کاربرد پلاستیکها در زمین

Plastics in the Ground
By:Nigel Wrigley
Chemistry and Industry ,4 July 1988

ترجمه:حسن دبیری اصفهانی ، آذر محمدلوی عباسی
دانشگاه صنعت نفت

واژه‌های کلیدی:
بافت زمینی ،شبکه زمینی ،جهت یابی ،درگیر ،ژئوتکنیک

چکیده
استفاده از مواد پلیمری در ترکیب با مواد توده‌ای در مهندسی عمران برای استحکام خاک رو به رشد فزاینده است.این مواد برای استحکام خاکریزیها ، جاده‌ها ،توقفگاههای هواپیما و روکش مخازن و همچنین کنترل ترک در آسفالت وبتون مورد استفاده قرار می‌گیرند.از مزایای کاربرد مواد پلیمری می‌توان کاهش هزینه ،اشغال فضای کمتر برای خاکریزیهای وسیع ،سرعت ساخت ،افزایش عمر سازه و سازگاری با محیط را نام برد.از آنجا که علم استفاده از مواد پلیمری برای استحکام بخشیدن به خاک نوین است کنترل مداوم کیفیت از اهمیت خاصی برخوردار است.

در این مقاله نقطه نظرهای عمده عملکرد مواد پلیمری بحث و بررسی می‌شود.سازگاری بین خاک و ماده پرکننده طی آزمایشهای مختلف بررسی می‌گردد و استحکام کششی ،مقاومت در برابر آسیب محلی و مقاومت شیمیایی و زیست شناختی از سایر مواردی است که مورد بحث قرار می‌گیرد.

مقدمه

مواد پلیمری که به طور گسترده در ترکیب با مواد توده‌ای در مهندسی عمران مورد استفاده قرار می‌گیرند در اصل کاربردهای ژئوتکنیکی دارند.این مواد به طور کلی از انواع کارآمد یک یا چند پلیمر توده‌ای مهندسی ساخته می‌شوند:

پلی پروپیلن (PP)،
پلی اتیلن (PE)،
پلی استر (PET).

از این مواد به شکلهای گوناگون استفاده می‌شود:

پارچه‌ها:انواع بافته یا نبافته ،و دومی ممکن است گرما پیوندی یا سوراخ سوزنی باشد.

شبکه‌ها:ساختارهای باز با اتصالات بسیار محکم که استحکامی در یک جهت (تک محوری) یا در دو جهت عمود برهم (دو محوری) دارند.

توریها /الکها:عموماً اکسترود شده با ساختارهای سه بعدی.

غشاها:ورقه‌های پیوسته عموماً با ضخامت ۲mm - ۰/۲.

ترکیبی:دو یا چند نوع پیش گفته که در کارخانه به یکدیگر جفت شده‌اند.

انواع یاد شده همراه با مواد زیر به کار می‌روند:

خاکها:این مواد از خاک رس نرم تا سنگ شکسته تغییر می‌کند و محصولات جانبی صنعتی مانند خاکستر سوخت گرد شده (PFA) و ضایعات سنگ معدن را در بر می‌گیرد.

آسفالت:در جاده‌ها ،توقفگاههای هواپیما با سطوح سخت و پوشش کف میدان فرودگاه.

بتون:در صفحات‌بتونی،آستر دیوار و واحدهای پیش ریخته.

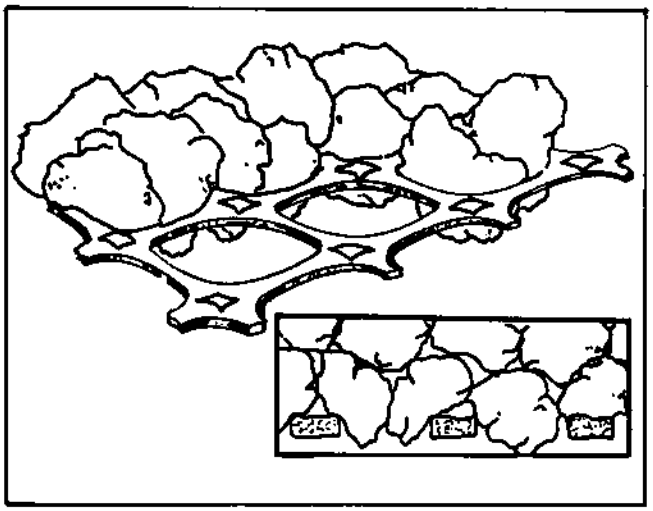
بازار این مواد طی دهه ۱۹۶۰ و اوایل دهه ۱۹۷۰ به کندی توسعه یافت ،و از آن پس شتاب یافت و از مرز ۳۰۰m m^2/a در ۱۹۸۴ گذشت (بیش از ۱۰۰،۰۰۰t/a) [1].رشد سریع این بازار همچنان ادامه دارد و علت آن امتیازاتی است که برای مهندسان عمران در طرحهای ویژه دارد.این مزایا عبارت‌اند از:کاهش هزینه ساختمان ، زمین کمتر برای عملیات خاکی وسیع ،استفاده از زمین و مواد پر کننده اندک ،سرعت ساخت ،دوام بیشتر ،نگهداری و تعمیر کمتر ،و ساختارهایی که با محیط سازگاری دارند.

ساختارهایی که با استفاده از مواد پلیمری ساخته شده‌اند ،عمر طراحی شده دارند که از عمر موقت (یک تا پنج سال) تا دایمی (۱۲۰ سال و بیشتر) تغییر می‌یابد.زمینه‌های کاربرد ،این موارد را شامل می‌شود: تقویت کنندگی و جداسازی در خاکریزیها ،دیوارهای عمودی ،جاده‌ها و توقفگاههای هواپیما با سطوح سخت ،زهکشها و روکشها در مخازن و حفره‌های جمع آوری فاضلاب ،کنترل ترک در آسفالت وبتون و کنترل ساییدگی.

در این گستره کاربرد ،لازم است مهندس طراح برخی جنبه‌های کارکردی مواد پلیمری را در نظر بگیرد ،از جمله:سازگاری و برهم کنش با ماده پرکننده ،استحکام کششی زیر بارهای مداوم یا پویا ،مقاومت در برابر آسیب محلی ،انتقال پذیری (transmissivity) در صفحه یا برصفحه ،استحکام فشاری ،مقاومت شیمیایی و زیست شناختی ،مقاومت در برابر نور ماورای بنفش و آثار پیری.

Key Words:
geotextile ,geogrid ,orientation ,interlock , geotechnic

ضخامت بتونی و آستر دیوار بتونی سود می‌جویند.



شکل ۲ - مکانیسم درگیری درونی.

