УДК 69.057.1

д.т.н., доц. Чуб А.А., д.т.н. доц. Доненко В.И.
Запорожская государственная инженерная академия

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ ПРИГОДНОСТИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ЗА СЧЕТ ПОВЫШЕНИЯ ГИДРОФОБИЗИРУЮЩИХ И МОРОЗОСТОЙКИХ СВОЙСТВ ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ

Представлены результаты исследований позволяющие повысить эксплуатационную пригодность железобетонных конструкций за счет повышения гидрофобизурующих и морозостойких свойств поверхностного слоя.

Ключевые слова: эксплуатационная пригодность, поверхностный слой.

Постановка проблемы. Наиболее эффективным методом восстановления разрушенной бетонной или железобетонной поверхности конструкций и сооружений для повышения гидрофобизирующих и морозостойких свойств поверхностного слоя является метод торкретирования. Это способ нанесения на поверхность разрушающейся конструкции одного, или нескольких слоев мелкозернистой бетонной смеси под давлением сжатого воздуха.

Основной материал исследования. В мировой строительной практике существуют две технологические концепции торкретирования: по мокрому и по сухому способу.

Мокрый способ торкретирования предусматривает технологию нанесения бетонной смеси, приготовленной в самой установке, которая поршневыми, роторными, или шнековыми насосными установками сплошным потоком транспортируется по гибкому рукаву, с условным проходом 50-70 мм к рабочему распылительному соплу, оснащенному смесительной камерой. В смесительной камере происходит процесс смешивания бетонной смеси со сжатым воздухом, имеющим рабочее давление 0,4-0,8МПа. Созданные в смесительной камере дополнительная скорость и давление обеспечивают возможность перемещения бетонной смеси на расстояние до нескольких метров от сопла до поверхности бетонирования. Оптимальное расстояние от сопла до бетонируемой поверхности регулируется консистенцией бетонной смеси, рабочим давлением сжатого воздуха и квалификацией исполнителя и составляет 0,4-0,6 метра. Однако, этот способ имеет ряд недостатков. Отсутствует возможность технологии силового- инерционного уплотнения бетонной смеси, для получения поверхностного слоя бетона восстанавливаемых конструкций высокой плотности, после его нанесения. Максимальная толщина

бетонирования при мокром способе составляет 30-35 мм. Дальнейшее увеличение толщины торкретбетона приводит к расслоению и сползанию бетонной смеси с поверхности бетонирования. Технология мокрого торкретирования приводит также к созданию многослойной конструкции, с несколько различающимися физико-механическими свойствами восстановленного слоя бетона, что увеличивает его неоднородность по прочности и морозостойкости.

При сухом способе торкретирования, под высоким давлением сжатого воздуха, сухая бетонная смесь заданного состава сплошным потоком поступает по гибкому материалопроводу к распылительному соплу, где в сухую бетонную смесь нагнетают воду, или водный раствор комплексных химических добавок. Происходит процесс смешивания сухой бетонной смеси с жидкой фазой затворения и выход ее из сопла. Оптимальное расстояние от сопла до бетонируемой поверхности определяется рабочим давлением сжатого воздуха и квалификацией исполнителя.

Сухую бетонную смесь для бетонирования под давлением методом торкретирования приготавливают в строгом соответствии с дозировкой, выданной строительной лабораторией, с учетом технологических потерь (отскоков от бетонируемой поверхности). Отличительной характеристикой сухого способа торкретирования под высоким давлением, с использованием скоростной силовой инерционной характеристики компонентов, входящих в состав бетонной смеси, является транспортировка бетонной смеси со скоростью в 4-5 раз большей скорости перемещения бетонной смеси в технологиях мокрого способа торкретирования. Каждая из перемещаемых по материалопроводу частиц бетонной смеси обладает кинетической энергией. Совокупная кинетическая энергия всех частиц, перемещаемых по материалопроводу, является источником силового инерционного уплотнения бетонной смеси на бетонируемой поверхности и получения поверхностного слоя бетона высокой плотности.

Важнейшим условием создания поверхностного слоя бетона с гидрофобизирующими свойствами, необходимой морозостойкостью и высокой однородностью свойств, является обеспечение возможно высокой прочности сцепления восстанавливаемого бетона с новым, поверхностным слоем бетона. В условиях знакопеременных температур, в процессе попеременного замораживания – оттаивания бетона, должна быть исключена, или сведена к минимуму возможность «отторжения» нового, восстановленного слоя бетона. Надежное сцепление слоев бетона имеет решающее значение в обеспечении условий работы конструкции, как структурно – целостной композиции.

