

4. Bavbel, J. I. Designing of the road network in wood of the second group / J. I. Bavbel, P. A. Lyshchik // Materials, Methods and Technology. International Scientific Publications. – Bulgaria: Info Invest, 2007. – Vol. 1. – P. 49–59.

5. Bavbel, J. I. Development of the design technique forest road network for effective transport development of woodland in Belarus / J. I. Bavbel, P. A. Lyshchik // Materials, Methods and Technology. International Scientific Publications. – Bulgaria: Info Invest, 2008. – Vol. 2, P 1. – P. 116–124.

А.И. Науменко

Белорусский государственный технологический университет

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФИБРОВОЛОКНА ДЛЯ УКРЕПЛЕНИЯ ДОРОЖНЫХ ГРУНТОВ

Известно, что в регионах, где нет собственных каменных материалов для устройства оснований дорожных одежд, представляется целесообразным использование укрепленных грунтов вяжущими. Однако основания из цементогрунтов имеют существенный недостаток – низкую деформативность, сопровождающуюся интенсивным трещинообразованием. Поэтому в отечественной практике дорожного строительства в последние десятилетия строительство цементогрунтовых оснований дорожных одежд существенно сократилось [2].

Вместе с тем во многих странах мира дорожные цементогрунтовые смеси для повышения их прочности на растяжение при изгибе стали модифицировать полимерными добавками. Применяемые в настоящее время комплексные добавки поверхностно-активных веществ (ПАВ) не позволяют получить материалы на основе цементогрунтовых композиций, обладающие высокой трещиностойкостью и устойчивостью прочностных характеристик во времени под воздействием климатических факторов и нагрузок.

Модификация цементогрунта полимерными веществами позволяет достичь увеличения деформативности материала, при котором не будет происходить образование трещин от воздействия на дорожную одежду различных растягивающих напряжений.

В настоящее время существует относительно новая технология, которая предполагает армирование грунта фиброй. В качестве армирующего материала могут быть использованы как натуральные волокна (джут, сизаль), так и синтетические.

Данная технология предполагает создание композитного материала путем внедрения коротких дискретных полипропиленовых волокон с дальнейшим равномерным распределением по всему объему грунтового массива [1].

Большой вклад в развитие исследований на тему фиброармирования грунта внесли Дж. Зорберг (J.G. Zornberg), С. Хеджази (S.M. Hejazi), А. Дьямбра (A. Diambra). Однако, несмотря на фундаментальные исследования в этой области, материал не нашел широкого применения в строительной отрасли.

В отечественной строительной практике геосинтетические материалы в основном применяются в транспортном строительстве для сооружения временных дорог, для обеспечения общей и местной устойчивости высоких насыпей, для усиления дорожных одежд, для укрепительных работ в качестве покрытия откосов, при устройстве обратной засыпки подпорных стен. Применение синтетических материалов во всех вышеперечисленных случаях является эффективным способом улучшения свойств грунта. Данный опыт применения геосинтетиков дает основание полагать, что фиброармирование положительно влияет на свойства грунта и улучшает его механические характеристики, тем самым делает технологию фиброармирования грунта целесообразной и эффективной в строительной и дорожной отраслях.

Использование природных и / или синтетических волокон в геотехнической инженерии является осуществимым в шести областях, включая слои дорожной одежды (дорожное строительство), подпорные стенки, сейсмостойкое строительство, железнодорожные насыпи, защиту склонов и устройство оснований фундаментов [1]. Одним из новых перспективных методов усиления грунта в условиях дорожного строительства является фибровое армирование. Оно представляет собой создание композитного материала путем равномерного распределения армирующих волокон в массиве грунта. Фибра представляет собой натуральное, минеральное или синтетическое волокно. Фибра классифицируется по материалу, по длине и диаметру волокна, по сопротивлению на разрыв, по плотности и прочим критериям. Материалами для фибры могут служить базальт, полипропилен и другие. Фибра имеет большое сопротивление разрыву и совместно с грунтом хорошо работает на сдвиг, что приводит к улучшению прочностных характеристик композита [1]. Армирование оказывает влияние на следующие параметры: прочность на сдвиг, сжимаемость, плотность, водопроницаемость и др.

