



УДК 691+691.3

**МЕТОДЫ УСКОРЕНИЯ ТВЕРДЕНИЯ БЕТОНОВ И ИХ ВЛИЯНИЕ
НА СТРУКТУРУ БЕТОНА**

Сандан А.С.

Тувинский государственный университет, Кызыл

**THE METHODS OF HARDENING ACCELERATIONS OF CONCRETE
AND THEIR EFFECTS ON THE STRUCTURE OF CONCRETE**

Sandan A.S.

Tuvin State University, Kyzyl

Рассмотрены изменения прочности, отпускная влажность бетона после тепловой обработки, исследуемого керамзитобетона и керамзитопенобетона.

Ключевые слова: Керамзитопенобетон, тепловая обработка, температура, прочность.

Durability changes, selling humidity of concrete after the thermal processing, investigated and TP are considered.

Keywords: ceramsite-foam concrete, thermal processing, temperature, durability.

Как отмечает ряд ученых, любое тепловое воздействие на свежееуложенный бетон негативно влияет на его основные структурные и физико-механические показатели. Это следствие того, что бетонная смесь является многокомпонентной системой, и каждый компонент этой системы по-разному реагирует на температурное воздействие. В связи с этим необходимо провести анализ влияния способов ускоренного твердения на основные структурные показатели бетонов [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8].

Большое влияние на качество структуры керамзитопенобетонов оказывает способ и режим теплового воздействия.

Наиболее распространенным способом интенсификации твердения бетона является паропрогрев бетона. Однако, анализ литературных источников показывает, что паропрогретые бетоны обладают более низкими показателями морозостойкости, водонепроницаемости и прочности по сравнению с бетонами нормальных условий твердения за счет ухудшения структуры цементного камня вследствие объемных деформаций, возникающих на ранней стадии твердения при нагревании бетона, а также за счет перемещения влаги в связи с температурными перепадами по сечению изделий. На начальной стадии паропрогрева миграция влаги происходит от наружных слоев к внутренним, по окончании теплового воздействия – от внутренних слоев к внешним, что приводит к направленной капиллярной пористости, ухудшающей ряд важнейших свойств бетона.

Вышерассмотренных недостатков, присущих паропрогреву, в некоторой степени лишен способ предварительного электроразогрева. Бетонную смесь перед укладкой в форму подвергают кратковременному интенсивному электроразогреву до температуры 70–80 °С. Последующее выдерживание бетона осуществляют по методу термоса до набора необходимой прочности.

Бетонную смесь можно подвергать кратковременному разогреву до высоких температур в процессе ее укладки в форму или опалубку. Это очень важное обстоятельство позволяет устранить нарушения структуры бетона из-за неравномерного расширения составляющих смеси в процессе разогрева. Быстрый разогрев бетонной смеси не приводит к существенной потере ее формовочных качеств.

О наличии более качественной структуры свидетельствует также изучение пористости бетона. В предварительно разогретом бетоне преобладают более мелкие поры, которых в 2–3 раза больше, чем в бетоне нормального твердения и в 4–6 раз больше, чем в паропрогретом бетоне. Крупных же пор в электроразогретом бетоне в 1,5 раза меньше, чем в бетоне нормального твердения и в 6 раз меньше, чем в паропрогретом бетоне. При этом поры носят преимущественно замкнутый характер [1, 2, 7]. Повышается их ранговость. Указанный характер пористости растворной части способствует повышению морозостойкости и уменьшению водонепроницаемости бетона.

Известно, что основные физико-механические показатели бетона зависят как от вещественного состава, так и от структурных особенностей. Структурные особенности в бетонах на пористых заполнителях существенно зависят от технологии приготовления и последующей интенсификации твердения бетонной смеси. При паропрогреве поток тепла идет от периферии к центру, наружные слои бетона начинают интенсивно набирать прочность в сравнении с центром бетона. Вследствие этой разности и повышения температуры от экзотермии цемента бетон, находящийся в центре, начинает негативным образом оказывать влияние (температурное расширение) на затвердевшие ранее наружные слои бетона, что в конечном итоге приводит к его трещиноватой поверхности. Трещины будут тем больше, чем больше будет разность температур между центром и периферией. При использовании предварительного электроразогрева бетонной смеси нежелательных температурных расширений бетона в период формирования структуры в горячем состоянии не происходит [6, 7].

