

ПРОЧНОСТЬ ЖЕСТКИХ БЕТОННЫХ СМЕСЕЙ С ПОЛИКАРБОКСИЛАТНЫМИ ПЛАСТИФИКАТОРАМИ

*Л. М. Добшиц¹, С. Н. Анисимов², А. О. Смирнов²,
А. Ю. Лешканов², А. А. Анисимова²*

¹Российский университет транспорта (МИИТ) (г. Москва),

²Поволжский государственный технологический университет (г. Йошкар-Ола)

Исследовано влияние пластифицирующей добавки на основе поликарбоксилатного эфира на прочность жестких бетонных смесей. Принцип действия поликарбоксилатов основан на том, что его компоненты адсорбируются преимущественно на гидросульфатоалюминатах, но дальнейшее фазообразование приводит к практически полному подавлению пластифицирующего действия за счет перекрывания зон стерических эффектов. При создании молекул суперпластификаторов важно учесть начальные скорости адсорбции и гидратации фазообразования для того, чтобы обеспечить необходимую продолжительность их действия и, следовательно, сохраняемость бетонных смесей. Поэтому современные продукты содержат, как правило, молекулы нескольких типов, действие каждого из которых начинается в строго определенное время.

Важной составляющей разработки состава бетона с поликарбоксилатами являются особые требования к гранулометрии заполнителей, выражающиеся в увеличении доли песка для предотвращения расслоения бетонной смеси. Привлекательна возможность применения поликарбоксилатных добавок в массивных бетонных конструкциях, где снижение скорости схватывания может способствовать снижению экзотермии цемента, а уменьшение водопотребности повысит плотность бетона. Однако неизвестно, какое влияние на свойства жестких бетонных смесей оказывает применение поликарбоксилата при изменении доли мелкого заполнителя.

Результаты исследований показывают, что превышение содержания добавки на основе поликарбоксилатного эфира Glenium® 51 более 0,5 % от массы цемента может существенно замедлить рост ранней прочности, что необходимо учитывать в производстве сборного и товарного железобетона. Добавка Glenium® 51 способна снизить водопотребность бетонной смеси на 25-28 % с сохранением способности к самоуплотнению после кратковременного вибрирования. Понижение же содержания крупного заполнителя в бетоне с 1200 до 800 кг/м³ приводит к снижению его ранней и конечной прочности. Замещение гравия кварцевым песком для всех дозировок добавки Glenium®51 понижает как раннюю, так и конечную прочность бетона. Применение пластификатора Glenium®51 в жестких бетонных смесях обосновано и целесообразно в условиях необходимости снижения экзотермии цемента в период начальной гидратации.

Ключевые слова: бетон; песок; цемент; суперпластификатор; подвижность; прочность; водопотребность бетонной смеси.

Введение. Важнейшей задачей монолитного строительства является получение бетонов с высокими заданными свойствами. Современные технологии получения такого материала тесно связаны с применением хими-

ческих модификаторов. Добавками наиболее массового применения в этой отрасли являются пластификаторы, среди которых все большую востребованность приобретают суперпластификаторы на основе поликарбокси-

латных эфиров. Их эффективность обуславливается возможностью контроля физико-химического поведения полимеров, взаимодействия с частицами цемента посредством изменения молекулярной цепи, электрических зарядов в карбоцепных полимерах [4-7].

В зависимости от поставленной цели данные пластификаторы могут замедлить схватывание и ускорить набор прочности, а также обеспечить необходимую подвижность с минимальной водопотребностью, оказывающей положительное влияние на параметры долговечности.

Важной особенностью разработки состава бетона с поликарбоксилатами являются особые требования к гранулометрии заполнителей, выражающиеся в увеличении доли песка для предотвращения расслоения бетонной смеси [1-3].

Привлекательной является возможность применения поликарбоксилатных добавок в массивных бетонных конструкциях, где снижение скорости схватывания может способствовать снижению экзотермии цемента, а уменьшение водопотребности повысит плотность бетона. В то же время неизвестно, какое влияние на свойства жестких бетонных смесей оказывает применение поликарбоксилата при изменении доли мелкого заполнителя.

