

ОЦЕНКА МОНОЛИТНОСТИ СИСТЕМЫ «РЕМОНТНЫЙ МАТЕРИАЛ-КОНСТРУКЦИЯ» ПРИ ИНЪЕКЦИОННОМ МЕТОДЕ РЕМОНТА

Д.т.н., проф. А.Н. Пшинько*, д.т.н., проф. Н.В. Савицкий**,
асп. А.Н. Зинкевич*

**Днепропетровский национальный университет
железнодорожного транспорта*

***Приднепровская государственная академия
строительства и архитектуры*

Введение

Среди множества применяемых технологий ремонта железобетонных и каменных конструкций, определенное место занимает метод инъектирования.

Чаще всего, инъекционные методы ремонта применяются при восстановлении рабочих характеристик и целостности материала конструкций, поврежденных в результате возникновения аварийных ситуаций (возникновение трещин), а также, при воздействии агрессивной среды с образованием значительного количества дефектов макроструктуры материала конструкций [1]. Нарушение целостности приводит к интенсификации процессов дальнейшего разрушения, вследствие увеличения доступа агрессивных факторов в объем конструкции и концентрации напряжений.

Основным показателем эффективности ремонтной системы является способность обеспечения надежности совместной работы с материалом конструкции, подвергаемой ремонту.

В данной работе рассматриваются некоторые вопросы надежности совместной работы системы в зависимости от величины собственных деформаций ремонтного материала – модифицированной композиции на основе цемента, как функции условий среды работы материала в конструкции.

Расчетная модель

Рассматривается работа ремонтного материала в трещине бетонной конструкции. Слой ремонтного материала, толщиной H , ограничен с двух сторон материалом конструкции, который препятствует свободной усадке, вследствие чего, в ремонтном материале возникают растягивающие напряжения. Нарушение целостности системы «ремонтный материал-конструкция» – ее монолитности, возможно в двух случаях:

- растрескивание материала ремонтного слоя при достижении величины растягивающих напряжений предела прочности ремонтного материала на растяжение;
- нарушение контакта между слоем ремонтного материала и материалом конструкции, при достижении величины напряжения сдвига предела прочности сцепления слоев.

Расчетная модель представлена на рис. 1.

В расчетной модели слой ремонтного материала имеет постоянную толщину H , длину l , ширину b ; он скреплен с верхним и нижним слоями материала конструкции, которые растягиваются с относительным удлинением ε , равным разности усадок слоев материала конструкции и ремонтного слоя, но так как величина собственных деформаций материала конструкции приравняется нулю, относительное удлинение ε приравняется величине собственных деформаций ремонтного слоя.

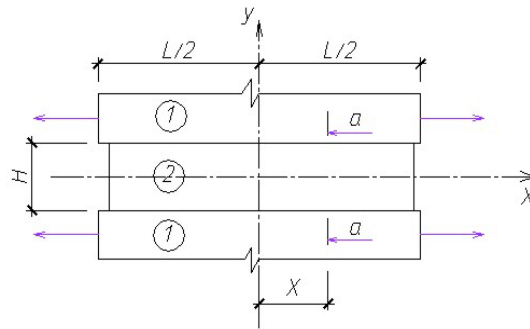


Рис. 1. Расчетная модель: 1 – материал конструкции; 2 – слой ремонтного материала.

Для модели используется решение, приведенное в [2], применительно к поставленной задаче.

Под влиянием растяжения слоев «1», слой ремонтного материала «2» тоже растягивается, перемещение сечения слоя а-а составит

$$u = \varepsilon \cdot x - du \quad (1)$$

Растягивающее напряжение в сечении а-а ремонтного слоя с модулем упругости E:

$$R = E \cdot \frac{du}{dx} \quad (2)$$

Растягивающее усилие в сечении а-а

$$T = b \cdot H \cdot E \cdot \frac{du}{dx} \quad (3)$$

Уравнение равновесия элементарного объема ремонтного слоя

$$dT + 2 \cdot \tau \cdot b \cdot dx = 0 \quad (4),$$

где; τ – напряжение сдвига в плоскости соединения слоя ремонтного материала с материалом конструкции, равное $\tau = Gdu = G(\varepsilon x - u)$.

