

## تأثیر بکارگیری ژئوتکستایل در ساختمان به عنوان عایق حرارتی

بهشته تاج‌الدین

چکیده:

محدودیت منابع انرژی و افزایش روزافزون مصرف آن از یکسو و مصرف بی‌رویه انرژی توسط جوامع مختلف از سوی دیگر، علاوه بر آلودگی محیط زیست و هدر دادن سرمایه‌های ملی، زندگی آینده انسانها را با مخاطره مواجه ساخته است. اگر چه ایران از غنی‌ترین منابع انرژی برخوردار است اما استفاده نادرست از آن‌ها خسارات جبران‌ناپذیری را بر بودجه سالانه کشور تحمیل می‌کند. از این رو استفاده منطقی از منابع انرژی و برنامه‌ریزی در زمینه‌های بهینه‌سازی مصرف انرژی از اولویت ویژه‌های برخوردار است.

امروزه استفاده از ژئوتکستایل‌ها در سطح دنیا بسیار رایج است. آنچه موجب بوجود آمدن گستره وسیع استفاده از این محصولات پلیمری-نساجی می‌شود خواص فوق‌العاده فیزیکی و مکانیکی آنها همچون استحکام، نفوذپذیری، مقاومت حرارتی و کششی بالا، مقاومت در برابر سوراخ‌شدگی و ... می‌باشد. در این مقاله سعی شده تا ضمن معرفی ژئوتکستایل و استفاده از آن در بخش‌های مختلف، به کاربرد مهم دیگر آن در دیوارها و سقف ساختمان به عنوان عایق حرارتی اشاره شود. امید است با افزایش استفاده از این مواد در عایق‌بندی ساختمان‌ها، گام‌های موثری جهت بهینه‌سازی مصرف انرژی برداشته شود.

مقدمه

جهانی و گسترده از ژئوتکستایل، ناشی از هزاران نصب موفق، مطالعات تحقیقی وسیع و مزایای اقتصادی در استفاده از ژئوتکستایل می‌باشد. قدیمی‌ترین نمونه‌های تاریخی استفاده از پارچه‌های بافته شده در جاده به وسیله رومی‌های باستان بود در اواسط دهه ۱۹۷۰، انگلیس شروع به تولید ژئوتکستایل کرد و در این زمان کارخانه‌هایی نظیر ICI در انگلیس، Rhone Poulence در فرانسه، Chemie Linz در استرالیا و Dupont در آمریکا شروع به ارتقا استفاده از ژئوتکستایل کردند. کشورهای جنوب شرق آسیا مانند هند، کره، ژاپن، تایوان، هنگ کنگ خصوصاً چین که در دهه گذشته از محصولات ژئوتکستایل اروپا و آمریکا برای پروژه‌های آزمایشی در کشورشان استفاده می‌کردند، امروزه چنان به استفاده، قابلیت و مزایای این محصول معتقد شده‌اند که اکنون خودشان تولیدکننده عمده این محصول بوده و چندین شرکت بزرگ تولید ژئوتکستایل ایجاد نمودند و حتی صادرکننده این محصول نیز شده‌اند. [۹]

### عایق‌بندی ساختمان

عایق‌کاری حرارتی، سرمایه‌گذاری مطمئنی جهت افزایش کارایی ساختمان و صرفه‌جویی انرژی است. با عایق‌کاری مؤثر در ساختمان صرفه‌جویی زیادی در انرژی مورد نیاز جهت سرمایش و گرمایش امکان‌پذیر است. سهم هر یک از اجزای یک ساختمان در اتلاف انرژی در فصول سرما (سقف ۲۵ تا ۳۵ درصد، دیوار ۱۵ تا ۲۵ درصد، پنجره ۲۵ تا ۳۵ درصد، کف ۱۰ تا ۲۰ درصد) نشان می‌دهد که صرفاً با عایق‌کاری اصولی می‌توان تا حد زیادی از پرت انرژی جلوگیری کرد. همواره در صورت اختلاف درجه حرارت، حرارت از قسمت گرم‌تر به قسمت سردتر انتقال می‌یابد. با توجه به معادله فوریه [۳] در فرمول ۱ مشاهده می‌شود که ضریب هدایت حرارتی، ضخامت عایق، اختلاف دمای داخل و خارج ساختمان و مصالح بکاررفته در جدارها در مقدار انتقال حرارت تأثیرگذار هستند و برای جلوگیری از این انتقال می‌توان با کنترل عوامل یاد شده ایزولاسیون را انجام داد و با توجه به اینکه

