

Суперпластификатор С-3 и его влияние на технологические свойства бетонных смесей

Ю.Г. Барabanщиков¹, М.В. Комаринский²

ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет», 195251, Россия, Санкт-Петербург, ул. Политехническая, 29.

Информация о статье

УДК 624.014, 624.046

Научная статья

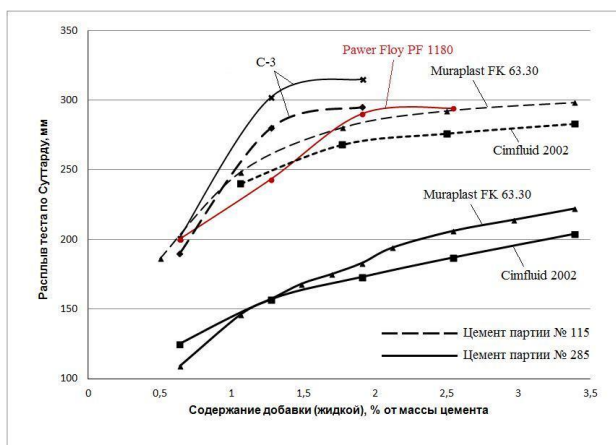
История

Подана в редакцию 21 мая 2014
Принята 10 июня 2014

Ключевые слова

суперпластификатор, бетонная смесь, удобоукладываемость, водоотделение, воздухововлечение.

АННОТАЦИЯ



В процессе подбора состава бетона возникла проблема избирательной совместимости поликарбоксилатов с цементом из разных партий. В некоторых случаях при поступлении очередной партии цемента подвижность бетонной смеси резко снижалась. Приходилось подбирать добавку заново. При выборе добавки исследовали ее влияние на технологические свойства бетонных смесей: удобоукладываемость, стойкость против водоотделения, воздухововлечение. Результаты испытаний показали, что добавка суперпластификатора на основе сульфированных нафталинформальдегидных смол (СНФ) по эффективности пластифицирующего действия не уступает гиперпластификаторам на основе поликар-боксилатов.

В отличие от поликарбоксилатов, добавка СНФ, обладает хорошей совместимостью с различными цементами, что обеспечивает стабильность характеристик бетонной смеси независимо от колебаний химического состава цемента. При увеличении содержания цемента в бетоне эффективность суперпластификатора возрастает, как в отношении удобоукладываемости, так и в отношении водоотделения бетонной смеси.

Содержание

Введение	59
Результаты сравнительных испытаний на совместимость поликарбоксилатов с цементами	59
Выбор подходящей добавки	60
С-3 и его влияние на технологические свойства бетонной смеси	61
Выводы	64

1

Контактный автор:

+ (812) 5341286, ugb@mail.ru (д.т.н., профессор Барabanщиков Юрий Германович)

2

+ (812) 297 5949, komarin@cef.spbstu.ru (к.т.н., доцент Комаринский Михаил Викторович)

Введение

Наиболее важными технологическими свойствами бетонных смесей являются удобоукладываемость, стойкость против водо- и раствороотделения, сохраняемость свойств во времени, воздухововлечение. Возможность получения высокоподвижных самоуплотняющихся бетонных смесей позволяет производить их укладку в труднодоступные, тонкостенные, густоармированные конструкции, что особенно важно при возведении уникальных зданий и сооружений, таких как объекты тепловой и атомной энергетики, спортивных комплексов, высотных зданий, гидротехнических сооружений. Литая консистенция смеси необходима при использовании бетононасосов, в том числе по напорной технологии [1].

В настоящее время, широко применяются добавки, позволяющие существенно повысить удобоукладываемость бетонных смесей. В зависимости от эффективности они получили название суперпластификаторов (СП) и гиперпластификаторов (ГП). В качестве первых используются, чаще всего, добавки на основе сульфированных нафталин-формальдегидных смол (СНФ), снижающие водопотребность бетонной смеси, примерно на 20-30 %, в качестве вторых – добавки на основе поликарбоксилатов, водоредуцирующая способность которых оценивается в 30-40 %. Существенным достоинством поликарбоксилатов является их способность повышать уровень защиты стальной арматуры от коррозии за счет уменьшения степени карбонизации бетона [2]. Пластифицирующее действие добавок СНФ многие исследователи объясняют увеличением сил электростатического отталкивания между цементными частицами [3]. Установлено, что в присутствии добавок СНФ-группы наблюдается задержка времени схватывания [4], что увеличивает живучесть смеси и допускает ее транспортировку на большие расстояния.

На отечественном строительном рынке имеется обширный выбор добавок на поликарбоксилатной основе, главным образом, зарубежных производителей, крупнейшими из которых являются Basf (Германия), Sika (Швейцария), MC-Bauchemie (Германия). Эффективность этих добавок на 20-30 % выше, чем СНФ-продуктов [5-6], однако стоимость и расход на 1 м³ бетона примерно в 1,5-2 раза выше. Кроме того, как отмечают исследователи [7-11], имеются проблемы совместимости поликарбоксилатов с теми или иными цементами. Совместимость ГП с цементами предполагает также определенное контролируемое вовлечение воздуха в бетонную смесь, соответствующее заданным условиям. Воздухововлечение в этом случае регулируется количеством антивспенивателя в составе добавки [12-13]. Факторами, влияющими на пластифицирующую способность ГП, являются удельная поверхность цемента, содержание в нем С₃A, Na₂O и SO₃ [14-16]. Отмечается также чувствительность поликарбоксилатов к низким температурам, что существенно для районов с суровым климатом.

