

успешному осуществлению надвигки пролетного строения длиной 126 м без применения временных опор.

Литература

1. Марышев, А.Б. Цикличная продольная надвигка /А.Б. Марышев // Строительная техника и технологии. – 2008. – № 5. – С. 134–141.

2. Платонов, А.С. Уроки аварий металлических конструкций мостов / А.С. Платонов // Транспортное строительство. – 2009. – № 6. – С. 6–9.

3. Цернант, А.А. Научное сопровождение объектов как условие обеспечения комплексной безопасности строительства /А.А. Цернант // Транспортное строительство. – 2009. – № 3. – С. 2–5.

УДК 624.21.04

ГИДРОФОБНЫЙ ЦЕМЕНТ И СПОСОБ ЕГО ПОЛУЧЕНИЯ

Гречухин В.А.

Белорусский национальный технический университет

(г. Минск, Республика Беларусь)

Цементы марок 400 и 500 за 3 – 6 месяцев теряют хранения до 30 % активности. Поэтому актуально получение цемента, который будет сохранять свою активность при хранении и нормально гидратировать при затворении водой.

Теоретические представления о получении гидрофобных цементов основываются на работах П.А. Ребиндера, Е.Е. Сегаловой и др. [1 – 2]. Эти пленки образуются на зернах цемента при помоле или повторном домоле в мельницах с гидрофобизирующими добавками. Такой цемент способен храниться длительное время без существенной потери активности. При затворении водой гидрофобная пленка замедляет скорость гидратации цемента и повышает жизнеспособность бетонной смеси.

В работе для гидрофобизации цемента использована отработанная глина. Однако ее введение помолом или повторным домолом в мельницах неэффективно из-за образования комков ОГ покрытых слоем цемента. Учитывая это, разработан специальный способ.

Три части ОГ перетирали с четырьмя частями цемента в течение

0,5–3 минут с последующим совместным помолом в высокоскоростной мешалке до получения однородной смеси гидрофобного концентрата. Направление вращения меняли каждые 15 – 30 секунд. Перетирание менее 0,5 минут не дает требуемой однородности, а свыше 3 минут не повышает однородность смеси. При введении добавки в количестве более $\frac{3}{4}$ от массы цемента и заполнение емкости более чем на 0,5 объема в нижней части емкости образуются комки [3].

В дальнейшем при смешении гидрофобного концентрата с цементом получали гидрофобный цемент. Тонкие гидрофобные пленки на цементных зернах, изолировали его от проникновения капельно-жидкой воды. Пленки имеют прерывистое, сетчатое строение, поэтому через них в ограниченном количестве проникают водяные пары и углекислый газ. Масса данного цемента при хранении в атмосферных условиях в мешке в течение 3 лет увеличилась на 2,3 %, в то время как у обычного (контрольного) цемента привес составил 19 %.

Гидрофобный цемент легко собирался в шарики диаметром 2 – 3 мм, что можно объяснить высокой полярностью ОГ. Шарики рассыпались от легкого воздействия. Вода при попадании на поверхность гидрофобного цемента скатывалась с него каплями, что связано с образованием на цементных зернах тонких водоотталкивающих пленок.

Гидрофобность цемента определяли по водопоглощению. Капля воды, нанесенная на его поверхность, свободно перемещалась и не поглощалась в течение 5 минут от момента нанесения на поверхность [4].

Таблица 1

Физико-механические показатели цемента и цементного камня с ОГ

Количество добавки, % масс. от цемента	Водопоглощение, %			Динамика набора прочности при сжатии, в % от 28 сут. контрольного				Сроки схватывания, час-мин	
	1 ч	1 сут	1 сут	3 сут	7 сут	1 сут	2 сут	На чало	К онец
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Без добавки (контроль)	1 7,2	2 0,7	2 2,9	51	6 3	7 8	1 00	2,3 0	3, 30
0,2	5 ,0	6 ,8	8 ,9	51	6 5	8 1	1 11	2,3 0	3, 30
0,5	3 ,0	4 ,2	6 ,3	50	6 5	8 0	1 11	2,3 0	3, 30

Окончание таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1,0	,5	,8	,5	48	4	8	09	2,3 0	3, 35
2,0	,6	,9	,3	41	5	8	0	2,3 5	3, 40
4,0	,3	,4	,6	26	6	4	2	2,3 5	3, 45

При просеивании гидрофобного цемента после трех лет хранения через сито № 8 комков и кусков обнаружено не было.

