РЕМОНТНЫЕ МОДИФИЦИРОВАННЫЕ СОСТАВЫ НА ОСНОВЕ РАСШИРЯЮЩЕЙСЯ ДОБАВКИ

© Д. К-С. Батаев, А. А. Узаева, Т. С-А. Муртазаева

КНИИ им. Х. И. Ибрагимова РАН, г. Грозный, Россия

ГГНТУ им. акад. М. Д. Миллионщикова, г. Грозный, Россия

В данной работе представлены результаты исследований, связанные с возможностью эффективного использования некондиционных барханных песков месторождения Шелковское в качестве минеральной добавки для получения тонкомолотых вяжущих и обогащения отсева дробления горных пород. Разработана расширяющаяся добавка, которая при комплексном использовании двухводного гипса с вибромеханохимически активированным вяжущим на барханном песке проявит эффект расширения и предотвратит в дальнейшем усадочные деформации. Полученная расширяющаяся добавка, в состав которой входит портландцемент, барханный песок, суперпластификатор С-3 и двухводный гипс позволяет получать ремонтные модифицированные составы с заданной деформацией. Это свойство важно учитывать при производстве ремонтных работ. Доказано, что исследованные барханные пески с характерным минералогическим, химическим и гранулометрическим составом являются эффективным компонентом.

Ключевые слова: усадочные деформации, расширяющийся эффект, барханные пески, минеральные добавки, ремонтный состав, модуль крупности, виброактивация, суперпластификатор.

Расширяющиеся цементы с характерным для них увеличением объема в раннем возрасте предотвращают в дальнейшем негативные усадочные деформации и позволяют создавать такие ремонтные модифицированные составы, которые с успехом можно будет применять для заделки раковин, сколов, выбоин, дефектов, трещин, тем самым восстанавливать бетонные и железобетонные изделия и конструкции [1-4, 6].

Цементы и добавки с расширяющимся эффектом твердеют в воде и на воздухе, обеспечивая увеличение и уплотнение объема, а по окончании расширения цементный камень приобретает самонапряжение, и именно это свойство особенно важно при производстве ремонтных работ. К тому же необходимо заметить, что предпочтение отдается разработанным расширяющимся вяжущим добавкам, а не цементам заводского приготовления, и это связано с рядом положительных моментов, во-первых, обеспечивается определенное качество и стабильность свойств ремонтного модифицированного состава из мелкозерни-

стого бетона, во-вторых, возможность корректировки состава композиции в зависимости от условий эксплуатации конструкции, использование непосредственно во время производства ремонтного состава [5, 7-14].

В работе исследовались усадочные деформации предлагаемых ремонтных составов, модифицированных комплексным использованием двухводного гипса, виброактивированных вяжущих на барханных песках и современных эффективных полимерных компонентов, в результате твердения такой системы проявляется эффект расширения, ликвидирующий различного рода дефекты бетонных и железобетонных конструкций, подвергаемых ремонту.

Для получения тонкомолотого активированного вяжущего использовались местные сырьевые материалы, портландцемент Чирчи-Юртовского цементного завода марки 500 бездобавочный, барханные пески Шелковского месторождения. Активация производилась совместным помолом в вибрационной шаровой мельнице ВМ-20 в течение 10 минут. Рецептуры тонкомолотых вяжущих показаны в

Таблица 1 – Рецептуры тонкомолотых вяжущих

№ состава	Способ активации	Условное обозначение	Содержание компонентов тонкомолотого вяжущего, %		
			ПЦ	Барханный песок	С-3
1	Совместная виброактивация ВМ-20	ПЦ	100	-	-
2		TMB-85	84	15	1,0
3		TMB-75	74	25	1,0
4		TMB-65	64	35	1,0

Таблица 2 – Химический состав барханных песков, %

MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	K ₂ O	CaO	Fe ₂ O ₃	Na ₂ O	SO ₃	ппп
2,41	7,81	59,54	1,44	17,52	2,6	1,35	0,21	7,12

Таблица 3 – Основные физико-механические характеристики барханных песков

Размер сит, мм	1,25	0,63	0,315	0,14	Остаток на дне сит
Частные остатки, %	3,5	2,7	3,1	31,7	59
Полные остатки, %	3,5	6,2	9,3	41,0	
Модуль крупности	0,6				
Содержание пылевидных и глинистых частиц, %	5,4				
Истинная плотность зерен, кг/м³	2650				
Средняя насыпная плотность, кг/м³	1390				
Пустотность песка, %	48				
Водопоглощаемость, %	12				

таблице 1. Особенностью предлагаемого вяжущего являются барханные пески, поэтому основной задачей работы было исследование барханных песков.

