

Интернет-журнал «Транспортные сооружения» <https://t-s.today>

Russian journal of transport engineering

2019, №1, Том 6 / 2019, No 1, Vol 6 <https://t-s.today/issue-1-2019.html>

URL статьи: <https://t-s.today/PDF/09SATS119.pdf>

DOI: 10.15862/09SATS119 (<http://dx.doi.org/10.15862/09SATS119>)

Статья поступила в редакцию 15.01.2019; опубликована 05.03.2019

Ссылка для цитирования этой статьи:

Спиридонов Н.Н., Лapidус А.А. Технология производства сборных конструкций с использованием фиброцемента // Интернет-журнал «Транспортные сооружения», 2019 №1, <https://t-s.today/PDF/09SATS119.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ. DOI: 10.15862/09SATS119

For citation:

Spiridonov N.N., Lapidus A.A. (2019). Production technology of prefabricated structures using fibre cement. *Russian journal of transport engineering*, [online] 1(6). Available at: <https://t-s.today/PDF/09SATS119.pdf> (in Russian). DOI: 10.15862/09SATS119

УДК 72

Спиридонов Николай Николаевич

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»
Москва, Россия
Бакалавр
E-mail: nastasya159@bk.ru

Лapidус Азарий Абрамович

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»
Москва, Россия
Преподаватель
Доктор технических наук, профессор
E-mail: nastasya159@bk.ru

Технология производства сборных конструкций с использованием фиброцемента

Аннотация. В статье рассмотрены технологии производства сборных конструкций с использованием фиброцемента. Исследуя свойства указанных конструкций, автор указывает, что использование фиброцемента из полимерных волокон целесообразно в процессе изготовления сборных конструкций, в результате их применения повышается трещиностойкость, ударная прочность, вязкость разрушения, износостойкость, морозостойкость, сопротивление кавитации, а также понижается усадка и ползучесть. Также в статье отмечено, что применение фиброцементных конструкций без арматуры возможно, если их преимущественная работа направлена на сжатие в случае расположения продольной сжимающей силы в пределах поперечного сечения элемента или если продольную сжимающую силу располагают за пределами поперечного сечения элемента и на изгиб, однако нужно учитывать, что их разрушением не должна создаваться непосредственная опасность для подобных объектов, жизни и здоровья работников, также необходим контроль исправности и сохранности оборудования.

Автор приходит к выводу, что на сегодняшний день существует ряд возможностей, чтобы создать высокопрочные фиброцементы нового поколения, используя отечественное сырье. Современные эффективные виды фибры позволяют упростить процесс ее введения и перемешивания в бетонной смеси, а также дают возможность использовать технологическое

оборудование, которое применяется в процессе изготовления обычных бетонов. При этом, можно получить и использовать фиброцементные смеси, обладающие высокой подвижностью.

Ключевые слова: фиброцемент; сборные конструкции; технологии производства

Введение

Фиброцемент является материалом, одновременно простым и универсальным. Уже более 100 лет его используют архитекторы для крыш, фасадов и внутренней отделки. В строительстве фиброцемент применяется при изготовлении кровельных листов, деталей фасада и лестничных ступеней [1].

Фиброцемент – это строительный материал, состоящий из цемента, армирующих волокон и минеральных наполнителей. Данный материал отличается прочностью и гибкостью и применяется для изготовления стеновых панелей, перегородок и облицовочных плит, используемых в строительстве, отделке и сооружении кровли. Ограничений по использованию данный строительный материал не имеет [1].

Состояние проблемы

В гражданском строительстве фиброцемента направляется на изготовление водопроводных труб и подземных вентиляционных каналов большого диаметра. Архитекторами, проектировщиками и другими профессионалами в творческих областях и сегодня высоко оцениваются особенности универсальности, прочности и эластичности материала.

