ная межвузовская научно-практическая конференция молодых учёных, аспирантов и докторантов. «Строительство – формирование среды жизнедеятельности» - С. 1062-1065

5. Муртазаев С.-А.Ю., Саламанова М.Ш. Формирование структуры многокомпонентных вяжущих систем щелочного затворения // Научно-технический журнал Вестник ГГНТУ. Технические науки. – 2020. – Том XVI. - №1 (19). – С.48-57.

DOI: 10.34708/GSTOU.CONF.2021.63.88.001

УДК 691.32

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВТОРИЧНОГО СЫРЬЯ ЧЕЧЕНСКОЙ РЕСПУБЛИКИ В СОСТАВАХ ВЫСОКОПРОЧНЫХ СУБ - БЕТОНОВ

USE OF SECONDARY RAW MATERIALS OF THE CHECHEN REPUBLIC IN COMPOSITIONS OF HIGH STRENGTH SELF-COMPACTING CONCRETE

¹Алиев С.А., ²Абуханов А.З., ³Муртазаев И.С.-А.Ю., ⁴Бахалаев Ч.Ю., ⁵Гайрбеков Х.С.-А.

¹Aliev S.A., ²Abuhanov A.Z., ³Murtazaev I.S.-A.Yu., ⁴Bakhalaev Ch.Yu., ⁵Gairbekov Kh.S.-A.

¹⁻²Кандидат технических наук, доцент кафедры «Технология строительного производства», Грозненский государственный нефтяной технический университет им. М.Д. Миллионщикова, г. Грозный, Россия

³Ассистент кафедры «Технология строительного производства», Грозненский государственный нефтяной технический университет им. М.Д. Миллионщикова, г. Грозный, Россия

³Комплексный научно-исследовательский институт имени Х.И. Ибрагимова Российской академии наук

⁴⁻⁵Магистрант института строительства, архитектуры и дизайна, ГГНТУ им. акад. М.Д. Миллионщикова, г. Грозный, Россия

¹⁻²Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Construction Production Technology, Grozny State Oil Technical University named after M.D. Millionshchikova, Grozny, Russia

³Assistant at the Department of Construction Production Technology, Grozny State Oil Technical University named after M.D. Millionshchikov, Grozny, Russia

³Graduate student Complex Research Institute named after Kh.I. Ibragimov Russian Academy of Sciences, Grozny, Russia

⁵⁻⁴Master student at the Institute of Construction, Architecture and Design, GSOTU named after M.D. Millionshchikov, Grozny, Russia

Аннотация. *Индустриальные методы возведения зданий и сооружений в условиях современного производства прежде всего предполагают использование высокоподвижных удобоукладываемых бетонных смесей с использованием высокотехнологичных материалов, оборудования и механизмов. Строительство высотных комплексов во всем мире требует комплексного подхода в решении проблем технологии и организации производства работ, одновременно в рамках которого решаются задачи выбора наиболее рациональных несущих конструктивных элементов зданий. Это прежде всего комплексные конструкции, где широко используются современные составы самоуплотняющихся высокопрочных бетонов.*

Ключевые слова. *СУБ-бетоны, самоуплотняющиеся бетонные смеси гипер- и суперпластификаторы, рецептура, высокопрочные бетоны, заполнители бетона, вяжущее вещество, кривые просеивания, класс бетона.*

На рубеже прошлого и настоящего века в стране и в мире актуальным стал вопрос широкого внедрения монолитного строительства, который обладает рядом известных преимуществ по сравнению со сборным железобетоном, к которым прежде всего нужно отнести его высокую технологичность и минимальные затраты на создание производственной базы. Полномасштаб-

ное внедрение монолитного строительства для возведений зданий и сооружений требует разработки современных способов технологии и организации производства, научно обоснованных подходов к подбору рациональных рецептур бетонов и растворов, которые отвечали бы современным требованиям по подвижности и эффективности их укладки в опалубочные системы. В целом для промышленного и гражданского строительства эта задача решена, как и общеизвестны алгоритмы и подходы к ее решению. Однако, при строительстве высотных или уникальных зданий из монолитного бетона, требования к его технологическим и строительным свойствам резко усложняются и возникает необходимость применения качественных высокоподвижных бетонных смесей. Эта задача имеет много вариантов решения, но наиболее предпочтительным можно считать использование СУБ-бетонов, широко применяемых при возведении густоармированных элементов зданий и сооружений, и безотказно работающие в местах устройства стыков несущих конструктивных элементов (колонна-ригель, монолитное перекрытие – колонна и т.д.). СУБ-бетоны это самоуплотняющиеся бетонные смеси, главными технологическими особенностями которых является самоуплотняемость без внешнего вибрирования, равномерная распределяемость в замкнутом объеме опалубки, высокие антиседиментационные показатели, наличие требуемых показателей сохраняемости и однородности.