Целью исследования является анализ влияния поликарбоксилатного пластификатора на прочность жестких бетонных смесей с изменением количества мелкого заполнителя.

Материалы и методы исследования

В рамках эксперимента исследовано влияние суперпластификатора Glenium®51 ком-

пании «BASF» на основе поликарбоксилатного эфира на формирование прочности тяжелого бетона при различном соотношении содержания крупного и мелкого заполнителей.

В качестве вяжущего применялся портландцемент Ульяновского цементного завода типа ЦЕМ II/A-K(Ш-П) класса 32,5Н. В качестве крупного заполнителя использовались гравий фракции 5-20 мм и природный кварцевый песок с модулем крупности 1,6. Содержание гравия и песка в бетоне варьировалось в пределах от 800 до 1200 кг/м³. Содержание добавки составляло от 0,5 до 1,3 % от массы цемента.

Количество воды затворения подбиралось таким образом, чтобы обеспечивалось получение равноподвижных умеренно подвижных смесей, которые способны уплотняться вибрацией в течение 20 с.

Из бетонных смесей формовались образцы размером 100×100×100 мм, которые твердели до испытания в нормальных условиях. Для сопоставления результатов были заформованы образцы без введения поликарбоксилата с равным содержанием крупного и мелкого заполнителей.

Реализован двухфакторный план эксперимента на 1-е, 3-и и 28-е сутки твердения бетонных кубов, в котором переменными параметрами являлись содержание добавки (X_1) и соотношение заполнителей (X_2). Содержание цемента во всех составах оставалось постоянным.

В таблице 1 приведены уровни варьирования переменных факторов:

Таблица 1

Уровни варьирования факторов

Наименование переменных факторов	Уровни варьирования факторов		
	-1	0	+1
Содержание добавки Glenium-51, % от массы цемента	0.5	0.9	1.3
Соотношение гравия к песку	2/3	1/1	3/2

Двухфакторный математический план эксперимента и результаты испытаний на 1-е,

3-и и 28-е сутки твердения представлены в таблицах 2-4.

Таблица 2

Математический план и результаты эксперимента на 1-е сутки твердения

№ п/п	Матрица эксперимента		План эксперимента		Среднее арифм. U_1 , МПа	Дисперсия измерения Su^2	Расчетн. значение \hat{Y}_1 , МПа	$\Delta \hat{Y}_1$	$\Delta \hat{Y}_1^2$
	X_1	X_2	% Д.	Г/П					
1	+1	+1	1,3	3/2	1,22	0,04	1,12	0,10	0,01
2	+1	-1	1,3	2/3	0,60	0,04	0,34	0,26	0,07
3	-1	+1	0,5	3/2	6,22	0,42	5,81	0,41	0,17
4	-1	-1	0,5	2/3	4,00	1,75	3,43	0,57	0,32
5	+1	0	1,3	1/1	1,00	0,07	0,73	0,27	0,07
6	-1	0	0,5	1/1	4,28	0,73	4,62	-0,34	0,12
7	0	+1	0,9	3/2	4,63	0,40	4,21	0,42	0,18
8	0	-1	0,9	2/3	2,74	0,05	2,64	0,10	0,01
9	0	0	0,9	1/1	3,40	0,37	3,43	-0,03	0,00

$$\sum S^2_i = 3,87$$

$$SS_{на} = 0,95$$

Таблица 3

Математический план и результаты эксперимента на 3-и сутки твердения

№ п/п	Матрица эксперимента		План эксперимента		Среднее арифм. U_1 , МПа	Дисперсия измерения Su^2	Расчетн. значение \hat{Y}_1 , МПа	$\Delta \hat{Y}_1$	$\Delta \hat{Y}_1^2$
	X_1	X_2	% Д.	Г/П					
1	+1	+1	1,3	3/2	21,00	1,00	21,89	-0,89	0,79
2	+1	-1	1,3	2/3	18,10	0,31	18,12	-0,02	0,00
3	-1	+1	0,5	3/2	24,50	1,75	25,12	-0,62	0,38
4	-1	-1	0,5	2/3	21,20	2,52	21,35	-0,15	0,02
5	+1	0	1,3	1/1	18,90	1,03	20,00	-1,10	1,22
6	-1	0	0,5	1/1	22,00	1,75	23,24	-1,24	1,53
7	0	+1	0,9	3/2	24,20	0,07	23,50	0,70	0,49
8	0	-1	0,9	2/3	19,10	3,63	19,74	-0,64	0,40
9	0	0	0,9	1/1	21,43	0,26	21,62	-0,19	0,03

