

ДОРОЖНО-СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

УДК 539.3

ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕФОРМИРОВАНИЯ ОБРАЗЦА ИЗ АСФАЛЬТОБЕТОНА НА РАСКОЛ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕНЗОМЕТРИЧЕСКОЙ АППАРАТУРЫ

А.Г. Батракова, д.т.н., проф., В.Н. Ряпухин, к.т.н., проф.,
А.В. Воропай, к.т.н., доц., Е.В. Дорожко, асс., П.А. Егоров, асс.,
Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет

Аннотация. Описано экспериментальное исследование процесса деформирования на раскол асфальтобетонного образца при положительной температуре. С использованием тензометрических измерений получены динамические зависимости изменения деформаций сжатия $\varepsilon_y(t)$ и растяжения $\varepsilon_x(t)$ во времени при монотонном нарастании нагрузки.

Ключевые слова: асфальтобетон, испытания на раскол, тензометрические измерения, продольные и поперечные деформации.

ДОСЛІДЖЕННЯ ДЕФОРМУВАННЯ ЗРАЗКА З АСФАЛЬТОБЕТОНУ НА РОЗКОЛ З ВИКОРИСТАННЯМ ТЕНЗОМЕТРИЧНОЇ АПАРАТУРИ

А.Г. Батракова, д.т.н., проф., В.М. Ряпухін, к.т.н., проф.,
А. В. Воропай, к.т.н., доц., Е. В. Дорожко, асс., П. А. Єгоров, асс.,
Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Анотація. Описано експериментальне дослідження процесу деформування на розкол асфальтобетонного зразка за позитивної температури. З використанням тензометричних вимірювань отримано динамічні залежності зміни деформацій стиснення $\varepsilon_y(t)$ і розтягання $\varepsilon_x(t)$ в часі за монотонного зростання навантаження.

Ключові слова: асфальтобетон, випробування на розкол, тензометричні вимірювання, поздовжні та поперечні деформації.

RESEARCH OF ASPHALT-CONCRETE SAMPLE DEFORMATION FOR SPLITTING USING TENSIOMETRIC EQUIPMENT

A. Batrakova, Prof., D. Sc. (Eng.), V. Riapukhin, Prof., Ph. D. (Eng.),
A. Voropay, Assoc. Prof., Ph. D. (Eng.), Ye. Dorozhko, T. Assist.,
P. Yegorov, T. Assist., Kharkiv National Automobile and Highway University

Abstract. Experimental research of the process of asphalt – concrete sample deformation for splitting under positive temperature is described. Using tensiometric calculations there were obtained the dynamic dependences of compressing strain $\varepsilon_y(t)$ and tensile strain $\varepsilon_x(t)$ change during a time period at steady load rise.

Key words: asphalt, splitting test, tensiometric measurements, compressing and tensile strains.

Введение

При оценке прочности асфальтобетонных слоев дорожной конструкции необходимо

знать их напряженно-деформированное состояние и характеристики сопротивления материала деформированию.

Поэтому важное значение имеют механические испытания и изучение закономерностей деформирования асфальтобетона в лабораторных условиях, которые призваны оценить сопротивление асфальтобетона силовому воздействию.

Для апробации и накопления статистических данных по нормированию показателей трещиностойкости материалов используют результаты испытаний предела прочности на растяжение при расколе (Бразильский метод) [1]. Сущность метода заключается в определении нагрузки, необходимой для раскалывания образца по образующей.

Анализ публикаций

Для исследования деформированного состояния сложных систем и отдельных объектов широко используются тензометрические измерения. Так, в работе [2] с использованием тензометрического оборудования получена информация о деформировании и разрушении пластины под действием цилиндрического ударника, приводимого в движение линейным индукционным динамическим двигателем. В исследовании [3] анализируется влияние температуры на свойства асфальтобетонных смесей при испытаниях по Бразильскому методу. Исследование соотношения деформаций сжатия $\varepsilon_y(t)$ и растяжения $\varepsilon_x(t)$ в зависимости от времени при испытаниях на раскол цилиндрических образцов из асфальтобетонных смесей представляет отдельный интерес.

Цель и постановка задачи

Целью работы является получение динамических зависимостей изменения деформаций сжатия $\varepsilon_y(t)$ и растяжения $\varepsilon_x(t)$ во времени при монотонном нарастании нагрузки. Исследованию подлежит процесс деформирования цилиндрического образца из асфальтобетона при испытаниях на раскол. Требуется произвести экспериментальное измерение продольных и поперечных деформаций в образце с использованием тензометрии.

