



## معرفی ژئوسنتتیک ها و کاربرد آنها در مهندسی عمران

میثم صدریان زاده - دانشجوی عمران - عمران دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز

### چکیده:

تسلیح خاکها جهت افزایش مقاومت آنها در برابر گسیختگی از زمان های بسیار دور متداول بوده است قدیمی ترین نمونه های خاک که با قطعات نی مسلح شده اند به حدود 5000 هزار سال پیش در ساخت اماکن مسکونی در فلات ایران بازمی گردد.

خواص فیزیکی و مکانیکی ژئوسنتتیک ها همچون استحکام، نفوذناپذیری، مقاومت در برابر سوراخ شدگی، و از همه مهمتر مقاومت کششی فوق العاده بالای آنها نسبت به وزنشان باعث بوجود آمدن گستره وسیعی از کاربرد این مواد در طرح های عمرانی شده است.

در این مقاله سعی بر آن شده تا مهمترین اعضای گروه ژئوسنتتیک ها یعنی ژئوگریدها، ژئوتکستایل ها و ژئوممبرین ها به همراه ساختار فیزیکی و شیمیایی آنها به طور کامل معرفی گردد و ضمن بیان کاربرد آنها در قسمتهای مختلف مهندسی عمران و محیط زیست، به محدودیتها و روش های اجرای آنها نیز اشاره شود.

**واژگان کلیدی:** تسلیح خاک، ژئوسنتتیک، ژئوممبرین، ژئوتکستایل، ژئوگرید، مهندسی پی، راهسازی، ترک های

انعکاسی

### مقدمه:

بشر از زمان های بسیار دور جهت افزایش مقاومت مصالح خصوصاً در کشش سعی بر آن داشته تا از ترکیب مصالحی که در کشش مقاومند با مصالحی که دارای ضعف کششی اند استفاده نماید. استفاده از ترکیب کاهگل نمونه بارز آن است.

استفاده از مصالح ژئوسنتتیک از دیدگاه اقتصادی و فنی بصره بوده و در مواردی تا 30 درصد هزینه در پروژهها را به دنبال داشته است. تجربه ای 20 ساله در استفاده از مواد مسلح کننده آسفالت نشان می دهد می توان عمر لایه آسفالتی و فواصل بین تعمیرات آن را تا دو برابر افزایش داد.

در این مقاله سعی بر آن است تا سه گروه عمده ژئوسنتتیک ها یعنی ژئوگریدها، ژئوتکستایل ها و ژئوممبرین ها به همراه کاربردهای مختلفشان در مجموعه مهندسی عمران و محیط زیست مورد بررسی قرار گیرند

## ژئوگریدها geogrids

ژئوگریدها شبکه های طوری رو باز از جنس الیاف و پلیمر های P.V.C پلی اتلین و یا پلی پروپیلن هستند که عمده کاربرد آنها بطور کلی مسلح کردن لایه های مختلف که امکان لغزش بین آنها زیاد است همچون لایه های خاکی در پی ها و یا لایه های آسفالتی را هسازای و فرودگاهها بکار می روند همچنین در لایه های سطوح پوشش قیری در مهندسی هیدرولیک جهت جلوگیری از نفوذ آب استفاده می شوند مهمترین نقش جهت چسباندن دو لایه ای که میان از ژئوگرید استفاده شده است را منافذ درشت لایه های ژئوگرید ایفا می کنند.

ژئوگریدها بیشتر نیروهای افقی و از شکل خارج شدگی را تحمل می کنند و بنابر این در برابر توسعه و ازدیاد ترکهای انعکاسی (انتقالی) از ساختار موجود به لایه ی سایشی مقاومت می کنند. اینگونه تعمیر بیشتر از طریق مسلح کردن کل سطح انجام می گیرد

در این مقاله به کاربرد ژئوگریدها در راهسازی و تا حدودی در پی سازی اشاره می شود.