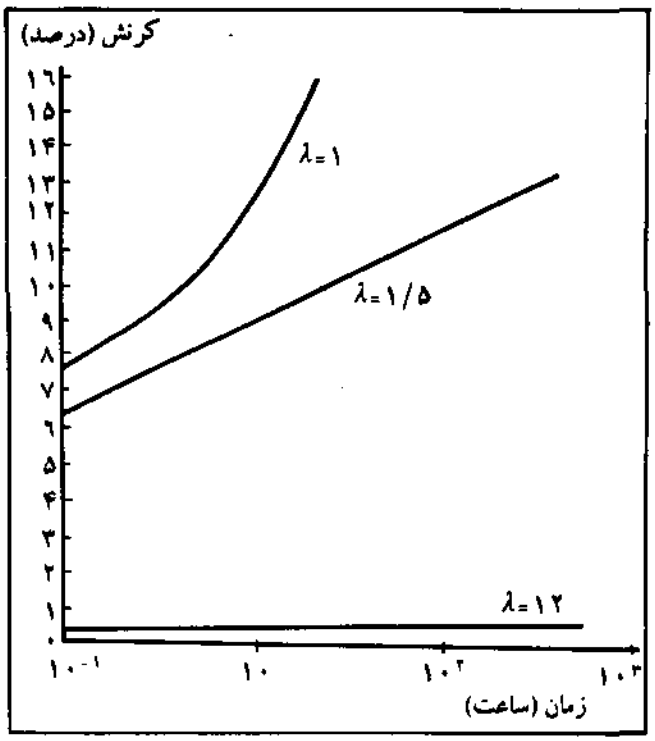
خواص کششی

بحث کلی

تمام مواد پلیمری که برای تقویت در مهندسی ژئوتکنیک به کار می‌روند ،از فرایند یا جهت یابی سود می‌جویند ،یعنی در حین فراورش ، پلیمر در دمایی پایینتر از نقطه ذوب کشیده می‌شود.این عمل مولکولهای بلند زنجیر ماده را به سویی که کشیده می‌شوند جهت می‌دهد و خواص فیزیکی را در آن سو بسیار تشدید می‌کند.اثر افزایش جهت یابی بر خواص فیزیکی پلی اتیلن با چگالی زیاد (HDPE) که برای تولید شبکه‌های زمینی تک محوری تنسار (Tensar) SRA۱۰ مصرف می‌شود در شکل ۳ نشان داده شده است.نتایج رسم شده از آزمایشهای بار ثابت (خزش) روی نمونه‌های (الف) بدون جهت یابی ($\lambda=1$) ،(ب) با جهت یابی کم ($\lambda=1/5$) ،(ج) با جهت یابی زیاد ($\lambda=12$) به دست آمده است. هر سه نمونه در تنش مشترک ۱۲/۹MPa بارگذاری شدند و کرنش در برابر (لگاریتم) زمان رسم شد.می‌توان مشاهده کرد که پلیمر با جهت یابی کم بهبود قابل توجهی نسبت به پلیمر جهت یابی نشده نشان می‌دهد. جهت یابی زیاد درجه بزرگی را بهبود می‌دهد.از این رو ، استحکام محصول جهت یابی شده از ورقهای سوراخدار بیشتر است ،با اینکه وزن آن کمتر از یک چهارم وزن بر متر مربع می‌باشد.

یک نکته مورد توجه عمومی دیگر این است که خواص کششی همه مواد پلیمری به دما و زمان بستگی دارد.اثر زمان در شکل ۴ نشان داده شده است ،که در آن منحنیهای مختلف بار - کرنش برای ناحیه ۱۰ - ۰ درصد کرنش شبکه زمینی تک محوری تنسار SRA۱۰ رسم شده است.خطوط الف ،ب و ج از آزمایشهای کششی با شدت ثابت گرفته شده است و خطوط د ،ه ، و مربوط به گستره‌ای از آزمایشهای بار ثابت (خزش) است که تا 10^4 ساعت ادامه یافته و نتایج تا 10^6 ساعت برون یابی شده است.

از وابستگی به شدت که نشان داده شد در برخی شرایط طراحی می‌توان سود جست ،مثلاً خاکریزیهایی که برای تحمل بارگذاریهای مداوم و زلزله طراحی شده‌اند.یک تجزیه نشان داده است که مقدار تقویت کننده لازم برای بارهای مداوم می‌تواند برای تحمل بارهای سنگینتر ولی گذرایی کافی باشد که توسط شرایط زلزله اعمال می‌شود [5].

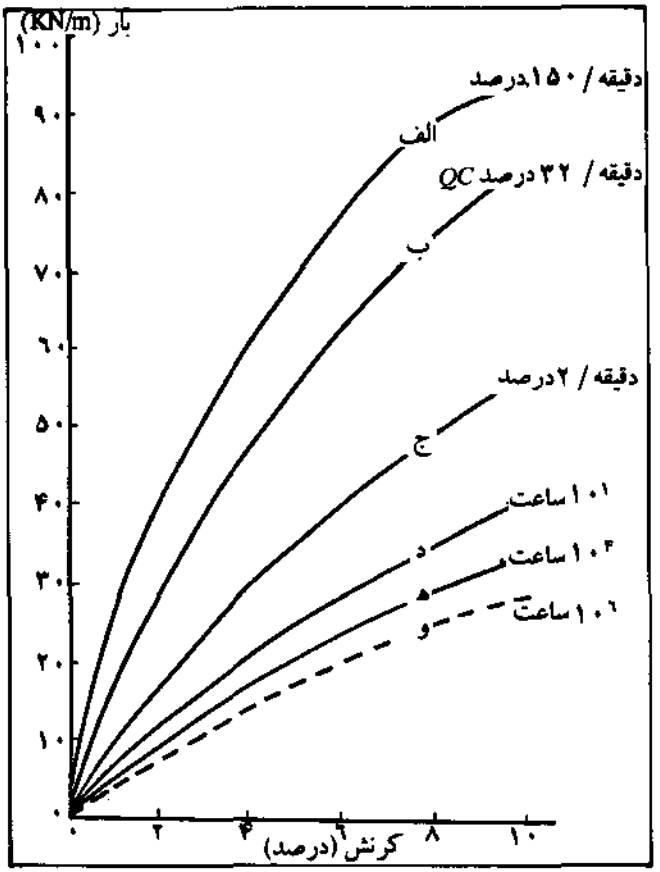


شکل ۳ - کارکرد خزش در ۲۰°C و تنش ۱۲/۹MPa برای کوپلیمر HDPE در نسبتهای جهت یابی مختلف.

روشهای آزمون

استحکام کوتاه مدت /ازدیاد طول:این خواص در دستگاه آزمون کششی متداول اندازه‌گیری می‌شود که فکهای آن برای پذیرش پارچه‌ها یا شبکه‌ها بدون صدمه زدن به آنها اصلاح شده‌اند.برای اطمینان از یکنواختی نتایج ،کمیته فنی استانداردهای انگلستان ،TCM۳۵ ،به تازگی BS۶۹۰۶ را منتشر کرده که مستلزم آزمایش در ۱۰ درصد±۳ در هر دقیقه در ۲°C±۲۰ است [6].