یکی از مهم‌ترین مواردی که باعث اتلاف انرژی حرارتی در ساختمان می‌شود عدم عایق‌بندی مناسب دیوارهای ساختمان است. می‌توان گفت بخش اعظمی از اعضای حائل بین داخل و خارج ساختمان را دیوارها تشکیل می‌دهند که در صورت استفاده بجا و درست می‌توان مقاومت حرارتی آنها را تا حد چشمگیری افزایش داد و در نتیجه از اتلاف انرژی به مقدار زیادی جلوگیری نمود.

در گذشته در مناطق سردسیر ایران برای خانه‌سازی مرسوم بوده که علاوه بر در نظر گرفتن مسائل سازه‌ای برای گرم نگه‌داشتن فضای داخلی خانه‌ها، ضخامت دیوارها را افزایش می‌دادند. رفته رفته به علت افزایش هزینه مصالح و هزینه‌های اجرایی حداقل‌های سازه‌ای مورد توجه قرار گرفت و به کار بردن پوشش نامناسب سقف دیواره‌ها و جدار درها و پنجره‌ها باعث اتلاف بسیار زیاد انرژی گردید. [۱]

اگرچه ایران در حال حاضر از لحاظ انرژی‌های فسیلی مشکلی احساس نمی‌کند، اما در آینده‌ای نه چندان دور، مصرف بی‌رویه انرژی مشکل‌ساز خواهد شد.

قسمت اعظم جابجایی حرارت از طریق انتقال از جداکننده‌هایی مثل دیوار و یا سقف صورت می‌گیرد. برای این منظور، راه‌حل‌های مختلفی همچون استفاده از دیوارهای دو جداره، استفاده از عایق‌هایی چون لایه‌های پشم شیشه، پلی‌اورتان و ... در دیوار پیشنهاد شده است. در اینجا استفاده از ژئوتکستایل در لایه‌های زیری سقف‌ها و لایه‌های داخلی دیوارها به عنوان عایق حرارتی مورد بررسی قرار می‌گیرد.

کاربرد ژئوتکستایل تا دو دهه اخیر امتحان و آزمایش خود را به خوبی پشت سر گذاشته و در تمامی آزمایشات سر بلند بیرون آمده است و این سرعت و وسعت را مدیون عملکرد صحیح و ممتاز خود در کاربردهای سازه‌ای خصوصاً جاده می‌باشد. امروزه دنیا شاهد هزاران پروژه از کاربرد ژئوتکستایل است و در سراسر اروپا و آمریکا و حتی آفریقا و آسیا خصوصاً آسیای شرق و جنوب شرق، هزاران شرکت و کارخانه در تولید و نصب ژئوتکستایل فعالند.

ژئوتکستایل در پروژه‌های ساخت جاده در سراسر دنیا توسعه یافته است. این پذیرش



بیشترین پرت انرژی از طریق سقف و دیوارها صورت می‌گیرد لذا باید به این قسمت توجه ویژه ای داشت.

$$q = -ka \frac{dt}{dx} \quad (1)$$

که در آن  $q$  آهنگ انتقال حرارت در واحد زمان،  $a$  سطح انتقال حرارت،  $K$  ضریب انتقال حرارتی،  $dx$  ضخامت دیواره و  $dt$  اختلاف دمای دو طرف دیواره است.

