



Международная научно-практическая конференция

"Напрягающие цементы, бетоны и самоупрочненные конструкции"

Брестский государственный технический университет

г. Брест, 18 – 20 декабря 2000 года

УДК 697.137.2

РАСШИРЯЮЩАЯ СПОСОБНОСТЬ БЕТОНОВ НА НАПРЯГАЮЩЕМ ЦЕМЕНТЕ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ РАСХОДА ВЯЖУЩЕГО

Молош С.В.

Брестский государственный технический университет

Напрягающие бетоны по причине особых условий формирования структуры (образование большого количества этtringита в цементной составляющей) обладают рядом преимуществ перед бетонами на обычном портландцементе. Они отличаются появлением самоупрочнения и линейного расширения, а, кроме того, высокой прочностью при сжатии, растяжении, плотностью и, как следствие, высокой водонепроницаемостью, стойкостью к агрессивным воздействиям.

Несмотря на превосходства по свойствам и достаточно широкую для специального бетона область применения [1] напрягающий бетон имеет, в настоящее время, ограниченное использование как в Республике Беларусь, так и во многих иностранных государствах.

Существует много причин этому и одна из значительных – это более высокая стоимость напрягающего вяжущего по сравнению с портландцементом. Удешевление напрягающего бетона можно осуществлять либо использованием в напрягающем цементе (НЦ) менее дефицитного сырья для расширяющихся компонентов (вместо дорогостоящих глино-

земистого цемента и гипса использовать более дешевые материалы (на местном сырье), либо использованием бетона с минимальным содержанием дорогостоящего компонента - напрягающего вяжущего при достаточном расширении.

Попытки изготовления напрягающих цементов на основе алюмосодержащих отходов промышленности и фосфогипса имеются в БелГТУ под руководством проф. М.И. Кузьменкова. В данной статье будут рассмотрены исследования, проводимые в настоящее время автором по определению оптимального расхода НЦ для получения необходимого расширения структуры напрягающего бетона.

В экспериментах был использован НЦ, изготовленный полупромышленным способом - механическим смешиванием в шаровой мельнице в рассчитанном соотношении, портландцемента М500 ДО ОАО «Красносельскцемент», глиноземистого цемента ЗАО «Пашийского металлургическо-цементного завода» и природного гипсового камня Новомосковского месторождения. Данные о составе и основных свойствах цемента представлены в табл. 1.

Для проведения исследований было выбрано 3 состава напрягающего бетона (табл. 2.) при различных значениях расхода НЦ. Песок использовался Заславского месторождения с модулем крупности $M_k = 2,5$; щебень гранитный - фракции 5-20 мм.

Для уменьшения влияния расхода мелкого заполнителя на расширяющиеся характеристики бетона соотношение НЦ:Песок бралось равным 1:1,5 во всех составах. Расход песка по отношению к цементу (коэффициент 1,5) был получен экспериментально из опытов растворных образцов по определению влияния мелкого заполнителя на характеристики самоупрочнения и линейного расширения напрягающего цемента.

Таблица 1.
Основные свойства напрягающего цемента

Вид цемента	Состав ПЦ:ГЦ:Г, % по массе	Характеристики расширения, 28 сут		Удельная поверхность, cm^2/g	Нормальная густота цементного теста, %	Сроки схватывания, мин.	
		Самоупрочнение $Sp, N/mm^2$	Линейное расширение $\epsilon, \%$			Начало	Конец
НЦ-40	80:12:8	4,2	1,0	3600	25	55	125

Таблица 2.

Опытные составы напрягающего бетона

Составляющие	Серии образцов		
	I	II	III
НЦ	450	500	550
Песок	675	750	825
Щебень	1195	1050	905
Вода	158	150	193

Прочность при сжатии (f_c , Н/мм²) определяли на образцах-кубах 100×100×100 мм по ГОСТ 10180, согласно [2] измеряли линейное расширение (ϵ , %) на образцах-цилиндрах 100×175 мм, твердеющих в свободном состоянии, и самоупрежение (S_p , Н/мм²) на образцах-призмах 100×100×400, твердеющих в динамометрических кондукторах, эквивалентных по жесткости ограничению стальной арматуры при $\rho_1=1\%$ (где ρ_1 - коэффициент армирования).

