

Технологические приемы повышения долговечности изделий из мелкозернистого жесткопрессованного бетона

Е.О. Лотошникова, В.Н. Телегина, Л.М. Усепян, К.П. Чантурия, И.А.Бугаян

Донской государственный технический университет, Ростов-на-Дону

Аннотация: В статье представлена методика назначения состава формовочной смеси, которая базируется на расчетно-экспериментальном подходе. Полученные результаты исследований послужили основой для практической реализации предложенного технологического приема повышения долговечности малоразмерных изделий из мелкозернистого бетона.

Ключевые слова: удобоукладываемость бетонной смеси, водоцементное отношение, зерновой состав, сырьевые материалы, бетон, кислая среда, сульфат натрия, долговечность, малоразмерные изделия, классификация дефектов, виброперемешивание, технологические приемы.

Накопленный опыт в практике дорожного и коммунального строительства показывает недостаточную долговечность малоразмерных бетонных изделий, изготовленных по различным технологическим схемам (литьевой, вибро- и жесткого прессования), несмотря на высокие требования к показателям назначения бетона (в соответствии с требованиями нормативной документации) [1].

Внезапное и массовое появление дефектов, особенно, на лицевых поверхностях изделий, резко снижает восприятие внешнего вида изделий и его эксплуатационные свойства, вызывает необходимость преждевременного ремонта и восстановления. Постоянное многолетнее наблюдение за состоянием ряда опытных участков дорожных покрытий позволило провести систематизацию дефектов изделий и классифицировать причины их появления [2].

Дефекты классифицированы по основным принципам появления, а также указаны их характерные признаки.

Системный анализ, использованный для качественного подхода к решению проблемы повышения долговечности изделий позволил

определить задачи и представить их в качестве формальных технических характеристик и закономерностей.

Долговечность покрытия в значительной степени будет определяться не только долговечностью изделия, зависящей в первую очередь от качества используемых сырьевых материалов, условий их производства и погодноклиматических условий эксплуатации, но и от характера действующих нагрузок и режима эксплуатации. При ограничении действующих нагрузок и невысокой интенсивности эксплуатации покрытие, выполненное из одних и тех же изделий, будет функционировать нормативный срок [3]. Если же в эксплуатации покрытий начинают превалировать динамические воздействия (удар, удар с истиранием и др.), а они усиливаются и дополнительным воздействием агрессивных факторов (например, использованием антиобледенителей), то при интенсивной эксплуатации возможен преждевременный выход изделий из строя. Разумеется, для изделий таких покрытий, в первую очередь, необходимо повысить требования к свойствам бетона и нормировать дополнительные показатели качества, например, его ударную прочность [4].

Например, при использовании пластичных бетонных смесей для снижения водоцементного отношения применяют пластификаторы и суперпластификаторы. При вибропрессовании применяют очень жесткие бетонные смеси с водосодержанием 8–12% от массы сухих компонентов. Однако, отформованные изделия в первом случае должны твердеть в опалубке, а во втором – на деревянных поддонах – палетах. Качественные изделия можно формовать на прессах жесткого прессования. При влажности формовочной смеси 5-7,5% и удельных давлениях прессования 35-40 МПа при уплотнении за счет кратковременного приложенного усилия удается получать полуфабрикаты с распалубочной прочностью более 0,7-0,8 МПа,

что достаточно для последующего формирования пакетов изделий и их транспортирования к постам вызревания или тепловой обработки [5].

Для повышения качества и долговечности мелкозернистого бетона, применяемого в производстве жесткопрессованных изделий, был предложен технологический прием использования модифицированного вяжущего и демпфирующей добавки пористого компонента. Исследования в этом направлении проводились в несколько этапов [6].

На первом из них велась оценка влияния зернового состава заполнителей на свойства жесткопрессованных бетонов. В экспериментах использовались взаимные комбинации отсевов от дробления горных пород, в том числе обогащение зернового состава путем добавления недостающих фракций.

Анализ результатов проведенного эксперимента подтвердил существенное влияние зернового состава заполнителей. Наибольшая прочность бетона была получена на Мостовском отсеве и его смеси с гранитным. Этим же бетонам соответствовала и наименьшая межзерновая пустотность заполнителей.

