

خصوصیات و کاربردهای مصالح ژئوسنتتیک

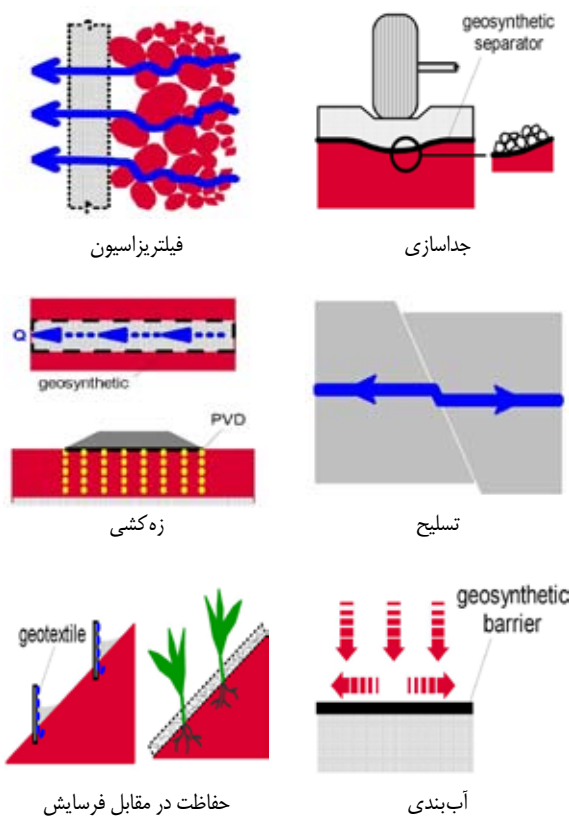
تهیه کنندگان: محمد بلوچی، زینب قناد
دفتر پشتیبانی مدیریت پروژه‌ها

چکیده

و حمل و نقل استفاده می‌شود. به عنوان مثال از این مصالح جهت احداث دیوار مجاور سرریز (در پروژه سیاه‌بیشه) به خوبی استفاده شد و صرفه‌جویی خوبی در زمان پروژه صورت گرفت.

کاربرد ژئوسنتتیک‌ها

مهم‌ترین کاربردهای ژئوسنتتیک‌ها جداسازی^۱، فیلتریزاسیون^۲، زه‌کشی^۳، تسلیح^۴، جلوگیری از نشت سیالات یا حفاظت در مقابل فرسایش^۵ است. در بعضی از موارد یک محصول دو کاربرد را به صورت هم‌زمان برآورده می‌کند.



شکل ۱: کاربردهای ژئوسنتتیک‌ها

- 1 Separation
- 2 Filtration
- 3 Drainage
- 4 Reinforcement
- 5 Erosion Control

طی نیم قرن اخیر استفاده از مواد و مصالح مصنوعی در پروژه‌های مهندسی عمران پیشرفت وسیعی داشته است. با ابداع مواد مصنوعی بادوام و قابل اطمینان، مصالحی با عنوان ژئوسنتتیک به دنیا معرفی شد. این مصالح به صورت مصنوعی از مواد لاستیکی و پلاستیکی ساخته می‌شود و بسته به نوع کاربرد و عملکرد مورد انتظار با اشکال و خواص مختلف تولید می‌شوند. به علت کاربرد وسیع، سرعت اجرا و قیمت مناسب، تولید و مصرف این مصالح به شدت در حال رشد است. طبق آمار منابع رسمی میزان فروش مصالح ژئوسنتتیک در آمریکا از ۲/۱ میلیارد دلار در سال ۲۰۰۷ به ۲/۲ میلیارد دلار در سال ۲۰۰۸ رسیده و پیش‌بینی می‌شود در سال ۲۰۱۳ به ۲/۳ میلیارد دلار برسد. ژئوسنتتیک‌ها در پروژه‌های صنعتی، سدسازی، راه‌سازی، سازه‌هایی از قبیل دیوار حایل، به‌سازی خاک و سایر پروژه‌ها که با خاک مرتبط هستند کاربرد گسترده‌ای دارند. در ادامه سعی شده تا مهم‌ترین اعضای گروه ژئوسنتتیک‌ها به همراه ساختار فیزیکی و شیمیایی و کاربرد آن‌ها در مهندسی عمران و محیط زیست معرفی شوند.