Результаты сравнительных испытаний на совместимость поликарбоксилатов с цементами

Проблема избирательной совместимости поликарбоксилатов с цементами решается обычно сравнительными испытаниями и выбором наиболее эффективного представителя из тестируемой группы. Однако затруднения могут возникнуть в процессе строительства, если химический состав очередной партии цемента дает случайные отклонения в неблагоприятную сторону. Даже в случае нормированного состава портландцемента, получаемого из одной и той же печи, такое возможно.

В процессе подбора состава и испытаний бетона класса В60 на портландцементе ЦЕМ I 42,5Н ЗАО «Липецкцемент» с добавкой ГП Muraplast FK-63.30 (MC Bauchemie) мы обнаружили, что при замене цемента из одной партии поставки (№ 115) на другую (№ 285) подвижность бетонной смеси резко снизилась. Химический и минералогический состав цемента обеих партий отличался значениями, приведенными в таблице 1.

Таблица 1. Химико-минералогический состав портландцемента ЦЕМ I 42,5Н ЗАО «Липецкцемент» разных партий

№ партии	Химический состав, %										Минералогический состав, %			
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	R ₂ O	CaO _{св}	П.п.п.	Сумма	C ₃ S	C ₂ S	C ₃ A	C ₄ AF
115	22,04	4,57	3,57	66,25	2,38	0,10	0,43	0,38	0,18	99,90	66,44	13,06	6,06	10,85
285	21,02	4,84	3,79	66,56	1,58	0,18	0,46	1,07	0,28	99,78	73,33	4,94	6,40	11,52

Выбор подходящей добавки

Для выбора новой добавки проводили сравнительные испытания эффективности различных модификаторов на основе поликарбоксилатов с помощью вискозиметра Суттарда. Готовили цементное тесто с В/Ц=0,25, затем вводили добавку в виде жидкого продукта, поставляемого производителем, и перемешивали. Разжиженную таким образом смесь заливали в цилиндр вискозиметра и определяли распыл теста после вытекания из цилиндра. Результаты испытаний приведены на рисунке 1.

