

УДК 666.972

Е. К. НИКОЛАЕВА^а, В. Н. ГУБАРЬ^б^а Донбасский государственный технический университет, ^б Донбасская национальная академия строительства и архитектуры**ПРОЧНОСТНЫЕ СВОЙСТВА БЕТОНОВ, ДИСПЕРСНО-АРМИРОВАННЫХ
СТАЛЬНОЙ ФИБРОЙ**

Приведены данные по влиянию содержания и геометрических параметров стальных волокон на прочностные свойства бетона. Показано, что содержание стальной фибры в бетонной матрице не менее 0,5 % по объему обеспечивает высокие физико-механические характеристики сталефибробетонов. Установлено, что бетонные смеси с короткими стальными фибрами характеризуются более высокой удобоукладываемостью (подвижностью) и меньшей склонностью к образованию «ежей» в сравнении с бетонными смесями на основе длинных волокон. С увеличением объемного содержания в диапазоне 0,2...0,8 % как короткой, так и длинной фибры наблюдается повышение предела прочности при сжатии и предела прочности на растяжение при изгибе.

фибробетон, фибра, удобоукладываемость (подвижность), предел прочности при сжатии, предел прочности на растяжение при изгибе

ВВЕДЕНИЕ

Фибробетон – композиционный материал, состоящий из цементной матрицы, с заполнителем или без него, с равномерным или заданным распределением по ее объему ориентированных или хаотично расположенных дискретных волокон (фибр) различного происхождения. В последние годы как в зарубежной, так и отечественной промышленности широкое распространение получило дисперсное армирование бетона, путем введения армирующих элементов длиной 1...5 см и диаметром 0,1...0,8 мм. Для этого применяются стальные, минеральные, углеродные и др. виды волокон [1, 2]. Применение дисперсного армирования позволяет снижать концентрацию напряжений, предотвращать развитие встречных трещин и затруднять процесс трещинообразования [3, 4].

Несмотря на многообразие применяемых в строительстве дисперсно-армированных бетонов, в вопросе предотвращения образования и снижения темпов развития трещин ведущая роль отводится смешанным видам волокон. Существует два научных подхода к данной проблеме. Первый заключается в применении фиброволокон одного вида, но разных размеров. Например, сочетание макро- и микрометаллической фибры различной длины и объемного содержания. Второе направление научных исследований – использование двух и более видов фибры, в частности, смесь стальных и синтетических волокон [5].

Одновременное использование волокон разной длины способствует сокращению количества как микро-, так и макротрещин. Короткие волокна уменьшают количество микротрещин, позволяя избежать значительных дислокаций напряжений. Длинные же волокна, значительно понижающие удобоукладываемость бетонной смеси, необходимы для снижения числа дискретных микротрещин при высоких нагрузках.

Кроме того, направление и однородность распределения волокон в материале дополнительно повышают его эксплуатационную надежность. Бетон, в котором фибра распределена равномерно и выровнена в направлении основных воспринимаемых усилий, наилучшим образом сопротивляется воздействующей нагрузке [5, 6].

Регулирование свойств композиционных материалов совмещением различных волокон является перспективным направлением разработки сталефибробетона с заданными свойствами и элементов конструкций на его основе.

Эффективность полиармирования обоснована следующими факторами:

- получение материала, прочность которого будет больше, чем в случае моноармирования;
- возможность существенно улучшить поровую структуру композита и его эксплуатационные характеристики;
- посредством комбинированного армирования может быть обеспечено целенаправленное, и в более широких пределах, чем при моноармировании, регулирование свойств материала и рациональное использование дисперсной арматуры;
- торможение развития макротрещин длинными волокнами и микротрещин короткими волокнами (рис. 1).

