

УДК624.012.35

**ВЫСОКОПРОЧНЫЕ РЕМОНТНЫЕ РАСТВОРЫ С БАЗАТЬЛОВЫМИ ВОЛОКНАМИ ДЛЯ РЕМОНТА ТРАМВАЙНЫХ ПЛИТ**

**В.Н. Деревянко<sup>1</sup> д.т.н., проф., Т.В. Мартыненко<sup>1</sup> асп.,  
Н.В. Кондратьева<sup>2</sup> к.т.н., доц.**

<sup>1</sup>ГВУЗ «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры», г. Днепропетровск

<sup>2</sup>ГВУЗ «Украинский государственный химико-технологический университет», г. Днепропетровск

Вопрос о долговечности железобетонных конструкций в зданиях и сооружениях является одним из важнейших. Многие сооружения должны эксплуатироваться в течение 100 лет и более. Однако на практике нередки случаи, когда после ограниченных сроков службы состояние железобетонных конструкций оценивается как ограниченно работоспособное, недопустимое или аварийное [1].

Естественное старение, в том числе под воздействием атмосферных осадков, солнечная радиация, воздействие температуры и ветра, а также влияние различных негативных факторов в строительных конструкциях появляются повреждения, развивающиеся с течением времени. А при дальнейшей эксплуатации проявляются такие свойства, как низкая устойчивость к замерзанию-оттаиванию, слабое сопротивление удару, подверженность истиранию, высокое проникновение воды и химических веществ.

Анализируя причины образования дефектов, следует оценивать интенсивность их распространения, а так же физические факторы и временные интервалы их проявления. Дефект конструкции определяет ее несущую способность, долговечность и эксплуатационные качества [2].

Обобщение негативного опыта имеет большое значение для последующих работ по проектированию и возведению различных сооружений, т.к. отрицательный опыт несёт в себе важную информацию, которую необходимо учитывать в современном строительстве [3].

Трамвайные плиты применяются для совмещения трамвайного, автомобильного, пешеходного движений на одном участке дороги и отвечают всем необходимым требованиям к покрытиям, которые работают в сложных условиях эксплуатации под воздействием динамической нагрузки от трамваев, а также автотранспорта, проходящего по покрытию.

Покрытие проезжей части дорожного полотна подвергается воздействию различных нагрузок, обусловленных движением транспорта и должно обладать высокой поверхностной прочностью, чтобы противостоять износу от воздействия шин автотранспортных средств, достаточной морозостойкостью, быть устойчивым к динамическим нагрузкам, обусловленным движением тяжелого транспорта и сохранять свое место в дорожном полотне.

Вся верхняя конструкция дорожного полотна должна базироваться на устойчивом и долговечном несущем основании, а настил проезжей части и подстилающее основание работать как одно целое [4].

Долговечность и устойчивость положения полотна проезжей части зависит не только от качества бетонного покрытия, но и от подстилающего слоя. Для более устойчивого положения несущее основание полотна усиливают цементированием. При этом насыпные материалы перемешивают с цементом и равномерно уплотняют. Так как почва всегда содержит воду, то в месте перехода от несущего слоя к грунту образуется глинистая суспензия. В результате динамических транспортных нагрузок в этих местах происходит изменение структуры почвы. Содержащиеся в несвязных грунтах мелкодисперсные компоненты пропитываются грунтовой водой и благодаря постоянным сотрясениям от движущегося транспорта переходят вверх, в результате чего происходит изменение фракционного состава грунта и изменение его несущей способности.

В грунтах, содержащих связные компоненты, в результате транспортных вибраций происходит смешивание этих компонентов с имеющейся водой. Образовавшаяся при этом глинистая суспензия обладает гораздо более низкой несущей способностью, чем грунт, не разжиженный водой.

Это обстоятельство обуславливает различные осадки дорожных полос. На стыках соседних панелей, выполняющих одновременно роль температурных швов, происходит образование ступеней, достигающих высоты нескольких сантиметров. При сильном оседании выходит из строя уплотнение швов, атмосферные осадки просачиваются под плиты и тем самым ускоряется эффект разжижения основания [5].

