

## **БЕТОНЫ С КОМПЕНСИРОВАННОЙ УСАДКОЙ ДЛЯ ПОЛОВ ПРОМЗДАНИЙ**

М.И. Бейлина, М.Ю. Титов

НИИЖБ

г. Москва, Россия

Приводятся характеристики бетонов с компенсированной усадкой, полученные с использованием напрягающего цемента или смеси портландцемента с расширяющей добавкой. Такие бетоны применяются для воздействия водонепроницаемых и трещиностойких покрытий полов промышленных зданий.

Ключевые слова: бетон с компенсированной усадкой, этtringит, водонепроницаемость, морозостойкость, гидроизоляция.

Получение бетона высокой плотности, прочности и долговечности одна из важнейших задач в современном строительстве. Это стало возможным благодаря разработке и промышленному освоению в нашей стране бетона с компенсированной усадкой.

Компенсация усадки в бетоне может обеспечиваться как применением напрягающего цемента заводского изготовления, так и при использовании портландцемента и расширяющих добавок прямо на строительной площадке.

Напрягающий цемент (НЦ) получается совместным помолом портландцементного клинкера, алюминатного компонента и гипсового камня. Имея в своей основе портландцемент, напрягающий цемент не только обладает всеми его положительными свойствами, но и имеет ряд отличительных особенностей - частичная компенсация усадочных явлений, повышенная прочность и предельная деформативность при растяжении, высокая, а для большинства сооружений на его основе практически полная водонепроницаемость и стойкость к различным видам воздействий.

Несмотря на эти ценные дополнительные свойства НЦ по отношению к портландцементу, он не нашел у нас в стране широкого применения. В то же время за рубежом, например в США и Японии, цементы, аналогичные отечественному НЦ, применяются в более широком объеме, хотя впервые разработка, исследование и применение в строительстве этого вяжущего были осуществлены у нас в стране.

В отличие от отечественного НЦ, за рубежом на заводах выпускается, главным образом, расширяющие добавки (РД), которые добавляются к портландцементу непосредственно на объектах его применения. Расширяющие добавки, выпускаемые за рубежом, различны по своему составу, процент ее введения - небольшой, что требует высокой культуры производства и особо точное дозирующее и смесительное оборудование. Кроме того, технология их производства трудоемка, энергоемка, с проведением высокотемпературных обжигов, поэтому такие добавки дефицитны и их стоимость высока.

В нашей стране аналогичные добавки выпускаются пока в небольшом количестве. В то же время имеются огромные запасы крупнотоннажных отходов и природных материалов, которые могут рассматриваться как долговременный источник сырья для производства добавок, решая одновременно экологические и экономические задачи.

Такие добавки из крупнотоннажных отходов различных производств разработаны сотрудниками НИИЖБ, нашли применение в бетонах с компенсированной усадкой и с успехом используются для возведения трещиностойких водонепроницаемых покрытий пола промышленных зданий.

С целью оценки механизма процессов свободных и связанных деформаций цементного камня в бетонах с компенсированной усадкой проведены комплексные физико-химические исследования портландцемента М400 ДО, напрягающего цемента и вяжущего, полученного механическим перемешиванием портландцемента и расширяющей добавки алюминатно-сульфатного типа.

В намеченные сроки исследования - 1,3 час, 1,7 и 28 сут. - отбирались пробы. Образец дробился, промывался спиртом с целью прекращения гидратации, а затем высушивался под 50%-ным раствором серной кислоты в эксикаторе при 35%-ной относительной влажности воздуха. Такой вид сушки выбран на основании адсорбционных исследований чистого этрингита, так как известно, что этрингит очень чувствителен к изменению влажностных и температурных условий.

Кинетика связывания гипса и количество образовавшегося этtringита при твердении определялись химическим анализом по методике Т.И.Розенберг.

Определение несвязанного (свободного) гипса проводилось растворением в специально приготовленном растворе, содержащем 0,1 г/л СаО и 0,05 г/л гидросульфоалюмината кальция. В таком растворе несвязанный гипс полностью растворяется в течение 3-5 мин, этtringит же остается нерастворимым. Общее количество гипса определялось весовым методом.

Полученные результаты представлены в табл.1.