Экспериментальное исследование

Для испытаний использовались стандартные образцы из асфальтобетона (рис. 1), имеющие следующие параметры:

диаметр $d_a = 0,0714$ м;
 высота $h_a = 0,07$ м;
 масса $m_a = 0,652$ кг;
 плотность $\rho_a \approx 2326$ кг/м³.

При исследованиях были использованы фольговые тензорезисторы, установленные согласно мостовой схеме с одним измерительным резистором и дополнительными компенсационными регулируемые сопротивлениями. До полного измерительного моста схема дополнялась в блоке усиления и коммутации сигналов (БУКС). Фиксация измерений производилась с использованием серийно выпускаемого аналого-цифрового преобразователя ADA-1406 [4].



Рис. 1. Образцы асфальтобетона для испытаний

На образец из асфальтобетона были приклеены тензорезисторы (клеем БФ-2 с дополнительным запеканием), согласно схеме, приведенной на рис. 2 (два независимых тензорезистора для фиксации деформаций сжатия ε_y и растяжения ε_x). Укажем, что тензорезистор, измеряющий продольные деформации ε_y , был расположен со смещением относительно центральной вертикальной оси (оси, вдоль которой происходит сжатие – см. схему нагружения на рис. 2) на $e=10$ мм, чтобы не препятствовать разрушению (распространению основной трещины – рис. 3).

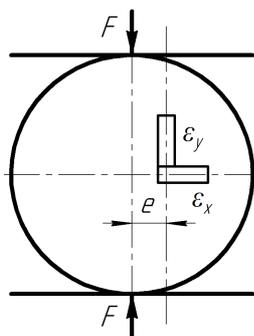


Рис. 2. Схема размещения тензорезисторов



Рис. 3. Фотография образца с трещиной после испытания

Таким образом, на фотографии, представленной на рис. 3, видно, что наклеенные тензорезисторы практически не влияли на разрушение образца (их влияние было незначительным).

Экспериментальные исследования производились на испытательной установке (рис. 4) кафедры изысканий и проектирования дорог и аэродромов.



Рис. 4. Испытательная установка

Результаты эксперимента

Экспериментальные исследования асфальтобетонных образцов на раскол производились при температуре образца 45–50 °С на испытательной установке при квазистатическом нагружении (медленном динамическом нагружении с практически линейным плавным увеличением нагрузки). Такое нагружение осуществлялось за счет насыпания песка с постоянным расходом на рычажный механизм с коэффициентом усиления (коэффициентом рычажного механизма) $K = 19,6$.

Интенсивность приложения нагрузки

$$q = \frac{m_{\max} \cdot g \cdot K}{T} = \frac{17,78 \cdot 9,81 \cdot 19,6}{180} \approx 19 \text{ (Н/с)},$$

где $m_{\max} = 17,78$ кг – максимальный вес высыпаемого песка; $T = 180$ с – полное время нагружения.

На рис. 5 приведены графические зависимости изменения деформаций сжатия – $\varepsilon_y(t)$ и растяжения – $\varepsilon_x(t)$ во времени при испытаниях образца из асфальтобетона, а также выделены некоторые особые точки и характерные участки деформирования.

Точка А – максимальная деформация растяжения.

Точка В – $\varepsilon_x = 0$ – точка перехода деформаций растяжения в зону сжатия, вызванная локальным сжатием в связи с ростом трещины.

Точка С – зона максимальных деформаций сжатия, после которой следует разгрузка.

Участок I – стабилизация системы перед началом нагружения.

Участок II – начало нагружения; заметная нелинейность вызвана неравномерностью приложения нагрузки, вследствие выбора зазоров, перераспределения нагрузки и т.п. На данном участке происходит образование и рост плоской контактной площадки на круглом образце вследствие пластической деформации асфальтобетона. Участок целесообразно разделить на две части: конец участка II а – стабилизация нарастания де-

формации растяжения $\varepsilon_x(t)$; конец участка II b – стабилизация нарастания деформации сжатия $\varepsilon_y(t)$. Заметна значительная нелинейность нарастания деформации сжатия $\varepsilon_y(t)$ (части II a и II b) по сравнению с деформацией растяжения $\varepsilon_x(t)$ (только участок II a), что обусловлено, по-видимому,

смещением датчика деформации $\varepsilon_y(t)$ от оси нагружения на $e=10$ мм (рис. 2), так как тензорезистор был наклеен со смещением вертикальной оси. В конце участка II вертикальный тензорезистор попадает в проекцию площадки контакта, и далее материал образца воспринимает осевую нагрузку полностью.