Известно, что затвердевший керамзитобетон является капиллярно-пористым телом с наличием количества пустот и пор различных размеров и микротрещин. По разным источникам, открытая капиллярная пористость у керамзитобетонов составляет 3–8%. Часть пористости обуславливается пустотами и порами в зоне контакта цементного камня с заполнителем, а также пористостью цементного камня и порами керамзитового гравия.

Открытая капиллярная пористость оценивается величиной объемного водопоглощения и параметрами поровой структуры (ГОСТ 12730.4-78).

Принимая во внимания, что от структурной пористости в значительной мере зависят механические и теплофизические свойства материала, а так же учитывая, что на формирование поровой структуры большое влияние оказывает



способ тепловой обработки, одной из задач является изучение вопроса применительно к керамзитопенобетону, получаемому по технологии поэтапного внесения тепла, в том числе с использованием предварительного электроразогрева.

Таким образом, можно утверждать что, при использовании предварительного электроразогрева бетоны характеризуются повышенными физико-механическими показателями в сравнении с паропрогретыми бетонами и бетонами нормальных условий твердения (рис. 1.1).

В поисках более эффективных энергосберегающих технологий, с позиции формирования более качественной структуры в период теплового воздействия был предложен способ использования тепловой энергии остывающих искусственных пористых заполнителей (в частности керамзита).

Предложенная технология разработана Т.М. Штолем и О.Ш. Кикавой и основана на утилизации тепла остывающего керамзитового гравия для получения горячих керамзитобетонных смесей с последующим их формованием и выдерживанием по методу "термоса". Она является разновидностью технологии получения предварительно разогретых бетонных смесей. При введении горячего керамзита в смесь происходит быстрый разогрев за относительно короткий промежуток времени.

Ускорение твердения по этому методу достигается за счет отдачи тепла, аккумулированного керамзитом при обжиге, и тепла, выделяющегося при гидратации цемента. Объем замкнутых пор в керамзите колеблется в пределах 85–95% от общего объема пор. Горячий воздух, защемленный в капиллярах искусственных пористых заполнителей, объем капилляров, их строение, размер дают возможность рассматривать зерна заполнителей как микроаккумуляторы теплоты, равномерно распределенные в теле бетона.

Экспериментально установлено, что прочностные показатели керамзитобетона на горячем керамзите при сжатии возрастают на 10 – 15 %, а при растяжении на 15 – 20 % в сравнении с керамзитобетоном нормальных условий твердения, что объясняется нестандартными условиями тепло- и массообмена и повышением вакуумирующей способности горячего керамзита [8].

Таким образом, установлено, что при использовании горячего керамзита, вследствие нехарактерных для обычных условий особенностей тепло- и массообменных процессов, вокруг зерен остывающего керамзита образуются каемки-оболочки с повышенными прочностными показателями, толщина которых существенно превышает толщину соответствующих контактных зон на холодном заполнителе. Образование вокруг гранул остывающего керамзита такой зоны способствует также более прочной цементации керамзитовых гранул в бетоне, обеспечивая тем самым повышение прочностных свойств керамзитобетона в целом.

Структурные характеристики таких бетонов практически не изучены.

Кроме экономии энергоресурсов, рассмотренные выше технологии с использованием горячего керамзита обеспечивают повышенные физико-механические свойства керамзитобетон. Одним из определяющих факторов при этом является кардинальное различие в протекании тепло- массообменных процессов, проходящих между остывающим керамзитом и растворной составляющей бетона.

Поризованный легкий бетон является сложным композиционным капиллярно-пористым материалом, на свойства которого оказывают определенное воздействие характер структуры.

Как видно из вышеизложенного, массовое производство керамзитобетона осуществляется, как правило, в условиях заводского производства.

Имеется определенный опыт возведения монолитных зданий из керамзитобетона, например, в г. Тосно Ленинградской области в середине 90-х годов возведено несколько 5-этажных жилых домов, наружные стены которых выполнены из керамзитобетона. В г. Тюмени возводились 9-этажные жилые дома с наружным ограждением из монолитного керамзитобетона.

Обобщение производственного опыта устройства монолитных конструкций из керамзитобетона позволило выявить существенный технологический недостаток, а именно в процессе вибрационного уплотнения в ряде случаев наблюдалось расслоение смесей. Более легкие зерна керамзитового гравия всплывали, а более тяжелый раствор оседал.

Указанный технологический недостаток приводил к ухудшению теплозащитных свойств отдельных участков стенового ограждения.

