

УДК 625.8
ББК 35.514
В-58

Матуа Вахтанг Парменович, доктор технических наук, профессор кафедры «Автомобильные дороги и аэродромы» дорожно-транспортного института Ростовского государственного строительного университета, т.: (863)2208971;

Мирончук Сергей Александрович, аспирант кафедры «Автомобильные дороги и аэродромы» дорожно-транспортного института Ростовского государственного строительного университета, т.: 89885336330;

Матуа Рауль Вахтангович, аспирант кафедры «Автомобильные дороги и аэродромы» дорожно-транспортного института Ростовского государственного строительного университета, т.: 89281555260;

Блягоз Алик Моссович, кандидат технических наук, доцент кафедры строительных и общепрофессиональных дисциплин ФГБОУ ВПО «Майкопский государственный технологический университет».

ВЛИЯНИЕ ДОБАВОК «ANT» И «NANOSTAB» НА ПРОЦЕССЫ СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЯ УКРЕПЛЕННЫХ МИНЕРАЛЬНЫМИ ВЯЖУЩИМИ ЩЕБЕНОЧНО-ПЕСЧАНЫХ СМЕСЕЙ

(рецензирована)

Данная статья посвящена ускорению набора прочности и возможному снижению усадочных трещин щебеночно-песчаных смесей, укрепленных цементом (ЩППС), с добавками «ANT» и «nanoSTAB».

Ключевые слова: щебеночно-песчаная смесь, ускоренный набор прочности, усадочные трещины, добавки «ANT» и «nanoSTAB», предел прочности на сжатие, предел прочности на растяжение при изгибе.

Matua Vakhtang Parmenovich, Doctor of Technical Sciences, professor of the Department "Highways and airports" of the Road-Transport Institute, Rostov State University of Civil Engineering, tel.: (863) 2208971;

Mironchuk Sergey Alexandrovich, post graduate student of the Department "Highways and airports" of the Road-Transport Institute, Rostov State University of Civil Engineering, tel.: 89885336330;

Matua Raul Vakhtangovich, post graduate student of the Department "Highways and airports" of the Road-Transport Institute, Rostov State University of Civil Engineering, tel.: 89281555260;

Blyagoz Alec Mossovich, Candidate of Technical Sciences, assistant professor of the Department of Construction and General Professional disciplines of FSBEI HPE "Maikop State Technological University".

EFFECT OF «ANT» AND «NANOSTAB» ADDITIVES ON THE STRUCTURE FORMING PROCESSES OF CRUSHED STONE AND SAND MIXTURES STRENGTHENED WITH MINERAL BINDINGS

(reviewed)

This article is dedicated to accelerating the strength development and the possible reduction of shrinkage cracks of crushed stone and sand mixtures reinforced with cement with the addition of «ANT» and «nanoSTAB».

Keywords: crushed stone and sand mixture, fast cure, shrinkage cracks, «ANT» and «nanoSTAB» additives, compressive strength, tensile strength in bending.

Одной из важнейших проблем дорожной отрасли России является низкая долговечность дорожных конструкций. В связи с быстрым ростом интенсивности, скорости движения и осевых нагрузок, как на дорогах федерального, так и местного значения, фактические межремонтные сроки службы дорожных конструкций значительно снижены по сравнению с нормативными, что требует ежегодного увеличения объемов ремонтных работ и дополнительных финансовых вложений в дорожную отрасль. Прежде всего, это связано с повышением скорости накопления остаточных деформаций в слоях дорожной конструкции, выраженных в колееобразовании, появлении сетки трещин и других видов поперечной и продольной неровностей. До настоящего времени не получены решения на должном теоретическом уровне и не установлены закономерности процессов развития и накопления остаточных деформаций в слоях дорожных одежд и характер влияния этих деформаций на развитие неровностей покрытия. Исследования в области совершенствования методов

конструирования дорожных одежд не должны ограничиваться лишь модернизацией расчетной базы, они должны развиваться и в направлении конструирования дорожных одежд. Такой подход подразумевает выработку окончательного решения с учетом, прежде всего, материаловедческих факторов, которые будут способствовать повышению срока службы как вновь проектируемых, так и находящихся в эксплуатации автомобильных дорог [1].

