

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПОВЫШЕНИЯ ДОЛГОВЕЧНОСТИ БЕТОНА ДОБАВКАМИ ПАВ

С.В.Коваль (Одесская государственная академия строительства и архитектуры, г.Одесса)

Рассматриваются теоретические аспекты модифицирования бетона добавками ПАВ с целью повышения его долговечности.

До 70% всех строительных конструкций с общей площадью поверхности 1 млрд. кв. м испытывают разрушающее воздействие разнообразных климатических факторов и технологических сред различной степени агрессивности, что вызывает коррозию бетона и разрушение конструкций. К наиболее опасным относятся воздействия, изменяющиеся во времени и неравномерно распределенные в пространстве: увлажнение-высыхание, замораживание - оттаивание, нагревание-охлаждение. Такие виды воздействий вызывают усталостное разрушение в результате знакопеременных деформаций. В зависимости от воздействующей среды и структуры материала наблюдается та или иная особенность снижения стойкости и разрушения.

Исходя из теории надежности, разрушение носит энергетический характер и начинается в самой слабой точке (местонахождение которой случайно), аналогичной наиболее слабому звену цепи, и представляет собой по существу постепенный отказ. В основе представлений о «слабом звене» лежит представление о развитии микроскопических дефектов, существующих в любом материале уже на молекулярном уровне. Трещинообразование в бетоне как композиционном материале, рассматривается с позиций развития наследственных (технологических) дефектов на различных уровнях структурных неоднородностей (В.С.Дорофеев, В.Н.Выровой). Знакопеременные деформации способствуют продвижению зародышевых усталостных трещин в направлении, определяемом развитием градиентов деформации в элементарных структурных ячейках. Поврежденность отдельных структурных элементов влечет за собой неравномерное распределение свойств по объему, при этом оценка поведения материала в целом не учитывает состояние его в участках, где свойства наиболее сильно отклонены от среднего уровня,

но эти участки в первую очередь опасны с позиций внезапного отказа материала и конструкции.

В коррозионном разрушении, кроме химических реакций на поверхности раздела фаз, участвуют процессы транспорта вещества, которым реагирующие компоненты подводятся к поверхности раздела и отводятся от нее продукты реакции. На кинетику гетерогенных реакций, а, следовательно, на повреждение бетона существенно влияет скорость транспортных процессов, определяемая поровой структурой материала [1].

Важный фактор направленного структурообразования – управление процессами, протекающими на границах раздела фаз. Это достигается с помощью добавок, вводимых с целью управления реологическими характеристиками материалов, и направленного создания качественно новых структурных неоднородностей (газообразующие и воздухововлекающие добавки), изменяющие физико-химические процессы протекания обменных и гетерогенных реакций.

Основная идея воздухововлекающих (газообразующих) добавок, сформулированная Пауэрсом [2], сводится к демпфирующему влиянию специально образуемых поверхностей раздела, способных перераспределять и воспринимать напряжения и деформации от возникающих температурно-влажностных нагрузок. Эти положения в полной мере соответствуют теории Гриффитса, которая утверждает, что при образовании новых поверхностей раздела происходит такое перераспределение напряженно-деформативного состояния, что перегруженные связи разгружаются, и в материале уменьшается количество опасных участков разрушения. Последующие циклы приводят в основном к зарождению и движению новых микротрещин между порами, но вероятность прорастания микротрещин в магистральные существенно снижается.

Как показано О.В. Кунцевичем [3], В.Г. Батраковым [4], введение в бетон микро-, газо-, пенообразующих соединений способствует организации направленной пористости и ведет к существенному увеличению морозостойкости бетона. Наиболее благоприятной структурой цементного камня является мелкая, равномерно распределенная система условно-замкнутых пор и капилляров с оптимальным «фактором расстояния» и гидрофобизированной внутренней поверхностью.

Гидрофобизация внутренней поверхности пор и капилляров, достигаемая хемосорбционным взаимодействием органических соединений с гидратными новообразованиями цемента, снижает

опасность возникновения и роста зародышей кристаллов солей, что в сочетании с эффектом пластификации и снижения водопотребности бетонной смеси, повышает стойкость бетона [3, 4].

