

лессовидного грунта, взятых из под подошвы фундаментов зданий экспериментальной площадки с различными сроками эксплуатации в сравнении с природным состоянием.

РЭМ-фотографии микроструктуры лессовидного грунта оснований зданий из под подошвы фундаментов при 20 и более годах эксплуатации резко отличаются от РЭМ-фотографий при 10-15 годах эксплуатации зданий. На них отмечается более плотная микроструктура с уменьшением размеров пор и агрегатов. С увеличением сроков эксплуатации по РЭМ-фотографиям микроструктуры лессовидного грунта оснований из под подошвы фундаментов зданий никаких существенных изменений не наблюдается. Это доказывает, что синерезис является одной из основных причин структурных изменений в лессовидных грунтах при их длительной эксплуатации в качестве оснований зданий и сооружений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Осипов В.И., Соколов В.Н., Румянцева Н.А. Микроструктура глинистых пород / Под ред. академика Е.М. Сергеева - М.: Недра, 1989. - 211 с.
2. Акулова В.В. Структура, просадочность и тиксотропно-реологические свойства лессовых пород Иркутского амфитеатра: Автореф. Дис. ... канд. геол.-мин. наук. – Иркутск, 1994. -18 с.
3. Корнеев И.А. Комплексные исследования изменений свойств лессовых грунтов в основаниях длительно эксплуатируемых зданий. Дис. ... канд. техн. наук – Барнаул, 2011. - 71-78 с.

Швецов Г.И. – д.г.-м.н., профессор, Лебзак В.Н. – аспирант, E-mail: lev130@mail.ru, Тищенко А.И., - д.т.н., профессор, Куликова Л.В. – д.т.н., профессор, Буйко О.В. – к.т.н., доцент, Алтайский государственный технический университет.

УДК 666.972

ЭФФЕКТИВНЫЕ ГИПСОЦЕМЕНТНОЗОЛЬНЫЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ ВЯЖУЩИЕ ВЕЩЕСТВА

Е.В. Шкробко, А.М. Маноха, Е.Н. Гущина, Е.Е. Андрюшина, Г.Н. Шибаета

Изучено влияние состава на свойства сульфатированных композиционных вяжущих веществ. Показано, что с использованием зол бурых углей Канско-Ачинского бассейна могут быть получены эффективные гипсоцементнозольные и гипсозольные вяжущие вещества, обеспечивающие при твердении получение прочного цементного камня.

Ключевые слова: композиционные вяжущие, деструктивные явления, высококальциевые золы, цементный камень.

ВВЕДЕНИЕ

Интенсивное развитие малоэтажного строительства приводит к увеличению доли стеновых материалов в общем балансе материальных ресурсов строительства. Ограждающие конструкции должны обладать заданными прочностными и тепло-, звуко-, атмосферозащитными свойствами, которые довольно сложно получить, используя традиционные материалы.

В настоящее время в монолитном домостроении в качестве основного материала используют различные виды бетонов на основе портландцемента. Такие бетоны набирают распалубочную прочность через 3-4 суток и более. Портландцемент при использовании его в качестве вяжущего в бетонах обеспечивает им высокую прочность и водо-

стойкость, но бетоны медленно набирают прочность, и, как правило, характеризуются недостаточными теплозащитными свойствами. Среди способов улучшения строительно-технических характеристик цементов особое место занимает их сульфатизация, наиболее распространенным вариантом, которой является изготовление смешанных гипсоцементных вяжущих с использованием портландцемента и строительного гипса. Строительный гипс, являясь воздушным вяжущим, характеризуется быстрым набором прочности, получающийся гипсовый камень характеризуется повышенными теплозащитными свойствами, но низкой водостойкостью. Смешанное гипсоцементное вяжущее обладает достоинствами того и другого составляющего, не имея их недостатков. Материалы и изделия, на ос-

нове таких вяжущих быстро твердеют, изготавливаются по беспропарочной технологии при значительно меньшем расходе цемента. Использование таких вяжущих представляет собой интерес при монолитном бетонировании ограждающих конструкций малоэтажных зданий. Создание водостойких гипсоцементных вяжущих веществ позволило значительно расширить диапазон применения изготовленных на их основе изделий в наружных несущих и ограждающих конструкциях [1].