Таблица 1 – Классификация фиброволокна

Показатель	Базальтовая фибра	Полипропиленовая фибра	Стекловолоконная фибра	Стальная (металлическая) фибра
Материал	Базальтовое волокно	Полипропилен	Стекловолокно	Проволока из углеродистой стали
Прочность на растяжение, МПа	3500	150 - 600	1500 - 3500	600 - 1500
Диаметр волокна	13 - 17 мкм	10 - 25 мкм	13 - 15 мкм	0,5 - 1,2 мм
Длина волокна	3,2 - 15,7 мм	6 - 18 мм	4,5 - 18 мм	30 - 50 мм
Модуль упругости ГПа	Не менее 75	35	75	190
Коэффициент удлинения, %	3,2	20 - 150	4,5	3 - 4
Температура плавления С°	1450	160	860	1550
Стойкость к щелочам и коррозии	Высокая	Высокая	Только у щелочестойкого волокна	Низкая
Плотность, г/см ³	2,60	0,91	2,60	7,80

Основной целью укрепления грунтов в дорожном строительстве является повышение устойчивости и несущей способности земляных сооружений, а также уменьшение боковых деформаций.

Фибровое армирование мало изучено на данный момент, и поэтому оно привлекает к себе внимание геотехников. Особенно перспективно армирование с использованием коротких волокон.

Фиброармированный грунт определяется как массив, содержащий случайно распределенные дискретные элементы – волокна, которые обеспечивают улучшение механических характеристик грунта. Усиленный дискретными волокнами грунт ведет себя как композитный материал, в котором волокна, имея относительно высокую прочность, работают на разрыв. Волокна также гасят сдвиговые напряжения путем собственного растяжения. Это придает грунту дополнительную прочность.

Использование случайно распределенных дискретных эластичных волокон имитирует поведение корней растений и способствует устойчивости грунта, усиливая также приповерхностные слои.

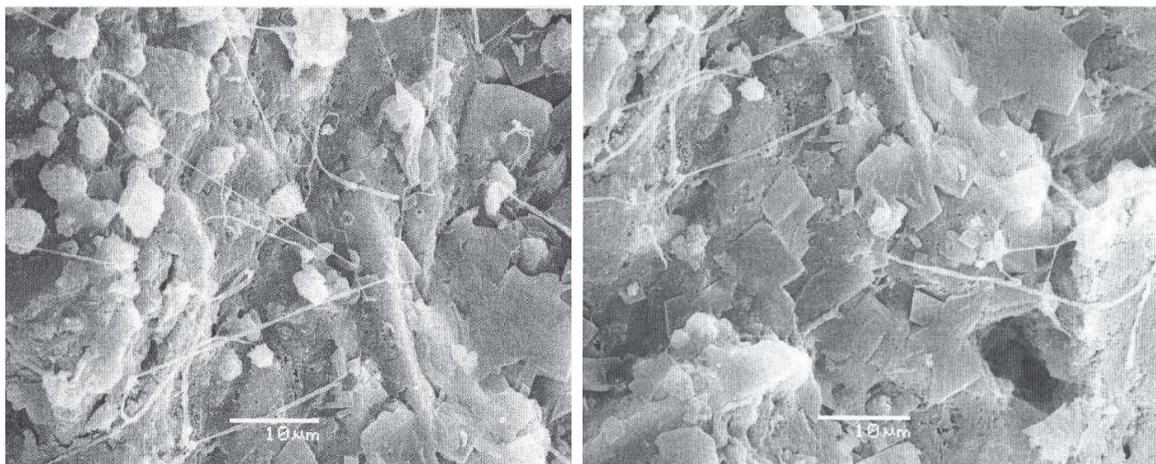


Рисунок 1 – Структура грунта с добавкой фиброволокна

Учеными было проведено много испытаний, результаты которых подтверждают высокий потенциал использования фиброволокон для армирования грунтового массива.