$$\sum S^2_i = 12,32$$

$$SS_{на} = 4,86$$

Таблица 4

Математический план и результаты эксперимента на 28-е сутки твердения

№ п/п	Матрица эксперимента		План эксперимента		Среднее арифм. U_1 , МПа 28 сутки	Дисперсия измерения Su^2	Расчет. значение \hat{Y}_1 , МПа	$\Delta \hat{Y}_1$	$\Delta \hat{Y}_1^2$
	X_1	X_2	% Д.	Г/П					
1	+1	+1	1,3	3/2	41,00	7,00	39,51	1,49	2,23
2	+1	-1	1,3	2/3	33,17	4,08	33,17	-0,01	0,00
3	-1	+1	0,5	3/2	38,33	1,33	36,93	1,41	1,97
4	-1	-1	0,5	2/3	32,03	0,90	30,59	1,44	2,07
5	+1	0	1,3	1/1	37,27	0,21	36,34	0,93	0,86
6	-1	0	0,5	1/1	33,33	0,08	33,76	-0,43	0,18
7	0	+1	0,9	3/2	37,20	1,24	38,22	-1,02	1,03
8	0	-1	0,9	2/3	32,33	4,33	31,88	0,45	0,20
9	0	0	0,9	1/1	34,67	0,33	35,05	-0,38	0,15

$$\sum S^2_i = 19,52$$

$$SS_{на} = 8,70$$

На основании проведенных исследований построена математическая модель зависимости прочности бетона U_1 от содержания добавки X_1 и соотношения заполнителей X_2 . При доверительной вероятности 95 % она имеет следующий вид:

$$U_1 = 3,43 - 1,95X_1 + 0,79X_2 - 0,75X_1^2 - 0,4X_1X_2 \quad (1)$$

(на 1-е сутки);

$$U_1 = 21,62 - 1,62X_1 + 1,88X_2 \quad (2)$$

(на 3-и сутки);

$$U_1 = 35,05 + 1,29X_1 + 3,17X_2 \quad (3)$$

(на 28-е сутки).

Ниже приведен регрессионный анализ модели. Расчетное значение критерия Кохре-

на $G_{\text{расч.}} = 0,45$ (на 1-е сутки), $G_{\text{расч.}} = 0,29$ (на 3-и сутки) и $G_{\text{расч.}} = 0,36$ (на 28-е сутки) меньше табличного $G_{\text{табл.}} = 0,4775$, что подтверждает гипотезу об однородности дисперсий.

Оценка дисперсии в определении среднего: $S^2\{Y\} = 0,14$ (на 1-е сутки), $S^2\{Y\} = 0,46$ (на 3-и сутки) и $S^2\{Y\} = 0,72$ (на 28-е сутки).

При ошибке эксперимента $S_{\varepsilon} = \sqrt{S^2\{Y\}} = 0,38$ (1-е сутки), $S_{\varepsilon} = \sqrt{S^2\{Y\}} = 0,68$ (3-и сутки) и $\sqrt{S^2\{Y\}} = 0,85$ (28-и сутки) число значимых коэффициентов равно $l = 5$, $l = 3$ и $l = 3$ соответственно. Число степеней свободы: $f_1 = N - l = 9 - 4 = 5$; $f_2 = N(m-1) = 9 \times 2 = 18$ и $f_1 = N - l = 9 - 3 = 6$; $f_2 = N(m-1) = 9 \times 2 = 18$ соответственно.

