

УДК 691.32 : 666.972.16

Редкозубов А.А., канд. техн. наук

УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССАМИ КОНТАКТООБРАЗОВАНИЯ – ГАРАНТИЯ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ЦЕМЕНТНЫХ БЕТОНОВ

Аннотация. В статье рассматриваются результаты теоретических и экспериментальных исследований влияния физико-химической активации поверхности заполнителей на долговечность цементных бетонов. Установлено, что активация кварцевого песка раствором хлорида алюминия и введение в бетонную смесь пластификатора позволяют получать долговечные цементные бетоны.

Ключевые слова: заполнитель, гидраты, зона контакта, электрокинетический потенциал, физико-химическая активация, долговечность.

УДК 691.32 : 666.972.16

Редкозубов А.А., канд. техн. наук

УПРАВЛІННЯ ПРОЦЕСАМИ КОНТАКТООБРАЗОВАНИЯ – ГАРАНТІЯ ДОВГОВІЧНОСТІ ЦЕМЕНТНИХ БЕТОНІВ

Анотація. У статті розглядаються результати теоретичних та експериментальних досліджень впливу фізико-хімічної активації поверхні заповнювачів на довговічність цементних бетонів. Встановлено, що активація кварцевого піску розчином хлориду алюмінію та введення в бетонну суміш пластифікатору дозволяють одержувати довговічні цементні бетони.

Ключові слова: заповнювач, гідрати, зона контакту, електрокінетичний потенціал, фізико-хімічна активація, довговічність.

UDC 691.32 : 666.972.16

Redkozubov A. A., Cand. Eng. Sci. (Ph.D.)

MANAGEMENT OF CONTACTABLEONE – GUARANTEE OF DURABILITY OF CEMENT CONCRETE

Abstract. The article considers the results of theoretical and experimental studies of the effect of aggregate surface physical and chemical activation on durability of cement concretes. It was found that activation of quartz sand with a solution of aluminum chloride and addition of a plasticizer into a concrete mixture allows producing durable cement concretes.

Keywords: aggregate, hydrates, contact area, electrokinetic potential, physical and chemical activation, durability.

Введение

В последнее время большое внимание уделяется проблемам, связанным с асфальтобетонными покрытиями автомобильных дорог. Мировая практика показывает, что количество автомобилей большой грузоподъемности неуклонно растет год от года, растут и нормативные нагрузки на поверхность покрытий автомобильных дорог. Снижение межремонтных сроков, образование трещин, неровностей, колеяности (несмотря на применение новых материалов, например, щебеночно-мастичных асфальтобетонов) свидетельствуют об исчерпании фактической несущей способности асфальтобетонных покрытий автомобильных дорог. Поэтому, применение цементобетонных покрытий становится жизненно необходимым условием нормального функционирования автомобильных дорог. Следовательно, уже сейчас необходимо разрабатывать мероприятия, направленные на создание долговечных дорожных цементных бетонов.

Основная часть

Долговечность цементного бетона зависит от плотности его структуры, которая, помимо технологических параметров, обеспечивается сцеплением компонентов цементного камня и заполнителей. Характер сцепления, в свою очередь, определяется минералогическим и петрографическим составом заполнителей, характером их поверхности, взаимодействием с новообразованиями гидратирующего цемента и т.д. При рассмотрении взаимосвязи этих факторов принято использовать термин «зона контакта», определение которой впервые дано Любимовой Т.Ю.: «Зона контакта представляет собой микрообъем вблизи поверхности раздела цементный камень – заполнитель, включающий поверхностный слой заполнителя, примыкающий слой цементного камня и границу раздела между ними».

Зона контакта между заполнителем и цементным камнем зачастую оказывается самым слабым и поэтому решающим звеном, определяющим свойства цементных бетонов в целом. В бетонах, при разрушении, обнаруживаются характерные полости, точно повторяющие форму входящих в эти полости зерен заполнителя. При отделении зерен заполнителя от цементного камня значительная часть поверхности не имеет даже следов затвердевшего вяжущего, что свидетельствует о плохом сцеплении заполнителя с цементным

камнем. Таким образом, для улучшения физико-механических свойств и долговечности цементных бетонов необходимо, прежде всего, повысить прочность сцепления цементного камня с заполнителем, как самого слабого звена в структуре цементного бетона.

В Харьковском национальном автомобильно-дорожном университете в течении ряда лет проводились исследования по созданию долговечных дорожных цементных бетонов путем управления процессами контактообразования. Для получения долговечных цементных бетонов создавались такие условия, которые приводили к направленному структурообразованию и формированию прочной, водо- и морозостойкой кристаллизационной структуры.

Процессы смачивания и адсорбции являются первичными при формировании адгезионных контактов и зоны контакта между заполнителями и гидратами. Они зависят от адсорбционных и электроповерхностных свойств заполнителей и вяжущего, обуславливающих особенности зоны контакта и структуры материала в целом [1-2].