مقدمه

ژئوسنتتیک‌ها موادی هستند که همگام با پیشرفت صنعت پتروشیمی با استفاده از انواع مختلف پلیمرها ساخته می‌شوند و استفاده از آن‌ها به عنوان مصالحی جدید در طرح‌های آب و خاک مورد استقبال قرار گرفته است. به طور کلی ژئوسنتتیک عنوانی فراگیر برای توصیف صفحات نازک و انعطاف‌پذیری است که در داخل توده خاک یا در ارتباط با مصالح خاکی با اهداف مختلفی مانند مسلح‌سازی، جداسازی، عایق‌بندی رطوبتی، مهار فرسایش، ایفای نقش صافی (فیلتر)، زه‌کشی و غیره مورد استفاده قرار می‌گیرند. در بسیاری از موارد، این ورقه‌ها ممکن است ترکیبی از وظایف مذکور را به عهده داشته باشند. خواص فیزیکی و مکانیکی ژئوسنتتیک‌ها هم‌چون استحکام، نفوذناپذیری، مقاومت در برابر فرسایش و از همه مهم‌تر مقاومت کششی فوق‌العاده بالای آن‌ها نسبت به وزنشان باعث به‌وجود آمدن گستره وسیعی از کاربرد این مواد در طرح‌های عمرانی شده است. از این مصالح در زمینه‌های مختلف از قبیل بهبود وضعیت خاک، اصلاح موارد زیست‌محیطی، هیدرولیک و سازه‌های هیدرولیکی

مصالح نرم تر خاک زیربستر ۱۵ و در نتیجه تثبیت ضخامت لایه های مختلف طراحی شده نیز استفاده می شود (خاصیت جداکنندگی).

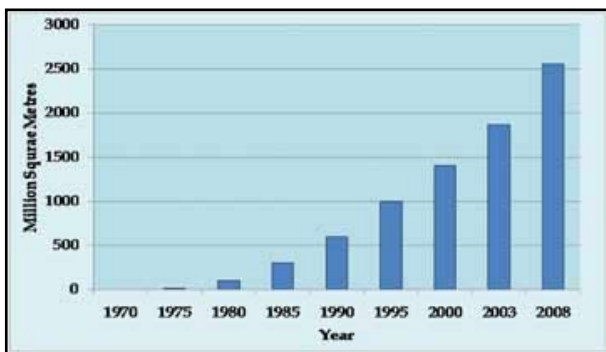


شکل ۲: استفاده از ژئوتکستایل در دیوار حایل



شکل ۳: استفاده از ژئوتکستایل برای جداسازی خاک

از مزیت های شاخص ژئوتکستایل ها سهولت و سرعت کاربرد، دوام بالا در مقابل عوامل طبیعی، توانایی نگهداری ذرات خاک در جای خود و مقاومت الکتریکی بالای آن ها و از معایب مهم آن ها ایجاد تغییر شکل در دراز مدت است که در انواع جدید سعی شده این مشکل برطرف شود. نمودار ۱ نشان از رشد مصرف این محصول در سال های اخیر دارد.



نمودار ۱: رشد مصرف ژئوتکستایل در دنیا طی سال های ۱۹۷۵ الی ۲۰۰۰

15 Subgrade

انواع ژئوسنتتیک ها

ژئوسنتتیک ها به شش گروه اصلی ژئوتکستایل ها، ژئوممبرین ها، ژئوگریدها، ژئوفوم ها، ژئونت ها^{۱۰}، ژئوکامپوزیت ها^{۱۱} و ژئوسنتتیک با پوشش رسی^{۱۲} تقسیم می شوند. هر کدام از این گروه ها دارای خصوصیات مخصوص به خود هستند و با توجه به همین خصوصیات در کارهای مختلفی از آن ها استفاده می شود. البته علاوه بر دسته های اصلی اشاره شده، دسته های دیگری از قبیل ژئوپایپ ها^{۱۳} و ژئوسل ها^{۱۴} وجود دارند، ولی به علت کاربرد کم تر در این نوشته بررسی نمی شوند.