Для обеспечения высокой прочности сцепления слоев бетона, автором

настоящей работы было предложено создать компенсирующий переходный слой, обеспечивающий условия совместной работы восстановленного бетона с новым поверхностным слоем бетона.

Компенсирующий переходный слой бетона между, восстанавливаемой бетонной конструкцией и новым, поверхностным слоем бетона, представляет собой композицию, представленную на рис.1.

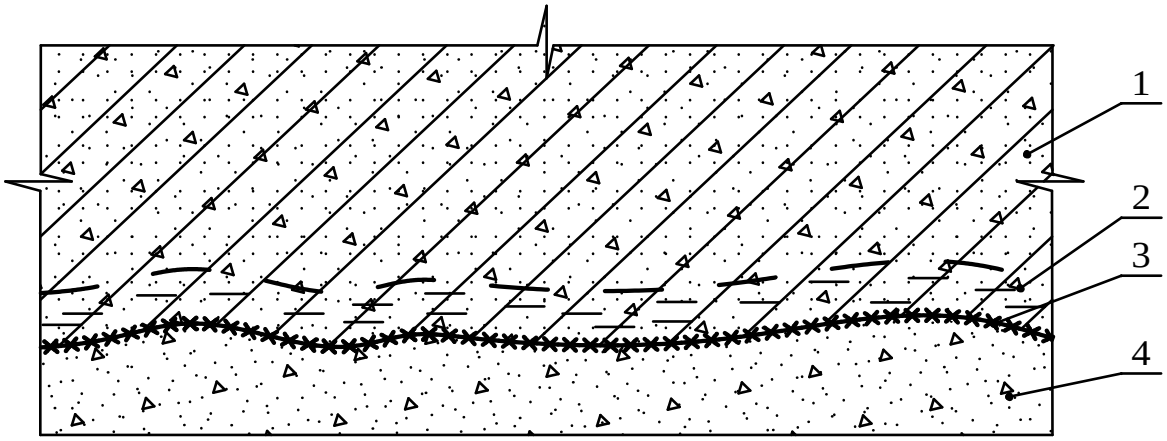

Рис. 1 Восстановленный поверхностный слой бетона с компенсирующим переходным слоем. 1 – восстанавливаемая железобетонная конструкция; 2 – компенсирующий слой в восстанавливаемом бетоне, пропитанный комплексной химической добавкой; 3 – слой сростания активированного цемента в восстанавливаемом бетона, с цементом нового, поверхностного слоя бетона; 4 – восстановленный поверхностный слой гидрофобизирующего и морозостойкого бетона.

Как видно из рис.1, компенсирующий переходный слой состоит из слоя восстанавливаемого бетона, пропитанного гарячим раствором комплексной химической добавки и слоя «сростания» активированного клинкерного фонда цемента, еще не вступившего в химическую реакцию, восстанавливаемого бетона с цементом нового, поверхностного слоя бетона.

Известно, что процесс гидратации портландцемента в бетоне длителен. По прошествии десятилетий степень гидратации цемента в бетоне не достигает 100% и составляет 80-90%, в зависимости от плотности цементного камня. Таким образом, в восстанавливаемой бетонной конструкции может находиться до 20 и более процентов клинкерного фонда цемента, еще не вступившего в химическую реакцию с водой.

Прочность «сросшихся» слоев бетона зависит от: возраста восстанавливаемого бетона, концентрации цемента в его объеме, на момент изготовления, концентрации цемента в единице объема и коэффициента нормальной густоты цементного теста нового, поверхностного слоя бетона. На рис. 2 и рис..3, представлены зависимости прочности сцепления опескоструенного в трехгодичном возрасте бетона с новым бетоном, в марочном и в годичном возрасте.

