

ВЛИЯНИЕ КОМПЛЕКСА ХИМИЧЕСКИХ МОДИФИКАТОРОВ И МЕЛКОДИСПЕРСНОГО НАПОЛНИТЕЛЯ НА РАНнюю ПРОЧНОСТЬ РАСТВОРНОЙ СМЕСИ

Минаков Ю.А., Кононова О.В., Анисимов С.Н., Лешканов А.Ю., Смирнов А.О.

ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный технологический университет», Йошкар-Ола, Россия (424000, Йошкар-Ола, пл. Ленина, 3), e-mail: ov-kononova@mail.ru

Исследовано влияние содержания мелкодисперсного наполнителя, а также химических модификаторов компании BASF: суперпластификатора поликарбоксилатного типа Glenium® ACE 430 и ускорителя твердения X-SEED® 100 на прочность растворной смеси наливного типа. Исследованиями установлено, что при добавлении в растворную смесь минерального наполнителя, представляющего собой мелкозернистый кварцевый песок, водотвердое отношение смеси растет, влекущее за собой снижение ранней прочности. При повышении содержания суперпластификатора от 0,27 до 0,4 % от общей массы твердых составляющих наблюдается прирост ранней прочности. Введение ускорителя твердения X-SEED® 100 в растворные смеси, модифицированные суперпластификатором Glenium® ACE 430, способствует ускорению процесса гидратации цемента в первые часы после затворения (3–6 часов). Установлено, что водоцементное отношение и концентрация суперпластификатора Glenium® ACE 430 в целом отражают особенности формирования ранней прочности мелкозернистого бетона с используемыми добавками.

Ключевые слова: растворная смесь, суперпластификатор, ускоритель твердения, мелкодисперсный наполнитель, ранняя прочность, водотвердое отношение.

THE COMPLEX CHEMICAL MODIFIERS WITH FINE FILLER INFLUENCE FOR EARLY STRENGTH OF MORTAR MIXES

Minakov Y.A., Kononova O.V., Anisimov S.N., Leshkanov A.Y., Smirnov A. O.

Volga State University of Technology, Yoshkar-Ola, Russia (424000, Yoshkar-Ola, Lenin square, 3), e-mail: ov-kononova@mail.ru

The fine filler content, as well as chemical modifiers of BASF influence: polycarboxylatesuperplasticizer type Glenium® ACE 430 and hardening accelerator X-SEED® 100 on the strength of the mortar-type filler. Studies have found that when added to the mortar mixture of mineral filler, which is a fine-grained quartz sand, water-solid mixing ratio increases, entailing a decrease in strength. With increasing content of superplasticizer 0.27 to 0.4% of the total weight of the solid constituents is observed increase strength. Introduction hardening accelerator X-SEED® 100 mortars modified superplasticizer Glenium® ACE 430 accelerates the process of hydration of cement in the first hours after mixing (3-6 hours). It was found that the water-cement ratio and Glenium® ACE 430 superplasticize concentration generally show the fine grained concrete with additives used early strength formation features.

Keywords: mortar mix, superplasticizer, hardening accelerator, particulate filler, early strength, water-solid ratio.

В XXI веке одним из главных направлений развития промышленности строительных материалов является производство бетонных и растворных смесей с добавлением минеральных мелкозернистых наполнителей. В качестве минеральных добавок (МД) используются порошки различной минеральной природы, получаемые из природного (мелкозернистый кварцевый песок) или техногенного сырья (золы, молотые шлаки и горные породы, микрокремнезем и др.). Минеральные добавки отличаются от заполнителя мелкими размерами зёрен (менее 0,16 мм, а чаще еще меньше), а от химических модификаторов тем, что они не растворяются в воде. Располагаясь вместе с цементом в пустотах наполнителя, они уплотняют структуру бетона, в ряде случаев позволяют уменьшить расход цемента [1,2].

Мелкозернистые МД обладают высокой поверхностной активностью, их добавление ведет к упрочнению контактной зоны между цементным камнем и заполнителем в бетонах и растворных смесях [3].

