

بررسی مشخصات انواع ژئوسنتتیک‌ها با کارکرد زهکش در طرح‌های عمرانی

غلامعلی شفافبخش^۱، عبدالحسین حداد^۲، مهدی اکبری^۳

۱، ۲: استادیار دانشگده مهندسی، دانشگاه سمنان

۳: دانشجوی دکترای راه و ترابری، دانشگاه سمنان

m_akbari@semnan.ac.ir

خلاصه

استفاده از ژئوسنتتیک در داخل خاک باعث اصلاح و تقویت برخی خصوصیات خاک نظیر مقاومت برشی، قابلیت زهکشی، فیلتراسیون و... می‌شود. از جمله ژئوسنتتیک‌هایی که دارای کارکرد زهکشی هستند شامل ژئونت و ژئوکامپوزیت‌های زهکش می‌شود. از جمله ژئوکامپوزیت‌هایی که دارای کارکرد زهکشی هستند ژئوتکستایل-هسته‌پلیمری، ژئوممبرین-ژئوگرید، ژئوتکستایل-ژئوممبرین، ژئوتکستایل-ژئونت و ژئوتکستایل-ژئوگرید می‌باشند. در این مقاله سعی شده است تا با شناسایی انواع ژئوسنتتیک‌های دارای کارکرد زهکشی، به بیان خصوصیات کلی آنها پرداخته و آزمایش‌های متداول برای اندازه‌گیری خصوصیات مورد نظر معرفی شوند تا براساس کارایی هر یک از این ژئوسنتتیک‌ها بتوان برای انتخاب آنها جهت نصب در طرح‌های مختلف عمرانی تصمیم‌گیری کرد.

کلمات کلیدی: ژئوسنتتیک، زهکشی، ژئونت، ژئوکامپوزیت، تراوش، خصوصیات کلی.

مقدمه

ASTM-D4439 ژئوسنتتیک‌ها را اینگونه تعریف می‌کند: "ژئوسنتتیک‌ها محصولات مسطحی هستند که از مواد پلیمری ساخته شده و بعنوان یک بخش جدایی‌ناپذیر در پروژه‌های مهندسی عمران به‌همراه خاک، سنگ، زمین یا سایر مصالح مرتبط با مهندسی ژئوتکنیک بکار برده می‌شوند" [۱]. امروزه استفاده از ژئوسنتتیک‌ها، به اشکال گوناگون در طرح‌های مختلف عمرانی متداول است. آنچه که قابل توجه می‌باشد، این است که با طراحی و اجرای صحیح و همچنین بررسی مسائل اقتصادی مربوط به آنها می‌توان یک راه‌حل مهندسی مناسب را برای پروژه مورد نظر ارائه داد [۲]. در واقع با این محصولات، می‌توان خصوصیات فیزیکی و مکانیکی زمین را طبق آنچه شرایط پروژه‌های ساختمانی، راهسازی یا خاکی ایجاب می‌کند، تغییر داد و به این طریق نیازهای طرح را بهتر برآورده نمود [۱].

بکارگیری ژئوسنتتیک دارای مزایای فراوانی است که در ذیل به بخشی از مزایای کلی این مصالح اشاره می‌شود: صرفه‌جویی در مصرف مواد اولیه بدلیل دقت بالا در تولید و کنترل کیفی خوب، صرفه‌جویی در مصرف منابع طبیعی بدلیل تهیه آنها از مواد خام نفتی، انعطاف‌پذیری (قابلیت اجرا روی خاک‌های تراکم‌پذیر، شیب‌های ناپایدار و در مجاورت آب)، فسادناپذیری در اثر عوامل محیطی، توانایی تحمل بارهای زیاد (استاتیکی و دینامیکی)، سهولت اجرا، سرعت عمل بالای نصب، صرفه‌جویی قابل‌ملاحظه در زمان ساخت، کاهش قیمت تمام شده اجرا، عدم نیاز به پیمانکارهای متخصص جهت اجرا، امکان اجرای آن در شرایط آب و هوایی مختلف، امکان اجرای بلافاصله لایه‌های بعدی و نهایتاً، افزایش قابلیت اعتماد در صورت جایگزینی آنها در مراحل طراحی و اجرای پروژه‌های عمرانی.

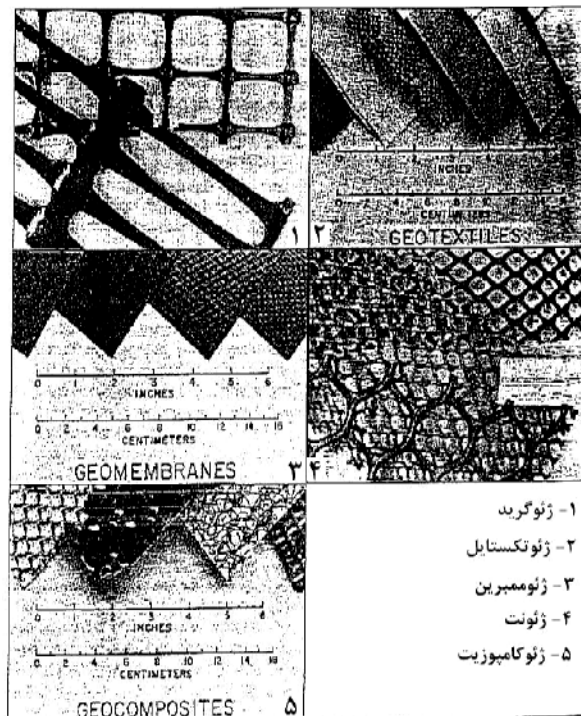
اما علیرغم مزایای فراوان فوق، این محصولات معایبی را نیز در طرح و اجرا ایجاد می‌کنند، که در زیر به بعضی از عوامل موثر بر خطرپذیری ژئوسنتتیک‌ها اشاره شده است: خزش، نور خورشید، PH بالای محیط، سقوط اجسام سنگین و تیزگوشه، عبور بدون پوشش وسایل نقلیه غیرمجاز، گرم شدن بیش از حد در اثر تماس با شعله آتش و وسایل گرم‌مازای موجود در کارگاه و نهایتاً، نشت یا نفوذ سوخت و یا سایر مایعات هیدروکربنی و یا مواد شیمیایی.

