

ВЛИЯНИЕ РЕЦЕПТУРНЫХ ФАКТОРОВ НА ПРОЧНОСТЬ САМОУПЛОТНЯЮЩЕГОСЯ БЕТОНА

Студ. Бершадский А.А., гр. АД-224, студ. Гридачев Д.Ю., гр. ТВ-210, инж. Гарашенко Д.И.

Научный руководитель: д.т.н., проф. Барабаш И.В.

Одесская государственная академия строительства и архитектуры

1. Введение. Бетон является одним из наиболее применяемых материалов в строительной индустрии [1]. Целый ряд признаков, в именно, доступность сырьевых компонентов, прочность, долговечность, экологическая безопасность и экономичность придают бетону высокую конкурентоспособность на рынке строительных материалов. Особое место в ряду разновидностей бетонов принадлежит самоуплотняющимся бетонам (СУБ). Свежеприготовленная бетонная смесь таких бетонов может самостоятельно, под воздействием собственной массы, заполнять форму, освобождаясь при этом от вибрационного и процессе перемешивания воздуха. Преимущества укладки таких бетонных смесей в конструкции по сравнению с обычными смесями, требующих виброуплотнения, очевидны. Сюда следует отнести снижение массы конструкции опалубки, повышение производительности бетонирования, увеличение прочности сцепления бетона с арматурой.

2. Современное состояние проблемы исследований. Самоуплотняющийся бетон (self-compacting concrete) представляет собой бетон, смесь исходных компонентов которого в начальный момент приготовления может самостоятельно, без вибрации, заполнять приданную ей форму [2, 3]. Такая бетонная смесь характеризуется распылением стандартного конуса не менее 60 см, что позволяет отнести её к маркам бетонной смеси по национальной классификации F4 и F5. Столь высокая подвижность бетонной смеси достигается особенностями ее состава [4, 5]:

- а) наличием водоредуцирующей добавки – суперпластификатора поликарбоксилатного типа;
- б) повышенным значением коэффициента r – доли кварцевого песка в смеси мелкого и крупного заполнителя;
- в) наличием тонкодисперсной минеральной добавки [6, 7].

Повышенная концентрация мелкого заполнителя в смеси заполнителей, а также наличие тонкодисперсной минеральной добавки приводят к увеличению количества воды затворения для обеспечения требуемой подвижности бетонной смеси [8]. Повышение водосодержания смеси компонентов самоуплотняющегося бетона приводит к снижению его прочности.

Оптимизация рецептурных факторов (концентрация водоредуцирующей добавки, содержание микрокремнита и полипропиленовой фибры) за счет применения планированного эксперимента позволит снести к минимуму расход воды затворения, что обеспечит получение бетонов с прочностью при сжатии 40...50 МПа.

3. Цель и задача исследований. Целью работы являлось получение самоуплотняющегося бетона на рядовых минеральных заполнителях с поликарбоксилатным суперпластификатором Релаксол-Супер ПК, добавкой микрокремнита и полипропиленовой фибры

Для достижения поставленной цели была поставлена следующая задача исследований: оценить совместное влияние суперпластификатора, микрокремнита и полипропиленовой фибры на прочность при сжатии самоуплотняющегося бетона в 3-х и 28-и суточном возрасте.

4. Материалы и методы исследований бетонной смеси и бетона

4.1. Исходные сырьевые материалы и оборудование, которые использовались в эксперименте. Исследования проводились с использованием чистоклинкерного портландцемента активностью 48,0 МПа, полученного совместным помолом портландцементного клинкера и двуводного гипса (3%) в лабораторной шаровой мельнице. В качестве водоредуцирующей добавки к портландцементу использовалась поликарбоксилатный суперпластификатор Релаксол-Супер ПК. Роль активной минеральной добавки отводилась микрокремнезему, концентрация которого варьировалась в диапазоне от 0 до 10% массы портландцемента. В качестве волокнистого наполнителя использовалась полипропиленовая фибра.

4.2. Методики определения свойств бетонной смеси и бетона. Определение расплыва бетонной смеси осуществлялось с помощью перевернутого конуса Абрамса. Прочность бетона при сжатии определялась путем испытания образцов-кубов с ребром 10 см.

