

ных поверхностей; они обеспечивают получение высокопрочного водонепроницаемого поверхностного слоя толщиной 3..5 мм для пола, в том числе декоративного.

На основе портландцемента и расширяющей добавки всего в различные конструкции, возводимые за последние 1,5 года в г.Москве, было уложено бетона с компенсированной усадкой более 40 тыс.м³ и 1000 м³ напрягающего бетона.

УДК 624

Тур В.В., Кардунян Г.С.

ПРИМЕНЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ РАСШИРЯЮЩИХСЯ ВЯЖУЩИХ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

Современные технологии в области производства строительных материалов позволяют получать бетоны нового поколения или так называемые «Ultra High Performance Concretes» (UHPC). Прочность при сжатии таких бетонов составляет до 180 Н/мм². Однако эти новые материалы не лишены присущих традиционным бетонам на основе портландцементных вяжущих недостатков, таких как: 1) усадка; 2) неадекватный росту прочности при сжатии рост прочности при растяжении. Поэтому бетоны на основе расширяющихся и напрягающих цементов востребованы и сегодня, а Конгресс ФИБ в Вашингтоне (в 1997 г) определил напрягающий бетон как материал XXI века.

Специфика механизма гидратационного твердения расширяющихся вяжущих позволяет реализовать такой оригинальный прием как «самоармирование», когда армирующая фаза имеет родственный состав с матрицей. При этом она выращивается путем направленного кристаллообразования непосредственно в твердеющем цементном камне. Самоармирование цементного камня волокнистыми кристаллами эттрингита, гипса позволяет повысить прочность изделий при сжатии на 100 %, при изгибе – на 40 % [1].

Бетон на основе напрягающего цемента в процессе твердения претерпевает регулируемое объемное расширение, которое интенсивно происходит тогда, когда структура бетона обладает начальной прочностью. Поэтому расширение напрягающего бетона в несвободных условиях приводит к появлению в его структуре собственных сжимающих напряжений (самонапряжений).

Бетоны на основе расширяющихся вяжущих принято разделять на:

- бетоны с компенсированной усадкой, расширение которых в условиях внешнего ограничения приводит к появлению самонапряжений, компенсирующих растягивающие напряжения, развивающиеся в результате усадки;
- напрягающие бетоны, несвободное расширение которых приводит к появлению в структуре самонапряжений такой величины, что они сохраняются в конструкции даже после полного завершения усадочных процессов. Эти бетоны используют при физико-химическом способе предварительного напряжения конструкций [2].

В силу особых условий формирования структуры (образование в структуре эттрингита, твердение в условиях монотонно возрастающего давления) напрягающий бетон обладает свойствами, отличными от традиционных портландцементных бетонов. Основные физико-механические характеристики напрягающего бетона представлены в табл. 1.

Долговечность бетона и надежность железобетонных конструкций при использовании расширяющихся вяжущих обеспечивается за счет снижения дефектности структуры и улучшения его основных конструктивно-технических свойств.

Таблица 1: Основные физико-механические характеристики напрягающего бетона

Характеристика	Ед. изм.	Диапазон значений
Прочность в возрасте 28 сут: — при сжатии — при растяжении	Н/мм ²	30 (10)–80 (15) 2,5–6,5
Свободное расширение	%	0,1–2,0
Самонапряжение (собственные напряжения сжатия при расширении в условиях стандартного ограничения)	Н/мм ²	1,0–6,0

Примечание: в скобках приведены значения суточной прочности при сжатии.

Результаты исследований водонепроницаемости и морозостойкости бетонов показывают, что простая замена портландцемента в бетоне на напрягающий цемент приводит к повышению морозостойкости в 1,8–2,3 раза, водонепроницаемости — в 3–5 раз; воздухопроницаемости — около 10 раз.

Напрягающий бетон обеспечивает пассивное состояние стальной арматуры, начиная с момента изготовления, и поддерживает его в течение расчетного срока службы конструкции из-за своей малой проницаемости, показывая высокую стойкость к различным агрессивным воздействиям, что по отношению к бетону на портландцементе составляет: в сульфатных средах — 3:1; в магниезальных средах — 2:1; в средах, содержащих хлор — 3:1.

