

## ФИБРОБЕТОН ДЛЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

**В.Н.Моргун<sup>1</sup>, Л.В.Моргун<sup>2</sup>, А.Ю.Богатина<sup>3</sup>, А.А.Ревякин<sup>3</sup>**

*<sup>1</sup>Южный федеральный университет,*

*<sup>2</sup>Ростовский государственный строительный университет,*

*<sup>3</sup>Ростовский государственный университет путей сообщения*

Бетон массово используется в самых разнообразных строительных конструкциях, как классических для этого материала (фундаментных блоках, железнодорожных шпалах, плитах перекрытий, сваях и т.д.), так и новых областях применения (трубах, тонкостенных оболочках, мостовых пролетных строениях и т.п.).

Ужесточение условий эксплуатации предопределяет повышение требований к бетонам. Для огромного большинства современных строительных конструкций недостаточно достигать нормируемого уровня прочности на сжатие, не менее важны с точки зрения эксплуатационной надежности прочность на растяжение и изгиб, ударная вязкость, общая работа разрушения материала.

Для обеспечения таких свойств со второй половины XX века бетоны дисперсно армируют различными видами волокон [1, 2] и получают фибробетон. Принципиальное отличие фибробетона от бетона заключается в том, волокна в структуре минерального камня оказываются способными воспринимать значительную долю растягивающих напряжений и изменять характер его разрушения с хрупкого на вязкий [3,4].

Для получения фибробетонов, прочность которых на сжатие не уступала бы бетонам без дисперсной арматуры, применяют волокна с большим, чем у бетона, модулем упругости [1]. Практика показывает, что соблюдение такого соотношения не всегда оправдано [3,4].

При проектировании и изготовлении строительных конструкций, подвергающихся вибрационным и ударным нагрузкам (в частности, подрельсовых оснований), следует учитывать, что прочность на сжатие - это важный и удобный показатель эксплуатационных свойств материалов.

Однако разрушение таких конструкций начинается только там, где превышена местная прочность материала на растяжение. В железобетонных конструкциях транспортного назначения разрушение

начинается с нарушения сцепления между арматурными каркасами и бетоном, обеспечивающим его коррозионную защиту.

На основании анализа долговечности железобетонных шпал, автодорожных покрытий и фундаментов опор контактной сети, эксплуатируемых в РФ, центральной Европе и Северной Америке [5] можно сделать следующий вывод. Развитие технологии железобетона обеспечило рост продолжительности эксплуатационного срока указанных конструкций от 1...3 лет в 30-е годы XX века, до 5...11 лет к 90-м годам, т.е. в 4...5 раз.

Тем не менее, фотографии, визуально отражающие особенности разрушения железобетонных конструкций, показывают, что важнейшей причиной появления и развития трещин в бетоне транспортного назначения [6] является его недостаточная прочность при растяжении.

Развитие технологий производства материалов в XX веке предложило строительному комплексу планеты обширную номенклатуру синтетических, минеральных и металлических волокон, пригодных для повышения прочности бетонов при растяжении [1...4]. Исследование причин достижения указанного свойства показывает, что важнейшими, кроме рецептуры, являются процессы массопереноса, протекающие в сырьевых смесях в период гомогенизации компонентов и начального структурообразования [4,7,8,9].

Введение волокон в состав бетонных смесей предопределяет формирование направленного массопереноса мельчайших дисперсных частиц смеси (минерального вяжущего) к поверхности протяженного раздела фаз – дисперсной арматуре [4,8]. Этот процесс наиболее интенсивно протекает в период существования вязких связей между дисперсными компонентами смесей. Он обеспечивает снижение меры дефектности получаемых камней потому, что в их структуре за счет технически эффективного соотношения между величинами поверхностных энергий волокнистых и зернистых частиц сырьевых компонентов бетонной смеси формируются кластеры трубчатой, а не зернистой формы [9].

Развитие технологии железобетона в XX веке поставило на повестку дня и проблемы коррозионной стойкости стержневой металлической арматуры [3,10] в составе железобетонных конструкций. Для ряда строительных конструкций и изделий эффективно проявила себя стеклопластиковая стержневая арматура [11].

Она не электропроводна, обладает относительным удлинением, близким к предельной растяжимости бетона, а также прочностью на

растяжение, большей не менее чем на полтора порядка. Именно поэтому нами было принято решение о важности экспериментальной оценки прочности сцепления различных по вещественной природе видов стержневой арматуры с равнопрочными бетонами и фибробетонами.

