

6. Васильев А.И., Подвальный А.М. Прогноз коррозии арматуры железобетонных конструкций автодорожных мостов в условиях хлоридной агрессии и карбонизации // Бетон и железобетон.- 2002.- №6.- С. 27-32.

УДК 69.059.2:666.96

### ТЕХНОЛОГИЯ РЕМОНТА ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ВЫСОКОПОДВИЖНЫМИ РЕМОНТНЫМИ СМЕСЯМИ

\* А.Н. Савицкий, магистр, \*\* А.Н. Пишнько, д.т.н., проф., \*\*\* Н.В. Савицкий, д.т.н., проф.  
\*Фирма «Хохтиф»,  
\*\*Днепропетровский национальный технический университет  
железнодорожного транспорта  
\*\*\* Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры

**Состояние вопроса и постановка задачи исследований.** В настоящее время имеется большое количество железобетонных конструкций, подлежащих ремонту, что обусловлено возникшими дефектами и повреждениями в результате ошибок на стадии производства работ или воздействия агрессивной среды на стадии эксплуатации конструкций. Однако до настоящего времени не имеется нормативной литературы, регламентирующей технологию проведения ремонтных работ.

**Цель работы** - разработка технологических требований при производстве ремонтных работ железобетонных конструкций наливным методом с использованием высокоподвижных бетонных смесей.

#### Изложение основного материала.

В результате ошибок на стадии производства работ или при воздействии агрессивных сред бетон железобетонных конструкций разрушается и необходимо его восстановление путем ремонта (рис. 1).

Ремонтные работы следует производить методом нанесения (торкретированием или оштукатуриванием) или заливки с использованием опалубки. Настоящая технология разработана для выполнения работ методом заливки высокоподвижного литого бетона с компенсированной усадкой.

Для приготовления бетона необходимо применять безусадочную быстротвердеющую сухую бетонную смесь наливного типа, содержащую полимерную фибру (табл. 1). Если толщина восстанавливаемого слоя бетона превышает 50 мм, то в состав смеси необходимо вводить крупный заполнитель (крупность щебня до 10 мм).

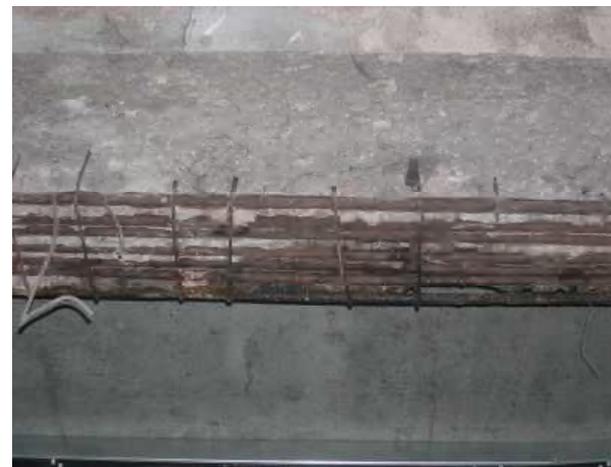
Подготовка состава к использованию состоит в затворении сухой бетонной смеси водой. Приготовление бетона должно осуществляться на механизированных смесительных установках. Ручное приготовление бетона не допускается.

Приготовленную бетонную смесь заливают в опалубку без применения вибрации и штыкования.

Разработанная смесь – готовый к применению материал в виде сухой бетонной смеси. В этот материал необходимо добавить только воду, чтобы получить реопластичный, текучий, нерасслаиваемый безусадочный ремонтный состав.



а)



б)



в)

Рис.1. Характерные примеры дефектов и повреждений железобетонных конструкций: а), б) – коррозия арматуры; в)- дефекты производства работ

Таблица 1.

Состав материалов для производства 1т сухой смеси для восстановления бетона защитного слоя

Материал	Ед. изм	Расход на 1т смеси		Примечание
		%	ед.	
Портландцемент М500	т	25	0,25	ГОСТ 10178-85
Расширяющийся цемент (ГЦ)	т	15	0,15	
Кварцевый песок	т	53,9	0,539	
Суперпластификатор С-3	кг	1	10	ТУС-36020429-625
Редиспергируемый порошок Vinnapas Re 551 Z	кг	4	40	
Метилцеллюлоза Walocel МКХ 2000 PF 01	кг	0,1	1	
Армирующая добавка Technocel 1004-5	кг	1	10	

Примечания: 1. Водотвердое отношение В/Т=0,35 - 0,5.

