



ISSN 1819-432X print / ISSN 1993-3495 online

СУЧАСНЕ ПРОМИСЛОВЕ ТА ЦИВІЛЬНЕ БУДІВНИЦТВО
СОВРЕМЕННОЕ ПРОМЫШЛЕННОЕ И ГРАЖДАНСКОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО
MODERN INDUSTRIAL AND CIVIL CONSTRUCTION

2012, ТОМ 8, НОМЕР 1, 15–20

УДК 691.328: 666.972

ВПЛИВ ТЕХНОЛОГІЇ ПЕРЕМІШУВАННЯ І СКЛАДУ ФІБРОБЕТОНУ НА ЙОГО ДОВГОВІЧНІСТЬ І ЗСІДАННЯ

К. К. Мірошніченко

*Придніпровська державна академія будівництва та архітектури,
вул. Чернишевського, 24а, м. Дніпропетровськ, Україна, 49600.*

E-mail: mirfb@mail.ru

Отримана 14 лютого 2012; прийнята 23 березня 2012.

Анотація. У статті наведено результати досліджень впливу технології перемішування фібробетону на довговічність і зсідання матеріалу. В експериментах використовували склади з фібробетону, армовані відходами корду, поліпропіленовими і скляними волокнами на основі портландцементу і напружувального цементу. Встановлено, що міцність фібробетону з бігом часу змінюється залежно від способу приготування, виду дисперсної арматури та виду в'язучого. Найкращі показники у складів, приготовлених у змішувачі з гнучким корпусом (ССВ), хороші – у змішувачі СО-46 з використанням розробленого нами пристрою для подачі фібр і в гравітаційному змішувачі з додатковим ротором. Використання ж звичайного гравітаційного змішувача для приготування фібробетону не забезпечує отримання якісної однорідної суміші. Дослідження показали, що фібробетон на портландцементі, армований відходами корду, має найгірші показники по міцності через 2 роки зберігання. Основна причина таких низьких результатів – пориста структура матриці. Склофіробетон на основі НЦ, приготований у змішувачі з гнучким корпусом, має найменше зсідання і найвищі показники. Хороші результати у композицій на основі напружувального цементу з добавкою поліпропіленових волокон. Міцність на розтяг при згині всіх складів на портландцементі незалежно від способу приготування з часом знижується.

Ключові слова: технологія, змішувач, фібробетон, дисперсна арматура, зсідання, довговічність.

ВЛИЯНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕМЕШИВАНИЯ И СОСТАВА ФИБРОБЕТОНА НА ЕГО ДОЛГОВЕЧНОСТЬ И УСАДКУ

К. К. Мирощниченко

*Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры,
ул. Чернышевского, 24а, г. Днепропетровск, Украина, 49600.*

E-mail: mirfb@mail.ru

Получена 14 февраля 2012; принята 23 марта 2012.

Аннотация. В статье приведены результаты исследований влияния технологии перемешивания фибробетона на долговечность и усадку материала. В экспериментах использовали составы из фибробетона, армированные отходами корда, полипропиленовыми и стеклянными волокнами на основе портландцемента и напрягающего цемента. Установлено, что прочность фибробетона с течением времени изменяется в зависимости от способа приготовления, вида дисперсной арматуры и вида вяжущего. Наилучшие показатели у составов, приготовленных в смесителе с гибким корпусом (ССВ), хорошие – в смесителе СО-46 с использованием разработанного нами устройства для подачи фибр и в гравитационном смесителе с дополнительным ротором. Использование же обычного гравитационного смесителя для приготовления фибробетона не обеспечивает получение качественной однородной смеси. Исследования показали, что фибробетон на портландцементе, армированный отходами корда, имеет наихудшие показатели по прочности через 2 года хранения. Основная причина таких низких результатов – пористая структура матрицы. Стеклофибробетон на основе НЦ, приготовленный в смесителе с гибким корпусом, имеет самую малую усадку и самые высокие прочностные показатели. Хорошие результаты

у композиций на основе напрягающего цемента с добавкой полипропиленовых волокон. Прочность на растяжение при изгибе всех составов на портландцементе независимо от способа приготовления с течением времени снижается.

Ключевые слова: технология, смеситель, фибробетон, дисперсная арматура, усадка, долговечность.

