

сцепление арматуры с бетоном вполне обеспечивает нужную анкеровку, поскольку максимальные изгибающие моменты от внешней нагрузки образуются в сечениях, в которых расстояние от торца элемента больше, чем длина заделки арматуры. Несущую способность таких элементов определяют поверхность и прочностные характеристики бетона и арматуры.

Предварительно напряженные железнодорожные шпалы и брусья стрелочных переводов являются такими струнобетонными элементами, в которых максимальный изгибающий момент от внешней нагрузки действует в подрельсовом сечении. Подрельсовое сечение находится на небольшом расстоянии (около 50 см) от торца элемента, и при обыкновенной напрягающей арматуре (круглая, гладкая) сцепление не всегда гарантирует надежную анкеровку арматуры. Применение предварительного напряжения с натяжением арматуры на бетон в шпалах и брусьях является нерациональным в связи с большими потерями предварительных напряжений в арматуре вследствие обжатия шайб, смещения стержней в зажимах или захватах. Относительные потери будут большими в связи с небольшой длиной шпал и брусьев. Потому бетонные шпалы и брусья производят как струнобетонные.

Брусья для стрелочных переводов являются балками различной длины в пределах 2200–5000 мм. В последнее время в Польше разработано и внедрено производство преднапряженных струнобетонных брусьев постоянного поперечного сечения. Скрепления к брусьям и шпалам прикреплены винтами, ввинченными в полиэтиленовые дюбеля. Применяются и упругие скрепления рельсов к брусьям и шпалам типа Skl 12.

Поперечное сечение брусьев – трапециевидное с основаниями: 290 мм (нижнее) и 260 мм (верхнее), высотой 210 мм. Вес погонного метра бруса – 152 кг, поверхность поперечного сечения – 601 см², а поверхность опирания на балласт – 2999 см²/м. Напрягаемое армирование составляют 12 стальных стержней диаметром 8 мм с механическими анкерами в виде высаженных головок типа BBRV. Анкеровку арматуры обеспечивают механические анкера в виде стальных плит. Сцепление арматуры с бетоном имеет второстепенное значение. Напрягающее усилие после учета потерь напряжения равно 5551,52 кН. Эксцентриситет равнодействующей напрягающей силы составляет 5 мм ниже центра тяжести поперечного сечения. Брусья изготовлены из бетона марки 50.

Длина зоны анкеровки определена на основе эпюр нормальных сечений, вызванных преднапряжением. Определяется такое сечение, в котором эпюра нормальных напряжений будет прямолинейной. Одновременно длина зоны анкеровки определяется также в таком сечении, в котором на верхней и нижней гранях будут наибольшие значения нормальных напряжений. В анализе напряжений принято упрощение, что напрягающая сила передается на бетон полностью через анкерные плиты, а отсутствует сцепление бетона с арматурой. Нормальные напряжения в сечениях бруса, вызванные напрягающей силой, рассчитаны при использовании метода конечных элементов. Значения нормальных напряжений определены в центре шестнадцати конечных элементов по высоте бруса. Это позволило с большей точностью определить эпюры напряжения, а затем максимальные их значения на нижней и верхней гранях бруса.

Максимальные нормальные напряжения на нижней грани величиной 8,5 МПа возникли на расстоянии 21 см, а на верхней грани напряжение в 10,5 МПа – на расстоянии 23 см от анкерной плиты. Сечение, в котором образовалась прямолинейная эпюра нормальных напряжений, расположено на расстоянии 25 см.

На основании данных, полученных из приведенных расчетов, можно констатировать, что длина зоны передачи напряжений с арматурой на бетон составляет 23–25 см. Длина зоны анкеровки меньше расстояния между анкерной плитой и подрельсовым сечением. По сравнению с обыкновенными струнобетонными элементами применение механического анкера в виде стальной плиты обеспечивает надежную и прочную анкеровку, сокращает длину зоны анкеровки и способствует полному преднапряжению в подрельсовом сечении.