2. Корректирование состава сухой смеси может производиться по результатам контрольных испытаний

Технические характеристики бетонной смеси и бетона на основе предложенного состава соответствуют требованиям, приведенным в табл. 2.

Таблица 2.

Технические характеристики бетонной смеси и бетона

Показатель	Значение
Максимальная крупность гранитного заполнителя	10 мм
Осадка конуса (удобоукладываемость)	210 – 260 мм
Сохраняемость удобоукладываемости	не менее 45 мин
Прочность на сжатие на 28 суток	50 МПа
Сцепление со старым бетоном на 28 суток	Более 1,5 МПа
Сцепление с арматурой (гладкий стержень) на 28 суток	2,5 МПа
Усадка в в пластичном и затвердевшем состоянии	Не допускается
Максимальное расширение в возрасте 24 часа	0,35%

При производстве ремонтных работ должны быть предусмотрены следующие технологические операции:

- а) подготовка бетонной поверхности;
- б) очистка арматуры от продуктов коррозии;
- в) обеспыливание поверхностей бетона;
- г) насыщение поверхности бетона водой;
- д) установка опалубки;
- е) приготовление бетонной смеси;
- ж) укладка бетонной смеси;
- з) уход за новым бетоном.

**Подготовка бетонной поверхности**

Подготовка бетонной поверхности состоит в удалении остатков поврежденного или неповибрированного бетона и создании шероховатости поверхности. Удаление остатков бетона и придание шероховатости поверхности производится легким перфоратором с энергией единичного удара не более 15 кДж или зубилом. Минимальными и достаточными для создания шероховатости являются чередующиеся выступы и впадины, соответственно, высотой и глубиной 5 мм.

**Очистка арматуры от продуктов коррозии**

Очистка арматуры от продуктов коррозии выполняется вручную щеткой или механизированным способом с помощью пескоструйной установки. Арматура должна быть очищена до степени Sa 2 ½ (удалена ржавчина и остатки старого бетона; на поверхности стали остаются только остатки, видимые как «затенения»).

**Обеспыливание поверхностей бетона**

Обеспыливание поверхностей бетона осуществляется вручную металлическими щетками, а затем – продувкой воздухом от компрессора, имеющего водо- и маслоотделитель. Механизированную очистку поверхности бетона возможно производить также с помощью водоструйной установки.

**Насыщение поверхности бетона водой**

Смачивание поверхности бетона водой производится до полного насыщения менее чем за 30 минут до начала укладки ремонтного состава. При работе ручным способом для смачивания поверхности бетона используется кисть, а при механизированном способе – водоструйная установка. Излишки воды удаляются с поверхности бетона продувкой сжатым воздухом от компрессора или поролоновой губкой.

#### **Установка опалубки**

Для заливки бетона используют опалубку, которая должна быть надежно закреплена, чтобы выдержать давление бетонной смеси после заливки. Так как для ремонта используется высокоподвижная бетонная смесь, то стыки опалубки с бетоном конструкции и между отдельными элементами должны быть надежно загерметизированы. Для зачеканки зазоров между опалубкой и бетонной поверхностью может использоваться быстротвердеющая тиксотропная бетонная смесь, растворная полимерцементная смесь, пенополистирол или иной подходящий материал.

Если опалубка выполнена из гидрофильного материала, например, дерева, то она должна быть пропитана водой так, чтобы она не впитывала воду из бетонной смеси, обезжизивая ее.

Для заливки бетонной смеси и контроля заполнения бетоном в верхней части опалубки выполняются специальные отверстия на противоположных гранях ремонтируемой конструкции, в которые вставляются патрубки с герметизацией зазора. Патрубки выводятся на 150...200 мм выше верхнего уровня ремонтируемого участка. В один из патрубков при заливке вставляется воронка, а другой используется как выпускной для контроля заполнения опалубки бетонной смесью.