INFLUENCE OF MIXING TECHNOLOGY AND FIBER-REINFORCED CONCRETE STRUCTURE TO ITS DURABILITY AND SHRINKAGE

Konstantin Miroshnichenko

Pridneprovskaya State Academy of Civil Engineering and Architecture,

24a, Chernyshevskogo Str., Dnepropetrovsk, Ukraine, 49600.

E-mail: mirfb@mail.ru

Received 14 February 2012; accepted 23 March 2012.

Abstract. In the article the results of researches of influencing of technology of interfusion of fibrous concrete on longevity of material are resulted. Fibrous concrete, prepared in a mixer with a flexible corps has highest indexes of durability. Fiber concrete compositions reinforced by waste products of cord, polypropylene and glass fibers based on Portland and expanded cement have been used during experiments. It has been found out that fiber concrete resistance changes in process of time. It depends on mixing method, kind of dispersed reinforcement and astringent. Optimal characteristics of compositions prepared in flex mixer. Compositions prepared in flex mixer have the best results, compositions prepared in mixer using engineered machine for fiber feeding and in gravitational mixer with added rotor. Use of traditional gravitational mixer doesn't provide production of quality intimate mixture. Researches have demonstrated that fiber concrete made of Portland cement, reinforced by cord waste materials has worst degrees according to resistance in two years of keeping. Main cause of such bad results is void structure of matrix. Glass-fiber reinforced concrete based on NC, prepared in flex mixer has the least shrinkage properties and the highest strength degrees. Compositions based on expanded cement with polypropylene fibers have good results, tension strength during flexure of compositions based on Portland cement independent from method of preparation back off in process of time.

Keywords: technology, mixer, fiber concrete, dispersed reinforcement, shrinkage, longevity.

Постановка проблемы

Проблема получения качественного однородного фибробетона сейчас является актуальной в связи с повышенным интересом к дисперсно-армированным строительным композициям. В настоящее время на предприятиях стройиндустрии практически нет смесительных агрегатов для приготовления фибробетона с высокими физико-механическими и эксплуатационными свойствами. Специалистами ПГАСА на протяжении многих лет ведутся исследования, направленные на повышение эффективности смешивания дисперсной арматуры с компонентами мелкозернистой бетонной смеси. Поэтому получение качественного фибробетона является сегодня одной из первоочередных задач.

Анализ существующих решений

Проведенный анализ литературных и патентных источников по данному вопросу [1–7] показал, что используемая технология приготовления фибробетона нуждается в совершенствовании, отсутствуют научные и практические основы проектирования технологии фибробетона, а также прогнозирования его свойств в течение времени. В результате использования неэффективных методов приготовления имеются случаи разрушения конструкций полов из фибробетона промышленных и гражданских зданий.

Методика проведения экспериментов

Были проведены испытания образцов из фибробетона на прочность на сжатие, на растяжение

при изгибе, а также проведены замеры свободного расширения и усадки. В экспериментах использовали составы из фибробетона, армированные отходами корда, полипропиленовыми, стеклянными и рядом других волокон. Приготовление композиций производилось в гравитационном смесителе, в гравитационном смесителе с дополнительным ротором, в смесителе с гибким корпусом (ССВ), смесителе СО-46 с использованием устройства для распушки и подачи фибр в бетоносмеситель. В качестве матрицы использовали НЦ-20 Днепродзержинского и Усть-Каменогорского цементных заводов, полипропиленовое и щелочестойкое стекловолокно ШЦ-15 ЖТ и отходы корда с длиной фибр 10–40 мм, речной песок $M_{кр} = 1,6$, а для сравнения составы на портландцементе (активность НЦ и ПТЦ в составах 1/3 одинакова). Из полученной смеси изготавливали образцы размером 40×40×160 мм, 50×50×200 мм, 100×100×100 мм, которые до 8 суток хранили под увлажненной мешковиной, затем до 28 в нормальных температурно-влажностных условиях. Результаты длительных наблюдений за расширением и усадкой фибробетона при температуре 32 ± 2 °С и низкой относительной влажности приведены ниже.