Фиброцемент, как и традиционный цемент, представляет собой композиционный материал, в котором достаточно равномерно распределены фибра или фиброволокна в качестве армирующего материала. Свойства фиброцемента как композиционного материала определяются свойствами составляющих его компонентов [3].

Область применения фиброцементов определяет технико-экономическая эффективность, которое обуславливает наиболее полное использование положительных свойств фиброцемента в сравнении с обычным бетоном, а также бетоном, который армирован стальной арматурой. Выбирая конструктивные решения, учитывают методы, используемые при изготовлении, монтаже и условиях эксплуатации конструкций [2].

Форму и размеры элементов необходимо применять с учетом возможности наиболее полного использовать особенности, свойства фиброцемента, также ему свойственно механизированное и автоматизированное заводское изготовление, удобство транспортирования и монтажа конструкции [5].

Необходим также учет специфических свойств фиброцемента. Накопленным отечественным и зарубежным опытом была определена первоначальная номенклатура экономически выгодных конструкций из фиброцемента. Наиболее эффективным признано изготовление тонкостенных конструкций: безрулонных панелей покрытий, ребристых панелей покрытий и перекрытий, элементов несъемной опалубки, элементов подземных коммуникаций, стеновых панелей и перегородок, плит полов, монолитных оболочек, элементов ограждений на лоджиях и балконах, а также при архитектурной отделке фасадов, элементов гидротехнических сооружений [4].

Особую важность в настоящее время несут в себе являются вопросы, связанные с экономией энергии, которая необходима, чтобы проводить различные строительные

материалы. Количество энергии, необходимой для производства цемента, минимально в сравнении с количеством энергии (в рамках единого эквивалента), которая необходима, чтобы изготовить сталь, алюминий, стекло, кирпич, пластмассы. Также, для производства цемента необходим и меньший в сравнении с производством стали расход воды, что меньше загрязняет окружающую среду [7].

Постановка задачи

В процессе армирования цемента повышается энергоёмкость материала, однако, выбирая рациональный вид дисперсного армирования, необходимо учесть комплекс свойств и геометрических характеристик армирующих элементов: они должны быть такими, чтобы при достаточном их содержании для упрочнения цемента они не вызвали бы дефекты, ослабляющие структуру цемента.

Если в качестве слабого компонента в цементе выступает крупный наполнитель, то длина фибр должна быть соизмеримой с ним для того, чтобы крупный наполнитель мог располагаться в центре ячейки, образованной фибрами. При этом распространение трещин между слабыми компонентами будет ограничено дисперсной арматурой, что локализует возможные нарушения и оплошности. Если же в качестве слабого компонента в цементе выступает растворная часть, то и в этом случае дисперсная арматура выступит в качестве препятствия появлению трещин в растворной части, и основная нагрузка при появлении напряжений будет ложиться на наполнитель-керамзит [2].

Методика решения

В процессе получения фиброцемента важное значение придается не только правильному выбору и рациональному сочетанию исходных материалов, но и технологии их изготовления [4]. Принципы технологии и приемы дисперсного армирования находятся в зависимости от используемых бетонных матриц.

Видом цемента определяется характер рационального для него вида дисперсного армирования, а также и оптимальных значений геометрических параметров дисперсной арматуры. Выбирая дисперсную арматуру, необходимо учесть, что, в частности, стеклянные волокна обычного состава могут подвергаться интенсивной коррозии в твердеющем цементе и не вступать в химическое взаимодействие с продуктами гидратации гипсовых вяжущих [6].

Стеклянные волокна могут поддаваться коррозии в композициях на основе гипса, но находятся под надежной защитой от процессов коррозии в составе гидратирующей среды цементных вяжущих. То есть матрица должна обладать химической инертностью относительно используемых волокон. Также волокнам в ходе технологического процесса необходимо сохранение значительной части своей прочности, они должны иметь хорошее сцепление с цементом. Основная сложность в изготовлении фиброцемента – это равномерное распределение волокон по всему объему матрицы, они не должны вступать в контакт друг с другом.

