

МЕЖДУНАРОДНЫЙ НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ СЕМИНАР

**ВОПРОСЫ ВНЕДРЕНИЯ НОРМ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И
СТАНДАРТОВ ЕВРОПЕЙСКОГО СОЮЗА
В ОБЛАСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА**

(г. Минск, БНТУ — 22–23.05.2013)

УДК 621.311

**ДЕКОРАТИВНЫЕ ОБЛИЦОВОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ИЗ
МОДИФИЦИРОВАННОГО МЕЛКОЗЕРНИСТОГО БЕТОНА**

КРАСУЛИНА Л.В., ПОТАПОВА И.Л.

Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь

При выполнении строительно-монтажных работ значительный объем занимают отделка и облицовка наружных и внутренних стен зданий. Лучшим облицовочным материалом являются плиты из твердых горных пород – гранита, сиенита, кварцита, габбро, плотных известняков, доломитов, вулканических туфов и др. В Республике Беларусь природные облицовочные материалы являются дефицитными, имеют высокую стоимость и, несмотря на высокую декоративную выразительность и долговечность, по стоимости не могут конкурировать с искусственными каменными материалами, в частности с облицовочными на основе портландцемента. Эти искусственно приготовленные изделия представляют собой имитацию плит из естественного камня и могут применяться как для облицовки внутри помещений, так и для облицовки фасадов.

К наиболее перспективным отделочным материалам относятся композиционные материалы на основе мелкозернистых бетонов. Из цементно-песчаных бетонов можно получать долговечные и недорогие декоративные облицовочные изделия. Основными компонентами, из которых изготавливаются декоративные облицовочные

плиты, являются вяжущие вещества (белый или обычный портландцемент), кварцевый песок, вода, а также пигменты и добавки, позволяющие улучшить декоративные и физико-механические показатели изделий.

Декоративные плиты – это двухслойное изделие, состоящее из декоративного лицевого и подстилающего слоя. Для того, чтобы бетон мог заменить природный камень не только как конструктивный, но как отделочный и облицовочный материал, необходимо стремиться к его цветовому разнообразию. Цвет цементного теста определяется окраской самих зерен вяжущего, претерпевающей лишь некоторое изменение вследствие явлений гидратации – выделения свободной гидрооксида кальция $\text{Ca}(\text{OH})_2$ и образования на поверхности цементных зерен пленки гидратных продуктов.

Создавать цвет и фактуру искусственного декоративного камня можно и с помощью заполнителей, если они нанесены путем присыпки на дно формы при их формовании "лицом вниз". В декоративном бетоне крупные частицы каменной или другой крошки активно участвуют в цветообразовании, если содержание заполнителя достаточно велико и лицевая поверхность тем или иным способом обнажена от затеков цементного теста. В этих условиях даже при использовании ахроматических цементов – белого или серого – возможно достижение достаточно интенсивной окраски поверхности. Материалы, могущие служить крупным и мелким заполнителем в декоративном бетоне можно объединить в две основные группы: первая – заполнители из естественных каменных пород, вторая – искусственные камневидные материалы.

Наиболее декоративным из искусственных заполнителей отделочного бетона является бой оконного и цветного стекла, сочетающий интенсивную и разнообразную окраску с искрящимся блеском частиц. Такой дробленный бой стекла с крупностью фракций от 1,2 до 5 мм целесообразно использовать в составе декоративных бетонов на цветных цементах [5]. Используются и более крупные фракции дробленного стекла, так называемый эрклез. Эрклез получается из отходов производства светотехнического стекла, пуговичных заготовок, посуды и др. Подстилающим слоем служит мелкозернистый бетон.

К наружным отделочным материалам предъявляются дополнительные требования по прочности, морозостойкости, цветовой однородности, так как в результате внешних воздействий (знакопеременной температуры, влажности, ультрафиолетовых лучей) происходят изменения их физико-механических и декоративных свойств. Важную роль при этом играет влага. В изделиях содержится значительное количество влаги в момент их производства (технологическая влажность). За счет сил капиллярного подсоса изделия могут поглощать влагу из кладочного раствора. Влага попадает в наружные облицовочные изделия при выпадении атмосферных осадков и т.п. Миграция влаги в материале приводит к переносу растворимых и малорастворимых веществ (гидроксида кальция, красителей и др.), что вызывает ухудшение декоративных свойств и структуры материала.

