

УДК 691.332.5

К.А. Сарайкина, А.Д. Курзанов

Пермский национальный исследовательский
политехнический университет

ДОЛГОВЕЧНОСТЬ АВТОКЛАВНОГО ГАЗОБЕТОНА, АРМИРОВАННОГО БАЗАЛЬТОВОЙ ФИБРОЙ

Рост цен на энергоносители, а также поиск экологически чистых материалов обуславливают применение по всему миру ячеистых силикатных бетонов – современного, экологичного, энергоэффективного материала, к числу которых относится и автоклавный газобетон. Обладая рядом бесспорных преимуществ, газобетон отличается низкой прочностью на изгиб, повышенной хрупкостью и усадкой. Авторами исследуется возможность решения этих вопросов путем дисперсного армирования автоклавного газобетона базальтовой фиброй.

Ключевые слова: автоклавный газобетон, базальтовая фибра, дисперсное армирование.

Возросшие в последние годы инвестиционные возможности как отдельных предприятий, так и самого населения привели к повышению спроса на эффективные стеновые и другие строительные материалы. Увеличению спроса способствует и повышение за последние годы требуемого сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций, что вызвало необходимость использования энергосберегающих стеновых материалов. Одним из таких материалов, позволяющих возводить однослойные и долговечные стеновые конструкции, как в сборном, так и в монолитном вариантах строительства, является ячеистый бетон, в частности автоклавный газобетон [1].

Газобетон представляет собой материал с равномерно распределенными по объему воздушными порами. Такая структура определяет целый ряд физико-технических свойств, которые делают газосиликат весьма эффективным, «теплым» строительным материалом. К этим свойствам можно отнести относительно высокую прочность на сжатие при низкой плотности, высокую звукоизолирующую способность, низкий коэффициент теплопроводности, пожаробезопасность и экологичность.

Наряду с основными преимуществами, газобетон не лишен и недостатков. Традиционными «минусами» газосиликата считаются низкая сопротивляемость растягивающим усилиям и

повышенная хрупкость, в результате чего при изготовлении, транспортировании и монтаже изделий они получают нежелательные сколы и трещины, значительно ухудшающие свойства материала. Кроме того, среди основных факторов, определяющих долговечность конструкций из ячеистых бетонов, можно выделить развитие в них трещин, не связанное с механической нагрузкой на конструкцию. Трещины являются началом разрушения структуры бетона; они создают каналы для проникания агрессивных агентов в глубь бетона и приводят к интенсификации развития деструктивных процессов в его теле. Основная причина появления таких трещин – усадка газобетона. Поэтому при оценке трещиностойкости ячеистых бетонов прежде необходимо рассмотреть вопросы, связанные с развитием их усадки [2].

Наиболее приемлемым решением указанных выше проблем может являться использование материалов и веществ, способных создать структурный упрочняющий каркас ячеистобетонного массива, т.е. армировать межпоровые перегородки, прочность которых и определяет прочность всего материала. Одним из таких материалов является фибра – тонкодисперсная система, которая может быть представлена как металлическими, так и неметаллическими волокнами, используемыми для армирования различных матриц.

У каждого композита с различными армирующими материалами есть достоинства и недостатки, но большинство исследователей отдают предпочтение конгломератам с использованием в качестве армирующего материала базальтовых волокон.

Базальтовая фибра обладает высокой прочностью и долговечностью, высокой термостойкостью, абсолютной негорючестью, стойкостью к агрессивным средам, экологичностью. Базальтовое волокно применяется для трехмерного упрочнения. Оно в несколько раз повышает стойкость фибробетона к усадочным деформациям, изгибающим и разрывным нагрузкам, а также создает необходимый запас прочности и способствует сохранению целостности конструкции при сквозных трещинах [3].

С целью определения влияния добавки фиброволокна на свойства газобетонных смесей и бетонов необходима постановка экспериментов и обработка полученных данных с использованием методов математического планирования. При этом основные свойства газобетонных смесей и бетонов на их основе зависят от многих факторов. Однако необходимо не только учитывать влияние отдельного фактора, но и оценить их взаимное влияние на изучаемые свойства.

Для оценки влияния не только каждого фактора, но и их взаимодействия был поставлен полный трехфакторный эксперимент с изменением каждого фактора на двух уровнях. Это позволило получить математические модели проведением небольшого количества опытов. К определяющим факторам в проведенном эксперименте были отнесены водотвердое отношение и расходы фибры и алюминиевой пудры. Анализ литературных источников позволил установить рациональные области варьирования этими факторами: водотвердое отношение от 0,5 до 0,6, содержание фибры от 0,6 до 1,4 % и алюминиевой пудры от 96 до 112 г/л.