Опыт последних лет эксплуатации дорог показывает, что одним из путей снижения накопления остаточных деформаций в элементах дорожных конструкций, в том числе колееобразования, является применение в слоях оснований дорожных одежд укрепленных минеральными вяжущими щебеночно-песчаных (ЩПС) или гравийно-песчаных (ГПС) смесей. Главной задачей при этом является создание долговечного слоя основания. На автомобильных дорогах I, II, III технических категорий с большой интенсивностью и тяжелым составом движения преимущественно применяют щебеночно-песчаные смеси, укрепленные цементом (ЩПЦС) марок М40, М60, М75 или М100 (по ГОСТ 23558-94). Обычно усадка ЩПЦС происходит наиболее интенсивно в начальный период твердения, в дальнейшем она постепенно затухает. Усадка ЩПЦС связана с физико-химическими процессами твердения и уменьшения объема цементного геля, потерей избыточной воды на испарение во внешнюю среду, на гидратацию с еще непрореагировавшими частицами цемента. Следствием этого являются усадочные трещины в ЩПЦС. По мере твердения цементного геля, уменьшения его объема и образования кристаллических сростков усадка ЩПЦС затухает [2]. Уменьшить начальные усадочные трещины в ЩПЦС можно технологическими способами – подбором состава, увлажнением среды при тепловой обработке твердеющего бетона, увлажнением поверхности бетона и др., а также материаловедческими факторами – введением добавок.

С целью ускорения набора прочности и возможного снижения усадочных трещин щебеночно-песчаных смесей укрепленных цементом (ЩПЦС), в ДорТрансНИИ РГСУ были проведены масштабные лабораторные исследования. Испытанию были подвержены образцы из ЩПЦС (в 3, 5, 7 суточном возрасте), с введением следующих стабилизирующих добавок:

- ионный стабилизатор «ANT», представляющий собой водорастворимую активную органическую добавку, содержащую амфотерные поверхностно-активные вещества и микроэлементы;
- полимерная эмульсия «папоСТАВ», представляющая собой водную дисперсию стирол-бутадиен-полимера SiO₂.

Данные модификаторы создают прочные кристаллизационные и коагуляционные связи, применение которых рекомендуется совместно с минеральным вяжущим веществом. В этом случае модификатор способствует повышению физико-механических характеристик, а также снижению расхода минерального вяжущего [3]. Приготовление добавок осуществлялось в предварительно очищенной емкости путем смешения с необходимым количеством воды. Введение добавок в ЩПЦС позволяет ускорить набор прочности и снизить усадочные трещины путем целенаправленного изменения структуры цементного камня. Действие добавок направлено на создание прочного минерального скелета из имеющихся в смеси химических элементов. Процессы гидратационного твердения минеральных вяжущих веществ, протекают по так называемому кристаллизационному механизму. Его сущность заключается в ратворении исходных вяжущих с образованием растворов, относительно термодинамически устойчивых гидратных новообразований. Выкристаллизовывание последних из таких растворов, приводящее к формированию сначала коагуляционных, а затем условно-кристаллизационных («атомных») и кристаллизационно-конденсационных («фазовых») контактов, и обуславливает твердение вяжущих материалов. Согласно «твердофазово-топохимической» схеме протекания процессы гидротационного твердения вяжущих веществ, обязательным считается проникание молекул воды в кристаллическую решетку вяжущего и их прямое присоединение к ней независимо от последующих процессов (рекристаллизации и т.п.). Таким образом, для понимания механизма действия добавок необходимо учитывать, прежде всего, их влияние, во-первых, на вяжущее вещество как на источник создания пересыщения в растворе, во-вторых, на жидкую фазу-воду затворения, из которой выделяются новообразования, и, в-третьих, на сами продукты гидратации. Это влияние разнообразно. Чаще всего оно носит кинетический характер: под воздействием добавок изменяются скорость растворения исходных вяжущих, выделение и рост конечных или промежуточных продуктов гидратации [4]. Для этого подбирались оптимальные составы щебеночно-песчаных смесей, укрепленных неорганическим вяжущим с различным процентным содержанием добавок, представленных в таблице 1.

