

РАЗРАБОТКА СОСТАВА ФИБРОБЕТОНА С ПРИМЕНЕНИЕМ КОМПОЗИЦИОННЫХ ВЯЖУЩИХ ДЛЯ РЕМОНТА МОСТОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ

kstik@mail.ru

В статье представлены результаты работы по получению высококачественного состава фибробетона на основе композиционного вяжущего, стальной фибры, отходов КМА и добавок, для ремонта и реконструкции мостовых конструкций, а также строительства новых зданий и сооружений.

Ключевые слова: высококачественный фибробетон, композиционное вяжущее, стальная фибра, ремонт мостовых конструкций.

В процессе эксплуатации мостовое сооружение, как и любая другая строительная конструкция, подвергается воздействию природно-климатических факторов, постоянных и временных нагрузок, химических веществ как следствие интенсивного движения автомобилей или ухода за сооружением. В результате в элементах мостового сооружения появляются повреждения и дефекты, материал конструкций претерпевает структурные преобразования (происходит их деструкция), повреждения развиваются с разной интенсивностью и могут, в конечном счете, вызвать разрушение конструкций. Таким образом, со временем сооружение неизбежно стареет, теряет свои первоначальные качества и, естественно, потребительские свойства. Все больше и больше затрат требуется на восстановление и поддержание (сохранение) его состояния [1].

Российская Федерация является крупнейшим государством мира с площадью 17 075 400 км² или 11,46 % площади всей суши Земли, или 12,65 % заселённой человеком суши, что почти вдвое больше, чем у занимающей второе место Канады. Общая протяженность дорог федерального и регионального значения в России, по данным Федерального дорожного агентства министерства транспорта Российской Федерации составляет 551607,5 км., а количество мостов 40007 штук, общей протяженностью 1774080,3 метров. Большое количество мостов было построено еще в прошлом веке и нуждается в ремонте или замене конструктивных элементов. При проведении ремонтных работ на данных объектах следует учитывать постоянно увеличивающийся транспортный поток, что в свою очередь, заставляет уделять повышенное внимание подбору материалов и методов применяемых при ремонтах такого вида. Также, при выборе материалов следует помнить о коррозии бетона [2].

Требования к бетону для мостовых конструкций могут быть удовлетворены путем применения высококачественных заполнителей и,

где это необходимо, высокомарочных и специальных цементов, современных добавок и технологий изготовления конструкций. Кроме того, использование высокомарочных цементов позволяет значительно снизить расход вяжущего в высокопрочных бетонах. [3]

В настоящее время, все большее распространение в мире получают фибробетоны. Фибробетон – разновидность цементного бетона, в котором достаточно равномерно распределены обрезки «фибры» или фиброволокна [4]. В качестве фиброармирующего компонента могут применяться стальные, базальтовые, полипропиленовые, стеклянные, арамидные, углеродные фибры, а также фибры получаемые путем переработки использованных автомобильных покрышек, или являющиеся отходом производства - гвоздевого, проволоки и металлокорда и т.п.

В качестве основных преимуществ в использовании фибробетона вместо традиционного бетона можно выделить следующие: повышенные предел прочности при сжатии, растяжении, изгибе, повышенные трещиностойкость, ударная прочность, истираемость, морозостойкость, долговечность, пониженные усадку и ползучесть. И это далеко не все преимущества фибробетона перед обычным.

Широкое применение, для получения фибробетона, получила стальная фибра. Среди многообразия видов стальной фибры, можно выделить следующие: стальная волновая, резанная стальная, стальная проволочная анкерная, получаемая фрезерованием из сляба, и др.

Для проведения экспериментов были выбраны 2 вида стальной фибры – волновая, производства ЗАО «Фибросталь» г. Москва и фибра стальная анкерная, производства ООО «Рус-Фибра» г.Москва. Проведенные испытания выявили более высокие характеристики волновой фибры перед анкерной – прочность при сжатии образцов с использованием волновой фибры более чем на 10% больше, чем у образцов с использованием анкерной фибры. Таким образом,

для дальнейших экспериментов была выбрана фибра стальная волновая (рис. 1). Данная фибра имеет больше элементов механического анкерирования, а также большую поверхность сцепления с бетоном, но при этом ее длина не вызывает тех проблем, что связаны с использованием прямой фибры. Данный вид фибры дает возможность уже в начальной стадии образования трещины контролировать ее сдерживание, за счет более эффективного распределения напряжений в окружающей матрице, и, соответственно увеличить продолжительность службы бетона [2].

