

КУБОВИДНЫЙ АКТИВИРОВАННЫЙ ЩЕБЕНЬ В СТРУКТУРЕ БЕТОНА

Гурбо Н.М., канд. техн. наук, доцент, Чистова Т.А., канд. техн. наук, доцент
(БНТУ)

Аннотация. В настоящей статье рассмотрены пути химической активации каменных материалов РУПП "Гранит", приводящие к усилению взаимодействия заполнителя с продуктами гидратации цемента. Представлены результаты повышения прочности бетона за счет обработки поверхности кубовидного щебня раствором сульфата алюминия. Отмечено, что в процессе дробления на свежесформированной поверхности гранита появляются дефекты кристаллической решетки, которые способствуют ионозамещению и модифицированию поверхности. В результате на поверхности создаются ионно-обменные центры, увеличивающие активность щебня по отношению к гидратирующему цементу. Кроме того, в контактной зоне возможно образование кристаллов гипса и гидросульфата алюмината кальция, уплотняющих и упрочняющих контактную зону. Экспериментальные исследования и апробация результатов в заводских условиях позволили установить, что прирост прочности бетона с использованием активированного щебня зависит от вида цемента и его расхода, наличия активирующих добавок. Наиболее высокие результаты – прироста прочности бетона при сжатии до 30% и увеличения скорости набора прочности бетонных изделий в 1,5 раза достигнуты при применении портландцемента ПЦ 500 ДО ОАО "Красносельскстройматериалы". Предпочтительными для применения активированного щебня являются составы бетона с расходами цемента от 300 до 400 кг/м² подвижностью П1-П3 без использования химических добавок. Эффективность предлагаемого активированного щебня обеспечивается как при тепловлажностной обработке, так и при нормально-влажностном твердении изделий.

Введение.

Свойства бетона определяются его структурой, которая характеризуется пространственным расположением элементов каркаса, степенью гидратации цемента и количеством пор и капилляров [1]. Верхняя и нижняя граница размеров зерен заполнителя должны быть определены таким образом, чтобы была достигнута большая плотность наполнения объема бетона и тем самым снижены внутренние напряжения, вызванные неоднородностью структуры. Но даже при оптимальном подборе исходных материалов структура бетона может иметь дефекты, снижающие механическую прочность бетона.

Как известно, прочность бетона при сжатии зависит от прочностных и де-

формативных свойств цементного камня и заполнителя, концентрации их в единице объема материала, от формы и размера зерен заполнителя, а так же от химического взаимодействия между поверхностью заполнителя и цементной матрицей. Необходимо учитывать, что 80 % объема занимают заполнители.

Прочность бетона на плотных и прочных заполнителях принято выражать как функцию от активности цемента и водоцементного отношения без учета влияния крупности зерен заполнителя его прочности и упругих свойств [2]. В то же время прочность бетона на плотных заполнителях с более развитой и шероховатой поверхностью (щебень) при прочих равных условиях всегда выше, чем у бетонов на заполнителях окатанной формы с гладкой поверхностью (гравий). Поэтому подбор состава бетона по методу “абсолютных объемов” Б.Г. Скрамтаева учитывает влияние вида заполнителя на прочность бетона [3].

Влияние крупного заполнителя на прочность бетона

Прочность заполнителей не оказывает значительного влияния на прочность бетона до тех пор, пока она выше проектируемой марки бетона. В соответствии с требованиями современных нормативных документов для высокопрочных бетонов прочность крупного заполнителя должна быть в 2 раза выше прочности бетона.

При определении прочности бетона на сжатие образец разрушается из-за разрыва структурных связей при расширении материала в направлении перпендикулярном направлению действия нагрузки. При этом трещины возникают, прежде всего, в цементном камне между зернами заполнителя. Первые трещины образуются вокруг более крупных зерен твердой фазы.

Обычно прочность сцепления цементного камня с зернами заполнителя значительно (в 1,7 – 2 раза) меньше прочности самого цементного камня или растворной составляющей и зависит от вида и текстуры поверхности зерен заполнителя, а также прочности цементного камня [4].

