

УДК 691.327

Морозов Н.М. – кандидат технических наук

E-mail: nikola_535@mail.ru

Боровских И.В. – кандидат технических наук

E-mail: borigor@list.ru

Хозин В.Г. – доктор технических наук, профессор

E-mail: khozin@kgasu.ru

Авксентьев В.И. – аспирант

E-mail: vlad80889@yandex.ru

Мугинов Х.Г. – соискатель

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

ВЛИЯНИЕ КОМПОНЕНТОВ ПЕСЧАНОГО БЕТОНА НА ВОЗДУХОВОВЛЕЧЕНИЕ ПРИ ЕГО ПРИГОТОВЛЕНИИ

АННОТАЦИЯ

В статье показан эффект снижения воздухововлечения песчаной бетонной смеси при сочетании различных факторов. Так, например, показано, что воздухововлечение существенно снижается при использовании суперпластификатора MELFLUX 2651F, но только при использовании крупных песков. Показана зависимость снижения воздухововлечения бетонной смеси при увеличении модуля крупности песчаного заполнителя. Также высокий эффект снижения воздухововлечения достигается за счет дополнительного введения в состав бетонной смеси молотого кварцевого песка.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: воздухововлечение, песчаный бетон, суперпластификатор.

Morozov N.M. – candidate of the technical sciences, assistant

Borovskikh I.V. – candidate of the technical sciences

Khozin V.G. – doctor of technical science, professor

Avksentiev V.I. – post-graduate student

Muginov H.G. – researcher

Kazan State University of Architecture and Engineering

THE INFLUENCE OF FINE GRAIN CONCRETE COMPONENTS ON AIR ENTRAINMENT DURING ITS BATCHING

ABSTRACT

The article shows the influence of different factors on the reduction of air entrainment in the fine grain concrete. For example, it is indicated that air entrainment decreases significantly in case of using MELFLUX 2651F super plasticizer but only with the use of coarse sand. Dependence of the reduction of air entrainment in case of the increasing granularity of the sand filler is shown. High effect of decreasing of air entrainment is achieved due to additional introduction of the grind silica sand in the composition of the concrete mix as well.

KEYWORDS: air entrainment, Fine grain concrete, super plasticizer.

Песчаные бетоны, обладая целым рядом достоинств и, естественно, своими недостатками, становятся все более привлекательными экономически для европейской части нашей страны (и не только) как конструкционные бетоны [1], поскольку высокая стоимость доставки высокопрочного щебня с Урала, из Карелии превращается в серьезную проблему. Например, в Татарстане при дефиците крупного заполнителя (КЗП) его замена местными кварцевыми песками позволит значительно снизить себестоимость ЖБ-конструкций. Весьма перспективны высокопрочные и морозостойкие дорожные песчаные бетоны [2], которые в ближайшем будущем должны вытеснить асфальтобетон в автомобильных дорогах федерального назначения ввиду его низкой эксплуатационной долговечности (3-5 лет) [3]. Однако замена песком щебня или гравия приведет к увеличению общей удельной поверхности заполнителя и его межзерновой пустотности. А это потребует увеличения содержания цемента

в бетонных смесях для обеспечения обмазки зерен песка цементным тестом и заполнения всех пустот, заполненных воздухом, вызывающих повышенное воздухововлечение бетонной смеси.

«Дополнительный» объем пор в песчаном бетоне приведет к негативному влиянию на его прочность и долговечность [4]. В целом механическая прочность бетона, как изотропного материала, прямо связана с его плотностью, которую можно увеличить снижением объема замкнутых пор, образующихся в результате воздухововлечения в бетонную смесь его мелких пузырьков в процессе перемешивания всех компонентов.

Для получения одинаковых показателей воздухововлечения песчаных бетонов и крупнозернистых бетонов необходимо добиться одинаковой монолитности структуры этих бетонов, за счет увеличения на 15-25 % расхода цемента и воды. Но это при последующем твердении приведет к увеличению усадки бетона. Одним из путей решения этой проблемы является введение в бетонную смесь суперпластификаторов, которые позволяют снизить расход цемента и воды, при сохранении прочности бетона [1].

Как известно, применение суперпластификаторов является наиболее эффективным способом увеличения подвижности бетонной смеси и уменьшения пористости за счет уменьшения объема воды затворения. Однако, будучи поверхностно активными веществами суперпластификаторы могут повысить воздухововлечение за счет снижения поверхностного натяжения воды. Цель настоящей работы состоит в оценке влияния широко применяемых разжижителей бетонных смесей – суперпластификатора С-3 и гиперпластификатора Melflux на воздухововлечение и «сопутствующие» свойства цементно-песчаных бетонов.

«ПОЛИПЛАСТ СП-1» (С-3) – суперпластификатор, который представляет собой несслеживающийся порошок коричневого цвета, легкорастворимый в воде. В соответствии с ТУ 6-36-0204229-625-90* содержание активного вещества в С-3 в пересчете на сухой продукт не менее 69 %, содержание золы не более 38 %, рН (2,5 %-ного водного раствора) 7-9, содержание воды не более 10 %.