Заявления производителя о 15-20 летнем сроке службы зачастую не соответствуют действительности. На практике срок службы трамвайной плиты составляет 5-10 лет. В процессе эксплуатации трамвайных плит возникает необходимость ремонта строительного изделия. Часто это восстановление защитного слоя железобетона, антикоррозийная защита, усиление конструкции. При выборе ремонтного материала подлежат учету:

- глубина разрушений;
- условия эксплуатации (температурный режим, влажность и агрессивность среды, динамические воздействия);
- эстетические требования;
- положение и доступность конструкции;
- объем подлежащих выполнению работ.

Для выполнения прочного и надежного ремонта трамвайных плит ремонтные смеси должны обладать следующими качествами:

- низким водоцементным отношением, чтобы обеспечить наилучшие химические, физические и механические свойства (непроницаемость, прочность, сцепление со сталью и бетоном, долговечность и т.д.);
- хорошей тиксотропией (подвижность при перемешивании и высокая вязкость в состоянии покоя);
- отсутствием водоотделения для исключения препятствия контакту между старой конструкцией и укладываемой смесью;
- компенсацией усадки в процессе твердения, т.е. исключением отслоения от старого материала.

Ремонтные материалы, применяемые для восстановления несущей способности трамвайных плит должны обладать высокой степенью адгезии к бетону конструкции, достаточной когезионной прочностью, способностью воспринимать и гасить возникающие в процессе эксплуатации напряжения, сохранять совместимость с материалом при изменении параметров окружающей среды в течение проектного периода эксплуатации сооружения, а также технологичностью применения.

Следует учитывать, что материалы на основе портландцемента характеризуются значительными усадочными деформациями, которые отрицательно влияют на долговечность конструкций. Этот процесс начинается через 2–4 недели после заливки бетона, а если за раствором не ухаживать, то и гораздо раньше. В цементно-песчаном растворе возникают усадочные напряжения, что быстро приводит к его растрескиванию и отслоению [6].

Так как одной из основных проблем при производстве ремонтных работ является низкое сцепление строительных растворов с основанием и их растрескивание при высыхании и твердении, ввод армирующих добавок с высокой армирующей способностью, которыми и являются базальтовые волокна, может разрешить эту проблему. По сравнению с обычным раствором дисперсно-армированная смесь имеет в несколько раз более высокие показатели: ударной и усталостной прочности; прочности на растяжение и срез; трещиностойкости; морозостойкости; водонепроницаемости; жаропрочности и пожаростойкости.

Базальтовые волокна отличаются от других минеральных волокон не только своими высокими физико-механическими свойствами, но и повышенной химической стойкостью, температуро-, свето- и атмосферостойкостью, но и, что немаловажно, простотой технологии производства, невысокой стоимостью и экологической безопасностью. При применении этих волокон в качестве армирующих компонентов для изготовления дисперсно-армированных композиционных материалов можно исключить ряд проблем, связанных, например, с коррозией стальных фибр в аналогичных условиях применения [7].

Знание свойств волокон важно для проектирования. Для положительного эффекта армирования необходима высокая прочность фибры при растяжении. Большое значение отношения модуля упругости фибры к модулю упругости матрицы облегчает передачу напряжения от матрицы к фибре. Волокна с большим значением деформации при разрушении придают композитам хорошую растяжимость. На практике большинство волокон получает поверхностные трещины при транспортировке, обработке, производстве, хранении и т.д. Дефекты на поверхности волокон сказываются на прочностных свойствах композита. Уменьшение прочности, вызванное наличием трещин, зависит от длины и диаметра фибры. Однако изучению влияния трещин на свойства фиброцементных композитов уделялось до сих пор недостаточно внимания. Вместе с тем с этими аспектами связано уменьшение прочности волокон при растяжении по мере увеличения их длины.

Главное назначение волокон в дисперсно-армированном цементном композите – обеспечение вязкости, то есть увеличение энергии необходимой для

процессов разрыва. Как правило, волокна, роль которых задерживать развитие трещин или создавать барьер для них, увеличивают извилистость раскрывающейся трещины. В дисперсно-армированных композитах волокна выполняют две основные функции, приводящие к возрастанию энергии разрыва: одна обусловлена увеличением энергии выдергивания волокна из матрицы, другая связана с нарушением связи между фибрами.

Типичная диаграмма напряжение-деформация дисперсно-армированных смесей представлена на рисунке 1. Диаграмма включает три зоны: I – зона упругой работы, как матрицы, так и фибры, II – зона попеременного перемещения напряжения на матрицу и фибры и образования микротрещин, III – зона восприятия нагрузки фибрами. В III зоне полное разрушение материала сдерживается прочностью сцепления в контактной зоне или прочностью лишь одних фибр.

