УДК 625.7.041

ЭФФЕКТИВНЫЕ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД

Карпов Б.Н., Клековкина М.П.

ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет», Санкт-Петербург, Россия (190005, г. Санкт-Петербург, 2-я Красноармейская ул., 4), e-mail: kafedra-ad@rambler.ru

Предложено конструктивно-технологическое решение повышения колееустойчивости и трещиностойкости асфальтобетонного покрытия на жестком фрагментированном основании с использованием методики аналитического расчета тонкослойных пластин с разрывными параметрами, моделирующими нарушения регулярности-трещины, разрезы, ребра, обоймы и т.п. Выполненная оптимизация форм, величин и обоснования одинаковых размеров элементов несущего слоя, ограниченных разрезами (при рациональной жесткости зон разрезов), способствует повышению однородности конструкции и позволяет обеспечить устойчивость несущих элементов и выровнять давление на основание.

Разработаны два варианта конструктивно-технологических решений: 1) сборный, изготавливаемый на заводах ЖБИ в виде сочлененных монтажных единиц со специальной подготовкой форм для изготовления (например, установкой на поддоне форм рустообразующих элементов высотой ≈ 1/3 толщины плиты или установкой в формы синтетических вкладышей, разделяющих бетонную плиту на взаимосвязанные элементы и остающихся в изготовленной секции); 2) монолитный, расчленяемый на рабочие элементы после укладки несущего слоя с установкой на свежеуложенную поверхность жесткого бетона рустообразующей виброплатформы или завершающим проходом по нему решетчатого катка (после уплотнения гладковальцовыми катками), со специальными выступами по окружности вальца и создающего надрезы необходимого рисунка глубиной ≈ 1/3 толщины плиты, неразрушаемые при выходе выступов или путем вибропосадки в несущий слой синтетического объемного каркаса с последующей его закаткой в слой гладковальцовым катком.

Выбор того или иного варианта применения фрагментированного несущего слоя зависит от особенности назначения конструкции дорожной одежды, конкретных условий выполнения работ, возможностей строительной организации, ее производственной базы, организационно-технологических ограничений, достигнутого уровня качества работ в организации и т.п.

Ключевые слова: дорога, основание, разрезы, бетон.

EFFECTIVE STRUCTURAL AND TECHNOLOGICAL SOLUTIONS PAVEMENT

Karpov B.N., Klekovkina M.P.

FGBOU VPO "Saint-Petersburg State University of architecture and civil engineering", St. Petersburg, Russia (St. Petersburg, str. 2-ya Krasnoarmeyskaya, 4), e-mail: kafedra-ad@rambler.ru

The constructive-technological decision was offered for increase trackstability and crackstability и asphaltconcreted coverings on rigid fragmented layer with use of a technique of analytical calculation thinlayer plates with the explosive parameters modeling infringements of a regularity-crack, cuts, edges, etc. Executed optimization of forms is offered, sizes and a substantiation of the identical sizes of elements of the bearing layer limited to cuts (at rational rigidity of zones of cuts) promotes increase of uniformity of a design and allows to provide stability of bearing elements and to level pressure upon the basis.

Two versions of constructive and technological decisions are developed; modular, made at ICP plants in the form of jointed assembly units with special preparation of forms for manufacturing (for example, installation on the pallet of forms of jointmaid elements, height of ≈ 1/3 thickness of a plate or installation in forms of the synthetic loose leaves dividing a concrete plate into interconnected elements and remaining in made section); monolithic, dismembered on working elements after laying of a bearing layer installation on a freshlaying surface of rigid concrete vibratplatform or finishing pass on it a trellised skating rink (after jointmaid consolidation by skating rinks), with special ledges on a circle of a valets, and necessary drawing creating cuts depth of ≈ 1/3 thickness the plates which are not destroyed at an exit of ledges at an exit or, by a vibropacking in bearing layer of a synthetic volume framework with the subsequent its packing in a layer a skating rink.

The choice of a fragmented version of the carrier layer depends on the particular purpose of pavement design, the specific conditions of work, capacity building organization, its industrial base, organizational and technological constraints, the achieved level of quality of work in the organization, etc.

Key words: road, base of the road, cuts, concrete.

