

УДК 691.328

Д.Г. Сагдатуллин – инженер

Н.Н. Морозова – кандидат технических наук, доцент

В.Г. Хозин – доктор технических наук, профессор

И.Р. Сабиров – студент

E-mail: dinar-207@mail.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

ДОЛГОВЕЧНОСТЬ КАМНЯ ИЗ ВЫСОКОПРОЧНОГО КОМПОЗИЦИОННОГО ГИПСОВОГО ВЯЖУЩЕГО

АННОТАЦИЯ

Исследована долговечность высокопрочного композиционного гипсового камня (ВКГВ) при 180-суточном твердении в воде и при циклическом увлажнении-высушивании. Исследованы деформационные, прочностные характеристики и пористость камня на ВКГВ с бинарной активной минеральной добавкой. Установлена его высокая стабильность и долговечность.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: долговечность, собственные деформации, композиционное гипсовое вяжущее, бинарная активная минеральная добавка.

D.G. Sagdatullin – engineer

N.N. Morozova – candidate of technical sciences, associate professor

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

I.R. Sabirov – student

Kazan State University of Architecture and Engineering

DURABILITY OF THE STONE FROM THE HIGH-STRENGTH COMPOSITE GYPSOUS BINDING AGENT

ABSTRACT

The durability of a high-strength composite gypsums binding agent (CGBA) is investigated at 180-daily allowances твердении in water and at cyclic humidifying-drying. Are investigated deformation, прочностные characteristics and porosity of a stone on CGBA with the binary active mineral additive. Its high stability and durability is established.

KEYWORDS: durability, own deformations, composite gypsums binding agent, the binary active mineral additive.

Долговечность является важнейшим показателем надежности изделий и конструкций, характеристикой их способности к длительной эксплуатации. Часто первопричинами повреждений изделий и конструкций являются коррозионные процессы, развивающиеся в материалах из-за неблагоприятного воздействия внешней среды [1]. К таковым можно отнести сульфоалюминатное разрушение в гипсоцементнопуццолановых системах, которое интенсифицируется при повышении влажности среды более 65-70 % [2]. При прогнозировании работоспособности материала в конструкциях и обосновании оценки долговечности должны быть учтены: деформации расширения – усадки материалов в водонасыщенном состоянии, стойкость к знакопеременным температурам и к циклическому увлажнению – высушиванию [3, 4].

Поэтому в работе исследованы деформационные и прочностные свойства камня из высокопрочного композиционного гипсового вяжущего (ВКГВ), твердеющего длительное время в воде, а также его морозостойкость. Результаты приведены в табл. 1 и на рис. 1-2.

ВКГВ изготовлено из гипса марки Г-6, Вольского портландцемента ПЦ500Д0, бинарной активной минеральной добавки (БАМД), состоящей из смеси микрокремнезема марки МК-85 и термоактивированного порошка цеолитсодержащей породы (ЦСП-т) и комплексной химической добавки, количество которой вводили из условия наибольшего водоредуцирующего эффекта [5]. Содержание полуводного гипса составляло 55 % от общей массы вяжущего. Физико-механические

свойства ВКГВ (табл. 1) определяли на образцах размером 20x20x20 мм, изготовленных из теста с расплывом 180x200 мм по Суттарду и твердевших в течение 7 сут. в нормально-влажностных условиях. Для сравнения испытаны составы с однокомпонентными АМД (МК и ЦСП-т).

