مطالعه‌ی تأثیر نخ‌های پلی‌آمید ۶۶ با استحکام زیاد و پلی‌پروپیلن بر خواص مکانیکی پارچه تاری–پودی

چکیده:
خواص مکانیکی پارچه‌های ژئوتکستایل بستگی به عواملی از جمله خواص نخ، ساختار و فرآیند بافت دارد. در این تحقیق امکان بافت پارچه از نخ پلی‌آمید ٦٦ با استحکام زیاد و نخ پلی‌پروپیلن و تأثیر آنها بر برخی خصوصیات مکانیکی پارچه‌های بافته شده در جهت تار و پود مورد مطالعه قرار گرفته است. نتایج نشان می‌دهد که استفاده از نخ پلی‌آمید ٦٦ با استحکام زیاد، به عنوان نخ تار یا پود پارچه‌ی بافته شده، تأثیر چشمگیری بر استحکام کششی دارد. همچنین نمونه‌ای که نخ پلی‌آمید ٦٦ با استحکام زیاد در جهت تار و نخ پلی‌پروپیلن در جهت پود به کار رفته، بیشترین استحکام کششی را در جهت تار پارچه نسبت به سایر نمونه‌ها نشان می‌دهد. در حالی که استحکام کششی نمونه پارچه شامل نخ تار و پود پلی‌آمید ٦٦ با استحکام زیاد کمتر از نمونه مذکور ملاحظه گردید.

معصومه رحیمی[1و*]، محبوبه پاشایی[2]، محسن هادی‌زاده[1]، محمدعلی توانایی[1]

مقدمه

امروزه نقش منسوجات صنعتی در زمینه‌های مختلف صنایع، عمران، کشاورزی، پزشکی و ... از اهمیت روزافزونی برخوردار است.

این امر به واسطه خواص برتر آنها از قبیل سبکی وزن، میزان الاستیسیته و ثبات ابعادی قابل تنظیم، استحکام زیاد، مقاومت در درجه حرارت‌های زیاد و کم، سختی و مقاومت در مقابل خوردگی و فاسد شدن و غیره همراه با کاهش هزینه می‌باشد.

به طوری که اخیراً بیشترین رشد پارچه‌های صنعتی در سطح جهان، در زمینه‌ی بی‌بافت‌ها و ژئوتکستایل‌ها بوده است [۱].

ژئوتکستایل‌ها از مهمترین انواع منسوجات صنعتی هستند که عمدتاً در پروژه‌های عمرانی، راه‌سازی و ژئوتکنیک کاربرد دارند.

این منسوجات، صفحات نفوذپذیری هستند که بیشتر از الیاف مصنوعی و در شراط خاصی از الیاف طبیعی تهیه می‌شوند. با توجه به نوع کاربرد، این سازه به صورت منسوجات بافته شده و یا بی‌بافت‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد [۲].

دانستن خصوصیات مکانیکی ژئوتکستایل نه تنها هنگامی که نقش مکانیکی دارد بلکه شناخت آنها در شرایط دیگر نیز به ویژه در مدت زمان به‌کارگیری از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

یکی از خصوصیات اساسی ژئوتکستایل تغییر شکل‌پذیری و مقاومت در برابر گسیختگی آنهاست که در شرایط وزن مساوی مقاومت بافته‌ها بیش از نبافته‌هاست [۳].

تا به حال بیش از ۸۰ طرح کاربردی برای ژئوتکستایل مطرح شده است که کاربردهایی همچون پیش روی رودخانه، مهار سیل، دفن زباله و اَشغال در زیر خاک، محدود نگه داشتن آلودگی‌های آب و رسوب لجن، زهکشی و فیلتر کردن و جلوگیری از فرسایش دیوارها، دامنه‌ها و محوطه‌سازی دارند.

رایج‌ترین کاربرد ژئوتکستایل در سطح جهان استفاده از آن به عنوان جداساز یعنی آماده‌سازی زیرساخت‌های جاده‌ای و زیرسازی خطوط راه‌آهن می‌باشد. ژئوتکستایل جداسازی به معنی حضور یک پارچه متخلخل انعطافی در حد واسط مواد غیرمشابه می‌باشد، به طوری که انسجام و عملکرد هر دو ماده جدا شده، دست نخورده باقی مانده و حتی بهبود می‌یابد.

