

УДК 666.942.82

АРХИТЕКТУРНЫЙ БЕТОН ДЛЯ ПАРКОВОЙ СКУЛЬПТУРЫ

Урбанов А.В., студент гр. Н-34, 3 курс
Манушина А.С., магистрант гр. МТ-13, 2 курс
Потапова Е.Н., д.т.н., профессор
Российский химико-технологический университет
имени Д. И. Менделеева
г. Москва

Малые архитектурные формы из бетона в современной строительной концепции призваны создавать гармоничное окружение, привносить нечто новое в архитектурный облик зданий, улиц, парков, площадей. С помощью таких изделий создается неповторимый стиль и дизайн определенного объекта. Архитектурный бетон, применяющийся в качестве строительного материала, позволяет воплощать многие задумки и замыслы архитекторов и дизайнеров. Благодаря таким свойствам как долговечность, морозостойкость, устойчивость к воздействию солей, осадков, перепадам температур любая фигура из такого бетона имеет продолжительную жизнь, а возможность применения цветowych фактур позволяет сделать ее максимально оригинальной.

В отличие от произведений, выполненных из цельного куска камня, бетонной конструкции можно придать любую форму или размер без лишних затрат сил стандартными способами формования, такими как вибропрессование, вибролитьё или же использование строительного экструдера [1]. Поэтому важно разработать составы смесей для бетонов, из которых можно создать изделие не только способами, традиционными для технологии бетона, но и по новым технологиям. Но нужно не забывать, что получаемый материал должен быть прочным, морозостойким и коррозионностойким. Этого можно достичь, путем введения в цемент различных добавок [2]. Используя минеральные и органические добавки и комбинируя их сочетание, можно получить бетонную смесь с заданными характеристиками. Поэтому целью данной работы является разработка состава бетона на основе белого портландцемента с улучшенными формовочными свойствами для изготовления малых архитектурных форм.

Для проведения исследований использовали белый цемент 500 Д0 ОАО «Холсим» (ПЦ), релдиспергируемый полимерный порошок Vinnapas 5010 N (РПП), эфиры крахмала Esamid NA (ЭК), эфиры целлюлозы Mecellose FMC 23010 (ЭЦ).

На первом этапе было исследовано влияние релдиспергируемого полимерного порошка на свойства белого портландцемента. Добавление РПП в состав вяжущего, с одной стороны, существенно повышает вододерживающую способность, что сказывается на понижении водопоглоще-

ния, и, как следствие, происходит увеличение прочности и устойчивости к истиранию, что важно для малых архитектурных форм. С другой стороны, введение больших количеств РПП приводит к изменению структуры цементного камня – появляется полимер-цементная композиция. РПП вводили в количестве от 1 до 20 % от массы цемента. В ходе работы были определены следующие свойства: нормальная густота (НГ), сроки схватывания (СХ), прочностные характеристики (при изгибе и сжатии), пористость и морозостойкость.

Нормальная густота бездобавочного цемента составляет 33,0 %. При введении 5 % РПП происходит увеличение нормальной густоты до 34,0 %. Дальнейшее увеличение содержания РПП до 10 % приводит к увеличению водопотребности (35,5 %), однако цементное тесто становится более пластичным и не липнет к рукам. Но при добавлении 15 % РПП нормальная густота заметно снижается (до 33,5 %) и цементное тесто начинает прилипать к рукам и инструментам. Таким образом, можно выделить составы, характеризующиеся наибольшей пластичностью, содержащие 3, 5 и 10 % РПП.

Результаты исследования прочностных характеристик показали, что при введении РПП происходит изменение прочности с 47 до 55 МПа при сжатии и с 10 до 16 МПа при изгибе. Состав, содержащий 10 % РПП имеет наибольшие значения прочности как при изгибе, так и при сжатии (16 и 55 МПа, соответственно). Данный состав также обладает повышенной армирующей способностью (отношением прочности при изгибе к прочности при сжатии) по сравнению с другими составами.

На свойства затвердевшего бетона значительное влияние оказывает пористость цементного камня, которая связана с начальным содержанием воды в бетонной смеси. Для получения плотной структуры цементного камня необходимо применять бетонные смеси с минимальным содержанием воды [3-4]. Пористость образца цементного камня, твердевшего 28 сут, составляет 7,1 %. При добавлении РПП в количестве 3-15 %, пористость снижается на 0,2 – 1,9 %. Наименьшей пористостью (5,2 %) обладает состав, содержащий 10 % РПП.

Морозостойкость цементного камня определялась ускоренным методом при попеременном замораживании-оттаивании в 5 % растворе NaCl. Всего было произведено 30 циклов замораживания-оттаивания, что соответствует марке морозостойкости F-200. Считается, что образцы выдержали испытание на морозостойкость, если после испытаний прочность не снижается ниже, чем на 10 %. Так, составы, содержащие от 5 до 20 % РПП, выдержали испытание, но наименьшей потерей прочности (7,0 %) характеризуется состав, содержащий 10 % РПП.

Таким образом, по показателям пластичности, прочности, пористости и морозостойкости был выбран состав, содержащий 10 % РПП. Дальнейшие исследования были проведены с этим составом.

