

Несмотря на короткий срок испытаний, можно сделать предварительный вывод, что комплексная добавка $\text{ПФ}_n + \text{NaOH}$ или $\text{ПФ}_n + \text{KOH}$ способствует образованию низкорастворимой моносulfатной формы гидросульфалюмината кальция в условиях пониженных пересыщений по СаО, что упрочняет структуру цементной матрицы бетона. Этим и объясняется более высокая коррозионная стойкость образцов с добавками на основе комплексной полимерной добавки.

1. Батраков В.Г. Модифицированные бетоны. Теория и практика. – М.: Стройиздат, 1998. – 768 с.
2. Гладков В.С., Виноградова Э.А. Высокопрочные бетоны с добавками суперпластификаторов для морских гидротехнических сооружений // Бетоны с эффективными суперпластификаторами. – М.: НИИЖБ, 1999. – С.126-138.
3. Файнер М.Ш. Ресурсосберегающая модификация бетона. – Черновцы: Прут, 1993. – 152 с.
4. Цементные бетоны с минеральными наполнителями / Л.И.Дворкин, В.И.Солома-тов, В.Н.Выровой, С.М.Чудновский. – К.: Будівельник, 1991. – 136 с.
5. Руденко Н.Н. Тяжелые бетоны с высокими эксплуатационными свойствами. – Днепропетровск: Арт-Пресс, 1999. – 260 с.

Получено 28.01.2010

УДК 666.672.56

В.О.ДОРОНИНА

Восточноукраинский национальный университет им.В.Даля, г.Луганск

БЕТОНЫ С ВЫСОКИМИ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫМИ СВОЙСТВАМИ ДЛЯ ДОРОЖНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА В УСЛОВИЯХ КРУПНОГО ГОРОДА

Приведены результаты исследований свойств дорожного бетона при укладке в летний период года. Климатические условия сказываются не только на технологии производства бетонных дорожных работ, но и на физико-механических свойствах бетона. Разработана технология устройства дорожного цементобетонного покрытия в условиях интенсивного движения транспорта в крупных городах с обеспечением проектных эксплуатационных свойств бетона.

Наведено результати досліджень властивостей дорожного бетону при укладанні в літній період року. Кліматичні умови позначаються не тільки на технології виробництва бетонних дорожніх робіт, але й на фізико-механічних властивостях бетону. Розроблена технологія улаштування дорожнього цементобетонного покриття в умовах інтенсивного руху транспорту у великих містах із забезпеченням проектних експлуатаційних властивостей бетону.

Results of researches of properties of paving concrete are presented at laying during the summer time. Environmental conditions affect not only the production techniques of concrete road works, but also on physicommechanical properties of concrete. The technology of the device of road cement concrete pavement in conditions of the intensive traffic in big cities with ensuring project operational properties of concrete is developed.

Ключевые слова: дорожный бетон, цементная система, технология, структурообразование, климатические условия.

Вопросы совершенствования технологии дорожного цементобетона являются малоизученными. Технология дорожного строительства, как показал опыт, имеет свои особенности. Практически ни одна технологическая операция не в состоянии самостоятельно обеспечить заданный уровень свойств дорожного бетона. Получение дорожного цементобетона с заданными свойствами возможно лишь путем целенаправленного управления комплексом технологических операций изготовления дорожного покрытия. Конечные свойства дорожного бетона обеспечиваются полным комплексом этих операций с учетом их взаимного соответствия свойствам исходных материалов и условиям бетонирования.

Необходимость исследования свойств дорожного бетона и разработки технологических основ бетонирования в условиях крупных городов в летний период года является важной проблемой. Климатические условия сказываются не только на технологии производства бетонных дорожных работ, но и на физико-механических свойствах бетона. По данным выполненных исследований [1, 2], влияние атмосферных условий на бетон весьма значительно, а механизм его взаимодействия с окружающей средой не установлен. С каждым годом к участию в решении этой проблемы присоединяется все больший круг исследователей.

Целью наших исследований является разработка технологии устройства дорожного цементобетонного покрытия в условиях интенсивного движения транспорта в крупных городах с обеспечением проектных эксплуатационных свойств бетона.

Формирование структуры дорожного бетона определяется процессами гидратации цемента и взаимодействия цементного теста с заполнителями. На основании проведенных исследований процессов структурообразования цементного камня методами рентгенографии и электронной микроскопии процесс взаимодействия цемента с водой можно разделить на несколько стадий, отличающихся ступенчатым гетерогенно-диффузионным характером с развитием процессов кристаллизации новообразований.