### کاربرد ژئوگریدها در راهسازی

نقش عمد ژئوگریدها در مسطح کردن آسفالت به عنوان ماده ای برای افزایش مقاومت کششی آسفالت است. ضعف آسفالت در برابر کشش موجب می شود تا ترکهایی که در لایه های زیرین ساختمان راه بوجود آمده اند به سطح آن منتقل شوند موجب خرابی رو سازی گردند دو نقش مهم ژئوگریدها در لایه های آسفالتی عبارت است از: 1- افزایش مقاومت کششی لایه های آسفالتی 2- تحمل میزان چشم گیری از نیروهای کششی افقی در آسفالت و توزیع آنها در یک سطح بزرگتر که این عمل موجب پایین آمدن میزان حد اکثر اوج نیروهای کششی فطرت ناشی از بار گذاری حاصل از بار های سنگین می شود.

عمده موارد استفاده از ژئوگریدها در راهسازی جهت جلوگیری از بروز ترکهای انعکاسی (reflecting cracks) و همچنین جلوگیری از ترک خوردگی های ناشی از حرارت می باشد. ترک خوردگی آسفالتها بیشتر به علت خستگی (فرسودگی) ناشی از حرارت ایجاد می شود. هرچند خستگی ناشی از ترافیک نیز در این امر موثر است.

ترکهای روسازی راه معمولاً بر اثر کرنشهای کششی و برشی آسفالت بوجود می آیند. توانایی آسفالت در تحمل میزان کرنشهای کششی و برشی آسفالت بوجود می آیند. توانایی آسفالت در تحمل میزان کرنشهای کششی متغیر بوده و وابسته پارامترها همچون میزان و نوع قیر، سرعت بارگذاری و مدت زمان اعمال کرنش می باشد.

همانطور که گفته شد، در کل توانایی آسفالت در تحمل کرنش های کششی ضعیف می باشد و دارای محدودیت است، بطوری که ترک های کششی اغلب در کرنش های یک درصد در دمای کمتر از صفر درجه سانتیگراد و دو تا سه درصد در دمای بیش از 20 درجه سانتیگراد در درون آسفالت ایجاد می شوند.

تمرکز کرنش در آسفالت به دلیل وجود ترک های کهنه یا قدیمی در افزایش میزان و سرعت ترک خوردگی آسفالت موثر می باشد. بنابراین می بایست نسبت به مسلح کردن آسفالت و افزایش مقاومت کششی آن و بالاخره سطح کرنش های نهایی اقدام نمود، که بدین منظور از جمله بهترین راه حل ها می توان به مسلح کردن آسفالت با کمک استفاده از شبکه های پلیمری مسلح ژئوگرید اشاره نمود.

ژئوگریدهای بافته نشده می توانند بیش از یک کیلوگرم بر متر مربع قیر را به خود جذب کنند و علاوه بر خاصیت کششی تشکیل عیقی را بدهند که از نفوذ آب در پوشش قیری جلوگیری کنند.

در روکش های انعطاف پذیر مسلح (ژئوگرید) می توان تغییر شکل های بزرگتر و توان باربری بالاتری را بدون ترک خوردگی ایجاد کرد.

ایجاد تغییر شکل در روکش باعث تولید برشی بین آسفالت و مسلح کننده شده و انتقال این تنش برشی به مسلح کننده در اثر تماس بین آسفالت و مسلح کننده باعث ایجاد نیروی کششی در مسلح کننده می شود. میزان این تنش برشی

انتقالی به خواص تغییر شکل پذیری آسفالت و مسلح کننده و نیز برهم کنش آسفالت و مسلح کننده بستگی دارد. ماکزیمم تنش کششی در مسلح کننده توسط میزان تنش برشی انتقال یافته ممکن بین آسفالت و مسلح کننده محدود میشود.

در مورد تخفیف آزادسازی کرنش (Strain relief) دو حالت اتفاق می افتد:

1- چنانچه مدول الاستیسیته و یا به عبارتی سختی پارچه گونه (ژئوگرید) به کار رفته از سختی مصالح آسفالتی لایه های اطراف خود بالاتر باشد، این عملکرد پارچه گونه ها در کاهش نفوذ ترک به بدنه روکش مفید و موثر می باشد، مانند عملکرد آرماتورها در داخل بتن مسلح.

2- چنانچه مدول الاستیسیته پارچه گونه مورد استفاده در لایه ها از مدول الاستیسیته مصالح آسفالتی اطراف خود کمتر باشد در آن صورت امکان جذب تنش بالاتر و کاهش میزان انرژی متمرکز در نوک ترک به دلیل امکان لغزش روکش و حالت مفصل بودن سازه روسازی در محل پارچه گونه را خواهیم داشت که در جلوگیری از نفوذ ترکها موثر است.

