

УДК 666.973.6

DOI: 10.31675/1607-1859-2018-20-2-157-162

*Е.Е. САБИТОВ, Д.С. ДЮСЕМБИНОВ, Д.О. БАЗАРБАЕВ,
Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева*

К ВОПРОСУ МОРОЗОСТОЙКОСТИ КОМПОЗИЦИОННОГО ГАЗОБЕТОНА

В современных условиях развития строительства в Казахстане ставится вопрос о качестве и долговечности газобетонных материалов. Одним из факторов, влияющих на качество и долговечность ячеистого бетона в условиях резко континентального климата, является морозостойкость. В статье проведен сравнительный анализ морозостойкости композиционного газобетона с традиционным газобетоном, а также дано теоретическое обоснование процессов льдообразования и эффективности предлагаемого материала к попеременному замораживанию и оттаиванию в сравнении с традиционным. Автором проведены экспериментальные работы по стандартной методике определения морозостойкости материалов. Согласно проведенным исследованиям была получена положительная динамика морозостойкости ячеистого бетона на основе композиционного газобетона, достигнутая за счет гидрофобных свойств полимерного компонента и его устойчивости к динамическим нагрузкам. Проведенные исследования подтверждают эффективность применения композиционных газобетонных материалов в условиях резко континентального климата.

Ключевые слова: морозостойкость; газобетон; изделия; ячеистый бетон; коррозия; водопоглощение; композит.

Для цитирования: Сабитов Е.Е., Дюсембинов Д.С., Базарбаев Д.О. К вопросу морозостойкости композиционного газобетона // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2018. Т. 20. № 2. С. 157–162.

*E.E. SABITOV, D.S. DYUSEMBINOV, D.O. BAZARBAEV,
L.N. Gumilyov Eurasian National University*

FROST RESISTANCE OF COMPOSITE GAS CONCRETE

Purpose: The aim of this paper is to compare the frost resistance of composite and conventional gas concretes. The comparative analysis includes a theoretical substantiation of the ice formation and the frost resistance of composite and conventional gas concretes in freeze-thaw conditions. **Methodology/materials:** Cellular and polymer-hydrophobized concretes are used in the experiment which includes frost-resistance tests of cellular concrete and studies of its structure modification. The obtained results on the abovementioned concretes are compared with those of traditional concretes. It is shown that the ice formation and movement observed in pores and capillaries of polymer-hydrophobized concretes occur in absolutely different ways. **Research findings:** Since the frost resistance is one of key factors of the durability of constructional materials, the use of water soluble polymers allows creating a composite structure of cell walls in gas concrete which manifests a high dynamic strength. The flexibility of cell walls increases the strength properties of concrete, its frost resistance and flexure strength. Hydrophobic properties of polymer-hydrophobized concretes lower the water absorption. **Practical implications:** The proposed composition of composite gas concrete can be recommended for large-scale implementation in construction industry. **Value:** Water soluble polymers have a positive effect on the hydration process of the cement binder, namely it retains water in the concrete structure, thereby hardening the material and exerting a synergism effect.

Keywords: frost resistance; gas concrete; cellular concrete; corrosion; water absorption; composite.

For citation: Sabitov E.E., Dyusembinov D.S., Bazarbaev D.O. K voprosu morozostoikosti kompozitsionnogo gazobetona [Frost resistance of composite gas concrete]. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture. 2018. V. 20. No. 2. Pp. 157–162. (rus)

Введение

В настоящее время с увеличением объемов жилищного строительства в Казахстане возникает вопрос о внедрении в сферу строительства прогрессивных энергоэкономичных проектно-конструкторских решений с использованием теплоэффективных стеновых материалов. К таким материалам относятся ячеистый бетон, который, обладая уникальными теплофизическими свойствами, обеспечивает благоприятные и комфортные условия жизнедеятельности человека. Применение мелких стеновых ячеисто-бетонных блоков позволяет снизить материалоемкость и трудоемкость строительства, уменьшить массу стен и других элементов возводимых объектов. Ячеистый бетон обладает свойствами, с одной стороны, камня, с другой – дерева. Сочетание этих свойств делает его прекрасным строительным материалом. Как камень, блок или панель из ячеистого бетона выдерживают сжатие, измеряемое несколькими десятками тонн. Ячеистый бетон негорюч, практически не реагирует с водой или влагой. Вместе с тем ячеистый бетон обладает легкостью и обрабатываемостью, свойственными дереву. Как и дерево, он пилится, сверлится, строгается и фрезеруется. В нем легко можно устраивать различные крепления и выполнять проводку. Благодаря тому, что до 80 % объема заполнено воздушными ячейками, ячеистый бетон обладает прекрасной теплоизоляционной способностью, т. е. при использовании ячеистого бетона другие теплоизоляционные материалы не нужны. При огромных положительных характеристиках в применении ячеистого бетона есть ряд недостатков, которые обусловлены климатическими особенностями. В условиях резко континентального климата попеременное замораживание и оттаивание приводит к полному разрушению ячеистого бетона, в связи с чем вопрос улучшения морозостойкости ячеистого бетона является актуальным.