При проверке адекватности модели значение суммы неадекватности квадратов отклонений составило $SS_{\text{на}} = 0,95$ (1-е сутки), $SS_{\text{на}} = 4,86$ (3-и сутки) и $SS_{\text{на}} = 8,70$ (28-е сутки). Значение критерия Фишера $F_{\text{табл.}} = 2,946$ и $2,676$ при доверительной вероятности 95 %. Расчетное значение критерия Фишера

$F_{\text{расч.}} = 1,65$, $1,78$ и $2,01$ соответственно, что подтверждает гипотезу об адекватности модели. На рисунках 1-3 представлен геометрический образ модели Y_1 .

Обсуждение результатов исследования

Анализ проведенных исследований показывает, что увеличение количества пластификатора с 0,5 до 1,3 % резко снижает показатели прочности бетона на 1-е сутки твердения, которые практически выравниваются к 3-м суткам, но все же остаются ниже на 12-15 % независимо от соотношения зернового состава.

Замедление процесса твердения можно объяснить наличием в составе регуляторов схватывания, способствующих увеличению периода сохраняемости бетонной смеси, а также протекающим во времени процессом адсорбции суперпластификаторов. На 28-е сутки твердения наблюдается прирост прочности бетона с максимальным содержанием добавки до 6-10 % в сравнении с образцами с минимальной дозировкой.

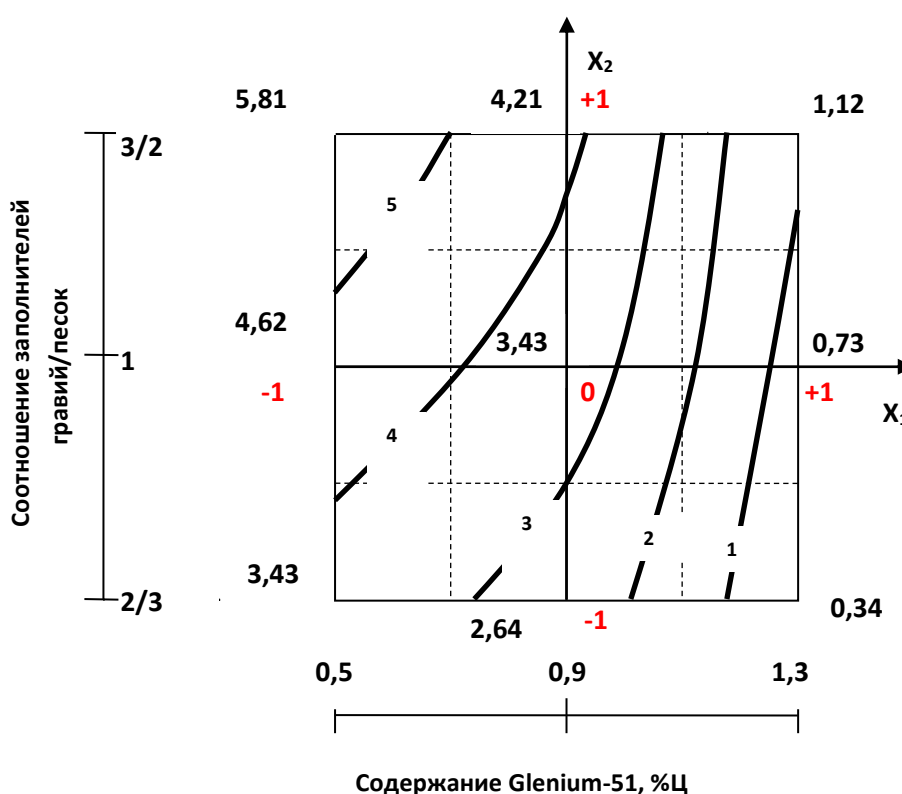


Рисунок 1. Диаграмма прочности на 1-е сутки при сжатии бетона, МПа в присутствии добавки Glenium-51 в координатах: X_1 – содержание Glenium-51, %Ц; X_2 – соотношение заполнителей гравий/песок