Введение

Нежесткие конструкции дорожных одежд с толстыми асфальтобетонными покрытиями на щебеночных основаниях в условиях тяжелого и интенсивного движения подвержены интенсивному колееобразованию. Устройство жестких цементобетонных оснований под асфальтобетонные покрытия способствует развитию копирующих трещин в первую очередь в зоне швов; для снижения трещинообразования в таких конструкциях [1] рекомендуется также устраивать толстые слои асфальтобетона (14–26 см), что не снимает проблемы колееобразования. В настоящей работе предложены конструктивно-технологические решения тонкослойного асфальтобетонного покрытия на фрагментированном несущем слое, обеспечивающего высокую колееустойчивость и трещиностойкость дорожной одежды и направление расчета таких конструкций.

Цель исследования

Разработка конструктивно-технологического решения дорожной одежды с высокой колее- и трещиноустойчивостью в условиях тяжелого и интенсивного движения.

Материал и методы исследования

В целях обеспечения высокой колееустойчивости и трещиностойкости покрытия разработана новая нетрадиционная конструкция дорожной одежды с асфальтобетонным покрытием на жестком фрагментированном несущем слое. Для оптимизации конструктивно-технологических решений использована методика аналитического расчета конструкции с разнообразными нарушениями регулярности, такими как трещины, разрезы, ребра, обоймы и т.п. [4; 5]. В принятой расчетной модели для описания локальных нагрузок и нарушений регулярности использованы разрывные функции: единичная функция Хевисайда и дельта-функция Дирака.

Несущий слой дорожной конструкции рассматривается как фрагментированная пластина на винклеровом основании с рациональными по очертанию и одинаковыми по форме и размерам контурами, ограниченными рустами (вмятинами). По ним в начальный период эксплуатации под действием транспортной нагрузки образуются изломы срединной поверхности, представляющей собой упругие «шарниры» (рис. 1).

При расчете разработанной конструкции система взаимосвязанных элементов фрагментированных несущих слоев (бетонных сборных и монолитных) рассматривается в виде дискретно-континуальной структуры. При этом континуум, т.е. непрерывность, распространена в пределах многоугольного несущего фрагмента, а разрывы имеют место на

линиях швов, рустов, разрезов, трещин. Такая теория дискретно-континуальных систем применительно к тонкослойным двумерным конструкциям получила развитие в строительстве как теория пластин с разрывными параметрами. Предлагаемый метод расчета привел к достаточно простым, удобным для практического применения расчетным алгоритмам и программам.

Установление рациональных форм, величин и одинаковых размеров элементов несущего слоя, ограниченных разрезами (при оптимальной жесткости зон разрезов), способствует увеличению однородности конструкции. Это позволяет существенно выровнять давление на нижний слой основания и повысить устойчивость самих несущих элементов в процессе эксплуатации. А вместе с уменьшением влияния температурно-влажностного деформирования в границах зон разрезов снижаются величины раскрытия изломов в несущем слое и концентрация напряжений в них. Это в итоге способствует обеспечению монолитности асфальтобетонного покрытия, усиленного ребрами в зонах изломов (вмятин) несущего слоя.

