

марки. Как известно [2–4], изменение подвижности бетонных и растворных смесей обусловлено изменением их реологических свойств в зависимости от времени и температуры.

Наиболее плавно снижается подвижность растворных смесей во времени при минимальном содержании щелочных оксидов и повышенном содержании свободной извести (рис.3, 4).

Увеличение длительности начала схватывания цемента, а также уменьшение содержания вяжущего в растворной смеси расширяет диапазон возможного содержания щелочей в пыли.

УДК 666.97

Прилуцкая С.П., начальник лаборатории, ДП "Бетон-Киев" ТОВ "ТКС Бетон", г. Киев

ПРОБЛЕМА ВОДОУДЕЛЕНИЯ В БЕТОННЫХ СМЕСЯХ

Возросшие требования к строительно-техническим свойствам бетонных смесей обусловлены развитием новых строительных технологий, которые определяют актуальность повышенных требований к строительно-техническим свойствам цементов, устойчивости цементно-водных дисперсных систем. Данные по водоудерживающей способности цементных паст противоречивы и не дают четких представлений о природе водоуделения и механизме его регулирования. При значительном водоуделении на поверхности уложенной бетонной смеси выступает вода, слой которой зависит от водоуделения цемента, соотношения крупного заполнителя и растворной части смеси, количества и вида химических добавок и воды.

К сожалению, в Украине ни один нормативный документ о цементах не регламентирует их водоуделение, а ведь это одна из основных причин расслоения и водоуделения бетонных смесей, которые создают проблемы производителям и строителям.

Использование бетонных смесей с водоуделением более 0,8% для изготовления вертикальных монолитных конструкций приводят к тому, что происходит вытекание сквозь щели опалубки несвязанной воды вместе с частью цемента и химической добавки. В результате на поверхности изделий образуются раковины и оголенные участки щебня. Внешний вид изделия требует ремонта и дополнительных затрат. Также ухудшаются прочностные характеристики.

Вода, обуславливающая наружное водоуделение, при перемещении зерен заполнителя вниз, а воды — вверх, создает сеть сообщающихся капилляров у боковых поверхностей зерен, а также вызывает образование между слоями бетона прослоек с увеличенным содержанием воды, что ведет к ухудшению строительно-технических свойств изделий.

В связи с этим исследования, направленные на выявление механизма и причин этого нежелательного явления, и разработка способов снижения водоуделения цементов имеет важное значение и, следовательно, весьма актуальны. По данной тематике была проведена работа Нормантовичем А.С. Целью работы являлось изучение процессов гидратации цементов в начальный период контакта вяжущего с водой затворения и разработка научно-технических основ регулирования седиментационной устойчивости цементно-водных дисперсных систем.

Комплексом физико-химических методов исследования уточнен механизм формирования гидратных фаз цементов с различным водоуделением.

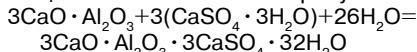
Пониженное водоуделение наблюдается при наличии в цементе полуводного гипса, когда преобладает "сквозь-растворный" механизм формирования этtringита-

ЛИТЕРАТУРА

1. Рекомендации по применению методов математического планирования эксперимента в технологии бетона. – М.: НИИЖБ, 1982. – 103 с.
2. Дворкин Л.И., Дворкин О.Л. Основы бетоноведения. – С.Пб.: Стройбетон, 2006. – 692 с.
3. Дворкин, Л.И. Дворкин О.Л. Строительные минеральные вяжущие материалы. – М.: Инфра-Инженерия, 2011. – 544 с.
4. Бутт Ю.М., Окорочков С.Д., Сычев М.М., Тимашев В.В. Технология вяжущих веществ. М.: Высш. шк., 1965. – 619 с.

та, который представлен в виде длинных игл, сформировавшихся после 8–10 минут взаимодействия с водой по всему объему. Процесс сопровождается увеличением среднего размера цементных частиц в первый момент взаимодействия, с понижением удельной поверхности, что указывает на образование гидратных пленок. Последующее их отделение сопровождается увеличением удельной поверхности частиц цемента. Пониженная экзотермия в начальный момент взаимодействия цемента с водой обусловлена формированием гидроалюминатных пленок, вследствие более медленного насыщения воды затворения ионами B_042 \ Концентрация 8042 ", при наличии полугидрата гипса в цементной системе, в первые 3–15 минут гидратации в 1,5 раза ниже, чем при использовании двухводного сульфата кальция.

Повышенное водоуделение цемента вызвано наличием двухводного гипса. В момент затворения вследствие более высокой растворимости двухводного гипса по сравнению с трехкальциевым алюминатом, на поверхности гидратирующихся кристаллов C_3A , образуется пленка субмикрористаллического этtringита. Когда этtringит образуется в свежеприготовленной бетонной смеси, а его распределение является относительно гомогенным, он не является причиной разрушения бетона. Такой тип этtringита, согласно международной классификации, называется первичным. Примером образования первичного этtringита является реакция двухводного гипса с трехкальциевым алюминатом в присутствии воды:



В процессе этой реакции этtringит адсорбируется на поверхности цементных зерен, препятствуя проникновению к ним воды и адгезии цементного геля и выступая, таким образом, в качестве регулятора сроков схватывания.

