

Исследования бетонов полусухого прессования, изготовленных на сверхтонких песках местного карьера

И.И. Романенко, И.Н. Петровнина, М.И. Романенко

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства

Аннотация: Использование сверхтонкого песка в качестве основного сырья в производстве бетона, изготовленного методом полусухого формования, является актуальным для многих регионов России в связи с отсутствием песков с высоким модулем крупности и прочных каменных пород. В статье представлены результаты анализа возможного применения песков с модулем крупности $M_{кр}=0,8-1,4$ в прессовых бетонных мелкогабаритных изделиях мощения тротуаров. Замена обычного песка до 80 % на мелкозернистый не снижает прочностные и эксплуатационные свойства. Переход на мелкозернистые и пылеватые пески позволяет снизить себестоимость продукции.

Ключевые слова: бетон, полусухое прессование, вяжущее, сверхтонкий песок, гиперпластификатор, прочность.

Тончайший песок – разновидность мелкого песка с модулем крупности $M_{кр}=0,8-1,4$, характеризующийся высокой водопотребностью. Этот фактор приводит к повышенному расходу вяжущего, воды затворения и резкому снижению прочностных характеристик. Ученые исследовали бетоны, приготовленные на мелких песках [1]. Было установлено, что оптимальное содержание таких песков в смеси не должно превышать 20 %.

Н. Binici, Т. Shah, О. Aksogan, Н. Kaplan [2] варьировали грансоставом мелкого песка за счет введения отсевов от дробления щебня, что способствовало повышению модуля крупности до оптимальных значений $M_{кр}=2,2-3,0$. Прочность бетонов на высокодисперсном песке с отсевом от дробления щебня достигала в возрасте 28 суток твердения в нормальных условиях 22,3-30,0 МПа.

Исследователи песчаных бетонов использовали суперпластификаторы на основе меламинаформальдегидной смолы, золы от сжигания бурых углей и воздухововлекающих добавок, что позволило сократить расход воды затворения и повысить морозостойкость изделий [3].

Стремление получить изделия с высокими эксплуатационными свойствами способствовало проведению испытаний бетонов на основе различных отходов производств. Установлено, что оптимальные составы бетонных смесей с дробленным песком и демпфирующими добавками имеют расход портландцемента в количестве 420-480 кг/м³. Прочность бетона на сжатие соответствует 13,5-25,0 МПа [4, 5].

В исследованиях использовали мелкие речные кварцевые пески с $M_{кр}=1,42$ и $M_{кр}=0,87$ и влажностью песка 6,6 %. Кристаллические частицы песка под микроскопом прозрачны, имеют округлые края и углы. Химический состав сверхтонкого песка представлен в таблице 1 и его зерновой состав – в таблицах 2, 3.

Таблица 1

Химический состав мелкозернистого песка

Соединения	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	TiO ₂
Содержание, %	70,0	11,2	2,94	9,1	3,00	2,2	1,5	0,06

Таблица 2

Гранулометрический состав мелкого песка

Остатки на ситах, % по массе	Диаметр отверстий сит, мм.					
	2,5	1,25	0,63	0,315	0,16	< 0,16
Частные, г	-	50	80	240	500	130
Частные, %		5,0	8,0	24,0	50,0	13,0
Полные, %		5	13	37	87	100
$M_{кр}=1,42$						

Таблица 3

Гранулометрический состав сверхтонкого песка

Остатки на ситах, % по массе	Диаметр отверстий сит, мм.					
	2,5	1,25	0,63	0,315	0,16	< 0,16
Частные, г	-	20	20	80	750	130
Частные, %		2	2	8	75	13,0
Полные, %		2	4	12	87	100
$M_{кр}=0,87$						

Из таблицы 2 видно, что диаметр зерен сверхтонкого песка составляет 88 % всех частиц, модуль крупности равен 0,87. Тонкую фракцию песка подвергали измельчению в шаровой лабораторной мельнице до удельной поверхности $S_{уд}=3000 \text{ см}^2/\text{г}$.

