

# ژئوسنتز (مجموعه مقالات)

- ساخت با استفاده از مواد انعطاف پذیر
- مواد ژئوسنتزی
- تقویت کننده ها
- سیستم دیواره خاک
- ژئوتکستایلها
- پروژه های انجام شده

نشریه شماره ۶ بهار ۱۳۷۲



## پیشگفتار

ژئوسنتز (GEOSYNTHETIC) عنوان عامی است که به مجموعه ای از ژئوتکستایلها (GEOTEXTILES)، ژئوگریدها (GEOGRIDS) و ژئوممبرین ها (GEOMEMBRANES) اطلاق می گردد .

موارد استفاده از این مواد ، طیف وسیعی داشته و بعنوان مثال می توان زیرسازی خیابان ، جاده ، راه آهن ، تثبیت موقت یا دائم خاکریزها ، ... را نام برد .

هم اکنون در شهر تهران در حاشیه بزرگراهها که ساختمانهای برفراز خاکریزهای طبیعی احداث شده و یا در دست احداث می باشند ، جهت جلوگیری از شسته شدن و ریزش جبهه خاکی مشرف به این راهها اقدام به سنگ چینی می شود که نه تنها هزینه زیادی بابت سنگ ، تراشیدن و کار گذاشتن آن پرداخت می شود ، بلکه از نظر زمانی نیز بسیار وقت گیر بوده و در اثر مرور ایام و آلودگی های موجود در هوا ، تغییر رنگ داده و به زیبایی محیط زیست لطمه وارد می آورد . با استفاده از نوع بخصوصی از این مواد می توان با صرف هزینه و مدت زمان کمتر ، جبهه ایجاد شده را با انواع گیاهان از قبیل چمن و یا گل پوشانیده ، آنرا به فضای سبز مبدل کرده و به زیبایی و لطافت محیط زیست کمک نمود .

یکی دیگر از موارد استفاده ای که قابل ذکر است ، استفاده از نوع دیگری از این مواد جهت عایق نمودن بستر دریاچه های مصنوعی است که ایجاد آنها ، هم به زیبایی و هم به لطافت شهرها و مناطق توریستی ، گردشگاهی و پارکها کمک می نماید . بالاخره در مناطقی که خطر جریان سیل وجود دارد ، می توان اقدام به احداث حفره های وسیع در زمین نموده و پس از پوشش نمودن داخل آنها با این مواد ، سیلابها و یا آبهای هرز را به آنها هدایت نموده و سپس اقدام به استفاده مناسب از قبیل تصفیه آن و یا مصارف آبیاری کرد .

علیرغم اینکه حدود ۲۰ سال از ابداع و مصرف این مواد در کشورهای پیشرفته صنعتی می‌گذرد ، ولیکن در بعضی کشورها از جمله ایران که صاحب ذخایر عظیم نفتی و کارخانجات پتروشیمی که مبنای تهیه آنها می‌باشند ، نه تنها هنوز مورد استفاده قرار نگرفته‌اند ، بلکه بعضاً ناشناخته می‌باشند .

گونه‌هایی از این مواد با استفاده از پلیمرها و گونه‌هایی دیگر با استفاده از مواد طبیعی تولید می‌شوند که نوع اول دارای دوام بلند مدت بوده و در بستر خاک باقی می‌ماند و نوع دوم پس از مدتی تجزیه شده و خود به خود از بین می‌رود . نکته قابل توجه اینکه هیچکدام از این انواع ، اثر سوئی بر زمین و یا محیط زیست باقی نمی‌گذارند .

علیرغم تصور اولیه‌ای که ممکن است ایجاد شود ، هزینه اولیه استفاده از این مواد بسیار اندک بوده و در مقایسه با مزایای بلند مدت آن ، ناچیز می‌باشد .

مجموعه مقالات پیوست ، از نشریه INTERNATIONAL CONSTRUCTION مورخ ماه آوریل ۱۹۹۲ و ماه ژوئیه ۱۹۹۲ انتخاب و ترجمه شده و امیدوار است موجب آشنائی اهل فن با این محصولات و کاربردهای متنوع آنها گردد و متخصصین امر نیز ، این مهندسين مشاور را از راهنمائيهای خود بهره‌مند فرمایند .

سعید شهیدی

مدیر بخش تحقیقات و مطالعات

## ساخت با استفاده از مواد انعطاف پذیر

با پیشرفت تکنولوژی در صنایع پلاستیک و شیمی، صنعت ساختمان از مواد ژئوسنتزی که قویتر، ضخیمتر، سبکتر بوده و سازگاری بیشتری با محیط زیست دارد نهایت بهره را می برد.

ابهام زیادی در مورد تفاوت بین ژئوسنتز (Geosynthetics)، ژئوتکستایل (Geotextiles)، ژئوممبرین (Geomembranes) و تولیدات متنوع مربوط به آن وجود دارد. بطور ساده باید گفت ژئوسنتز، اسم جمعی است که گروه متشکله از ژئوتکستایلها، ژئوممبرین ها و تولیدات منسوب به آنها تعریف می نماید.

ژئوتکستایلها الزاماً آنچه بنام Textile (تکستایل) می خوانیم نیستند بلکه در تعریف، نوعی مصالح ساختمانی انعطاف پذیر می باشند. طبق تعریف، این مواد درمقابل مایعات، نفوذپذیر بوده و قابلیت جدا کردن اجسام معلق در میان مایعات عبورکننده از بین آنها را دارند.

از طرف دیگر، ژئوممبرین (Geomembrane)، کاملاً نسبت به مایعات و ذرات نفوذ ناپذیر می باشد و برای بیرون نگهداشتن رطوبت بکار می رود.

مواد خاص دیگری نیز که در طی این چند سال بوجود آمده اند، ناقص تر از مواد اولیه می باشند و بهتر است آنها را با عنوان "محصولات منسوب" نامید. در اثر آشنایی تهیه کنندگان مشخصات

فنی و همچنین تولید کنندگان این مواد با مزایای آنها ، استفاده از ژئوتکستایل و ژئوممبرین ها در کارهای سیویل در حال رشد می باشد .

ژئوممبرین ها خاصیت نفوذ ناپذیری ارائه می دهند درحالیکه ژئوتکستایل ، مقاومت سایشی ، تخلخل و امکان عبورگازها و مایعات از زیر روکش ( Liner ) و نیز تأمین ثبات خاکریزها را عرضه می کنند .

از ژئوتکستایلها همچنین برای هدایت و کنترل نشت های بالقوه و نیز برای تثبیت مواد واقع بر شیب پوشیده شده از ژئوممبرین ، استفاده می شود تا مانع از ریزش خاک گردد .

### حفاظت روکش ( Liner )

در بسیاری از موارد ، لایه خاکی زیر پوسته (membrane) ، ناهموارتر از آنست که بتوان روکشی بی حفاظ برآن به کار برد . شیب های تند حوضچه ها و استخرها نمایانگر مشکلات ثبات ، آماده سازی و نیز افزایش هزینه ها می باشد . خطر آسیب پذیری در اثرعمل مکانیکی نیز افزایش می یابد . چین خوردگی سطح روکش حفاظت نشده باعث فشرده شدن لایه ژئوممبرین می شود . بجز خطر شکافته شدن لایه مذکور در اثرسنگهای بیرون زده ، لغزش ذرات خاک به زیر آن ، ایجاد پستی و بلندی می نماید که خود باعث عدم کارکرد صحیح سیستم می گردد .

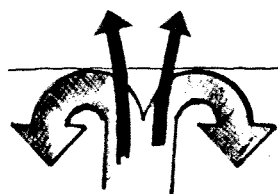
استفاده از ژئوتکستایل به همراه ژئوممبرین، نه تنها مقاومت پوسته را در مقابل سوراخ شدن افزایش می دهد ، بلکه حفاظی بسیار موثر نیز در مقابل عوامل مکانیکی (مانند گسیختگی و شکست) میدهد . پارگی یا شکاف موجب نفوذ باد و باران به زیرروکش و خرابی و عدم کارایی می شود .