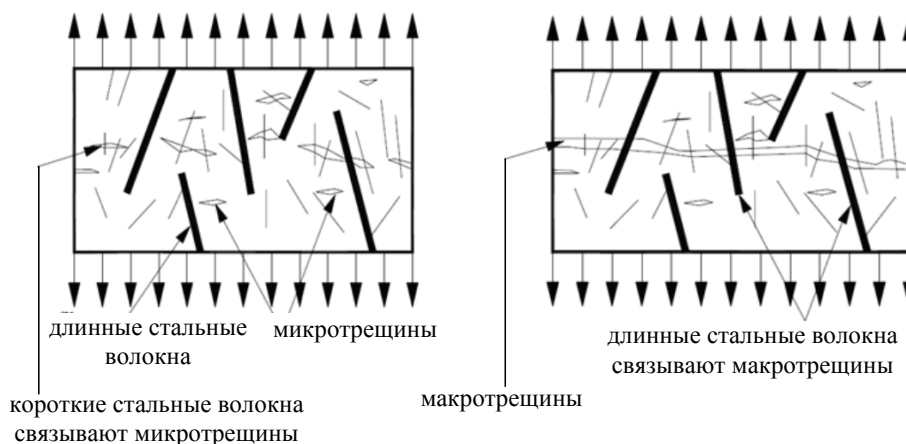


Рисунок 1 – Преимущества смешанных стальных волокон для торможения трещинообразования.

Целью работы является оценка влияния содержания и геометрических параметров стальных волокон на прочностные свойства бетона.

ХАРАКТЕРИСТИКА ИСХОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ И МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЯ

При проведении экспериментов использованы следующие материалы:

- портландцемент Балаклеевского цементного комбината (БЦК) марки ПЦ I-500-Н;
- зола-унос Угледорской ТЭС;
- песок кварцевый Краснополянского месторождения ($M_k = 2,1$);
- щебень гранитный фракции 5...20 мм ($D = 20$ мм);
- суперпластификатор (акрилатный полимер Дупапон SR-3).

Геометрические параметры стальных волокон, применяемых в экспериментальных исследованиях, представлены в табл. 1. Составы бетонных смесей приведены в табл. 2.

Таблица 1 – Геометрические параметры стальных волокон

Геометрические параметры волокон [мм]					Расход волокон при значении F_f [кг]		
№	Форма волокон	L_f	d_f	L_f/d_f	0,15	0,3	0,45
1	Прямая	6	0,16	37,5	31,40	62,80	94,20
2	Анкерная	50	0,45	111,1	10,60	21,20	35,33

Исследовано пять составов бетонных смесей с общим объемным содержанием фибры в пределах 0,2...0,8 %. При армировании смешанными волокнами на первом этапе принято соотношение между содержанием длинной и короткой фиброй 50:50.

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТОВ И ОБСУЖДЕНИЕ

Установлено, что бетонные смеси с короткими стальными фибрами характеризуются более высокой удобоукладываемостью (подвижностью) и меньшей склонностью к образованию «ежей» в сравнении с бетонными смесями на основе длинных волокон.

Таблица 2 – Составы бетонных смесей

Номер состава	Состав бетонной смеси, кг/м ³											
	ПЦ	В	СП	ЗУ	П	Щ	V _ф , %	V _ф , %		Ф*, кг		В/Ц
								КФ	ДФ	КФ	ДФ	
1-К	400	160	6	120	433	1 312	0	0	0	0	0	0,415
2-1	400	160	6	120	432	1 308	0,2	0	100	0	15,5	0,415
2-2	400	160	6	120	432	1 308	0,2	50	50	7,75	7,75	0,415
2-3	400	160	6	120	432	1 308	0,2	100	0	15,5	0	0,415
3-1	400	160	6	120	430	1 304	0,4	0	100	0	31,0	0,415
3-2	400	160	6	120	430	1 304	0,4	50	50	15,5	15,5	0,415
3-3	400	160	6	120	430	1 304	0,4	100	0	31,0	0	0,415
4-1	400	160	6	120	429	1 299	0,6	0	100	0	46,5	0,415
4-2	400	160	6	120	429	1 299	0,6	50	50	23,25	23,25	0,415
4-3	400	160	6	120	429	1 299	0,6	100	0	46,5	0	0,415
5-1	400	160	6	120	428	1 296	0,8	0	100	0	62,0	0,415
5-2	400	160	6	120	428	1 296	0,8	50	50	31,0	31,0	0,415
5-3	400	160	6	120	428	1 296	0,8	100	0	62,0	0	0,415

С увеличением объемного содержания в диапазоне 0,2...0,8 % как короткой, так и длинной фибры наблюдается повышение предела прочности при сжатии и предела прочности на растяжение при изгибе. При этом короткая фибра с геометрическими параметрами $L / d = 16 / 0,6$ мм в большей мере проявляет эффект повышения прочности бетона при сжатии (рис. 2), а длинная фибра с геометрическими параметрами $L / d = 50 / 0,45$ мм – прочности бетона на растяжение при изгибе (рис. 3). Величина предела прочности при сжатии контрольного состава бетона (0 % КФ, 0 % ДФ) – 31,3 МПа, при изгибе – 4,8 МПа.

