Научная статья
Original article
УДК 69

ВЛИЯНИЕ ТЕПЛОВЛАЖНОСТНОЙ ОБРАБОТКИ И ТЕПЛОВОЙ ОБРАБОТКИ НА СТРУКТУРУ БЕТОНА

INFLUENCE OF HEAT AND HUMIDITY TREATMENT AND HEAT TREATMENT ON CONCRETE STRUCTURE

Рамазанова Алена Евгеньевна, Студент 2 курс, строительный институт, кафедра «Строительных материалов, изделий и конструкций», Тюменский индустриальный университет, Россия, г.Тюмень

Ramazanova Alena Evgenievna, 2nd year student, Civil Engineering Institute, Department of Building Materials, Products and Structures, Tyumen industrial university, Russia, Tyumen

Аннотация. В статье анализируется влияние тепловлажностной обработки и тепловой обработки на структуру бетона. Рассматриваются методы интенсификации твердения бетона, роль и особенности тепловой и тепловлажностной обработки материала. Приводятся сущность и виды тепловлажностной обработки бетонных и железобетонных изделий и её цикл. Выявляются особенности твердения бетона при тепловой обработке и оптимальная скорость подъёма температуры, обеспечивающая высокое качество структуры материала.

Annotation. The article analyzes the influence of heat and moisture treatment and heat treatment on the structure of concrete. The methods of concrete hardening

intensification, the role and features of thermal and heat-moisture treatment of the material are considered. The essence and types of heat and moisture treatment of concrete and reinforced concrete products and its cycle are given. The features of concrete hardening during heat treatment and the optimal rate of temperature rise, which ensures high quality of the material structure, are revealed.

Ключевые слова: бетон, структура бетона, твердение бетона, тепловлажностная обработка, тепловая обработка.

Key words: concrete, concrete structure, hardening of concrete, heat and moisture treatment, heat treatment.

Эффективность производства сборных железобетонных конструкций и изделий в значительной мере определяется длительностью общего технологического цикла, наиболее продолжительным процессом которого является набор необходимой прочности бетона [1]. Это обуславливает практическое применение различных методов ускорения твердения бетона, задача которых сводится к формированию условий твердения, в которых материал будет приобретать необходимые свойства в экономически целесообразный период времени. Наиболее эффективным методом интенсификации твердения бетона выступает повышение температуры посредством тепловой обработки (далее – ТО) и тепловлажностной обработки (далее – ТВО), включение которых в технологический процесс позволяет снизить металлоёмкость производства, существенно увеличить оборачиваемость форм и сократить длительность общего производственного цикла. Однако для оптимизации энергетических затрат на методику ускоренного получения бетонных изделий требуется произвести выбор оптимального температурного режима в период их ТО, поскольку неверно выбранный режим способен негативно отразиться на структуре бетона [2]. Это делает актуальным исследование особенностей влияния температурного режима при ТО и ТВО на процессы структурообразования бетона.

Целью работы является изучение влияния ТВО и ТО на структуру бетона. Для её достижения были использованы методы анализа и синтеза научных публикаций и литературных источников по рассматриваемой теме.

Для интенсификации твердения бетона применяются химические, технологические и тепловые методы [3]. Химические способы подразумевают введение в бетонную смесь добавок, таких как хлористый кальций и хлористый натрий, технологические – использование мокрого и сухого вибродомола цемента, быстротвердеющих цементов, жёстких смесей и способов их уплотнения и виброактивацию бетонной смеси, тепловые – нагрев материала.

Наибольшее ускорение процесса твердения бетона достигается в случае применения комплексных способов, сочетающих химическое, физико-механическое и теплофизическое воздействия [4]. При этом стоит учитывать, что ключевым определяющим кинетику твердения бетона фактором является температурный, тогда как остальные играют вспомогательную роль. ТО является наиболее эффективным методом интенсификации твердения бетона, использование которого позволяет сократить сроки достижения требуемой прочности в 8-10 раз, в то время как другие технологические приёмы обеспечивают ускорение только на 10-30 %. В то же время одновременно с ускорением набора прочности бетона ТО способна привести к развитию деструктивных явлений, уменьшающих ряд важнейших физико-механических свойств материала. На эффект ускоренного твердения бетонных изделий влияет группа преобладающих в материале при ТО явлений – конструктивных или деструктивных.

При ТВО на твердеющий бетон одновременно оказывают влияние температура и влажность, в зависимости от которых выделяют следующие виды ТО [5]:

- пропаривание в камерах непрерывного и периодического действия при температуре 70-100°С и нормальном давлении;

- автоклавная обработка насыщенным паром температурой 174-193℃ и давлением 0,8-1,3 Мпа;
- контактный обогрев посредством непосредственного соприкосновения бетонного изделия с источником теплоты, в качестве которого может выступать горячая вода, острый пар или нагретое масло, либо с обогревающим стенки формы нагревательным прибором;
- электропрогрев, заключающийся в пропускании через толщу бетона электрического тока либо обогрев материала инфракрасными лучами;
- горячее формование, при котором бетонная смесь до укладки в форму на протяжении 8-12 мин разогревается электрическим током до температуры 75-85℃, выдерживаясь в форме 4-6 часов.