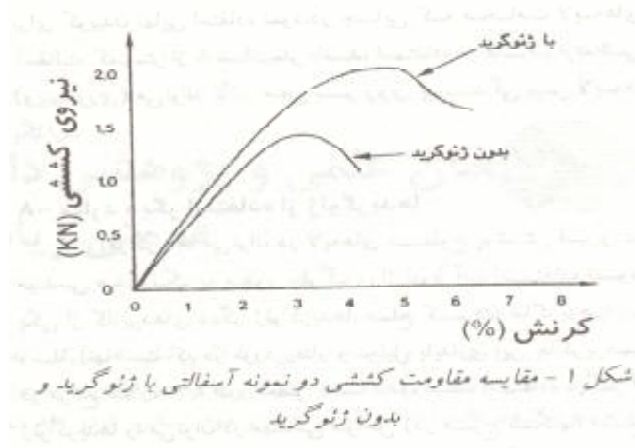
آزمایش های کششی مقایسه ای که در سال 1982 توسط schniering روی نمونه تک لایه ای غیرمسلح و دولایه ای مسلح انجام شد تا اثر ژئوگرید مسلح کننده در لایه آسفالت را مشخص می کند. نتایج آزمایش ها نشان می دهند:

- میزان نیروی وارده روی نمونه مسلح در زمان گسیختگی 50 درصد بیش از نیروی وارده بر نمونه غیر مسلح بود.

- افزایش طول نمونه مسلح در زمان گسیختگی 65 درصد بیش از ازدیاد طول نمونه غیرمسلح بود.

آنچه موجب چسبندگی لایه ژئوگرید به لایه های اطراف می شود، پوشش قیری روی آن می باشد. ژئوگریدهای مسلح کننده آسفالت با یک ماده قیری پوشش شده اند که چسبندگی آنها با لایه آسفالت را تضمین می کند. این چسبندگی موجب می شود ژئوگرید مسلح بتواند نیروهای کشش را تحمل و آنها را توزیع کند. علاوه بر این ساختار ژئوگرید دارای فضاهای باز (چشمه) است که حداقل 75 درصد سطح آنها را شامل می شود. این فضاهای باز موجب چسبندگی مستقیم لایه های آسفالت به یکدیگر می شوند. از اینرو بیشترین میزان چسبندگی لایه های آسفالت ایجاد می شود.

در نمودار زیر موثر بودن ژئوگرید با آزمایش نمونه های آسفالتی و مقایسه دو نمونه مسلح و غیر مسلح به ژئوگرید به خوبی مشخص شده است.



