

МИНЕРАЛЬНО-ОРГАНИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ ДЛЯ МОНОЛИТНОГО БЕТОНИРОВАНИЯ И ВОССТАНОВЛЕНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Ковальчук В.А., Мельникова А.С.

Криворожский национальный университет, Украина

Монолитность бетонных и железобетонных конструкций является одним из основных факторов их прочности. Обеспечение надежной монолитности необходимо при укладке бетона в массивных сооружениях с перерывами в бетонировании, изготовлении сборно-монолитных конструкций и омоноличивании стыков сборных железобетонных элементов, заделке трещин в бетонных массивах, ремонте дорожных и аэродромных покрытий, а также в различных восстановительных работах.

Совместная работа этих бетонов обеспечивается качеством их контактной зоны, что характеризуется в первую очередь сплошностью контакта и его адгезионной прочностью.

“Приклеивание “ свежееуложенного бетона к затвердевшему осуществляется за счет способности цемента входящего в состав свежееуложенного бетона вступать во взаимодействие с компонентами затвердевшего, т.е. за счет возникновения химического типа связей.

В результате исследований утверждается, что наивысшая прочность сцепления «старого» и «нового» бетонов обеспечивается в том случае, если состав цементов в новом и старом бетонах одинаков. Предполагается также, что при склеивании между бетонами происходят химические реакции, и на качество сцепления огромную роль оказывает химический состав контактного слоя склеиваемых бетонов. Существующие химические методы подготовки поверхности затвердевшего бетона не приводят к высокому качеству склеивания бетонов. Подбор одинаковых составов цемента для обеспечения высокой прочности сцепления бетонов возможен лишь в случае монолитного бетонирования. При ремонтных и восстановительных работах это не представляется возможным.

К строительным клеям предъявляются следующие основные требования:

1. Клей должен иметь хорошую адгезию к склеиваемым материалам и не вызывать при этом их разрушение или деформацию. Внутренние

напряжения в клеевом шве должны быть по возможности минимальными.

2. При оценке прочностных свойств клеевого сопряжения следует исходить из реальных условий его эксплуатации. Клеевое сопряжение должно иметь определенную прочность на отрыв, растяжение.

3. Клеевое сопряжение должно иметь определенную длительную прочность, стойкость к старению и обеспечивать требуемый срок службы склеиваемого материала в целом.

4. Клей должен быть недефицитным и недорогим. [1].

Процесс склеивания состоит из двух стадий – прилипания и собственно склеивания. Первая стадия должна обеспечивать наилучший контакт и взаимодействие со склеиваемой поверхностью, вторая гарантировать нормальную работу клеевого шва в эксплуатации под воздействием влаги, температуры и других факторов [2].

Работу адгезии можно описать уравнением

$$W_a = W_1 \cdot n,$$

где W_1 – энергия единичной адгезионной связи;

n – количество связей.

Исходя из этого, при одной и той же величине энергии единичной связи увеличение количества связей (контактов) - n приводит к увеличению адгезии. Увеличение же количества связей - n происходит при адсорбции составляющих цемента – компонента свежесушеного бетона на поверхности затвердевшего [3].

Природа сил адгезии определяется характером молекул, находящихся в контакте. Главный фактор в строении полярных молекул – электрические заряды, неравномерно распределенные между атомами в молекуле: в одной части преобладают положительные, в другой отрицательные заряды. Мерой полярности таких молекул служит дипольный момент – расстояние между центрами зарядов. Взаимодействие между полярными молекулами определяется ориентационным взаимодействием. К полярным веществам относятся кислоты, эфиры, многие полимеры, окисленные поверхности многих металлов. Неполярные молекулы под действием соседних полярных молекул или ионов могут сравнительно легко поляризоваться, в результате чего возникают наведенные индукционные диполи. Взаимодействие молекул под воздействием таких диполей называют индукционным. Для него характерно более слабое сцепление между молекулами, чем при взаимодействии постоянных диполей.

Как известно [4], мгновенные диполи, возникающие в атомах и молекулах при вращении электронов вокруг ядер, тоже приводят к вза-

имному притяжению молекул (или отталкиванию при тесном сближении молекул).

Любая поверхность раздела фаз всегда является источником силового поля. Это все относится и для высокодисперсных систем состоящих из двух и более фаз в которых внешней непрерывной средой (дисперсионной средой) служит жидкость, а внутренней прерывной (дисперсной фазой) – мельчайшие твердые частицы. При большом разнообразии высокодисперсных систем их объединяет очень развитая поверхность раздела фаз. Молекула в объеме окружена со всех сторон такими же молекулами, поэтому силы молекулярного взаимодействия между молекулами уравновешены. На молекулу находящуюся в поверхностном слое со стороны нижележащих слоев действуют значительно большие молекулярные силы, чем на молекулу находящуюся в объеме. Создается нуравновешенность, нескомпенсированность молекулярных сил на границе раздела двух фаз. Мерой напряженности силового поля, т.е. избытка свободной энергии, приходящейся на единицу поверхности раздела двух фаз, служит величина удельной поверхностной энергии σ , называемая для жидких сред поверхностным натяжением. Зная величину σ и площадь поверхностного слоя s , можно вычислить свободную поверхностную энергию F :

