

позволяет обеспечить надежную работу систем в неблагоприятных условиях окружающей среды, создавать конструкции, сочетающие высокую прочность и жесткость с относительно малой массой.

Рассмотрим несимметричную по толщине круговую трехслойную пластину, испытывающую колебания под действием поперечной нагрузки в нейтронном потоке. Материалы слоев проявляют линейно вязкоупругие свойства. Постановка и решение задачи проводятся в цилиндрической системе координат r, φ, z . Для изотропных несущих слоев приняты гипотезы Кирхгофа. В несжимаемом по толщине легком заполнителе деформированная нормаль остается прямолинейной, не изменяет длины и поворачивается на дополнительный угол $\psi(r, t)$. Через $w(r, t)$, $u(r, t)$ обозначены прогиб и радиальное перемещение координатной плоскости.

Физические соотношения для материалов слоев выписываются с использованием интегрального оператора линейной вязкоупругости:

$$G_k^* f(t) \equiv G_k (1 - R_k^*) f(t) \equiv G_k \left(f(t) - \int_0^t R_k(t - \varphi) f(\varphi) d\tau \right),$$

где G_k – модуль сдвига материала k -го слоя ($k = 1, 2, 3$); $R_{\varphi k}(t)$ – ядро релаксации в нейтронном потоке.

Система трех интегродифференциальных уравнений колебаний вязкоупругой пластины следует из уравнений для упругой пластины, если модули сдвига формально заменить операторами линейной вязкоупругости. Для решения применен метод усреднений Ильющина с дополнительной гипотезой о подобии ядер релаксации: предполагается, что ядра релаксации материалов слоев $R_k(t)$ выражаются через ядро релаксации заполнителя $R_3(t)$ ($R_k(t) = l_k R_3(t)$, $l_k = \text{const}$). Например, прогиб получен в виде

$$w(r, t) = \sum_{n=0}^{\infty} v_n T_n(t),$$

где v_n – фундаментальная ортонормированная система собственных функций; $T_n(t)$ – функция времени

$$T_n = \left[A_n \cos \omega_n \left(1 + \frac{1}{2} R_{cn} \right) t + B_n \sin \omega_n \left(1 + \frac{1}{2} R_{cn} \right) t \right] \exp \left(-\frac{1}{2} \omega_n R_{sn} t \right) + \frac{2}{\omega_n} \sqrt{\frac{q_{1n}^2 + q_{2n}^2}{R_{cn}^2 + R_{sn}^2}} \cos(\omega_n t + \varphi_1 - \varphi_2),$$

R_{cn}, R_{sn} – два основных Фурье-образа ядра $R_3(t)$.

Численно был исследован логарифмический декремент колебаний R_{c0} , соответствующий частоте основного тона ω_0 и характеризующий демпфирующую способность материалов пластины Д16Т-фторопласт-Д16Т. С увеличением толщины заполнителя логарифмический декремент нелинейно возрастает. Нейтронное воздействие вызывает более интенсивное затухание колебаний в вязкоупругих системах.

УДК 624.012.3/4(075.8)

МОДИФИЦИРОВАННЫЕ, ЭКОНОМИЧНЫЕ И НАДЕЖНЫЕ БЕТОНЫ

Т. В. ЯШИНА, М. Г. ОСМОЛОВСКАЯ, З. Н. ЗАХАРЕНКО
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

С увеличением транспортных потоков в настоящее время возросли требования к безопасности, а значит и к качеству дорог, дорожных покрытий и прилегающих коммуникаций, а значит и к бетонам и к железобетонным конструкциям транспортного назначения. Существует множество способов повышения надежности, долговечности этих бетонов, это и специальные пропитки, позволяющие защитить верхний слой бетона от разрушения, разнообразные мастики, огромное количество специальных защитных материалов, покрытий, шпатлёвок, штукатурок и т. д. Все эти средства по своему эффективны и находят своё применение при восстановительно-ремонтных работах. Но их общим недостатком является дороговизна. При точечных ремонтных работах, проводимых для предотвращения разрушения бетона на одном определённом участке, остальная поверхность должна разрушаться.