خواص خستگی:این خواص با یک دستگاه آزمایش کششی اصلاح شده برای اعمال بار یا کرنشی که در حدود یک میانگین نوسان می‌کند ، اندازه‌گیری می‌شود.این شرایط کرنش نوسان کننده برای تقویت جاده‌ها و شن ریزی راه‌آهن مورد توجه ویژه است.بنابراین ،آن را در دانشگاه ناتینگهام در حین کار روی شبکه زمینی پلی پروپیلن دو محوری ،که در حال حاضر به SS۳ معروف است ،آزمایش کردند [7].نتایج حاصل از



شکل ۴ - نمونه رابطه‌های کرنش - بار تنسار SR۸۰ در ۲۰°C±۱°C.

این آزمایش در شکل ۵ نشان داده شده است.شرایط به کار رفته طوری انتخاب شده‌اند که در ساختمان جاده دایمی قابل استفاده باشد.آزمایش به مدت یک ساعت بعد از ۵۰۰،۰۰۰ سیکل با برداشتن بار روی نمونه متوقف شد و سپس ادامه یافت.نتایج بدین قرارند:

خواص کشسانی ماده (حد بین حداکثر و حداقل بار) در تمام مدت آزمایش در اصل بدون تغییر ماند.

پس از توقف برای تنها یک ساعت ماده در اصل به حالت اولیه خود بازگشت.

آزمایش ادامه یافت و قبل از آنکه ماده دوباره به شرایط ثبت شده قبل از توقف برسد، ۵۰۰۰۰۰ سیکل دیگر اعمال شد.

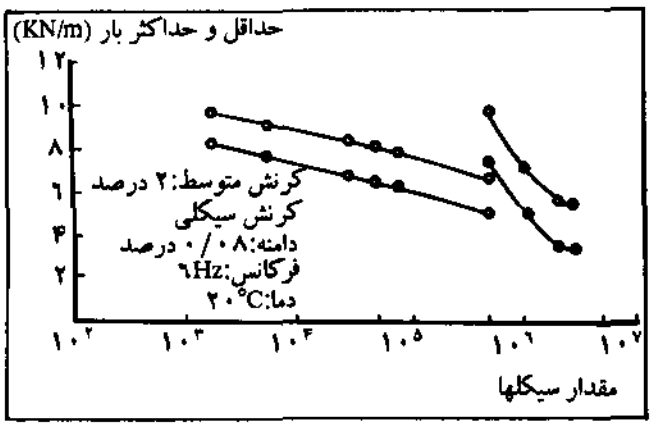
بین ۲/۲۵ و ۳ میلیون تناوب در کارکرد تغییر مهمی وجود نداشت.

استحکام دراز مدت و ازدیاد طول:قبل از مصرف پلیمرهای جهت پایی شده در مهندسی ژئوتکنیک، توجه کمی به کارکرد این مواد زیر بارهای ثابت برای دوره‌های طولانی می‌شد.بنابراین، اطلاعات مفید اندکی در دسترس مهندس طراح بود.در نتیجه، لازم بود روشهای آزمایش مناسبی را بنیاد نهد.در انگلستان، استاد مک گاون از دانشگاه استراث کلاید [8] در این کار پیش قدم شد و هم اکنون اساس یک روش آزمایش به وسیله آزمایشگاه پژوهشی جاده و حمل و نقل به تصویب رسیده است [9].

برای به دست آوردن اطلاعات کافی جهت کاربردهای طراحی تعدادی نمونه زیر بارهای ثابت متفاوتی قرار می‌گیرند که به سرعت اعمال می‌شود و در صورت امکان در دماهای مختلف.این کار مستلزم تجهیزات بسیار زیادی است، مثلا در مؤسسه نتلون هم اکنون ۱۰۰ ایستگاه آزمایش وجود دارد که در ۵ آزمایشگاه با کنترل دمایی جداگانه نصب شده است.

انجام این گونه آزمایشها طی دوره‌هایی بیش از ۱۰،۰۰۰ ساعت مشکل است و در نتیجه برای عمرهای طراحی از مرتبه یک میلیون ساعت (۱۱۴ سال) برون یابی تا دو دهه لازم است.این کار را با اطمینان به وسیله فنهای مختلف انطباق منحنی می‌توان در صورتی انجام داد که:

پلیمر مصرفی از نظر خواص دراز مدت کاملاً شناخته شده است، مثلاً کوپلیمر HDPE که در تولید شبکه‌های زمینی تنسار SR۸۰ به کار می‌رود به مواد مصرفی برای تولید لوله‌های گاز شبیه است که برون یابی تا ۱/۶۴ لگاریتم در مبنای ده به خوبی انجام شده است [10].



شکل ۵ - آزمایش خستگی تنسار SS۳ [7].

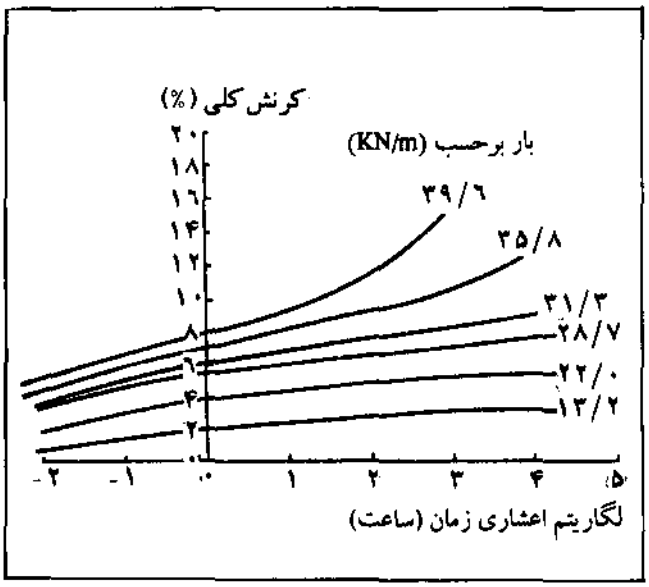
کارآیی لازم این است که حد کرنش کاملاً پایینتر از کرنش گسیختگی ماده باشد.

آزمایشهای شتابدار با افزایش اندک دما (۳۰°C - ۱۰) برای تأیید نتایج به کار می‌رود.

نتایج نمونه برای یک رشته از این قبیل آزمایشها در شکل ۶ نشان داده شده که کرنش کلی در برابر (لگاریتم) زمان برای نمونه‌های تنسار SR۸۰ دربارهای مختلف رسم شده است.اطلاعات برای مقاصد طراحی از داده‌ها با رسم دوباره نقاط، که منحنیهای یک زمان بار - کرنش را می‌دهد، می‌تواند گرفته شود که در شکل ۴ نشان داده شده یا از یک منحنی سفتی یک زمان که در شکل ۷ نشان داده شده است.در نوع دوم داده‌ها برای ۱۰°C و ۲۰°C هر دو نشان داده شده که محور زمان ۲۰°C انتقال یافته است تا بهترین حالت از نظر قرار گرفتن همه

نقاط در یک منحنی واحد را بدهد.مشاهده می‌شود که آزمایش این محصول در ۲۰°C معادل با آزمایش شتابدار ۱۰°C در ۱/۲ لگاریتم در مبنای ده است.از این رو سفتی برون یابی شده کرنش ۳۲۴KN/m که برای ۱۰°C نشان داده شده است ،(انگلستان در دمای طراحی درون خاک) می‌تواند با درجه اطمینان خیلی بالایی مورد استفاده قرار گیرد.