«MELFLUX 2651 F» (MF) – суперпластификатор, который представляет порошокобразный продукт, полученный методом распылительной сушки из водного раствора модифицированного полиэфиркарбоксилата. Технические данные: форма – желтоватый порошок; насыпная плотность – 400-600 г/л; потери при нагревании – макс. 2,0 мас. %; 20 % раствор при 20 °С имеет рН = 6,5-8,5. Особенности: высокоэффективный диспергатор; снижает усадку; эффективен в широком диапазоне температур.

Для приготовления песчаных бетонных смесей использовали мордовский портландцемент ПЦ 500 Д0 и две группы песка – крупный (Мк=2,8) и средний (Мк=1,7). Подвижность бетонных смесей задавалась равной ПЗ. Полученные результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1

Составы бетона и свойства бетонной смеси с суперпластификаторами

№ состава бетона	Расход компонентов бетона, кг/м ³				Воздухововлечение, %	Плотность бетонной смеси, кг/м ³	Прочность на сжатие в возрасте 7 сут, МПа	
	Ц	Мелкий заполнитель		СП				
		П Мк=2,8	П Мк=1,7					
1	500	1500	–	–	290	5,8	2170	34
2				2,5(С-3)	250	9,2	2145	42
3				2,5(MF)	189	4,9	2205	58
4		–	1500	–	400	6,8	2060	15
5				2,5(С-3)	358	9,2	2035	18
6				2,5(MF)	293	8,9	1975	25

Видно, что если в бетонах на крупном песке при введении С-3=0,5 % воздухововлечение увеличивается на 36 % по сравнению с бездобавочным (контрольным) составом (с 5,8 % до 9,2 %), то при той же дозировке с MF наблюдается обратная картина: воздухововлечение снижается на 15 % (с 5,8 % до 4,9 %). На среднем песке оба СП С-3 и MF ведут себя одинаково: увеличивая воздухововлечение на 26 % (с 6,8 % до 9,2 %) и на 23 % (с 6,8 % до 8,9 %) соответственно.

Водоредуцирующая способность MF в бетонной смеси с мелким песком на 8 % меньше таковой в бетоне на крупном песке.

Таким образом, суперпластификатор MF позволяет снизить воздухововлечение в бетонной смеси на крупном песке. Далее определяли оптимальную дозировку MF в этой смеси. Результаты представлены в таблице 2.

Таблица 2

Составы бетона и свойства бетонной смеси с суперпластификатором MF

№	Ц, кг	П, кг Mк=2,8	В, кг	MF, кг	Плотность бет. смеси, кг/м ³	Возд. вовл., %	Водопоглощение, %
1	500	1500	290	–	2170	6,5	9,9
2			209	1,25	2190	6,4	8,2
3			189	2,5	2205	4,9	7,2
4			176	3,75	2210	4,7	6,8

Из таблицы 2 видно, что увеличение дозировки MF с 0,25 % до 0,75 % (от цемента) уменьшает воздухововлечение на 25 %. Наилучший результат снижения воздухововлечения достигается при дозировках MF 0,75 и 0,5 % от массы цемента. При этом водопоглощение песчаного бетона с добавкой MF снижается на 31 %, что обусловлено уменьшением макро- и микропористости бетона.

Помимо пластифицирующих добавок на воздухововлечение влияет и качество заполнителя. Крупность, качество поверхности, прочность зерен, гранулометрический состав и водопоглощение в известной степени определяют плотность и прочность упаковки зерен песка, сцепление между ними и цементным камнем и, следовательно, свойства мелкозернистого бетона [2]. Как было показано выше (табл. 1), при изменении Mк песка изменяется и воздухововлечение. В связи с этим в следующих экспериментах определялось влияние модуля крупности песка на воздухововлечение бетонной смеси.

Таблица 3

Составы бетона и свойства бетонной смеси с песком различного модуля крупности

№	Ц, кг	П, кг	Модуль крупности, Mк	В, кг	Плотность бет. смеси, кг/м ³	Возд. вовл. %	Водопо- глощение, %	Прочность на сжатие в возрасте 7 сут, МПа
1	500	1500	2,26	250	2130	5,8	3,19	32,9
2			2,08	265	2180	6,3	4,68	26,9
3			1,78	327	2110	7,5	5,87	18,1
4			0,99	360	2080	7,8	6,46	15,0

Таким образом, уменьшая модуль крупности с 2,26 до 0,99, возрастает воздухововлечение (с 5,8 % до 7,8 %), водопоглощение (с 3,19 % до 5,87 %) и уменьшается прочность (с 32,9 до 15,0 МПа). Наименьшее воздухововлечение, водопоглощение и наибольшую прочность показал состав с модулем крупности 2,26. Это объясняется меньшей удельной поверхностью крупного песка, приводящей к снижению водопотребности мелкозернистой бетонной смеси, что, в результате, позволяет сократить пористость затвердевшего бетона и тем самым способствовать увеличению прочности [1].