۱- ژئوتکستایل ها

ژئوتکستایل ها بزرگ ترین گروه ژئوسنتتیک ها را تشکیل می دهند. این محصولات، منسوجات متخلخل و نفوذپذیری هستند که از الیاف پلیمری ساخته می شوند. خاصیت اصلی آن ها فسادناپذیری در مقابل عوامل مخرب درون خاک است.

در عملکرد فیلتریزاسیون، ژئوتکستایل در عین نگهداری ذرات ریز خاک، اجازه عبور آب از میان لایه ذرات ریز به لایه ذرات درشت تر را می دهد. به همین دلیل، ژئوتکستایل باید ثبات دائمی مکانیکی و نیز ثبات فیلتر هیدرولیکی را برای ادامه کارایی سازه، داشته باشد. برای اینکه این کاربرد مؤثر واقع شود، ژئوتکستایل باید از شسته شدن و از میان رفتن ذرات ریز ممانعت کند. بدین منظور هنگام انتخاب و طراحی، مطابقت آن با معیارهای فیلتری، نفوذپذیری، تأمین و حفظ جریان مداوم آب با حداقل میزان فشار بررسی می شود.

یکی دیگر از موارد استفاده از ژئوتکستایل ها، مسلح کردن خاک ریزهاست. با به کار بردن لایه های ژئوتکستایل در خاک ریز می توان حجم مصرفی مصالح خاکی را کاهش داد و خاک ریز را در مقابل تمامی بارهای اعمالی مسلح کرد.

هم چنین می توان با استفاده از ژئوتکستایل، دیواری با شیب دلخواه تا ۹۰ درجه ایجاد کرد. این مصالح قابلیت ساخت دیوار تا ارتفاع حدود ۱۰ متر را دارد. این دیوارها انعطاف پذیر هستند و در مقابل لغزش دورانی ضریب اطمینان بالایی دارند. از خاک ریزهای مسلح در جلوگیری از رانش زمین، دیوارهای حایل وزنی که به نحوی محدودیت ابعاد دارند، در ریزش گیرها، در بستر جاده و ... استفاده می شود.

از ژئوتکستایل ها برای ممانعت از نفوذ مصالح اساس راه به لایه

- 6 Geotextiles
- 7 Geomembranes
- 8 Geogrids
- 9 Geofoms
- 10 Geonets
- 11 Geocomposites
- 12 Geosynthetic Clay Liners (GCL)
- 13 Geopipes
- 14 Geocells

می شوند. هنگام نصب، ژئوممبرین نباید کشیده شود و از چین خوردگی آن نیز باید جلوگیری کرد. چنانچه ژئوممبرین های تولیدی از نوع مدفون یا نیازمند لایه محافظ باشند، باید برای اجتناب از تجزیه و فساد آن در اثر اشعه ماورای بنفش، هرچه سریع تر پس از نصب روی آن ها پوشانیده شود.



شکل ۵: استفاده از ژئوممبرین در استخرها

هم چنین جهت جلوگیری از سوراخ شدگی این لایه ها (به دلیل خاصیت آب بندی) باید از مجاورت با لبه های نوک تیز جلوگیری و سطح پوشش قبل از احداث به خوبی صاف و یکنواخت شود.

۳- ژئوگریدها

ژئوگریدها گروهی دیگر از خانواده ژئوسنتتیک ها از جنس پلی استر و پلی اتیلن یا ترکیبی از این مواد و سایر مواد مشابه هستند. این محصولات در ضخامت، اندازه و ابعاد مختلف به صورت شبکه های سه بعدی تولید می شوند. ژئوگریدها به عنوان تقویت کننده های مناسب مورد استفاده قرار می گیرند، زیرا دارای مقاومت کششی بالا و قابلیت قفل شدگی قابل توجهی با محیط اطراف هستند. این دسته از ژئوسنتتیک ها معمولاً در مناطقی که خاک اشباع یا نمدار است، در بالا و پایین لایه ژئوتکستایل قرار می گیرند. ضخامت ایفای ژئوگرید ۰/۵ تا ۱/۵ میلی متر و ضخامت در محل گره ۲/۵ تا ۵ میلی متر است. ژئوگریدهایی که از آن ها برای مسلح کردن خاک استفاده می شود، دارای چشمه های مستطیلی یا بیضی با ابعاد تقریبی ۲۵ تا ۱۵۰ میلی متر هستند.