به طور کلی ،می‌توان اصل انطباق زمان - دما را برای مواد پلیمری به کار برد.ولی ،به دلیل دامنه وسیع پلیمرها ،نسبتهای جهت یابی و شکلهای فیزیکی مواد مصرفی برای تقویت خاک ضرایب انتقال زمان - دما برای هر محصولی باید به طور تجربی تعیین گردد.



شکل ۶ - منحنیهای کرنش - زمان برای تنسار SR۸۰ و ۲۰°C±1°C.

مقاومت در برابر آسیب محلی

درضمن فرایند ساختن ،همه محصولات تقویت کننده خاک بین لایه‌هایی از انواع مختلف خاک دارای ذرات سنگ با اندازه‌ها و شکلهای مختلف فشرده می‌شوند.بنابراین ،چه ماده مصرفی پلیمری یا حتی فولاد روبینه کاری شده باشد ،آسیبهایی وارد خواهد شد.نکته مهم این است که مهندس طراح حد احتمالی این آسیب را بداند تا بتواند مقدار مجاز را در محاسبات طراحی منظور کند.این گونه اطلاعات را فقط می‌توان از آزمایشهای با مقیاس کامل گرفت.یک روش آزمایش برای این کار بین شرکت نتلون با مسئولیت محدود و بخش حمل و نقل [11] مورد توافق قرار گرفته است و اطلاعات برای مهندس طراح که با استفاده از این روش آزمایش روی شبکه‌های زمینی تنسار SR۵۵ ، SR۸۰ و SR۱۱۰ به دست آمده در جدول ۲ نشان داده شده است.مجدداً این گونه اطلاعات ویژه محصول است و اگر محصولات سایر تولیدکنندگان قرار است که برای تقویت کنندگی خاک بررسی شود ،نیاز به انجام این گونه آزمایشها خواهند داشت.

جدول ۲ - ضریبهای جزئی ایمنی پیشنهاد شده.

خاک اصلی نوع	پرکننده با درجه بندی خوب با حداکثر اندازه ذره (mm)	ضریبهای جزئی ایمنی γ_m پیشنهادی برای SR۵۵	SR۸۰	SR۱۱۰
قلوه سنگ صاف	۱۲۵ تا ۶۰	۱/۷۰	۱/۴۰	۱/۴۰
زبر		۱/۴۵	۱/۳۰	۱/۲۰
۲۰				
شن متوسط		۱/۲۵	۱/۲۰	۱/۱۰
۶				
نرم				
۲				
ماسه خاک رس پودر شده خاکستر سوخت		۱/۱۵	۱/۱۰	۱/۰۵

انتقال پذیری

تراوایی از میان صفحه

تقویت کننده‌ها/جداکننده‌های ساختاری:در مواردی که ورقهای مواد پلیمری به عنوان تقویت کننده‌های افقی یا لایه‌های جداکننده در سازه‌های خاکی به کار می‌روند ،اینکه آبهای زیر زمینی بتوانند آزادانه از میان لایه‌ها عبور کنند اهمیت پیدا می‌کند.نکته مهم دیگر این است که ذرات خاک نتوانند روی سطح تقویت کننده تجمع یابند.چنین تجمعی می‌تواند مانع زهکشی شود و همچنین صفحه لغزش روانی را درون ساختار ایجاد کند.تنها شبکه‌ها یا محصولاتی با بافت باز چنین ایمنی دراز مدتی را تأمین می‌کنند.

زهکشی ساختاری و جمع آوری فاضلاب:تقریباً همه بازار لایه‌های جدا کننده/صاف کننده بین فاضلاب پر یا سر خالی استاندارد و کانالهای زهکشی ،در حال حاضر با بافتهای زمینی بافته نشده پوشیده شده است. برای بهینه سازی تأسیسات گسترده وسیعی از محصولات در دسترس مهندس طراح است.ملاحظات مهم در طراحی عبارت‌اند از:

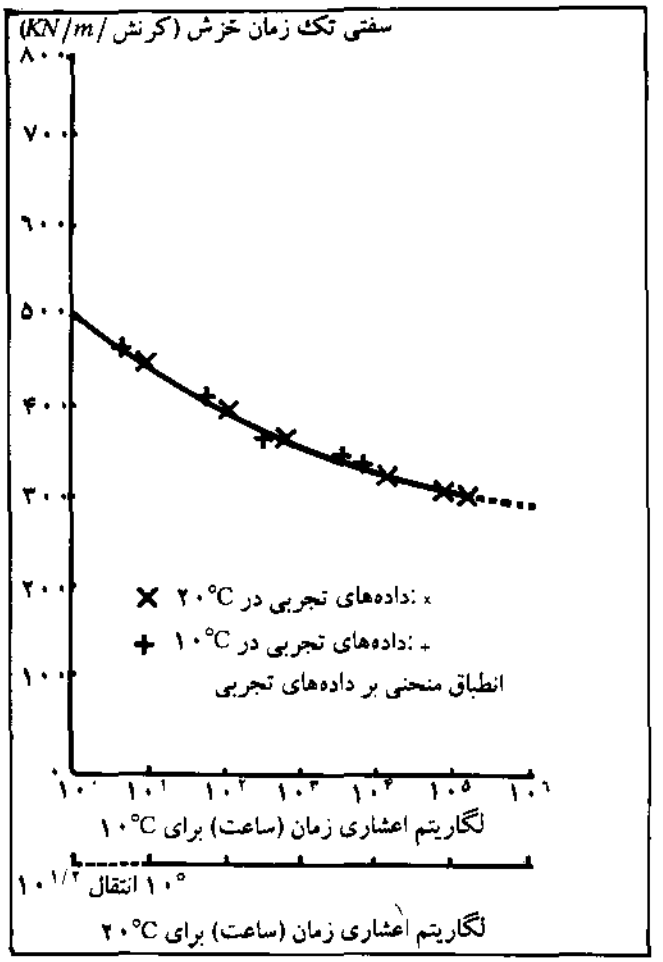
حداکثر اندازه حفره مناسب برای جلوگیری از عبور جامداتی که محیط زهکشی را مسدود می‌کند ،

مقاومت شیمیایی ،

استحکام دراز مدت کافی تا حفره‌ها را در محیط زهکشی بسط دهد.

کنترل فرسایشی:بازار رو به رشدی برای بافتهای زمینی بافته نشده و اختصاصی وجود دارد که لایه جداکننده‌ای بین سنگ یا روکشهای سنگ‌بتونی‌و خاک زیرین آن ایجاد می‌کند.این گونه مواد باید در برابر آسیبهای محلی به شدت مقاوم باشند و حداکثر خواص جریان در صفحه و از میان صفحه‌ای ممکن را داشته باشند که با ممانعت از فرسایش خاک

سازگار باشد تا اطمینان حاصل شود که فشار هیدرولیک پشت روکش افزایش نمی‌یابد.