Вода, при затворении, за счет процесса адсорбции и массопереноса по микротрещинам проникает через сетчатые гидрофобные пленки и реагирует с зернами цемента [1]. Она адсорбируется на внутренних поверхностях цементного зерна, и оно разбухает, вызывая расклинивающее действие, приводящее к развитию и углублению микротрещин.

Гидратации также способствует взаимное трение частиц цемента. Нераскрывшаяся пленка замедляет гидратацию, обеспечивая увеличение жизнеспособности бетонной смеси, предотвращая комкование цемента. При гидратации обычного цемента, влияние влаги начинается преимущественно с поверхностных участков, вызывая слипание частиц, приводя к их агрегации и образованию комков. Поэтому смачивание гидрофобного цемента водой более равномерное и гидратация по объему цементного теста более согласованная.

В процессе перемешивания ОГ распределяется по всему объему цементного теста и не препятствует нормальному схватыванию и твердению цемента. После набора прочности, органическая масса придает цементному камню гидрофобные свойства, а высокодисперсные частицы неорганической массы заполняют пространство (поры и капилляры) между грубодисперсными частицами цемента и образуют многочисленные, хотя и слабые, дополнительные коагуляционные контакты между частицами твердой фазы. Объем высокодисперсного материала не должен превышать суммарный объем пор и капилляров, чтобы не препятствовать образованию прочных связей.

Поглощенная за счет гигроскопичности влага после химических реакций с клинкерной частью цемента не способна возвратиться в окружающую среду.

Процесс поглощения водяных паров из воздуха и их взаимодействия с цементом можно разделить на три фазы. Первая фаза –

сорбция паров воды водорастворимыми составляющими цемента и образование на поверхности цементных частиц слоя насыщенного водного раствора. Вторая фаза – постепенный переход пара в капиллярах в жидкость, появление менисков. Третья фаза – химическое взаимодействие поглощенной влаги с цементом. Этот процесс весьма длителен и может продолжаться до полного израсходования клинкерной части в цементе.

Благодаря гидрофобным пленкам цемент имеет низкую гигроскопичность и практически не слеживается при хранении. Цемент гидрофобизированный ОГ через год хранения сохранил сыпучесть, комки в нем отсутствовали, в то время как контрольный цемент слежался. Результаты приведены в таблице 2.

Таблица 2

Количество, скомковавшегося цемента в %

Количество добавки, % масс.	Продолжительность хранения навалом		
	100 дней	1 год	3 года
Без добавки	85,0	90,0	98,0
0,2	19,9	23,5	27,1
0,5	12,3	13,1	15,3
1,0	9,2	10,3	12,1
2,0	5,5	6,2	7,9
4,0	3,2	3,5	3,6

Из таблицы видно, что через год хранения, гидрофобизированный цемент сохранил до 72 – 97 % своей сыпучести, в то время как контрольный цемент почти полностью пришел в негодность.

Стабильность характеристик бетона при повышении сроков хранения гидрофобных цементов подтверждает эксперимент, проведенный по ускоренному методу. Цемент М–500 и гидрофобизированный добавкой ОГ распределяли на противне, выдерживали 90 суток при относительной влажности воздуха 80 % при комнатной температуре. Результаты эксперимента приведены в таблице 3.

Таблица 3

Прочность образцов при испытании на изгиб и сжатие

Количество добавки, %	Предел прочности (через суток), МПа							
	При сжатии				При изгибе			
	3	7	14	28	3	7	14	28
Без добавки	14,5	17,8	22,4	28,8	1,17	1,46	2,11	2,7
0,2	23,5	30,2	36,8	51,1	1,25	1,55	2,58	3,05
0,5	23,6	31,2	37,6	53,3	1,24	1,51	2,49	3,07
1,0	23,4	31,1	37,4	52,9	1,19	1,46	2,42	3,1
2,0	19,6	27,5	33,8	44,9	1,04	1,32	2,28	3,07
4,0	12,9	18,2	27,1	36,2	0,95	1,27	2,15	2,9

Анализ таблицы показывает, что прочность образцов изготовленных из обычного лежалого цемента, во все сроки испытания в среднем в 1,4 – 2 раза меньше, чем прочность образцов из такого же гидрофобизированного цемента.

Влияние ОГ на свойства цементного теста.

Влияние ОГ на нормальную плотность и сроки схватывания цементного теста определяли в соответствии с требованиями ГОСТ 310.3.

