

Фибробетон. Перспективы развития и применения

УДК 69

Маилян Л.Р.

Чл.-корр. РААСН, заслуженный строитель РФ, почетный строитель России, профессор, д-р техн. наук, профессор кафедры «Строительства уникальных зданий и сооружений» ФГБОУ ВО «Донской государственной технической университет» (г. Ростов-на-Дону)

Маилян А.Л.

доцент, канд. техн. наук, доцент кафедры «Строительства уникальных зданий и сооружений» ФГБОУ ВО «Донской государственной технической университет» (г. Ростов-на-Дону); e-mail: mailyam_a@sroufo.ru

Статья получена: 15.07.2019. Рассмотрена: 25.10.2019. Одобрена: 30.10.2019. Опубликовано онлайн: 26.11.2019. ©РИОР

Аннотация. В статье автором приведены основные особенности и преимущества применения фибробетона при изготовлении различных строительных конструкций. Приведены особенности, препятствующие более широкому использованию фибробетона. Анализ влияния различных факторов при изготовлении конструкций на механические свойства фибробетона позволил оценить различия его работы в растянутой и сжатой зоне конструкций. Даны рекомендации по улучшению механических характеристик фибробетона и анализ работ других исследователей этого вопроса.

Ключевые слова: бетон, армирование, стальная фибра, фибробетон, механические свойства.

Развитие различных областей строительства предусматривает разработку новых эффективных материалов и совершенствование технологий производства изделий из них. Одним из наиболее перспективных материалов является фибробетон, в особенности — со стальной фиброй.

Целесообразность применения именно стальной фибры заключается в следующем:

- применение фибрового армирования существенно сокращает или полностью исключает арматурные работы и позволяет совместить технологические операции приготовления бетонной смеси и ее армирования, что позволяет сократить трудовые затраты до 40%;
- бетон, армированный стальной фиброй по своим свойствам практически аналогичен бетону с удвоенным количеством арматуры, но армирование фиброй дешевле, чем удвоенное количество арматуры;
- применение стального фибрового армирования дает возможность усилить углы и узлы конструкций;
- появляется возможность регулирования и уменьшения толщины элементов;
- стальная фибра может применяться в нестандартных конструкциях, где проблематично использовать линейную арматуру;
- стальная фибра обладает коррозионной и износостойкостью.

Таким образом, высокая технико-экономическая эффективность фибробетонных кон-

FIBER CONCRETE. PROSPECTS FOR DEVELOPMENT AND APPLICATION

Levon Mailyan

Corresponding Member of Russian Academy of Architecture and Construction Sciences, Honored Builder of the RF, Honored Builder of Russia, Professor, Doctor of Technical Sciences, Professor, Department of Construction of Unique Buildings and Structures, Don State Technical University (Rostov-on-Don)

Aleksandr Mailyan

Docent, Ph.D., Docent, Department of Construction of Unique Buildings and Structures, Don State Technical University (Rostov-on-Don); e-mail: mailyam_a@sroufo.ru

Manuscript received: 15.07.2019. **Revised:** 25.10.2019. **Accepted:** 30.10.2019. **Published online:** 26.11.2019. ©RIOR

Abstract. In the article the author presents the main features and advantages of using fiber-reinforced concrete in the manufacture of various building structures. The features preventing the wider use of fiber-reinforced concrete are given. An analysis of the influence of various factors in the manufacture of structures on the mechanical properties of fiber-reinforced concrete made it possible to evaluate the differences in its operation in the stretched and compressed zone of structures. Recommendations are given on improving the mechanical characteristics of fiber-reinforced concrete and an analysis of the work of other researchers on this issue.

Keywords: concrete, reinforcement, steel fiber, fiber-reinforced concrete, mechanical properties.

струкций со стальной фиброй по сравнению с традиционными железобетонными конструкциями достигается вследствие уменьшения трудоемкости и материалоемкости, повышении долговечности, а также исключения недостатков, присущих стержневому армированию.

Однако широкому применению сталефибробетона препятствуют трудности, связанные с изготовлением изделий из него, беспорядочное расположение фибр, практическое отсутствие методов контроля качества готовой продукции.

Основными факторами, характеризующими прочность фибробетонных конструкций, являются содержание, распределение и ориентация в них фибр. Как показывает анализ, механические (прочность, трещиностойкость, деформативность) свойства фибробетона при испытаниях одинаковых образцов имеют колебания, которые обычно объясняются неравномерностью распределения фибр в бетоне.

С другой стороны, изменчивость прочностных и геометрических свойств материала вызвана также и дискретным характером хаотичного армирования. Очевидно, что при не произвольном, а организованном (агрегированном), а тем более — направленном фибровом армировании с ориентированным расположением фибр в бетонной матрице, его свойства изменятся, причем очень значительно.

Поскольку прочность фибробетона в значительной степени определяется его армированием, то логично предположить, что ее колебания больше связаны с неоднородностью армирования и меньше — от колебаний прочностных свойств матрицы.

Перспективы дальнейшего развития фибробетона наглядно продемонстрируем рис. 1, в верхней половине которого приведены результаты работы фибробетона на сжатие, в нижней — на растяжение.

Точка 0 соответствует относительной прочности бетона без фибр ($K_{bf} = R_{bf} / R_b = 1$; $K_{btf} = R_{btf} / R_{bt} = 1$), принятой за начало координат.