С целью получения высококачественных бетонов, было разработано композиционное вяжущее, получаемое путем совместного помола портландцемента и добавки. В результате механохимического взаимодействия минералов цементного клинкера с добавкой в процессе тонкого измельчения материал приобретает уникальные, специфические свойства, отличающие его от обычного портландцемента. Полученное вяжущее имеет предел прочности при сжатии и изгибе, более чем на 85% и 68% соответственно, которые превосходят показатели, полученные на портландцементе. Проведенное исследование

микроструктуры показало, что цементный камень, на основе композиционного вяжущего обладает плотной структурой, с минимальным количеством пор и пустот, в то время как структура цементного камня на портландцементе имеет рыхлую структуру, с большим количеством пор (рис. 2).



Рисунок 1. Фибра стальная волновая

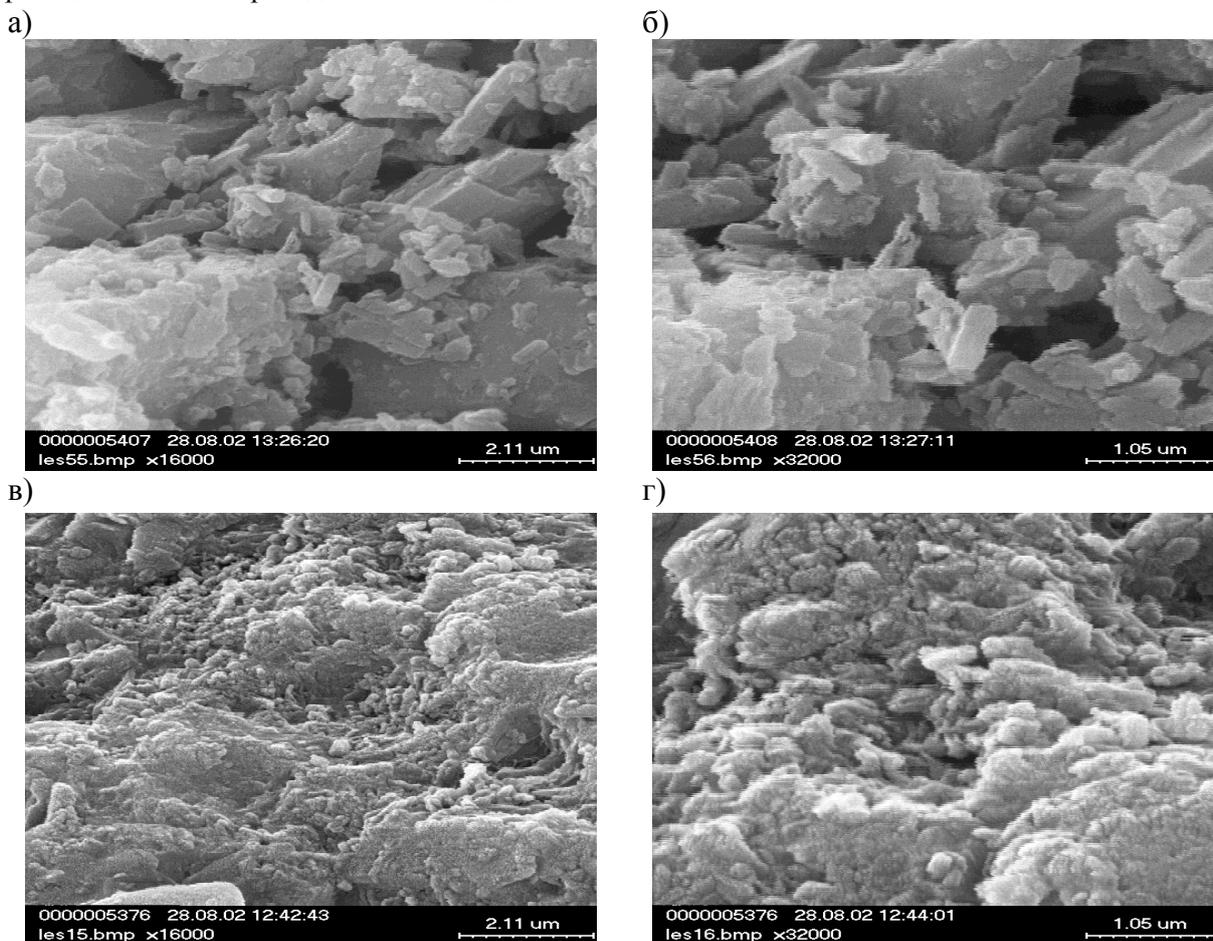


Рисунок 2. Микроструктура цементного камня:
а, б – на портландцементе; в, г – на композиционном вяжущем