Однако, основная проблема совмещения гипсового вяжущего и портландцемента в единую композицию заключается в том, что после 28 суток твердения гипсоцементный камень обладает склонностью к деструктивным явлениям, приводящим к снижению прочности, а при длительном воздействии воды – к разрушению камня. Для создания долговечных материалов необходимо выяснение механизма твердения и деструкции смешанных гипсоцементных композиций, этому вопросу на протяжении длительного времени уделяется пристальное внимание [2]. Согласно действующему стандарту на смешанные вяжущие основным технологическим фактором, призванным обеспечить возможность совмещения гипсового вяжущего с портландцементом в единую вяжущую композицию, является введение необходимого количества активной минеральной добавки (трепела, опоки, даитомита и др.), т.е. получение трехкомпонентного гипсоцементнопуццоланового вяжущего. Но уже в 1977 году были опубликованы результаты исследований, доказывающие, что введение пуццолановой добавки не решает проблему долговечности изделий на основе гипсоцементнопуццолановых вяжущих и не является достаточно эффективным технологическим способом, обеспечивающим оптимальные условия формирования устойчивой структуры при совместном твердении трехкомпонентного вяжущего. Пуццолановая добавка, введенная в гипсоцементную композицию, вносит лишь некоторые количественные изменения, но не способна качественно изменить особенности структуры и свойств возникающего гипсоцементного камня. По замыслу авторов, предлагающих введение пуццолановых добавок [3], их роль должна заключаться в связывании $\text{Ca}(\text{OH})_2$, выделяющегося при гидролизе всех клинкерных минералов, в гидросиликаты кальция, что могло предупредить образование избыточного количества минерала этрингита. Однако, более поздними исследованиями было показано, что на основе обра-

зовавшихся гидросиликатов кальция в присутствии гипса и под действием углекислоты воздуха в процессе службы в структуре цементного камня возникает минерал таумасит, что является основной причиной деструктивных явлений [2].

Указанным автором отмечено, что деструктивные явления отсутствуют в случае использования в качестве наполнителей органических веществ естественного происхождения (древесина, опилки), а также тонкомолотых добавок известняка или доломита. При использовании других наполнителей необходима карбонизация изделий, осуществляемая на стадии производства или хранения. Таким образом, из гипсоцементной смеси и доступных наполнителей можно получить различные по свойствам быстротвердеющие композиционные вяжущие вещества.

Принципиально новым решением проблемы является разработка состава экономичного быстротвердеющего вяжущего, получаемого из доступного местного сырья при минимальном расходе портландцемента.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

При изготовлении гипсоцементнозолевых композиционных вяжущих веществ применялись портландцемент ПЦ500Д0 производства цементного завода ОАО «Искитимцемент» и строительный гипс марки Г-5. С целью получения композиционных вяжущих с использованием местных материалов в качестве добавок вводилось местное техногенное сырье в виде зол-уноса Абаканской ТЭЦ и тонкомолотый доломит Таензинского месторождения. Зола уноса Абаканской ТЭЦ получается при сжигании бурых углей Ирша-Бородинского разреза Канско-Ачинского бассейна. Зола имеет следующий химический состав: SiO_2 – 31,42%; Al_2O_3 – 9,47%; Fe_2O_3 – 9,63%; CaO – 37,38%; MgO – 8,34%; SO_3 – 2,08%; R_2O – 0,6%; $\text{CaO}_{\text{своб.}}$ – 8,23%; п.п.п. – 0,58%. Для золы характерно высокое содержание CaO и MgO , в том числе большое количество CaO находится в свободном состоянии. Дисперсность золы оценивается остатком 2,1% на сите 008. Зола обладает самостоятельными вяжущими свойствами. Зольное тесто с нормальной густотой 25% характеризуется началом схватывания – 25 минут, конец схватывания – 50 минут. Затвердевший зольный камень в 28 суточном возрасте имеет низкую прочность за счет деструктивных явлений, характерных для высококальциевых зол с высоким содержанием CaO в свободном состоянии. Зола не выдер-

живает испытаний на равномерность изменения объема при гидратации и твердении. Добавка золы к цементу в количестве 10 и 20% приводит к значительному снижению прочности. Однако смесь 70% золы и 30% карбонатной добавки при водовяжущем отношении, равном 0,3, набирает за 28 суток твердения в нормальных условиях прочность при сжатии, равную 16,4 МПа. Видимо, в присутствии доломита деструктивные процессы при твердении золы протекают в ограниченном объеме. Композиционные вяжущие изготавливались путем 10-минутного совместного сухого помола смеси компонентов. Из теста нормальной густоты формовались образцы-кубики с ребром, равным 2 см. Набор прочности образцов происходил во влажных условиях без доступа углекислого газа. Определялся предел прочности при сжатии через 1 сутки, 3, 7, 14, 28 суток.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Прочностные показатели композиционных вяжущих в зависимости от состава и времени твердения приведены в таблице 1. Для сравнения приводятся данные по составу гипсоцементного вяжущего с добавкой 20% доменного гранулированного шлака.