جدول ۱. میانگین استحکام کششی و درصد ازدیاد طول نسبی نمونه‌ها در جهت تار

نمونه‌ها	میانگین استحکام کششی (N)	CV٪	میانگین درصد ازدیاد طول نسبی (MM)	CV٪
PP/PP	۱۲۳۹/۹۷	۳/۷۱	۷۱/۹۴	۴۸/۲۸
PA/PA	۲۶۲۵/۷۷	۵/۳۴	۲۹/۰۳	۲/۱۶
PP/PA	۱۲۳۲/۵۲	۵/۰۱	۴۵/۸۳	۵۰/۵۲
PA/PP	۲۷۹۵/۶۸	۷/۴۸	۲۷/۹۲	۳/۱۳

عملکرد جداسازی ژئوتکستایل به این گونه است که با قرار گرفتن در بین پی یا زیرپی و خاک‌های نرم و ریز بستر، از اختلاط این دو بخش نامشابه برای همیشه جلوگیری می‌کند و با توزیع نیروهای وارده، موجب دفع فشارهای موضعی می‌گردد.

یکی از دلایل کاربرد ژئوتکستایل، چند منظوره و چند نقشی بودن آن است، که به یکباره و به تنهایی چند نقش را، که چند لایه باید انجام دهند، به عهده می‌گیرد و به کاهش قابل توجهی در هزینه‌های مواد، نیروی کار و زمان می‌انجامد.

حضور ژئوتکستایل باعث کاهش کلفتی سازه‌هایی چون روکش جاده، مواد پرساز و استحکامی در زیرسازی جاده و مواد در بدنه سدهای خاکی و بتنی می‌گردد و با داشتن عملکرد بالا در حفظ و نگهداری سازه و نیز در آماده‌سازی محل، هزینه‌ها را به طور چشمگیری کاهش می‌دهد.

بنابراین یکی از عمده‌ترین دلایل در توجیه اقتصادی کاربرد ژئوتکستایل، مربوط به عملکرد درازمدت آن است [۴].

الیاف و نخهای صنعتی که جهت مصارف خاص فنی مورد استفاده قرار می‌گیرند باید دارای خصوصیات ویژه‌ای نظیر استحکام کششی، مدول ارتجاعی، پایداری حرارتی و مقاومت شیمیایی بالا و جمع‌شدگی و خستگی کمی باشند و همچنین باید تا بالاترین حد ممکن کشیده شده، میزان کشش باقیمانده در آنها حداقل باشد.

به همین دلیل بیشترین پلیمرهای مورد استفاده برای ژئوتکستایل‌ها: پلی‌آمیدها، پلی‌استر، پلی‌اتیلن و پلی‌پروپیلن هستند [۵].

با توجه به اینکه در بین پلیمرهای ذکر شده در بالا، الیاف تولید شده از پلی‌آمیدها نیز دارای خصوصیات قابل قبول برای تولید منسوج فنی را دارا می‌باشد از جمله: تحمل نیروی زیاد بدون اینکه ازدیاد طول دائم در آن به وجود آید، داشتن حداقل کار بازگشتی، داشتن خزش کم در طول بارگذاری و همچنین تحت سیکل‌های مشخص نیرو دارای کمترین ازدیاد طول جمع‌شونده نسبت به سایر الیاف است [۶].

لذا در این تحقیق به بررسی خصوصیات مکانیکی منسوج تولید شده از نخ پلی‌آمید ۶۶ و پلی‌پروپیلن و همچنین ترکیب آنها با هدف استفاده در ژئوتکستایل‌ها پرداخته شده است.

آزمایش‌های انجام شده

مواد مصرفی

نخ‌های مورد استفاده در این تحقیق، پلی‌آمید ۶۶ با استحکام زیاد با مشخصات: نمره ۸۰۰ دنیر، استحکام کششی ۷/۶۶ گرم بر دنیر، ازدیاد طول ۷۲/۱ میلی‌متر می‌باشد، که استفاده از نخ فیلامنت پلی‌آمید ۶۶ به عنوان نخ تار به دلیل ایجاد الکتریسیته‌ی ساکن، میسر نبود بنابراین توسط ماشین دولاتایی به میزان ۳۰ تاب در متر، نخ تابیده شد.

نخ پلی‌پروپیلن با مشخصات: نمره ۹۰۰ دنیر، استحکام کششی ۳/۱ گرم بر دنیر، ازدیاد طول ۳۴۷/۶ میلی‌متر و به صورت جوشی است.

پس از آن چهار نوع نمونه پارچه‌ی تاری-پودی با نخ‌های پلی‌آمید ۶۶ و پلی‌پروپیلن با بافت تافته و تراکم تار و پود به ترتیب ۱۴ و ۷/۵ در سانتی‌متر روی ماشین بافندگی باماکو بافته شده است.

