

На основании полученных результатов можно сделать следующие выводы:

- применение отсевов дробления в качестве компонента вяжущего, заменяющего кварцевый песок не позволяет получить равнопрочные значения; содержание кремнезёма в горной породе недостаточное для равнозначной замены кварцевого песка на отсеvy дробления;
- использование известкового вяжущего позволяет получить на песках дробления пресованные изделия достаточной сырьевой прочности для производства пустотелых и полнотелых изделий;
- увеличение активности смеси и активности вяжущего увеличивает прочностные показатели пресованных образцов;
- автоклавная прочность образцов на известковом вяжущем обеспечивает получение образцов прочностью соответствующей маркам 150-175.

Литература

1. Воробьев, В.В. Методы получения искусственных песков / В.В. Воробьев, О.П. Шиманович, М.С. Гаркави, А.Ю. Козин // Информационный центр поддержки предпринимательства на рынке минерального сырья и материалов. – <http://www.74rif.ru/pesok-sintet.html/>. – С. 1-3.
2. Загер, И.Ю. Сравнительная оценка продуктов дробления горных пород месторождений нерудных строительных материалов/ Яшинькина А.А., Андропова Л.Н. // Строительные материалы. -2011.-№5. – С. 84-87.
3. Дворкин, Л. И. Строительные материалы из отходов промышленности : учеб.-справ. пособие / Л. И. Дворкин, О.Л. Дворкин. - Ростов н/Д : Феникс, 2007. - 368с.
4. Шелер Р. Проект завода по производству силикатного кирпича фирмы ЛАСКО// Строительные материалы.- 2008.-№11. - С. 33-35.

УДК [691.32:623 073]+[691.217:620.3]

МНОГОКОМПОНЕНТНЫЙ НАНОМОДИФИЦИРОВАННЫЙ МЕЛКОЗЕРНИСТЫЙ БЕТОН

Прудков Е.Н., Закуражнов М.С.

Тульский государственный университет, г. Тула

В работе предложены методы проектирования составов многокомпонентного мелкозернистого бетона с учетом использования нанодобавок.

В настоящее время в строительстве активно внедряются многокомпонентные мелкозернистые бетоны. Эти бетоны характеризуются повышенной морозостойкостью и водонепроницаемостью, позволяют сокращать расход клинкерного цемента или увеличивать прочностные показатели.

Переход от обычных бетонов к многокомпонентным составом с использованием добавок: суперпластификаторов, микронаполнителей, наполнителей на наноуровне, позволяет свести к минимуму недостатки

обычных мелкозернистых бетонов, имеющих повышенное содержание цемента и воды, и как следствие повышенную пористость, водопроницаемость, снижение прочности и морозостойкости.

В работе ставилась задача разработать оптимальный состав наномодифицированного мелкозернистого бетона, твердеющего как в условиях тепловлажностной обработки, так и в условиях естественного нормального твердения с высоким показателем прочности на сжатие и изгиб, с пониженным водопоглощением и пористостью при введении в составы модифицирующих добавок: суперпластификатора, тонкодисперсного микронаполнителя и добавок на наноровне

Проектируемый состав включал: портландцемент, песок, суперпластификатор «Реламикс», воду и в качестве наномодифицирующих добавок: золь нанокремнезема, белую сажу и микронаполнитель - высокоактивный метакаолин (ВМК).

Исходными материалами для мелкозернистого бетона служили портландцемент ЦЕМ I 42,5 Н по ГОСТ 31108-2003.

В качестве мелкозернистого заполнителя применяли речной песок по ГОСТ 8736-93.

Добавка «Реламикс» относится к классу суперпластификаторов по ТУ 5870-002-14153664-04 представляет собой смесь неорганических (роданидов и тиосульфатов) и органических (полиметиленафталинсульфонатов) солей натрия. Добавка «Реламикс» применяется для однородного распределения частиц SiO_2 в бетонной смеси. Введение суперпластификатора «Реламикс» также позволяет увеличить подвижность бетонной смеси, снизить водоцементное отношение.

Нанодобавку - золь нанокремнезема получают в виде стабильных концентрированных водных золей из гидротермальных растворов с помощью ультрафильтрационных мембран [3]. Содержание аморфного кремнезема SiO_2 – 225 г/дм³. Плотность раствора золя - 1143 г/дм³. Минимальный размер золей составляет 45 нм и средний размер 60 нм. На частицы с диаметром 45-100 нм приходится 65% всей массы нанокремнезема.