Гранулометрический состав барханных песков характеризуется преобладанием частиц размером менее 0,1 мм, модуль крупности их меньше единицы, что позволяет относить данные пески к разряду тонких песков.

Визуальный анализ с помощью бинокулярного микроскопа установил, что данные пески светлого, а местами серовато-желтого цвета. Преимущественно они представлены зернами белого, прозрачного и замутненного кварца. Изучение частиц барханного

песка методом сканирующей электронной микроскопии (рисунок 1) показало наличие зерен неправильной формы с овальными, сглаженными контурами, в небольшом количестве присутствуют остроугольные обломки.

Изучались химический состав, основные физико-механические свойства и минералогический состав барханных песков, в таблицах 2-4 приводятся результаты исследований.

Исследованные барханные пески природного происхождения использовались для получения активированных тонкомолотых вяжущих в производстве ремонтных составов с улучшенными эксплуатационными показателями [3, 4, 6].

Рис. 1. Микрофотография зерен барханного песка

Также для получения ремонтных модифицированных составов из мелкозернистых бетонов на основе барханных песков использовались водорастворимые карбоксилатные и акрилатные полимеры, применение которых позволит существенно изменить в лучшем направлении такие важные для ремонтных составов технологические показатели, как подвижность и водопотребность, удобоукладываемость и водоотделение, расслаиваемость и сохраняемость, адгезия со старым основанием, набор прочности и другие [5, 12, 14]. Были использованы современные эффективные суперпластификаторы Sika VISCOCRETE 5 NEW и «Хидетал-ГП-9» бета «β» на основе карбоксилатных эфиров и акриловая дисперсия АКРЭМОС 101.

Деформативные изменения ремонтного модифицированного состава из мелкозерни-

стого бетона определялись на образцах-призмах размерами 40х40х160 мм. Было исследовано 9 составов модифицированных мелкозернистых бетонов на барханных песках. Изготовленные образцы-призмы в течение суток выдерживались в климатической камере при температуре +20°C и относительной влажности 95%. Далее образцы распалубливались и 7 суток твердели на воздухе, накрытые влажной тканью при температуре +20°C, следующие 3 суток образцы погружались в сосуд с водой, где и хранились до испытания. На приборе УБ-40 определялись усадочные и линейного расширения деформации образцов-призм с поперечным сечением размерами 40х40 мм по ГОСТ 24544-81.

Для определения прочностных показателей исследуемых ремонтных модифициро-

Таблица 4 – Минералогический состав барханных песков

Наименование минералов	Содержание удельных фракций, %						% основной массы песка
	0,5-0,25	0,25-0,1	0,1-0,05	0,05-0,01	0,01-0,005	Менее 0,005	
Кварц	60	52,7	45,7	45,7	40	31,3	48,0
Полевой шпат	5	12,6	11,7	11,9	10	30,6	10,5
Карбонаты	-	0,72	11,1	41,8	40	2,7	13,0
Слюда	-	-	-	6,08	10	37,4	2,5
Остальные	35	34,0	31,3	4,1	-	-	6

Таблица 5 – Рецептуры ремонтных модифицированных составов на барханных песках

№ состава	Расход материалов бетона, кг/м ³										В/Ц
	Ц	ТМВ-75	АКРЭМОС 101	ГКЖ-11	ФЗ	МН	Хидетал	SikaViscocrete	Двуводный гипс	В	
1	430	-	-	-	1510	100	6	-	-	189	0,44
2	430	-	-	-	1510	100	-	6	-	180	0,42
3	420	-	-	-	1520	90	-	6	15	200	0,48
4	420	-	77	7	1520	90	-	-	-	117	0,28
5	-	530	-	-	1510	-	-	5	-	164	0,31
6	-	530	-	-	1510	-	5	-	-	175	0,33
7	-	520	-	-	1520	-	-	5	15	182	0,35
8	-	520	94	9	1520	-	-	-	-	130	0,25
9	540	-	-	-	1400	-	-	-	-	292	0,54

Примечание: ТМВ-75 – тонкомолотое вяжущее, совместная виброактивация в течение 10 минут (ПЦ 74% + барханный песок 25% + С-3-1%) $S_{уд} = 480 \text{ м}^2/\text{кг}$; ФЗ – фракционированный заполнитель, полученный обогащением отсеков дробления (60%) барханными песками (40%); МН – микрозаполнитель, виброактивированный в течение 10 минут барханный песок $S_{уд} = 410 \text{ м}^2/\text{кг}$; АКРЭМОС 101 акриловая дисперсия, расход 18% от массы цемента; ГКЖ-11 метилсиликонат натрия, расход 10% от массы акриловой дисперсии; состав № 8 – контрольный образец на кварцевом песке Червленского месторождения.