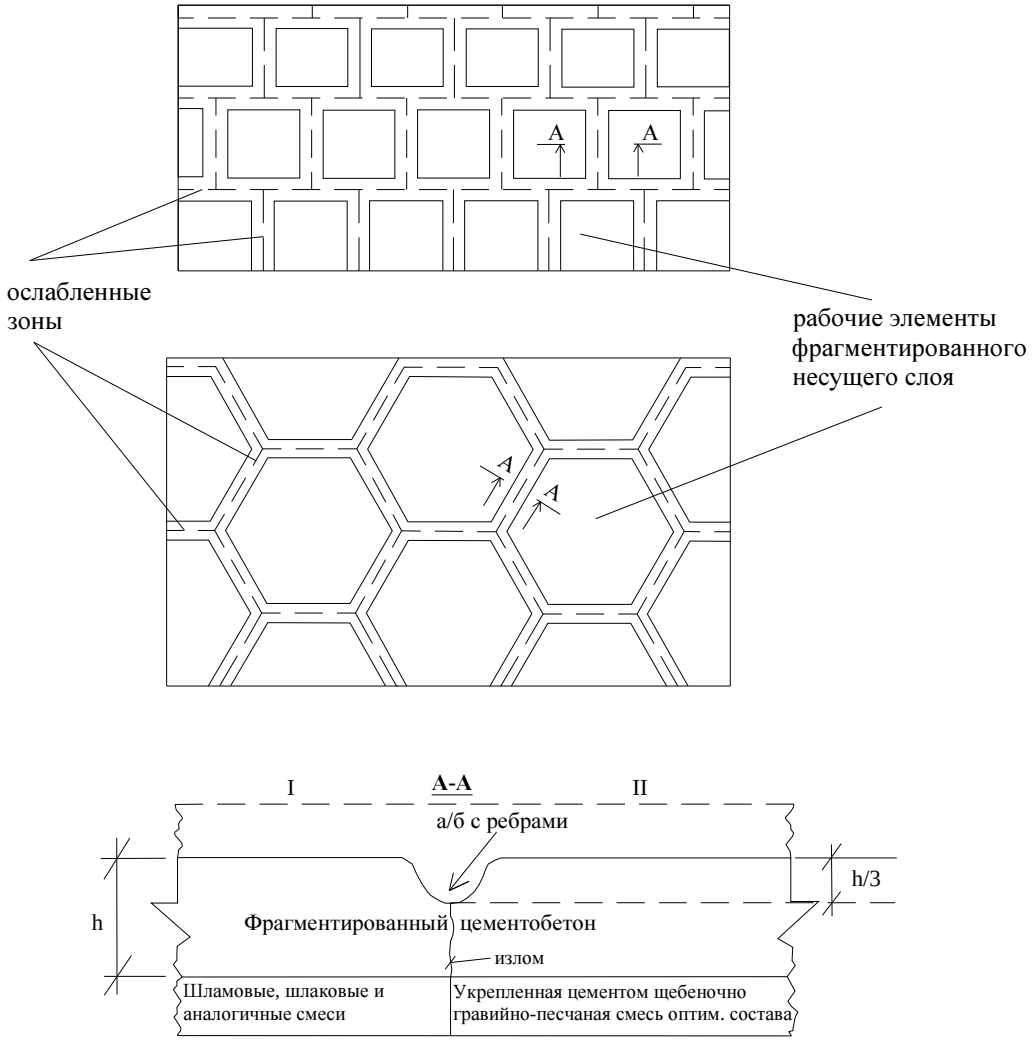

Рис. 1. План и поперечный разрез

фрагментированного несущего слоя дорожной одежды.

Рекомендуемый несущий слой бетонного покрытия, жесткого основания под асфальтобетонное покрытие представляет собой фрагментированную пластину из взаимосвязанных рабочих элементов рациональных форм (в плане – шестигранных призм, овалов, цилиндров и т.д.), оптимальных размеров (от размеров элементов мощения до 1,1 L – упругой характеристики плиты «L») и связей элементов – от идеально-шарнирной до жесткости, близкой к жесткости элемента.

Разработаны два варианта конструктивно-технологических решений: 1) сборный, изготавливаемый на заводах ЖБИ в виде сочлененных монтажных единиц (рис. 2) со специальной подготовкой форм для изготовления (например, установкой на поддоне форм рустообразующих элементов высотой ≈ 1/3 толщины плиты или установкой в формы синтетических вкладышей, разделяющих бетонную плиту на взаимосвязанные элементы и остающихся в изготовленной секции) [2]; 2) монолитный, расчленяемый на рабочие элементы после укладки несущего слоя с установкой на свежеуложенную поверхность жесткого бетона рустообразующей виброплатформы или завершающим проходом по нему решетчатого катка (после уплотнения гладковальцовыми катками), со специальными выступами по окружности вальца, и создающего надрезы необходимого рисунка глубиной ≈ 1/3 толщины плиты, неразрушаемые при выходе выступов при выходе катка (важно правильное В/Ц отношение бетонной смеси) или путем вибропосадки в несущий слой синтетического объемного каркаса с последующей его закаткой в слой гладковальцовым катком [3].

Выбор того или иного варианта применения фрагментированного несущего слоя зависит от особенности назначения конструкции дорожной одежды, конкретных условий выполнения работ, возможностей строительной организации, ее производственной базы, организационно-технологических ограничений, достигнутого уровня качества работ в организации и т.п.