Морозостойкость строительных материалов является одним из основных факторов, определяющих их долговечность. Основной причиной разрушения строительных материалов при попеременном замораживании и оттаивании является льдообразование в порах материала. Известно, что при переходе воды в лед объем ее увеличивается, в результате чего в изделиях возникают растягивающие напряжения [1–4].

Целью работы является исследование свойств морозостойкости композиционного газобетона, его прочностных и структурных особенностей. Для реализации поставленной цели решены следующие задачи:

- проведен научно-технический анализ актуальности направления;
- определены методы исследования морозостойкости, представлены результаты испытаний;
- проведен сравнительный анализ динамики улучшения морозостойкости композиционного газобетона.

Критерием, определяющим морозостойкость ячеистых бетонов, является их оптимальная структура, количество воды, удерживаемой в порах бетона, форма связи воды с материалом и температура ее замерзания.

Изменением поровой структуры модифицированием, то есть приданием материалу гидрофобных свойств, можно влиять на морозостойкость ячеистого бетона.

Ячеистые бетоны, кроме большого количества сравнительно крупных газовых пор, имеют и значительное количество более мелких пор, таких как воздухововлеченные, капиллярные, контракционные и др. Кроме того, гидротермальная обработка бетона в автоклавах также способствует образованию пор, отличающихся от пор в бетоне, твердевшем в нормальных условиях. Вследствие значительных температурных градиентов при запаривании в изделиях возникают напряжения, приводящие к повышению пористости матрицы газобетона (межпоровых перегородок), изменению ее характера и образованию микротрещин. Изменение относительной влажности окружающего воздуха в сочетании с колебаниями температуры приводит к «расшатыванию» структуры цементного камня и образованию трещин, что также повышает количество различных пор и, следовательно, увеличивает водопоглощение ячеистого бетона.

О влиянии той или иной группы пор на стойкость ячеистого бетона при действии циклического замораживания и оттаивания существуют различные мнения. Поэтому проведены исследования для выявления влияния структуры модифицированного ячеистого бетона на его морозостойкость. Для сравнения были приняты ячеистые бетоны, изготовленные по традиционной технологии. Средняя плотность обоих видов бетона – 600 кг/м^3 . Испытания проводили по методике ГОСТ 12852–77 «Бетоны ячеистые. Методы испытаний», где критерием морозостойкости бетона является снижение прочности бетона на сжатие после определенного количества циклов испытаний не более чем на 15 % и потеря массы образцов не более чем на 5 %.

В таблице приведены результаты исследований ячеистых бетонов на морозостойкость.

Морозостойкость ячеистых бетонов традиционного и композиционного (средняя плотность 600 кг/м^3)

Газобетон	$R_{сж}$, МПа		Коэффициент размягчения	Снижение $R_{сж}$, %, после испытаний, циклов			
	в сухом состоянии	в водонасыщенном состоянии		15	25	50	75
Традиционный	3,5	2,38	0,68	9,3	15,6	28,9	42,4
Композиционный	4,2	3,57	0,85	2,7	7,3	12,7	14,6

Из данных таблицы видно, что коэффициент размягчения традиционного газобетона в 1,25 раза выше, чем модифицированного газобетона. Объясняется это тем, что в модифицированном газобетоне мелкие поры являются недоступными для проникновения воды вследствие гидрофобности их поверх-

ности. Коэффициент размягчения материала является косвенным показателем его долговечности, в частности морозостойкости, т. к. снижение прочности на сжатие материала во влажном состоянии показывает степень его водонасыщения, что затем напрямую сказывается на его морозостойкости. Высокий коэффициент размягчения модифицированного газобетона в сравнении с коэффициентом размягчения традиционного газобетона связан с его более низким объемным насыщением водой. Данное утверждение получило подтверждение при дальнейших испытаниях газобетона на морозостойкость, где морозостойкость объемно гидрофобизированного полимером ячеистого бетона оказалась выше морозостойкости традиционного газобетона почти в три раза.

