

$$EI \frac{d^4 y}{dx^4} - ky = q(x) \quad (1)$$

известно из [7] и использовано авторами в работе [4]:

$$y(x) = C_1 \cos\left(\lambda \frac{x}{L}\right) + C_2 \sin\left(\lambda \frac{x}{L}\right) + C_3 \operatorname{ch}\left(\lambda \frac{x}{L}\right) + C_4 \operatorname{sh}\left(\lambda \frac{x}{L}\right) + \frac{e^x - e^{-x}}{e^x + e^{-x}}, \quad (2)$$

где λ – безразмерный упругий параметр, $\lambda = \sqrt[4]{kL^4 / EI}$.

При смещении жёсткой опоры (правая опора) граничные условия задачи, следующие:

$$\text{«заделка – заделка» при } x = 0: y = y' = 0; \text{ при } x = L: y = 1; y' = 0 \quad (3)$$

Выполняя граничные условия (3) для поставленной задачи, из решения ДУ изгиба балки (2) находим постоянные интегрирования C_i , $i = 1, \dots, 4$, а по ним – реакции опор. Для построения окончательных эпюр внутренних усилий в системе перекрестных балок (см. рисунок 1) необходимо найти выражения изгибающих моментов и поперечных сил в рассматриваемой однопролетной балке с различными опорными закреплениями на действие единичных линейных и угловых смещений опор и внешней нагрузки, что реализовано в компьютерной среде «Mathematica».

Предложенная новая нетрадиционная математически несложная методика статического расчета системы перекрестных балок (фундаментных лент) на упругом основании Винклера на вертикальную нагрузку основана на методе перемещений для расчета плоских рам на пространственную нагрузку, только в однопролетных балках при определении реакций от распределенной по произвольному закону нагрузки и единичных смещений учитываются реактивные давления, возникающие на контакте подошвы балки с основанием Винклера.

Список литературы

- 1 Манвелов, Л. И. О выборе расчетной модели упругого основания / Л. И. Манвелов, Э. С. Барташевич // Строительная механика и расчет сооружений. – 1961. – № 4. – С. 9–12.
- 2 Черкасов, И. И. Механические свойства грунтовых оснований : учеб. пособие / И. И. Черкасов. – М. : Аэротрансиздат, 1966. – 248 с.
- 3 Горбунов-Посадов, М. И. Расчет конструкции на упругом основании / М. И. Горбунов-Посадов, Т. А. Маликова, В. И. Соломин. – 3-е изд. перераб. и доп. – М. : Стройиздат, 1984. – 679 с.
- 4 Босаков, С. В. Метод перемещений в расчетах системы перекрестных балок на упругом основании Винклера / С. В. Босаков, О. В. Козунова // Строительная механика и расчёт сооружений. – 2019. – № 2. – С. 12–16.
- 5 Пашевский, Д. П. Применение метода деформаций к расчету балки на упругом основании / Д. П. Пашевский // Исследование по теории сооружений, 1954. – VI. – С. 249–256.
- 6 Александров, А. В. Сопротивление материалов / А. В. Александров, В. Д. Потапов. – М. : Высш. шк., 1990. – 400 с.
- 7 Тимошенко, С. П. Теория упругости / С. П. Тимошенко, Дж. М. Гудьер. – М. : Наука, 1975. – 576 с.

УДК 69.057:7

ПОВЫШЕНИЕ ДОЛГОВЕЧНОСТИ БЕТОНОВ И РАСТВОРОВ В ТРАНСПОРТНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Н. В. ЧЕРНЮК, Т. В. ЯШИНА

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Придание строительным бетонам и растворам большей долговечности, а конструкциям из них – большей надежности всегда актуально при строительстве зданий и сооружений на транспорте или проведении ремонтно-строительных работ. Из мирового опыта разных способов повышения надежности и долговечности бетонов следует отметить, что более 70 % всего объема бетона укладывается с применением химических добавок.

Строительные бетоны и растворы, состоящие из комплексного вяжущего (минерального портландцемента и полимера) являются материалами, отличающимися высоким уровнем адгезии

онной прочности к разным поверхностям, износостойкости, стойкости к агрессивным воздействиям и пр.

Свойства полимерцементных бетонов зависят от количества полимерного компонента, используемых стабилизаторов и отвердителей, условий твердения и других технологических факторов. Органическим компонентом в таких составах могут быть водные дисперсии полимеров (поливинилацетата, натуральных и синтетических латексов, эмульсии, битумы и т. д.), эпоксидные, карбамидные, фурановые смолы и др. Полимерная добавка может быть представлена также смесью различных полимеров.

Полимерцементные бетоны могут быть получены разными способами:

- введением в состав бетона при смешивании водных дисперсий полимеров (поливинилацетата, латексов и др.), распадающихся в цементной смеси с выделением воды, которая также расходуется в процессе гидратации цемента, а освобождающийся полимер участвует в построении структуры искусственного камня;

- добавление в воду затворения водорастворимых мономеров и полимеров (карбамидных смол, поливинилового и фурилового спиртов, эпоксидных водорастворимых смол) с последующим переводом их в твердое нерастворимое состояние в теле бетона с помощью отверждающих добавок;

- пропиткой бетонных изделий на требуемую глубину маловязкими синтетическими продуктами (стиролом, метилметакрилатом и др.), нанесение смол на поверхности заполнителей и пр.

При выборе для исследований поливинилацетатцементных композиций принимали во внимание высокую технологичность полимерцементных составов на поливинилацетатной дисперсии, не требующую введения стабилизаторов против коагуляции полимерцементной системы; относительно небольшую стоимость полимера; достаточно большой успешный опыт использования полимерцементных композитов в строительной практике; их высокие адгезионные свойства (в 3 раза превышающие адгезию не модифицированных полимером цементных растворов и бетонов), высокую износостойкость и стойкость к маслам, нефтепродуктам, концентрированным щелочам, высокую стойкость к возгоранию (наибольшее время загорания составляет более 300 с при отсутствии пламени и дыма) и др.

