

Использование дисперсно-армированного бетона в элементах мостового полотна

Бусел А.В., Артимович В.С.
Государственное предприятие «БелдорНИИ»
Минск, Беларусь

В связи с увеличивающимся объемом грузоперевозок все более жесткие требования предъявляются к надежности мостовых сооружений. Согласно белорусским нормативам – СН 3.03.01 [1] проектный срок службы для мостов устанавливается равным 100 лет. Одним из условий достижения такой долговечности, является защита несущих конструкций пролетных строений от агрессивного действия атмосферных осадков и противогололедных реагентов.

Диагностика мостовых сооружений показывает, что каждое третье сооружение в Беларуси находится в неудовлетворительном техническом состоянии. Основные дефекты - это разрушение защитного слоя мостового полотна и как следствие самой гидроизоляции, коррозия и разрушение железобетона несущих конструкций. Все это снижает срок службы мостов до их капитального ремонта в 1,5 – 2,0 раза от нормативных показателей.

При проектировании конструкций мостов их рассчитывают на современные нагрузки: в виде двухосной тележки по 14т на ось, работающей совместно с равномерно-распределенной нагрузкой интенсивностью 14кН и толпой на тротуарах, а также в виде четырехосной тележки по 28 т на ось. При таких нагрузках железобетонные пролетные строения могут прогибаться на пролетах 24 м до 6 см и на пролетах 33 м - до 9 см. При этом в защитном бетонном слое над гидроизоляцией возникают циклические напряжения сжатия и растяжения до 20 МПа [2], на наиболее распространенных балочных мостах с пролетами до 33 м напряжения не превышают 10 МПа. При таких циклических нагрузках избежать трещин в бетоне защитного слоя практически невозможно. Положение усугубляется тем, что в соответствии с действующими нормативами толщина бетонного защитного слоя должна быть не менее 60 мм, но и не сильно большой, чтобы не перегружать несущие конструкции,

поэтому стоит задача, обеспечить гибкость такого относительно тонкого слоя без нарушения его сплошности.

Трещины в бетоне защитного слоя являются серьезной проблемой. В них происходит попеременное замораживание и оттаивание воды, которая фильтрует через асфальтобетонное покрытие. Вода, увеличиваясь в объеме при размораживании, разрушает структуру бетона. Синергетический разрушающий эффект наблюдается при совместном действии растворов противогололедных реагентов и их замораживании-оттаивании. Это провоцирует дальнейшее раскрытие и развитие трещин и как следствие обширные разрушения бетона защитного слоя.

Как правило, этот слой усиливают металлическими сетками, но они не спасают от появления мелких трещин, которые вызывают коррозию арматуры. Поэтому вместо металлической сетки применяют синтетические геосетки и стеклосетки. Однако в первом случае высокая стойкость к действию кислотных и щелочных сред не спасает полимерный материал сеток от естественного старения. Кроме того большинство полимеров обладает пластичностью даже при небольших напряжениях, что приводит к раскрытиям трещин в армируемом бетоне. Для стеклосеток существенным недостатком является разрушение при длительном нахождении в щелочной среде бетона [4, 5]. Таким образом, долговечность такого типа армирования недостаточно высокая.

Еще одним вариантом упрочнения бетона является дисперсное армирование. На данный момент дисперсное армирование существует в следующих вариантах:

- армирование полимерной фиброй. Дисперсное армирование полимерами повышает прочность бетона на растяжение и снижает вероятность образования трещин на всех уровнях его структуры, что способствует повышению его долговечности. Однако старение полимера приводит к нарастанию хрупкости волокон и соответствующему снижению надежности бетонного защитного слоя;

- армирование металлической фиброй. Преимуществами этого решения по отношению к другим видам армирования являются: способность материала препятствовать возникновению и распространению трещин, повышение прочности на растяжение при изгибе; увеличение ударной прочности. Проблемой данного вида армирования является коррозия металла.

Таким образом, стальная фибра по своим показателям лучше всего подходит для армирования тонких защитных слоев. Основные требования, которые предъявляются к стальной фибре при ее использовании в сталефибробетоне, это способность противостоять действию химических реагентов и иметь сцепление с компонентами в составе бетонной матрицы.

