

сорбированных молекул полиэлектrolита при наличии избытка катионов кальция. Взаимодействие сульфонат-анионов СП с катионами кальция является равновесным ионообменным процессом. В случае необратимого химического взаимодействия, например, с катионами бария СП полностью теряет пластифицирующую активность уже при эквивалентном массовом соотношении между сульфонат-анионами СП и катионами щелочноземельного металла. Отношение массовых долей хлорида кальция и СП, соответствующее эквивалентному, составляет всего 0,22 (см. рис. 1).

Снижение пластичности цементной пасты после достижения ею максимума можно объяснить тем, что с ростом концентрации хлорида кальция в жидкой фазе пасты происходит увеличение ионной силы раствора, а это всегда сопровождается уменьшением размеров двойного электрического слоя [3] адсорбированных молекул СП и, следовательно, уменьшением заряда цементных частиц.

Способность полиэлектrolитов к обратимому высаждению на активных центрах системы цемент—вода, имеющих высокий положительный потенциал, является важнейшим свойством суперпластификаторов, отличающим их от пластифицирующих органических добавок других типов. Все СП обратимо коагулируют в слабокислых разбавленных растворах, содержащих катионы трехвалентного железа. Это свойство СП лежит в основе экспресс-теста для дифференциации пластификаторов и суперпластификаторов при сопоставимых уровнях пластификации цементной пасты.

ЛИТЕРАТУРА

1. Применение суперпластификаторов в бетоне / В.Г. Батраков, Ф.М. Иванов, Е.С. Сирина, В.Р. Фаликман // Строит. материалы и изделия: Обзор. информ. — М., 1982. — Вып. 2. — 60 с. 2. И в а н о в Ф.М. Добавки в бетоны и перспективы применения суперпластификаторов // Бетоны с эффективными суперпластификаторами. — М., 1979. — С. 71. 3. Г р и г о р о в О.Н. Электрокинетические явления. — Л., 1973. — 198 с.

УДК 666.97.031 (075.8)

М.А. ШАЛИМО

УЧЕТ ВЛИЯНИЯ ХИМИЧЕСКИХ ДОБАВОК НА ПРОЧНОСТЬ БЕТОНОВ ПРИ РАСЧЕТЕ ИХ СОСТАВОВ

Химические добавки вводятся с целью улучшения технологических свойств бетонных смесей, ускорения твердения или улучшения строительно-технических свойств бетонов: водонепроницаемости, морозостойкости, коррозионной стойкости и др. Наибольшее распространение получили пластифицирующие, воздухововлекающие и ускоряющие твердение бетона добавки [1, 2].

Выбор химических добавок носит в основном эмпирический характер, вследствие чего технические свойства бетонов устанавливаются путем варьирования составов бетонов и постепенного приближения к заданным их свойст-

вам, которые определяются по результатам испытания бетона на специальных образцах или в конструкциях. Вместе с тем в настоящее время имеется достаточно экспериментальных данных для предопределения свойств бетонов с добавками на стадии проектирования их составов. Ниже показан принцип учета влияния добавки на технические свойства бетона, который может быть использован при любом способе расчета его состава.

Опыты показали, что прочность бетона зависит от вида химической добавки. Для добавок — ускорителей твердения эта зависимость оценивается коэффициентом влияния добавки, который учитывает степень активации цементного теста в бетоне ($K_{\text{акт}}$); для пластифицирующих добавок этот коэффициент учитывает степень пластификации бетонной смеси ($K_{\text{пл}}$), а для воздухововлекающих добавок — воздухововлечение ($K_{\text{в.в}}$).

Добавки — ускорители твердения бетона позволяют повысить его прочность в установленные сроки после начала твердения или, при прочих равных условиях, получить бетон необходимой прочности в более раннем его возрасте. Поэтому модификацию бетонов добавками—ускорителями твердения называют химической активацией бетонов [3]. Такие добавки способствуют повышению плотности цементного теста за счет контракционного изменения объема системы цемент—вода. Степень уплотнения теста характеризуется коэффициентом контракции — отношением теоретической средней плотности цементного теста к средней плотности его в начале схватывания (табл. 1). Добавки—ускорители твердения способствуют и некоторой пластификации цементного теста и бетонной смеси. Эффект пластификации зависит от вида и содержания добавки в смеси. Он характеризуется коэффициентом снижения водопотребности цемента $K_{\text{с.в}}$ при введении добавки, т.е. показателя нормальной густоты цементного теста (табл. 2).

