

ВЛИЯНИЕ ДИСПЕРСНОГО АРМИРОВАНИЯ НА ПЛОТНОСТЬ И ПОРИСТОСТЬ ФИБРОБЕТОНА

КОЛЕДА Е. А., БОНДАРОВИЧ А. И., ЛЕОНОВИЧ С. Н.

Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь

Состояние вопроса. Свое главенствующее положение в строительной области бетон получил благодаря ряду характерных свойств: прочность, долговечность, морозостойкость, водонепроницаемость, огнестойкость и др. Однако, прочность при сжатии значительно выше, чем при растяжении и изгибе. Сочетаемость бетона, характеризующегося высокой прочностью на сжатие, и строительной арматуры, выдерживающей высокие растягивающие напряжения, является базой для повсеместного использования, как в сборных, так и в монолитных железобетонных конструкциях. В качестве армирующего материала в последнее время все более широко применяется дисперсное армирование волокнами, которые могут быть из различных материалов: металл, базальт, полипропилен, стекло. Многочисленные исследования, проводимые различными учеными, показывают, что дисперсное армирование улучшает механические характеристики бетонов: повышает трещиностойкость, ударостойкость, прочность при растяжении и изгибе; способствует стойкости бетона к воздействию агрессивной среды; позволяет сократить рабочие сечения конструкций и в ряде случаев отказаться от использования стержневой арматуры или уменьшить ее расход [1, 2, 3].

Опытные образцы и материалы. В НИИЛ «Бетонов и строительных материалов» проводились исследования сталефибробетона с различной концентрацией фибры на прочность при изгибе. Для испытаний были изготовлены образцы-балочки размером $100 \times 100 \times 400$. В два типа бетона-матрицы, одинаковых по подвижности и составу, при варьировании массы цемента: I тип – 300 кг/м^3 , II тип – 350 кг/м^3 , добавлялось различное количество стальных волокон: 20, 40, 60 кг/м^3 . Испытания проводились на разрывной машине ZwickRoell Z100 по [4] на четырехточечный изгиб.

Образцы-балки изготавливались с использованием форм в соответствии с ГОСТ 10180 [4]. После формования образцы помещались в пропарочную камеру на 48 часов, и далее хранились 28 суток в камере нормального твердения в соответствии с ГОСТ 18105 [5].

Методика экспериментальных исследований. В результате испытаний были получены графики деформирования образцов под нагрузкой «нагрузка–деформация» (рис. 1).

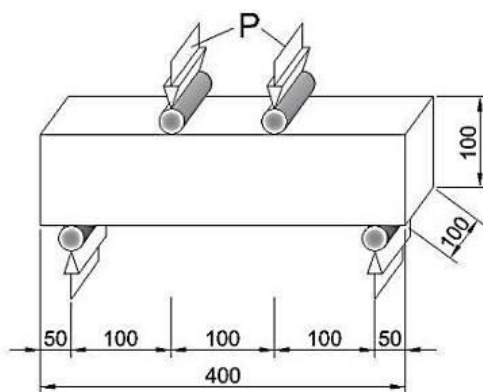


Рис. 1. Испытания образца-балки из фибробетона на четырех точечный изгиб

По полученным графикам можно оценить влияние концентрации фибры на диаграмму деформирования, в особенности на ниспадающую ветвь (рис. 2, 3).

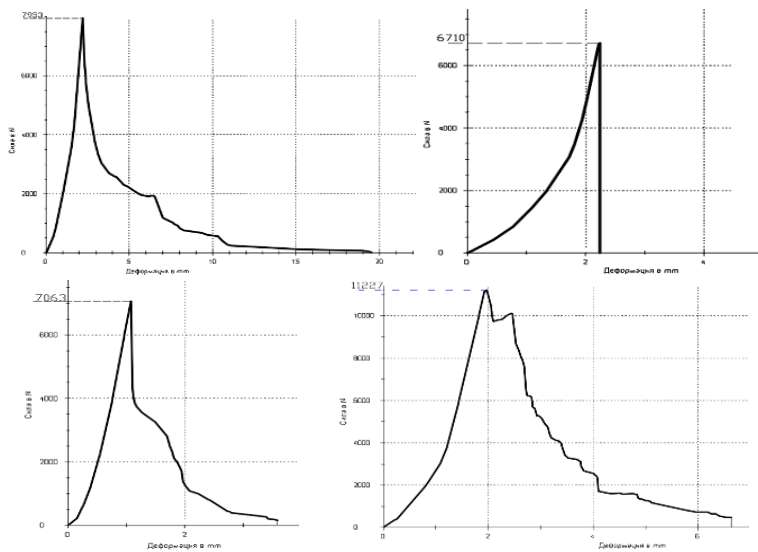


Рис. 2. Графики «нагрузка–деформация» для образцов из бетона-матрицы I типа
a – без фибры; *б-г* – с фиброй (20, 40, 60 кг/м³ соотв.)