$$F = s\sigma.$$

Высокоразвитая поверхность раздела фаз обуславливает значительный избыток свободной энергии в поверхностном слое, поэтому эти системы неустойчивы. Следовательно, такие системы при постоянных объеме и температуре будут самопроизвольно, т.е. без приложения внешнего воздействия, повышать свою устойчивость путем уменьшения избытка свободной энергии в поверхностном слое:

$$F = \sigma\Delta s + s\Delta\sigma.$$

Из формулы видно, что это может произойти либо за счет уменьшения величин поверхности раздела фаз путем слипания твердых частиц, т.е. за счет коагуляции, либо за счет уменьшения поверхностного натяжения $\Delta\sigma$.

Первый случай приводит в конечном счете к разрушению коллоидных систем, второй позволяет их стабилизировать [5].

Таким образом, нестабильность коллоидных систем обусловлена большой поверхностью раздела фаз; укрупнение в таких системах – термодинамически выгодный процесс, поскольку он приводит к уменьшению их свободной поверхностной энергии. Однако в зависимости от сродства дисперсной фазы и дисперсионной среды процесс слипания частиц протекает по разному: в том случае, если дисперсионная среда не смачивает частицы дисперсной фазы, т.е. не имеет с ними

средства, то говорят о гидрофобных коллоидных системах, если хорошо смачивает их – о гидрофильных. Количественной характеристикой гидрофобности и гидрофильности может служить равновесный угол, образованный каплей жидкости, нанесенной на поверхность твердой дисперсной фазы. Если угол острый, это говорит о хорошей смачиваемости жидкостью твердого тела, если тупой – о его гидрофобности. В случае гидрофильных коллоидных систем при медленном сближении частиц дисперсной фазы прослойка жидкости между ними вначале будет утоньшаться без затраты работы и изменения свободной энергии системы. Однако начиная с некоторого расстояния $H = 2h$, где h – толщина оболочки вокруг каждой из частиц, необходимо учитывать силы молекулярного взаимодействия дисперсионной среды и дисперсионной фазы. Толщина прослойки H зависит от степени этого взаимодействия. В случае значительных сил молекулярного сцепления дисперсионной среды и дисперсной фазы $H = 10^5$ см их дальнейшее медленное сближение вызывает увеличение избытка свободной энергии ΔF и, следовательно самопроизвольно протекать не будет.

Стабильность такой коллоидной системы обусловлена «расклинивающим давлением», возникающим в прослойке жидкости между частицами дисперсной фазы. Зная причины и механизм разрушения таких систем можно решить вопрос об их стабилизации за счет понижения поверхностного натяжения на границе раздела фаз.

Одним из способов уменьшения поверхностного натяжения заключается в использовании поверхностно-активных веществ, присутствие которых приводит к снижению значения σ , тем большему чем выше их концентрация. К числу таких веществ относятся органические молекулы с ассиметричным строением, например высшие жирные кислоты и их соли (мыла). По мере повышения концентрации поверхностно-активных веществ они занимают все более ориентированное положение в поверхностном слое, располагаясь в виде «молекулярного частокола». Важной особенностью таких поверхностно-активных веществ с ассиметричным расположением молекул является то, что их концентрация в поверхностном слое всегда выше, чем в объеме жидкости. Такое увеличение концентрации вводимых веществ на границе раздела фаз приводит к адсорбции;

Итак, термодинамические законы позволяют обосновать факт подъема смачивающей жидкости по капиллярам, например в толщу бетона.

Высокое значение адгезии обеспечивается при контакте близких по природе веществ. При большом средстве материала клея и приклеиваемого тела на границе между ними может возникнуть и более прочное

взаимодействие, обусловленное силами химической связи. Поскольку неорганические связующие не всегда могут обеспечить всей совокупности требований предъявляемых к шву, то при склеивании двух бетонных поверхностей применяют органические материалы. В этом случае молекулы состоящие из неполярного органического радикала и полярной группы, дефильны, поэтому они ориентируются своей полярной группой в сторону гидрофильного бетона, а неполярной – в сторону гидрофобной органической составляющей [4,5]. Исходя из вышесказанного представляется возможность совмещения между собой минеральных составляющих и органических связующих для получения клея.

Установлено, что адсорбционная активность жирных кислот зависит также от ненасыщенного углеводородного радикала. Практика показывает, чем более ненасыщен радикал, тем большей адсорбционным действием обладает карбоксилудерживающий реагент. Это присуще ряду жирных кислот олеиновой, линолевой, линоленовой, адсорбционная активность которых соответственно возрастает [6].

Ссылаясь на известные исследования в области адсорбции разных органических веществ на поверхности твердых тел и их адгезионного сцепления, разработан минерально-органический материал (МОМ), действие которого основано на повышенной адсорбции эфиров к железосодержащим веществам и взаимодействия глицерина с кальциевой составляющей этого материала.