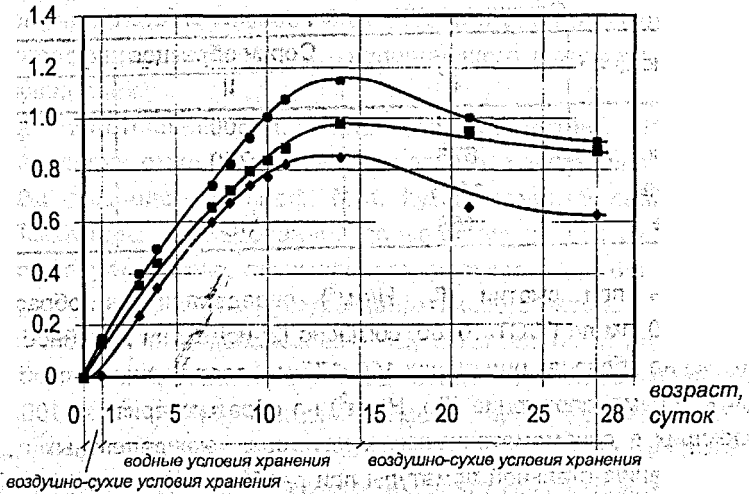
После одних суток твердения в воздушно-сухих условиях образцы помещали в воду и извлекали из нее после 15 суток водного хранения для последующего воздушно-сухого твердения. Температура окружающей среды колебалась в пределах 11..15 °С по причине проведения исследований в зимний период и составляла в среднем 13 °С для всех трех серий образцов. Часть образцов серии II хранили также и при средней температуре 18 °С, что позволило нам сделать предварительные выводы о влиянии температуры окружающей среды на расширяющую способность напрягающего бетона, а также на кинетику развития самоупрежения и линейного расширения.

Характеристики бетонной смеси и бетона исследуемых серий приведены в табл. 3.

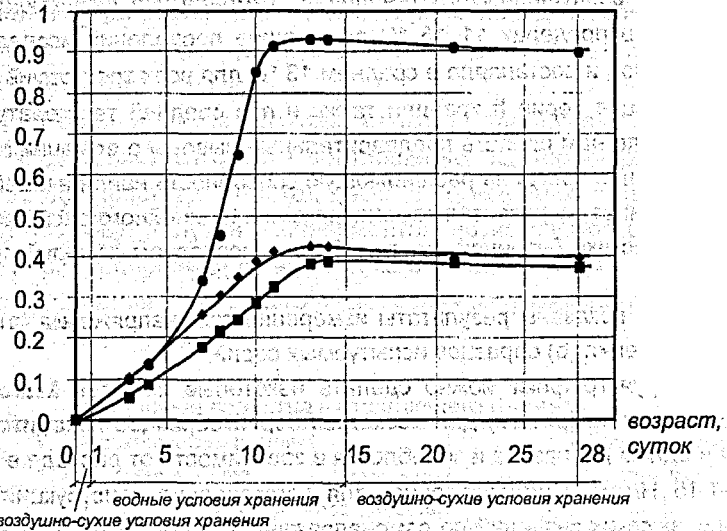
На рис. 1. показаны результаты измерений самоупрежения (а) и линейного расширения (б) образцов испытываемых серий.

Анализируя графики можно сделать некоторые выводы. Максимальное самоупрежение (рис.1а) для всех трех серий образцов находится практически в одном диапазоне и колеблется в зависимости от расхода в пределах 0,85-1,15 Н/мм². Следовательно, для изготовления конструкций, не требующих высоких значений по самоупрежению, можно использовать напрягающие бетоны с минимальным расходом цемента для уменьшения конечной стоимости конструкции. По линейному расширению (рис. 1б) картина несколько иная. Показатели образцов серии III ($\epsilon=0.93\%$) с расходом НЦ=550 кг примерно вдвое превосходят практически одинаковые показате-

а) самоупругение, Н/мм²



б) линейное расширение, %



Расход напрягающего цемента: ● — 450, ■ — 500, ▲ — 550
Рис. 1. Прирост самоупругения (а) и линейного расширения (б) бетонных образцов при различном расходе напрягающего цемента.

