



АВТОРЫ



БАМБУРА А.Н.
Докт. техн. наук,
заведующий отде-
лом ГП «Научно-
исследовательский
институт строитель-
ных конструкций»



ШИШКИНА А.А.
Канд. техн. наук,
доцент, ГВУЗ
«Криворожский
национальный
университет»

ВЛИЯНИЕ КОЛЛОИДНЫХ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ НА ДЕФОРМАТИВНЫЕ СВОЙСТВА МЕЛКОЗЕРНИСТЫХ БЕТОНОВ

УДК 691.32:620.178.73

АННОТАЦИЯ

Приведены результаты экспериментальных исследований реакционных порошковых бетонов, при изготовлении которых применены методы мицеллярного катализа, что привело к возможности управления деформативными свойствами бетонов.

The article presents the results of experimental studies of reactive powder concretes manufactured with the use of micellar catalysis methods, which allowed controlling the deformation properties of concretes.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

мицеллы, катализ, бетон, прочность, деформации

ВВЕДЕНИЕ

Обеспечение сохранности зданий и сооружений в течение заданного времени эксплуатации, увеличение межремонтного срока эксплуатации строительных конструкций является одним из главных факторов повышения уровня использования основных фондов предприятий. Проблема обеспечения долговечности строительных конструкций, в частности горно-металлургического комплекса, с одной стороны, связана со значительным сроком эксплуатации зданий и сооружений, с другой стороны со значительными выбросами в атмосферу предприятий агрессивных веществ. Затраты на восстановление и усиление изношенных строительных конструкций составляют значительную часть затрат предприятий черной металлургии.

Современные методы усиления строительных конструкций, как металлических, так бетонных



и железобетонных, предполагают либо введение дополнительных элементов, либо увеличение размеров существующих. Практически во всех случаях элементы усиления бетонных и железобетонных конструкций выполняются из бетона, который должен обладать определенными эксплуатационными свойствами, обеспечивающими его долговечность и способность воспринимать действующие нагрузки. Поэтому бетоны, предназначенные для усиления строительных конструкций, должны обладать специфическими, в том числе высокой адгезией, прочностью и повышенными деформативными свойствами. Традиционные же бетоны не обладают таким комплексом свойств. Наиболее рационально использование в данном случае мелкозернистых бетонов, которые обладают повышенной удобоукладываемостью, не создают ограничения в расстоянии между арматурными стержнями.

Таким образом, проблема получения бетонов, в том числе мелкозернистых, специально предназначенных для усиления строительных конструкций, является актуальной.

В настоящее время в мировой практике производства бетона и железобетона стремительными темпами возрастает выпуск высококачественных, высоко и особо высокопрочных бетонов и этот прогресс стал объективной реальностью, обусловленной значительной экономией материальных и энергетических ресурсов. Передовые страны активно развивают новые поколения реакционно-порошковых бетонов, в том числе с ускоренными сроками твердения и набора прочности, особенно в монолитном строительстве. Традиционно, для решения указанной задачи применяются добавки-ускорители твердения. Однако их недостатком является «вмешательство» в химические процессы твердения вяжущих, в частности, изменение их направленности и образование новых «нестандартных» минералов. Поэтому, применение вместо добавок-ускорителей определенных катализаторов (в частности на основе коллоидных поверхностно-активных веществ), по нашему мнению, достаточно актуально.

АНАЛИЗ ИЗВЕСТНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Современные возможности технологии бетона отразились в создании и производстве высококачественных, высокотехнологичных, высокофункциональных бетонов (High Performance Concrete, НРС). Особенно перспективны полученные в конце 80-х годов двадцатого столетия во Франции так называемые реакционные порошковые бетоны — Reactive powder concretes (RPC). Бетон получил такое название вследствие высокой дисперсности компонентов и повышенного количества гидравличес-

ки активных материалов. В Криворожском национальном университете получены некоторые виды данного бетона [1, 2] и выполнены исследования процессов, обеспечивающих формирование прочности этих бетонов [3, 4].