Одной из важных эксплуатационных характеристик материала является его износостойчивость, которая в основном определяется способностью бетона сопротивляться истиранию. Испытания напрягающего бетона на истираемость по стандартной методике показывает, что его сопротивление истиранию минимум на 16–28 % превышает показатели бетона на портландцементе аналогичного состава.

Все эти свойства позволяют утверждать о высокой эффективности конструкций из напрягающего бетона, что подтверждено положительным опытом их эксплуатации [3].

Традиционно принято различать три основных случая применения напрягающих бетонов в строительстве. Первый, и наиболее распространенный, — для гидроизоляции сооружений; второй — для компенсации усадки в бетоне; третий — для получения расчетного самонапряжения железобетона. Причем во втором и третьем случаях водонепроницаемость конструкции обеспечивается автоматически.

Разработаны и широко внедрены в Беларуси конструктивные решения сборно-монолитных самонапряженных резервуаров для воды емкостью 50–500 м³, канализационных насосных станций, отстойников.

Напрягающий бетон в сборно-монолитных емкостных сооружениях позволяет одновременно решить две задачи: получить самонапряженный плотный стык между стеновыми элементами и обеспечить непроницаемость сооружения. Стеновые элементы из напрягающего бетона отличаются высокой водонепроницаемостью и не требуют дополнительной гидроизоляции.

Напрягающий бетон применяли для бетонирования плиты проезжей части мостовых конструкций. В известных проектных решениях напрягающий бетон предполагали к использованию главным образом в качестве водонепроницаемого слоя, вводимого взамен оклеечной изоляции.

В 1996 г. было выполнено обследование технического состояния моста, построенного в Могилевской области через р. Волчас. Монолитная армированная плита проезжей части моста была выполнена из бетона марки по самонапряжению

S_p2.0 на напрягающем цементе ПО «Волковыскцементошифер». Результаты обследования и испытаний отобранных проб после 10 лет эксплуатации показали, что конструкции мостового строения находятся в хорошем состоянии, следов протечек воды, морозного разрушения напрягающего бетона и т.д. не установлено, остаточная прочность при сжатии составляет 78 МПа. Независимо от замысла проектировщиков при ликвидации изоляционной прослойки монолитная плита включалась в работу основного пролетного строения, превращая конструкцию, по существу, в сборно-монолитную. При этом расширение напрягающего бетона монолитной плиты развивалось в условиях ограничения деформаций сборным настилом.

Испытания нагружением мостовых конструкций с монолитной частью из напрягающего бетона, выполненные на Украине, показали, что при обеспеченной долговременной совместной работе самонапряженной монолитной плиты с основными несущими конструкциями было достигнуто уменьшение рабочей арматуры в разрезных пролетных строениях длиной 18; 12; 6 м соответственно на 5; 11; 21 %.

Существует ряд производств, где использование напрягающего бетона в качестве монолитного слоя является особенно выгодным. В многоэтажных зданиях гаражей, предприятий полиграфической и инструментальной промышленности, в сырых цехах возможно попадание на перекрытие различных флюидов: воды, масел, бензина и т.д. В результате усадки бетона в полах появляются трещины, через которые флюиды свободно проникают к несущим конструкциям. Обследования технического состояния целого ряда эксплуатирующихся объектов показали, что указанная изоляция в большинстве случаев не обеспечивает защиту несущих конструкций. Это приводит к прогрессирующему снижению их прочности и опасности обрушения. Используя в качестве монолитного слоя напрягающий бетон, появляется возможность, отказавшись от изоляционной прослойки, включить монолитную часть в работу основного несущего элемента, получая эффективную сборно-монолитную конструкцию.

