

Использование фибробетона в конструкции трамвайных путей

Е. П. ДУДКИН, докт. техн. наук, профессор, заведующий кафедрой «Промышленный и городской транспорт»
Петербургского государственного университета путей сообщения (ПГУПС)

Ю. Г. ПАРАСКЕВОПУЛО, канд. техн. наук, доцент ПГУПС

Н. Н. СУЛТАНОВ, студент ПГУПС



Фибробетон — разновидность бетона с армирующим фиброволокном. Он отличается высокой прочностью при растяжении и на срез, ударной и усталостной прочностью, повышенной сопротивляемостью к кавитации и рядом других свойств, которые обуславливают его технико-экономическую эффективность при применении в строительных конструкциях. В частности, этот материал является хорошей альтернативой железобетонным плитам при укладке трамвайных путей.

В 2011 г. в Санкт-Петербурге был произведен ремонт трамвайных путей по принципиально новой технологии. На участках Вяземский переулок, Политехническая ул. (рис. 1) и других уложены трамвайные пути на монолитном железобетонном основании с использованием опорных блоков [1].



Рис. 1. Заливка бетона в трамвайные пути в Вяземском пер. и на ул. Политехническая

Кафедра «Промышленный и городской транспорт» Петербургского государственного университета путей сообщения предложила современную конструкцию трамвайного пути (рис. 2) которая обладает рядом преимуществ перед традиционными конструкциями: меньший износ металлических частей при взаимодействии пути и подвижного состава, отсутствие просядок путей, снижение шума и вибрации при движении подвижного состава. Разработанная технология позволяет существенно уменьшить сроки ремонта, повысить его качество и сроки службы подрельсового основания до 50 лет. Однако и эта конструкция может быть существенно усовершенствована.

При армировании железобетонной плиты много времени уходит на вязку и установку арматурных каркасов в проектное положение. В мегаполисе этот фактор является определяющим,

так как работы необходимо выполнить в сжатые сроки. Наличие блуждающих токов приводит к ускоренной коррозии арматуры, что может повлиять на сроки службы конструкции.

Анализ опыта европейских стран позволил определить возможность использования новых технологий и конструкций трамвайного пути, где альтернативой железобетонной плите служит фибробетон.

Фибробетон — это разновидность цементного бетона, в котором в качестве армирующего волокна по всему объему равномерно распределены обрезки фибры, или фиброволокна. Этому материалу присущи такие свойства, как более высокая прочность при растяжении и на срез, ударная и усталостная прочность, трещиностойкость и вязкость разрушения, водонепроницаемость, сопротивляемость кавитации, жаропрочность, пожаро- и морозостойкость.

Важнейшая характеристика фибробетона — прочность на растяжение — является не только прямой, но и косвенной, так как свидетельствует о его сопротивляемости другим воздействиям, а также о долговечности.

Ударная прочность (вязкость разрушения) фибробетона в 3–5 раз выше ударной прочности обычного бетона.

По показателю работы разрушения фибробетон может в 15–20 раз превосходить бетон. Это обеспечивает его высокую технико-экономическую эф-

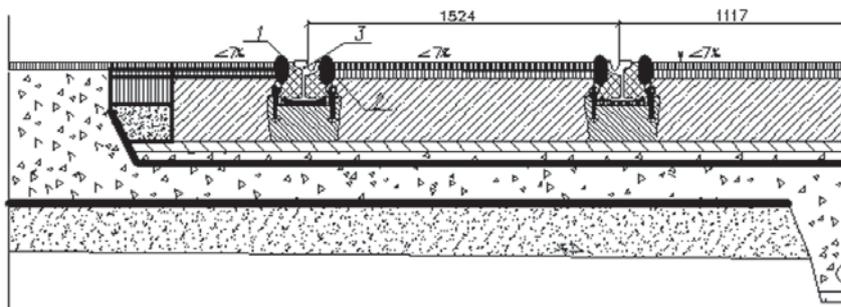


Рис. 2. Конструкция трамвайных путей на монолитной железобетонной плите (поперечный разрез)

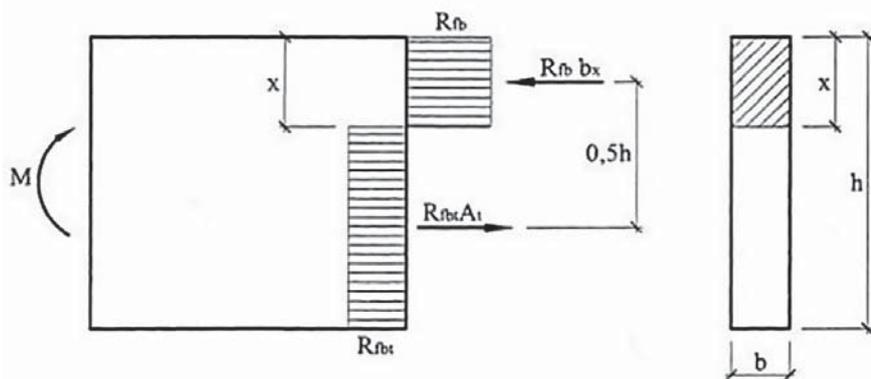


Рис. 3. Расчетная схема определения несущей способности элемента конструкции

фективность при применении в строительных конструкциях и их ремонте.