بندرت ممکن است آلترناتیوهای موجود برای ژئوتکستایل ، مانند شن و ماسه ، در محل پروژه وجود داشته باشند و نیز ثابت شده است که استفاده از ژئوتکستایلها با صرفه تر از هزینه تهیه آلترناتیوهای طبیعی است . بعضی ، کاربرد مواد طبیعی بر شیبهای تند را سخت و پُر بها دانسته و همچنین معتقدند که این مواد ثبات مناسب در مقابل تخریب را تأمین نمی کنند . از طرف دیگر ، ژئوتکستایلها را می توان به راحتی و سهولت و نیز مستقیماً بر روی لایه های زیرین خاک که بسیار ناهموار می باشند قرار داد و سطح کار تمیزی برای عملیات مهم نصب ورقه های ژئوممبرین در محل کار بوجود آورد .

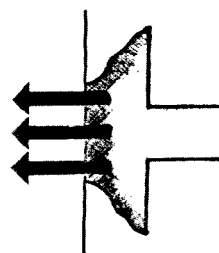
### زهکشی و تهویه

روکشهای بی حفاظ ، در برابر زیانهای ناشی از هوا یا گازهای محبوسی که توانایی صعود به اتمسفر را ندارند بسیار آسیب پذیر می باشند . این مشکل برای بسیاری از مشاغل مرتبط با ساخت مخازن ( حوضچه ها ) مایعات ، عمومیت دارد . در صورت ایجاد يك نشت ، هوای محبوسی که در اثر بالا آمدن آبهای زیرزمینی به سمت

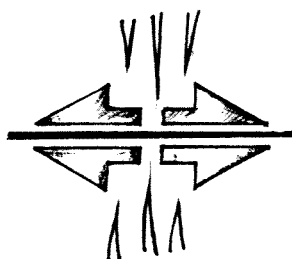
بالا فشرده شده است ، و نیز گازهای تولیدی در اثر فعل و انفعالات بین مایعات انبار شده و خاک ، ممکن است ایجاد برجستگی و برآمدگیهایی در پوسته نماید . همچنین تراکم رطوبت که ممکن است در طی نصب حاصل شود ، می تواند در شکافهای پوسته تاثیر گذار باشد ، به همین ترتیب نیز ، در واترپروف نمودن ساختمانها ، صعود بخار موجب نارسایی در بسیاری از سیستمهای ضد آب شده است . ژئوتکستایلهای بدون بافت ، اجازه می دهند گاز ، هوا و آب ، بدون ایجاد نارسایی در عملکرد ، به درون صفحه الیاف انتقال یافته و به عنوان يك زهکش برای آبهای زمینی در زیر روکش نیز عمل نمایند .



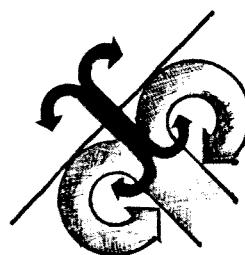
جداسازی لایه های خاک



زهکشی



تقویت



حفاظت در برابر سایش

از انواع کاربرد ژئوتکستایل ها

توانایی این محصولات در انتقال رطوبت این امکان را به آنها می دهد تا جزیی از سیستم کشف نشت و نیز شبکه زهکشی باشند . این مسئله خصوصاً هنگامی اهمیت پیدا می کند که هرگونه نشت محلولهای سمی (toxic) ، خطرناک بوده و باید از آن جلوگیری نمود . می توان از ژئوتکستایلی همراه با روکش ثانویه استفاده نمود که هرگونه نشت را در يك نقطه جمع آوری نماید تا مجدداً مورد تصفیه قرار گیرد .

انتخاب نوع صحیح ژئوممبرین و ژئوتکستایل ، برای عملکرد بلندمدت هرسیستمی حائز اهمیت می باشد . چنانچه قرار باشد ژئوتکستایل به همراه ژئوممبرین ها مورد استفاده قرار گیرد ، انتخاب نوع آن برحسب "قیمت" ، يك فاجعه است .

انواع ژئوتکستایل های سوراخ سوزنی (needle punched) و بافته نشده ، مانند Polyfelt TS (پلی فلت ) ، هنگام استقرار بر خاکهای خشن و ناهموار زیرین ، مقاومت در مقابل پارگی و سوراخ شدن را تأمین می کنند ، البته خصوصیات مکانیکی باید مطابق با وضعیت و شرایط سخت سایت باشد و انتخاب درجه بندی ژئوتکستایل باید بر اساس يك طراحی مطمئن مهندسی باشد .

ژئوتکستایل باید دارای توانایی انبساط اولیه<sup>۲</sup> زیادی در مقابل بارگذاری باشد تا با ناهمواریهای خاک زیرین مطابقت نموده ولیکن ضخامت خود را حفظ نماید . همچنین باید مقاومت بسیار خوبی در برابر سوراخ و یا پاره شدن داشته و نیز مشخصاً توانایی عبور رطوبت و بخار را دارا باشد .



مقاومت در برابر فروسایی بیولوژیکی و شیمیائی را نیز باید در نظر داشته باشیم ، به این دلیل که در بیشتر ژئوممبرین ها ، هم پوسته و هم بافت ، تحت تاثیر مایعات و یا مواد شیمیائی آسیب رسان می باشند .

مقاومت دراز مدت در مقابل خوردگی ژئوتکستایل باید اندازه گیری شود . برای مثال ، پلیمری مانند پلی استر ، مقاومت ضعیفی نسبت به مایعات و مواد قلیایی دارد و تحت دما و رطوبت بالا تجزیه می گردد .

مشکلی که مهندسین طراح با آن روبرو هستند این است که در بیشتر مواقع ، آنها بر مشکلات تکنیکی که باید رفع نمایند آگاه می باشند ولیکن نسبت به حل آن با استفاده از ژئوتکستایل ، نامطمئن می باشند . ارزیابی و مقایسه دقیقتر انواع بیشتری از ژئوتکستایلها مشکل است زیرا نتایج آزمایشات انجام شده بر روی آنها ، از ارزش مهندسی ( فنی ) چندان بر خوردار نیستند . به همین دلیل ، مهندسین ، در صورت مواجهه با مشکلات ، باید تنها با عرضه کنندگان معتبر اینگونه محصولات مشورت نمایند .

از اواسط سالهای ۱۹۶۵، استفاده از ژئوسنتز (مواد مصنوعی برای زمین) در ساخت جاده‌ها، افزایش یافته است. روش‌های نوینی که شبکه‌های پلیمری را مورد استفاده قرار می‌دهند، اکنون به بازار راه یافته‌اند.

### پیشرفت در متدهای ژئوگرید\*، در جاده‌ها

استفاده از تقویت کننده ژئوگرید جهت افزایش عمر جاده، دیگر از مرحله<sup>۲</sup> آزمون خارج و به روش قابل قبولی برای تعمیر و مرمت تبدیل گشته است.

کاربردهای ژئوگرید، شامل تقویت نمودن جاده‌هایی که دارای قشر زیرین سست می‌باشند، مرمت شکافهای طولی حاصل از عملیات عریض نمودن جاده یا انقباض حجمی رس در بسترهای خاک می‌باشد. این روش برای امتناع از ترك خوردگی روکشهای آسفالتی و نیز جاده‌های بتنی، روشی محبوب گشته است.

هنگام نوسازی جاده‌ها، چه آسفالت و چه بتنی، ترکهای آسفالت اولیه معمولاً به سمت بالا و از میان آسفالت جدید عبور کرده و نمایان می‌شوند، این شکافها به آب اجازه نفوذ می‌دهند که بتدریج ذرات را شسته و با خود می‌برد و این آغاز خرابی در کل ساختمان جاده است.

Geogrid\*: ژئوگرید لایه مصنوعی مشبکی میباشد که جهت تثبیت خاک یا زمین به کار می‌رود.

با استفاده از مواد آسفالتی ، برای مثال فایبرتکس ( Fibertex AM2 ) و اشباع آن با قیر، پیمانکار تعمیر جاده ، راه حلی را که بدان وسیله ، دیگر نفوذ آب به لایه های زیرین جاده غیر ممکن باشد ، می یابد .

این کار مانع از سست و شسته شدن و از میان رفتن این لایه ها می شود ، در حالیکه مصالح آسفالتی اشباع شده با قیر ، به عنوان غشاء واترپروف (ضد آب ) و نیز جذب کننده کششها ، آب را ازبستر جاده زهکشی می نماید . چنانچه شکافی ایجاد شود ، آب نخواهد توانست از لایه ای که هم اکنون محافظ آسفالت قدیم در برابر تقلیل میزان چسبندگی و نیز شسته شدن و از میان رفتن ذرات می باشد ، فراتر رود . سالها تجربه در نصب ژئوتکستایل ( Geotextile ) در جاده های پوشش شده با آسفالت در شمال اروپا و آمریکا ، نشان داده است که در اثر دوام سطح و نیز کاهش هزینه مرمت جاده ، می توان در بودجه سالانه بین ۱۰ الی ۳۰ درصد صرفه جویی نمود .