ванных составов из мелкозернистого бетона были изготовлены образцы кубы размером 3 см, которые твердели в климатической камере в течение 10 суток при температуре +20°C и относительной влажности 95%. Рецептуры ремонтных составов и результаты исследований приведены в таблицах 5, 6 и на рисунке 2.

Результаты исследований показали, что в ремонтных модифицированных составах из мелкозернистого бетона с использованием добавки двуводного гипса в количестве 3% от массы цемента четко отмечается расширяющий эффект, в составе №3 с комплексным использованием цемента, тонкодисперсного порошка из барханного песка и двуводного гипса деформации расширения составили на 10 сутки 0,012 мм/м. В составе №7 на основе тонкомолотого вяжущего и двуводного гипса расширяющий эффект выше 0,025 мм/м, объяснением этому явлению служит образование в первые сутки твердения волокон гидросульфаталюминатов и гидрокарбосульфаталюмина-

тов кальция, способствующих быстрому процессу структурообразования и увеличению в объеме цементной матрицы.

Ремонтные составы с использованием ТМВ-75 и микрозаполнителя из барханных песков с карбоксилатными добавками SikaViscocrete и Хидетал показали значения усадочных деформаций на 62% меньше в сравнении с контрольными образцами на кварцевом песке. Усадочные деформации обусловлены уменьшением объема бетона из-за испарения из него воды.

Ремонтные составы с применением акриловой дисперсии АКРЭМОС 101 и ГКЖ-11 показали усадочные деформации, эффект расширения в данном случае не присутствует. Объяснить этот факт можно наличием полимера в данных ремонтных составах, в процессе срастания глобул образуется пленка, которая сжимается и стягивает скелет цементного камня, тем самым сокращая объем композита, повышаются усадочные деформации. В 10 су-

Рис. 2. – Динамика развития деформаций в ремонтных модифицированных составах из мелкозернистого бетона

Таблица 6 – Результаты определения усадочных деформаций ремонтных модифицированных составов на барханных песках

№ состава	Средняя плотность, кг/м ³	Деформации образцов, мм/м в возрасте сут.			Прочность на сжатие 10сут, МПа
		1	3	10	
1	2215	0,017	–0,006	–0,014	50,4
2	2225	0,001	–0,005	–0,018	54,5
3	2230	0,004	0,009	0,012	52,8
4	2230	0,014	–0,013	–0,016	55,7
5	2214	0,002	–0,004	–0,012	65,3
6	2212	0,003	–0,008	–0,011	63,1
7	2216	0,005	0,016	0,025	68,6
8	2265	0,010	–0,01	–0,014	70,1
9	2200	0,006	–0,022	–0,032	47,0

ток твердения усадочные деформации присутствуют, далее этот процесс замедляется. Но в любом случае усадка образцов ремонтных составов с АКРЭМОС 101 меньше контрольных образцов на 56%.

Полученная расширяющаяся добавка, в состав которой входит портландцемент, барханный песок 25%, суперпластификатор С-31% и двуводный гипс 3%, позволяет получать ремонтные модифицированные составы с заданной деформацией, это свойство важно учитывать при производстве ремонтных работ.

Таким образом, установлено, что использование добавки двуводного гипса в ремонт-

ных составах в комплексе с тонкомолотым вяжущим на основе барханных песков и карбоксилатами проявляет расширяющий эффект, что является важным показателем при производстве ремонтных работ.