Зерна кварцевого песка нередко покрыты налетами полиминеральных комплексов. Наряду с потенциалопределяющими атомными группировками минеральной поверхности зерен песка, полиминеральные комплексы влияют на величину дзета-потенциала. Являясь показателем электрической природы минералов, слагающих песок, дзета-потенциал представляет собой интегральную характеристику, суммирующую различное соотношение величин поверхностного заряда (с определенным знаком), площадей, занятых минеральной поверхностью заполнителя и полиминеральных комплексов.

Гидратация поверхности кварца определяется расположением кремнекислородных тетраэдров поверхностного слоя, не связанных полностью с внутренней структурой. Атомы кремнекислородных тетраэдров, выходящие на поверхность, соединены с атомами водорода и образуют гидроксильные группы. Указанное строение поверхности кварца определяет и его электрокинетический потенциал при контакте с водой. Гидроксильные группы частично диссоциируют, отдавая в водную фазу ион водорода, поверхность при этом заряжается отрицательно, поэтому на поверхности кварца адсорбируются преимущественно положительно заряженные продукты гидратации цемента – гидроалюминаты или гидросульфалюминаты кальция. При перезарядке поверхности кварца, обеспечивается коагуляция отрицательно заряженных

гелевых частиц гидросиликатов. Меньшие размеры этих частиц (по сравнению с кристаллогидратами) обеспечивают плотную структуру зоны контакта. При взаимодействии противоположно заряженных частиц может наблюдаться их коагуляция, называемая взаимной коагуляцией. Наиболее полная коагуляция наблюдается при взаимной нейтрализации зарядов частиц. Таким образом, обеспечение плотного контакта гидратов с заполнителем возможно обеспечить за счет создания на его поверхности заряда противоположного знака. Перезарядку поверхности кварца можно осуществить путем смачивания его растворами электролитов, содержащих ионы поливалентных металлов. Оптимальная концентрация активирующих растворов может определяться на основании электрокинетического потенциала [3].

Результаты измерения дзета-потенциала некоторых материалов приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Электрокинетический потенциал

Вещество	Дисперсионная среда	Дзета-потенциал, мВ
Кварц	Дистиллированная вода (рН = 6,9)	- 80,0
Мытый песок		- 64,3
Песок		- 6,0
Мытый песок	Водопроводная вода (рН = 7,6)	- 45,7
Мытый песок	Раствор хлорида алюминия (рН = 5,0)	+ 49,1

Под «мытым песком» подразумевается песок, из которого удалены пылевато-глинистые частицы методом отмучивания в дистиллированной воде.

Дальнейшие исследования проводились на цементобетонных смесях с соотношением Ц:П = 1:3. Приготовление бетонной смеси на активированном заполнителе осуществлялось следующим образом. Вначале песок при непрерывном перемешивании смачивался активирующим раствором электролита (в количестве, соответствующим водопотребности песка). После добавления цемента и воды затворения смесь перемешивалась окончательно. Установлено, что увеличение прочности бетонов зависит от времени активации заполнителя. Увеличение времени активации с одной до пятнадцати минут повышает прочность цементобетонных образцов до 10 %. Однако, исходя из технологических требований, время активации заполнителя в эксперименте

ограничивалось тремя минутами. Приготовление бетонной смеси на активированном заполнителе с добавкой пластификатора осуществлялось аналогично, только раствор пластификатора вводился с водой затворения.

Результаты исследований приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Свойства мелкозернистых бетонов

Состав	Водоцементное отношение	Распływ конуса, мм	Прочность на 28 сутки нормального твердения, МПа	
			сжатие	изгиб
Контрольный	0,60	115	26,6	3,4
На активированном песке	0,60	115	33,5	4,7
На активированном песке с добавкой пластификатора	0,60	138	28,3	3,9

Тот факт, что активация заполнителя не снижает подвижность бетонной смеси, является косвенным подтверждением наличия положительного заряда у частиц цемента на начальных стадиях твердения. При введении пластификатора распływ конуса возрастает на 20 %. Увеличение прочности при сжатии цементобетонных образцов незначительно, а при изгибе – до 16 %. При уменьшении водо-цементного отношения до распльва конуса 115 мм, прочность таких цементобетонных образцов на 28 сутки нормального твердения при сжатии составила 37,5 МПа, а при изгибе – 5,2 МПа. Полученные значения подтверждают эффективность активации песка с введением в смесь пластификатора.

Изучение процессов, происходящих при различных воздействиях на компоненты бетонной смеси и бетон, возможно при помощи комплекса физико-химических методов, позволяющих фиксировать изменения структуры и фазового состава бетона. Использование комплекса независимых методов обеспечивает достаточную полноту и достоверность полученных результатов, поскольку используемые методы дополняя друг друга, позволяют оценивать фазово-структурные особенности материалов с различных сторон.

