

хранность и своевременный ремонт зданий или сооружений. Накопление информации может производиться путем заполнения журналов эксплуатационных наблюдений. Заполнение таких журналов – обязательная часть исследования технологичности ремонтных работ. Корректировка данных производится инженерами отдела эксплуатации зданий и сооружений;

хронометражные наблюдения при выборочных посещениях. Они дают лишь вспомогательную информацию.

Наиболее целесообразно, как показал опыт, использование первых двух способов.

Изучение полученной (фактографической) и документальной информации позволит: оптимизировать сроки службы "пассивной части" основных фондов; рассчитать надежность, долговечность конструктивных элементов с учетом воздействия среды; рассчитать показатели ремонтпригодности, т.е. фактора технологичности ремонтных работ; разработать эталонный организационно-технологический уровень ремонтно-восстановительных работ; определить межремонтные сроки службы, планировать на их основе объемы и последовательность выполнения ремонтно-восстановительных работ, что сократит простои основного производства; повысить эффективность ремонтно-восстановительного производства.

УДК 691.327:666.973

С.М.Ицкович, канд.техн.наук, В.М.Кашуба

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ДОБАВОК В КРУПНОПОРИСТОМ БЕТОНЕ

Вопросы применения добавок в крупнопористом бетоне мало исследованы. Об их действии, как правило, судят по аналогии с накопленным опытом использования их в обычных бетонах. Однако теоретические представления [1] и экспериментальные данные внушают сомнение в правомерности такой аналогии в силу специфики технологии и структуры теплоизоляционного крупнопористого керамзитобетона.

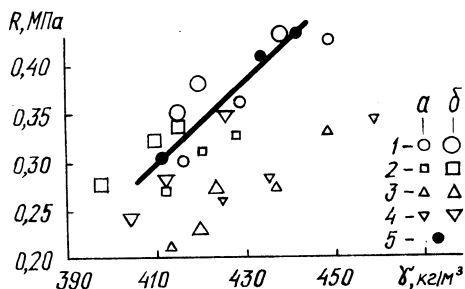
В Белорусском политехническом институте исследована целесообразность использования в крупнопористом керамзитобетоне различных добавок, в первую очередь рекомендуемых по-верхностно-активных веществ и хлористого кальция.

При получении крупнопористого бетона с отсеиванием излишка цементного теста важной особенностью технологии является то, что расход цемента на 1 м^3 бетона зависит от реологических свойств цементного теста. Последние можно регулировать не только назначением соответствующего водоцементного отношения, но и с помощью добавок-пластификаторов. Опыты, в которых заполнитель был моделирован стеклянными шарами с определенной суммарной поверхностью, позволили выявить зависимость толщины обволакивающей заполнитель пленки цементного теста от его водосодержания [2]. При добавке в цементное тесто СДБ в количестве 0,2% от массы цемента толщина обволакивающей пленки уменьшается на 20...30%, что дает возможность снизить расход цемента.

В опытах по получению крупнопористого бетона на керамзитовом гравии Лианозовского завода (Москва) крупностью 20...40 мм и портландцементе Волковического завода активностью 45 МПа исследовалось действие следующих добавок: CaCl_2 , в количестве 1...2% от массы цемента, СДБ, ГКЖ-10 и ЦНИПС-1 в количестве 0,1 и 0,2%. Водоцементное отношение исходного цементного теста задавалось на уровнях: 0,40; 0,42 и 0,44. При этом в серии опытов без добавок расход цемента составил соответственно 60, 45 и 30 $\text{кг}/\text{м}^3$. Добавка CaCl_2 почти не повлияла на расход цемента. Добавки гидрофобных ГКЖ-10 и ЦНИПС-1 при меньшей дозировке несколько повысили расход цемента в связи с увеличением вязкости цементного теста, а при большей дозировке, благодаря пластифицирующему действию, значительно снизили расход цемента. Наименьшим (соответственно 34, 29 и 19 $\text{кг}/\text{м}^3$) он оказался при гидрофильной пластифицирующей добавке СДБ в количестве 0,2%.