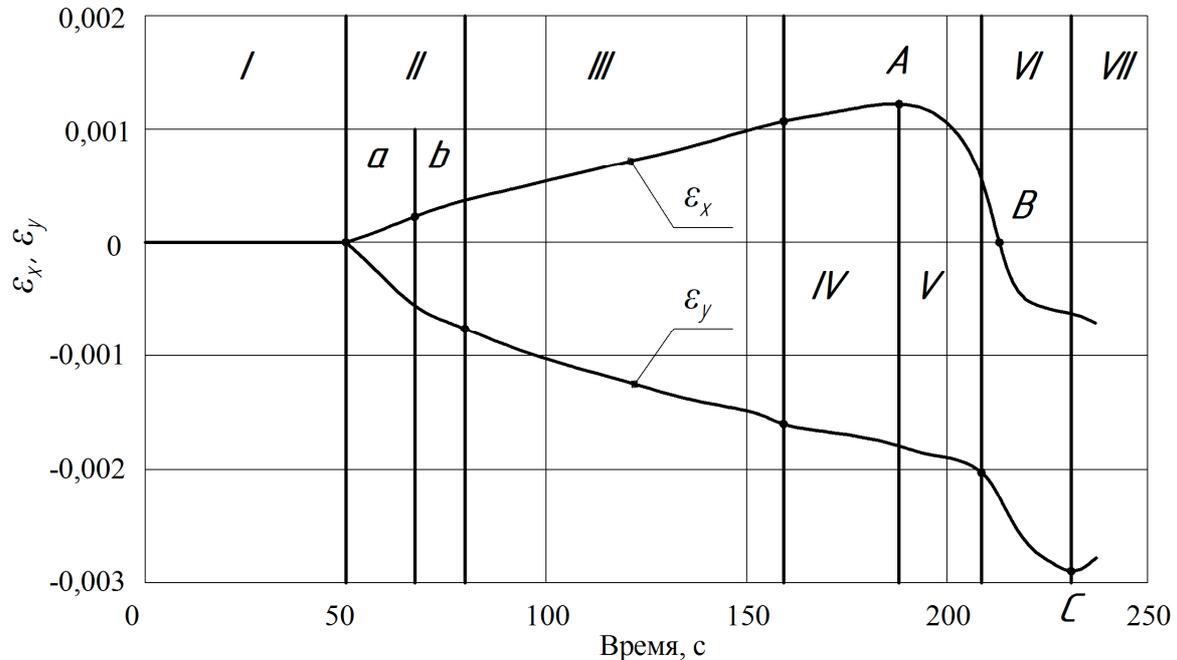


Рис. 5. Измеренные деформации сжатия – $\varepsilon_y(t)$ и растяжения – $\varepsilon_x(t)$

Участок III – квазилинейное возрастание деформаций $\varepsilon_y(t)$ и $\varepsilon_x(t)$ с примерно одинаковой интенсивностью нарастания деформаций $\frac{d\varepsilon_x(t)}{dt} \approx \frac{d\varepsilon_y(t)}{dt}$.

Участок IV – происходит нелинейное упругопластическое деформирование образца с «упрочнением» (по аналогии с нелинейным вязкоупругим участком упрочнения при экспериментальных исследованиях сталей). В конце участка IV, по-видимому, возникает концентратор напряжений (появление трещины в образце), вызванный максимальными деформациями растяжения.

Участок V – «начальный» рост трещины в образце, сопровождаемый снижением деформации растяжения $\varepsilon_x(t)$ и незначительным влиянием на деформации сжатия $\varepsilon_y(t)$.

На границе между участками V и VI происходит изменение интенсивности нарастания деформации сжатия $\varepsilon_y(t)$.

Участок VI – быстрый рост трещины в образце (начало быстрого разрушения), далее следовал бы долом.

Участок VII – остановка увеличения нагрузки и быстрая разгрузка. Этот участок характеризуется появлением нелинейности и уменьшением деформаций сжатия, которые являются следствием не физических процессов разрушения, а антропогенного влияния (для предотвращения полного разрушения образца было произведено полное снятие нагрузки).

На рис. 6 для более удобного анализа приведены графики деформаций растяжения $\varepsilon_x(t)$ и абсолютных значений деформаций сжатия $|\varepsilon_y(t)|$.

