

Структура и свойства ремонтных составов

Ляхевич Г.Д., Кулан А.В.

Белорусский национальный технический университет

В статье представлены классификация дефектов и приведены общие требования к ремонтным материалам.

Транспортная сеть Республики Беларусь насчитывает свыше 7000 тысяч мостов и путепроводов, около 100 тысяч водопропускных труб и других сооружений изготовленных преимущественно из железобетонных конструкций. В процессе эксплуатации на них воздействуют агрессивные внешние природные и эксплуатационные факторы, приводящие к деструктивным изменениям, которые можно условно разделить пять степеней повреждений бетона (таблица 1).

Таблица 1. Степени повреждений бетона

Степень	Признаки повреждений
1	загрязнения на поверхности, усадочные трещины и раковины, незначительная карбонизация, высокая прочность
2	шелушащаяся поверхность с усадочными трещинами и небольшими сколами, снижение прочности на 10–15 %, малая степень карбонизации, визуально наблюдаемые выколы
3	трещины размером до 0,2 мм, отдельные сколы, снижение прочности на 15–20 %, сильная карбонизация, визуально наблюдаются сплошные выколы
4	трещины размером более 0,2 мм, многочисленные сколы, оголение арматуры, снижение прочности на 20 %, сильная карбонизация, наличие сталактитов
5	непрочно закрепленный заполнитель, открытая арматура, глубокие сколы, пустоты, полная потеря прочности в отдельных местах

На рисунке 1 приведены типичные дефекты бетонных мостовых конструкций. На рисунке отчетливо видно полное разрушение защитного слоя ребристых плит пролетного строения и коррозия арматуры. Дефект появился и прогрессировал из-за своевременного непринятия мер по восстановлению геометрии конструкции и защите арматуры.



Рис. 1. Разрушение бетона и коррозия арматуры

Ежегодно на ремонтно-восстановительные работы тратятся значительные материальные ресурсы. Расходы на данные цели практически сопоставимы с расходами на изготовление конструкций, а учитывая затраты времени на восстановление конструкции, и сопутствующие потери времени и топлива на объезд транспорта, они увеличиваются еще больше. В связи с этим актуальна разработка и внедрение новых ремонтных материалов, которые должны обеспечивать восстановление потребительских свойств сооружения в целом. В тоже время комплекс свойств ремонтных материалов должен обеспечивать максимально универсальное их применение. Наиболее целесообразно применение ремонтных составов для конструкций, которые в процессе ремонта можно не демонтировать.

Сложные физико-химические процессы формирования структуры ремонтного материала, методики оценки их свойств, применительно к практике мостостроения, являются предметом данной статьи.

Приведенные повреждения бетона обусловлены как несилловыми, так и силловыми факторами, действующими на конструкции.

К несилловым можно отнести погодные и климатические факторы и эксплуатационные реагенты, возникающие при сезонной обработке поверхности сооружений и при эксплуатации транспорта.

К силовым нагрузкам можно отнести знакопеременные эксплуатационные и нагрузки, вызванные температурными деформациями. Эксплуатационные нагрузки вызывают динамические колебания конструкций, что повышает значимость подобия материала конструкции и ремонтного состава.

Несовпадение температурно-деформационных характеристик ремонтного материала и бетона конструкции оказывает негативное влияние на напряженно-деформированное состояние в зоне их контакта, вызывая преждевременное разрушение восстановленного участка.

При проведении ремонтных работ основной задачей является сохранение, а при возможности и увеличение эксплуатационного ресурса работы мостов и путепроводов. Применение качественных материалов и технологий значительно продлевает срок безотказной эксплуатации.

Основными параметрами, которым должен удовлетворять ремонтный материал в соответствии с п. 4.2 «Показатели требований качества» СТБ 1464 «Материалы для ремонта бетонных и железобетонных конструкций автомобильных дорог», являются следующие:

п.п. 4.2.5 «Класс прочности материалов должен быть не ниже класса прочности бетона ремонтируемых конструкций».

п.п. 4.2.8 «Марка материалов по морозостойкости».

п.п. 4.2.9 «Марка по водонепроницаемости».

п.п. 4.2.10 «Прочность сцепления с бетоном материалов».

п.п. 4.2.11 «Удельная эффективная активность естественных радионуклидов».

Основные требования к ремонтному материалу: равнопрочность с ремонтируемой конструкцией, гидрофобность и водонепроницаемость, хорошую прочность сцепления с поверхностью. Его морозостойкость должна быть сопоставима с морозостойкостью бетона конструкции. Учитывая площади проведения ремонтных работ, применение полимерных материалов, имеющих по этим показателям высокие значения, ограничено стоимостью. В этой ситуации можно найти выход в разработке ремонтных бетонов со специальными добавками, которые имеют нормативную адгезию и прочность.

