

Повышение морозостойкости укрепленных минеральными вяжущими щебеночно-песчаных смесей

В.П. Матуа, С.В. Сизонец
РГСУ, Ростов-на-Дону

Одной из важнейших проблем дорожной отрасли России, является крайне 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 нежестких 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 материаловедческих факторов, который будет 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. 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).

Однако, укрепленные минеральными вяжущими материалы, подвержены трещинообразованию под воздействием переменных во времени температурно-влажностных факторов и характеризуются недостаточной морозостойкостью [1].

Одним из многочисленных факторов, способствующих увеличению трещиностойкости дорожно-строительных материалов, является повышение их морозостойкости. При замораживании щебеночно-песчано-цементных смесей, насыщенных водой, разрушение происходит вследствие известной из физики аномалии воды. Вода, находящаяся в порах ЩПЦС, замерзает в них и, расширяясь, вызывает появление избыточного внутреннего давления. Такое давление может создавать предельные рьястягивающие напряжения в стенках пор и приводить к существенным изменениям структуры укрепленных минеральными вяжущими материалов, снижающим их прочностные свойства. Снижение прочности ЩПЦС после оттаивания наблюдается лишь при ее водонасыщении выше определенной величины, которая, в свою очередь, имеет закономерную связь со степенью понижения отрицательной температуры. Большая или меньшая устойчивость материала к разрушающему действию воды и мороза зависит прежде всего от строения цементного камня. Главной задачей при этом является создание оптимальных условий для получения морозостойкого и долговечного слоя основания. Для этого слой основания из указанных материалов должен быть приготовлен с минимально необходимым количеством воды, содержать оптимальный объем пор, плотно уложен и выдержан в благоприятных условиях для твердения [2]. Таким образом, повышая

морозостойкость укрепленных минеральными вяжущими материалов, решается основная проблема-снижение трещинообразования в конструктивных слоях дорожных одежд.

С целью повышения морозостойкости и возможного снижения трещинообразования щебеночно-песчаных смесей укрепленных цементом (ЩПЦС), в ДорТрансНИИ РГСУ были проведены масштабные лабораторные исследования. Испытанию были подвержены цилиндрические образцы из ЩПЦС (в 28 суточном возрасте), в которые, помимо широко применяемых при приготовлении цементобетонных пластифицирующих добавок (С-3; СС-5; Реламикс и др.), добавлялись отходы производства резино-технических изделий (резиновая крошка) [3]. Резиновая крошка используется частично взамен мелкого природного заполнителя, которая улучшает водонепроницаемость, уменьшает усадочные деформации благодаря созданию дополнительного объема условно-замкнутых пор. Эти микропоры блокируют капилляры и образуют резервную пористость, способствуя повышению морозостойкости, водонепроницаемости, а также трещиностойкости, так как они являются своеобразными демпферами («поглотителями») развивающихся микротрещин [4]. Цилиндры из исследуемых смесей изготавливались методом прессования под нагрузкой 20 МПа 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.

Однако, как показали проведенные нами экспериментальные исследования, добавление в ЩПЦС резиновой крошки приводит к снижению прочности образцов. Поэтому в ЩПЦС с добавлением резиновой крошки вводились различные пластифицирующие добавки [5]. Данные пластифицирующие добавки создают прочные кристаллизационные и коагуляционные связи, применение которых рекомендуется совместно с минеральным вяжущим веществом. В этом случае добавка способствует повышению физико-механических характеристик, а также снижению расхода минерального вяжущего [6]. Действие добавок направлено на создание прочного минерального скелета из имеющихся в смеси химических элементов. Основным механизмом действия пластифицирующих добавок заключается в том, что они образуют на поверхности зерен цемента, заполнителя, а также резиновой крошки, пор и капилляров тонкую пленку, которая обладает хорошей адгезией и способствует «склеиванию» (повышает сцепление) заполнителя с цементным камнем. Благодаря этому ЩПЦС становится более монолитной, повышается ее водонепроницаемость и морозостойкость, а также показатели предела прочности образцов на сжатие и на растяжение при изгибе.