Таблица 1

Основные свойства ВКГВ

| № состава | Вид и количество АМД, % | | В/Т | Предел прочности при сжатии, МПа, в возрасте | | Коэффициент размягчения | Попеременное увлажнение и высушивание, циклы | Марка по морозостойкости |
|-----------|-------------------------|-----|-------|--|---------------------------|-------------------------|--|--------------------------|
| | ЦСП-т | МК | | 7 сут., высушенных до постоянной массы | 6 мес., твердеющих в воде | | | |
| 1 | 100 | - | 0,240 | 51,6 | 60,3 | 0,86 | 40 | F 75 |
| 2 | 75 | 25 | 0,229 | 44,1 | 69,6 | 0,96 | 40 | F 150 |
| 3 | 50 | 50 | 0,232 | 47,2 | 72,8 | 0,98 | 30 | F 200 |
| 4 | 25 | 75 | 0,235 | 48,0 | 75,2 | 0,98 | 30 | F 200 |
| 5 | - | 100 | 0,215 | 54,8 | 68,5 | 0,94 | 30 | F 200 |

Все составы ВКГВ (табл. 1, рис. 1) в начальные сроки интенсивно твердеют и на 28 сут. имеют прочность не менее 50 МПа. Прочность ВКГВ тем выше, чем больше в нем МК. Однако, на 50-е сутки и последующие сроки твердения наблюдается наибольший прирост прочности ВКГВ, в состав которых введены бинарные АМД. Максимальные значения прочности при этом составили 70ч75 МПа. Составы с бинарной АМД характеризуются высоким коэффициентом размягчения. При этом оценку собственных деформаций ВКГВ, твердеющих в воде, проводили на образцах размером 20x20x250 мм, на торцы которых были приклеены стальные шарики – репера.

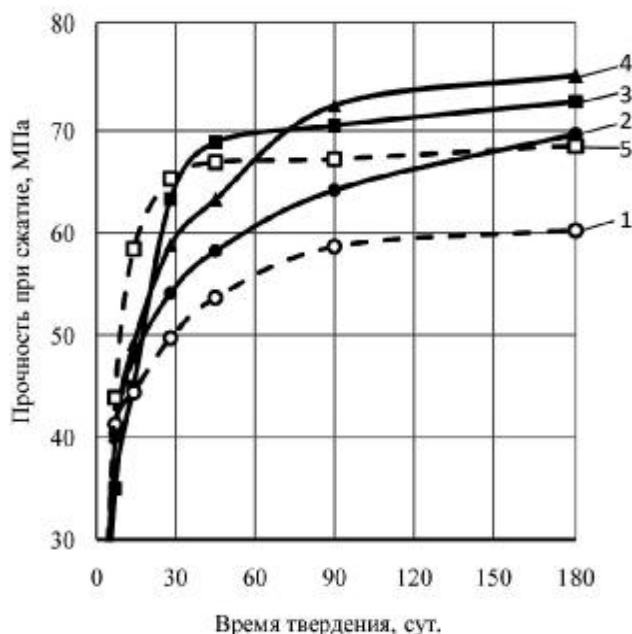


Рис. 1. Кинетика прочности КГ-камня, твердеющего в воде: цифры у кривых соответствуют составам табл. 1

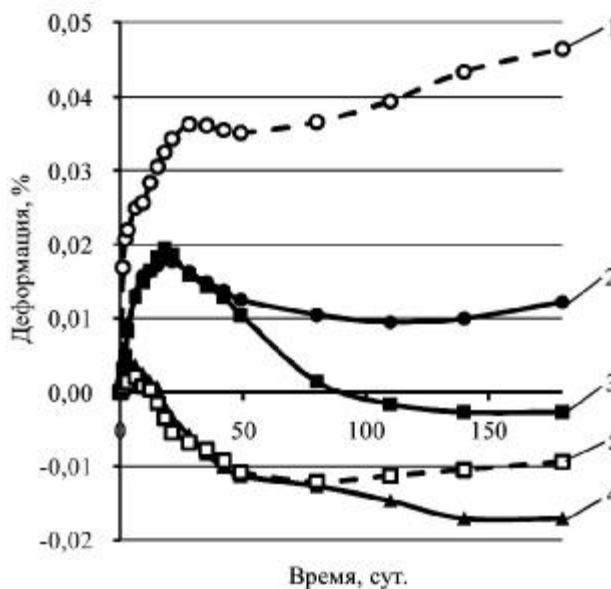


Рис. 2. Кинетика собственных деформаций КГ-камня водного хранения: цифры у кривых соответствуют составам табл. 1

Анализ показывает (рис. 2), что собственные деформации образцов незначительные и наименьшими значениями характеризуются составы ВКГВ на бинарных АМД. В составах на бинарных АМД, где доля ЦСП-т составляет 50 % и более, вначале наблюдается незначительное расширение образцов до 0,02 %, а затем усадка.