Обсуждение результатов

В результате проведенных нами исследований фиброармированных составов было установлено, что одним из главных их свойств является долговечность, характеризующаяся стабильностью механических свойств. Результаты исследований показали, что прочность на сжатие стеклофибробетона на портландцементе, приготовленного в смесителе с гибким корпусом (ССВ), через 2 года увеличилась на 17 %, в то время как аналогичного состава, приготовленного в смесителе СО-46 с использованием разработанного нами устройства для подачи фибр (состав 2), – всего на 7 %, а состава 3, полученного в гравитационном смесителе – снизилась на 5 %.

Прочность на растяжение при изгибе всех составов независимо от способа приготовления в течение 2 лет снизилась: стеклофибробетона, приготовленного в ССВ, на 13 %, в СО-46 с устройством – на 17 % и в гравитационном смесителе – на 28 %, а в гравитационном смесителе с дополнительным ротором – на 19 %.

Это можно объяснить тем, что в процессе приготовления в гравитационном смесителе и в смесителе СО-46 стеклянная фибра частично ломается и не имеет с цементной матрицей хорошего контакта, а это отражается на изменении прочности фибробетона. В смесителе с гибким корпусом результаты наилучшие за счет качественного перемешивания. Повреждение же волокна в ССВ практически не происходит. В гравитационном смесителе с дополнительным ротором из-за сокращения времени перемешивания и улучшения процесса смешивания прочностные характеристики лучше, чем у составов, приготовление которых осуществлялось в смесителе без ротора.

Прочностные показатели фибробетона с полипропиленовым волокном такие. Прочность композиции на сжатие, приготовленной в ССВ через 2 года увеличилась на 8 %, состава приготовленного в СО-46 с устройством – всего на 1 %, а в гравитационном смесителе – снизилась на 11 %. Прочностные показатели указанных составов на растяжение при изгибе в течение 2 лет постоянно снижались. Объяснить это можно тем, что использованные для этих экспериментов полипропиленовые волокна практически не имели с цементной матрицей связи. Что же касается способа приготовления, то снова составы, полученные в ССВ, были наилучшего качества.

Эксперименты также показали, что фибробетон, армированный отходами корда, имеет наихудшие показатели по прочности через 2 года хранения. Основная причина таких низких результатов – пористая структура матрицы из-за большого воздухововлечения самой дисперсной арматуры. Результаты изменения во времени прочности напрягающего стеклофибробетона такие: прочность на сжатие всех составов, независимо от способа приготовления, в течение 2 лет постоянно росла (от 4 до 27 %). А по результатам, полученным еще через 7 лет, можно сказать, что процессы самоуплотнения структуры цементного камня на НЦ дали свои положительные результаты (снижение прочности по сравнению с результатами 2-х годичной выдержки наблюдается, однако всего на 5–7 %).

На рисунке приведены результаты изменения, на величину усадки большое влияние оказывает величина свободного расширения образцов на

основе НЦ в начальный период твердения (количество вводимого в смесь волокна, длина фибр хотя и незначительно, но все же оказывают влияние на величину усадки НСФБ (на рисунке не показано)).

Так, например, величина свободного расширения цементно-песчаного раствора на НЦ в возрасте 28 суток составляет 0,33 %, а через полтора года величина усадочных деформаций уже превысила величину расширения и составила (-0,18 %). Введение же 2 % стеклянной фибры длиной 15 мм позволило добиться того, что величина расширения полностью компенсировала усадку и даже в остатке составила 0,17 %. Здесь следует отметить, что этот состав был приготовлен в смесителе ССВ. Если же посмотреть усадку НСФБ, приготовленного в СО-46 с устройством для подачи фибр в бетоносмеситель, то она почти полностью компенсировала величину расширения. Увеличение содержания дисперсной арматуры в такой смеси не приводит к положительным результатам. Если же сравнить, как изменяются усадочные деформации образцов из стеклофибробетона на портландцементной основе с 2 % фибры длиной 15 мм, приготовленного в

ССВ, то из графика видно, что усадка образцов из этого состава через 17 месяцев составляет около 0,6 %. Усадка такого же состава, но приготовленного в СО-46, уже составляет 0,68 %, а приготовленного в гравитационном смесителе – 0,84 %. Усадка фибробетона с отходами корда на НЦ, приготовленного в ССВ, через 17 месяцев составила 0,42 %, а полученного с использованием агрегата гравитационного типа – уже 0,61 % (на рисунке не показано). Аналогичные составы на основе ПТЦ имеют показатели еще хуже.