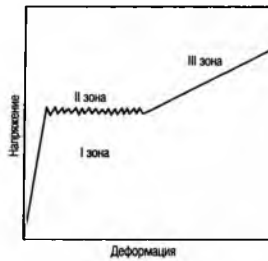


Рис. 1. Типичная кривая зависимости напряжения - деформация для цементных композиций, армированных волокном [8]

Твердение раствора включает комплекс процессов гидратации цемента. Определяющее значение при твердении раствора имеют физико-химические процессы структурообразования цементного камня. Активную роль в твердении раствора и формировании его свойств играют вода затворения, заполнитель и добавки, вводимые в смесь.

Анализ литературы показывает, что введение в смесь дисперсной арматуры и обусловленное этим увеличение прочности смеси, на ранних сроках твердения, связано со структурированием смеси фибровыми включениями, повышением внутреннего трения и ограниченным перемещением составляющих матрицы в присутствии волокон. Данный процесс, скорее всего, носит чисто механический характер.

Однако дальнейшее увеличение прочностных характеристик, очевидно, является результатом более глубоких гидратационных процессов при твердении цементного камня в присутствии волокон. Рентгенограммы проб цементного камня с волокнами и без них имеют одинаковый фазовый состав, но во всех случаях на рентгенограммах фиброцементных образцов зафиксировано увеличение пиков, характерных для гидроксида кальция. Одновременно установлено, что интенсивность пиков, присущих трескальцевому силикату, в фиброцементе гораздо ниже, чем в образцах без волокон. Таким образом, можно говорить о более глубокой степени гидратации цемента в присутствии

дисперсной арматуры независимо от материала и геометрических характеристик волокон.

Базальтовое волокно обеспечивает трехмерное упрочнение раствора по сравнению с традиционной арматурой, которая обеспечивает лишь двухмерное упрочнение. При этом повышается долговечность материала, понижается усадочная деформация, значительно возрастает трещиностойкость, ударная вязкость.

Все это раскрывает перед дисперсно-армированными материалами новые области применения, а также позволяет значительно уменьшить общий вес строительных конструкций за счёт уменьшения сечения при неизменных прочностных показателях. Тем более применение волокна решит проблемы строительства на слабых грунтах, а также вопросы экономии сырьевых, энергетических и трудовых ресурсов [9].

### Выводы

Наибольшая эффективность дисперсно-армированного раствора достигается при правильном сочетании свойств составляющих его компонентов. Его свойства как композиционного материала определяются свойствами составляющих его компонентов, который представляет собой композиционный материал, включающий дополнительно распределенную в объеме фибровую арматуру. Дисперсное фибровое армирование позволяет в большой степени компенсировать главные недостатки раствора - низкую прочность при растяжении и хрупкость разрушения.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. СП 13-102-2003 «Правила обследования несущих строительных конструкций зданий и сооружений».
2. Руфферт Г. Дефекты бетонных конструкций / Пер. с нем. И.Г.Зеленцова; В.Б.Семенова. // М.: Стройиздат, 1987. - 111 с.
3. Гроздов В. Т. Дефекты строительных конструкций и их последствия/ СПб.: Издательский дом КН+, 2000. — 152 с.
4. ГОСТ 19231.0-83 Плиты железобетонные для покрытий трамвайных путей. Технические условия
5. Руководство по ремонту бетонных и железобетонных конструкций транспортных сооружений с учетом обеспечения совместимости материалов. М., ЦНИИС, 2005.
6. Урецкая Е.А. Сухие строительные смеси: материалы и технологии / Е.А. Урецкая, Э.И. Батыновский. - Научно-практическое пособие. - Минск: НПООО «Стринко», 2001. - с.208.
7. Бучкин А. В. Цементные композиции повышенной коррозионной стойкости, армированные базальтовыми волокнами / А.В. Бучкин // Популярное бетоноведение. – 2008. - №4-24. - С. 38-40.
8. Большаков В. И. Строительное материаловедение / В.И. Большаков, Л.И. Дворкин - Днепрпетровск: РВА «Дніпро-VAL», 2004. – 677 с.
9. Рамачандран В. С. Наука о бетоне / В.С. Рамачандран // Москва: Стройиздат, 1986г.