



Исследование влияния комплексной добавки микрокремнезема и отсева дробления бетонного лома на свойства самоуплотняющегося бетона

П.А. Жидков, Т.А. Иванова

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет

Аннотация: Статья отражает результаты исследования самоуплотняющегося бетона с добавкой микрокремнезема отсева дробления бетонного лома. В работе приведены расчетные составы и результаты физико-механических испытаний полученных самоуплотняющихся бетонов. Проведена оценка влияния добавки микрокремнезема и отсева дробления бетона на свойства бетона. Установлено, что при использовании комплексной добавки возможно получение бетона класса В80 с прочностью не менее 60 МПа через 7 суток твердения в нормальных условиях. Отмечены высокие показатели по морозостойкости такого бетона. Сделан вывод о возможности применения комплексной добавки и потенциальных преимуществах ее применения в самоуплотняющихся бетонах.

Ключевые слова: самоуплотняющийся бетон, микрокремнезем, активные минеральные добавки, отсев дробления бетона, бетон, бетонный лом, тонкокомлотый наполнитель, вторичный заполнитель, строительные отходы, определение механических характеристик бетона, высокопрочный бетоны, МК-85

Введение

В современной строительной отрасли быстро развиваются новые технологии в области проектирования бетонных смесей, все большее распространение получают самоуплотняющиеся бетонные смеси [1]. Нередко их изучают в разрезе проблем вторичного использования отходов производства. Большое внимание, как в отечественной, так и в зарубежной научной сфере, уделяется способам применения бетонного лома ввиду его широкой доступности и относительно низкой стоимости (до 400 руб. за м³ в г. Санкт-Петербурге) [2 – 4]. Как правило, предлагаются различные варианты его использования непосредственно в качестве крупного заполнителя в самоуплотняющихся бетонных смесях [5, 6] или щебня в дорожном строительстве [7]. В исследованиях также часто отмечается, что при дроблении бетонного лома для получения крупной фракции как правило образуется отсев – тонкодисперсная фракция бетонного лома, являющаяся

отходом переработки и занимающая до 30% объема переработанного бетонного лома [5, 8, 9]. Одним из основных недостатков применения бетонного лома в бетоне является заметное снижение прочности бетонного камня (до 22%) [10]. Одним из путей решения данной проблемы может быть применение альтернативных высокоактивных минеральных добавок, например микрокремнезема, способного нивелировать негативное воздействие бетонного лома в составе бетонной смеси.

Цель исследования – изучение свойств комплексной минеральной добавки из микрокремнезема и отсева дробления бетона в составе самоуплотняющегося бетона.

Методы и материалы

В данном исследовании был задан класс бетона по прочности на сжатие В40 и удобоукладываемость самоуплотняющейся бетонной смеси SF1 (растекаемость 55-65 см).

Использовались следующие материалы: портландцемент ЦЕМ I 32,5Н; активная минеральная добавка микрокремнезем МК-85 (химический состав согласно паспортным данным указан в таблице 1); инертная минеральная добавка отсев дробления бетона (далее ОДБ) (график зернового состава указан на рис. 1); мелкий заполнитель – песок, модуль крупности 2,66; крупный заполнитель – щебень фракции 5-20 мм; суперпластифицирующая добавка – СкайПласт ST-5,0 (Д).

Таблица 1. Химический состав микрокремнезема МК-85 (%)

SiO ₂	90-92
Al ₂ O ₃	0,68
Fe ₂ O ₃	0,69
CaO	1,58
MgO	1,01
Na ₂ O	0,61
K ₂ O	1,23
C	0,98
S	0,26