Выводы

Таким образом, установлено, что прочность фибробетона с течением времени изменяется в зависимости от способа приготовления, вида дисперсной арматуры и вида вяжущего.

Наилучшие показатели у составов, приготовленных в смесителе с гибким корпусом (ССВ), хорошие – в смесителе СО-46 с использованием разработанного нами устройства для подачи фибр и в гравитационном смесителе с дополнительным ротором. Использование же обычного гравитационного смесителя для приготовления

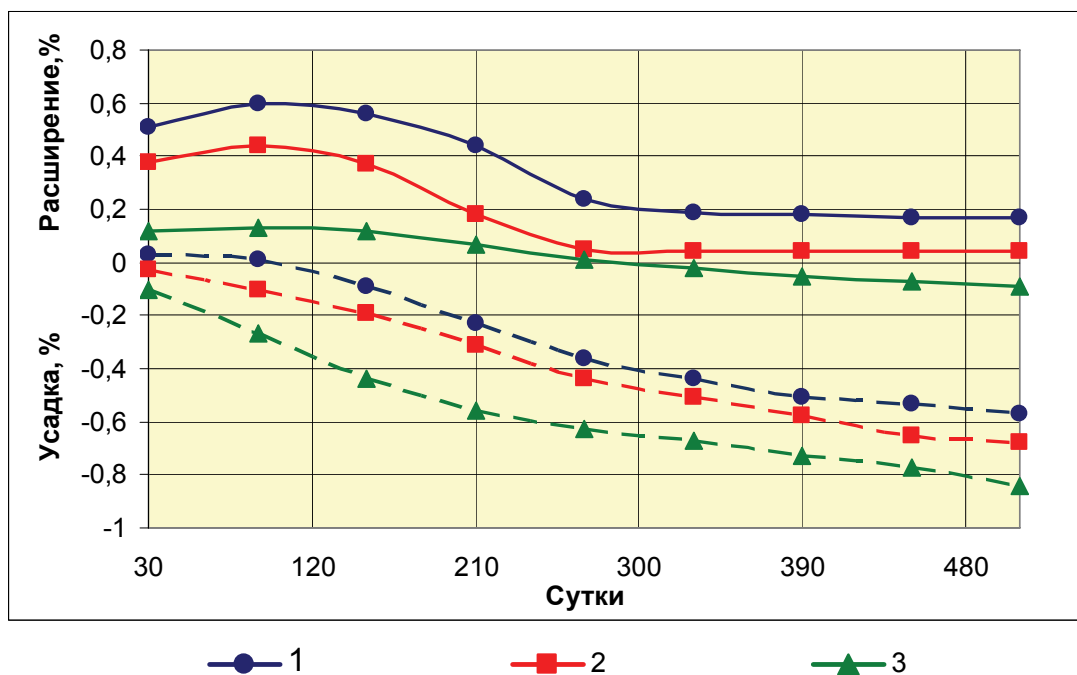


Рисунок. Расширение и усадка стеклофибробетона на основе НЦ и ПТЦ с различными условиями приготовления. 1 – в смесителе ССВ, 2 – в смесителе СО-46 с устройством для подачи фибр; 3 – в гравитационном смесителе; — — — — — составы на НЦ; — — — — — составы на ПТЦ. Состав матрицы: П/Ц = 1; В/Ц = 0,35; 0,3 % С – 3; 0,1 % ПР – 1; $\mu = 2$ %; $l_f = 15$ мм.

фибробетона не обеспечивает получение качественной однородной смеси.

Прочность на растяжение при изгибе всех составов на портландцементе независимо от способа приготовления с течением времени снижается.

Установлены подобные закономерности изменения с течением времени прочности фиброармированных композиций с полипропиленовым волокном и стекловолокном.

Исследования позволили установить, что безусадочность (когда деформации расширения

матрицы на основе напрягающего цемента полностью компенсируют усадку) фибробетона может быть обеспечена при введении в мелкозернистую бетонную смесь 1,5–2,0 % фибры длиной 15–20 мм. При этом величина свободного расширения НЦ по ТУ 21-20-18-80 должна быть не менее 0,3–0,4 %. Что же касается составов на основе ПТЦ, то здесь при соблюдении определенных, отработанных нами, технологических приемов и качественном приготовлении можно также свести усадочные процессы к минимуму.