لستفاده از يك مصنوع آسفالتی ، مانع گسترش تنشهای برشی شکافهای سطحی آسفالت اولیه به پوشش جدید می شود . تولید کنندگان فایبرتکس می گویند ، که با گستردن این محصول در حدود ۳۰۰ الی ۴۰۰ میلی متر فراتر از لبه آسفالت ، و نیز اشباع آن بوسیله قیر ، آب زهکشی شده و به دور ریخته می شود . بدین ترتیب لایه زیرین شن و ماسه در برابر سست شدن محافظت شده و طول عمر کل سطح نیز افزایش می یابد .

قیراضافه ای که برای پهن نمودن محصول افزوده شده است ، تاثیر مثبتی بر آسفالت دارد ، چرا که سرعت فرسوده شدن آسفالت را کاهش می دهد . از سال ۱۹۷۴ تاکنون ، کمپانی فایبرتکس در آزمایشات برای معرفی ژئوتکستایل جهت نوسازی آسفالت ، فعالیت داشته است . نه تنها دانمارک ، بلکه همچنین دیگر کشورهای شمال اروپا ، آلمان غربی و هلند نیز ، اخیراً علاقه زیادی به این متد نشان داده اند و بسیاری از سطوح آسفالت شده در کشورهای فوق الذکر بوسیله محصولات آسفالتی نوسازی شده اند .

فایبرتکس در آزمایشاتی که با استفاده از الیاف مصنوعی (synthetic fabrics) برای نوسازی آسفالت در کشورهای مختلف صورت می گیرد ، همکاری دارد . بعضی از آزمایشات بطور مداوم کنترل می گردند ، برای مثال ظرفیت تحمل ، قبل و بعد از نوسازی جاده بررسی می شود . همزمان نیز چند بخش از جاده ها بدون استفاده از لایه جذب تنش (Fibertex AM2) ، به منظور مقایسه ، نوسازی می گردد .

ژئوگریدهای آرماپال ( Armapal ) ، که بتوسط کمپانی Rehau آلمان تولید می شوند نیز بگونه ای طراحی شده اند تا مانع از ترکهای ممتد حاصل از نقایص موجود در جاده ها شوند و اینکار از طریق تقویت روکش دارای قیر انجام می شود .

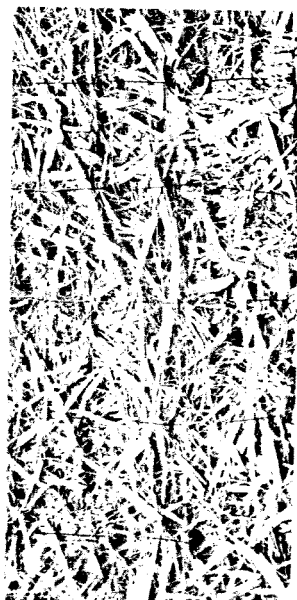
این نوع ژئوگرید در دو گونه ساخته شده است : Armapal 6030 ، که از الیاف پلی استر ساخته شده و طراحی آن به گونه ای است که لایه های فوقانی ، سطوح موجود را تقویت می نماید و Armapol G که از پشم شیشه

ساخته شده و مورد استفاده آن درجایی است که احتمال دارد در محل درز ، تمرکز تنش بوجود آید .

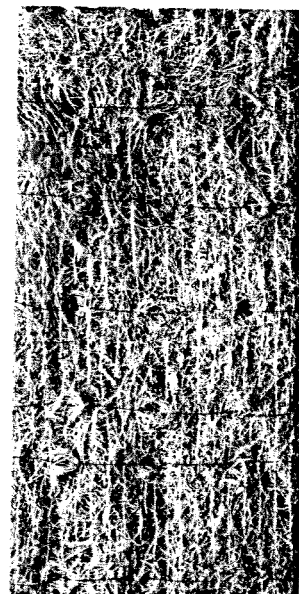
تثبیت خاک خاکریزهای کنار جاده ها ، نقطه قدرت کمپانی Soiltec است که شامل یکی از محصولات آنها بنام Greenfix نیز می گردد . ثبات این خاکها در واقع با تجزیه شدن پلیمر محکم کننده شان ، بهبود می یابد . این شبکه ، که ساختار آن هیچ مقاومتی در برابر نورماوراء بنفش ندارد ، تنها تا زمانی دوام خواهد داشت که رشد گیاهان طبیعی انجام پذیرفته و مقاومت لازم را به خاک بدهد .



Bon Terra S



Bon Terra SK



Bon Terra K

نمونه ای از محصولات Bon Terra

ایده<sup>۲</sup> لایه های تقویت کننده<sup>۳</sup> تجزیه شونده ، بوسیله<sup>۴</sup> کمپانی Terra Products ، که انواع متنوعی از روکشهای خاکی را به بازار عرضه نموده است ، گامی جدید برداشته است . گفته می شود که این روکشها ، که اساساً نوع ضخیم تری از روکشهای بیولوژیکی گذشته می باشند ، برای حفاظت خاکهای زیرین و جوانه زدن و روییدن دانه ها ، مطابق با وزن ایده آل تولید گشته اند . این روکشها به سه صورت در دسترس می باشند : با ساقه<sup>۵</sup> حبوبات ، الیاف نارگیل و یا ترکیبی از هر دو که تولید مواد آلی می نماید .

نمونه ای از تاثیر لایه های Bon Terra ، موردی بود که اخیراً در امتداد محدوده<sup>۶</sup> اتوبان ، بر جاده<sup>۷</sup> کمربندی شهر کلن در آلمان نصب گشت .



نصب Rehau Armapal تقویت کننده ای که جاذب مناسب تنش ها و کاهش دهنده ترکها است.

شیبهای به ارتفاع ۵ متر را با ترکیبی از بوته ها که شامل جگن ، فندق و سنجد می باشد ، بوجود آورده اند . روکشهای Bon Terra (نسخه ای از آن که صد درصد از الیاف نارگیل می باشد ) ، دقیقاً قبل از کاشت ، بر روی شیبها قرار داده شدند . گیاهان نیز از طریق بُرشهایی که در روکش داده شد ، درون خاک قرار گرفتند .

پس از شش ماه ، مقایسه ای که توسط کارشناسان بیطرف از این بخش جاده با خاکهای روباز انجام شد ، نشان داد که نابودی گیاهان بر شیبهای کار شده بر روی آنها « ناچیز » ( یعنی کمتر از ۱ درصد ) بوده است ، در حالیکه این رقم برای شیب های دست نخورده ، حدود ۲۸٪ بود .

نمونه دیگری از کاربرد ژئوگریدهای جاذب تنش ، در آلمان و بر یک قطعه ۱۰ کیلومتری از اتوبان برلن - درسدن (Dresden) صورت گرفت که از شبکه تقویت کننده Huesker Hu Telit به همراه لایه جذب کننده تنش (SAMI) استفاده شد .

جاده بتنی به عرض ۱۰ متر ، که تاریخ ساخت آن به دهه ۱۹۵۰ برمی گردد ، علائم جدی از خرابی را نشان می داد . روش تعمیر بدین صورت بود که دال بتنی موجود را از تنش رها و آنها را با ۷/۰ کیلوگرم بر متر مربع قیر ذوب شده (polymer modified bitumen emulsion) اسپری نمودند تا چسبندگی خوب و مناسبی برای روکش جدید ایجاد شود . برای تراز کردن سطح یک لایه از بتن آسفالتی ریخته و شبکه بر روی آن قرار داده شد . بر روی این شبکه ، لایه SAMI قرار داده شد که شامل

قیرداغ با قابلیت ارتجاعی زیاد و ذرات شن قیراندود شده بود و بالاخره ۵۵ میلی متر لایه ضخیم چسب و روکش مقاوم درمقابل سایش .

شبکه تقویت کننده ، پلی استر مدول داری است که دارای مقاومت کششی برابر ۵۰ کیلو نیوتن بر متر و حد گسیختگی معادل ۱۴٪ می باشد و به منظور افزایش مقاومت کششی لایه آسفالت و جذب بخش اصلی تنشهای کششی افقی ، بکار می رود .