Результаты испытаний показывают, что образцы из щебеночно-песчаных смесей, укрепленных 5% цемента в 28 суточном возрасте, согласно ГОСТ 23558-94 соответствуют марке по прочности М60 ($R_{сж} \geq 6,0$ МПа; $R_{изг} \geq 1,2$ МПа), а укрепленных 4% цемента соответствуют марке по прочности М40 ($R_{сж} \geq 4,0$ МПа; $R_{изг} \geq 0,8$ МПа). Но, благодаря введению различных пластифицирующих добавок (С-3; СС-5; Реламикс и др.), в составе укрепленного материала отмечается снижение расхода цемента на 20%, без уменьшения при этом марки по прочности. В результате ЩПЦС, укрепленная 4% цемента, с введением пластифицирующих добавок (0,5% от массы цемента), соответствует марке по прочности М60. Аналогичные результаты увеличения прочностных показателей были достигнуты и для ЩПЦС, укрепленных 3% цемента (с содержанием пластифицирующих добавок).

Параллельно, образцы подвергались испытанию на морозостойкость. Морозостойкость цилиндрических образцов, укрепленных минеральными вяжущими материалами, определялась по ГОСТ 10060.1-95. Цилиндрические образцы из исследуемых смесей размером 100x100x100 мм, применяемые в районах со среднемесячной температурой наиболее холодного месяца выше минус 10°C, перед

испытанием подвергались в течение 72 часов капиллярному водонасыщению. Капиллярное водонасыщение образцов проводилось через слой влажного песка. По истечении 72 часов, образцы погружались в холодильную камеру, с температурой заморозания (минус $18 \pm 2^\circ\text{C}$). По истечении 2,5 часов образцы из холодильной камеры погружались во влажный песок с температурой оттаивания ($18 \pm 2^\circ\text{C}$) на 2 часа. После прохождения требуемого количества циклов замораживания-оттаивания образцы испытывались на сжатие (при этом снижение прочности образцов не превышало предельно допустимого значения-25%). В промежуточные сроки испытания контролировалось состояние образцов: появление трещин, отколов, шелушение поверхности.

По результатам испытаний были построены графики изменения предела прочности на сжатие и предела прочности на растяжение при изгибе образцов из ЩПС в зависимости от количества циклов попеременного замораживания-оттаивания (Рис. 1,2).

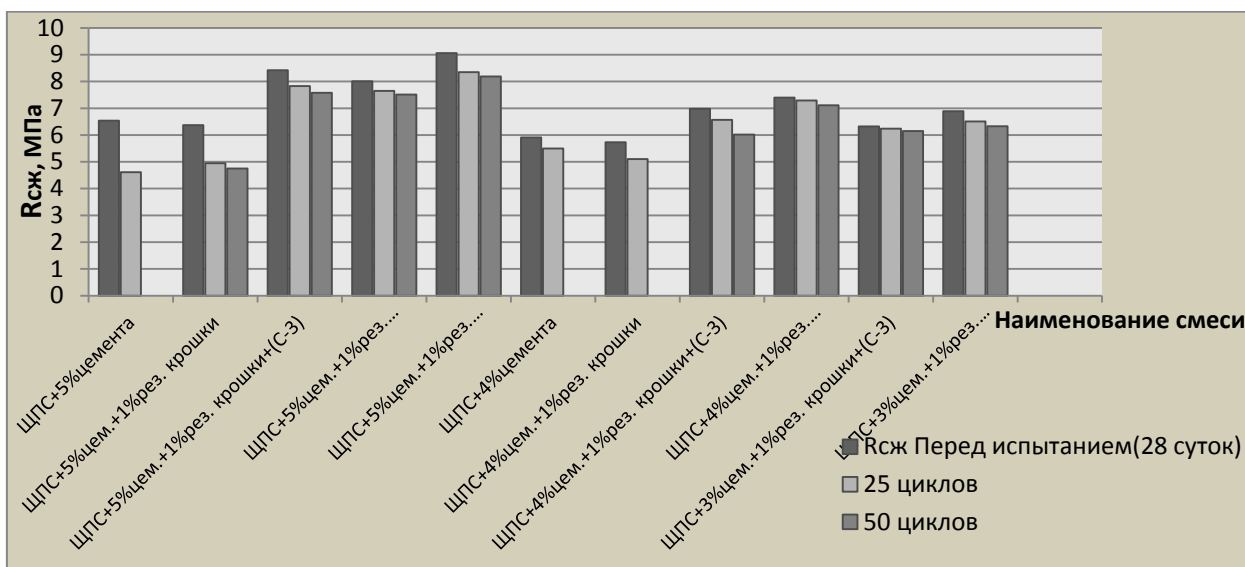


Рисунок 1 - Изменение предела прочности на сжатие, $R_{сж}$, образцов из ЩПС в зависимости от количества циклов попеременного замораживания-оттаивания