Экспериментально-теоретические исследования физико-механических свойств фибробетонов и опыт их применения позволили выявить эффективную номенклатуру конструкций, сооружений и изделий из них. Установлены следующие области рационального применения фибробетонов:

- возведение объектов гражданского строительства;
- реконструкция хранилищ и банковских сейфов;
- сооружение мостов, гидротехнических сооружений (береговых дамб и плотин, шлюзов и каналов рек);
- изготовление реакторных отделений атомных электростанций, контейнеров для захоронения радиоактивных отходов;
- укрепление и ремонт сводов шахт и тоннелей;
- создание различных видов дорожных покрытий, сборных и монолитных

плит, бордюров, разделительных полос и тротуарной плитки;

- строительство взлетно-посадочных полос аэродромов;

• изготовление деталей объемного промышленного оборудования: прокатных станков, молотов, гидравлических прессов и др.

Применение фибробетона при строительстве трамвайных путей имеет ряд преимуществ. Армированный макросинтетическими волокнами бетон отличается такой же монолитной структурой, как и неармированный. При этом его волокна:

- армируют бетонную плиту по всему объему, в то время как стальные стержни пересекают лишь часть ее внутреннего пространства;
- более эффективно препятствуют глубинному разрастанию и распространению трещин;
- облегчают скрепление рельсов, поскольку пропадает необходимость заблаговременно формировать отвер-

стия или отмечать места, в которых нет стальной арматуры;

- упрощают установку индукторов растрескивания, так как не требуют создания сложной опалубки, как в случае со стальной арматурой;

- обеспечивают меньшую, чем сталь, утечку тока между системами переменного и постоянного тока;

- улучшают сопротивляемость бетонной конструкции воздействиям, вызывающим остаточный сдвиг и растяжение при изгибе.

В Японии на участке эксплуатации скоростных поездов BulletTrain используется безбалластная путевая конструкция Elasto Ballast track, состоящая из армированного макросинтетическими волокнами Varchip бетонного основания, на которое укладываются шпалы из преднапряженного бетона. Трамвайные пути с основанием из фибробетона вместо обычного бетона эксплуатируются в Швеции (Геттерборг, 17,7 км) и Венгрии (Сегед, 3 маршрута: 1,1; 3 и 1,2 км) [2].

Волокна для фибры могут быть нейлоновые, акриловые, стеклянные, стальные, полиэфирные, базальтовые, полипропиленовые, хлопковые и из других материалов. Свойства фибробетона напрямую зависят от материала фибры в его составе.

Исходя из того, что обладающую необходимыми прочностными характеристиками и свойствами стальную фибру использовать нельзя, так как в результате электрокоррозии она будет разрушена в кратчайшие сроки, в качестве альтернативного материала для армирования была рассмотрена фибра Varchip, эксплуатируемая в Европе и Японии.

На первом этапе был рассчитан элемент плиты из фибробетона по СП 52-104-2006 [3-5]: недопущение возникновения трещин в конструкции обуславливает проведение расчетов по первой группе предельных состояний (рис. 3). При помощи вычислительной программы SCAD определены максимальные значения изгибающих моментов в конструкции. Выяснилось, что расчетная плита имеет запас прочности 29,8 % ($M_{подв.сост} = 0,02746$ МН·м, $M_{max} = 0,03911$ МН·м).

Параллельно с теоретическими исследованиями проводились лабораторные испытания бетона по контрольным образцам [6]. Изготовленные кубы (150 × 150 × 150 мм) и призмы квадратного сечения (150 × 150 × 600 мм) были испытаны на сжатие и на растяжение при изгибе (рис. 4).

