

строительства и эксплуатации дорог в районах горно-рудной промышленности Силезии, применение шлаков в дорожном строительстве и др.

Обсуждения докладов, выступления участников конференции были направлены на выяснение сути предложенных решений, выработку общих взглядов по актуальным вопросам прочности дорожных конструкций и безопасности движения.

С интересом был заслушан на конференции и наш доклад "Характерные дефекты цементобетонных покрытий и методы их предотвращения", подготовленный совместно с Г.Н.Лазуком и С.И.Зяневичем - сотрудниками Белаявтострады.

На основании материалов конференции и выставочных экспонатов можно сделать вывод, что в Европе преимущественное внимание уделяется поиску новых материалов для модификации битумов и битумных эмульсий, применению геотекстильных материалов и совершенствованию технологий производства дорожных работ, базирующихся на современной автоматизированной машинной базе.

Научно-исследовательский институт дорог и мостов (г.Варшава) взял на себя функции обобщения мирового опыта строительства, ремонта и содержания дорог, и поэтому планирует ежегодно проводить научные конференции в г.Кельце.

УДК 691.32:620.193

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ДОРОЖНОГО ЦЕМЕНТОБЕТОНА

И.И.Леонович, Ю.Г.Бабаскин

Белорусская государственная политехническая академия
(г.Минск, Беларусь)

Автомобильные дороги Республики Беларусь общего пользования превышают 50 тыс. км, из которых 96% составляют дороги с твердым покрытием.

Кроме дорог общего пользования, в республике имеется большое количество городских дорог и улиц, протяженность которых составляет более 150 тыс. км.

Бетонные покрытия являются основными на автомобильных дорогах республики. Наиболее перспективны дороги с цементобетонным покрытием. В настоящее время в Республике Беларусь эксплуатируется свыше 1770 тыс. км дорог с этим видом покрытия различных технических категорий. Причем из всего количества дорог с цементобе-

тонным покрытием на территории Минской области имеется 41%, а на территории Витебской и Гродненской областей - только 6%. На территориях Гомельской и Могилевской областей отсутствуют автомобильные дороги с цементобетонным покрытием I технической категории, а на территориях Витебской, Гродненской и Могилевской областей - II технической категории.

Проведенные обследования таких основных магистралей, как Брест-Москва, Минск-Вильнюс, Минск-Микашевичи, показали, что эти дороги имеют большое количество дефектов, основными из которых являются шелушение, выбоины, продольные и поперечные трещины.

На основании проведенных в БГПА исследований разрушение цементобетонных покрытий можно разделить на три стадии: первая - в течение первых 5-6 лет; происходит доуплотнение покрытия и наиболее интенсивное трещинообразование; вторая - в течение 6-12 лет; наблюдается относительная стабилизация процесса разрушения; третья - после 12 лет эксплуатации; происходит нарастание температурно-усталостных деформаций. Количественные и качественные характеристики обследуемого покрытия в каждую из стадий позволяют принять решение о сроках и виде проводимого ремонта. Для этой цели на основании собранных статистических данных по видам разрушения разработана номограмма для оценки необходимости проведения ремонтных работ. За критерий оценки эксплуатационного состояния дороги принята суммарная площадь дефектов. Номограмма состоит из пяти самостоятельных зависимостей, связанных между собой итоговыми шкалами, выполненными в одном масштабе. Для каждого вида разрушения: трещина, выбоина, шелушение и т.д. - приняты минимальные размеры по поперечному сечению и количество этих дефектов на площадь покрытия, при которых ремонтные работы производить нецелесообразно. Общая площадь всех разрушений, распределенных на единицу длины дороги, составляет 1,8 - 2,0 м² на 1 км дороги. Если это количество выпадает на определенный дефект, то вступает в действие правило минимального количества данного дефекта.

Таким образом, имея статистические данные по дефектам цементобетонных покрытий, получаемые в результате полевого обследования автомобильных дорог, можно с помощью номограммы определить величину отсутствия бетона на единицу длины дороги и принять решение о начале производства ремонтных работ.

Однако наличие статистических данных не позволяет определить истинную причину разрушения цементобетона: произошло оно в результате доуплотнения земляного полотна, верх которого скрыт от глаза наблюдателя цементобетонным покрытием, либо за счет темпера-

турных процессов, происходящих в самом покрытии, либо за счет коррозионных процессов, протекающих в том же покрытии.

Единственный способ определения доуплотнения земляного полотна - это взятие геодезических отметок по реперам. Однако доуплотнение может исчисляться в миллиметрах и иметь локальный характер, не оказывая заметного воздействия на процесс осадки покрытия в целом, и тем не менее появление трещин имеет место.

Исследования, проведенные по изучению теплотехнических особенностей бетонных покрытий, позволили установить следующее. Дорожный бетон неоднороден и может быть разделен на цементный камень и минеральный материал, используемый в качестве заполнителя. Коэффициент теплопроводности бетона составляет $1,05 - 1,28 \text{ Вт/м} \cdot \text{К}$, в то время как этот показатель для каменного материала - в два-три раза выше. Соотношение между связующим и каменным материалом в бетоне колеблется от $1 : 1$ до $1 : 3 \dots 1 : 5$. Кроме того, в дорожных бетонах пористость велика и представлена размерами от макро- до микрокапилляров с радиусом $r < 10^{-5} \text{ см}$. А в пористом материале, как известно, теплопередача представлена двумя неравноценными формами: в большей мере - радиацией и в меньшей мере - кондукцией, причем доля радиационного переноса составляет $80 \dots 90\%$ от общего потока. Этот вид теплопередачи характеризуется коэффициентом лучистой теплопередачи. Его значения были рассчитаны в зависимости от изменения температур с перепадом от 1 до 12°C . На основании расчетных данных построен график изменения расчетного коэффициента в зависимости от перепада температур.