¹ ghshafabakhsh@semnan.ac.ir

² ahadad@semnan.ac.ir

انواع ژئوسنتتیک و کارکردهای مختلف آن

انواع ژئوسنتتیک از نظر شکل و طرح به موارد زیر تقسیم می‌شود (شکل ۱).



شکل ۱: بعضی انواع ژئوسنتتیک‌ها (از نظر شکل و طرح)

ژئوتکستایل: حوزه کاربردی گسترده‌تری نسبت به دیگر انواع دارد. ژئوتکستایل حداقل یکی از عملکردهای جداسازی، تسلیح، فیلتراسیون، زهکشی و حفاظ رطوبتی را برعهده دارند. هدف از تسلیح با ژئوتکستایل، افزایش مقاومت کششی و یا باربری لایه‌های خاک می‌باشد [۱].

ژئوگرید: کاربرد اصلی این گروه تسلیح خاک است و در برخی موارد برای جداسازی دانه‌های سنگی با اندازه بزرگ نیز بکار می‌روند. غالباً از پلی‌پروپیلن یا پلی‌اتیلن با چگالی بالا تولید می‌شود [۳].

ژئونت: این محصولات از دو مجموعه تیرک پلیمری موازی که نسبت به هم با زاویه قرار می‌گیرند تشکیل شده و دارای سوراخ‌های بزرگی است و کارکرد آن بطور کامل برای زهکشی است [۱].

ژئوممبرین: ورق‌های لاستیکی یا پلاستیکی با نفوذپذیری بسیار پایین هستند که بعنوان حفاظ رطوبتی بکار می‌روند و بعد از ژئوتکستایل‌ها دومین گروه بزرگ ژئوسنتتیک‌ها هستند [۴].

ژئوکامپوزیت: ترکیبات دو یا چندتایی از ژئوتکستایل‌ها، ژئوگریدها، ژئوممبرین‌ها و ژئونت‌ها هستند که برای منظورهای مختلف استفاده می‌شوند. این محصولات می‌توانند عملکردهای چندگانه‌ای از جمله جداسازی، تسلیح، زهکشی، فیلتراسیون و حفاظت رطوبتی (آب‌بندی) را داشته باشند، که در اینصورت بطور همزمان مزایای چندین نوع ژئوسنتتیک را خواهند داشت [۱].

ژئوپایپ: به لوله‌های پلیمری اطلاق می‌شوند که در سطح زمین و یا داخل آن و یا در محل‌هایی که از مصالح طبیعی مثل خاک و سنگ انباشته می‌شوند، کار گذاشته می‌شوند [۱].

ژئوسنتتیک‌ها با توجه به گروه‌های اصلی ذکر شده، کاربردهای گوناگونی دارند که می‌توان به ۵ عملکرد اصلی زیر تقسیم نمود: جداسازی، تسلیح، فیلتراسیون، زهکشی، حفاظت در مقابل فرسایش، رطوبت و آب‌بندی بخش‌هایی از سازه یا تاسیسات عمرانی در مقابل نفوذ آب یا مواد زاید.

انواع ژئوسنتتیک‌ها با کارکرد زهکش

جمع‌آوری و دفع مناسب پساب‌ها و شیرابه‌های موجود در محدوده‌های طرح‌ها عامل مهمی در موفقیت اجرایی اینگونه طرح‌ها دارد [۵]. هنگامیکه ژئوسنتتیک نقش فیلتر را دارد، جهت جریان عمود بر صفحه آن است، درحالی‌که در عملکرد زهکشی جریان آب از داخل صفحه ژئوسنتتیک عبور می‌کند. عملکرد اصلی ژئونت‌ها زهکشی می‌باشد. با قرار دادن لایه‌های پوشش در بالا و پایین ژئونت، کارکرد آن به ژئوکامپوزیت زهکش تغییر می‌یابد و جریان را به صورت داخل صفحه‌ای منتقل می‌کند [۶].

ژئونتها توسط Dr. B. Mercer در بریتانیا، که اولین تولیدکننده توریهای پلاستیکی سبک برای حمل محصولات کشاورزی نیز بود، ایجاد شد. اولین بار از آن برای نشتیابی پوششهای دوپل مخازن مایعات خطرناک در ایالات متحده به سال ۱۹۸۴ استفاده شد [۷]. هدف اصلی از ساخت ژئوکامپوزیتها، ترکیب بهترین خصوصیات هر یک از لایهها با هم است تا بتوان عملکرد نهایی را ارتقا داد. در ژئوکامپوزیتها با قرار دادن لایههای پوشش (ژئوتکستایل یا ژئوممبرین) در بالا و پائین ژئونت، زهکشهایی ساخته می شود که ژئونت نقش هسته زهکش را داشته و جریان را به صورت داخل صفحه ای منتقل می کند مانند ژئوتکستایل-هسته پلیمری، ژئوممبرین-ژئوگرید، ژئوتکستایل-ژئوممبرین، ژئوتکستایل-ژئونت و ژئوتکستایل-ژئوگرید.

