

УДК 691.3

***ВЛИЯНИЕ ВОЛОКОН ФИБРЫ НА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ
СВОЙСТВА ЦЕМЕНТНО-МИНЕРАЛЬНОЙ КОМПОЗИЦИИ***

Романенко И.И.,

к.т.н., доцент

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства

Россия, г. Пенза

Петровнина И.Н.,

к.т.н., доцент

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства

Россия, г. Пенза

Пинт Э.М.,

к.т.н., профессор

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства

Россия, г. Пенза

Еличев К.А.,

к.т.н., доцент

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства

Россия, г. Пенза

Аннотация

Введение фибры в виде волокон оптимальной длины и сечением позволяет создать цементно-минеральные композиции (ЦМК) с различными эксплуатационными свойствами. Введение металлической фибры в ЦМК изделий, работающих в условиях воздействия изгибающих, истирающих сил и агрессивных природно-климатических условиях, позволяет повысить их

эксплуатационные свойства. Оптимальное содержание фибры составляет не более 5% от объема, что не снижает существенно подвижность бетонной смеси.

Ключевые слова: бетон, цементно-минеральная композиция, тонкомолотый наполнитель, микрокремнезем, гиперпластификатор, металлическая фибра, синтетическая фибра, прочность на сжатие, прочность на изгиб.

***INFLUENCE OF FIBER FIBERS ON THE PHYSICAL AND MECHANICAL
PROPERTIES OF CEMENT AND MINERAL COMPOSITION***

Romanenko I.I.,

Ph.D., Associate Professor

Penza State University of Architecture and Construction

Russia, Penza

Petrovina I.N.,

Ph.D., Associate Professor

Penza State University of Architecture and Construction

Russia, Penza

Pint E.M.,

Ph.D., professor

Penza State University of Architecture and Construction

Russia, Penza

Elichev K.A.,

Ph.D., Associate Professor

Penza State University of Architecture and Construction

Russia, Penza

Abstract

The introduction of fibers in the form of fibers of optimal length and cross-section allows you to create a cement - mineral composition (CMC) with various operational

properties. The introduction of metal fiber in the CMC products operating under the influence of bending, abrasive forces and aggressive climatic conditions, allows to increase their operational properties. The optimal fiber content is not more than 5% of the volume, which does not significantly reduce the mobility of the concrete mixture.

Key words: concrete, cement-mineral composition, finely ground filler, silica fume, hyperplasticizer, metal fiber, synthetic fiber, compressive strength, flexural strength.

Изделия из бетонов нового поколения все больше находят применение в современном строительном производстве. Это строительство высотных зданий промышленного и гражданского назначения, это уникальные архитектурные памятники и портовые сооружения. Их отличает высокая прочность на сжатие 100-150МПа, высокая морозостойкость F300-500, низкая паро- и водопроницаемость. В тоже время эти бетоны обладают высокой удобоукладываемостью и высокой хрупкостью [1].

Развитие производства ультра эффективных синтетических дисперсных волокон позволило изменить цементную матрицу бетона. Но введение только дисперсных армирующих волокон не способствует получению высокоэффективных бетонов, для этого необходимо наличие гиперпластификаторов на полиакриловой, полигликолевой и поликарбоксилатной основе, для снижения водоцементного отношения (В/Ц) до минимально приемлемых значений 0,15-0,23 [2-4].

Основное развитие бетонов нового поколения получило в США в 1977-1980 годах с исследования реологической матрицы цементной композиции с низкими значениями В/Ц. Американские ученые в области материаловедения Brunauer, Odler, и Yudenfreund использовали тонкомолотые наполнители на

основе молотого кварцевого песка для модифицирования структуры реологической цементной матрицы [5]. Для повышения текучести широко использовались суперпластификаторы второго поколения на основе нафталиновой и меламиновой основе.

В России подобными разработками успешно занимался д.т.н., профессор Пензенского государственного университета архитектуры и строительства В.И. Калашников и его научная школа [6].

Цель наших исследований – создание ЦМК на основе реакционно-порошковых бетонов с оптимальным сочетанием углеродистых и металлических волокон, направленных на получение новых видов бетонов с высокими эксплуатационными свойствами.

Материалы, используемые в исследованиях: портландцемент ПТЦ500-Д0 с $S_{уд} = 3120 \text{ см}^2/\text{г}$, микрокремнезем с $S_{уд} = 16000 \text{ см}^2/\text{г}$, молотый кварцевый песок с $S_{уд} = 2600 \text{ см}^2/\text{г}$, кварцевый песок с крупностью зерен менее 0,63 мм, металлическая фибра $L = 10 \text{ мм}$ и $\emptyset = 0,2 \text{ мм}$, синтетическая (полипропиленовая) фибра $L = 10 \text{ мм}$ и $\emptyset = 0,2 \text{ мм}$, гиперпластификатор Хидетал ГП-9гамма ($CO = 23 \text{ г}/100 \text{ мм}$), вода – питьевая.

ЦМК приготавливались в лабораторном смесителе с регулируемой частотой вращения вала смесителя (30-300об/мин), уплотнение смеси производилось на лабораторной виброплощадке, твердение в течении 28 суток осуществлялось в камере нормального твердения с $T = 20 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$ и влажностью 90 %.

