

$g = 9.81 \text{ м/с}^2$  - ускорение свободного падения.

При применении второго метода испытания опытного фундамента производятся при возбуждении эксцентриковым вибратором вынужденных вертикальных колебаний различной частоты. В процессе испытаний возбуждаются и регистрируются резонансные колебания опытного фундамента. Момент резонанса соответствует углу сдвига фаз между возмущающей силой и перемещением, равному  $90^\circ$ .

Обработку результатов испытаний выполняют как для системы с одной степенью свободы по модели грунтового основания Винклера - Фойгта, принимая коэффициенты жесткости и демпфирования независимыми от частоты.

Значения коэффициентов равномерного упругого сжатия и относительного демпфирования для установившихся резонансных колебаний, вычисляют по результатам испытаний из следующих выражений:

$$C_z = \frac{Q \cdot \lambda_z^2}{F \cdot g}; \quad (3)$$

$$\xi_z = \frac{Q_0 \cdot \varepsilon}{2 \cdot Q \cdot A_z}, \quad (4)$$

где  $\lambda_z$  - частота резонансных вертикальных колебаний опытного фундамента,  $\text{с}^{-1}$ ;

$A_z$  - амплитуда резонансных вертикальных колебаний опытного фундамента, м;

$Q$  - вес опытного фундамента, кН;

$F$  - площадь подошвы опытного фундамента,  $\text{м}^2$ ;

$g = 9.81 \text{ м/с}^2$ ;

$Q_0 \cdot \varepsilon$  - момент эксцентриков вибратора, кН·м.

Выбор методики испытаний производят в зависимости от ответственности объекта и требуемой точности результатов испытаний, характера динамических нагрузок, вида грунтов основания, наличия оборудования и аппаратуры.

#### Литература

1. Руководство по проектированию фундаментов машин с динамическими нагрузками, - М., Стройиздат, 1982.

УДК546:666.97

НИЧИПОРУК А.С., ОЛИФЕРЧИК Д.Г., ТРОФИМУК В.В.

Научный руководитель: Левчук Н.В.

#### ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЗАЩИТНОГО СЛОЯ КОЛЛОИДАЛЬНОГО ГИДРОКСИДА АЛЮМИНИЯ НА КОРРОЗИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ АРМАТУРЫ

Уже первые наблюдения за длительным поведением железобетонных конструкций позволило установить, что коррозия арматуры практически возможна не только тогда, когда разрушен или отсутствует защитный слой бетона, но и при его наличии, то есть под ним. И в этом случае разрушение защитного слоя бетона, чисто механически вызывается корродирующей арматурой [1]. Как известно, в качестве арматуры чаще всего применяются углеродистые и низколегированные марки стали.

Коррозионное поведение арматуры - это изменение целого комплекса параметров в процессах твердения и эксплуатации железобетонных конструкций. На коррозионные процессы оказывают влияние различные факторы начиная от внутренних - состав, микроструктуры стали, напряжения, состояния поверхности, так и внешние - среда и характер приложенных усилий. В нашем случае заслуживает внимание характер окружающей среды и ее воздействие на арматуру.

Защитный слой бетона ограждает арматуру от внешней среды, но не изолирует её полностью. Бетон проницаем для влаги и газов, в том числе и кислорода - основных факторов электрохимической коррозии. Из теории электрохимической пассивности металла следует, что плёнка продуктов коррозии должна возникать в результате прямого анодного процесса, то есть непосредственно на реагирующей поверхности. В результате образования продуктов коррозии в электролите сталь не пассивирует.

На железе пассивирующая плёнка состоит из  $Fe_2O_3$  или  $Fe_3O_4$ , кристаллическая решётка которых одинакова, толщина её - 20-100 Å. Постоянная толщина плёнки поддерживается процессами её растворения сверху и прохождением анодного процесса под ней, поэтому скорость коррозии в пассивном состоянии очень незначительна.