Применение комплексных добавок на основе суперпластификаторов позволяет достичь особо важных для строительства свойств бетонов и растворных смесей: высокой прочности, морозостойкости, водонепроницаемости, снижения расхода цемента при сохранении прочностных характеристик, самоуплотняемости, высоких показателей подвижности и пластичности [4,5]. В настоящее время наиболее предпочтительно использовать в качестве пластифицирующего компонента добавки на основе эфиров поликарбоксилатного эфира (PCE) [3], так как их отличает высокая пластифицирующая способность, при этом они дополнительно увеличивают сохраняемость бетонных смесей, что немаловажно при монолитном строительстве. Эффективность воздействия PCE от традиционных суперпластификаторов сульфированного меламин и нафталина (SMFC и SNFC), действие которых основано на электростатическом отталкивании частиц цемента, объясняется использованием объемной цепи полимеров для создания стерического эффекта [1,2]. В зависимости от типа цемента, новые технологии позволяют получать поликарбоксилаты с различной полимерной структурой, что значительно расширяет их диапазон эффективного использования.

Среди основных недостатков PCE суперпластификаторов следует отметить вовлечение воздуха, а также увеличение времени пластифицирующего эффекта, который может негативно влиять на раннюю прочность растворных смесей. Поэтому для интенсификации набора ранней прочности предлагаются специальные химические добавки – ускорители твердения (УТ), представляющие собой суспензию частиц наноуровня, выступающих в роли дополнительных центров кристаллизации гидросиликатов в цементном тесте. УТ инициирует начало роста кристаллов не только на поверхности растворяющихся цементных зерен, но между ними (в пересыщенном растворе). Это значительно ускоряет рост новообразований в объеме цементной системы, что позволяет повысить раннюю прочность растворных смесей и бетона в 1,5–2 раза. Данная характеристика особенно важна для твердения в условиях экстремально низких температур, где важно ускорить процесс монолитного строительства [6,7].

Химические модификаторы (суперпластификаторы и ускорители твердения) для бетона в России представлены как отечественными (Полипласт, Суперпласт), так и иностранными производителями (Sika, BASFConstructionPolymers, Frem).

Целью исследования является изучение влияния комплексного применения РСЕ суперпластификаторов и ускорителей твердения и добавления мелкозернистого минерального наполнителя на раннюю прочность растворной смеси.

Материалы и методы исследования

Исследовано влияние содержания добавок РСЕ суперпластификатора Glenium® ACE 430 и ускорителя твердения X – SEED® 100 компании BASF на раннюю прочность растворной смеси. В качестве вяжущего применялся портландцемент ЦЕМ 42,5Н производства ОАО «Ульяновский цемент». В качестве заполнителя применялись песок кварцевый с модулем крупности $M_k=1,9$ и мелкодисперсный песок с удельной поверхностью $S_{уд}=1000 \text{ см}^2/\text{г}$, содержание которого изменялось от 0 до 12 % от общей массы твердых наполнителей смеси. Химические добавки вводились в бетон одновременно с последней третью воды затворения. Содержание РСЕ суперпластификаторов в бетоне варьировалось от 0,27 до 0,4 % от общей массы твердых составляющих смеси. Содержание ускорителя твердения X – SEED®100 составляло 0,5 % от массы цемента.

Результаты исследования и их обсуждение

В таблице 1 представлены составы растворных смесей подвижностью $P_{к4}$, определенных по погружению конуса в смесь по ГОСТ 5802-86 «Растворы строительные». Из них формовались образцы-кубы размерами 2x2x2 см и испытывались на сжатие в возрасте 1, 2 и 3 суток. Анализ результатов показывает, что присутствие комплексного модификатора в бетоне позволяет снизить водопотребность смеси на 7,2–23,1 % (см. составы № 1,2,3; 4,5,6 и т.д.) при условии сохранения равноподвижности.

Таблица 1

№п/п	Содержание компонентов смеси, масс. %			В/Тв	GleniumACE 430, в % от массы смеси	X-CEED100, в % от массы цемента
	Цемент	Песок $M_k=1,9$	Песок $S_{уд}=1000 \text{ см}^2/\text{г}$			
1	50	38	12	0,128	0,4%	0,5%
2	50	38	12	0,131	0,34%	0,5%
3	50	38	12	0,138	0,27%	0,5%
4	50	44	6	0,112	0,4%	0,5%
5	50	44	6	0,119	0,34%	0,5%
6	50	44	6	0,126	0,27%	0,5%
7	50	50	0	0,110	0,4%	0,5%
8	50	50	0	0,113	0,34%	0,5%
9	50	50	0	0,123	0,27%	0,5%
10	43	43	14	0,126	0,4%	0,5%
11	43	43	14	0,133	0,34%	0,5%

