

УДК 691.33

Степанов С.В. – кандидат технических наук, ассистент

E-mail: SereginS2@yandex.ru

Морозов Н.М. – кандидат технических наук, доцент

E-mail: nikola_535@mail.ru

Хозин В.Г. – доктор технических наук, профессор

E-mail: khozin@kgasu.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1

Исследование долговечности бетонов с ускорителем твердения на основе гальванического шлама

Аннотация

Целью работы являлось исследование влияния комплексного ускорителя твердения на основе гальванического шлама (ГШ) на долговечность бетона.

Было изучено влияние разработанной добавки на деформации набухания цементного камня, морозостойкость, водонепроницаемость цементных бетонов, а также проведена оценка строения порового пространства модифицированного мелкозернистого бетона.

Выявлено, что использование ускорителей твердения бетона увеличивает деформации набухания. Показано, что разработанная добавка в составе бетона снижает диаметр сообщающихся капилляров, при этом увеличивается морозостойкость и водонепроницаемость бетона.

Ключевые слова: гальванический шлам, ускоритель твердения, бетон, структура, пористость, морозостойкость, водонепроницаемость.

Для сокращения сроков распалубки железобетонных конструкций и ускорения их ввода в эксплуатацию строители всегда стремятся ускорить твердение бетона. При возведении монолитных конструкций ускорение твердения бетона повышает скорость выполнения строительных работ, увеличивает оборачиваемость опалубки и позволяет производить бетонирование в холодное время года. Ускорение твердения имеет особое значение при заводском производстве бетонных и железобетонных изделий, так как при этом достигается максимальное использование производственных площадей, повышение оборачиваемости форм и дорогостоящего оборудования [1, 2].

Одним из наиболее гибких и эффективных способов регулирования процесса твердения бетона является введение в его состав на стадии изготовления модификаторов органической и неорганической природы.

Значительный эффект от использования добавок-ускорителей твердения имеет место в технологии сборного бетона и железобетона. Сокращение сроков схватывания цемента и интенсификации его твердения актуально как для бетонов нормально-влажностного твердения, так и подвергаемых тепловлажностной обработке, причем не только для бетонов на плотных, но и на пористых заполнителях.

Применение добавок-ускорителей твердения бетона позволяет в заводских условиях сократить время тепловлажностной обработки, что ускоряет оборачиваемость форм и тепловых установок, либо сократить температуру тепловой обработки. Это позволяет снизить металлоемкость производства и сократить энергетические затраты на тепловую обработку. Таким образом, применение добавок-ускорителей схватывания и твердения цемента является эффективным технологическим приемом, позволяющим снизить себестоимость продукции, улучшить технико-экономические показатели деятельности предприятия, а также повысить физико-механические характеристики изделий.

В результате больших достижений за последние десятилетия 20-го века в технологии бетона и изделий на его основе все более широкое распространение в мире находят новые технологии многокомпонентных бетонов, позволяющие более эффективно управлять структурообразованием на всех этапах производства, экономить ресурсы и получать бетоны различного назначения с заданным комплексом свойств.

Помимо увеличения прочности в первые часы и сутки твердения бетона добавки-ускорители нередко увеличивают прочность и в марочном возрасте. Однако, кроме прочностных показателей, для бетонов важны и свойства долговечности, например усадка, водопоглощение, водонепроницаемость и морозостойкость. Влияние ускорителей на эти свойства зависит от их химической природы, и поэтому для новых добавок необходимо обязательно оценивать долговечность модифицированного бетона.

На кафедре технологии строительных материалов, изделий и конструкций Казанского государственного архитектурно-строительного университета был разработан комплексный ускоритель твердения на основе гальванического шлама (далее ГШС) [3]. Было установлено, что введение в состав бетонной смеси комплексного ускорителя твердения ГШС позволяет увеличить прочность бетона в возрасте 16 часов и 1 суток на 200 % и 130 % соответственно при дозировке 3 % от массы цемента.