Помимо рассмотренных аспектов теплопередачи внутри цементобетона необходимо учитывать, что любая дорожная одежда является многослойной конструкцией. Это способствует возникновению явления экранирования на границе раздела слоев. Таким образом, в многослойных конструкциях проявляется два вида теплопередачи: внутри каждого слоя и на границе раздела слоев. Эффект отражения достаточно большой: при одном экране потеря тепла увеличивается в 2 раза, а если экранов 2-3, поток теплоты снижается в 3-4 раза. В связи с увеличением перепада температур увеличиваются температурные напряжения, повышающие трещиностойкость покрытия. Кроме того, в многослойных конструкциях вероятна внутренняя конденсация природной влаги, особенно на границе раздела слоев, что зависит от порядка расположения слоев в различными теплотехническими характеристиками.

Третьим аспектом при изучении причин возникновения трещин является наличие коррозионных процессов в цементобетоне. Этот фактор связан с проведением самого трудоемкого цикла исследований,

включающего проведение микроскопических, петрографических, химических и электронно-микроскопических исследований образцов цементобетона, взятых с мест разрушения. Анализ водных вытяжек, дериватограмм, рентгенограмм, а также фотографий, полученных с электронного микроскопа, увеличивающего объект рассмотрения в 10 000 раз, позволяет установить причину разрушения цементобетона. Результаты проведенных исследований свидетельствуют о том, что наличие в составе крупного заполнителя зерен базальта ведет к ослабленной связи с цементным камнем; повышенное содержание сульфатов ведет к сульфатной коррозии; наличие ватерита, кристаллы которого растут независимо друг от друга, не способствует упрочнению структуры; отсутствие портландцемента свидетельствует о полном выщелачивании $\text{Ca}(\text{OH})_2$ и наличии глубокой коррозии.

С целью изучения динамики воздействия коррозионных факторов использовались: насыщенный раствор хлорида натрия, суспензии галопелитового шлама и дигидрата фосфогипса, растворы кислот, бензин, дизельное масло и топливо. Испытание образцов, находящихся в агрессивных средах, показало, что дорожный цементобетон нестойк в средах растворов кислот, хорошо подвержен проникновению дизельного топлива и бензина.

Определив причину возникновения дефектов, их количественное и качественное состояние, необходимо выбрать вид ремонтных работ. В связи с тем, что мы не имеем возможности повторно использовать цементобетон, все ремонтные работы могут быть связаны либо с удалением корродирующего бетона и укладкой на его место нового, качественного, либо с закрытием корродирующего бетона изолирующим материалом, выбор которого зависит от его адгезионных свойств, а также выносливости под воздействием эксплуатационных факторов.

С целью выработки решения по определению вида изолирующего материала были изучены процессы, протекающие в неоднородных материалах, к которым относится и цементобетон. Для этого был использован принцип континуумизации, дающий возможность применять непрерывные функции для описания явлений и процессов, происходящих в неоднородных структурированных материалах и, таким образом, рассматривать неоднородные структуры как континуум (непрерывность).

В качестве изолирующего материала были рассмотрены три вида покрытий:

- 1) органический материал (асфальтобетон или поверхностная обработка);
- 2) цементный раствор;
- 3) химический раствор.

Нанесение любого из рассмотренных материалов позволит получить прочное сцепление двух материалов только при удалении слоя корродирующего бетона механическим путем, с обнажением активных центров крупного и мелкого заполнителей. После этого необходимо осуществить укладку промежуточного слоя, рецептура которого составлена на основе портландцемента, улучшенного структурирующими добавками, имеющими функциональные полярные группы, и микрозаполнителя из карбонатных пород, позволяющего повысить прочность цементного камня из-за образования комплексного соединения гидрокарбоалюмината. На застывший цементный раствор наносится жидкий битум и далее - асфальтобетон либо органо-минеральная смесь. Для лучшего сцепления асфальтобетона с минеральным основанием может быть проведена химическая активация цементобетона отходом замазливателя или раствором щелочного стока производства капролактама.

Проведенные теоретические и экспериментальные исследования позволили разработать систему оценки эксплуатационного состояния цементобетонных дорожных покрытий, установления истинных причин разрушения минерального материала. Исследования проведены на основе фундаментальных работ. Предложены способы, технологии и рецептуры смесей для проведения ремонтных работ.

УДК 625.74:656.13.08"414.22"

ДЕФЕКТЫ ЦЕМЕНТОБЕТОННЫХ ДОРОЖНЫХ ПОКРЫТИЙ И МЕРЫ ПО ИХ ПРЕДОТВРАЩЕНИЮ

И.И.Леонович, Г.Н.Лазук, С.И.Зиневич

Белорусская государственная политехническая академия,
РГПП "Белавтострада"
(г.Минск, Беларусь)

За последние годы в Республике Беларусь было построено значительное количество автомобильных дорог с цементобетонным покрытием, среди них - как магистральные, так и местные дороги. В перспективе роль этих покрытий не уменьшится, а наоборот, будет возрастать. Они эксплуатируются в сложных погодно-климатических условиях, под действием значительных транспортных нагрузок. Все это приводит к возникновению и развитию дефектов, которые снижают транспортно-эксплуатационные качества дорог, ведут к чрезмерным, подчас необоснованным затратам на производство ремонтных работ.