

МЕЗОМЕХАНИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ АСФАЛЬТОБЕТОНА ДЛЯ ДОРОЖНЫХ ПОКРЫТИЙ

С. В. ШИЛЬКО, Т. В. РЯБЧЕНКО

Институт механики металлополимерных систем им. В. А. Белого НАН Беларуси, г. Гомель

Деформационно-прочностные характеристики асфальтобетона, широко применяемого при устройстве автодорожных покрытий, определяются свойствами разнородных компонентов: жесткого и прочного наполнителя в виде крупных минеральных частиц (щебня) и связующего – смеси битума и весьма мелких частиц (минерального порошка). При оптимизации состава этого дисперсно-армированного композита по фрикционно-механическим критериям следует учитывать вариацию формы, размеров и ориентации частиц наполнителя, а также нелинейность деформирования битума [1–3]. Ниже приведены результаты моделирования процесса релаксации напряжений в связующем вблизи частиц щебня различной формы. На рисунке 1 показаны этапы мезомеханического исследования фрагмента асфальтобетона, когда скан реальной (по шлифу образца) структуры схематизируется с исключением мелких деталей и полутонов и после построения твердотельной модели дискретизируется конечными элементами для анализа внутренних напряжений и перемещений.

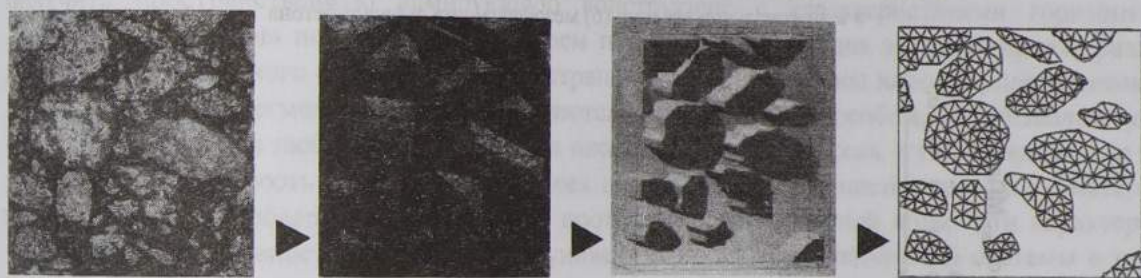


Рисунок 1 – Схематизация структуры фрагмента асфальтобетона

Для упрощения моделирования сложного спектра эксплуатационных воздействий и уменьшения объема вычислений при параметрическом анализе пространственно-временного распределения напряжений для различной формы частиц наполнителя выбирали относительно простой (кинематический) способ нагружения верхней грани с жестким закреплением его нижней грани. Предполагалось, что частицы наполнителя являются практически недеформируемыми, перемещения малы, а скорость приложения нагрузки позволяет считать процесс деформирования квазистатическим. Вязкоупругое поведение связующего описывали в рядах Прони

$$G = G_{\infty} + \sum_{i=1}^{n_G} G_i \exp\left(-\frac{t}{\tau_i^G}\right); \quad K = K_{\infty} + \sum_{i=1}^{n_K} K_i \exp\left(-\frac{t}{\tau_i^K}\right),$$

где G_{∞} , G_i – сдвиговые упругие модули; K_{∞} , K_i – объемные упругие модули; τ_i^G , τ_i^K – времена релаксации для каждого компонента Прони; t – время.

Проводился анализ кинематического нагружения ($\Delta = 2$ мм) образца асфальтобетона кубической формы размером $50 \times 50 \times 50$ мм³ с равномерно распределенными частицами щебня кубической, сферической и эллиптической формы. Путем задания переменного шага по времени был описан процесс релаксации напряжений в связующем в течение 8 часов. Данные для расчета: модуль упругости и коэффициент Пуассона наполнителя (гранитный щебень) $E_f = 50$ ГПа, $\nu_f = 0,30$ и битумного связующего $E_f = 20$ МПа, $\nu_f = 0,45$ соответственно; вязкоупругие константы для связующего $a_1 = 0,4$; $\tau_1 = 10$ с; $a_2 = 0,5$; $\tau_2 = 100$ с. Пространственно-временная дискретизация задачи в программной среде Ansys для частиц щебня кубической формы размером $10 \times 10 \times 10$ мм³ потребовала 10260 трехмерных конечных элементов.