Особенности структуры мелкозернистых бетонов исследовались методами люминесцентной дефектоскопии, микротвердометрии, оптической и

электронной микроскопии. Исследование фазового состава бетона проводились методами рентгеновской дифрактометрии и инфракрасной спектроскопии. Исследования дефектности структуры мелкозернистых бетонов проводились на образцах бетонов в возрасте 90 суток нормального твердения методом люминесцентной дефектоскопии. Этот метод позволяет с достаточной точностью определять дефектность как по всей площади образца, так и в зоне контакта.

Результаты проведенных исследований (табл. 3) согласуются с данными о пористости и структуре, полученными на основании изучения водопоглощения и оптической микроскопии.

Таблица 3 – Особенности микроструктуры мелкозернистых бетонов

Состав	Связующая масса					Зона контакта		
	общая характеристика структуры	степень гидратации, %	агрегаты новообразований*	среднее межзерновое расстояние, мкм	пористость		общая характеристика	агрегаты новообразований*
					преобладающая	%		
Контрольный	неоднородная с дефектными участками	22-29	мелко- и крупнокристаллические	120	замкнутая, редко сообщающаяся	6,69	неплотная, местами разрыхлена, имеются микротрещины	скрытокристаллические, мелкокристаллические
На активированном песке	неоднородная	25-32	мелко- и крупнокристаллические	100	замкнутая, местами кольматирована	6,40	уплотнена	мелкокристаллические, скрытокристаллические
На активированном песке с добавкой пластификатора	однородная	29-36	гелеобразные, скрытокристаллические	75	замкнутая, кольматирована	5,20	значительно уплотнена	гелеобразные, скрытокристаллические

*характеристика приведена в порядке уменьшения доли влияния показателя

Долговечность цементных бетонов во многом зависит от показателей морозостойкости (табл. 4). Большое влияние на морозостойкость мелкозернистых бетонов оказывает характер сцепления цементного камня с

заполнителем и плотность связующей массы в зоне контакта, т.к. микротрещины в зоне контакта вносят весомый вклад в деструктивные процессы.

Полученные результаты еще раз подтверждают более высокое качество мелкозернистых бетонов, приготовленных на активированном кварцевом заполнителе с добавкой пластификатора. Увеличение морозостойкости таких бетонов после тепловлажностной обработки на 3 марки (по сравнению с контрольными) связано с тем, что комплексное воздействие на бетонную смесь оказывает положительное влияние на структуру бетона, процессы гидратации вяжущего и удаления влаги из тела бетона. Это объясняется тем, что активация заполнителя приводит к уплотнению зоны контакта гидратов с заполнителем, а введение пластификатора позволяет снизить водоцементное отношение, создать лучшую поровую структуру, а также уплотнить цементный камень в межзерновых прослойках.

Таблица 4 – Морозостойкость мелкозернистых бетонов

Состав	Марка по морозостойкости для бетонов	
	нормального твердения	после тепловлажностной обработки
Контрольный	F100	F75
На активированном песке	F150	F100
На активированном песке с добавкой пластификатора	F200	F200

Выводы

1. Установлено, что мелкозернистые бетоны на песках, активированных растворами алюминия, при концентрациях, соответствующих максимальной положительной величине дзета-потенциала заполнителя без пылевато-глинистых частиц, обладают повышенной прочностью и долговечностью.

2. Исследования микроструктуры мелкозернистых бетонов методами люминесцентной дефектоскопии, микротвердомерии, оптической и электронной микроскопии, рентгеновской дифрактометрии и инфракрасной спектроскопии позволили установить, что активация заполнителя с добавкой пластификатора способствует плотному контакту цементных гидратов с заполнителем и созданию плотной однородной малодефектной структуры мелкозернистого бетона.

3. Исследования морозостойкости бетонов нормального твердения и после тепловлажностной обработки подтвердили, что мелкозернистые бетоны на песках, активированных растворами алюминия и с добавкой пластификатора должны обладать большей долговечностью.

Литература

1. Ольгинский А. Г. Оценка и регулирование структуры зоны контакта цементного камня с минеральными заполнителями. Дисс. докт. техн. наук. – Харьков, 1994. – 397 с.

2. Бабушкин В. И., Плугин А. А., Костюк Т. А., Матвиенко В. А. Влияние активных поверхностных центров на прочность свежесформованных мелкозернистых бетонов // Науковий вісник будівництва. – Харків: ХДТУБА, 1998. – Вип. 5. – С. 85-88.

3. Ольгинский А. Г., Редкозубов А. А. Регулирование прочности мелкозернистых цементных бетонов по электрокинетическому потенциалу заполнителя. Вестник Харьковского государственного автомобильно-дорожного технического университета, Выпуск №3. – Харьков, 1996. – С. 42-45.

Рецензенти:

Мішутін А.В., д-р техн. наук, Одеська державна академія будівництва і архітектури.
Солодкий С.Й., д-р техн. наук, НУ "Львівська політехніка".

Reviewers:

Mishutin A.V., Dr. Tech. Sci., Odessa State Academy of Construction and Architecture.
Solodkyi S.Yo., Dr. Tech. Sci., NU "Lviv Polytechnic".

Стаття надійшла до редакції: **14.03.2017 р.**