Таблица 1 - Составы щебеночно-песчано-цементных смесей

№ п/п	Состав смесей,%				Содержание добавок от цемента, %	
	Щебень М1000	Песок	Цемент	Вода	ANT	nanoSTAB
1	61	35	4	3,5		
2	61	35	4	3,5	0,3	
3	61	35	4	3,5		8,4
4	62	35	3	2,5		
5	62	35	3	2,5	0,3	
6	62	35	3	2,5		11

Цилиндрические образцы из исследуемых смесей изготавливались в формах, с диаметром и высотой 101 мм, методом прессования под нагрузкой 20МПа в течение 3 минут. После чего образцы извлекались и хранились в условиях естественного термо-влажностного режима, необходимое до испытаний время. Перед испытанием образцы подвергались в течение 72 часов капиллярному водонасыщению. Капиллярное водонасыщение образцов проводилось через слой влажного песка. Далее по ГОСТ 10180 определялась прочность образцов на сжатие и растяжение при изгибе.

Результаты испытаний щебеночно-песчаных смесей, укрепленных неорганическим вяжущим с различным процентным содержанием стабилизирующих добавок в возрасте 3, 5, 7 суток, представлены в таблице 2.

Таблица 2 - Результаты испытаний образцов из ЩПЦС с добавками в возрасте 3, 5, 7 суток

Наименование смеси	Цилиндры						Балочки					
	Предел прочности на сжатие $R_{сж}$, МПа, в зависимости от времени твердения образцов			Предел прочности на растяжение при изгибе $R_{изг}$, МПа, в зависимости от времени твердения образцов			Предел прочности на сжатие $R_{сж}$, МПа, в зависимости от времени твердения образцов			Предел прочности на растяжение при изгибе $R_{изг}$, МПа, в зависимости от времени твердения образцов		
	3 суток	5 суток	7 суток	3 суток	5 суток	7 суток	3 суток	5 суток	7 суток	3 суток	5 суток	7 суток
1. ЩПЦС+4% цемента	3,79	4,24	4,34	0,60	0,8	0,81	3,32	4,38	4,53	0,49	0,81	0,83
2. ЩПЦС+4% цемента+ ANT	4,39	4,87	5,6	0,95	0,99	1,15	4,32	4,01	5,47	0,99	1,17	1,21
3. ЩПЦС+4% цемента+ nanoSTAB	5,22	6,12	7,50	0,83	1,28	1,51	5,59	6,86	7,72	0,87	1,29	1,53
4. ЩПЦС+3% цемента	3,11	3,51	3,94	0,41	0,45	0,48	3,01	3,41	3,68	0,43	0,48	0,52
5. ЩПЦС+3% цемента+ ANT	3,89	4,95	5,3	0,79	0,85	1,12	3,91	4,9	5,38	0,77	0,87	1,18
6. ЩПЦС+3% цемента+ nanoSTAB	4,26	4,52	5,33	0,81	0,83	0,97	4,74	4,98	5,28	0,86	0,87	0,95

Анализ приведенных в таблице 2 данных показывает, что образцы из щебеночно-песчаных смесей, укрепленных 4% цемента в 3-х суточном возрасте, согласно ГОСТ 23558-94 соответствуют марке по прочности М20 ($R_{сж} \geq 2,0$ МПа; $R_{изг} \geq 0,4$ МПа), в 5-ти и 7-ми суточном возрасте соответствуют марке по прочности М40 ($R_{сж} \geq 4,0$ МПа; $R_{изг} \geq 0,8$ МПа). При введении стабилизатора «ANT», в составе укрепленного материала возрастает предел прочности на сжатие до 23%. Также возрастает предел прочности на растяжение при изгибе до 42%, что свидетельствует об увеличении деформативности полученного материала, а, следовательно, уменьшению усадочных трещин. Наибольший прирост прочности при сжатии наблюдается у ЩПЦС со стабилизатором «nanoSTAB» (до