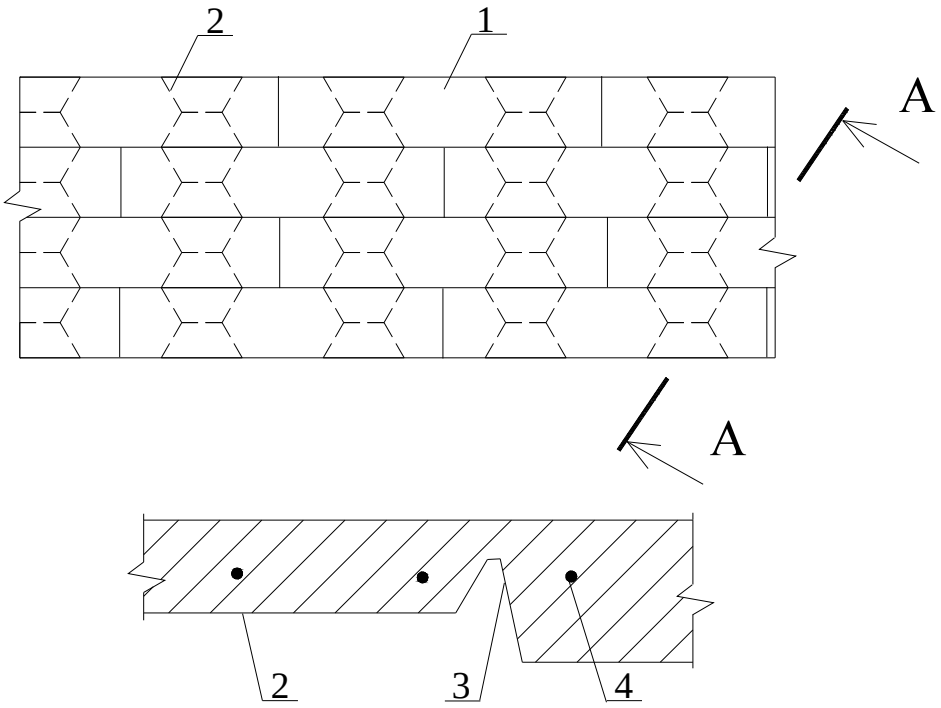

Рис. 2. Конструкция сборного основания.

Новая конструкция сборного основания (рис. 2) эффективна для сооружения дорожных одежд в период низких температур или при невозможности использования в качестве основания монолитных или щебеночных слоев. Особенно целесообразно ее применение при двухстадийном строительстве в течение времени стабилизации конструкции с последующим перекрытием сборных плит асфальтобетоном.

Сборное основание представляет собой несколько рядов вытянутых в плане плит 1, уложенных со смещением каждого ряда на 0,5 плиты. Плита со своей опорной поверхности снабжена рустами (бороздками) 2, которые ослабляют ее сечение и разделяют ее на группу секций, являющихся элементами шестигранника. В месте переломов ломаной линии руста в плите предусмотрены конические углубления 3. Армирована плита продольными стержнями 4 из стали класса А-II (рис. 3 а, б). Поперечная арматура состоит из гладких стержней диаметром 6 мм. Габаритные размеры плиты, прошедшей испытание – 1,75×6,0×0,16, масса 4200 кг. Глубина рустов составляет примерно одну треть от половины высоты сечения плиты.

Так как в эксплуатации работа несущего слоя покрытия обеспечивается системой малых жестких бетонных элементов, а металл требуется лишь для их связи и соединений при стыковке блоков, то и при больших размерах блок-секций расход металла для них в 2–3 раза меньше, чем для традиционной плитной конструкции таких же размеров. При монтаже

покрытия обеспечивается повышение производительности труда на 15% за счет сокращения перекладок блоков, снижение трудозатрат на 10%, электроэнергии на 10%, топлива на 5%.

Плиты укладываются автомобильным краном на выравнивающий слой. Конструктивные особенности плиты позволяют снизить требования к качеству ее контакта с выравнивающим слоем, что способствует росту производительности труда на монтаже основания. При эксплуатации сборного основания в процессе строительства и в последующий период до перекрытия асфальтобетоном происходит трещинообразование по сечениям, обозначенным рустами. Каждая секция плотно прилегает к основанию и работает как отдельная маленькая плита, соединенная с соседними посредством стержней арматуры.

Как отмечено выше, внедрение новой конструкции позволило повысить производительность труда по изготовлению плит и монтажу сборного основания, снизить его металлоемкость.