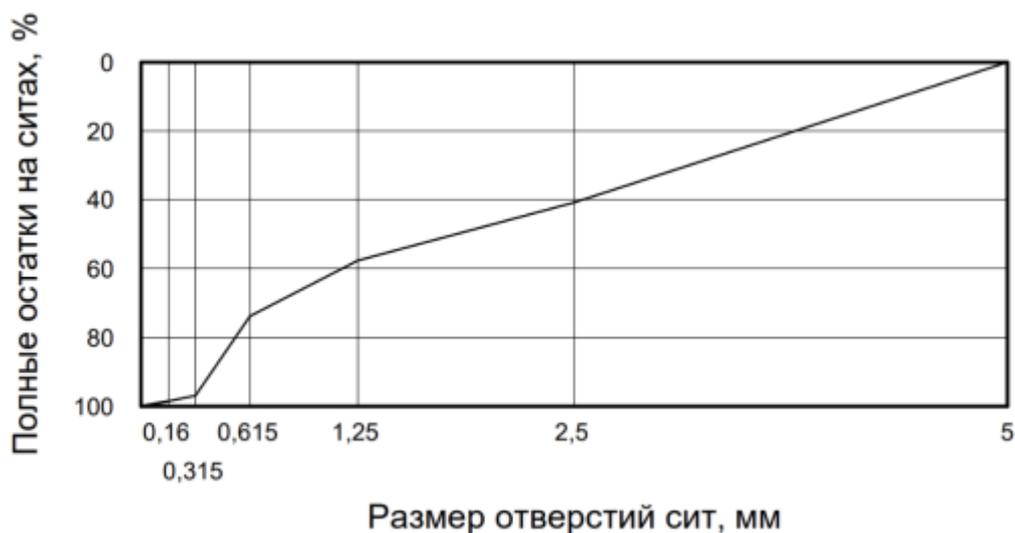


Рис. 1. – График зернового состава ОДБ

Оптимальное количество ОДБ в самоуплотняющейся бетонной смеси подобрано из условия общего количества тонкодисперсных компонентов от 550 до 600 кг на 1 м³ (Рекомендации по подбору составов бетонных смесей для тяжелых и мелкозернистых бетонов, АО НИЦ Строительство). В дальнейшем предполагается частичная замена цемента на микрокремнезем МК-85 с целью повышения прочностных и эксплуатационных характеристик бетона с возможностью увеличения дозировки ОДБ. Использование микрокремнезема в составе бетонной смеси позволяет улучшить ряд характеристик бетона, например, таких, как увеличение прочности бетона, в том числе на ранних стадиях твердения и повышение скорости процессов гидратации. А с использованием суперпластификатора позволяет понизить водопоглощение бетонной смеси [11, 12, 13]. Экспериментальные расчетные составы бетона представлены в таблице 2. Активная минеральная добавка (микрокремнезем) для первого состава выбрана в количестве 10 %, а для

второго состава 20 % от общей массы вяжущего. Отсев дробления выбран в количестве 11 % от массы вяжущего.

Таблица 2. Расчетные экспериментальные составы бетонных смесей

№ состава	Состав бетонных смесей на 1м ³							РК, см
	Ц, кг	МК-85, кг	ОДБ, кг	П, кг	Щ, кг	В, л	Д, л	
1	480,6	53,4	66	798	798	183,5	7,8	55-65
2	427,2	106,8	66	787	787	183,5	7,8	55-65

Для проведения испытания компоненты взвешивали и тщательно перемешивали в смесителе принудительного действия в течении 3 минут. Затем определяли растекаемость бетонной смеси с помощью усеченного конуса Абрамса. В процессе проведения лабораторного замеса была установлена недостаточная растекаемость бетонных смесей: 52,5 см и 51 см для составов №1 и №2 соответственно. Для получения заданной растекаемости (55 – 65 см) составы были подвергнуты коррекции, в результате чего дозировка микрокремнезема снизилась до 9,1% и 18,6% для составов №1 и №2 соответственно. Откорректированные составы бетонной смеси представлены в таблице 3.

Таблица 3. Откорректированные составы бетонных смесей

№ состава	Состав бетонных смесей/м ³							РК, см
	Ц, кг	МК-85, кг	ОДБ, кг	П, кг	Щ, кг	В, л	Д, л	
1	512,6	51,3	63,8	775	775	195,3	9,0	59,5
2	456,2	104,0	63,8	764	764	195,3	9,0	58

Оценка составов производится по результатам испытаний на сжатие в возрасте 7 и 28 суток нормального твердения образцов-кубов 100x100x100 мм, на растяжение при изгибе балки 70x70x280 мм, на морозостойкость.

