

СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ СВОЙСТВ СТРОИТЕЛЬНЫХ РАСТВОРОВ

Обосновано, что применение микрокремнезема дает возможность повысить физико-механические свойства и долговечность строительных растворов, снизить себестоимость за счет сокращения расхода цемента с одновременным решением социальных задач, в первую очередь, охраны окружающей среды за счет активного управления процессом структурообразования конгломерата.

Ключевые слова: структура цементного камня, аморфный микрокремнезем, микронаполнитель, гидроксид кальция, гидросиликат кальция, водопотребность, пластификатор, долговечность, охрана окружающей среды

Свойства бетонов и строительных растворов наряду с другими факторами, также определяются их структурой. Процесс формирования структуры бетона и раствора включает несколько этапов: выбор сырья, проектирование состава, приготовление, укладка и уплотнение бетонной смеси, схватывание и твердение бетона. Для получения высококачественной структуры необходимо активное управление структурой искусственного конгломерата на всех технологических переделах [1].

Мировая тенденция развития промышленности композиционных строительных материалов связана с созданием таких систем, которые омоноличиваются при минимальных энергетических затратах, способствуют снижению материало- и энергоемкости, улучшают свойства синтезированного конгломерата, позволяют расширить сырьевую базу с одновременным решением социальных задач, в первую очередь, охраны окружающей среды. Бетоны и строительные растворы – одни из широко используемых строительных материалов в современном строительстве Армении и поэтому исследование и улучшение их свойств, а также повышение долговечности до сих пор остается актуальной задачей.

Вулканические породы как заполнители в современных искусственных строительных конгломератах используют, в основном, в сочетании с портландцементным вяжущим. Наибольшее влияние на свойства конгломерата оказывает структура цементного камня. Как известно, увеличение пористости цементного камня на 1% уменьшает прочность на 5...8% [1], для этой цели при приготовлении конгломератов используют пластифицирующие добавки. Они, являясь разжижителями бетонных и растворных смесей, позволяют повысить подвижность смеси (снижая водопотребность), не снижая при этом прочность при сжатии. Однако только по объему пористости нельзя с достаточной достоверностью прогнозировать прочность материала, так как на прочность влияют и другие факторы. Применение микронаполнителя увеличивает плотность цементного камня, а наноземента упрочняют контактную зону.

Известно, что изделия на основе портландцемента в некоторых, и особенно в агрессивных средах, имеют недостаточную долговечность. Это объясняется повышенным содержанием CaO и малым содержанием амфотерных и кислых оксидов. Среди компонентов бетона цементный камень наиболее подвержен развитию коррозионных процессов, поэтому повышение коррозионной стойкости является важной задачей. При затворении портландцемента водой происходит гидролиз алита и жидкая фаза быстро насыщается ионами Ca^{2+} , OH^- и SO_4^{2-} . В жидкой фазе такого состава начинает растворяться заполнитель и при нормальных условиях твердения растворимость их очень низкая - насыщение исчисляется миллиграммами на литр [2]. При воздействии на конгломерат воды она проникает в тело бетона и цементного камня, происходит растворение гидроксида кальция и это сопровождается потерей прочности цементного камня [3].

Таким образом, коррозионную стойкость конгломерата надо повышать направленным регулированием продуктов гидратации и формированием благоприятной фазово-минералогической структуры. Одним из путей регулирования фазово-минералогического состава цементного камня является применение активных минеральных добавок. Это позволяет снизить расход дорогостоящего портландцемента, затрачиваемой энергии, способствует обеспечению необходимых показателей свойств [4].

В качестве добавки предлагается применять микрокремнезем [5]. Кремнеземная пыль, называемая также микрокремнеземом или микронаполнителем, представляет собой побочный продукт металлургического производства при выплавке ферросилиция и его сплавов, образующийся в результате восстановления углеродом кварца высокой чистоты в электропечах. В процессе выплавки кремниевых сплавов некоторая часть монооксида кремния SiO переходит в газообразное состояние и, подвергаясь окислению и конденсации, образует чрезвычайно мелкий продукт в виде шарообразных частиц с высоким содержанием аморфного кремнезема [4]. Основной функцией микрокремнезема является его активность, т.е. способность взаимодействовать с одним или даже несколькими компонентами смеси в процессе формирования структуры вяжущей части.

