

Литература

1. Мосты и трубы : СНиП 2.05.03-84. – Москва : Госстрой СССР: ЦИТП Госстроя СССР, 1988. – 200 с.
2. Основы проектирования несущих конструкций : СТБ ЕН 1990-2007. Еврокод. – Минск: Госстандарт, 2008. – 54 с.
3. Еврокод 1. Воздействия на конструкции. Часть 2. Транспортные нагрузки на мосты: ТКП ЕН 1991-2-2009. – Минск : Минстройархитектуры, 2010. – 147 с.

УДК 624. 21.012

НЕКОТОРЫЕ РЕЗЕРВЫ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ТРАНСПОРТНЫХ СООРУЖЕНИЙ

**Зиневич С.И., канд. техн. наук, доцент,
Гурбо Н.М., канд. техн. наук, доцент,
Леонович И.И., д-р техн. наук, профессор,
Венцкович В.Б., Соболевская С.Н.**

Белорусский национальный технический университет

(г. Минск, Республика Беларусь)

Введение

Вопросы долговечности железобетонных конструкций, в том числе и транспортных сооружений к которым относятся мосты, эстакады, водопропускные трубы, подпорные стенки и другие сооружения, возводимые на автомобильных дорогах, очень важны. Ежегодное коррозионное разрушение приводит к безвозвратной потере до 2 % железобетона от общего объема его производства [1]. Железобетон, как известно, сложно ремонтировать и, следовательно, ремонтные работы имеют большую стоимость.

Долговечность транспортных сооружений закладывается на стадии проектирования и строительства. Вместе с тем, большое значение на срок их службы имеют работы по содержанию и текущему ремонту, проводимые в период эксплуатации сооружения. Степень влияния таких работ на долговечность в рамках имеющего финансирования, зависит от правильного их планирования. Иными словами, оптимизация планирования работ по содержанию и текущему ремонту может

быть резервом для продления срока службы транспортных сооружений.

На данный момент большинство работ ученых направлены на продление срока службы железобетонных конструкций за счет оптимизации состава бетона и технологии их изготовления. В настоящей работе предпринята попытка поиска путей повышения долговечности железобетонных конструкций, и в частности, транспортных сооружений за счет оптимизации их эксплуатации. В качестве объекта исследования были выбраны дорожные мосты и путепроводы.

Работа выполнялась на основе материалов диагностики ряда мостовых сооружений, проведенной в соответствии с действующей инструкцией.

Основная часть

Анализ материалов диагностики показал, что все имеющиеся на мостах и подходах к ним дефекты можно разделить на две группы. Первую группу составляют дефекты, которые появляются в процессе эксплуатации сооружения, назовем их «разрушения». Это трещины, сколы, карбонизация бетона, коррозия арматуры, неровности на проезжей части и др. Эти дефекты имеют свойство прогрессировать во времени.

Вторую группу составляют дефекты, которые не прогрессируют во времени. Это такие дефекты как отсутствие барьерного или перильного ограждения, отсутствие дорожных знаков, наличие крупногабаритных предметов в зоне моста и другие дефекты такого плана. Дефекты этой группы по сути вообще не должны быть на мостах. Назовем их «разовыми» из соображений, что в процессе эксплуатации моста они устраняются один раз и больше к ним не надо возвращаться.

Совершенно очевидно, что из двух названных групп влияние на долговечность моста оказывают дефекты первой группы, т.е. разрушения, и борьба с ними есть один из путей продления сроков службы дорожных мостов. Вместе с тем, дефекты второй группы (разовые дефекты) также нельзя оставлять без внимания, поскольку они оказывают большое влияние на транспортно-техническое состояние мостового перехода, в том числе и безопасность движения. Учитывая это, а также особенность разовых дефектов после их устранения больше не появляться, целесообразно изыскать возможность и провести кампанию по их полной ликвидации. Устранение

разовых дефектов может быть организовано в зимний период времени, когда затруднены работы по ремонту cemento- и асфальтобетона. Необходимо отметить, что на продиагностированных мостах разовые дефекты составили почти 35 % от общего количества дефектов и их устранение потребует значительных усилий. Вместе с тем, выполнение этой задачи в дальнейшем даст возможность сосредоточить все выделяемые средства на борьбу с разрушениями.