На основании анализа экспериментальных данных установлена эмпирическая зависимость скорости гидратации цемента в зависимости от количества ОГ:

Начало схватывания цементного теста.

$$T_{нсд} = T_{нс} + T_{\partial}, \quad (1)$$

Конец схватывания цементного теста.

$$T_{ксд} = T_{кс} + 3 \cdot T_{\partial}, \quad (2)$$

Продолжительность схватывания цементного теста.

$$T_{нсд} = T_{нс} + 2 \cdot T_{\partial}, \quad (3)$$

где $T_{нсд}$, $T_{нс}$ – начало схватывания цементной смеси с и без ОГ, в минутах;

$T_{ксд}$, $T_{кс}$ – конец схватывания цементной смеси с и без ОГ, в минутах;

$T_{нсд}$, $T_{нс}$ – продолжительность схватывания цементной смеси с и без ОГ, в минутах;

T_0 – изменение времени гидратации цементного теста в минутах в зависимости от количества вводимой ОГ.

В числовом выражении время T_0 примерно соответствует и изменяется на одну минуту при изменении количества ОГ D на 1 %. D – количество ОГ в %.

Данные формулы получены на основании следующих закономерностей. При введении ОГ прослеживалась примерно линейная зависимость изменения времени начала, конца и продолжительности схватывания цементной смеси. Максимальное отклонение расчетных и экспериментальных значений наблюдалось при введении ОГ в количестве 2 % масс. от цемента и составило 1,9 %.

Значения расчетных и экспериментальных показателей изменения параметров цементного теста при введении ОГ в количестве 0,2 – 4 % мас. от цемента приведены в таблице 4.

Таблица 4

Нормальная густота и время схватывания цементного теста

Количество добавки, % масс. от цемента	Нормальная густота цементного теста с ОГ	Время схватывания цементного теста, мин					
		Начало		Конец		Продолжительность	
		экспериментальное	расчетное	экспериментальное	расчетное	экспериментальное	расчетное
0,0	25,5	150	150	210	210	60	60
0,2	25,5	150	150	210	211	60	60
0,5	25,5	150	151	210	212	60	61
1,0	25,5	150	151	215	213	65	62
2,0	25,5	155	152	220	216	65	64
4,0	25,4	155	154	225	222	70	68

В таблице 4 расчетные значения времени схватывания получены по формулам 1 – 3.

Как следует из экспериментальных данных (таблица 4), ОГ в количестве до 4 %, не оказывает существенного влияния на схватывание цемента, увеличивая время окончания с 210 до 230 минут,

т.е. на 9,5 % и продолжительность с 60 до 75 минут, т.е. на 25 %. Что в итоге не оказывает на сроки существенного влияния.

Литература

1. Ребиндер, П.А. О механической прочности пористых дисперсных систем / П.А. Ребиндер, Е.Д. Шукин, Л.Я. Маргулис // Докл. АН СССР. – 1964. – Т. 154, № 8. – С. 695–698.

2. Сегалова, Е.Е. Современные физико-химические представления о процессах твердения минеральных вяжущих веществ / Е.Е. Сегалова, П.А. Ребиндер // Строительные материалы. – 1960. – № 1. – С. 21–26.

3. Способ приготовления бетонной смеси: пат. 11645 Респ. Беларусь, С 04 В 40/00, 28/00 / Г.Д. Ляхевич, В.А. Гречухин ; зарегистрирован в Государственном реестре изобретений. – 2008.11.26.

4. Определение гидрофобности цементов / Н.Ф. Кокнаев [и др.] // Цемент. – 1982. – № 4. – С. 18–19.

УДК 625.745.1-027

ПРОБЛЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ ГОРОДСКИХ МОСТОВ И ПУТЕПРОВОДОВ

**Гулицкая Л.В., канд. техн. наук,
Куш Н.Н., Король Е.А.,
Шиманская О.С.**

Белорусский национальный технический университет

(г. Минск, Республика Беларусь)

Мосты и путепроводы являются важной составной частью городского хозяйства. В связи со значительным ростом в последние годы интенсивности движения городского автомобильного транспорта остро встает проблема повышения долговечности и обеспечения эксплуатационной надежности городских транспортных сооружений.

Научно-исследовательская лаборатория мостов и инженерных сооружений (НИЛ МИС) БНТУ с 1980 г. принимает активное