Вследствие этого замедляется дальнейшая гидратация, снижается заряд поверхности гидратирующихся частиц, что обуславливает коагуляцию цементной системы и является основной причиной повышенного водоуделения. Формирование пленок сопровождается понижением удельной поверхности частиц и увеличением их размера. Уменьшение содержания гипса с 5 до 1,5 % приводит к существенному снижению водоуделения с 36 до 17%. При отсутствии гипса водоуделение равно нулю и происходит мгновенное схватывание

Во-первых, скорость образования этtringита находится в прямой зависимости от основности алюминатов. Так, полное связывание гипса при гидратации C_3A и $C_{12}A_7$, наблюдается уже через 1 сутки, при взаимодействии с CA – через 3 суток, а с CA_2 – через 28 суток твердения в воде. При этом скорость реакции предопределяет габитус кристаллов этtringита: тонкие волокна образуются при быстром протекании реакции, а при медленном – возникают крупные широкие призмы. Выбор глиноземистого цемента в качестве одного из компонентов системы обусловлен наличием в нем алюмосиликатов кальция и быстрым набором прочности уже в суточном возрасте.

Во-вторых, образование этtringита допустимо только на этапе, когда еще не сформировалась структура бетона. Поэтому необходимо задействовать как можно большее количество фосфогипса, участвующего в образовании гидросульфалюминатов кальция именно в начальный период твердения.



В-третьих, для вступления в реакцию максимально возможного количества фосфогипса необходимо, чтобы в твердеющей композиции было достаточное количество C_3AH_6 . Однако, гидратируясь, глиноземистый цемент образует C_3AH_6 в незначительном количестве. Этот недостаток можно устранить, увеличив температуру твердения или повысить щелочность среды в твердеющей композиции, изменив, таким образом, состав продуктов гидратации глиноземистого цемента. Так как исследование проводилось с целью создания малоэнергоемкой технологии, температурный фактор, как приоритетный, не рассматривался.

Ввод извести позволяет повысить щелочность среды и создает наилучшие условия для кристаллизации этtringита. Кроме того, СаО нейтрализует примеси кислот в фосфогипсе, переводя их в безвредные, труднорастворимые соли, что подтверждается соответствующими экологическими сертификатами.

В-четвертых, для прекращения образования этtringита в более поздние сроки твердения, необходимо уменьшить рН-среды, что достигается вводом в композицию активной минеральной добавки. Кроме того, кристаллизация гидросиликатов кальция приводит к значительному приросту прочности и повышению водостойкости материала.

Таким образом, рабочая гипотеза о вступлении фосфогипса в химические реакции с продуктами гидратации глиноземистого цемента с образованием этtringита только в начальный момент процесса формирования структуры материала полностью подтверждается.

Бетон, изготовленный без тепловой обработки из композиционного вяжущего, имеет прочность на сжатие 5 МПа через 3 суток твердения в нормальных условиях и 10 МПа через 28 суток твердения. Управляя технологическими факторами, оказывающими влияние на процессы гидратации в системе и синтез новообразований, можно проектировать микро- и макроструктуру материала, прогнозировать дальнейшие его свойства.

Для достижения двойного экономического и экологического эффекта изучалась возможность использования в качестве активной минеральной добавки отходов других отраслей промышленности, содержащих в своем составе аморфный кремнезем (микрокремнезем – отход металлургической промышленности, кремнегель – отход от производства фтористо-водородной кислоты, кек – отход силикатной промышленности). Результаты исследований подтверждают данную возможность.

Водоотделение цементов с более высокими температурами выше. Так водоотделение цемента при температуре цемента +56°C составляет 32%, а при остывании до +26°C – снижается до 22%. Образцы бетонных смесей с низким водоотделением цемента имеют в 3-суточном возрасте прочность на 20% выше, чем образцы бетонных смесей с высоким водоотделением. В 28-суточном возрасте разность в прочностных показателях нивелируется.

Повышению растворимости трехкальциевого алюмината способствует резкое охлаждение клинкера, вследствие кристаллизации большего количества гидравлически активного алюмината, что изменяет морфологию формирования гидро-сульфоалюмината кальция и снижает водоотделение цемента. На цементных заводах Украины этого не делают. Потребители получают цемент, имеющий температуру в летнее время до +70°C.