Проведение эксперимента заключалось в подборе состава газосиликата по известным общепринятым методикам, получении контрольных образцов ячеистого бетона и оценки влияния выбранных факторов на их свойства. Анализ результатов проводился с помощью программного комплекса STATISTICA, который позволяет пользователю выбирать наиболее адекватную модель, оценивать сходимость фактических и предсказанных значений, определять значимость и значения коэффициентов регрессии и строить графические зависимости (поверхности отклика) для выбранных функций.

Оценивая значимость выбранных факторов варьирования, стоит отметить, что водотвердое отношение, как видно на рис. 1, является единственно значимым фактором. Кроме того, примечательно, что расход алюминиевой пудры оказывает большее влияние, чем содержание фибры, хотя и не является значимым.

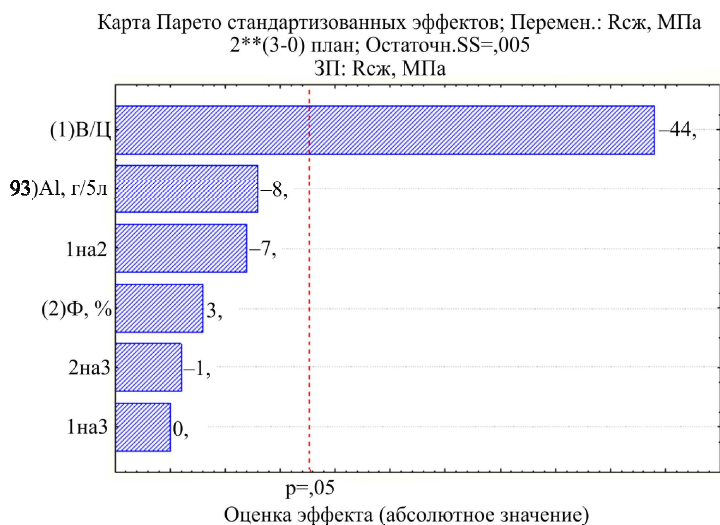


Рис. 1. Карта Парето для прочности при сжатии газобетона, армированного базальтовой фиброй

При анализе зависимостей прочности от водотвердого отношения и расхода фибры, а также водотвердого отношения и расхода алюминиевой пудры, представленных на рис. 2, а, б, вышеуказанное положение полностью подтверждается: при уменьшении водотвердого отношения прочность значительно возрастает, при этом добавление в смесь фибры в объеме 1,4 % при $V/T = 0,5$ также способствует увеличению прочности – в среднем на 15–20 %. Обратная картина наблюдается при водотвердом отношении, равном 0,6: при введении фибры прочность газосиликата снижается.

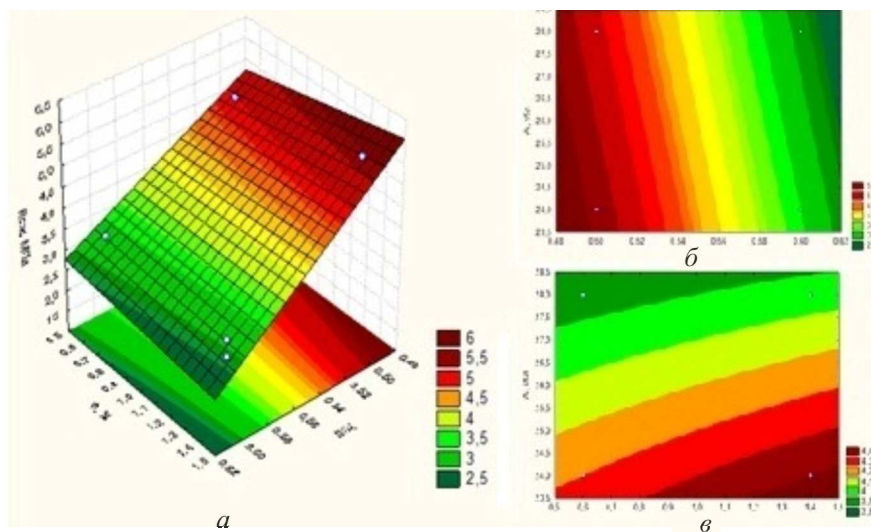


Рис. 2. Поверхность функции отклика прочности при сжатии в зависимости от содержания фибры и V/T (а) от расхода алюминиевой пудры и V/T (б), от расхода алюминиевой пудры и содержания фибры (в)

Таким образом, оптимальными значениями выбранных факторов, обеспечивающими получение наиболее прочного композита, являются водотвердое отношение от 0,48 до 0,52 при содержании фибры 1,3–1,5 %.

Стоит отметить, что уменьшение содержания алюминиевой пудры в смеси влияет на линейное предсказуемое незначительное повышение прочности. При оценке совместного влияния расхода фибры и алюминиевой пудры последнее оказывает большее влияние на прочность при сжатии. При этом наибольшее значение прочности наблюдается при минимальном расходе алюминиевой пудры в смеси с 1,4 % фибры. Описанные выше зависимости представлены на рис. 2, б, в.