В указанных работах установлено, что введение в состав мелкозернистых бетонов коллоидных поверхностно-активных веществ, способных образовывать мицеллы, приводит к резкому увеличению скорости формирования прочности этих бетонов, а также величины прочности при сжатии. Эти явления объясняются с точки зрения теории мицеллярного катализа. Согласно этой теории, коллоидные поверхностно-активные вещества способны образовывать мицеллы, которые оказывают каталитическое действие на реакции гидратации цемента.

В то же время с целью применения данных бетонов для создания элементов усиления существующих железобетонных конструкций либо ремонта данных конструкций необходимы знания о деформативных свойствах и влияния на них коллоидных поверхностно-активных веществ.

Исследованию влияния мицеллярного катализа на деформативные свойства мелкозернистых бетонов и посвящена настоящая работа.

Проблеме управления свойствами мелкозернистых бетонов, в том числе деформативными, посвящено значительное количество работ [5 - 8], основное направление которых – использование микроармирования бетона за счет применения фибр. Данный способ управления свойствами мелкозернистых бетонов достаточно эффективен, однако имеет ограничения применения из-за сложности технологии введения фибр в бетонную смесь.

Использование мицеллярного катализа позволит избежать указанной сложности в технологии приготовления бетона.

ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЙ

Целью настоящей работы является определение возможности применения мицеллообразующих поверхностно-активных веществ для управления деформативными свойствами реакционно-порошковых бетонов.

Для достижения поставленной цели необходимо было решить такие задачи: выявить экспериментальные предпосылки и мотивации управления деформативными свойствами мелкозернистых бетонов за счет использования катализаторов мицеллярного типа.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования производили в соответствии со стандартными методиками. Определение проч-



ности при сжатии и деформаций бетона производили на универсальной машине УММ-100 испытанием стандартных образцов (образцы-кубы 150 x 150 x 150 мм и образцы-призмы 100 x 100 x 400 мм). Для изготовления образцов использовали стандартный портландцемент ПЦ II /Б-Ш-400 производства ПАО «Хайдельберг цемент» (г. Кривой Рог). В качестве минерального порошка (заполнителя бетона) использовали отходы обогащения железных руд и их тонкодисперсную часть. Исследования проводили для бетонов класса С8/10 и С16/20. Состав бетонов имел соотношение цемент/заполнитель = 1:3. Прочность бетонов при сжатии регулировали изменением водоцементного отношения.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В процессе выполненных экспериментов установлено, что введение в исследуемую систему «портландцемент - минеральный порошок – вода»

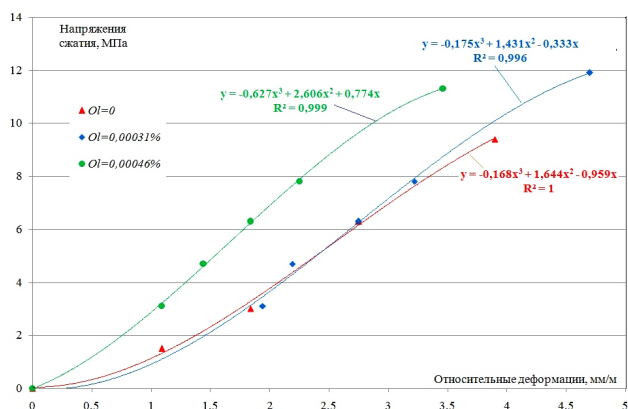


Рис.1. Диаграмма «напряжения – деформации» мелкозернистого бетона класса С8/10: Ol – расход мицеллообразующего поверхностно-активного вещества от массы цемента.

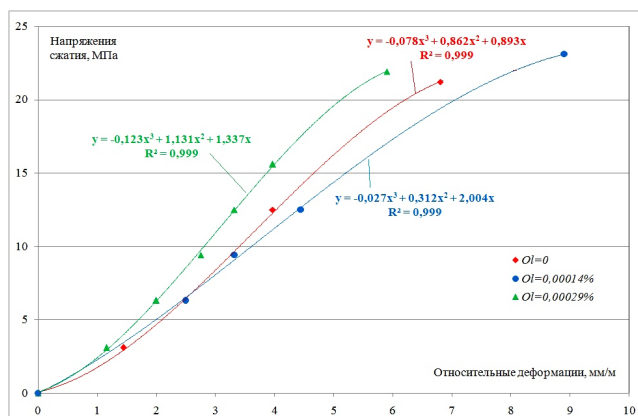


Рис.2. Диаграмма «напряжения – деформации» мелкозернистого бетона класса С16/20: Ol – расход мицеллообразующего поверхностно-активного вещества от массы цемента.

