

ПОДБОР СОСТАВОВ БЕТОНОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЗАПОЛНИТЕЛЕЙ ИЗ ПРОДУКТОВ СЖИГАНИЯ ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ

Майстренко О.Ф. (Одесская государственная академия
строительства и архитектуры, г. Одесса, Украина)

Приведены составы и свойства различных цементных бетонов, полученных с использованием заполнителей на основе продуктов сжигания твердых бытовых отходов отечественных заводов по термической переработки отходов.

Подбор составов бетонов различных видов связан с учетом влияния заполнителей на их свойства. Формирование макроструктуры строительных композитов происходит под влиянием заполнителей в результате взаимодействия растворной части и заполнителей. Следовательно, физико-механические свойства бетонов определяются как индивидуальными свойствами микро- и макроструктур, так и их взаимодействием в периоды структурообразования и эксплуатации [1].

В лаборатории железобетонных и каменных конструкций ОГАСА были получены и исследованы различные составы цементных бетонов с применением заполнителей из продуктов сжигания твердых бытовых отходов (ТБО).

Особое внимание уделяли выбору рационального зернового состава заполнителей и оптимального содержания воды в смеси. Расход цемента является производным от содержания воды в смеси, т.е. от ее водопотребности и заданной подвижности.

В качестве независимых переменных приняты расход цемента, количество заполнителя. Расчет моделей в системе COMPEX предложенной и разработанной профессором В.А. Вознесенским. В качестве вяжущего применяли цемент Одесского завода марки 400, в качестве заполнителей – продукты сжигания твердых бытовых отходов. Прочность цементных бетонов с использованием заполнителей из продуктов сжигания ТБО определялась в процессе испытания опытных образцов-кубов с размером ребра 10 см.

Бетон на гранитном щебне с использованием золошлаковой смеси как мелкого заполнителя. Независимыми переменными приняты расход цемента ($C = 300 \pm 75 \text{ кг/м}^3$) и соотношение расхода гранитного щебня к золошлаковой смеси по массе ($Щ/г : 3/с = 2,5 \pm 0,5 : 1$) [2].

План эксперимента в кодированных и натуральных значениях факторов представлен в таблице 1.

Таблица 1

План эксперимента

№	Матрица		Расход на 1 м ³ бетона				Плотность бетона, кг/м ³	Прочность при сжатии, МПа
	X ₁	X ₂	цемент кг	щебень гранитный кг	з/ш. смесь, кг	вода, л		
1	+1	+1	375	1200	400	255	2185	31,6
2	+1	-1	375	1140	570	280	2120	23,5
3	-1	+1	225	1200	400	200	1890	12,9
4	-1	-1	225	1140	570	230	1850	9,5
5	+1	0	375	1160	460	270	2170	26,0
6	-1	0	225	1160	460	220	2030	13,8
7	0	+1	300	1200	400	250	2170	22,4
8	0	-1	300	1140	570	270	2150	20,8
9	0	0	300	1160	460	260	2180	22,0
10	0	0	300	1160	460	260	2130	20,5
11	0	0	300	1160	460	260	2140	20,0

Смесь крупного и мелкого заполнителя определяется зерновым составом щебня и золошлаковой смеси, а также их соотношением по массе. При увеличении содержания золошлаковой смеси или уменьшении ее крупности водопотребность смеси значительно возрастет. Наиболее правильный выбор количественного соотношения фракций крупного заполнителя достигается непосредственным смешиванием и определением наибольшей плотности или наибольшей объемной массы сухой смеси при одинаковом уплотнении. При постановке эксперимента исходили из условий использования рядовых неразделенных на фракции заполнителей.

При оптимальном соотношении гранитного щебня к золошлаковой смеси 3:1 и расходе цемента 375 кг/м³ можно получить бетон класса В25, со средней плотностью 2100 кг/м³. Структура такого бетона не

однородна, что в значительной мере влияет на его поведение под нагрузкой и при разнообразных физических и химических воздействиях.

Бетон на известняковом щебне и золошлаковой смеси.

В качестве независимых переменных приняты расход цемента ($C = 275 \pm 75 \text{ кг/м}^3$) и соотношение расхода известнякового щебня к золошлаковой смеси по массе ($Щ/и : 3/с = 3 \pm 2 : 1$) [2].

План эксперимента в кодированных и натуральных значениях факторов представлен в таблице 2.

Таблица 2

План эксперимента

№	Матрица		Расход на 1 м ³ бетона				Плотность бетона, кг/м ³	Прочность при сжатии, МПа
	X ₁	X ₂	з/ш смесь, кг	щебень известняковый, кг	це-мен т кг	во-да, л		
1	+1	+1	220	1100	350	325	1785	10,6
2	+1	-1	220	1100	200	280	1720	4,6
3	-1	+1	650	650	350	360	1740	8,9
4	-1	-1	650	650	200	320	1640	3,6
5	+1	0	220	1100	275	300	1740	7,4
6	-1	0	650	650	275	335	1650	6,7
7	0	+1	350	1050	350	325	1780	9,5
8	0	-1	350	1050	200	290	1650	4,3
9	0	0	350	1050	275	310	1720	7,2
10	0	0	350	1050	275	310	1740	6,8
11	0	0	350	1050	275	310	1730	7,0

Известняковый заполнитель является химически активным веществом по отношению к продуктам гидратации цемента, что обуславливает лучшее сцепление заполнителя с цементным камнем. Меньший модуль упругости известняка уменьшает концентрацию напряжений в наиболее опасной зоне бетона – в местах контакта цементного камня с заполнителем.

При подборе составов бетонов для каждого опыта соотношение между расходом известнякового щебня и золошлаковой смеси установили 1:1; 3:1; 5:1.