Результаты физико-механических испытаний образцов самоуплотняющегося бетона представлены в таблице 4.

Таблица 4. Результаты испытаний.

Состав	РК, см	Прочность бетона в возрасте 7 суток, МПа	Прочность бетона в возрасте 28 суток, МПа	Прочность на растяжение при изгибе, МПа	Класс по морозостойкости
№1 (9,1% МК)	59,5	62,3	77,2	1,47	F600
№2 (18,6% МК)	58	63,0	88,2	1,11	F800

На основании испытаний установлено, что оба откорректированных состава соответствуют классу удобоукладываемости самоуплотняющейся бетонной смеси – SF1 (55-65 см). Смеси однородные, без видимых признаков расслоения.

По результатам исследований мы можем отметить:

- Испытания на прочность при сжатии показали, что состав №2 имеет прочность в возрасте 28 суток выше на 14,2 % по сравнению с составом №1.
- Прочность в возрасте 7 суток по сравнению с проектной прочностью для состава №1 на 19,8% выше, а в возрасте 28 суток на 48,5% выше класса В40.
- Прочность в возрасте 7 суток по сравнению с проектной прочностью для состава №2 21,2 % выше, а в возрасте 28 суток на 69,6 % выше класса В40.
- Прочность на растяжение при изгибе у состава №2 снизилась на 24,5%, по сравнению с составом №1.
- Полученные классы бетонов по морозостойкости: состав №1 F600, состав №2 F800. Отмечается повышение класса при увеличении дозировки микрокремнезема.



- Полученные классы бетонов по прочности на сжатие: состав №1 В70, состав №2 В80.

На основании вышеизложенного можно сделать вывод о быстром приросте прочности за счет введения микрокремнезема. Полученные бетоны выделяются высокими показателями по морозостойкости. При визуальном анализе (рис. 2, 3) разрушенных образцов можно отметить низкую пористость и однородность текстуры бетонного камня.



Рис. 2. – Характер разрушения сжатого образца



Рис. 3. – Внешний вид испытанных образцов

Более целесообразно использование состава №2 (содержание микрокремнезема – 18,6%). Полученный класс бетона по прочности состава №2 (В80) при дальнейшем увеличении содержания отсева дробления бетона до получения заданного класса бетона по прочности В40 позволяет потенциально снизить расход цемента с сохранением заданных свойств.

Литература

1. Волков Ю. С. Самоуплотняющиеся смеси-новое слово в технологии бетона. Часть 2 // Технологии бетонов. – 2014. – №. 10. – С. 28-34.
2. Кондратенко Т. О., Сайбель А. В. Оценка воздействия строительного производства на окружающую среду // Инженерный вестник Дона. – 2012. – №. 4-2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4p2y2012/1298.
3. Safiuddin M., Alengaram U. J., Rahman M. M., Salam M. A., Jumaat M. Z. Use of recycled concrete aggregate in concrete: a review // Journal of civil engineering and management. – 2013. – V. 19. – №. 6. – PP. 796-810.

4. Зимин Е. В. Эколого-экономическая целесообразность использования материалов вторичной переработки в сфере ЖКХ в рамках программы реновации // Вестник университета. – 2017. – №. 7-8. – С. 22-27.

5. Головин Н. Г., Алимов Л. А., Воронин В. В. Проблема утилизации железобетона и поиск эффективных путей ее решения // Вестник МГСУ. – 2011. – №. 2-1. – С. 65-71.

6. Коровкин М. О., Шестернин А. И., Ерошкина Н. А. Использование дробленого бетонного лома в качестве заполнителя для самоуплотняющегося бетона // Инженерный вестник Дона. – 2015. – №. 3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2015/3090.

7. Романенко И. И., Романенко М. И., Петровнина И. Н., Пинт Э. М., Еличев К. А. Вторичное использование в дорожном строительстве щебня полученного из дробленого бетона // Вестник евразийской науки. – 2015. – Т. 7. – №. 1 (26). – С. 86.