ژئونت

کاربرد این دسته از ژئوسنتتیکها بطور کامل در محدوده زهکشی دوبعدی یا سه بعدی مایعات یا گازها می باشد. معمولاً زوایای ستونهای ژئونت قائم نیستند و زوایای بین ۷۰ تا ۱۱۰ درجه دارند. این مشخصه در قابلیت تحمل بار توسط ژئونت بخصوص در جهت عمود بر صفحه شبکه تاثیرگذار خواهد بود. ضخامت شبکههای ژئونت بین ۵ تا ۷ میلیمتر است و با توجه به تجهیزات جدید، عرض محصول تولیدی تا ۴/۵ متر قابل افزایش است. بدیهی است هرچقدر ضخامت شبکه ژئونت بیشتر باشد، ظرفیت زهکشی و هدایت آب در صفحه شبکه بیشتر خواهد بود و همچنین در عرضهای بالا، تقاطع ستونها نباید قائم بوده و باید مقدار کمی زاویه دار باشد [۷]. تقریباً تمام ژئونتها از رزینهای پلی اتیلنی ساخته می شوند و چگالی آنها بین ۰/۹۴ تا ۰/۹۶ mg/l است که این مقدار هرچه بیشتر باشد، محصول صلب تر خواهد بود [۶].

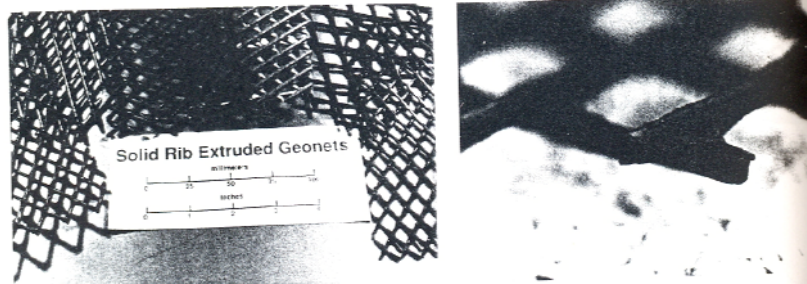
بطور کلی از نظر شکل، سه نوع ژئونت تولید می شود که طبق شکلهای ۲، ۳ و ۴ از این قرار است:

۱. ژئونت های دو بعدی با ستون های صلب کشیده شده معمول ترین نوع ژئونت است (شکل ۲).

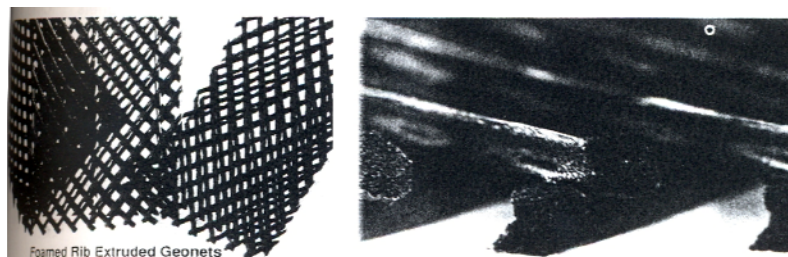
۲. ژئونت های دو بعدی با ستون های اسفنجی کشیده شده (شکل ۳).

۳. ژئونت های سه بعدی از ستون های صلب کشیده شده (شکل ۴).

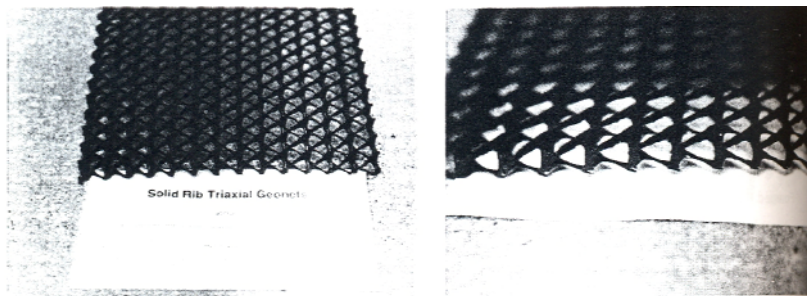
ژئونتها را می توان در زیر بستر جاده ها، پشت دیوارهای حائل، بدنه سدهای خاکی و محل های دفن زباله، بعنوان سیستم های اولیه جمع آوری پساب، بکار برد. این کاربردها بطور کلی به دو دسته کاربردهای انتقال و کاربردهای زیست محیطی تقسیم می شوند. وقتی که ژئونتها بعنوان جایگزینی برای مصالح زهکش خاک دانه ای معرفی شدند، دلیلی برای این وجود نداشت که چرا نمی توان از ژئونتها برای کاربردهای انتقال استفاده کرد [۵، ۸].



شکل ۲: نمونه ای از ژئونت دو بعدی صلب



شکل ۳: نمونه ای از ژئونت دو بعدی اسفنجی



شکل ۴: نمونه ای از ژئونت سه بعدی صلب

ژئوکامپوزیت

هرچند ژئوکامپوزیت‌ها معمولاً از ترکیب چند ژئوسنتتیک به وجود می‌آیند، اما ممکن است در بعضی مواقع بهتر باشد که یک ماده طبیعی را با یک ماده مصنوعی به کار ببریم، تا عملکرد بهینه و هزینه کمتری در بر داشته باشد. برای مثال از فایبرگلاس و رشته‌های فولادی برای افزایش مقاومت کششی، از ماسه جهت ایجاد مقاومت فشاری و پرکننده، از رس برای انبساط در پوشش‌دهی و همچنین از قیر برای آب‌بندی استفاده شود [۶].

انواع متداول ژئوکامپوزیت‌ها بر حسب اجزای تشکیل‌دهنده به گروه‌های زیر تقسیم می‌شوند:

- ۱- ژئوتکستایل-ژئوگرید: عملکرد اصلی آن، جداسازی همراه با تقویت لایه‌هاست [۱]. ژئوکامپوزیت ساندویچی (ژئوتکستایل-ژئوگرید-ژئوتکستایل) برای زهکشی نیز استفاده می‌شود.
- ۲- ژئوتکستایل-ژئونت: مجموعه‌ای از یک لایه ژئونت همراه با دو لایه ژئوتکستایل در رو و زیر، که عملکرد اصلی آن جداسازی به همراه زهکشی است. این مجموعه می‌تواند آب را در داخل شبکه ژئونت خود تا فواصل دوردست، در جهت موازی با صفحه ژئوکامپوزیت هدایت کند [۱].
- ۳- ژئوتکستایل-ژئوممبرین: مجموعه‌ای از یک لایه ژئوتکستایل روی یک یا دو طرف لایه ژئوممبرین را گویند. ژئوتکستایل موجب تقویت خصوصیات مکانیکی ژئوکامپوزیت می‌شود [۷]. اگر ژئوممبرین نیمه‌صلب باشد، با قرار دادن ژئوتکستایل در دو طرف ژئوممبرین، می‌توان زهکش‌هایی نواری ساخت که یک وسیله سریع و مناسب برای تحکیم خاک‌های ریزدانه اشباع هستند. اگر ژئوممبرین‌ها صلب بودند، آنها را به فرم جعبه‌های مقوایی تخم‌مرغ شکل در آورده و با قرار دادن ژئوتکستایل در یک طرف آن می‌توان زهکش‌های مناسبی ساخت.
- ۴- ژئوممبرین-ژئوگرید: اگر ژئوممبرین و ژئوگرید از مواد یکسان ساخته شده باشند، آنها را می‌توان به هم جوش داد. در اینصورت، ژئوکامپوزیتی نفوذناپذیر با مقاومت اصطکاکی و کششی تقویت شده تولید خواهد شد. در روشی دیگر می‌توان ژئوگرید را بین دو لایه ژئوممبرین قرار داد؛ در اینصورت، ژئوکامپوزیت بصورت زهکش طولی عمل کرده و آب را از داخل خود عبور خواهد داد.
- ۵- ژئوتکستایل-هسته‌پلیمری: هسته‌ها در یک ورقه پلاستیکی نیمه‌صلب می‌تواند به شکلی از قالب در آورده یا فرم گیرد که بسادگی مقادیر زیادی از جریان آب را از درون خود عبور دهد، که به آن هسته زهکش گویند. هسته توسط یک ژئوتکستایل محافظت می‌شود که در اینصورت، ژئوتکستایل نقشی فیلتر مانند خواهد داشت. این مصالح نوعاً، ۵۰۰ میلیمتر ارتفاع و ۲۰-۳۰ میلیمتر عرض دارند، که در کنار بزرگراه‌ها، رویه فرودگاه‌ها یا راه‌آهن و برای زهکشی طولی و دور کردن آن از بخش روسازی استفاده می‌شود. نصب اینگونه سیستم‌ها، بطور چشمگیری رشد داشته و از نظر اثربخشی هزینه‌ای نیز بسیار مناسب هستند [۷].
- ۶- ژئوب‌ها و ژئوسل‌ها: محصولاتی هستند که از شکل دادن ژئوممبرین‌ها و یا ژئوگریدها به شکل شبکه‌های جعبه‌ای و یا سلول‌های مجزا ساخته می‌شوند. این سلول‌ها، فضایی خالی را در میان خود دارند که توسط مصالح طبیعی مثل خاک، سنگ و یا مواد پلیمری مانند فوم‌ها پر می‌شود و می‌توان آنرا بعنوان یک لایه تقویتی در مناطق با قابلیت باربری فوق‌العاده ضعیف خاک بکار برد [۹].
- ۷- ژئوفوم‌ها: استفاده اولیه از یونولیت (EPS) در بین دو لایه ژئوتکستایل، بدنبال کاهش فشارهای طولی پشت قطعات دیوارها یا پناهگاه‌های زمینی می‌باشد. از دیگر کاربردهای آن شامل این موارد می‌شود: زهکشی جزئی، عایق حرارتی و همچنین استفاده از بلوک‌های بزرگ برای خاکریزهای سبک، که بیشتر در کشورهای اسکاندیناوی متداول است [۷].
- ۸- دیگر ژئوها: دوخت رشته‌های فولادی در ژئوتکستایل می‌تواند موجب افزایش قابل توجه مقاومت مصالح کامپوزیت شود. می‌توان برای تثبیت شیب‌ها از ژئوتکستایل‌هایی با سوراخ‌های از پیش تعیین‌شده همراه با مهارهای فولادی استفاده کرد. همچنین فیبرها، رشته‌ها و شبکه‌های ریز می‌تواند در بتن یا آسفالت، برای ایجاد یک مصالح بسیار فشرده، بکار گرفته شود، که در اینصورت می‌توان آنها را نیز به این فهرست افزود [۷].
- ۹- ژئوسنتتیک آستر رسی: آنها از لایه‌های نازک رس بنتونیتی که در میان دو ژئوتکستایل قرار داشته یا چسبیده به یک ژئوممبرین هستند، تشکیل می‌شوند و در حقیقت لایه‌های آب‌بند هیدرولیکی در مقابل حرکت سیالات می‌باشند.

کاربردهای ژئوکامپوزیت

بسیاری از ژئوکامپوزیت‌ها کارکردهای متعددی دارند، که قبلاً بطور کامل در مورد آنها صحبت شد. اما آنچه که باید به آن اشاره کنیم این است که، هرچند ۵ کارکرد اصلی، برای ژئوکامپوزیت‌ها نیز لحاظ می‌شوند، اما بعضاً هر یک از این کارکردها با توجه به گستردگی محصولات و تنوع آنها، خود به زیرمجموعه‌هایی مجزا تقسیم می‌شوند، برای مثال، ژئوکامپوزیت‌های زهکش. با گذشت زمان این تنوع بیشتر شده و محصولات جدید تولید شده و بیش از دیگر ژئوسنتتیک‌ها مورد توجه قرار می‌گیرند. در ادامه این بخش به بررسی موردی هر یک از کارکردها پرداخته و کاربردهای خاص آنها را نام می‌بریم. در زمانی بسیار کوتاه، بکارگیری ژئوکامپوزیت‌ها بعنوان زهکش به اصلی‌ترین کارکرد ژئوکامپوزیت‌ها تبدیل شد. ژئوکامپوزیت‌هایی که برای زهکشی بکار می‌روند، به سه نوع زهکش‌های صفحه‌ای، زهکش‌های نواری یا فنیله‌ای و زهکش‌های حاشیه بزرگراهی تقسیم می‌شوند. روش معمول در تحکیم سریع خاک‌های ریزدانه اشباع (لایه‌ها، رس‌ها و مخلوط آن دو) استفاده از زهکش‌های ماسه‌ای قائم است. یک جایگزین بسیار مناسب برای زهکش‌های ماسه‌ای، زهکش‌های نواری از نوع ژئوکامپوزیت است. بکارگیری ژئوتکستایل بعنوان زهکش صفحه‌ای در جاهایی قابل قبول است که میزان جریان در حد نرمال باشد. بنابراین وقتی مقدار جریان بسیار بیش‌تر از توان ژئوتکستایل است، از ژئوکامپوزیت‌هایی که قادر به زهکشی نرخ‌های بالای جریان هستند، استفاده می‌شود. کارایی و طول عمر بزرگراه‌ها هر دو به قابلیت زهکشی لایه روسازی واقع در زیر رویه راه بستگی دارد [۱۰].