Эксперименты показали, что для формирования плотной структуры жесткопрессованных мелкозернистых бетонов важно иметь рациональное сочетание угловатых и окатанных частиц. С одной стороны, увеличение доли угловатых частиц сказывается положительно на прочности бетона, но уменьшает его износостойкость, с другой стороны, значительно увеличивается внутреннее трение при уплотнении жесткой смеси и это сказывается негативно на однородности свойств бетона. Опыт изготовления жесткопрессованных мелкозернистых бетонов показывает необходимость несколько завышенного содержания вяжущего, так как по условиям производства требуется иметь достаточную распалубочную прочность свежесформованного композита, необходимую, чтобы обеспечить

сохранность изделий при последующем пакетировании и выполнении транспортных операций. Низкое водоцементное отношение (0,24-0,28), характерное для композитов с высокой статической прочностью, требует обращать внимание не только на активность вяжущего, но и на такие его свойства, как эффективная поверхность частиц, присутствие молекул ПАВ на их поверхности, клеящая способность гидратных новообразований.

Недостаток воды затворения в формовочных смесях для жесткого прессования усиливает роль топохимических процессов на поверхностях цементных частиц. При низких значениях водоцементного отношения (В/Ц) увеличивается флокуляция при перемешивании смесей, поэтому для получения качественного композита, в том числе и для снижения открытой пористости в нем, следует осуществить не только хорошее уплотнение, но и снизить внутреннее трение в системе, например, использованием суперпластификаторов, препятствующих флокуляции цементных частиц и уменьшающих объем вовлеченного воздуха.

Для проверки этого предположения был исследован домол бездобавочного портландцемента в присутствии С-3.В эксперименте доля вяжущего в формовочных смесях (20%) и их водосодержание (6,5%) оставались постоянными, а уплотнение осуществлялось при удельном давлении 40МПа. Параллельно, были исследованы и составы формовочных смесей, в которых 5% плотных заполнителей (по массе) заменялись зольными микросферами, представляющими собой пористый компонент с гладкой поверхностью зерен, полученный при гидроудалении изошлаковых смесей.

Снижение открытой пористости в жесткопрессованных мелкозернистых бетонах при использовании модифицированного вяжущего подтвердило эффективность использования суперпластификатора.

Аналогичное следует ожидать и при использовании вяжущего низкой водопотребности (ВНВ). Результаты этого опыта приведены в табл. 1.

Таблица 1

Влияние вида вяжущего на свойства бетонов

Характеристика используемого состава бетона	Вид и свойства вяжущего		Физико-механические свойства бетонов		
	Вид	Удельная поверхность, см ² /г	Средняя плотность, кг/м ³	Предел прочности при сжатии, МПа	Открытая пористость, %
Контрольный на плотном заполнителе	цемент без помола	2800	2350	44,59	11,89
	цемент домолотый	3600	2380	53,79	10,79
	ВНВ	4200	2400	61,29	9,29
С заменой 5% жесткого заполнителя на эквивалентный объем ЗМ	цемент домолотый	4280	2320	46,29	10,19
	ВНВ	4320	2340	56,79	8,39

Эффект от совместного использования модифицированного вяжущего с зольными микросферами (с заменой 5% плотных заполнителей) оказался еще выше. Например, открытая пористость бетона снизилась на 2,4%. Таким образом, для получения жесткопрессованных мелкозернистых бетонов повышенной прочности (классов В45 – В50) использование вяжущего низкой водопотребности может оказаться весьма целесообразным [7].

Положительное влияние демпфирующих пористых добавок, обладающих пониженной жесткостью, сказывается как на стадии структурообразования композиции, так и в процессе эксплуатации изделий. На стадии подготовки формовочной смеси введение такой добавки с крупностью зерна до 1,25 мм способно обогатить зерновой состав заполнителей, гладкая поверхность таких частиц, как, например, зольных микросфер, способна снизить внутреннее трение при уплотнении

формовочной смеси, а за счет эффекта самовакуумирования пористые частицы способны сохранить небольшой ресурс воды затворения и затем вернуть ее на дополнительную гидратацию вяжущего в более поздние сроки. Значительно эффективнее становится их роль при эксплуатации бетонов. За счет снижения уровня усадочных напряжений, релаксации внутренних напряжений при нагружениях и гашения микротрещинообразования жесткопрессованных мелкозернистых бетонов с демпфирующими добавками могут существенно повышать свою стойкость к чередующимся силовым и климатическим воздействиям.

