

Лазаренко О.В., канд. техн. наук, доц.
(ПГУ, г. Новополоцк)

ДЕКОРАТИВНЫЙ СТЕКЛОБЕТОН

Оригинальные проекты жилых домов и общественных зданий предусматривают использование высококачественных и недорогих материалов для фасадов, малых архитектурных форм. Одним из вариантов снижения их стоимости является использование искусственного камня – декоративного (в основном мелкозернистого) бетона.

Ранее нами было установлена возможность использования в качестве заполнителя декоративного бетона твердого бытового отхода – несортированного стеклобоя [1]. Несортированный цветной стеклобой – это бой тарного, оконного стекла, коррозионностойкий и экологически чистый материал.

В настоящее время на территории Республики Беларусь осуществляется сбор около 136 тыс. тонн бытового стеклобоя в год [2], около половины которого дробят, фракционируют. Стоимость 1 т такого стеклобоя составляет 70 тыс. руб., в сравнении: 1 т щебня декоративного гранитного стоит 1 млн. руб.; крошки мраморной – 1,9 млн. руб. Однако масштабного применения бытовой стеклобой не нашел вследствие сложных и энергоемких технологий переработки [3], и большая его часть подлежит захоронению, нанося ущерб окружающей среде.

Возможность широкого применения бытового стеклобоя в качестве заполнителей ограничено его реакционной способностью, вызывающей расширение бетона при твердении [4]. В результате реакции между щелочами цемента и оксидом кремния (щелочно-кремниевой), в порах цементного камня образуется гель, состоящий из силикатов щелочных металлов. Он поглощает воду, увеличивается в объеме, создает давление, которое приводит к разрушению цементного камня.

В настоящее время известны различные способы подавления щелочно-кремниевой реакции [5 – 8]. Нами был выбран комплексный подход к решению данной проблемы: использование силикагеля и снижение водоцементного отношения бетонной смеси. Снижение водоцементного отношения бетона позволит снизить пористость цементного камня, упрочнить его, что повысит сопротивление цементного камня разрушению при набухании геля.

При проектировании состава декоративного бетона в качестве вяжущего был принят серый портландцемент (ПЦ 500-Д20 ОАО «Красносель-

скстройматериалы»). В качестве заполнителя применяли тарный цветной стеклянный бой, с размером зерен менее 0,14 мм до 10 мм Новополоцкого предприятия по переработке твердых бытовых отходов.

Для снижения водоцементного соотношения использовали суперпластификатор С-3. В качестве ингибитора коррозии использовали силикагель технический гранулированный.

Расчет состава бетона проводили из условия, что декоративный бетон должен иметь прочность 15-20 МПа, марку бетонной смеси П₃.

Учитывая, что с повышением температуры реакционная способность двуокиси кремния со щелочной средой повышается вследствие увеличения подвижности гидроокиси кальция, что может привести к дополнительному расширению бетона, нами был принят естественный режим твердения и вибролитьевой метод формования.

В ходе экспериментальных исследований определены: оптимальное соотношение цемент: заполнитель; дозировка добавки С-3, процент ввода силикагеля.

Были исследованы прочностные характеристики декоративного бетона с разным соотношением цемент: стеклобой (Ц:С). Прочность образцов определяли в возрасте 3 суток исходя из того, что максимальное расширение бетона происходит через 72 часа после формования образцов. Кроме прочности, основанием для выбора Ц:С являлась декоративность бетона за счет его максимальной насыщенности стекольным заполнителем. Результаты испытаний бетона представлены на рисунке 1.

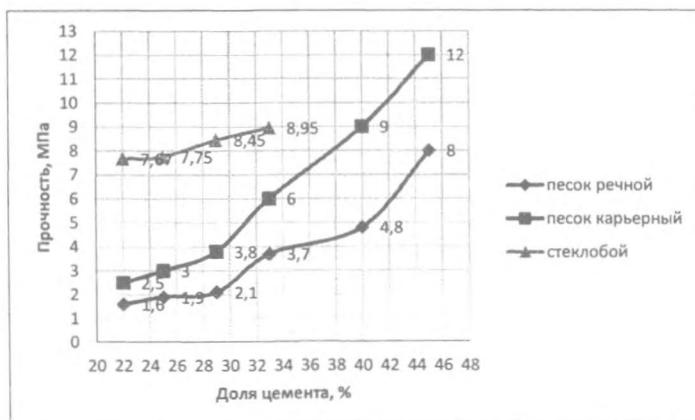


Рис. 1. Зависимость прочности бетона от доли цемента в смеси:
1 – стеклобой; 2 – песок карьерный; 3 – песок речной

При построении зависимостей 2, 3 использованы данные [9].