Одним из существующих и недорогих способов для предотвращения разрушения бетона, является применение модифицированных специальных химических и минеральных добавок в бетон, которые без увеличения расхода цемента позволяют повысить морозостойкость, водонепроницаемость и истираемость бетона.

В связи с массовым применением пластифицированных бетонных смесей необходимо уточнить степень влияния вида и качества мелкого заполнителя и определить условия его рационального применения. При этом необходимо учитывать сложившийся дефицит природных песков средней крупности, наличие в Гомельской области только мелких и очень мелких песков, а также постоянное накопление отсевов дробления горных пород Микашевичского комбината более 1 млн м³ в год. Для назначения рациональных составов бетонов, улучшения его структуры и повышения долговечности важно обосновать выбор определённого мелкого заполнителя в составе бетона. Были исследованы обычные и пластифицированные бетонные смеси с каждым видом мелкого заполнителя. При различном соотношении $r = \Pi_1 / (\Pi_2 + \Psi)$ (где Π_1 , Π_2 и Ψ – расходы мелкого и крупного заполнителей) влияние этого фактора на свойства оценивали по величине водопотребности бетонной смеси и коэффициенту расхода цемента $K_{ц} = \Psi / (10R_6)$ (где Ψ – расход цемента, R_6 – прочность бетона), учитывающему одновременно влияние рассматриваемого фактора на свойства бетонной смеси и бетона.

Оптимальное значение r по отношению к песку средней крупности в равноподвижных смесях при одинаковом Ψ / V снижается для очень мелкого песка на 15 %, отсева дробления на 10 % и для смеси отсева дробления и очень мелкого песка на 7 %. В пластифицированных бетонных смесях на основе С-3 оптимальное значение r увеличивается на 15 % по сравнению с обычными смесями на том же мелком заполнителе. Такое содержание мелкого заполнителя в бетоне обеспечивает достижение минимальных значений водопотребности бетонной смеси и коэффициента $K_{ц}$. Исследования проводили на бетонах с оптимальным содержанием каждого вида мелкого заполнителя.

Одним из важнейших показателей оценки эффективности использования данного вида мелкого заполнителя является расход цемента для бетонной смеси и бетона с требуемыми свойствами. Поэтому важно определить его влияние на водопотребность бетонной смеси и на прочность бетона. Использование отсевов дробления из промытых пород без введения пластификатора повышает водопотребность бетонной смеси на 15–20 %, а очень мелких песков – на 10 % и более. Применение таких видов мелкого заполнителя совместно с суперпластификатором С-3 позволяет не только устранить перерасходы цемента и воды, но и обеспечить пониженную водопотребность по сравнению с контрольной бетонной смесью, что делает ее и экономичной. Однако смеси на естественных отсевах дробления с высоким содержанием фракции менее 0,16 мм, объёмом до 20 % и пылевидных частиц объёмом до 25 % обладают настолько повышенной водопотребностью (до 30 %), что даже пластификатор не устраняет перерасход цемента и воды. Введение пластификатора снижает водопотребность в контрольных смесях на 10–12 %, а в смесях на отсевах дробления и очень мелких песках на 15–20 %. В пластифицированных бетонных смесях относительное влияние вида мелкого заполнителя на водопотребность смеси сглаживается. Использование смеси обогащенного отсева дробления и очень мелкого песка в рациональном соотношении позволяет существенно устранить повышение водопотребности, а в сочетании с пластификатором С-3, снизить расход воды до 10 %. Применение смеси отсевов и очень мелких песков в бетонах с добавкой С-3 обеспечивает экономию до 10–15 % цемента для бетонов классов С20/25–С32/40.

Рациональное использование в пластифицированных бетонных смесях различных видов мелких заполнителей позволяет расширить их сырьевую базу, экономно расходовать цемент и повысить качество, долговечность и надежность железобетонных конструкций транспортного назначения. Более существенного улучшения свойств бетонной смеси и бетона можно добиться при применении гиперпластификаторов нового поколения, которые являются химическими добавками комплексного действия («Полипласт», «Реламикс», «Стахепласт», «Вибропор», «Комплекс-5», «Стахебел», «Хидетал», «Универсал» (разных модификаций)).