

Е.Е. Шамис, А.А. Избында, М.И. Присяжнюк

Использование композитного материала на основе базальтового волокна для защиты от затопления

Abstract

Proposed work to apply for protection from flooding when water levels rise with the elements of basalt concrete, with the study of the effect of pH. The basic material used in the protective concrete elements forming the mixture with the reinforcement of basalt fiber which are activated.

Rezumat

În lucrare sunt propuse elementele din bazaltobeton solicit a protecție împotriva inundațiilor, atunci când nivelul apei crește cu studiul de efectul pH. Ca material de bază utilizate în elemente de protecție activate de beton amestec de formare armature basalt fibrous.

Резюме

Предложено в работе применить базальтобетонные элементы для защиты от затопления при подъеме уровня воды с исследованием влияния величины pH. В качестве основного материала в защитных элементах использовать активированные бетонные формовочные смеси из базальтоволокнистой арматуры.

Долгое время развитие технологии бетонов шло по пути изучения свойств и возможностей эффективного использования цемента и заполнителей. Меньше внимания уделялось исследованиям свойств воды затворения. Вместе с тем вода является равноправным участником формирования структуры цементного камня и бетона, а ее состояние и способ подготовки во многом определяют характер процессов гидратации и структурообразования цементных систем. Вода – единственный компонент цементных систем, инициирующий реакции для получения композитного материала. Несмотря на элементарность химического состава, вода обладает довольно сложной структурой.

Оказалось, что при подаче в воду воздуха в количестве 0,05–0,1л/мин скорость коррозии увеличивается в 2–3 раза. Причины этого явления различны: это связано и с ускорением доставки кислорода к поверхности металла, и с ускоренным разрушением непрочных пассивирующих пленок или рыхлого твердого осадка и т.д.

Хотя повышение концентрации кислорода вначале и ускоряет коррозию железа, однако при концентрации кислорода выше некоторого значения скорость коррозии снова уменьшается. Эта величина значительно зависит от присутствия в воде солевых добавок.

В дистиллированной воде предельная концентрация кислорода, выше которой коррозия опять снижается, составляет около 12 мг O₂/л. С увеличением концентрации растворенных солей и повышением температуры это значение обычно возрастает, а с увеличением скорости перемешивания и рН–снижается. Все коррозионные процессы являются сопряженными и поэтому строго эквивалентными друг другу. Материальный расход анодных участков и составляет коррозионное разрушение.

В результате коррозии образуются растворимые или нерастворимые продукты коррозии. С увеличением содержания кислорода или скорости водообмена происходит окисление гидрозаиси железа до гидроокиси – обычной красной ржавчины. Последняя обладает значительно меньшей растворимостью. Растворимость ее со временем уменьшается, так как происходит преобразование богатого водой студенистого очень объемного осадка гидроокиси железа в твердый, бедный водой осадок. Такая «состарившаяся» ржавчина обладает исключительной стойкостью и сопротивляемостью даже в сильно агрессивных растворителях.

Максимальная коррозия наблюдается при температуре около 80°C и составляет для стали Ст.3 порядка 0,55–0,6 мм/год (при солесодержании менее 1 г/л). Замедление коррозии при температурах выше 80°C вызвано значительным понижением растворимости кислорода в воде по мере возрастания температуры, и этот эффект перекрывает ускоряющее влияние температуры. Эти данные относятся к открытым системам, в которых возможно беспрепятственное выделение растворенного кислорода.

В замкнутой системе кислород выделяться не может, и скорость коррозии в зависимости от температуры растет до тех пор, пока не израсходуется весь кислород.

Влияние величины рН на скорость коррозии стали Ст.3 характеризуется тем, что в области рН от 4,0 до 10,0 скорость коррозии не зависит от реакции среды (численные значения зависят только от солесодержания растворов). При этом основной диффузионный барьер из гидратированной закиси железа непрерывно обновляется в результате коррозионного процесса. Независимо от величины рН (в пределах данной области) поверхность железа всегда находится в контакте со щелочным, насыщенным гидратированной закисью железа, раствором, рН которого составляет 9,5. В кислой области (рН<4,0) пленка закиси железа растворяется, рН на поверхности металла падает, и железо переходит в более или менее непосредственное соприкосновение с окружающей водной средой.

