

УДК 624.138.9

А.С. Овчаров, Д.Г. Золотозубов

Пермский национальный исследовательский
политехнический университет

ИСПЫТАНИЯ ГЕОСИНТЕТИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ ПО ПРОЧНОСТИ НА РАЗРЫВ ДЛЯ ОПТИМАЛЬНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ АРМИРОВАННЫХ ОСНОВАНИЙ

Рассматриваются вопросы оптимального проектирования грунтовых оснований, армированных геосинтетическими материалами, при возникновении вертикальных деформаций на основе данных по испытаниям материалов на разрыв.

Ключевые слова: грунтовое основание, провалы поверхности, армирование геосинтетическими материалами, испытания на разрыв.

При строительстве зданий и сооружений на территории Пермского края необходимо учитывать возможность возникновения значительных вертикальных деформаций грунтового массива, которые возникают на слабых грунтах и при образовании карстовых и техногенных (горные выработки, протечки воды на подземных коммуникациях и т.п.) провалов.

Провалы карстового происхождения актуальны для территории Пермского края. В частности, карстовые породы, размываемые подземными водами, характерны для Кунгура – карстовой «столицы» Прикамья. Однако большинство провалов вызваны «человеческими» факторами. Масштабное строительство не проходит бесследно – оно заметно влияет на земную поверхность. Известно, что при соответствующих условиях: ведении горных работ в нижележащих пластах, разрушении сохранившейся крепи, росте нагрузки на крепь сохранившейся старой выработки при строительстве зданий и сооружений, вибрации массива горных пород при работе механизмов, затоплении заброшенных горных выработок, – возможна активизация сдвига горных пород и земной поверхности с образованием провалов или локальных оседаний (микромульд).

До 1950-х гг. для крепления всех подготовительных выработок применялась древесина с относительно недолгим сроком службы. Таким образом, все подготовительные выработки на

глубинах до 80–100 м, проводимые до 1950-х гг., целесообразно рассматривать как потенциально опасные: возможно образование провала над ними. Одной из причин провалов являются также прорывы подземных коммуникаций – водопровода, канализации. Большинство подземных коммуникаций в Перми сильно изношено. Вода размывает грунт, делает его менее плотным, и грунт не выдерживает давления соседних участков земли (рис. 1).



а



б

Рис. 1. Аварии на водоводе в г. Перми: *а* – ул. Куйбышева;
б – ул. Островского

Аварийные ситуации в этих случаях можно предотвратить с помощью конструктивных решений, путем замены, уплотнения, закрепления и армирования грунтов.

Одним из самых распространенных способов для увеличения несущей способности и снижения деформативности грунтовых оснований является армирование грунтовых массивов с помощью геосинтетических материалов. Связано это с тем, что такое решение позволяет для устройства оснований использовать местные материалы. Характеристики грунтов, обладающих прочностью на сжатие и сдвиг, но не обладающих прочностью на растяжение, могут быть значительно улучшены путем введения упрочняющих элементов в направлении относительной деформации растяжения таким же образом, как и в железобетоне. Армированный грунт обладает такими характеристиками, которые делают его пригодным для возведения инженерных сооружений.

Значимый экономический эффект при возведении фундаментов на армированных основаниях получают за счет снижения затрат на доставку материалов, существенного уменьшения объемов земляных работ.

В настоящее время в мире проводится достаточно много исследований по применению различных геосинтетических материалов для усиления оснований [3]. Одной из важнейших задач при проведении исследований является определение влияния характеристик геосинтетических материалов на свойства армированного грунта.

Для снижения деформативности оснований при армировании важнейшей характеристикой является прочность геосинтетического материала на разрыв. Однако зависимость относительного удлинения от растягивающего усилия является нелинейной. Как показали исследования, проведенные на кафедре «Строительное производство и геотехника», учет этой зависимости позволяет более рационально подбирать геосинтетические материалы для усиления оснований. Связано это с тем, что для расчетов армированных оснований применяются численные методы, например, программа Plaxis. Для расчетов требуется знание жесткости на разрыв геосинтетического материала G , которая определяется на 1 погонный метр ширины материала (кН/м). Значение жесткости G как раз и зависит от относительного удлинения при растягивающих усилиях:

$$G = EA = F/(\Delta l/l),$$

где E – модуль упругости геосинтетического материала;

A – площадь поперечного сечения геосинтетического материала;

F – растягивающее усилие в геосинтетическом материале;
 $\Delta l/l$ – относительное удлинение геосинтетического материала.