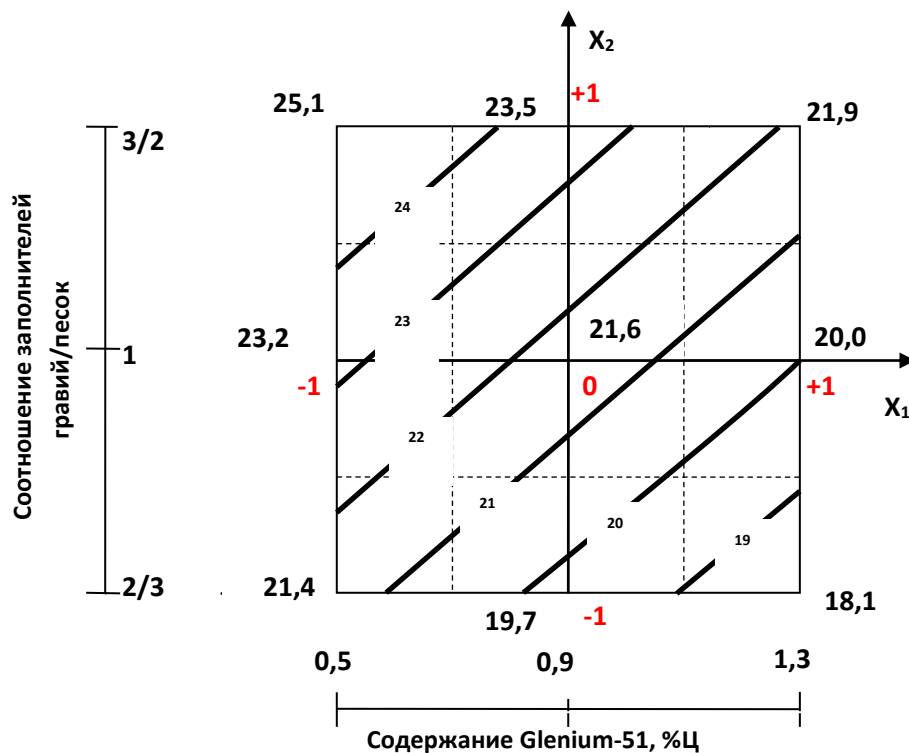


Рисунок 2. Диаграмма прочности на 3-и сутки при сжатии бетона в присутствии добавки Glenium-51 в координатах: X_1 – содержание Glenium-51, % Ц; X_2 – соотношение заполнителей гравий/песок

