УДК 691.328.4

М.С. ЕЛСУФЬЕВА, инженер (elsufieva@inbox.ru), В.Г. СОЛОВЬЕВ, канд. техн. наук (s_vadim_g@mail.ru), А.Ф. БУРЬЯНОВ, д-р техн. наук (rga-service@mail.ru), М.Р. НУРТДИНОВ, инженер (nikerunner@yandex.ru), В.А. КАКУША (kakushava@gmail.com), инженер

Московский государственный строительный университет (129337, Москва, Ярославское ш., д. 26)

Оценка долгосрочного изменения свойств сталефибробетонов с расширяющими добавками

Приведены результаты двухлетних исследований влияния расширяющих добавок на деформации, прочностные и эксплуатационные свойства сталефибробетона. Установлено, что эффект от введения расширяющих добавок с течением времени значительно снижается и конечные значения усадки сталефибробетонов составляют 0,102–0,451 мм/м при усадке контрольных составов без расширяющих добавок в пределах 0,732–0,764 мм/м. Установлены составы сталефибробетов, в которых деформации через два года остаются положительными и составляют 0,036–0,092 мм/м. Определены модуль упругости и коэффициент Пуассона сталефибробетонов в возрасте двух лет, которые составляют 29800–38600 МПа и 0,15–0,22 соответственно. Максимальные значения модуля упругости зафиксированы в составах с положительными деформациями в возрасте двух лет, что подтверждает гипотезу о формировании преднапряженного фиброкаркаса в матрице композиционного материала в определенных условиях.

Ключевые слова: сталефибробетон, расширяющие добавки, объемное преднапряжение, модуль упругости, усадка, прочность, коэффициент Пуассона.

M.S. YELSUFYEVA, Engineer, V.G. SOLOVYEV, Candidate of Sciences (Engineering),A.F. BURYANOV, Doctor of Sciences (Engineering), M.R.NURTDINOV, Engineer, V.A.KAKUASHA, Engineer

Moscow State University of Civil Engineering (26, Yaroslavskoe Highway, Moscow, 129337, Russian Federation)

The estimation of long-term changes in the properties of steel fiber reinforced concretes with expanding producing agents

This article is about the results of two-year studies of influence of expanding producing agents on the deformations, strength and operational properties of the steel fiber reinforced concrete. It is found that the effect from introducing expanding producing agents is significantly reduced over time and final values of shrinkage of steel fiber reinforced concretes are 0,102–0,451 mm/m, and shrinkage of the control compositions without expanding additives are within 0,732–0,764 mm/m. Also found the compositions of steel fiber reinforced concretes in which the deformations after two years are stayed positive with value 0,036–0,092 mm/m. Measured values of the elastic modulus and Poisson's ratio of two-year steel fiber concretes which are 29800–38600 MPa and 0,15–0,22 respectively. The maximal elastic modulus values registered in compositions with positive strains at two-years old, that confirms the hypothesis about the formation of prestressed fiber carcass in the matrix of composite material in specific conditions.

Keywords: Steel fiber reinforced concrete, expanding additives, volumetric presstression, elastic modulus, shrinkage, strength, Poisson's ratio.

Совершенствование технологии производства сталефибробетонных изделий и конструкций осуществляется в различных направлениях. Одним из наиболее интересных и новых путей повышения свойств сталефибробетонов является применение расширяющих добавок и тепловлажностной обработки, создающих условия для формирования объемно-преднапряженного фиброкаркаса. Эффективность данных методов подтверждена результатами серии исследований [1, 2]. Очевидным преимуществом указанных технологических приемов является универсальность их применения, практически не ограниченная внешними факторами. Однако применение объемно-преднапряженных сталефибробетонов возможно после тщательного изучения изменения их свойств во времени, так как при длительной эксплуатации материала возможны значительные изменения структуры и физико-механических свойств, обусловленные ползучестью цементно-песчаной матрицы. Существует вероятность, что произойдет релаксация преднапряжения фибры, которая приведет к снижению физико-механических свойств композита.