پلی فلت PGM 14 ، کارایی سطوح قیری خیابان را نیز بهبود می بخشد . این فرآورده که از رشته های طویل پلی پروپیلین (polypropylene) ساخته شده است که به یک بافت سه بعدی انعطاف پذیر پر قدرت تبدیل گشته است . این محصول ، مقدار بهینه ای از چسب



اوت ۱۹۸۵



اوت ۱۹۸۹

چند ماه بعد از آسفالت خیابان ، به دلیل خرابی نیاز به آسفالت مجدد بود . با استفاده از لایه تقویت کننده ، این خیابان ، ۵ سال پس از نصب روکش ، کماکان در وضعیت رضایت بخشی قرار دارد . ۲٫۵ کیلومتر از این جاده در ۲ روز تکمیل گشت .



جذب کرده و در خود نگه می دارد ، بنابراین چسبندگی روکش ها بطرز قابل ملاحظه ای بهبود یافته و تنشهای درونی سطح نیز کاهش می یابد . همچنین ترك خوردگی به تعویق افتاده و مانعی نیز برای نفوذ رطوبت و اکسیژن ایجاد می شود . نکته قابل توجه دیگر اینکه کاربرد این محصول ، بسیار سریع انجام می شود .

این فرآورده برای آن دسته از نوسازی هایی که از تکنیک آسفالت گرم استفاده میکنند بکار می رود ، برای مثال PGM 14 که بصورت مکانیکی یا دستی در جاهای لازم و بر روی لایه مسطحی که از قبل دارای پوشش تـك ( Tack ) بوده است . روکش نمودن نهایی جاده را می توان از آن پس فوراً آغاز نمود . پوشش اضافی ، شامل سطحی عایق کاری شده و غیر قابل نفوذ می باشد .



لایه تـك : خیابان باید از هرگونه پوستگی ، خرده سنگ و غیره ، پاک گشته و روی آن پوششی از تـك اسپری گردد - این لایه نصب ژئوگرید را ساده تر می نماید .

## مواد ژئوسنتزی :

### خاکریزهای واقع بر زمینهای سست

ژئوسنتز ، در سالهای اخیر، در سه وضعیت ، به طور روز افزونی جهت ساخت خاکریز بر زمینهای ضعیف ، مورد استفاده قرار گرفته است . سه وضعیت فوق الذکر شامل موارد ذیل می باشد: خاکریزهای واقع بر خاکهایی با فونداسیون سست ، خاکریزهای شمع کوبی شده و خاکریزهای موجود در مناطقی که احتمال فروریزی و نشست در آنها میرود .

در حالتی که خاکریزها بر روی خاکهای ضعیف قرار دارند ، تقویت کننده ژئوسنتز برای دادن ثبات و استحکام ، لازم می باشد (برای مثال جهت جلوگیری از ریزشهای احتمالی) . این تقویت کننده نمی تواند کاهش دهنده نشستهای حاصل از فرونشینی خاکهای ضعیف و سست فونداسیون ، در زیر خاکریز باشد .

در خاکریزهای شمع کوبی شده ، تقویت کننده ژئوسنتز بعنوان واسطه برای انتقال مستقیم بار خاکریز به شمعها ، بکار می رود ؛ بدین ترتیب خاک نرم فونداسیون ، بار بسیار ناچیزی را تحمل خواهد نمود . در نتیجه ، استفاده از شمع ، بعنوان فونداسیون ، هم استحکام را بهبود می بخشد و هم نشست را کاهش می دهد . همچنین با این عمل

می‌توان ساخت خاکریز را تا ارتفاعی نامحدود ادامه داد.

در خاکریزهای واقع در مناطقی که احتمال فروریزی و نشست آنها میرود، از تقویت کننده ژئوسنتز، بعنوان تضمینی در مقابل نشست احتمالی در زیر خاکریز، استفاده می‌گردد. چنانچه فروریزی و یا نشست صورت گیرد، تقویت کننده مانند پلی بر این تهیگاه (void) قرارگرفته و وزن خاکریز را تحمل خواهد کرد.

مهمترین نکته در رابطه با تقویت خاک، تا جایی که به تقویت کننده ژئوسنتز مربوط می‌باشد، تعیین نمودن قابلیت بلند مدت تحمل بار ماده‌ای که ژئوسنتز از آن ساخته شده و انبساط‌های کوتاه و بلند مدت آن است. جهت دستیابی به این هدف باید توجه خاصی نسبت به خصوصیات اولیه و Time dependant (اثرات گذشت زمان) ماده و رفتار آن در محیط خاکی مبذول نموده و تاثیر آسیب‌های وارده در هنگام نصب، و نیز تغییرات حرارتی و خزش، را در نظر داشت.

هم اکنون تقویت خاک بر اساس استفاده از روش (عامل ارزیابی جزئی) Partial Factor Approach جهت ارزیابی قدرت و توانایی خاک انجام می‌شود. بدین ترتیب می‌توان کلیه تاثیرات وارده خارجی بر مواد اعم از کوتاه و یا بلند مدت، به‌علاوه خصوصیات خود مواد را در نظر گرفت.

پس از انتخاب نوع مناسب ماده تقویت کننده و همچنین بررسی مقاومت‌های موجود جهت عمر و دوام مورد نظر ، با استفاده از روش‌های مستقیم طراحی ، مناسب‌ترین مقاومت جهت هر کاربرد خاص انتخاب می‌گردد.

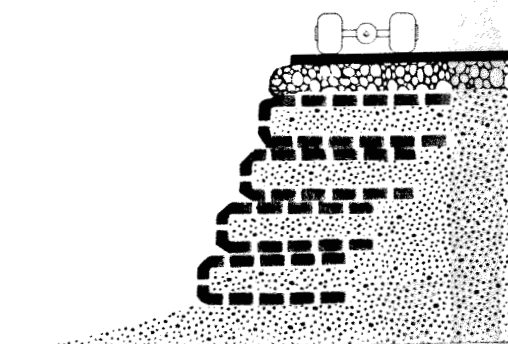
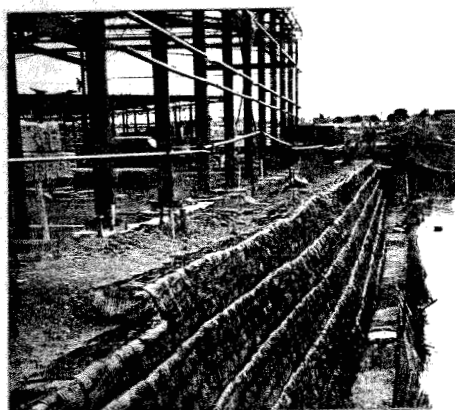
در خاکریزهای واقع بر خاکهای سست ، عمر ماده تقویت کننده نسبتاً کوتاه می‌باشد ، خاکریزهای تقویت شده ، معمولاً با فرض بر اینکه بوسیله ماده تقویت کننده ، نیروی مقاومت افزاینده‌ای را کسب می‌کنند ، طراحی می‌شوند .

در خاکریزهای واقع بر شمعها و یا مناطق دارای نشستهای معدنی ، عمر مواد تقویت کننده می‌تواند تا صد و بیست سال باشد ، برای طراحی لایه‌های تقویت کننده روی شمعها ، از تفاوت‌های مشخصه‌ای که در خصوصیات تغییر شکل ، که در میان شمعها و خاک سست فونداسیون پیرامون وجود دارد ، استفاده می‌شود .

توزیع عمودی تنش که نتیجه بار و وزن خاکریز است ، در قسمت تحتانی خاکریز یکنواخت نمی‌باشد . تنش عمودی که بر شمعهای نسبتاً محکم تأثیر می‌گذارد، بطور مشخصی بزرگتر از تنشی است که بر خاک متراکم و فشرده پیرامون فونداسیون عمل می‌نماید ، و این به دلیل خمیدگی خاک ، مابین کلاهک شمعهای مجاور هم می‌باشد.

ایده استفاده از لایه تنشی ، بصورت تقویت کننده ژئوسنتزی جهت محدود نمودن مقادیر متفاوت حرکات سطحی ، مسئله ای عادی و پیش پا افتاده شده است .

پروژه طراحی ، شامل تعیین بالاترین میزان قابل قبول در تغییر شکل سطح پیاده روها و طراحی ژئوسنتز برای آنکه بتواند بر هر تهیگاهی ( Void ) بدون آنکه بیش از مقدار قابل قبول آن ، تغییر شکل عمودی ، که حاصل از انبساط ماده تقویت کننده در تحت بار عملی است می گردد .