Влияние влаги особенно усиливается при одновременном воздействии на материал влаги и знакопеременной температуры. В этом случае величина развивающихся в материале напряжений будет определяться различием в коэффициентах температурного расширения льда и скелета материала и изменением объема воды при переходе ее в лед. Когда напряжения достигают критических величин, материал разрушается.

Прослеживается зависимость морозостойкости от параметров и распределения по размерам замкнутых пор. Увеличение объема крупных открытых пор и уменьшение мелких снижает морозостойкость. И, наоборот, снижение содержания количества крупных пор и увеличение количества мелких способствует повышению морозостойкости бетона. Наилучшие показатели морозостойкости бетона получены при создании в его структуре мелких замкнутых равномерно распределенных воздушных пор при одновременном повышении плотности цементного камня.

Перенос во влажном материале солей щелочных металлов, а также образующегося при гидратации цемента гидроксида кальция, переходящего с течением времени в устойчивую форму – карбонат кальция, являются причинами выцветов на лицевой поверхности бетонных изделий. Процесс выделения гидроксида кальция и других растворимых окислов – диффузный. Следовательно, всякий фактор, способствующий уплотнению цементного раствора, будет снижать возможность образования высолов. Для этого следу-

ет выбирать технологии, способствующие получению плотного бетонного камня с гладкой поверхностью и снижению фактического водоцементного отношения.

В настоящее время в промышленности строительных материалов чаще всего изделия из мелкозернистого бетона изготавливают из особо жестких смесей методами интенсивного уплотнения (вибропрессование, роликотное формование, пресс-прокат) и из малоподвижных смесей на стандартных виброплощадках без пригруза либо с пригрузом. Одним из перспективных направлений изготовления изделий из песчаного бетона является технология фильтрационного прессования, которая предполагает приготовление пластичного цементного теста и последующее его формование под давлением с одновременным удалением из смеси избытка воды затворения через фильтрующие элементы.

Р.Ф.Руновой [4] установлено явление образования прочного водостойкого камня при прессовании (величина прикладываемого давления 50...100 МПа) дисперсных гидросиликатов кальция неустойчивой структуры, затворенных водой, за счет формирования контактно-конденсационной связи между макрочастицами, без изменения химического состава и агрегатного состояния вещества. В работах [1-3] установлен факт интенсификации твердения бетона, отпрессованного под давлением, повышение его плотности, водонепроницаемости, морозостойкости.

Интенсификация гидратации цемента в бетонах, твердеющих под давлением возможна за счет повышения проникающей способности молекул воды (диффузии), находящихся под действием гидростатического давления, и увеличения тем самым поверхностей взаимодействия цемента с водой, а также за счет снижения внутренних структурных связей в большей части объема пленок, обволакивающих зерна вяжущего.

Увеличение поверхностей взаимодействия способствует росту количества новообразований, а это повышает уровень насыщения растворной составляющей (жидкой фазы) продуктами гидратации.

Технология изготовления изделий методом фильтрационного прессования позволяет применять исходную бетонную смесь с водоцементным отношением (В/Ц) 0,4...0,6, обеспечивающим необходимую удобоукладываемость. В процессе прессования за счет

отжатия лишней жидкой фазы водоцементное отношение снижается до 0,2...0,3.

Процесс отжатия избыточной влаги цементного теста при $V/C \geq K_{н.г.}$ вначале лимитируется сопротивлением фильтрации. Изменение давления на первом этапе влияет только на скорость фильтрации, и мало – на количество отжатой влаги, т.е. существует такое значение V/C , снижение до которого происходит почти независимо от величины давления прессования. Это объясняется тем, что в начале прослойки жидкости между частицами велики, и их сближение происходит практически без существенной работы и изменения свободной энергии системы. Далее, начиная с некоторого расстояния между частицами $a=2h$ (где h – толщина оболочек вокруг частицы), необходимо учитывать силу молекулярного взаимодействия дисперсной фазы и дисперсионной среды. Величина $a=2h$ по Б.В.Дерягину составляет $10^{-8} \dots 10^{-9}$ м.