Для изготовления контрольных образцов был подобран тяжелый бетон литной структуры класса по прочности В20. Указанный класс бетона был выбран потому, что многие железобетонные конструкции транспортного назначения в РФ изготавливаются именно из бетонов В20.

В качестве вяжущего вещества был использован сульфатостойкий портландцемент марки 400. Мелкий заполнитель – песок речной, содержащий пылеватых и глинистых примесей 1,88% с модулем крупности  $M_{кр}=1,28$ . Щебень гранитный крупностью 5...20 мм оптимального зернового состава.

Были изготовлены смеси без дисперсной арматуры и с арматурой из полиамидных (ПА) волокон длиной 12 и 24 мм с содержанием 1 и 0,5% от массы цемента. Смеси обладали удобоукладываемостью ПЗ и твердели в нормальных условиях. Их изготовление осуществлялось в лабораторном турбулентном смесителе емкостью 60 литров со скоростью движения рабочего органа 350 об/мин.

Приготовленные смеси укладывались в формы кубов с ребром 100 мм (фото 1), оборудованных шаблонами для обеспечения вертикального расположения в них арматурных стержней. Арматурные стержни периодического профиля диаметрами 6 и 12 мм изготавливались из металлической арматуры класса А400 и стеклопластиковой, производства ООО «ГАЛЕН». Прочность на растяжение стеклопластиковой арматуры составляла 1000 Мпа, модуль упругости 45 Гпа. Возможность применения такой арматуры в строительных конструкциях регламентирована СНиП 52-01-2003 «Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения», п. 5.3. «Требования к арматуре».

Уплотнение смесей в течение 1 минуты осуществляли с помощью лабораторной виброплощадки. Частота вертикальных колебаний -3000 в минуту, амплитуда - 0,1 мм. Оценка прочности сцепления арматуры с бетонами осуществлялась методом выдергивания арматурного стержня из бетонного куба [11].

Испытания образцов на сжатие показали, что величина прочности фибробетона снижается на 4...9% по отношению к бетону, не содержащему дисперсной арматуры. Полученные данные хорошо совпадают с результатами исследований других авторов [1,3]. Важно

отметить, что изменяется характер трещинообразования (фото 2). В образцах из бетонов без синтетической дисперсной арматуры под действием разрушающей нагрузки практически мгновенно возникает магистральная трещина, и он разделяется на части.

Фибробетоны постепенно накапливают трещины, видимые на всех вертикальных плоскостях образцов, но даже после полной утраты несущей способности не разделяются на крупные фрагменты (фото 2). Достигнутый результат предопределяет возможность обеспечения повышенного уровня безопасности при эксплуатации конструкций из таких бетонов при воздействии на них ударных и динамических нагрузок.



Фото 1 – образцы, подготовленные к уплотнению фибробетонной смеси



Фото 2 – разрушение фибробетона при сжатии

Не смотря на утрату несущей способности под действием сжимающей нагрузки, от образцов не отделилось крупных фрагментов. Они изменили форму, получили большое количество трещин, но не разделились на части. Последнее чрезвычайно важно в условиях воздействия на строительные конструкции чрезвычайных ситуаций (землетрясения, взрывы и т.п.) потому, что от характера разрушений строительных конструкций зависят здоровье и жизнь людей, находящихся в это время внутри сооружений.

Анализ экспериментальных данных сцепления арматуры периодического профиля с бетоном и фибробетоном показывает, что у металлической арматуры диаметром 12 мм сцепление с перечисленными материалами практически одинаково. Полученные различия могут быть отнесены к погрешностям измерений. Для стержней диаметром 6 мм наблюдается повышение прочности сцепления до 23% в том случае, когда содержание длинной фибры

достигает 1% от массы цемента. Использование короткой фибры (длиной 12 мм) в лучшем случае не превышает 10%, что в таких материалах как бетон, можно считать незначимым.

Прочность сцепления стеклопластиковой арматуры с бетоном более существенно зависит от длины и концентрации в нем дисперсно распределенных волокон. Для стержней диаметром 12 мм повышение прочности сцепления составляет 14%, а для диаметра 6 мм оно достигает 25%.



Фото 3 – Характер нарушения сцепления между фибробетоном и арматурой различной вещественной природы

На фото 2 хорошо виден характер нарушения сцепления фибробетона со стеклопластиковой арматурой.

На переднем плане снимка расположен образец со стеклопластиковой арматурой, на большей части поверхности которой видны остатки бетонной матрицы. В глубине снимка виден образец с металлической стержневой арматурой, поверхность которой практически не содержит следов сцепления с бетоном.