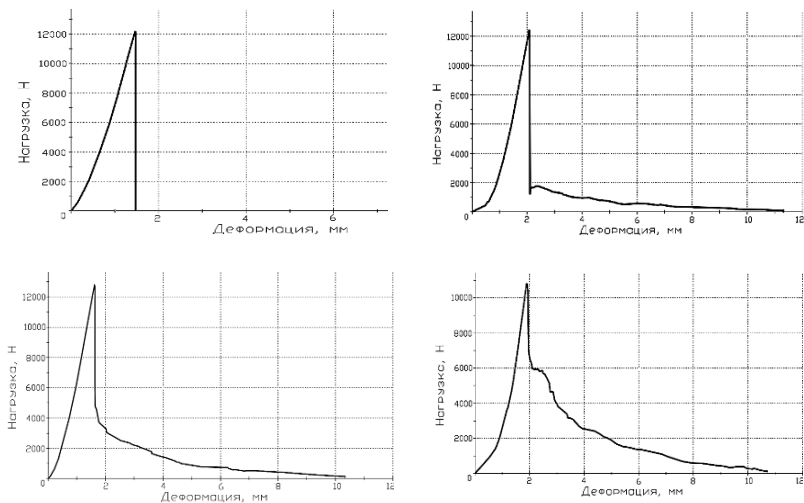


Рис. 3. Графики «нагрузка–деформация» для образцов из бетона-матрицы II типа
a – без фибры, *б-г* – с фиброй (20, 40, 60 кг/м³ соотв.)

Результаты экспериментальных исследований и анализ

Таблица 1

Прочность на растяжение при изгибе

Содержание фибры φ , кг/м ³	Бетон-матрица I		Бетон-матрица II	
	Нагрузка, кН	f_{tf} , МПа	Нагрузка, кН	f_{tf} , МПа
0	6,8	1,88	12,2	3,37
20	7,85	2,16	11,5	3,17
40	8	2,28	12,9	3,56
60	10,6	2,93	11,2	3,09

Как видно из графиков (рис. 3, 4), увеличение концентрации используемой фибры в бетоне-матрице II типа оказало меньшее влияние на сопротивление фибробетона появлению (старту) первой (магистральной) трещины по сравнению с бетоном-матрицей I типа (табл. 1). В данном случае фибра не повлияла на перераспределение прикладываемой нагрузки, а «сработала» только на раскрытие трещины – остаточные деформации. Сопротивление изгибу балочки до появления трещины оказывала матрица бетона. Поэтому, на следующем этапе было определено влияние фибры на плотность и пористость бетона. Исследование проводилось на кубах с ребром 10 см, изготовленных одновременно и из одного замеса фибробетонной смеси, что и балочки. Определение показателей пористости бетонов выполнялось по кинетике их водопоглощения в соответствии с ГОСТ 12730 [6]. Показатели пористости и водопоглощения приведены в табл. 2 и на рис. 4, 5.

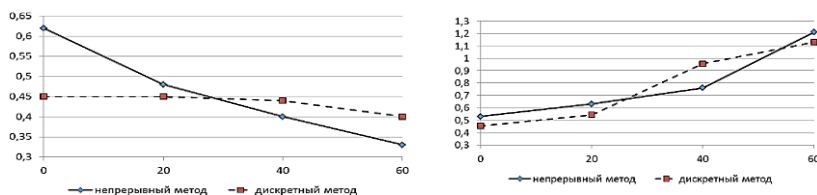


Рис. 4. Зависимость показателей однородности (слева) и среднего размера (справа) капиллярных пор от концентрации фибры (по дискретному и непрерывному методу)