نمونه‌ی اول با نخ تار و پود پلی‌آمید ۶۶ (PA/PA)، نمونه‌ی دوم با نخ تار و پود پلی‌پروپیلن (PP/PP)، نمونه‌ی سوم با نخ تار پلی‌آمید ۶۶ و نخ پود پلی‌پروپیلن (PA/PP) و نمونه‌ی چهارم با نخ تار پلی‌پروپیلن و نخ پود پلی‌آمید ۶۶ (PP/PA)،

جدول ۲. میانگین استحکام کششی و درصد ازدیاد طول نسبی نمونه‌ها در جهت پود

نمونه‌ها	میانگین استحکام کششی (N)	CV٪	میانگین درصد ازدیاد طول نسبی (MM)	CV٪
PP/PP	۶۷۶/۹۳	۴/۴۰	۲۹/۵۰	۱۶/۰۵
PA/PA	۲۰۳۵/۳۴	۱۴/۴۱	۲۰/۱۷	۴/۵۳
PP/PA	۱۶۳۴/۷۷	۶/۱۱	۲۳/۱۷	۹/۳۱
PA/PP	۷۲۴/۱۰	۱۱/۳۳	۲۸ /۶۷	۸/۸۶

روش آزمایش و تجهیزات به کار رفته

برای انجام آزمایشات خواص مکانیکی مورد نظر از هر نمونه پارچه، ۶ نمونه در جهت پود و ۵ نمونه در جهت تار به ابعاد ۵۰ mm×۲۰۰ mm در نظر گرفته شد و با دستگاه استحکام‌سنج CRE با سرعت ۲۰۰ mm/min مورد آزمایش قرار گرفت و با انجام این آزمایش نمودار تنش-کرنش نمونه‌ها به دست آمد.

برای بحث و نتیجه‌گیری از میانگین به دست آمده از انجام آزمایش‌ها، با استفاده از روش تجزیه و تحلیل واریانس‌ها ANOVA و آزمون Tukey به وسیله‌ی نرم‌افزار SPSS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است.

نتایج و بحث

نتایج آزمایش در جهت تار:

نتایج به دست آمده از تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها، نشان می‌دهد که تفاوت معنی‌داری بین میانگین استحکام کششی نمونه‌ها وجود دارد که براساس آزمون Tukey، میانگین استحکام کششی نمونه‌های PP/PP و PP/PA در یک گروه و نمونه‌های PA/PA و PA/PP نیز در یک گروه قرار می‌گیرند.

مقایسه درصد ازدیاد طول نسبی نمونه‌ها نیز با استفاده از روش ANOVA نشان می‌دهد که تفاوت معنی‌داری بین میانگین درصد ازدیاد طول نسبی نمونه‌های مورد آزمایش وجود دارد که طبق نتایج آزمون Tukey، میانگین درصد ازدیاد طول نسبی نمونه‌های PA/PA و /PA PP در یک گروه قرار می‌گیرند و همین طور میانگین درصد ازدیاد طول نمونه‌های PP/PP و PP/PA هم‌گروه می‌باشند.

منحنی تنش-کرنش نمونه‌هایی که در جهت تار مورد آزمایش قرار گرفته‌اند نشان می‌دهد که در نمونه‌هایی که نخ تار آن پلی‌پروپیلن می‌باشد پارگی دیرتر اتفاق افتاده است و این بدین معنی است که نمونه‌ی بافته شده با نخ تار پلی‌پروپیلن دارای ازدیاد طول بیشتری نسبت به نمونه‌ی بافته شده با نخ تار پلی‌آمید می‌باشد.

با توجه به اینکه درصد ازدیاد طول نسبی نخ پلی‌پروپیلن بیشتر از نخ پلی‌آمید ۶۶ است، نمونه‌ای که با نخ پلی‌پروپیلن بافته شده است نیز درصد ازدیاد طول نسبی بیشتری داشته است.

با مقایسه نمونه‌ها ملاحظه می‌شود نمونه‌ای که به صورت ترکیبی (نخ تار پلی‌آمید ۶۶ و نخ پود پلی‌پروپیلن) بافته شده است، بیشترین استحکام کششی در جهت تار پارچه را در بین نمونه‌ها دارد که این مطلب مؤید نقش نخ پلی‌پروپیلن در جابجایی کمتر نخ‌ها و انتقال مناسب‌تر تنش می‌باشد.