ли образцов серий I и II ($\epsilon=0.39\div 0.42\%$). Вероятно, что столь резкое увеличение максимального свободного расширения связано не только с повышением расхода напрягающего цемента в бетоне, а также с повышением содержания свободной воды и связанным с ним увеличением подвижности бетонной смеси. Подвижность бетонной смеси состава III ($OK=11$ см) значительно превосходила подвижность составов I и II ($OK=1$ см).

Таблица 3.

Основные характеристики бетонной смеси и бетона

Со- став	Расход НЦ	Бетонная смесь		Бетон			
		В/Ц	OK, см	Прочность при сжати, Н/мм ² , в возрасте сут		Максимальное самонапряжение Sp, Н/мм ²	Максималь- ное линейное расширение ϵ , %
				1	28		
I	450	0,35	1	-	50,8	0,85	0,42
II	500	0,3	1	8,5	63,1	0,98 (1,0*)	0,39 (0,49*)
III	550	0,35	11	4,5	42,2	1,15	0,93

*- результаты характеристик при температуре окружающей среды 18 °С,
OK – осадка конуса.

Линейное расширение, %

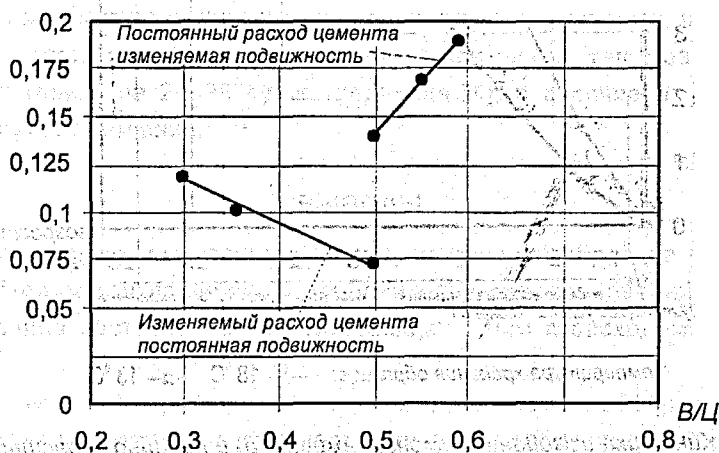
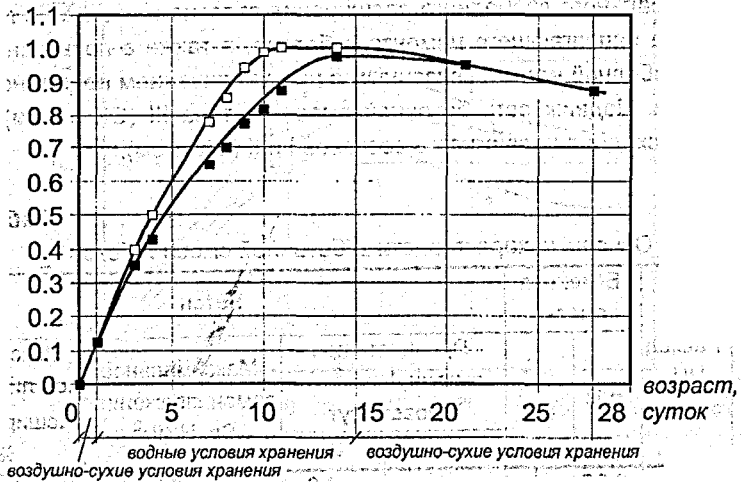


Рис. 2. [3] Влияние В/Ц на расширение бетонов с компенсируемой усадкой при постоянном и изменяющемся расходе цемента.