Белая сажа марки БС-50 по ГОСТ 18307-78 с массовой долей оксида кремния SiO_2 не менее 76 %. Белая сажа состоит в основном из кремнезема в некристаллической форме. Материал обладает чрезвычайно высокой площадью поверхности, что является основой его высокой пуццолановой активности. Частицы белой сажи в большинстве являются сферическими, диаметром в среднем 50-100 нм. Площадь поверхности частиц белой сажи составляет 20-23 м²/г.

Высокоактивный метакаолин (ВМК) – продукт дегидратации каолиновой глины (природного гидроалюмосиликата). Дегидратированный аморфный алюмосиликат является смесью активного кремнезема и глино-

зема, почти в равных пропорциях, т.е. является не силикатным, а алюмосиликатным пуццоланом. По своей форме метакаолин представляет пластинчатые частицы средним размером 1-2 мкм и удельной поверхностью 12-13 м²/г.

Известно, что для исследования многокомпонентных смесей наиболее широкие возможности и преимущества имеет математический метод планирования эксперимента, используемый при установлении оптимальных составов бетонов для прогнозирования заданных свойств [1].

Планирование эксперимента и выбор состава мелкозернистого бетона с применением математико-статистических методов заключается в установлении математической зависимости между заданным свойством бетона и расходом и свойствами составляющих компонентов. Получаемая математическая зависимость используется для назначения и поиска оптимальных составов.

Поскольку ставилась задача определения прочностных характеристик в сравнительно узком диапазоне изменения переменных, принимали для реализации линейный план для $k = 3$.

В качестве переменных выбирали следующие компоненты, % от массы цемента: X_1 – расход золя нанокремнезема, X_2 – расход метакаолина, X_3 – расход белой сажи.

Значения интервалов варьирования факторов (переменных) приведены в табл. 1.

Постоянные параметры: расход портландцемента, песка, воды, суперпластификатора «Реламикс».

Таблица 1 - Значения интервалов варьирования факторов

Код	Значение кода	Значение факторов		
		X_1	X_2	X_3
Основной уровень	0	0,155	3	0,3
Интервал варьирования	ΔX_i	0,145	2	0,2
Верхний уровень	+	0,3	5	0,5
Нижний уровень	-	0,01	1	0,1

Расчет основного состава мелкозернистого бетона (расход цемента, песка, добавок и т.д.) производили в соответствии с рекомендациями руководства [2].

Исходя из условий, что количество переменных факторов равно 3 и варьирование их происходит на двух уровнях был реализован линейный план первого порядка.

Для изготовления образцов использовались формы для изготовления образцов – балочек размером 160x40x40 мм. Приготовление бетонной

смеси производилось по ГОСТ 31356-2007. Полученной смесью форму заполняли в соответствии с требованием ГОСТ 310.4-81 и уплотняли на лабораторной виброплощадке. Для испытаний в каждом опыте изготавливали по три образца по ГОСТ 310.4-81.

Твердения образцов приняты в соответствии с поставленной задачей в условиях тепловлажностной обработки (ТВО) и в условиях естественного твердения (28 суток твердения в нормальных условиях).

Тепловлажностное твердение образцов осуществлялось в камере КПУ-1М по режиму: 3 часа подъем температуры, 6 часов – изотермический прогрев при температуре 80 °С и 2 часа – остывание. Испытание по определению прочности образцов на сжатие и растяжение при изгибе производилось на испытательном прессе с предельной нагрузкой 1000 кН.

В каждом опыте образцов произведены испытания 3-х образцов на изгиб и полученные после испытания на изгиб шесть половинок балочек испытывались на сжатие. В соответствии с ГОСТ 310.4-81 значения прочности на растяжение при изгибе вычислены как среднее арифметическое значений двух наибольших результатов испытания трех образцов. Значения прочности на сжатие вычислены как среднее арифметическое значение четырех наибольших результатов испытания 6 образцов. Результаты испытаний по плану эксперимента приведены в табл. 2.