Увеличение щелочности среды выше $pH=10,0$ приводит к повышению pH раствора на поверхности металла. Скорость коррозии уменьшается (при $pH=12,4$ $A=0,06-0,07$ мм/год), железо в присутствии щелочей и растворенного кислорода начинает все более и более пассивироваться. Таким образом, скорость коррозии стали Ст.3 зависит от концентрации в воде кислорода, температуры, солесодержания растворов и скорости перемешивания или движения воды и не зависит от реакции среды в области $pH=4,0-10,0$. В пресных водах или сильно засоленных (морская вода) наблюдаемые скорости коррозии практически одинаковы.

Наряду с широким применением железобетонных материалов, по нашему мнению, заслуживают композиционные материалы, в которых роль матрицы выполняет цементный камень, полученный на основе порландцемента, а в качестве арматуры используются различные минеральные и полимерные волокна, а также металлические сетки и стружка. Волокна обеспечивают трехмерное укрепление бетона в сравнении с традиционной арматурой, которая обеспечивает двухмерное укрепление.

Эффективным является способ модифицирования вяжущих смесей базальтовыми, полипропиленовыми и металлическими волокнами. У каждого композита с различными армирующими материалами есть достоинства и недостатки, но авторы отдают предпочтение композитам с использованием в качестве армирующего материала базальтовых волокон.

Структура бетона при использовании базальтовых волокон приближается к структуре с арматурой из стальных сеток, но базальтобетон имеет более высокую прочность, потому что армирующее его базальтовое волокно имеет более высокую степень дисперсности в армируемом камне, а само волокно имеет более высокую прочность, чем стальная сетка. Базальтобетонные конструкции могут выдерживать большие напряженные деформации, благодаря тому, что само волокно при растяжении пластических деформаций не имеет, а по упругости превосходит сталь. При этом относительная деформация цементного камня без образования трещин достигает 0,9–1,1%. Такая деформация в 45–55 раз превышает граничное удлинение неармированного цементного камня. Однако при твердении цементного камня образуется агрессивная среда, которая разрушает поверхность волокна, образуя при этом раковины, а прочность волокна уменьшается незначительно до 15%. Но за счет раковин прочность сцепления камня и волокна увеличивается и соответственно прочность самой конструкции возрастает. При

использовании грубых волокон (более 40 мкм) их прочность практически не уменьшается. Увеличение прочности цементного камня происходит за счет влияния базальтового волокна на концентрации напряжений в местах ослабленных структурными дефектами, либо повышенной пористости.

Волокна, произведенные из химически инертных горных пород, не вступают в реакцию с солями или красителями и потому вяжущие смеси с добавками волокна могут применяться при строительстве морских сооружений в архитектурном строительстве при производстве конструкций со сложными поверхностями, декоративном бетоне. Применением базальтового волокна предохраняет бетонные покрытия от проникновения антиобледеняющих солей и агрессивных веществ, повышает жесткость поверхности.

В результате исследований установлено, что введение в цементную матрицу базальтовых волокон позволяет:

- увеличить прочность образцов на сжатие на 30–40%;
- увеличить прочность на осевое растяжение в три – четыре раза;
- повысить ударную вязкость композита в 3–4 раза.

Прочность композитных изделий зависит от степени анкеровки армирующих волокон в цементной матрице. Теоретически прочность композита увеличивается с увеличением содержания в нем волокон. Однако армирующие свойства бетонной матрицы с увеличением количества волокна уменьшаются. Когда объем волокна стремится к 1, объем цементной матрицы стремится к 0, и прочность композита также будет нулевой. Поэтому существует определенное соотношение объемов волокна и матрицы, при которых матрица может обеспечить максимальную степень анкеровки волокон. По данным ряда исследователей оптимальное количество базальтового волокна в композите должно составлять до 20% от веса цемента.

В научной разработке предполагается создание системы безальтобетонных элементов, способных выстоять не только при медленном подъёме воды, но и при резко усиливающимися, параллельных ограждениям течениях её в обычных руслах рек, приводя к наводнениям, и при фронтальных ударах цунами.