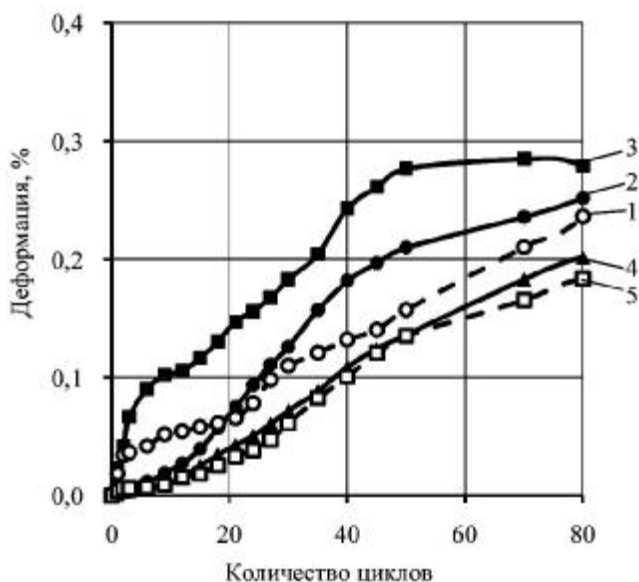


Рис. 3. Кинетика собственных деформаций КГ-камня при попеременном высушивании и увлажнении: цифры у кривых соответствуют составам табл. 1

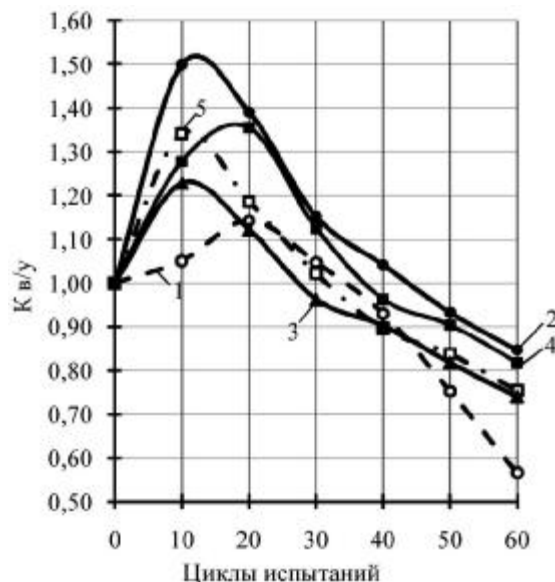


Рис. 4. Кинетика изменения стойкости КГ-камня от циклических воздействий водонасыщения-высушивания: цифры у кривых соответствуют составам табл. 1

Процесс линейного расширения образцов возрастает при испытаниях на попеременное водонасыщение и высушивание (рис. 3), достигая 0,35 %, что в 10 раз выше тех же составов при водных условиях твердения. Следует отметить, что даже при такой жесткой модели агрессии, как циклическое водонасыщение и высушивание, композиционный гипсовый камень (КГ-камень) из ВКГВ имеет меньшие значения линейного расширения, чем предельно допустимое 0,4 % [6].