Речной песок, который применяют в разрабатываемых составах тяжелого бетона (строительный раствор), содержит кремнезем в кристаллической форме и он практически не растворим в воде до температуры $100...120^{\circ}C$. Он инертный заполнитель, не реагирующий в процессе твердения с цементным тестом и камнем. Прочность раствора зависит от содержания цемента и воды. Для снижения водопотребности применялся суперпластификатор Sika Visco Crete 225P и прочность камня возросла около 30% (табл.1).

Таблица 1

Составы и прочностные показатели строительных растворов

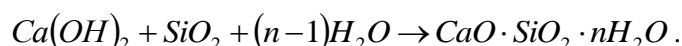
Состав строительных растворов				Прочность при сжатии в возрасте 28 дней, МПа
цемент, кг	речной песок, кг	вода, л	sika visco crete 225P, кг	
510	1650	250	-	51,68
510	1650	210	1,785	67,56

Мутабельное состояние микрокремнезема, т.е. легко изменяемое состояние, в котором отсутствует дальний порядок, придает системе достаточный энергетический потенциал,

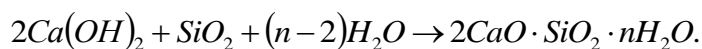
аккумулированный в самом веществе, позволяющий совершить работу через химическую реакцию. В определенных условиях избыток энергии можно с эффектом использовать при синтезе водостойких минералов.

Наличие в микрокремнеземе достаточной избыточной свободной энергии частиц вещества можно расценить как запас работы, которую они могут совершить, т.е. можно рассматривать как кинетическую энергию. Реакция между добавками и продуктами твердения вяжущих веществ в большинстве случаев улучшает свойства бетонов, особенно прочности на растяжение и изгибе, что позволяет снизить расход цемента без изменения марки бетона. Кристаллический кремнезем растворяется лишь при автоклавной обработке при температуре $150...180^{\circ}\text{C}$, когда pH среды равна 12,8. Растворимость кварца достигает $50...150 \text{ мг/л}$ и это обеспечивает реакцию между кварцевым заполнителем и жидкой фазой твердеющего цементного камня.

Взаимодействие между $\text{Ca}(\text{OH})_2$, который образуется при гидролизе алита и белита, и микрокремнеземом выражается в растворении компонентов в жидкой фазе, химической реакцией в растворе и выделении труднорастворимых продуктов реакции – гидросиликатов кальция. Как известно, одной из основных причин коррозии цементного камня является растворение и вымывание некоторых его составляющих, в частности, гидроокиси кальция. Связывание микрокремнезема гидроокисью кальция может проходить по разным схемам в зависимости от соотношения CaO и SiO_2 [6]. При низком содержании извести в жидкой фазе синтезируются низкоосновные гидросиликаты кальция по следующей схеме:



Если в системе концентрации извести больше кремнезема, в жидкой фазе синтезируются гидросиликаты более высокой основности:



Микрокремнезем в основной своей массе имеет пористое строение и развивая поверхность увеличивает количество свободной энергии, величина которой пропорциональна площади контактов, а в результате термодинамическая активность кремнезема приводит к образованию электростатических полей. Система стремится к уменьшению своей свободной энергии, легко создает химические связи через процессы адсорбции и смачивания. Через химические реакции между микрокремнеземом и $\text{Ca}(\text{OH})_2$ образуются связи, приводящие к омоноличиванию.

Была поставлена задача установить влияние микрокремнезема на прочность раствора. Для решения задачи были приготовлены образцы размером $4 \times 4 \times 16 \text{ см}$ и после твердения они испытаны в нормальных условиях (в возрасте 28 суток). Добавляя микрокремнезем, сокращали в том же количестве цемент (количество воды и суперпластификатора оставляя постоянным) (табл. 2).