نمونه هایی از کاربرد ژئوسنتز و ژئوگرید

## سیستم دیواره خاک

سیستم دیواره خاکي Websol، برای اولین بار، در نیمکره جنوبی و برای بنای خاکریز سد گوگنگ (Googong Dam) بکار رفت.

این سد ۶۲ متری خاکی که پیشتر از این، آب به کانبرا، پایتخت استرالیا می‌رساند و ساخت در سال ۱۹۷۸ به اتمام رسیده بود، بدنبال به روزرسانی معیارهای طراحی، از نظر استاندارد امنیت دچار نارسایی شد.

سیستمی که ارتفاع تاج سد را ۵ متر بلندتر ساخت، سازه ای بود به عرض ۷ متر که ایستایی خود را از طریق اصطکاک با ۴۰۰ متر دیوار موازی با استفاده از مهاربندی ترکیبی پلیمر Paraweb بدست می‌آورد.

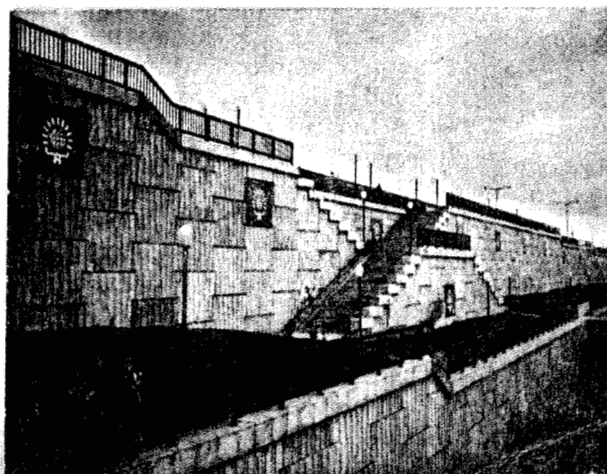
۴۴۰۰ مترمربع دیوار، که توسط Austress - Psc در سال ۱۹۹۱ ساخته شده بود، ضوابط بارگذاریهای مربوط به زلزله و هیدرودینامیک را که توسط کارفرما Act Electricity & Water تعیین شده بود، برآورده می‌نمود. در سمت بالا دست این سازه بی نظیر، ناحیه ای نفوذ ناپذیر برای کاهش جریان آب به درون سازه وجود داشت.

کاربرد دیگر سیستم دیواره خاک تقویت شده Websol را می‌توان در آنکارا (ترکیه) مشاهده نمود، که سال گذشته، بدنبال خرابی خاکریز

۱۵ متری که قسمتی از شبکه 'جاده ای رابط دو جاده' اصلی در جنوب پایتخت را تشکیل می داد ، به اتمام رسید . خرابی خاکریز ، خانه های واقع بر دامنه آنرا تهدید می نمود .

بدنبال مطالعات گسترده ، در مورد یافتن راه حلی برای رفع این مشکل ، کارفرما ( Ankara Metropolitan Municipality ) تصمیم گرفت تا دیواره 'ردیفی Websol را بدون استفاده از راه حل های معمول ، بر اساس توجیه اقتصادی ، احداث کند . خاکی که سابقاً فرو ریخته بود ، برداشته شده و ۲۳۰۰ متر مربع دیواره 'خاکی ، توسط شرکت Arer Construction ساخته شد .

خیابان Tanyeli با دیواری به طول ۲۱۰ متر و ارتفاع ۱۲/۶۰ متری است که از ۱۰ دیوار مجزا و ۵ سری راه پله جهت دسترسی به خیابان تشکیل می شود .



ژئوتکستایل بکار رفته در این دیوار خانه های واقع در پائین سرایشی را محافظت می نماید

سیستم Websol ، تکنیکی برای تثبیت جداره عمودی خاک است ، بطوریکه بتواند هم بار خود و هم بارهای وارده از خارج را تحمل کند . عملکرد این سیستم از طریق Polymer Friction Paraweb استفاده از می باشد که چسبندگی خود را از اصطکاک کسب می نماید که در ارتفاعات مناسب ، درون توده خاک قرار می گیرد . Paraweb ، به پانلهای بتنی پیش ساخته سبک وزن متصل می شود .

Paraweb نسبت به ترکیبهای الکتروشیمیائی خاکها ، خنثی بوده و به همین دلیل می توان از آن در شرایط اقلیمی سخت ، باانواع مختلف خاک استفاده نمود .



توسعه<sup>۲</sup> استفاده از ژئوسنتز (مواد مصنوعی برای زمین) بعنوان لایه<sup>۳</sup> تقویت کننده جاده که ثبات بیشتری را به خاک سست می بخشد از سالهای آغازین شکل گرفتن آن یعنی سالهای ۱۹۷۰ تا کنون، رواج بیشتری یافته است. آقای وین وسکمپ (Win Voskamp) از بخش الیاف شرکت اکزو (Azko Fibre Division bv)، چگونگی پیشرفت این ماده را ترسیم می نماید.

### توسعه<sup>۲</sup> تقویت کننده ها از طریق روش آزمون و خطا

سال ۱۹۷۳، نزدیک شهر Muiden هلند، در ناحیه ای پوشیده از رس دریایی، برای اولین بار خاکریز کنار جاده با پایه ای از جنس لایه<sup>۳</sup> تقویت کننده<sup>۲</sup> ژئوسنتز ساخته شد. این لایه ثبات بستر سست خاکریز را به گونه ای افزود که قابلیت احداث یکباره<sup>۴</sup> خاکریز تا ارتفاع ۳ متر بوجود آمد، نتیجه<sup>۵</sup> این کار، اقتصادی بودن آن را توجیه ساخت.

از آن زمان تاکنون، تحقیقات بیشتری در مورد پلیمرها صورت گرفته و در تمام کشورهای جهان، این تکنیک<sup>۶</sup> تقویت بسترخاک جهت ساخت اقتصادی خاکریز بر خاکهای ضعیف، بصورت کاری عادی در آمده است. فعالیت کمپانی Akzo در رابطه با ژئوتکستایل و برای تقویت بسترخاک از ۲۵ سال پیش آغاز شده است. کلیه<sup>۷</sup> نتایج باید بوسیله<sup>۸</sup> آزمون و خطا فرا گرفته می شد.

آزمایشات کاملی که انجام شد، نشان دادند که لایه<sup>۹</sup> تقویت کننده باید از موادی که دارای پلیمر ضریب بالا می باشد، ساخته شود. الیافهای

پلی استری ، مناسبترین الیاف از کار درآمدند . امروزه لایه های تقویت کننده ای مانند Stabilenka در دامنه ای از توان بین ۱۵۰ الی ۱۰۰۰ کیلو نیوتن بر متر در دسترس می باشند . در دهه گذشته ژئوگریدهای پلیمرکه دارای محدوده توانی بین ۲۰ الی ۱۱۰ کیلو نیوتن بر متر می باشند ، بعنوان تقویت کننده های معمولی خاک ، بسیار محبوب گشته اند .

خاک در مقابل فشار، نسبتاً مقاوم و در مقابل کشش ضعیف می باشد . نقش اصلی ژئوتکستایل و ژئوگریدهایی که بعنوان تقویت کننده بکار می روند ، افزودن قدرت تنشی خاک می باشد . مقاومت کششی باید بصورت مقاومت زیاد در مقابل تغییر طول ، بگونه ای که با مقاومت کششی خاک نیز تناسب داشته باشد ، در اختیار باشد . در نتیجه ، معمولاً انبساط در تقویت کننده غیرقابل قبول و قابلیت سخت پایی زیادی در برابر تنش ، لازم است .

سه نوع تقویت کننده وجود دارند :

- تقویت کننده بستر (Base Reinforcement)
- تقویت کننده خاکریزها (Slope Reinforcement)
- افزایش دهنده مقاومت (Bearing Capacity improvement)

### تقویت کننده خاک بستر

معمولاً رسیدن به معیارهای قابل قبول ایمنی در طراحی يك خاکریز واقع بر خاک نرم ، مشکل می باشد .

