

## **УПРАВЛЕНИЕ СВОЙСТВАМИ БЕТОНОВ, ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ В УСЛОВИЯХ СЕЙСМИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ**

Шишкина А.А., Шишкин А.А.

Криворожский национальный университет  
г. Кривой Рог, Украина

**АННОТАЦИЯ:** Приведены результаты исследования свойств бетонов для строительных конструкций, эксплуатируемых в условиях сейсмических воздействий, которые представляют собой композицию из портландцемента, мелкого заполнителя и мицеллообразующих поверхностно-активных веществ.

**АНОТАЦІЯ:** Наведено результати досліджень властивостей бетонів для будівельних конструкцій, що експлуатуються в умовах сейсмічних впливів, що представляють собою композицію з портландцементу, дрібного заповнювача і міцелотворюючих поверхнево-активних речовин.

**ABSTRACT:** Results of investigation of the properties of concrete, which are a composition of Portland cement, fine aggregate, and the surfactants forming micelles intended for building structures, operated under seismic impact are presented.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** бетон, цемент, конструкции, поверхностно-активные вещества.

Бетоны, предназначенные для изготовления строительных конструкций, которые эксплуатируются в условиях сейсмических воздействий, должны обладать определенными специфическими свойствами. В первую очередь это высокая прочность и повышенная деформативность. Повышенная деформативность бетона позволит демпфировать колебания конструкций, возникающие при сейсмических воздействиях, что совместно с повышенной прочностью позволит повысить надежность зданий и сооружений.

Высокопрочные бетоны появились в зарубежной практике в начале 60-х годов прошлого столетия. Особенно перспективны полученные в конце 80-х годов двадцатого столетия во Франции так называемые реакционные порошковые бетоны — Reactive powder concretes (RPC). Это новое поколение бетонов с прочностью при сжатии от 200 до 800 МПа и прочностью при растяжении 25...150 МПа. Компонентами такого бетона являются портландцемент, микрокремнезем, мелкозернистый песок, стальная микрофибра и суперпластификатор при водотвердом отношении в диапазоне 0,12...0,15. Бетон назван «реакционным порошковым» вследствие высокой дисперсности компонентов и повышенного количества гидравлически активных материалов. Концепция RPC заключается в получении материала, с минимумом дефектов структуры - микротрещин и пор. Оптимизация гранулометрического состава частиц компонентов бетона обеспечивает очень высокую его плотность. В связи с этим в высокопрочных бетонах предусматривается использование тонкомолотых наполнителей.

Так, молотый известняк в составе бетона широко применяется во Франции и Германии [1]. Значительно более высокий уплотняющий эффект в структуре бетона достигается при применении ультрадисперсного микрокремнезема. [2]. Использование золы-уноса приводит к снижению расхода воды при сохранении подвижности бетонной смеси, модификации состава продуктов гидратации цемента [3]. Ускорение гидратации и повышение прочности указанных бетонов обеспечивается применением в их составе нанодисперсных веществ, в частности, кремнезема, серпентина и других минеральных веществ [4-6].

Для регулирования технологических свойств и получения «реопластичных» бетонных смесей с низким водоцементным отношением, обладающих высокой когезией и нерасслаиваемостью применяют суперпластификаторы - полиэлектролиты органического происхождения, основная функция которых заключается в диспергировании химической среды в гетерогенных системах [7].

Анализ результатов научных исследований в области поверхностно-активных веществ (ПАВ) показал, что практически все современные ПАВ, используемые в технологии бетона, относятся к молекулярным. В то же время, с точки зрения физико-химической механики наиболее целесообразно применение коллоидных или (по классификации академика П.А. Ребиндера) полуколлоидных поверхностно-активных веществ. Данные виды ПАВ являются мицеллообразующими поверхностно-активными веществами - МПАВ, т.е. при определенной концентрации, их молекулы объединяются в мицеллы, свойства которых отличаются от свойств молекул. В первую очередь, мицеллы обладают размерами и формой, соответствующими размерам и форме наночастиц, что позволяет

относить их к наночастицам. В связи с этим, данные наночастицы – мицеллы, в значительно меньшей степени по сравнению с молекулами экранируют частицы цемента, что снижает их влияние на сроки схватывания и твердения. Кроме этого мицеллы МПАВ практически не приводят к гидрофобизации поверхности частиц цемента, поглощая при этом гидрофобные частицы, которые могли попасть или специально вводятся в бетонную смесь.

