

УДК 666.972

ВЛИЯНИЕ ОРГАНОМИНЕРАЛЬНОГО МОДИФИКАТОРА НА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ И ДЕФОРМАТИВНЫЕ СВОЙСТВА БЕТОНА

¹Ткач Е.В., ²Рахимов М.А., ²Тоимбаева Б.М., ²Рахимова Г.М.¹ФГБОУ ВПО «Московский государственный строительный университет»,
Москва, e-mail: ev_tkach@mail.ru;²Карагандинский государственный технический университет, Караганда, e-mail: galinrah@mail.ru

Показана возможность повышения комплекса физико-технических свойств бетонной смеси и бетона при использовании органоминерального модификатора, который существенно влияет на физико-химические процессы твердения вяжущих. Были определены оптимальные составы органоминерального модификатора. Для получения модификатора используются различные органические и неорганические соединения. Для исследования влияния гидрофобизирующего органоминерального модификатора на качество цементных материалов были проведены сравнительные опыты с суперпластификатором и гидрофобно-пластифицирующей добавкой. Анализ результатов показал, что прочность бетона с органоминеральным модификатором выше в 1,7–1,8 раза в сравнении с бетоном без добавок и на 50% выше со сравнимым бетоном с другими модификаторами. Высокая призмная прочность бетона с органоминеральным модификатором (она превышает более чем в 1,5 раза состав бетона без модификатора) указывает на высокую трещиностойкость.

Ключевые слова: бетон, бетонная смесь, органоминеральный модификатор, суперпластификатор, гидрофобно-пластифицирующая добавка, деформативные свойства

THE EFFECT OF THE ORGANIC-MINERAL MODIFIER ON PHYSICAL AND MECHANICAL DEFORMATION PROPERTIES OF THE CONCRETE

¹Tkach E.V., ²Rakhimov M.A., ²Toimbaeva B.M., ²Rakhimova G.M.¹National Research Moscow State University of Civil Engineering (MGSU),
Moscow, e-mail: ev_tkach@mail.ru;²Karaganda state technical university, Karaganda, e-mail: galinrah@mail.ru

There is shown the possibility of increasing the complex of concrete mixture and concrete physical-and-technical properties when using an organic-mineral modifier that affects significantly physical-and-chemical processes of binders hardening. The optimum composition of the organic-mineral modifier was determined. To obtain the modifier there were used various organic and inorganic compounds. Comparative experiments were conducted with a super-plasticizer and water-repellent plasticizing additive to study the effect of the water-repellent organic-mineral agent on cement materials quality. The analysis results showed that strength of the concrete with the organic-mineral modifier was 1,7 to 1,8 higher as compared to the concrete without additives and 50% higher as compared to the concrete with other modifiers. High prism strength of the concrete with the organic-mineral modifier (it exceeds more than 1,5 times the concrete composition without the modifier) indicates its crack growth resistance.

Keywords: concrete, concrete mixture, organic- mineral modifier, super-plasticizer, water-repellent plasticizer, deformation properties

Одним из наиболее перспективных направлений технического прогресса в технологии бетона является формирование благоприятной структуры цементного камня, позволяющее значительно повысить его стойкость и улучшить комплекс физико-технических свойств бетона с помощью различных химических модификаторов, которые при введении в малых количествах существенно влияют на физико-химические процессы твердения вяжущих, технологические свойства бетонных смесей и физико-технические свойства бетона [1].

Наиболее широко в технологии бетона применяются модификаторы структурирующего, пластифицирующего действия, регуляторы твердения бетона, а также комплексные модификаторы полифункционального действия. В состав комплексных модификаторов могут входить активные

и малоактивные компоненты типа высокодисперсного микрокремнезема, золы-уноса и некоторые другие, позволяющие существенно улучшить технологические свойства бетонных смесей и физико-технические свойства бетонов [2].

Еще больше повышает актуальность применения модификаторов возможность утилизировать многотоннажные неорганические отходы производства. Особая роль в этом плане принадлежит ультрадисперсным наполнителям, содержащим кремнезем. На их основе можно получить комплексные порошкообразные модификаторы полифункционального действия [4].

В этой связи особый интерес представляют модификаторы, содержащие гидрофобизирующие ингредиенты, которые в составе многокомпонентных добавок обеспечивают регулирование конструктивных

и деструктивных процессов в цементных материалах во времени (в период эксплуатации) [5].

В наших исследованиях сделан упор на разработку составов модификаторов, которые обладают пролонгированным действием в направлении регулирования процессов формирования стабильной макро- и микро-структуры, массообмена, самозалечивания цементного камня, эксплуатируемого в тяжелых условиях.