Как видно из представленных результатов (таблица 1), гипсоцементнозольное и гипсоцементношлаковое вяжущее дают в процессе твердения камень достаточно высокой прочности. При уменьшении количества гипса в композиционном вяжущем до 20% и введении тонкомолотой карбонатной добавки также сохраняются высокие прочностные показатели. Составы 5 и 6 показывают, что с золой

бурых углей Канско-Ачинского бассейна могут изготавливаться не только эффективные гипсоцементнозольные вяжущие, но и гипсозольные вяжущие высокой прочности. Содержание свободного гидроксида кальция в гипсозольном камне составов 5 и 6, определенное химическим методом составляет 0,22 и 0,28%. Этот факт свидетельствует о том, что весь гидроксид кальция, образующийся при гидратации зольного компонента связывается образующимися продуктами гидратации без возникновения деструктивных явлений. При хранении образцов в воздушно-сухих условиях в течение 6-8 месяцев у всех составов сохраняется высокая прочность. Следовательно, наличие в гипсозольном и гипсоцементнозольном вяжущем больше 20 % гипса (совместно с карбонатной добавкой и без нее) обеспечивает композиционному вяжущему бездефектное твердение.

В работе [4] нами показано, что причиной деструктивных явлений при гидратации высококальциевых зол бурых углей, содержащих значительное количество $CaO_{своб.}$ является образование в качестве одной из основных составляющих этtringитовой фазы. При гидратации гипсоцементнозольных вяжущих этtringит также способен образовываться. Но в жидкой фазе с высокой концентрацией ионов SO_4^{2-} уменьшается растворимость этtringита и, следовательно, меняется характер его кристаллизации. Возникающие мельчайшие центры кристаллизации этtringита для объединения в крупные кристаллы должны предварительно пройти через растворение, чему мешает высокая концентрация SO_4^{2-} в жидкой фазе.

Таблица 1 – Прочностные показатели композиционных вяжущих в зависимости от состава и времени твердения

№	Состав композиционного вяжущего	Прочность при сжатии, МПа				
		1 сутки	3 суток	7 суток	14 суток	28 суток
1	50 % Г + 30 % ПЦ + 20 % зола В/В=0,4	6,83	8,88	13,47	14,82	17,56
2	50 % Г + 30 % ПЦ + 20 % ДГШ В/В=0,4	8,10	9,42	15,40	18,41	22,00
3	20 % Г + 45 % ПЦ + 20 % зола + 15 % КД В/В=0,33	8,29	13,51	19,20	-	24,42
4	20 % Г + 30 % ПЦ + 30 % зола + 20 % КД В/В=0,32	4,45	8,35	10,20	-	17,24
5	70 % Г + 30 % зола В/В=0,42	6,51	9,42	15,40	18,41	20,35
6	50 % Г + 50 % зола В/В=0,35	9,66	11,70	10,40	20,10	26,12

Примечание: Г – гипс, марки Г-5; ПЦ – портландцемент, марки ПЦ500Д0; ДГШ – доменный гранулированный шлак; КД – карбонатная добавка.

В этом случае образующийся этtringит сохраняется в продуктах гидратации в субмикросталлическом состоянии. Невозможность роста крупных кристаллов этой фазы приводит к уменьшению масштабов деструктивных явлений и формированию гипсоцементнозольного или гипсозольного камня высокой прочности.

Положительное влияние добавок известняка или доломита связано с тем, что образующиеся в жидкой фазе анионы угольной кислоты (HCO_3^-) способны разлагать этtringит, уменьшая, таким образом, его количество в продуктах гидратации рассматриваемых композиционных вяжущих веществ.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При использовании высококальциевых зол бурых углей Канско-Ачинского бассейна, характеризующихся значительным количеством $\text{CaO}_{\text{своб.}}$, могут быть получены эффективные быстротвердеющие гипсоцементнозольные и гипсозольные композиционные вяжущие, обеспечивающие получение бездефектного цементного камня высокой прочности. Такие вяжущие найдут широкое приме-

нение в производстве крупногабаритных изделий (панели перегородок и оснований под покрытие полов), а также при возведении ограждающих конструкций в малоэтажном строительстве.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ферронская А.В. Долговечность гипсовых материалов, изделий и конструкций. – М., 1984.
2. Алкснис Ф.Ф. Твердение и деструкция гипсоцементных композиционных материалов. – Л.: Стройиздат, 1988. – 103 с.
3. Волженский А.В. Минеральные вяжущие вещества. – М.: Стройиздат, 1986. – 464 с.
4. Козлова В.К., Лихошерстов А.А., Вольф А.В., Андрияшина Е.Е., Шкробко Е.В. Состав продуктов гидратации портландцемента с добавкой зол бурых углей Канско-Ачинского бассейна / Ползуновский вестник. - № 1. – 2011. – С.75-78.

Шкробко Е.В. - аспирант, *Мануха А.М.* – к.т.н., доцент, *Гущина Е.Н.* - аспирант, *Андрияшина Е.Е.* - аспирант, *Шибеева Г.Н.* – к.т.н., докторант, *Алтайский государственный технический университет*, E-mail: kozlova36@mail.ru.