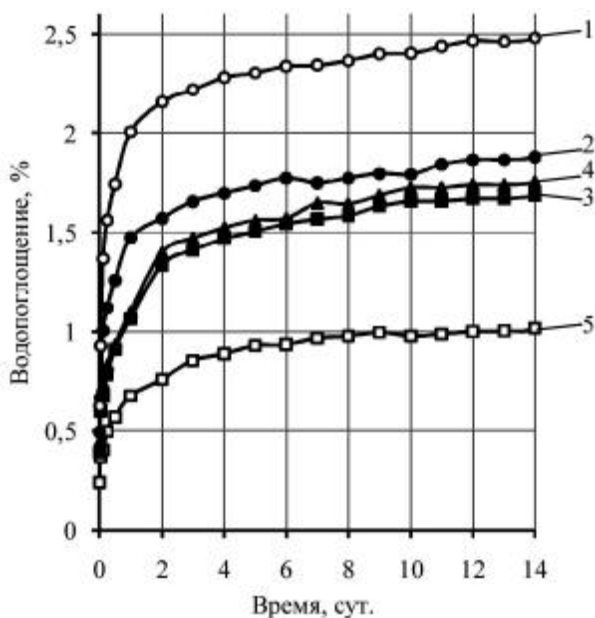


Рис. 5. Кинетика водопоглощения КГ-камня: номера кривых соответствуют составам табл. 1

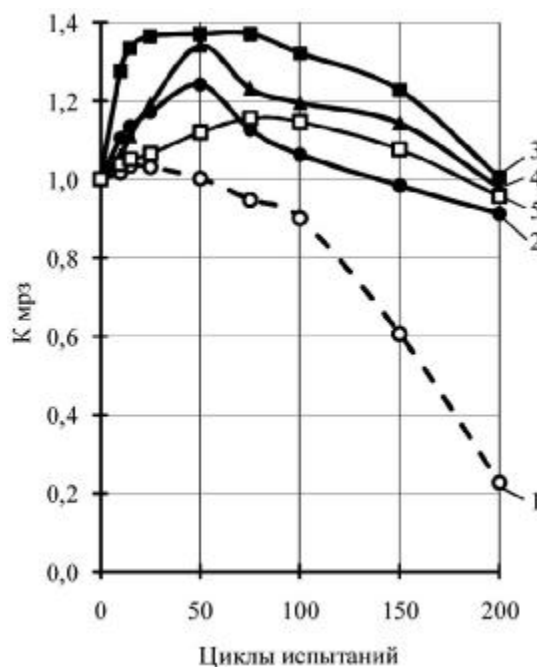


Рис. 6. Кинетика изменения стойкости КГ-камня от циклических воздействий замораживания-оттаивания: цифры у кривых соответствуют составам табл. 1

Стойкость образцов из КГ-камень, подвергнутых циклическим воздействиям – увлажнению-высушиванию, оценивалась по изменению прочности, снижение которой не должно превышать 10 % от прочности контрольных образцов (не подвергнутых испытаниям).

Анализ результатов (рис. 4 и 6) показывает, что до 20 циклов попеременного увлажнения-высушивания наблюдается рост прочности, к 40 циклам – прочность сравнима с первоначальными значениями, но на составе с МК появляются микротрещины.

По коэффициенту стойкости, по прочности к процессу циклического попеременного водонасыщения и увлажнения ($K_{в/у}$), а также коэффициенту стойкости по морозостойкости ($K_{мрз}$), рассчитанных как отношение прочности соответствующего цикла испытания к прочности контрольного образца, можно выделить состав ВКГВ с БАМД при соотношении ЦСП-т к МК, равной 75 % к 25 % (состав 2), который имеет наиболее высокие его значения.

Анализ физико-механических свойств и сопоставление их с показателями собственных деформаций образцов на высокопрочном КГВ позволяют установить высокую стабильность структуры его камня, которая выражается в обеспечении устойчивости системы к знакопеременным воздействиям и циклическому увлажнению-высушиванию. Разработанные составы ВКГВ отвечают требованиям марки по морозостойкости F75, и с увеличением количества МК в бинарной АМД марка его увеличивается до F200, что, несомненно, свидетельствует о его долговечности, в отличие от гипсовых или традиционного ГЦПВ.