Сравнивая показатели прочности сцепления бетона с каждым из видов стержневой арматуры можно заключить, что со стеклопластиковыми стержнями бетон и фибробетон взаимодействуют на 1...2 МПа прочнее.

Следовательно, применение стеклопластиковой арматуры в конструкциях из фибробетона может способствовать повышению их эксплуатационной надежности и энергоемкости разрушения.

## **Выводы**

Обобщая изложенное, можно заключить, что:

- в данной работе обоснована практическая потребность железно-дорожного строительного комплекса в материалах и конструкциях с повышенной энергоемкостью разрушения;

- доказано, что насыщение структуры тяжелых бетонов дисперсно распределенными волокнами обеспечивает повышение их прочности на растяжение и, как следствие, повышение энергоемкости разрушения;

- установлено положительное влияние дисперсного армирования тяжелых бетонов на прочность их сцепления с металлической и стеклопластиковой арматурой периодического профиля, что предопределяет возможность применения таких бетонов в любых конструкциях, воспринимающих значительные динамические нагрузки;

- из экспериментальных данных, полученных авторами, следует, что в строительных изделиях железнодорожного назначения, изготавливаемых из бетонов дисперсно армированных синтетическими волокнами, рационально применять каркасы из стеклопластиковой арматуры потому, что прочность сцепления с нею выше, чем с традиционными видами арматурной стали;

- перспективы применения фибробетона при строительстве строительных объектов транспортного назначения, в частности, в конструкциях подрельсового основания, требуют уточнения рецептур смесей и проведения дополнительных испытаний различных видов фибробетонов на воздействие динамических нагрузок;

- полагаем, что в настоящее время имеются практически все возможности для создания высокопрочных фибробетонов нового поколения на основе отечественных материалов. При этом могут быть получены и использованы на практике фибробетоны повышенной стойкости к ударно-динамическим нагрузкам.

## **Summary**

**Experimental evaluation of the adhesion of various types of real nature stem valves with equal strength concrete and fiber-reinforced concrete was investigated.**

## *Литература*

1. Лобанов И.А. Основы технологии дисперсно армированных бетонов – фибробетонов/ Автореф. дисс. на соиск. уч.ст. д.т.н., ЛИСИ. – Ленинград, 1983. – 48 с.
2. Рабинович Ф.Н. Композиты на основе дисперсно армированных бетонов. Вопросы теории и проектирования, технология, конструкции: Монография – М.: Изд-во АСВ, 2004. – 560 с.
3. Хейнтц А. Фибробетон. Перспективы применения/Бетон и железобетон. Оборудование. Материалы. Технологии. Ежегодный сборник. Вып.2. 2009. – С.92...94.
4. Талантова К.В., Михеев Н.М. Сталефибробетон и конструкции на его основе. Монография –СПб: Петербургский гос. ун-т путей сообщения, 2014. – 280 с.
5. Моргун Л.В., Моргун В.Н., Смирнова П.В., Бацман М.О. Зависимость скорости формирования структуры пенобетонов от температуры сырьевых компонентов// Строительные материалы, 2008, №6. – С.50...52.
6. Петрова Т.М., Сорвачева Ю.А. Внутренняя коррозия бетона как фактор снижения долговечности объектов транспортного строительства/ Наука и транспорт. Транспортное строительство. №4, 2012. – С.56...60.
7. Stark J. Alkali-Kieselsaure-Reaktion. F.A. Finqer institute fur Baustoffkunde. 2008. – 139 p.
8. Управление процессами технологии, структурой и свойствами бетонов/Под ред. Е.М.Чернышева, Е.И.Шмитко: Воронеж ГАСУ, 2002.- С 78...124.
9. Герега А.Н., Выровой В.Н. Управление свойствами композиционных материалов. Перколяционный подход//Вестник ОГАСА, выпуск №20, 2005.- С.56...61.
10. Моргун Л.В., Моргун В.Н., Пименова Е.В., Смирнова П.В., Набокова Я.С. Возможность применения неавтоклавногo фибропенобетона в крупнопанельном домостроении//Строительные материалы, 2011, №3. – С.19-21.
11. Розенталь Н.К. Коррозия и защита бетонных и железобетонных конструкций сооружений очистки сточных вод// Бетон и железобетон, №2, 2011. – С.78...85.
12. RILEM Recommendations for the Testing and Use of Constructions Materials. 1994. – 618 p.