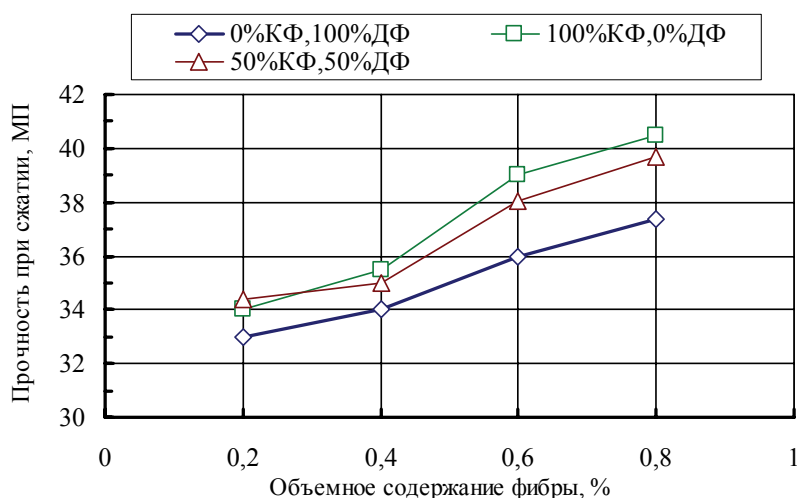


Рисунок 2 – Зависимость предела прочности при сжатии бетона от содержания и геометрических параметров стальных волокон.

В последнем случае наиболее высокие показатели предела прочности на растяжение при изгибе достигаются при использовании смешанных волокон в соотношении 50:50.

ВЫВОДЫ

Показано, что применение дисперсно-армированных бетонов в строительстве создает предпосылки для значительного сокращения объемов традиционных арматурных работ, расширяет технологические возможности получения конструкций различного профиля с более высоким уровнем трещиностойкости, сопротивления к различным видам силовых воздействий, в том числе динамическим.

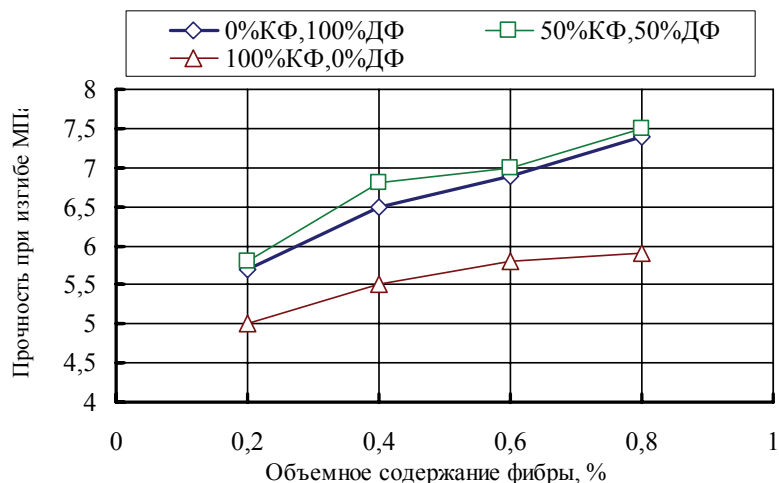


Рисунок 3 – Зависимость предела прочности на растяжение при изгибе бетона от содержания и геометрических параметров стальных волокон.