В качестве вяжущего применяли портландцемент марки ПТЦ 500 Д0. Пластифицирующая добавка – суперпластификатор С-3 и гиперпластификатор «Хегитал».

Для создания более плотной структуры и повышения модуля крупности мелкого заполнителя вводился отсев от дробления гранитного щебня фракции 2,5-5,0 мм [6, 7].

Для оценки прочностных свойств прессованных образцов готовилась смесь сухих компонентов в заданных пропорциях в течении 2-3 мин. После получения однородного состава вводилось отмеренное количество воды с заданным количеством пластифицирующей добавки и перемешивалось в течение 2-3 мин. Частота вращения ротора лопастей смесительного агрегата составляла 60 оборотов в минуту. Затем одновременно формовались на вибростоле две формы размером $100 \times 100 \times 100$ мм с пригрузом 100 кг. в течение 8 сек.

Твердение образцов бетона производилось в камере нормального твердения, где поддерживались следующие условия: температура 20°C и влажность 95 %.

Прочность на сжатие образцов бетона определялась путем разрушения на гидравлическом прессе в возрасте 7, 14 и 28 суток (набор прочности в камере нормального твердения). Водопоглощение оценивалось согласно методике ГОСТ 12730.3-78 Бетоны. Метод определения водопоглощения.

Расходы материалов и результаты определения прочностных показателей в возрасте 28 суток представлены в таблице 4.

Таблица 4

Составы бетонов с местными песками

№ пп	Марка цементного камня	Расход ингредиентов кг/м ³							Прочность на сжатие, МПа
		ПТЦ М500 Д0	Кварцевый песок М _{кр} 1,42-2,0	Природный кварцевый песок М _{кр} 0,87	Отсевы от дробления гранитного щебня фракции 2,5-5 мм	С-3, % от массы вяжущего	Вода	В/Ц	
1	М75	260-208	1630-1304	-	636-367	0,6	100-80	0,38	6,8-5,9
2	М100	310-248	1740-1392	-	463-201	0,6	120-96	0,38	11,4-9,2
3	М75	400-360	-	1630-1304	429-143	0,85	137-152	0,38	6,4-5,9
4	М100	495-420	-	1702-1392	210	0,85	171-188	0,38	10,5-9,9

Полученные результаты (таблица 4) свидетельствуют о невозможности получения бетонов полусухого прессования прочностью 25-40 МПа на местных песках из-за повышенного расхода воды затворения и не оптимальной структуры бетона. Водопоглощение образцов в возрасте 28 суток варьируется от 6,5 до 7,4 %, что не удовлетворяет требованиям, предъявляемым к тротуарной плитке полусухого прессования.

Для получения бетонов полусухого прессования на местных песках нами предложены составы с молотым песком. Результаты подбора ингредиентов представлены в таблице 5.

Таблица 5

Расход ингредиентов бетонной смеси на 1 м³

№ п/п	Ингредиенты	Расход, кг/м ³	
		Состав 5	Состав 6
1	ПТЦ 500 Д0	178	230
2	Песок с М _{кр} 1,4-2,0	600	553
3	Песок фр. 0,16-0,63	500	450
4	Песок S _{уд} = 3000 см ² /г	180	205
5	Отсев от дробления гранита фр. 2,5-5,0 мм	835	835
6	Хегитал, % от массы вяжущего.	0,7	0,7
7	Вода	90	110
8	В/Ц	0,5	0,49
9	В/Т	0,039	0,048

Результаты исследований приравлены на рис. 1 и 2.