12	43	43	14	0,145	0,27%	0,5%
13	43	50	7	0,114	0,4%	0,5%
14	43	50	7	0,124	0,34%	0,5%
15	43	50	7	0,128	0,27%	0,5%
16	43	57	0	0,100	0,4%	0,5%
17	43	57	0	0,110	0,34%	0,5%
18	43	57	0	0,122	0,27%	0,5%
19	33	50	17	0,094	0,4%	0,5%
20	33	50	17	0,104	0,34%	0,5%
21	33	50	17	0,114	0,27%	0,5%
22	33	58	9	0,090	0,4%	0,5%
23	33	58	9	0,104	0,34%	0,5%
24	33	58	9	0,117	0,27%	0,5%
25	33	67	0	0,079	0,4%	0,5%
26	33	67	0	0,083	0,34%	0,5%
27	33	67	0	0,101	0,27%	0,5%

На рисунке 1 приведено влияние добавок на раннюю прочность растворной смеси при равном содержании цемента (50 %).

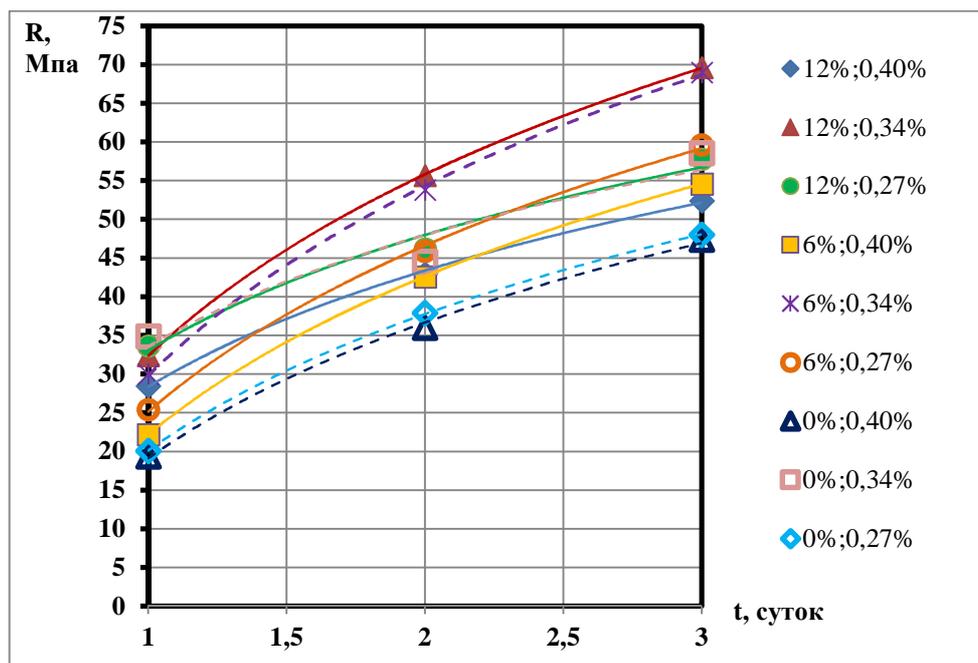


Рис.1. Кинетика набора ранней прочности растворной смеси при различных дозировках мелкодисперсного песка $S_{уд}=1000 \text{ см}^2/\text{г}$ и суперпластификатора Glenium® ACE 430 в % от массы смеси

Анализ результатов показал, что увеличение дозировки Glenium® ACE 430 до 0,34–0,4 % от массы твердых составляющих и количества мелкодисперсного песка 6–12 % от массы цемента позволяет получить растворы с прочностью 55,7 и 69,6 МПа на 2 и 3 сутки соответственно. При увеличении содержания мелкодисперсного песка при постоянном содержании суперпластификатора РСЕ (0,4 %) наблюдается повышение водопотребности

смеси, что приводит к снижению прочности растворной смеси в период от 1 до 3 суток. Наилучшие прочностные характеристики при постоянном содержании мелкодисперсного песка показали составы с 0,34 % Glenium® ACE 430 (точки № 2 № 5 и № 8). Наилучший показатель прочности растворной смеси на 1 сутки показал состав № 8, на 2 и 3 сутки – № 2.

На рисунке 2 приведено влияние добавок на раннюю прочность растворной смеси при постоянном содержании цемента (43 %). Анализ результатов показал, что увеличение дозировки Glenium® ACE 430 до 0,4 % снижает раннюю прочность бетона. К примеру, при добавлении 14 % мелкодисперсного песка прочность растворной смеси уменьшается в 1-ые сутки на 37 %, на 2-ые на 15,5 %, на 3-и на 13,3 % (точки № 10 и № 12).