Для исследования свойств объемно-преднапряженных фибробетонов была разработана и реализована программа испытаний, в которой физико-механические и деформационные свойства фибробетонов определялись в возрасте 28 сут и через два года после изготовления образцов. Хранение образцов осуществлялось при температуре 20±5°С в переменных влажностных условиях: месяц при относительной влажности 50±20%, следующий месяц – при 95–100%. Для изготовления образцов применялись следующие материалы: портландцемент М500Д0 по ГОСТ 10178–85, песок $М_{кр}$ 2,3–2,5 по ГОСТ 8736–2014, расширяющие добавки РД-Н российского производства, РСАМ и КРДэрсаммикс (далее КРД) белорусского производства. В качестве матрицы применялся мелкозернистый бетон с цементно-песчаным соотношением 1:2 при В/Ц=0,4, расширяющие добавки вводились в количестве 5, 10 и 15% от массы цемента, суперпластификатор (Полипласт СП-1) – 0,7% от массы цемента. В качестве армирующего компонента использовалась волновая стальная фибра из высокоуглеродистой проволоки длиной 15 мм диаметром 0,3 мм в количестве (μv) 0,3; 1,1 и 1,9 об. %.

Результаты по определению усадки и прочности при сжатии сталефибробетонов с расширяющими добавками в возрасте 28 и 700 сут приведены в таблице.

Наблюдение в течение двух лет за прочностью и деформациями сталефибробетонов с расширяющими добавками позволило установить:

– в сталефибробетонах без расширяющих добавок происходит значительное увеличение усадки с 0,138–0,175 до 0,732–0,764 мм/м, которое зависит от коэффициента армирования в течение всего периода испытаний;

– в сталефибробетонах с расширяющими добавками РД-Н в количестве 10%, КРД – 10% и РСАМ – 5% в течение двух лет также происходят усадочные деформации, которые в итоге достигают значений 0,102–0,451 мм/м, что указывает на отсутствие объемного преднапряжения фиброкаркаса в данных композитах в данном возрасте;

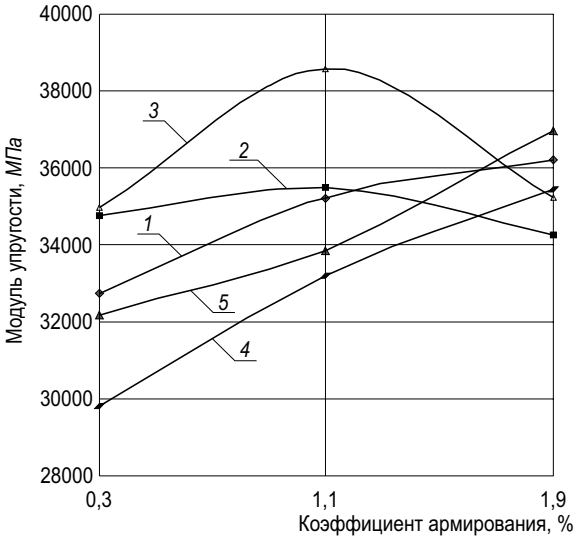

Рис. 1. Зависимость модуля упругости от коэффициента армирования сталефибробетонов с расширяющими добавками: *1* – без расширяющей добавки; *2* – с добавкой РД-Н – 10%; *3* – с добавкой РСАМ – 10%; *4* – с добавкой КРДэрсаммикс – 10%; *5* – с добавкой РСАМ – 5%.

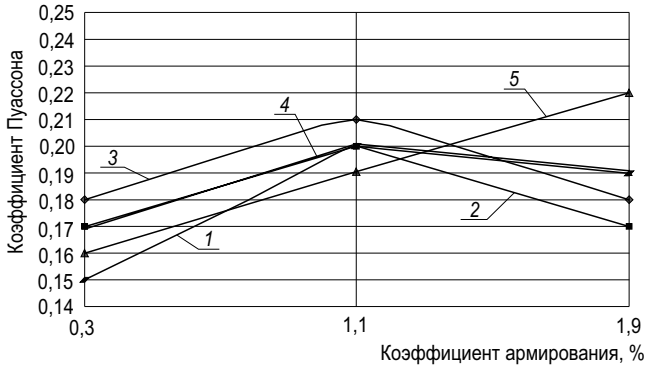

Рис. 2. Зависимость коэффициента Пуассона от коэффициента армирования сталефибробетонов с расширяющими добавками: *1* – без расширяющей добавки; *2* – с добавкой РД-Н – 10%; *3* – с добавкой РСАМ – 10%; *4* – с добавкой КРДэрсаммикс – 10%; *5* – с добавкой РСАМ – 5%

– в сталефибробетоне с расширяющимися добавкой РСАМ в количестве 10% от массы цемента в течение двух лет фиксировалось снижение расширения (по сравнению со значениями, определенными в возрасте 28 сут) с 0,093–0,162 до -0,008–0,092 мм/м, что подтверждает предположение о формировании в них преднапряженного фиброкаркаса;

– прочность при сжатии всех образцов за два года увеличилась приблизительно одинаково – на 22–51 %.

