
Использование низко модульных минеральных добавок в прессованных изделиях для дорожного строительства

С.Н. Курилова, И.В. Мальцева

Донской государственный технический университет, Ростов-на-Дону

Аннотация: Изучены возможности использования вулканического туфа как добавки в прессованных цементно-минеральных композитах, предназначенных для дорожного строительства. Изучено влияние низко модульных минеральных добавок трепела, гранулированного доменного шлака и вулканического туфа на физико-механические свойства затвердевших композитов. Определены рациональные составы формовочных масс оптимальной структуры цементно-минеральных композитов обеспечивающей улучшение физико-механических свойств.

Ключевые слова: мелкоштучные прессованные изделия, жесткое прессование, цементно-минеральные композиты, тротуарная плитка, отсева, вулканический туф, трепел, гранулированный доменный шлак, структурообразующая добавка, распалубочная прочность.

Экологичность и эстетичность мелкоштучных прессованных изделий (тротуарная плитка, брусчатка, бортовой камень и др.) для дорожного и коммунального строительства предопределяют их массовый спрос [1, 2]. К таким изделиям предъявляют достаточно высокие требования по прочности ($B_{22,5} - 40$ и $B_{cb} 3,2 - B_{cb} 4,4$), истираемости (не более $0,9 \text{ г/см}^2$), морозостойкости (F200 и более) и ограниченного водопоглощения по массе (не более 6%) [3,4].

Для изготовления изделий используют жесткое- и гиперпрессование при давлениях от 20 до 60 МПа. Небольшая высота изделий и необходимость их немедленной выпрессовки из матрицы требуют применения мелкозернистых сырьевых смесей, которые после уплотнения должны приобрести необходимую распалубочную прочность не менее [5]. С учетом этой специфики изготовления формовочные смеси должны иметь низкое начальное водосодержание (5 – 8 % от массы минеральных компонентов) и достаточно высокий расход цемента (20 – 30 %). Низкое водосодержание смеси не обеспечивает полной гидратации цемента и усиливает структурную неоднородность затвердевшего бетона.

Решение данной проблемы видится в использовании технологических приемов направленного регулирования структурообразования цементно-минеральных композитов (ЦМК) [6, 7]. Нами опробован и дает хорошие результаты способ введения в состав сырьевой смеси определенного количества пористого компонента – низко модульной минеральной добавки.

Исследования выявили полифункциональную роль добавки. Пористые зерна за счет эффекта самовакуумирования регулируют процессы внутреннего массопереноса, запасая в своих порах воду, необходимую для более полной гидратации клинкерных минералов. Кроме того, они обладают демпфирующими свойствами и служат «портом» развития микротрещин, что улучшает деформативные свойства материала и повышает его трещиностойкость.

Целесообразность использования того или иного пористого компонента зависит от его жесткости и демпфирующей способности, позволяющей ему выступать в роли энергетического «гасителя» микротрещин, а также от величины и характера внутризерновой пористости, влияющей на структурообразование. Немаловажна и роль химического взаимодействия многих пористых компонентов с новообразованиями цемента [8, 9].

Исследования, проводимые с композициями естественного (нормального) и ускоренного твердения (пропаренными), выявили разную степень влияния низко модульных добавок на свойства затвердевших ЦМК, пригодных для изготовления дорожных изделий с прочностью на сжатие 40-50 МПа.

Для изготовления ЦМК использовались ПЦ М400 Д0 в количестве 25 % от массы минеральных компонентов, гранитный отсев с наибольшей крупностью 5 мм, плотный кварцевый песок и различные низко модульные добавки. Расход цемента и воды во всех сравниваемых композициях был постоянным, а зерновой состав пористых добавок подбирался таким же, как и у песка, долю которого в количестве 10 % и заменяли эквивалентным объемом

добавки. Уплотнение формовочной смеси производили при удельном давлении 40 МПа.

Оценка полученных результатов (таблица №1) показывает, что добавка из нежесткой и малопрочной породы (трепел) ухудшает свойства ЦМК. Однако ее демпфирующие свойства могут оказаться полезными в композитах невысокой прочности, например, для изготовления прессованного кирпича М100 – 200, но с уменьшенной средней плотностью и улучшенными теплофизическими свойствами материала.