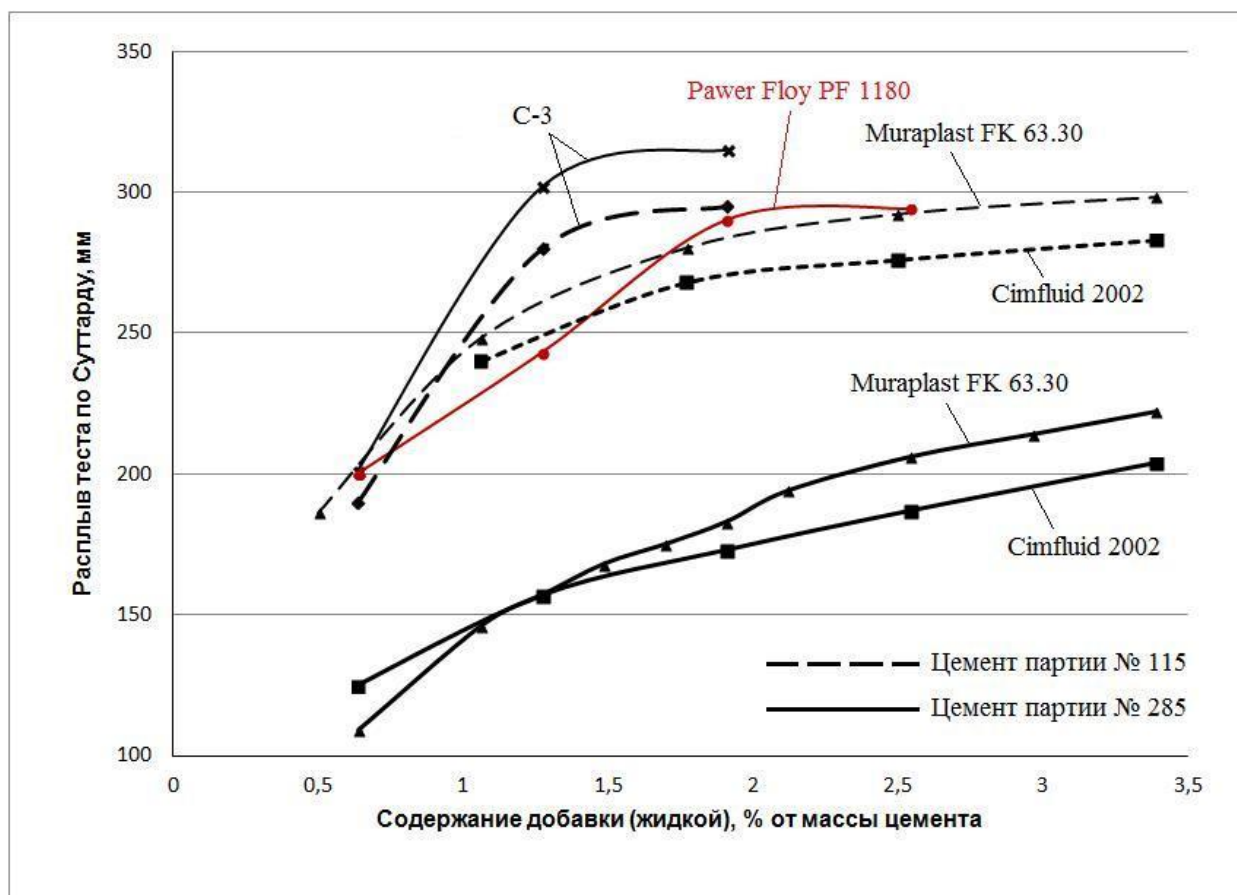


Рисунок 1. Оценка совместимости пластифицирующих добавок с цементами из разных партий

Как это видно из рисунка 1 ГП Muraplast FK-63.30 (МС Bauchemie) и Cimfluid 2002 (Axim) имеют примерно одинаковую эффективность, и при этом на цементе партии № 285 эффективность обеих добавок резко снижается. Для цемента этой партии из номенклатуры поликарбоксилатов производства компании МС Bauchemie удалось выбрать добавку Power Floy PF 1180, которая обеспечила заданную удобоукладываемость. В то же время, совершенно неожиданно действие отечественной добавки С-3 (ТУ 5745-001-97474489-2007) оказалось не хуже, а даже немного лучше действия поликарбоксилатов, несмотря на то, что эта добавка относится к суперпластификаторам и характеризуется меньшей эффективностью своего класса. Возможно, что в данном случае пластифицирующая способность поликарбоксилатов не проявилась в полной мере из-за особенностей данного цемента. Важным обстоятельством является то, что добавка С-3 не проявила никакой избирательности, и даже на проблемном цементе, каковым является цемент партии № 285, результат оказался лучше, чем на цементе партии № 115.

С-3 и его влияние на технологические свойства бетонной смеси

Влияние С-3 на свойства бетонных смесей с различными цементами исследовалось достаточно широко. Были установлены определенные различия в степени пластификации смесей в зависимости от вида цемента. Однако для большинства смесей, при замене цемента другим видом, уровень разжижающей способности С-3 изменялся в незначительных пределах [17,18]. Таким образом, добавка С-3, обладая стабильным действием, может применяться в бетонах с цементами различного минералогического состава и различных классов по прочности и марок по водонепроницаемости и морозостойкости.

Из рисунка 1 также видно, что с увеличением дозировки добавок подвижность смеси возрастает сначала достаточно интенсивно, а затем рост подвижности замедляется и стремится к своему завершению. То есть происходит своеобразное насыщение смеси добавкой. Увеличение дозировки сверх этого предельного значения не приводит к заметному росту подвижности, и, как правило, вызывает водоотделение. В случае С-3 такое насыщение происходит при значительно меньшей дозировке добавки.

Влияние добавки С-3 на характеристики бетонной смеси (подвижность, связность, воздухововлечение) исследовалось нами на составах с цементами производства ЗАО «Пикалевский цемент» двух классов: ЦЕМ I 42,5Н и ЦЕМ II/A-Ш 32,5Б при трех расходах цемента. Подвижность бетонной смеси характеризовалась осадкой нормального конуса и диаметром его расплыва. Водо- и раствооротделение определяли по ГОСТ 10181-2000, а воздухововлечение замерялось прибором С196 производства Matest и проверялось расчетным способом.

Проведенные испытания подтвердили стабильность действия добавки С-3 на бетонные смеси с цементами как одного, так и другого класса, а также показали одинаковый уровень пластификации этих смесей. Ниже приводим результаты исследования бетонных смесей на портландцементе ЦЕМ I 42,5Н при его содержании 280, 340 и 400 кг/м³, что практически соответствует пределам содержания цемента в бетонах, применяемых на строительстве.

Во всех исследуемых составах доля песка в смеси заполнителей была принята постоянной и равной $r=0,4$. Такое значение r на 5-12% больше оптимального значения, что способствует уменьшению расслоения и рекомендуется для бетонных смесей, перекачиваемых бетононасосными установками [19].

Основным показателем эффективности действия суперпластификаторов на бетонную смесь является степень их разжижающей способности. За эталон сравнения обычно принимают смесь без добавки с удобоукладываемостью 2-6 см по осадке нормального конуса [20].

Для получения сопоставимых результатов при сравнительном анализе эффективности добавки в бетонных смесях, отличающихся расходом цемента, использовали в опытах равноподвижные бетонные смеси [21], состав которых назначался с учетом закона постоянства водопотребности. Сущность этого закона заключается в том, что при постоянном расходе воды изменение расхода цемента в бетоне в пределах от 200 до 400 кг/м³, мало сказывается на подвижности бетонной смеси и практически подвижность можно считать постоянной. Эта закономерность с успехом применялась при исследованиях бетона с использованием математической теории планирования экспериментов.

В данной работе, в качестве эталонной была принята смесь с ОК=4 см. Такая подвижность является минимальной по условию транспортабельности смеси бетононасосными установками. Остальные составы также отвечают условиям перекачиваемости [22]. Рабочие составы эталонных бетонных смесей с ОК=4 см приведены в таблице 2.