Один из способов по уменьшению водоотделения бетонных смесей – применение пластифицирующих добавок. Вместе с тем в последнее время участились случаи ненормально быстрой потери подвижности бетонной смеси при использовании пластифицирующих добавок, особенно технических лигносульфонатов, в первые 30–40 минут после приготовления, а за ним следует длительный индукционный период без набора прочности, что является нежелательным. Причиной является воздействие компонентов добавки на скорость гидратации клинкерных минералов, прежде всего, на трехкальциевый алюминат. На ранней стадии ускоряется образование этtringита, что и приводит к потере удобоукладываемости. После образования этtringита, он адсорбирует компоненты добавки и соответственно тормозит гидратацию трехкальциевого алюмината вследствие замедления превращения этtringита в моносульфоалюминат кальция. В дополнение к этому концентрация компонентов добавки остается на таком уровне, что одновременно тормозится гидратация трехкальциевого силиката. Воздействие этих факторов и приводит к увеличению длительности индукционного периода.

Было отмечено, что пластификаторы на основе технических лигносульфонатов и нафталинсульфонатов уменьшают водоотделение до температуры окружающей среды +20°C, при более высоких температурах происходит обратный процесс, т.е. увеличение водоотделения бетонных смесей. Если заполнитель в бетонной смеси без пластификатора находится во взвешенном состоянии и не передвигается, то с пластификатором, за счет разжижения системы он движется в разных направлениях. Увеличение водоотделения бетонных смесей связано с тем, что повышается подвижность заполнителя в системе с добавкой и уменьшается вязкость самой системы. Тяжелые частицы осаждаются, выталкивая на поверхность воду, не вступившую в реакцию с цементом. Также исследовались системы с поликарбосилатами и полиакрилатами, которые не изменяют или очень незначительно меняют водоотделение бетонных смесей, вызванное цементом.

При испытаниях установлено, что лежалые цементы имеют водоотделение ниже, чем свежемолотые. Испытывался Ивано-Франковский цемент ПЦІ-500Н на водоотделение с температурой +55°C сразу после поступления на завод-производитель бетонной смеси и через неделю. Водоотделение цемента, полученного, составило 27%, а через неделю этот же цемент при температуре +25°C имел водоотделение 22%.

Одним из примеров уменьшения таких явлений является применение пластификатора для бетона Центрамент НЗ от компании МЦ Баухеми. Было доказано, что при добавлении пластификатора в количестве 0,6% водоотделение цемента снижалось на 9% от контрольного и способствовало минимальному водоотделению бетонной смеси в пределах 0,5–0,6%.

Еще один способ борьбы с водоотделением – применение минеральных добавок таких как микрокремнезем. Были проведены опыты на бетонной смеси класса В30П4. В бетонную смесь, отобранную в бетоносмесителе, была введена минеральная добавка микрокремнезем Centrilit Fume SX в количестве 4% от веса цемента. До введения микрокремнезема водоотделение бетонной смеси составляло 3%, при допустимом 0,8%. После тщательного перемешивания бетонной смеси с микрокремнеземом и выдерживании в течение 2 часов водоотделение смеси составило 0,5%. Были опробованы минеральные добавки зола и известняковая мука. В лаборатории изготовлены бетонные смеси с добавлением золы в количестве от 0,5% до 10% от веса цемента. Результаты получились неутешительные. Чем больше золы, тем больше водоотделение бетонной смеси. С добавлением известняковой муки водоотделение бетонной смеси не менялось.

Также некоторые стабилизаторы помогают решить эту проблему. Стоит отметить стабилизаторы фирмы МЦ Баухеми Centrament Stabi M15 и Centrament Stabi 520. Для проверки эффективности этих стабилизаторов было отобрано две пробы бетонной смеси (по 3 кг), водоотделение которой по прошествии двух часов составляло 4% (при водоотделении цемента 32%). После добавления Центрамент Штаби 15 в количестве 0,5% от массы цемента и перемешивания водоотделение полностью исчезло. Centrament Stabi 520, был добавлен в количестве 1% от веса цемента ко второй пробе этой же бетонной смеси. После перемешивания бетонная смесь имела водоотделение 1,7%.

Однако применение этих стабилизаторов и микрокремнезема в поточном производстве бетонных смесей украинскими производителями приводит к удорожанию продукции. Поэтому прежде всего для производства бетонных смесей монолитного строительства необходимо применять цементы с водоотделением до 20% не более. Необходимо создание в Украине нормативных документов регламентирующих водоотделение цемента. Иначе почему водоотделение бетонной смеси регламентируется при том, что цемент его может иметь неограниченно?

ЛИТЕРАТУРА

1. Ю.А. Новикс. Как приготовить раствор и бетон. – М. – Стройиздат, 1994 г. – 74 с.
2. ДСТУ Б.В.2.7-96-2000 “Будівельні матеріали. Суміші бетонні. Технічні умови”.
3. ДСТУ Б.В.2.7-43-96 “Бетони важкі. Технічні умови”.
4. Коновалов В.М., Нормантович А.С. Седиментационная устойчивость цементно-водных дисперсных систем. – Цемент и его применение. – 2005. – №5. – С. 58.
5. Бутт Ю.М., Сычев М.М., Тимашев В.В. Химическая технология вяжущих материалов. – М. – Высшая школа, 1980 г. – 472 с.