

УДК 691.33

Морозов Н.М. – кандидат технических наук, доцентE-mail: nikola_535@mail.ru**Галеев А.Ф.** – студентE-mail: ayzat-galeev@rambler.ru**Казанский государственный архитектурно-строительный университет**

Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1

Роль суперпластифицирующих добавок в формировании прочности самоуплотняющегося бетона

Аннотация

Применение самоуплотняющегося бетона позволяет значительно повысить качество железобетонных изделий. Для его приготовления необходимо правильно подобрать суперпластификатор, который обеспечит низкое водоцементное отношение и хорошую подвижность. В данной статье рассмотрено влияние расхода цемента и суперпластификаторов на свойства мелкозернистой бетонной смеси, такие как плотность и воздухововлечение, и на кинетику набора прочности бетона.

Ключевые слова: самоуплотняющийся бетон, воздухововлечение, суперпластификатор, прочность.

Повышение качества железобетонных конструкций является одной из важных технологических задач производства. Эта задача решается путем совершенствования технологического оборудования при перемешивании бетонной смеси и формовании изделий из нее, либо улучшением состава самой смеси с целью повышения удобоукладываемости и снижения воздухововлечения. Для реализации второго направления во второй половине XX века появилось такое понятие как самоуплотняющийся бетон (СУБ) – бетон способный приобретать заданную ему форму, лишь за счет собственного веса [1]. СУБ имеет ряд особенностей отличающих его от обычного бетона: повышенный расход цемента, повышенный расход пластификаторов, уменьшенный расход крупного заполнителя, отличные реологические свойства [2-5].

Во многих регионах Поволжья особый интерес представляет мелкозернистый (песчаный) бетон, ввиду использования местных дешевых заполнителей [6, 7]. Поэтому основная цель проводимого исследования выяснить влияние расхода цемента и добавок в самоуплотняющемся мелкозернистом бетоне (МСУБ) на свойства бетонной смеси (далее БС) и бетона. Исходя из этого, поставлены задачи сравнить изменение плотности и воздухововлечения БС и оценить кинетику твердения бетона.

В качестве исходных материалов было использовано: портландцемент ЦЕМ I 42,5Б Мордовского цементного завода, соответствующий ГОСТ 31108-2003. В качестве заполнителей и наполнителей использовались: песок камского месторождения, микрокремнезем Челябинского электрометаллургического комбината марки МК-85. В качестве пластификаторов были взяты поликарбоксилатные добавки Melflux 2651F, Sika Visco Crete 5-600SK и ReoTech Degaset DR 8500 ZF. Воздухововлечение бетонной смеси измерялось прибором «Testing», действие которого основано на принципе определения искомой величины под давлением. Кинетика набора прочности измерялась на 3,7 и 28 сутки и испытания проводились по ГОСТ 10180-2012.

Получены результаты исследования влияния расхода цемента на свойства бетонной смеси, такие как плотность раствора и воздухововлечение и кинетики твердения бетона. Были приведены следующие составы самоуплотняющегося мелкозернистого бетона для исследования технологических свойств, представленные в табл. 1.

Таблица 1

Составы самоуплотняющегося мелкозернистого бетона

№	Цемент, кг	Песок, кг	МК, кг	Добавка Melflux 2651F, кг	В/Ц
1	400	1650	50	3	0,625
2	500	1600	50	3,75	0,53
3	600	1500	50	4,5	0,44
4	700	1400	50	5,25	0,42

При изготовлении образцов для испытаний МСУБ были проверены такие свойства технологические свойства как плотность бетонной смеси и воздухововлечение. Полученные результаты приведены на рис. 1.