На втором этапе работы использовали реологическую добавку Esamid NA марки ЕвроХим-1, которую вводили в цемент в количестве 0,01; 0,05 и 0,1

% от его массы. Esamid NA существенно улучшает удобоукладываемость и перерабатываемость раствора, повышает фиксирующую способность. При введении эфира крахмала в количестве 0,01 % происходит увеличение нормальной густоты до 36 %. При дальнейшем повышении содержания ЭК (0,05 и 0,1 %) происходит увеличение водопотребности до 38,5 и 43 %, соответственно.

Полученные данные по прочности показывают, что при увеличении концентрации ЭК происходит снижение прочности на изгиб с 7 МПа до 6 МПа для 0,01 и 0,05 % добавки, соответственно. При введении в состав вяжущего ЭК с концентрацией большей, чем 0,05 % происходит еще большее снижение прочности (до 4,5 МПа). Прочность на сжатие для всех составов составляет 52-53 МПа (стоит отметить, что составы, содержащие эфир крахмала менее прочные при изгибе, чем бездобавочный состав). Данные по пористости показывают, что с увеличением содержания ЭК в составе вяжущего происходит увеличение пористости. Так, для состава, содержащего 0,01 % ЭК, пористость составляет 5,3 %, в то время, как для состава с 0,05 % ЭК, пористость составляет 6,1 %. Это связано с тем, что при добавлении ЭК увеличивается водопотребность цементного раствора и тем самым повышается количество свободной воды в структуре цементного камня, которая образует значительное количество мелких пор. Данные по морозостойкости показывают, что потеря прочности составляет 9 – 11 %. Наименьшей потерей прочности характеризуется состав, содержащий 0,01 % эфира крахмала.

Таким образом, для дальнейшей работы были выбран состав, содержащий 0,01 % эфира крахмала, при котором раствор обладает хорошей тиксотропностью и липкостью к инструменту.

На следующем этапе использовали водоудерживающую добавку Mecellose FMC 23010, которую вводили в цемент в количестве 0,5; 0,7; и 1,0 % от массы цемента. Введение очень незначительного количества эфира целлюлозы в строительные материалы позволяет контролировать водоудерживающую способность, регулировать реологические процессы, улучшать клеящую способность, эффективно регулировать такие параметры, качества как формоустойчивость и эластичность. При введении 0,5 % эфира целлюлозы происходит увеличение нормальной густоты до 41 % и уменьшения начала схватывания. При дальнейшем увеличении эфира целлюлозы до 1,0 % происходит увеличение количества воды до 50 %.

При введении 0,5- 0,7 % ЭЦ, как и с случае эфира крахмала, наблюдается снижение прочности с 7 МПа до 5,5 МПа, соответственно. Прочность на сжатие для всех составов составляет 30-35 МПа, что значительно ниже, чем для бездобавочного состава (прочность на изгиб - 11 МПа, на сжатие – 50 МПа). С увеличением содержания ЭЦ повышается значение пористости с 7,4 % до 8,3 %. Увеличение пористости характеризуется повышением количества свободной воды в структуре цементного камня. Данные по морозостойкости показывают, что падение прочности составляет 10 % только для состава, содержащего 0,5 % ЭЦ.

Таким образом, для дальнейшей работы был выбран состав, содержащий 0,5 % эфира целлюлозы, при котором раствор характеризуется хорошей водоудерживающей способностью.

На последнем этапе работы было проведено изучение влияния комплексов добавок на свойства цемента. Введение комплекса добавок позволяет суммарно улучшить свойства цемента, которые дают отдельные модификаторы. Составы № 2 и 5 (табл. 1) обладают наименьшим водопоглощением, что положительно сказывается на удобоукладываемости строительного раствора. Однако стоит заметить, что состав 2 можно применять для сравнительно простых форм, где не требуется длительное время для создания сооружения. Составы № 2-4 характеризуются быстрым началом схватывания (35-45 мин) и концом схватывания (140 - 210 мин), что не вполне удовлетворяют требованиям для ландшафтных сооружений из бетона.

Таблица 1 – Свойства белого портландцемента с различными добавками

№ п/п	Содержание, %			НГ, %	Сроки схватывания, мин		П, %	Снижение прочности после 30 циклов попеременного замораживания и оттаивания, %
	РП П	Э Ц	ЭК		начало	конец		
1	-	-	-	33,0	120	210	7,1	8,0
2	10	0,5	-	36,0	45	140	7,4	7,9
3	-	0,5	0,01	40,5	35	210	9,2	10,3
4	10	-	0,01	39,0	40	210	8,7	9,8
5	10	0,5	0,01	37,0	50	235	6,5	4,2

Таким образом, можно выделить состав 5, содержащий 10 % РПП, 0,5 % ЭЦ и 0,01 % ЭК, который характеризуется повышенными сроками схватывания, что дает больше времени работать с раствором и бетоном.