Немаловажное значение, при получении высокопрочных бетонов имеет применяемый заполнитель. В свете постоянного увеличения стоимости сырьевых ресурсов, перспективным направлением является применение различных видов отходов. В работе, в качестве заполнителя, применялся отсев дробления кварцитопесчаника мелкой фракции, Лебединского месторождения Курской Магнитной Аномалии. Исследо-

вание отсева дробления КВП показало, что он имеет в своей структуре до 95% кварца. Проведенное изучение микроструктуры отсева дробления КВП выявило, что особенностью структуры является угловатая форма зерен с высокоразвитой поверхностью, способствующая повышенной адгезии к ним цементного камня (рис. 3).

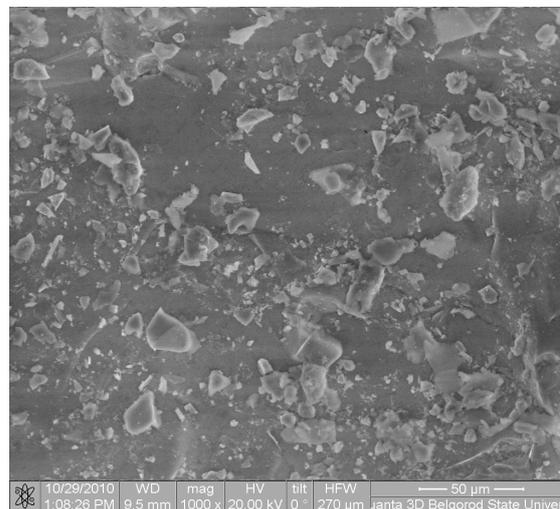
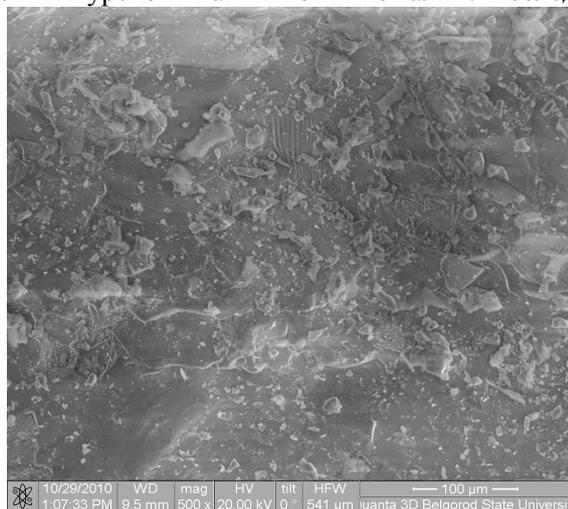


Рисунок 3. Микроструктура отсева дробления кварцитопесчаника

В ходе выполнения работы были изготовлены образцы 6 видов:

1. С использованием в качестве вяжущего портландцемента, без добавления добавок и фибры.

2. С использованием в качестве вяжущего композиционного вяжущего, без добавления добавок и фибры.

3. С введением в состав бетона гиперпластификатора.

4. С введением в состав бетона фиброармирующего компонента.

5. С введением в состав бетона микродисперсной добавки, получаемой из кварцитопесчаника.

6. С введением в состав бетона гиперпластификатора, фиброармирующего компонента и микродисперсной добавки, получаемой из кварцитопесчаника.