После преобразований, согласно [2], растягивающие напряжения (σ) , достигающие наибольшей величины в центре слоя при $x=0$, составят

$$\sigma_{\max} = E \cdot \varepsilon \cdot \left(1 - \frac{1}{ch \frac{n \cdot l}{2}} \right) \quad (5)$$

Сдвигающие напряжения, возникающие вследствие деформирования ремонтного слоя, в середине слоя равны нулю (при $x=0$) и достигают максимального значения при $x=l/2$

$$\tau_{\max} = \varepsilon \cdot \frac{G}{n} \cdot th \frac{n \cdot l}{2} \quad (6)$$

В (5,6)

$$n = \sqrt{\frac{2 \cdot G}{H \cdot E}}$$

Основные факторы, влияющие на монолитность системы

Основными группами факторов, влияющими на монолитность системы «ремонтный материал – конструкция», являются параметры материала конструкции и характеристики ремонтного материала. Анализ возможного влияния параметров конструкции на формирование характеристик и работу ремонтного материала позволяет выявить основные

направления обеспечения надежности работы системы, обосновать требования к характеристикам ремонтного материала.

На предварительном этапе, при проведении обследований, необходим сбор и анализ количественных данных о параметрах конструкции, значительно влияющих на формирование свойств ремонтного материала и прочность контакта с материалом конструкции. К последним можно отнести следующие:

- влагосодержание;
- величина водопоглощения;
- характер пористой структуры.

Надежность совместной работы системы и возникающие внутренние напряжения, в значительной степени зависят от величины собственных деформаций ремонтного материала (5,6), на которую большое влияние оказывает величина влагопотерь ремонтного материала.

Величину влагопотерь слоя ремонтного материала определяют вышеуказанные параметры материала конструкции, влияющие на интенсивность отбора влаги до достижения равновесной влажности, а также, модуль поверхности контакта ремонтного материала с материалом конструкции, определяемый геометрическими характеристиками дефекта конструкции.

На рис. 2 представлены результаты определения собственных деформаций и влагопотерь на образцах 40x40x160 мм, одна серия с модулем открытой поверхности $m=1,125$ (полностью открытая для высыхания поверхность), другая с модулем поверхности $m=0,125$ (гидроизолированный образец с частично открытыми для высыхания торцами) [3].

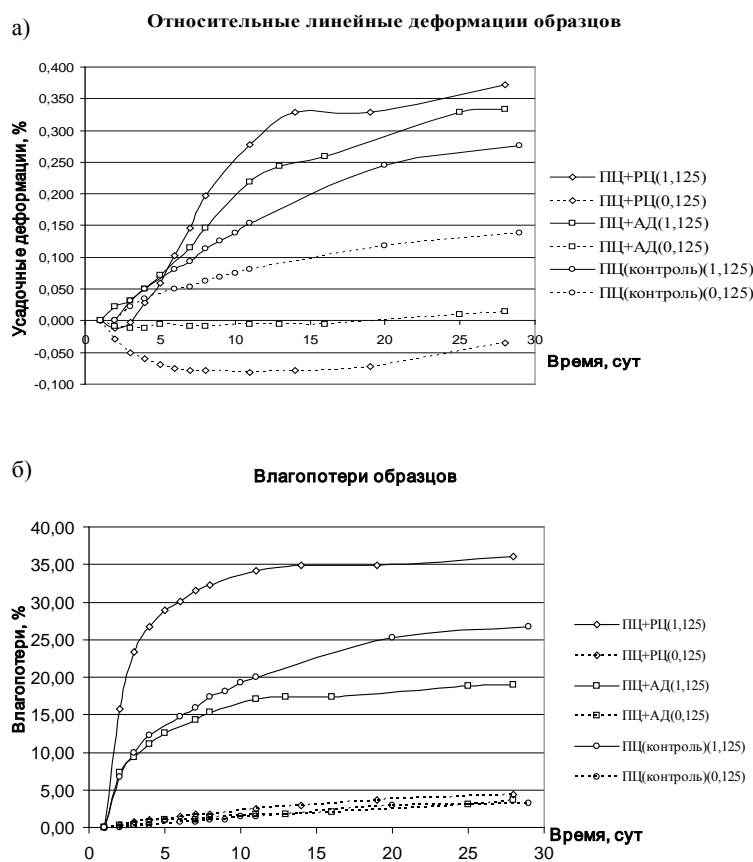


Рис. 2. Зависимости изменения величины усадочных деформаций (а) и влагопотерь (б) цементных паст с течением времени

Другим аспектом обеспечения надежности работы системы является обеспечение формирования прочностных характеристик: прочности ремонтного материала на растяжение и прочности его контакта с материалом конструкции.

Оценка монолитности системы

Поскольку инъекционный материал для ремонта мелких дефектов (неплотностей, трещин шириной раскрытия до 0,5 мм и менее) представляет собой модифицированную высокодисперсную бескаркасную систему (не содержащую грубодисперсных компонентов), имеет место склонность к проявлению значительных собственных деформаций усадки.