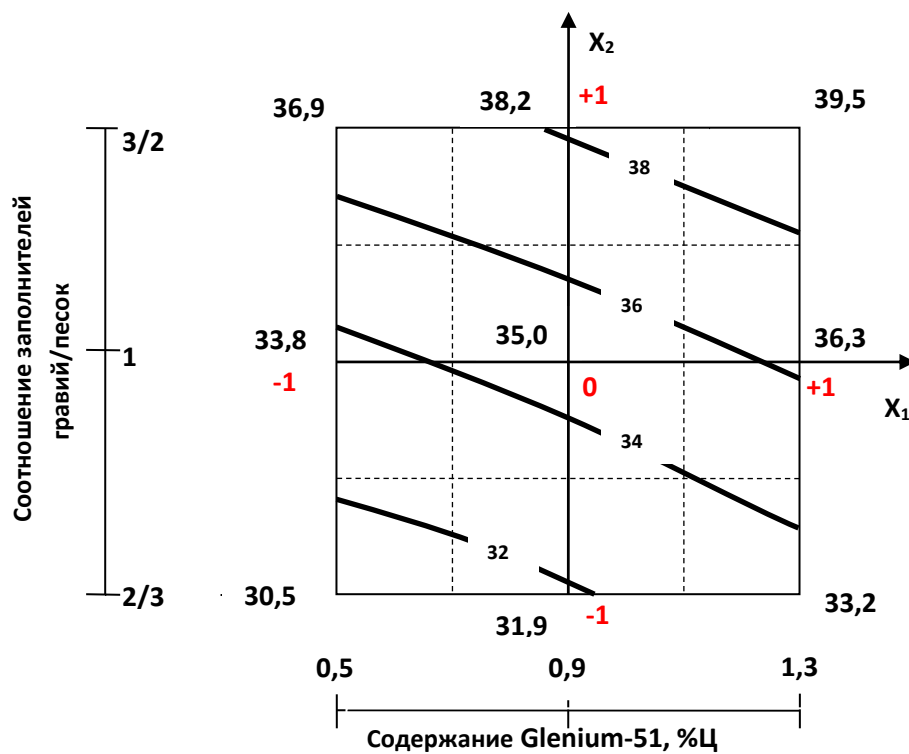


Рисунок 3. Диаграмма прочности на 28-е сутки при сжатии бетона в присутствии добавки Glenium-51 в координатах: X_1 – содержание Glenium-51, % Ц; X_2 – соотношение заполнителей гравий/песок

Результаты исследования показывают, что при снижении водопотребности бетонной смеси на 25...28 % в присутствии добавки Glenium®51 бетонная смесь способна резко переходить из жесткой консистенции в литую и приобретать способность к самоуплотнению.

Наибольшая 28-суточная прочность получена при расходе добавки Glenium®51 1,3 %. Самый высокий показатель ранней прочности при расходе добавки 0,5 % составил: в первые сутки – 5,8 МПа; в третьи сутки – 25 МПа, что составило 77 % проектной прочности. Наибольший показатель прироста 28-суточной прочности составил 39 % (39,5 МПа).

Выявлено, что в присутствии добавки Glenium®51 понижение содержания крупного заполнителя в бетоне с 1200 до 800 кг/м³ приводит к снижению его ранней и конечной прочности.

Результаты эксперимента показывают, что существует рациональное содержание добавки Glenium®51, превышение которого способно существенно замедлить рост ранней прочности, в данном эксперименте – 0,5 % от массы цемента, что необходимо учитывать при про-

изводстве сборного и товарного железобетона.

Испытание контрольного состава доказывает, что прочность бетона на 1-е сутки без модификатора практически равна составу с содержанием добавки в количестве 0,5 % (4,6 МПа). Дальнейший прирост относительной прочности на 3-и и 28-е сутки составил 17 и 20 % соответственно.

Замещение гравия песком с модулем крупности 1,6 для всех дозировок добавки Glenium®51 понижает как раннюю, так и конечную прочность бетона.

Выводы

1. Применение модификатора Glenium®51 целесообразно для достижения наиболее высоких результатов конечной прочности.

2. Увеличение доли песка в составе пластифицированного бетона приводит к снижению прочностных показателей на всех испытываемых образцах. Необходимо более тщательное фракционирование заполнителей с предпочтением песка с модулем крупности не менее 2.

3. Обосновано применение пластификатора Glenium®51 в жестких бетонных смесях в условиях необходимости снижения экзотермии цемента в период начальной гидратации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вовк А.И. О некоторых особенностях РСЕ. Режим доступа: <http://www.rosbaltgrupa.lv/?id=157&ln=ru> (дата обращения 30.07.2015).
2. Изотов В.С., Соколова Ю.А. Химические добавки для модификации бетона. Москва: Палеотип, 2006. 244 с.
3. Синайко Н.П. Новые бетоны самоуплотняющегося типа. Добавки Relanorm и средства испытаний // Будівельні матеріали, вироби та санітарна техніка. 2011. № 39. С. 95.
4. Штарк Й., Больман К. Химия цемента и долговечность бетона. Позднее образование этtringита в бетоне // II международное совещание по химии и технологии цемента. Москва, 2000. Т. I. С. 64–93.
5. New High Performance Polycarboxilate Superplasticizers based on Derivative Copolymers of Maleinic Acid / Falikman V.R. et al. // GLOBAL CONSTRUCTION: 6th International Congress. Advances in Admixture Technology. Dundee, 2005. Pp. 41-46.2.
6. Yamada K., Ogawa S., Hanahara S. Working mechanism of poly-beta-naphthalene sulfonate and polycarboxylate superplasticizers types from point of cement paste characteristics // ACI SP-145. P. 367-382.
7. Теплофизические основы и технологические режимы управляемого метода тепловой обработки бетона с применением низковольтных термоактивных опалубочных систем / Ю. А. Минаков, Л. П. Мотовилова, С. Н. Анисимов, А. Ю. Лешканов // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Материалы. Конструкции. Технологии. 2018. № 1(5). С. 78–83.