Обычно жесткость G определяется при разрыве геосинтетического материала. Как показывают проведенные ранее исследования и анализ графиков зависимости относительного удлинения геосинтетического материала от растягивающего усилия (рис. 2), при меньших растягивающих усилиях фактическое значение жесткости G больше, чем при разрывных усилиях.

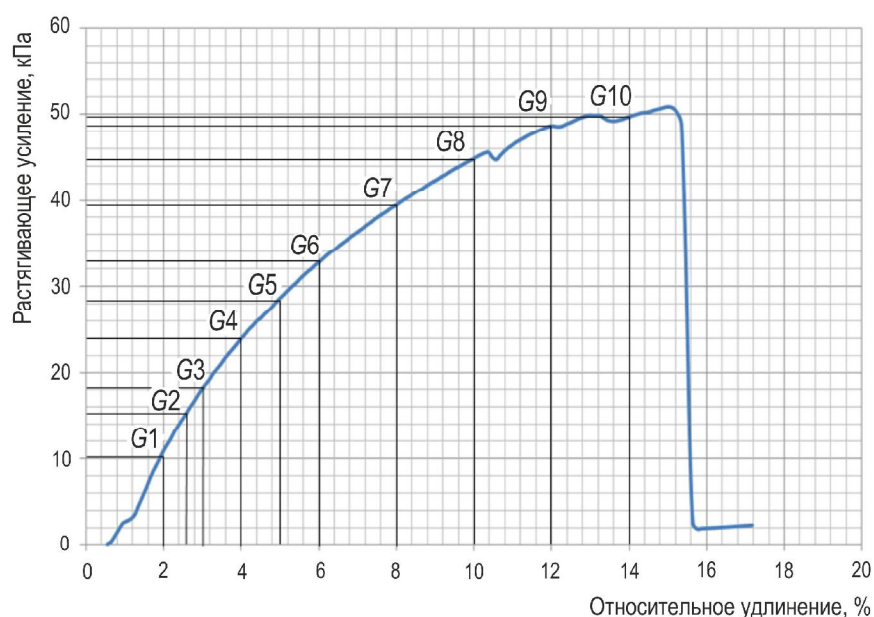


Рис. 2. Пример зависимости относительного удлинения геосинтетического материала $\Delta l/l$ от растягивающего усилия F

В данном примере получены следующие значения жесткости на разрыв G :

$G_1 \dots G_{10}$, кН/м	5,0	6,2	6,0	6,0	5,6	5,5	5,0	4,5	4,1	3,6
$\Delta l/l$, %	2,0	2,6	3,0	4,0	5,0	6,0	8,0	10,0	12,0	14,0

Анализ значений жесткости при разных удлинениях материала показывает, что оптимальной рабочей зоной материала является участок с относительным удлинением от 2,6 до 4 %, для которых жесткость G равна 6,2 и 6,0 кН/м соответственно. Производитель указывает значения нагрузки всего при двух значениях: 2 и 5 %, что является недостаточным для наиболее оптимального выбора материала, так как при удлинении 2

и 5 % значения жесткости составляют 5,5 и 5,6 кН/м соответственно. Как показали проведенные ранее исследования [1], при возникновении провала в грунтовом массиве осадка поверхности армированного грунтового основания зависит в том числе и от жесткости армирующего материала на разрыв. Поэтому при расчете армированных грунтовых оснований с помощью геотехнических программ необходимо учитывать изменение жесткости при изменении удлинения армирующих материалов.

На кафедре «Строительное производство и геотехника» проводятся исследования, целью которых является оценка влияния жесткости геосинтетического материала на разрыв G на изменение напряженно-деформированного состояния армированного грунтового массива в зависимости от возникающих в армирующей прослойке растягивающих усилий [2].

