

ПУТИ СНИЖЕНИЯ ВЛАГОПОТЕРЬ САМОУПЛОТНЯЮЩЕГОСЯ БЕТОНА В УСЛОВИЯХ СУХОГО И ЖАРКОГО КЛИМАТА

Наджах Наджим Абид

Одесская государственная академия строительства и архитектуры, г.Одесса, Украина

Анализ материалов международных симпозиумов, прошедших в последнее десятилетие, показывает, что одним из революционных направлений в технологии бетона является использование т.н. самоуплотняющихся бетонов (SCC, Self-Compacting Concrete). Разработка и применение эффективных составов SCC прочностью 50-60 МПа обосновывается в условиях современного Ирака развитием строительства, необходимостью внедрения новых технологий и материалов, а также мировых стандартов изготовления изделий и конструкций.

В Ираке защищено в последние годы ряд диссертаций на тему SCC. Однако в них не рассмотрены вопросы сохранения технологических свойств самоуплотняющихся смесей, а также особенности твердения таких бетонов в условиях сухого и жаркого климата (в Ираке температура достигает 48 °С). Практически не освещен данный вопрос и в мировой литературе.

Высокопрочные бетоны SCC имеют весьма низкое водовязущее отношение и содержат весьма малое (по сравнению с обычными бетонами) количество воды за творения. С одной стороны, в условиях сухого и жаркого климата, это не позволяет обеспечить длительное сохранение подвижности бетонной смеси. Во-вторых, ухудшаются условия для поддержания реакций гидратации и пуццолановой реакции в течение времени с позиций нормального процесса формирования структуры бетона и уменьшения опасности трещинообразования.

Ускоренное высыхание бетона приводит к значительной и неравномерной усадке (усадка поверхностных слоев бетона выше) и может вызвать появление усадочных трещин. Усадочные трещины могут появиться также и на контакте цементного камня с зернами крупного заполнителя вследствие сдерживающего влияния последнего на усадку цементного камня.

Однако отрицательное влияние влагопотерь бетона не ограничивается его усадочными деформациями. Вода, испаряясь из цементного камня, оставляет пустоты, которые понижают его плотность и уменьшают прочность. Реакция гидратации может вообще прекратиться после испарения из бетона большого количества воды и вследствие этого может произойти пересушивание и трещинообразование.

Классификация методов ухода, согласно Технического комитета RILEM TC-196 ICC [1], схематически представлена ниже.



Традиционно методы, препятствующие обезвоживанию, базируются на внешнем уходе. Существует и концепция «внутреннего ухода» за бетоном, которая подразумевает введение в бетонную смесь специальных материалов, которые служат агентами для последующего ухода. В этом случае добавки действуют как водный резервуар, который постепенно выпускает воду или предназначены для задержки потери воды из твердеющего бетона.

Показано [2], что самоосушке при испарении влаги из твердеющего бетона можно противодействовать с помощью пористых заполнителей (LWA –Light Weight Aggregate), вводимых в водонасыщенном состоянии. Это обеспечивает дополнительный внутренний источник воды и компенсирует водопотери, вызванные усадкой в

процессе гидратации. В процессе формирования гидратов вода, заземленная в пористом материале оттягивается из относительно больших пор в значительно меньшие поры цементного камня, что минимизирует развитие усадки, так как напряжение усадки, согласно уравнению Кельвина-Лапласа, контролируется размерами мельчайших пор.

Свойство пористых заполнителей в процессе приготовления и укладки смеси поглощать воду названо «самовакуумированием» (М.З.Симонов). Обратная отдача воды создает благоприятные условия для твердения цементного камня, что приводит к повышению его плотности и прочности и обеспечивает лучшее сцепление с зернами заполнителя.

В зарубежной практике пористые заполнители, как правило, рекомендуют предварительно увлажнять. Опыты показывают, что на водонасыщенных пористых заполнителях (когда сама вакуумирование исключено) получается бетон не меньшей прочности, чем на сухих.

Перспективно использование для этой цели мелкодисперсного пористого заполнителя, что позволяет максимально распределить источники подачи внутренней воды по всему объему цементной матрицы. Ранее показано [3], что введение керамзитового песка в оптимальном количестве в ремонтные растворы ведет к уменьшению влагопотерь и повышению прочности, что подтверждает положительную роль пористых частиц с точки зрения снижения внутрискруктурных напряжений и создания благоприятных условий влагообмена с окружающей средой. Уменьшение общего количества воды (без ухудшения свойств смесей) за счет введения суперпластификатора приводит к снижению влагопотерь в процессе твердения.