Основная задача фибрового армирования цемента – повышение сопротивления материала растяжению. За счет повышения прочности бетона матрицы фибровой арматурой, увеличения ее прочности при растяжении упрощаются традиционные способы армирования изделий каркасами и сетками. Сопротивление напряжению при дисперсном армировании увеличивается по той причине, что до того момента, пока фибры в месте прохождения трещины не будут выдернуты или разрушены, они будут воспринимать весь объем растягивающих напряжений [8].

За счет дисперсного фибрового армирования цемента возникает компенсация его главных недостатков, а именно низкой прочности при растяжении и хрупкости разрушения.

Анализ результатов

Исследователи определили, что рост прочности при осевом растяжении цемента посредством дисперсно-армированных металлических волокон, достигает 200 %. Также указано, что рост прочности пропорционален увеличению объемного процента армирования и обратно пропорционален величине диаметра волокон. При применении профилированных волокон возрастает объем прочности на растяжение бетона в сравнении с гладкой проволокой, практически в 2 раза. С учетом большого количества отечественных и зарубежных данных по прочности фиброцемента на растяжение можно заключить что дисперсное армирование фибрами повышает прочность на растяжение в 2–2,5 раза [4].

Фиброцемент с фиброй из полимерных волокон применяется при изготовлении сборных конструкций для:

- повышения трещиностойкости, ударной прочности, вязкости разрушения, износостойкости, морозостойкости, сопротивления кавитации;
- понижения усадки и ползучести.

Фиброцементные конструкции без арматуры применяются в случае их преимущественной работы:

- на сжатие, если продольная сжимающая сила расположена в пределах поперечного сечения элемента;
- на сжатие, при расположении если продольная сжимающая сила расположена за пределами поперечного сечения элемента и на изгиб – в случаях, когда их разрушение не создает непосредственную опасность для таких объектов, как жизнь людей, исправность и сохранность оборудования. В остальных случаях фиброцементные конструкции применяют с рабочей арматурой [9].

В составе единицы объема фиброцемента содержание композитной полимерной фибры должно содержаться в количестве, соответствующем требованиям его физико-механическим свойствам, которые назначаются с учетом условий применения материала.

В рабочих чертежах фиброцементных конструкций должна быть указана маркировка фибры, а также ее требуемое содержание (объем фибры) в 1 м³ фиброцементной смеси, классы и марки фиброцемента (в том числе и класс по остаточной прочности на растяжение при изгибе), если необходимо, нужно привести требования к технологическим приемам изготовления, обеспечивающим требуемые свойства фиброцемента.

Проведение расчетов фиброцементных осуществляют в соответствии с предельными состояниями первой и второй групп. Объем расчетов по предельным состояниям первой группы включает:

- расчеты по прочности;
- расчеты по устойчивости формы (тонкостенные конструкции);
- расчеты по устойчивости положения (это касается опрокидывания, скольжения, всплывания).

Объем расчетов по предельным состояниям второй группы включает:

- проведение расчетов по образованию трещин;
- проведение расчетов по раскрытию трещин;
- проведение расчетов по деформациям [4].

Проводя расчеты фиброцементных конструкций в соответствии с предельными состояниями, необходимо рассматривать разнообразные расчетные ситуации в рамках ГОСТ Р 54257, в том числе стадии, на которых происходит изготовление, транспортирование, возведение, эксплуатация, аварийные ситуации, а иногда – пожар.

Проведение расчетов фиброцементных осуществляют с учетом всех видов нагрузок, которые отвечают за функциональное назначение конструкций, учитывая влияние окружающей среды, а, если необходимо, – то и воздействие пожара, технологические температурные и влажностные воздействия и воздействия агрессивных химических сред [10].

Проведение расчетов фиброцементных конструкций также осуществляют на действие таких объектов, как изгибающие моменты, продольные силы, поперечные силы и крутящие моменты, а также местное действие нагрузки.