Опытами установлено, что введение в систему «глицериды ненасыщенной жирной кислоты – железосодержащее вещество» окисла щелочноземельного металла – кальция способствует повышению прочности сцепления этой системы с бетоном.

Однако, как показали опыты, компоненты, которые содержат кальций, по прочности сцепления МОМ с бетоном можно разложить в последовательный ряд по уменьшению прочности сцепления МОМ с бетоном: портландцемент > известь > мел > гипс.

Твердение (набор прочности) иногда сопровождается не только упрочнением, но и замедлением роста и даже снижением прочности, вызванным деструктивными процессами.

При оценке долговечности клеевых соединений концентрация напряжений в соединении может искажать характер временной зависимости прочности. Высокодисперсный наполнитель, которым является кальциевая составляющая в составе МОМ, вводят также для упрочнения, сближения температурных коэффициентов клея и склеиваемого материала и уменьшения усадочных явлений.

Для изучения влияния возраста МОМ, а, следовательно, степени его отверждения на прочность соединений испытаны при растяжении в двух сериях экспериментальные образцы соединений МОМ с бетоном. К моменту испытания возраст МОМ в образцах I и II серий составил соответственно 28 и 365 сут.

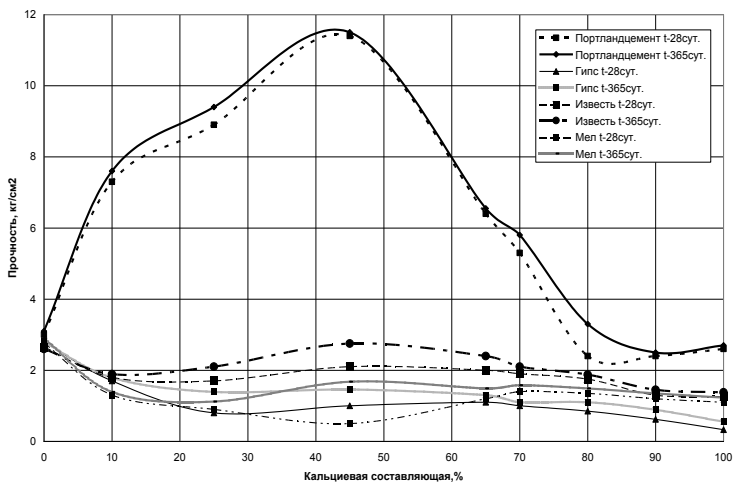


Рисунок 1. Прочность сцепления МОМ с бетоном во времени

Кроме этого определено, что влажность бетона, на который наносится полученный материал не влияет на прочность их сцепления. Как показали результаты исследований, прочность сцепления минерально-органического материала зависит от его состава, достигая величины когезии цементных бетонов, на поверхность которых его наносили и, практически не зависит от состава и вида таких бетонов. Проведенные исследования показали возможность применения разработанного минерально-органического материала при монолитном строительстве для увеличения прочности рабочих швов, или при ремонте строительных конструкций путем обетонирования.

Результаты проведенных исследований позволяют сделать следующие

Выводы:

1. Разработанный минерально-органический материал на основе глицеридов, минералов, которые содержат железо, и веществ, которые содержат кальций, имеет высокую прочность сцепления с бетоном.

2. С помощью разработанного материала можно образовывать прочное сжатие между железобетонной конструкцией и бетоном усиливающих ее элементов, а также обеспечивать высокую прочность рабочих швов при бетонировании монолитных конструкций.

3. Наличие в составе разработанного материала ионов кальция приближает его состав к составу поверхностного слоя цементного бетона, который покрывается продуктами взаимодействия разработанного материала с минералами на основе кальция - продуктами гидратации цементного бетона. Это обеспечивает повышение адсорбции материала на поверхности цементного бетона и, как следствие, повышение их адгезионной связи.

4. Прочностные показатели сцепления минерально-органического материала при длительном наборе прочности с течением времени не ухудшились, напротив наблюдается рост прочности сцепления МОМ с бетоном.

Summary

Questions and principle of process of agglutination are considered, the requirements of reliable connection of the glued together materials are formulated. Physical and chemical sense of nature of forces of adhesion, co-operations of components of the got mineral-organic material, is explained for the receipt of set his cohesion.

Литература

1. Микульский В.Г., Козлов В.В. Склеивание бетона.- М.: Стройиздат, 1975. – 236 с.
2. Кротова Н.А. Склеивание и прилипание. - М.: Изд-во АН, 1960. – 238 с.
3. Шишкин А.А. Специальные бетоны для усиления строительных конструкций эксплуатирующихся в условиях действия агрессивных сред: Дис. . докт. техн. наук. – Кривой рог; 2003. – 336 с.
4. Кузнецова Т.В., Кудряшов И.В., Тимашев В.В. Физическая химия вяжущих материалов. – М.: Высш.шк., 1989. – 384 с.
5. Ратинов В.Б., Иванов Ф.М. Химия в строительстве. – М.: Стройиздат, 1969. – 198 с.
6. Вопросы теории и технологии флотации: Труды института Механобр. – Вып.124. – Л.: Отраслевое бюро технической информации института Механобр, 1959. – 392 с.