

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 см<sup>2</sup>, а поверхность опирания на балласт – 2999 см<sup>2</sup>/м. Напрягаемое армирование составляют 12 стальных стержней диаметром 8 мм с механическими анкерами в виде высаженных головок типа BBRV. Анкеровку арматуры обеспечивают механические анкеры в виде стальных плит. Сцепление арматуры с бетоном имеет второстепенное значение. Напрягающее усилие после учета потерь напряжения равно 5551,52 кН. Эксцентризитет равнодействующей напрягающей силы составляет 5 мм ниже центра тяжести поперечного сечения. Брусья изготовлены из бетона марки 50.

Длина зоны анкеровки определена на основе эпюор 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 тепловлагостной 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<sup>3</sup> и пропитывался эпоксидной пеномассой со средней плотностью 280 кг/м<sup>3</sup>. 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 оказывается 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, скленном полимерным (расход 30–60 кг/м<sup>3</sup>) или цементным (расход 80–150 кг/м<sup>3</sup>) связующим и пропитанным эпоксидной композицией с плотностью в отверженном состоянии 240–280 кг/м<sup>3</sup>.

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, скленных 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<sup>3</sup> 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	4,9	6,4	8,2	8,7	8,8	7,2
		6,3	8,1	8,4	10,2	9,5	9,8
		6,0	9,9	10,8	12,2	9,0	9,6
		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	110	104	97	99	96	95
		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.