## موارد استفاده از ژئوگریدها در راهسازی

- جهت تقویت آسفالت کف جاده‌ها که دارای زیرسازی نسبتاً ضعیفی می‌باشند، در این حالت تغییر شکل‌های زیرسازی اثرات تخریبی کمتری بر روسازی می‌گذارد.
- در جلوگیری از ترک‌های انعکاسی و ترک‌های ناشی از تغییرات درجه حرارت خصوصاً در هوای بسیار سرد به شکل بسیار مفیدی موثر است.
- در آسفالت ریزی جاده‌هایی که در چند مرحله انجام می‌شود در زمانی که در نقطه خاصی مجبور به اتمام آسفالت ریزی در جهت طولی جاده هستیم به جهت ایجاد فاصله زمانی بین دو آسفالت ریزی، در فصل مشترک انتها و ابتدای آسفالت ریزی چسبندگی کافی بین آسفالت بوجود نمی‌آید. ژئوگریدها به خوبی می‌توانند این اختلال را رفع نمایند. این موضوع برای آسفالت ریزی جاده‌هایی که دارای بیش از یک باند می‌باشند نیز وجود می‌آید.
- در زمانی که مجبور به توسعه عرضی جاده هستیم، در اثر اختلاف بین زیرسازی قسمت قدیم و جدید جاده و نشست زیر اساس قسمت کناره تازه احداث شده، و همچنین عدم چسبندگی لازم بین دو لایه آسفالت قدیم و جدید ترک‌های طولی در امتداد جاده در فصل مشترک باندها بوجود می‌آید که با استفاده از ژئوگریدها در این قسمت‌ها اختلالات احتمالی تا حدود زیادی قابل پیشگیری است.
- در باندهای فرودگاه‌هایی که با آسفالت پوشیده شده‌اند به علت بالا بودن بار ترافیکی ممکن است ترک‌هایی خصوصاً در نقاط فرود بوجود آید. با توجه به وجود محدودیت زمانی جهت تعمیر باندهای فرودگاه، باید سعی شود تا حد ممکن فاصله زمانی بین تعمیرات را افزایش داد. استفاده از ژئوگریدها یکی از راه‌حل‌های ممکن است.
- در زمانی که مجبور به شکافتن جاده‌ها به منظورهای مختلف همچون عبور لوله‌های آب، گاز، فاضلاب و یا هر موضوع دیگری که در زمان تاسیس راه پیش‌بینی نشده باشد، هستیم مه‌سان سازی زیر اساس قسمت ایجاد شده جدید با جاده قبلی سخت و گاهی به علت وارد شدن فشار به تاسیسات احداث شده غیرممکن می‌باشد همین اختلاف بین دو زیرسازی موجب ایجاد فرورفتگی در محل و ایجاد ترک و فروپاشی محل می‌شود. استفاده از ژئوگریدها به خوبی این اختلال را پوشش می‌دهد.
- در محل‌هایی که مجبور به پوشش آسفالت بر روی سطوحی که از نظر انقباض با آسفالت اختلاف دارند و همچنین ایجاد پوشش بر روی درزهای بین آنها هستیم، مانند پل‌های فلزی و یا بتنی، این اختلاف بین انقباض بین دو ماده موجب ایجاد ترک در آسفالت و واپاشی آن می‌شود. همچنین است در هنگامی که بین دو قطعه که دارای فاصله با هم هستند و از پوشش آسفالت استفاده می‌شود. استفاده از ژئوگرید در این مواقع تا حدود زیادی از این خرابی‌ها جلوگیری می‌کند.

## دیگر کاربردهای ژئوگرید که عمدتاً در پی‌سازی استفاده می‌شوند

- در محل‌هایی که بارهای زیادی وارد می‌شود و زیر ساختمان‌های موقت
- تقویت دیواره خاکی خاکریزها و سدهای خاکی
- تعمیر شیب‌های مخرب و تثبیت ریزش خاک‌های کناره جاده
- جهت ساخت سبدهای سنگی برای دیوارهای ساختمان (Gabions)
- جهت ساخت سبدهای سنگی جهت کنترل فرسایش ساختمان‌ها
- جهت ساخت سبدهای سنگی برای دیوارهای پشتیبان پل‌ها (Bridge abutments)
- استفاده جهت ساخت تشک‌های پرکننده بالای خاک‌های نرم (mattresses)

- استفاده جهت ساخت تشک‌های بالایی خاک‌های دارای ذرات نباتی و خاک‌های نواحی قطبی
- جهت سفت کردن و چسباندن تقویت‌کننده‌ها در کاربردهای با عرض‌های مختلف
- جهت محکم کردن تکه سنگ‌های از هم گسیخته شده
- جهت محکم کردن قطعات بتنی از هم گسیخته شده
- جهت جایگذاری در بین ژئوتکستایل‌ها و ژئوممبرین‌ها و در واقع تشکیل ژئوکمپوزیت‌ها
- جهت تقویت Land fills برای تحمل انبساط‌های عمودی و جانبی
- استفاده به عنوان روکش در تصفیه‌کننده‌های طبیعی (Collection Stone)
- جهت تثبیت پوشش خاکی Land fills به عنوان روکش تقویت‌شده

### طریقه اجرای ژئوگریدها در راهسازی

- ژئوگریدها به شکل رول ساخته می‌شوند. ضخامت لایه آسفالت روی ژئوگرید در راهسازی باید بیش از 5 سانتیمتر باشد و به هیچ وجه نباید تا خوردگی و یا چروکی موجود باشد. به منظور دستیابی به بالاترین افزایش در ظرفیت باربری، مناسب‌ترین عمق جهت قرار دادن اولین لایه پارچه‌گونه ژئوگرید در زیر پی، فاصله 0/5 تا 0/6 عرض پی می‌باشد. همه لایه‌های ژئوگرید باید حدود 15 سانتیمتر در جهت عرض و حدود 25 سانتیمتر در جهت طول جاده همپوشانی داشته باشند. جهت کوبیدن نهایی آسفالت مسلح شده به ژئوگرید باید از غلتک سبک و یا نیمه‌سنگین دوغلتکی و یا چرخ لاستیکی استفاده نمود و در نهایت غلتک سنگین بکار برد.