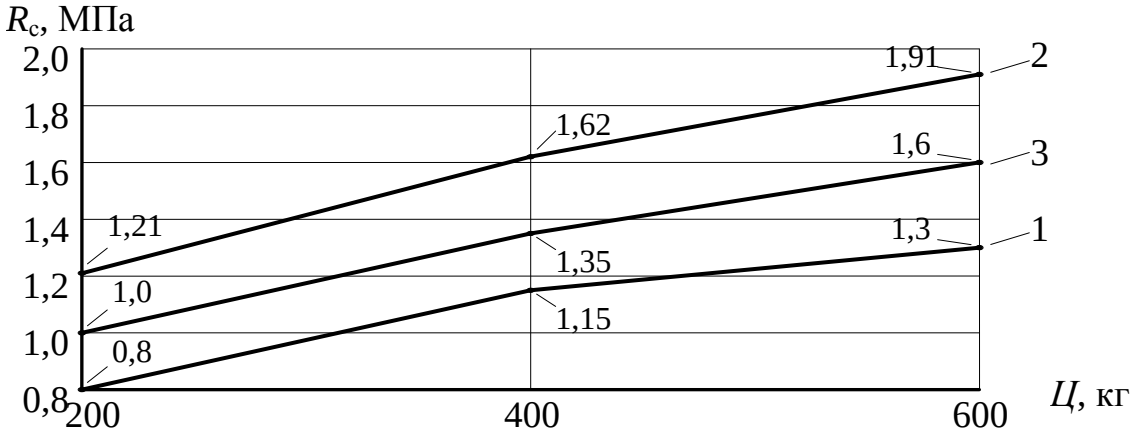

Рис.2 Зависимость прочности сцепления (R_c) мелкозернистого бетона с *Ц*/*П* =0,33; $K_{НГ}$ =1,0 в марочном возрасте, от расхода цемента (*Ц*) в восстанавливаемом бетоне трехгодичного возраста. 1, 2, 3 – проектное значение $K_{НГ}$ восстанавливаемого бетона, соответственно: 0,876; 1,0; 1,65.

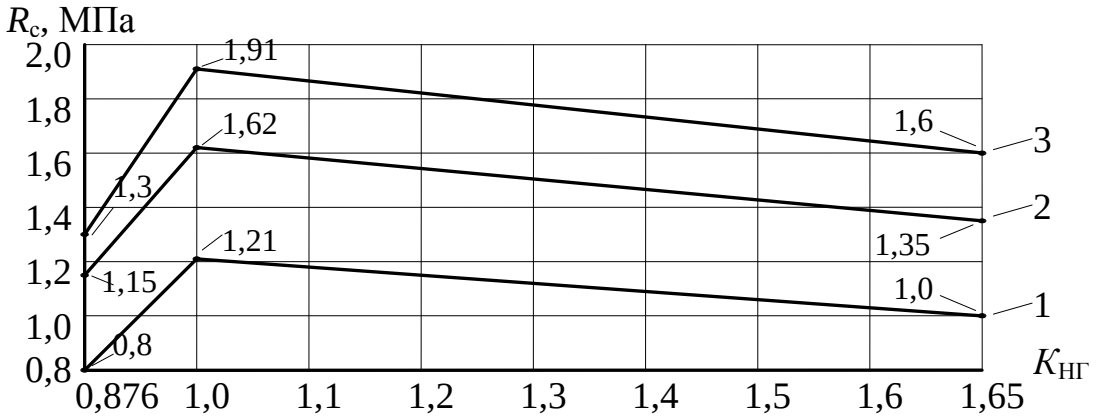

Рис.3 Зависимость прочности сцепления (R_c) мелкозернистого бетона с *Ц*/*П* =0,33; $K_{НГ}$ =1,0 в марочном возрасте, от проектного значения $K_{НГ}$ восстанавливаемого бетона в трехгодичном возрасте. 1, 2, 3 – расход цемента на м^3 в восстанавливаемом бетоне, соответственно: 200, 400, 600 кг.

Прочность сцепления слоев бетона определяли на специально приготовленных образцах бетона с помощью разрывной установки. Были изготовлены образцы бетона с расходом цемента на 1м³, соответственно: 200, 400 и 600 кг, размером 100×100×200мм, в которые, с одного торца в процессе изготовления, вставляли металлическую рифленую арматуру диаметром 16 мм, на глубину 175 мм. Образцы 28 суток хранили в пресной воде, затем 3 года в лаборатории при температуре 18-20°С и влажности окружающего воздуха 50-70%. Затем проводили испытания образцов бетона на разрыв обеспечивая шарнирный захват стальных стержней с обеих сторон. Во всех случаях, разрыв бетонных образцов происходил по контактному слою.