Практически все виды RPC, получившие в настоящее время широкое научное развитие, основаны на портландцементе, активность которого ограничена и, очевидно, на сегодняшний день исчерпана. В то же время давно известен такой вид вяжущих как шлакощелочные вяжущие [8], активность которых, даже без применения особых приемов, применяемых для повышения прочности портландцементных бетонов, достигает 80 МПа. Недостатком шлакощелочных бетонов считалась их повышенная деформативность, однако современные типы высокопрочных бетонов (например, Reactive powder concretes - RPC) на основе портландцемента также обладают повышенной деформативностью сравнимой с деформативностью шлакощелочных бетонов. Развитием данных видов бетонов является полученный s-aRPC [6], модифицированный полиспиртами. В то же время доказано [9], что в технологии пористых бетонов достаточно эффективно применение вместо полиспиртов щелочных солей органических кислот, которые относятся к мицеллообразующим ПАВ.

Целью настоящей работы является определение влияния на прочность RPC мицеллообразующих ПАВ.

Эксперименты проводились в соответствии со стандартными методиками. Контроль прочности образцов производили на универсальной машине УММ-100. Для изготовления бетона использовали портландцемент М400 ПАО «Хайдельберг цемент Кривой Рог», в качестве мелкого заполнителя – отходы обогащения железных руд Новокриворожского горно-обогатительного комплекса ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог». В качестве мицеллообразующих ПАВ (МПАВ) – олеат натрия.

Проведенные исследования позволили установить, что мицеллы МПАВ в процессе схватывания и твердения цемента адсорбируются на границе раздела «продукты гидратации цемента – вода» или «зерна не прореагировавшего цемента – вода», т.е. на внутренней поверхности образующихся пор и трещин, удерживаясь на этой поверхности за счет хемосорбции.

Результаты экспериментов показали, что введение в состав Reactive powder concretes (RPC) МПАВ, которые химически адсорбируются на поверхности пор и трещин в теле цементного камня, приводит к

упрочению их внутренней поверхности, что влечет за собой увеличение прочности цементного камня и, как следствие, бетона при сжатии (рис.1).

При этом, установлено, что увеличение содержания МПАВ до определенной концентрации (концентрации мицеллообразования) приводит к резкому уменьшению поверхностного натяжения в системе. дальнейшее увеличение содержания МПАВ не изменяет поверхностного натяжения (рис.1).

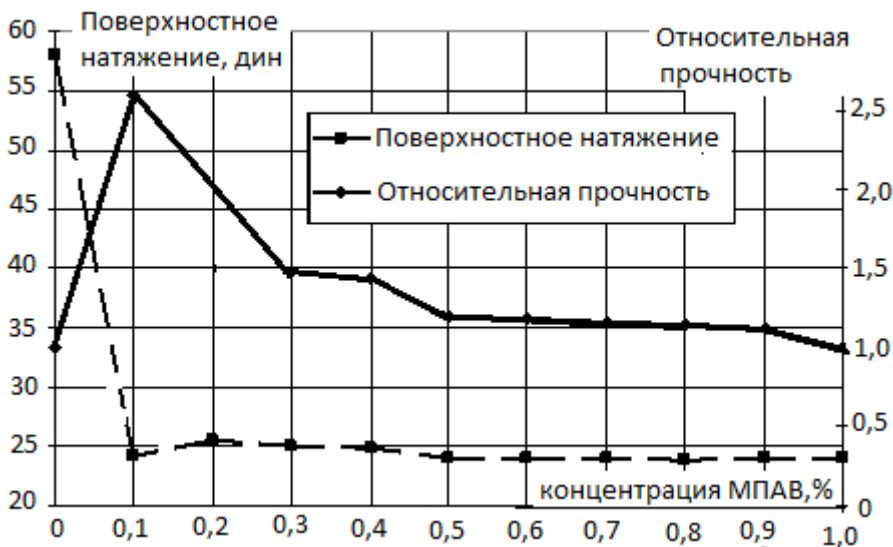


Рис. 1. Влияние концентрации МПАВ на поверхностное натяжение и прочность бетона при сжатии

Следует отметить, что увеличение концентрации МПАВ до концентрации, соответствующей мицеллообразованию, сопровождается не только снижением поверхностного натяжения, а и увеличением прочности бетона. Содержание МПАВ соответствующее их критической концентрации мицеллообразования (ККМ), система обладает наименьшим поверхностным натяжением и максимальной прочностью, которая в данном случае составляет от 120 до 350% от прочности бетона без добавок в зависимости от его состава. Дальнейшее увеличение содержания МПАВ выше их ККМ не приводит к изменению поверхностного натяжения, а сопровождается снижением прочности бетона. Это объясняется тем, что излишние молекулы МПАВ экранируют частицы вяжущего, снижая степень их гидратации.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные исследования и анализ их результатов позволяют сделать следующие выводы:

1. Установлено, что введение в реакционные порошковые бетоны — Reactive powder concretes (RPC) мицеллообразующих поверхностно-активных веществ, которые обладают размерами и свойствами наночастиц, приводит к увеличению прочности бетонов. Данный процесс происходит за счет снижения поверхностного натяжения молекулами МПАВ и хемосорбции этих молекул на внутренней поверхности пор и трещин бетона, что, в свою очередь, обеспечивает упрочение их стенок.