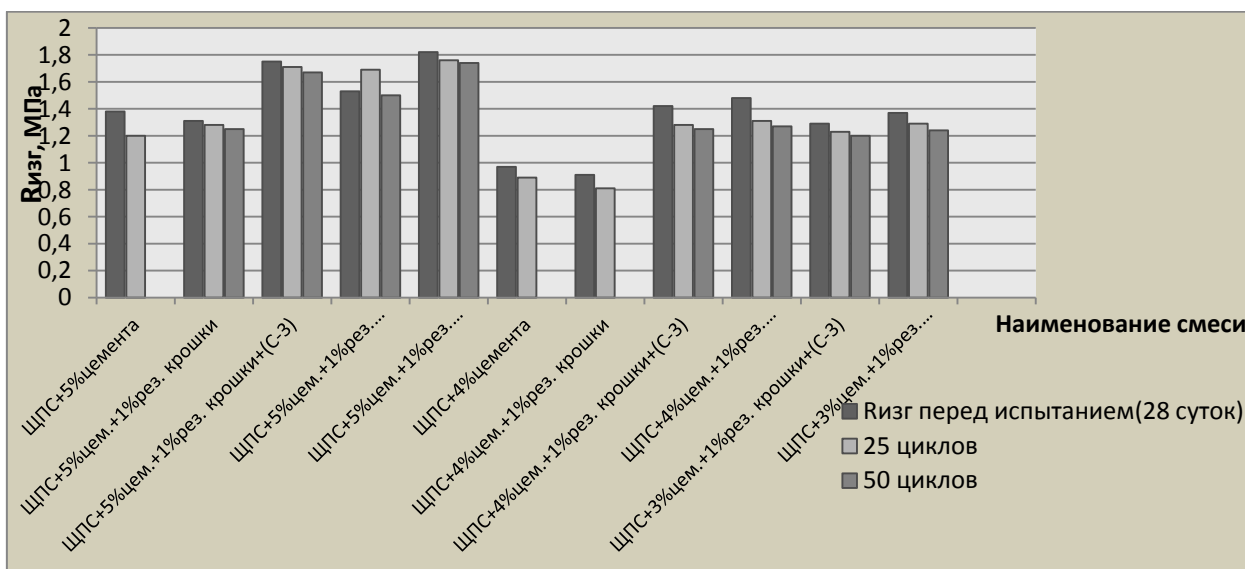


Рисунок 2 - Изменения предела прочности на растяжение при изгибе, $R_{изг}$, образцов из ЩПС в зависимости от количества циклов попеременного замораживания-оттаивания

Анализ результатов экспериментальных исследований приведенных на рис. 1,2, показывает, что образцы из ЩПЦС без содержания добавок, при их испытании на морозостойкость, не выдерживают даже 25 циклов попеременного замораживания-оттаивания (требование ГОСТ 10060.1-95 к марке по прочности М60). Образцы же из ЩПЦС с добавлением резиновой крошки и различных пластифицирующих добавок выдерживают более 50 циклов замораживания-оттаивания практически без снижения прочностных показателей.

Исходя из выше изложенного, можно сделать вывод, что введение пластифицирующих добавок совместно с резиновой крошкой в щебеночно-песчано-цементные смеси обеспечивает:

- повышение морозостойкости;
- снижение трещинообразования, 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 повышенными деформативными свойствами и увеличить срок службы дорожной конструкции.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

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, - с.372.
2. Берг О.Я. Высокопрочный бетон. М: Транспорт, 1971.-189с.
3. «Смеси цементобетонные дорожные с использованием отходов переработки автопокрышек. Технические условия» ТУ 5745-005-02066517;
4. Кретов В.А., Гладких А.С. Влияние модуля упругости цементобетонного основания на величину напряжения в асфальтобетонных покрытиях. «Наука и техника в дорожной отрасли» № 1-2008.- С. 23-27;
5. Матуа В.П., Сизонец С.В., Матуа Р.В. Исследование морозостойкости щебеночно-песчаных смесей с добавками и пути ее повышения. «Строительство 2011» -Ростов-н/Д: Рост. гос. строит. ун-т, 2011, - С.38-40;
6. Фурсов С.Г. Строительство конструктивных слоев дорожных одежд из грунтов, укрепленных вяжущими материалами // Автомобильные дороги и мосты, 2007, вып. 3. - С. 17-21.