

УТВЕРЖДАЮ

Директор НИИЖБ – филиала
ФГУП «НИЦ «Строительство»
Семченков А.С.

« _____ » декабря 2007 г.

Предварительное заключение о сульфатостойкости бетона с добавкой
Кальматрон-Д в сульфатных средах.
(Договор № 900/13-232-07/ЖБ)

Цель работы – определение области применения бетона с добавкой Кальматрон-Д в сульфатных средах.

В СНиП 2.03.11-85 «Защита строительных конструкций от коррозии» сульфатостойкость бетонов классифицируется в зависимости от двух основных параметров:

- вида используемого цемента (рядовой, повышенной сульфатостойкости и сульфатостойкий);
- проницаемости бетона.

Первый параметр связан с большей или меньшей способностью цементного камня химически взаимодействовать с агрессивной средой (реакционная способность), образуя продукты реакции гипс и гидросульфоалюминаты кальция. Гипс присоединяет 2 молекулы воды, гидросульфоалюминат в моно или трисульфатной форме присоединяет 10 или 32 молекулы воды. Кристаллизация указанных соединений происходит с большим увеличением объема твердых фаз, что вызывает сначала уплотнение бетона (заполнение пор и капилляров), затем возникновение внутренних напряжений и разрушение бетона. Чем ниже содержание минералов C_3S и C_3A в клинкере портландцемента, тем меньшее количество сульфатов может быть связано цементным камнем и тем меньше опасность коррозионного повреждения бетона.

Второй параметр – проницаемость бетона – предопределяет большую или меньшую скорость проникания агрессивных сульфат-ионов внутрь бетона. Чем меньше проницаемость бетона, тем с меньшей скоростью поступают сульфат-ионы в бетон и тем медленнее развиваются процессы разрушения бетона.

С появлением в технологии бетонов эффективных химических добавок появилась возможность при неизменной подвижности бетонной смеси уменьшить проницаемость бетона. Введение добавки Кальматрон-Д в бетон способствует понижению проницаемости бетона.

По рекомендации заказчика испытания выполняли на образцах бетона, изготовленных из портландцемента Пикалевского завода ПЦ 400 Д-20. Колебания в содержании минерала C_3A в составе клинкера Пикалевского

завода 4-5%. По содержанию минерала C_3A портландцемент Пикалевского завода может считаться сульфатостойким.

Состав и характеристики бетона приведены в таблице 1.

Таблица 1. – Состав и характеристики бетона.

Состав бетона	Расход материалов кг/м ³				С-3, % от массы цемента	В/Ц	Кальматрон -Д***, %	Осадка конуса, см	Объемная масса кг/м ³
	Ц	П*	Щ**	Вода					
Контрольный	380	760	1180	164	0,5	0,43	-	2-3	2360
Кальматрон-Д	380	760	1180	164	0,5	0,43	2,63	3	2310

* Песок для изготовления бетона кварцевый с Мк-2,05

** Щебень гранитный ф. 5-10мм

*** Кальматрон-Д перед введением в бетон был перемешан. Расход Кальматрона-Д 10кг/м³

Задачей исследования является экспериментальное определение сульфатостойкости бетона с добавкой Кальматрон-Д и сравнение полученных результатов с сульфатостойкостью бетона без добавки.

Методы испытаний и оценка результатов исследований

Проницаемость бетона определяли по методике НИИЖБ.

Сульфатостойкость бетонов определяли с учетом требований ГОСТ 27677-88. «Бетоны. Общие требования к проведению испытаний» и «Рекомендаций по методам определения коррозионной стойкости бетона» М. НИИЖБ 1988г.

Согласно современным представлениям процессы коррозии бетона лимитируется диффузией участвующих в коррозии веществ. В этой связи диффузионная проницаемость является важнейшей характеристикой бетона. В настоящей работе диффузионная проницаемость определялась с использованием разработанного в НИИЖБ метода измерения электрического сопротивления образцов бетона с различными сроками хранения в воде. В этом состоянии бетон имеет минимальное электрическое сопротивление и максимальную диффузионную проницаемость.

Сущность метода состоит в том, что по результатам электрического сопротивления бетона и его жидкой фазы рассчитывают диффузионную проницаемость бетона на основании аналогии между диффузионной проницаемостью и электропроводимостью.

В основу положен метод 4-х электродов, применявшийся ранее для оценки электропроводности грунта при оценке его агрессивности к стали.

При изготовлении образцов 4x4x16 см на расстоянии 1см от торцов и в третях по длине устанавливали 4 стальные электрода. При измерениях к крайним электродам подключали источник тока с микроамперметром в цепи. Между средними электродами вольтметром измеряли падение напряжения.

По полученным данным с учетом геометрических размеров образцов (6 параллельных) рассчитывали удельное электрическое сопротивление бетона. Для определения удельного электрического сопротивления жидкой фазы бетона испытываемый бетон подвергали дроблению. Крупный щебень отделяли, затем цементно-песчаный раствор домальвали и просеивали через сита с отверстием 0,63 и 0,315мм. Подготовленную пробу смешивали с водой в соотношении 1:1; 1:2,5; 1:5; 1:10. По измерениям удельного электрического сопротивления водных вытяжек строили график и определяли величину удельного сопротивления вытяжки.

Диффузионную проницаемость рассчитывали умножением коэффициента диффузии $D_{Na_2SO_4}$ в воде (данные «Справочника химика») на отношение удельного сопротивления вытяжки к удельному электрическому сопротивлению бетона.