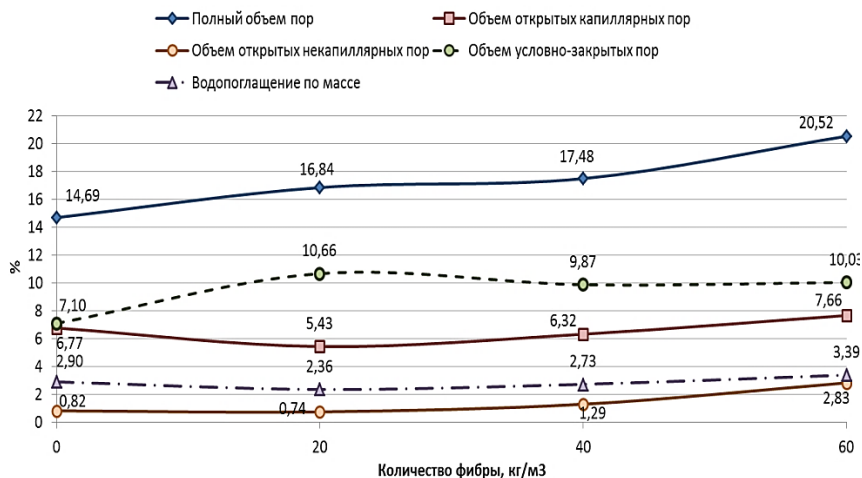


Рис. 5. Зависимость показателей пористости от концентрации фибры в бетоне-матрице II типа

Таблица 2

Показатели пористости и водопоглощения фибробетона

Показатели	0 кг/м³	20 кг/м³	40 кг/м³	60 кг/м³
Плотность бетона	2334,40	2306,64	2319,32	2262,68
Полный объем пор, %	14,69	16,84	17,48	20,52
% увел. пористости	0%	14,68%	19,05%	39,76%
Водопоглощение бетона по массе, %	2,90	2,36	2,73	3,39
	0,00%	-18,76%	-5,99%	16,79%
Водопоглощение бетона по объему (откр. капилл. пор), %	6,77	5,43	6,32	7,66
	0,00%	-19,73%	-6,59%	13,20%
Объем открытых некапиллярных пор по объему, %	0,82	0,74	1,29	2,83
	0,00%	-9,45%	57,21%	243,92%
Объем условно-закрытых пор, %	7,10	10,66	9,87	10,03
	0,00%	50,31%	39,08%	41,43%

Выводы

1. Стальная фибра не всегда приводит к увеличению показателей прочности на изгиб фибробетона.

2. В ряде случаев зафиксировано разуплотнение бетонной матрицы при введении фибры, повышение пористости и снижению показателей прочности.

3. Использование дисперсного армирования эффективно в низкомарочных бетонах.

4. Эффективность использования фибробетона в конструкциях целесообразно оценивать по трещиностойкости фибробетона, и предпочтительно по критическому коэффициенту интенсивности напряжений (ККИН) при нормальном отрыве.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Коледа Е.А., Леонович С.Н., Латыш А.В. Анализ физико-механических характеристик сталефибробетона : Перспективные направления инновационного развития строительства и подготовки инженерных кадров : материалы XX междунар. науч.-метод. семинара (Гродно, 17–19 февр. 2016 г.) / редкол.: В. Г. Барсуков (гл. ред.) [и др.]. – Гродно : ГрГУ, 2016. – 408 с. – с.248-253.

2. Е.А. Коледа, С.Н. Леонович Неразрушающий контроль качества фибробетонных конструкции как компонент системы мониторинга рисков при эксплуатации производственного объекта : научно-практический журнал «Системные технологии» № 19, 2016 г. – С. 85–95.

3. Вязкость разрушения высокопрочного сталефибробетона при высокотемпературных воздействиях / С. Н. Леонович, В. Ф. Зверев, Д. А. Литвиновский : Проблемы современного бетона и железобетона : материалы III международного симпозиума (Минск, 9–11 ноября 2011 г.) : в 2 т. / [редкол.: М. Ф. Марковский (гл. ред.) и др.]. – Т. 2: Технология бетона. – С. 301–311.

4. Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам: ГОСТ 10180–2012.

5. Бетоны. Правила контроля и оценки прочности: ГОСТ 18105–2010.

6. Бетоны. Методы определения показателей пористости: ГОСТ 12730.4–78.