Таблица 2

Составы и прочностные показатели строительных растворов с микрокремнеземом на 1м³

Состав строительных растворов					Прочность при сжатии в возрасте 28 дней, МПа
цемент, кг	речной песок, кг	вода, л	Sika Visco Crete 225P, кг	микрокремнезем, кг	
510,0	1650	210	1,275	-	48,61
480,0	1680	210	1,200	-	45,84
450,0	1710	210	1,125	-	42,83
427,5	1710	210	1,125	22,5	51,86
405,0	1710	210	1,125	45,0	60,21
382,5	1710	210	1,125	67,5	64,14
360,0	1710	210	1,125	90,0	68,15
337,5	1710	220	1,125	112,5	62,17

Аморфный кремнезем, вступая в химическую реакцию с $Ca(OH)_2$, создает гидравлическую вяжущую систему, синтезируются также низкоосновные гидросиликаты, придающие монолиту значительно большую прочность и долговечность. Повышенное содержание микрокремнезема привело к уменьшению подвижности смеси и для ее повышения избыток воды привел к снижению прочности.

Таким образом, вовлечение микрокремнезема в производство строительных материалов может решить не только задачу охраны окружающей среды, но и улучшить свойства синтезируемого конгломерата, а также снизить его себестоимость за счет сокращения количества дорогостоящего портландцемента.

**Գ.Ա.Առաքելյան,
Ա.Կ.Կարապետյան,
Մ.Մ.Բաղայան**

ՇԻՆԱՐԱՐԱԿԱՆ ՇԱՂԱԽՆԵՐԻ ՀԱՏԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԲԱՐԵԼԱՎՄԱՆ ԵՂԱՆԱԿՆԵՐԸ

Հիմնավորված է, որ միկրոսիլիկահողի օգտագործումը հնարավորություն է տալիս բարձրացնել շինարարական շաղախների ֆիզիկամեխանիկական հատկությունները և երկարակեցությունը, նվազեցնել դրանց ինքնարժեքը ցեմենտի ծախսի կրճատման հաշվին: Օգտագործելով միկրոսիլիկահող՝ հնարավոր է լուծել նաև սոցիալական խնդիրներ. առաջին հերթին շրջակա միջավայրի պաշտպանության՝ կոնզոմերատի կառուցվածքագոյացման գործընթացի ակտիվ կառավարմամբ:

Առանցքային բառեր. *ցեմենտաքարի կառուցվածք, ամորֆ միկրոսիլիկահող, միկրոլցանյութ, կալցիումի հիդրօքսիդ, կալցիումի հիդրոսիլիկատ, ջրապահանջումը, պլաստիկարար, երկարակեցություն, շրջակա միջավայրի պաշտպանություն*

THE WAYS OF IMPROVING THE FEATURES OF BUILDING MORTARS

It is proved that the application of silica fume gives an opportunity to increase the physico-mechanical properties and the longevity of building mortars, to reduce the cost value by reducing cement consumption, simultaneously solving social problems, first of all the environmental control by the active management of the conglomerate structural system process.

Keywords: cement stone structure, amorphous silica fume, microfiller, calcium hydroxide, calcium hydrosilicate, water consumption, softener, longevity, environmental control

Литература

1. **Баженов Ю.М. и др.** Модифицированные высококачественные бетоны. – М.: АСВ, 2006. - 368 с.
2. **Дворкин Л.И., Дворкин О.Л.** Строительное материаловедение. –М.: Инфра–Инженерия, 2013. – 832 с.
3. **Бадалян М.М.** Разработка строительных материалов многофункционального назначения на основе вулканитов: Дисс. ... доктора техн.наук. – Ереван, 2009. –280 с.
4. **Рыбьев И.А.** Строительное материаловедение. –М.: Высшая школа, 2004. –701с.
5. <http://glavchem.com/stati.html>.
6. **Виноградов Б.Н.** Влияние заполнителя на свойства бетона. –М.: Стройиздат, 1979. –223 с.

