

ОСОБЕННОСТИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Наведено результати експериментально-теоретичних досліджень з технології ремонтно-відбудовних робіт на спорудах спеціального призначення. Показано можливість підвищення експлуатаційних характеристик відновлених залізобетонних конструкцій за рахунок застосування модифікованих бетонів.

Представлены результаты экспериментально-теоретических исследований по технологии ремонтно-восстановительных работ на сооружениях специального назначения. Показана возможность повышения эксплуатационных характеристик восстановленных железобетонных конструкций за счет применения модифицированных бетонов.

The article presents the results of experimental and theoretical research on the technologies of repair and reconstruction works at the special purpose structures. A possibility has been shown of increasing operational performance of the renovated reinforced-concrete structures on account of using modified concretes.

При длительных сроках эксплуатации зданий и сооружений специального назначения возникает необходимость решения проблемы восстановления их эксплуатационных характеристик. Это особенно актуально для конструкций, работающих в агрессивных средах, поскольку такие условия часто приводят к потере их несущей способности. К таким конструкциям относятся пролетные строения мостов и эстакад, дымовые трубы, несущие каркасы и ограждающие элементы сооружений.

Проведение ремонтно-восстановительных работ – это трудоемкий и дорогостоящий процесс, требующий разработки технических решений в каждом конкретном случае. Следует отметить, что традиционные способы ремонта заключаются чаще всего в полной замене поврежденных элементов конструкций или же в устройстве различного рода обойм. Однако замена поврежденных элементов конструкций зачастую невозможна по техническим причинам.

Проведение ремонта с применением традиционных бетонных смесей во многих случаях не приводит к полному восстановлению эксплуатационных характеристик конструкций вследствие относительно слабой адгезии ремонтного слоя с поверхностью конструкции [1]. Традиционные технологии отличаются высокой материалоемкостью и не позволяют осуществлять ремонтные работы без остановки технологического процесса.

Как показывает практика, восстановление несущей способности бетонных и железобетонных конструкций, эксплуатирующихся в агрессивных средах, является наиболее специфичным в отличие от стальных, деревянных и других конструкций.

В современных условиях наиболее часто их восстановление производится на основе обычных бетонов. Однако, как показали исследования, рядовые бетоны не отличаются универсальностью применения для различных видов ремонта. Например, при восстановлении гидроизоляционных и несущих способностей конструкций помещений, находящихся ниже уровня чистого пола, особое внимание уделяется исключению формирования флюидопроявляющих каналов. Особенно важно решение этого вопроса при проведении ремонтных работ в подвальных помещениях, расположенных в зоне повышенного уровня грунтовых вод. Формирование таких каналов возможно как на ранней стадии твердения цементно-песчаного раствора, инъецированного в трещины и макропоры, так и в более поздний период вследствие контракции цементного камня.

Отмеченные недостатки могут быть устранены применением коррозионно-стойких модифицированных бетонов, причем такие материалы должны применяться наряду с традиционными строительными материалами. Учитывая современное экономическое положение, в котором находится Украина, такими областями являются, прежде всего, ремонт и восстановление несущих и ограждающих конструкций, подвергающихся постоянному воздействию агрессивных сред, сооружений, эксплуатирующихся в условиях обводненности, где обычный бетон и сталь не могут быть эффективно использованы. Высокие показатели статической и динамической прочности, износостойкости и химической стойкости модифицированных бетонов позволяют применять их при устройстве хи-

мически стойких полов, емкостей и трубопроводов для хранения и транспортировки агрессивных и биологически активных жидкостей, при строительстве канализационных систем и др.

Причиной нарушения монолитной структуры отремонтированной конструкции является недостаточная прочность сцепления наносимого слоя с материалом поверхности нанесения. Прочное сцепление нового бетона с поверхностью ремонтируемой конструкции имеет решающее значение для восстановления или повышения несущей способности, а также прочности швов и стыков в конструкциях сооружений.