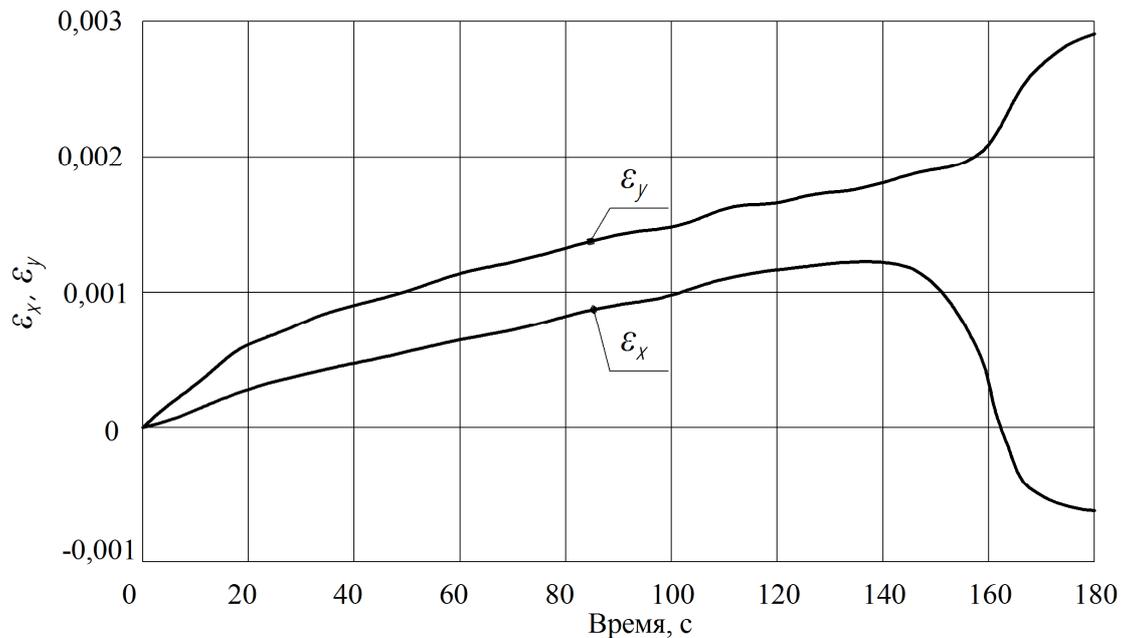


Рис. 6. Результаты экспериментальных исследований

Укажем, что на рис. 6 показаны зависимости деформаций в образце, полученные с использованием тензометрии, на точность которых влияли лишь погрешности измерения. Если же переходить к исследованию напряжений, следует отметить, что для упругих образцов связь между деформациями и напряжениями является линейной, а в случае асфальтобетонных необходимо учитывать нелинейные вязкоупругие свойства материала. Следовательно, для анализа напряжений при испытаниях на раскол серьезное внимание нужно уделять выбору математической модели.

Выводы

В настоящей работе описаны экспериментальные исследования процесса деформирования на раскол асфальтобетонного образца при положительной температуре +45 °С. Получены динамические зависимости изменения деформаций сжатия $\epsilon_y(t)$ и растяжения $\epsilon_x(t)$ во времени при монотонном нарастании нагрузки практически до полного разрушения.

Литература

1. Матеріали на основі органічних в'язучих для дорожнього і аеродромного будівництва. Методи випробувань: ДСТУ Б В.2.7-89-99. – Зміна 1. – Чинний з 01.04.2003. – К.: ДП «ДерждорНДІ», 2003.
2. Наумов И.В. Деформирование и разрушение пластин при нагружении цилиндрическим ударником / И.В. Наумов, В.Ф. Боллох, Д. В. Бреславский // Механика та машинобудування. – 2010. – № 1. – С. 207–216.
3. Kamilla L. Effect of temperature on the indirect tensile strength test of asphalt mixtures / Kamilla L. Vasconcelos Liedi Bariani Bernucci José Mario Chaves University of São Paulo 5th Eurasphalt & Eurobitume Congress, 13-15th June 2012, Istanbul OHL Brazil.
4. ADA-1406 Модуль ввода-вывода аналоговых и дискретных сигналов. Руководство пользователя / ООО «ХОЛИТ Дэйта Системс». – К.: 2005.

Рецензент: В.К. Жданюк, профессор, д.т.н., ХНАДУ.

Статья поступила в редакцию 4 ноября 2015 г.