Таким образом, при работе конгломератного материала с различными прочностными и упругими характеристиками составляющих заполнитель – цементный камень определяющим фактором будет сцепление между ними.

Основные параметры, характеризующие сцепление заполнителя с цементным камнем

Сцепление между заполнителем и цементным камнем определяется геометрической формой и шероховатостью поверхности заполнителя, адгезией и возможным химическим взаимодействием между цементным камнем и заполнителем. Экспериментально установлено, что на адгезию цементного раствора к крупному заполнителю оказывает влияние водопоглощение заполнителя, вид горной породы и состояние его поверхности (табл.1) [5].

Таблица 1 – Влияние характеристик крупного заполнителя на сцепление с цементным камнем

Вид заполнителя	Характер поверхности	Водопоглощение, %	Предел прочности на отрыв, МПа
Стекло	Полированное	0,00	0,21
Мелкозернистый мрамор	Шлифованный	0,25	0,37
Кварцевый песчаник	Шлифованный	1,00	0,20
	Околотый	0,96	0,26
Кварцево-халцедонный песчаник	Шлифованный	1,76	0,47
	Околотый	2,12	0,55
Доломитизированный известняк	Шлифованный	3,94	0,83
	Околотый	2,26	0,92

Представим упрощенно плоскость разрушения бетона в виде модели, включающей область а – цементный камень (растворная часть); область б – контактная зона – цементного камня (растворная часть) и крупного заполнителя. В случае если прочность заполнителя больше прочности растворной составляющей и его прочность больше прочности сцепления с цементным камнем, при модуле упругости заполнителя больше модуля раствора, плоскость разрушения будет проходить частично по растворной части (условно плоскость), частично по контактной зоне (условно поверхность объема в виде полусферы или полукуба). При этом важным является рассмотрение соотношения величин и площади разрушения – растворной части и контактной зоны. С определенным допущением они будут отличаться как площадь круга или квадрата и половина поверхности шара или куба в зависимости от плотности упаковки и формы зерен заполнителя соответственно.

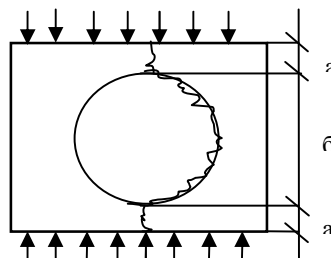


Рисунок 1 – Плоская схема разрушения бетонного образца при сжатии: а – зона разрушения по цементному камню; б – зона разрушения по контакту цементный камень – заполнитель

По данным [6, 7] величина сцепления заполнителя с цементным камнем зависит от формы и рельефа поверхности заполнителя, а также от положения поверхности разрушения. Эта величина возрастает при переходе от круглой и кубической формы к неправильным формам и при развитии рельефа поверхности.

Это объясняется тем, что между зернами заполнителя с более развитым рельефом поверхности происходит не только химическое сцепление, но и механическое, которое возрастает с увеличением удельной поверхности. Механическое сцепление, которое обусловлено прониканием цементного камня в углубления поверхности заполнителя. При максимально развитом рельефе поверхности заполнителя прочность сцепления может увеличиваться примерно в 4 раза по сравнению со сцеплением цементного камня с гладким зерном заполнителя.

В соответствии с существующей классификацией куски щебня по их форме делят на кубические (отношение длины к толщине менее 2), неправильные (от 2 до 3) и лещадные (3 и более). Прочность бетона снижается с увеличением в щебне содержания кусков лещадной формы от 25 до 50% и более, что объясняется отрицательным влиянием последних на удобоукладываемость бетонной смеси и, как следствие, на ее уплотнение.

Наличие в щебне зерен пластинчатой и игловатой форм приводит к увеличению межзерновой пустотности в смеси. Это, в свою очередь, приводит к увеличению расхода вяжущего, а это влечет за собой дополнительные материальные затраты. Кроме того, как уже отмечалось, кубовидные зерна обладают большей прочностью, чем зерна пластинчатой и игловатой форм. Следовательно, использование кубовидного щебня в производстве является предпочтительным.