В твердеющей бетонной смеси потенциал стали при электрохимической пассивности корродирующего материала в случае анодной поляризации увеличивается при значительном снижении плотности тока и смещается в положительную сторону не сразу. Значение потенциала зависит от влажности, среды и, как говорилось, проницаемости бетона.

Известно также, что при пониженном pH (менее 11,5), сталь может быть активной, а высокое значение pH (более 12), тоже не достаточно для пассивации.

В процессе гидролиза и гидратации клинкерных минералов обеспечивается насыщение жидкой фазы бетона гидроксидом кальция. Цементный камень, изготовленный без добавок, способен противостоять коррозии арматуры при концентрации  $Ca(OH)_2$  до 15%.

При связывании или выщелачивании  $Ca(OH)_2$ , когда его концентрация падает ниже предельной, происходит постепенный переход продуктов гидратации в низкоосновные соединения.

Обычно коррозионная стойкость металла определяется по показателю потерь по массе г/м<sup>2</sup>·час или по глубине поражения мм/год [2]. Но для арматуры эти показатели неприемлемы, поскольку длительное развитие коррозии, даже с малой скоростью приводит к растрескиванию и отпаданию защитного слоя под давлением ржавчины (объем продуктов коррозии в 2-2,5 раза больше). В этом случае конструкция теряет несущую способность, а высокопрочная напрягаемая арматура может хрупко разрушаться при коррозии под напряжением, что приводит к разрушению конструкции в целом. Поэтому мы не определяли константу скорости, а оценивали влияние на коррозионные процессы коллоидального гидроксида алюминия по приросту массы образца и изучали возможность использования данного раствора в качестве защиты арматурных сталей от коррозии путем предварительной обработки металла концентрированным раствором гидроксида алюминия с последующей сушкой образцов и выдержкой их при твердении 7 и 28 суток в цементном камне. После выдержки определяли изменение массы и сравнивали результаты с кон-

трольными образцами. В качестве контрольных образцов использовали образцы, полученные при затворении водой и без обработки арматуры.

Для исследования влияния коллоидального гидроксида алюминия на коррозионные процессы металла арматуры в бетоне были взяты образцы стальных пластин размером  $7 \times 7$  см<sup>2</sup>. Предварительно, перед бетонированием и обработкой гидроксидом алюминия, поверхность образцов тщательно зачищали и протравливали в 10% растворе HCl в течение 30 минут, затем промывали и обтирали спиртом.

Поведение металла определяли весовым методом. Полученные результаты сведены в таблице.

Таблица 1. Влияние коллоидального гидроксида алюминия на изменение массы металла.

№п/п	Кол. суток	Вид обработки.	$M_1$	$M_2$	$\Delta M$
1	7	р-р на воде (контр.)	49,3720	49,4019	0,0299
2	7	р-р колл. (Al(OH) <sub>3</sub> )	49,9247	49,9538	0,0291
3	7	обработка арматуры	48,7484	48,7524	0,0040
4	28	р-р на воде (контр.)	47,8096	47,8428	0,0332
5	28	р-р колл. ((Al(OH) <sub>3</sub> ))	48,4028	48,4314	0,0286
6	28	обработка арматуры	47,6207	47,6384	0,0177

Результаты испытания показывают более высокую коррозионную стойкость образцов, обработанных концентрированным раствором гидроалюмината, и цементного камня, полученного при затворении коллоидальным раствором.

Для определения влияния коллоидального гидроксида алюминия на коррозионные процессы арматуры проводили исследования растворов-вытяжек цементного камня. Растворы готовились по следующей методике: 10 г цементного камня после 28 суток твердения с образцами металла, покрытых защитным слоем коллоидального гидроксида алюминия; измельчали и заливали 50 мл 1н раствором соляной кислоты. После выдержки 24 часов раствор титровали 1н раствором щелочи NaOH. Аналогично готовились растворы контрольных образцов без защитного покрытия.

В растворах определяли изменение содержания ионов железа путем кондуктометрического титрования. Для проведения кондуктометрического титрования использовали реохордный мост Р-38 с ячейкой и платиновыми электродами. Определяли сопротивление растворов и строили графики кондуктометрического титрования (рис. 1).