Таблица 2. Результаты испытаний по прочности на сжатие

№ опыта	План эксперимента			Прочность на сжатие после ТВО, МПа	Прочность на сжатие в возрасте 28 суток, МПа
	X ₁	X ₂	X ₃		
1	+	+	+	36,5	51,0
2	-	+	+	43,0	52,0
3	+	-	+	37,6	54,8
4	-	-	+	39,8	46,0
5	+	+	-	36,8	54,3
6	-	+	-	37,9	46,6
7	+	-	-	37,3	42,6
8	-	-	-	36,7	43,2
9	0	0	0	41,6	46,6
10	0	0	0	40,0	48,0
11	0	0	0	40,1	48,8

Результаты опытов обрабатывались с использованием методов математической статистики, получая при этом алгебраические уравнения, отражающие связь между исследуемыми свойствами бетона и исходными факторами.

После получения уравнений производили проверку отличия коэффициентов от нуля и пригодности уравнения для описания исследуемых зависимостей (проверка адекватности).

Полученные уравнения регрессии по прочности на сжатие после ТВО и в возрасте 28 суток нормального твердения имеют вид:

$$R_{\text{тво}} = 39,0 - 1,1 \cdot X_1 + 0,4 \cdot X_2 + 1,1 \cdot X_3 - 0,8 X_1 \cdot X_2 - 1,1 X_1 \cdot X_3 + 0,2 X_2 \cdot X_3 \quad (1)$$

$$R_{28} = 49 + 1,9 X_1 + 2,1 X_2 + 2,2 X_3 - 0,2 X_1 X_2 + 0,13 X_1 \cdot X_3 - 1,6 X_2 \cdot X_3 \quad (2)$$

Анализируя уравнения регрессии по прочности на сжатие после ТВО и в возрасте 28 суток нормального твердения позволило провести некоторый интерполяционный анализ относительно влияния каждого из компонентов (факторов) или их взаимодействия на свойства бетона и сделать следующие выводы по механизму их действия на структуру бетона и на свойства прочности в целом.

За счет большой удельной поверхности (от 50 до 500 м²/г) наночастицы аморфного кремнезема SiO₂ активизируют реакции гидратации силикатов кальция и образование гидратов типа C-S-H. Введение относительно небольшого количества наночастиц от массы цемента приводит к появлению в системе цемент-песок-вода дополнительный значительный по площади реакционно-активной поверхности. Пуццоланический эффект действия аморфного нанокремнезема в бетонах проявляется химическим взаимодействием активного кремнезема с гидроксидом кальция Ca(OH)₂, выделяющимся при гидратации портландцемента. В результате такой пуццоланической активности наночастицы участвуют в реакциях, приводящих к расходованию Ca(OH)₂ и образованию дополнительно количества гидросиликатов кальция типа C-S-H. Наночастицы могут влиять на объемные пропорции трех разновидностей C-S-H: с высокой, ультравысокой и низкой плотностью, повышая объемную долю разновидностей C-S-H с высокой плотностью, что способствует увеличению плотности и прочности бетона.

В результате химической реакции между кремнеземом белой сажи и известью Ca(OH)₂ создается эффект заполнения больших пор. Пуццолановая реакция приводит к преобразованию более плотной фазы извести СН и ее крупных пор в менее плотной фазе C-S-H. Таким образом, происходит превращение фаз с большими порами в системе портландцементного камня в продукты с небольшими порами, что является наиболее логичным объяснением увеличения плотности и прочности бетона.

Высокоактивный метакаолин является пуццолановой добавкой с высокой гидравлической активностью, вступающей в химическое взаимодействие с продуктами гидратации клинкерных минералов цемента, а также с щелочными оксидами цемента, что ведет к образованию плотных не-

растворимых водой новообразований, причем установлено, что при этом также образуется соединение – гидрогеленит (гидроалюмосиликат кальция). Следствием такого взаимодействия является существенное уплотнение структуры цементного камня, что ведет к повышению плотности бетона, его водонепроницаемости, коррозионной стойкости и долговечности.

По уравнениям (1), (2) построены графические зависимости в виде диаграмм. При оптимизации составов наибольший интерес представляют диаграммы, изображенные на рис. 1, 2.