В качестве основного материала в защитных элементах намечено использовать активированные бетонные формовочные смеси с использованием базальтоволнокистой арматуры [3].

Исходя из изложенного, в качестве ведущих физических методов активации формовочных смесей нами приняты: регулируемая по мощности (управляемая) гидродинамическая кавитация в потоке смешиваются отдельно от других компонентов воды и вяжущего

вещества; структурирования воды (жидкости) обработкой неионизирующими излучениями.

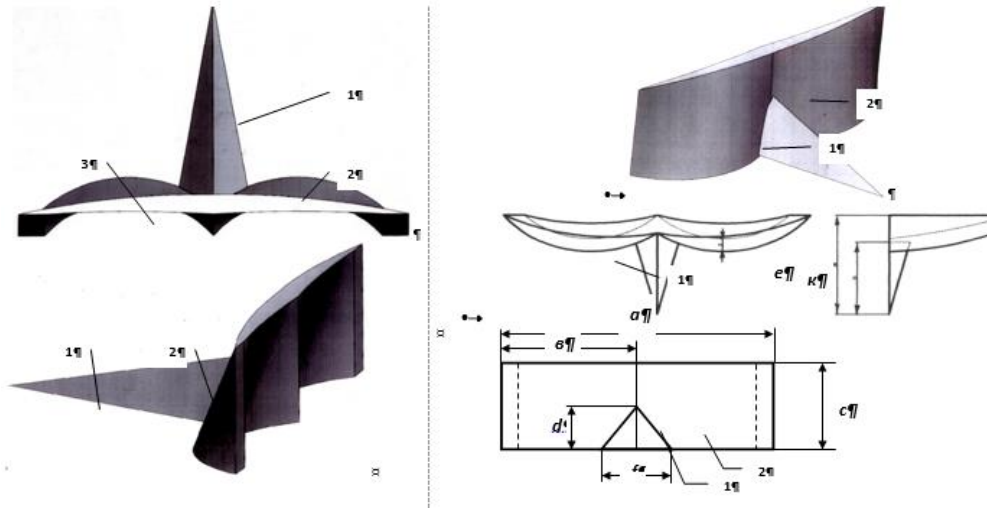
Гидродинамическая кавитация возникает, как известно, при сужении поперечного сечения потока и не влечет за собой расходов энергии, как при других методах создания очагов кавитации в потоке (ультразвуковом, акустическом и пр.). При этом при гидратации доли вяжущего которые слипаются становятся ядрами кавитационных микропузырьков, в которых при схлопывании развивается давление 1000 ... 4000 атм. и резко повышается температура. Известны методики расчета кавитации использованные нами. В результате удается раздробить частицы до атомарного уровня, увеличив тем самым степень гидратации вяжущего, следовательно, уменьшать его расход, необходимый для получения акформикса с заданными показателями. В ходе многочисленных исследований, расход вяжущего уменьшается на 27-30%.

Базальтобетонные элементы включают несъемное оболочечное армирована внутренний каркас. Форма элемента - две арки, стянутые эластичным натяжным шнуром, выполненным также из базальтоволокнита. По конструктивным особенностям элемент напоминает форму боевого лука с тетивой.

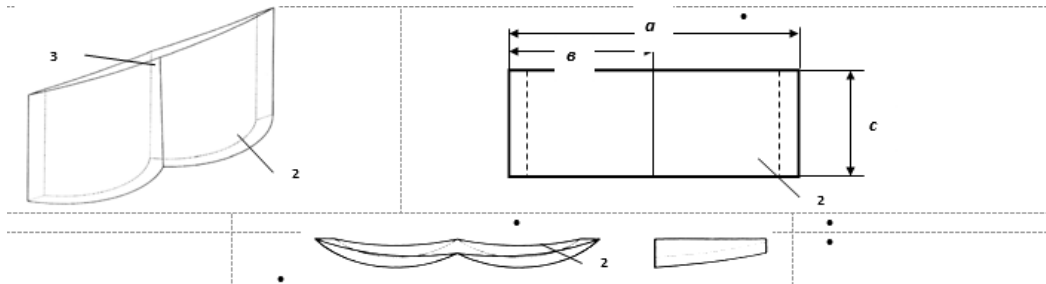
На рис.1 и 2 показан элемент со стрелой - волнорезом. Он предназначен для сдерживания мощных фронтальных ударов воды - волн цунами.