Далее, точка 1 на рисунке соответствует обычному фибробетону с произвольным распределением фибр, введение которых приводит к повышению прочности на сжатие до 40% ($K_{bf} = R_{bf} / R_b = 1,4$), а к повышению прочности на растяжение до 150% ($K_{btf} = R_{btf} / R_{bt} = 2,5$).

Это было получено в работах многих отечественных и зарубежных исследователей, в частности в [1].

Еще большее повышение прочности фибробетона дает агрегированное распределение фибр, повышающее прочность на сжатие еще на 10% ($K_{bf} = R_{bf} / R_b = 1,5$), а на растяжение — еще на 20% ($K_{btf} = R_{btf} / R_{bt} = 2,7$) — точка 2 на рис. 1.

Таких работ в научной литературе уже очень немного, наиболее обстоятельные результаты приведены в [2].

Примерно еще такое же повышение прочности дает применение направленного распределения фибр в фибробетоне — до 10% при сжатии ($K_{bf} = R_{bf} / R_b = 1,6$) и до 20% — на растяжение ($K_{btf} = R_{btf} / R_{bt} = 2,9$) — точка 3 на рис. 1.

Работ, в которых исследовался указанный вопрос, вообще чрезвычайно мало, что связано с технологическими трудностями создания направленной ориентации фибр, что, как правило, осуществляется с помощью постоянного или переменного магнитного поля [3].

После этого влияние фибр на повышение прочности фибробетона как при сжатии, так и при растяжении более не растет и дальнейшее увеличение прочности фибробетона возможно уже только за счет способов и приемов, связанных с технологией производства бетона.

К ним могут быть отнесены:

- использование воды максимальной плотности (достижимой при ее температуре 4 °C) — [4];
 - применение специальных химических добавок — [5];
 - введение в бетон наночастиц углепластика — [6];
- и другие способы.

Все это в конечном итоге может приводить к повышению прочности на сжатие до 75% ($K_{bf} = R_{bf} / R_b = 1,75$) и до 220% — на растяжение ($K_{btf} = R_{btf} / R_{bt} = 3,2$) — точка 4 на рис. 1.

Все приведенные данные свидетельствуют о том, что применение фибробетонов с такими повышенными прочностными характеристиками на сжатие и растяжение более чем актуально.

Однако следует отметить, что при всем несомненном эффекте от перечисленных технологических приемов, заключительное слово в их применении, как и самих фибробетонов с повышенными свойствами, остается за экономикой.

Литература

1. *Алиев К.У.* Растянутые элементы из керамзитового бетона на грубом базальтовом волокне с обычной и высокопрочной арматурой [Текст]: автореф. дис. ... канд. техн. наук / К.У. Алиев. — Ростов н/Д: Изд-во РГСУ, 2009.
2. *Айвазян Э.С.* Технологии создания и методы расчета фибробетонных и фиброжелезобетонных элементов с агрегированным распределением волокон [Текст]: автореф. дис. ... канд. техн. наук / Э.С. Айвазян. — Ростов н/Д: Изд-во РГСУ, 2013.
3. *Смирнова П.В.* Температурный фактор в технологии фибропенобетона [Текст]: автореф. дис. ... канд. техн. наук / П.В. Смирнова. — Ростов н/Д: Изд-во РГСУ, 2011.
4. *Симакина Г.Н.* Высокопрочный дисперсно-армированный бетон: автореф. дис. ... канд. техн. наук / Г.Н. Симакина. — Пенза: Изд-во ПГАС, 2005.
5. *Алаторцева У.В.* Конструкционные сталефибробетоны, модифицированные комплексными углеродными микро- и наноразмерными добавками [Текст]: автореф. дис. ... канд. техн. наук / У.В. Алаторцева. — Волгоград: Изд-во ВГСУ, 2011.

References

1. *Aliiev K.U.* *Rastyanutye elementy iz keramzitofibrobeta na grubom bazal'tovom volokne s obychnoj i vysokoprochnoj armaturoj. Kand. Diss.* [Expanded claydite-fiber concrete elements on coarse basalt fiber with ordinary and high-strength reinforcement. Cand. Diss.]. Rostov-on-Don, RGSU Publ., 2009.
2. *Ajvazyan E.S.* *Tekhnologii sozdaniya i metody rascheta fibrobetonnyh i fibrozhelezobetonnyh elementov s agregirovannym raspredeleniem volokon. Kand. Diss.* [Creation technologies and methods for calculating fiber-reinforced concrete and fiber-reinforced concrete elements with aggregated fiber distribution. Cand. Diss.]. Rostov-on-Don, RGSU Publ., 2013.
3. *Smirnova P.V.* *Temperaturnyj faktor v tekhnologii fibropenobetona. Kand. Diss.* [Temperature factor in fiber-reinforced concrete technology. Cand. Diss.]. Rostov-on-Don, RGSU Publ., 2011.
4. *Simakina G.N.* *Vysokoprochnyj dispersno-armirovannyj beton. Kand. Diss.* [High strength dispersed reinforced concrete. Cand. Diss.]. Penza, PGAS Publ., 2005.
5. *Alatorceva U.V.* *Konstrukcionnye stalefibrobetony, modifitsirovannye kompleksnymi uglerodnymi mikro- i nanorazmernymi do-bavkami. Kand. Diss.* [Structural steel fiber reinforced concrete modified with complex carbon micro- and nanoscale additives. Cand. Diss.]. Volgograd, VGSU Publ., 2011.