Информация об авторах

ДОБШИЦ Лев Михайлович – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры строительных материалов и технологий, заведующий лабораторией новых строительных материалов и технологий, академик РИА, Российский университет транспорта (МИИТ), г. Москва. Область научных интересов – долговечность железобетонных конструкций, морозостойкость бетона, специальные добавки. E-mail: levdobshits@yandex.ru

АНИСИМОВ Сергей Николаевич – кандидат технических наук, доцент кафедры строительных технологий и автомобильных дорог, Поволжский государственный технологический университет, г. Йошкар-Ола. Область научных интересов – разработка модифицированных бетонов для зимнего бетонирования. E-mail: AnisimovSN@volgatech.net

СМИРНОВ Александр Олегович – аспирант кафедры строительных технологий и автомобильных дорог, Поволжский государственный технологический университет, г. Йошкар-Ола. Область научных интересов – разработка модифицированных бетонов с минеральными добавками. E-mail: SmirnovAO@volgatech.net

ЛЕШКАНОВ Андрей Юрьевич – аспирант кафедры строительных технологий и автомобильных дорог, Поволжский государственный технологический университет, г. Йошкар-Ола. Область научных интересов – разработка бетонов с комплексными модификаторами. E-mail: LeshkanovAI@volgatech.net

АНИСИМОВА Алена Анатольевна – магистрант, Поволжский государственный технологический университет, г. Йошкар-Ола. Область научных интересов – исследование влияния пластифицирующих добавок на комплексные свойства бетонов.

UDC 666.972.3

DOI: 10.25686/2542-114X.2020.4.6

STRENGTH OF LOW-SLUMP CONCRETE MIX WITH POLYCARBOXYLATE PLASTICIZERS

**L. M. Dobshits¹, S. N. Anisimov², A. O. Smirnov²,
A. Iu. Leshkanov², A. A. Anisimova²**

¹*Russian University of Transport (MIIT) (Moscow),*

²*Volga State University of Technology (Yoshkar-Ola)*

The paper analyses the influence of polycarboxylate plasticizer on low-slump concrete mix strength. The principle of action of polycarboxylates is based on the fact that its components are adsorbed mainly on hydrosulfoaluminates, but the further phase formation leads to complete suppression of the plasticizing action due to overlapping zones of steric effects. When creating superplasticizer molecules it is important to take into account the initial rates of adsorption and hydration-phase formation in order to ensure the necessary duration of their action and consequently, the preservation of concrete mixtures. Therefore, modern products contain as a rule molecules of several types which start acting individually. An important feature of the development of the composition of concrete with polycarboxylates are special requirements for the granulometry of aggregates, which are expressed as the increased proportion of sand aimed at prevention of delamination of the concrete mixture. The possibility to use polycarboxylate additives in massive concrete structures seems beneficial. In these structures the decrease in the rate of setting can reduce exothermy of cement, and the decrease in water demand will increase the density of concrete. However, it remains unclear what effect on the properties of rigid concrete mixtures is produced by the use of polycarboxylate when changing the proportion of fine aggregate. The results reveal that the exceeding the content of the additive by more than 0.5 % of cement weight can significantly slow down the growth of the early strength that must be considered in the precast production and ready-mix concrete. Additive Glenium® 51 can reduce the water requirement by 25-28 % with preservation of the ability to self-compacting after short-term vibration.

The decrease of coarse aggregate content in concrete from 1,200 to 800 kg/m³ leads to the reduction of early and ultimate strength. The substitution of gravel in the sand for all supplements dosages of Glenium®51 lowers both early and final concrete strength. The use of a plasticizer Glenium®51 in the hard concrete mixtures is justified in terms of the need to reduce heat generation cement during the initial hydration.