Известно, что в ячеистом бетоне крупные поры не заполняются водой целиком, т. к. из-за малых капиллярных сил вода не удерживается в них при извлечении образцов из воды. Кроме того, в обычных негидрофобизированных ячеистых бетонах вода отсасывается капиллярами из более крупных пор. Поэтому освободившиеся крупные поры составляют так называемые резервные поры, т. е. образуют буферное пространство, которое при переходе воды в лед является демпфером, повышающим морозостойкость ячеистого бетона.

Механизм разрушающего действия связан с фазовым переходом воды в лед и выкристаллизовыванием солей при высыхании в порах бетона.

Многие авторы объясняют разрушения гидравлическим давлением отжимаемой льдом воды, кристаллизационным давлением льда и солей, специфической сегрегации льда в микропорах и капиллярах, образованием ледяных линз по мере послойного замерзания бетона и другими причинами.

Внешним признаком разрушения бетона является увеличение его объема вследствие расширения воды в порах бетона при замерзании, а также усадка при оттаивании и высыхании. При этом образуется система микро- и макротрещин, возникают собственные структурные растягивающие напряжения.

В придании бетонам структурной прочности и более высокой морозостойкости важную роль играют химические и некоторые минеральные добавки. Введением различных добавок можно улучшать свойства бетонных смесей, регулировать сроки схватывания и твердения бетона, а также повышать его физико-механические свойства и долговечность в конструкциях и сооружениях.

Механизм льдообразования и движения льда в порах и капиллярах модифицированных гидрофобизирующими добавками бетонов протекает совершенно по другим схемам. Известно, что лед имеет высокую адгезию к бетону, т. е. высокую силу сцепления с бетоном. Гидрофобизация значительно снижает силу сцепления льда с бетоном, поэтому при его кристаллизации давление в порах бетона значительно снижается. Данное явление убедительно доказано В.И. Соловьевым. Механизм движения льда в порах гидрофобизированного бетона подчиняется законам гляциологии, т. е. лед продвигается по каналам с более низким разрушающим действием вследствие более низкого сцепления с материалом. Данный механизм действия и коррозию бетона от морозопучения В.И. Соловьев назвал термином «коррозия» бетона.

Наши исследования по определению морозостойкости композиционного газобетона также показали их более высокую стойкость в сравнении с традиционными бетонами, не содержащими гидрофобизирующих компонентов.

Так, композиционные газобетоны выдержали без признаков разрушения 75 циклов попеременного замораживания и оттаивания, в то время как традиционные бетоны выдержали только 25 циклов.

Заключение

Композиционный газобетон имеет особенную структуру, стенки ячеек заполнены полностью и практически не имеют микропор ввиду того, что водорастворимый полимер является поверхностно-активным веществом и улучшает пластичные свойства цемента, а также заполняет структурные дефекты в процессе гидратации цементного вяжущего, показанные на рисунке.



Структура стенок ячеек композиционного газобетона

Водорастворимые полимеры положительно влияют на процесс гидратации цементного вяжущего, удерживая влагу в структуре бетона, усиливая при этом прочность. Также полимерный компонент заполняет микропоры и микротрещины, выполняя функции вяжущего, создавая при этом эффект синергизма.

Таким образом, применение водорастворимых полимеров и минеральных вяжущих позволяет создать композиционную структуру стенок ячеек газобетонного материала с повышенной прочностью на динамические нагрузки. Гибкость стенок ячеек дает возможность увеличить прочностные характеристики, морозостойкость и прочность на изгиб, а гидрофобные свойства полимера снизят водопоглощение материала. Наши исследования по определению морозостойкости композиционных газобетонов полностью согласуются с теоретическими и практическими выводами В.И. Соловьева. На основании этих исследований мы считаем возможным рекомендовать для широкого внедрения разработанный нами состав приготовления композиционного газобетона.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Меркин А.П., Филин А.П., Земзов Д.Г. Формирование макроструктуры ячеистых бетонов // Строительные материалы. 1963. № 12. С. 10–12.
2. Ахметов А.Р. Совершенствование технологии и улучшение свойств ячеистого бетона на сырье Казахстана: автореф. дис. ... докт. техн. наук. Алма-Ата: Каз. гос. архит.-строит. академия, 1995. С. 45.
3. Соловьев В.И. Бетоны с гидрофобизирующими добавками. Алма-Ата: Наука, 1990. 112 с.
4. Соловьев В.И. Развитие теоретических и практических основ улучшения свойств бетона гидрофобизирующими добавками: автореф. дис. ... докт. техн. наук. Алматы, 1994. С. 49.
5. Tkach E.V, Semenov V.C., Tkach S.A., Rozovskaya T.A. Highly effective water-repellent concrete with improved physical and technical properties // Procedia Engineering 24RSP. XXIV R-S-P seminar – Theoretical Foundation of Civil Engineering, TFoCE 2015. С. 763–769.