می‌شوند. در تولید این محصول، نخ‌های پلیمری را بصورت تاروپود در هم تنیده و ساختاری پارچه‌گونه دارای تاروپوهای مشخص بوجود می‌آورند. وجود تاروپود در ساختار ژئوتکستایل بافته این امکان را بوجود می‌آورد که با زیاد و کم کردن تعداد نخ‌های موجود در یک رشته تار یا پود و همچنین تغییر در الگوی بافت، محصولاتی با مقاومت کششی یک محوری (Un Biaxial) یا دو محوری (Biaxial) و با خاصیت عدم عبور ذرات ریزدانه از منافذ و مقاوم در مقابل پارگی تولید شود.

### ژئوتکستایل ترکیبی

این منسوجات شامل پارچه‌های بافته و نبافته متصل به هم بوده و استحکام بسیار بالا در حدود  $1000 \text{ kN/m}$  دارند.

### معرفی ژئوتکستایل

ژئوتکستایل، یک منسوج پلیمری نفوذپذیر دوجبه‌ای است که با روش‌های مختلف تولید شده و به سه دسته بی‌بافت (اتصال سوزنی، حرارتی و شیمیایی)، بافته‌شده و ترکیبی تقسیم می‌شود و پلیمرهای آن بیشتر شامل پلی پروپیلن و پلی استر است. هریک از این لایه‌ها بعد از عبور از دستگاه‌های زننده و بازکننده به لایه‌هایی با شبکه عنکبوتی تبدیل شده و سپس جهت تنظیم گراماژ به تعداد لازم روی هم چیده شده و توسط دستگاه سوزن زنی به یکدیگر متصل می‌شوند. [۸]

اولین بار واژه ژئوتکستایل توسط Giroud و Perfetti در سال ۱۹۷۷ در کنفرانس بین‌المللی منسوجات صنعتی بکار رفت. مطابق با استاندارد ASTM 4439 ژئوتکستایل به منسوج بافته، نبافته و یا ترکیبی اطلاق می‌شود که از الیاف مصنوعی تهیه شده باشد. اما امروزه ژئوتکستایلهای تولیدشده با الیاف طبیعی (کاربرد در کشاورزی) نیز تهیه شده‌اند. لذا در تولید ژئوتکستایلهای الیاف طبیعی و مصنوعی می‌تواند بکار رود. [۷] خواص مناسب فیزیکی و مکانیکی ژئوتکستایل‌ها باعث افزایش استفاده از آنها بخصوص در راهسازی شده است. ضخامت ژئوتکستایلها تحت فشار معین ۲ کیلوپاسکال اندازه‌گیری شده و در اکثر موارد بین  $0.1/0$  تا  $0.3/0$  اینچ می‌باشد. [۳] کاربرد گسترده آنها در رابطه با کشاورزی، راه‌سازی، پروژه‌های مهندسی پی و ساختمان (لاینینگ، ایزولاسیون دیواره‌ها، فونداسیون، پی ساختمان‌ها و گودبرداریها)، راه آهن، پل سازی، معادن، تونلها، فیلتراسیون، زه‌کشی و ترمیم آسفالت خیابانها است. [۹] روش‌های گوناگون تولید این منسوجات و ساختار متفاوت مواد تولید شده باعث اطلاق نام‌های متفاوت به آنها شده و کاربردهای آنها را متفاوت ساخته است. بر این اساس انواع ژئوتکستایل و کاربردهای آنها عبارتند از: [۱۰، ۹، ۸]

### ژئوتکستایل بی‌بافت

این نوع منسوجات از کنارهم قرار گرفتن الیاف ریز پلیمری و درهم‌تنیدن آنها با روش‌های گوناگون نظیر سوزنکاری (Needle Punching)، حرارتی (Heat Bonding) و شیمیایی (Resin Bonding) تولید می‌شوند و دارای ساختاری نمودگونه و بدون تاروپوهای مشخص (بی‌بافت) هستند. وزن پارچه‌های تولیدشده به روش سوزنی معمولاً از ۱۵۰ تا ۴۰۰ گرم بر مترمربع است. با توجه به عدم وجود بافت، ساختار متخلخل و وجود منافذ هوا باعث وجود خواص مطلوبی نظیر کاهش هدایت حرارتی و کاربرد آن به عنوان عایق حرارتی شده است. همچنین دارای خواص عدم عبور ذرات خاک ریزدانه از منافذ، دوام در مقابل ضربات، دوام در مقابل پارگی، جذب قیر (در کاربردهای خاص)، دوام حرارتی (در کاربردهای خاص) هستند.