Таблица 2. Составы эталонных бетонных смесей равной подвижности с ОК=4 см

Расход материалов на 1м ³ смеси, кг				Параметры состава смеси	
Цемент (Ц)	Вода (В)	Гравий (Г)	Песок (П)	В/Ц	$r = \frac{\Pi}{\Pi + \Gamma}$
280	190	1143	762	0,68	0,4
340	190	1113	742	0,56	0,4
400	190	1083	722	0,47	0,4

Добавка суперпластификатора С-3 вводилась в бетонную смесь вместе с водой затворения в дозировках (% по сухому веществу добавки) от 0 до 0,8 % от массы цемента, в расчете на сухое вещество добавки. Введение добавки в количестве, превышающем 0,8 %, практически не повышало подвижности бетонной смеси, что подтверждает результаты приведенных выше опытов.

Результаты испытаний по оценке влияния добавки С-3 на свойства бетонных смесей представлены в таблице 3.

Таблица 3. Свойства бетонных смесей, модифицированных суперпластификатором С-3

N п/п	Дозировка добавки, %	Параметры состава бетона			Основные свойства бетонных смесей			
		Ц, кг/м ³	В/Ц	r	ОК, см	Расплыв конуса D, см	Водоотделение, л/м ³	Воздухововлечение, %
1	0	400	0,47	0,40	4	20	6,44	1,96
2	0,2				14	32	-	2,0
3	0,4				20	45	5,8	2,05
4	0,6				22,5	56	4,0	2,3
5	0,8				24	60	3,6	2,6
6	0	340	0,56	0,40	4	20	-	-
7	0,2				13	30	-	-
8	0,4				18	38	-	-
9	0,6				20	48	-	-
10	0,8				22	53	-	-
11	0	280	0,68	0,40	4	20	8	2,5
12	0,2				12	28	8	-
13	0,4				16,5	35	-	2,65
14	0,6				18	40	7	2,9
15	0,8				19	44	6	3,2

На рисунках 2 и 3 показаны зависимости свойств бетонных смесей от содержания добавки суперпластификатора С-3.

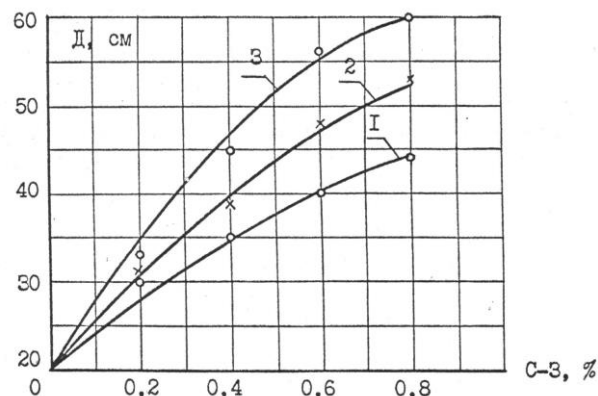
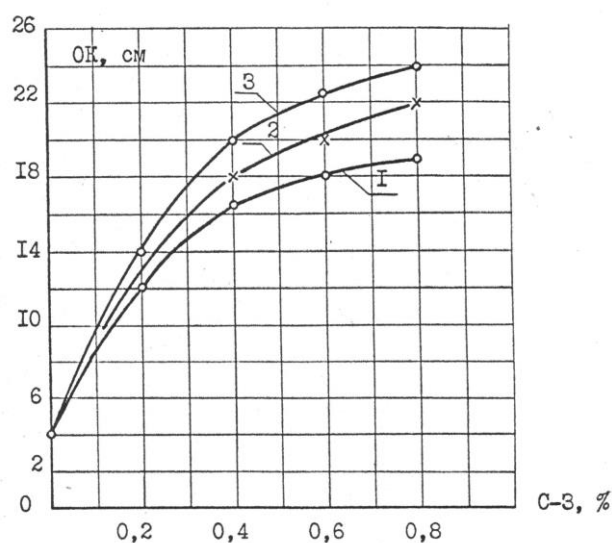


Рисунок 2. Зависимость осадки и расплыва конуса бетонных смесей от дозировки суперпластификатора С-3 при расходе цемента: 1 – 280; 2 – 340; 3 – 400 кг/м³