Из всего многообразия геосинтетических материалов нами выбраны как наиболее подходящие и часто используемые в качестве армирующих элементов следующие материалы: георешетка Апролат СД30-400 и геосетка АГМ-Дор 50/50 (рис. 3, 4).



Рис. 3. Георешетка Апролат СД30-400

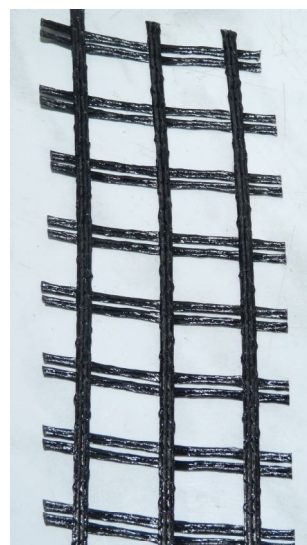


Рис. 4. Геосетка АГМ-Дор 50/50

Состав *Апролат СД30-400*: 100 % полипропилен

Предел прочности, кН/м, не менее: 40

Размер ячейки, мм: 40/40

Удлинение вдоль/поперек, %, не более: 10/10

Нагрузка при 2 % удлинении вдоль/поперек, кН/м, не менее: 13/15

Нагрузка при 5% удлинении вдоль/поперек, кН/м, не менее: 25/25

Апролат СД30-400 – плоские двухосные георешетки – изготавливаются из специальной марки полипропилена, что гарантирует более долгий срок службы во всех сферах применения. Полипропилен более устойчив к агрессивным средам, что имеет значение для использования в слоях, содержащих известь, цемент и в других щелочных средах. Материал, изготовленный из полипропилена, устойчив, не подвержен гниению, разложению, плесени. Георешетка работает по известному принципу «заклинивания и фиксации» природного заполнителя (щебня). Таким образом, георешетка осуществляет «механическую стабилизацию», разделяет инертные слои, армирует дорожное полотно. Данная георешетка обладает высокой прочностью, как в продольном, так и в поперечном направлении, что позволяет выдерживать высокие нагрузки.

Преимущества использования георешеток Апролат СД30-400:

- разделение конструктивных слоев;
- увеличение сроков службы дорог и увеличение межремонтных периодов, снижение затрат на эксплуатацию;
- более равномерное распределение нагрузок;
- повышение прочностных характеристик дорог и прочих сооружений за счет равномерного заклинивания частиц щебня/гравия в ячейках георешетки;
- снижение образования колеи на автодорогах;
- высокая химическая стойкость полипропиленовых георешеток в агрессивных средах, что важно, например, при строительстве дорог в щелочных и закисленных почвах;
- оптимизация строительных работ на слабых грунтах, экономия времени на замену слабого грунта;
- уменьшение затрат на строительство за счет возможного сокращения объемов использования слоев природных заполнителей, например, щебня.

Состав АГМ-Дор 50/50: 100 % полиэфир

Тип пропитки: битумная дисперсия

Разрывная нагрузка, кН/м, в продольном/поперечном направлении: 50/50

Стандартный размер ячейки, мм: 40/40

Удлинение при разрыве, %, не более: 13

Назначение геосетки АГМ-Дор 50/50:

- выполняет функцию армирования;
- используется в процессе укладки асфальтобетона при строительстве, реконструкции и ремонте автомобильных дорог и аэродромов.

Преимущества использования геосетки АГМ-Дор 50/50:

- увеличивает несущую способность дорожного покрытия;
- обеспечивает равномерное распределение горизонтальных сил (напряжений) на большую площадь;
- уменьшает образование колеи в зонах высоких транспортных нагрузок и снижает вероятность появления «гребенки» в местах интенсивного разгона-торможения, создавая эффект равномерного распределения нагрузки;
- предотвращает распределение отраженных трещин в асфальтобетонном покрытии;
- обеспечивает высокую прочность соединения с асфальтом за счет битумной пропитки;
- увеличивает межремонтные сроки проведения ремонтных работ.