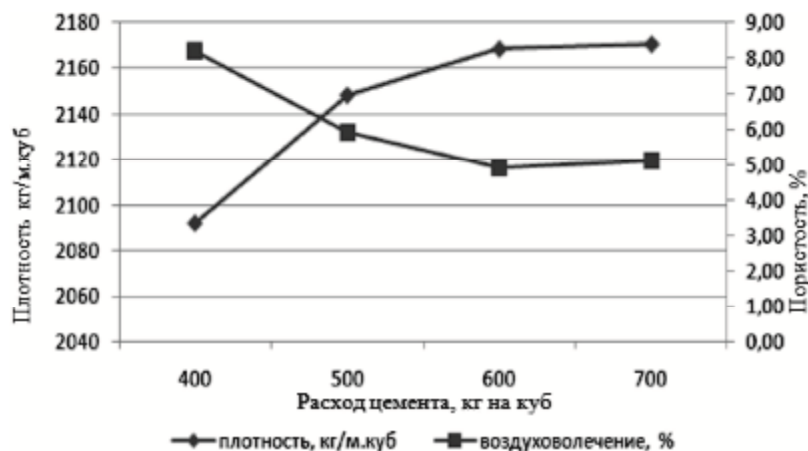


Рис. 1. Зависимость плотности и воздухововлечения от расхода цемента

На рис. 1 виден рост плотности бетонной смеси и снижение ее воздухововлечения при увеличении расхода цемента. Максимальная плотность достигнута при расходе цемента в 700 кг на м³, но разность значений по сравнению с расходом в 600 кг незначительна. Воздухововлечение с увеличением расхода цемента снизилось на 40 % и составило 5,1 %. Образцы МСУБ, хранящиеся в условиях нормального твердения, подвергались испытанию на сжатие в возрасте 3, 14 и 28 суток нормального твердения. Результаты испытаний приведены на рис. 2.

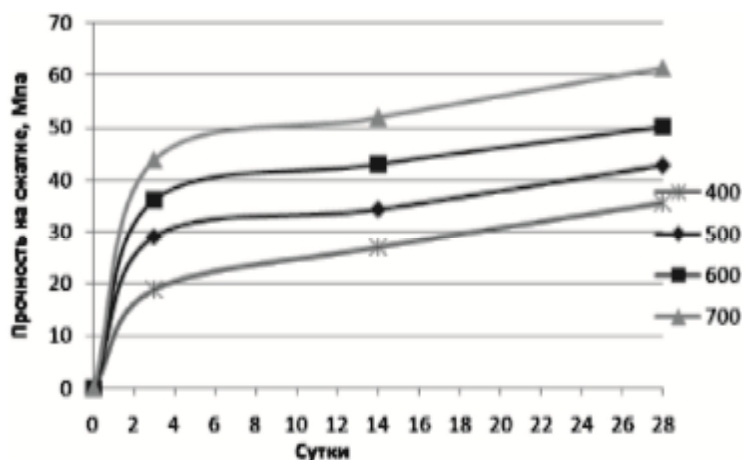


Рис. 2. Зависимость прочности бетона от расхода цемента

Из данного графика следует, что увеличение расхода цемента приводит к увеличению кинетики набора прочности и максимальной прочности на 28 суток. Так максимальная прочность на сжатие с 35,7 МПа при расходе цемента 400 кг на куб увеличилась на 42 % и составила при расходе в 700 кг – 61,3 МПа.

В процессе исследования было установлено, что при увеличении расхода цемента до 700 кг на м³ улучшаются свойства самоуплотняющейся бетонной смеси, растет плотность и снижается воздухововлечение. Так же при данном расходе увеличиваются прочностные показатели самоуплотняющегося мелкозернистого бетона.

Были проведены опыты по выявлению оптимальной дозировки суперпластификаторов. За основу взяты составы с расходом цемента 600 и песка камского месторождения 1600 кг на куб. В первом опыте рассматривалась добавка немецкого производителя марки Melflux с дозировками от 0,5 до 1,25 %, следующем

опыте была взята добавка Sika Visko Crete 5-600 SK с дозировкой от 1 до 2,5 %, после чего рассмотрен отечественный пластификатор ReoTech с дозировкой от 0,5 до 1,5 %.