На рис.3 изображён базальтобетонный элемент с волнорезом для защиты от затопления при подъёме уровня воды, в том числе при параллельном течении или фронтальных ударах, для противостояния обычному подъёму уровня воды при её параллельном течении в реках.

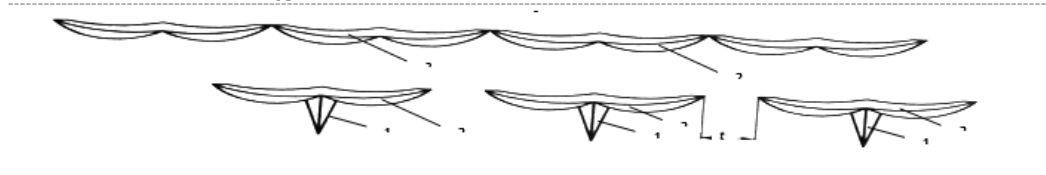
На рис.4 представлен вариант ограждения из двух линий базальтобетонных элементов.



- *Рис. 1. и 2. Базальтобетонный элемент с волнорезом для защиты от затопления при фронтальных ударах воды (цунами): 1 – волнорез; 2 – арочная сдвоенная основа элемента; 3 – базальтоволоконный эластичный натяжной шнур.*



- Рис. 3. Базальтобетонный элемент с волнорезом для защиты от затопления при подъеме уровня воды, в том числе при параллельном течении или фронтальных ударах: 2 – арочная сдвоенная основа элемента; 3 – базальтоволокнисты эластичный натяжной шнур.



- Рис. 4. Композиция базальтобетонных элементов для сдерживания фронтальных ударов воды (цунами):
 - 1 – волнорез; 2 – арочная сдвоенная основа элемента.

Первая линия - прерывистая, где элементы по рис. 1 и 2 встречают фронтальный удар волны, разрезая её, причём между ними создаются свободные от ограждения интервалы.

Ослабленная волна ударяется о вторую сплошную линию элементов по рис. 3, которая заглушает её, а вода может откатываться обратно через интервалы между элементами первой линии. При этом таких линий может быть несколько, а высота самих элементов различная.

На схемах условно не показаны фундаменты защитных линий. Предполагается, что они могут быть выполнены в виде свайного поля из изделий различной конструкции, причём также с использованием базальтоволокнистой арматуры.

Изготовление активированных мелкозернистых бетонных формовочных смесей может производиться с использованием и речной или морской воды, прибрежного песка.

Научные исследования стали основой для создания конкретных разработок защищенных патентом, а также прошли практическую апробацию: Способы конструирования и изготовления бетонов на портландцементе М500 (испытания выполнены в лаборатории Tetragon, США). Интерес представляет, возможность использования металлической арматуры в сочетании с базальтопластиковой арматурой, в частности для возведения защиты от затопления. Экономический эффект предполагается: до 10 % экономии цемента, прочность на сжатие превышает 17 %, исключение щебня, исключения химических добавок, увеличения объёмов и снижении себестоимости продукции. Успешно испытаны также бетоны на воде с повышенным содержанием минеральных солей, в том числе морской.

ЛИТЕРАТУРА

1. Выровой В.Н. Механоактивация в технологии бетонов /В.Н. Выровой, И.В. Барабаш, А.В. Дорофеев, и др.-Одесса:ОГАСА, 2014. - 148с.

2. Гончаров Н.Н. Пути повышения долговечности материалов и конструкций: обзор / Н.Н. Гончаров. - Кишинёв: НИЭИ, 2002. - 56 с.

3. ОŞ №3963. Система защиты прибрежных районов от затопления при подъёме воды (цунами, наводнения и т.д.) / Е.Е. Шамис, В.Д. Иванов, М.И. Присяжнюк. - АСЕРІ RM, 07.07.2014.

5. Минерально-сырьевая база горных пород Украины для производства волокон./ Под. общ ред. к.т.н. М.Ф. Маховой. ВНИИТИЭПСМ аналитический обзор. Серия 6. Выпуск 2.1992.С.79-80с.