При планировании работ по ремонту разрушений нужно в первую очередь выбирать работы, выполнение которых устранит причины образования разрушений или значительно отсрочит их появление, а следовательно, продлит срок службы моста. Причину недостаточной долговечности железобетонных конструкций связывают с коррозией стальной арматуры. Коррозия же арматуры, как известно, начинается при переходе ее из пассивного состояния в активное чаще всего из-за карбонизации бетона на всю толщину защитного слоя или накопления хлор-ионов в приарматурной зоне бетона сверх критической концентрации. Коррозия стальной арматуры может быть также по причине механического повреждения защитного слоя. Длительность пассивного состояния стальной арматуры железобетонных конструкций по [2, 3, 4, 5, 6, 7] определяется внутренними факторами, влияющими на проницаемость бетона для агрессивных сред (структура бетона, толщина защитного слоя, содержание добавок ингибиторов коррозии), и внешними факторами определяющимися особенностями окружающей среды (температурно-влажностный режим, концентрация в окружающей среде агрессивных реагентов).

Применительно к транспортным сооружениям и, в частности, к дорожным железобетонным мостам можно выделить еще одну группу факторов, ускоряющих начало коррозии стальной арматуры, назовем ее «эксплуатационная». В эту группу отнесем:

- 1) все причины, способствующие замоканию бетона водой, что приводит к ускоренному насыщению конструкций моста водой и солевыми растворами;
- 2) не своевременный ремонт мест локальных повреждений защитного слоя, что обуславливает нахождение стальной арматуры в непосредственном контакте с окружающей средой и как следствие ее коррозию;

3) наличие неровностей на поверхности проезжей части, усиливающих динамическое воздействие транспорта на конструктивные элементы, их вибрацию и, как следствие, ускорение процесса разрушения защитного слоя;

4) перегрузка пролетных строений дорожной одеждой (укладка в процессе ремонта нового покрытия без удаления старого), приводящая к образованию и раскрытию трещин;

5) пренебрежение в процессе эксплуатации средствами вторичной защиты бетона, к которым относится покраска, пропитка водоотталкивающими составами, торкретирование.

Если факторы двух первых групп (внутренней и внешней) в процессе эксплуатации изменить практически невозможно, то факторы третьей (эксплуатационной) группы в рамках содержания и текущего ремонта, могут сводиться до минимума, а, следовательно, до минимума будет сводиться и их влияние на сокращение срока службы моста.

Является очевидным, что каждый из перечисленных факторов эксплуатационной группы в разной степени будет влиять на долговечность моста и здесь есть широкое поле деятельности в плане оптимизации планирования работ по их содержанию.

Рассмотрим перечисленные пять факторов и их значение для долговечности мостов.

Одним из наиболее опасных для бетона факторов из пяти перечисленных, который, по мнению авторов, должен устраняться в первоочередном порядке, является замокание бетона водой. На обследованных мостах этот вид разрушений составил 38 % от общего количества разрушений. Основными причинами замокания бетона являлись:

1) разрушение или засорение элементов поверхностного водоотвода;

2) разрушение деформационных швов, приводящее к замоканию концов балок и опорных частей моста;

3) неудачное проектное решение по поверхностному водоотводу, при котором сброс воды с проезжей части осуществляется через тротуары. В этом случае, как правило, происходит быстрое разрушение тротуарных блоков и торцов крайних балок.

Все эти причины могут устраняться в рамках текущего ремонта и содержания, в том числе и исправление поверхностного водоотвода,

например, путем замены тротуарных блоков монолитными тротуарами с уклоном в сторону проезжей части и установкой по линии перелома уклонов (тротуара и проезжей части) водоотводных труб.