Определение строения порового пространства КГ-камня из ВКГВ на бинарных АМД проведено согласно методике ГОСТ 12730.3 и 12730.4 по кинетике водонасыщения образцов с размерами 70x70x70 мм. Результаты представлены в табл. 2 и на рис. 5.

Применение бинарной АМД для ВКГВ существенно изменяет поровую его структуру. С увеличением количества МК в бинарной АМД общая пористость, объем открытых капиллярных и условно-замкнутых пор уменьшается, а средняя плотность образцов возрастает.

Согласно данным [3, 7], поровая структура КГВ низкой водопотребности обладает более крупно пористой структурой КГ-камня, которая представлена общим объемом пор 25ч40 %; объемом открытых капиллярных пор – 9ч24 %; условно-замкнутыми порами – 13ч25 %, при В/Т от 0,33 до 0,4 и средней плотности образцов – 1500ч1700 кг/м³. В нашем случае, КГ-камень можно охарактеризовать как низкопористый с $\lambda < 0,35$, но с неоднородным распределением пор по размерам ($b < 0,3$).

Таблица 2

Характеристика пористости КГ-камня

| № состава | Плотность в сухом состоянии, кг/м ³ | Водопоглощение по массе*, % | Общий объем пор, % | Объем открытых капиллярных пор, % | Объем открытых некапиллярных пор, % | Объем условно-замкнутых пор, % | Показатель среднего размера пор (л) | Показатель однородности распределения пор по размерам (б) | Показатель микропористости ($P_{мк}$) |
|-----------|--|-----------------------------|--------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------|---|---|
| 1 | 1990 | 2,59 | 18,03 | 5,16 | 0,72 | 12,16 | 0,120 | 0,16 | 0,47 |
| 2 | 2010 | 1,98 | 17,95 | 3,95 | 0,67 | 13,33 | 0,167 | 0,17 | 0,47 |
| 3 | 2030 | 1,74 | 17,83 | 3,60 | 0,62 | 13,62 | 0,187 | 0,18 | 0,49 |
| 4 | 2080 | 1,81 | 16,25 | 3,8 | 0,56 | 11,89 | 0,184 | 0,19 | 0,46 |
| 5 | 2130 | 1,17 | 14,43 | 2,49 | 0,48 | 11,46 | 0,313 | 0,30 | 0,36 |

* – максимальное водонасыщение образцов после выдержки их в воде производили путем вакуумирования.

Таким образом, ВКГВ обладает низкопористой и плотной структурой затвердевшего КГ-камня, что обуславливает его высокую прочность и долговечность. Применение бинарных АМД позволяет «улучшить» поровую структуру КГ-камня.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пухонто Л.М. Долговечность железобетонных конструкций инженерных сооружений. – М.: Изд-во АСВ, 2004. – 424 с.
2. Волженский А.В., Ферронская А.В. Деформации цементных и гипсоцементных растворов в различных условиях твердения // Бетон и железобетон, 1962, № 2. – С. 549-553.
3. Ферронская А.В. Долговечность гипсовых материалов, изделий и конструкций. – М.: Стройиздат, 1984. – 256 с.
4. Волженский А.В., Стамбулко В.И., Ферронская А.В. Гипсоцементнопуццолановые вяжущие, бетоны и изделия. – М.: Стройиздат, 1971. – 317с.
5. Сагдатуллин Д.Г., Морозова Н.Н., Хозин В.Г. Реологические характеристики водных суспензий композиционного гипсового вяжущего и его компонентов // Известия КазГАСУ, 2009, № 2 (12). – С. 263-268.
6. Волженский А.В., Ферронская А.В. Линейные деформации гипсоцементно-пуццолановых вяжущих на образцах плотной и ячеистой структуры // В кн.: Структура, прочность и деформации бетона. – М., 1966. – С. 218.
7. Коровяков В.Ф. Повышение эффективности гипсовых вяжущих и бетонов. Автореф. дисс. на соис. уч. ст. д-ра техн. наук. – М., 2002. – 35 с.