خصوصیات زهکش‌های ژئوسنتتیک

همیشه براساس نوع کارکردها و کاربردهایی که ژئوسنتتیک‌ها دارند، خصوصیات آنها تعریف شده و اندازه‌گیری می‌شوند. برای مثال در ژئوگرید که نقش مسلح‌کننده دارد، خصوصیت مکانیکی مهم بوده و مقاومت کششی آن باید ارزیابی شود. ولی برای ژئوممبرین‌ها، خصوصیت شیمیایی مهم بوده و مقاومت در برابر مواد شیمیایی از اهمیت بالایی برخوردار است. بطور کلی برای ژئوسنتتیک‌ها شش خصیصه را می‌توان ذکر کرد: خصوصیات فیزیکی، مکانیکی، هیدرولیکی، دوام، تخریبی و محیطی. خصوصیات کلی ژئوسنتتیک‌ها باید کاملاً مشخص گردند تا با تعیین موارد استفاده و بر اساس پایه‌های نظری دقیق، بتوان کاربرد بهتری را از ژئوسنتتیک فراهم آورد.

از آنجا که کارکرد اصلی ژئونت انتقال مایعات در صفحه داخلی خود می‌باشد، نرخ جریان هیدرولیکی یا جریان نقش اصلی را برای ژئونت در بر دارد [۱۱]. هرچند، دیگر موضوعات که می‌تواند در طول دوره خدمت‌دهی بر این کارکرد تاثیر داشته باشند، نیز اهمیت دارند.

خصوصیات فیزیکی

چگالی یا جرم مخصوص پلیمرها، خصوصیت مهمی بشمار می‌آید که با روش‌های ASTM D1505 و ASTM D792 ارزیابی می‌شوند. خصوصیت فیزیکی دیگری که لازمست شناسایی شود، ضخامت ژئونت می‌باشد که می‌توان با روش ASTM D5199 آنرا اندازه‌گیری کرد [۱]. جرم واحد سطح ژئونتها نیز طبق ASTM D5261 تعیین می‌شود، که برای ژئونت با ضخامت ۵ میلی‌متر و با ستونهای صلب، مقدار جرم واحد سطح معمولاً بین ۷۰۰-۱۰۰۰ گرم بر مترمربع می‌باشد. سایر خصوصیات فیزیکی را نیز می‌توان مستقیماً اندازه‌گیری کرد و بدست آوردن آنها تا حدودی آسان است، مانند ابعاد ستون‌ها، زاویه سطحی بین ستون‌های متقاطع ژئونت، زوایای قائم ساخته شده در اتصال، اندازه و شکل چشمه‌ها و غیره [۱].

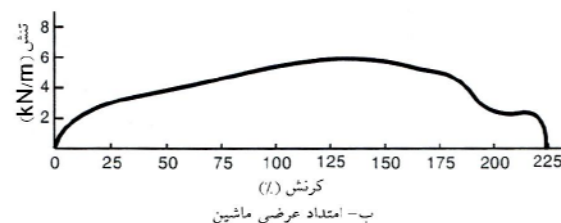
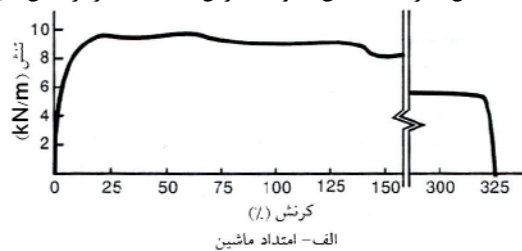
خصوصیات مکانیکی

برخی از خصوصیات مکانیکی مهم ژئونت‌ها شامل مقاومت کششی، مقاومت فشاری و مقاومت برشی می‌شود.
الف- مقاومت کششی:

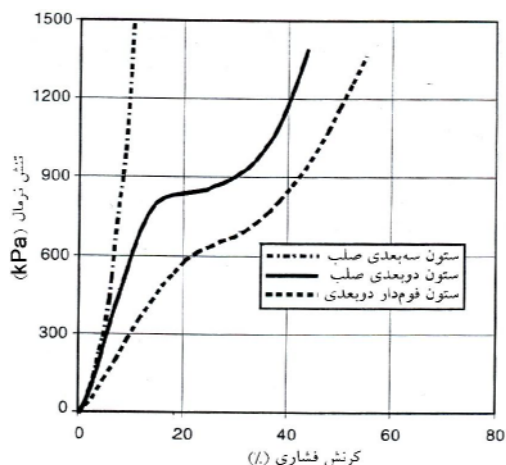
منحنی‌های کشش عرضی در امتدادهای طولی یا عرضی ماشین مربوط به یک نمونه ژئونت دو محوره با ستون‌های صلب به ضخامت ۵ میلی‌متر، در شکل ۵ نشان داده شده است. نمونه آزمایش ابعاد ۲۰۰ میلی‌متر عرض و ۱۰۰ میلی‌متر طول داشت و نرخ کرنش آن نیز (mm/min) ۱۰ بود. این شکل اختلاف بین امتدادها را بیان کرد. اگر شرایط خاص محیطی مطالبه امتداد مقاومتی بالاتری را داشت، بنابراین ژئونت باید با امتداد ماشینی خود مطابق شود. طبق شکل ۵، حداکثر مقاومت در امتداد ماشینی ۱۲۰ kN/m و حداکثر کرنش آن ۲۳٪ بود، درحالی‌که برای امتداد عرضی ماشین حداکثر مقاومت ۶۸ kN/m و حداکثر کرنش آن ۱۷۰٪ بود [۷].

