

УДК 691.33

Морозов Н.М. – кандидат технических наук, доцент

E-mail: nikola_535@mail.ru

Боровских И.В. – кандидат технических наук, доцент

E-mail: borigor83@gmail.com

Галеев А.Ф. – студент

E-mail: ayzat-galeev@rambler.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1

Влияние вида песка на свойства мелкозернистого бетона*

Аннотация

Основной составляющей мелкозернистого бетона является песок. В зависимости от его места добычи он отличается зерновым составом, морфологией поверхности и прочностными свойствами. В статье исследовано влияние этих параметров на свойства мелкозернистого бетона. Установлена взаимосвязь между крупностью песка и водоредуцирующим эффектом суперпластификаторов. Показана зависимость воздухововлечения бетонной смеси от крупности песка и вида применяемого суперпластификатора. Получен мелкозернистый бетон прочностью на сжатие более 60 МПа.

Ключевые слова: мелкозернистый бетон, песок, суперпластификаторы, воздухововлечение, прочность.

Правильный выбор заполнителей для бетона, их разумное использование – одна из важных задач технологии бетона. В технологии бетона заполнители играют важную роль, так как занимают более 70 % объема бетона и создают жесткий каркас, препятствующий его усадке и разрушению [1, 2]. Кроме того они снижают стоимость бетона, что важно для экономики строительства.

В последнее время возрастает интерес к мелкозернистым бетонам, как основному виду бетонов для производства несущих ЖБК [3, 4]. Связано это с дефицитом высокопрочного щебня из изверженных пород в Европейской части России и постоянным удорожанием транспортной составляющей стоимости высокопрочного щебня. Существен и экологический аспект проблемы использования щебня: его добыча уже привела к необратимым климатическим последствиям на Северном Кавказе, в Поволжье, Карелии. Гораздо проще обеспечить стройки и заводы сборного железобетона песком, который является, как правило, местным строительным материалом [5].

Целый ряд достоинств делает мелкозернистый бетон более рациональным для применения, чем равнопрочный крупнозернистый бетон: повышенная способность воспринимать растягивающие напряжения, более высокая призмная прочность, повышенная морозостойкость, водонепроницаемость, внешняя привлекательность, включая способность окрашиваться [6]. Применение песчаного бетона не только повышает экономическую эффективность строительства, но и обеспечивает другие преимущества: упрощается технологическая схема приготовления бетонной смеси, так как отпадает необходимость в организации складского и сортировочного отделения для приемки, переработки и складирования щебня, уменьшается потребность в электроэнергии и трудовых затратах.

Свойства мелкозернистого бетона определяются теми же факторами, что и обычного бетона. Однако, цементно-песчаный бетон имеет некоторые особенности, обусловленные структурой, для которой характерны большая однородность и мелкозернистость, высокое содержание цементного камня, отсутствие жесткого каменного скелета, повышенная пористость и удельная поверхность твердой фазы [7]. Поэтому увеличение прочности песчаного бетона является актуальной задачей.

*Работа выполнена в рамках Гранта Академии наук Республики Татарстан, 2016 г. по теме «Разработка экспериментально-теоретических основ получения песчаных бетонов с низкими показателями пористости и высокими эксплуатационными свойствами».

Свойства песчаных бетонов, изготавливаемых по разным технологиям, в том числе их прочностные и деформативные характеристики, в значительной степени разнятся. В настоящее время можно выделить три основных направления изготовления изделий из песчаного бетона – формование изделий из особо жестких смесей методами интенсивного уплотнения (вибропрессование, роликотное формование, пресс-прокат), из малоподвижных смесей на стандартных виброплощадках и из подвижных и литых смесей, включая самоуплотняющиеся. Поэтому для каждой технологии способы повышения прочности могут отличаться. Однако роль заполнителя-песка остается постоянной и необходимо знать его влияния на свойства бетона. Целью работы стало исследование вида песка на технологические свойства бетонной смеси и прочностные свойства мелкозернистого бетона.