Кинетика структурообразования цементного камня и бетона определяется многочисленными факторами, к которым, прежде всего, относятся: минералогический состав вяжущего, его влагосодержание и удельная поверхность, а также термодинамические условия протекания реакций гидратации. Если первоначальные факторы зависят от вида цемента и количества воды затворения, то вторые определяются влиянием окружающей среды и, в частности, климатическими факторами. Еще до окончания перемешивания цемента с водой начинается

их взаимодействие. Происходящие при этом процессы гидролитической диссоциации и гидратации клинкерных минералов зависят не только от термодинамических условий окружающей среды, но и химического состава вяжущего, так как эти процессы не являются мгновенными – жидкая фаза в различных местах объема цементного теста имеет различный состав.

Таким образом, начальный период гидратации цементного теста характеризуется образованием лабильной структуры из части цемента и раствора весьма сложного состава. В результате гидролитической диссоциации трехкальциевого силиката и гидратации наиболее лиофильного минерала – трехкальциевого алюмината, а также перехода в раствор сульфатов основу начального раствора составляют гидроксид кальция и гидросульфалюминаты различного состава. Раствор содержит также различные ионы щелочей, металлов, а также незначительное количество ионов SiO_4^{4-} .

Как показывают исследования [3], в элементах средней массивности в условиях солнечного твердения условия гидратации клинкерных минералов несколько улучшились, что привело к увеличению содержания новообразований, а количество негидратированных реликтов практически не изменилось. Во всех элементах с уменьшением их массивности размер характерных пор, обнаруживаемых оптическим микроскопом, возрастает. Часто встречаются разорванные поры и микротрещины.

В целом наблюдаемое изменение условий гидратации и структуры материала объясняется тем, что интенсивность развития процессов превращений в гидраты определяется термодинамическими условиями и концентрацией исходных продуктов реакции.

Установлено, что начальная скорость гидратации полиминерального вяжущего определяется скоростью реакций мономинералов. С изменением условий окружающей среды в различной степени изменяется скорость взаимодействия отдельных минералов с водой, следовательно, происходит некоторое изменение состава исходного раствора. Второй период гидратации цемента в летний период года, характерный началом образования пространственной сетки гидросиликатов кальция, начинается не через 1 ч, а значительно раньше (в зависимости от температуры, через 30-45 мин.). Отличительной особенностью этого периода является сокращение длины волокнистых кристаллов гидросиликатов кальция в результате формирования их в ячейках четырехкальциевого гидроалюмината $\text{C}_4\text{AH}_{(18...13)}$, а также развития большего числа центров кристаллизации. Электронно-микроскопические исследования подтвердили наличие гидратных новообразований в виде па-

кетов волокон гидросиликатов кальция, «слипшихся» своими поверхностями, толщина волокон которых оценивается в 0,3-0,7 мкм. Основная гидросиликатная масса вне зависимости от условий твердения выглядит под электронным микроскопом аморфизованной, что связано с полиминеральностью и гелевидностью новообразований, склонных к взаимному прорастанию и сплетению. Указанное весьма затрудняет четкую идентификацию гидратных новообразований и определение их состава.

Малые размеры кристаллов, а также переменное количество воды в ячейках исходной структуры придают ей свойства коллоидов в начальный период существования системы. Образованная структура характерна тиксотропностью в результате разрыва и восстановления волокон с быстрым ростом кристаллов гидросиликатов. Этому способствует наличие в силикатных гелях, кроме химически связанной воды, большого количества адсорбированной воды между пакетами слоистых решеток, на поверхности, в порах и трещинах. Содержание адсорбированной воды зависит от технологических факторов: температуры твердения, начального влагосодержания, удельной поверхности цемента и т.д. Очевидно, что кинетика превращения вяжущих в этот период характеризуется скоростью внутреннего массообмена через оболочки гидратированных продуктов вокруг зерен исходных компонентов.

В отличие от первого периода, когда скорость реакции лимитируется скоростью гидратации, во втором периоде скорость структурообразования определяется диффузионным процессом переноса воды клинкерным мономинералам и обратной диффузией гидратированных ионов в раствор. Под влиянием термоактивации диффузионные явления протекают как в жидкой фазе за пределами зерен исходных компонентов, окруженных оболочками тонкодисперсных новообразований, так и в области внутренней массопередачи.

Таким образом, при повышении температуры большое количество исходного вяжущего превращается в гидраты при повышенной скорости. Интенсифицирующее влияние температуры в более ранние сроки гидратации связано с тем, что при небольшой толщине гидратных оболочек она существенно влияет на величину диффузионного потока. Конечные структурно-механические свойства цементных материалов определяются сформированной в процессе их твердения структурой.

Структурообразование бетона в летний период года, сопровождаясь переносом тепла и влаги, изменяет структурные свойства материала и, в частности, его пористость. По данным ртутной порометрии, наблюдается некоторое возрастание суммарной пористости бетонных

образцов естественного твердения, зависящее от модуля их открытой поверхности. Как известно, важное влияние на изменение физико-механических свойств бетона оказывают капиллярные (до $1 \cdot 10^{-8}$ м) и переходные (до $1 \cdot 10^{-7}$ м) поры. Однако опытные данные свидетельствуют о том, что изменение этих пор не столь значительно при изменении условий твердения бетона.