37%). С введением данного стабилизатора прочность укрепленного материала повышается с М40 до М75 по ГОСТ 23558-94. Повышение прочности на сжатие при модификации стабилизатором «nanoSTAB», возможно, объясняется образующимся адсорбционным слоем на поверхности зерен цемента, проницаемым для воды, что положительно влияет на рост прочности укрепленных грунтов [5]. Введение стабилизатора также способствует приросту прочности на растяжение при изгибе до 46%. Аналогичные результаты увеличения прочностных показателей были получены и для ЩПС, укрепленных 3% цемента (с содержанием добавок). По результатам испытаний были построены графики изменения предела прочности на сжатие и предела прочности на растяжение при изгибе образцов из ЩПС в зависимости от динамики набора прочности (рис. 1, 2).

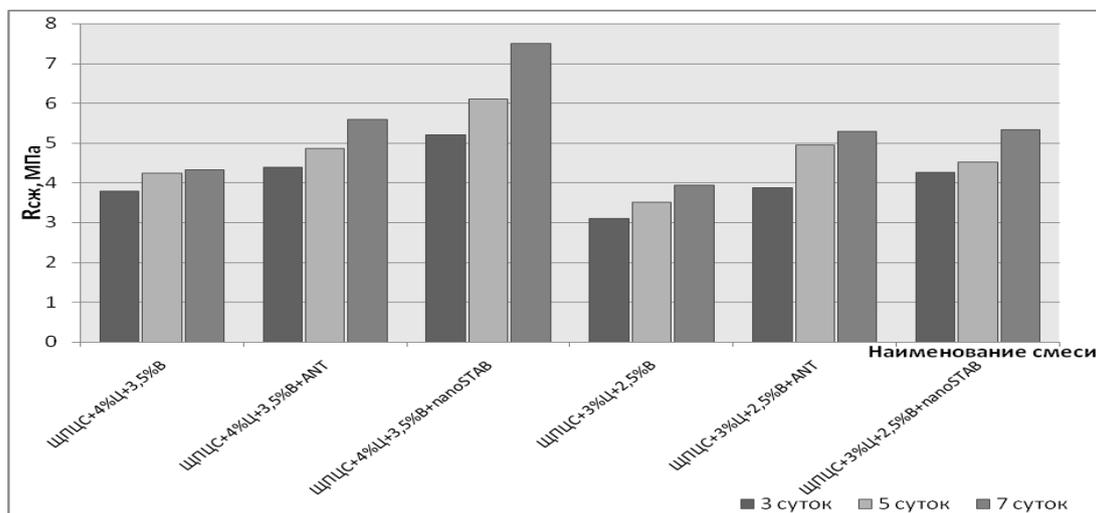


Рис. 1 – Изменение предела прочности на сжатие, $R_{сж}$, образцов из ЩПС в зависимости от динамики набора прочности