На втором этапе прессования большое значение имеет трение между твердыми частицами цементной пасты и их нелинейная деформация. В результате этого внутреннее сопротивление внешнему давлению возрастает, и фильтрация воды уменьшается.

Роль давления не ограничивается только отжатием жидкой фазы, под влиянием давления проявляются процессы, обеспечивающие дополнительный прирост прочности за счет формирования более качественной однородной структуры в твердеющем бетоне. Фильтрпрессование обеспечивает уменьшение как общего объема пор, так и изменение их качественного состава. Фильтрпрессование позволяет получать бетон максимальной плотности, повышенной морозостойкости и водонепроницаемости независимо от начального V/C .

Важно отметить, что перенос во влажном материале солей щелочных металлов, а также образующегося при гидратации цемента гидроксида кальция, переходящего с течением времени в устойчивую форму – карбонат кальция, являются причинами выцветов на лицевой поверхности бетонных изделий. Процесс выделения гидроксида кальция и других растворимых окислов – диффузионный. Следовательно, всякий фактор, способствующий уплотнению цементного раствора, будет снижать возможность образования высолов.

Теоретические основы фильтрпрессования, заложены и глубоко рассмотрены в работах Ахвердова И.Н., Блещика Н.П. и других авторов. Основываясь на этих работах и были заложены теоретические основы фильтрпрессования декоративных модифицированных мелкозернистых бетонов. Фильтрпрессовый мелкозернистый бетон от обычного отличается лишь повышенной плотностью. Прочность фильтрпрессового бетона обуславливается такими же физическими причинами, что и прочность обычного бетона. отличается от начального (в 3 - 6 раз).

Изучение прочности цементно-песчаного раствора в раннем возрасте показало, что интенсивное ее нарастание начинается не сразу после формования, а спустя некоторое время, что затрудняет распалубку отпрессованных изделий и сокращает оборот дорогостоящих форм. Интенсификация твердения и повышение прочности и долговечности бетона возможна за счет введения в его состав различных добавок. Наиболее эффективными добавками являются электролиты и поверхностно-активные гидрофобизирующие вещества.

Важное свойство, получаемое при введении добавок–электролитов – повышение непроницаемости цементного камня в результате смещения кривой распределения пор по размерам в сторону микропор и пор геля. Кроме этого процесса, обусловленного более интенсивно протекающими процессами гидратации цемента, при введении добавок, содержащих сульфат–, хлорид– или нитрат–ионы наблюдается микроармирование структуры камня игольчатыми кристаллами двойных солей–гидратов, таких, как гидросульфо–, гидрохлор– или гидронитроалюминатов кальция. При таком микроармировании, приводящем к формированию первичного структурного каркаса, с его последующим обрастанием высокодисперсными гидросиликатами кальция, увеличивается прочность цементного камня и повышается его непроницаемость.

Преобладание в бетонах с добавками микропористой структуры и наличие электролита в поровом пространстве снижает количество льда, образующегося при замораживании материала. В присутствии этих добавок формируется стабильная морозостойкая структура порового пространства бетона с преобладанием микропор и пор геля, уменьшается количество льда при замораживании и увеличивается прочность

В настоящей работе удельное давление прессования изменяли от 5 МПа до 20 МПа, водоцементное отношение прессуемого материала – от 0,40 до 0,60. Анализ полученных данных показал, что изменение давления не влияет на значение остаточного водоцементного отношения, которое колеблется от 0,25 до 0,30 независимо от величины давления прессования и начального водоцементного отношения. Соотношения между количеством цемента и песка в формовочной смеси также не сказывалось на значении остаточного водоцементного отношения.