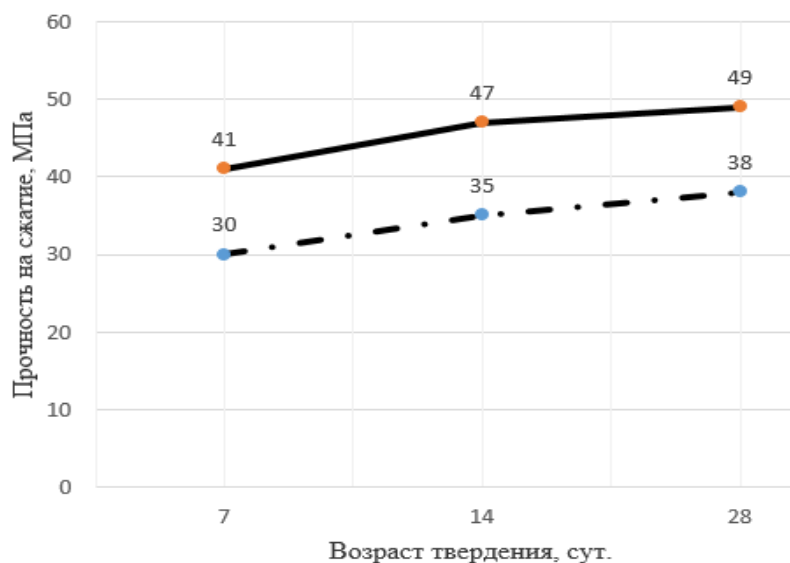


Рис.1. – Кинетика набора прочности бетона:
состав — · — 5 ; состав — 6

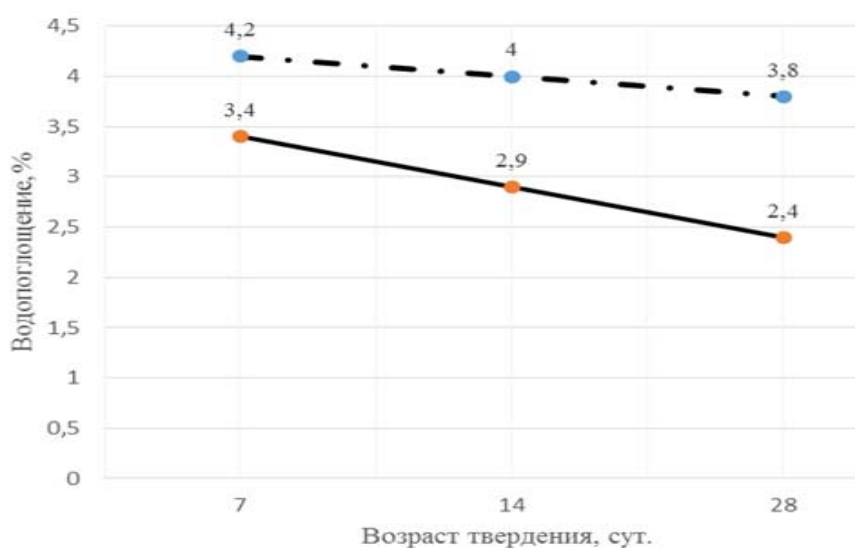


Рис. 2. – Кинетика водопоглощения бетона:
состав — · — 5 ; состав — 6

Из анализа полученных результатов (рис.1) видно, что с увеличением содержания тонких песков, по сравнению с содержанием песков мелких, прочность на сжатие увеличивается. Этому способствует оптимизация гранулометрического состава бетонной смеси, что подтверждено исследованиями водопоглощения (рис. 2). Водопоглощение составляет около

2,4-3,8 %, установлено, что со временем значение величины снижается, тем самым повышается морозостойкость, эрозионная стойкость и долговечность материала [8-10].

Таким образом, можно сделать следующие выводы:

– использование сверхтонкого и молотого песков в качестве основного структурообразующего компонента бетонной смеси, наряду с отсевом от дробления гранитного щебня, позволило получить бетоны полусухого прессования с высокими эксплуатационными свойствами при минимальном расходе вяжущего;

– применение мелкодисперсных мелких кварцевых песков в производстве бетонов позволило расширить номенклатуру сырьевой базы для производства бетонов с высокими прочностными свойствами и малым процентом водопоглощения;

– основная цель этого исследования – использование сверхтонких и мелких песков в качестве материала-заменителя высокопрочного гранитного щебня в производстве бетона была достигнута, что доказано в исследованиях.