Для получения прочного сцепления необходимы два условия: способность малого объема или малой толщины слоя бетона набирать надлежащую прочность; высокое качество поверхности в месте контакта нового бетона со старым. Усадка и ровная поверхность бетона не являются основными причинами, нарушающими прочное сцепление нового бетона с поверхностью нанесения [2].

Соблюдение приведенных двух основных условий зависит от ряда физико-химических факторов. Основным фактором, оказывающим отрицательное влияние на течение процессов гидратации вяжущего в тонком слое нового бетона, помещенного на ремонтируемую бетонную поверхность или в бетонный шов, является удаление из него воды путем испарения с поверхности и вследствие водопоглощения бетонной поверхностью сооружения. Наиболее благоприятные

условия для течения процессов гидратации вяжущего в тонком ремонтном слое бетона создаются при уменьшении продолжительности действия испарения и водопоглощения, а также при уменьшении величины этих факторов [3].

Такие условия создаются при применении в составе бетонной смеси модифицированной цементной системы. Такая смесь характеризуется высокой водоудерживающей способностью, а также сокращением сроков схватывания и твердения. Поскольку в составе цементной системы содержится высокодисперсный активный кремнезем, то при химическом взаимодействии его со свободной известью образуется дополнительное количество гидросиликатов кальция, способствующих уплотнению цементной матрицы. Этот факт также способствует повышению водонепроницаемости ремонтного слоя. Свойство гигроскопичности аэросила способствует поддержанию влажного режима в твердеющем бетоне. По этой же причине ремонтный слой бетона не требует тщательного ухода.

Исследования осуществлялись в двух направлениях: определение влияния условий твердения на величину адгезии и характер кристаллизации новообразований в зоне контакта; определение роли физико-химических процессов в формировании контактной зоны во времени.

Результаты исследований приведены в табл. 1. В исследованиях использован портландцемент М400.

Таблица 1

Прочность сцепления бетона с восстанавливаемой поверхностью конструкции

Условия твердения	Прочность на сдвиг, МПа			
	обычного бетона с поверхностью		модифицированного бетона с поверхностью	
	естественной	очищенной	естественной	очищенной
Нормальные	2,21	2,64	4,83	5,74
Естественные 15...27 °С	2,13	2,51	4,19	5,64
Естественные 5...12 °С	2,07	2,29	4,11	5,59

Примечание. Приведены средние результаты по испытанию 6 образцов.

Проведя анализ полученных результатов, можно заключить, что прочность сцепления модифицированного бетона независимо от условий твердения и состояния поверхности конструкции превышает прочность сцепления обычного бетона практически в 2 раза.

Таким образом, условия твердения и состояние поверхности не оказывают отрицательного влияния на величину сцепления при применении модифицированной цементной системы.

Для выяснения причин изменения силы адгезионного сцепления нового бетонного покрытия различного состава исследованы состав и характер новообразований в зоне контакта. Принято положение, что поверхность старого бетона является подложкой, на которой прежде всего возникают зародыши новой фазы – продукты гидратации цементной матрицы. Сила адгезии нового бетонного покрытия и поверхности нанесения, главным образом, определя-

ется характером взаимодействия и срастания гидратных новообразований в зоне контакта с кристаллогидратами старого бетона. Состав новообразований в зоне контакта определяли непосредственно с контактируемых поверхностей методами электронной микроскопии и рентгенофазового анализа.

Одной из причин развития деструктивных процессов в контактной зоне цементной матрицы является кристаллизация и превращение сульфатсодержащих фаз. Возникающие в этом случае деструктивные процессы обусловлены частичным распадом гидросульфоалюмината

кальция, выкристаллизовавшегося на ранних стадиях гидратации и входящего в кристаллизационный каркас цементной матрицы (т. н. первичный этtringит), а также кристаллизацией гидросульфоалюмината кальция в поровом пространстве цементной матрицы в более поздние сроки, когда сформировалась структура твердения (вторичный этtringит).

Количество образующегося первичного этtringита, который наряду с другими кристаллогидратами формирует начальную структуру твердения цементной матрицы, зависит от химико-минералогического состава клинкера (табл. 2).