После устранения причин замокания бетона должны ликвидироваться локальные разрушения защитного слоя. Разрушение защитного слоя начинается с шелушения, отслаивания и в дальнейшем происходит более глубокие разрушения с оголением арматуры. Проведенные обследования ряда мостов показали, что из всех имеющихся на момент обследования дефектов, разрушения защитного бетона составили 29 %, и среди них 62 % с оголением арматуры. Незащищенная арматура, контактируя с агрессивной средой, подвергается коррозии, которая уменьшает площадь ее поперечного сечения, а, следовательно, происходит снижение несущей способности всей конструкции. Поэтому очень важно в процессе эксплуатации сооружения своевременно выявлять места с разрушенным защитным слоем и проводить работы по его восстановлению, предотвращая тем самым дальнейшее развитие коррозии арматуры, а также дальнейшее разрушение самого защитного слоя. Своевременное качественное восстановление защитного слоя позволит значительно продлить срок службы мостов.

Вместе с тем, выполнить качественно ремонт защитного слоя мостовых конструкций с оголенной ржавой арматурой весьма не просто. Основная трудность обусловлена плохой «приживаемостью» нового ремонтного материала со старым материалом особенно в условиях постоянного колебания сооружения от проходящего транспорта. Проблематично также ликвидировать начавшийся процесс коррозии арматуры.

Для обеспечения качества при выполнении ремонта необходимо вначале установить причины разрушения защитного слоя и правильно выбрать материал и технологию ремонта.

Нередко параллельно с ремонтом защитного слоя приходится решать вопрос усиления конструкций путем дополнительного армирования.

Авторами предложен метод ремонта защитного слоя, который применялся на ряде мостов Республики Беларусь с использованием металлической сетки (рябицы). Сущность метода в том, что после ликвидации ржавчины на арматуре ремонтный состав наносится способом торкретирования на предварительно

пристрелянную металлическую сетку. Металлическая сетка выполняет несколько функций:

1) Обеспечивает фиксацию наносимого ремонтного материала и надежное удержание его в период набора прочности, что важно в условиях колебания сооружений от воздействия проходящего транспорта.

2) После набора прочности ремонтного материала сетка в защитном слое выполняет роль арматуры. Такой защитный слой имеет значительно большую устойчивость к различного рода воздействиям.

3) В случае перекрытия армированным защитным слоем всей длины балки, создается эффект ее усиления.

Одной из существенных причин, приводящих мостовые конструкции к разрушениям, является наличие неровностей на проезжей части моста, а также перегрузка его пролетных строений дорожной одеждой. На обследованных мостах, эти дефекты в сумме составили 23 %.

На сегодня нет научно обоснованных данных о степени влияния на скорость появления разрушений неровной проезжей части и перегрузки пролетных строений дорожной одеждой. Наличие таких данных позволило бы более эффективно, с точки зрения продления срока службы мостов, использовать выделяемые на текущий ремонт и содержание средства.

В настоящее время на кафедре «Соппротивление материалов и теория упругости» БНТУ проводятся исследования о влиянии неровности проезжей части на силу динамического воздействия транспорта на конструкцию моста, а также о степени негативного воздействия на мост перегрузки его пролетных строений дорожной одеждой. Результаты этих исследований можно будет использовать для оптимизации планирования работ по текущему ремонту мостов.

Немаловажными с точки зрения долговечности мостов являются мероприятия по вторичной защите бетона. Эти вопросы также требуют детального изучения, чтобы ответить на вопрос: на сколько продлевают срок службы мостовым конструкциям пропитки, покраска и торкретирование.

Заключение

Настоящая работа посвящена вопросам долговечности дорожных мостов. Значимость настоящей работы заключается в том, что в ней на ряду с внутренними (свойство бетона) и внешними (особенности окружающей среды) факторами, определяющими срок службы

железобетонных мостовых конструкций, выделяется и детально рассматривается еще одна группа факторов, так называемых «эксплуатационных», к которым в работе отнесены: причины способствующие замоканию бетона водой; не своевременный ремонт мест локальных повреждений защитного слоя; наличие неровностей на проезжей части; перегрузка пролетных строений дорожной одеждой; пренебрежение в процессе эксплуатации средствами вторичной защиты бетона.

