

величин перед началом разгрузки сохраним обозначения σ_{ij}' , ε_{ij}' , u_i' . Следуя Москвитину, введем следующие разности для момента времени $t > t_1$:

$$s_{ij}^* = s_{ij}' - s_{ij}'', \quad \varepsilon_{ij}^* = \varepsilon_{ij}' - \varepsilon_{ij}'' \quad (6)$$

Для величин со звездочками примем уравнения состояния

$$s_{ij}^* = 2G\varepsilon_{ij}^* f^*(\varepsilon_u^*, \varepsilon_1', T_1, a_k^*), \quad \sigma^* = 3K\varepsilon^* \quad (7)$$

где $f^*(\varepsilon_u^*, \varepsilon_1', T_1, a_k^*)$ – новая универсальная функция, описывающая нелинейность диаграммы деформирования в осях $\sigma^* \square \varepsilon^*$.

Уравнения равновесия, граничные условия и соотношения Коши для величин σ^* , ε^* , u^* будут типа (4). Если теперь предположить, что функцию f^* в любой точке кривой деформирования можно приблизить функцией f' , т. е. описать таким же аналитическим выражением только с другими параметрами a_k^* , то мы уйдем от зависимости f^* от ε_1' :

$$f^* = f'(\varepsilon_u^*, T_1, a_k^*).$$

Сравнивая соотношения (3) для пластины при нагружении из естественного состояния и соотношения для величин со звездочками (7) отмечаем, что они совпадают с точностью до обозначений. Поэтому, решение краевой задачи для величин со звездочками можно получить из известного решения (5) путем некоторых очевидных замен.

УДК 693.54

ОСОБЕННОСТИ КОРРОЗИОННОГО ПОВЕДЕНИЯ АРМАТУРЫ В БЕТОНЕ ПРИ ЧАСТИЧНОМ УВЛАЖНЕНИИ РАСТВОРОМ ХЛОРИСТОГО НАТРИЯ

А. В. СТЕПАНОВА, В. В. ТАЛЕЦКИЙ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

На основании экспериментальных наблюдений установлено, что процессы коррозии арматуры в бетонах имеют электрохимическую природу, и к ним применимы законы электрохимической коррозии в электролитных средах [1]. Коррозионные процессы в капиллярно-пористой структуре бетона имеют свои характерные особенности, здесь возможно образование коррозионных макропар за счет неравномерной аэрации или концентрации ионов на отдельных участках железобетонной конструкции [2].

Учитывая это, важно исследовать механизм и причины возникновения коррозии и условия протекания. С этой целью на модели железобетонной балки электрохимическим методом было изучено коррозионное поведение арматуры в капиллярно-пористом теле бетона при частичном увлажнении конструкции электролитным раствором хлористого натрия.

Объектом исследования служила бетонная балка с размерами поперечного сечения 50×50 мм и длиной 50 см. При изготовлении в середину балки поместили электроды. К торцам электродов припаивали токоотводы, которые служили для измерения силы тока микроамперметром. Балку закрепляли в вертикальном положении так, чтобы нижний конец был погружен на 10 см в раствор NaCl. На одной из граней балки, выше уровня раствора, устанавливали вспомогательные электроды, которые позволяли измерять электросопротивление бетона выше уровня раствора и судить о распределении влаги по высоте балки.

В свежем бетоне арматура находится в пассивном состоянии, что препятствует ее коррозии, поэтому эксперименты проводили в 3 %-ном растворе NaCl. Ионы хлора даже в щелочной среде переводят сталь из пассивного состояния в активное состояние [1].

Электросопротивление измеряли прибором LCR цифровой Е 7-8 в следящем режиме с частотой тока 1000 Гц. Потенциалы приведены в виде ЭДС относительно насыщенного хлорсеребряного электрода, которые измеряли универсальным иономером ЭВ-74, а силу тока микроамперметром М907.

Образование макропар на арматуре ЖБК может происходить из-за образования физико-химических неоднородностей бетона (частичного увлажнения конструкции, состава жидкой фазы, способной изменить поляризационные характеристики поровой структуры), когда цементный камень по каким-либо причинам теряет защитные свойства по отношению к арматуре. Частичное увлажнение конструкции приводит к резкому изменению кислородной проницаемости по длине металлической арматуры в бетоне и ведет к образованию разности электродных потенциалов металла и возможности появления макрокоррозионного тока.

Скорость проникновения жидких сред в капиллярно-пористом теле бетона высока. Об этом можно судить по скорости изменения электросопротивления R погруженного конца балки в раствор. За двое суток после погружения в раствор на глубину 10 см R снизилось с 6,1 кОм до 158 Ом. Весовой метод показал, что к этому моменту образец с площадью набрал 94,5 % водного раствора, т. е. основную массу жидкой фазы. Еще выше скорость насыщения в первый час контакта с раствором, составивший 62,6 %. Можно предположить, что такая высокая скорость продвижения воды идет по периметру пор и капилляров вследствие высокого сродства молекул воды с молекулами кристаллизационной воды, выстилающих поверхность капиллярно-пористой структуры цементного камня.

На третьи сутки после насыщения бетона раствором и распассивации стали под действием ионов хлора возникла разность электродных потенциалов. Сильное изменение потенциалов наблюдалось в части балки, которая находится выше зеркала раствора, где из-за капиллярного подсоса жидкой фазы и ее испарения влажность бетона убывает. Об этом свидетельствовал рост сопротивления по мере удаления балки от зеркала раствора. В этой зоне создаются благоприятные условия работы макрокоррозионного гальванического элемента, в котором контролирующими являются омическое сопротивление электролитной среды и затрудненность подвода кислорода к катодным участкам. Сравнительно низкое омическое сопротивление обеспечивает перемещение анионов к аноду, а катионов к катоду. Близость сухой зоны создает наиболее благоприятные условия диффузии кислорода к участкам выступающих катодов.

При длительной работе макропары сила тока между электродами в первое время (в первый час) достаточно быстро падает с 50 до 25 мкА. Через сутки ток был равен 5 мкА, а через двое – 2,5 мкА. В последующие 30 суток сила тока оставалась постоянной, равной 2 мкА. После удаления балки из раствора макропара продолжала генерировать ток 2 мкА в течение 15 суток. Торможение работы макропары в первые часы обусловлены затрудненностью отвода продуктов окисления с анодных участков при высокой плотности тока в пористой структуре бетона.

Осмотр электродов после эксперимента показал, что коррозионные продукты образовались на границе раствор – переходная зона. Коррозионные поражения имели место со стороны, где была меньшая толщина защитного слоя бетона из-за нарушения центровки электродов.

Полученные результаты позволяют сделать следующие выводы:

- наличие капиллярно-пористой структуры кристаллогидратов в бетоне обеспечивает высокую скорость массопередачи жидких сред;
- на фазовой границе жидкость – газ (атмосфера) наблюдается образование переходной зоны за счет постепенного уменьшения содержания влаги в бетоне;
- в переходной зоне возникает наибольшая разность потенциалов на арматуре и наименьшее омическое сопротивление электролитной среды, что создает оптимальные условия для образования коррозионных макропар;
- коррозионный процесс может носить периодический или постоянный характер.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Долговечность железобетона в агрессивных средах / В. М. Москвин [и др.]. – М.: Стройиздат, 1990. – 316 с.
- 2 Алексеев, С. Н. Коррозионная стойкость ЖБК в агрессивной промышленной среде / С. Н. Алексеев, Н. К. Розенталь. – М.: Стройиздат, 1975. – 205 с.