Это положение получило свое экспериментальное подтверждение при выполнении многочисленных опытов, результаты которых описаны ниже.

При введении пористого компонента существенно изменился объем и характер порового пространства композита, что позволяет рассчитывать на повышение их ударной и коррозионной стойкости [8].

Однако, следует отметить, что при введении пористых добавок снижалась хотя и несущественно (на 3 – 10%), статическая прочность бетонов, особенно это заметно с использованием мало жестких зольных микросфер.

В опытах по оценке прочностных и деформативных свойств бетонов с добавками зольных микросфер было установлено повышение их прочности на растяжение при раскалывании на 20 %, относительный рост призмной прочности, небольшое увеличение модуля упругости и существенный рост предельной сжимаемости.

Характер разрушения образцов при испытаниях подтверждает предположение о существенном влиянии зольных микросфер на микротрещинообразование бетона. Сам процесс разрушения бетона был растянут во времени и характеризовался более значительным ветвлением магистральных трещин. Результаты опытов представлены на рис. 1 и 2.

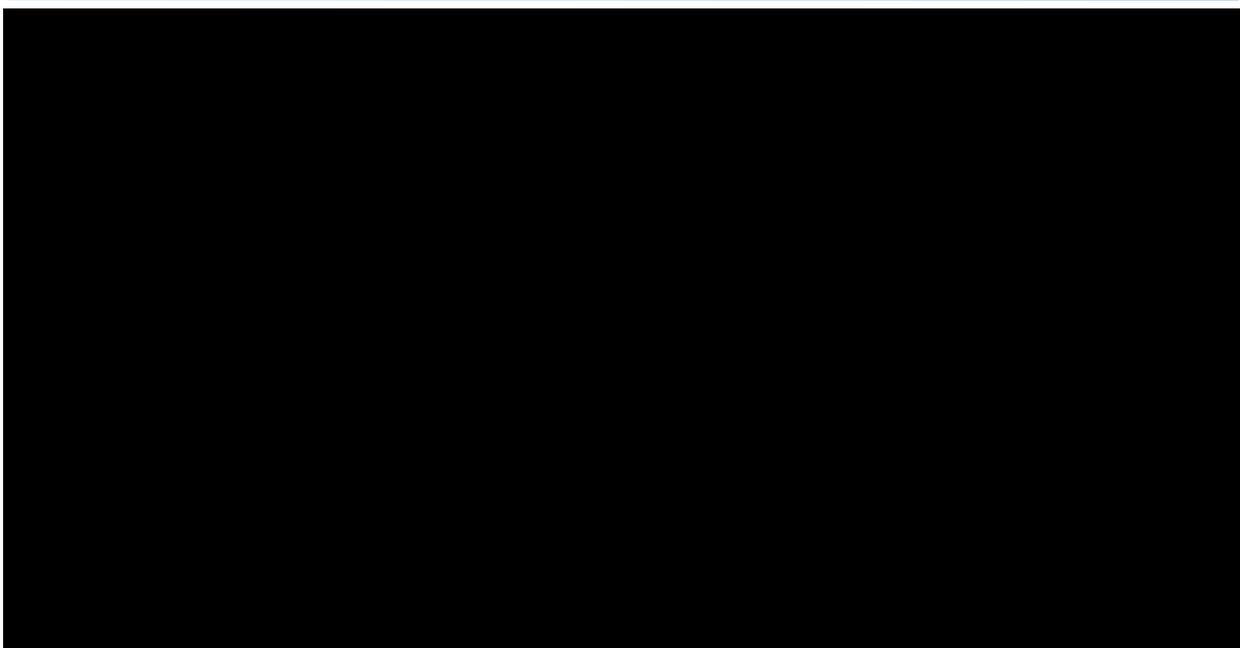


Рисунок 1 – Влияние вида демпфирующих добавок на плотность мелкозернистых бетонов