Монолитный газобетон в условиях стройплощадки практически не применяется. В 50-х годах использование монолитного газобетона отмечалось в США. Быстрое твердение обеспечивалось за счет высоких температур реакции (до 95 °С) между алюминиевой пудрой и содой.

Из вышеизложенного видно, что производство изделий из поризованного керамзитобетона в основном осуществляется в заводских условиях с последующим монтажом на стройплощадке. Это обусловлено существующими традициями, сложностью технологии и отсутствием оборудования, позволяющего расширить сферы изготовления и применения поризованного керамзитобетона в условиях стройплощадки. В то же время, анализ технологий производства ячеистых бетонов и изменяющаяся конъюнктура их рынка свидетельствуют о возможности и необходимости поиска получения керамзитопенобетон в построечных условиях.

Поризация растворной составляющей позволяет не только улучшить теплотехнические свойства керамзитопенобетона как ограждающей конструкции, но и повысить технологичность в процессе укладки керамзитопенобетона в опалубку, т.к. сводится к минимуму разница плотности раствора между поризованной растворной составляющей и плотностью керамзитового гравия. Это в свою очередь сводит к минимуму опасность расслоения керамзитопенобетонной смеси при ее укладке.

Процесс получения керамзитопенобетона является более технологичным и может применяться на строительных объектах.



Для получения поризованного легкого бетона высокого качества необходимо оптимизировать его структуру. Под оптимальной понимают структуру, которая обеспечивает получение необходимых физико-технических свойств изделий, изготовленных при минимальных затратах энергетических и материальных ресурсов.

И.А. Рыбьев, изучая общие законы формирования структуры в связи с фазовым состоянием материала, сформулировал законы формирования свойств искусственных строительных материалов с конгломератной структурой. Выявленные им законы, вероятно, действительны и для легкого бетона с поризованной растворной частью. Он показал, что оптимальные структуры характеризуются экстремальным значением свойств, закономерным изменением фазового состава материала.

Особенностью структуры легкого бетона с поризованной растворной частью является то, что и заполнитель и растворная часть в бетоне являются ячеистопористыми телами.

Это приводит к влагообмену между сухим пористым заполнителем и окружающей оболочкой из композиционной поризованной цементно-песчаной массы, что обуславливает снижение устойчивости последней, повышенное сцепление крупного пористого заполнителя с растворной частью.

Основой структурной теории бетонов является положение о том, что все свойства бетонов, изготовленных с равным истинным водоцементным отношением и при одинаковой концентрации цементного камня в бетоне, сопоставимы.

Однако, по нашему мнению, перенести полностью это положение структурной теории бетонов на легкий бетон с поризованной растворной частью нельзя, так как свойства поризованной растворной части в большей степени зависят от характера ячеистой пористости на которую в свою очередь влияют технологические факторы.

Обобщение влияния физико-механических свойств компонентов легкого бетона на его прочностные свойства, сделанное Ахвердовым И.И., Вагановым А.И., Ивановым И.А., Корниловичем Ю.Е., Житкевичем Р.К. и другими, позволяет определить следующий механизм разрушения легкого бетона. В зависимости от соотношения прочностей, модулей деформации и объема компонентов бетона разрушение может начаться по раствору или по заполнителю в зависимости от того, прочность какого компонента будет исчерпана раньше под действием локальных концентраций напряжений.

В зависимости от прочности растворной части и прочности крупного заполнителя используемая в бетоне прочность его компонентов может меняться в значительных пределах. Наиболее желательно с позиции прочности, деформативности и трещинообразования такое структурное состояние его компонентов, при котором модули упругости и прочности растворной составляющей и крупного заполнителя близки.

Таким образом, воздушные ячейки в поризованном цементном камне можно рассматривать как замкнутые сферические пузырьки воздуха различного диаметра, оказывающие особое влияние на прочность, капиллярное всасывание, водопоглощение, стойкость и другие свойства бетона.

Введение керамзитового гравия в поризованное цементное тесто меняет картину распределения пор в бетоне. Способность пористого заполнителя поглощать воду позволяет рассматривать крупный пористый заполнитель как компонент, регулирующий структуру поризованного цементирующего вещества.

Таким образом, поризация является одним из средств регулирования структуры и свойств керамзитобетона. Анализ взаимосвязи структурных элементов и свойств легкого бетона литного строения позволил определить направление улучшения структуры легкого бетона с поризованной растворной частью с учетом влияния технологических факторов.