При содержании стальной фибры в бетонной матрице не менее 0,5 % по объему обеспечивает высокие физико-механические характеристики сталефибробетонов. Установлено, что бетонные смеси с короткими стальными фибрами характеризуются более высокой удобоукладываемостью (подвижностью) и меньшей склонностью к образованию «ежей» в сравнении с бетонными смесями на основе длинных волокон. С увеличением объемного содержания в диапазоне 0,2...0,8 % как короткой, так и длинной фибры наблюдается повышение предела прочности при сжатии и предела прочности на растяжение при изгибе. При этом короткая фибра с геометрическими параметрами $L/d = 16/0,6$ мм в большей мере проявляет эффект повышения прочности бетона при сжатии, а длинная фибра с геометрическими параметрами $L/d = 50/0,45$ мм – прочности бетона на растяжение при изгибе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Крылов, Б. А. Фибробетон и фиброцемент за рубежом [Текст] : обзорная информация. Вып. 5 / Б. А. Крылов ; ЦИНИС Госстроя СССР. – М. : ЦИНИС, 1979. – 53 с.
2. Крылов, Б. А. Фибробетон и его свойства. Зарубежный опыт [Текст] : обзорная информация. Вып. 4 / Б. А. Крылов ; ЦИНИС Госстроя СССР. – М. : ЦИНИС, 1979. – 44 с.
3. Пухаренко, Ю. В. Научные и практические основы формирования структуры и свойств фибробетонов [Текст] : дис. ... д-ра технич. наук : 05.23.05 / Ю. В. Пухаренко. – Санкт-Петербург, 2004. – 315 с.
4. Талантова, К. В. Строительные конструкции с заданными свойствами на основе сталефибробетона [Текст] : автореф. дис. ... д-ра технич. наук : 05.23.01 / К. В. Талантова. – Барнаул, 2009. – 32 с.
5. Френкель, И. М. Некоторые положения технологии высокопрочного бетона [Текст] / И. М. Френкель // Вопросы общей технологии и ускорения твердения бетона / под ред. С. А. Миронова. – М. : Стройиздат, 1970. – С. 4–23.
6. Цейлон, Д. И. Высокопрочные бетоны [Текст]. Вып. 15 / Д. И. Цейлон ; Под ред. И. Ф. Френкеля. – М. : ГСИ, 1963. – 67 с.

Получено 28.12.2015

О. К. НИКОЛАЄВА ^a, В. М. ГУБАРЬ ^b

МІЦНІСТЬ БЕТОНІВ, ДИСПЕРСНО-АРМОВАНИХ СТАЛЕВОЮ ФІБРОЮ

^a Донбаський державний технічний університет, ^b Донбаська національна академія будівництва і архітектури

Наведено дані щодо впливу вмісту та геометричних параметрів сталевих волокон на міцнісні властивості бетону. Показано, що вміст сталеві фібри в бетонній матриці не менше 0,5 % за обсягом забезпечує високі фізико-механічні характеристики сталефібробетону. Встановлено, що бетонні суміші з короткими сталевими фібрами характеризуються більш високою легкоукладальністю (рухливістю) і меншою схильністю до утворення «їжаків» в порівнянні з бетонними сумішами на основі довгих

волокон. Зі збільшенням об'ємного вмісту в діапазоні 0,2...0,8 % як короткої, так і довгої фібри спостерігається підвищення межі міцності при стиску і межі міцності на розтяг при згині.
фібробетон, фібра, легкоукладальність (рухливість), межа міцності при стиску, межа міцності на розтяг при згині

ELENA NIKOLAYEVA ^a, VICTOR GUBAR ^b
THE STRENGTH PROPERTIES OF CONCRETE, DISPERSION REINFORCED
WITH STEEL FIBER

^a Donbas State Technical University, ^b Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

Facts of the effect of content and geometric parameters of steel fibers on the strength properties of concrete have been given. It has been shown that the content of steel fibers in the concrete matrix at least 0.5 % by volume ensures high physical-mechanical characteristics steel-fiber-concrete. It has been found out that the concrete mix short steel fibers are characterized by a high workability (mobility) and lesser tendency to form «hedgehog» compared to concrete mixes based on long fibers. With the increasing of the volume of content in the range of 0.2...0.8% in both the short and long fiber there is an increase in compressive strength and tensile strength in bending.

fiber concrete, fiber, workability (mobility), compressive strength, tensile strength in bending

Николаева Елена Климовна – кандидат технічних наук, доцент кафедри архітектурного проектування та інженерної графіки Донбаського державного технічного університету. Наукові інтереси: високоякісні бетони нового покоління.

Губар Віктор Михайлович – кандидат технічних наук, доцент кафедри технології будівельних конструкцій, виробів і матеріалів Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: цементні бетони з заповнювачами з відходів промисловості.

Николаева Елена Климовна – кандидат технических наук, доцент кафедры архитектурного проектирования и инженерной графики Донбасского государственного технического университета. Научные интересы: высококачественные бетоны нового поколения.

Губарь Виктор Николаевич – кандидат технических наук, доцент кафедры технологий строительных конструкций, изделий и материалов Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: цементные бетоны с заполнителями из отходов промышленности.

Nikolayeva Elena – Ph.D. (Eng.), Associate Professor, Architectural Design and Engineering Graphics Department, Donbas State Technical University. Scientific interests: high-performance concrete of new generation.

Gubar Victor – Ph.D. (Eng.), Associate Professor, Technologies of Building Structures, Products and Materials Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: portland cement concretes with aggregates of industrial waste products.