مهم ترین کاربردهای ژئوگریدها ایجاد سیستم خاک مسلح، احداث دیوارهای حایل، اصلاح لایه اساس و تقویت بستر در راه سازی و موارد مشابه است. شایان ذکر است که دیوارهای ساخته شده با ژئوگرید، مشکل تغییر شکل های زیاد دیوارهای ساخته شده با ژئوتکستایل ها را ندارد.

۲- ژئوممبرین ها

ژئوممبرین ها ورق های لاستیکی یا پلاستیکی با نفوذپذیری بسیار پایین هستند که به عنوان حفاظ رطوبتی به کار برده می شوند. ژئوممبرین ها بعد از ژئوتکستایل ها دومین گروه بزرگ ژئوسنتتیک ها را تشکیل می دهند. برای ساخت ژئوممبرین ها، مخلوط مناسبی از مواد پلیمری ذوب و به صورت ورق های نازکی از قالب خارج می شود. سپس ورق ها از داخل غلتک هایی که در خلاف جهت هم حرکت می کنند عبور داده می شوند. این کار ضخامت ورق ها را در تمام قسمت ها یکسان می کند و خواص مکانیکی آن ها را نیز بهبود می بخشد. به علاوه، با این روش می توان ژئوممبرین های چند لایه ساخت. ضخامت پوشش ها (لایه ها) بین ۰/۷۵ تا ۳ میلی متر و پهنای آن ها بین ۱/۸ تا حداکثر ۹/۵ متر است.



شکل ۴: استفاده از ژئوممبرین برای آب بندی کف کانال

هزینه اجرای پوشش ژئوممبرین بسته به ضخامت و جنس از ۳۰,۰۰۰ تا ۸۰,۰۰۰ ریال برای هر مترمربع متغیر است.

سرعت اجرای ژئوممبرین فوق العاده بیش تر از مصالح بنایی است، به گونه ای که استخر ذخیره آب بیش از ۵۰۰,۰۰۰ متر مکعب را می توان یک هفته ای احداث کرد؛ در حالی که با مصالح بنایی بیش از چندین ماه زمان و حجم بسیار زیادی مصالح برای احداث چنین استخری لازم است.

ژئوممبرین ها به عنوان یک عایق بسیار مقاوم و کم هزینه با طول عمر بالا در بسیاری از پروژه ها کاربرد دارد. بعضی از کاربردهای اصلی ژئوممبرین ها عبارتند از: آب و فاضلاب (ساخت لاگون ها، کانال های آب رسانی، حوضچه ها و استخرها و دریاچه های مصنوعی)، ایزولاسیون سازه های زیرزمینی در برابر نفوذ آب های سطحی و زیرزمینی، سایت دفن زباله های صنعتی و خطرناک، ایجاد و توسعه زمین های کشاورزی در محیط های نامساعد.

جهت استفاده از ژئوممبرین ها در سطوح شیب دار یا قائم و جاهایی که امکان لغزش وجود دارد، از نوعی ژئوممبرین استفاده می شود که بر روی سطح آن برجستگی هایی به شکل میخ وجود دارد. این میخچه ها در آستر زیر فرو رفته و مانع از لغزش لایه ژئوممبرین



(الف)

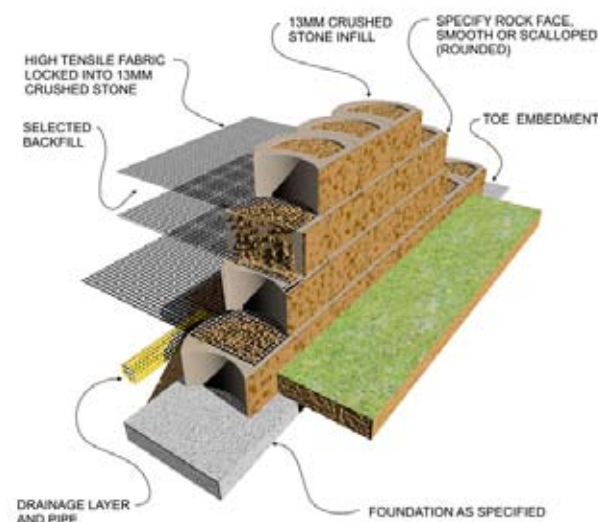


(الف)