Для получения мелкозернистого бетона использовали портландцемент Мордовского завода СЕМ I 42,5 Н. Также были использованы песка трех видов, свойства которых представлены в табл. 1.

Таблица 1

Характеристика песков

№ п/п	Наименование показателя	Ед. изм.	Вид песка		
			Волжский	Камский	оптимальный зерновой состав [8]
1	Истинная плотность	кг/м ³	2680	2660	2660
2	Насыпная плотность	кг/м ³	1520	1590	1680
3	Фракционный состав (полные остатки), мм				
	2,5	%	0	17	24
	1,25	%	0	36	60
	0,63	%	3	48	67
	0,315	%	76	78	80
	0,14	%	98	99	99
	< 0,14	%	2	1	1
4	Модуль крупности	-	1,77	2,78	3,3
5	Пустотность	%	43,2	40,2	36,8

В качестве суперпластификаторов использовали:

- Полипласт СП-1, который относится к категории анионоактивных ПАВ и содержит смесь олигомеров и полимеров, которая является основным компонентом, называется активным веществом и содержит непрореагировавшую соль β -нафталинсульфо кислоты и сульфата натрия;

- Reotech DR8500 – новое поколение высокомолекулярных полимерных добавок на основе модифицированных поликарбоксилатных эфиров;

- Sika 5NEW – суперпластификатор на основе поликарбоксилатных эфиров для производства высокотехнологичных бетонов.

Свойства бетонной смеси и мелкозернистого бетона определяли по ГОСТу на соответствующие виды испытаний.

Пески отличаются, как по виду, так и по химическому составу, в зависимости от места их добычи. Нами были исследованы пески с р. Камы и р. Волги. На микрофотографиях (рис. 1) можно увидеть морфологию поверхности и форму зерен частиц.

Как видно из рис. 1, зерна песков имеют округлую форму. По зерновому составу Волжские пески более мелкие, чем Камские (табл. 1). Исследование поверхности песков показало, что у Волжских песков она более гладкая. Для оценки влияния вида песка на прочность мелкозернистого бетона были отобрана фракция 0,14-0,63 мм из каждого вида и на основе ее изготовлен состав бетона (табл. 2).

Как видно из табл. 2 использование Волжского песка снижает водопотребность мелкозернистой бетонной смеси и повышает ее воздухоовлечение. Однако прочность бетона на Волжском песке при изгибе и на сжатие возрастает во все сроки твердения.

Одним из условий высокой прочности бетонов является плотность упаковки его компонентов на всех уровнях структуры (от микро- до макро-) и ее однородность, что, в

частности достигается исключением из состава крупных зерен заполнителей. Взяв речной песок Камского месторождения и рассеяв его на три фракции, подобрали те их соотношения, которые сочетают минимальную пустотность и низкую удельную поверхность [8].