Таблица 2

Составы самоуплотняющихся бетонов

№	Цемент, кг	Песок, кг	МК, кг	Добавки, %			В/Ц	ПК, мм
				Melflux	Sika 5-600	ReoTech		
1	600	1600	-	0,5			-	-
2	600	1600	-	0,75			-	-
3	600	1600	-	1,0			-	-
4	600	1600	-	1,25			-	-
5	600	1600	50	-			1	-
6	600	1600	50	-			1,5	-
7	600	1600	50	-			2	-
8	600	1600	50	-			2,5	-
9	600	1600	50	-			-	0,5
10	600	1600	50	-			-	1,0
11	600	1600	50	-			-	1,25
12	600	1600	50	-			-	1,5

Из табл. 2 видно, что наиболее эффективно В/Ц бетонных смесей снижает суперпластификатор Melflux в количестве 1 % от массы цемента, В/Ц в таком случае составляет 0,32. Однако наблюдается расслоение бетонной смеси, тогда как при использовании добавки Sika расслоение отсутствует. Минимальное В/Ц бетонной смеси с добавкой Sika 5-600 составляет 0,38 при дозировке 2,5 %. Составы бетона с добавкой ReoTech имеет максимальные показатели водопотребности среди исследуемых суперпластификаторов.

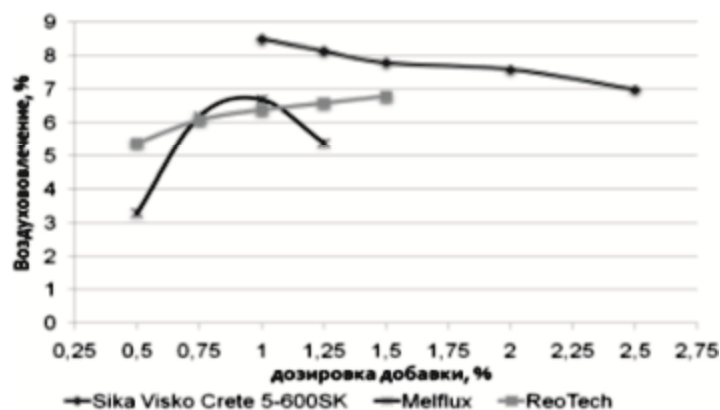


Рис. 3. Влияние добавок на воздухововлечение самоуплотняющегося бетона

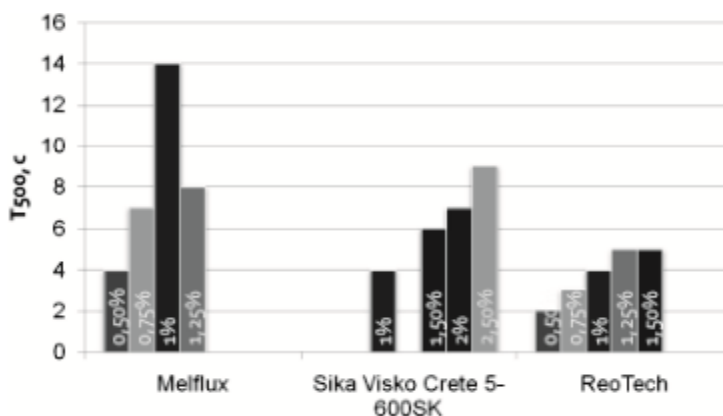


Рис. 4. Влияние добавок на показатель СУБ T500

Минимальное воздухововлечение самоуплотняющихся бетонных смесей достигается путем введения добавки Melflux в количестве 0,5 % и оно равно 3,3 %. У смесей с добавкой Sika при максимальной дозировке в 2,5 % воздухововлечение составляет 7 %. При увеличении дозировки суперпластификатора ReoTech воздухововлечение увеличивается с 5,4 до 6,8 %.

Одной из характеристик самоуплотняющихся бетонов является T500 – это время, за которое бетонная смесь растечется до диаметра 500 мм. Эта характеристика косвенно говорит о скорости сдвига бетонной смеси, что позволяет судить о вязкости растворов.

