

От гипсоглиноземистого расширяющегося цемента (ГГРЦ) к напрягающему цементу (НЦ). Изменение кинетики расширения

И.В. Резван, А.В. Резван

В XX веке в нашей стране получили распространение два основных типа расширяющихся вяжущих: гипсоглиноземистый расширяющийся цемент (ГГРЦ) и напрягающий цемент В.В. Михайлова (НЦ).

Как известно, ГГРЦ [2] состоит из глиноземистого клинкера (ГЦ) и гипсового камня, молотых совместно в пропорции 70:30, что обеспечивает компенсацию усадки или даже незначительное расширение. Кроме того ГГРЦ обладает такими положительными свойствами как высокая водонепроницаемость и скорость твердения. Однако, для получения самоупрочения в железобетонных конструкциях ГГРЦ, как правило, не применяется. Сферой его применения ограничивается в основном устройством водонепроницаемых конструкций и заделкой всевозможных щелей и трещин, что вызвано кроме всего прочего высокой стоимостью основного компонента - глиноземистого клинкера.

Основным материалом для получения самоупроченных железобетонных конструкций исторически служит НЦ В.В. Михайлова [7], состоящий из портландцементного клинкера (ПЦ) и расширяющей добавки (РД) в пропорции примерно 75:25. РД аналогична по составу ГГРЦ при несколько меньшем содержании глиноземистого клинкера и возможном содержании извести до 2%. В отличие от ГГРЦ, расширение которого происходит в основном в пределах первых трех суток, длительность процесса расширения НЦ может очень сильно варьироваться в зависимости от состава. При сохранении пропорции компонентов РД, аналогичной пропорции компонентов ГГРЦ, расширение НЦ может происходить достаточно быстро, но оставаться в пределах 0,1-0,2%. В тоже время попытки увеличить итоговое значение относительного расширения, заключающиеся в некотором смещении

массового отношения компонентов РД в сторону увеличения доли гипса или внесения до 2 % извести приводят к затягиванию процессов расширения и достижения проектных величин за пределами возраста 28 суток при отсутствии возможности ТВО.

В тоже время за рубежом уже очень давно применяются расширяющиеся и напрягающие сульфоалюминатные вяжущие [9], состав которых по существу отличается от состава ГГРЦ лишь наличием извести. Это еще раз подтверждает, что именно известь, образующаяся как продукт гидратации ПЦ или вносимая в чистом виде, отвечает за активизацию процесса расширения РД. К сожалению, избыток извести, способный при характерном для НЦ содержании РД оказывать некоторый положительный эффект в виде увеличения итоговой величины расширения приводит не только к затягиванию этих процессов [5], но и к снижению итоговой прочности цементного камня.

Соответственно на ряду с поисками механизма нейтрализации избыточной извести в НЦ [4,5,6], позволяющего с одной стороны затормозить процессы расширения до формирования минимально прочности цементного камня для восприятия внутреннего распора, а с другой ограничить их развитие марочным возрастом, возникает проблема поиска диапазона оптимального массового отношения ПЦ и РД с точки зрения получения проектного расширения в первые дни твердения. Так изменение пропорции между глиноземистым клинкером и гипсовым камнем до верхней границы диапазона, характерного для РД НЦ (путем уменьшения содержания ГЦ при сохранении его избытка) без добавки ПЦ приводит к замедлению набора прочности и избыточному расширению вплоть до саморазрушения.

В тоже время из рис. 1 очевидно, что действуя как ускоритель твердения, небольшое количество извести 2-4% стабилизирует систему «ГЦ + гипсовый камень», обеспечивая набор некоторого минимума прочности для восприятия внутреннего распора от образования этtringита. Дальнейшее увеличение доли извести в системе приводило к активизации процессов

расширения после погружения образцов в воду, что при отсутствии сдерживающей матрицы в виде продуктов гидратации ПЦ являлось причиной разрушения. До погружения образцов в воду четко прослеживался эффект ускорения схватывания и твердения с увеличением дозировки извести.