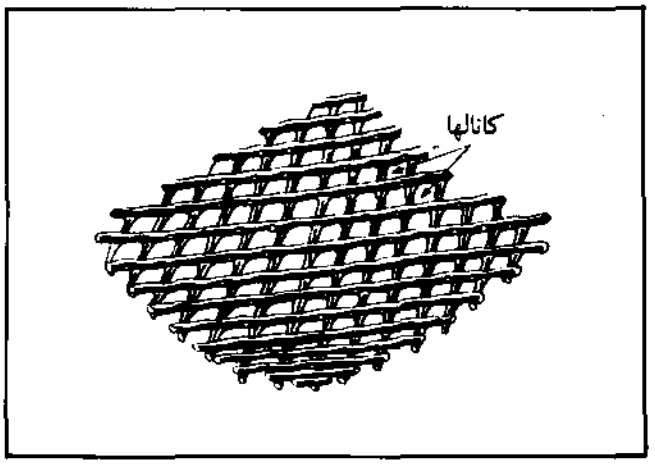


شکل ۷- منحنی سفتی تک زمان در ۱۰ درصد کرنش برای تنسار SR۸۰.

انتقال پذیری در صفحه

در بعضی ساختارها ،به طور نمونه در خاکریزیها ،شاید لازم باشد که مسیرهای زهکشی افقی با انتقال پذیری کم را برای بهینه سازی زهکشی و انباشتن خاکریز تأمین کرد.این کار با استفاده از بافتهای زمینی بافته نشده سوراخ سوزنی ضخیم (۶mm - ۴) PP به ارزانترین قیمت تمام می‌شود.

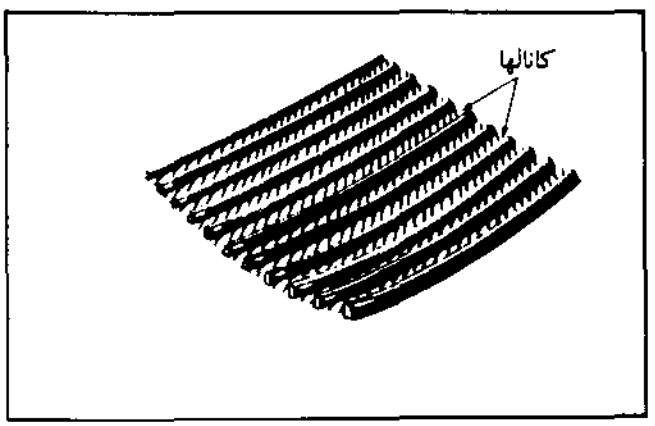
در زهکشی ساختاری و جمع آوری فاضلاب یک لایه زهکشی با ظرفیت بالای جریان در صفحه لازم است تا اثر افزایش فشار هیدرولیک را در برابر سطح ساختار یا غشای نفوذ ناپذیر به حداقل برساند.هم اکنون کاربرد مرسوم لایه‌های شن یا ماسه با ضخامت ۳۰۰mm برای ایفای این نقش تا حد زیادی به نفع توریهای اکسترود شده سه بعدی با خواص جریان چند جهته ،که در شکل ۸ نشان داده شده ،کنار گذاشته شده است.ولی چون مسیرهای جریان در این توریها پیچاپیچ است ،برای ظرفیت جریانی که اقتصادی باشد ،محدودیت وجود دارد.از این رو ،به تازگی گستره جدیدی از توریهای با ظرفیت بالای جریان تک جهته توسعه یافته و اختراع آن به ثبت رسیده ،که در شکل ۹ نشان داده شده است.مقایسه‌ای از ظرفیت جریان بین دو طرح توری که m^2/وزن مساوی دارند در شکل ۱۰ نشان داده شده است.



شکل ۸- توری زهکشی مرسوم.

مواد کامپوزیتی

برای سهولت نصب در زهکشی ساختاری مواد کامپوزیتی مختلفی در دسترس می‌باشند [13].این گونه مواد شامل یک توری زهکشی چدنی با یک بافت زمینی بافته نشده است که به یک یا دو طرف اتصال دارد و می‌تواند دارای غشایی نفوذ ناپذیر متصل به یک طرف باشد.

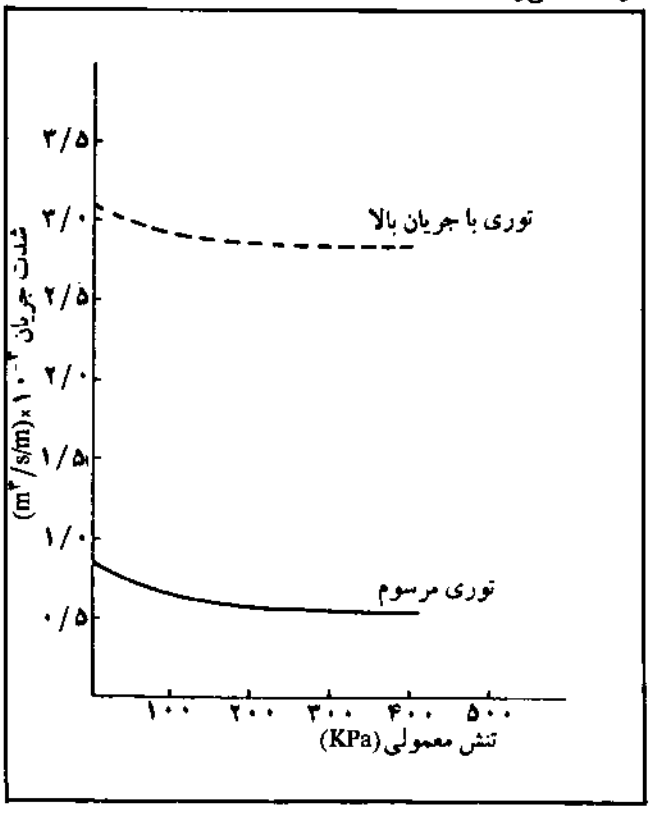


شکل ۹- توری زهکشی با جریان بالا.

استحکام تراکمی

این خاصیت تنها در کاربردهایی اهمیت قابل توجه دارد که انتقال پذیری در صفحه زیر فشار بسیار زیاد (به ویژه در جمع آوری فاضلاب) لازم است.وقتی یک توری زهکشی مرسوم (شکل ۸) در معرض فشار قرار می‌گیرد ،بار از میان توری تنها در نقاطی که رشته‌ها یکدیگر را قطع می‌کنند ،انتقال می‌یابد.به طور نمونه ،این گونه نقاط نماینده ۴ درصد

سطح صفحه توری می‌باشند.در نتیجه اگر فرض شود که استحکام تراکمی دراز مدت پلی اتیلن (PE) مصرفی مشابه AMPa استحکام کششی لوله گاز جهت یابی نشده باشد [10] و یک ضریب اطمینان دو به کار رود ،این ۴ درصد سطح صفحه ،عمقهای اعمال بار اضافی را که می‌تواند وارد شود تا حدود ۱۰m محدود می‌کند.ولی ،با توریهای جدید (شکل ۹) بار تراکمی به وسیله سطح کامل صفحه رشته‌های اصلی انتقال می‌یابد ،که به طور نمونه نماینده ۲۰ درصد کل مساحت سطح است.از این رو ،عمقهای اعمال بار اضافی که می‌تواند وارد شود به بیش از ۵۰m می‌رسد.