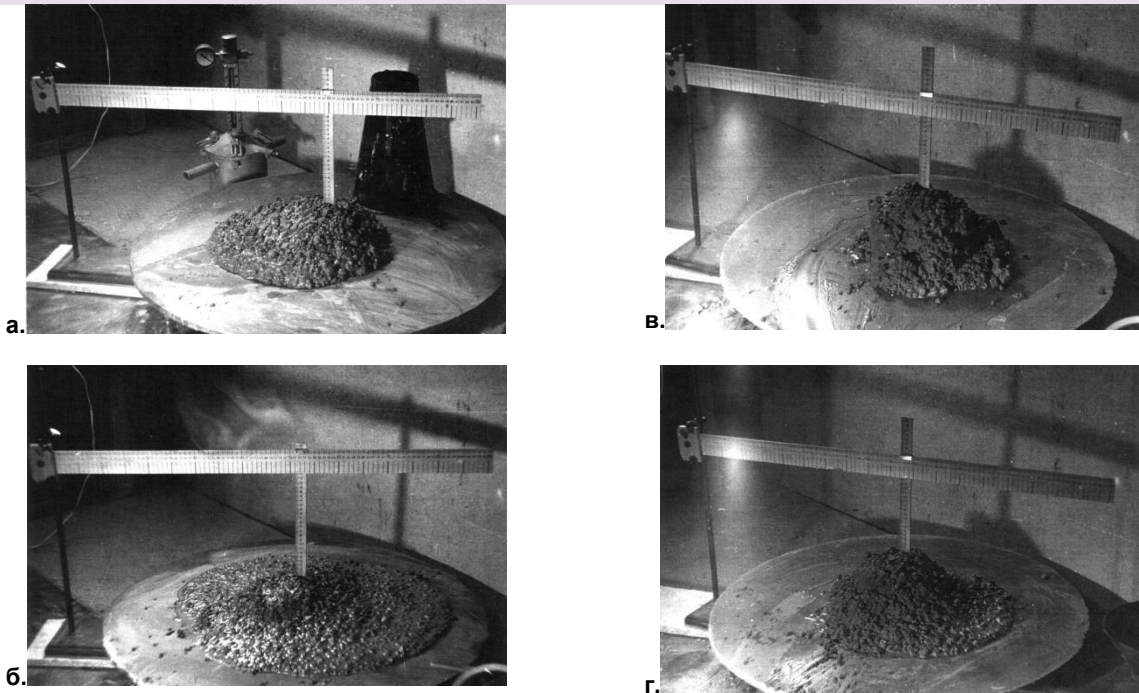


Рисунок 3. Влияние дозировки суперпластификатора С-3 на характер пластификации бетонной смеси с расходом цемента 400 и 280 кг/м³ соответственно

- а. Бетонная смесь с содержанием: С-3=0,4%; ОК=20см; D=45см
 б. Бетонная смесь с содержанием: С-3=0,8%; ОК=24см; D=60см
 в. Бетонная смесь с содержанием: С-3=0,4%; ОК=16,5см; D=35см
 г. Бетонная смесь с содержанием: С-3=0,8%; ОК=19см; D=44см

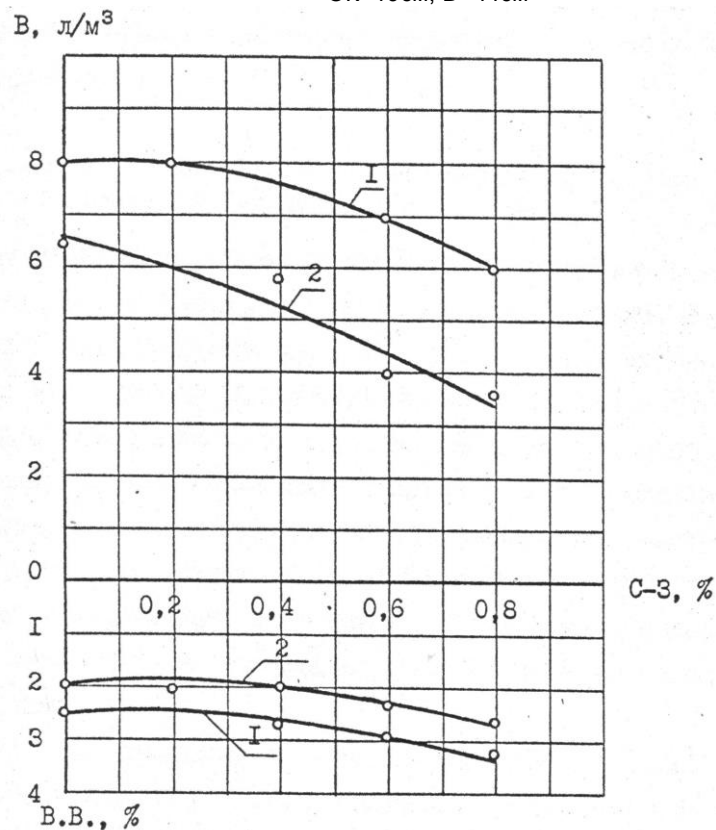


Рисунок 4. Влияние дозировки суперпластификатора С-3 на водоотделение и воздухововлечение бетонной смеси при расходе цемента: 1 – 280; 2 – 400 кг/м³

Выводы

Из приведенных результатов видно, что степень разжижения смеси добавкой С-3 зависит от расхода цемента. Так, расход цемента $C=400 \text{ кг/м}^3$ (рисунок 2) при содержании добавки 0,8 % позволяет получать более подвижные бетонные смеси с ОК=24 см, D=60 см и, в то же время, более связные с точки зрения водоотделения (рисунок 4), чем смеси с расходом цемента $C=280 \text{ кг/м}^3$ (ОК=19 см, D=44 см). При затворениях бетонной смеси было замечено, что в присутствии суперпластификаторов с увеличением количества смеси водопотребность ее снижается. Так подобранный на малой порции бетона расход воды на больших замесах приходилось снижать. Аналогичные результаты описаны в работе [23]

С увеличением дозировки С-3 при постоянном В/Ц имеет место уменьшение водоотделения смесей (рисунок 4). Это можно объяснить ростом воздухововлечения. При повышении содержания СП от 0 до 0,8 % содержание воздуха в бетонной смеси увеличилось на 0,6-0,7 % (абс.). С уменьшением расхода цемента водоотделение в бетонных смесях возрастает. Для его снижения рекомендуется повышение расхода цемента и применение совместно с СП воздухововлекающей добавки.