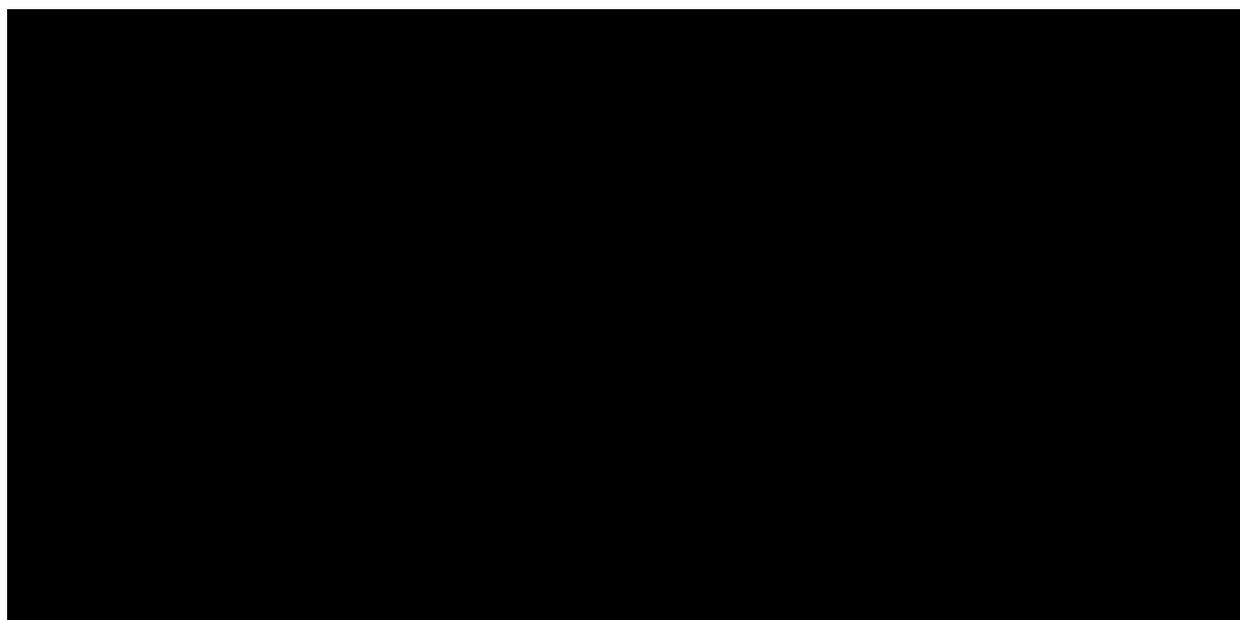


Рисунок 2 – Влияние вида демпфирующих добавок на прочность мелкозернистых бетонов

Анализируя полученные результаты, можно с уверенностью констатировать роль пористого зерна в нагружаемом композите как энергетического гасителя внутренних напряжений и регулятора

микротрещинообразования. При испытаниях композита на ударную прочность, был отмечен ее рост на 15-50% при введении зольных микроффер в количестве 3-5% по массе [9].

При определении морозостойкости в солях хлорида натрия установлен рост марки до F400 по сравнению с морозостойкостью контрольного состава F200. Испытания на коррозионную стойкость выполнялись в полном соответствии с ГОСТ 27677.

Анализ полученных результатов показал, что, если при ранних сроках выдержки образцов в агрессивных средах (2 и 6 недель) обе композиции имели приблизительно одинаковое изменение прочности, то через 8 недель наблюдается весьма существенная разница изменения прочности между контрольными составами и составом с добавкой зольных микроффер как в кислой, так и в сульфатной средах. Особенно значительное снижение прочности (до 26,4%) отмечено в контрольном составе, тогда как состав с добавкой зольных микроффер оказывается более коррозионно стоек. Как в кислой, так и в нейтральной среде (в растворе сульфата натрия) жесткопрессованные мелкозернистые бетоны с добавками зольных микроффер оказались более стойкими, чем бетоны контрольных составов. Структура бетона характеризовалась строением порового пространства: равномерным размером и формой пор, величиной общей и открытой пористости, а также показателями плотности и прочности материала. Повышение коррозионной стойкости можно объяснить существенным изменением характера порового пространства бетонов: снижение доли открытых пор, повышения показателя однородности пор по размеру и снижения показателя среднего размера пор в композитах [10].