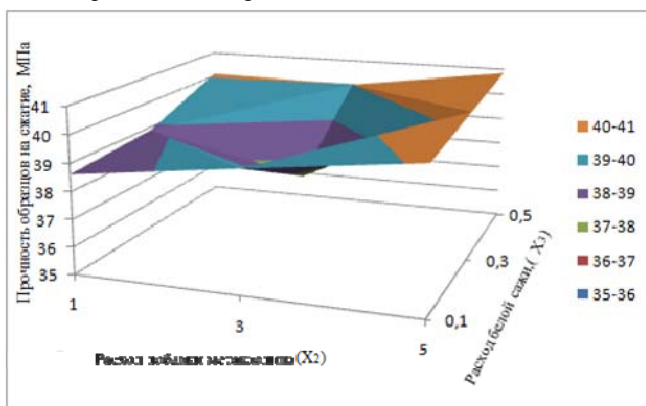


Рис. 1. Зависимость прочности на сжатие после ТВО от расхода метакаолина и белой сажи (при расходе золя нанокремнезема, принятом в нижнем уровне)

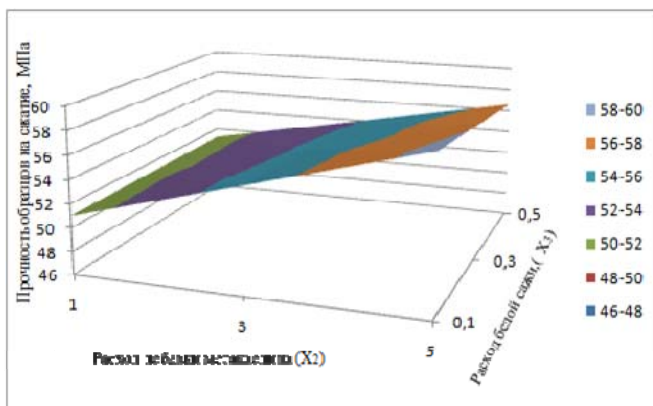


Рис. 2. Зависимость прочности на сжатие в возрасте 28 суток от расхода метакаолина и белой сажи (при расходе золя нанокремнезема, принятом в нижнем уровне)

Выводы. Применение нанодобавок совместно с суперпластификатором обеспечивает получение суммарного эффекта, который проявляется в повышении уплотнения и упрочнения структуры мелкозернистого бетона, результатом чего является получение высокопрочных и высококачественных мелкозернистых бетонов.

Совокупность существенных признаков влияния нанодобавок и микронаполнителя проявляется в свойства, которые обеспечивают повышение гидратационной активности компонентов бетонной смеси и образование структуры мелкозернистого бетона с плотной, прочной упаковкой.

Таким образом, образование плотной структуры мелкозернистого бетона за счет пуццоланического эффекта аморфного кремнезема, содержащегося в нанодобавках и микронаполнителе и, как следствие, повышение гидратационной активности компонентов бетонной смеси позволяет получить наномодифицированный мелкозернистый бетон, отличающийся повышенной прочностью при сжатии и долговечностью.

На основании полученных данных оптимальный состав мелкозернистого бетона с высокими показателями прочности имеет следующее содержание компонентов, кг в расчете на 1 м³ смеси: портландцемент – 460; песок – 1410; нанокремнезем – 0,53; метакаолин – 20,0; белая сажа – 3,1; суперпластификатор «Реламикс» - 3,6; вода – 176. Такой состав обеспечивает класс бетона по прочности на сжатие В45 (марка М600).

Литература

1. Технология бетона. Учебник. Ю.М. Баженов - М.: Изд-во АСВ, 2007-528с. с иллюстрациями.
2. Руководство по подбору составов тяжелого бетона / НИИЖБ.-М.: Стройиздат, 1979.- 103с., ил.
3. Шабанов Н.А., Саркисов П.Д. Основы золь-гель технологии нанодисперсного кремнезема.- М.: ИКЦ "Академкнига", 2004.- 208с.

УДК 547.5

УПРАВЛЕНИЕ ПРОЕКТАМИ И ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ СТРОИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ И ФИРМ БЮДЖЕТНЫМ МЕТОДОМ

Шульженко Н.А.

Тульский государственный университет, г. Тула, Россия

Изучены понятия и виды разделов доходной и расходной частей бюджета строительных фирм, рассмотрены вопросы управления отдельными статьями бюджета.

В самом общем виде бюджет представляет собой таблицу (план), в которую сведены предполагаемые доходы и расходы на определенный период. Бюджетный метод руководства представляет собой метод, имеющий определенные цели, отмечающий фактическое положение дел на предприятии и вносящий необходимые коррективы. Бюджетирование представ-