Гарантией существенного повышения плотности СУБ бетонной смеси служат низкие показатели водоцементного отношения (В/Ц), которые обеспечиваются введением в их рецептуру супер- и гиперпластификаторов. Являясь важной составляющей, плотность суспензии, даже при ее максимальном снижении, не может быть главной причиной повышенной однородности. Основной причиной нерасслаиваемости таких смесей следует считать свойственную им высокие значения вязкости и сдвиговому сопротивлению. Такая реология самоуплотняющихся бетонов при их укладке в опалубку конструкции способствует беспроблемному выходу воздуха, вовлеченного при приготовлении смеси [1-5].

Определение составов СУБ – бетонов, в отличие от общепринятых, имеет свои особенности. Во-первых, совершенно иной подход к выбору соотношения заполнителей и гранулометрии песка и щебня (расход щебня и песка должен быть практически одинаковым, кривые их рассеивания должны приближаться к «идеальной кривой», что удастся достичь путем обогащения фракций заполнителей). Во-вторых, в составе таких смесей необходимо предусмотреть наличие стабилизирующих наполнителей и карбоксилатных гипер – и суперпластификаторов [5-8].

Действие гипер- и суперпластификаторов на поликарбоксилатной основе существенно отличается от механизма действия ранее используемых добавок - пластификаторов на основе смол из меламина или нафталинформальдегида. Механизм действия добавок на карбоксилатной основе сводится к тому, что отрицательно заряженные поликарбоксилаты на верхнем молекулярном уровне частиц цемента отталкиваются друг от друга, приводя в движение всю систему, состоящую из заряженных частиц цемента и минеральных компонентов (рис.1). Таким образом, создаются предпосылки для существенного снижения значения В/Ц и обеспечения высокой плотности и прочности бетона ввиду существенного снижения показателя общей пористости СУБ-бетонов и, в первую очередь, за счет уменьшения открытой пористости.

Рис.1. Схема взаимодействия карбоксилатных гипер- и суперпластификаторов и цементного зерна (по данным Sika)

Однако, как известно [9-15], многих потребителей самоуплотняющихся бетонов не устраивает их высокая стоимость в сравнении с обычными бетонами, связанная с повышенным расходом вяжущего и использованием достаточно дорогих ингредиентов. Но, как показывает комплексный анализ получения и эксплуатации СУБ-бетонов, затраты на выходе в полной мере восполняются сверхвысокими физико-механическими свойствами, упрощением технологии производства бетонных работ за счет исключения из технологического цикла процесса виброуплотнения, уменьшения суммарных трудозатрат, сокращения сроков строительства.

В научно-техническом центре коллективного пользования «Современные строительные материалы и технологии» ГГНТУ имени академика М.Д. Миллионщикова (НТЦКП ССМиТ) проведена серия экспериментальных работ по определению составов бетонных смесей для получения СУБ-бетонов из местных природных некондиционных материалах и с использованием техногенного сырья.

Учитывая требования к СУБ-бетонам по использованию исключительно качественных компонентов бетонной смеси, в виду отсутствия в Чеченской Республике высококачественных заполнителей, применяли гранитный щебень различных карьеров из республики Северная Осетия -Алания

Пробы для проведения экспериментов отбирались в соответствии с государственными стандартами. Отбор проб для исследований осуществлялся по ГОСТ 30515.97, ГОСТ 8269-87 и ГОСТ 8735—88.

Приготовление бетонных смесей производилось в лаборатории НТЦКП «ССМ и Т» с применением следующих материалов и ингредиентов:

Таблица 1.

Состав бетонной смеси

№№ пп	Наименование материала	Место происхождения или поставки	Контролируемый параметр	Значение
Основные компоненты				
1	Вяжущее-портландцемент	Чири-Юртовский цементный завод	Активность	52,2 МПа
2	Песок кварцево-полевошпатовый	Алагирское месторождение	Модуль крупности	Мк=2,8
3	Песок кварцевый	Червленское месторождение	Модуль крупности	Мк=1,8
4	Щебень гранитно-диабазовый фракции	Алагирское месторождение	Фракция Содержание лещадных частиц	5...20мм 12,2 %
Микрозаполнители				
1	Мука известняковая	-	Удельная поверхность Истинная плотность	920м ² /кг 2500кг/м ³
2	Зола ТЭЦ	г. Грозный	Удельная поверхность Истинная плотность	780 м ² /кг 2200 кг/м ³
3	МП-1 минеральный неактивированный порошок	г. Воронеж	Удельная поверхность Истинная плотность	900 м ² /кг 2550 кг/м ³
4	Зола-унос	Невинномысская ГРЭС	Удельная поверхность Истинная плотность	860 м ² /кг 2000 кг/м ³
Пластифицирующая добавка				
1	Добавка-гиперпластификатор	-	Товарный раствор	Sika ViscoCrete 5 New