ب- مقاومت فشاری:

مقاومت فشاری ژئونت در صفحه عرضی، از مقاومت کششی داخل صفحه‌ای آن مهم‌تر می‌باشد، چراکه تغییر شکل فشاری یا واژگونی بر قابلیت گذردگی داخلی مایع ژئونت تأثیرگذار است. روش‌های متعددی برای اندازه‌گیری مقاومت فشاری ژئونت‌ها وجود دارد. برای مثال می‌توان از نمونه‌های مربع با بعد ۱۵۰ میلی‌متر، تحت نرخ کرنش ثابت ۰/۰۵ mm/min استفاده کرده و منحنی تنش-کرنش را بدست آورد. طبق شکل ۶، ژئونت‌های دومحوری صلب و دومحوری فوم‌دار، تا حدود تنش ۶۰۰ kPa بسیار سخت بودند، اما بین تنش‌های ۶۰۰-۸۰۰ kPa شروع به تغییرشکل کرده‌اند. با این وجود ژئونت‌ها هنوز قابلیت انتقال مایع را در سطحی پایین دارند. شایان ذکر است، نقش مقاومت خزش بلند مدت در آزمایش‌های کوتاه مدت لحاظ نشده است [۷].



شکل ۵: رفتار مقاومت کششی یک ژئونت دومحوری با ضخامت ۵ میلی‌متر صلب [۷]



شکل ۶: اطلاعات آزمایش فشاری ژئونت‌های مختلف [۷]

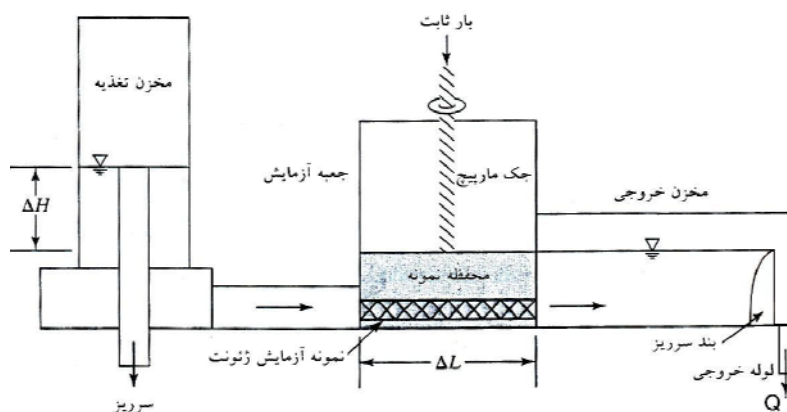
ج- مقاومت برشی:

ظرفیت ژئونت برای تحمل تنش برشی در داخل ضخامتش بدون واژگونی در موقعیت‌های حساس، می‌تواند مورد نگرانی باشد. مسأله وقتی اهمیت پیدا می‌کند که تنش‌های برشی خلاف جهت هم، در بالا و پایین صفحه ژئونت عمل می‌کنند و آن را در حالت برش خالص قرار می‌دهند. برای ژئونت‌هایی که امروزه بکار می‌روند، این مورد چندان مهم به نظر نمی‌رسد. بیشتر نگرانی‌های قابل توجه باید روی موضوع رفتار مربوط به مصالح بالا و پایین ژئونت تمرکز شده باشد. این مورد خصوصاً در مورد ژئوکامپوزیت‌های پوشش‌یافته با ژئونت صادق است. عموماً بدلیل مقاومت برشی کم ژئوتکستایل‌ها آنها را بوسیله تجهیزات کارخانه‌ای (مواد صمغی یا حرارتی)، با ژئونت یکپارچه سازند. روش متداول برای کنترل کیفی و تعیین اصطکاکی سطح مشترک ژئوتکستایل و ژئونت، روش ASTM D413 می‌باشد. روش آزمایش برشی سطح مشترک نیز طبق ASTM D5321 انجام می‌شود [۱].

خصوصیات هیدرولیکی

آزمایش هیدرولیکی جریان درون صفحه‌ای برای تعیین گذردهی ژئونت‌ها باید با روش ASTM D4716 یا ISO/DIS 12958 منطبق باشد. در هر دو روش برخلاف ژئوتکستایل‌ها، بجای دستگاه جریان شعاعی از دستگاه گذردهی صفحه‌ای استفاده می‌شود، چون رژیم جریان در ژئونت مطمئناً متلاطم است، در حالیکه در ژئوتکستایل‌ها این جریان لایه‌ای است. بعضی نکات مربوطه که با روش آزمایش ASTM D4716 مرتبط است، عبارتند از [۱۲]:

۱. اندازه نمونه باید 150×150 میلیمتر مربع و یا بزرگتر باشد. تحقیقات نشان داده اندازه نمونه و نسبت طول به عرض آن می‌تواند تأثیر زیادی در اندازه‌گیری میزان جریان عبوری داشته باشد.
 ۲. در آزمایش شاخص، نمونه ژئونت بین دو صفحه صلب (مثلاً ژئوممبرین) قرار می‌گیرد. با این وجود، طبق نیاز می‌توان مقطع عرضی را تغییر داد تا به شرایط محل نزدیک شده و آنرا به یک آزمایش خاص عملکردی تبدیل کرد.
 ۳. تنش‌های عمودی در دوره‌های ۱۵ دقیقه‌ای اعمال و نرخ جریان با گرادبان‌های هیدرولیکی مختلف برای آن زمان‌ها اندازه گرفته می‌شوند.
 ۴. سپس تنش به سطح بعدی افزوده شده و سیکل فوق تکرار می‌شود.
 ۵. دمای استاندارد مورد نیاز برای آزمایش ۲۰ درجه سانتیگراد است.
- شکل ۷ نمونه‌ای از دستگاه اندازه‌گیری نرخ جریان داخل صفحه‌ای در ژئونت نشان داده شده است.