Способы активации поверхности заполнителя

Эффективным способом улучшения структуры бетона в контактной зоне “заполнитель – цементный камень”, является обработка свежесформованной поверхности щебня солями FeCl_3 , $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, MgSiF_6 и др. [8]. Эти реагенты способны образовывать сильные химические связи, как с поверхностью заполнителя, так и вступать в реакцию с новообразованиями цементного камня. Промышленная апробация в РУПП «Гранит» обработкой свежесформованной поверхности щебня сульфатами алюминия ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$) показала, что на поверхности гранита появляются Льюисовские кислотные центры, которые существенно увеличивают активность поверхности гранита по отношению к гидратированному цементу.

Исследовано влияние активирующей добавки на кинетику прочности бетона при нормально-влажностном твердении. Бетон, полученный на активированном гранитном щебне, имеет более высокие прочностные характеристики. У бетона на активированном щебне, в более раннем возрасте (первые 7 суток) наблюдается в 2 раза быстрее набор прочности по сравнению с бетоном на не активированном щебне. Аналогичные изменения прочности бетона с активированным щебнем достигается и при тепло-влажностной обработке. После пропарки прочность бетона увеличивается в 1,5 раза. При обработке гранитного щебня серноокислым алюминием в контактной зоне бетона образуются кристал-

лы гипса, а также кристаллы гидросульфатоалюмината кальция, которые уплотняют и упрочняют зону контакта цементный камень – заполнитель. Это очень важно, так как вследствие седиментации и контракции на контакте с заполнителем, особенно крупным, формируются зоны повышенной пористости, отрицательно влияющие на физико-механические свойства бетона.

Выводы. 1. Экспериментальные исследования и производственная апробация показали, что на щебне, активированном сульфатам алюминия, достигается рост прочности бетона по сравнению с аналогичным типовым составом на неактивированном щебне, как при нормально-влажностном твердении, так и при пропарке. При этом активированный щебень повышает подвижность бетонной смеси и позволяет, в ряде случаев, отказаться от использования дорогостоящих пластифицирующих добавок. 2. Хорошие результаты достигнуты при использовании портландцемента марки ПЦ 500 ДО производства ОАО «Красносельскстройматериалы» в составах бетонной смеси подвижностью П1-П3 при расходе цемента от 300 до 400 кг/м², при этом бетон достигает прочности 45 – 50 МПа.

Литература. 1. Физико-химические основы формирования структуры цементных бетонов : учеб. пособие / П.С. Красовский. – Хабаровск : Изд-во ДВГУПС, 2013. – 204 с. 2. Основы физики бетона /Ахвердов И.Н. –М: Стройиздат,1981 – 464 с. 3. Строительные материалы и изделия: Учебник для инженерно-экономических специальностей строительных вузов / Комар А.Г. –М: Высш. шк.,1983 – 483 с. 4. Теоретические основы бетоноведения /Ахвердов И.Н. –Мн.: Высш. шк, 1991 – 188 с. 5. Понижение проницаемости бетона / Чеховский Ю.В. –М: Энергия.,1968 – 192 с. 6. Структура и свойства тяжелых бетонов на различных заполнителях / Гордон С.С. –М: Стройиздат,1969 – 95 с. 7. Эксплуатационные свойства бетона, приготовленного на крупном заполнителе ОАО «Нерудпром» / Полейко Н.Л., Леонович С.Н., Кураш Л.С. // Межн.научно-практ. конференции Современные проблемы внедрения европейских стандартов в области строительства, Мн. БНТУ 27-28.05.2014, С.102-109. 8. Активация крупного заполнителя – резерв экономии цемента и повышения прочности тяжелого бетона /Бусел А.В., Киселев В.В., Чистова Т.А. / Технология бетонов. Минск: 2010., № 11-12, с. 31-33.