Таблица 1

Кинетика связывания воды SO<sub>3</sub> и кристаллизации этtringита

Вид вяжущего в бетоне	Возраст, сут.	Содержание связанной воды, %	Содержание несвязанного SO <sub>3</sub> (непрокаленное в-во), %	Содержание, %	
				связанного SO <sub>3</sub>	этtringита
1	2	3	4	5	6
ПЦ	сухая смесь	1.35	2.22	—	—
	1 сут.	10.56	1.00	1.22	6.38
	28 сут.	15.81	0.42	1.80	9.41
НЦ	сухая смесь	2.20	3.90	—	—
	1 ч.	5.37	2.52	1.30	7.21
	3 ч.	5.41	2.41	1.30	7.84
	1 сут.	8.80	1.83	1.53	10.98
	7 сут.	14.16	0.29	3.60	18.82
	28 сут.	17.67	0.20	3.65	19.35
ПЦ+РД	сухая смесь	2.10	3.73	—	—
	1 ч.	5.60	2.12	1.61	8.42
	3 ч.	5.75	2.10	1.63	8.57
	1 сут.	9.80	1.22	2.51	13.1
	7 сут.	14.75	0.33	3.40	17.81
	28 сут.	17.76	--	3.70	19.51

Как видно из анализа представленных данных в цементном камне бетона с компенсированной усадкой процесс связывания воды, SO<sub>3</sub> и образования этtringита начинается сразу после затворения водой и через час твердения составляет 7-8%, а в возрасте 7 суток гипс почти полностью связывается. В то же

время аналогичные образцы из портландцемента к 28-ми суткам образуют почти в 2 раза меньше этрингита. Большое количество образовавшегося этрингита связано с расширением и уплотнением структуры цементного камня у напрягающего цемента и вяжущего, полученного смешением портландцемента и расширяющей добавки, что гарантирует получение плотного и прочного бетона.

Исследование основных эксплуатационных характеристик бетонов марки М400 (В30) с осадкой конуса 4-6 см представлены в табл.2.

Таблица 2

Эксплуатационные характеристики бетонов с компенсированной усадкой

Вид вяжущего в бетоне	Состав бетона		Морозостойкость (к-во циклов)	Прочность кгс/м <sup>2</sup> сжатия/ изгиб	Водонепроницаемость	
	расход вяжущего кг/м <sup>3</sup>	Ц/В			W <sub>вт</sub>	глубина проникновения, мм
ПЦ	436	1.99	270	370 / 63	7	9.5-10
	550	2.53	350	430 / 68.5	8	8.7
НЦ	450	2.31	300	485 / 63.7	12	1.0-2.5
	553	2.47	500	650 / 78.7	16	1-2.7
ПЦ+РД	435	2.00	300	507 / 71.3	12	2.5-3.0
	540	2.35	500	615 / 79.3	16	1.5-2.0

Как видно из анализа представленных в таблице результатов, применение в качестве вяжущего в бетонах НЦ и смеси ПЦ и РД обеспечивают получение более прочных бетонов с повышенными показателями по морозостойкости и водонепроницаемости. Это позволяет рекомендовать применение бетонов с компенсированной усадкой для возведения конструкций, работающих в различных агрессивных средах, в частности, в полах мясоперерабатывающей промышленности.

Полученные результаты по физико-механическим показателям бетонов с компенсированной усадкой с успехом были использованы при возведении покрытий пола из данного бетона.

Конструктивными особенностями полов из бетонов с компенсированной усадкой являются:

- повышенная трещиностойкость, создающаяся за счет самоупрочнения при ограничении деформации расширения;

- обеспечение повышенной прочности по сравнению с бетоном на поргландцементе в элементах пола при снижении расхода поргландцемента;
- возможность увеличения расстояния между деформационными швами и сокращения их количества;
- совмещение в одном элементе конструкции функций гидроизоляционного, чистого пола и подстилающего слоя.

Все приведенные физико-механические показатели разработанных составов соответствовали требованиям, предъявляемым к полам.

В лаборатории НИИЖБ Госстроя РФ разработаны различные типы полов: вибровакуумные, декоративные и др., разработаны составы бетонов, конструктивные решения полов, осуществлялся авторский надзор за производством работ.

Полы из бетона с компенсированной усадкой успешно эксплуатируются на предприятиях мясоперерабатывающей промышленности, таких как мясокомбинаты: "КампоМос", "Микомс", Лианозовский, "Вел-ком", учебный центр Мосмясопрома и др.