В основе назначения ингредиентов модификатора были использованы работы ученых стран СНГ и дальнего зарубежья, а также опыт, накопленный школой

М.И. Хигеровича и его учениками. Для приготовления органоминерального модификатора ОМД-М в качестве ингредиентов применяли различные органические и неорганические соединения: гидрофобизатор – синтетические жирные кислоты (СЖК), пластификатор – технические лигносульфонаты (ЛСТ), трегер (носитель) – зола-унос ТЭС. В качестве высокоактивного минерального ингредиента применяли ультрадисперсные отходы производства ферросплавов, так называемый микрокремнезем (МК) [3].

Были определены составы органоминеральных модификаторов (табл. 1).

Таблица 1

Состав модификатора ОМД-М

Массовая доля компонентов в составе, % (в пересчете на безводные продукты)					
Технические лигносульфонаты	Синтетические жирные кислоты (СЖК)	Тиосульфат натрия	Зола-унос	Микрокремнезем	Вода
0,15	0,15	3,00	15	20	Остальное

Для исследования влияния гидрофобизирующего органоминерального модификатора ОМД-М на качество цементных материалов, нами были проведены опыты с достаточно изученными суперпластификатором С-3 и известной гидрофобизирующей добавкой ГПД.

Опытным путем определили зависимость прочности бетона от дозировки гидрофобизирующего органоминерального модификатора при В/Ц = 0,4 и установили оптимальную дозировку органоминерального модификатора ОМД-М – 12...13% от массы цемента, С-3 (суперпластификатора) и ГПД (гидрофобно-пластифицирующей добавки) – соответственно 0,4 и 0,3%.

При оптимальных дозировках модификатора ОМД-М нормальная густота цементных паст составила 22 и 24% (цементной пасты без модификаторов – 26%).

Результаты показывают, что модификатор ОМД-М улучшает реологические свойства цементных паст благодаря умеренному структурирующему действию на цементные системы синтетических жирных кислот (СЖК).

Исходя из приведенных пошаговых целевых индикаторов качества бетона, нами были проведены исследования основных физико-технических свойств цементного камня, бетонных смесей и бетона, приготовленного с использованием органоминерального модификатора типа ОМД-М. Известно, что поведение бетона в конструкциях в значительной мере определяется его упруго-пластическими деформациями.

Деформации бетона возникают при твердении, эксплуатации и испытании бетона. Величина деформаций и характер их развития обуславливают объемно-напряженное состояние бетона и зависят от особенностей нагружения бетона в конструкциях, его структуры и состава, свойств отдельных компонентов, действия окружающей среды.

В данной работе проведены исследования физико-механических свойств бетона без добавок и с модификаторами, которые проводились на образцах как нормального твердения, так и прошедших тепловлажностную обработку по оптимальным режимам (см. табл. 1). В экспериментах использованы три состава бетона: 1 – эталонный, без добавок; 2 – с модификатором 12% ОМД-М (модифицированная органоминеральная добавка); 3 – 0,3% ГПД (гидрофобно-пластифицирующая добавка) плюс 3% ТСН (тиосульфат натрия)% и 4 – 0,4% С-3 (суперпластификатор) плюс 4% ТСН. Исследования деформативных свойств тяжелых бетонов с комплексными гидрофобизирующими модификаторами проведены в соответствии с методическими рекомендациями НИИЖБ. Испытывали по шесть образцов каждой серии (возраст образцов – 90 сут). Ступени нагружения приняты равными $0,1 R_{разр}$. На каждой ступени делали выдержку, необходимую для снятия отсчетов по приборам. На боковых гранях призм устанавливали искательные головки ультразвукового прибора УКБ-1, с помощью которого фиксировали микроразрушения бетона. Результаты испытаний приведены в табл. 2.

Таблица 2

Лабораторные составы бетонных смесей

№ п/п	Марка модификатора бетона, дозировка модификатора, % масс. цемента	Состав бетонной смеси			В/Ц	Свойства бетонной смеси		
		Ц	П	Щ		ρ_0 , кг/м ³	$V_{вв}$, %	ОК, см
1.	Без модификатора	500	730	1100	0,51	2485	2,2	3–4
2.	12% ОМД-М	500	730	1100	0,38	2580	2,8	3–4
3.	0,3% ГПД плюс 3% ТСН	500	730	1100	0,48	2570	3,0	3–4
4.	0,4% С-3 плюс 4% ТСН	500	730	1100	0,44	2550	3,2	3–4

Далее нами были проведены опыты по определению вязкости разрушения бетона. Результаты определения вязкости разрушения образцов приведены в табл. 3.

Таблица 3

Прочностные и деформативные свойства бетона

Модификатор, % от массы цемента	Прочность, МПа			Деформативные свойства		
	кубиковая	призменная	на растяжение при изгибе	модуль упругости $E \cdot 10^3$ МПа	$\epsilon_{yc} \cdot 10^5$	$\epsilon_{полз} \cdot 10^5$
1. Без модификатора (контрольный)	33,20	28,3	3,7	42,8	40,4	29,3
2. 12% ОМД-М	61,40	45,2	6,80	50,4	37,3	31,3
3. 0,3% ГПД плюс 3% ТСН	39,16	33,6	5,30	47,8	39,6	32,3
4. 0,4% С-3 плюс 4% ТСН	41,2	35,4	5,46	48,5	38,4	33,1

Затем провели испытания бетона с различными модификаторами на усталостную прочность. Исследования проводились на пульсирующем прессе при нагружении в один миллион колебаний, результаты показаны в табл. 4.