Исследования, проводимые с поливинилацетатной дисперсией, показали, что полимерцементные бетоны и растворы обладают рядом отличительных особенностей: характеризуются высокими адгезионными свойствами к разным поверхностям: металлу, дереву, стеклу, бетону, керамике, что важно при ремонтно-восстановительных работах в зданиях на транспорте, когда требуется надежное и долговечное сцепление с поверхностью старого бетона, и с новыми современными материалами композитного характера. Присущая им повышенная износостойкость и низкая возгораемость позволяет использовать их для помещений с большими пассажиропотоками (для повышения долговечности конструкций и безопасности человека). Высокая стойкость к техническим маслам, щелочам, нефтепродуктам делает их практически незаменимыми для зданий с помещениями по ремонту и обслуживанию железнодорожной техники (подвижного состава, локомотивов, колесных пар и др.).

Для полимерцементных композитов рекомендуется дозировка поливинилацетатной дисперсии 0,1–0,2 от массы цемента, а при введении микронаполнителей (снижающих усадку) – от суммарной массы цемента с наполнителем.

Присутствие полимерного компонента в полимерцементных материалах оказывает сложное воздействие на процесс твердения минерального вяжущего. Наличие полимерной добавки снижает интенсивность набора прочности в первые сутки твердения. Такой тормозящий эффект дают высыхающие полимерные пленки. Однако к концу выдерживания образцов достигаются проектные показатели строительно-технических свойств. При дополнительном введении современных химических модификаторов с высоким эффектом гиперпластификации можно получить более высокие прочностные характеристики и улучшенные реологические свойства полимерцементных составов. Повышение однородности смеси, ее связности, пластичности уменьшает микродефектность структуры, что существенно влияет на коррозионную стойкость и долговечность бетонных конструкций.

Введение тонкодисперсных минеральных наполнителей (взамен непрогидратировавшего цемента) в полимерцементные составы не нарушает процессы гидратации портландцемента. Извест-

но, что в наполненных композиционных строительных материалах наполнитель оказывает структурообразующее и упрочняющее действие. При введении в цементно-водную суспензию минеральных наполнителей (шлаковых, кварцевых и других, в объеме до 30 % взамен портландцемента) проявляется в большой степени их структурообразующая способность. В полимерцементном композите образуются смешанные кластерные структуры типа «вяжущее – наполнитель» (независимо от активности минерального компонента) и наблюдается упрочнение оптимально наполненной полимерцементной системы [1].

В исследованиях оптимальные параметры составов и процессов их приготовления определялись математическим методом планирования эксперимента. По уравнениям регрессии и изолиниям поверхности были установлены оптимальное количество наполнителя и его дисперсность (при которой достигалась максимальная прочность образцов). Применение гиперпластификаторов позволяло скорректировать падение подвижности смесей из-за значительного увеличения удельной поверхности микронаполнителей. Чем выше эффект пластификации и гиперпластификации, тем эффективнее введение тонкодисперсных наполнителей. Наполнение позволяет снижать стоимость полимерцементных растворов и бетонов, способствует утилизации отходов и защите окружающей среды от загрязнений и безопасности для человека [2].

Свойства полимерцементных растворов и бетонов зависят существенно от технологии их приготовления. Анализ способов приготовления композитов показал перспективность применения раздельной интенсивной технологии, сочетающей в себе турбулентное перемешивание компонентов связующего (с минеральными добавками-наполнителями и химическими модификаторами реологических и прочностных свойств). По такой технологии создаются наиболее благоприятные условия и для гидратации портландцемента в полимерцементных составах и для формирования их микро- и макроструктуры. Испытания разных составов показали, что продолжительность перемешивания оказывает существенное влияние на однородность и прочность материала, а заметного влияния на подвижность не оказывает. Комплексные исследования по влиянию продолжительности и скорости перемешивания составов показали, что наилучших результатов по прочности и подвижности можно достичь при скорости перемешивания (около 20 м/с) и продолжительности перемешивания смеси от 60 до 120 с. Краткосрочная активация цементного связующего в смесителе турбулентного типа достаточна для организации оптимальной структуры в более короткие сроки и приводит к наибольшему увеличению прочностных показателей и строительно-технических свойств бетонов.

Применение полимерцементных бетонов и растворов способствует улучшению их строительно-технических и технологических свойств, способствует увеличению межремонтных периодов, сокращению трудоемкости работ и сроков их выполнения, увеличению долговечности конструкций и надежности зданий и сооружений на транспорте.

Список литературы

1 Яшина, Т. В. Наполненные полимерцементные композиты строительного назначения / Т. В. Яшина, В. И. Соломагов // Известия вузов. Архитектура и строительство. – 1991. – № 12. – С. 46–50.

2 Яшина, Т. В. Модификация бетонов для транспортного строительства / Т. В. Яшина, А. А. Алексеева // Проблемы современного строительства : материалы Междунар. науч.-техн. конф. – Минск : БНТУ, 2018. – С. 231–233.

УДК 624.138.232

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ЛЕСОВОЗНЫХ ДОРОГ В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА

С. А. ЧУДИНОВ, О. Н. БАЙЦ

*Уральский государственный лесотехнический университет,
г. Екатеринбург, Российская Федерация*

Строительство лесовозных дорог из укрепленных грунтов является наиболее надежной, экономичной и ресурсосберегающей технологией, поскольку позволяет использовать имеющиеся грунты в качестве конструкционных материалов дорожной одежды. Однако вызванные изменением клима-