ТВО бетона проводят до достижения им прочности не менее 70 % от марочной [6]. Сущность обработки заключается в увеличении скорости гидратации при повышении температуры среды до 79,8-99,8℃. В результате не только ускоряется процесс твердения изделия, но и повышается его механическая прочность, которой становится достаточно для его транспортировки на строительную площадку и монтажа.

На практике для ТВО наиболее широко применяют установки непрерывного и периодического действия – автоклавы, туннельные и ямные камеры и камеры с обогревом в поле индукционного действия. В качестве теплоносителя чаще всего используются пар и паровая смесь, несколько реже применяется увлажнённый и подогретый воздух. Цикл ТВО бетонных и железобетонных изделий в камере включает следующие этапы, длительность которых может составлять от нескольких минут до нескольких часов [7]:

1. Предварительное выдерживание свежеотформованных изделий при температуре внешней среды.
2. Увеличение температуры в камере до установленного наивысшего уровня.
3. Изотермический прогрев бетонных изделий в камере при наивысшей установленной температуре.

4. Остывание бетонных изделий в закрытой камере.

Как в естественных условиях, так и при ТВО нарастание структурной прочности бетона делится на два периода [8]. В первый, составляющий 2-4 часа с момента формования изделия, структурная прочность нарастает медленно, тогда как для второго характерно резкое увеличение скорости роста структурной прочности. Во второй период использование ТВО позволяет дополнительно увеличить структурную прочность, поэтому в большинстве случаев её проводят после предварительной выдержки свежесформованного бетона.

За счёт нагрева изделия скорость реакций гидратации цемента быстро возрастает, ускоряя структурообразование бетона. По мере подачи пара в камеру установки в материале по сечению выравнивается поле температур. На этапе охлаждения изделия остаются в закрытой камере, которая для ускорения остывания вентилируется воздухом. В результате 12-часового ТВО, из которых 3 часа отводится на постепенный подъём до необходимой температуры, 6 часов – на изотермическую выдержку и 3 часа – на остывание, бетон успевает набрать порядка 90-105 % своей марочной прочности [9].

При нормальных температурных условиях первоначальное твердение цементного камня имеет вид процесса циклической самоорганизации клинкерных зёрен и стадийного электрохимического взаимодействия клинкерных минералов с водой, что выражается периодическими скачками структурной прочности [10]. При повышенном температурном режиме эти скачки наступают в то же время, однако температура позволяет сократить интервалы между ними. Если же осуществляется медленный нагрев цементной системы, соотношение между периодичностью скачков структурной прочности изменяется, поскольку с повышением температуры циклы гидратообразования все сильнее сокращаются.

Согласно исследованиям, бетон, подвергавшийся твердению при скорости подъёма температуры 10…15 °С/ч, обладает максимальной величиной микропористости и минимальной величиной макропористости

[11]. Это определяет высокие показатели параметров водопоглощения и морозостойкости и благоприятно отражается на формировании структуры бетона, поры которого имеют близкие по величине размеры и небольшое число сообщающихся связей, что увеличивает теплозащитные свойства и стойкость материала к знакопеременным температурам с сохранением прочности. В случае же увеличения скорости поднятия температуры до 30°С/ч на изделиях образуются неравномерно расположенные поры разного объёма, придающие материалу неоднородную структуру и снижающие его прочность.

Таким образом, ТО и ТВО бетона оказывает значительное влияние на его структуру, качество и важнейшие эксплуатационные характеристики. Наиболее благоприятно на формировании структуры бетона отражается малая скорость подъёма температуры, параллельно обеспечивающая высокие показатели водопоглощения, морозостойкости и теплозащитных свойств материала и увеличивающая его стойкость к знакопеременным температурам без существенного снижения прочности. Следовательно, при выборе режима ТО и ТВО бетона важно учитывать особенности влияния температурного режима на процессы структурообразования, определяющего основные эксплуатационные свойства бетонных и железобетонных изделий.

Список литературы

1. Касторных Л.И., Фоминых Ю.С. Исследование параметров, влияющих на эффективность тепловой обработки самоуплотняющегося бетона с минеральными добавками // Инженерный вестник Дона. – 2018. – № 4 (51). – С. 207-218.
2. Нияковский А.М. Дискретная оптимизация программно управляемых режимов тепловой обработки бетонных изделий в теплотехнологических установках / А.М. Нияковский, В.Н. Романюк, Ю.В. Яцкевич, А.Н. Чичко // Энергетика. Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ. – 2019. – Т. 62, № 3. – С. 280-292.
3. Пермяков М.Б., Краснова Т.В., Курочкина С.О. Использование солнечной энергии для интенсификации твердения бетона // Актуальные проблемы

современной науки, техники и образования. – 2019. – Т. 10, № 2. – С. 7-11.