Использование сборно-монолитного покрытия с монолитной плитой из напрягающего бетона при реконструкции главного пандуса Центра творчества молодежи в г. Бресте позволило выполнить усиление основных несущих конструкций при одновременном обеспечении водонепроницаемости сооружения. Это дало возможность отказаться от устройства дополнительной дорогостоящей гидроизоляции, дренажных слоев и существенно сократить сроки строительства. Неразрезная сборно-монолитная плита состоит из трех бесшовных фрагментов площадью 432 м², что практически невозможно реализовать при применении традиционных бетонов. Одновременно при бетонировании на поверхности плиты выполнен декоративный рисунок по технологии канадской фирмы SCP (рис. 1).

Наибольшие объемы внедрения конструкций из напрягающего бетона в Республике Беларусь имеют место при возведении большепролетных бесшовных плит полов промышленных предприятий различного назначения. Применение напрягающего бетона позволяет получить не только прочное долговечное основание под наливные полы, но и существенно улучшить эксплуатационные свойства конструкции, исключив образование усадочных трещин и отказавшись от дополнительной дорогостоящей изоляции. Размеры непрерывно бетонироваемых площадей составляют до 200 м² (рис. 2, 3). Только в 2000 году на строительных объектах Бреста и Брестской области (СП ОАО «Брестгазоаппарат», СП «Santa-Bremor-Brest», белорусско-итальянская фирма «Динамо-Текстиль-Программ» и др.) возведено более 15000 м² полов из напрягающего бетона.

Применение напрягающего бетона для замоноличивания узлов сопряжения главных рам западной трибуны реконструируемого по проекту ОАО «Брестпроект» стадиона «Динамо» в г. Бресте позволило получить равнопрочное стыковое соеди-

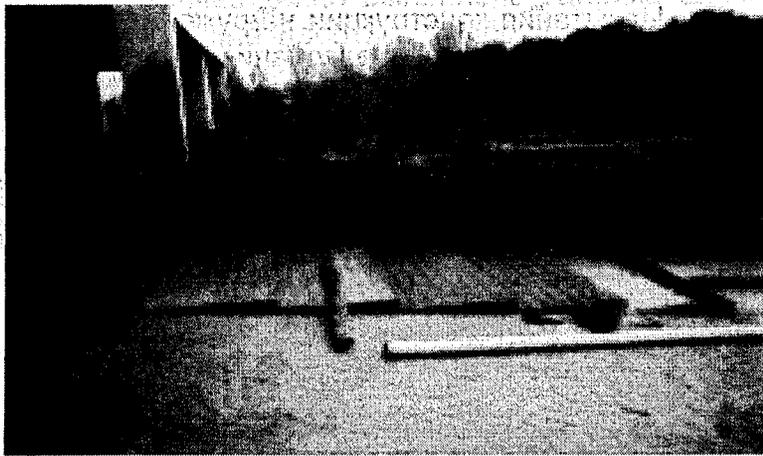


Рис. 1.

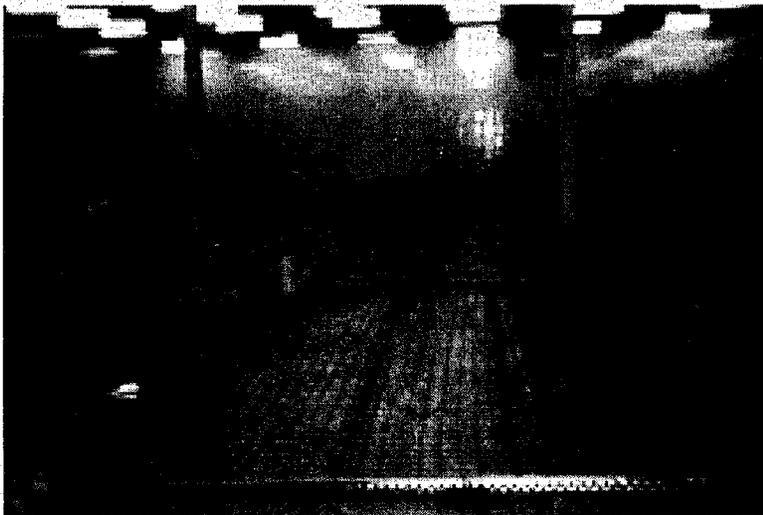


Рис. 2.



Рис. 3.