Испытания образцов размером 100×100×100 мм и 40×40×160 мм контролировалось программой проведения исследования в возрасте 7,14 и 28 суток. Составы матриц и результаты испытаний представлены в таблице 1. Введение в матрицу металлической фибры в количестве 5 % от объема

уменьшает подвижность смеси, но наличие гиперпластификатора обеспечило получение равноподвижных смесей.

Таблица 1 - Проектируемые составы ЦМК

№ пп	Ингредиенты	Расход на 1 м ³ , кг				
		Состав 1	Состав 2	Состав 3	Состав 4	Состав 5
1	ПТЦ 500Д0	1090	960	1090	960	960
2	Микрокремнезем	163	250	163	250	250
3	Молотый кварцевый песок	-	-	-	-	240
4	Кварцевый песок	652	680	652	680	680
5	Металлическая фибра	390	430	290	280	280
6	Синтетическая фибра	-	-	100	150	150
7	Хидетал ГП-9гамма	0,78% 42,5 л	0,78% 41 л	0,78% 42,5 л	0,78% 41 л	0,78% 49 л
8	Вода питьевая	250	244	250	244	244
9	В/Ц	0,23	0,25	0,23	0,25	0,25

Результаты испытаний по программой проведения исследования представлены в таблице 2.

Таблица 2 - Физико-механические свойства бетонов на основе ЦМК

Состав	В возрасте 7 суток		В возрасте 14 суток		В возрасте 28 суток	
	Плотность, кг/м ³	Прочность на сжатие/изгиб, МПа	Плотность, кг/м ³	Прочность на сжатие/изгиб, МПа	Плотность, кг/м ³	Прочность на сжатие/изгиб, МПа
1	2489	80/5,26	2440	101/7,89	2420	120/12,30
2	2485	91/5,01	2446	115/8,15	2410	129/12,85
3	2480	79/4,97	2444	104/6,93	2411	122/12,2
4	2478	89/6,77	2433	117/11,70	2428	133/13,02
5	2467	100/8,90	2425	115/13,10	2397	140/14,8

Полученные результаты показывают, что была правильно выбрана реологическая модель матрицы обеспечивающая подвижность с расплывом 750 мм, прочностью на сжатие 120-140 МПа и прочностью на изгиб 12,2-14,8 МПа в возрасте 28 суток. При этом В/Ц отношение смесей варьировалось от 0,23 до 0,25.

Расход гиперпластификатора определялся в % от суммы мелкодисперсной части ЦМК. Максимальное содержание прямых стальных волокон и синтетических, включенных в композицию, составляло 5 % по объему. Такая дозировка фибры обеспечивало не расслаиваемость смеси и получение однородной композиции, что особенно характерно для состава № 5.

Полученные бетоны позволяют широко их использовать для дорожного и промышленного строительства. Предполагается в дальнейшем исследовать эти составы на температуростойкость, морозостойкость и сопротивление хрупкому разрушению.

На наш взгляд решающую роль в композиционном материале играет оптимальное соотношение: портландцемент : микрокремнезём : тонкомолотый кварцевый песок и расход гиперпластификатора.

Библиографический список

1. Aitcin, P.-C., Lachemi, M., Аделайн, R., и Ричард, P. 1998. Sherbrooke reactive powder concrete foot bridge. *Structural Engineering International (International Association for Bridge and Structural Engineering)*, 8 (2): 140-144. doi:10.2749 / 101686698780489243.
2. Bonneau, O., Lachemi, M., Dallaire, E., Dugat, J., и Aitcin, P.-C. 1997. Mechanical properties and durability of two industrial reactive powder concretes. *Material Magazine ACI*, 94 (4): 286-290.

3. Charron, J.-P., Denarie, E., и Bruhwiler, E. 2007. Extreme High Performance Fiber Reinforced Concrete (UHPFRC) patency under high effort. *Materials and Structures*, 40 (3): 269-277. doi:10.1617/s11527-006-9105-0.
4. Cheyrezy, M., и Behloul, M. 2001. Crawl and squeeze concrete with ultra-high efficiency. In *Crawl, Compression and Durability Mechanics of Concrete and other Quasibrittle Materials (Concreep 6)*, Cambridge, Mass., August 13-15, 2001. Edited F.J. Ульм, Z.P. Bazant, и F.H. Виттмэнн. Пресса Pergamon, Бостон, Массачусеттс. стр 527-538.
5. Habel, K., Viviani, M., Denarie, E., и Bruhwiler, E. 2006c. The development of the mechanical properties of reinforced concrete fiber ultra-high performance (UHPFRC). *Cement and Concrete Research*, 36 (7): 1362-1370. doi:10.1016/j.cemconres.2006.03.009.
6. Мороз М.Н., Калашников В.И., Суздальцев О.В. Классификационные критерии формирования поверхности архитектурно-декоративных бетонов // *Современные научные исследования и инновации*. - 2016. - № 10 [Электронный ресурс]. URL: <http://web.snauka.ru/issues/2016/10/72865>.

Оригинальность 86%