После пропаривания (при температуре 80°C по режиму 3 + 6 + 3 ч) образцы керамзитобетона были испытаны. Зависимость прочности при сжатии от объемной массы (рис. 1) для

Рис. 1. Зависимость прочности теплоизоляционного крупнопористого керамзитобетона от его объемной массы: 1 - с добавкой хлористого кальция; 2 - СДБ; 3 - ЦНИПС; 4 - ГКЖ-10; 5 - без добавок; а - при меньшем содержании добавок; б - при большем содержании.



бетона без добавок и с добавками CaCl_2 , СДБ примерно одинаковая, т.е. прочность в данном случае зависит только от расхода цемента, а добавки влияют на прочность бетона посредством изменения расхода цемента.

В случае применения добавок ЦНИПС-1 и ГКЖ-10 прочность крупнопористого бетона существенно снизилась, причем обнаружено недоиспользование цемента в бетоне – не только в связи с известным замедлением этими добавками процесса гидратации цемента, но главное из-за неравномерного распределения цементного теста по поверхности керамзитового гравия. Если гидрофильная добавка СДБ способствует образованию тонкой обволакивающей пленки цементного теста и однородных контактов между зернами керамзита за счет смятия этой пленки при укладке бетона [1], то использование гидрофобных добавок повышает вероятность слабых контактов при том же расходе цемента, поскольку цемент вне контактов в формировании прочности крупнопористого бетона не участвует.

То, что добавка-ускоритель твердения CaCl_2 не дала обычно ожидаемого прироста прочности бетона, объясняется тем, что в данном случае слабым звеном в бетоне является керамзит. Цементный камень в описанных опытах был и без добавки прочнее керамзита, поэтому дальнейшее его упрочнение добавкой CaCl_2 не дало заметного эффекта.

В работе [1] предложена формула прочности крупнопористого бетона на высокопрочном заполнителе

$$R_6 = A \left(\frac{d}{D} \right)^2 \left(\frac{C}{B} \right)^2, \quad (1)$$

где A – коэффициент пропорциональности; d – диаметр круговой контактной зоны между зернами заполнителя; D – средний диаметр зерен; $\frac{C}{B}$ – остаточное цементноводное отношение.

Эта формула определяет совокупную прочность контактов между зернами заполнителя в крупнопористом бетоне, если слабым звеном там является цементный камень. Если же принять прочность цементного камня заведомо более высокой, чем прочность заполнителя, как это обычно бывает в крупнопористом керамзитобетоне, то можно полагать, что разрушение контактов произойдет не по цементному камню, а по менее прочному керамзиту. Тогда формула примет вид

$$R_6 = kR_k \left(\frac{d}{D} \right)^2, \quad (2)$$

где k - коэффициент пропорциональности, связанный с тем, что условия работы керамзита в крупнопористом бетоне отличаются от условий его испытания на прочность вне бетона; R_k - прочность керамзита; $\left(\frac{d}{D}\right)^2$ - структурный параметр, выражающий относительную площадь контактов в крупнопористом бетоне [1].

В формуле (2) нет параметров прочности цементного камня. Если выполняется условие, что прочность цементного камня в бетоне выше прочности керамзита, то из формулы следует, что прочность крупнопористого керамзитобетона не зависит от активности цемента и условий твердения. Это нашло подтверждение в проведенных опытах.

В частности, проверен рост прочности крупнопористого керамзитобетона и цементного камня (одновременно с бетоном испытывались образцы $2 \times 2 \times 2$ см из отсеянного цементного геста) при твердении в нормальной воздушно-влажной среде. Оказалось, что уже в трехсуточном возрасте, когда прочность цементного камня превысила прочность керамзита, у крупнопористого керамзитобетона она достигла 91% от 28-суточной и далее выросла сравнительно мало, хотя у цементного камня росла еще весьма интенсивно и увеличилась к 28-суточному возрасту в пять раз. По-видимому, в связи с упрочнением керамзита цементной оболочкой растущая прочность цементного камня оказывает некоторое влияние на ее рост у керамзитобетона, но это влияние несущественно.