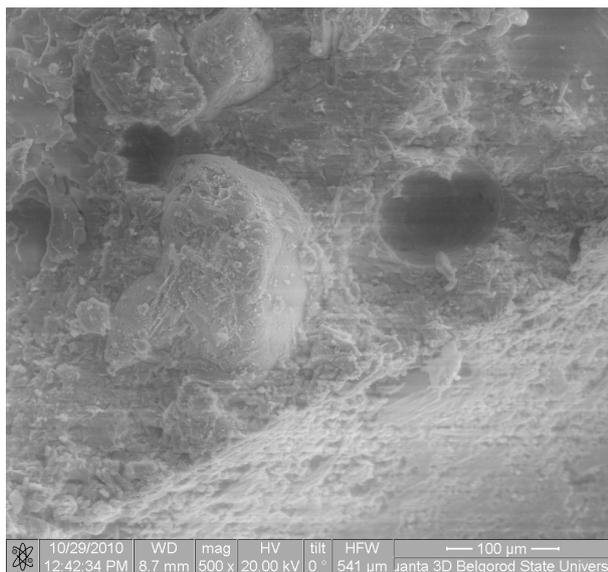
Анализ полученных результатов показал, что использование в качестве вяжущего компонента композиционного вяжущего позволило получить бетон, с показателем прочности при сжатии более чем на 48% большим, чем при использовании портландцемента (85,6 МПа - на композиционном вяжущем, 57,6 МПа - на портландцементе).

Введение в состав бетона гиперпластификатора позволяет снизить необходимое количество воды, при сохранении необходимой под-

вижности, а как следствие, уменьшить пористость бетона, увеличить его физико-механические характеристики и долговечность. Проведенные эксперименты показали, что введение в состав бетона гиперпластификатора позволяет получить прочность при сжатии более чем на 25 % большую, чем бетона без гиперпластификатора

Введение фиброармирующего компонента позволило повысить физико-механические и эксплуатационные свойства бетона: прочность при сжатии более чем на 19 %, при изгибе более чем в 2 раза, призмная прочность на 20 % [2]. Исследование микроструктуры контактной зоны выявило, что контактная зона цементного камня на композиционном вяжущем и фибры имеет более плотную связь, и прочность сцепления, что также подтверждалось визуальным осмотром образцов после испытаний - фибра имела практически ровный вид, волновые участки были практически полностью сглажены, что подтверждает высокую силу сцепления композиционного вяжущего и фибры. Микроструктура цемент - фибра имеет менее прочную взаимосвязь. Структура контактной зоны рыхлая, чешуйчатая. Фибра, в образцах после испытаний, имела явно выраженные волновые участки, и заметно отличалась от фибры в образцах, выполненных с применением композиционного вяжущего (рис. 4).

а



б

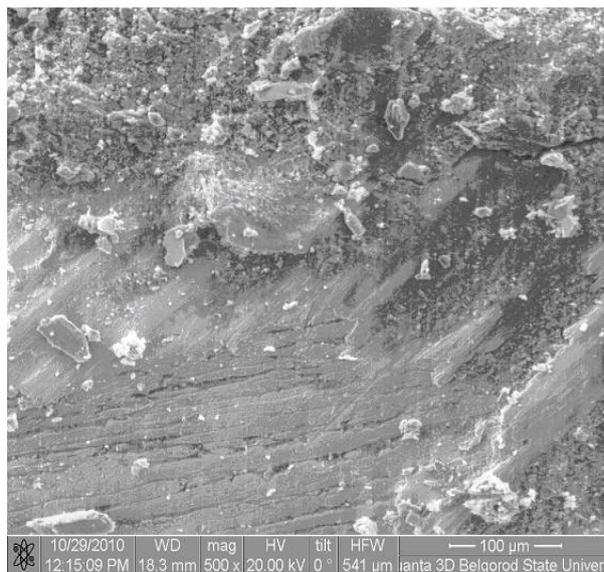


Рисунок 4. Микроструктура контактной зоны цементного камня и фибры:
а – портландцемент, б – композиционное вяжущее

В ходе выполнения работы, была получена и апробирована эффективная микродисперсная добавка из кварцитопесчаника. Введение в состав бетона данной добавки способствовало более эффективной и быстрой реакции. Добавка уплотнила цементный камень, заполнив пустоты и улучшив сцепление с заполнителем. Эффект заполнения пор, создаваемый микрочастицами добавки, способствует значительному уменьшению капиллярной пористости и проницаемости бетона. Низкая проницаемость и повышенная плотность обеспечивает высокую морозостойкость бетона. Данные свойства были получены без изменения удобоукладываемости бетонной смеси. Введение данной добавки в состав бетона

позволило увеличить его прочность более чем на 12 %.

Состав бетона с использованием композиционного вяжущего, гиперпластификатора, фиброармирующего компонента и микродисперсной добавки, получаемой из кварцитопесчаника показал наибольшие значения физико-механических и эксплуатационных характеристик – предел прочности при сжатии более 120 МПа, при изгибе – более 23 МПа, призмная прочность более 96 МПа, морозостойкость F600.