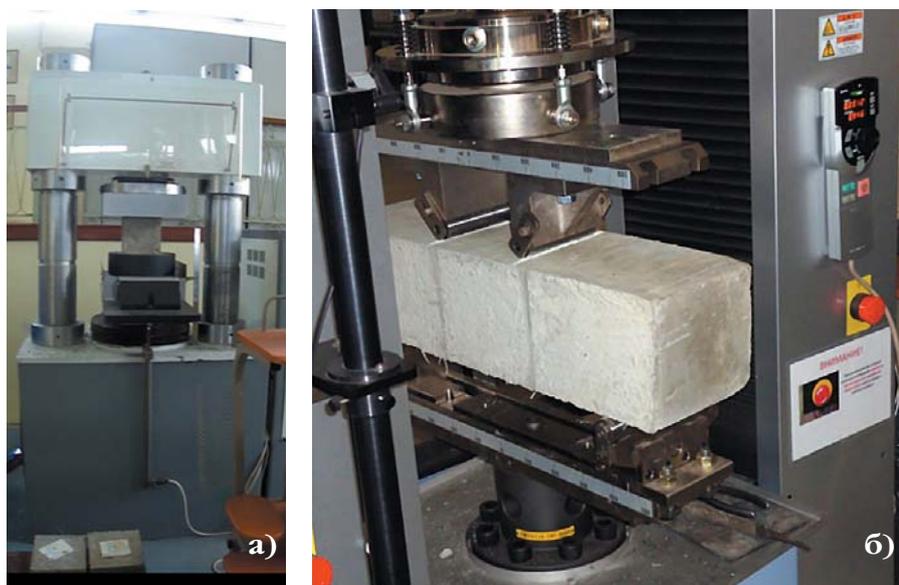


Рис. 4. Испытание бетонных кубов на сжатие (а) и балок – на четырехточечный изгиб (б)

Максимальные нагрузки, воспринимаемые сечением, оказались значительно меньше расчетных: $\sigma_{сжатия} = 33,90$ МПа, $\sigma_{изгиба} = 1,94$ МПа. Очевидно, что конструкция не имеет необхо-

димого запаса прочности, но интересен сам вид разрушения: при потере несущей способности материал из фибробетона способен еще некоторое время воспринимать незначи-

тельные нагрузки, в то время как образцы из бетона полностью теряют несущую способность (рис. 5).

Испытания позволили сделать вывод, что причиной преждевременного разрушения образцов послужили недопустимо большие относительные деформации фибры. Кроме того, удалось сформулировать требования, которым должен соответствовать материал фибры, чтобы она могла обеспечить конструкции требуемую несущую способность. Также были установлены необходимые значения модуля продольной упругости, прочности на разрыв и относительной деформации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Отчет о НИР. ФГБОУ ИГУПС № 318. Текущий ремонт трамвайных путей. СПб., 2012.
2. www.elastoplastic.com/.
3. СП 52-104-2006 «Сталефибробетонные конструкции».
4. СНиП 52-01-2003 «Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения».
5. СП 52-101-2003 «Бетонные и железобетонные конструкции без предварительного напряжения арматуры».
6. ГОСТ 10180-90 (СТ СЭВ 3978-83) «Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам».

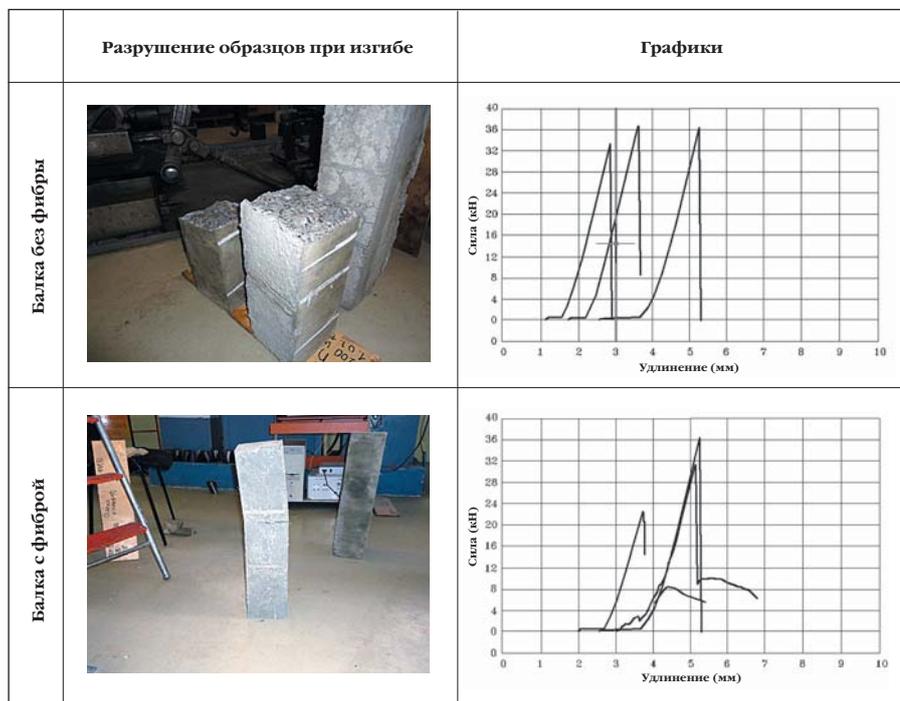


Рис. 5. Разрушение образцов при изгибе при лабораторных испытаниях

ТРАНСПОРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ



ЖУРНАЛ
О НАУКЕ,
ЭКОНОМИКЕ,
ПРАКТИКЕ

www.rotransport.com



ОСНОВНЫЕ ЦЕЛИ ИЗДАНИЯ:

- ◆ способствовать объединению всех направлений транспортного комплекса России;
- ◆ детально освещать проблемы развития транспортной системы России;
- ◆ продвигать достижения отечественной науки в транспортном комплексе России.

Тел./факс: (812) 310-40-97
190031, Санкт-Петербург, Московский пр., д-9
E-mail: transportrf@mail.ru, rt@rotransport.com