Таблица 4

Значение вязкости разрушения бетонов в возрасте 28 суток

Номер состава	Вид добавки, дозировка, %	Прочность, МПа		Вязкость разрушения, Нм/м
		$R_{куб}$	$R_{пр}$	
1.	Без добавок	33,2	28,3	3,52
2.	12% ОМД-М	61,4	45,2	4,1
3.	0,3% ГПД плюс 3% ТСН	39,16	33,6	3,8
4.	0,4% С-3 плюс 4% ТСН	41,2	35,4	3,9

Анализ полученных данных, приведенных в табл. 3–5, показывает, что прочность бетона с модификатором ОМД-М выше в 1,7–1,8 раза в сравнении с бетоном без добавок и на 50% выше со сравнимым бетоном с модификатором С-3 плюс ТСН. Высокая призменная прочность бетона с модификатором ОМД-М (она превышает более чем в 1,5 раза состав бетона без модификатора) указывает, как следствие, на высокую трещиностойкость.

Улучшены деформативные свойства у бетона с модификатором ОМД-М, что, по сути, обеспечивает надежное сцепление цементного камня с компонентами бетона, а значит и железобетона (арматурной ста-

лью). Известно, что способность бетона деформироваться во времени при длительном действии постоянной нагрузки называют ползучестью. Так вот, бетоны с модификатором ОМД-М также имеют лучший характер развития деформаций ползучести, в сравнении с бетоном без добавок и контрольными образцами. Полученные характеристики деформативных свойств указывают на возможность изготавливать бетонные и железобетонные изделия и конструкции высокой надежности и долговечности, в том числе и эффективные предварительно напряженные изделия (к минимуму сводится потеря напряжения бетона при улучшенных характеристиках деформативности бетона).

Таблица 5

Усталостная прочность бетона

Материал	Прочность бетона, МПа		$K_{уст.п.}$
	R_{28}	$R_{д28}$	
Без добавок	34,3	30,2	0,13
12 % ОМД-М	62,4	59,7	0,05
0,3 % ГПД плюс 3 % ТСН	39,2	35,4	0,1
0,4 % С-3 плюс 4 % ТСН	40,5	37,2	0,08

Примечание. $K_{уст.п.}$ – коэффициент усталостной прочности, определяемый по формуле: $K_{уст.п.} = \frac{R_{28} - R_{д28}}{R_{д28}}$, где R_{28} – предел прочности бетона на сжатие в возрасте 28 суток; $R_{д28}$ – то же, после испытания на пульсирующем прессе.

Список литературы

1. Баженов Ю.М. Технология бетона. – М.: Изд-во «АСВ», 2002. – 500 с.
2. Батраков В.Г. Модифицированные бетоны. Теория и практика. – 2-е изд., перераб. и доп. – М., 1998. – 768 с.
3. Дворкин Л.И., Дворкин О.Л. Основы бетоноведения, – СПб.: Стройбетон, 2006. – С. 511–547.
4. Рагинов В.Б., Розенберг Т.И., Кучеряева Г.Д. Комплексные добавки для бетона // Бетон и железобетон. – 1981. – № 9. – С. 9–10.
5. Хигерович М.И., Байер В.Е. Гидрофобно-пластифицирующие добавки для цемента, растворов и бетонов. – М., 1979. – 141 с.

3. Dvorkin L.I. *Osnovy betonovedenia* [Concrete science basis]. Sankt–Peterburg. Stroybeton Publ., 2006. pp. 511–547.
4. Ratinov V.B., Rozenberg T.I., Kutcheryayeva G.D. *Beton i zhelezobeton –Concrete and reinforced concrete*, 1981, no. 9, p. 9–10.
5. Khigerovitch. M.I., Bayer V.E. *Gidrofobno-plastifitsiruyushchiye dobavki dlya tsementa, rastvorov i betonov* [Water-repellent – plasticizing additives for cement, mixtures and concrete]. Moscow. Stroyizdat Publ., 1979. 141 p.

Рецензенты:

Соловьев В.И., д.т.н., профессор, генеральный директор органа по подтверждению соответствия систем менеджмента «Euroasia MS», г. Алматы;
 Удербает С.С., д.т.н., зав. кафедрой «Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды» Кызылординского государственного университета имени Коркыт Ата, г. Кызылорда.
 Работа поступила в редакцию 17.02.2012.

References

1. Bazhenov Yu.M. *Tekhnologia betona* [Concrete technology]. Moscow. ASV Publ., 2002. 500 p.
2. Batrakov V.G. *Modifitsirovaniye betony. Teoria i praktika* [Modified concrete. Theory and practice]. Moscow, 1998. 768 p.