

ценность и высокие технико-экономические показатели, не уступающие импортным аналогам. Экономическая эффективность от внедрения разметочных материалов без учета экологического фактора составляет порядка 0,5-1,0 млн.руб./км сплошной линии разметки в год по сравнению с зарубежными красками.

Таким образом, в Республике Беларусь имеется достаточная научно-техническая и сырьевая база для собственного производства в достаточных объемах традиционных разметочных материалов и перехода в перспективе на экологически безопасные водоразбавляемые краски и пластики холодного отверждения.

УДК 691.

ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИИ ДОЛГОВЕЧНОГО ЦЕМЕНТНОГО БЕТОНА ДЛЯ ДОРОЖНЫХ ПОКРЫТИЙ

Э.И.Батяновский

Белорусская государственная политехническая академия
Минск, Беларусь

Эксплуатационные условия покрытий автомобильных дорог на территории Беларуси характеризуются сочетанием крайне неблагоприятных факторов, воздействующих на цементный бетон. В частности, в республике используют в качестве антиобледенителя покрытий дорог и других транспортных сооружений калийную руду, содержащую, в основном, калиевую и натриевую хлористую соль, вызывающую солевую коррозию цементного камня (бетона). Ее воздействие накладывается на многократное попеременное замораживание-оттаивание бетона в зимний период, количественно достигающее ежегодно до 80 и более циклов при различной глубине охлаждения материала. Следует учитывать, что массоперенос и агрессивное воздействие накопленных в порах бетона солей не прекращается и в летний период, т.к. покрытие постоянно подвергается знакопеременным деформациям всего массива при изменениях температуры, увлажнении - высушивании, а также "местным" - под воздействием нагрузок от движущихся транспортных средств. Выделение последними углекислого газа сопровождается возможностью образования при определенных условиях угольной кислоты и развития кислотной коррозии цементного бетона. Данный неполный перечень физико-химического воздействия на материал дорожного покрытия дополняется механическим: ударно-динамическими, сдвиговыми усилителями, абразивным истиранием, подвижками основания. Совокупность означенных факторов образует эксплуатационную сре-

ду с комплексным агрессивным воздействием на материал дорожного покрытия, и обеспечение его долговечности в этих условиях представляет собой сложную технологическую задачу. Ее решение возможно путем получения бетона, непроницаемого для агрессивных реагентов, обладающего высокой прочностью, твердостью поверхности и низкой истираемостью, характеризующегося повышенной трещиностойкостью и способностью к значительным упругим деформациям без нарушений структуры под действием кратковременных и длительных нагрузок, а также изменений температуры и влажности среды.

Сложность задачи по обеспечению приведенных свойств цементного бетона заключается в том, что некоторые из них противоречат друг другу. Так бетон, характеризующийся прочностью в 80 МПа и более, обладает низкой деформативностью (трещиностойкостью). Под действием предельных нагрузок предрасположен к мгновенному (хрупкому) разрушению. Повышение деформативности и непроницаемости бетона путем введения полимерных добавок может сопровождаться снижением его способности сопротивляться абразивному износу и т.д. Поэтому формирование физико-механических и эксплуатационных характеристик бетона представляет собой систему мер, составляющую полный технологический цикл от выбора материалов до контроля прочности затвердевшего бетона.

Основополагающее значение для обеспечения морозо- и солестойкости бетона на заполнителях из плотных горных пород имеет капиллярная (сообщающаяся) пористость цементного камня. Известно, что поры с размером сечения до одного микрона непроницаемы для воды и растворов солей, т.к. их "закупоривают" адсорбционные слои жидкости, обладающие квазиупругими свойствами и способностью сопротивляться сдвиговым усилиям. Поры же сечением более микрона проницаемы для жидкости, обеспечивают возможность массопереноса солей и потенциально опасны для долговечности бетона в тем большей мере, чем крупнее их сечение и больше количество.

Естественной задачей технологии бетона для дорожных покрытий является формирование максимально плотной структуры цементного камня и бетона с минимальным объемом пор, проницаемых для жидкости. Сформулируем некоторые важнейшие требования к материалам для бетона и технологии его получения, выполнение которых безусловно необходимо для достижения поставленной цели.

В качестве вяжущего необходимы чистоклинкерные цементы, соответствующие по минералогическому составу требованиям действующего стандарта на цемент для дорожного строительства марок 500-600. Следует учитывать, что при долговременной эксплуатации бетон дорожных покрытий неизбежно будет подвержен микротрещинообразо-

ванию под воздействием знакопеременных деформаций. Для локализации и ликвидации микротрещин в теле бетона необходимо создать условия для протекания реакций гидратации цемента в течение длительного времени, что может обеспечивать применение вяжущего с тонкостью помола не более $2500...2800 \text{ г/см}^2$ по прибору типа "ПСХ". Отметим, что такой цемент будет обладать низкой водопотребностью, соответствующей нормальной густоте не более 25%.

С целью повышения плотности бетона и формирования непроницаемой для жидкости структуры цементного камня, а также удлинения технологического периода вязко-пластичного состояния бетонной смеси необходимо запретить использование бетона для дорожных покрытий без добавок-суперпластификаторов типа "С-3", "ДФ" и др. Этот запрет должен распространяться на применение в нем некондиционных заполнителей, в особой мере - по показателям запыленности, зерновому составу, наличию органических примесей и зерен слабых пород.

Присутствие пылевидных (илистых, глинистых) фракций, увеличивая водопотребность смеси, практически исключает возможность формирования микрокапиллярной пористости цементного камня, способствует созданию макропористости, что повышает проницаемость бетона. Одновременно снижается его прочность, чему способствует также ослабленная пленками пыли зона контакта заполнителей с цементным камнем, и возрастает истираемость, низкое значение которой обуславливает в первую очередь прочность (твердость) цементного камня и энергия его связи с поверхностью заполнителей.