شکل ۱۰ - شدت جریان در صفحه برای دو توری زهکشی با وزن بر متر مربع یکسان.

مقاومت شیمیایی و زیست شناختی

PP و PE هر دو در دمای محیط اساساً بی اثرند و مطالعه ادبیات علمی درباره موضوع تأیید می‌کند که مکانیسم شناخته شده‌ای برای تخریب شیمیایی یا زیست شناختی که بر کارکرد آنها در مهندسی ژئوتکنیک اثر بگذارد ،وجود ندارد [14].پس از تجارتی شدن اولیه این محصولات در دهه ۱۹۵۰ ،از این مقاومت در برابر حمله در کاربردهای بحرانی روباز، مدفون و دریایی مانند لوله‌ها ،عایق کاری کابل ،انبار مواد خطرناک و ساخت واحدهای شیمیایی بهره‌مند شده‌اند.

طی استفاده اولیه از PE ،ترکهای تنش محیطی (ESC) در محلولهای مواد فعال در سطح در مورد مواد نادرست مشخصی تجربه شد.بنابراین ،مواد مقاوم ESC توسعه یافت.آزمایشها روی یک شبکه زمینی تنسار HDPE تأیید کرد که با یک رزین جهت یابی که به درستی انتخاب شده است ،ESC در این محصولات رخ نمی‌دهد [14].

همچنین PET در برابر بسیاری از مواد شیمیایی و آثار زیست شناختی مقاوم است ،ولی در محلولهای اسیدی و قلیایی کارکرد آن با زمان کاهش می‌یابد.اثر حمله اسید در محلولهایی که احتمالاً در خاک یافت می‌شوند ،منتشر شده است [15] ،ولی شواهد کافی هنوز در دسترس نیست تا مقدار مجاز لازم جهت استحکام طراحی را برای دوره‌های بیش از پنج سال تعیین کند.

در شرایط قلیایی ،شواهد ضد و نقیضی طی سالها ارائه شده است ،ولی وضعیت با انتشار اخیر اثر یونهای فلزی مختلف در محلول روشن شده است.معلوم شده است که حمله اولیه ضعیفی در محلولهای سدیم پایه رخ داد ،ولی آسیب جدی در محلولهای کلسیم پایه وارد شد.برای مشخص کردن این آثار باید کار زیادی انجام گیرد.ولی آنچه بیش از همه انتظار می‌رود این است که استفاده از پلی استر در شرایط قلیایی مکان ویژه باشد.تنها پس از بررسی پرکننده طرح ویژه و شرایط آبهای زیر زمینی مهندس طراح با اطمینان قادر به مشخص کردن PET خواهد بود.

مقاومت در برابر نور ماورای بنفش

مقاومت PP و PE و PET طبیعی در برابر اثر نور ماورای بنفش تفاوتهایی دارد.ولی ،با توجه به بهبودی که با استفاده از افزودنیها حاصل می‌شود ،این مسئله در درجه دوم اهمیت قرار می‌گیرد.متداولترین مواد مصرفی عبارت‌اند از:دوده نرم (CB) ،و پایدار کننده‌های آمینی ممانعت شده (HALS).درجه بهبود مقاومت PP را که می‌توان با استفاده از CB و HALS به تنهایی یا در ترکیب به آن رسید و از آزمایش شتابدار به دست آمده در جدول ۳ نشان داده شده است [17].

طی استفاده اولیه از بافتهای زمینی ،همیشه آنها را به صورت دفن شده نصب می‌کردند و از طرف مصرف کنندگان یا تولید کنندگان توجه کمی به مقاومت آنها در برابر UV می‌شد.خلاصه نتایج یک رشته آزمایشهای پرتو دهی نمونه‌هایی از این گونه بافتها گزارش شده است [18].نشان داده شد که دو نمونه از مواد مورد آزمایش حتی طی دوره کوتاهی از انبار شدن در معرض نور در محل ،قبل از نصب ،می‌توانند به شدت آسیب جدی ببینند ،و حتی به بهترین نمونه‌ها طی ۳۶ هفته آسیب قابل ملاحظه‌ای وارد شد.

با ابداع شبکه‌های یکپارچه که در آن نشو و نمای گیاهان سریع است ،به سرعت استفاده از این گونه مواد برای حفظ سطوح خاکریزیهای شیبدار جای خود را باز کرد.از این رو ،اکنون می‌توان شیبهای سبزیکاری شده سازگار با محیط را به جای سطوح‌بتونی‌سخت سابق ،طراحی کرد.همچنین امروزه از این شبکه‌ها برای گابیونها

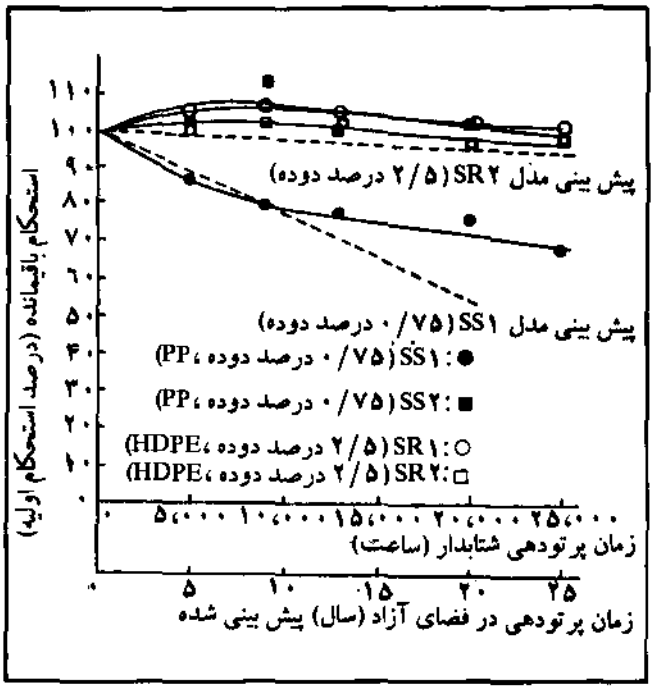
(سبدهای پرشده از سنگ) به جای توریهای فولادی روبینه کاری شده استفاده می‌شود.

جدول ۳ - مدت زمانی (ساعت) که تا ۵۰ درصد استحکام نوارهای پلی پروپیلن ۵۰μ در آزمایش شتابدار حفظ می‌شود [17].