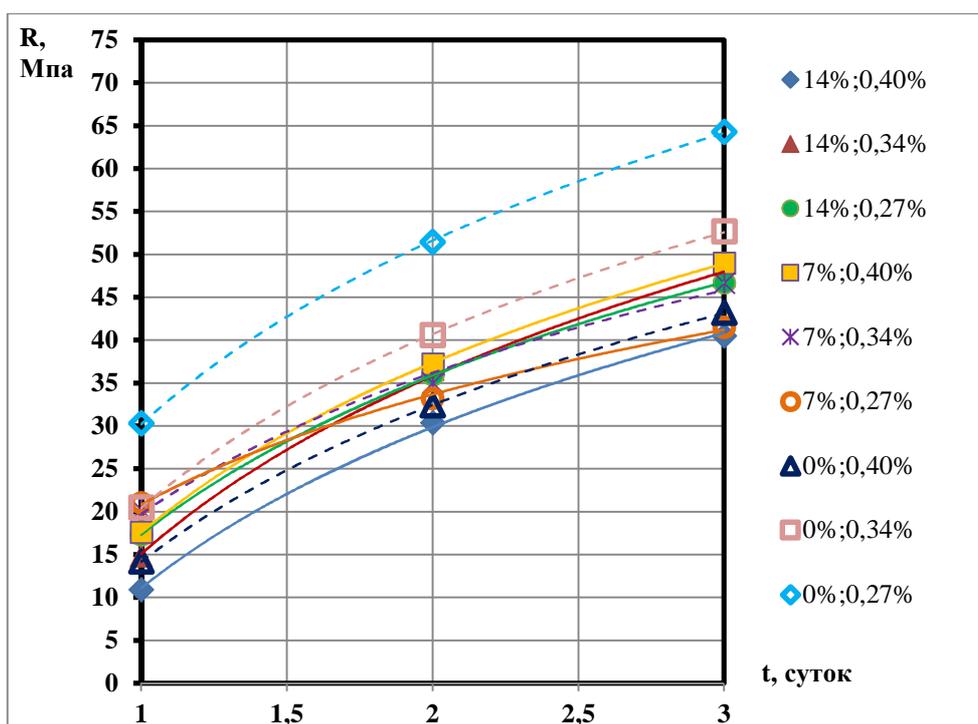


Рис.2. Кинетика набора ранней прочности растворной смеси при различных дозировках мелкодисперсного песка $S_{уд}=1000 \text{ см}^2/\text{г}$ и суперпластификатора Glenium® ACE 430 в % от массы смеси

Как и при содержании цемента 50 % при увеличении содержания мелкодисперсного песка при постоянной дозировке суперпластификатора PCE наблюдается повышение водопотребности смеси, что негативно сказывается на ранней прочности растворной смеси. Наилучший показатель прочности бетона показал состав № 18 и составил 30,3, 51,4, 64,3 МПа на 1, 2 и 3 суток соответственно.