اقدامات خاصی را باید در ساخت چنین خاکریزی در نظر گرفت :

- عملیات احداث در طی مراحل مختلف .
- ایجاد وقفه مناسب در طی عملیات احداث جاده واقع بر خاکریز تا اجازه نشست کافی داده شود .
- احداث شانه های خاکی برای افزایش ثبات .
- استفاده از مواد پرکننده سبک وزن .
- شمع کوبی برای نگهداری خاکریز .
- استفاده از زهکشهای عمودی جهت حصول سریع تر ثبات .
- تراکم دینامیکی .
- برداشت مواد نرم و جایگزینی آن با مواد پرکننده مناسب .

بسیاری از این اقدامات وقت گیر و یا پرهزینه و تعدادی نیز غیر عملی می باشند . گاهی برداشت خاک نرم بخاطر بالا بودن سطح آبهای زمینی ، غیر ممکن می گردد . در چنین مواردی ، راه حل اقتصادی ، استفاده از الیاف تقویت کننده در پایه خاکریز می باشد .

مزایای اصلی این کار ذیل ذکر شده است :

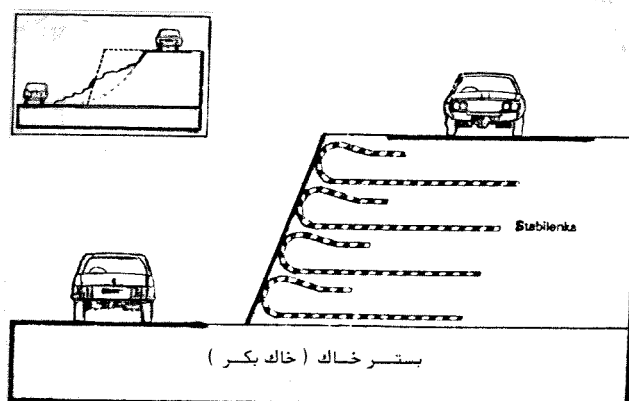
- صرفه جویی در هزینه ها
- وقتی بتوان خاکریزها را طوری بنا نمود که شیب بیشتری داشته باشند ، میزان مواد لازم برای ساخت خاکریز تقلیل می یابد و همچنین میزان کمتری از آن در نتیجه جابجایی خاک به هدر می رود .

#### □ افزایش ثبات

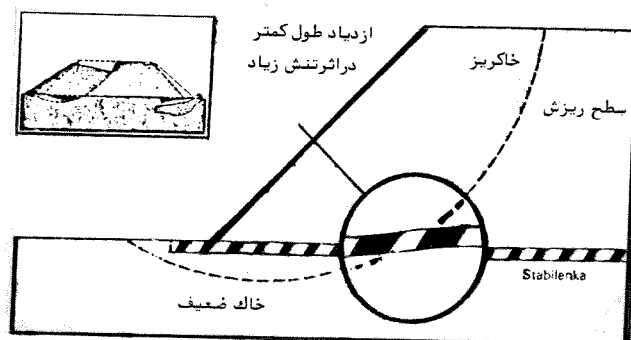
نتیجه<sup>۲</sup> استفاده از تقویت کننده ثبات ، ایمنی بیشتر و ریسک کمتر در مقابل ریزش می باشد . همچنین می توان از تغییر شکل زیاد افقی و عمودی اجتناب نمود .

□ امکان ساخت مستقیم بر خاکهای سست و ضعیف .

□ در هم آمیخته شدن خاک حمل شده به محل با خاک نرم بستر که نتیجه<sup>۲</sup> آن ، کاهش افت مقاومت می باشد .



بدون استفاده از Stablenka ممکن است ایجاد ریزش و یا بیرون فشرده شدن خاک زیرین صورت گیرد .



بدون استفاده از Stablenka احتمال ریزش شیبهای تند وجود دارد .

در مورد خاکریزهای واقع بر بستری ضعیف ، خاکریز به خودی خود دارای ثبات می باشد ، ولیکن مشکلات اصلی ممکن است از بستر خاک زیرین آن باشد . نکته مهمی که باید در مورد نارسایی محاسبه طرح در نظر داشت ، صفحه لغزنده مدور فرضی است که در بستر خاک واقع می باشد . باید مقاومت بستر خاکریز را نیز کنترل نمود .

وقتی عمق خاکریز در مقایسه با عرض آن کم باشد ، دیگر صفحه لغزنده مدور مهمترین عامل نخواهد بود ، چرا که قطع کننده خاکهای مستحکمتر واقع در زیر خاکهای نرم خواهد بود . تحت چنین شرایطی عامل مهم نارسایی سیستم ، مکانیزم فشاری است که موجب می گردد خاک نرم از کناره ، میان پایه خاکریز و لایه های اولیه خاک زیرین به بیرون فشرده شود .

در چنین وضعیتی ژئوگریدها ، گاهی در دو لایه که بین آن از شن پر گشته ، نصب می گردند ، تا ایجاد تشکی سخت از قشر خاک نمایند . این تشک می تواند تأثیر مثبتی بر شرایط تنشی بگذارد .

روش ساده محاسبه ثبات و مقاومت ، در مقابل لغزش در امتداد دایره لغزنده مدور می باشد ، بر اساس متدی که توسط Bishop تعریف شده است .

طبق این روش ، عامل ایمنی (FS) ، بدین ترتیب محاسبه می گردد :

$$FS = \frac{M_{restoring}}{M_{disturbing}}$$

(گشتاور متعادل کننده)  
(گشتاور برهم زننده)

یا بوسیله نیروهای شکل ۳-

$$FS = \frac{C + (VH - U) \tan}{\cos (1 + \tan \tan / FS)}$$

H sin

وقتی از ژئوتکستایل استفاده شود ، محاسبات بصورت زیر اصلاح می گردد :

$$FS = \frac{M_{restoring} + M_{restoring}}{M_{disturbing}}$$

گشتاور متعادل کننده حاصل از ژئوتکستایل را می توان با فرض  
براینکه نیروی الیاف ، بصورت تانژانسی نسبت به صفحه لغزنده در  
نقطه تقاطع با ژئوتکستایل و یا موازی با ژئوتکستایل قرار دارد ،  
محاسبه نمود .

نیروی تقویت کننده<sup>۲</sup> لازم را می توان با استفاده از فرمول زیر یافت :

$$FS = \frac{M_{restoring} + N3Y}{M_{disturbing}}$$

نیروی الیاف بطور کلی بوسیله<sup>۲</sup> موارد زیر محدود می گردد :

۱- قدرت مشخصه<sup>۲</sup> الیاف برای طول عمر طراحی شده ، تقسیم بر عواملهای کسر شدنی برای آسیبهای مکانیکی ( $f_d$ ) ، تاثیرات زیست محیطی ( $f_{env}$ ) و ضریب ماده ( $f_m$ ) ، که منوط به دقت آزمایشات می باشد .

$$P_{all} = \frac{P_{character}(t,T)}{f_d \cdot f_{env} \cdot f_m}$$

۲- حداقل نیروی لازم برای بیرون کشیده شدن الیاف از خاک .

۳- روش مناسب برای طراحی ، توسط Jewell تولید شده است .

## پروژه های اجرا شده

در ذیل ، دو مورد مطالعه ، بعنوان مثالهایی از کاربرد ژئوگریدها و الیاف تقویت کننده ، بصورت تقویت کننده گان قشر زیرین خاک نشان داده شده اند .

### راه ارتباطی M1 / A1 - انگلستان - سال ۱۹۹۰

بلوار دو طرفه از بخش Kettering Southern Bypass ، باید بر خاکریزی با ارتفاعی تا ۹ متر ساخته می شد . این خاکریز با تقویت کننده ای که شامل لایه های مختلفی از ژئوگرید بود ، طراحی گشت تا توانایی غلبه بر مشکلات عدم ثبات در بستر خاک را ، داشته باشد .

تا پنج لایه ژئوگرید در سطوح زیرین خاکریز ۹ متری ، واقع در امتداد جاده ای که بر روی رسوبات ناهمواری احداث شده بود ، تعبیه شد . مشاورین استفاده از ژئوگرید را با توان کاری ۲۵ کیلو نیوتن بر متر در عمری برابر با ۱۲۰ سال مشخص نمودند . پیمانکار ، ژئوگریدهای Fortac ، از نوع ۵۵/۲۰-۲۰ را برای مقدار ۲۲۳/۷۰۰ متر مربع انتخاب نمود ، چرا که این محصول هم دارای کارایی زیاد و هم از نظر اقتصادی مقرون به صرفه بود .