Всеобъемлющий обзор литературы показывает, что существует два варианта ориентации дискретных волокон в грунте. С одной стороны, возможно случайное прямое включение волокон в грунтовой массив. С другой стороны, предполагается ориентирование армирующих волокон. В обоих случаях предполагается необходимо оптимизировать свойства волокон: диаметр, длину, площадь поверхности текстуры и др.

В процессе применения возникают сложности при смешивании волокон с грунтом. Главной проблемой является запутывание волокон и неравномерное их распределение. Если адекватные методы смешивания фибры и грунта не будут разработаны, то подобное армирование не будет возможным. В основном существует два метода, которые могут быть рассмотрены при исследовании процедуры подготовки фиброгрунта [2, 4]. Фибра может смешиваться с грунтом как вручную, так и механизированным способом с помощью специальных устройств. Механические устройства можно разделить на три категории: роторные рыхлители, миксеры для бетона, барабанные смесители.

Изначально предполагалось, что волокна ориентированы в массиве грунта случайным образом. Однако было установлено, что общий порядок подготовки армированных образцов приводит к субгоризонтальной ориентации волокон. При равномерном распределении грунт можно считать гомогенным композитным материалом [3].

Армирование грунта полипропиленовыми волокнами положительно сказывается на поведении грунта при сейсмических нагрузках. Эта технология активно применяется в Японии и реализуется двумя

методами. Первый метод подразумевает внедрение непрерывных армирующих волокон в массив несвязного грунта. В этом случае волокна смешиваются с мелким песком при определенной влажности путем струйного перемешивания. Второй метод заключается в использовании коротких дискретных волокон.

Однако по сравнению с систематически армированными грунтами, случайное распределение дискретных волокон демонстрирует некоторые преимущества. Волокнистые материалы конкурентоспособны по сравнению с другими материалами. В отличие от известки, цемента и других химических инъекций, дорожное строительство с использованием дискретных полипропиленовых волокон является экологически более безопасным и не зависит от климатических условий. Материалы, которые могут быть использованы для создания волокнистой арматуры являются широкодоступными.

Включение фибры в грунт предотвращает образование трещин из-за растяжения, увеличивает водопроницаемость и прочность, снижая теплопроводность и вес строительных материалов, уменьшает «ломкость» грунта [5].

Литература

1. Мащенко А.В., Пономарева А.Б. Анализ армирования фиброволокном на свойства глинистых грунтов в условиях сезонного промерзания и оттаивания // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2016. Вып 44(63). Ч.1. С.40-50.
2. Лыщик П. А., Игнатенко В. В., Бавбель Е. И., Науменко А. И. Обоснование структуры и состава дорожной цементогрунтовой смеси на основе математической модели // Труды БГТУ. – 2015. – № 2: Лесная и деревообраб. пром-сть. – С. 39–43.
3. Лыщик П. А., Науменко А. И. Новые композиционные материалы для укрепления дорожных грунтов // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика / ФГБОУ ВПО ВГЛТА, Воронеж, РФ. 2014. Т. 2. № 3–3 (8–3). С. 200–202.
4. Лыщик П. А., Бавбель Е. И., Науменко А. И. Состав минерального вяжущего для укрепления дорожных грунтов // Труды БГТУ. 2014. № 2: Лесная и деревообраб. пром-сть. С. 33–36.
5. Лыщик П. А., Науменко А. И. Механизмы структурообразования дорожных грунтов, укрепленных минеральными вяжущими // Труды БГТУ. 2014. № 2: Лесная и деревообраб. пром-сть. С. 42–44.