

Добавки к бетонам

Сермяжко Д.А., Кузькина Е.Е.

Научный руководитель – Юхневский П.И.

Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

Современные высококачественные бетоны имеют прочность в возрасте 28 сут. более 100 МПа, высокую морозостойкость, водонепроницаемость, регулируемые параметры деформативности. Применение добавок является наиболее эффективным способом, повышающим качество бетонов, не требующим больших капитальных затрат. Грамотное применение добавок позволяет решить любые проблемы, связанные с целенаправленным регулированием свойств бетонных смесей и бетонов. Высокая прочность, низкая проницаемость, повышенная долговечность и морозостойкость бетона могут быть достигнуты в результате применения следующих добавок, которые можно разделить на несколько групп.

Важное место среди множества химических модификаторов занимают пластификаторы и суперпластификаторы бетонных смесей. Эти добавки в разной степени обладают водоредуцирующим (водопонижающим) эффектом, позволяют: экономить цемент или значительно повысить прочность при сохранении равной подвижности с бездобавочным бетоном, при сохранении водоцементного отношения получить высокоподвижные или литые бетонные смеси; резко снизить время вибрации при укладке бетонной смеси, а в ряде технологий исключить высокочастотную вибрацию или заменить ее непродолжительным низкочастотным воздействием для улучшения распределения смеси в форме; снизить энергозатраты и трудоемкость; повысить качество конструкций. При этом коренным образом улучшаются условия труда при укладке и уплотнении бетонной смеси.

Суперпластификаторы открывают перспективу производства конструкций из высокопрочного бетона без наращивания объемов выпуска энергоемких цементов марок 550 и 600, значительно расширяют области применения шлако- и пуццолановых портландцементов.

Влияние ускорителей схватывания и твердения в составе цементных композиций сводится, в основном, к их воздействию на процессы гидратации цементных минералов и цемента в целом. Следует отличать "ускорители схватывания", т. е. добавки, сокращающие период начала и конца схватывания цемента, от "ускорителей твердения".

Ускорители схватывания могут не только не изменять скорость гидратации после схватывания, но в некоторых случаях даже замедлять гидратационные процессы и снижать прочность цементного камня. Так, напри-

мер, действуют карбонаты калия и натрия (поташ, сода), гидросиликат натрия, алюминат натрия.

В отличие от ускорителей схватывания, ускорители твердения или не влияют на начало и конец схватывания, или, являясь ускорителями схватывания, повышают прочность камня как в начальные сроки (1-3 суток), так и в более длительные. Цели применения ускорителей схватывания и ускорителей твердения разные: если первые вводятся в смесь для ускорения процесса потери пластичности растворной (бетонной) смесью, то ускорители твердения сокращают время достижения необходимой прочности камня, существенно не изменяя сроков схватывания смеси.

Добавки-замедлители схватывания и твердения используют при необходимости отодвинуть начало затвердевания бетона (например, по причине длительного временного интервала перед укладкой следующего слоя бетона), а также для компенсации ускоряющего эффекта других функциональных добавок. Положительным свойством этих добавок является также целенаправленное регулирование высвобождения тепла при сооружении массивных сооружений, что минимизирует возникновение трещин в бетоне, обусловленных температурным перепадом между бетоном и внешней средой.

Возможность производства бетонных работ в холодный период года без подогрева материалов и последующего обогрева уложенного бетона основана на том, что при введении в состав бетонной смеси противоморозных добавок при отрицательных температурах сохраняется жидкая фаза, минералы цемента могут гидратироваться, а бетон твердеть.

При растворении солей, которыми являются противоморозные добавки, ионы растворенного вещества образуют сольваты и такую воду труднее превратить в лед. Вследствие образования сольватов, вода в растворах противоморозных добавок замерзает постепенно, по мере охлаждения. При охлаждении любого раствора сначала из него выкристаллизовывается пресный лед. Он характеризуется дефектной структурой, малой прочностью, чешуйчатым строением и не вызывает заметных нарушений структуры бетона. По достижении температуры, называемой эвтектической, оставшаяся вода полностью перейдет в твердую фазу, образуя смесь льда и кристаллов соли. Например, для NaNO_2 температура эвтектики составляет минус $19,6^\circ\text{C}$, а концентрация раствора 28 %.

В данной статье мы рассмотрим использование пластифицирующих и комплексных добавок. Пластификаторы бетонных смесей начали широко применяться в 40-50-х годах, и сегодня они занимают ведущее место среди химических добавок, применяемых в технологии бетона. В качестве пластифицирующих добавок широко используют поверхностно-активные ве-

щества (ПАВ), нередко получаемые из вторичных продуктов и отходов химической промышленности.

Не все пластифицирующие-водоредуцирующие добавки в одинаковой мере снижают количество воды затворения бетона. Их эффективность зависит от их химического состава и механизма пластификации смеси.

По химическому составу пластифицирующие-водоредуцирующие добавки делятся на лигносульфаты, меламинформальдегидные и нафталинформальдегидные смолы, полиакрилаты и поликарбоксилаты. Первый тип добавок относится к пластификаторам, остальные - к суперпластификаторам. Различие эффективности отдельных типов добавок обуславливается различием механизмов увеличения различными добавками пластичности и подвижности бетона.

Меламин- или нафталинформальдегидные смолы, акрилаты и поликарбоксилаты адсорбируются на поверхности цементных зерен и сообщают им отрицательный заряд. В результате этого цементные зерна взаимно отталкиваются и приводят в движение цементный раствор, а также минеральные составляющие. Чем длиннее цепи, создающие молекулы суперпластификатора, тем интенсивнее это отталкивание. Эффективность пластификации становится более высокой, а ее действие продлевается. Молекулы поликарбоксилатов - самые длинные, поэтому эффект пластификации в данном случае примерно вдвое сильнее, чем в результате применения меламина- или нафталинформальдегидных смол. Длительность пластифицирующего эффекта поликарбоксилатов как минимум в 3-4 раза больше, чем нафталин- или меламинаформальдегидных смол.