Действие микропенообразующих (вовлекающих) ПАВ достаточно хорошо изучено и они являются в настоящее время одними из наиболее эффективных способов повышения долговечности бетона, что подтверждено большим практическим опытом эксплуатации конструкций в различных климатических зонах. Предложен ряд способов демпфирования внутренних напряжений, в том числе, за счет введения пористых частиц [5]. Наиболее эффективные решения достигаются при уменьшении капиллярных открытых пор и создания в плотном теле бетона оптимального количества и размера условно-замкнутых пор, что достигается при использовании суперпластификаторов в сочетании с воздухововлекающими и газообразующими соединениями.

Вводимые в бетон добавки ПАВ, в том числе суперпластификаторы (СП), оказывают значительное влияние на формирование микроструктуры, являющейся связующим звеном макроструктуры. Быстрая адсорбция СП на поверхности образующихся при гидратации частиц твердой фазы фиксирует их размеры на ранней стадии, препятствует в дальнейшем их росту, модифицирует структуру гидратов, изменяет их морфологию и дисперсность, и тем самым, определяет качество и количество контактов срастания в цементной матрице растворов и бетонов. Это также оказывает соответствующее воздействие на изменение структуры пор цементного камня и уменьшение внутренних напряжений в процессе кристаллообразования.

Пористость цементного камня развивается в зоне внешнего гидрата, которая является наиболее слабым и рыхлым участком в структуре цементного камня. При уменьшении объема межзернового пространства создаются более «стесненные» условия для развития внешнего гидрата [6]. Последний в этих условиях заполняет внешний объем и обеспечивает более тесный контакт между оболочками из гидратных продуктов на поверхности зерен вяжущего, что способствует объединению их в плотный и прочный сросток. На более высоком уровне микроструктуры характерен эффект, который обнаруживается первым при введении СП – пептизация (дефлокуляция) агрегированных флокул цемента, что придает цементно-водной суспензии однородность, и приводит к некоторому росту прочности материала.

Таким образом, добавки ПАВ, изменяя условия и особенности формирования структуры на микроуровне, влекут за собой изменения в микроструктуре и свойствах системы (бетона) в целом, что отражается на прочности, плотности, пористости, однородности, что в конечном итоге влияет на долговечность бетона в агрессивной среде эксплуатации. Водоредуцирующие ПАВ значительно улучшают структуру бетона: уменьшается открытая пористость и количество капиллярных пор, что вызывает повышение непроницаемости и коррозионной стойкости бетона. Бетоны как со сниженным В/Ц, так и из литых смесей, обладают меньшим водопоглощением в начальные сроки твердения и более интенсивным его снижением при длительном твердении по сравнению с бетоном без ПАВ. СП существенно уменьшает величину капиллярного подсоса бетона (при пониженном водосодержании смесей). Понижение водосодержания изменяет соотношение поверхностных активностей вяжущего, соотношение скоростей структурирования и объемных деформаций [7], влияя на начальную поврежденность структуры и последующее образование и развитие трещин в процессе циклического воздействия среды.

Выбор оптимальных условий получения модифицированного бетона с учетом среды эксплуатации обеспечивает сохранение в период работы конструкции заданного комплекса его свойств.

Литература

1. Долговечность железобетона в агрессивных средах /С.Н.Алексеев, Ф.М.Иванов, С.Модры, П.Шиссль.- М.: Стройиздат, 1990. -320 с.
2. Powers T.C. The mechanism of frost action in concrete. «Cement, Lime and Gravel», 1966, 41, №5, p.143-148, 181-185.
3. Батраков В.Г. Модифицированные бетоны. Теория и практика. –2-е изд. -М.: Технопроект, 1998. -768 с.
4. Кунцевич О.В. Бетоны высокой морозостойкости для сооружений Крайнего Севера. –Л.: Стройиздат, 1983. –132 с.
5. Бабков В.В. Физико-механические аспекты оптимизации структуры цементных бетонов. Автореф. дисс... докт. техн. наук .05.23.05., Л., ЛИСИ, 1990. –43 с.
6. Сычев М.М. Твердение вяжущих веществ.-Л.:Стройиздат, 1974. -68 с.
7. Рамачандран В., Фельдман Р., Бодуэн Дж. Наука о бетоне: Физико-химическое бетоноведение.-М.,Стройиздат.-1986.-278 с.