Важность правильного подбора компонентов в рецептуре СУБ-бетонов подчеркивается во всех публикациях, посвященных самоуплотняющимся бетонам [1-5, 10,11,15,16]. При этом необходимо еще более строго относиться к требованию соблюдения непрерывности кривых гранулометрии заполнителей СУБ-бетона. Для решения этой проблемы в наших исследованиях использовались мелкие кварцевые пески с $M_{кр} = 1,8$ Червленского карьера.

Полученные данные кривых рассеивания представлены на рисунке 2. Как свидетельствуют полученные данные, кривые рассеивания использованных заполнителей практически совпадают с известным графиком идеальной кривой.

Приготовление бетонных смесей производилось с применением лабораторной пятидесяти литровой бетономешалки принудительного действия. Исследования проводили по стандартной методике, которая предполагала на первом этапе измерение величины расплыва конуса R, значение которого практически во всех экспериментах составлял более 55 см. На втором этапе бетонная смесь повторно перемешивалась и укладывалась в металлические кубические формы с размером ребра 10 см (по ГОСТ 22685), после чего по ГОСТ 10181.2 с использованием этих же кубиков находили его плотность.

В соответствии с ГОСТ 18105 выдерживание образцов осуществлялось в так называемых нормальных условиях твердения ($t -20 \pm 2^\circ\text{C}$, влажность $W_{\text{возд}} -95 \pm 5\%$).

Рецептура СУБ-бетона и их физико-механические прочностные показатели приведены ниже (табл. 2 и 3).

Рис.2. Анализ сопоставимости кривой просеивания используемых заполнителей с допустимой областью идеальной кривой

Таблица 2

Рецептура СУБ-бетонов

Составы	Расход, кг/м³									
	Ц	В	Щ фр 5-20	Щ Фр 5-10	П ₁	П ₂	Зола ₁	Зола ₂	МП-1	ИМ
1.	499	173	-	751	419	461	-	-	99	-
2.	479	171	461	224	821	220	81	-	-	-
3.	479	171	449	220	780	209	-	-	-	62
4.	479	175	451	226	840	180	-	-	99	-
5.	499	181	779	420	452	141	-	31	-	-

Примечание: ИМ – известняковая мука; Зола₂ – зола Невыномысская; Зола₁ – зола г.Грозный; П₁ –песок Алагирского месторождения; П₂ – песок Червленского месторождения; состав №4 применялся ПЦ М500Д20 Новороссийского цементного завода

Анализ полученных результатов исследований свидетельствует, что применение сильной пластифицирующей добавки Sika VC5N способствует образованию более плотной структуры цементной матрицы, наблюдаются изменения в формировании кристаллогидратов с преобладанием образования мелкодисперсных фаз, которые обеспечивают повышение плотности цементного камня и, как следствие, и бетона (рисунок 3). Для локализации отдельных дефектов применяемого крупного заполнителя (лещадность, допустимая крупность зёрен по фракциям) в

рецептуре СУБ -бетонных смесей нами при проведении исследований была использована молотая неактивированная мука из известняка, что позволила решить, в том числе, и проблему водоотделения.

Таблица 3.

Результаты испытаний самоуплотняющихся бетонов

Составы по табл.2	Расход добавки, %	В/Ц	Плотность γ , кг/м ³	R _{сж} , сут., МПа				R _к , см
				7	14	21	28	
1.	0,75	0,36	2439	49,9	52,2	52,9	64,0	64
2.	2,0	0,37	2418	56,3	61,0	59,9	56,1	58
3.	1,9	0,37	2449	56,9	62,7	63,9	65,7	56
4.	3,4	0,38	2378	44,4	55,0	56,7	54,9	63
5.	0,6	0,38	2508	57,0	65,9	66,0	68,4	64

Примечание: При приготовлении составов использовалась добавка фирмы Sika - Sika VC5N

Рис. 3. Микроструктура цементного камня в возрасте 28 суток: без добавочного (а, в); на гиперпластификаторе Sika VC5N (б, г)

Таким образом, на предложенных рецептурах получены СУБ- бетоны достаточно высоких классов (класс В60 и выше), которые значительно превышают показатели прочности бетона, прогнозируемых расчетными данными с использованием известной бетоноведам зависимости Боломея-Скрамтаева.