شکل ۷: دستگاه آزمایش نرخ جریان داخل صفحه‌ای در ژئونت‌ها [۱۲]

باید تاکید کرد که منظور از مقادیر نرخ جریان در واحد عرض (q)، مقادیر قابلیت انتقال دهی (θ) نیست. برای تبدیل نرخ جریان در واحد عرض به قابلیت انتقال دهی، می توان از روابط داری که بطور ضمنی شرایط اشباع و جریان لایه ای را فرض می کند، استفاده کرد. که به قرار زیر است [۱۲]:

$$q = k.i.A = k.i.(t.W) \Rightarrow \frac{q}{W} = i.(k.t) \quad (۱)$$

$$\frac{q}{W} = i.\theta \quad (۲)$$

در روابط بالا بنظر می رسد که مقادیر θ و $\frac{q}{W}$ هم واحد هستند، اما اینگونه نیست و فقط در $i=1$ ، مقدار عددی آنها شبیه خواهد شد. مفهوم گرادیان ۱ این است که، ژئونت بصورت عمودی نصب شده، مانند دیوار مخازن.

خصوصیات دوام

خصوصیات اصلی مربوط به دوام ژئونت ها هنگامی حساس می شود که بکارگیری ژئونت باید همراه با تغییر شکل مستمر و طولانی مدت مصالح عمل کند و قابلیت تداوم انتقال مورد نیاز نرخ جریان در محل را داشته باشد. چهار موضوع مرتبط عبارتند از: نوع رزین پلی اتیلن، خزش ساختار ژئونت، ورود مصالح مجاور به داخل حفرات ژئونت و امکان رد شدن رس از ژئونتکستایل پوششی [۷].

الف- نوع رزین پلی اتیلنی:

بسته به نوع رزین پلی اتیلن، که به دانسیته آن مربوط می شود، ژئونت دارای خصوصیات مکانیکی و دوام متفاوت خواهد بود. رزین با دانسیته بالا موجب مدول نسبتاً بالا، مقاومت بالا و مقاومت خزشی بالا خواهد شد. متقابلاً، رزین با دانسیته پایین منعطف تر خواهد بود و بسادگی در اثر تنش های فشاری بالا تغییر شکل می دهد و غالباً مزیت خصوصیت مقاومت تنش-ترک بهتری را دارد.

ب- رفتار خزش:

خزش عبارت است از کاهش ضخامت ژئونت تحت تنش فشاری اعمال شده بر سطح آن. در اینجا، دانسیته رزین، نوع ساختار و آرایش اتصال ستون ها، همگی مهم هستند. آزمایش این رفتار بسیار طولانی مدت است، که برای کاهش زمان آزمایش، بکارگیری دیگر تکنیک ها مانند انطباق زمان-دما می-تواند مناسب باشد.

ج- ورود مصالح مجاور به داخل حفرات ژئونت:

ضروری است مصالحی از جمله ژئوممبرین، ژئوتکستایل، سطوح سازه ای دیوارها و غیره برای پوشش بالایی و پایینی ژئونت ها بکار روند. اگر سطوح ژئونت پوشانده نشوند، ورود خاک عبور جریان را غیرممکن خواهد کرد.

د- امکان رد شدن رس از ژئوتکستایل پوششی ژئونت:

در صورت مجاورت لایه رسی فشرده یا ژئوسنتتیک لایه پوششی رس در کنار ژئونت، ممکن است ذرات ریز رس از ژئوتکستایل مجاور به داخل ژئونت نفوذ کند که در هر شرایطی باید از آن اجتناب کرد.

خصوصیات محیطی

مجموعه ای از موضوعات محیطی، می تواند روی عملکرد نرخ جریان تأثیر بگذارد. اولین مورد که به ذهن می رسد، دما است. در دماهای بالا، نرخ های جریان بیش از شرایط آزمایش آزمایشگاهی افزایش می یابد، و عکس آنهم در مورد دماهای پایین صدق می کند. این مورد معمولاً تأثیرگذاری کمی دارد و می توان برپایه تصحیح ویسکوزیته آنرا محاسبه کرد. شاید این مهم تر باشد که، خزش پلیمرها در اثر افزایش دما، افزایش می یابد. آزمایش شبیه سازی تحت این شرایط قابل انجام ولی پرهزینه می باشد [۱۳].

دومین ملاحظه، تمرکز روی ماهیت مایع انتقالی می باشد. اگر مواد شیمیایی یا پساب انتقال یابند، سوالاتی پیش می آید مانند مقاومت شیمیایی پلیمرهای بکار رفته در ژئونت و همچنین پوشش های ژئوتکستایلی یا ژئوممبرینی.

مسئله سوم، رشد بیولوژیکی در داخل ژئونت یا ژئوتکستایل های پوشش می باشد. این موضوع در بیشتر سیستم های مرتبط با حمل و نقل نظیر جاده ها و دیوارها چندان جدی نیست، ولی در سیستم های مرتبط با پساب باید به این موضوع اشاره شود. در حال حاضر، اطلاعات چندانی در مورد انسداد ژئونت توسط میکروارگانیسم وجود ندارد.

مورد چهارم، مقاومت ژئونت در برابر نور و آب و هوا است، که بنظر می رسد نگرانی های جدی در مورد اکثر موقعیت ها وجود ندارد. چرا که پلی اتیلن مقاومت خوبی در برابر تخریب آب و هوایی داشته و در تمام محصولات شناخته شده نیز دوده وجود دارد. با این وجود، باید ژئونت ها را بمحض جاگذاری، پوشاند [۱۴].