Коэффициент активации цементного теста

$$K_{\text{акт}} = 1 + (K_{\text{в}} - 1) K_{\text{з}},$$

где $K_{\text{в}}$ — коэффициент, учитывающий увеличение прочности бетона за счет снижения относительного содержания воды X в цементном тесте: $K_{\text{в}} = 1/K_{\text{с.в}}^2$; $K_{\text{з}}$ — коэффициент, учитывающий влияние водосодержания на эффект активации цементного теста: $K_{\text{з}} = (\varphi_i - 1)/(\varphi_1 - 1)$; φ_i — коэффициент контракции для цементного теста без добавок при принятом X ; φ_1 — коэффициент контракции для цементного теста без добавок при $X = 1$ (тесто нормальной густоты).

Принимая во внимание, что коэффициент контракции цементного теста без добавок при $X = 1$ равен 1,043, формула для определения коэффициента $K_{\text{з}}$ может быть записана так:

$$K_{\text{з}} = (\varphi_i - 1)/0,043.$$

Принцип расчета состава бетона с пластифицирующей добавкой рассмотрим на конкретном примере. В качестве добавки используется сульфитно-дрожжевая бражка (СДБ).

Эффект пластификации бетонной смеси СДБ обусловлен снижением водопотребности цемента в присутствии добавки и проявляется в уменьшении

Табл. 1. Значения коэффициента контракции цементного теста φ

Содержание добавки (в процентах от массы цемента)	Значение φ при относительном содержании воды в цементном тесте X								
	0,9	1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,65
—	1,045	1,043	1,038	1,032	1,026	1,019	1,011	1,003	1
1	1,025	1,024	1,021	1,018	1,014	1,01	1,001	1	1
2	1,014	1,013	1,011	1,009	1,008	1,006	1	—	—
3	1,007	1,006	1	—	—	—	—	—	—
4	1,001	1,001	1	—	—	—	—	—	—
Б	1	—	—	—	—	—	—	—	—

Табл. 2. Значения коэффициента $K_{с.в}$

Вид химической добавки	Значение $K_{с.в}$ при содержании добавки (%)				
	1	2	3	4	5
ХК	0,94	0,91	0,89	0,885	0,883
НК; ННХК	0,968	0,947	0,928	0,912	0,902
СН; ННК	0,978	0,964	0,951	0,94	0,93

показателя нормальной густоты цементного теста. При дозе СДБ, составляющей 0,05; 0,1; 0,15; 0,2; 0,25; 0,3; 0,4 и 0,5 % от массы цемента, показатель нормальной густоты цементного теста характеризуется коэффициентом снижения водопотребности цемента $K_{с.в}$, равным соответственно 0,965; 0,93; 0,91; 0,89; 0,875; 0,86; 0,84 и 0,825 [4].

Прочность цементного камня и бетона при введении в смесь СДБ несколько понижается. Это обусловлено экранирующим действием добавки, блокирующей зерна цемента. Снижение прочности можно характеризовать коэффициентом блокировки цементных зерен пластифицирующим веществом $K_{бл}$, который принимают при содержании добавки 0,05; 0,1; 0,15; 0,2; 0,25; 0,3; 0,35; 0,4; 0,45 и 0,5 % соответственно равным 0,985; 0,997; 0,955; 0,94; 0,925; 0,91; 0,875; 0,83; 0,77 и 0,7.

Коэффициент пластификации бетонной смеси вычисляют по формуле

$$K_{пл} = K_y K_{бл}$$

Влияние воздухововлекающих добавок на прочность бетона рассмотрим для случая использования добавки СНВ, которая позволяет получать бетоны повышенной морозостойкости. Установлено, что эффективность СНВ проявляется при дозах ее, составляющих 0,01...0,05 % от массы цемента. Физическая

сущность повышения морозостойкости бетона объясняется гидрофобизирующим действием добавки и ее способностью вовлекать в бетонную смесь мельчайшие пузырьки воздуха, которые формируют в бетоне замкнутые поры. Эти поры играют роль буферных пространств при замерзании воды в бетоне, чем способствуют повышению его долговечности. При большем содержании добавки поры становятся сообщающимися, что приводит к повышению проницаемости бетона и снижению его морозостойкости.

При введении в смесь СНВ снижается плотность бетона, что весьма важно при получении легких бетонов с нормированной средней плотностью. Снижение средней плотности бетона происходит благодаря повышению его пористости за счет вовлечения воздуха в цементное тесто. Содержание вовлеченного воздуха в цементном тесте при дозе СНВ, составляющей 0,01; 0,02; 0,05; 0,1; 0,2; 0,3 % от массы цемента, соответственно равно 3; 4,5; 6; 7,5; 9 и 10 %.

Вовлечение воздуха в цементное тесто способствует пластификации бетонной смеси, эффективность которой характеризуется коэффициентом $K_{с.в}$. Снижение показателя нормальной густоты цементного теста при содержании СНВ до 0,05 % от массы цемента незначительно. Значение коэффициента $K_{с.в}$ при содержании этой добавки 0,05; 0,1; 0,2 и 0,3 % равно соответственно 0,993; 0,984; 0,955 и 0,912.