Предлагаемый способ, основанный на возведении несущего бетонного слоя с рациональными разрезами, обладает рядом свойств, существенно влияющих на снижение трещинообразования и колейности. Среди них можно выделить следующие:

- плотное прилегание элементов сборного или монолитного несущего слоя к нижнему основанию при укладке, что приводит к уменьшению напряженного состояния основания до и после укладки асфальтобетонного покрытия, повышению равномерности деформирования дорожной одежды;

- повышение трещиностойкости асфальтобетонного покрытия вследствие температурно-влажностного деформирования элементов несущего слоя только в границах заданных разрезов и устойчивости рабочих элементов за счет рациональных размеров, форм элементов и оптимальных жесткостей связей между ними;

- снижение колейности, в том числе за счет возможности укладки тонкослойного асфальтобетонного покрытия на фрагментированном бетонном основании с высокой распределяющей способностью;

- уменьшение отрицательных динамических характеристик системы «основание – покрытие» вследствие гашения динамики (демпфирования) на контактах рабочих элементов и плотного их прилегания (улучшения контакта) с нижним слоем;

- улучшение связей между слоями дорожной одежды (нижним и верхним) посредством рационального рустования несущего слоя и ребер в покрытии, повышающих устойчивость и срок службы дорожной одежды.

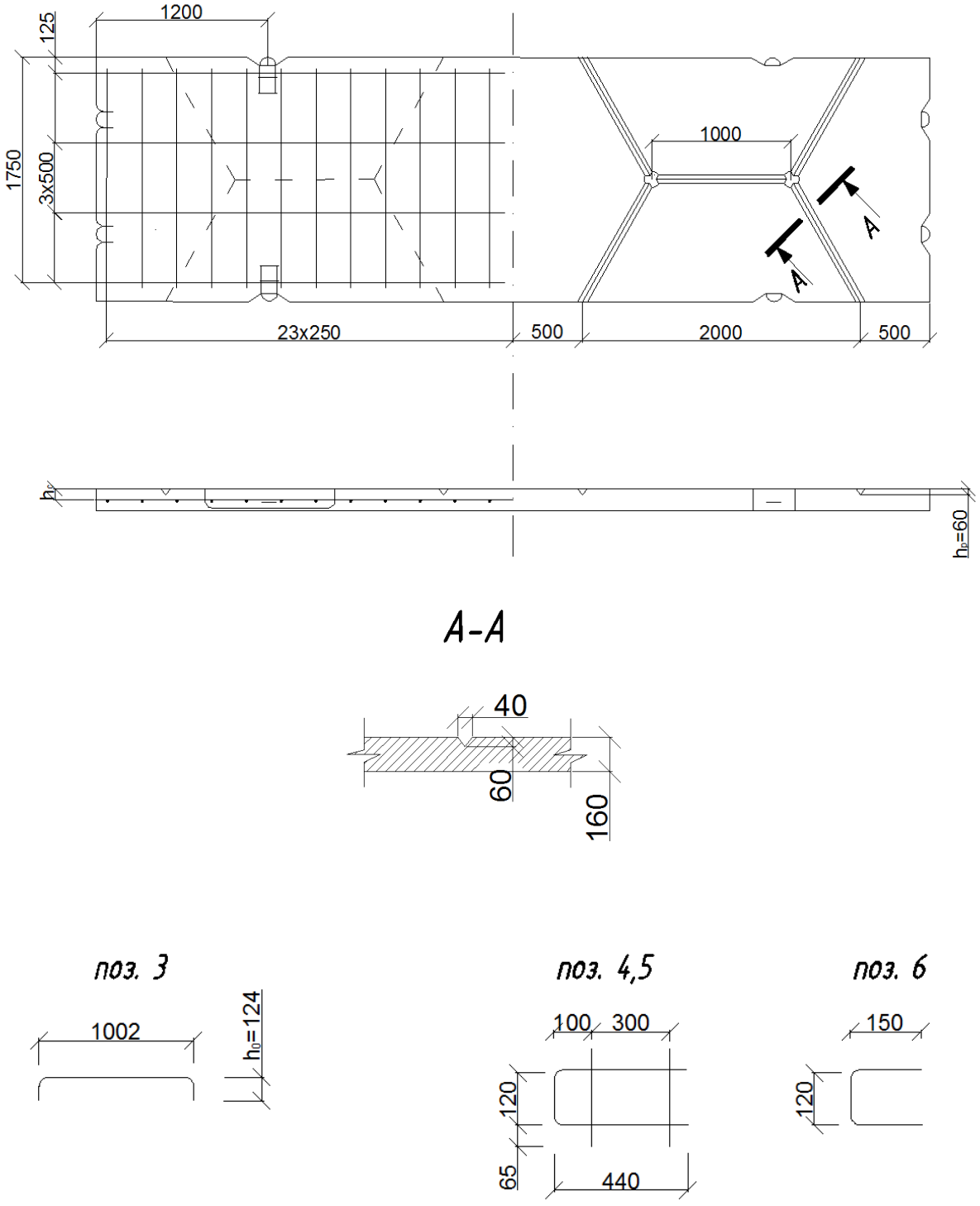

Рис. 3а. Плита дорожная. Принципиальный чертеж и вариант армирования.