8. Муртазаев С. А. Ю. Эффективные бетоны и растворы на основе техногенного сырья для ремонтно-строительных работ: дис. – Белгород. гос. технол. ун-т им. В. Г. Шухова, 2009. – 43 с.

9. Наруть В. В., Ларсен О. А., Самченко С. В., Александрова О. В., Булгаков Б. И. Разработка составов самоуплотняющегося бетона на основе бетонного лома с использованием структурных характеристик // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В. Г. Шухова. – 2020. – №. 4. – С. 8-16.

10. Щеулов Р. И. Влияние добавок тонкомолотого бетонного лома на прочность мелкозернистых бетонов // Известия Петербургского университета путей сообщения. – 2012. – №. 1 (30). – С. 117-120.

11. Дубенский М. С., Каргин А. А. Микрокремнезем отход или современная добавка? // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2012. – №. 1 (89). – С. 119-120.

12. Иванов И. М., Крамар Л. Я., Кирсанова А. А., Винсент Т. Влияние комплекса "микрокремнезем-суперпластификатор" на формирование структуры и свойств цементного камня //Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Строительство и архитектура. – 2018. – Т. 18. – №. 1. – С. 32-40.

13. Massana J., Reyes E., Bernal J., León N., Sánchez-Espinosa E. Influence of nano-and micro-silica additions on the durability of a high-performance self-compacting concrete //Construction and Building Materials. – 2018. – V. 165. – PP. 93-103.

References

1. Volkov Ju. S. Tehnologii betonov. 2014. №. 10. PP. 28-34.
2. Kondratenko T. O., Sajbel' A. V. Inzhenernyj vestnik Dona. 2012. №. 4-2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2015/3090.
3. Safiuddin M. Alengaram U. J., Rahman M. M., Salam M. A., Jumaat M. Z. Journal of civil engineering and management. 2013. V. 19. №. 6. PP. 796-810.
4. Zimin E. V. Vestnik universiteta. 2017. №. 7-8. PP. 22-27.
5. Golovin N. G., Alimov L. A., Voronin V. V. Vestnik MGSU. 2011. №. 2-1. PP. 65-71.
6. Korovkin M. O., Shesternin A. I., Eroshkina N. A. Inzhenernyj vestnik Dona. 2015. №. 3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2015/3090.
7. Romanenko I. I., Romanenko M. I., Petrovnina I. N., Pint E. M., Elichev K. A. Vestnik evrazijskoj nauki. 2015. V. 7. №. 1 (26). P. 86.
8. Murtazaev S. A. Ju. Jeffektivnye betony i rastvory na osnove tehnogenogo syr'ja dlja remontno-stroitel'nyh rabot [Effective concrete and solutions based on technogenic raw materials for repair and construction works] Belgorod. gos. tehnol. un-t im. V. G. Shuhova, 2009. 43 p.



9. Narut' V. V., Larsen O. A., Samchenko S. V., Aleksandrova O. V., Bulgakov B. I. Vestnik Belgorodskogo gosudarstvennogo tehnologicheskogo universiteta im. V. G. Shuhova. 2020. №. 4. PP. 8-16.

10. Shheulov R. I. Izvestija Peterburgskogo universiteta putej soobshhenija. 2012. №. 1 (30). PP. 117-120.

11. Dubenskij M. S., Kargin A. A. Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tehničeskogo universiteta. 2012. №. 1 (89). PP. 119-120.

12. Ivanov I. M., Kramar L. YA., Kirsanova A. A., Vinsent T. Vestnik Juzhno-Ural'skogo gosudarstvennogo universiteta. Serija: Stroitel'stvo i arhitektura. 2018. V. 18. №. 1. PP. 32-40.

13. Massana J., Reyes E., Bernal J., León N., Sánchez-Espinosa E. Construction and Building Materials. 2018. V. 165. PP. 93-103.

Дата поступления: 21.06.2024

Дата публикации: 3.08.2024