Другой метод предотвращения самоусушки с использованием полимеров-суперабсорбентов (SAP - *Superabsorbent polymers*) был предложен исследователями Технического университета Дании [4]. Большинство SAP - сшитые полиэлектролиты. Они абсорбируют большие количества воды (и других водных растворов) и сохраняют ее в своей структуре без растворения. SAP нашли широкое применение как высокотехнологичные материалы, например, при производстве контактных линз, имплантатов, в пожаротушении, при изготовлении лекарств, средств личной гигиены и в сельском хозяйстве - для аккумулирования влаги в корневой системе растений [1]. Теоретическое максимальное водопоглощение полимерами такого типа примерно в 5000 раз превышает их собственный вес. Водопоглощение SAP основано на образовании вторичных химических связей, но вода так слабо связана, что ее можно рассматривать как свободную.

В противоположность LWA, SAP используется как сухая химическая добавка, так как поглощает воду в процессе перемешивания смеси, применение SAP позволяет свободно проектировать поровую структуру и распределение пор по размерам в твердеющем бетоне.

Еще одна концепция включает добавление в процессе перемешивания бетонной смеси водорастворимых химических соединений (добавок типа VMA - *Viscosity modifying admixture*), которые уменьшают испарение воды при выдерживании бетона в воздушно-сухих условиях, а также миграцию воды в нижерасположенные слои бетона [5]. Водорастворимые полимеры, имеющие гидроксильные (-ОН) и эфирные (-О-) функциональные группы, как было установлено, удовлетворяют требованиям по внутреннему уходу за бетоном, то есть они улучшают сохранение воды в бетоне и повышают степень гидратации цемента. Водородные связи, возникающие между этими функциональными группами, снижают давление паров воды и уменьшают ее испарение. Эти добавки изменяют морфологию геля C-S-H, снижая абсорбционную способность бетона. К таким соединениям относится, например, модифицированная карбометилцеллюлоза, введение которой повышает вязкость жидкой фазы и однородность бетона типа SCC в конструкционном элементе [6].

Выводы

Хорошо известно, что пуццолановая реакция мелкодисперсных алюмосиликатов с высвобождающимся при гидратации цемента гидроксидом кальция зависит от доступности влаги. Поэтому преимущества внутреннего ухода становятся еще более значимыми, когда используются пуццолановые добавки (зола унос, микрокремнезем, мета- каолин, обожженные сланцы и тонкомолотые легкие заполнители).

SUMMARY

Describes the known concepts of internal curing using special additives that reduce evaporation and keep water in the structure, with respect to self-compacting concrete produced in the dry and hot climate of Iraq.

Литература

1. Фаликман В., Йенсен О.М., Ковлер К. Новые и традиционные технологии ухода за бетоном / Технологии бетонов, №1/2005. с.52-55.

2. Bentz, D.P. and Snyder, K.A., «Protected Paste Volume in Concrete: Extension to Internal Curing Using Saturated Lightweight Fine Aggregate», *Cement & Concrete Research*, 1999, 29: 1863-1867.

3. Коваль С.В., Савченко С.В., Абид К. Минимизация влагопотерь ремонтных растворов при управлении параметрами рецептуры /Реставрация, реконструкция, урбоэкология: Мат-лы междун. симп. –Одесса: ОКФ, 1998.-С.243-245.

4. Jensen O.M., Hansen P.F. Water-Entrained Cement-Based Materials: I. Principle and Theoretical Background / *Cement & Concrete Research*, 2001, 31:647-654.

5. Dhir R.K., Hewlett P.C., Lota J.S., Dyer, T.D. An Investigation into the Feasibility of Formulating 'Self-Cure' Concrete/ *Materials & Structures*, 1994, 27: 606-615.

6. Кушнерук В.И., Коваль С.В. Управление однородностью бетона в вертикально-формуемых сборных и монолитных конструкциях /Науково-практичні проблеми сучасного залізобетону: Сб. тез. 1 нац. конф. -К.: НДІБК. -1996. -С.235-237.