камня в присутствии такого типа волокон.

Выводы. 1. В результате проведенных исследований установлена рекомендуемая дозировка базальтовой фибры, которая составила 5 % от массы вяжущего. Именно при концентрации базальтовой фибры в этих пределах происходит рост прочностных характеристик цементно-песчаной смеси, таких как прочность на растяжение при изгибе и прочность на сжатие. 2. Предложен оптимальный способ введения базальтового волокна, позволяющий достичь равномерного распределения армирующего компонента по объему смеси. Оптимальный способ введения базальтовой фибры заключается в ведении волокон в заранее приготовленную суспензию, состоящую из напрягающего цемента с водой.

Литература. 1. Потапова, Ю.И., Структура и свойства бетонов с двухстадийным расширением // Диссертация - Ростов-на-Дону, 2015. 2. Бетоны напрягающие. Технические условия: СТБ 2101-2010. – Введ. 01.01.2011 – Мн.: Госстандарт, 2011. – 20 с. 3. Методы испытания цемента. Часть 3. Определение времени схватывания и равномерности изменения объема: СТБ ЕН 196-3-2000. – Введ. 01.01.2001 – Мн.: Минстройархитектуры, 2001 – 7 с. 4. Цемент напрягающий. Технические условия: СТБ 1335-2002. – Введ. 01.01.2003 – Мн.: Минстройархитектуры, 2002. – 11 с.