Анализ показывает, что при расходе цемента 200 кг/м³ и соотношении расхода известнякового щебня к золошлаковой смеси 1:1 прочность бетона составляет 4 МПа. При увеличении соотношения расхода

щебня к золошлаковой смеси от 1:1 до 5:1 и расходе цемента 350 кг/м^3 – 10 МПа. Средняя плотность бетона составила 1740 кг/м^3 .

На ПКП АО «Одестранстрой» изготовлена опытно-промышленная партия пустотелых блоков для неотапливаемых зданий размером $188 \times 190 \times 390 \text{ мм}$, в соответствии с требованиями [3], с целью изучения влияния продуктов сжигания ТБО на прессующее давление, сушку, прочность и качество изделий. Из опытной партии была отобрана часть плит для определения физико-механических характеристик в соответствии с требованиями нормативных документов. Получены следующие характеристики опытных образцов: марка по прочности – М 75; марка по морозостойкости – F50; средняя плотность – 1720 кг/м^3

Бетон на золошлаковой смеси и кварцевом песке. В качестве независимых переменных приняты расход цемента ($\text{Ц} = 225 \pm 75 \text{ кг/м}^3$) и соотношение расхода золошлаковой смеси (фракция 0...10 мм) к песку по массе ($\text{З/с:П} = 2,2 \pm 0,4:1$) [2]. Образцы-кубы подвергались термовлажностной обработке. План эксперимента в кодированных и натуральных значениях факторов представлен в таблице 3.

Таблица 3

План эксперимента

№	Матрица		Расход на 1 м^3 бетона				Плотность бетона, кг/м^3	Прочность при сжатии, МПа
	X_1	X_2	з/ш. смесь, кг	песок, кг	цемент, кг	вода, л		
1	+1	+1	1000	550	300	260	1900	13,9
2	+1	-1	1150	440	150	280	1740	5,1
3	-1	+1	1100	420	300	290	1920	16,2
4	-1	-1	1080	600	150	275	1860	6,8
5	+1	0	1100	500	300	250	1990	17,0
6	-1	0	1150	520	150	255	1840	6,5
7	0	+1	1100	610	225	250	1850	9,9
8	0	-1	1150	440	225	270	1940	11,0
9	0	0	1080	490	225	260	1830	10,7
10	0	0	1080	490	225	260	1840	10,5
11	0	0	1080	490	225	260	1830	10,4

Исходя из того, что в золошлаковой смеси содержатся крупные фракции из продуктов сжигания (щебень), а также значительный объем мелких фракций, в бетонной смеси уменьшили количество песка на величину этого объема, подобрав, таким образом, рациональное соот-

ношение между крупным и мелким заполнителем. Прочность бетона изменялась в пределах 7...14 МПа. Средняя плотность составила 1860 кг/м³. По морозостойкости полученный бетон соответствует марки F 75.

Бетон на щебне из продуктов сжигания ТБО и кварцевом песке. В качестве независимых переменных приняты расход цемента ($C = 250 \pm 50$ кг/м³) и соотношение расхода щебня к песку по массе ($Щ:П = 1 \pm 0,25:1$) [2]. План эксперимента в кодированных и натуральных значениях факторов представлен в таблице 4.

Исходя из того, что в заполнителе содержится значительное количество малопрочных, хрупких включений шлака и гладких кусков стекла, керамики в бетоне ослабляется зона контакта крупный заполнитель – цементно-песчаный раствор.

Прочность бетона изменялась в пределах 10...13 МПа. Соотношение расхода цемента к расходу щебня из продуктов сжигания практически не влияют на среднюю плотность бетона и оказывают незначительное влияние на прочность бетона.

Таблица 4

План эксперимента

№	Матрица		Расход на 1 м ³ бетона				Плотность бетона, кг/м ³	Прочность при сжатии, МПа
	X ₁	X ₂	песок, кг	щебень, кг	цемент, кг	вода, л		
1	+1	+1	780	980	300	225	2090	13,2
2	+1	-1	820	1030	200	200	2070	10,4
3	-1	+1	1040	780	300	300	2100	11,7
4	-1	-1	1060	800	200	200	2070	9,3
5	+1	0	815	1020	250	250	2080	12,0
6	-1	0	1050	790	250	250	2090	11,1
7	0	+1	870	870	300	300	2050	12,8
8	0	-1	910	910	200	200	2030	10,0
9	0	0	890	890	250	210	2040	11,5
10	0	0	890	890	250	210	2050	11,3
11	0	0	890	890	250	210	2040	11,0

При подборе состава тяжелого бетона прочность цементного камня получается меньше прочности высокопрочных и плотных заполнителей. Применение заполнителей средних и низких марок может способствовать повышению долговечности бетона. Если заполнитель облада-

ет хорошей деформативной способностью, то объемные деформации бетона, сопровождаются пониженными напряжениями в цементном камне.

По морозостойкости бетон на щебне из продуктов сжигания ТБО и кварцевом песке соответствует марке F 75.

Вывод

В результате проведенных исследований были подобраны составы цементных бетонов, определены их прочностные характеристики и средняя плотность образцов. Определены марки по морозостойкости полученных составов бетонов.

Литература

1. Дорофеев В.С., Выровой В.Н. Технологическая поврежденность строительных материалов и конструкций. – Одесса: Город мастеров, 1998. – 168 с.
2. Использование продуктов сжигания твердых бытовых отходов в строительстве / Дорофеев В.С., Жудина В.И., Майстренко О.Ф. Одесса: Город мастеров, 2002. - 134 с.
3. ДСТУ Б В.2.7.-7-94 “Вироби бетонні стінові дрібноштучні”.