а) Самонапряжение, Н/мм²



б) Линейное расширение, %

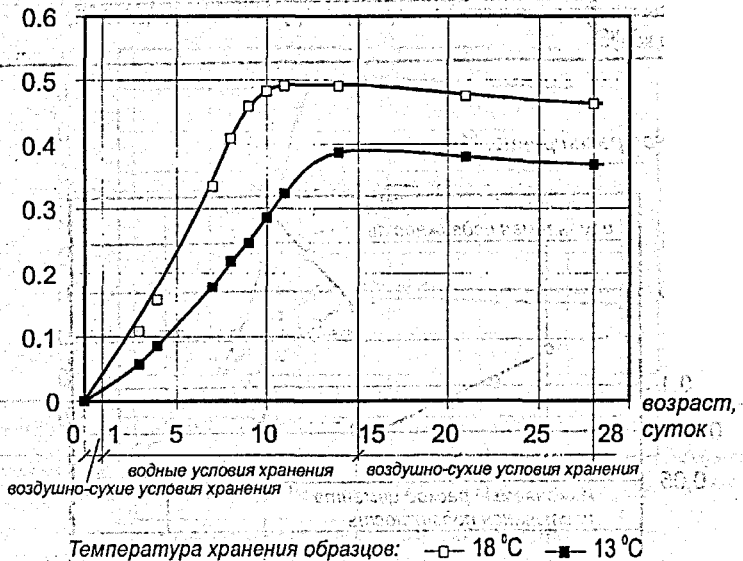


Рис. 3. Кинетика изменения самонапряжения (а) и линейного расширения (б) бетонных образцов состава II при различной температуре хранения.

На рис. 2. показаны результаты исследований ученых из ACI Committee 223 (1970 г.) по определению влияния водоцементного отношения на линейное расширение бетонов с компенсируемой усадкой, описанных в [3]. Согласно этим исследованиям при повышении расхода цемента и неизменной подвижности (снижение В/Ц), уровень расширения возрастает. Бетоны, имеющие одинаковое содержание цемента, могут быть изготовлены с различным В/Ц (различная подвижность), причем с повышением В/Ц возрастает расширяющая способность бетонов.

Влияние различной температуры хранения образцов серии III (13 °С и 18 °С) на кинетику роста самоупругения и линейного расширения можно проанализировать на рис. 3. Хорошо видно влияние пониженных температур на замедление развития процессов расширения, особенно свободного (вплоть до 10 суток твердения идет двукратная разбежка результатов). Максимальное и остаточное значение самоупругения согласно рис. 3а. практически не зависит от температуры твердения. Снижение температуры с 18 °С до 13 °С приводит к падению линейного расширения примерно на 20% (рис. 3б). Это позволяет сделать вывод о том, что пониженные температуры оказывают заметное влияние только на свободное расширение.

Если сравнивать кинетику развития расширения напрягающего бетона и напрягающего цемента, то можно отметить тот факт, что стабилизация процессов расширения цемента при низких температурах наступает только на 24..28 суток твердения [4], в отличие от бетона – 12..14 суток твердения.

ВЫВОДЫ

1. Анализ полученных данных исследуемых серий образцов говорит о необходимости проведения дополнительных исследований как приведенных составов, так и прилегающих к ним с расходом 400, 600 кг/м³.
2. Значительный отрыв линейного расширения состава III (рис. 1б) позволяет предположить о существовании дополнительных факторов, кроме расхода составляющих, условий твердения, позволяющих регулировать значения свойств напрягающих бетонов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кардумян Г.С., Басов В.С., Кондратчик А.А., Тур В.В. Напрягающий бетон в строительстве// «Эффективные строительные материалы, конструкции и технологии» - сб. трудов междунар. научно-практ. конф./ Под редакцией Блещика Н.П. – Минск, «Технопринт», 2000. – С.103-111.
2. ТУ 67-938-87. Бетон на напрягающем цементе. – М.: Минстройматериалов СССР, 1987. – 24с.
3. C. Kesler, D. Pfeifer etc. ACI Committee 223/ Expansive Cement Concretes – Present State of Knowledge/ ACI Journal 1970-№8- P.583-610.
4. Кардумян Г.С., Молош С.В. О природе напрягающего цемента// «Эффективные строительные материалы, конструкции и технологии» – сб. трудов междунар. научно-практич. конф./ Под редакцией Блещика Н.П. – Минск, «Технопринт», 2000. – С.97–102.