Дальнейшим этапом работы стало исследование эксплуатационных свойств цементного бетона с разработанной добавкой. При введении ускорителей твердения происходит изменение линейных деформаций набухания цементного камня. Для сравнения оценивалась усадка цементного камня контрольного состава без добавок, а также цементного камня с добавками: суперпластификатор «С-3», «Гексалит», «ГШС».

Измерения линейных деформаций набухания цементного камня производились по следующей методике: в торцевые поверхности образцов были заформованы репера из нержавеющей стали, часть образцов хранилась в воде, а часть над водой. Замер проводился через 1, 3, 7, 14, 28 суток. Влияние комплексного модификатора на величину деформаций набухания приведено на рис. 1 и 2.

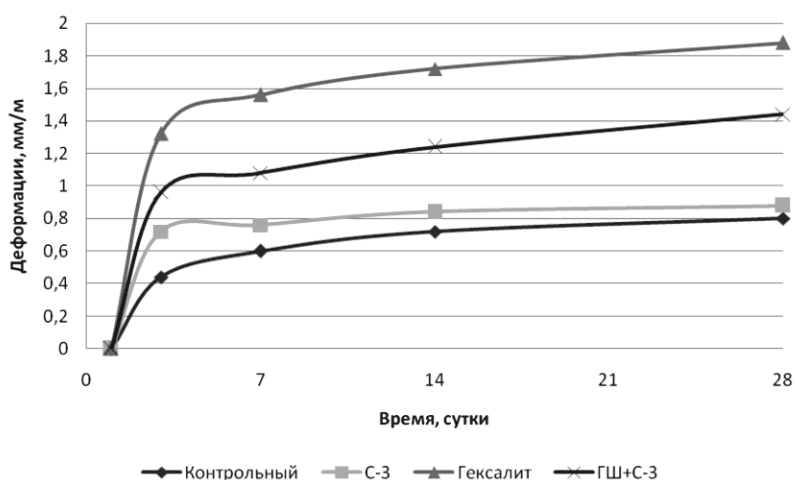


Рис. 1. Деформации набухания модифицированного цементного камня, твердевшего в воде

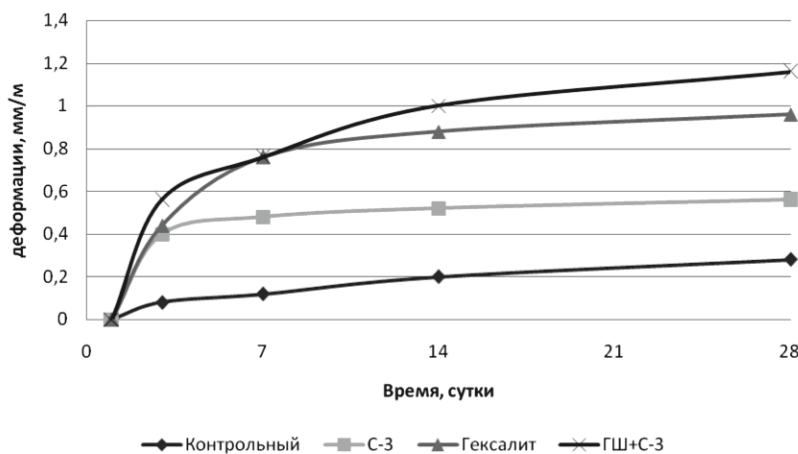


Рис. 2. Деформации набухания модифицированного цементного камня, твердевшего над водой

Как видно из данных рис. 1, рис. 2, комплексный модификатор «ГПС» оказывает влияние и на деформацию набухания цементного камня. При введении комплексного модификатора деформации набухания увеличиваются. Это связано с увеличением доли этtringита и с повышенной концентрацией низкоосновных гидросиликатов кальция слоистой структуры [4].

Использование ускорителей твердения существенно меняет характер структуры цементного камня в первоначальный период твердения и, следовательно, влияет на пористость бетона. Пористость – важная характеристика бетона, определяющая его долговечность (прочность, морозостойчивость, износостойкость и др.). Поры в бетоне преимущественно представлены сообщающимися друг с другом тонкими каналами – капиллярами, на более поздних стадиях твердения разобленных цементным гелем, которые также имеют поры, но существенно меньших размеров. Количество, размер и форма пор определяются условиями формирования начальной структуры цементного камня.