УДК 691.17

СТОЙКОСТЬ ПЕНОПОЛИМЕРБЕТОНА ПРИ ТЕРМОВЛАЖНОСТНОМ СТАРЕНИИ

А. Г. ТАШКИНОВ

Белорусский государственный университет транспорта

Для утепления пропарочных камер тепловлажностной обработки бетонных изделий разработан пенополимербетон, получаемый совмещением эпоксидного пенопласта с крупнопористым (беспес-

чаным) керамзитобетоном. Крупнопористый каркас склеивался из Петриковского керамзитового гравия фракции 5–10 мм, с расходом эпоксидно-фуранового связующего 50 кг/м^3 и пропитывался эпоксидной пеномассой со средней плотностью 280 кг/м^3 . Образцы пенополимербетона в течение 12 месяцев экспонировались в ямной пропарочной камере, действующей на полигоне завода ЖБИ.

Первые 6 месяцев водопоглощение образцов растет, стабилизируясь к концу испытаний на уровне 10 % объема. Остаточные температурно-влажностные деформации образцов составили 0,19 – 0,25 %, без какой-либо тенденции к возрастанию. Доотверждение эпоксидного полимера-основы под действием высокой температуры и одновременная пластификация влагой, неравномерно распределенные по сечению материала температурно-влажностные напряжения и адсорбционное действие воды вызывают после первоначального возрастания прочности пенополимербетона постепенное её снижение на 13–15 %.

Замена Петриковского керамзита на менее плотный Витебский, а эпоксидно-фуранового связующего на цементное тесто не сказывается существенно на водопоглощении образцов, которое возрастает лишь на 1–2 % объема. Таким образом, экспериментальные данные свидетельствуют о низкой скорости старения пенополимербетона в реальных условиях эксплуатации. Гидроизоляционные свойства пенополимербетона, в основном, определяются свойствами эпоксидной пеномассы межзернового заполнения и мало зависят от плотности заполнителей, вида и расхода связующего в каркасах.

Результаты испытаний позволили рекомендовать для целей теплоизоляции ямных пропарочных камер пенополимербетон на керамзитовом гравии, склеенном полимерным (расход $30 - 60 \text{ кг/м}^3$) или цементным (расход $80 - 150 \text{ кг/м}^3$) связующим и пропитанным эпоксидной композицией с плотностью в отвержденном состоянии $240 - 280 \text{ кг/м}^3$.

Учитывая высокую водо- и паропроницаемость вспененной эпоксидной композиции, рекомендуется применять неполную пропитку крупнопористых каркасов пеномассой. При этом значительно снижается расход дорогостоящей эпоксидной смолы. Так, для каркасов толщиной 50 мм, склеенных из керамзитового гравия фракции 5 – 10 мм, поверхностная пропитка с обеих сторон слоями по 15 мм позволяет снизить расход эпоксидной смолы до 51 – 53 кг, а для изделий толщиной 100 мм – до 26 – 27 кг на 1 м^3 пенополимербетона.

Изменения свойств пенополимербетона при пропаривании приведены в таблице 1.

Таблица 1

| Показатель | Единица измерения | Длительность выдерживания в пропарочной камере, мес. | | | | | |
|--|-------------------|--|------|------|------|------|------|
| | | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | 12 |
| Водопоглощение: | % объема | | | | | | |
| перед циклом пропарки | | 4,9 | 6,4 | 8,2 | 8,7 | 8,8 | 7,2 |
| после цикла пропарки | | 6,3 | 8,1 | 8,4 | 10,2 | 9,5 | 9,8 |
| то же для образцов на цементном тесте | | 6,0 | 9,9 | 10,8 | 12,2 | 9,0 | 9,6 |
| то же для образцов на Витебском керамзите и вспененном связующем | | 7,4 | 9,6 | 10,5 | 11,8 | 11,1 | 10,2 |
| Удлинение | % | 0,19 | 0,19 | 0,25 | 0,25 | 0,19 | 0,19 |
| Предел прочности: | % от начальной | | | | | | |
| при сжатии | | 110 | 104 | 97 | 99 | 96 | 95 |
| при изгибе | | 112 | 129 | 120 | 109 | 104 | 99 |

Токсикологические исследования показали, что в процессе эксплуатации при повышенной температуре пенополимербетон выделяет летучие вещества: эпихлоргидрин и толуол в концентрации, безопасной для людей. Определение горючести пенополимербетона методами «огневой трубы» и КТ позволило отнести его к трудногорючим материалам.