مقدار HALS	طبیعی	مقدار دوده ۰/۱۲۵ درصد	۰/۶۲۵ درصد	۲/۵ درصد
بدون افزودنی	۵۰۰	۷۵۰	۱۵۰۰	۸۵۰۰
۰/۱٪ تینووین (Tinuvin 770)	۴۵۰۰	-	۵۵۰۰	>۱۴،۰۰۰
۰/۳٪ تینووین (Tinuvin 770)	۱۳،۰۰۰	۹۵۰۰	۸۰۰۰	>۱۴،۰۰۰
۰/۳٪ تینووین (Tinuvin 622)	۳۵۰۰	۶۰۰۰	۱۰،۰۰۰	>۱۴،۰۰۰
۰/۳٪ کیماذرب ۹۴۴ (Chimassorb)	۴۷۵۰	۵۷۵۰	۶۰۰۰	>۱۴،۰۰۰

در این کاربردها مقاومت در برابر اثر نور ماورای بنفش در درجه اول اهمیت قرار دارد ،در نتیجه یک رشته آزمایشهای پرتودهی ماورای بنفش شتابدار بر روی شبکه‌های زمینی تنسار دارای دوده نرم CB در آزمایشگاههای صنایع پتروشیمیایی میتسویی در سال ۱۹۸۴ آغاز گردید.این آزمایشها در دستگاهی انجام شد که از پیش در برابر پرتوگیری بیرونی نمونه‌های PE و PP درجه بندی شده بود و نتایج اولیه سال گذشته گزارش شد [14] ،در پی آن پیشنهاد گردید که نتایج خوب به دست آمده را می‌توان با درنظر گرفتن اینکه حفاظت ایجاد شده توسط CB در اساس یک اثر فیزیکی است توضیح داد ،یعنی کمرنگ شدن که طی آن آسیب دیدگی با سرعتی روی می‌دهد که تنها لایه سطحی نازک پرتوگرفته کاملاً تخریب و شسته می‌شود.این شدت برای محصولی که دارای ۲/۵ درصد CB است برابر ۲/۵μ/a در آب و هوای معتدل و برای محصولی که دارای ۰/۷۵ درصد CB است ۱۱/۲۵μ/a محاسبه شده است.

هم اکنون این آزمایشها کامل شده ونتایج به دست آمده طی بیش از ۲۵،۰۰۰ ساعت (معادل با ۲۵ سال در فضای بیرون) در شکل ۱۱ نشان داده شده است.از شکل پیداست که بعد از این مدت هر دو محصول ۲/۵ درصد و ۰/۷۵ درصد CB آسیب کمتری از آنچه که مدل بالا پیش بینی می‌کند ،دیده‌اند.این کار به قدری مثبت بود که هم اکنون تمام شبکه‌های زمینی تنسار با ۲/۵ درصد CB تولید می‌شوند ،به طوری که برای یک دوره ۲۵ تا بیش از ۵۰ سال در آب و هوای معتدل مصرف کنندگان می‌توانند انتظار محفوظ ماندن ۹۰ درصد مقاومت QC و حفظ خواص مفید برای دوره‌های بسیار طولانی‌تر را داشته باشند.



شکل ۱۱ - هوازدگی مواد شبکه زمینی.

پیری

در غیاب مواد شیمیایی مخرب و نور UV باز تغییراتی در مواد پلیمری ایجاد می‌شود که تغییرات فیزیکی ،اکسایش در برخی موارد ،تخریب هیدرولیکی می‌باشند.

تغییرات فیزیکی در درجه دوم اهمیت قرار دارند ولی قابل اندازه‌گیری است.افزایش درجه نظم مولکولی در فاز بی شکل ، افزایش اندک استحکام و مدول را سبب می‌شود [19] که می‌توان آن را در شکل ۱۱ مشاهده کرد.در این شکل افزایش استحکام طی ۵،۰۰۰ ساعت نخست در مورد سه نمونه از چهار محصول در آن ثبت شده است.

در تمام پلیمرهای مهندسی توده‌ای با استفاده از ضد اکسنده‌های معروف با اکسایش مقابله شده است ،و انتظار می‌رود که این مواد محافظت خوبی در همه شرایط آب و هوایی برای دوره‌های بیش از ۱۰۰ سال ایجاد کند.با وجود این ،در بسیاری از پارچه‌ها ،تارهای جداگانه ظریف‌اند (با ضخامت کمتر از ۸۰μ) و نسبت سطح به حجم برای ضد اکسنده‌های متداول آن قدر بالاست که طی سالها پرتوگیری در شرایط آب روان شسته می‌شوند ،نشان داده شده است که کاربرد ضد اکسنده‌هایی که کم شسته می‌شوند ،می‌تواند این مسئله را از بین ببرد [20].

تخریب هیدرولیتی یک فرایند خود کاتالیزوری است که در مورد PET در حضور آب اتفاق می‌افتد.شدت پیشرفت آن بستگی به مقدار اولیه گروههای کربوکسیل دارد [21].بنابر این ،آن را می‌توان با انتخاب رزین و کنترل شرایط فراورش به حداقل رساند واز داده‌های تولید کنندگان [15] برداشت می‌شود که بر استفاده کوتاه مدت (تا پنج سال) از PET در زمین اثر عمده‌ای نخواهد داشت.

تضمین کیفی

علم استفاده از مواد پلیمری برای تقویت خاک هنوز در اصطلاح مهندسی عمران ،جدید است.دو نسل کامل از مهندسان عمران مشغول کار وجود دارند که آموزش رسمی در مورد این موضوع نداشته‌اند. همچنین طراحی مهندسی عمران از نظر خواسته‌های عموم ،محافظه کارانه است.برای مثال ،از جاده‌ای که بیش از عمر طرح ریزی شده آن دوام آورد ،تمجیدی نمی‌شود ،ولی در پی علائم اولیه خطر ،به سرعت و شدت اعتراض می‌شود.در نتیجه ،نکته مهم این است که تولید کنندگان همه مراحل ممکن را طی کنند تا صنعت دوباره تضمین کند که محصول عرضه شده همواره از کیفیت صحیح برخوردار است.

سه سیستم تصویب رسمی موجود است که از اهمیت خاصی جهت عملیات در انگلستان و اروپا درکل برخوردار است:

تصویب تولید سیستمهای QC مطابق با BS۵۷۵۰ ،قسمت ۲ ، ۱۹۸۷ (ISO۹۰۰۲).

تصویب محصولات برای کاربردهای بحرانی توسط هیئت انگلیسی اگری منت (British Board of Agrément).

تصویب محصولات برای کاربردهای بحرانی توسط انجمن آلمان برای تکنیک ساختمان (German Institut für Bautechnick).

دستیابی به چنین تصویباتی ،به ویژه در دو مورد اخیر ،برای محصولات تازه و بدیع یک فرایند طولانی و مشکل است ،ولی آن را می‌توان انجام داد [22-24].بدین ترتیب ،با همه گیر شدن مصوبات اعتماد بیشتری جلب شده و کاربرد پلیمرها در زیرزمین افزایش می‌یابد.