(ب)

شکل ۷: اجرای ژئوفوم در راه سازی



(ب)

شکل ۸: استفاده از ژئوگرید برای اجرای (الف) خاک مسلح، (ب) دیوار حایل

۵- ژئونت ها

ژئونت ها گروه دیگری از محصولات ژئوسنتتیک هستند. این محصول در کارهای عمرانی برای تثبیت خاک های سست، تقویت و مقاوم سازی دیوارهای خاکی، زیرسازی مخازن، محافظت از دیواره شیب ها و محافظت پوشش لوله های زیرزمینی (جلوگیری از خراش توسط سنگ ها) به کار می رود. این محصولات به صورت دو مجموعه موازی از تیرک های پلیمری هستند که به صورت زاویه دار نسبت به هم قرار می گیرند. بین این تیرک ها سوراخ های نسبتاً بزرگی وجود دارد که در نتیجه محصول شکلی توری مانند خواهد داشت. عملکرد ژئونت ها به طور کامل در محدوده زه کشی قرار دارد. تقریباً تمام ژئونت ها از پلی اتیلن ساخته می شوند.

۴- ژئوفوم ها

ژئوفوم ها جدیدترین گروه ژئوسنتتیک هستند. ژئوفوم ها در قطعه های بزرگ و سبک ساخته می شوند و در سازه های خاکی یا سنگفرش ها به عنوان عایقی در برابر گرما و حرارت عمل می کنند. فوم ها اصولاً به عنوان پرکننده فضاهای خالی و درزها به کار می روند. با توجه به قابلیت هایی که تولیدکنندگان به فوم ها داده اند، این فوم ها افزایش حجمی تا ۶۰ برابر در فضای آزاد را دارند و می توانند به عنوان عایق آب و گاز نیز عمل کنند، هم چنین دارای خواص بارپذیری بالا نیز هستند. کاربرد ژئوفوم ها اغلب در زیر سنگچین های بنا شده بر روی خاک های نرم و سست، سطوح زیرین جاده، سنگ فرش باند فرودگاه، سیستم های راه آهن که دائماً در معرض انقباض و انقباض قرار می گیرند و هم چنین در زیر تانک های ذخیره مایعات نوشیدنی خنک و سطوح شیب دار استفاده می شوند.



شکل ۹: نمونه‌هایی از کاربرد ژئوسنتتیک با پوشش رسی در ساخت کانال



(ب)



(الف)

شکل ۸: (الف) ژئونت، (ب) ژئوکامپوزیت (ترکیب ژئونت و ژئوتکستایل)

نتیجه‌گیری و جمع‌بندی

با در نظر داشتن مزایای ژئوسنتتیک‌ها از قبیل نصب سریع، کاهش حجم عملیات خاکی، ساخته شدن با کیفیت و خواص دلخواه، کاهش هزینه‌ها و دیگر مزایا که در متن به آن‌ها اشاره شد، نتیجه‌گیری می‌شود که این محصولات می‌توانند جایگزین بسیار مناسبی برای مصالح سنتی باشند. به علت تنوع فراوان در این محصولات، باید در انتخاب نوع و ابعاد آن دقت شود. اگرچه تولید ژئوسنتتیک‌ها در کارخانه و تحت آزمایش‌ها و کنترل کیفیت دقیق و کافی انجام می‌شود، ولی به علت کمبود تجربه در استفاده از این محصولات و هم‌چنین حساسیت بسیار بالای آن‌ها، در اجرای این محصولات باید توجه و دقت بالایی مبذول کرد.

دفتر پشتیبانی مدیریت پروژه‌ها، مطلب جامع‌تری درباره ژئوسنتتیک‌ها تهیه کرده است. علاقه‌مندان می‌توانند برای دریافت اطلاعات بیش‌تر با این دفتر تماس حاصل فرمایند.