Увеличение прочности бетона на основе стеклобоя можно объяснить следующим образом: стеклобой имеет большую прочность на сжатие и является реакционно-способным заполнителем. На стадии твердения происходит механическое взаимодействие между клинкерными составляющими и стекольным боем в связи с краеугольной формой его зерен и шероховатостью их поверхности, кроме того составляющие цемента выделяют гидратную фазу, воздействуют на зерна стеклобоя, возникает промежуточный гидратный слой, упрочняющий систему.

Учитывая ожидаемый результат от действия добавки, определяли оптимальный эффект от действия С-3 с разным процентом ее ввода, количество воды затворения для каждого ввода добавки уменьшали на 25%. Результаты испытаний приведены на рисунке 2.

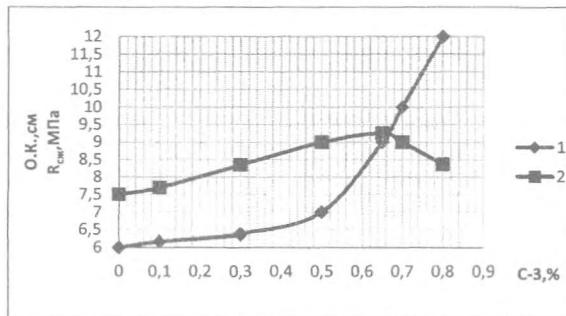


Рис. 2. Зависимость свойств бетонной смеси и бетона от количества добавки С-3:
1 – зависимость С-3-О.К.; 2 – зависимость С-3-Р_{сж} (прочность в возрасте 3-х суток)

Ранее установлено, что количество добавки силикагеля, позволяющее подавить деструкцию бетона, колеблется в пределах 4 – 8 % [8] и зависит от гранулометрического состава заполнителя. Нами было определено влияние размера зерен стекольного заполнителя от 0,14 до 5 мм на прочность бетона в возрасте 28 суток нормального твердения.

Установлено, что зерна заполнителя размером более 1,25 мм, 0,14 мм и менее увеличивают прочность бетона. Это можно объяснить тем, что крупные зерна обеспечивают ему дополнительную прочность, превышающую величину давления геля. С увеличением поверхности заполнителя количество щелочей, приходящихся на единицу поверхности, и геля уменьшается. Благодаря чрезвычайно низкой подвижности гидроокиси кальция в реакции участвует только та ее часть, которая непосредственно контактирует с поверхностью заполнителя. Таким образом, увеличение площади

поверхности приводит к повышению соотношения между гидроокисью кальция и щелочами в контактном слое заполнителя, образуется безвредный, не расширяющийся щелочной силикат кальция.

В составе используемого стеклобоя преобладают зерна в пределах 0,315 – 0,63 мм, около 45,2 %, что приведет к существенному снижению прочности бетона при использовании такого заполнителя без ингибитора коррозии. Процент ввода силикагеля определяли на оптимально подобранным составе с добавкой С-3. Результаты испытаний приведены в таблице.

Таблица

Влияние добавки силикагеля на прочность мелкозернистого бетона на стекольном заполнителе

№ состава	Прочность бетона естественного твердения, МПа			
	1 сут	3 сут	7 сут	28 сут
1	10,17	1,38	15,93	22,75
2	13,51	13,98	18,64	31
3	15,7	16,84	20,03	33

В качестве пигментов были использованы зеленый пигмент – оксид хрома и желтый железоокисный с разным процентом ввода. Визуальный осмотр образцов показал, что образцы, изготовленные с оксидом хрома, имели лучшую насыщенность цвета. Кроме того, выявлено:

- 1) лицевая поверхность образцов с обнаженным заполнителем не отличалась декоративностью (рис. 3, № 1);
- 2) при применении полиэтиленовой подложки получена глянцевая лицевая поверхность с небольшим количеством мелких сферических пор, что ухудшило эстетический вид поверхности (рис. 3, № 2);
- 3) наилучшие результаты были получены при засыпке слоя стеклобоя на дно формы (рис. 3, № 3).

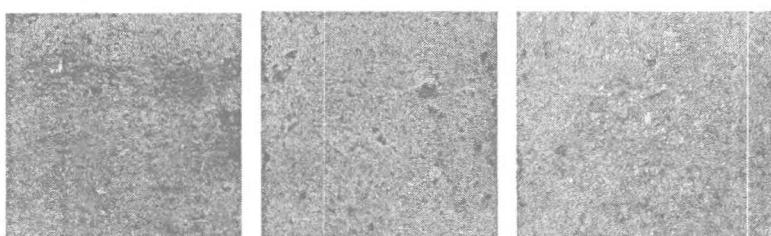


Рис. 3. Лицевая поверхность образцов плиток

В результате проведенных исследований установлено, что при получении декоративного бетона на стекольном заполнителе для предотвращения щелочно-кремниевой деструкции достаточно использовать добавку С-3. Однако, учитывая необходимость в ранней распалубке изделий при твердении в естественных условиях и, соответственно, требуемую прочность бетона, нами был разработан оптимальный состав, включающий добавку С-3 и силикагель.

