

матической лабораторной пропарочной камере при температуре изотермической выдержки 80°C и относительной влажности паровоздушной среды 96%.

Данные табл. 2 свидетельствуют о том, что предлагаемая добавка $\text{HOC}_6\text{H}_3(\text{SO}_3\text{Na})_2$ позволяет в 1,3 раза сократить длительность тепловлажностной обработки и по своему ускоряющему действию в начальные сроки твердения бетона не уступает Na_2SO_4 .

Результаты испытаний бетонных образцов на образование высолов по известной методике [4] показали, что введение даже 2% предлагаемой добавки не способствует образованию высолов; при введении 1,5% и более Na_2SO_4 образуются высолы.

Исследования, таким образом, показали, что предлагаемая добавка как ускоритель твердения цементных материалов позволяет сократить длительность тепловлажностной обработки в 1,3 раза. Добавка $\text{HOC}_6\text{H}_3(\text{SO}_3\text{Na})_2$, введенная в оптимальном количестве 1% от массы цемента, может вполне конкурировать с таким эффективным электролитом, как Na_2SO_4 , не вызывая коррозии арматуры и не образуя высолов на поверхности изделий. Кроме того, обладая некоторым пластифицирующим действием, добавка способствует улучшению удобоукладываемости бетонной смеси.

Л и т е р а т у р а

1. Ратинов В.Б., Розенберг Т.Н. Добавки в бетон. - М.: Стройиздат, 1973. - 196 с.
2. Попко В.Н. Модификация бетонов химическими добавками. - Казань: Казанск. инж.-строит. ин-т, 1979. - 43 с.
3. Zingel M. Jahresbericht über die Fortschritte der Chemie. - Berlin, 1937, S. 1985, 1596.
4. Руководство по применению химических добавок в бетоне. - М.: Стройиздат, 1981. - 65 с.

УДК 666.972:658

В.В.Бабицкий, В.Л.Марцинкевич,
кандидаты техн. наук (БПИ)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТХОДОВ МИНСКОГО ЗАВОДА ОТОПИТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ЭКОНОМИИ ЦЕМЕНТА В МОДИФИЦИРОВАННОМ БЕТОНЕ

Применение тонкодисперсных наполнителей - один из наиболее реальных и эффективных путей экономии цемента [1, 2]. В результате использования промышленных отходов достигается экономия капитальных затрат и снижение стоимости строительства

от сокращения и устранения издержек по содержанию отвалов и использования в народном хозяйстве освободившихся из-под отвалов земельных участков. Как показала практика, экономия от применения отходов промышленности в обычном бетоне в зависимости от марки составляет 0,6–1,2 руб. на 1 м³ [3]. Только на Минском заводе отопительного оборудования ежегодно вывозится в отвалы около 100 тыс. т отработанной формовочной земли следующего химического состава: SiO₂ – 92,87%; Al₂O₃ – 3,76; SO₃ – 0,12; Na₂O – 0,89; K₂O – 0,4; CaO – 0,93; MgO – 0,28; С – 0,43%.

Ситовой анализ формовочной земли показал, что модуль крупности составляет 1,15–1,3, причем 60–66% по массе – зерна менее 0,315 мм. Следовательно, при замене части цемента формовочной землей необходимо соответственно снижать содержание песка.

Для изучения вопросов экономии цемента в бетоне с добавкой БД-1 [4] путем разбавления его минеральным наполнителем использовали поргладцемент Волковыского завода М 500, формовочную землю – отходы литейного производства, щебень гранитный крупностью 5–20 мм и песок карьера "Заславль" с модулем крупности 2,5. Для получения примерно одинаковой жесткости (20–40 с) в бетонные смеси вводили различное количество воды с учетом водопотребности заполнителей и наполнителя.

Изготовленные образцы-кубы с ребром 10 см с заменой 10, 30 и 50% цемента наполнителем пропаривали по режиму 3+3+6+2 ч. Составы бетона приведены в табл. 1.

Данные табл. 1 показывают, что с увеличением количества наполнителя возрастает водоцементное отношение бетонной смеси и сроки ее схватывания. Увеличение количества воды затворения при прочих равных условиях удлиняет начало и конец схватывания цементного геля в бетонной смеси.

Таблица 1
Составы модифицированного бетона

№ состава	Расход материалов на 1 м ³ бетона, кг					В/Ц	Сроки схватывания бетонной смеси, ч-мин	
	цемент	наполнитель	песок	щебень	вода		начало	конец
2	400	70	722	1024	132	0,33	0-45	1-10
3	315	190	670	1024	129	0,41	1-15	2-20
4	225	315	625	1024	125	0,56	2-50	4-40

Кинетика нарастания прочности бетона после пропаривания приведена в табл. 2. Из таблицы видно, что прочность модифицированного бетона на сложном вяжущем после тепловлажностной обработки достигает 21,6–41,7 МПа, а в 28-суточном возрасте она составила 37,2–73,4 МПа в зависимости от количества наполнителя.

Данные табл. 2 показывают, что введение в бетонную смесь добавки БД-1 позволяет экономить цемент путем частичной замены его наполнителем.