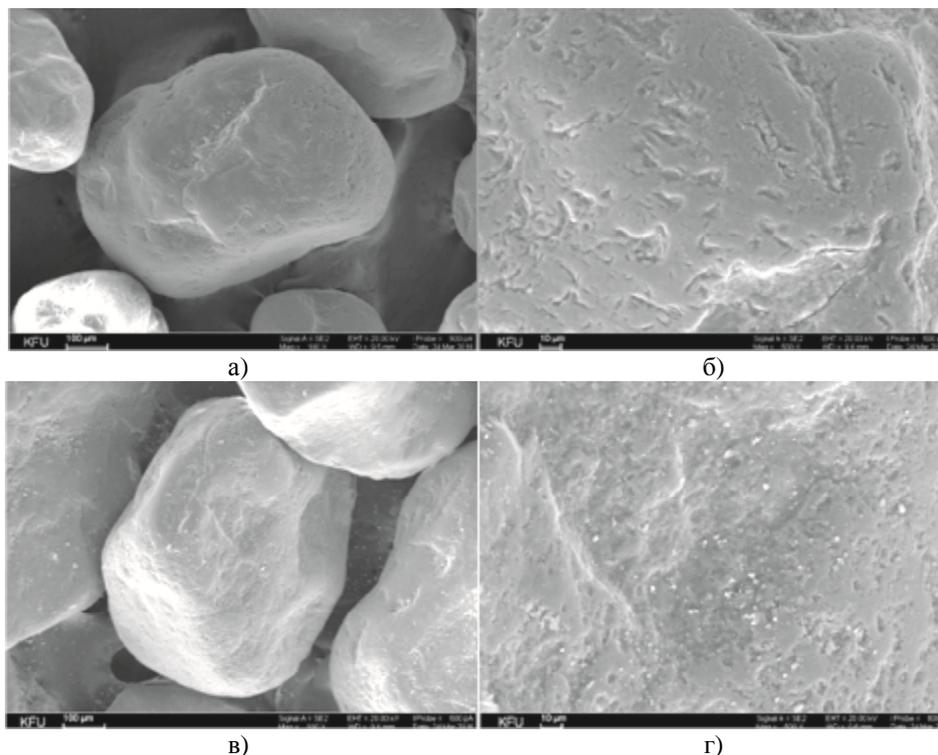


Рис. 1. Морфология зерен песка: а), б) – песок р. Волга; в), г) – песок р. Кама

Таблица 2

Свойства мелкозернистого бетона на разных песках с одинаковым модулем крупности

Вид песка	Расход материалов, кг			В/Ц	Воздуховлечение, %	Прочность при изгибе, МПа	Прочность на сжатие, МПа	
	цемент	песок	Sika 5NEW				7 сутки	28 сутки
Камский	500	1600	4	0,57	8,6	5,02	24,6	36,1
Волжский	500	1600	4	0,56	10	5,42	26,3	38,6

Песок оптимального зернового состава (ОП) далее был использован при получении мелкозернистого бетона. Оптимизация гранулометрии песка Камского месторождения позволяет повысить прочность песчаного бетона зависимости от активности цемента на 10-18 % [9].

Для оценки влияние вида песка на свойства бетонной смеси и бетона были изготовлены составы мелкозернистого бетона с равной подвижностью (марка ПЗ). Прочность бетона определяли в возрасте 7 суток нормального твердения.

Как видно из табл. вид песка оказывает влияние на водопотребность и воздуховлечение бетонной смеси. Наибольшее воздуховлечение имеют смеси на Волжском песке, так как он имеет меньший модуль крупности и большее содержание мелких фракций. Наименьшее количество вовлеченного воздуха наблюдается на песке оптимального зернового состава. Также можно видеть, что воздуховлечение мелкозернистой смеси с поликарбоксилатными суперпластификаторами меньше. Стоит заметить, что при введение суперпластификаторов на мелких песках воздуховлечение снижается, а на песке оптимальной гранулометрии увеличилось. Максимальное воздуховлечение имеет мелкозернистая бетонная смесь с добавкой СП-1.

Таблица 3

Свойства мелкозернистого бетона на песках разного вида

№ п/п	Расход материалов, кг			В/Ц	Воздухововлечение, %	Прочность бетона, МПа	
	цемент	песок	суперпластификатор			при изгибе	на сжатие
Бетоны на Волжском песке							
1	500	1550	-	0,59	8,3	4,21	23,6
2	500	1550	Reotech DR8500, 7,5	0,45	6	5,10	32,2
3	500	1550	СП-1 4,0	0,475	9,6	4,93	30,4
4	500	1550	Sika 5NEW 4,0	0,475	9	4,40	30,6
Бетоны на Камском песке							
5	500	1600	-	0,54	7,6	5,34	34,8
6	500	1600	Reotech R8500, 7,5	0,4	5	5,95	43,1
7	500	1600	СП-1 4,0	0,45	8,2	6,12	42,4
8	500	1600	Sika 5NEW 4,0	0,435	6	5,67	40,6
Бетоны на песке оптимального зернового состава							
9	500	1650	-	0,5	3,7	5,42	42,8
10	500	1650	Reotech DR8500, 7,5	0,35	4,1	6,68	64,4
11	500	1650	СП-1 4,0	0,4	5,6	6,83	53,4
12	500	1650	Sika 5NEW 4,0	0,36	4,4	6,65	57,1