Вовлечение воздуха в цементное тесто и бетонную смесь обуславливает снижение прочности бетона. Исследованиями доказано, что если воздухововлечение повышается на 1 %, предел прочности бетона снижается примерно на 6 %.

Учитывая свойства бетона с добавкой СНВ, в методику определения состава бетона необходимо внести следующие дополнения: по содержанию СНВ необходимо определить объем вовлеченного воздуха (или относительное его объемное содержание в долях от объема цементного теста в бетоне); по содержанию вовлеченного воздуха в цементном тесте определить снижение прочности бетона и среднее снижение плотности бетона.

Коэффициент воздухововлечения в цементное тесто

$$K_{в.в} = K_{\gamma} (1 - 6 P_{\gamma}),$$

где P_{γ} — относительное содержание вовлеченного воздуха в цементном тесте бетона.

Таким образом, влияние химических добавок на прочность бетона следует учитывать путем введения соответствующего коэффициента в формулу, отражающую зависимость прочности бетона от содержания воды в цементном тесте и качества цемента и заполнителей.

При введении в бетон комплексной добавки изменение прочности бетона будет характеризоваться общим коэффициентом влияния добавок $K_{д} = K_{акт} K_{пл} K_{в.в}$.

ЛИТЕРАТУРА

1. Руководство по применению химических добавок в бетоне / НИИЖБ Госстроя СССР. — М., 1980. — 55 с. 2. Р а т и н о в В.Б., Р о з е н б е р г Т.И. Добавки в бетон. — М., 1973. — 207 с. 3. А х в е р д о в И.Н., Д о в н а р Н.И., Ш а л и м о М.А. О влиянии

хлористого кальция на формирование структуры цементного камня и бетона // Докл. АН БССР. — 1975. — Т. XIX, № 7. — С. 626. 4. Ш а л и м о М.А., С и м о н о в и ч Р.Г., Г о р б а ц е в и ч Г.С. Исследование добавки СДБ при получении высококачественных бетонов // Тр. 8 Всесоюз. конф. по бетону и железобетону. — Мн., 1977. — С. 14.

УДК 691.327:620.197

Н.Л. ПОЛЕЙКО, В.Л. МАРЦИНКЕВИЧ

КОРРОЗИОННАЯ СТОЙКОСТЬ БЕТОНА, МОДИФИЦИРОВАННОГО СУПЕРПЛАСТИФИКАТОРОМ М-1, В ВОДЕ И РАСТВОРЕ КСІ

Критерии долговечности искусственных каменных материалов, работающих в агрессивных средах, основаны на нахождении пределов их прочности при сжатии и изгибе, а также деформаций расширения, устанавливаемых расчетно-экспериментальным путем, с учетом содержания воздуха или газа в уплотненной бетонной смеси. Необходимость определения физико-механических свойств бетона обусловлена особенностью процессов коррозии III вида, когда в результате взаимодействия агрессивной среды с бетоном в его порах и капиллярах накапливаются продукты, образующиеся из раствора.

Влияние суперпластификатора М-1 на долговечность бетона исследовалось при попеременном замораживании и оттаивании образцов в воде и 10 %-м растворе КСІ. В процессе их циклического замораживания и оттаивания в условиях всестороннего растяжения бетона усталостное снижение прочности бетона происходит в результате постепенного накопления "повреждений" в его структуре, т.е. так же, как и при многократном механическом нагружении [1].

Испытанию на морозостойкость образцы бетона были подвергнуты после их твердения в нормально-влажностных условиях в течение 28 сут, а также в 7-суточном возрасте после тепловой обработки по режиму 5+4+7;+2 ч и изотермической выдержки при температуре 80 °С. Составы бетонов приведены в табл. 1. Их физико-механические и деформационные характеристики определяли по методике, приведенной в [1].

Изменение прочности бетона в процессе действия отрицательных температур, воды и раствора КСІ исследовано на кубических (длина ребра 10 см) и призматических (10 x 10 x 40 см) образцах (табл. 2).

Для образцов, выдерживавшихся в воде и растворе КСІ, наблюдается повышение предела прочности $R_{пр}$ и нижней границы трещинообразования R_T^0 бетона (табл. 3).

В бетонных образцах при испытании вначале происходит упрочнение структуры, а затем начинают превалировать деструктивные явления. Бетон без добавки выдержал 200 циклов попеременного замораживания и оттаивания в растворе КСІ и 300 — в воде. Разрушающее действие воды значительно меньше, чем раствора КСІ. При замораживании раствора соли в порах и капиллярах цементного камня, помимо кристаллов льда, выпадают и кристаллы КСІ. В процессе насыщения бетона ее раствором при замораживании образцов проявляется расклинивающее действие жидкости в капиллярах бетона.