Выводы о технологии, структуре и свойствах керамзитопенобетона позволили разработать структурно-логическую схему взаимосвязи эксплуатационных, структурных и технологических параметров керамзитобетона с поризованной растворной частью, которая представлена на рис. 1.

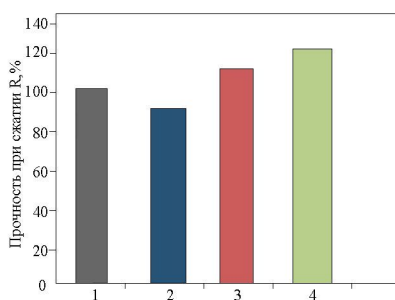


Рис. 1. Прочность керамзитобетона в 28-ми суточном возрасте с использованием различных способов ускоренного твердения.
1 – нормальное твердение; 2 – паропрогрев;
3 – предварительный электронагрев;
4 – приготовление бетонной смеси с использованием горячего керамзита

Таким образом, опыт получения керамзитопенобетона в заводских условиях следует рассматривать как основу разработки получения пенобетона в построечных условиях с учетом спецификации этих условий. Важнейшей особенностью получения керамзитопенобетона в условиях строительной площадки является необходимость использования методов зимнего бетонирования, ускорения твердения и уменьшения усадки.

Библиографический список

1. Арбе́ньев А.С. Технология бетонирования с электронагревом смеси / А.С. Арбе́ньев. – М: Стройиздат, 1975. 145 с.
2. Ваганов А.И. Исследование свойств керамзитобетона / А.И. Ваганов. – Л.; М.: Госстройиздат, 1960. 64 с.
3. Грязев Р.М. Влияние предварительного паронагрева бетонной смеси на свойства керамзитобетона и фактурного слоя / Р.М. Грязев и др. // Бетон и железобетон. – 1976. № 11. С. 20-21.



4. Дмитриевич А.Д. Тепломассообмен при твердении бетона в паровой среде / А.Д. Дмитриевич. – М.: Стройиздат, 1967. 244 с.
5. Комохов П.Г. Зимнее бетонирование с электроразогревом / П.Г. Комохов, А.С. Арбенев. – М.: Спецстройиздат, 1970. 102 с.
6. Миронов С.А. Вопросы общей технологии и ускорения твердения бетона / С.А. Миронов; НИИЖБ, – М.; 1970. 224 с.
7. Штоль, Т.М. Технология керамзитобетонных изделий на горячем заполнителе / Т.М. Штоль, О.Ш. Кикава. – М.: Стройиздат, 1986. 130 с.

Bibliograficheskij spisok

1. Arbenev A.S. Tekhnologiya betonirovaniya s elektrorazogrevom smesi / A.S. Arbenev. - M: Strojizdat, 1975. 145 s.
2. Vaganov A.I. Issledovanie svojstv keramzitobetona/ a.i. vaganov. - L.; M.: Gosstrojizdat, 1960. 64 s.
3. Gryazev P.M. Vliyanie predvaritelnogo parorazogreva betonnoj smesi na svojstva keramzitobetona i faktornogo sloya / R.M. Gryazev i dr. // Beton i zhelezobeton. - 1976. № 11. s. 20-21.
4. Dmitrovich A.D. teplomassoobmen pri tverdenii betona v parovoj srede / a.d. dmitrovich. - m.: strojizdat, 1967. 244 s.
5. Komokhov P.G. Zimnee betonirovanie s elektrorazogrevom / P.G. Komokhov, A.S. Arbenev. - M.: Spetsstrojizdat, 1970. 102 s.
6. Mironov S.A. Voprosy obschej tekhnologii i uskoreniya tverdeniya betona / S.A. Mironov; NIIZHБ, - M.; 1970. 224 s.
7. Shtol T.M. Tekhnologiya keramzitobetonnykh izdelij na goryachem zapolnitele / T.M. Shtol, O.Sh. Kikava. - M: Strojizdat, 1986. 130 s.

Сандан Айлана Сергеевна – кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры «Общественных дисциплин», Тувинский государственный университет, Кызыл, E-mail: ailanasandan@mail.ru

Sandan Ailana – PhD, Senior Lecturer knavery engineering disciplines "Tuvin State University, Kyzyl, E-mail: ailanasandan@mail.ru