Проводя расчет сборных фиброцементных конструкций на воздействие усилий, которые возникают в процессе их подъема, транспортирования и монтаже, нагрузка от их массы принимается с коэффициентом динамичности, который составляет:

- 1,60 – при транспортировании;
- 1,40 – при подъеме и монтаже [8].

Допускается принятие более низких, обоснованных в установленном порядке, значений коэффициентов динамичности, но не ниже 1,25.

Производя расчет конструкций, необходимо производить учет особенностей свойств различных видов фиброцемента и арматуры, рассматривать, какое влияние на них оказывает характер нагрузки и окружающая среда, способы армирования, совместность работы арматуры и фиброцемента.

Расчет касательно устойчивости формы конструкции, а также устойчивости положения проводят в соответствии с нормативными документами на отдельные виды конструкций.

Расчет по прочности фиброцементных конструкций производят в соответствии с:

- нормальными сечениями (под действием изгибающих моментов, а также продольных сил);
- наклонными сечениями (под действием поперечных сил);
- в соответствии с пространственными сечениями (под действием крутящих моментов);
- под воздействием местной нагрузки (местного сжатия, продавливания) [8].

Выводы

Таким образом, на сегодняшний день существует ряд возможностей, чтобы создать высокопрочные фиброцементы нового поколения, используя отечественное сырье. Современные эффективные виды фибры позволяют упростить процесс ее введения и перемешивания в бетонной смеси, а также 7 дают возможность использовать технологическое

оборудование, которое применяется в процессе изготовления обычных бетонов. При этом, можно получить и использовать фиброцементные смеси, обладающие высокой подвижностью.

ЛИТЕРАТУРА

1. Павленко В.И., Арончик В.Б. Свойства фибробетона и перспективы его применения. – Рига: ЛатНИИТИ, 1978. – С. 3–7.
2. Исследования в области фибробетона с различными волокнами // Сер. 7. Строительные материалы и изделия: Экспресс информ. / ВНИИС Госстроя СССР. – 1982. – Вып. 10. – С. 12.
3. Литвинов Р.Г. Стабилизация развития трещины в изгибаемых железобетонных элементах. М., "Бетон и Железобетон", 1993, № 6, с. 27.
4. Михайлов В.В. Расчет прочности нормальных сечений изгибаемых элементов с учетом полной диаграммы деформирования бетона. М., «Бетон и железобетон», 1993, № 3, с. 26.
5. Трамбовецкий В.П. Зарубежный опыт использования фибробетона в строительстве // Фибробетон и его применение в строительстве: сб. науч. тр. НИИЖБ. – М., 1979. – С. 36.
6. Крылов Б.А. Фибробетон и фиброцемент за рубежом: Обзор. – ЦИНИС. – М., 1979. – С. 8–12.
7. Мухаметрахимов Р.Х., Изотов В.С. Исследование влияния состава матрицы фиброцементного композиционного материала на его физико-технические свойства // Сборник статей Международной научно-технической конференции «Композиционные строительные материалы. Теория и практика», г. Пенза, 2010. – С. 136–138.
8. Усов Б.А., Сидельникова Е.В. Промышленные полы со слоем износа из фибробетона // Системные технологии: сб. науч. тр. МАМИ. – М., 2015. – С. 70–83.
9. C. Fischer, C. Schweizer, T. Seifert, A crack opening stress equation for in phase and out-of-phase thermo mechanical fatigue loading, International Journal of Fatigue, 2016, № 88, pp. 178–184.
10. Урханова Л.А., Содномов А.Э., Костромин Н.Н. Пути повышения эффективности строительных материалов на основе активных вяжущих веществ // Строительные материалы. – 2006. – №1. – С. 34–35.