Применение для дорожных покрытий высокопрочного бетона классов В65 и более согласуется с ранее изложенным и потребует ряда дополнительных условий. Так, прочность крупного заполнителя должна быть не ниже 120 МПа при максимально возможной степени шероховатости его поверхности и форме зерен, близкой к кубической. Лещадных зерен в этом случае должно быть не более 15% по массе, при недопустимости наличия зерен игольчатой и пластинчатой форм. Следует предусмотреть раздельное дозирование крупного заполнителя по фракциям. Важнейшим элементом технологии высокопрочного бетона является применение до 10% от массы цемента микрокремнеземистых добавок, являющихся инициаторами формирования кристаллогидратных новообразований в твердеющем цементном камне. Трудно рассчитывать на успешное получение высокопрочного бетона в массовом строительстве без использования двухстадийного приготовления бетонной смеси с высокоинтенсивной обработкой цементного геля (теста), а также без применения высокочастотного вибровоздействия на бетон в процессе формования.

Как уже отмечалось, цементный бетон класса В65 и более обладает пониженной деформативностью, что в эксплуатационных условиях дорожного покрытия может привести к микротрещинообразованию с последующим ростом проницаемости и развитием деструкции бетона. Повысить его деформативность и способность сопротивляться ударным нагрузкам можно введением в смесь на стадии приготовления полимерных добавок (водорастворимых эпоксидных смол, латексов, кремнийорганических жидкостей и др.), которые одновременно способствуют понижению проницаемости, росту морозо- и коррозионной стойкости бетона.

Ориентируясь на широкое применение в дорожном строительстве высокопрочного бетона, следует учитывать, что взаимосвязь между его долговечностью и прочностью не однозначна и обусловлена общностью базы обеих характеристик - плотностью структуры цементного камня и бетона в целом. При этом долговечность, способность сопротивляться агрессивному воздействию эксплуатационной среды, в значительно большей степени зависит от проницаемости бетона, на которую существенно влияют условия формирования и твердения полотна дорожного покрытия.

В соответствии с законами физики жидкая фаза в процессе формирования "пласта" бетона отжимается к его верхней плоскости, одновременно образуя слой материала с большим, чем в объеме, водоцементным отношением и вынося к поверхности взвешенные в ней тонкодисперсные частицы твердой фазы: минеральных добавок, пыли, цемента. Чем выше водосодержание, больше минеральных добавок и пылевидных фракций, тоньше измельчен цемент, тем значительнее этот эффект, выше пористость и ниже физико-механические характеристики верхнего слоя бетона. Проблема заключается в том, что отмеченные явления неизбежны при формировании традиционными методами и усугубляются последующим обезвоживанием бетона путем испарения влаги и образованием развитой сети капиллярных каналов в рабочей зоне полотна дорожного покрытия, которая в первую очередь подвергается эксплуатационным нагрузкам и воздействию среды. Свести к минимуму означенные негативные явления при формировании цементобетонного дорожного покрытия позволит сочетание ранее приведенных мер с применением высокочастотного вибрирования бетонной смеси в процессе ее укладки. Воздействие с частотой порядка 200 Гц и более при амплитуде в 0,15...0,3 мм способно вызвать тиксотропное разжижение бетонных смесей жесткостью более 60 с без эффекта влагоотделения с последующей практически мгновенной стабилизацией ее после формирования. Обязательным завершающим этапом работ должны быть защитные мероприятия, направленные на гидроизоляцию поверхности отформованного полотна дорожного покрытия и защиту его от перегрева под влиянием солнечной энергии и экзотермии цемента. Независимо от путей и средств достижения результата требуемый режим тверде-

ния бетона должен характеризоваться максимальной температурой в его теле не более 40°C при влажности среды у поверхности не менее 90%.

Пленкообразующие покрытия должны обеспечивать коэффициент влагоудержания не ниже 0,9.

Рациональное сочетание изложенных мер, органически соединенных в технологическом цикле, позволит получать цементный бетон для дорожных покрытий, способный обеспечивать их надежную долговечную эксплуатацию.

УДК 625.658.562.

ОЦЕНКА УРОВНЯ КАЧЕСТВА ГРУНТА

Н.И.Бурминский, Л.А.Литвинова, В.В.Бурминская

Ростовская-на-Дону государственная академия строительства
Ростов-на-Дону, Россия

Для обеспечения устойчивости земполотна не следует допускать увеличения влажности его грунтов выше их ММВ при соответствующей плотности скелета грунта в течение теплого периода года вплоть до первых заморозков. Кроме того, в зимний период уровень грунтовых вод должен быть ниже дна корыта не менее чем на удвоенную глубину промерзания грунта под одеждой. При изменяющихся условиях перехода замораживания-оттаивания происходит значительное разуплотнение грунта, и может составить снижение плотности до 30%.

Расчет конструкций дорожных одежд ведется по расчетным моделям, основой которых являются упругие свойства материалов. Практика показывает, что устойчивость дорожных одежд в значительной степени предопределяется упругими свойствами грунтов земляного полотна. Нельзя допускать, чтобы в земляном полотне возникали остаточные деформации грунта. Для этого грунт земляного полотна уплотняется при оптимальной влажности до максимальной плотности.

Известно, что упругий материал (резина, каучук и т.п.) сохраняет присущие ему упругие свойства при напряжениях, не превышающих предельной величины, выше которой начинается пластическое течение материала и затем полное его разрушение. При конструировании инженерных сооружений стремятся полнее использовать упругие свойства материала, не допускается превышение предельного упругого сопротивления материала нагрузкам от сооружения. Для этого разработаны методы определения предела упругой прочности разных материалов, кроме грунта.