Известно, что одним из путей увеличения плотности структуры бетонной смеси при равном расходе цемента является введение наполнителей, которые также в значительной степени снижают капиллярную пористость бетона и, следовательно, уменьшают водопоглощение. Кроме того, кремнеземистые наполнители участвуют в реакции с гидратной известью, что дополнительно повышает прочность бетона. В качестве наполнителя мы использовали молотый кварцевый песок с удельной поверхностью 600 м²/кг, известняковую муку 600 м²/кг, микрокремнезем. В качестве заполнителя использовался песок с модулем крупности 1,75. Использовали также суперпластификатор С-3, так как он больше, чем MF,

увеличивает воздухововлечение. В таблице 4 представлены результаты влияния вида наполнителей на свойства бетонной смеси.

Таблица 4

Составы бетона и бетонной смеси с наполнителями

№ состава бетона	Расход компонентов бетона, кг/м ³					В/Ц	Воздухововлечение, %	Плотность бетонной смеси, кг/м ³
	Цемент	Песок	Вода	Наполнитель	С-3			
1	500	1500	246	–	2,5	0,49	9,2	2143
2	500	1500	253	50 (известняк)	2,5	0,5	11,8	2128
3	500	1500	252	50 (микрокремнезем)	2,5	0,5	10	2139
4	500	1500	256	50 (молотый кварцевый песок)	2,5	0,5	8	2153

Введение в состав известняковой муки и микрокремнезема увеличивает воздухововлечение на 22 % и на 8 % соответственно, а молотого кварцевого песка позволяет снизить воздухововлечение на 13 %. В последующих опытах определялась оптимальная дозировка молотого кварцевого песка.

Таблица 5

Составы бетона и свойства бетонной смеси с наполнителем

№	Ц, кг	П, кг	В, кг	С-3, кг	Молотый кварцевый песок, кг	Плотн. бет. Смеси, кг/м ³	Возд. вовл. %	Водопоглощение, %	Прочность на сжатие в возрасте 7 сут, МПа
1	500	1500	246	4	–	2143	9,2	9,9	40,8
2	500	1500	256		50	2153	8	8,7	40,2
3	500	1500	258		75	2160	7,2	8,5	40
4	500	1500	265		100	2160	7	7,9	38
5	500	1500	267		125	2165	6,2	7,2	37,8
6	500	1500	265		150	2167	6,4	7,5	34,3
7	500	1500	273		200	2170	4,9	8	24

Как видно из табл. 5, введение молотого кварцевого песка «в довесок» к цементу, с дозировкой 15 %, 25 %, 40 % от массы вяжущего, уменьшает воздухововлечение бетонной смеси. Наилучший результат по снижению воздухововлечения на 34,6 %, в сравнении с бездобавочным составом, показал состав с дозировкой 40 % молотого кварцевого песка. Увеличение дозировки наполнителя ведет к уменьшению водопоглощения бетона, но к снижению его прочности в возрасте 7 суток.

Выводы:

- Применение суперпластификатора С-3 в песчаном бетоне приводит к увеличению воздухововлечения, MELFLUX 2651 F уменьшает воздухововлечение на 25 % (табл. 2) только при использовании крупного песка. Кроме того, добавка MELFLUX 2651 F снижает водопоглощение и повышает прочность бетона;

- воздухововлечение песчаного бетона зависит от модуля крупности песка, возрастая с его уменьшением;

- эффективным способом снижения воздухововлечения является применение молотого кварцевого песка. Его введение снижает этот показатель на 30 %, при его введении до 40 % от цемента.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Морозов Н.М., Хозин В.Г., Боровских И.В., Степанов С.В. Высокопрочные цементные бетоны для дорожного строительства. // Строительные материалы, 2009, № 11. – С. 15-17.
2. Морозов Н.М., Хохряков О.В., Морозова Н.Н., Хозин В.Г. Мелкозернистый бетон для ремонта бетонных оснований нефтедобывающих станций. // Известия КазГАСУ, 2006, № 1 (5). – С. 28-29.
3. Носов В.П. Цементобетон в дорожном строительстве. Состояние. Проблемы. Перспективы. // Тезисы докладов Международного семинара «Перспективы и эффективность применения цементобетона в дорожном строительстве». – М.: Московский автомобильно-дорожный институт (государственный технический университет), 2002. – С. 5-9.
4. Баженов Ю.М. Технология бетона. Учебник. – М.: Изд-во АСВ, 2007. – 258 с. с илл.

REFERENCES

1. Morozov N.M., Hozin V.G., Borovskih I.V., Stepanov S.V. High-strength cement concrete for road building. // Building materials, 2009, № 11. – P. 15-17.
2. Morozov N.M., Hoxrjakov O.V., Morozova N.N., Hozin V.G. Fine-grained concrete for repair of the concrete bases of oil-extracting stations. // News KazGASU, 2006, № 1 (5). – P. 28-29.
3. Nosov V.P. Cement concrete in road building. A condition. Problems. Prospects. // Theses of reports of the International seminar «Prospects and efficiency of application cement concrete in road building», – M.: the Moscow auto-road institute (the state technical university), 2002. – P. 5-9.
4. Bazhenov J.M.. Technology of concrete. The textbook. TH.: ASV, 2007. – 258 p. with ill.