Проведенные опыты позволили убедиться в том, что такие показатели, как осадка и расплыв конуса не отражают реологии бетонной смеси. При одинаковом значении ОК смеси, содержащие СП имели разные характеристики текучести, что отмечено также в работе [15]. Кроме того, вязкость бетонных смесей, как тиксотропных систем, зависит от скорости механического воздействия на нее (перемешивания, перекачивания, вибрирования). Учет переменной вязкости тиксотропных систем был предложен в работах [24-26].

Исследования показали способность добавки С-3 к значительному разжижению бетонной смеси. При этом смесь с ОК=4 см разжижалась до подвижности по ОК более 20 см, а в опытах по расплыву теста (по Суттарду) суперпластификатор С-3 показал более высокую эффективность, чем использованные гиперпластификаторы. Кроме того, добавка С-3, в отличие от поликарбоксилатов, не обладает избирательным действием по отношению к различным цементам, что обеспечивает стабильность характеристик бетонной смеси на цементе разных партий, поставляемых в процессе строительства. При увеличении содержания цемента в бетоне эффективность суперпластификатора С-3 возрастает, как в отношении удобоукладываемости, так и в отношении водоотделения бетонной смеси.

Литература

1. Комаринский М.В. Производительность поршневого бетононасоса // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2013. № 6 (11). С. 43-49.
2. Zeng, C., Gong, M., Gui, M. et. al. (2012). Influence of superplasticizer on anti-carbonation property of concrete (Conference Paper). Applied Mechanics and Materials International. 2012. Vol.204-208. 2012. Pp. 3790-3794.
3. El-Didamony H., Heikal M., Aiad I. et. al. (2013). Behavior of delayed addition time of snf superplasticizer on microsilica-sulphate resisting cements. Ceramics – Silikaty, 2013. Vol.57. Issue 3. Pp. 232-242.
4. El-Didamony H., Aiad I., Heikal M., et. al. (2014). Impact of delayed addition time of SNF condensate on the fire resistance and durability of SRC-SF composite cement pastes. Construction and Building Materials. 2014. Vol. 50. Pp. 281-290.
5. The European guidelines for self-compacting concrete: specification, production and use. UK, 2005. - 21 p.
6. Исследование возможности модификации карбоксилатных пластификаторов в составе модифицированных бетонных смесей / Киски С.С., Агеев И.В., Пономарев А.Н., Козеев А.А., Юдович М.Е. // Инженерно-строительный журнал. № 8. 2012. С. 42-46.
7. Вовк А.И. Добавки на основе отечественных поликарбоксилатов // Журнал Технологии бетонов. № 4. 2013. С. 13-15.
8. Bian R.B., Miao C.W., Shen J. (2006). Review of chemical structures and synthetic methods for polycarboxylate superplasticizers. Eighth CANMET/ACI International Conference. Sorrento, Italy, 2006. Suppl. Papers, Pp.133-144.
9. Yamada K. A. (2009). summary of important characteristics of cement and superplasticizers. Proc. Of Ninth ACI International Conference. Seville, Spaine, 2009.
10. Fan W., Stoffelbach F., Rieger J. et al. (2012). A new class of organosilane-modified polycarboxylate superplasticizers with low sulfate sensiyivity. Cement and concrete Research, 2012. Vol. 42, Pp. 166-172.
11. Пономарев А.Н. Проблемы синергизма в наноструктурированных цементных вяжущих и анизотропных полимерных добавок в композиционных бетонах // VIII академические чтения РААСН, Самара, 2004. С. 419-423.
12. Łażniewska-Piekarczyk, B., Szwabowski, J. (2012). The influence of the type of anti-foaming admixture and superplasticizer on the properties of self-compacting mortar and concrete. Journal of Civil Engineering and Management. 2012. Vol.18. Issue 3. Pp. 408-415.
13. Golaszewski J., Szwabowski J., Soltysik P. (2012). Influence of air entraining agents on workability of fresh high performance concrete. Proceedings of the International Conference on Admixtures - Enhancing Concrete Performance. 2005. Pp. 171-182.
14. Gołaszewski J. (2012). Influence of cement properties on new generation superplasticizers performance. Construction and Building Materials. 2012. Vol. 35. Pp. 586-596.
15. Griesser A., Jacobs F., Hunkeler F. (2005). Influence of different super-plasticizers on the rheological properties of mortars. Proceedings of the International Conference on Admixtures - Enhancing Concrete Performance. 2005. Pp. 141-148.
16. Barabanshchikov Yu.G., Komarinskiy M.V. (2014). Influence of superplasticizer S-3 on the technological properties of concrete mixtures. Advanced Materials Research. 2014. Vol. 941-944. Pp 780-785.
17. Борисов А. А., Калашников В. И., Ащеулов П. В. Классификация реакционной активности цементов в присутствии суперпластификаторов // Строительные материалы. 2002. № 1. С. 10-12.
18. Song Han, PeiYu Yan, Xiang Ming Kong. (2011). Study on the compatibility of cement-superplasticizer system based on the amount of free solution. Technological Sciences. 2011. Vol. 54. Issue 1. Pp. 183-189.
19. Experience in the use of admixture. (1980). Precast Concrete. 1980. Vol.11. Issue 5. Pp. 211-215.
20. Несветаев Г. В. Эффективность применения суперпластификаторов в бетонах // Строительные материалы. 2006. № 10. С. 23-25.
21. Применение зол и золошлаковых отходов в строительстве / Ватин Н.И., Петросов Д.В., Калачев А.И., Лахтинен П. // Инженерно-строительный журнал. 2011. № 4. С. 16-21.