Список использованной литературы

1. Баженов, Ю.М. Мелкозернистые бетоны из техногенного сырья для ремонта и восстановления поврежденных зданий и сооружений / Ю.М. Баженов, Д.К.-С. Батаев, С.-А.Ю. Муртазев [и др.]. - Грозный, 2011. -342с.

2. Муртазаев С-А.Ю. Саламанова М.Ш. Высокопрочные бетоны с использованием фракционированных заполнителей из отходов переработки горных пород // Журнал «Устойчивое развитие горных территорий» № 1(23) 2015, С.23-28
3. Каприелов, С.С., Шейнфельд, А.В., Дондуков, В.Г. Цементы и добавки для производства высокопрочных бетонов // Строительные материалы. 2017. -№ 11. -С. 4-10.
4. Батаев, Д.К-С. Рецептуры высокопрочных бетонов на техногенном и природном сырье / Д.К-С. Батаев, М.С. Сайдумов, Т.С-А. Муртазаева [и др.] // Актуальные проблемы современной строительной науки и образования: материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 60-летию строительного факультета ФГБОУ ВО «ГГНТУ им. акад. М.Д. Миллионщикова», 12-13 октября 2017 г. –Грозный: Бисултанова П.Ш., 2017. – С.109-117.
5. Каприелов, С.С. Высокопрочный пневмобетон с добавкой микрокремнезема для защитных покрытий [Текст] / С.С. Каприелов, Н.Г. Булгакова // Бетон и железобетон. -1993. - №5. -С. 7-8.
6. Лесовик, В.С. Строительные композиты на основе отсеков дробления бетонного лома и горных пород [Текст]: научное издание / В.С. Лесовик, С-А.Ю. Муртазаев, М.С. Сайдумов. –Грозный: МУП «Типография», 2012. – 192 с.
7. Volodchenko, A.A., Lesovik, V.S., Zagorodnjuk, L.H., Volodchenko, A.N., Aleksandrova, K.A. The control of building composite structure formation through the use of multifunctional modifiers // Research Journal of Applied Sciences 2016. -10(12). -С.931-936
8. Муртазаев, С-А.Ю. Мелкозернистые бетоны на основе наполнителей из вторичного сырья [Текст]: научное издание / С-А.Ю. Муртазаев, Д.К-С. Батаев, З.Х. Исмаилова [и др.]. -М.: «Комтехпринт», 2009. -142 с.
9. Лермит, Р. Проблемы технологии бетона [Текст] / Р. Лермит. –М.: Издательство ЛКИ, 2007. -296 с.
10. Удодов, С.А. Повторное введение пластификатора как инструмент управления подвижностью бетонной смеси // Сборник научных трудов Кубанского государственного технологического университета. -2015. -№9. -С. 175-185.
11. Mintsaeв M.Sh., Bataev D. K.-S., Mazhiev K. Kh., Mazhiev Adam Kh., Mazhieva A. Kh., Mazhiev Aslan Kh., Mazhiev M.Kh. Prospects for Using 3D-Printing Technologies in Construction of Buildings in Seismic Areas. Advances in Engineering Research, volume 177, International Symposium on Engineering and Earth Sciences (ISEES 2018). -PP. 311-315.
12. Стельмах, С.А. Влияние некоторых характеристик применяемого крупного заполнителя на свойства тяжелого бетона, предназначенного для изготовления центрифугированных изделий и конструкций [Текст] / С.А. Стельмах, Е.М. Щербань, К.В. Сердюков [и др.] // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. -2017. -№ 10. -С. 15-20.
13. Корянова, Ю.И., Резанцев, Н.Е., Шумилова, А.С. Материалы и конструкции, используемые при строительстве высотных зданий - от традиций к новшествам // Аллея науки. 2018. -Т.6. -№ 4 (20). -С.95-99.
14. Усов, Б.А. Физико-химические процессы строительного материаловедения в технологии бетона и железобетона [Текст]: учеб. пособие для студентов по специальности 270106 «Производство строительных материалов, изделий и конструкций» / Б.А. Усов. -М.: Издательство МГОУ, 2009. -326 с.
15. Salamanova, M.Sh. Clinker-free binders based on finely dispersed mineral components / Murtazaev S.A.Yu., Salamanova M.Sh. // В сборнике: ibausil conference proceedings. -2018. -С. 707-714.
16. Self-Consolidating Concretes with Materials of the Chechen Republic and Neighboring Regions / Madina Salamanova, Magomed Khubaev, Magomed Saidumov, Tamara Murtazayeva // International journal of environmental & science education. -2017. -Vol.11. -№18. -PP.12719-12724.