мицеллообразующего ПАВ (МПАВ) приводит к изменению величины деформаций бетона при действии сжимающих напряжений (рис. 1, 2).

Вид полученной диаграммы «напряжения – деформации» полностью соответствует виду аналогичных диаграмм для мелкозернистых бетонов, полученных другими авторами [5, 6] (рис. 3). В общем случае, на первых этапах нагружения, при незначительной нагрузке в мелкозернистом бетоне возникают деформации достаточно значительной величины. Напряженно-деформированное состояние бетона характеризуется довольно низким модулем деформаций. При дальнейшем увеличении нагрузки прирост деформаций с ростом напряжений значительно уменьшается.

Как показал анализ полученных результатов, взаимосвязь между напряжениями и деформациями при сжатии мелкозернистого бетона достаточно хорошо описывается полиномом третьей степени (рис. 1, 2).

Введение мицеллообразующего поверхностно-активного вещества (МПАВ) в состав мелкозернистого бетона приводит к изменению взаимосвязи «напряжения – деформации» без изменения ее характера: интенсивность роста деформаций с ростом напряжений сжатия снижается (рис. 1, 2). Т. е. с увеличением содержания МПАВ в мелкозернистом бетоне его деформативность снижается, а именно, при одной и той же величине напряжений сжатия, величина деформаций бетона имеет меньшие значения.

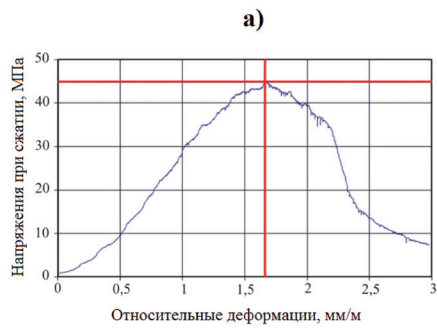
Следует отметить, что характер влияния МПАВ на взаимосвязь «напряжения – деформации» подобен изменению аналогичной взаимосвязи при изменении прочности высокопрочного бетона (рис. 3).

Во всех исследованных пределах содержания МПАВ деформативность бетона не превышала деформативность мелкозернистого бетона аналогичного состава без добавок.

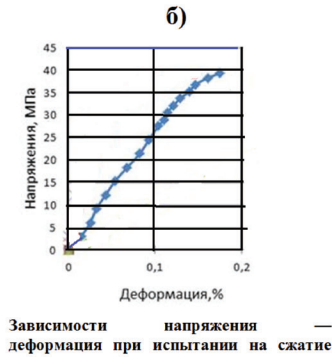
Кроме влияния на деформативные свойства мелкозернистого бетона, МПАВ оказывает влияние на величину призмной прочности $f_{cm,cube}$, соотношение между величиной $f_{cm,cube}$ и призмной прочностью. В пределах проведенного эксперимента, с увеличением содержания МПАВ, призмная прочность бетона увеличивается, кроме этого, увеличивается и отношение призмной прочности к кубиковой (рис. 4, 5).

Как показывают результаты эксперимента (рис. 4, 5), существует оптимальное содержание МПАВ в исследуемом бетоне, которое обеспечивает получение наибольшей величины, как кубиковой, так и призмной прочности. Величина этого содержания МПАВ зависит от состава бетона и уменьшается с уменьшением водоцементного отношения.