### ژئوتکستایل بافته

این نوع منسوجات با استفاده از تکنیک‌های بافت از الیاف طبیعی و مصنوعی تولید

### کاربرد ژئوتکستایل به عنوان عایق حرارتی

عایق کاری نقش بسیار مهمی در گرم نگه داشتن ساختمان در فصل زمستان و خنک نگه داشتن آن در فصل تابستان دارد. به کمک عایق کاری می‌توان یک خانه را در زمستان ۵ درجه گرمتر و در تابستان ۱۰ درجه خنک‌تر نگه داشت.

اختلاف درجه حرارت در داخل و خارج ساختمان موجب انتقال حرارت از طریق دیوارها، سقف، کف و سایر اجزاء آن می‌شود.

جریان گرما از محل گرم‌تر به محل سردتر به سه روش جابجا می‌شود که عبارتند از: [۲]

#### ۱- هدایت (Conduction)

#### ۲- همرفت (Convection)

#### ۳- تشعشع یا تابش (Radiation)

همرفت و تشعشع در سطوح داخلی و خارجی بنا، عوامل انتقال گرما (با سرما) بوده و پس از آن هدایت حرارتی عامل اصلی انتقال جریان گرما در دیوارها، سقف و کف ساختمان است.

وجود یک لایه عایق حرارتی نظیر ژئوتکستایل در یک جداره که طرفین آن را اختلاف دمای درون و بیرون ساختمان احاطه نموده، تشعشع گرما را به شدت محدود کرده و با ایستادن هوای محبوس در سلول‌های کوچک ایجاد شده در لایه‌های الیاف عملاً جریان همرفت را متوقف می‌نماید و از آنجا که ضریب هدایت حرارتی هوا در حالت ایستا است و این الیاف نیز از رسانایی بسیار کمی برخوردارند، انتقال حرارت در جداره مذکور را کاهش می‌دهند. امروزه طیف گسترده‌ای از عایق‌ها به‌عنوان عایق حرارتی در اماکن و ساختمانها استفاده می‌شوند. پارچه‌های بافته شده تار، پودی و حلقوی، منسوجات بی‌بافت سوزن زنی شده معمولاً می‌توانند در ساختمانها استفاده شوند. اکثر موادی که در عایق بندی گرمایی و ضد حریق در ساختمانها استفاده می‌شوند بی‌بافتهای تولید شده به‌روش سوزنی هستند. [۷]

ژئوتکستایل‌ها از نوع بی‌بافت و تولید شده به روش سوزنی نیز بدلیل ساختار و خواص ویژه و دارابودن الیاف پلی استر (ضریب هدایت حرارتی  $0.336 \text{ w/m.k}$ ) و پلی پروپیلن (ضریب هدایت حرارتی حدود  $0.14 \text{ w/m.k}$ ) به منظور عایق کاری بهتر از سایر مواد هستند. با قرار دادن این منسوجات در لایه‌های زیری سقف‌ها و لایه‌های داخلی دیوارها می‌توان از ورود جریان سرما به داخل ساختمانها جلوگیری بعمل آورد و ساختمانها را در برابر تغییرات دمایی ۲۰ تا ۸۰ درجه سانتیگراد حفظ کند. این منسوجات دارای یکنواختی از نقطه نظر فیزیکی نبوده ولی مقاومت حرارتی (درجه عایق بودن) مواد خالص مانند پلی استرها و پلی پروپیلن مشخص است. اظهار نظر در مورد مقادیر هدایت حرارتی الیاف در منسوجات بسیار مشکل است. این به آن



بیش از ۳۰ سال از مصرف ژئوتکستایلها در سازه ها و ساختمان می‌گذرد. با توجه به قدمت استفاده از ژئوتکستایلها در صنعت راه و ساختمان تجارب ارزنده‌ای در کشورهای مختلف در این زمینه کسب شده و علاوه بر این در هزینه‌های ساختمان و بهینه‌سازی انرژی صرفه‌جویی‌هایی صورت گرفته است.