Как видно из рис. 4 при увеличении дозировки добавки Melflux до 1 % скорость сдвига снижается т.к. увеличивается время растекания, следовательно, повышает вязкость смеси при равной подвижности. Использование других пластификаторов аналогично влияет на характер изменения времени растекания раствора.

При исследовании кинетики твердения самоуплотняющихся бетонов наблюдается скорость и рост прочности при увеличении дозировки суперпластификатора Melflux (рис. 5). Максимальная прочность достигнута при дозировке добавки 1,25 % и составляет на 28 сутки 64 МПа. В составах бетона с суперпластификатором Sika VC5-600 SK максимальная прочность на 28 сутки при дозировке 2,0 % составила 61 МПа (рис. 6), однако здесь замедляется твердение в возрасте 3 суток по сравнению с добавкой Melflux. При увеличении дозировки суперпластификатора ReoTech (рис. 7) равномерное увеличение прочности с 31 до 50 МПа.

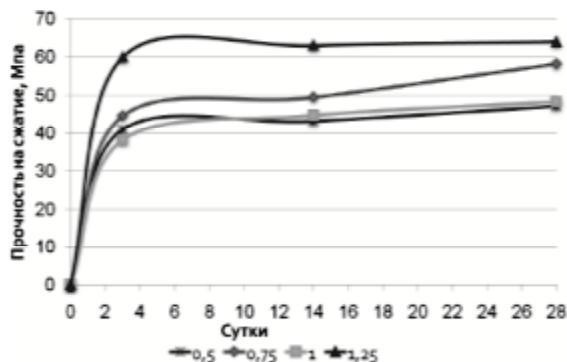


Рис. 5. Кинетика твердения самоуплотняющегося бетона с добавкой Melflux 2651F

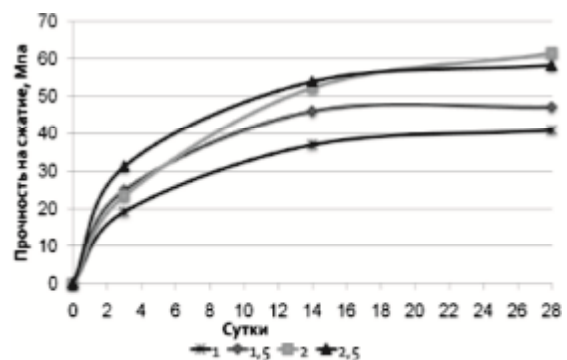


Рис. 6. Кинетика твердения самоуплотняющегося бетона с добавкой Sika Visko Crete 5-600SK

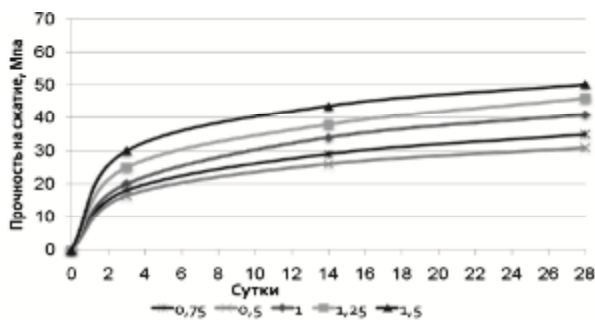


Рис. 7. Кинетика твердения самоуплотняющегося бетона с добавкой ReoTech Degaset DR 8500 ZF

Таким образом, показана возможность повышения прочностных характеристик самоуплотняющегося песчаного бетона за счет выбора вида суперпластификатора. Изучены технологические свойства СУБ при разных дозировках суперпластификаторов и расходе цемента. Установлено, что время растекания бетонной смеси при росте дозировок суперпластификаторов увеличивается, а минимальным воздуховолочением обладают составы СУБ с добавкой Melflux 2651F. При использовании данной добавки достигнута максимальная прочность самоуплотняющегося песчаного бетона 64 МПа.