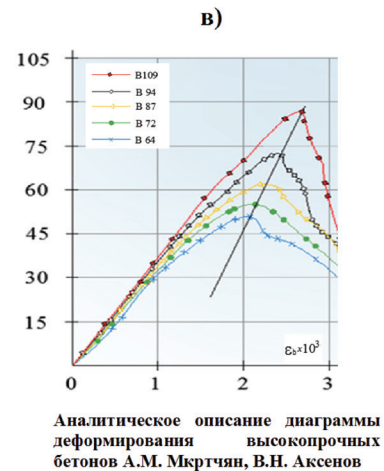
Предельные деформации сжатия с введени-



По данным [5]



По данным [6]



Аналитическое описание диаграммы деформирования высокопрочных бетонов А.М. Мкртчян, В.Н. Аксенов

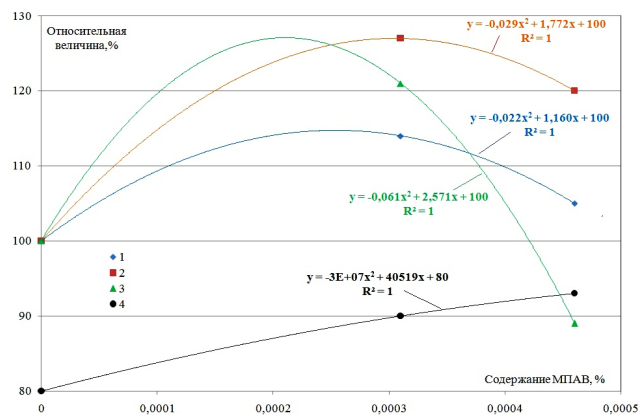


Рис.4. Влияние содержания МПАВ в бетоне на:
1 – $f_{cm.cube}$; 2 – призмную прочность; 3 – предельные деформации сжатия; 4 – отношение призмной прочности к $f_{cm.cube}$.

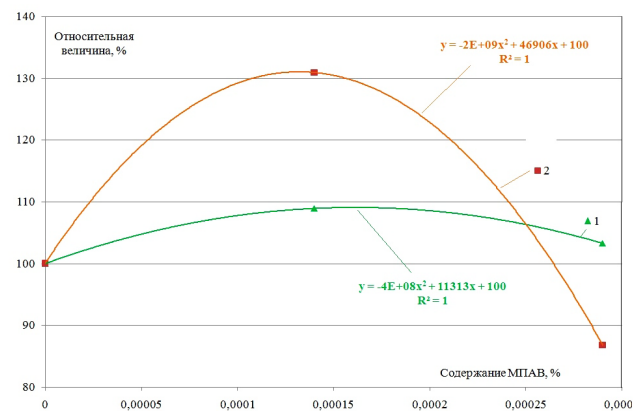


Рис.5. Влияние содержания МПАВ в бетоне на:
1 – призмную прочность;
2 – предельные деформации сжатия

ем в бетон МПАВ вначале увеличиваются, а затем уменьшаются. Наибольшими деформациями сжатия обладает бетон, обладающий наибольшей прочностью.

Отношение призмной прочности к кубиковой в пределах эксперимента так же, как и модуль деформации бетона, увеличивается с увеличением содержания МПАВ.

Рис.3. Зависимости «напряжения – деформации», полученные различными авторами.

ВЫВОДЫ

Проведенными исследованиями подтверждена возможность управления деформативными свойствами тонкозернистых цементных порошковых бетонов, приготовленных из бетонных смесей без щебня с тонкими фракциями реакционно-активных порошков горных пород, за счет применения мицеллообразующих ПАВ в качестве катализаторов реакций твердения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шишкина А.А. Пористые реакционные порошковые бетоны / А.А. Шишкина // Строительство уникальных зданий и сооружений, 2014. - № 8 (23). - С. 128-135.
2. Шишкин А.А. Щелочные реакционные порошковые бетоны / А.А. Шишкин // Строительство уникальных зданий и сооружений, 2014. - № 2 (17). - С. 56-65.
3. Шишкина А.А. Применение мицеллярного катализа при формировании прочности реакционного порошкового бетона // European Journal of Analytical and Applied Chemistry Scientific Journal. – № 1. – 2016. – С. 9-12.
4. Шишкина А.А. Влияние мицеллообразующих ПАВ на свойства бетона / А.А. Шишкина // Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури. – Вип. 60 - Одесса: Оптимум, 2015. – С. 359-364.
5. Фрактальный анализ кривых деформирования дисперсно-армированных мелкозернистых бетонов при сжатии / [Селяев В.П., Низина Т.А., Балыков А.С., Низин Д.Р. и др.] // Вестник ПНИПУ. Механика. – 2016. – № 1. – С. 129-146.
6. Ахмеднабиев Р.М. Влияние различных во-