Общий характер развития деформаций сталефибробетонов с расширяющей добавкой РСАМ в количестве 10% от массы цемента сопоставим с развитием деформаций бетонов с расширяющими добавками [3]. Развитие деформаций остальных составов сталефибробетонов сопоставимо со значениями, фиксируемыми для сталефибробетонов без расширяющих добавок [4]. Вероятно, данные отличия объясняются особенностями формирования структуры в начальный период, которые обусловлены видом и составом расширяющих добавок.

Свойства сталефибробетонов с расширяющимися добавками

Наименование расширяющей добавки	μv, %	ε, мм/м		$R_{сж}$, МПа	
		28 сут	700 сут	28 сут	700 сут
Без добавки	0,3	–0,175	–0,764	38,8	49,6 / 28*
	1,1	–0,156	–0,752	44,2	57,5 / 30
	1,9	–0,138	–0,735	46,8	63,7 / 36
РД-Н, 10%	0,3	–0,107	–0,395	47,9	61,3 / 27
	1,1	–0,096	–0,402	53,4	67,3 / 40
	1,9	–0,074	–0,451	57,1	74,6 / 31
КРД, 10%	0,3	0,042	–0,102	46,8	61,2 / 31
	1,1	0,022	–0,157	48,1	69,1 / 44
	1,9	0,017	–0,12	54,1	74,6 / 38
РСАМ, 5%	0,3	–0,084	–0,34	40,3	52,9 / 31
	1,1	–0,069	–0,382	47,1	62,1 / 31
	1,9	–0,05	–0,357	46,9	57,3 / 22
РСАМ, 10%	0,3	0,162	0,036	43,9	61 / 38
	1,1	0,137	0,092	48,9	74,2 / 51
	1,9	0,093	–0,008	55,4	78,6 / 42

* увеличение прочности по сравнению с контрольным значением того же состава в возрасте 28 сут в %.

Полученные результаты поставили ряд вопросов, решение которых необходимо для обеспечения долговечности и эксплуатационной надежности изделий и конструкций из сталефибробетонов. Прежде всего это значительное развитие усадки образцов сталефибробетона через два года после изготовления. Сложилось устойчивое мнение, что стальная фибра значительно снижает усадку образцов при твердении. Однако, как показали проведенные исследования, это утверждение справедливо для твердения сталефибробетона в начальный период, а его деформации в более поздние сроки необходимо оценивать и определять дополнительно.

В ходе дальнейших исследований образцы сталефибробетонов всех составов, приведенных в таблице, в возрасте двух лет, были подвергнуты испытаниям по определению начального модуля упругости и коэффициента Пуассона. Результаты приведены на рис. 1, 2.

Модуль упругости образцов сталефибробетона с расширяющими добавками для большинства составов возрастает с увеличением коэффициента армирования, как и для обычного сталефибробетона. Однако наиболее интересным является изменение модуля упругости состава сталефибробетона с расширяющей добавкой РСАМ в количестве 10% от массы цемента, приведенное на рис. 1. По сравнению с контрольным составом без расширяющей добавки модуль упругости сталефибробетона с РСАМ в количестве 10% от массы цемента увеличился на 7 и 10% при коэффициенте армирования 0,3 и 1,1% соответственно, в то время как в остальных составах изменение модуля упругости незначительно или носит отрицательных характер. Увеличение модуля упругости в составах сталефибробетонов обусловлено положительными деформациями в возрасте двух лет и в очередной раз подтверждает гипотезу о формировании преднапряженного фиброкаркаса при определенных условиях и его положительном влиянии на физико-механические свойства бетона.

В результате проведенных исследований установлено, что объемно-преднапряженные сталефибробетоны сохраняют эксплуатационные свойства в течение длительного периода, что позволяет использовать данный композиционный материал в конструкциях и сооружениях с длительным периодом эксплуатации при различных влажностных условиях.