Список использованных источников

1. Okamura Hajime, Ouchi Masahiro Self-Compacting Concrete // *Advanced Concrete Technology*, 2003, № 1. – P. 5-15.
2. Несветаев Г.В., Давидюк А.Н. Самоуплотняющиеся бетоны: прочность и проектирование состава // *Строительные материалы*, 2009, № 5. – С. 54-57.
3. Базанов С.М., Торопова М.В. Самоуплотняющийся бетон – эффективный инструмент в решении задач строительства. URL: <http://www.allbeton.ru/article/36/13.html> (дата обращения: 01.10.2016).
4. Horst G., Joerg R. Self compacting concrete – another stage in the development of the 5-component system of concrete // *Betontechnische Berichte*, Verein Deutscher Zementwerke, Dusseldorf, 2001. – P. 39-48.
5. Горбунов С.П., Федоров Ю.Б., Трофимов Б.Я., Гамалий Е.А. Эффективность пластифицирующих добавок в самоуплотняющихся растворных смесях // *Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: строительство и архитектура*, 2005, № 13 (53). – С. 43-49.
6. Чистов Ю.Д. Социально-эколого-экономическая целесообразность использования песчаных бетонов в современном строительстве // *Строительные материалы*, 2000, № 2. – С. 22-23.
7. Баженов Ю.М. Многокомпонентные мелкозернистые бетоны // *Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века*, 2001, № 10. – С. 24-25.

Morozov N.M. – candidate of technical sciences, associate professor

E-mail: nikola_535@mail.ru

Galeev A.F. – student

E-mail: ayzat-galeev@rambler.ru

Kazan State University of Architecture and Engineering

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

The role of superplasticizers in the formation of self-compacting concrete strength

Resume

The use of self-compacting concrete can significantly improve the quality of concrete products. To make it, you need to choose the right superplasticizer, which will provide a low water-cement ratio and good mobility. Especially important is the optimum dosage of plasticizer, as self-compacting concrete has a number of fine features, leading him to the sensitive bundle recipe: increased consumption of cement increased consumption of plasticizers, reduced consumption of filler, excellent rheological properties. This article discusses the effect of consumption of cement and superplasticizer on the properties of fine-grained concrete mix, such as density and air entrainment, and on the kinetics of a set of concrete strength. The possibility of increasing the strength characteristics of self-compacting concrete sand by choosing the type of superplasticizer. The regularities of time spreading of self-compacting concrete on the dosage of the superplasticizer.

Keywords: self compacting concrete, air entrainment, superplasticizer, strength.

Reference list

1. Okamura Hajime, Ouchi Masahiro Self-Compacting Concrete // Advanced Concrete Technology, 2003, № 1. – P. 5-15.
2. Nesvetaev G.V, Davidyuk A.N SCC: the strength and composition of design // Stroitelnye materialy, 2009, № 5. – P. 54-57.
3. Bazanov S.M, Toropova M.V Self-compacting concrete – an effective tool in dealing with construction problems. URL: <http://www.allbeton.ru/article/36/13.html> (reference date: 01.10.2016).
4. Horst G., Joerg R. Self compacting concrete – another stage in the development of the 5-component system of concrete // Betontechnische Berichte, Verein Deutscher Zementwerke, Dusseldorf, 2001. P. 39-48.c
5. Gorbunov S.P, Fedorov Y.B., Trofimov B.J., Gamal E.A. Efficiency plasticizing additives in self-compacting mortar // Vestnik Yuzhno-Ural'skogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: stroitel'stvo i arkhitektura, 2005, № 13 (53). – P. 43-49.
6. Chistov Y.D. Socio-ecological and economic feasibility of the use of sandy concrete in modern construction // Stroitel'nye materialy, 2000, № 2. – P. 22-23.
7. Bazhenov Y.M. Multi-grained concrete // Stroitel'nyye materialy, oborudovaniye, tekhnologii XXI veka, 2001, № 10. – P. 24-25.