Обеспечить выполнение вышеперечисленных требований к ремонтным бетонам можно, действуя на каждый параметр, как в отдельности, так и комплексе.

1. Органическая масса, адсорбированная на цементных зернах, создает сетчатую пленку, которая снижает скорость набора прочности, что особенно важно на начальном этапе. В результате в тонком защитном слое конструкции снижается количество усадочных трещин.

2. Органические компоненты и бентонит являются пептизаторами флокулов цементных зерен, способствуя их диспергации и оптимизации порового

пространства цементного камня, в котором, как следствие, образуются дополнительные контакты. При этом введение добавки ОГ с водой затворения не дает эффекта пептизации, так как в момент затворения на цементных зернах нет гидрофобной пленки.

3. На стадии кристаллизации органические компоненты и бентонит замедляют переход коагуляционных контактов в кристаллизационные. А так как действие коагуляционных контактов основано на Ван-дер-Ваальсовых связях, цементная система приобретает тиксотропные свойства. В отличие от коагуляционных, кристаллизационные контакты более прочные, но при их разрыве (разрушении), система не восстанавливается.

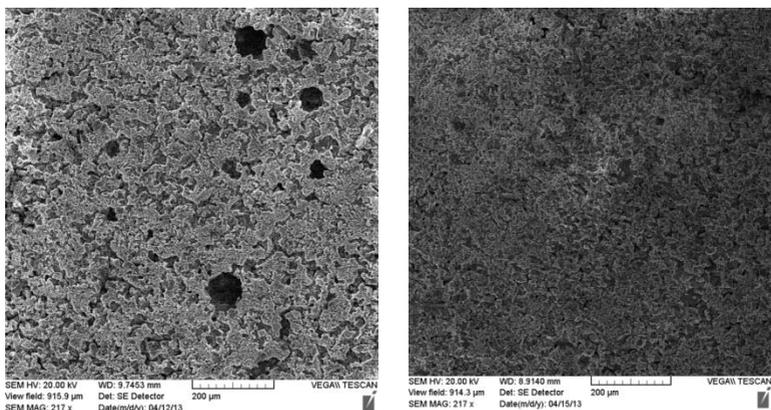
Действие факторов представлено в таблице 2.

Таблица 2. Факторы, воздействующие на ремонтную смесь

Факторы	
Конструктивные	Деструктивные
<p>Диспергация цементных зерен – способствует образованию дополнительных контактов между цементными зернами.</p> <p>Первоначальное замедление скорости набора прочности – снижает трещинообразование на начальном этапе.</p> <p>Тиксотропия – способствует самозаживлению структуры ремонтного состава.</p> <p>Снижение водопоглощения, повышение прочности сцепления и водонепроницаемости – улучшает эксплуатационные характеристики ремонтного состава</p>	<p>Усадка и образование усадочных трещин.</p> <p>Силовые воздействия вызывают касательные напряжения на стыке конструкция – ремонтный состав.</p> <p>Перепад температур вызывает касательные напряжения на стыке конструкция – ремонтный состав.</p> <p>Агрессивные реагенты вызывают коррозию бетона и арматуры</p>

Долговечность работы защитного ремонтного слоя во многом зависит от того, как долго он сможет выполнять свои функции и не произойдет его разрушение. Данное условие можно обеспечить увеличением площади контакта и повышением количества связей между новым и старым бетоном на единицу площади взаимодействия бетонных элементов.

Этим требованиям соответствуют образцы цементного камня с добавкой ОГ, имеющие равномерную структуру с мелкими порами не превышающими 5 мкм.



а – образец без добавки б - образец с добавкой (4,0 %)
 Рис. 2. Микроструктура цементного камня (увеличение $\times 217$)

Поры существенно влияют на равномерность распределения напряжений и деформаций в бетоне, являясь концентраторами напряжения.

Органическая масса гидрофобизирует цементный камень, а высокодисперсные частицы гидрофобного бентонита уплотняют структуру.

Для сравнения влияния размера пор на напряженно-деформированное состояние цементного камня условно принимаем, что в любом его сечении изменяется размер сечения пор без изменения суммарной площади цементного камня ($S_1=S_2$). Следовательно, в упрощенном виде расчетная схема после диспергации имеет более равномерную структуру пор, что способствует распределению напряжений, как по горизонтальным, так и по вертикальным стенкам пор и капилляров.

Литература

1. «Материалы для ремонта бетонных и железобетонных конструкций автомобильных дорог». Технические условия. – СТБ 1464.