Определение прочностных характеристик цементного камня в присутствии комплекса добавок показало (рис.1), что наибольшей прочностью (60 МПа при сжатии и 20 МПа при изгибе) характеризуется состав 5, содержащий 10 % РПП, 0,5 % ЭЦ и 0,01 % ЭК. Состав 2, содержащий 10 % РПП и 0,5 % ЭЦ, имеет прочность при сжатии 55 МПа. Для комплекса ЭК + ЭЦ характерна прочность 53 МПа. Комплекс РПП + ЭК показал наихудшие результаты по прочности – 44 МПа при сжатии и 9 МПа – при изгибе.

Данные по пористости и морозостойкости хорошо коррелируют с результатами прочности. Наименьшее снижение прочности после 30 циклов попеременного замораживания и оттаивания и наименьшей пористостью характеризуется состав 5, содержащий 10 % РПП, 0,5 % ЭЦ и 0,01 % эфира крахмала.

Таким образом, в результате проведенных исследований был разработан состав вяжущего, содержащего комплексную добавку – 10 % РПП, 0,5 % ЭЦ и 0,01 % ЭК. Данный состав характеризуется повышенной пластичностью и удобоукладываемостью, хорошими прочностными характеристиками и вы-

сокой морозостойкостью. Разработанный состав был применен при создании уменьшенных копий (макетов) различных малых архитектурных форм.

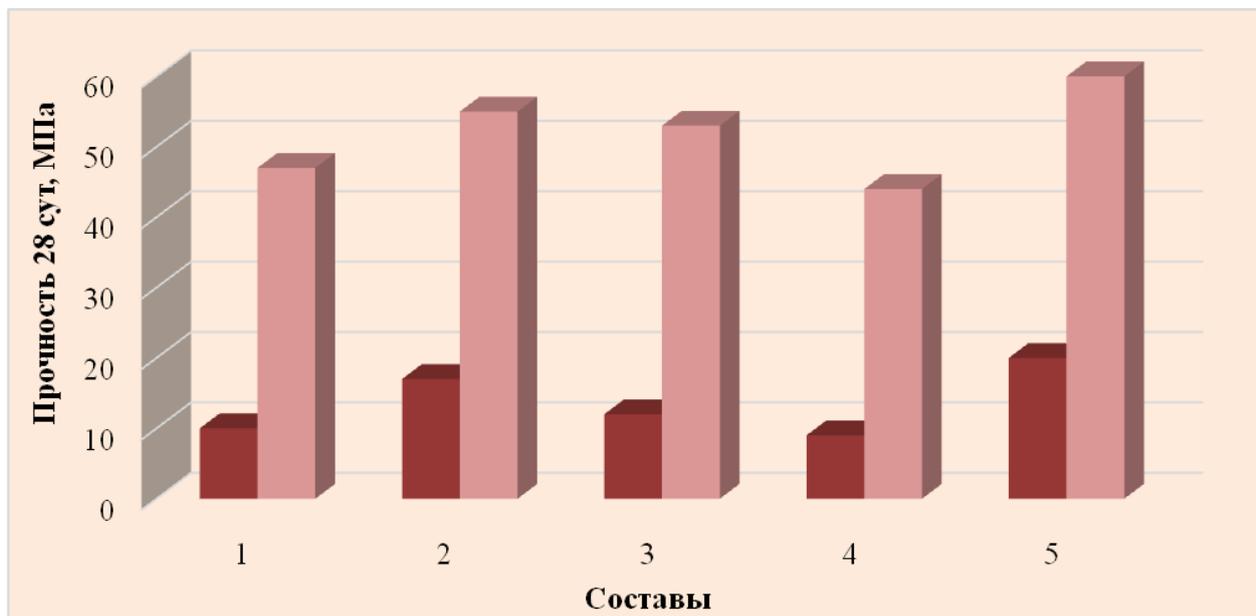


Рис.1. Прочностные характеристики белого цемента, модифицированного различными комплексами добавок (составы по таблице 1)

Список литературы:

1. Торшин А. О. Урбанов А. В, Потапова Е. Н. Автоматизация строительства с помощью 3D технологии /IV Международная научно – практическая конференция «Проблемы строительного производства и управления недвижимостью». – Кемерово: Издательство КузГТУ, 2016.– С.78-80.
2. Урбанов А. В., Ахметжанов А. М., Потапова Е. Н. Влияние волокнистого наполнителя на свойства цементного камня /V Международный семинар-конкурс молодых ученых и аспирантов, работающих в области вяжущих, бетонов и сухих смесей: сборник докладов. – СПб.: Издательство «АлитИнформ», 2015. – С. 21–28.
3. Ниязбекова Р. К., Исахмет У.С., Мусина Ж.С., Гладких Л. Н. Способы повышения прочности материалов на основе цемента и минеральных волокон/ Проблемы строительного производства и управления недвижимостью: Материалы IV Междунар. науч.- практ. конф., 23-24 ноября 2016 г., Кемерово: ФГБОУ ВПО «Кузбас. гос. техн. ун-т им. Т. Ф. Горбачева», 2016. – С. 63-67.
4. Gusev B.V., In Yen-lan S., Krivoborodov Y. R. Acceleration of slagcement hardening// XIV Intern. Congress on Chemistry of Cement, China, Peijing, 2015.