Fortac از الیاف پلی استری ضریب بالا با پوشش PVC ساخته شده است تا بیشترین حفاظت را در برابر آسیبهای مکانیکی ارائه نماید . سهولت در کاربرد ژئوگریدها که بصورت توپ های ۳/۷ متر x ۲۰۰ متر



ساخته شده است ، باعث گردید که نصب آن سریع و درمدتی کمتر از سه ماه انجام شود .

### ارتباط بوسیله جاده ماشین رو ، هنگ کنگ سال ۱۹۸۷

جاده ارتباطی ماشین رو بین هنگ کنگ و جمهوری خلق چین باید در ناحیه ای حاوی حوضهای ماهی و مرداب و برخاکی فوق العاده ضعیف ، ساخته می شد .

خاک این منطقه حاوی لایه ای ۱۰ متری از خاک رُس نرم بود . قدرت برش زهکشی نشده (Undrained Shear Strength) بین ۳ کیلو نیوتن بر متر مربع در لایه روئین تا ۱۰ الی ۱۵ کیلو نیوتن بر متر مربع در عمق ۱۰ متری ، متغیر بود . در زیر این خاک ضعیف ، لایه ای با ظرفیت مقاومتی بالاتر قرار داشت .

لازم بود در بالای این خاک ، و در قسمتهایی ، خاکریزهایی به ارتفاع ۸/۵ متر ساخته شود . روشهای سنتی حل این مشکلات ، مانند متراکم و فشرده نمودن خاک (Preloading) ، حمل و ریختن خاک نو ، عملیات ساخت مرحله به مرحله و غیره ، بسیار وقت گیر و گران قیمت از آب در می آمدند .

مهندس مشاور در پروژه دیگری که در هنگ کنگ به مورد اجراء گذاشته شده بود ، از به کارگیری الیاف تقویت کننده در زیر خاکریز ، جهت افزایش ثبات ، تجربه مثبتی کسب نموده و استفاده از

زهکش‌های عمودی به منظور سرعت بخشیدن به مداومت در نشست خاکهای تراکم پذیر ، در هُنْگ‌کنگ نتایج خوبی ارائه داده بود .

مهندس مشاور تصمیم گرفت تا از هر دو تکنیک استفاده نماید . زهکش‌های عمودی برای رفع سریع مشکل نشست و افزایش قدرت برش در بستر خاك ، به همراه الياف مقاومت دهنده " Stabilenka ، برای اطمینان بخشیدن به ثبات خاکریز ساخته شده برزهکشی‌های ColdbondCx1000 به کار برده شدند . بطور کل ، ۵۰۰۰۰ متر طول الياف پلی‌استر ضریب بالا ، از نوع Stabilenka 400 و حدود دو میلیون متر زهکش‌های عمودی ColdbondrainCx1000 نصب گشت .

## مقاومت ژئوتکستایلها در مقابل اشعه ماوراء بنفش

بیشتر ژئوتکستایلهایی که امروزه مورد استفاده قرار می گیرند ، از پلاستیکی که معمولاً از تقطیر نفت خام بدست می آید ، ساخته شده اند .

در تقسیم بندی کلی، دو نوع پلاستیک وجود دارد : ترموپلاستیکها ( Thermo Plastics ) و پلاستیکهای ترموست ( Thermosetting Plastics ) \* .

پلاستیکهای ترموست را نمی توان بعد از ساخت و خروج از حالت مذاب اولیه مجدداً بوسیله گرما ، ذوب و قالب گیری نمود ؛ کابینتهای تلویزیون ، نمونه خوبی از پلاستیکهای ترموست می باشند .

ترموپلاستیکها را می توان در اثر گرما نرم و شکل پذیر نمود ، چرا که حتی بعد از ذوب و انجمادهای مکرر، خواص اولیه خود را دارا خواهند بود و این شباهت به نحوه تغییر شکل موم دارد ؛ بدین ترتیب ترموپلاستیکها ، خصوصیات اساسی را که برای ژئوتکستایلها لازم می باشد ، ارائه می دهند .

ویژگیهای اساسی هر ترموپلاستیک خاص ، به ساختمان آن ، موادی که به آن افزوده شده است و همچنین روش تولید آن بستگی دارد .

## مقاومت در مقابل اشعهٔ ماوراء بنفش

گفته می‌شود که پلی‌استر مقاومت خوبی در مقابل هجوم اشعهٔ ماوراء بنفش دارد، در حالیکه پلی‌الفین، مقاومت کمتری در مقابل اثرات نور خورشید دارد. علیرغم اینکه این موضوع از یک نظر صحیح می‌باشد، ولی از طرف دیگر کمی گمراه کننده است چون بالا رفتن میزان مقاومت در برابر اشعهٔ ماوراء بنفش در اثر اضافه نمودن کربن سیاه (Carbon Black) و دیگر مواد تثبیت کننده (Stabilisers) را در نظر نمی‌گیرد.

چنانچه قرار باشد ژئوتکستایلها، برای مدت زمانی در مقابل نور خورشید، روباز و بی حفاظ باشند، باید توجه لازم را نسبت به اشعهٔ ماوراء بنفش مبذول نمود، چرا که تمام پلیمرها، در معرض نور خورشید تنزل کیفیت پیدا می‌کنند.

میزان این تنزل کیفیت، به موارد زیر بستگی خواهد داشت:

- پلیمر بنیان (base polymer)
- مواد مقاوم در مقابل اشعهٔ ماوراء بنفش که به پلیمر بنیان افزوده شده اند.
- ضخامت و نوع الیاف
- مدت زمانی که در معرض نور خورشید قرار می‌گیرند (روباز بودن).
- عرض جغرافیایی
- ارتفاع نسبت به سطح دریا

شدت تشعشع در سطح جهان ، بخاطر موقعیت جغرافیایی بین ۶۰ الی ۲۲۰ کیلوکالری بر متر در سال متغیر است . درعین حال در يك منطقه و در طول يك سال ، شدت تشعشع ، میل به تغییر را نشان می دهد . درضمن، این نکته را باید دانسته بالارفتن دما در مصنوع ممکن است متغیر باشد . مواد تشکیل دهنده پوشش عایقی نیز ممکن است موجب افزایش دمای اضافی گردند ؛ درحالیکه به همین ترتیب ، ضخامت نیز ممکن است موثر باشد .

در صورتیکه مواد ، تحت شرایطی که ذیلاً بیان شده است مورد استفاده قرار گیرند ، باید توجه خاصی مبذول نمود :

□ وقتی ، موردی پیش آید که ژئوتکستایل ، برای مدت طولانی در معرض نور خورشید قرار گیرد .

□ وقتی قرار است ژئوتکستایل در مناطقی از جهان که سطح تشعشعات ماوراء بنفش آنها بالا می باشد ، مانند خاور میانه ، شرق دور ، آمریکای لاتین ، آفریقای مرکزی و جنوبی و استرالیا ، نصب گردد.

در نهایت باید گفت که هیچ نوع ژئوتکستایلی ، مقاومت کامل در مقابل اشعه\* ماوراء بنفش ندارد .

---

\* در بعضی از مراجع فنی ، پلاستیک ها به سه گروه Thermo Plastics, Duro plastics

و Elastomer Plastics تقسیم می شوند .

## عملکرد ژئوتکستایلها

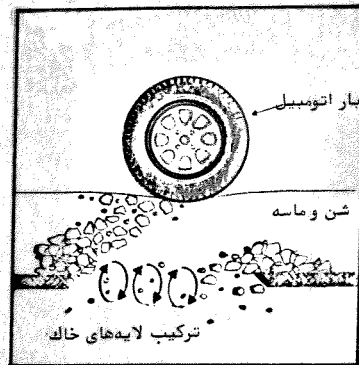
کاربردهای اصلی ژئوتکستایلها را می توان با تعریف عملکردشان در موارد مختلف درك نمود . کار آییهای اساسی Polyfelt TS که تولید شده در انگلستان و ژئوتکستایلی مرکب ، بافته نشده (non-woven) با پیوند مکانیکی (mechanically bonded) می باشد ، بوسیله شش کاربردش توصیف و مشخص می گردد . جداسازی ، فیلتراسیون ، زهکشی ، تقویت کنندگی ، حفاظت و ضد آب بودن .

بر حسب نوع و مورد استعمال ، این شش خصوصیت می توانند بصورت ترکیبی از دو عملکرد یا بیشتر که هر يك دارای اهمیتهای مختلف می باشند بکار روند .