Список литературы

1. Соловьев В.Г., Бурьянов А.Ф., Елсуфьева М.С. Особенности производства сталефиброетонных изделий и конструкций // *Строительные материалы*. 2014. № 3. С. 18–21.
2. Елсуфьева М.С., Соловьев В.Г., Бурьянов А.Ф. Применение расширяющихся добавок в сталефибробетоне // *Строительные материалы*. 2014. № 8. С. 60–63.
3. Титов М.Ю. Бетоны с повышенной прочностью на основе расширяющих добавок // *Строительные материалы*. 2012. № 2. С. 84–86.
4. Красновский Р.О., Капустин Д.Е., Рогачев К.В. Зависимость усадки сталефибробетона с цементно-песчаной матрицей от типа фибры и процента армирования // *Интернет-вестник ВолгГАСУ*. Сер.: Политематическая. 2013. Вып. 4(29). URL: http://vestnik.vgasu.ru/attachments/KrasnovskiyKapustinRogachev-2013_4(29).pdf

References

1. Solovyev V.G., Buryanov A.F., Yelsufyeva M.S. Features of the production of steel fibre concrete products and designs. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2014. No. 3, pp. 18–21. (In Russian).
2. Elsuf'eva M.S., Solovyev V.G., Bur'yanov A.F. Applying of expanding additives in the concrete reinforced steel fiber // *Stroitel'nye materialy* [Construction Materials]. 2014. No. 8, pp. 60–63. (In Russian).
3. Titov M.Y. Concretes with increased strength on the basis of expanding additives. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2012. No. 2, pp. 84–86. (In Russian).
4. Krasnovskii R.O., D.E. Kapustin, Rogachev K.V. The dependence of shrinkage of steel fiber reinforced concrete with cement-sandy matrix from the type of fiber and reinforcement ratio // *Internet-vestnik VolgGASU*. Seriya: Polythematicheskaya. 2013. Vol. 4 (29). http://vestnik.vgasu.ru/attachments KrasnovskiyKapustinRogachev-2013_4(29).pdf (In Russian).

НОВОСТИ

На Казанском ДСК успешно завершена модернизация

1 июля 2015 г. в столице Республики Татарстан состоялось открытие Казанского ДСК после модернизации, приуроченное к проведению в Казани Международной конференции «Развитие крупнопанельного домостроения в России – InterConPan-2015». В торжественной церемонии приняли участие временно исполняющий обязанности Президента республики Р.Н. Минниханов, глава Минстроя России М.А. Мень и другие официальные лица. Министр отметил, что сегодня в России примерно 50% всего вводимого жилья – это продукция индустриального домостроения, по большинству показателей не уступающая монолиту и кирпичу, при этом сроки возведения таких домов максимально короткие.

Глава республики назвал открытие модернизированного Казанского ДСК знаковым событием, а также подчеркнул, что сегодня Министерством строительства и ЖКХ РТ уделяется огромное внимание жилищному строительству. В Татарстане, по его словам, появился производитель панельных домов мирового уровня, а также новые рабочие места.

Казанский ДСК был организован на базе производственной площадки завода КПД-3. Проект модернизации реализовывался с 2012 г. группой компаний «Ак Барс Девелопмент» совместно с финскими и немецкими специалистами. Реконструированы цеха, поставлено и смонтировано новое оборудование, внедрены современные технологии получения бетонов. Объем инвестиций составил порядка 1,5 млрд р.

Мощности комбината по производству изделий из железобетона на первом этапе позволят комплектовать 150 тыс. м^2 жилья в год. На втором этапе модернизации мощность завода увеличится до 250 тыс. м^2 жилья в год. Рассчитано, что за счет применения заводом современных технологий производства строительных материалов будет обеспечено снижение себестоимости строительства и повысится доступность жилья, возводимого в Татарстане. Уже сейчас продукция комбината применяется при возведении ЖК «Светлая долина» группы компаний «Ак Барс Девелопмент». В жилом комплексе общей площадью 38 га будет построено порядка 400 тыс. м^2 жилья, создана вся необходимая инфраструктура, в том числе школа и три детских сада.

Символическую кнопку запуска производства завода «Казанский ДСК» нажали (справа налево) М.А. Мень, Р.Н. Минниханов, генеральный директор А.Г. Сидоров и механик Р. Сагиев

В ходе модернизации был сохранен коллектив завода. После запуска обновленной производственной линии количество рабочих мест на заводе вырастет на две трети с начала технического перевооружения и составит 500 человек. Ожидается, что по окончании второй очереди модернизации численность сотрудников достигнет 700 человек, в основном за счет рабочих.

По материалам пресс-службы ГК «Ак Барс Девелопмент»