В других опытах с использованием лианозовского и витебского керамзита проверяли влияние на прочность бетона режимов пропаривания, изменяя температуру (60 и 80°C) и длительность (2, 4, 8 ч) изотермического периода. Установлено, что прочность крупнопористого керамзитобетона почти не зависит от режима пропаривания (а также от предварительной выдержки до пропаривания).

Г.А.Бужевич, рекомендуя для подобных бетонов сокращенный режим тепловой обработки, обнаружил закономерность: чем легче пористый заполнитель, тем выше отношение прочности крупнопористого бетона после пропаривания к 28-суточной.

Действительно, чем легче заполнитель, тем, как правило, меньше его прочность и, следовательно, достижение ее при пропаривании доступнее.

Исходя из изложенного, можно сделать вывод, что прочность теплоизоляционного крупнопористого керамзитобетона зависит в основном от прочности зерен керамзита и площади контактов между ними.

Чтобы проверить значение первого фактора, использовали результаты математического спланированного пятифакторного эксперимента, в котором одним из факторов выступала прочность керамзита. Керамзит Витебского комбината стройматериалов фракции 20...40 мм для этого был разделен классификацией по плотности в воде. Всплывший керамзит характеризовался средней плотностью зерен $0,69 \text{ г/см}^3$, объемной насыпной массой 370 кг/м^3 и прочностью при стандартном испытании на сдавливание в цилиндре 1 МПа, потонувший – соответственно $1,02 \text{ г/см}^3$, 570 кг/м^3 и 2,3 МПа. Средние результаты удельной прочности крупнопористого керамзитобетона (на 1 кг/м^3 расхода цемента) составили: для легкого керамзита 5,2 кПа, для тяжелого – 9 кПа. С учетом неоднородности керамзита и некоторых отличий по форме зерен (более шаровидной у легкого и менее благоприятной для тяжелого, маловспученного) можно отметить подтверждение принятой гипотезы: прочность крупнопористого керамзитобетона пропорциональна прочности используемого керамзита.

Однако в данном случае увеличение прочности керамзитобетона приблизительно в два раза сопровождалось увеличением его объемной массы примерно на 200 кг/м^3 , что для теплоизоляции, естественно, нежелательно. Сравним, как повысилась бы объемная масса бетона, если бы увеличение его прочности было достигнуто не применением более тяжелого, прочного керамзита, а увеличением расхода цемента. Средний расход цемента в данной серии опытов составлял 60 кг/м^3 . При увеличении расхода цемента в два раза соответственно увеличивается объем цементного теста, толщина обволакивающего слоя, площадь контактов и прочность бетона. В этом случае увеличение прочности бетона в два раза сопровождается увеличением его объемной массы только на 70 кг/м^3 (с учетом связанной цементной воды). Таким образом, с точки зрения эффективности теплоизоляции предпочтителен бетон на более легком керамзите с компенсацией его малой прочности за счет повышенного расхода цемента.

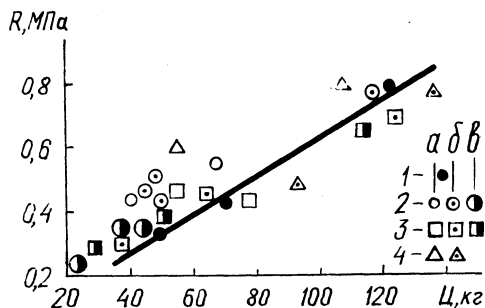
Поскольку активность цемента при этом не имеет существенного значения, часть его может быть заменена добавкой – наполнителем. В наших опытах такими добавками служили отходы промышленности: зола Пинской ТЭЦ, молотый ваграночный шлак Минского тракторного завода и глинистые отходы обогащения калийных удобрений ("хвосты") комбината "Белорускалий". Добавки вводили в портландцемент марки 500 в количестве 25,