### ژئوتکستایل‌ها (Geotextils)

ژئوتکستایل‌ها ورقه‌های مصنوعی پلاستیکی هستند که نسبت به عبور سیالات و گاز نفوذپذیر می‌باشند و در بین ژئوسنتتیک‌ها بیشترین کاربرد را دارند. جهت ساخت ژئوتکستایل‌ها غالباً از پلی‌استر، پلی‌پروپیلن و پلی‌اتیلن استفاده می‌شود. ژئوتکستایل‌ها در یک دسته بندی کلی به دو دسته ساختار اصلی بافته‌شده و ساختار اصلی بافته‌نشده تقسیم می‌شوند. ژئوتکستایل‌های دارای ساختار اصلی بافته‌نشده به علت دارا بودن فضای خالی نسبتاً زیاد خاصیت فیلتری بیشتری دارند. در بافته‌نشده‌ها الیاف تشکیل دهنده بطور درهم با یکدیگر آمیخته شده‌اند و همین خصوصیت موجب می‌شود تا مقاومت آنها در برابر پاره شدگی از بافته شده‌ها بیشتر باشد. زیرا نیرو با الیاف بیشتری درگیر می‌شود.

آنچه موجب بوجود آمدن گستره وسیع استفاده از ژئوتکستایل‌ها می‌شود خواص فوق العاده فیزیکی و مکانیکی آنها به نسبت وزن آنها می‌باشد، همچون استحکام، نفوذپذیری، مقاومت کششی بسیار بالا، مقاومت بالا در برابر سوراخ شدگی و ...

از خصوصیات ژئوتکستایل‌ها مقاومت کششی و تراکم‌پذیری اهمیت بیشتری را دارا می‌باشند.

یکی از خصوصیات مفید ژئوتکستایل‌ها خاصیت ارتجاعی آنها می‌باشد که موجب برگشت‌پذیری خاک مسلح‌تحت اثر بارهای خارجی به حالت اولیه می‌باشد.

ضخامت ژئوتکستایل‌ها تحت فشار معین 2 کیلوپاسکال اندازه گیری می‌شود و در اکثر موارد بین 0/01 تا 0/3 اینچ می‌باشد.

ژئوتکستایل‌ها مقاومت قابل ملاحظه‌ای را در تحمل تنش‌ها و تغییر شکل‌های نسبی دارا هستند و از این خصوصیت می‌توان جهت محافظت از لایه‌های ضعیفی که نباید تحت اثر فشارهای بالا قرار گیرند استفاده نمود.

همچنین از ژئوتکستایل‌ها به منظور پخش و متوازن کردن نیروهای متمرکز به یک سطح بزرگتر و کاهش تنش‌های متمرکز در یک نقطه به جهت جلوگیری از گسیختگی‌های نقطه‌ای استفاده می‌شود.

بطور کلی کاربردهای مختلف ژئوتکستایل‌ها را می‌توان به شکل زیر تقسیم نمود:

- جداسازی لایه‌های خاک

- تسلیح خاک
- فیلتراسیون
- زهکشی

### کاربرد ژئوتکستایل‌ها در پروژه‌های عمرانی

- یکی از اساسی‌ترین کاربردهای ژئوتکستایل استفاده از آن به عنوان فیلتر می‌باشد. در این حالت ژئوتکستایل آب (و یا هر مایع دیگری را) به خوبی و با سرعت کافی از خود عبور می‌دهد ولی از عبور ذرات جامد و سنگ ریزی جلوگیری می‌کند.
- جهت تسلیح خاک علاوه بر ژئوگرید از ژئوتکستایل نیز به میزان بالاتر استفاده می‌شود. خاک مسلح شده با تکستایل از نظر مقاومت کششی برشی و پیچشی و همچنین ظرفیت باربری به میزان قابل توجهی نسبت به خاکهای غیر مسلح برتری دارد.
- جهت احداث جاده بر روی زمینهایی که دارای خاک با ساختار ضعیف هستند به راحتی نمی‌توان از روکش آسفالتی استفاده کرد. در اینگونه جاده‌ها آسفالت به راحتی ترک می‌خورد. جهت جلوگیری از ترک خوردن آسفالت بر اثر تغییر شکل حاصل از نیروهای وارده می‌توان از مسلح کننده ژئوتکستایل استفاده نمود. این تکنیک تسلیح جهت راههای موقتی نیز به کار برده می‌شود.
- جهت جداسازی لایه‌های مختلف خاک از ژئوتکستایل به میزان وسیعی استفاده می‌شود. این کاربرد تا حدود زیادی وابسته به خاصیت عدم عبور ذرات درشت خاک ضمن عبور سیالات از ژئوتکستایل می‌باشد. همچنین جهت جداسازی دو لایه‌ی مختلف سنگدانه با اندازه‌های مختلف از ژئوتکستایل استفاده می‌شود.
- با استفاده از ژئوتکستایلها می‌توان به مقدار بالایی موجب افزایش پایداری شبروانی‌های خاکی و همچنین افزایش شیب مجاز آنها شد. شیب مجاز یک شبروانی خاکی مسلح شده با ژئوتکستایل تا حدود 70 درجه نیز امکان پذیر است.
- خاصیت عبور مناسب سیالات از ژئوتکستایل موجب شده تا از ژئوتکستایل موجب شده تا از ژئوتکستایل به عنوان یک زهکش قوی استفاده شود. در آب بندی تونلها و پلها قبل از اجرای سنگ رویه نهایی از یک لایه ژئوتکستایل استفاده می‌شود تا آب را به سمت پایین و آبروها هدایت کند.
- در سواحل برای جلوگیری از شست و شوی ساحل و پیشرفت آب و همچنین جلوگیری از شست و شوی خاک زیر صخره‌ها از ژئوتکستایل استفاده می‌شود. در این حالت ژئوتکستایل را بر روی خاک‌های ساحل قرار داده و روی آن را با صخره‌های بزرگ می‌پوشانند. در ساخت سواحل مصنوعی نیز از ژئوتکستایل به میزان وسیعی استفاده می‌شود.
- از ژئوتکستایل‌ها می‌توان به عنوان قالبهای انعطاف پذیر در ملات ریزی استفاده نمود. همچنین در بتن ریزی‌هایی که سطح مورد نظر دارای شیب زیادی است برای مهار بتن و جلوگیری از ریزش آن می‌توان از ژئوتکستایل مانند یک کیسه پهن استفاده کرد. نخستین بار کارن ترازاقی در سال 1955 در ساخت یک سد {که اکنون به نام وی خوانده می‌شود} از قالبهای انعطاف پذیر استفاده کرد.

### ژئوممبرین‌ها (Geomembrans)

- ژئوممبرین‌ها دسته‌ای از خانواده ژئوسنتتیک‌ها هستند که به شکل قابل ملاحظه‌ای نفوذناپذیرند. ماده اصلی تشکیل دهنده ژئوممبرین‌ها پلیمرهای مصنوعی‌اند و مهمترین نقش آنها به عنوان ماده‌ای محافظ در برابر عبور سیالات می‌باشد.

کاربرد وسیع ژئوممبرین‌ها وابسته به خواص فوق‌العاده آنها نسبت به وزنشان می‌باشد. همچون: نفوذناپذیری، انعطاف‌پذیری توأم با مقاومت بالا در برابر پاره‌شدگی و سوراخ‌شدگی و تغییرات بالای دمای اطراف، مقاومت در برابر مواد شیمیایی، سبک بودن و نصب سریع و ...

### بعضی از کاربردهای ژئوممبرین در پروژه‌های عمرانی

- از جمله مهمترین کاربردهای ژئوممبرین، کاربرد به عنوان آستر و محافظ می‌باشد که عمدتاً در سطوح داخلی کانال‌ها، مخازن و لوله‌های آبرسانی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

مقاومت بالای ژئوممبرین در برابر سایش مانع از سائیده شدن سطوح این تاسیسات می‌شود.

همچنین می‌توان از تاثیرات منفی فاضلاب بر روی سطوح تاسیسات مربوطه با نصب لایه ژئوممبرین بر روی آنها جلوگیری نمود. جهت حفاظت سازه‌های بتنی در برابر حملات شیمیایی خورنده محیط اطراف نیز می‌توان از ژئوممبرین استفاده نمود.