Таблица 1

Результаты испытаний

Вид низкомо- дульной добавки	Физико-механические свойства							
	Средняя плот- ность, кг/м ³		Прочность на сжатие, МПа		Прочность на растяжение при раскалывании, МПа		Водопоглоще- ние по массе, %	
	Есте- ствен- ное твер- дение	Через 27 су- ток после ТВО	Есте- ствен- ное твер- дение	Через 27 су- ток после ТВО	Есте- ствен- ное твер- дение	Через 27 су- ток после ТВО	Есте- ствен- ное твер- дение	Через 27 суток после ТВО
Состав без до- бавки	2170	2183	41	39	2,66	2,55	7,9	8,3
Трепел	2000	2010	22	26	2,42	2,00	11,5	12,7
Туф	2100	2120	47	45	3,20	3,00	8,1	9,7
Шлак	2150	2150	40	47	2,70	2,80	8,1	9,6

Добавки повышенной жесткости с замкнутыми шарообразными порами (наблюдаемыми в шлифах под микроскопом) и с достаточной прочностью межзерновых перегородок – вулканический туф, гранулированный доменный шлак, иногда незначительно снижая прочность композитов на сжатие, существенно повышают предел прочности на растяжение при рас-

каливании, улучшают деформативные свойства, трещиностойкость и морозостойкость материалов. Наиболее эффективной добавкой оказались отсева вулканического туфа Заюковского и Каменского месторождений (Кабардино-Балкария).

Цвет у туфов серый, светло- и темно - розовый. Характеризуется высоким содержанием кремнезема (65 – 75 %) и щелочей (5 – 8 %), малым содержанием глинозема (10 – 15 %). Отличительной особенностью этих туфов является наличие в них минералов группы цеолитов (клиноптилолит 5 – 15 %, шабазит 5 – 10 %). Туфы не содержат вредных для бетона соединений, имеют широкий диапазон прочности на сжатие от 5.8 до 60 МПа, средней плотности от 1,5 до 1,9 г/см³, водопоглощения от 7,4 до 18,0 % и морозостойки [10]. Такие физико-механические свойства позволяют использовать их в составе прессованных дорожных изделий.

Именно эту добавку использовали на втором этапе исследования. Ее относительное содержание варьировалось в диапазоне от 5 до 25 % от массы минеральной части смеси. Для объяснения закономерностей изменения основных свойств композитов с различным содержанием туфа были проведены исследования кинетики водопоглощения и определены параметры порового пространства композитов по методикам ГОСТ 12730 (таблица №2).

С увеличением относительного содержания туфа прочность ЦМК естественного твердения возрастала до экстремальной величины при 5% туфа, а затем снижалась. Водопоглощение по массе прогрессивно росло, как и общая пористость композитов. Однако в композите с 5 % туфа прирост открытой пористости оказался несущественным, а увеличение общей пористости происходило в основном за счет условно - замкнутых (резервных) пор, оказывающих положительное влияние на стойкость композитов.

Таблица 2

Состав и основные свойства ЦМК

Содержание добавки туфа в ЦМК, %	Основные свойства ЦМК			Показатели пористости ЦМК		
	Прочность на сжатие, МПа	Прочность на растяжение при раскалывании, МПа	Водопоглощение по массе, %	Полный объем пор, %	Объем открытых капиллярных пор, %	Объем условно-закрытых пор, %
0	39,6	3,15	6,1	20,0	13,4	6,1
5	45,9	3,70	6,3	20,8	13,5	6,9
15	42,2	3,62	6,9	21,4	14,6	5,5
25	34,8	3,54	7,8	21,7	17,3	1,3

Таким образом, только рациональное количество туфа создает оптимальную структуру ЦМК, обеспечивающую улучшение физико-механических свойств. Участие пористых зерен в процессах структурообразования позволяет управлять этими процессами и регулировать свойства прессованных ЦМК.

В процессе исследований была установлена структурообразующая роль добавки туфа уже на этапе приготовления и уплотнения формовочной смеси. Это выразилось в повышении распалубочной прочности свежеотформованных ЦМК и в снижении влияния времени выдержки смеси до прессования на их конечную прочность. При правильном назначении расхода добавки в прессованных изделиях можно существенно улучшить их эксплуатационные свойства. Благодаря повышению резервной замкнутой пористости и улучшению демпфирующих свойств композитов с добавкой туфа до 10%, их морозостойкость оказывалась существенно выше, чем контрольных составов. После 200 циклов замораживания и оттаивания в растворе хлорида натрия прочность основных образцов превышала прочность контрольных на 25 %, тогда как морозостойкость контрольного состава составила лишь F 200.