6. Соловьев В.И., Серова Р.Ф., Ткач С.А. Исследование пористости цементного камня, модифицированного комплексными органоминеральными модификаторами // Фундаментальные исследования. 2014. № 8 (ч. 3). С. 590–595.
7. Семенов В.С., Ткач Е.В., Ткач С.А. Повышение гидрофизических свойств газобетона с использованием отходов промышленности // Научное обозрение. 2015. № 14. С. 194–196.
8. Ткач Е.В., Ткач С.А., Серова Р.Ф., Стасилович Е.А. Получение модифицированных газобетонных изделий на основе отходов промышленности и вторичного сырья // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 1-2. С. 83–88.

REFERENCES

1. Merkin A.P., Filin A.P., Zemzov D.G. Formirovaniye makrostruktury yacheistykh betonov [Macrostructure formation in cellular concretes]. *Stroitel'nye materialy*. 1963. No. 12. Pp. 10–12. (rus)
2. Akhmetov A.R. Sovershenstvovaniye tekhnologii i uluchsheniye svoystv yacheistogo betona na syr'e Kazakhstana, avtoreferat doktorskoi dissertatsii [Technological improvements of cellular concrete properties based on Kazakhstan raw materials. DSc Abstract]. Almaty, 1995. 45 p. (rus)
3. Soloviev V.I. Betony s gidrofobiziruyushchimi dobavkami [Concretes with water-repellent additives]. Alma-Ata: Nauka Publ., 1990. 112 p. (rus)
4. Solov'yev V.I. Razvitiye teoreticheskikh i prakticheskikh osnov uluchsheniya svoystv betona gidrofobiziruyushchimi dobavkami [Theory basics of concrete improvement by water-repellent additives]. Alma-Ata, 1994. 49 p. (rus)
5. Tkach E.V., Semenov V.C., Tkach S.A., Rozovskaya T.A. Highly effective water-repellent concrete with improved physical and technical properties. *Procedia Engineering XXIV R-S-P seminar, Theoretical Foundation of Civil Engineering*. 2015. V. 111. Pp. 763–769.
6. Solov'ev V.I., Serova R.F., Tkach S.A. Issledovanie poristosti tsementnogo kamnya, modifitsirovannogo kompleksnymi organomineral'nymi modifikatorami [Porosity of cement brick modified by organomineral additions]. *Fundamental'nye issledovaniya*. 2014. No. 8. Pp. 590–595. (rus)
7. Semenov V.S., Tkach E.V., Tkach S.A. Povysheniye gidrofizicheskikh svoystv gazobetona s ispol'zovaniem otkhodov promyshlennosti [Improvement of hydrophysical properties of porous concrete using industrial waste]. *Nauchnoye obozrenie*. 2015. No. 14. Pp. 194–196. (rus)
8. Tkach E.V., Tkach S.A., Serova R.F., Stasilovich E.A. Poluchenie modifitsirovannykh gazobetonnnykh izdelii na osnove otkhodov promyshlennosti i vtorichnogo syr'ya [Porous concrete products based on industrial waste]. *Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya*. 2015. No. 1-2. Pp. 83–88. (rus)

Сведения об авторах

Сабитов Ерлан Енжилович, канд. техн. наук, доцент, Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева, 010000, Казахстан, г. Астана, ул. Сатпаева, 2, e_sabitov@mail.ru

Дюсембинов Думан Серикович, канд. техн. наук, доцент, Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева, 010000, Казахстан, г. Астана, улица Сатпаева, 2, dusembinov@mail.ru

Базарбаев Данияр Омарович, канд. техн. наук, доцент, Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева, 010000, Казахстан, г. Астана, улица Сатпаева, 2, phdd84@mail.ru

Authors Details

Erlan E. Sabitov, PhD, A/Professor, L.N. Gumilyov Eurasian National University, 2, Satpaev Str., 010008, Astana, Republic of Kazakhstan, e_sabitov@mail.ru

Duman S. Dyusembinov, PhD, A/Professor, L.N. Gumilyov Eurasian National University, 2, Satpaev Str., 010008, Astana, Republic of Kazakhstan, dusembinov@mail.ru

Daniyar O. Bazarbaev, PhD, A/Professor, L.N. Gumilyov Eurasian National University, 2, Satpaev Str., 010008, Astana, Republic of Kazakhstan, phdd84@mail.ru