Как видно из рис.2, прочность сцепления слоев бетона увеличивается с увеличением расхода цемента на 1м³ бетона во всех случаях и зависит от величины концентрации цемента, как в старом, восстанавливаемом бетоне, так и в новом слое бетона. Как видно из рисунка 5.3, четкой зависимости прочности сцепления слоев бетона от коэффициента нормальной густоты цементного теста в бетонной смеси нового слоя бетона установить не удается.

В процессе длительной эксплуатации бетонных и железобетонных конструкций, с восстановленным поверхностным слоем бетона, должна быть исключена, или сведена к минимуму возможность отторжения поверхностного слоя в процессе попеременного замораживания – оттаивания бетона. Бетонная конструкция может быть водонасыщена, вследствие различных атмосферных и климатических факторов, а так же условий работы бетона.

Использование для поверхностного слоя бетона комплексных химических добавок позволяет существенно снизить объем образующегося льда в порах бетона и избежать аномальных деформаций в процессе его замораживания. Однако в зоне контакта восстанавливаемого бетона с новым слоем бетона эта возможность остается. Если допустить, что в процессе эксплуатации восстановленных бетонных и железобетонных конструкций в зоне контакта слоев происходит водонасыщение старого, восстановленного бетона, а затем его замерзание, то не сложно определить последствия. В процессе замерзания воды в капиллярно-пористой структуре старого бетона и превращения ее в лед, с увеличением объема до 9%, происходит «расшатывание» структуры бетона в контактной зоне слоев и отторжение поверхностного слоя бетона от восстановленной конструкции. В целях исключения, или сведения к минимуму возможности отторжения восстановленного слоя бетона, следует выполнить пропитку поверхности восстанавливаемого бетона комплексной химиической добавкой, на возможно большую глубину.

Состав комплексной химической добавки, используемой для пропитки бетона, в целях упрощения производства работ, следует использовать такой же, как и для затворения бетонной смеси. Таким образом, пропитывающий состав комплексной химической добавки является одновременно раствором – жидкой фазой, которая используется для затворения бетонной смеси при восстановлении поверхностного слоя бетона, в процессе производства работ.

Для большей эффективности пропитывающего действия комплексной химической добавки, ее перед использованием целесообразно подогревать до возможно большей температуры − +70°С + 90°С.

В результате применения горячего пропитывающего раствора комплексной химической добавки преследуются две цели. Во-первых, снижается вязкость пропитывающего раствора и, как следствие, повышается

его пропитывающая способность. Во-вторых, в процессе впитывания бетоном горячего раствора химических добавок, резко увеличивается объем выхода разогретого воздуха из пор бетона, а затем, в процессе быстрого остывания, объем его уменьшается и происходит процесс всасывания пропитывающего раствора на большую глубину. Происходит эффект «самовакуумирования» бетона.

Как показали результаты исследований, бетон пропитанный комплексной химической добавкой на основе суперпластификатора С-3, гидрофобизирующей добавки ГКЖ-11К и латекса (любой водной эмульсии полимера), не водонасыщается полностью при нахождении в воде. При замерзании такого бетона не происходит резких аномальных явлений расширения, вследствие образования льда в порах бетона. Не заполненный водой объем пор пропитанного бетона позволяет компенсировать напряжения в структуре цементного камня, вызванные процессами миграции воды в поровой структуре и льдообразования. Льдистость и объемная льдистость, пропитанного комплексной химической добавкой бетона, всегда меньше, в сравнении с не пропитанным бетоном.

Выводы. Таким образом, компенсирующий слой бетона, пропитанный комплексной химической добавкой, является переходным слоем, обеспечивающим надежность совместной работы слоев, как структурно-целостной композиции. Для принятия окончательного решения о технологии и способе нанесения модифицированного химическими добавками слоя бетонной смеси на восстанавливаемую поверхность, необходимо также учитывать критерии оценки степени разрушения поверхностного слоя бетонных и железобетонных конструкций.

Анотоція

У статті представлені результати досліджень дозволяють підвищити експлуатаційну придатність залізобетонних конструкцій за рахунок підвищення гідрофобізуючих та морозостійких властивостей поверхневого шару.

Ключові слова: експлуатаційна придатність, поверхневий шар.

Annotation

The paper presents the results of studies that improve the usability of concrete structures by increasing gidrofobizuruyuschih and frost-resistant properties of the surface layer.

Keywords: operational suitability, the surface layer.