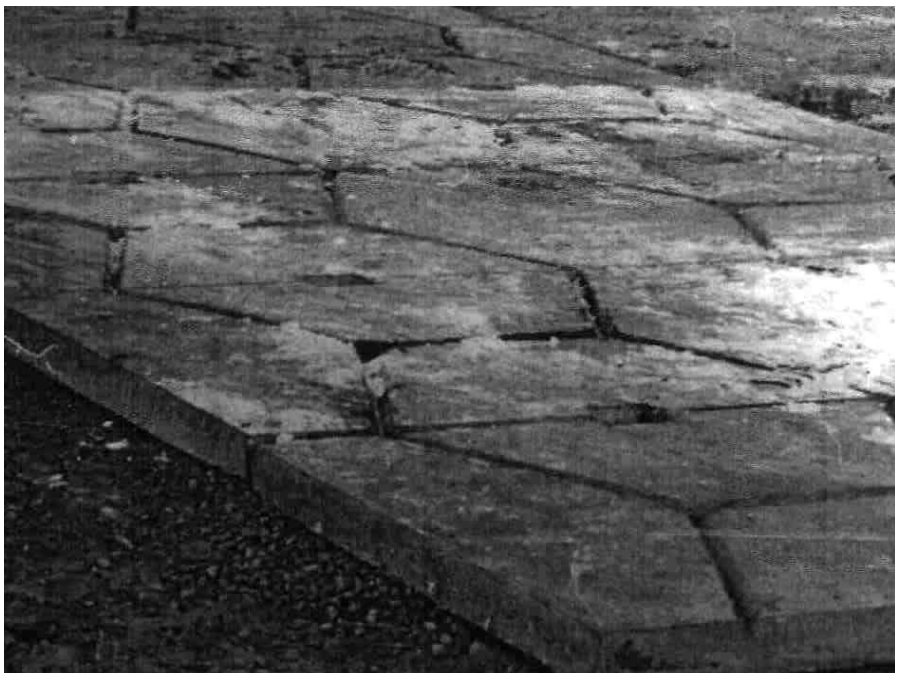

Рис. 3б. Плита дорожная. Участок строительства. Фото.

Результаты исследования и их обсуждение

Выполнены теоретические и экспериментальные исследования. Построены опытные участки. Защищена одна докторская и три кандидатские диссертации.

Выводы, заключение

Опытное строительство было выполнено на четырех объектах в г. Санкт-Петеребурге, В. Новгороде, Усинске (Республика Коми), которое подтвердило гипотезу фрагментирования основания как метода повышения трещиностойкости и колееустойчивости асфальтобетонного покрытия. Предстоят крупномасштабные работы по внедрению в производство материалов исследования, заключается хоздоговор с организацией – производителем работ.

Список литературы

1. Методические рекомендации по проектированию жестких дорожных одежд. – Взамен ВСН 197-91; Введ. 01.01.2004. – М. : Информавтодор, 2004. – 128 с.

2. Карпов Б.Н. Сборные многокомпонентные дорожные покрытия : дис. … д-ра. техн. наук : 05.23.01, 05.23.11; СПбГАСУ. – СПб., 2000. – 330 с.

3. Клековкина М.П. Совершенствование конструкций и технологии строительства дорожных одежд с бетонным несущим основанием : дис. … канд. техн. наук: 05.23.11; СПбГАСУ. – СПб., 2010. – 189 с.
4. Михайлов Б.К. Деформативность и устойчивость пространственных пластинчатых систем с разрывными параметрами / Б.К. Михайлов, Г.О. Кипиани. – СПб. : Стройиздат, 1996. – 434 с., ил.
5. Михайлов Б.К. Пластины и оболочки с разрывными параметрами. – Л. : Изд-во Ленингр. ун-та, 1980. – 196 с.

Рецензенты

Котиков Ю.Г., д.тех.н., профессор кафедры организации перевозок, управления и безопасности на автомобильном транспорте, ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет», г. Санкт-Петербург.

Индейкин А.В., д.тех.н., профессор кафедры «Теоретическая механика», ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный университет путей сообщения», г. Санкт-Петербург.