Աշխատանքն իրականացված է ՀՀ պետական բյուջեից գիտական և գիտատեխնիկական գործունեության բազային ֆինանսավորմամբ «ՀՀ ճարտ. և շին. համալիրների կայուն զարգացման ուղիների բացահայտում, ճշգրտում, ներդրման առաջարկությունների և հանձնարարականների մշակում մշտական մոնիտորինգի կիրառմամբ», «ՀՀ-ում շին. նյութերի և տեխնոլոգիաների արդիականացման հիմնախնդիրները և առաջարկություններ դրանց լուծման վերաբերյալ» ծրագրերի շրջանակում:

Առաքելյան Գրիգոր Առաքելի, տ.գ.թ. (ՀՀ, ք. Երևան) - ՃՀՀԱՀ, ակ. Ալ.Թամանյանի անվ. ճարտարապետության և շինարարության պրոբլեմային լաբորատորիա, գ.ա., (+374) 010242343, (+374) 093040560, grigorarakelyan55@mail.ru, **Կարապետյան Ամալյա Կարապետի, տ.գ.թ., դոց.** (ՀՀ, ք. Երևան) - ՃՀՀԱՀ, «ՀՀ-ում շինարարական նյութերի և տեխնոլոգիաների արդիականացման հիմնախնդիրները և առաջարկություններ դրանց լուծման վերաբերյալ» ծրագիր, գ.ա., Շինարարական նյութերի, իրերի և կոնստրուկցիաների արտադրության տեխնոլոգիայի ամբիոն, (+374) 010250075, (+374) 077250072, shinnnyuter@gmail.com, **Բադալյան Մարիա Մարտինի, տ.գ.թ., դոց.** (ՀՀ, ք. Երևան) - ՃՀՀԱՀ, «ՀՀ-ում շինարարական նյութերի և տեխնոլոգիաների արդիականացման հիմնախնդիրները և առաջարկություններ դրանց լուծման վերաբերյալ» ծրագիր, ա.գ.ա., Շինարարական նյութերի, իրերի և կոնստրուկցիաների արտադրության տեխնոլոգիայի ամբիոն, (+374) 010427758, (+374) 099383634, marya.badalyan@mail.ru:

Արաքելյան Գրիգոր Արաքելովիչ, Կ.Մ.Ն. (ՐԱ, ց. Երևան) - НУАСА, Проблемная лаборатория Архитектуры и строительства им. ак. Ал. Таманяна, н.с., (+374) 010242343, (+374) 093040560, grigorarakelyan55@mail.ru, **Կարապետյան Ամալյա Կարապետովնա, Կ.Մ.Ն., ծոց.** (ՐԱ, ց. Երևան) - НУАСА, программа «Проблемы модернизации строительных материалов и технологий в РА и предложения по их решению», н.с., кафедра Технологии производства строительных материалов, изделий и конструкций, (+374) 010250075, (+374) 077250072, shinnnyuter@gmail.com, **Бадалян Мария Мартиновна, Ծ-Ր Մ.Ն., ծոց.** (ՐԱ, ց. Երևան) - НУАСА, программа «Проблемы модернизации строительных материалов и технологий в РА и предложения по их решению», с.н.с., кафедра Технологии производства строительных материалов, изделий и конструкций, (+374) 010427758, (+374) 099383634, marya.badalyan@mail.ru.

Grigor Arakel Arakelyan, Doctor of Philosophy (Ph.D) in Engineering (RA, Yerevan) - NUACA, Problem Laboratory of Architecture and Construction, scientific researcher, (+374) 010242343, (+374) 093040560, grigorarakelyan55@mail.ru, **Amalya Karapet Karapetyan, Doctor of Philosophy (Ph.D) in Engineering, associate prof.** (RA, Yerevan) - NUACA, “The problems of construction material and technology modernization in the RA and suggestions on their solutions” program, chair of Productive technologies of Constructive materials, Articles and Structures, (+374) 010250075, (+374) 077250072, shinnnyuter@gmail.com, **Maria Martin Badalyan, Doctor of science (engineering), associate prof.** (RA, Yerevan) - NUACA, “The problems of construction material and technology modernization in the RA and suggestions on their solutions” program, senior researcher, chair of Productive technologies of Constructive materials, Articles and Structures, (+374) 010427758, (+374) 099383634, marya.badalyan@mail.ru.

Ներկայացվել է՝ 08.12.2015թ.

Ընդունվել է տպագրության՝ 11.12.2015թ.