رشد اصلی در کاربرد این مصالح زمانی مشخص تر شد که این محصولات به صورت کارتر و ارزان تولید شدند و این امر با ارائه محصولات نمدی بی‌بافت (غیر منسوج) در اوائل دهه ۱۹۷۰ توسعه بیشتری یافت. کاربرد ژئوسینتتیک ها چه از دید اقتصادی و چه از دید فنی بصره است. در مواردی تا ۳۰ درصد صرفه جویی هزینه در کشورهای مختلف اعم از در حال توسعه و توسعه یافته گزارش شده است. [۵]

امروزه با توجه به افزایش آگاهی و اطلاعات علمی و فنی در زمینه تولید ژئوتکستایلها، استفاده از فناوری های نو در این زمینه، نتایج مثبت و تجربیات ارزنده از مصرف ژئوتکستایلها در مدت سه دهه گذشته در کشورهای مختلف، یکنواختی در اجرا و سایر ویژگی های آن (اجرای بسیار سریع و راحت ، مقاومت بالا، هزینه کم، پایداری دهها ساله) و تنوع کاربردهای جدید این محصولات، شاهد افزایش مصرف ژئوتکستایل در داخل کشور هستیم. امید است با توجه به تلاش های بسیار از سوی وزارت نفت و مسکن، سازمان بهینه سازی مصرف سوخت، سازمان نظام مهندسی و با همت کلیه دست‌اندرکاران صنعت ساختمان، در آینده‌ای نزدیک شاهد استفاده صحیح از سوخت و کاهش مصرف انرژی باشیم.

#### پی‌نوشت

کارشناس ارشد مدیریت سیستم و بهره‌وری ، ادره کل برنامه‌ریزی(معاونت مالی و اداری شهرداری تهران) beheshtehajedin@yahoo.com

#### مراجع

۱. نعمتی چاری ، مهدی، دورمحمدی، حسین. (۱۳۸۱)، اثرات عایق‌سازی حرارتی دیوارهای ساختمانی ساخته شده در کاهش مصرف سوخت و هزینه تمام شده، دومین همایش مصرف بهینه‌سازی مصرف سوخت در ساختمان، تهران.
۲. هولمن، جکفیلپ. (۱۳۶۴)، انتقال حرارت ، حسن حقیقتناجور - نیما، چاپ اول، انتشارات وزیری، تهران
۳. صدریان‌زاده، میثم، (۱۳۸۳) ، معرفی ژئوسنتتیکها و کاربرد آنها در مهندسی عمران، یازدهمین کنفرانس دانشجویان عمران سراسر کشور، دانشگاه هرمزگان.
۴. ولی‌پور، پیمان. (اردیبهشت ۱۳۸۰)، تاثیر ایجاد حفره های شیاری بر خاصیت انتقال گرما و رطوبت در الیاف ، ماهنامه صنعت نساجی، ص ۴۶-۵۰، شماره ۱۰۲
۵. ساکت، علی. (۱۳۸۵)، ژئوتکستایل و کاربرد آن، نشریه پایگاه ملی داده‌های علوم زمین کشور
۶. پروین‌زاده گشتی، مازیار. کیومرثی، امیر. (۱۳۸۴) ، بهینه سازی مصرف انرژی در ساختمان ، چهارمین همایش مصرف بهینه‌سازی مصرف سوخت در ساختمان ، تهران

- [7] Giroud, J. P., and Perfetti, J., (1977) " International Conference on Use of Fabrics in Geotechnics", Vol. 2, Paris, France, p. 345-352
- [8] Greenwood, J.H., and Schroeder, H.F, and Voskamp, W. , (2012) " Durability of Geosynthetics" , The Netherlands, Publication 243, p. 54-56
- [9] Shukla, S.K., (2002), " Geosynthetics and their applications" published by Thomas Telford Publishing, London, p. 2-10
- [10] Yeo, K.C., (2008), " Properties Of Geotextiles" , Castco Testing Centre Limited, Hong Kong, p. 2-5