REFERENCES

[1]Giroud ,J.P. ,"From Geotextiles to Geosynthetics:A Revolution in Geotechnical Engineering" ,Proceedings of the third International Conference on Geotextiles Vol.1 7-11 April 1986 ,1-18.

[2]Lambe ,T.W. ,& Whitman ,R.V. ,"Soil Mechanics" ,SI Version ,New York:John Wiley ,1979.

[3]Gilchrist ,A.J.T. ,& Brown ,S.F. ,"Polymer Grid Reinforced Asphalt to Limit Cracking and Rutting in Pavements' " Presented at the third IRF Middle East Regional Meeting , Saudia Arabia ,13-18 February 1988.

[4]Watson ,A.J. ,Hobbs ,B. ,& Oldroyd ,P.N. ,"The Behaviour of Tensar Reinforced Cement Composites Under Dynamic Loads' "in "Polymer Grid Reinforcement", Proceedings of a Conference Sponsored by the SERC and Netlon Ltd , London 22-23 March 1984.

[5]Bonaparte ,R. ,Schmertmann ,G.R. & Williams ,N. ,"Seismic Design of Slopes Reinforced with Geogrids and Geotextiles", in Proceedings of the third International Conference on Geotextiles ,Vol.1 7-11 April 1986 ,273-9.

[6]BS 6909:Part 1:1987 "British Standard Methods of Test for Geotextiles:Part 1 ,Determination of the Tensile Properties Using a Wide-Width Strip".

[7]Hughes ,D.A.B. ,"Polymer Grid Reinforcement of Asphalt Pavements" ,PhD Thesis Submitted to Nottingham University ,1986.

[8]McGown ,A. ,Andrawes ,K.Z. ,Yeo ,K.C. ,& Dubois ,D. , "The Load-strain-time Behaviour of Tensar Geogrids" , "Polymer Grid Reinforcement" ,in "Proceedings of a Conference Sponsored by the SERC and Netlon Ltd" , London 22-23 March 1984 ,11-7.

[9]Murray ,R.T. ,& McGown ,A. ,"Geotextile Test Procedures: Background and Sustained Load Testing" ,TRRL/DTp Application Guide No.5.

[10]Greig ,J.M. ,Plast. Rubber Process. Appl. ,1981 ,1 ,43-9.

[11]"Site Damage Test Procedure for 'Tensar' Geogrids" , Blackburn:Netlon Ltd ,1986.

[12]Netlon Limited ,Patent Application No.8707545 "Drainage System Single Layer"30 March 1987.

[13]"Filtram"/UK/8/83 ,Promotional Literature ,ICI PLC , Pontypool ,1983.

[14]Wrigley ,N.E. ,"Durability and Long-term Performance of 'Tensar' polymer Grids for Soil reinforcement" October 1986.

[15]Enka Industrial Systems:'Stabilenka' Promotional Literature ,Undated.

[16]Schneider ,H. ,& Groh ,M. ,"An Analysis of the Durability Problems of Geotextiles" ,in "Proceedings of Geosynthetics" 87 Conference ,Vol.2 ,Session 4a ,New Orleans ,24-25 February 1987 ,434-41.

[17]"The Effect of Carbon Black ,etc on the Light Stability of Polypropylene Tapes" ,Project 3008X ,Ciba-Geigy Limited , 1983.

[18]Walker ,D.M. & Juzkow ,M.W. ,Mod. Plast. Int. ,1983 ,13 , 36-69.

[19]Dunn ,C.M.R. ,& Turner ,S. ,Polymer ,1984 ,15 ,451-5.

[20]Wisse ,J.D.M. ,& Birkenfeld ,S. ,in "Proceedings of the Second International Conference on Geotextiles" Las Vegas Industrial Fabrics Association International August 1982 , 283-8.

[21]Zimmerman ,H. ,& Kim ,N.T. ,"Investigations on Thermal and Hydrolytic Degradation of Poly (ethylene terapthalate)" , Polymer Eng. and Sci. ,1980 ,Vol.20 ,No.10 ,680-3.

[22]British Standards Institution Certificate of Registration of a Firm of Assessed Capability ,Certificate No.Q5288 ,Awarded to Netlon Ltd ,20 March 1987 ,in Accordance with BS 5750 Part 2.

[23]"Tensar SR2 Polymer Grid for Reinforced Soil Walls" , Roads and Bridges Agrément Certificate No.86/27 ,Garston: British Board of Agrément ,1986.

[24]Institut Für Bautechnik Approval Certificate No.Z 20 .1-102 "Reinforced Soil Structures with SR2-Geogrids Made of HDPE.

محسن قلمکار معظم

دکتر محسن قلمکار معظم در ۲۴ خرداد ۱۳۱۹ در تهران متولد شد.پس از گذراندن دوره ابتدایی و متوسطه ،در دانشگاه تهران به تحصیل پرداخت و در سال ۱۳۴۳ با رتبه اول موفق به دریافت درجه لیسانس شیمی از این دانشگاه شد.وی در ۱۳۴۴ با استفاده از بورس وزارت علوم ایران برای ادامه تحصیل به امریکا رفت و در دانشگاه U.C.L.A. سرگرم تحصیل شد و در عین حال از سال ۱۳۴۵ تا ۱۳۴۸ به عنوان دستیار آموزشی و از سال ۱۳۴۸ تا ۱۳۴۹ به عنوان دستیار پژوهشی در آن دانشگاه مشغول کار گردید و سرانجام در سال ۱۳۵۰ با گذراندن تز دوره دکترا زیر نظر توماس یاکوب و با عنوان "پلیمر شدن فضا ویژه آلنها ،مکانیسم و شیمی فضایی" موفق به دریافت درجه دکترا شد.

دکتر قلمکار پس از پایان تحصیلات در سال ۱۳۵۰ به ایران بازگشت و از آن تاریخ تا زمان مرگ ،خرداد ماه ۱۳۷۱ ،به ترتیب در دانشگاه ملی ،مدرسه عالی پارس ،دانشگاه آزاد سابق و دانشگاه شهید بهشتی سرگرم تدریس بود.طی این سالها وی علاوه بر تدریس ،در اجرای طرحهای صنعتی (سنتز وینیل ،سنتز ملامین از اوره صنعتی و تهیه مشتقات سلولز) فعال بود و به تألیف و ترجمه و ویراستاری کتابهای گوناگون از جمله جادوهای شیمیایی (۱۳۵۲) ،شیمی عمومی هیأت مؤلفان جلد اول و دوم (۱۳۵۹) ،شیمی آلی در سه جلد (۱۳۶۲) ، مبانی تقارن اوربیتال مولکولی (۱۳۷۰) ،شیمی پیش دانشگاهی (۱۳۷۱) و مجموعه‌ای از کتابهایی که زیر چاپ است نیز پرداخت.این استاد برجسته همچنین راهنمایی بیش از ۸ نفر از دانشجویان دوره کارشناسی ارشد را به عهده داشت و مقالاتی تألیف کرد که در مجلات علمی ایران و خارج به چاپ رسیده است.