Таблица 2

Количество сульфата, связанного в гидросульфоалюминат кальция в процессе гидратации

Время, ч	Количество сульфата, связанного в гидросульфоалюминат кальция, % общего содержания		
	Сульфатостойкий амвросиевский	Среднеалюминатный балаклеевский	Портландцемент криворожский
0,16	10,5	2,7	31,1
1,00	11,2	3,5	47,2
2,00	11,2	8,3	50,9
3,00	17,4	13,0	54,0
4,00	17,4	16,1	63,3
5,00	18,0	16,8	63,3
6,00	18,6	18,6	63,3
8,00	19,0	19,3	65,2
12,00	19,9	19,9	67,7
18,00	19,9	19,8	68,9
20,00	38,5	20,5	72,0
24,00	42,8	20,5	72,9

Экспериментально установлено, что состав новообразований в зоне контакта обычного ремонтного слоя бетона примерно одинаков независимо от условий твердения и представлен гидроксидом кальция, значительным количеством трехсульфатной формы гидросульфоалюмината кальция, а при ремонте необработанной поверхности еще и кальцитом. Рентгенографически отождествлены: $C_3A(CS)_3H_{31}$ с межплоскостными расстояниями $d = 9,8; 5,6; 3,85 \cdot 10^{-10}$ м; C_4AH_{13} с $d = 7,7...7,8; 3,34 \cdot 10^{-10}$; $Ca(OH)_2$ с $d = 4,91; 2,61; 1,79 \cdot 10^{-10}$ м; гидросиликаты кальция – увеличение линий с межплоскостными расстояниями $d = 3,03; 1,87 \cdot 10^{-10}$ м; $\beta-SiO_2$ с $d = 4,24; 2,45; 2,12; 1,81 \cdot 10^{-10}$ м. Степень гидратации, определенная по величине линий с меж-

плоскостными расстояниями $d = 2,74...2,78 \cdot 10^{-10}$ м, принадлежащих $\beta-C_2S$ и C_3S , у образцов модифицированного бетона несколько выше, отмечен рост количества гидросиликатных фаз.

На дифрактограммах проб контактной зоны модифицированного бетона с поверхностью нанесения как в возрасте 3 сут., так и 28 сут. пики с $d = 9,8$ и $5,6 \cdot 10^{-10}$ м, соответствующие трехсульфатной форме гидросульфоалюмината, отсутствуют, а фиксируются пики с $d = 8,9; 4,48 \cdot 10^{-10}$ м, соответствующие $C_3A(CS)H_{12}$.

Таким образом, модифицирование цемента диэтиленгликоляэросилом создает условия для образования моносульфатной формы гидросульфоалюмината кальция, что способствует возникновению пространственной структуры, не проявляющей в более поздние сроки дест-

руктивных явлений вследствие перекристаллизации тригидросульфата алюмината кальция.

Кроме того, установлено, что введение модификатора в состав бетонной смеси вызывает изменение кинетики гидратации цементной системы, содержание гидросиликатов кальция увеличивается на 13...18 % в течение 28 сут. твердения в сравнении с контрольным составом обычного бетона. Это объясняется возбуждающим эффектом супердисперсного аэросила.

Таким образом, можно сделать вывод, что прочность сцепления бетонного покрытия с поверхностью нанесения зависит от состава и характера кристаллизации новообразований

в зоне контакта, а также от степени их взаимодействия с кристаллогидратами старого бетона.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Шестоперов С. В. Долговечность бетонов транспортных сооружений. – М.: Транспорт, 1966. – 278 с.
2. Прочность, структурные изменения и деформации бетона / Под ред. А. А. Гвоздева // НИИЖБ Госстроя СССР. – М.: Стройиздат, 1987. – 299 с.
3. Михайлов К. В. Бетон и железобетон в строительстве / К. В. Михайлов, Ю. С. Волков. – М.: Стройиздат, 1987. – 104 с.

Поступила в редколлегию 17.11.2005.