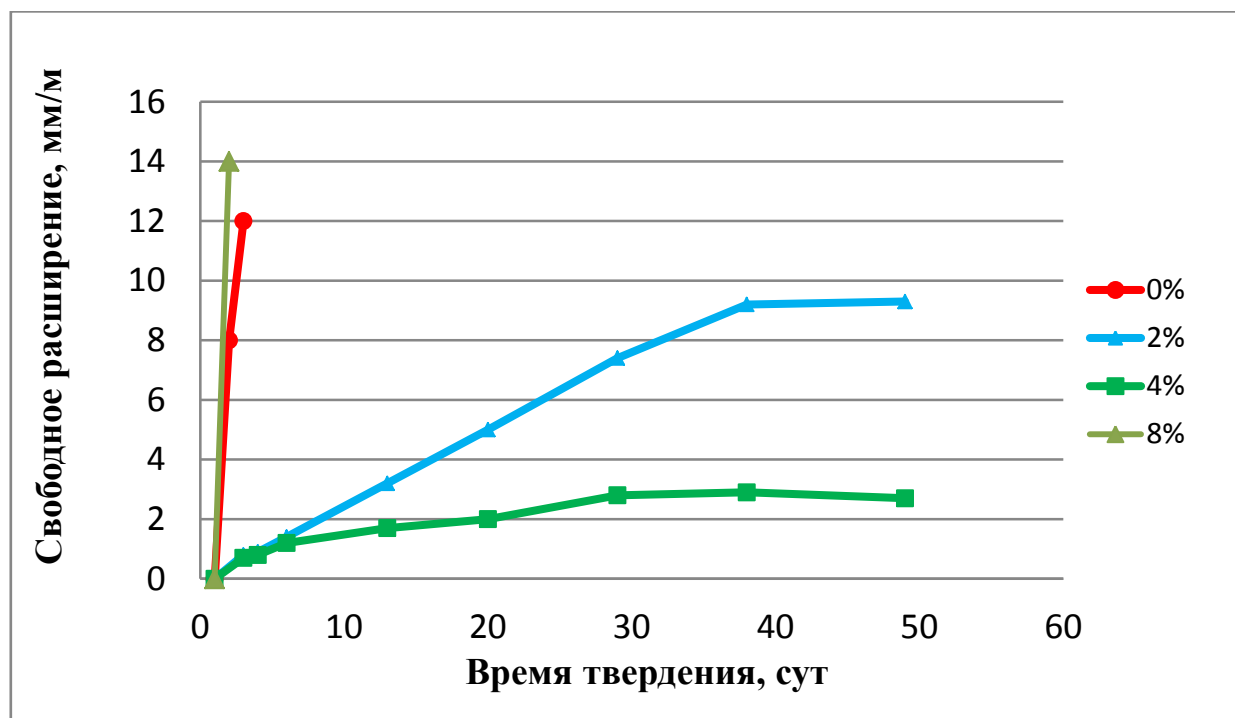


Рис. 1. Влияние массовой доли извести на кинетику расширения гипсоглиноземистого вяжущего начиная с момента распалубки и погружения образцов в воду при соотношении масс ГЦ и гипсового камня 65:35.

Соответственно представляется логичным ввести нижний порог диапазона отношения масс ПЦ:РД из условия выделения в процессе гидратации ПЦ количества извести необходимого для стабилизации набора прочности РД, чтобы РД не являлась лишь источником исходных продуктов для образования этtringита, но и вносила соответствующий вклад в набор прочности системы. Исходя из аналогичных побуждений, следует определять и верхний порог рассматриваемого диапазона, чтобы образование извести при гидратации минералов ПЦ не было избыточным и образование этtringита не носило выраженный деструктивный характер для всей системы.

При подобном подходе следует учитывать, что количество и интенсивность выделения извести при гидратации ПЦ зависят от содержания ос-

новых минералов, таких как алит и белит, и будут индивидуальны для ПЦ различных заводов. Соответственно при стремлении к удешевлению продукта, т.е. минимизации массовой доли ГЦ как компонента РД в его составе следует предпочесть ПЦ с пониженным содержанием алита.

Достижение верхнего порога диапазона отношения масс ПЦ:РД при очень четко прослеживается по изменению характера кинетики расширения композиции (рис.2).