علت است که مقدار هوای محبوس شده در داخل منسوج با توجه به میزان خلل و فرج آن متفاوت است. [۶]

#### چند راهکار جهت افزایش کارایی عایق ژئوتکستایل

- عایق ها در صورتی کار خود را به خوبی انجام می‌دهند که به طور صحیح نصب شده باشند.
- برای بالا بردن درجه عایق بودن منسوج باید تا حد امکان تراکم الیاف را بالا برد. افزایش تراکم الیاف نباید به حدی باشد که باعث ایجاد حرارت گردد. برای اینکه منسوج بی‌بافت بتواند به عنوان عایق حرارتی بخوبی عمل کند باید ضخامتی حدود ۱۰۰ میلی‌متر داشته باشد. [۶]
- یکی از روش‌ها برای افزایش خاصیت عایق حرارتی در منسوجات بی‌بافت ایجاد حفره‌های شیاری و غیرشیاری در الیاف است که منجر به کاهش هدایت گرمایی در برخی از الیاف بخصوص پلی‌استر می‌شود. [۴]
- عایق کاری باید به طور کامل روی تمام سطح انجام شود. چرا که اگر تنها ۵٪ از سطح خالی بماند، ممکن است تا ۵۰٪ از کارایی عایق کاری کاسته شود.
- مواد عایق را باید خشک نگه داشت. زیرا کارایی عایق ها بر اثر رطوبت پایین می‌آید .

#### مزایای دیگر استفاده از ژئوتکستایلها در ساختمان

- این الیاف در برابر اثرات مضر تابش آفتاب و تغییرات جوی مقاومت دارند و در طی مراحل ساختمان‌سازی در فضای بدون حفاظ به مدت یک هفته تا دو ماه سالم می‌مانند و تغییرات محسوسی در خواص فیزیکی آنها ایجاد نمی‌شود.
- معمولا با روش‌های بسیار ساده و با سرعت بالا نصب می‌شوند.
- به‌علت کاهش استفاده از مواد طبیعی و روشهای سنتی معمولا از حجم عملیات به صورت قابل توجهی کاسته شده و از نظر اقتصادی مقرون به صرفه هستند.
- کاربرد آنها در سقف طبقات مختلف، موجب جلوگیری از نشست سطحی ساختمان می‌شود.
- در زمان وقوع زلزله، بدلیل سبک بودن و انعطاف پذیری این لایه و همچنین عدم جذب آب نسبت به مصالح مورد مصرف ساختمان، ریزش آوار را تا حدی کاهش داده و ایمنی را افزایش می‌دهد .
- به عنوان یک ایزوله‌کننده صدا نیز می‌توانند بین طبقات بکار روند.
- در تمام طول مصرف در برابر عوامل شیمیائی و میکرو ارگانسیم آب‌های زیرزمینی و خاک دوام دارند.
- عملیات تولید این مصنوعات در کارخانجات را می‌توان با کنترل کیفیت بالا انجام داد.

#### نتیجه گیری

در چند سال اخیر بحث مربوط به ضرورت گسترش استفاده از ژئوسنتتیک ها و مخصوصا نوع ژئوتکستایل آن در محافل آکادمیک، کنفرانس‌ها و مجلات تخصصی در سطح کشور مطرح شده و در پروژه های عمرانی نیز در موارد محدودی (درمقایسه با جهان) از این محصولات استفاده شده است. گرچه حرکت‌های محدود و جدیدی در راستای تولید برخی از انواع ژئوسینتتیک ها در داخل کشور، صورت پذیرفته است، اما با توجه به پتانسیل بالای کشور هم در تامین مواد اولیه (مانند صنایع پتروشیمی) و هم نیاز به استفاده از آنها در پروژه های عمرانی، شایسته است که اقدامات جدی تری در این راستا انجام گیرد. [۵]