Точки эквивалентности 1и2 соответствуют началу и концу образования гидроксидных соединений железа, вышедшего в слой цементного теста и камня, который соприкасался с металлом.

Поскольку в исследованиях контрольных и определяемых образцов использовался один и тот же портландцемент, то все ионы в растворах должны определять одинаковую электропроводность в момент полной нейтрализации кислоты  $T_{3,1}$ , а в зависимости от появления в цементном камне ионов железа и образования гидроксидов, при дальнейшем прибавлении щелочи образуется площадка, обусловленная постоянным значением подвижности присутствующих ионов в растворе. Это состояние сохраняется до  $T_{3,2}$ , когда избыток  $OH^-$  приводит к резкому возрастанию кривой за счет более высокой их подвижности. Таким образом, расстояние от точек  $T_{3,1}$  до  $T_{3,2}$  будет характеризовать выход ионов железа в цементный камень, т.е. определять степень коррозии арматуры. На ри-

сунке видно, что расстояние от  $T_1$  до  $T_2$  для контрольного образца больше, чем для образца с защитным покрытием.

#### Выводы

С точки зрения электрохимической коррозии связывание  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  и уменьшение концентрации  $\text{OH}^-$  должно приводить к снижению pH среды и, следовательно, к усилению коррозионных процессов. В нашем случае введение коллоидального гидроксида алюминия приводит к связыванию гидроксида кальция гидролитического и свободного, что приводит к образованию алюминатов и участию их в дальнейших процессах гидратации, с одной стороны, а с другой - очевидно, что концентрация гидроксогрупп не снижается, поскольку они входят в состав защитного компонента.

Результаты исследований показывают положительное действие коллоидального гидроксида алюминия на процессы электрохимической пассивации арматуры и возможность использования его в качестве защитного слоя.

#### Литература

1. Леонович С.Н. Коррозия арматуры: общие подходы к расчету долговечности. / Вестник БГТУ, Строительство и архитектура, №1 2002.
2. Москвин В.М. Коррозия бетона. - М.: Гостстройиздат, 1952.

УДК 628.34

НИЧИПОРУК А. С., ОЛИФЕРЧИК Д. Г., ТРОФИМУК В. В.

Научный руководитель: Левчук Н.В.

#### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОЛЛОИДНОГО РАСТВОРА ГИДРОКСИДА АЛЮМИНИЯ КАК АКТИВАТОРА ПОВЕРХНОСТИ ПЕСЧАНОЙ ЗАГРУЗКИ ФИЛЬТРОВ.

При изучении влияния коллоидного раствора гидроксида алюминия на процесс гидратации и структурообразования портландцементных систем было установлено, что гидроксид алюминия, находящийся в активной форме, связывает гидроксид кальция, образующийся при гидратации портландцементного клинкера в гидроалюминаты кальция  $\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ , повышая прочность бетона.

Формирование гидроалюминатов кальция происходит в жидкой фазе цементного раствора.

На основе выше сказанного в нашей работе была поставлена задача: изучить влияние коллоидного раствора гидроксида алюминия на содержание ионов  $\text{Ca}^{2+}$  в воде, обуславливающих её жёсткость. Исследование проводилось на водных пробах, содержащих различные концентрации ионов  $\text{Ca}^{2+}$ . В качестве исследуемых проб использовалась водопроводная вода, вода с искусственным загрязнением ионами  $\text{Ca}^{2+}$ , речная и колодезная вода (таблица 1).

Адсорбционные и коагуляционные свойства гидроксида алюминия и других солей алюминия известны уже давно, однако технологические особенности обработки воды этим коагулянтom различны. Коагулянт в виде сухого вещества может быть добавлен в обрабатываемую воду через дозаторы, предварительно пройдя стадию растворения. Такой метод использования создаёт ряд технологических проблем, связанных с транспортировкой, хранением и подготовкой коагулянта к использованию. Второй метод - это электрохимическая обработка воды. Она заключается в пропускании воды через электролизер с растворимыми алюминиевыми