Расширение или удержание собственных деформаций ремонтного материала на нормируемом уровне при использовании расширяющихся компонентов, обеспечивается этtringит образующими фазами, что возможно только при определенном влагосодержании. При интенсивном отборе влаги происходит разложение этtringита [4], что приводит к проявлению значительных усадочных деформаций (рис. 2), а значит и напряжений в материале.

На рис. 3 представлены результаты определения напряжений растяжения и сдвига ремонтного материала в трещине при помощи зависимостей (5,6), которые дают возможность определения вероятности отказа системы, определяющегося как

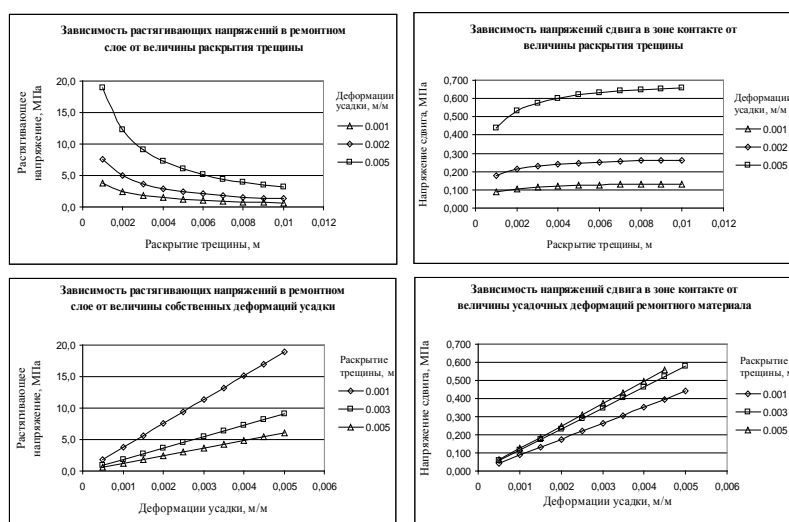


Рис. 3. Зависимости напряжений растяжения и сдвига в ремонтном слое от величин раскрытия трещин и собственных деформаций усадки

растрескивание ремонтного слоя или разрушение контакта.

Как видно из рис. 3, обеспечение надежной работы ремонтного материала в трещинах, шириной раскрытия 1 мм и менее, возможно только при ограничении величины усадочных деформаций величиной 0,001 м/м и менее, при условии формирования достаточных значений прочностных свойств.

Для более точного определения величины усадочных деформаций необходимо выявление зависимостей влагопотерь ремонтного материала от количественных параметров материала конструкции.

Выводы

Для получения эффективного ремонтного материала обеспечение требований по отдельным характеристикам является недостаточным. Только совместное рассмотрение ремонтного материала и материала подлежащей ремонту конструкции, как системы взаимодействующих факторов позволяет обеспечить необходимый уровень надежности ремонтной системы.

Выявление и анализ влияния параметров материала конструкции на эффективность работы ремонтной системы является одним из главных аспектов методики количественного проектирования ремонтных систем. Такой подход дает возможность предварительно оценить возможный результат ремонта, обосновать применение дополнительных технологических решений для компенсации негативных влияний.

Литература

1. Пшинько А.Н., Савицкий Н.В., Зинкевич А.Н. Инъекционный материал для ремонта железобетонных конструкций транспортных сооружений // Сб.науч.тр.: Строительство, Материаловедение, Машиностроение; Вып. №__. – Дн-ск: ПГАСиА, 2003.-С. __.
2. Горчаков Г.И., Михайловский В.П. О расчете трещиностойкости фактурного слоя панелей и блоков // Бетон и железобетон. – 1972. №5. – с. 26-27.
3. Зінкевич А.М., Пшінько О.М., Савицький М.В. Вплив вологовтрат ремонтного матеріалу на його деформаційну сумісність з матеріалом конструкції // Сб.науч.тр.: Строительство, Материаловедение, Машиностроение; Вып. №21. – Дн-ск: ПГАСиА, 2002.-С.97-102.
4. Минеральные вяжущие вещества: (технология и свойства). Учебник для вузов / А.В. Волженский, Ю.С. Буров, В.С. Колокольников.- 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1979. – 476 с.

РЕФЕРАТ

УДК 69.059.7

Оценка монолитности системы «ремонтный материал-конструкция» при инъекционном методе ремонта / А.Н.Пшинько, Н.В.Савицкий, А.Н.Зинкевич // Сб. науч. тр.: Строительство. Материаловедение. Машиностроение., Вып. № . ч. . – Дн-ск: ПГАСиА, 2000. С...

Рассматриваются некоторые вопросы надежности совместной работы системы ремонтный материал-конструкция, в зависимости от величины собственных деформаций ремонтного материала – модифицированной композиции на основе цемента, как функции условий среды работы материала в конструкции.