Каждый из перечисленных факторов в разной степени влияет на долговечность моста. На сегодня нет научно-обоснованных данных о степени влияния эксплуатационных факторов на срок службы моста и в этом направлении нужно продолжить исследования. Такие данные позволят оптимально выбирать виды работ с точки зрения увеличения долговечности мостов.

Литература

1. Кривцов, Д.К. Долговечность бетонов с комплексной добавкой в агрессивных средах: автореф. дис. ...канд. техн. наук: 05.23.05 / Д.К. Кривцов ; Ин-т инженеров ж.-д. трансп. – Санкт-Петербург, 1993. – 26 с.
2. Долговечность железобетона в агрессивных средах/ С.Н. Алексеев [и др.] ; под общ. ред. С.Н. Алексеева. – Минск : Стройиздат, 1990. – 320 с.
3. Васильев, А.И. Прогноз коррозии арматуры железобетонных мостовых конструкций при карбонизации защитного слоя / А.И. Васильев // Бетон и железобетон. – 2001. – № 3. – С. 16–20.
4. Васильев, А.И. Прогноз коррозии арматуры железобетонных конструкций автодорожных мостов в условиях хлоридной агрессии и карбонизации / А.И. Васильев, А.М. Подвальный // Бетон и железобетон. – 2002. – № 6. – С. 27–32.
5. Бабицкий, В.В. Основы прогнозирования коррозии стальной арматуры железобетонных конструкций / В.В. Бабицкий // Вестник Полоцкого государственного университета. Прикладные науки. – 2004. – № 12. – С. 111–116.
6. Бабицкий, В.В. Прогнозирование коррозии стальной арматуры железобетонных конструкций / В.В. Бабицкий // Строительство и эксплуатация автомобильных дорог и мостов: сб. научных трудов. Вып. 16. / РУП «БелдорНИИ», – Минск, 2004. – С. 163–167.

7. Бабицкий, В.В. Прогнозирование глубины карбонизации бетона / В.В. Бабицкий // Перспективы развития новых технологий в строительстве и подготовке инженерных кадров в Республике Беларусь: материалы VI Международного научно-технического семинара / под ред. Н.П. Блещика, А.А. Борисевича, Т.М. Пецоляда. – Минск: УП «Технопринт», 2000 г. – С. 3–6.

УДК 624.2: 699.82(083.75)

ВЛИЯНИЕ СТРУКТУРНОГО ТИПА БИТУМА НА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КОМПОЗИТНОГО ВЯЖУЩЕГО ДЛЯ ГИДРОИЗОЛЯЦИИ МОСТОВЫХ И ТОННЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

**Ляхевич Г.Д., д-р техн. наук, профессор,
Максименко А. Л.**

Белорусский национальный технический университет

(г. Минск, Республика Беларусь)

Введение

Дорожные битумы широко используются для приготовления гидроизоляционных материалов. В настоящее время промышленностью выпускаются битумы трех структурных типов. При этом их физико-механические свойства существенно различаются. Непосредственное использование их для приготовления качественных гидроизоляционных материалов не представляется возможным. Поэтому необходима модификация битумов трех структурных типов полимерами, пластификаторами, суспензией растворенной резины и др.

Цель исследований – создать композитное вяжущее (КВ) для гидроизоляции мостовых и тоннельных конструкций на основе битумов различного структурного типа путем их модификации.

Выбор объектов исследования

Битумы

Для приготовления композитных вяжущих использовались нефтяные дорожные вязкие битумы марок БНД и БН. Битумы мы рассматриваем как растворы асфальтенов и твердых смол в более низкомолекулярной среде нефтяных масел. Свойства битумов зависят