Применение суперпластификаторов позволяет снизить расход воды в мелкозернистых бетонах. Водоредуцирующий эффект суперпластификаторов также зависит от вида применяемого песка (рис. 2). Как видно из рис. 2, добавка СП-1 имеет одинаковый водоредуцирующий эффект в бетонных смесях на различных песках (17-20 %). Наибольшим водоредуцирующим эффектом отличается добавка Reotech R8500 на всех видах песках и максимальное значение имеет на песке оптимальной гранулометрии 30 %. Как видно из рис. 2, поликарбоксилатные суперпластификаторы лучше работают на песке оптимального зернового состава. Поэтому и прочность мелкозернистого бетона на этих добавках максимальная (табл. 3). Прочность мелкозернистого бетона, как с добавками, так и без них, возрастает с ростом модуля крупности, что связано с уменьшением водоцементного отношения и воздухововлечения бетонных смесей.

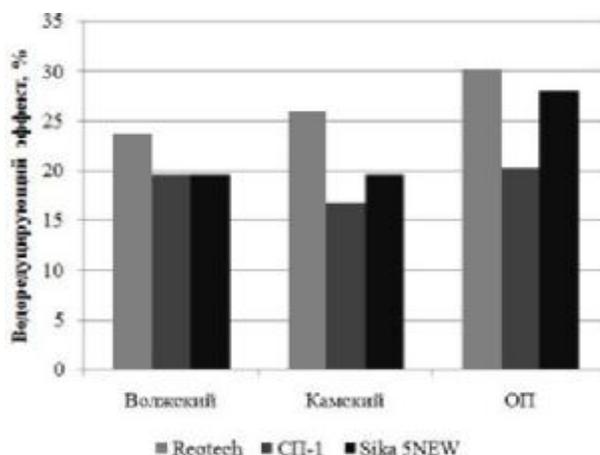


Рис. 2. Водоредуцирующий эффект суперпластификаторов в зависимости от вида песка

Таким образом, свойства мелкозернистого бетона напрямую зависят от вида применяемого песка. С увеличением модуля крупности песка уменьшается воздухоовлечение, а при равной крупности песка наибольшая прочность достигается на песке р. Волга. Установлена зависимость водоредуцирующего эффекта суперпластификаторов от зернового состава песка и показано, что на песке оптимального зернового состава этот эффект максимален. В результате работы получены мелкозернистые бетоны прочностью более 60 МПа.

Список библиографических ссылок

1. Баженов Ю.М., Харченко А.И. Безусадочные мелкозернистые бетоны с использованием некондиционных песков // Научно-технический вестник Поволжья, 2012, № 5. – С. 86-88.
2. Aguirre A.M. y R. Mejna de Gutierrez Durability of reinforced concrete exposed to aggressive conditions // *Materiales de Construcción*, 2013, Vol. 63 (309). – P. 7-38.
3. Львович К.И. Песчаный бетон и его применение в строительстве. – СПб.: Стройбетон, 2007. – 320 с.
4. Сахаров Г.П. Научно-технические предпосылки получения экструдированного мелкозернистого бетона // Вестник МГСУ, 2011, № 4. – С. 483-485.
5. Чистов Ю.Д. Социально-эколого-экономическая целесообразность использования песчаных бетонов в современном строительстве // *Строительные материалы*, 2000, № 2. – С. 22-23.
6. Панченко А.И., Харченко И.Я. Мелкозернистый бетон в монолитном строительстве: проблемы, теория и технология эффективного использования. Часть 1 // *Технологии бетонов*, 2011, № 5-6. – С. 42-44.
7. Низина Т.А., Щереди́н А.С., Балыков А.С. Фрактальный анализ поровой структуры дисперсно-наполненных мелкозернистых бетонов // *Техническое регулирование в транспортном строительстве*, 2016, № 1 (15). – С. 60-64.
8. Хозин В.Г., Морозов Н.М., Мугинов Х.Г. Особенности формирования структуры модифицированных песчаных бетонов // *Строительные материалы*, 2010, № 9. – С. 72-73.
9. Морозов Н.М., Мугинов Х.Г., Хозин В.Г., Антаков А.Б. Высокопрочные песчаные бетоны для монолитного строительства // *Известия КГАСУ*, 2012, № 2 (20). – С. 183-188.