33 и 50% от общей массы, перемешивали сухие компоненты, затем готовили цементное тесто с различным водосодержанием, Керамзитовый гравий Лианозовского завода фракции 20...40 мм перемешивали с цементным тестом, отсеивали излишек последнего и из полученной бетонной смеси формовали образцы-кубы с ребром 150 мм, которые испытали после одинакового во всех случаях пропаривания. Параллельно получены соответствующие данные для бетона на чистом портландцементе без добавок. Результаты этих опытов (рис. 2) подтвердили возможность значительной экономии цемента за счет использования добавок. Если не требуется высокая прочность теплоизоляции, расход портландцемента может быть сведен к минимуму - до 20 кг/м³. Прочность 0,5 МПа, регламентируемая техническими условиями на теплоизоляционные плиты, может быть достигнута при расходе портландцемента примерно 50 кг/м³. Для сравнения укажем, что в производстве таких плит на Лианозовском заводе керамзитового гравия при расходе цемента 100 кг/м³ прочность значительно ниже требуемой.

Теплоизоляционные бетоны с добавками не только не тяжелее, а даже легче равнопрочных бетонов без добавок. Это связано с тем, что плотность добавок, особенно золы и "хвостов", меньше плотности портландцемента. Поэтому добавки в большей степени увеличивают объем цементного теста, чем его массу, и площадь контактов между зернами керамзита увеличивается.

Таким образом, добавки - ускорители твердения в теплоизоляционном крупнопористом керамзитобетоне, подвергнутом тепловой обработке, не дают ощутимого эффекта, однако они могут быть полезны при естественном твердении. Пластифицирующие добавки эффективны, если требуется получить крупнопористый бетон с минимальным расходом цемента и при этом

Рис. 2. Зависимость прочности теплоизоляционного крупнопористого керамзитобетона от расхода портландцемента: 1 - без добавок; 2 - с добавкой золы; 3 - с добавкой молотого шлака; 4 - с добавкой глинистых отходов; а - при замене добавками 25% цемента; б - то же, 33%; в - то же, 50% цемента.



требования к прочности бетона тоже минимальны, например, при устройстве монолитной теплоизоляции. Добавки—наполнители, позволяющие сократить расход цемента без снижения прочности теплоизоляции, в данном случае особенно эффективны.

Л и т е р а т у р а

1. Ицкович С.М. Элементы теории прочности крупнопористого бетона, получаемого по новой технологии. — В сб.: Новые строительные материалы и изделия. Минск, 1975.
2. Ахвердов И.Н. и др. О связи расхода цемента в крупнопористом бетоне с реологическими свойствами цементного теста. — ДАН БССР, 1975, т. XIX, № 12.

УДК 693.542.527

А.Н.Третьюк, канд.техн.наук

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ НАДЕЖНОСТИ СИСТЕМЫ "ПИТАТЕЛЬ-ДОЗАТОР" МОБИЛЬНЫХ УСТАНОВОК ДЛЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ БЕТОННЫХ СМЕСЕЙ

Нормальное функционирование мобильных бетоноприготовительных установок (МБУ) во многом зависит от работоспособности системы "питатель-дозатор" — узла технологической надежности. Работоспособность этого узла определяется точностью дозирования составляющих бетонной смеси. Однако в технической литературе отсутствуют данные о режимах работы системы "питатель-дозатор" и ее конструктивном выполнении для МБУ.

С целью определения как конструктивных, так и технологических параметров применительно к МБУ необходимо исследовать систему "питатель-дозатор".

Основные задачи исследований были сформулированы следующим образом: установить степень точности дозирования разработанных для мобильной установки дозаторов; оценить влияние интенсивности подачи материалов на точность дозирования в системе "питатель-дозатор".

Эксперимент проводился на специально сконструированном стенде, кинематическая схема которого показана на рис. 1.