Поэтому разработка эффективных рецептур вяжущего с использованием барханных песков, как местного природного ресурса, для последующего получения модифицированных ремонтных составов с улучшенными характеристиками способствует повышению качества работ по ремонту и восстановлению несущей способности конструктивных элементов зданий и сооружений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мелкозернистые бетоны из вторичного сырья для ремонта и восстановления поврежденных зданий и сооружений / Ю.М. Баженов, Д. К.-С. Батаев, С.-А.Ю. Муртазаев и др. Грозный: ИП «Султанбегова Х.С.», 2011. 342 с.
2. Лесовик В.С., Муртазаев С.-А. Ю., Сайдумов М.С. Строительные композиты на основе отсеков дробления бетонного лома и горных пород // Грозный: МУП «Типография», 2012. 192 с.
3. Узаева А.А., Батаев Д. К.-С. Технология и основные виды материалов, применяемые при промышленных методах отделки // Успехи современной науки и образования», 2016. Т. 3. № 6. С. 137-141.
4. Узаева А.А. Ремонтные составы на основе полимерных вяжущих // Научно-аналитический журнал «Инновации и инвестиции». 2016. № 4. С. 134-139.
5. Муртазаев С.-А. Ю., Саламанова М.Ш., Бисултанов Р.Г. Высококачественные модифицированные бетоны с использованием вяжущего на основе реакционно-активного минерального компонента // Строительные материалы. 2016. № 8. С. 74-80.
6. Узаева А.А. Опыт использования барханных песков в строительстве // Сборник научных трудов Международной научной конференции «Тенденции и перспективы развития современного научного знания» 8-9 октября 2015. С. 54-57.
7. Javaherdashti R. "Microbiologically Influenced Corrosion an Engineering," Insight – Springer-Verlag. UK, 2008. 164 p.
8. Kozhukhova N.I., Zhernovsky I.V., Ocachaya M.S. Revisiting a selection of natural and technogenic raw materials for geopolimer binders // International Journal of Applied Engineering Research. 2014. Т. 9. № 22. Pp. 16945-16955.
9. Kozhukhova N.I., Zhernovsky I.V., Strokova V.V. "Evaluation of geopolimer binders biopositivity based on low-calcium fly ash // International Journal of Applied Engineering Research. 2015. Т. 10. № 15. Pp. 35618-35620.
10. Galkin Yu. Yu., Udodov S.A., Vasileva L. V. The phase composition and properties of aluminate cements after early loading // Инженерно-строительный журнал. 2017. № 7 (75). С. 114-122.
11. Koryanova Y.I. Structure and properties of concrete for injection with two-stage expansion // Solid State Phenomena. 2017. Т. 265 SSP. С. 103-108.
12. Муртазаев С.-А. Ю., Саламанова М.Ш., Омаров А. О. Использование вторичных сырьевых ресурсов в производстве высокопрочных бетонов // Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. 2018. № 1 (Т. 45). С. 204-213.
13. Муртазаев С.-А. Ю., Саламанова М.Ш. Высокопрочные бетоны с использованием фракционированных заполнителей из отходов переработки горных пород // Устойчивое развитие горных территорий. 2015. № 1 (23). С. 23-28.

14. Высококачественные модифицированные бетоны на основе минеральных добавок и суперпластификаторов различной природы / М.Ш. Саламанова, М.С. Сайдумов, Т. С-А. Муртазаева, М. С-М. Хубаев // Научно-аналитический журнал «Инновации и инвестиции». 2015. №8. С. 159-163.

REPAIR MODIFIED COMPOSITIONS BASED ON EXPANDING ADDITIVE

© D. K-S. Bataev, A. A. Uzaeva, T. S-A. Murtazaeva

Complex research institute named after Kh. I. Ibragimov RAS, Grozny, Russia

GSOTU named after acad. M. D. Millionshchikov, Grozny, Russia

This paper presents the results of studies related to the possibility of efficient use of substandard sand dunes of the Shelkovskoye deposit as a mineral additive for producing finely ground binders and enriching screening of crushing rocks. An expanding additive has been developed which, when used in combination with two-water gypsum with a vibro-mechanochemically activated binder on sand dune, will exhibit an expansion effect and prevent further shrinkage deformations. The resulting expanding additive, which includes Portland cement, sand dune, C-3 superplasticizer and two-water gypsum, makes it possible to obtain repair modified compounds with a given deformation, it is important to take this property into account when performing repair work. It is proved that the studied sand dunes with a characteristic mineralogical, chemical, and particle size distribution are an effective component

Keywords: shrinkage deformations, expansion effect, sand dunes, mineral additives, repair composition, particle size modulus, vibration activation, superplasticizer