На данный момент на Белорусском металлургическом заводе производят два вида стальной фибры: волновая и анкерная. Волновая фибра своей извилистой формой закрепляется в бетонной смеси. Анкерная фибра имеет как правило продолговатое «тело», а на концах располагаются отгибы, при помощи которых она закрепляется в бетоне.

Волновая фибра плохо себя зарекомендовала при испытаниях бетона на изгиб, поэтому для исследований была использована анкерная фибра, которая имеет концевые участки, обеспечивающие надежное зацепление. Однако при этом прямолинейная средняя часть способна беспрепятственно растягиваться под нагрузкой. Это вызывает растрескивание бетона и раскрытие трещин на ширину равную произведению модуля упругости материала дисперсной арматуры на длину прямолинейной части. Поэтому для этой фибры необходимо дополнительная шероховатость в прямолинейной части для более жесткого защемления в бетоне и передачи нагрузки на бетон по всей её длине.

Кроме того, для успешного применения в защитных слоях мостовых сооружений возникла необходимость разработать практически приемлемую и экономически целесообразную технологию противокоррозионной обработки металлической фибры. В связи с этим было предложено обрабатывать фибру специальным составом способным вступать в физико-химическое взаимодействие как с металлом, так и с продуктом гидратации цемента. Этот материал наносится на арматурный элемент, тем самым придавая шероховатость и антикоррозионную устойчивость [6]. Для этого стальную фибру предварительно обезжиривают, затем обрабатывают коллоидным раствором на водной основе, содержащим ортофосфорную кислоту, фосфаты цинка и мелкодисперсную глину, после чего высушивают. Такая обработка позволяет создать на поверхности металла противокоррозионное покрытие, обладающее хорошим сцеплением с цементным камнем.

На рисунках 1, 2 показана необработанная фибра и модифицированная фибра, обработанная смесью фосфата цинка, ортофосфорной кислоты и глины (с увеличением в 100 раз).

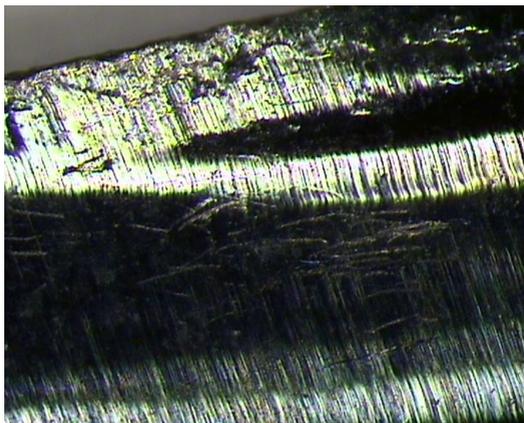


Рис. 1. Необработанная фибра (увеличение в 100 раз)

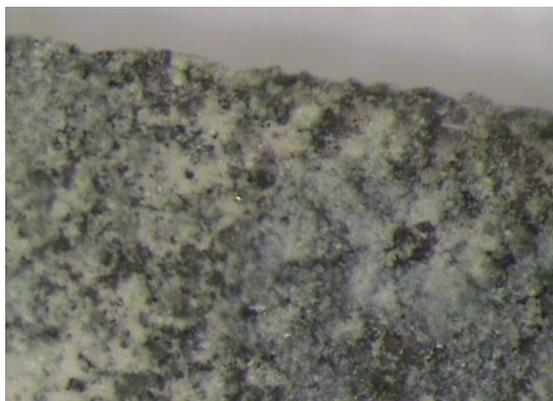


Рис. 2. Обработанная фибра (увеличение в 100 раз)

Экспериментальная часть

Эффективность предложенного способа обработки фибры проверена на образцах из сталефибробетона следующего состава: песка природного – 5,5 кг, цемента марки ПЦ-ДО-Н по ГОСТ 10178 марки 500 – 1,8 кг, воды – 0,9 л (водоцементное соотношение В/Ц = 0,5), фибра – 0,235 кг. Образцы готовили в форме балок размером

40×40×160 мм. После формования образцы хранились 28 суток в камере нормального твердения, затем подвергались испытаниям на растяжение при изгибе путем многократного воздействия с нарастающей нагрузкой с шагом 0,5 МПа и частотой 0,2 Гц. Для сравнительных испытаний готовили образцы четырех типов:

- 1) без фибры;
- 2) с необработанной фиброй;
- 3) с фиброй, обработанной фосфатом цинка без глины;
- 4) с фиброй, обработанной смесью фосфата цинка, ортофосфорной кислоты и глины.