22. Инструкция по транспортировке и укладке бетонной смеси в монолитные конструкции с помощью автобетоносмесителей и автобетононасосов. [электронный ресурс] URL: http://snipov.net/c_4646_snip_106285.html (дата обращения: 05.06.2013)
23. Gołaszewski J. (2006). The influence of cement paste volume in mortar on the rheological effects of the addition of superplasticizer (Conference Paper). *Brittle Matrix Composites 8, BMC 2006*, Pp. 441-450.
24. Барабанщиков Ю.Г. Оптимизация процесса формования строительных изделий путем согласования свойств материала с режимом обработки // *Известия высших учебных заведений. Строительство*. 2005. № 3. С. 45-50.
25. Барабанщиков Ю.Г., Семенов К.В. О повышении пластичности бетонных смесей в гидротехническом строительстве // *Гидротехническое строительство*. 2007. № 5. С. 24-27.
26. Барабанщиков Ю.Г. Трение водосодержащих дисперсных смесей по металлической поверхности / Автореферат дис. на соиск. учен. степ. д.т.н., Спец. 05.02.04 – СПб, 2011. 31 с.

Superplasticized technological properties of concrete mixtures

Yu.G. Barabanshchikov¹, M.V. Komarinskiy²

Saint-Petersburg Polytechnical University, 29 Polytechnicheskaya st., St.Petersburg, 195251, Russia

ARTICLE INFO

Original research article

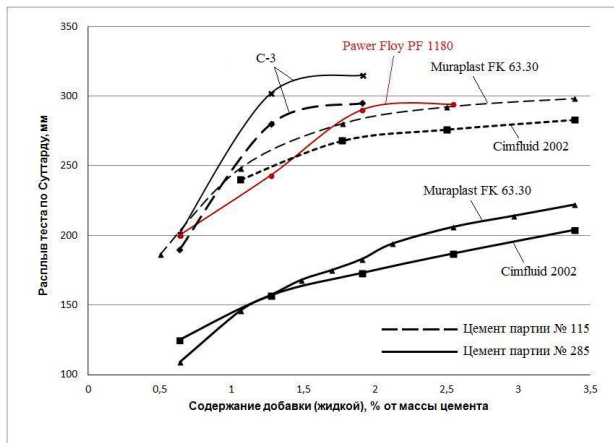
Article history

Received 21 May 2014
Accepted 10 June 2014

Keywords

superplasticizer,
concrete mix,
workability,
water gain,
mortar separation,
air entrainment.

ABSTRACT



Studies have shown the ability of the *Additive-3* (C-3) in a significant dilution of the concrete mix. The mixture with OK=4 cm thinned to mobility OK more than 20 cm, and in experiments on the blurring of the test (for Suttardu) superplasticizer C-3 showed higher efficiency than superplastifikatory used. Furthermore, the addition of *Additive-3* (C-3), unlike the polycarboxylates not possesses selective activity against various cements, which ensures the stability characteristics of the cement concrete mix different batches supplied during construction. With increasing content of cement in the concrete superplasticizer efficiency increases C-3, both in respect of workability and in relation to the concrete mix water separation.

1

Corresponding author:

+ (812) 5341286, ugb@mail.ru (D.Sc., Professor Yuri Germanovich Barabanshchikov)

2

+ (812) 297 5949, komarin@cef.spbstu.ru (Ph.D., Associate Professor, Mikail Viktorovich Komarinskiy)