Разработанный состав декоративного бетона может быть использован для изготовления плит для облицовки фасадов и внутренних поверхностей стен, малых архитектурных форм, ограждений балконов и лоджий.

Простая технология их получения позволит изготавливать изделия с минимальными затратами, достаточной декоративности и долговечности, и при этом решать серьезную экологическую задачу – предотвращение загрязнения окружающей среды.

Литература

1. Лазаренко, О.В. К вопросу об утилизации несортированного стеклобоя / О.В. Лазаренко, Ю.В. Суворова // Инженерные проблемы строительства и эксплуатации сооружений: сб. науч. тр. – Новополоцк: Полоцк. гос. ун-т, 2011. – Вып. 3. – С. 102 – 105.
2. Ежегодный экологический бюллетень [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://minpriroda.by/ru/>. – Дата поступления 05.01.2011.
3. Пузанов, С.И. Комплексная переработка стеклобоя в производстве строительных материалов / С.И. Пузанов, А.А. Кетов // Экология и промышленность России. – № 12. – 2009.
4. Lesage R., Sierra r. le Point sur les Reactions Alcalis-granulats dans les Betons Hydrauliques. Взаимодействие между щелочами и заполнителями в бетонах на гидравлических вяжущих // Bull. liais. Lab. Points et chausses. – 1997. – № 90. – P. 103 – 105, 123 – 125, 127, 130.
5. United States Patent 5,755,876, C04B7/42, C04 B7/00. Concrete compositions for controlling alkali-silica reactions in concrete and processes for making same. Palet James E; Hutchens H Wayne; Baxter Steven Z. Publication date 05.02.2002.
6. Пат. C03C13/00, W04C14/02, C04B14/02. Method of suppressing alkaline aggregate reaction in concrete structure Publication date 21.06.2002.
7. Баженов, Ю.М. Многокомпонентные мелкозернистые бетоны / Ю.М. Баженов // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. – 2001. – № 10. – С.13 – 19.

8. Белокопытова, А.С. О разработке процессов утилизации стеклобоя для производства комплексных материалов: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.23.05. – М., 2006. – 18 с.
9. Томин, А.Н. Некоторые аспекты организации сбора и утилизации стеклобоя на Тираспольском стекольном заводе / А.Н. Томин // Стекло мира.

УДК 666.972.16

Бозылев В.В., канд. техн. наук, доц.; Бозылев Д.В.
(ПГУ, г. Новополоцк)

МНОГОСЛОЙНЫЕ СТЕНОВЫЕ ПАНЕЛИ С УТЕПЛИТЕЛЕМ ИЗ ПОЛИСТИРОЛБЕТОНА

Решение задачи снижения теплопотерь в крупнопанельных зданиях обеспечивается за счет перехода на изготовление многослойных наружных стеновых панелей с нормативным коэффициентом сопротивления теплопередаче не менее 3,5. В соответствии с принятой в Республике Беларусь программой технического перевооружения домостроительных комбинатов выполнен монтаж и пуск в эксплуатацию технологических линий, изготовленных в ряде европейских стран, в том числе Италии, Германии, Финляндии.

Институтом НИПТИС (г. Минск) в качестве основного варианта запроектирована наружная стеновая панель, состоящая из слоя тяжелого бетона, который укладывается на дно формы (формуется фасадная поверхность панели). Затем укладывается плитный пенополистирол толщиной 18 см, на который заливается несущий слой тяжелого бетона с последующим заглаживанием и затиркой для получения поверхности, обращенной внутрь здания.

Куски, из которых состоит плита пенополистирольного утеплителя, удерживаются между слоями тяжелого бетона за счет четырех десятков гибких стеклопластиковых связей. Полная механизация работ при укладке бетонной смеси обеспечивается использованием европейских бетоноукладчиков, позволяющих подать бетонную смесь дозированно в любую точку панели.

Нарезка и укладка кусков плитного пенополистирола, сверление в нем отверстий и установка гибких связей ведется вручную и требует привлечения большого числа рабочих. Помимо высокой трудоемкости и стоимости, новые панели имеют малую воздухопроницаемость, значительную теплоизолирующую неоднородность слоев тяжелого бетона и плитного пенопо-