Были получены следующие результаты испытаний пределов прочности на растяжение при изгибе σ :

- 1) образцы без фибры – $\sigma = 5,3$ МПа;
- 2) образцы с необработанной фиброй – $\sigma = 6,7$ МПа;
- 3) образцы с фиброй, обработанной фосфатом цинка без глины – $\sigma = 6,9$ МПа;
- 4) образцы с фиброй, обработанной смесью фосфата цинка, ортофосфорной кислоты и глины – $\sigma = 11,6$ МПа.

Увеличение прочности при изгибе для бетона на модифицированной фибре в 2 раза (образец 4) свидетельствует о соответствующем увеличении долговечности защитного слоя, при этом напряжения от проезда транспорта не превышают достигнутой прочности на растяжение. Образцы с необработанной фиброй показывают небольшое нарастание прочности при циклическом нагружении в сравнении с обычным бетоном (образец 1), поскольку прямолинейные участки фибры растягиваются, не препятствуя возникновению микротрещин, которое довольно быстро развиваются при нарастании нагрузки. Обработка фибры фосфатом цинка не приводит к увеличению сцепления с цементным камнем, поэтому показатель прочности на растяжении при изгибе для этих образцов (образец 3) близок к показателю на необработанной фибре.

Модифицированная фибра была использована на мосту через р. Гривда на автодороге Р-2 Столбцы – Ивацевичи – Кобрин, км 140,577 (рис.3) при устройстве защитного слоя и надопорных участков для продольного объединения балок пролетного строения, которые работают в зоне знакопеременных напряжений.



Рис. 3. Мост через р. Гривда на а.д. Р-2 Столбцы – Ивацевичи – Кобрин, км 140,577

Технология приготовления дисперсно-армированного бетона включала предварительное смешивание фибры с крупным заполнителем, а затем подачу цемента, песка и воды в бетоносмеситель. Полученная бетонная смесь укладывалась и уплотнялась в защитном слое с помощью вибробруса, а в надпорных частях с помощью глубинных вибраторов.

Наблюдение за построенным объектом в течение двух лет показало, что защитный слой и гидроизоляция предотвращают попадание влаги к несущим балкам моста. Это позволяет надеяться на существенное увеличение долговечности мостов в зоне избыточного увлажнения и частого применения противогололедных реагентов, характерных для Республики Беларусь.

Литература

1. СН 03.03.01-2019 Мосты и трубы. Строительные нормы проектирования.
2. Артимович, В.С. Исследование напряженно-деформированного состояния бетонного защитного слоя гидроизоляции мостового полотна / В. С. Артимович, А. В. Бусел // Автомобильные дороги и мосты. – 2015. – № 1. – С. 36–40.

3. Бусел, А.В., Смыковский, А.И., Чистова, Т.А. Перспективы применения тонкослойных цементобетонных дорожных покрытий в условиях роста транспортных нагрузок // Технология бетонов, №2 (19), 2008. – С.68-70 с.

4. Асланова, М. С., Колесов, Ю.И., Хазанов В.Е. и др. Стекланные волокна / Под ред. Аслановой М. С. – М.: Химия. 1979. – 256 с.

5. Зак, А.Ф., Физико-химические свойства стеклнного волокна. – М.: Ростехиздат,1962. – 224.

6. Матвейко, Н.П., Зарапин, В.Г., Бусел, Е.А. Антикоррозионная композиция для защиты арматуры и закладных деталей железобетона // Вестник ВГТУ, 2012. – Вып. 23 – С. 113–119.