Keywords: concrete, superplasticizer, mobility, strength, water demand.

REFERENCES

1. Vovk A.I. O nekotoryh osobennostyakh PCE [Some features of PCE]. Available at: <http://www.rosbaltgrupa.lv/?id=157&ln=ru> (date of access 30.07.2015).
2. Izotov V.S., Sokolova Iu.A. Himicheskie dobavki dlya modifikacii betona [Chemical additives for concrete modification]. Moscow: Paleotip Publishing House, 2006, 244 p.
3. Sinajko N.P. Novye betony samouplotnyayushchegosya tipa. Dobavki Relanorm i sredstva ispytaniy [New concretes of self-sealing type. Relanorm additives and testing facilities], *Budivelni materialy, virobi ta sanitarna tekhnika*, 2011, No 39, pp. 95.
4. Shtark J., Bolman K. Himiya cementa i dolgovechnost betona. Pozdnee obrazovanie ettringita v betone [Chemistry of cement and durability of concrete. Later ettringite formation in concrete], *II mezhdunarodnoe soveshchanie po himii i tekhnologii cementa* [2nd international meeting on concrete and cement technology]. Moscow, 2000, Vol. 1, pp. 64–93.
5. Falikman V.R. New High Performance Polycarboxilate Superplasticizers based on Derivative Copolymers of Maleinic, Acid, 6TM *International Congress "Global Construction"*, Advances in Admixture Technology, Dundee, 2005, pp. 41-46.
6. Yamada K., Ogawa S., Hanahara S. Working mechanism of poly-beta-naphthalene sulfonate and polycarboxylate superplasticizers types from point of cement paste characteristics. *ACI SP-145*, pp. 367-382.
7. Minakov Iu. A., Motovilova L. P., Anisimov S. N., Leshkanov A. Iu. Teplofizicheskie osnovy i tekhnologicheskie rezhimy upravlyаемого метода тепловоj obrabotki betona s primeneniem nizkovol'nyh termoaktivnyh opalubochnykh sistem, *Vestnik Povolzhskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universite-ta. Ser.: Materialy. Konstrukcii. Tekhnologii*, 2018, No 1(5), pp. 78–83.

Information about the authors

DOBSHITS Lev Mikhailovich – Doctor of Engineering Sciences, Professor of the Department of Building Materials and Technology, Head of the Laboratory of Building Materials and Technology, Academician of the Russian Academy of Engineering, Russian University of Transport (MIIT), Moscow. Research interests – durability of reinforced concrete structures, frost resistance of concrete, special additives. E-mail: levdobshits@yandex.ru

ANISIMOV Sergei Nikolaevich – Associate Professor of the Department of Construction Technology and Roads, Volga State University of Technology, Yoshkar-Ola. Research in-terests – development of modified concrete for winter concrete pouring. E-mail: AnisimovSN@volgatech.net

SMIRNOV Aleksandr Olegovich – postgraduate student of the Department of Construction Technology and Roads, Volga State University of Technology, Yoshkar-Ola. Research interests – development of modified concretes with mineral additives. E-mail: SmirnovAO@volgatech.net

LESHKANOV Andrei Iurevich – postgraduate student of the Department of Construction Technology and Roads, Volga State University of Technology, Yoshkar-Ola. Research interests – development of complex modified concretes. E-mail: LeshkanovAI@volgatech.net

ANISIMOVA Alena Anatolevna – master student of the Department of Construction Technology and Roads, Volga State University of Technology, Yoshkar-Ola. Research interests – research of plasticizing additives influence on complex properties of concretes. E-mail: AnisimovSN@volgatech.net

Библиографическая ссылка

Прочность жестких бетонных смесей с поликарбоксилатными пластификаторами / Л. М. Добшиц, С. Н. Анисимов, А. О. Смирнов, А. Ю. Лешканов, А. А. Анисимова // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Материалы. Конструкции. Технологии. – 2020. – № 4(16). – С. 6-13. – DOI: 10.25686/2542-114X.2020.4.6