Использование вулканического туфа как добавки в прессованных ЦМК определяется его хорошими физико-механическими свойствами, имеет достаточную сырьевую базу и позволяет решить важную экологическую проблему утилизации отходов. При распиловке туфов образуются отходы, которые как в естественном виде, так и дробленном до необходимой дисперсности могут явиться доступным и недорогим структурообразующим материалом для стройиндустрии юга России.

Литература

1. Pasko T.J. Concrete pavements past, present and future // Public Roads. 1998. №1. p.p. 7-15.
2. Курилова С.Н. Прессованные цементно-минеральные композиты для дорожного строительства // Инженерный вестник Дона, 2017, №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N2y2017/4245.
3. Лотошникова Е.О., Усепян И.М., Усепян Л.М. Современные технологии изготовления мелкогазонаполненных дорожных изделий из жесткопрессованных бетонов // Материалы Международной научно-практической конференции «Строительство-2015». Ростов – на – Дону, 2015. С. 578-582.
4. Невский В.А. Строительное материаловедение. Ростов-на-Дону: Феникс, 2010. 588 с.
5. Дахно С. Н. Структура и свойства прессованных цементно-минеральных композитов с добавкой пористого низкомолекулярного компонента: дис. ... канд. техн. наук: 05.23.05. Ростов-на-Дону, 1998. 233с.
6. Форопонов К.С., Ткаченко Г.А. Структурообразование и свойства модифицированных жесткопрессованных цементно-меловых композиций // Инженерный вестник Дона, 2010, №3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2010/230.

7. Ткаченко Г.А., Осяк В.В., Кучуев Е.В. О влиянии зернового состава заполнителей на свойства мелкозернистых жесткопрессованных бетонов // Материалы Международной научно-практической конференции «Строительство-2005». Ростов – на – Дону, 2005. С.112-114С.

8. Kuz'menko O., Petlyovanyu M., Stupnik M. The influence of fine particles of binding materials on the strength properties of hardening backfill. // Mining of Mineral Deposits. London. 2013. p.p. 28-34.

9. Муртазаев С-А.Ю., Саламанова М.Ш. Рецептуры легких бетонов на основе вулканического туфа // Материалы II Брянского международного инновационного форума «Строительство-2016». Брянск, 2016. С. 92-95.

10. Талпа Б.В. Новые виды минерального сырья на юге России // Известия Вузов. Северо-Кавказский регион. Естественные науки. 1995. № 2. С. 32-34.

References

1. Pasko T.J. Public Roads. 1998. №1. pp. 7-15.
2. Kurilova S.N. Inzhenernyj vestnik Dona, 2017, №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N2y2017/4245.
3. Lotoshnikova E.O., Usepjan I.M., Usepjan L.M. Materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii «Stroitel'stvo-2015». Rostov-na-Donu, 2015. pp. 578-582.
4. Nevskij V.A. Stroitel'noe materialovedenie. [Building materials science]. Rostov-na-Donu: Feniks, 2010. 588 p.
5. Dahno S. N. Struktura i svojstva pressovannyh cementno-mineral'nyh kompozitov s dobavkoj poristogo nizkomodul'nogo komponenta [Structure and properties of pressed cement-mineral composites with the addition of a porous low-modulus component]: dis. ... kand. tehn. nauk: 05.23.05. Rostov-na-Donu, 1998. 233 p.



6. Foroponov K.S., Tkachenko G.A. Inzhenernyj vestnik Dona, 2010, №3.
URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2010/230.
7. Tkachenko G.A., Osjak V.V., Kuchuev E.V. Materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii «Stroitel'stvo-2005». Rostov-na-Donu, 2005. pp. 112-114.
8. Kuz'menko O., Petlyovanyy M., Stupnik M. Mining of Mineral Deposits. London. 2013. pp. 28-34.
9. Murtazaev S-A.Ju., Salamanova M.Sh. Materialy II Brjanskogo mezhdunarodnogo innovacionnogo foruma «Stroitel'stvo-2016». Brjansk, 2016. pp. 92-95.
10. Talpa B.V. Izvestija Vuzov. Severo-Kavkazskij region. Estestvennye nauki. 1995. № 2. pp. 32-34.