2. Доказано, что содержание МПАВ в RPC имеет экстремум, т.е. имеется их содержание, обеспечивающее формирование наибольшей прочности таких бетонов.

3. Показано, что оптимальное содержание МПАВ в RPC соответствует их критической концентрации мицеллообразования (ККМ). В данный момент система обладает наименьшим поверхностным натяжением и максимальной прочностью.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Bentz D.P. Replacement of "coarse" cement particles by inert fillers in low w/c ratio concretes. II. Experimental validation / Bentz D.P. // Cement Concrete Research, 2005. - Vol. 35. - No 1. - P. 185-188.
2. ArteIt C. Impact of superplasticizer concentration and ultra-fine particles on the rheological behavior of dense mortar suspensions / ArteIt C., Garcia E. // Cement Concrete Research, 2008. - Vol. 38. - № 5. - P. 633-642.
3. Erdem T.K. Use of binary and ternary blends in high strength concrete / Erdem T.K., Kirca O. // Construction and Building Materials, 2008. - Vol.22. - № 7. - P. 1477-1483.
4. Behavior of steel fiber-reinforced high-strength concrete at medium strain rate / [Chujie Jiao, Wei Sun, Shi Huan, Guoping Jiang] // Front. Archit. Civ. Eng. China, 2009. - Vol. 3. - № 2. - P. 131-136.
5. Баженов Ю.М. Исследование наномодифицированного мелкозернистого бетона / Баженов Ю.М., Лукутцова Н.П., Матвеева Е.Г. // Вестник МГСУ, 2010. - № 4. - Т. 2. - С. 415-418.
6. Шишкин А.А. Щелочные реакционные порошковые бетоны / Шишкин А.А. // Строительство уникальных зданий и сооружений, 2014. - № 2 (17). - С.56-65.
7. Influence of superplasticizer type and mix design parameters on the performance of them in concrete mixtures / [Papayianni I., Tsohos G., Oikonomou N., Mavria P.] // Cement Concrete Research, 2005. - Vol. 27. - № 2. - P. 217-222.
8. Глуховский В.Д. Шлакощелочные цементы и бетоны / Глуховский В.Д., Пахомов В.А. - Киев: Будивэльник, 1978. - 183 с.

9. Шишкина А.А. Свойства и технология пенобетона, модифицированного оксидами железа: дис. ... канд. техн. наук: 05.23.05 / Шишкина А.А. - Кривой Рог, 2010. - 178 с.

## REFERENCES

1. Bentz D.P. Replacement of "coarse" cement particles by inert fillers in low w/c ratio concretes. II. Experimental validation / Bentz D.P. // *Cement Concrete Research*, 2005. - Vol. 35. - No 1. - P. 185-188.
2. ArteIt C. Impact of superplasticizer concentration and ultra-fine particles on the rheological behavior of dense mortar suspensions / ArteIt C., Garcia E. // *Cement Concrete Research*, 2008. - Vol. 38. - № 5. - P. 633-642.
3. Erdem T.K. Use of binary and ternary blends in high strength concrete / Erdem T.K., Kirca O. // *Construction and Building Materials*, 2008. - Vol.22. - № 7. - P.1477-1483.
4. Behavior of steel fiber-reinforced high-strength concrete at medium strain rate / [Chujie Jiao, Wei Sun, Shi Huan, Guoping Jiang] // *Front. Archit. Civ. Eng. China*, 2009. - Vol. 3. - № 2. - P. 131-136.
5. Bazhenov M. Research nanomodified fine concrete / Bazhenov M., Lukutsova N.P, Matveeva E.G. // *Herald MGRS*, 2010. - № 4. - T. 2. - P. 415-418.
6. Shishkin A.A. Alkaline reactive powder concrete / Shishkin A.A. // *Construction of unique buildings*, 2014. - № 2 (17). - P. 56-65.
7. Influence of superplasticizer type and mix design parameters on the performance of them in concrete mixtures / [Papayianni I., Tsohos G., Oikonomou N., Mavria P.] // *Cement Concrete Research*, 2005. - Vol. 27. - № 2. - P. 217-222.
8. Gluhovskij V.D. Slag-alkaline cements and concretes / Gluhovskij V.D., Pakhomov V.A. - Kiev: Budivel'nik, 1978. - 183.
9. Shishkina A.A. Properties and foam technology, modified iron oxides: a thesis for the degree of Ph.D.: 05.23.05 / Shishkina A.A. - Krivoy Rog, 2010. - 178 p.

Статья поступила в редакцию 05.08.2014 г.