Становится очевидным, что введение тонкодисперсных базальтовых систем в газобетон автоклавного твердения не оказывает положительного влияния на прочность при сжатии и плотность. Помимо этого, при испытании призм размером $4 \times 4 \times 16$ см на прочность при изгибе образцы, армированные базальтовым волокном, имели значения прочности меньшие, чем прочность контрольных образцов.

В ходе анализа возможных причин таких результатов были высказаны следующие предположения: при проведении эксперимента возникли определенные трудности с перемешиванием компонентов смеси и равномерным распределением фибры в теле бетона, что могло способствовать получению нестабильных показателей прочности при сжатии и изгибе. Другим фактором, являющимся причиной отрицательных результатов эксперимента, может служить вероятность растворения в процессе автоклавной обработки каркаса базальтового волокна, состоящего в основном из диоксида кремния (SiO_2).

Для подтверждения или опровержения выдвинутых гипотез был проведен микроскопический анализ структуры дисперсно-армированного газобетона (рис. 3).

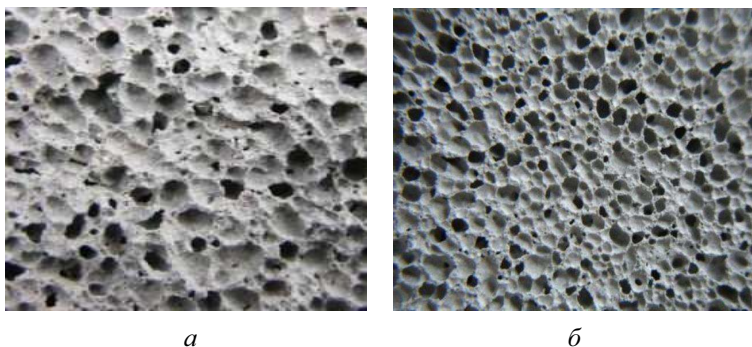


Рис. 3. Структура автоклавного газобетона (*а*) и автоклавного газобетона, дисперсно-армированного базальтовым волокном (*б*)

При анализе снимков установлено, что в результате дисперсного армирования газобетона увеличилась пористость, изменилась структура и форма пор. Таким образом, дисперсное армирование создает новые, более мелкие, открытые и замкнутые поры, тем самым улучшая теплофизические характеристики материала. Однако при сравнении структуры традиционного газобетона и фиброгазобетона становится очевидным, что базальтовая фибра в процессе автоклавной обработки растворяется

в теле газобетона, следовательно, применение дисперсного армирования базальтовой фиброй автоклавного газобетона для повышения трещиностойкости и долговечности, без дополнительных мер является нецелесообразным. Для решения данной проблемы возникает потребность в защите базальтового волокна от разрушения в агрессивных средах различными способами либо следует использовать другой вид фибры (например, полипропиленовой, углеродной и т.д.), что и является областью дальнейшего исследования.

Библиографический список

1. Тугарина А.О. Фиброгазозолобетон с использованием продуктов растительных полимеров: дис. ... канд. техн. наук: 05.23.05. – СПб., 2009. – 166 с.
2. Силаенков Е.С. Долговечность изделий из ячеистых бетонов. – М.: Стройиздат, 1986. – 176 с.
3. Сарайкина К.А., Шаманов В.А. Дисперсное армирование бетонов // Вестник ПГТУ. Урбанистика. – Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2011. – № 2. – С. 70–75.

Получено 12.10.2012

K. Saraykina, A. Kurzanov

DURABILITY OF AUTOCLAVE REINFORCED BASALT FIBER AEROCRETE

The increase in energy prices, and find ecological materials makes use air silicate concrete in the world. It is a modern, ecological, energy-efficient material, which include autoclaved aerated concrete. Aerated concrete has some advantages, but it has a low bending strength, fragility and shrinkage. In this article, we research the possibility of solving these problems by disperse reinforced basalt fiber AAC.

Keywords: autoclaved aerated concrete, basalt fiber, disperse reinforcement.

Сарайкина Ксения Александровна (Пермь, Россия) – магистрант, группа ПСК-12-1м, Пермский национальный исследовательский политехнический университет (614010, г. Пермь, ул. Куйбышева, 109, e-mail: Ksenya_s2004@mail.ru).

Курзанов Александр Дмитриевич (Пермь, Россия) – магистрант, группа ПСК-11-1м, Пермский национальный исследовательский политехнический университет (614010, г. Пермь, ул. Куйбышева, 109, e-mail: kurzanov_sm_st@mail.ru).

Saraykina Kseniya (Perm, Russia) – Graduate student of the first year, gr. PSK-12-1m Perm National Research Polytechnic University (614010, Perm, Kuibyshev st., 109, e-mail: Ksenya_s2004@mail.ru).

Kurzanov Aleksandr (Perm, Russia) – Graduate student of the second year, gr. PSK-11-1m Perm National Research Polytechnic University (614010, Perm, Kuibyshev st., 109, e-mail: kurzanov_sm_st@mail.ru).