- در محل زباله‌چال‌ها (fills Land)، در اثر انباشتگی زباله‌ها قسمت مایع در کف زباله‌چال‌ها جمع می‌شود و به مرور زمان به داخل توده خاک اطراف خود نفوذ می‌کند و نتایج منفی زیست محیطی را بوجود می‌آورد. جهت جلوگیری از نفوذ این مواد، کف و دیواره‌های جانبی زباله‌چال را با ژئوممبرین پوشش می‌دهند. همچنین جهت پوشش سطح زباله‌چال نیز می‌توان از ژئوممبرین استفاده نمود زیرا به خوبی در برابر ناهمواری‌ها حاصل از نشست‌های نامساوی زباله‌ها در این قسمت مقاومت می‌کند.

- جهت آب‌بندی جداره‌تونل‌ها همواره از ترکیبی از ژئوممبرین و ژئوتکستایل که در واقع تشکیل یک ژئوکمپوزیت را می‌دهند استفاده می‌گردد. در این کاربرد یک لایه از ژئوتکستایل را جهت زهکشی آب به سطح تونل می‌چسبانند و سپس بر روی آن یک لایه ژئوممبرین را جهت جلوگیری از نفوذ آب قرار می‌دهند و سپس نمای بنائی نهایی را اجرا می‌کنند.

- جهت کنترل خاک‌هایی که بر اثر رطوبت متورم می‌شوند، از ژئوممبرین با قدرت نفوذناپذیری بالا استفاده می‌شود.

- در تاسیساتی که قدرت کنترل مطلوب آب را جهت جلوگیری از اتلاف آن را ندارند، نیز از ژئوممبرین به عنوان لایه محافظ در برابر خروج آب استفاده می‌شود و به شکل قابل توجهی از هدر رفتن آب جلوگیری می‌شود.

### نکات اجرایی در استفاده از ژئوممبرین‌ها

- جهت استفاده از ژئوممبرین‌ها در سطوح شیبدار و یا قائم و جاهایی که امکان لغزش وجود دارد، از نوعی ژئوممبرین استفاده می‌شود که بر روی سطح آن برجستگی‌هایی به شکل میخ وجود دارد. این میخچه‌ها در آستر زیر فرو رفته و مانع از لغزش لایه ژئوممبرین می‌شوند.

- در هنگام نصب ژئوممبرین باید کاملاً توجه داشت که از هرگونه خراش بر سطح آن جلوگیری شود. خراش‌های سطحی به شکل قابل ملاحظه‌ای موجب کاهش مقاومت می‌شوند.

- ژئوممبرین بصورت لوله‌ای و تخته‌ای در بازار عرضه می‌شود. گاهی برای سطوح وسیع مجبور به چسباندن چند لایه ژئوممبرین می‌باشیم. برای چسباندن ژئوممبرین در خارج از کارخانه و در محل کارگاه معمولاً از چسب‌های مخصوص استفاده می‌شود. گاهی نیز جهت چسباندن دو لایه ژئوممبرین از ماده‌حلالی که موجب حل شدن دو لایه مجاور در هم می‌شود استفاده می‌گردد.

## فهرست منابع و مراجع

- 1- مکانیسم تسلیح و افزایش مقاومت خستگی روکش‌های انعطاف پذیر توسط پارچه‌گون‌ها، دکتر فریدون مقدس‌نژاد، مهندس سعید طولایی، نشریه ژئوتکنیک و مقاومت مصالح
- 2- عوامل مؤثر در تقویت باربری زمین‌های سست بوسیله پارچه‌گون‌ها، دکتر سید مجدالدین میرمحمدحسینی، نشریه ژئوتکنیک و مقاومت مصالح
- 3- ویژه‌نامه کاربرد پلیمرها در مهندسی عمران نشریه عمران شریف
- 4-reinforced with Geogrid and geojaks, Chi.li, scott M.Mery and Evert c.Lawaton
- 5- Application of Geosynthetics for the improvement of soft subgrade soils in roade construction, Dr.N.R.Krishnaswamy and S.Sudhaker.
- 6- Where are geogrid used by Divid Pramank (for CIE 584- designing with geosynthetics).
- 7- how are geogrids made by Divid Pramank (for CIE 584- designing with geosynthetics).