5. Результаты исследований прочности бетонных образцов. В качестве базового состава был принят бетон с расходом портландцемента в количестве 460 кг/м³. Роль мелкого заполнителя отводилась кварцевому песку с $M_{45} = 2,5$. Его расход составлял 785 кг/м³. В качестве крупного заполнителя применялся гранитный щебень фракции 5-10 и 10-20 в количестве 835 кг/м³. Соотношение по массе между фракциями щебня было принято 1+0,82, что обеспечивало его максимальную насыщенную плотность. Количество воды затворения выбиралось из условия получения бетонной смеси с расплывом конуса не менее 60 см. В качестве водоредуцирующей добавки к бетонной смеси использовался Релаксол-Супер ПК в количестве от 0,5 до 1,5% от массы вяжущего. Прочность бетона при сжатии определялась путем испытания образцов-кубов с ребром 10 см. Для выяснения влияния добавки Релаксол-Супер ПК, полипропиленовой фибры и микрокремнезема на прочность СУБ был поставлен 3-х факторный эксперимент. Уровни варьирования вышеуказанных факторов были приняты следующие:

X_1 – содержание полипропиленового волокна в вяжущем, 0,5±0,5%;

X_2 – содержание микрокремнезема в вяжущем, 5±5%;

X_3 – содержание добавки Релаксол-Супер ПК в вяжущем, 1,0±0,5%.

В табл. 1 приведены уровни независимых факторов и результаты прочности бетонных образцов при сжатии в 3-х и 28-и суточном возрасте.

Таблица 1

Уровни варьирования независимых факторов и значения прочности при сжатии бетонных образцов в 3-х и 28-и суточном возрасте

№	Уровни варьирования факторов			Полипропиленовая фибра, % от массы вяжущего	Микрокремнезем, % от массы вяжущего	Супер-ПК, % от массы вяжущего	Отклики $f_{\text{сж}}, \text{МПа}$	
	X_1	X_2	X_3				Возраст	3 сут
1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	1	2	3	4	5	6	7	8
1	-	-	-	0	0	0,5	10,0	24,7
2	-	+	-	0	10	0,5	13,7	33,2
3	0	0	-	0,5	5	0,5	12,4	30,1
4	+	-	-	1	0	0,5	10,4	26,3
5	+	+	-	1	10	0,5	14,2	34,2
6	-	0	0	0	5	1	14,6	35,5
7	0	-	0	0,5	0	1	12,6	31,3
8	0	0	0	0,5	10	1	15,2	36,6
9	0	+	0	0,5	5	1	16,1	39

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	+	0	0	1	0	1	15,5	37,1
11	-	-	+	0	10	1,5	14,4	35,1
12	-	+	+	0	3	1,5	18,4	44,9
13	0	0	+	0,5	0	1,5	16,5	40,2
14	+	-	+	1	10	1,5	15,3	37,1
15	+	+	+	1	3	1,5	18,7	45,4

В результате статистической обработки экспериментальных данных получены полиномиальные модели (1),(2) зависимости прочности бетона при сжатии от независимых факторов X_1 , X_2 , X_3 в 3-х и 28-и суточном возрасте. Расчет полиномиальных моделей производится методом наименьших квадратов с последовательным регрессионным анализом – программа системы Сompex (проф. Волинесенский В.А.)

$$f_{\text{сж}}^{3\text{сут}} = 14,9 + 0,3X_1 - 0,1X_1X_2 + 1,8X_2 - 0,4X_2^2 + 2,3X_3 + 0,3X_3^2 \quad (1)$$

$$f_{\text{сж}}^{28\text{сут}} = 36,2 + 0,8X_1 + 0,3X_1^2 - 0,3X_1X_2 + 4,2X_2 - 0,9X_2^2 + \\ + 0,22X_2X_3 + 5,3X_3 - 0,4X_3^2 \quad (2)$$

Анализ математических моделей (1) и (2) свидетельствует о том, что определяющее влияние на прочность бетона в 3-х и 28-и суточном возрасте оказывает содержание в нем суперпластифицирующей добавки Реликол-Супер ПК. При увеличении содержания добавки от 0,5 до 1,5 % массы вяжущего прирост прочности бетона (при значениях факторов X_1 и X_3 на уровне -1) в 3-х суточном возрасте составляет 20%, а в 28-и суточном возрасте – 29%. Следующим по значимости влияния на прочность бетона является расход микрокремнезема в вяжущем. Увеличение его концентрации в портландцементе от 0 до 10% приводит к повышению прочности бетона не больше, чем на 20%. Наименьшее влияние на прочность бетона при сжатии оказывает полипропиленовая фибра – увеличение ее концентрации от 0 до 1 % массы вяжущего приводит к возрастанию прочности бетона не больше, чем на 5+7%. Графическое отображение кинетики нарастания прочности бетона в зависимости от концентрации суперпластифицирующей поликарбоксилатной добавки приведено на рис.1.