нение в растянутой зоне, обеспечив его предварительное напряжение в построечных условиях (рис. 4). Испытания конструкции нагружением (рис. 5) показали, что в стыковом соединении не наблюдалось образования и раскрытия трещин как по монолитному бетону, так и по контакту монолитного бетона и сборной конструкции.



Рис. 4.



Рис. 5.

Бетон на напрягающем цементе использован в сборно-монолитных каркасах жилых зданий, возводимых в Беларуси в рамках программы «Рациональный дом» в 1998 – 2000 годах. В одной из конструктивных схем – для замоноличивания стыков между сборными элементами каркаса, в другой – для изготовления монолитных несущих ригелей перекрытия.

Для восстановления эксплуатационной пригодности ряда объектов была разработана система материалов на основе напрягающего цемента и технология выполнения работ методом инъектирования.

В подземных резервуарах для хранения мазута на СП ОАО «Брестгазоаппарат» вышла из строя гидроизоляция плит покрытия. Натурными обследованиями было установлено, что помимо нарушения сплошности клеечной гидроизоляции

при строительстве была некачественно выполнена заделка швов ребристых плит покрытия. Было принято решение добиться непроницаемости покрытия путем заделки швов между плитами методом инъектирования. Ширина заполненных швов составляла от 1 до 20 мм. В результате выполнения работ по принятой технологии с применением инъекционных расширяющихся составов была восстановлена полная непроницаемость сооружения.

В помещениях Южных казарм мемориального комплекса «Брестская крепость – герой» после реконструкции планируется разместить областную картинную галерею. Для восстановления эксплуатационной пригодности сводов было принято решение после придания поврежденным сводам проектного положения выполнить заполнение швов и трещин в кирпичной кладке методом инъектирования ремонтными составами на основе напрягающего цемента.

Возможности эффективного применения напрягающего бетона в строительстве велики, а продолжающиеся исследования в области самонапряженного железобетона открывают широкие перспективы в применении этого пока все еще нового материала.

Одно из главных направлений – это получение высокопрочных модифицированных напрягающих бетонов, обладающих высокой прочностью при растяжении. Получение таких бетонов позволит пересмотреть подходы к проектированию предварительно напряженных конструкций, отказавшись в ряде случаев от энергоемкого процесса механического натяжения арматуры. Важное место уделяется разработке нового поколения пространственных конструкций из напрягающего бетона, формирование которых осуществляется путем управления процессом расширения материала. Перспективным является применение напрягающего бетона в сталебетонных и комбинированно напряженных конструкциях, используемых в мостостроении.

Напрягающий цемент, использованный для бетонов, растворов, ремонтных материалов, был приготовлен полупромышленным способом при смешивании и домоле составляющих в шаровых мельницах. Увеличение объемов применения самонапряженного железобетона в Республике Беларусь связано, главным образом, с решением проблемы изготовления напрягающего цемента из местных материалов, а также использования специальных расширяющих добавок.

Вместе с тем следует помнить о том, что напрягающий бетон по-прежнему остается специальным бетоном, требующим соответствующей культуры выполнения работ. Уместно привести цитату из выступления проф. Ганноверского университета Х. Вирега на международном конгрессе «75 лет расширяющимся цементам»: «Занимаясь значительную часть жизни расширяющимся цементом, я все больше убеждаюсь, что он стоек практически ко всему, за исключением невежества».

Процесс внедрения напрягающего бетона должен быть постепенным, а его применение обоснованным.

ЛИТЕРАТУРА

1. Саркисов П.Д. Новые материалы на рубеже веков // II Международ. совещ. по химии и технологии цемента. Пленарные доклады. Том. 1. – М. – 2000 – с. 23-34.
2. Тур В.В. Напрягающий бетон – материал грядущего века // Архитектура и строительство. – 1999. – №6 – с. 27-29.
3. Кардумян Г.С., Басов В.С., Кондратчик А.А., Тур В.В. Напрягающий бетон в строительстве // Эффективные строительные материалы, конструкции и технологии: Сб. трудов Международ. научно-практич. конф. / Под ред. Блещика Н.П. – Мн.: «Технопринт», 2000 – с. 103–112.