Spiridonov Nikolay Nikolaevich

National research university Moscow state university of civil engineering, Moscow, Russia
E-mail: nastasya159@bk.ru

Lapidus Azariy Abramovich

National research university Moscow state university of civil engineering, Moscow, Russia
E-mail: nastasya159@bk.ru

Production technology of prefabricated structures using fibre cement

Abstract. The article deals with the production technology of prefabricated structures using fiber cement. Studying the properties of these structures, the author points out that the use of fiber cement made of polymer fibers is advisable in the manufacturing process of prefabricated structures, as a result of their use increases crack resistance, impact strength, fracture toughness, wear resistance, frost resistance, cavitation resistance, and also decreases shrinkage and creep. Also in the article noted that the use of fiber cement structures without reinforcement is possible, if their primary work is aimed at compression in the case of the location of the longitudinal compressive force within the cross-section of the element or if the longitudinal compressive force is located outside the cross-section of the element and the bend, but it should be borne in mind that their destruction should not create an immediate danger to such objects, the life and health of workers, it is also necessary to control the serviceability and safety of the equipment.

The author comes to the conclusion that today there are a number of opportunities to create high-strength fibroblasts of new generation, using domestic raw materials. Modern effective types of fiber make it possible to simplify the process of its introduction and mixing in the concrete mix, as well as make it possible to use technological equipment that is used in the manufacture of conventional concrete. At the same time, it is possible to obtain and use fiber cement mixtures with high mobility.

Keywords: fibrocement; prefabricated structures; production technologies

REFERENCES

1. Pavlenko V.I., Aronchik V.B. (1978). Svoystva fibrobetona i perspektivy ego primeneniya. [*Properties of fiber-reinforced concrete and prospects of its application.*] Riga: Latvian Scientific Research Institute of Scientific and Technical Information, pp. 3–7.
2. (1982). Research in the field of fiber concrete with different fibers. *All-Russian Certification Research Institute of Gosstroy of the USSR*, 10, p. 12 (in Russian).
3. Litvinov R.G. (1993). Stabilization of the development of cracks in bendable reinforced concrete elements. *Concrete and reinforced Concrete*, 6, p. 27 (in Russian).
4. Mikhailov V.V. (1993). Calculation of strength of normal sections of bent elements taking into account the full diagram of concrete deformation. *Concrete and reinforced Concrete*, 3, p. 26 (in Russian).
5. Trambovetsky V.P. (1979). Zarubezhnyy opyt ispol'zovaniya fibrobetona v stroitel'stve. Fibrobeton i ego primeneniye v stroitel'stve. [*Foreign experience of the use of fiber reinforced concrete in the building of fibrous Concrete and its application in construction: collection of scientific works.*] Moscow: Research, Design and Technological Institute of Concrete and Reinforced Concrete, p. 36.
6. Krylov B.A. (1979). Fibrobeton i fibrotsement za rubezhom: Obzor. [*Fiber concrete and fiber cement abroad: Overview.*] Moscow: Central Institute of Scientific Information on Construction and Architecture, pp. 8–12.
7. Mukhametrakhimov R.Kh., Izotov V.S. (2010). Issledovanie vliyaniya sostava matritsy fibrotsementnogo kompozitsionnogo materiala na ego fiziko-tekhnicheskie svoystva. [*Study of the influence of the matrix of fiber-cement composite material on its physical and technical properties.*] Penza, pp. 136–138.
8. Usov B.A., Sidelnikova E.V. (2015). Promyshlennyye poly so sloem iznosa iz fibrobetona. [*Industrial flooring with a wear layer of fiber-reinforced concrete.*] Moscow: Moscow State Engineering University, pp. 70–83.
9. Fischer C., Schweizer C., Seifert T. (2016). A crack opening stress equation for in phase and out-of-phase thermo mechanical fatigue loading. *International Journal of Fatigue*, 88, pp. 178–184.
10. Urkhanova L.A., Sodnomov E.A., Kostromin N.N. (2006). Ways of increase of efficiency of construction materials on the basis of active binders. *Building materials*, 1, pp. 34–35.