Проведение рентгенофазового анализа позволило сравнить мелкозернистый фибробетон с микродисперсной добавкой и гиперпластификатором и бетон на композиционном вяжущем (рис. 5).

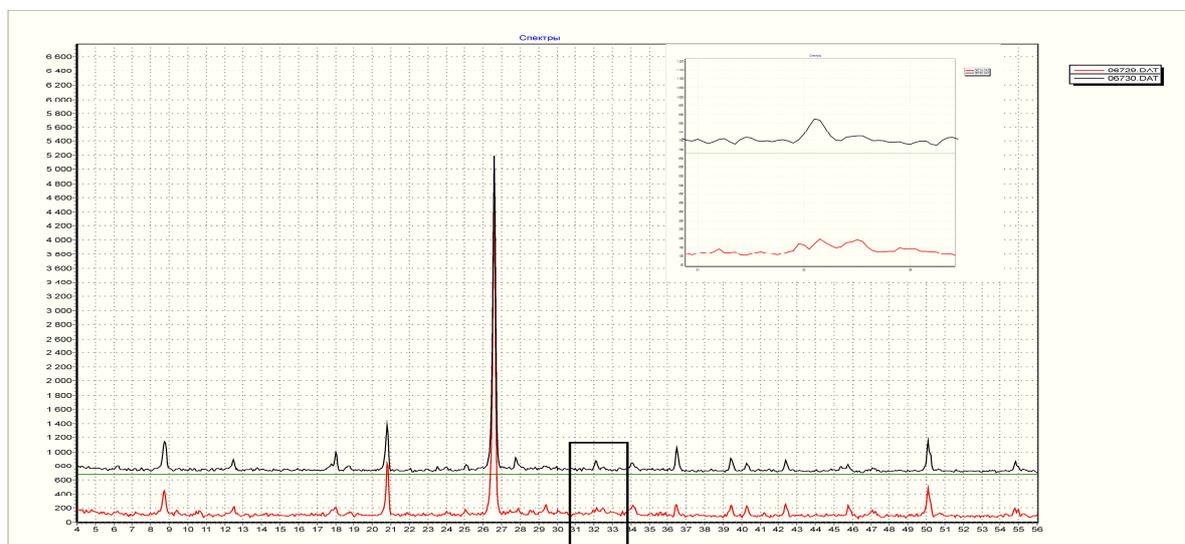


Рисунок 5. Рентгенограммы мелкозернистых бетонов

Так как на двух сравниваемых образцах количество портландита практически равное и по ним не четко видна гидратация клинкерных минералов сравнение проводили по основным отражениям алита и белита. На нижней рентгенограмме отмечена более полная гидратация клинкерных минералов, что позволило создать оптимальное соотношение клинкерных минералов и минералов гидросиликата кальция, при этом получена оптимальная структура с повышенными прочностными характеристиками.

Таким образом, в результате проведенной работы, была доказана возможность повышения эффективности бетонов путем оптимизации структуры цементного камня за счет применения композиционного вяжущего, введения гиперпластификатора, использования фиброармирующего компонента, и использования нанодисперсных добавок. Все это позволило добиться увеличения предела прочности при сжатии более чем на 50%. Полученные составы, по своим прочностным характеристикам, подходят в качестве ремонтных, а также для получения новых изделий и конструкций, к которым предъ-

являются повышенные требования по прочности и долговечности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Федеральное дорожное агентство министерства транспорта РФ, ФГУП «Информационный центр по автомобильным дорогам» - «Автомобильные дороги и мосты. Управление состоянием мостовых сооружений на федеральной сети автомобильных дорог России», обзорная информация, Выпуск 2/2007.

2. Лесовик В.С., Ракитченко К.С., Сопин Д.М. Высокопрочный мелкозернистый фибробетон с нанодисперсным модификатором, Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова, №2, 2010.

3. Черкашин Ю.Н., Лесовик Р.В., Сопин Д.М., Ластовецкий А.Н., Ракитченко К.С. – «Высококачественный бетон с использованием сырьевых ресурсов КМА», Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова, №4, 2009.

4. Материал из Википедии – свободной энциклопедии:
<http://ru.wikipedia.org/wiki/Фибробетон>;