#### **Приготовление бетонной смеси**

До приготовления бетонной смеси необходимо составить исполнительную схему ремонтируемых участков и определить требуемый объем смеси.

Бетонная смесь готовится к применению непосредственно на рабочем месте при помощи миксера или механизированным способом в растворомешалках принудительного действия.

Миксер на базе низкооборотной электродрели (примерно 300 об/мин) со спиральной мешалкой используется при небольших замесах бетонной смеси. Длина оси мешалки должна быть больше глубины емкости для перемешивания.

Приготовление бетонной смеси вручную запрещается.

Для приготовления смеси используется чистая и сухая тара.

Приготовление смеси производится следующим образом: залив в емкость для смешивания (или включенную растворомешалку) минимальное количество воды затворения, быстро и непрерывно всыпают в нее мешок смеси, перемешивают в течение 3...4 минут до получения пластичной смеси без комков. В случае необходимости добавляют еще воды (в пределах определенного количества) и перемешивают 2...3 минуты.

#### **Укладка бетонной смеси**

Бетонная смесь заливается в опалубку непрерывно без вибрирования.

Подача бетонной смеси в конструкцию может осуществляться вручную с помощью ведер или механизированным способом с помощью растворонасоса.

Заливку бетонной смеси необходимо вести с одной стороны, чтобы предотвратить защемление воздуха. Бетонная смесь должна полностью заполнять пространство между опалубкой и конструкцией.

#### **Уход за новым бетоном**

Опалубку можно снимать как минимум после 24 часов после завершения заливки. Все открытые поверхности уложенного бетона должны быть защищены от потери влаги в результате испарения в течение:

- 24 часов при температуре окружающей среды до +20 град. С и высокой влажности;

- 48 часов при температуре окружающей среды более +20 град. С, низкой влажности, наличии ветра.

Уход в первые 24 часа является самой важной операцией для того, чтобы предотвратить усадку бетона, особенно в сухую и жаркую погоду.

Уход можно осуществлять следующим образом:

- распылением воды;

- укрыванием влажной мешковиной;

- обработкой поверхности пленкообразующими составами.

Методы контроля качества принимаются в соответствии с требованиями СНиП 3.01.01-85.

При производстве ремонтных работ должен осуществляться поэтапно следующий контроль:

- контроль качества поступаемых материалов

- контроль качества подготовки бетонной поверхности и арматуры;

- контроль качества готовой бетонной смеси;

- контроль качества нанесения ремонтного бетона.

Входной контроль качества ремонтной смеси должен осуществляться в соответствии с параметрами табл. 2.

При подготовке и приемке поверхности бетона и арматуры следует контролировать:

- степень очистки подготовленной поверхности от пыли;

- шероховатость (выступы и впадины не менее 5 мм);

- прочность бетона ремонтируемой поверхности на отрыв (не менее 1,5 МПа);

- влажность бетона после увлажнения (не менее 95%);

- степень очистки поверхности арматуры (должна соответствовать степени Sa 2 1/2).

Результаты текущего контроля качества подготовки бетонных поверхностей и поверхности арматуры должны отражаться в журналах производства работ и актах приемки скрытых работ в соответствии со СНиП 3.01.01-85.

При приготовлении бетонной смеси контролируется:

- количество воды затворения;

- осадка конуса;

- однородность смеси;

- прочность бетона на сжатие по контрольным образцам;

- деформации расширения бетона.

В процессе укладки бетонной смеси необходимо контролировать полноту заполнения пространства между опалубкой и конструкцией (по выходу смеси из контрольного патрубка).

По завершении ремонтных работ контролируется качество ремонта:

- внешний вид (отсутствие трещин, раковин, загрязнений);
- сцепление нового и старого бетона (новый бетон должен быть прочно соединен с поверхностью старого бетона. Прочность сцепления нового бетона с ремонтируемой поверхностью проверяется путем простукивания бетона. Глухой звук, издаваемый бетоном при простукивании свидетельствует о неудовлетворительном сцеплении; в этих местах бетон должен быть вырублен и заменен новым);
- допуски по геометрическим параметрам (должны приниматься в соответствии со СНиП на производство работ);
- прочность бетона на отремонтированном участке (неразрушающим методом по ГОСТ 22690).