При замене части цемента минеральными наполнителями одним из определяющих факторов является их дисперсность, т. е. соизмеримость диаметров частиц цемента и наполнителя. Если наполнитель имеет диаметр частиц, равный или меньший, чем цементные частицы, то это приводит к снижению прочности цементного камня и бетона. Данное явление объясняется тем, что частицы наполнителя, адсорбируясь на цементе, препятствуют проявлению сил взаимодействия между кристаллогидратными образованиями, а поэтому снижается прочность связей между ними.

Если диаметр частиц наполнителя больше размера частиц цемента, то последние адсорбируются на поверхности наполнителя, превращая его в активный элемент, состоящий из ядра – частицы наполнителя и окаймляющих ее кристаллогидратных образований. В этом случае при взаимодействии между ними возникают непосредственные контакты (структурные связи), придающие

Таблица 2

Кинетика нарастания прочности модифицированного
бетона на сложном вяжущем

№ со- става	Прочность бетона (в МПа) после пропаривания через						
	4 ч	12 ч	1 сут	3 сут	7 сут	14 сут	28 сут
1	<u>40,8</u>	<u>48,3</u>	<u>53,6</u>	<u>59,4</u>	<u>64</u>	<u>72,1</u>	<u>74,2</u>
	24	26,4	28,6	34,1	34,1	39,1	49,2
2	<u>41,7</u>	<u>46,8</u>	<u>49,8</u>	<u>56,8</u>	<u>62,8</u>	<u>71,5</u>	<u>73,4</u>
	19,1	22,6	29,4	36	36,3	40	46,1
3	<u>32</u>	<u>36,2</u>	<u>39,4</u>	<u>44,6</u>	<u>48,5</u>	<u>52</u>	<u>53,1</u>
	20,4	25,2	29	31,2	38	-	38,4
4	<u>21,6</u>	<u>26,2</u>	-	<u>29,5</u>	<u>31,3</u>	-	<u>37,2</u>
	14	16,8	19,7	20,7	-	21,7	22

Примечание. Составы бетона см. в табл. 1; над чертой – прочность модифицированного бетона, под чертой – без добавки.

Таблица 3
Технологические характеристики бетонных смесей на сложном вяжущем

Марка бетона	Удобукладываемость		Расход материалов на 1 м ³ бетона, кг					Сроки схватывания бетонной смеси		X	Режим пропаривания, ч	Прочность бетона после пропаривания	
			цемент	наполнитель	песок	щебень	вода					1 сут	28 сут
	ОК, см	Ж, с						начало	конец				
200	1-3	-	220	87	775	1220	168	4-05	7-10	1,85	4+3+6+2	15,9	20,3
"-	-	20-40	200	92	778	1226	150	4-15	7-20	1,84	3+3+6+2	16,7	21
300	1-3	-	280	112	705	1125	156	2-35	4-40	1,47	3+3+6+2	22,4	29,8
"-	-	20-40	250	127	705	1129	140	2-40	4-50	1,46	3+2+6+2	24,7	30,1
"-	-	40-80	210	146	697	1135	125	2-25	4-30	1,46	3+2+5+2	23,6	31
400	1-3	-	300	133	637	1040	149	2-10	3-40	1,32	3+2+6+2	30,2	39,9
"-	-	20-40	270	220	550	1050	135	2-05	3-50	1,31	3+2+5+2	28,6	40,8
"-	-	40-80	240	156	550	1060	129	2-15	3-40	1,32	3+2+5+2	29,5	42,8

цементному камню такую же прочность, как и без минеральных включений. Однако это имеет место только в случае замены до 10% цемента (табл. 2). При большем его содержании в цементе возрастает количество воды, приходящееся на цемент, — увеличивается "истинное" водоцементное отношение, способствующее снижению прочности цементного камня.

Введение в цементный гель комплексной добавки БД-1 уменьшает толщину сольватных оболочек и при надлежащем уплотнении вследствие снижения пористости цементного геля ускоряются процесс становления коагуляционной и кристаллогидратной структур, что приводит к увеличению прочности цементного камня. На этом основании удается снизить расход цемента в большей мере.

С целью возможной экономии цемента для бетонов некоторых марок (200–400) были подобраны составы бетона различной подвижности. Составы бетонных смесей и прочностные характеристики пропаренного бетона приведены в табл. 3. Из таблицы видно, что использование наполнителя в модифицированном бетоне позволяет экономить до 24% цемента при сравнении расхода цемента, установленного СН-386.

Таким образом, замена цемента в бетонной смеси отработанной формовочной землей позволяет получать бетон с заданной прочностью при сниженных расходах цемента по сравнению с эталонными составами. В ряде случаев для бетона, приготовляемого из жестких бетонных смесей, экономия цемента может достигать 24% без снижения прочности бетона.

Л и т е р а т у р а

1. Рекомендации по применению золы шлака и золошлаковой смеси тепловых электростанций в тяжелых бетонах и строительных растворах. — М.: Стройиздат, 1977. — 45 с. 2. Применение высокоактивных цементов в бетонах низких марок / И.Л.Пальчик, В.В.Бабицкий, В.Л.Марцинкевич и др. — Бетон и железобетон, 1978, № 8, с. 23–25. 3. Логвиненко А.Т., Савинкина М.А., Васильева К.В. Тяжелый железобетон. — Бетон и железобетон, 1975, № 3, с. 7, 8. 4. А. с. 581115 (СССР). Бетонная смесь / В.С.Солдатов, А.А.Барташевич, А.К.Далевский и др. — Оpubл. в Б. И., 1977, № 43.