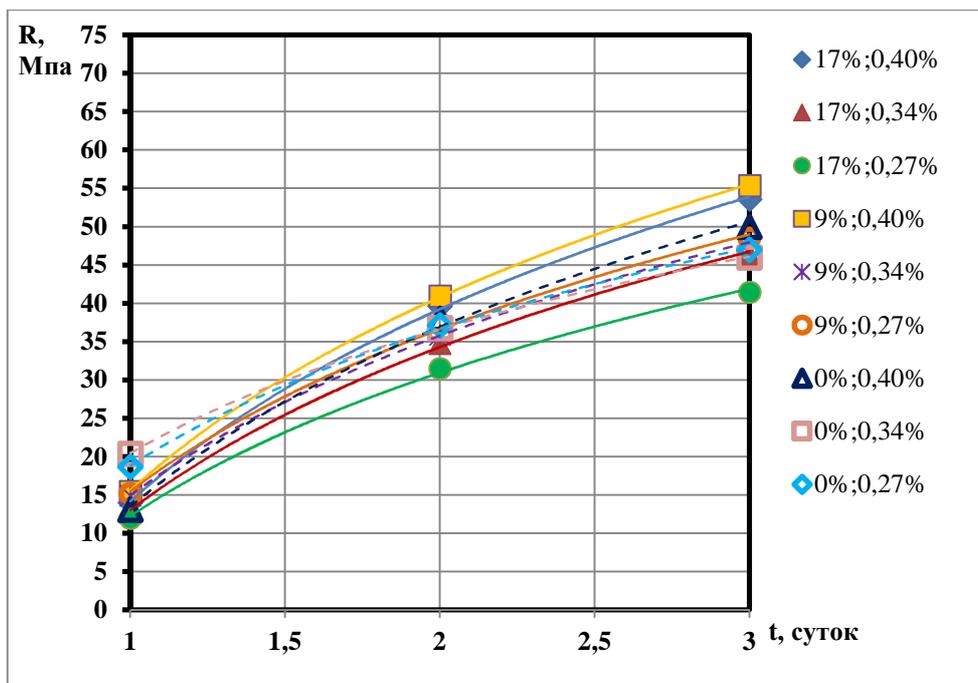


Рис. 3. Кинетика набора ранней прочности растворной смеси при различных дозировках мелкодисперсного песка $S_{уд}=1000 \text{ см}^2/\text{г}$ и суперпластификатора Glenium®ACE430 в % от массы смеси

На рисунке 3 приведено влияние добавок на раннюю прочность растворной смеси при постоянном содержании цемента (33 %). Анализ результатов показал, что увеличение дозировки Glenium® ACE 430 до 0,4 % увеличивает раннюю прочность бетона. К примеру, при добавлении 17 % мелкодисперсного песка прочность растворной смеси увеличивается в 1-ые сутки на 14 %, на 2-ые на 20,5 %, на 3-и на 22,6 % (точки № 19 и № 21). При увеличении содержания мелкодисперсного песка при постоянной дозировке Glenium® ACE 430 также наблюдается повышение водопотребности смеси, что является причиной снижения ранней прочности. Наилучший показатель прочности растворной смеси на 1 сутки показал состав № 26, на 2 и 3 сутки – № 22.

Выводы

1. Применение комплексного модификатора, представляющего собой суперпластификатор Glenium® ACE 430 и ускоритель твердения X – SEED®100 в растворной смеси, позволяет снизить водопотребность смеси на 7,2–23,1 % при условии сохранения равноподвижности.

2. Наблюдается увеличение прочности в 1-ые сутки до 38 %, на 2-ые сутки до 31,9 % и на третьи сутки до 31 % образцов с содержанием PCE 0,34 % и мелкодисперсного песка 14 % в сравнении с образцом с 0,27 % PCE и без мелкодисперсного песка.

3. Целесообразно снижение расхода цемента от 50 до 33 % от массы твердых составляющих, т.к. это не приводит к резкому снижению прочности бетона с комплексным модификатором и с мелкодисперсным песком.

Список литературы

1. Академия Конъюнктуры Промышленных Рынков. Минеральные добавки для бетонов.[Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.rusarticles.com/marketing-statya/mineralnye-dobavki-dlya-betonov-562365.html> (дата обращения: 10.07.2014).
2. Василик П.Г., Голубев И.В. Особенности применения поликарбоксилатных гиперпластификаторов Melflux®. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.spsss.ru/confer/confer_archive/reports/doclad03/Vasilik.php (дата обращения 10.07.2014).
3. Высоцкий С.А. Минеральные добавки для бетонов // Бетон и железобетон. – 1994. – № 2. – С.7-10.
4. Добшиц Л.М., Кононова О.В., Анисимов С.Н. Кинетика набора прочности цементного камня с модифицирующими добавками // Цемент и его применение. – 2011. – № 4. – С. 104-107.
5. Добшиц Л.М., Кононова О.В., Анисимов С.Н., Лешканов А.Ю. Влияние поликарбоксилатных суперпластификаторов на структурообразование цементных паст // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 5 (часть 5). – С. 945-948.
6. Минаков Ю.А., Кононова О.В., Анисимов С.Н. Исследование обогрева бетона стыковых зон каркасных конструкций в термоактивной опалубке // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 8 (6). – С. 1313-1317.
7. Морозов Н.М., Боровских И.В., Хозин В.Г., Авксентьев В.И., Мугинов Х.Г. Влияние компонентов песчаного бетона на воздухововлечение при его приготовлении // Известия КазГАСУ, 2011. – № 3. – С.129-133.

Рецензенты:

Краснов А.М., д.т.н., профессор, профессор кафедры строительных технологий и автомобильных дорог ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный технологический университет», г. Йошкар-Ола;

Салихов М.Г., д.т.н., профессор, профессор кафедры строительных технологий и автомобильных дорог ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный технологический университет», г. Йошкар-Ола.