#### **Выводы.**

1. Разработан состав высокоподвижной смеси с компенсированной усадкой для ремонта железобетонных конструкций методом налива.
2. Разработан технологический регламент ремонта железобетонных конструкций методом налива с использованием опалубки, который устанавливает необходимые технологические операции, последовательность производства работ, требования к операционному контролю качества.

УДК 69.059.2:666.96

### **ОЦІНКА СУЦІЛЬНОСТІ РЕМОНТНОГО ПОКРИТТЯ В ПОЧАТКОВИЙ ПЕРІОД ТВЕРДІННЯ**

*\*М.В. Савицький д.т.н., професор, д.т.н., \*\*О.М. Пшійко, професор,  
\*\* А.М. Зінкевич, к.т.н., \*\* В.А. Лисак студ., \*О.Г. Зінкевич інж.*

*\*Придніпровська державна академія будівництва та архітектури*

*\*\*Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту*

#### **Вступ**

Значна кількість бетонних та залізобетонних конструкцій, що потребують ремонту, експлуатуються з пошкодженим поверхневим шаром, оскільки переважаюча кількість деструктивних процесів протікає на межі розділу середовище – матеріал конструкції, з проникненням вглибину в залежності від пористості бетону. Окремим та найпоширенішим видом пошкодження поверхневих шарів залізобетонних конструкцій є руйнування захисного шару бетону внаслідок корозії арматури.

Для відновлення експлуатаційної придатності конструкцій використовуються матеріали для поверхневого ремонту, широко представлені на ринку, як правило, це багатшарові системи, що можуть включати шар відновлення геометрії, ізолюючий шар, оздоблюючий і т.і.

Використання такого комплексного матеріалу повинне забезпечити нормальну роботу конструкції в середовищі експлуатації. Проте, в деяких випадках, внаслідок порушень технологічного регламенту або неврахування умов навколишнього середовища, виконане захисне покриття може втрачати суцільність і відшаровуватись від основи. Однією з причин, що можуть викликати руйнування ремонтних покриттів є розвиток в них значних деформацій усадки, особливо це характерно для матеріалів, що вміщують тільки дрібнодисперсну фракцію.

#### **Постановка задачі**

В даній статті розглядається робота ремонтної системи (шар ремонтного матеріалу – бетон основи). Така система являється тонкошаровим покриттям на бетонній основі, суцільність якого залежить від таких факторів як: усадковість ремонтного матеріалу, інтенсивність втрати матеріалом вологи, товщина шару та ін.

Мета роботи полягає у встановленні небезпечного періоду в початковій терміні твердіння ремонтного покриття, протягом якого усадкові деформації можуть викликати напруження в покритті або на контакті, перевищуючі отриману за цей час міцність (особливо при інтенсивному відборі/випаровуванні вологи).

#### **Методика дослідження**

При проведенні дослідження, в якості ремонтного матеріалу використовувалась дрібнодисперсна модифікована цементна композиція.

Для встановлення усадковості матеріалу при різній інтенсивності вологи втрат вимірювались вільні деформації усадки на зразках 40x40x160 мм: одна серія з модулем відкритої поверхні  $m=1,125$  (повністю відкрита для висихання поверхня), інша з модулем поверхні  $m=0,125$  (гідроізолюваний зразок з частково відкритими для висихання торцевими поверхнями) [1].

Для встановлення нормальних та дотичних напружень в матеріалі покриття з визначеним рівнем усадковості застосовувалась методика наведена в [2].

Для виявлення можливості втрати суцільності покриття в початковій терміні твердіння використовувалась умовна розрахункова крива міцності матеріалу на розтяг за логарифмічною залежністю.

#### **Результати випробувань**

На рис. 1 наведено співставлення залежності напружень розтягу в покритті, виникаючих при розвитку деформацій усадки в різних умовах середовища з орієнтовною залежністю темпу набору міцності матеріалу на розтяг (при міцності в віці 28 діб 1,5 МПа). На рис. 2 - співставлення залежності напружень розтягу в покритті з орієнтовною залежністю темпу набору міцності матеріалу на розтяг (при міцності в віці 28 діб 1 МПа).