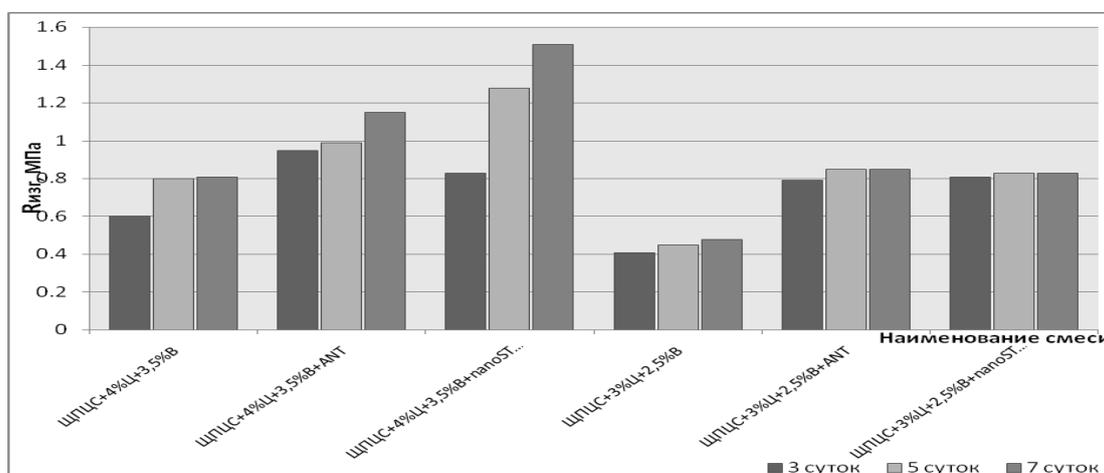


Рис. 2 – Изменения предела прочности на растяжение при изгибе, $R_{изг}$, образцов из ЩПС в зависимости от динамики набора прочности

Таким образом, проведенные исследования дают основание полагать, что главная причина повышения прочности образцов из щебеночно-песчаных смесей с добавками «ANT» и «nanoSTAB» обусловлена тем, что в соответствии с механизмом действия добавок происходит быстрое образование первичного структурного каркаса из двойных солей и гидратов и гидроксисолей, обрастающего затем гидросиликатами кальция. Наличие структурного каркаса резко облегчило выкристаллизовывание на матричной фазе из двойных солей основных – силикатных составляющих цементного камня, что способствовало большему повышению прочности материала [6]. Исходя из выше изложенного, можно сделать вывод, что введение исследуемых добавок в щебеночно-песчано-цементные смеси обеспечивает:

- возможность устройства верхних конструктивных слоев дорожной одежды уже через 3 суток после уплотнения смеси;
- снижение усадочных трещин, а, следовательно, повышение срока службы и долговечности

дорожных конструкций;

- снижение расхода цемента на 20%, без уменьшения при этом марки по прочности, что позволит получить более качественную смесь с увеличенными деформативными свойствами, сократить время и затраты на строительство и увеличить срок службы дорожной конструкции.

Литература:

1. Матуа В.П., Панасюк Л.Н. Прогнозирование и учет накопления остаточных деформаций в дорожных конструкциях. Ростов н/Д: Рост. гос. строит. ун-т, 2001.
2. Берг О.Я. Высокопрочный бетон. М.: Транспорт, 1971. 189 с.
3. Фурсов С.Г. Строительство конструктивных слоев дорожных одежд из грунтов, укрепленных вяжущими материалами // Автомобильные дороги и мосты. 2007. Вып. 3. С. 17-21.
4. Добролюбов Г.Г., Ратинов В.Б., Розенберг Т.И. Прогнозирование долговечности бетона с добавками. М.: Стройиздат, 1983. С. 23.
5. Баженов Ю.М. Технология бетона. М.: АСВ, 2002. С. 500.
6. Ramachandran V.S. CONCRETE ADMIXTURES HANDBOOK // Properties, Science and Technology. 1988.

References:

1. *Matua V.P., Panasyuk L.N. Prediction and accounting of accumulation of residual strains in the road constructions. - Rostov-on / D: RSUCE, 2001.*
2. *Berg O.Y. High-strength concrete. M: Transport, 1971. 189 p.*
3. *Fursov S.G. Construction of the structural road layers from soils reinforced with binders // Roads and Bridges. 2007. Iss. 3. P. 17-21.*
4. *Dobrolubov G.G., Ratinov V.B., Rosenberg T.I. Prediction of the durability of concrete with additives. M.: Stroizdat, 1983. 23 p.*
5. *Bazhenov Yu. M. Technology of concrete. M.: DIA, 2002. P. 500.*
6. *Ramachandran V. S. CONCRETE ADMIXTURES HANDBOOK. Properties, Science and Technology. 1988*