В результате испытаний на разрывной машине МТ-136 получены зависимости деформации от нагрузки для георешетки Апролат СД30-400 (рис. 5, 7) и геосетки АГМ-Дор 50/50 (рис. 6, 8) в виде 10 кривых для каждого материала.

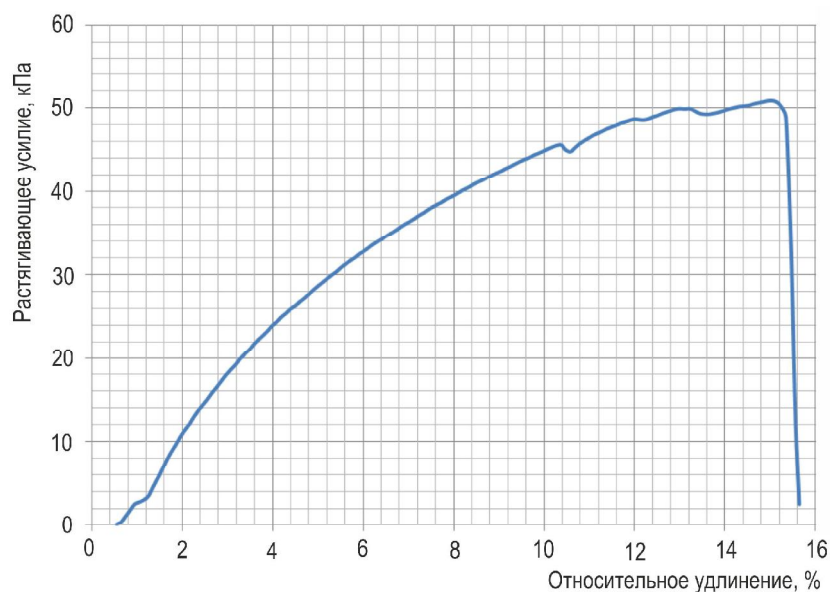


Рис. 5. Типичная зависимость деформации от нагрузки для решетки Апролат СД30-400

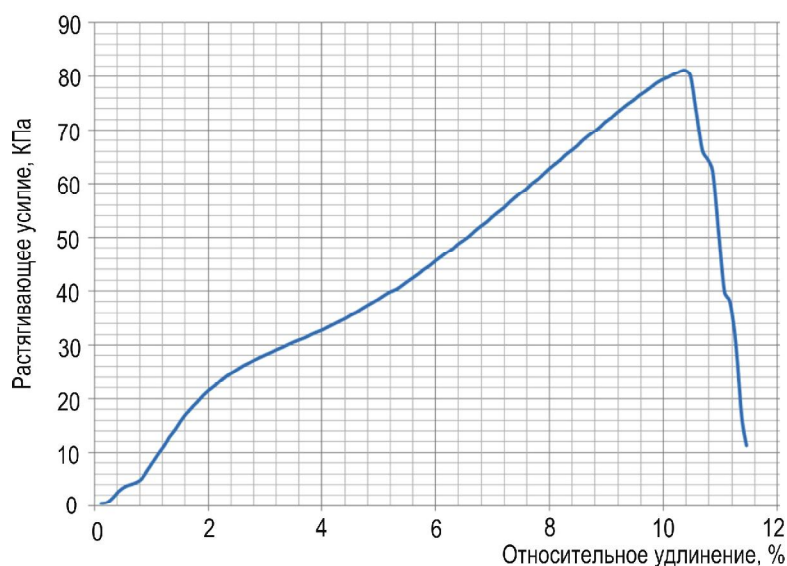


Рис. 6. Типичная зависимость деформации от нагрузки для сетки АГМ-Дор 50/50

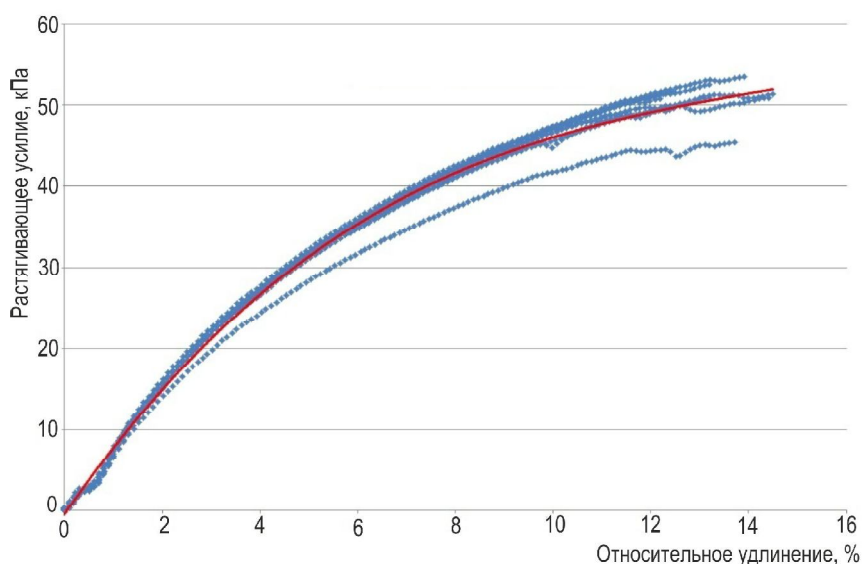


Рис. 7. Зависимость деформации от нагрузки для решетки Апролат СД30-400

Все зависимости деформации от нагрузки по отдельным испытаниям для каждого материала были сведены в общие зависимости (на рис. 7, 8 показаны красным цветом), что позволяет рассчитать усилие и жесткость, которые будет иметь армирующий материал при заданном значении его растяжения. Правые части графиков, для которых характерно снижение прочности с ростом относительных деформаций, были удалены.

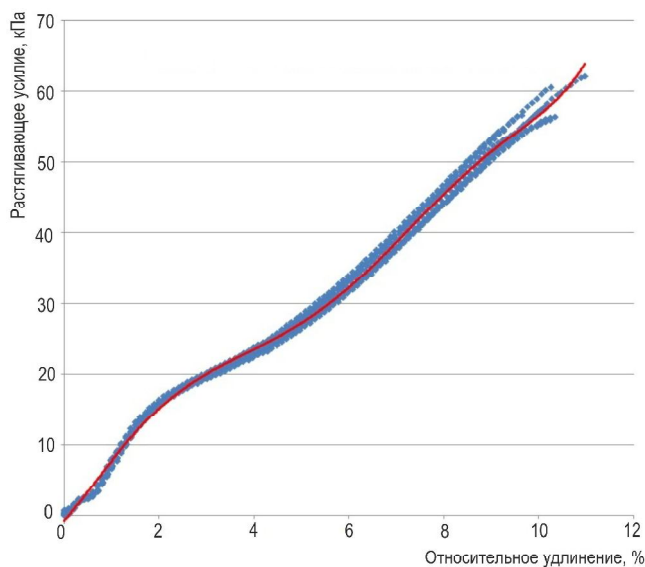


Рис. 8. Зависимость деформации от нагрузки для сетки АГМ-Дор 50/50

На основании зависимостей растягивающего усилия от удлинения, полученных путем обобщения по отдельным испытаниям, определяются жесткости на разрыв G , которые в дальнейшем используются для расчета в программном комплексе Plaxis 2D. Целью этих исследований является оценка степени влияния жесткости геосинтетического материала на разрыв при разных удлинениях материала для различных конструкций армированных грунтовых оснований.

Библиографический список

1. Золотозубов Д.Г. Анализ работы армированных оснований при деформациях грунтовых массивов: дис. ... канд. техн. наук. – Пермь, 2011. – 119 с.
2. Овчаров А.С., Золотозубов Д.Г. Определение прочностных характеристик геосинтетических материалов // Вестник ПГТУ. Строительство и архитектура. – Пермь, 2011. – № 1. – С. 54–58.
3. Schwerdt S. Die Ueberbrueckung von Erdeinbruechen unter Verwendung von einlagig verlegten Geogittern – Vergleich zwischen Versuchsergebnissen und den Ergebnissen von analytischen und numerischen Berechnungen// Geotechnik. – 2003. – № 26. – S. 95–105.

Получено 2.03.12