Течение реакций второго периода гидратации цемента обеспечивается за счет того, что молекулы жидкости адсорбируются молекулами растворенного вещества. Известно, что процесс адсорбции сопровождается выделением большого количества тепла, поэтому теплота гидратации клинкерных минералов обусловлена теплотой адсорбции. Вследствие дезагрегации флокул и связывания воды твердой фазой непрерывное ее перераспределение происходит до тех пор, пока вся вода не будет поглощена адсорбционно. Однако установившееся энергетическое равновесие системы вновь нарушается процессами, развивающимися при диффузии – взаимопроникновением воды и минералов (субмикрорекристаллов) в пределах гидратированных частиц цемента. Наступающий процесс растворения и насыщения адсорбированной воды субмикрорекристаллами сопровождается изменением плотности твердой фазы и образованием гелеобразной оболочки вокруг негидратированного ядра цементного зерна. Далее из пересыщенного раствора выпадают коллоидные зародыши гидратов, образуя коллоидное тесто. Растущие микрорекристаллы гидратов сближаются и соединяются в пространственную структуру. Цементное тесто теряет пластичность и приобретает свойства твердого тела. Гидратация и образование кристаллогидратов сопровождаются превращением части воды в химически связанную, составляющую 10-15% от массы цемента. Остальная вода в объеме бетона при его твердении находится в физико-механической связи, что приводит к образованию порового пространства.

Третий период гидратации начинается после окончания схватывания цементного теста и характеризуется заполнением пор твердеющего цементного камня коротковолокнистыми гидросиликатами кальция, а также кристаллами гидроалюмосиликатов и гидроалюмоферритов кальция. Отличительной особенностью этого периода является дальнейшее уменьшение скорости реакций гидратации вяжущего.

Таким образом, основной причиной изменения свойств дорожно-бетона является развитие взаимосвязанных физико-механических процессов массопереноса, объемных деформаций и внутренних структурных напряжений твердеющего материала. Эти процессы осложняются воздействием температурного фактора окружающей среды,

влияние которого существенно меньше изменения гигрометрии бетона. Следовательно, изменение прочностных и деформативных свойств дорожного бетона определяется механизмом развития поля напряжений в его гетерогенной структуре, характерной упруго-пластическим сопротивлением.

1. Батраков В.Г. Модифицированный бетон. – М.: Стройиздат, 1992. – 432 с.
2. Батраков В.Г. Комплексные модификаторы свойств бетона // Бетон и железобетон. – 1990. – №7. – С.9-12.
3. Руденко Н.Н. Тяжелые бетоны с высокими эксплуатационными свойствами. – Днепропетровск: Арт-Пресс, 1999. – 260 с.

Получено 28.01.2010

УДК 666.972.5

Д.В.РУДЕНКО, канд. техн. наук

*Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту
ім. академіка В.Лазаряна*

ВАЖКІ БЕТОНИ ДЛЯ ВІДНОВЛЕННЯ НЕСУЧОЇ ЗДАТНОСТІ МІСЬКИХ ТРАНСПОРТНИХ СПОРУД

Наведено теоретичне узагальнення й вирішення практичного завдання, що полягає у розробці бетонів підвищеної стійкості на активованій в'язучій речовині для ремонту і відновлення штучних транспортних споруд, що забезпечується використанням хімічно активних компонентів цементної системи.

Приведено теоретическое обобщение и решение практической задачи, состоящей в разработке бетонов повышенной стойкости на активированном вяжущем для ремонта и восстановления искусственных транспортных сооружений, которые обеспечиваются использованием химически активных компонентов цементной системы.

Theoretical synthesis and the decision of the practical problem consisting in the development of concrete of raised firmness on activated binder for repair and recovery of artificial transport facilities which it is provided by the use of chemically active components of the cement system is resulted.

Ключові слова: активація, цементна система, структуроутворення, бетон, штучні транспортні споруди, відновлення споруд.

Розширення вимог, які висуваються до матеріалів для відновлення експлуатаційних характеристик міських транспортних споруд з урахуванням зростаючих динамічних навантажень на конструкції, призводить до того, що, незважаючи на різноманіття композицій, які застосовуються для ремонтних робіт, ускладнюється вибір таких матеріалів, що повністю задовольнятимуть необхідному комплексу властивостей [1]. З цієї причини виникає необхідність створення бетонів із заданими технологічними, конструкційними та іншими властивостями. Такі завдання не можуть бути вирішені в повному обсязі за рахунок