Оценку строения порового пространства мелкозернистого бетона исследовали по кинетике водопоглощения образцов 7,07x7,07x7,07 см в соответствии с методикой ГОСТ 12730.3-78. Для этого изготовлены шесть серии образцов: контрольный состав и бетоны с добавками «С-3», «Реламикс», «Гексалит», и «ГПС».

По результатам испытания рассчитывали относительное водопоглощение по массе в момент времени $t_1 = 0,25$ часа – W_1 и $t_2 = 1$ час – W_2 . Затем графоаналитическим методом по результатам расчета кривой насыщения и номограмме определяли параметры α и λ , характеризующие строение порового пространства бетона [5]. Результаты проведенных расчетов опытных данных представлены в табл. 1.

Таблица 1

Основные параметры структуры пор мелкозернистого бетона

Добавка	Водонасыщение образцов через, %			$\frac{W_{t=0,25}}{W_{max}}$	$\frac{W_{t=1}}{W_{max}}$	Показатель среднего радиуса капилляров, λ_1	Показатель однородности размеров пор, α	Показатель среднего радиуса капилляров, λ
	15 мин $W_{t=0,25}$	1 час $W_{t=1}$	14 сут W_{max}					
-	1,75	4,38	6,6	0,57	0,86	1,8	0,6	2,7
С-3	0,72	1,6	3,6	0,34	0,75	1,38	0,93	1,42
ГПС	1,2	2,35	4,7	0,42	0,84	1,8	0,93	1,87
Реламикс	0,96	1,84	3,6	0,39	0,77	1,47	0,75	1,65
Гексалит	1,28	2,58	4,2	0,54	0,87	2,05	0,7	2,8

Согласно экспериментальным данным, для бетона с «ГПС» в сравнении с бетоном без добавок характерна меньшая интегральная пористость (4,1 %) по сравнению с контрольным (6,6 %), хотя и большая, чем по сравнению с составами бетонов с суперпластификатором «С-3» и добавкой «Реламикс» (3,7 %). Это указывает на меньший суммарный объем всех пор и капилляров, сообщающихся с поверхностью образца и между собой.

Показатель среднего размера открытых капиллярных пор λ , характеризующий предел отношений ускорения процесса водопоглощения к его скорости для бетона с «ГПС» и контрольного в сравнении с бетоном без добавок, уменьшился на 45 %. Наибольшей однородностью размеров открытых капиллярных пор обладает бетон с «ГПС» и «С-3» ($\alpha = 0,93$).

На основе результатов расчета показателей пористости (табл. 1), можно заключить, что введение «ГПС» в состав бетона снижает диаметр сообщающихся капилляров, так как водонасыщение проходит менее интенсивно, чем у бетона бездобавочного состава. Вероятно, это связано с быстрым выделением алюмосиликатных новообразований при взаимодействии гальванического алюмошлама с минералами цемента, что быстро закупоривает капилляры бетона, препятствуя проникновению воды. Это явление усиливается при введении совместно с гальваническим шламом суперпластификатора «С-3», который за счет снижения водоцементного отношения в бетоне дополнительно снижает его пористость.

Морозостойкость тяжелого бетона, изготовленного с использованием комплексных модификаторов, изучалась на образцах-кубах с ребром 10 см согласно методике, изложенной в ГОСТ 10060.3-95 при однократном замораживании до температуры -20°C .

Водонепроницаемость тяжелого бетона определялась методом «мокрого пятна» по ГОСТ 12730.5-84. Результаты испытаний представлены в табл. 2.