локон на свойства фибробетонов / Р.М. Ахмеднабиев, А.М. Калиман, Н.Ю. Кравчук // Технические науки - от теории к практике: сб. ст. по матер. XXII межд. науч.-практ. конф. – Новосибирск: СибАК, 2013. – С. 24-38.

7. Бондаренко В.М. Физические основы прочности бетона / В.М. Бондаренко, В.П. Селяев, П.В. Селяев // Бетон и железобетон. – 2014. – № 4. – С. 2–5.
8. Римшин В.И. Построение диаграммы деформирования одноосно сжатого бетона / В.И. Римшин, А.Л. Кришан, А.И. Мухаметзянов // Вестник МГСУ. Проектирование и конструирование строительных систем. Проблемы механики в строительстве. – 2015. – № 6. – С. 23-31.

REFERENCES

1. Shishkina A. (2014). Porystue reaktsyonnie poroshkovie betony [The porous reactive powder concrete]. Stroitelstvo unikalnuh zdaniy i sooruzeniy - Construction of unique buildings and structures, Vol. 7(23). pp. 128-135 [in Russian].
2. Shishkin A. (2014). Shhelochnye reakcionnye poroshkovye betony [The alkaline reaction powder concretes]. Stroitelstvo unikalnuh zdaniy i sooruzeniy - Construction of unique buildings and structures, Vol. 2 (17). pp. 56-65 [in Russian].
3. Shishkina A. (2016). Primenenie micelljarnogo kataliza pri formirovanii prochnosti reakcionnogo poroshkovogo betona [The use of micellar catalysis in the formation of reactive powder concrete strength]. European Journal of Analytical and Applied Chemistry Scientific Journal, Vol. 1. pp. 9-12.
4. Shishkina A. (2015). Vlijanie micelloobrazujushhih PAV na svojstva betona [Effect of surfactant micelle-forming properties of the concrete]. Vestnik OGASA - Gazette OSABA, Vol. 60. pp. 359-364 [in Russian].
5. Selyaev V, Nizina T., Balikov A., Nizina D. (2016). Fraktal'nyj analiz krivyh deformirovanija dispersno-armirovannyh melkozernistyh betonov pri szhatii [Fractal analysis of the deformation curves of dispersion-reinforced fine concrete in compression]. Vestnik PNIPU. Mehanika - Gazette PNIPU. Mehaniks, Vol. 1. pp. 129-146 [in Russian].
6. Axmednabiev R., Kaliman A., Kravchuk N. (2013). Vlijanie razlichnyh volokon na svojstva fibrobetonov [The effect of different fibers on the properties of fiber-reinforced concrete] Proceedings from Engineering - From

Theory to Practice: XXII Mezhdunarodnaia nauchno-prakticheskaia konferentsia – XXII International Scientific and Practical Conference (pp. 24-38). Novosibirsk: SibAK [in Russian].

7. Bondarenko V., Celyaev V., Celyaev P. (2014). Fizicheskie osnovy prochnosti betona [Physical basis of concrete strength]. Beton i zhelezobeton. - Concrete and reinforced concrete. Vol. 4. pp. 2–5 [in Russian].
8. Rimshin V., Krishan A., Muhametzyanov A. (2015). Postroenie diagrammy deformirovanija одноосно szhatogo betona [Construction of the deformation diagram of uniaxial compression of concrete]. Vestnik MGSU. Proektirovanie i konstruirovanie stroitelnuh sistem. Problemu mehaniki v stroitelstve. – Gazette MGSU. Design and construction of building systems. Problems in building mechanics. Vol. 6. pp. 23-31 [in Russian].