نتیجه گیری

شبکه‌های ژئونت بر خلاف سایر ژئوسینتتیک‌ها که دارای چندین نوع کاربرد مختلف می‌باشند تک‌منظوره بوده و عمدتاً بمنظور زهکشی و هدایت آب در پروژه‌های عمرانی مورد استفاده قرار می‌گیرند. شبکه‌های ژئونت معمولاً همراه با سایر ژئوسنتتیک‌ها مانند ژئوتکستایل، ژئوگرید، هسته پلیمری و... بکار می‌روند. استفاده از ژئوتکستایل‌ها در بالا و پایین شبکه‌های ژئونت مانع از ورود ذرات و دانه‌های خاک بداخل روزنه‌های ژئونت شده و عملکرد آن را در مقابل مسدود شدن منافذ تضمین می‌کند. برخی از کاربردهای مهم ژئونت‌ها عبارتند از: زهکشی آب در پشت دیوارهای حائل و سایر ابنیه فنی در راهها، فرودگاهها و خطوط راه آهن، زهکشی آب در شیروانی‌ها، زهکشی آب در زیرشالوده‌های ساختمان‌ها، زهکشی آب در خاک‌هایی که پتانسیل انجماد دارند، زهکشی آب در لایه‌های مختلف خاکریزهای راهها، فرودگاهها و خطوط راه آهن، زهکشی آب در زیر میادین و زمین‌های ورزشی، زهکشی مواد نشتی شیروانی‌های طرفین محل دفن مواد زائد، زهکشی مواد نشتی پوشش‌های بالای محل دفن مواد زائد، زهکشی مواد نشتی بین دو پوشش لندفیل (ردیاب نشتی)، زهکشی آب‌های سطحی داخل سرپوش محل‌های دفن مواد زائد و نهایتاً، بعنوان پوشش زهکش در زیر یک لایه خاکریزی. ضخامت ژئونت‌ها بین ۵ تا ۷ میلی‌متر است. بدیهی است هرچقدر ضخامت ژئونت بیشتر باشد، ظرفیت زهکشی و هدایت آب در صفحه داخلی بیشتر خواهد بود. با افزودن مقداری مواد مضاف اسفنج ساز در فرآیند تولید ژئونت می‌توان ضخامت آنرا تا ۱۳ میلی‌متر افزایش داد. شایان ذکر است که برای زهکشی حجم بالای سیالات (پساب، تراوش‌ها و...) می‌توان از ژئوکامپوزیت‌های ژئوتکستایل-هسته پلیمری کمک گرفت که قابلیت گذردهی بالایی داشته و بعنوان زهکش‌های جانبی در بزرگراه‌ها کاربرد گسترده‌ای پیدا کرده است.

مراجع

- [۱] شفابخش، غ، حداد، ع، "تسلیح خاکریز و بستر راهها با استفاده از ژئوگرید"، معاونت تحقیقات و فناوری وزارت راه و ترابری، تابستان ۱۳۸۴.
- [۲] محمودی، م، "بررسی نقش مواد مضاف و ژئوسنتتیکها در بهسازی راهها"، پروژه کارشناسی ارشد، دانشگاه علم و صنعت.
- [۳] ایزدی، م، پروازی، م، "پیش بارگذاری همراه با نصب زهکشهای فنری در صنایع پتروشیمی بندر امام"، نخستین کنفرانس بهسازی زمین، دانشگاه امیرکبیر، اسفند ۱۳۸۰.
- [۴] حسنی، "ارائه روش بهینه تثبیت خاکهای باتلاقی منطقه پارس جنوبی"، پروژه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس، ۱۳۸۱.
- [5] Jaisi, D.P., Glawe, U., Bergado, D.T., "Hydraulic behaviour of geosynthetic and granular landfill drainage materials in the SaKaeo landfill, Thailand", *Geotextiles and Geomembranes* 23, pp. 185–204, 2005.
- [۶] فخاریان، ک، مجتهدی، م، "ژئوسنتتیکها، معرفی، کاربرد و وضعیت آنها در جهان و ایران"، مجموعه مقالات نخستین کنفرانس بهسازی زمین، دانشگاه امیرکبیر، اسفند ۱۳۸۰.
- [7] Koerner, R.M., "Designing with Geosynthetics", 4th Ed., Prentice-Hall Inc., New Jersey, p. 63, 1998.
- [8] Richardson, G.N., Giroud, J.P., Zhao, A., "Design of lateral drainage systems for landfills", <http://www.tenaxus.com/landfills/designinformation/designinfo/technicalpapers/designman.pdf>, 2000.
- [۹] شفابخش، غ، حداد، ع، "راهنمای طراحی و محاسبه دیوار خاک‌مسلح با ژئوسنتتیک"، پژوهشکده حمل و نقل، ۱۳۸۶.
- [10] Giroud, J.P., Zhao, A., Richardson, G.N., "Effect of thickness reduction on geosynthetic transmissivity", *Geosynthetics International* 7 (4–6), 433–452, 2000b.
- [11] Xiao, M., Reddi, L.N., "Comparison of fine particle clogging in soil and geotextile filters", *Proceedings of Geo-Denver 2000*, pp. 176–185, 2000.
- [12] Kolbasuk, G.M., Lydick, L.D., and Reed, L.S., "Effects of Test Procedures on Geonet Transmissivity Results", *J. Geotextiles and Geomembranes*, Vol. 11, No. 4-6, 1992, pp. 153-166.
- [13] Vansantvoort, G. P.T.M., "Geotextiles and Geomembranes in Civil Engineering", A.A. Balkema, Rotterdam, 1994.
- [14] Theisen, M.S., "The Role of Geosynthetics in Erosion and Sediment Control: An Overview", *Geotextiles and Geomembrane* Vol. 11, Nos. 4-6, 1992, pp. 199-214.