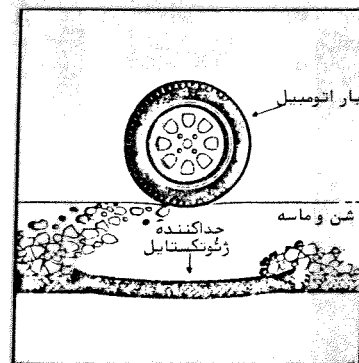
### عملکرد جداسازی :

این عملکرد ، بصورت جداسازی دولایه خاک است که هر يك از این لایه ها دارای خصوصیات فیزیکی متفاوت می باشند . این تفاوت در توزیع ذراتی با اندازه ، استحکام و نیز تراکم متفاوت ، تعریف شده است .

عمل ژئوتکستایل ، بازداري دائم دو عنصر از ترکیب با یکدیگر میباشد . برای اینکه عمل ژئوتکستایل موثر واقع شود ، لازم است تا در طی نصب ، ساخت و یا بعد از تکمیل ساخت ، بدون آسیب باقی بماند .



خیابانی بدون روکش ژئوتکستایل



خیابانی با روکش ژئوتکستایل

ذرات ریز نباید تحت تنش فیلتر دینامیکی یا استاتیکی ، نقل مکان نمایند. ژئوتکستایل باید ثبات شیمیائی داشته و در طی نصب ، در مقابل اثرات سوء اشعه ماوراء بنفش و نیز پوسیدگی ، مقاوم باشد .

### عملکرد فیلتر :

در این عملکرد ژئوتکستایل به صورت فیلتری که نگهدارنده ذرات ریز است عمل می نماید ، در حالیکه 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 موثر واقع گردد ، ژئوتکستایل باید از شسته شدن و از میان رفتن ذرات ریز ممانعت نموده و این عمل را باید بوسیله مطابقت با معیارهای فیلتری جهت Effective Opening Size ( ابعاد موثر شبکه ) از طریق مطابقت با معیارهای نفوذ پذیری

و تأمین و حفظ جریان مداوم آب با حداقل میزان فشار انجام دهد .  
باید اطمینان حاصل نمود که انسداد انجام نگردد .

### عملکرد زهکشی :

تعریف این عملکرد ، زهکشی مایعات و گازهای محبوس در لایه ژئوتکستایل می باشد .

برای اینکه کاربرد ژئوتکستایل بعنوان عامل زهکشی موثر واقع گردد، لازم است تا ضخامت مناسبی داشته و دارای خاصیت نفوذ پذیری (transmissivity) ، حتی در اوقاتی که تحت فشاری بیش از حد تحمل است ، باشد . خصوصیات مختلف فیلتراسیون را باید در نظر داشت تا بتوان از تقلیل نفوذپذیری الیاف و نیز امتناع از نشست ذرات ریز ، اطمینان حاصل نمود . جریان آب سطحی را باید با حداقل افت فشار ، حفظ نمود .

### عملکرد تقویت کننده :

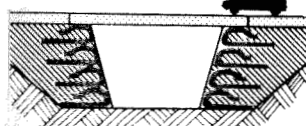
تعریف عمل تقویت کنندگی ژئوتکستایل را می توان بطور خلاصه ، بهبود کیفیت خاک بوسیله افزایش ثبات سازه ای ، بیان نمود .

ژئوتکستایل ، سیستم خاک/ژئوتکستایل را تقویت نموده و بدین صورت ، هرگونه تنش کششی ، که تحت این سیستم چند لایه قرار گرفته ، جذب

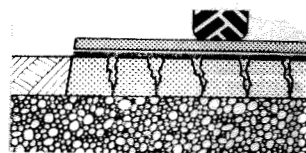


می نماید . علاوه بر این ، ژئوتکستایل ثبات خاک را از طریق وضعیت محدوده هیدرولیکی (hydraulic boundary conditions) تأمین می کند ، بخصوص هنگامیکه به منظور افزایش ثبات جهت سرعت بخشیدن به متراکم شدن ، مورد استفاده قرار گیرد .

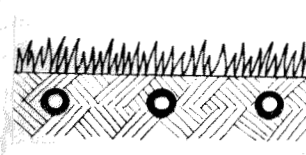
در کاربردش به عنوان تقویت کننده ، ارزیابی و شناخت خصوصیات عناصر مانند مقاومت کششی لازم و مقاومت در برابر خزش (creep) و انبساط (elongation) مهم می باشد ، خصوصاً هنگامیکه برای کاربردهای تقویت کنندگی عادی ، مانند سازه های زمینی با تقویت کننده ژئوتکستایل که بر اساس Terre Armee (زمین مسلح) طراحی شده است ، مورد استفاده قرار گیرد .



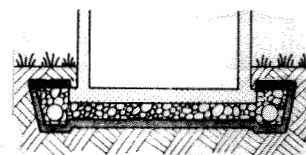
جهت بازسازی دائمی و موقتی دیوارها



به منظور روکش مجدد خیابانها



به منظور زهکشیهای مربوط به کشاورزی



جهت پی سازی

نمونه ای از کاربرد ژئوتکستایل Polyfelt

### عملکرد حفاظتی :

این کاربرد بدین صورت است که ژئوتکستایل ، برای عناصر لایه پلیمر ژئوممبرین (Geomembrane) مصنوعی بعنوان يك محافظ مکانیکی در برابر سائیدگی و سوراخ شدن عمل می نماید.

لازم است تا ژئوتکستایل ، تنش را که در اثر بافتهای زیرین ، سوراخها و بیرون زدگیها در ماده روکشی بوجود آمده است ، جذب نماید . این کار توسط تاثیر مشترك خصوصیات مقاومت مکانیکی و نیز ساختار الیافی محکم و سه بعدی ژئوتکستایل انجام می شود . بعلاوه ، ژئوممبرین ، در برابر سایش حاصل از لغزش و حرکت در مقابل قشربسترجاده یا دیواره تونل حفظ می گردد.

### عملکرد ضد آب بودن :

عملکرد ضد آب بودن ژئوتکستایل ، اساساً ایجاد مانعی ضد آب بوسیله آغشته سازی ژئوتکستایل با قیر یا ماده روکشی پلاستیک دار می باشد .

ژئوتکستایل ، قادر است مقادیر مناسبی قیر یا دیگر ترکیبات ضد آب را به خود جذب نماید تا به لایه ای واترپروف ، که ضد آب رفتگی نیز هست و از نظر مکانیکی نیز قویتر از روکشهای ترکیبی است ، تبدیل گردد .

برای اطلاعات بیشتر ، درمورد کمپانیهای ذکرشده در این مقاله ، شماره و نام آنها را در اختیار خوانندگان قرار می دهیم .

| <u>کمپانی</u>           | <u>شماره FAX</u> |
|-------------------------|------------------|
| AKZO                    | +3085664949      |
| AMOCO                   | +3120457951      |
| BUTE                    | +41277657921     |
| CONSTRUCTION TECHNIQUES | +12162677315     |
| DON & LOW               | +4430768477      |
| DUPONT                  | +41227175109     |
| GUNDLE                  | +17138756010     |
| HUSKER                  | +49254270317     |
| MULLER-MULLER           | +4155642340      |
| NETLON                  | +49254270317     |
| POLYFELT                | +43732667859     |
| REHAU                   | +499131603211    |
| SATELLITE GEOSYSTEMS    | +44277655752     |
| SOILTEC                 | +49420282618     |
| SOIL STRUCTURES INTER   | +44712720900     |
| TERRA PRODUCTS          | +44716313667     |
| EXXON                   | +44703332164     |
| AMERICAN WICK DRAIN     | +17048216448     |
| FEBRETEX                | +4498158555      |
| NAUE-FASTECHNIK         | +495741400840    |
| POLY-FLEX               | +12149888331     |

گروه بین‌المللی ره‌شهر تا کنون ۶ نشریه با عناوین زیر منتشر کرده است:

- ۱- کاربرد جدید شیشه در نمای ساختمان (تابستان ۱۳۷۱)
- ۲- پارکینگ مراکز تجاری (پائیز ۱۳۷۱)
- ۳- محافظت در مقابل زلزله (زمستان ۱۳۷۱)
- ۴- جمع‌آوری و دفع زباله و مسائل ناشی از آن (زمستان ۱۳۷۱)
- ۵- طرح اسکان و سریع (زمستان ۱۳۷۱)
- ۶- مجموعه مقالات راجع به ژئوسنتز (بهار ۱۳۷۲)