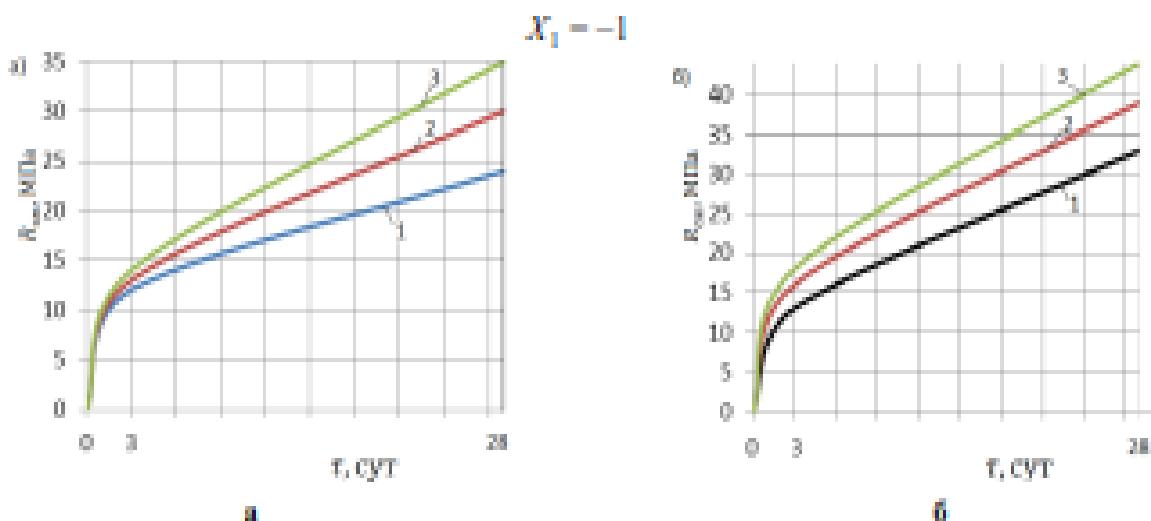


Рис.1. Кинетика нарастания прочности бетона во времени

а) содержание микрокремнезема в вяжущем 0%;

б) содержание микрокремнезема в вяжущем 10% ;

1,2,3- концентрация Реликол-Супер ПК соответственно 0,5; 1,0 и 1,5% от массы вяжущего.

6. Вывод. Совместное использование Реликсол-Супер ПК (концентрация до 1,5% массы вяжущего), минералитаума (3-10% массы вяжущего) и полипропиленовой фибры в количестве 0,5 – 1% обеспечивают получение самоуплотняющихся бетонных смесей с расплывом конуса не менее 60 см и бетона с прочностью при сжатии в 28-и суточном возрасте не менее 45 МПа.

ЛІТЕРАТУРА

1. Баженов Ю.М. Технология бетона / Ю.М. Баженов – М.: Изд-во АВС, 2003. – 900с.
2. Умеров-Маршак А.В. Бетоноведение: Лексикон /А.В. Умеров-Маршак // М.: РИФ «Стройинтерна», 2009. – 112 с.
3. Болотких О.Н. Самоуплотняющиеся бетоны и его преимущества / О.Н. Болотких // Будівельні матеріали та санітарна техніка. – 2013. – Вип. 49. – С. 92 – 97.
4. Okamura H., Ouchi M. Self-Compacting Concrete / H. Okamura, M. Ouchi // Journal of Advanced Concrete Technology. – April, 2003. – Vol. 1. – No. 91 – P. 5 – 15.
5. Kuch H., Palzer S. Selbstverdichtender Beton zur Herstellung von Betonwaren und fertigteilen / H. Kuch, S. Palzer // Beton. – 2003. – №91. – P. 10 – 12.
6. Sztabowski J. Technologia betonu samozagęszczalnego / J. Sztabowski // Krakow: Stowarzyszenie Producentów Cementu. – 2010. – P. 160.
7. Коваль С.В., Савченко С.В. Влияние добавки на однородность прочности бетона в строительном элементе / С.В. Коваль, С.В. Савченко // Вісник ДонНДА. – вип. 2013 – 1(99) – С. 121 – 126.
8. Гаранис И.М., Лахтирина С.В. и др. Подбор состава самоуплотняющегося бетона без минеральных добавок для использования в трубобетонных конструкциях / И.М. Гаранис, С.В. Лахтирина, Н.М. Зайченко, А.В. Танасогло, С.Н. Баклаев, С.В. Гаранис // Современное промышленное и гражданское строительство ДонНАСА. – 2013. – Т.11. – №3. – С. 119 – 130.