Таблица 2

**Влияние комплексных химических добавок на морозостойкость
и водонепроницаемость бетона**

№ состава	Компоненты смеси, кг/м ³				Вид и количество добавки, кг/м ³ (%)	F, циклы	W, циклы
	Цемент	Песок	Щебень	Вода			
1	350	850	1150	157	-	100	4
2				127	С-3=3,5 (1 %)	300	8
3				127	Реламикс=5,25 (1,5 %)	300	8
4				140	Гексалит=8,05 (2,3 %)	300	8
5				140	ГШС=10,5 (3 %)	300	8

Как видно из табл. 2, при введении комплексных модификаторов водопотребность бетонной смеси снижается. Снижение В/Ц, в свою очередь, способствует повышению морозостойкости бетона, т.к. капиллярная пористость снижается, а, следовательно, повышается морозостойкость на 1-2 марки и водонепроницаемость на 2 ступени.

Таким образом, применение комплексного ускорителя твердения на основе гальванического шлама позволяет увеличить прочность в раннем возрасте, снизить пористость бетона и повысить его морозостойкость и водонепроницаемость.

Список литературы

1. Гордеев Е.В. Выбор химических добавок, модифицирующих прочность бетона // Технологии бетонов, 2011, № 7-8. – С. 60-61.
2. Миронов С.А., Малинина Л.А. Ускорение твердения бетона. 2-е издание исправленное и дополненное. – М., 1964. – 348 с.
3. Хозин В.Г., Морозов Н.М., Степанов С.В. Влияние гальванического шлама на процессы твердения цементных композиций // Цемент и его применение, 2011, № 3. – С. 129-131.
4. Красильников К.Г., Никитина Л.В., Скоблинская Н.Н. Физико-химия процессов расширения цементов. Сб. тр. VI Международного конгресса по химии цемента. – М., 1976. – 352 с.
5. ГОСТ 12730.4-78. Бетоны. Методы определения показателей пористости.

Stepanov S.V. – candidate of technical sciences, assistant

E-mail: SereginS2@yandex.ru

Morozov N.M. – candidate of technical sciences, associate professor

E-mail: nikola_535@mail.ru

Khazin V.G. – doctor of technical sciences, professor

E-mail: khazin@kgasu.ru

Kazan State University of Architecture and Engineering

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Research of durability of concrete with accelerator of hardening on the basis of galvanic sludge

Resume

The aim of the work was to investigate the influence of complex accelerator of hardening on the basis of galvanic sludge on durability of concrete.

It was studied the influence of the developed additives to the deformation of the swelling of the cement stone, frost resistance, water resistance of cement concretes, as well as an assessment of the structure of pore space of the modified fine-grained concrete.

It is revealed that the introduction of the developed additives in cement deformation of the swelling increases. It is connected with the increase of the share of ettringite and with a high concentration low base hydrosilicate calcium layered structure.

On the basis of the results of calculation of indicators of porosity, we can conclude that developed by additive in the composition of concrete reduces the diameter of communicating capillaries, as water saturation passes less intensive than that of concrete without additions.

With the introduction of complex modifiers water demand of concrete mixture is reduced. Decrease In water/cement, in turn, contributes to the increase of frost resistance of concrete, because capillary porosity reduced, and consequently increased frost on 1-2 brand and water resistance by 2 steps.

Keywords: galvanic sludge, accelerator of hardening, concrete, structure, porosity, frost resistance, water resistance.

References

1. Gordeyev E.V. Variety of chemical additives, modifying the strength of the concrete // Concrete technology, 2011, № 7-8. – P. 60-61.
2. Mironov S.A., Malinina L.A. The acceleration of hardening of concrete. 2nd edition revised and supplemented. – M., 1964. – 348 p.
3. Khozin V.G., Morozov N.M., Stepanov S.V. The impact of galvanic sludges in the processes of hardening cement compositions // Cement and its application, 2011, № 3. – P. 129-131.
4. Krasilnikov K.G., Nikitina L.V., Skoblinskaya N.N. Physico-chemistry of the processes of expansion of the cement. Sb. Tr. VI International Congress of chemistry of cement. – M., 1976. – 352 p.
5. GOST 12730.4-78. Concretes. Methods of determination of indicators of porosity.