Литература

1. Dolage D.A.R., Dias M.G.S., Ariyawansa C.T. Offshore sand as a fine aggregate for concrete production // British Journal of Applied Science & Technology, 2013. №3 (4), pp. 813–825.

2. Binici H., Shah T., Aksogan O., Kaplan H. Durability of concrete made with granite and marble as recycle aggregates // Journal of Materials Processing Technology, 2008. №. 208 (1–3). pp. 299–308.

3. Siddique R., Noumowe A. Utilization of spent foundry sand in controlled low-strength materials and concrete // Resources, Conservation and Recycling, 2008. № 53 (1-2), pp. 27–35.

4. Лотошникова Е.О. Мелкозернистые жесткопрессованные бетоны с демпфирующими добавками. Ростов н/Д: Рост. гос. строит. ун-т, 2006, 588 с.

5. Лотошникова Е.О. Физико-химические исследования микро- и макроструктуры бетонов жесткого прессования с демпфирующей добавкой зольных микросфер // Инженерный вестник Дона, 2013, №4 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2013/2092.

6. Шляхова Е.А., Холостова А.И. К вопросу повышения качества мелкозернистых бетонов на мелких песках // Инженерный вестник Дона, 2013, №4 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2013/2110.

7. Глухова М.В., Грачева Ю.В. Влияние методов формования на свойства мелкозернистых бетонов на модифицированном геошлаковом вяжущем // Современные научные исследования и инновации, 2015, №2 Ч. 1 URL: web.snauka.ru/issues/2015/02/46667.

8. Шляхова Е.А., Мартемьянова Ю.Н. Искусственные минеральные добавки для производства цементов камня // Наукоедение, 2012, №4 URL: naukovedenie.ru/PDF/95trgsu412.pdf.

9. Романенко И.И., Романенко М.И., Петровнина И.Н., Пинт Э.М., Еличев К.А. Вторичное использование в дорожном строительстве щебня полученного из дробленого бетона // Интернет-журнал Наукоедение. 2015. Т. 7. № 1 (26). С. 86.

10. Романенко И.И., Романенко М.И., Петровнина И.Н., Пинт Э.М. Влияние водорастворимого полимерного стабилизатора грунта на физико-механические свойства песчаного грунта // Интернет-журнал Наукоедение. 2014. № 5 (24). С. 157.

References

1. Dolage D.A.R., Dias M.G.S., Ariyawansa C.T. British Journal of Applied Science & Technology, 2013. №3 (4), pp. 813–825.



2. Binici H., Shah T., Aksogan O., Kaplan H. Journal of Materials Processing Technology, 2008. №. 208 (1–3). pp. 299–308.
3. Siddique R., Noumowe A. Resources, Conservation and Recycling, 2008. № 53 (1-2), pp. 27–35.
4. Lotoshnikova E.O. Melkozernistye zhestkoprессованные бетоны с демпфирующими добавками [Fine-grained hard-pressed concretes with damping additives]. Rostov n/D: Rost. gos. stroit. un-t, 2006, 588 p.
5. Lotoshnikova E.O. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2013, №4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2013/2092.
6. Shlyakhova E.A., Kholostova A.I. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2013, №4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2013/2110.
7. Glukhova M.V., Gracheva YU.V. Sovremennye nauchnye issledovaniya i innovatsii, 2015, №2 CH. 1 URL: web.snauka.ru/issues/2015/02/46667.
8. Shlyakhova E.A., Martem'yanova YU.N. Naukovedenie, 2012, №4 URL: naukovedenie.ru/PDF/95trgsu412.pdf.
9. Romanenko I.I., Romanenko M.I., Petrovnina I.N., Pint E.H.M., Elichev K.A. Internet-zhurnal Naukovedenie. 2015. T. 7. № 1 (26). 86 p.
10. Romanenko I.I., Romanenko M.I., Petrovnina I.N., Pint E.H.M. Internet-zhurnal Naukovedenie. 2014. № 5 (24). 157 p.