На рисунке 2 показаны распределения эквивалентного напряжения по Мизесу $\sigma_{\text{эбв}}$ в мезофрагменте асфальтобетона; на рисунке 3 – кривая релаксации максимального эквивалентного напряже-

ния. Локализация и размер зон стесненного сжатия связующего в значительной степени зависят от формы щебня. Установлено, что при использовании кубовидного щебня протяженность зоны стесненного сжатия существенно больше в сравнении с округлыми (сферическими и эллипсоидальными) частицами, что повышает формостабильность дорожного покрытия.

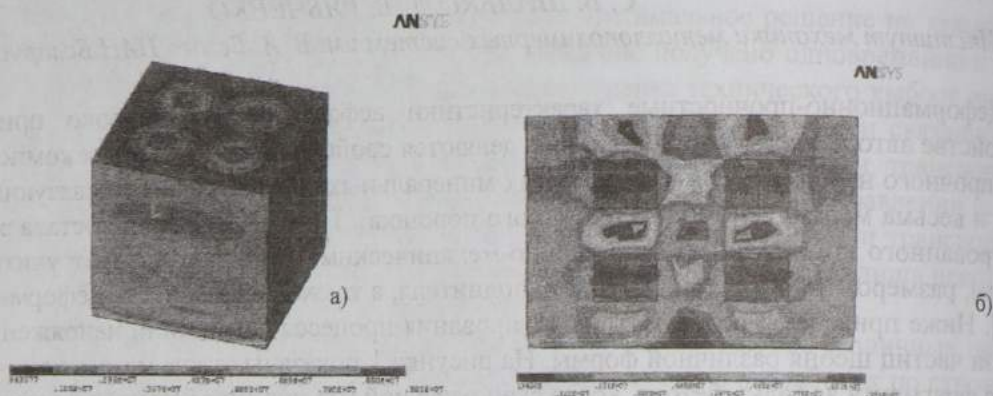


Рисунок 2 – Распределение эквивалентных напряжений в проекции на грани (а) и в диагональном сечении (б) мезофрагмента асфальтобетона

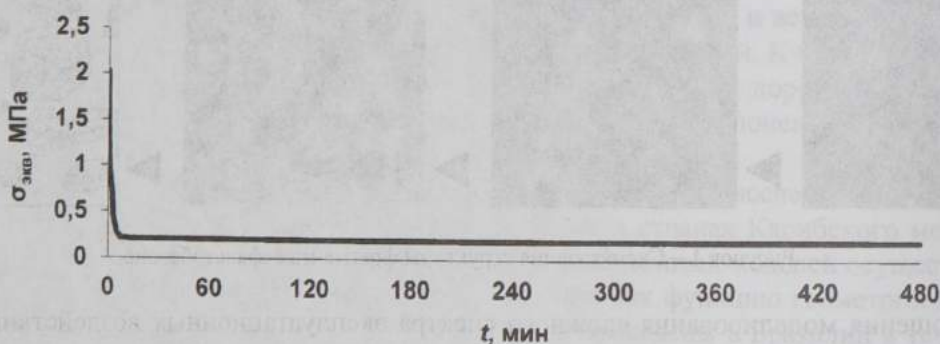


Рисунок 3 – Изменение максимального эквивалентного напряжения $\sigma_{\text{экв}}$ во времени

Таким образом, мезомеханический анализ асфальтобетона показывает предпочтительность использования кубовидного щебня по критерию формостабильности дорожного покрытия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Асфальтовый бетон / под ред. Л. Б. Гезенцева. – М.: Транспорт, 1985 – 350 с.
- 2 Малышев, А. А. Исследование влияния характеристик структуры на деформативность асфальтобетонного слоя / А. А. Малышев // Известия вузов. Строительство. – 2004. – № 6. – С. 74–78.
- 3 Кравченко, С. Е. Прогнозирование упругих и вязкоупругих характеристик асфальтобетона / С. Е. Кравченко, Ж. В. Реут, С. В. Шилько // Строительная наука и техника. – 2010. – № 3. – С. 59–64.

УДК 625.12:677.021.122.6

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕОСИНТЕТИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ

Ю. М. ЭТИН, А. Л. ФИЛЁВА, Е. В. СИДОРЧИК

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

В условиях эксплуатации железных дорог земляное полотно испытывает интенсивное воздействие поездных нагрузок, а также влияние множества техногенных, климатических и геологических факторов, что приводит к возникновению в земляном полотне деформаций, в том числе создающих