منابع:

۱. م. بلوچی و ز. قناد، ویژگی‌های مواد ژئوسنتتیک، تکنولوژی‌های نوین صنعت ساختمان، مدیریت دانش، شرکت کیسون، ۱۳۸۹.
۲. ح. رحیمی، م. قبادی‌نیا و ت. سهرابی، کاربرد مواد ژئوسنتتیک در آبیاری و زهکشی، چاپ اول، تهران، کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، ۱۳۸۵.
۳. م. صدریان‌زاده، معرفی ژئوسنتتیک‌ها و کاربرد آن‌ها در مهندسی عمران، یازدهمین کنفرانس دانشجویان عمران سراسر کشور، دانشگاه هرمزگان، ۱ تا ۴ تیرماه ۸۳.
4. BCC Research Institute, leading information resource producing markets, <http://www.bccresearch.com>
5. R. W. Day., Building Design and Construction Handbook; Section 6; Soil Mechanics and Foundations, Sixth Edition, published by McGraw-Hill Book Company, 2001.
6. International Geosynthetics Society (IGS), products catalogues, <http://www.geosyntheticsociety.org/>
7. S. Anbhan, Geo textiles in Pakistan – The way Forward, Pakestan textile journal, 2010.
8. R. W. Sarsby, Geosynthetics in civil engineering, The Textile Ins. Pub., England, 2007.
9. K. Ketchart, J. T.H. Wu., Performance test for Geosynthetic- Reinforced soil including effects of preloading, US. Department of Transportation, Federal Highway Administration (FHWA), 2001.

۶- ژئوکامپوزیت‌ها

ژئوکامپوزیت‌ها ترکیب دو یا چندتایی از ژئوتکستایل‌ها، ژئوگریدها، ژئونت‌ها یا ژئوممبرین‌ها هستند. در ساخت ژئوکامپوزیت‌ها ممکن است محصولات غیرپلیمری نظیر پشم شیشه ۱۶ و رشته‌های فولادی برای افزایش مقاومت کششی، ماسه جهت ایجاد مقاومت فشاری و به عنوان پرکننده، رس برای منبسط شدن در مواقعی که از ژئوکامپوزیت به عنوان پوشش استفاده می‌شود و قیر به عنوان ماده ضد آب استفاده شود. هدف از ساختن ژئوکامپوزیت‌ها ایجاد محصولاتی است که در عملکردهایی نظیر مسلح‌کنندگی، زه‌کشی، فیلتریزاسیون و غیره برتری قابل ملاحظه‌ای نسبت به انواع دیگر ژئوسنتتیک‌ها داشته باشند و نیز چند وظیفه را بتوانند به طور هم‌زمان انجام دهند. از انواع متداول ترکیب ژئوسنتتیک‌ها برای ساخت ژئوکامپوزیت‌ها می‌توان به ترکیب ژئوتکستایل - ژئوگرید، ژئوتکستایل - ژئوممبرین و ژئوممبرین - ژئوگرید اشاره کرد.

۷- ژئوسنتتیک با پوشش رسی

این نوع ژئوسنتتیک، از مشتقات ژئوکامپوزیت‌ها است که به دلیل کاربرد فراوان به صورت جداگانه بررسی می‌شود. این محصول متشکل از ورقه‌های ژئوسنتتیک با میان لایه‌های رسی (بنتونیتی) است و برای جلوگیری از نشست آب و آب‌بندی مورد استفاده قرار می‌گیرد. نوع متداول آن متشکل از یک لایه بنتونیت در میان دو ورقه ژئوتکستایل یا یک لایه ژئوتکستایل و ژئوممبرین است. این نوع ژئوسنتتیک جایگزین پوشش رسی متراکم شده می‌شود. در این حالت بنتونیت در لایه وسطی متورم شده و به نفوذپذیری بسیار ناچیزی در حدود ۹-۱۰×۵ سانتی‌متر بر ثانیه می‌رسد. در نتیجه ژئوتکستایل با لایه رسی، حفاظت هیدرولیکی معادل با یک متر هسته رسی متراکم شده را تأمین می‌کند. این در حالی است که ضخامت کل لایه در حدود هفت میلی‌متر است.