Результаты испытаний проницаемости бетона контрольного состава и бетона с добавкой Кальматрон-Д представлены в таблице 2.

Таблица 2. – Диффузионная проницаемость бетона для сульфатов

Состав бетона	D 10^{-8} см ² /сек, после хранения в воде			
	14	45	90	180
Контрольный	11,31	8,13	6,33	6,33
Кальматрон-Д	8,25	5,98	4,77	4,42

Как показывают испытания по мере твердения бетона наблюдается значительное понижение диффузионной проницаемости по сравнению с начальным периодом твердения. Диффузионная проницаемость бетона при введении в него добавки Кальматрон-Д после 90 суток твердения в 1,3-1,4 раза меньше проницаемости бетона контрольного состава.

Коррозионные испытания бетонов в растворах сульфата натрия с концентрацией иона SO_4^{2-} 5000, 20000, 34000 мг/л выполняли при полном и постоянном погружении образцов в агрессивные растворы.

Для ускорения процессов сульфатной коррозии испытания выполняются на образцах малых размеров 1x1x6см (исследования по кинетике поглощения сульфатов) и 2x2x16см (исследования по деформации образцов). Образцы формовали из бетонной смеси, из которой мокрым просеиванием через сито 5 мм отделен крупный заполнитель.

Концентрацию ионов сульфатов в исходных растворах и в процессе испытаний определяли объемным методом – титрованием иона SO_4^{2-} раствором хлорида бария по индикатору нитрохромазо. При уменьшении концентрации сульфатов на 5% агрессивный раствор, взаимодействующий с образцами, заменяли новым.

По разности концентраций иона SO_4^{2-} до и в процессе испытаний определяли количество поглощенных сульфатов в пересчете на SO_3 , % от массы цемента в образцах.

Располагая данными о накоплении сульфатов за время испытаний образцов бетона в сульфатной среде и данными о количестве сульфатов, вызывающих разрушение бетона, после окончания испытаний будет рассчитан срок службы бетона.

Опыт исследований сульфатостойкости бетона показывает, что результаты кинетических исследований, полученные за 6 месяцев испытаний, не следует использовать для прогнозирования срока службы бетона конструкций в сульфатных средах. В этот период времени процесс коррозии протекает на поверхности; наружный отработанный слой бетона, диффузия через который определяет скорость процессов коррозии в целом, еще только образуется.

Результаты химических исследований таблица 3.

Таблица 3. – Количество сульфатов, поглощенных растворной частью бетона $\Sigma P SO_3$, % от массы цемента.

Состав бетона	Продолжительность исследований, месяцы					
	3			6		
	Концентрация раствора Na_2SO_4 по иону SO_4^{2-} мг/л					
	5000	20000	34000	5000	20000	34000
Контрольный	1,0	4,07	6,29	1,83	7,22	8,36
Кальматрон-Д	1,0	3,94	5,32	1,65	5,52	6,27

По результатам накопления SO_3 в образцах можно отметить, что при высокой концентрации сульфатов 20000 и 34000 мг/л к 6 месяцам испытаний накопление SO_3 в образцах бетона с Кальматроном-Д в 1,3 ниже по сравнению с образцами контрольного состава.

Для измерения деформации расширения образцов в их торцевые стороны заформованы репера. Деформации расширения образцов определяли с помощью устройства, состоящего из штатива с индикатором часового типа с ценой деления 0,01 мм.

Неизменность первоначального отсчета по индикатору проверяли установкой и измерением длины контрольного стержня перед началом измерения в процессе испытаний и после его окончания. Испытания проводили в растворах сульфата натрия с концентрацией иона SO_4^{2-} : 5000, 20000, 34000 мг/л и в водопроводной воде.

Среда считается не агрессивной по отношению к бетону, если значение относительного удлинения образцов не превышает 0,1%.

Результаты испытаний по деформации расширения образцов представлены в таблице 4.

Деформации расширения образцов бетона контрольного состава за 6 месяцев испытаний в растворе сульфата натрия с концентрацией иона SO_4^{2-} 34000 мг/л достигли критической величины 0,1%.

Таблица 4. – Деформация образцов из растворной части бетона в воде и растворах сульфата натрия.

Состав бетона	Деформации, %, при испытании в течение							
	3 месяцев				6 месяцев			
	Вода	Раствор Na_2SO_4 с концентрацией SO_4^{2-} , мг/л			Вода	Раствор Na_2SO_4 с концентрацией SO_4^{2-} , мг/л		
		5000	20000	34000		5000	20000	34000
Контрольный	0,023	0,035	0,051	0,073	0,023	0,042	0,089	0,105
Кальматрон-Д	0,021	0,032	0,048	0,064	0,022	0,039	0,066	0,082

ВЫВОДЫ

1. В течение 6 месяцев выполнены сравнительные испытания сульфатостойкости бетонов контрольного состава и бетона с добавкой Кальматрон-Д в количестве 10 кг/м^3 бетона (расход цемента 380 кг/м^3).

2. Предварительный вывод по результатам испытаний: диффузионной проницаемости; кинетики поглощения сульфатов и деформации образцов в растворах сульфата натрия, показал, что введение в состав бетона добавки Кальматрон-Д увеличивает стойкость бетона в сульфатных средах на 30% по сравнению с составом бетона без добавки.

3. Расчет долговечности бетона с добавкой Кальматрон-Д в сульфатных средах будет выполнен по окончании испытаний.

Зав. лабораторией коррозии и долговечности
бетонных и железобетонных конструкций,
д. т. н., проф.



Степанова В. Ф.

Старший научный сотрудник



Любарская Г.В.