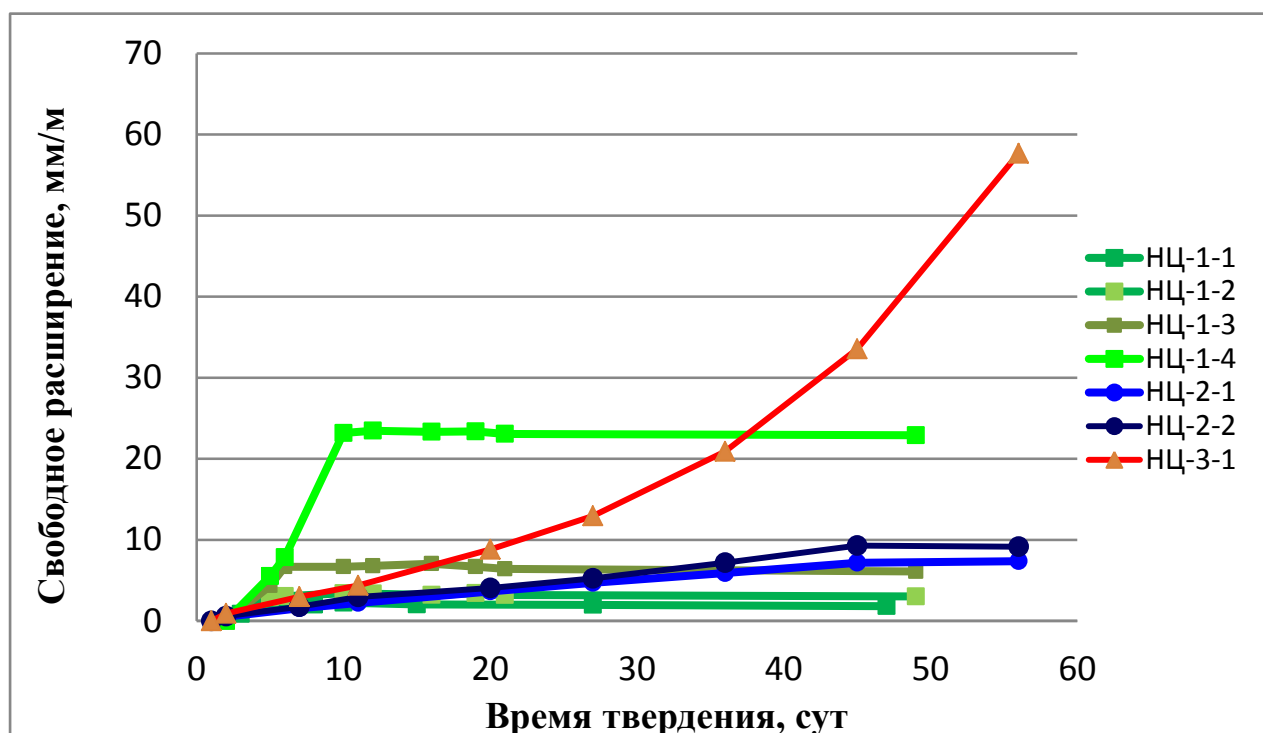


Рис.2. Влияние массовой доли ПЦ (завод «Пролетарий») в НЦ и пропорции компонентов РД (глиноземистого цемента Isidac-40 (ГЦ) и двухводного гипса (Г) ГЦ:Г 65:35 до 46:54): а) НЦ-1-1 – НЦ1-4: при доле ПЦ от 15% до 40% составы обладали минимальным сроком расширения с четкой последующей стабилизацией, б) НЦ2-1, НЦ-2-2: при доле ПЦ от 40% до 67% большая часть составов имела значительно более длительный срок расширения, в) НЦ3-1: при доле ПЦ 67% и более многие составы показали обратную кривизну графика расширения при длительном деформировании.

Для приведенного примера, очевидно, что доведение уровня содержания ПЦ до 67% и более может представлять определенную опасность при

неконтролируемом увлажнении системы за пределами марочного возраста. Соответственно при проектировании составов, способных достигать проектную величину расширения в возрасте до 10 суток с последующей стабилизацией собственных деформаций наиболее простым способом является ограничение уровня содержания ГЦ завода «Пролетарий» на уровне 15-40% с поправкой на конкретную пропорцию масс компонентов РД. Очевидно, что использование данного цемента не позволяет минимизировать расход ГЦ для поставленных целей без дополнительных усилий по физико-химическому регулированию процессов расширения.

Тем не менее, составы, описанные выше обладают большей экономической эффективностью, чем гипсоглиноземистое вяжущее с добавкой извести, а их собственные деформации носят более предсказуемый характер вследствие меньшего влияния погрешности дозировки компонентов.

Литература:

1. Виноградова Е.В. Высокопрочный быстротвердеющий бетон с компенсированной усадкой: Дисс. ...канд. техн. наук: 05.23.05. – Ростов-на-Дону, 2006. - 216 с.
2. ГОСТ 11052-74. Цемент гипсоглиноземистый расширяющийся
3. Моргун. В.Н. Роль расширяющих добавок в управлении свойствами пенобетонов [Электронный ресурс] // «Инженерный вестник Дона», 2009, №3. – Режим доступа: <http://ivdon.ru/magazine/archive/n3y2008/90> (доступ свободный) – Загл. с экрана. – Яз. Рус.
4. Резван И.В. Самоуплотняющийся высокопрочный напрягающий бетон для трубо-бетонных колонн // Строительные материалы. – 2012. – № 6. – С. 60 - 62.
5. Резван И.В., Резван А.В. О возможности физико-химического регулирования кинетики самоуплотнения НЦ [Электронный ресурс] // «Инженерный вестник Дона», 2012, №4, часть 1. – Режим доступа:

<http://www.ivdon.ru/magazine/archive/n4p1y2012/1128> (доступ свободный) –
Загл. с экрана. – Яз. Рус.

6. Резван И.В. Трубобетонные колонны из высокопрочного самоуплотняющегося напрягающего бетона: Дисс. ...канд. техн. наук: 05.23.05, 05.23.01. – Ростов-на-Дону, 2012. - 203 с.

7. ТУ 5732-072-46854090-98. Цемент напрягающий

8. Чмель Г.В. Модифицирование расширяющихся вяжущих веществ с целью управления собственными деформациями и прочностью бетонов: Дисс. ...канд. техн. наук: 05.23.05. – Ростов-на-Дону, 2004. - 179 с.

9. Matusumoto S. Expansive Additive for Cement. CEER (May 1970)
P. 220

10. Yan Fu, Jian Ding, J.J. Beaudoin. Expansion characteristics of a compounded-expansive additive and pre-hydrated high alumina cement based expansive additive // Cement and Concrete Research, Volume 25, Issue 6, August 1995.- P. 1295-1304