REFERENCES

1. Bazhenov, Yu. M., Bataev, D. K-S. and Murtazaev S-A. Yu. (2011) Melkozernistye betony iz vtorichnogo syr'ya dlya remonta i vosstanovleniya povrezhdennykh zdaniy i sooruzhenii [Fine-grained concrete from recycled materials for the repair and restoration of damaged buildings and structures]. IP «Sultanbegova Kh. S.». Grozny. Pp. 342.
2. Lesovik, B. C., Murtazaev, S-A. Yu. and Saidumov, M. S. (2012) Stroitel'nye kompozity na osnove otsevvov drobleniya betonnoy loma i gornyykh porod. [Building composites based on screenings for crushing concrete scrap and rocks]. MUP «Tipografiya». Grozny. Pp. 192.
3. Uzaeva, A. A. and Bataev, D. K-S. (2016) 'Tekhnologiya i osnovnye vidy materialov, primenyaemye pri industrial'nykh metodakh otdelki' / Nauchnyi zhurnal «Uspekhi sovremennoy nauki i obrazovaniya». [Technology and main types of materials used in industrial finishing methods / *Scientific journal "Successes in modern science and education."*]. V. 3. №6. Pp. 137-141.
4. Uzaeva, A. A. (2016) 'Remontnye sostavy na osnove polimernykh vyazhushchikh' / Nauchno-analiticheskii zhurnal «Innovatsii i investitsii». [Repair compositions based on polymer binders / *Scientific and analytical journal "Innovations and Investments"*]. №4. Pp. 134-139.
5. Murtazaev, S-A. Yu., Salamanova, M. Shand and Bisultanov, R. G. (2016) 'Vysokokachestvennye modifitsirovannye betony s ispol'zovaniem vyazhushchego na osnove reaktsionno-aktivnogo mineral'nogo komponenta' // Stroitel'nye materialy. [High-quality modified concrete using a binder based on a reactive mineral component / *Building Materials*]. №8. Pp. 74-80.

6. Uzaeva, A. A. (2015) 'Opyt ispol'zovaniya bakhannykh peskov v stroitel'stve' / *Sbornik nauchnykh trudov Mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii «Tendentsii i perspektivy razvitiya sovremennogo nauchnogo znaniya» 8-9 oktyabrya 2015*. [The experience of using sand dunes in construction / Proceedings of scientific papers of the international scientific conference "Trends and Prospects for the Development of Modern Scientific Knowledge" October 8-9, 2015]. Pp. 54-57.
7. Javaherdashti, R. (2008) "Microbiologically Influenced Corrosion an Engineering," Insight Springer-Verlag. UK. 164 p.
8. Kozhukhova, N. I., Zhernovsky, I. V. and Ocachaya, M. S. (2014) 'Revisiting a selection of natural and technogenic raw materials for geopolimer binders' / *International Journal of Applied Engineering Research*. V. 9. № 22. Pp. 16945-16955.
9. Kozhukhova, N. I., Zhernovsky, I. V. and Strokova, V. V. (2015) 'Evaluation of geopolimer binders biopositivity based on low-calcium fly ash' / *International Journal of Applied Engineering Research*. V. 10. № 15. Pp. 35618-35620.
10. Galkin, Yu. Yu., Udodov, S. A. and Vasileva, L. V. 'The phase composition and properties of aluminate cements after early loading' / *Inzhenerno-stroitel'nyi zhurnal*. № 7 (75). Pp. 114-122.
11. Koryanova, Y.I. (2017) Structure and properties of concrete for injection with two-stage expansion. *Solid State Phenomena*. V. 265 SSP. Pp. 103 108.
12. Murtazaev, S-A. Yu., Salamanova, M. Sh. and A. O. Omarov. (2018) 'Ispol'zovanie vtorichnykh syr'evykh resursov v proizvodstve vysokoprochnykh betonov' // *Vestnik Dagestanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Tekhnicheskie nauki*. № 1 (T. 45). [The use of secondary raw materials in the production of high-strength concrete / *Bulletin of the Dagestan State Technical University. Technical science*.]. V. 45. No. 1. Pp. 204-213.
13. Murtazaev, S-A. Yu. and Salamanova M. Sh. (2015) 'Vysokoprochnye betony s ispol'zovaniem fraktsionirovannykh zapolnitelei iz otkhodov pererabotki gornykh porod' // *Zhurnal «Ustoichivoe razvitie gornykh territorii»*. [High-strength concretes using fractionated aggregates from waste from rock processing // *Journal "Sustainable development of mountain territories"*]. № 1 (23). Pp. 23-28.
14. Salamanova, M. Sh., Saidumov, M. S., Murtazaeva, T. S-A. and Khubaev, M. (2015). 'Vysokokachestvennye modifitsirovannye betony na osnove mineral'nykh dobavok i superplastifikatorov razlichnoi prirody' // *Nauchno-analiticheskii zhurnal «Innovatsii i investitsii»* [High-quality modified concrete based on mineral additives and superplasticizers of various nature // *Scientific and analytical journal "Innovations and Investments"*]. № 8. Pp. 159-163.