4. Касторных Л.И. Эффективность тепловой обработки бетона с суперпластификаторами на поликарбоксилатной основе / Л.И. Касторных, И.В. Трищенко, А.В. Каклюгин, Д.Р. Шершень // Инженерный вестник Дона. – 2019. – № 2 (53). – С. 60-71.
5. Рыбьев И.А. Строительное материаловедение в 2 ч. Часть 2: учеб. для вузов / И.А. Рыбьев. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд-во Юрайт, 2022. – 429 с.
6. Абдулханова М.Ю. Технологии производства материалов и изделий и автоматизация технологических процессов на предприятиях дорожного строительства: учеб. пособие / Абдулханова М.Ю., Воробьев В.А., Попов В.П. – М.:СОЛОН-Пр., 2020. – 577 с.
7. Вертикальные камеры паропрогрева: лекции по производству. Часть 5. [Электронный ресурс] // Zinref.ru. – URL: https://zinref.ru/000_uchebniki/04400proizvodstvo/000_lekcii_proizvodstvo_05/130.htm (дата обращения: 25.05.2022).
8. Жуков А.Д. Тепловые процессы и установки в технологии строительных изделий: учебное пособие / Жуков А.Д., Бегляров А.Э., Гусев В.А. – М.: Московский государственный строительный университет, Ай Пи Эр Медиа, ЭБС АСВ, 2014. – 252 с.
9. Лангнер Е.А. Современные технологии ускорения набора прочности бетона / Е.А. Лангнер, А.А. Шиховцов, А.А. Царёв, В.В. Петросян // Вестник Евразийской науки. – 2020. – № 5. – С. 36-45.
10. Пшеничный Г.Н. Строительные материалы и изделия: технология активированных бетонов: учеб. пособие для СПО / Г.Н. Пшеничный. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: Изд-во Юрайт, 2022. – 224 с.
11. Елишев К.С. Формирование структуры тяжёлого бетона для производства стеновых панелей // The Scientific Heritage. – 2021. – № 78-1 (78). – С. 13-15.

Bibliography

1. Kastornykh L.I., Fominykh Yu.S. Investigation of the parameters affecting the efficiency of heat treatment of self-compacting concrete with mineral additives // Engineering Bulletin of the Don. - 2018. - No. 4 (51). - S. 207-218.
2. Niyakovskiy A.M. Discrete optimization of program-controlled modes of heat treatment of concrete products in heat-technological installations / A.M. Niyakovsky, V.N. Romanyuk, Yu.V. Yatskevich, A.N. Chichko // Energy. News of higher educational institutions and energy associations of the CIS. - 2019. - T. 62, No. 3. - S. 280-292.
3. Permyakov M.B., Krasnova T.V., Kurochkina S.O. The use of solar energy for the intensification of concrete hardening // Actual problems of modern science, technology and education. - 2019. - T. 10, No. 2. - S. 7-11.
4. Kastornykh L.I. Efficiency of heat treatment of concrete with superplasticizers based on polycarboxylate / L.I. Kastornykh, I.V. Trishchenko, A.V. Kaklyugin, D.R. Hornet // Engineering Bulletin of the Don. - 2019. - No. 2 (53). - S. 60-71.
5. Rybiev I.A. Building materials science at 2 o'clock. Part 2: textbook. for universities / I.A. Rybiev. – 4th ed., revised. and additional – M.: Publishing house Yurayt, 2022. – 429 p.
6. Abdulkhanova M.Yu. Technologies for the production of materials and products and automation of technological processes at road construction enterprises: textbook. allowance / Abdulkhanova M.Yu., Vorobyov V.A., Popov V.P. - M.: SOLON-Pr., 2020. - 577 p.
7. Vertical chambers for steam heating: lectures on production. Part 5. [Electronic resource] // Zinref.ru. – URL: https://zinref.ru/000_uchebniki/04400proizvodstvo/000_lekcii_proizvodstvo_05/130.htm (date of access: 05/25/2022).
8. Zhukov A.D. Thermal processes and installations in the technology of building products: a study guide / Zhukov A.D., Beglyarov A.E., Gusev V.A. - M.:

Moscow State University of Civil Engineering, IP Air Media, EBS DIA, 2014. - 252 p.

9. Langner E.A. Sovremennye tekhnologii podrasheniya nakarecheniya betona drevnosti [Modern technologies for accelerating the curing of concrete strength]. Langner, A.A. Shikhovtsov, A.A. Tsarev, V.V. Petrosyan // Bulletin of Eurasian Science. - 2020. - No. 5. - P. 36-45.
10. Wheat G.N. Building materials and products: technology of activated concrete: textbook. allowance for SPO / G.N. Wheat. - 2nd ed., Rev. and additional – M.: Publishing house Yurayt, 2022. – 224 p.
11. Elishev K.S. Formation of the structure of heavy concrete for the production of wall panels // The Scientific Heritage. - 2021. - No. 78-1 (78). - P. 13-15.

© Рамазанова А.Е., 2022 Научно-образовательный журнал для студентов и преподавателей «StudNet» №6/2022.

Для цитирования: Рамазанова А.Е., ВЛИЯНИЕ ТЕПЛОВЛАЖНОСТНОЙ ОБРАБОТКИ И ТЕПЛОВОЙ ОБРАБОТКИ НА СТРУКТУРУ БЕТОНА// Научно-образовательный журнал для студентов и преподавателей «StudNet» №6/2022.