Изучение прочности цементно-песчаного раствора в раннем возрасте показало, что интенсивное ее нарастание начинается не сразу после формования, а спустя некоторое время, что затрудняет расплывку отпрессованных изделий и сокращает оборот дорогостоящих форм. Интенсификация твердения и повышение прочности и долговечности бетона возможна за счет введения в его состав различных добавок. Наиболее эффективными добавками являются электролиты и поверхностно-активные гидрофобизирующие вещества.

Введение в составы цементно-песчаного бетона пяти-десяти процентной эмульсии гидрофобизирующей кремнийорганической жидкости 136-41 (ГКЖ-94) в количестве 0,5 % от массы цемента не влияет на характер изменения значений предела прочности при сжатии образцов, но при этом наблюдается увеличение водостойкости образцов всех составов .

В качестве добавок-электролитов применялись: сернокислое железо (FeSO_4), хлорное железо (FeCl_3), сернокислый натрий (Na_2SO_4), хлористый кальций (CaCl_2), азотнокислый кальций (нитрат кальция) $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$. Влияние добавок оценивали по результатам сравнительных испытаний образцов на прочность при сжатии.

Введение в цементно-песчаную смесь сернокислого натрия, сернокислого и хлорного железа на 20...30 % повышает прочность образцов в суточном возрасте, но снижает ее на 7...25 % в 28-суточном возрасте по сравнению с этими же характеристиками цементно-песчаного раствора.

Интенсификация нарастания прочности и увеличение на 5...15 % значений прочностных характеристик образцов в 28-суточном возрасте было достигнуто с помощью нитрата кальция, хлористого кальция и жидкого стекла.

Для получения изделий повышенной прочности и долговечности целесообразно применять комплексные добавки, в состав которых входят гидрофобизирующие поверхностно-активные вещества. В строительной практике лучше всего зарекомендовала себя в качестве такого вещества гидрофобизирующая кремнийорганическая жидкость 136-41 (ГКЖ-94), которая не растворяется в воде, но смешивается во всех отношениях с органическими растворителями, не обладает корродирующим действием и обычно применяется в виде 10...50 % -ной эмульсии. В целях повышения водостойкости материала использовали 10 %-ную эмульсию гидрофобизирующей кремнийорганической жидкости 136-41 (ГКЖ-94).

Результаты проведенных исследований показали, что применение комплексных добавок, состоящих из гидрофобизирующей кремнийорганической жидкости 136-41 (ГКЖ-94) и хлористого кальция, нитрата кальция или жидкого стекла, интенсифицируют процесс твердения, повышает прочность, водостойкость и морозостойкость прессованных цементно-песчаных образцов.

Таким образом установлено, что технология фильтрационного прессования при удельном давлении прессования 10 МПа позволяет получить из мелкозернистого бетона состава Ц : П = 1 : 2 плотные, водостойкие ($K_p > 0,8$) образцы с пределом прочности при сжатии более 30 МПа. Введение в исходную смесь комплексной добавки, состоящей из хлористого кальция или азотнокислого кальция и гидрофобизирующей кремнийорганической жидкости 136-41 (ГКЖ-94), позволяет увеличить водостойкость ($K_p \sim 1$) и предел прочности при сжатии (32...36 МПа) (предел прочности при сжатии после 100 циклов замораживания и оттаивания практически не уменьшается).

ЛИТЕРАТУРА

1. Дударь И.Н. Твердение цементного камня под давлением. – Цемент. 1989. № 7 с. 10
2. Красулина Л.В. Долговечные облицовочные плиты из мелкозернистого бетона / Красулина Л.В., Лаптик Н.Н., Повидайко В.Г., Потапова И.Л. //Материалы международной научно-технической конференции «Новые конкурентноспособные и прогрессивные технологии, машины и механизмы в условиях современного рынка».- Могилев, 2000 г., -С.323.

3. Соколов В.Г. Долговечность прессованных бетонов. Строительные материалы, 1994, № 10 с. 22.
4. Рунова Р.Ф. Конденсации дисперсных веществ нестабильной структуры – Цемент. 1985, № 12, с. 15
5. Холопова Л.И. Декоративный искусственный камень и его применение в строительстве. – Л., 1976. – 152 с.