Morozov N.M. – candidate of technical sciences, associate professor

E-mail: nikola_535@mail.ru

Borovskich I.V. – candidate of technical sciences, associate professor

E-mail: borigor83@gmail.com

Galeev A.F. – student

E-mail: ayzat-galeev@rambler.ru

Kazan State University of Architecture and Engineering

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

The influence of sand on properties of fine-grained concrete

Resume

In recent years a growing interest in fine grained concrete as core concrete for the production of load-bearing reinforced concrete constructions is raising. This is due to the deficit of high strength crushed stone from igneous rocks in the European part of Russia and the constant rise in transportation cost component of high-strength crushed stone. Sand for concrete differ externally and in chemical composition, depending on the sands of different grain composition, surface morphology and strength properties. The article examines the influence of these parameters on the properties of fine-grained concrete. With the increase in fineness modulus of sand decreases air entrainment, and with an equal fineness of sand maximum strength is achieved on the sand of the river Volga. The dependence of water-reducing effect of superplasticizers from

the grain composition of sand is shown, as well as the optimum sand grain structure of the maximum effect. As a result, 60 mPas strength fine-grained concrete was produced.

Keywords: fine concrete, sand, superplasticizers, air entrainment, strength.

Reference list

1. Bazhenov Y.M., Kharchenko A.I. Nonshrinking fine-grained concrete with the use of sub-standard sand // *Nauchno-tekhnicheskiy vestnik Povolzh'ya*, 2012, № 5. – P. 86-88.
2. Aguirre A.M. y R. de Mejna Gutiyrrez Durability of reinforced concrete exposed to aggressive conditions // *Materiales de Construccion*, 2013, Vol. 63 (309). – P. 7-38.
3. L'vovich K.I. Sandy concrete and its application in construction. – SPb.: Story-beton, 2007. – 320 p.
4. Sakharov G.P. Scientific and technical prerequisites of getting extruded fine concrete // *Vestnik MGSU*, 2011, № 4. – P. 483-485.
5. Chistov Y.D. Socio-ecological and economic feasibility of the use of sandy concrete in modern construction // *Stroitel'nyye materialy*, 2000, № 2. – P. 22-23.
6. Panchenko A.I., Kharchenko I.J. Fine-grained concrete in concrete construction: problems, theory and technology of effective application. Part 1 // *Tekhnologii betonov*, 2011, № 5-6. – P. 42-44.
7. Arathi T.A., Scheredin A.S., Balykov A.S. Fractal analysis of the pore structure of the dispersion-filled with fine-grained concrete // *Tekhnicheskoye regulirovaniye v transportnom stroitel'stve*, 2016, № 1 (15). – P. 60-64.
8. Khozin V.G., Morozov N.M., Muginov H.G. Features of the formation of the modified structure of sandy concrete // *Stroitel'nyye materialy*, 2010, № 9. – P. 72-73.
9. Morozov N.M., Muginov H.G., Khozin V.G., Antakov A.B. High sand concrete for monolithic building // *Izvestiya KGASU*, 2012, № 2 (20). – P. 183-188.