Полученные результаты исследований послужили основой для разработки нормативно-технической документации и практической реализации предложенного технологического приема повышения

долговечности мелкозернистого жесткопрессованного бетона в изделиях для дорожных покрытий. На основании разработанной методики проектирования составов формовочных смесей составлен технологический регламент на производство жесткопрессованных мелкоштучных изделий, разработаны и зарегистрированы ТУ 5746-041-02069119-2005 "Камень брусчатый бетонный прессованный повышенной ударной стойкости", а выполненные расчеты подтвердили технико-экономическую эффективность практического внедрения исследованного технологического приема.

Литература

1. 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.

2. Шляхова Е.А., Галатюк В.А. Мелкодисперсные отходы камнедробления как микронаполнитель в бетон. Строительство и архитектура -2017. Инженерно-строительный факультет, материалы научно-практической конференции. Ростов-на-Дону: ДГТУ, 2017. С. 113-118.

3. Шляхова Е.А., Шляхов М.А. Новый способ приготовления мелкозернистых бетонных смесей. Инженерный вестник Дона, 2015, №4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2015/3377.

4. Морозов, Н. М., Авксеньтев В.И., Боровских И.В., Хозин В.Г. Применение отсевов дробления щебня в самоуплотняющихся бетонах. Инженерно-строительный журнал, 2013, №7. С. 26–31.

5. Hpfman G. Concrete: Making a good building material better//TRNews. 1997. №188. Pp. 15-19.

6. Turriziani R. The calcium aluminate hydrates and related compounds. In: Taylor H.F.W. (ed.) The Chemistry of Cements. AcademicPress, London, 1964, Vol. 1, pp. 233 – 286.

7. Невский В.А. Строительное материаловедение. Учебное пособие для студентов строительных специальностей под общей редакцией В.А. Невского. Ростов-на-Дону. М.: Феникс, 2010. С. 588.

8. Лотошникова Е.О., Усепян Л.М., Телегина В.Н., Усепян И.М. Методика назначения состава формовочной смеси для изготовления мелкоштучных изделий из бетона жесткого прессования с демпфирующей добавкой. Инженерный вестник Дона, 2017, №4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2017/4612.

9. Горчаков Г.И., Баженов Ю.М. Строительные материалы. М.: Стройиздат, 1986. С. 688.

10. Несветаев Г.В. Бетоны: Учебно-справочное пособие. Ростов на-Дону. Феникс, 2011. С. 381.

References

1. Shlyhova E.A., Holostova A.I. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2013, №4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2013/2110.

2. Shlyhova E.A., Galatyk V.A. Construction and Architecture. 2017. Faculty of Civil Engineering, materials of the scientific-practical conference. Rostov-on-Don: DSTU, 2017. pp. 113-118.

3. Shlyhova E.A., Shlyhov M.A. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2015, №4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2015/3377.

4. Morozov N.M., Avksentev V.I., Borovskih I.V., Hozin V.G. Inženerno-stroitelnyj zhurnal, 2013, №7. pp. 26-31.

5. Hpfman G. Concrete: Making a good building material better. TRNews. 1997. №188. pp. 15-19.

6. Turriziani R. The calcium aluminate hydrates and related compounds. In: Taylor H.F.W. (ed.) The Chemistry of Cements. Academic Press, London, 1964, Vol. 1, pp. 233-286.



7. V. A. Nevski. Stroitel'noe materialovedenie [Construction material scienc]. Uchebnoe posobie dlja studentov stroitel'nyh special'nostej pod obshej redakciej V.A. Nevskogo. Rostov-na-Donu. Feniks, 2010. P. 588.

8. Lotoshnikova E.O., Usepyan L.M., Telegina V.N., Usepyan I.M. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2017, №4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2017/4612.

9. Gorchakov G.I., Bazhenov U.M. Stroitelnie materiali. [Construction materials]. M.: Stroiizdat, 1986. P. 688.

10. Nesvetaev G.V. Betony: Uchebno-spravochnoe posobie [Concrete: a Training and reference manual]. Rostov n/D. Feniks, 2011. P. 381.