Литература

1. Материалы, армированные волокном [Текст] / Пер. с англ. Сычёвой Л. И., Воловика А. В. – М.: Стройиздат, 1982. – 180 с.
2. Федоркин, С. И. Влияние объемного содержания стальной и синтетической фибры на прочностные характеристики фибробетонов [Текст] / С. И. Федоркин, Э. А. Когай // Строительство, материаловедение, машиностроение: сб. науч. тр. / Приднeпровская гос. академия строительства и архитектуры. – Днепропетровск, 2010. – Вып. 56: Инновационные технологии жизненного цикла объектов жилищно-гражданского, промышленного и транспортного назначения. – С. 559–563.
3. Пискарева, Т. И. Влияние физико-механических и конструктивно-технологических параметров на процесс смешивания в шнеково-лопастном смесителе [Текст]: диссертация на соискание ученой степени канд. техн. наук / Пискарева Т. И. – Оренбург, 2011. – 182 с.
4. Пухаренко, Ю. В. Научные и практические основы формирования структуры и свойств фибробетонов [Текст]: дис. ... доктора техн. наук: 05.23.05 / Пухаренко Юрий Владимирович. – Санкт-Петербург, 2004. – 312 с.
5. Ведомственные строительные нормы. Инструкция по установке технологического оборудования на фундаментах [Текст]: ВСН 361-85. – Введ. 1985-07-01. – М.: ЦБНТИ, 1985. – 36 с.
6. Дирк, Хойер. Смешивание бетона и состояние техники [Текст] / Дирк Хойер, Петер Нольд // Строительство, материаловедение, машиностроение: сб. науч. тр. / Приднeпровская гос. академия строительства и архитектуры. – Днепропетровск, 2010. – Вып. 56: Инновационные технологии жизненного цикла объектов жилищно-гражданского, промышленного и транспортного назначения. – С. 148–164.
7. Устройство промышленных бетонных полов [Электронный ресурс] // «Тэо Хим Северо-запад». – Режим доступа: <http://www.teohimneva.ru/technologies3.php>.

References

1. Fibrereinforced materials. Translation from English Sycheva L. I., Volovik A. V. Moscow: Stroizdat, 1982. 180 p. (in Russian)
2. Fedorkin, S. I.; Kogai, E. A. The influence of volume content of steel and synthetic fiber on strength property of fiber concrete. In: *Civil engineering, material engineering, machine industry: edited volume*. Dnepropetrovsk, 2010, Issue 56: Innovative technology of life cycle of installation of residential and civil, industrial and transport services, p. 559–563. (in Russian)
3. Piskareva, T. I. The influence of physical and mechanical, constructional and process variables on mix process in worm-bladed mixer: inaugural dissertation. Orenburg, 2011. 182 p. (in Russian)
4. Puharenko, Yu. V. Scientific and practical principles of structure and properties formation of fiber concretes: PhD. dissertation. St. Peterburg, 2004. 312 p. (in Russian)
5. VSN 361-85. Industrial construction standards. Processing equipment over understructures installation instruction. Moscow: TsBNTI, 1985. 36p. (in Russian)
6. Hoier, Dirk; Hold, Peter. Concrete composition and status of equipment. In: *Civil engineering, material engineering, machine industry: edited volume*. Dnepropetrovsk, 2010, Issue 56: Innovative technology of life cycle of installation of residential and civil, industrial and transport services, p. 148–164. (in Russian)
7. Factory-made concrete floor construction. Accessed at: <http://www.teohimneva.ru/technologies3.php>. (in Russian)

Мірошніченко Костянтин Кирилович – к. т. н., доцент; кафедра нарисної геометрії та графіки Придніпровської державної академії будівництва та архітектури. Наукові інтереси: технологія виробництва фібробетону, розрахунок і проектування змішувачів пристроїв для будівельних сумішей.

Мирошніченко Константин Кириллович – к. т. н., доцент; кафедра начертательной геометрии и графики Приднепровской государственной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: технология производства фибробетона, расчет и проектирование смешивающих устройств для строительных смесей.

Konstantin Mirosnichenko – PhD (Eng), Associate Professor; Descriptive Geometry and Graphics Department, Pridneprovskaya State Academy of Civil Engineering and Architecture. Research interests: the technology of production of fibrous concrete, calculation and designing of mixers for build compositions.