نتایج آزمایش در جهت پود:

جدول ۲ میانگین استحکام کششی و درصد ازدیاد طول نسبی نمونه‌ها در جهت پود مورد آزمایش قرار گرفته‌اند را نشان می‌دهد.

بین میانگین استحکام کششی و همچنین میانگین درصد ازدیاد طول نسبی نمونه‌ها تأثیر معنی‌داری داشته است.

آزمون Tukey نشان می‌دهد که میانگین استحکام کششی برای نمونه‌هایی که نخ پلی‌پروپیلن در جهت پود آنها به کار گرفته شده (PP/PP و PA/PP) در یک گروه قرار می‌گیرند، در صورتی که نمونه‌هایی که نخ پود آنها پلی‌آمید ۶۶ می‌باشد (PP/PAو/PA PA) هم‌گروه نمی‌باشند.

همچنین نتیجه آزمون Tukey برای درصد ازدیاد طول نسبی نمونه‌ها نشان می‌دهد که نمونه‌های PP/PP و PA/PP در یک گروه و نمونه‌های PP/PA و PA/PA هم‌گروه می‌باشند.

منحنی تنش – کرنش نمونه‌هایی که در جهت پود مورد آزمایش قرار گرفته‌اند نشان می‌دهد که پارگی در نمونه‌ای که دارای نخ تار و پود پلی‌پروپیلن و نمونه‌ای که نخ تار نایلون و نخ پود پلی‌پروپیلن است، دیرتر اتفاق می‌افتد. که علت آن را می‌توان به درصد ازدیاد طول نسبی بالای نخ پلی‌پروپیلن و در نتیجه نمونه‌ی بافته شده از این نخ اشاره کرد.

نتیجه‌گیری

این تحقیق خصوصیات مکانیکی منسوج تولید شده از نخ پلی‌آمید ۶۶ و پلی‌پروپیلن را مورد ارزیابی قرار داده است.

نتایج بدست آمده از تجزیه و تحلیل آماری نشان می‌دهد که استفاده از نخ پلی‌آمید ۶۶ به عنوان نخ تار یا پود پارچه‌ی بافته شده تأثیر بسزایی در افزایش استحکام کششی دارد و نمونه‌ای که بصورت ترکیبی (نخ تار پلی‌آمید ۶۶ با استحکام زیاد و نخ پود پلی‌پروپیلن) بافته شده است، بیشترین استحکام کششی در جهت تار پارچه نسبت به نمونه‌ای که نخ تار و پود آن پلی‌آمید ۶۶ با استحکام زیاد می‌باشد را دارد که این مطلب مؤید نقش نخ پلی‌پروپیلن در جابجایی کمتر نخ‌ها و انتقال مناسب‌تر تنش می‌باشد.

بنابراین استفاده از این نمونه پارچه در ژئوتکستایل‌ها برای افزایش استحکام کششی چه در جهت طولی و چه در جهت عرضی می‌تواند مناسب باشد.

همچنین کاربرد نخ پلی‌پروپیلن در جهت تار و پود پارچه‌ی بافته شده تأثیر بسزایی در افزایش ازدیاد طول نسبی دارد.

چنانچه ازدیاد طول نسبی ژئوتکستایل مورد نظر باشد، این نمونه پارچه‌ی بافته شده می‌تواند در جهت طولی و عرضی مورد استفاده قرار گیرد.

پی نوشت

۱دانشکده مهندسی نساجی، دانشگاه یزد، یزد
۲دانشکده مهندسی نساجی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان

مراجع

[1]Horrocks, A.R. and Anand, S.C., "Handbook of Technical Textiles". Woodhead Publishing, 2000.

[2]Shoushtari, A.M. and Tavanaie, M.A., Dictionary of fiber science and technology, ACECR Publication Amirkabir university of technology, Tehran, 2005.

[3]Bajlue, J.A. "Woven fabric structures", in Handbook of Fibre Composites, Vol 2., 353-391, 1989.

[4] Khalid M. and Hasan, E., Geotextiles in Transportation Applications, Paper presented at the second Gulf conference on Roads, Abu Dhabi, March 2004.

[5]Shukla, S. K. and Huayin, J., Fundamentals of Geosynthetic Engineering, This edition published in the Taylor & Francis e-library, 2006.

[6]Morton, W.E. and Hearle, J.W.S., Physical properties of textile fibres, Fourth edition, Woodhead publishing in textiles: Number 68, 2008.