Сегодня определена роль минералогического и вещественного состава цемента при оценке эффективности применения суперпластификаторов олигомерно-полимерного состава. Так, добавка С-3 для получения равнозначного эффекта пластификации бетонных смесей на высокоалюминатных портландцементах должна вводиться в более высоких дозировках, чем в смеси на средне- и низкоалюминатных цементах. Вещественный состав цемента имеет не меньшее значение.

Необходимо учитывать побочные эффекты влияния суперпластификаторов: они обычно замедляют сроки схватывания бетонных и растворных смесей, а достигнутая с их помощью пластичность достаточно быстро (30-60 мин.) после повторного перемешивания смеси снижается даже быстрее, чем в смесях, не содержащих суперпластификаторов. Замедление схватывания в большей степени наблюдается в смесях, содержащих суперпластификаторы нафталинформальдегидного типа по сравнению с суперпластификаторами на меламиновой или поликарбоксилатной основе.

Перечисленные добавки не исчерпывают всего многообразия имеющихся сегодня в арсенале технолога модификаторов бетона. Умелое поль-

зование ими обеспечивает значительное повышение качества бетона и экономию ресурсов при его изготовлении.

Широкое применение комплексных добавок для регулирования свойств цементного геля и бетона обусловлено тем, что они, как правило, обладают полифункциональностью действия. Кроме того, применение добавок в комплексе позволяет резко уменьшить или полностью устранить нежелательное побочное действие каждой составляющей комплексной добавки.

Комплексные добавки могут представлять собой сочетания нескольких солей-электролитов, сочетания органических добавок (ПАВ) или органических добавок и электролитов либо сочетания органических добавок, электролитов и минеральных (кристаллических затравок). Рассмотрим сочетания некоторых добавок.

Хорошо пластифицируя бетонную смесь, комплексные добавки – сочетания нескольких органических продуктов, одновременно изменяют в нужном направлении структуру бетона и ее свойства. В результате в 2-5 раз увеличивается морозостойкость бетона, на 1-2 марки - его водонепроницаемость, повышается его коррозионная стойкость. Заданная подвижность бетонной смеси сохраняется в течение 2-3 ч, что особенно важно при транспортировании смеси на большие расстояния и при бетонировании в условиях сухого жаркого климата. Вместе с тем комплексные добавки этой группы несколько замедляют гидратацию цемента, что необходимо учитывать при изготовлении конструкций. Бетон с такими добавками следует выдерживать не менее 2 ч до тепловой обработки, скорость подъема температуры не должна превышать 15-20°С/ч, а общая продолжительность тепловлажностной обработки должна составлять не менее 13 ч для бетонов на портландцементе и не менее 14 ч для бетонов на шлаковых и пуццолановых цементах.

Комплексные добавки, включающие ПАВ и электролиты, расширяют возможность модификации бетона и бетонной смеси. Введением электролитов регулируется темп твердения, и улучшаются структурно-механические свойства бетона, а ПАВ позволяют регулировать подвижность бетонной смеси, ее воздухо содержание, придают бетонам некоторые специальные свойства. Как показали исследования, введение высокоэффективных пластификаторов в комплексе с ускорителями твердения на малоподвижных и жестких смесях позволяет получать 70-80 % марочной прочности через 18-24 часа твердения в естественных условиях. Вместе с тем, необходимо учитывать, что некоторые компоненты могут обладать несовместимостью. Чтобы уменьшить отрицательное влияние несовместимости отдельных компонентов комплексной добавки, применяют их раздельное введение в бетонную смесь, что усложняет технологию и приводит к дополнительным затратам.

Комплексные добавки - сочетания электролитов с разным механизмом воздействия на бетонную смесь и бетон позволяет устранить недостатки некоторых однокомпонентных добавок и добиться полифункционального эффекта. Например, сочетание ускорителей твердения и ингибиторов уменьшает опасность коррозии арматуры в железобетонных конструкциях, а сочетание поташа и алюмината натрия регулирует сроки схватывания бетонной смеси.

Из комплексных органоминеральных добавок в России широкое применение находят модификаторы бетона серии МБ, разработанные в НИИЖБ совместно с предприятием Мастер Бетон и Центром модифицированных бетонов. Модификаторы бетона полифункционального действия серии МБ являются порошкообразными композиционными материалами на органоминеральной основе, минеральная часть которых состоит из микрокремнезема или его смеси с кислой золой-уноса, а органическая часть представлена суперпластификатором или его смесью с регулятором твердения и другими добавками.

Как показывает производственный опыт, гипер- и суперпластификаторы являются очень дорогими и применение их экономически оправдано только в некоторых областях строительства. В то же время комплексные добавки на основе пластификаторов II и III-й группы в сочетании с электролитами и активными минеральными добавками позволяют не только существенно интенсифицировать твердение бетона, но и получать высококачественные высокопрочные бетоны.

Выбор добавок с теми или иными качественными характеристиками обуславливается конкретным строительным объектом, его назначением, географическим расположением, сроками выполнения работ и прочими факторами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Рамачандран, В.С. Добавки в бетон: справочное пособие / В.С. Рамачандран. – М.: Стройиздат, 1984. – 571 с.
2. Батраков, В.Г. Модифицированные бетоны. Теория и практика / В.Г. Батраков. – 2-е изд. – М.: Стройиздат, 1998. – 768 с.