References

1. Komarinskiy M.V. (2013). A productivity of reciprocating concrete pump. Construction of Unique Buildings and Structures. 2013. Vol. 11. Issue 6. Pp. 43-49. (rus)
2. Zeng, C., Gong, M., Gui, M. et. al. (2012). Influence of superplasticizer on anti-carbonation property of concrete (Conference Paper). Applied Mechanics and Materials International. 2012. Vol.204-208. 2012. Pp. 3790-3794.
3. El-Didamony H., Heikal M., Aiad I. et. al. (2013). Behavior of delayed addition time of snf superplasticizer on microsilica-sulphate resisting cements. Ceramics – Silikaty, 2013. Vol.57. Issue 3. Pp. 232-242.
4. El-Didamony H., Aiad I., Heikal M., et. al. (2014). Impact of delayed addition time of SNF condensate on the fire resistance and durability of SRC-SF composite cement pastes. Construction and Building Materials. 2014. Vol. 50. Pp. 281-290.
5. The European guidelines for self-compacting concrete: specification, production and use. UK, 2005. - 21 p.
6. Kiski S. S., Ageyev I. V., Ponomarev A.N. et. al. (2012). Investigation of carboxylate plasticizer modification potential in modified fine-grained concrete. Magazine of Civil Engineering. 2012. Vol. 34. Issue 8. Pp. 42-46.
7. Vovk A.I. (2013). Additives based on domestic polycarboxylates. Zhurnal Tekhnologii betonov. Issue 4. 2013. Pp. 13-15.
8. Bian R.B., Miao C.W., Shen J. (2006). Review of chemical structures and synthetic methods for polycarboxylate superplasticizers. Eighth CANMET/ACI International Conference. Sorrento, Italy, 2006. Suppl. Papers, Pp.133-144.
9. Yamada K. A. (2009). summary of important characteristics of cement and superplasticizers. Proc. Of Ninth ACI International Conference. Seville, Spaine, 2009.
10. Fan W., Stoffelbach F., Rieger J. et al. (2012). A new class of organosilane-modified polycarboxylate superplasticizers with low sulfate sensiyivity. Cement and concrete Research, 2012. Vol. 42, Pp. 166-172.
11. Ponomarev A.N. (2004). Problems synergy in nanostructured cement binders and polymer additives in anisotropic composite concretes. VIII academic reading RAASN, Samara, 2004. Pp. 419-423.
12. Łażniewska-Piekarczyk, B., Szwabowski, J. (2012). The influence of the type of anti-foaming admixture and superplasticizer on the properties of self-compacting mortar and concrete. Journal of Civil Engineering and Management. 2012. Vol.18. Issue 3. Pp. 408-415.
13. Golaszewski J., Szwabowski J., Soltysik P. (2012). Influence of air entraining agents on workability of fresh high performance concrete. Proceedings of the International Conference on Admixtures - Enhancing Concrete Performance. 2005. Pp. 171-182.
14. Gołaszewski J. (2012). Influence of cement properties on new generation superplasticizers performance. Construction and Building Materials. 2012. Vol. 35. Pp. 586-596.
15. Griesser A., Jacobs F., Hunkeler F. (2005). Influence of different super-plasticizers on the rheological properties of mortars. Proceedings of the International Conference on Admixtures - Enhancing Concrete Performance. 2005. Pp. 141-148.
16. Barabanshchikov Yu.G., Komarinskiy M.V. (2014). Influence of superplasticizer S-3 on the technological properties of concrete mixtures. Advanced Materials Research. 2014. Vol. 941-944. Pp 780-785.
17. Borisov A.A., Kalashnikov V.I., Ashcheulov P.V. (2002). Klassifikatsiya reaktsionnoy aktivnosti tsementov v prisutstvii superplastifikatorov [Classification reactivity of cement in the presence of superplasticizers]. Stroitelnyye materialy. 2002. Issue 1. Pp. 10-12. (rus)
18. Song Han, PeiYu Yan, Xiang Ming Kong. (2011). Study on the compatibility of cement-superplasticizer system based on the amount of free solution. Technological Sciences. 2011. Vol. 54. Issue 1. Pp. 183-189.
19. Experience in the use of admixture. (1980). Precast Concrete. 1980. Vol.11. Issue 5. Pp. 211-215.
20. Nesvetayev G. V. (2006). Effektivnost primeneniya superplastifikatorov v betonakh. Stroitelnyye materialy. [Effectiveness of superplasticizers in concrete] 2006. Issue 10. Pp. 23-25.
21. Use of ashes and ash-and-slad wastes in construction / Vatin N.I., Petrosov D.V., Kalachev A.I., Lahtinen P. (2011). Magazine of Civil Engineering. 2011. Issue 4. Pp. 16-21.

22. Instructions for transporting and laying concrete in monolithic structures using mixers and concrete pump. [web source] URL: http://snipov.net/c_4646_snip_106285.html (date of reference: 05.06.2013)
23. Gołaszewski J. (2006) The influence of cement paste volume in mortar on the rheological effects of the addition of superplasticizer (Conference Paper). *Brittle Matrix Composites 8, BMC 2006*. Pp. 441-450.
24. Barabanshchikov Yu.G. (2005). *Optimizatsiya protsessa formovaniya stroitelnykh izdeliy putem soglasovaniya svoystv materiala s rezhimom obrabotki*. [Optimization of the molding process of building products by harmonizing the material properties with processing mode] *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Stroitelstvo*. 2005. Issue 3. Pp. 45-50.
25. Barabanshchikov Yu.G., Semenov K.V. (2007). *O povyshenii plastichnosti betonnykh smesey v gidrotekhnicheskom stroitelstve*. [About increase plasticity of concrete mixes in hydraulic engineering] *Gidrotekhnicheskoye stroitelstvo*. 2007. Issue 5. Pp. 24-27.
26. Barabanshchikov Yu.G. *Treniye vodosoderzhashchikh dispersnykh smesey po metallicheskoy poverkhnosti* [Friction water-based dispersion of mixtures for metal surface] / Dissertation of D.Sc. Spec. 05.02.04 – SPb, 2011. 31 p.