مجله پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل
جلد هجدهم، شماره سوم، ۱۳۹۰
www.gau.ac.ir/journals

مقاومت خمشی تخته فیبر نیمه سنگین مسلح شده

فاطمه توسلی[۱]، *بهبود محبی[۲] و سعید کاظمی نجفی[۲]

[۱]دانش آموخته کارشناسی ارشد علوم چوب و کاغذ، دانشگاه تربیت مدرس،
[۲]دانشیار گروه علوم چوب و کاغذ، دانشگاه تربیت مدرس

تاریخ دریافت: ۸۸/۹/۲۳ ؛ تاریخ پذیرش: ۹۰/۳/۱۷

چکیده

این پژوهش با هدف تقویت تخته فیبر نیمه سنگین با شبکه‌های فلزی و مصنوعی برای افزایش مقاومت‌های مکانیکی انجام شد. به این منظور تخته‌های آزمونی به روش‌های معمول ساخته شدند، با این تفاوت که برای تقویت تخته‌ها از دو نوع شبکه تقویت کننده فلزی و مصنوعی استفاده شد که در نزدیک به هر دو رویه تخته‌ها و درحدود کم‌تر از ۱/٤ ضخامت تخته‌ها تعبیه گردیدند. در ساخت تخته‌ها از چسب اوره فرمالدهید استفاده شد؛ ولی در یکی از تیمارها شبکه فلزی به چسب اپوکسی آغشته گردید. مقاومت خمشی نمونه‌ها براساس استاندارد DIN EN ۳۱۰؛ اندازه‌گیری شده و مقادیر مدول الاستیسیته و مدول گسیختگی تعیین شدند. نتایج نشان داد که تقویت کننده‌های فلزی نسبت به تقویت کننده‌های مصنوعی سبب افزایش مقاومت نهایی تخته‌ها شده و شبکه فلزی با مفتول نازک نسبت به شبکه ضخیم‌تر این مهم را بیش‌تر افزایش داد. هم‌چنین شبکه‌های تقویت‌کننده فلزی که با چسب اپوکسی آغشته شده بودند نسبت به شبکه‌های بدون چسب، افزایش مقاومت بیشتری را در تخته تقویت شده ایجاد کردند.

واژه‌های کلیدی: تخته فیبر نیمه سنگین، مسلح کردن، تقویت‌کننده، مقاومت خمشی

*مسئول مکاتبه: mohebbyb@modares.ac.ir

مقدمه

در دهه‌های اخیر، یکی از اهداف مهم مهندسی در صنایع چوب افزایش توان باربری و بهبود مقاومت‌های مکانیکی فرآورده‌های چوبی می‌باشد. تلاش برای دستیابی به مقاومت‌های بالاتر و افزایش ایمنی با استفاده از مواد و روش‌های مختلف در سطح جهانی در حال انجام است. در واقع نیاز به تولید فرآورده‌های چوبی بادوام در کنار حفظ خواص مهندسی لازم افزایش یافته است و این تقاضا هر روز بیشتر از گذشته احساس می‌شود. به این علت عملکرد مطلوب و ایمنی سازه یکی از مهم‌ترین اهداف در طراحی سازه‌ها و محصولات چوبی قلمداد می‌شود و میزان مقاومت در برابر تنش‌های وارده در هنگام بهره برداری (در سرویس) اصلی‌ترین ویژگی این مصالح به شمار می‌رود. تقویت کردن یا مسلح کردن[1] به عنوان روشی نوین، برای افزایش ایمنی فرآورده‌های مرکب چوبی و سازه‌ها مطرح می‌باشد. با استفاده از روش‌های مختلف تقویت (مسلح) کردن فرآورده‌های چوبی می‌توان ویژگی‌های مکانیکی و ظرفیت تحمل بار را در عضو بهبود بخشید. در این صورت، مقاومت‌های دلخواه و یا لازم برای هر سازه با ضخامت‌های بسیار نازک‌تر تخته فیبر تقویت شده تامین می‌شود و از سوی دیگر، با افزایش دوام فرآورده‌های چوبی، مصرف مواد اولیه نیز کم‌تر می‌شود و منجر به صرفه‌جویی در مصرف چوب و سایر مواد سازنده می‌گردد. این امر سبب کاهش هزینه ساخت فرآورده‌های چوبی در کنار تقویت شدن فرآورده‌های چوبی خواهد شد. اما امکان مسلح کردن و چگونگی فرآیند تقویت کردن تخته فیبر برای افزایش مقاومت این فرآورده، نیازمند بررسی عوامل مختلف موثر بر این فرآیند می‌باشد. از جمله این عوامل ناشناخته، نقش تقویت‌کننده مورد استفاده و ویژگی‌های آن بر مقاومت‌های تخته تقویت شده می‌باشد که در این پژوهش به مطالعه این عامل پرداخته شده است تا با بررسی میزان تاثیر خصوصیات تقویت کننده بر محصول نهایی، مشخصات فنی لازم برای تقویت‌کننده‌ها معین گردد؛ تا با مشخص شدن استانداردهای لازم برای تقویت کننده، راه برای استفاده مطمئن‌تر از تقویت‌کننده‌های مختلف برای کاربردهای گوناگون گشوده شود.

در انگلستان ماکولم (۱۹۹۲) تخته فیبر تقویت شده‌ای را اختراع کرد که در آن از فلز، الیاف شیشه و الیاف کربن برای تقویت کردن استفاده شده بود. مواد تقویت کننده به‌صورت رشته، الیاف، صفحه، شبکه و غیره در داخل تخته فیبر به کار رفتند. با این اختراع، مقاومت تخته فیبر در برابر ضربه افزایش

1- Reinforcement

یافت و از میزان کرنش تخته نیز کاسته شد. دیماکیس و همکارانش (۲۰۰٦) اختراع جالبی را در کشور آمریکا به ثبت رسانیدند. آنان تخته لایه، LVL[1] و OSB[2] مسلح شده‌ای را اختراع نمودند. آن‌ها، از روش قرار دادن یک سری تارهای مسلح کننده به‌صورت طولی بین لایه‌های چوب استفاده کردند. این تارها می‌توانند از جنس فلز، پلاستیک، لاستیک، الیاف شیشه، الیاف کربن و گرافیت باشند. نتیجه این ابداع، افزایش مقاومت به ضربه، سفتی، مقاومت کششی بالا وتحمل بار بیشتر نسبت به نمونه‌های شاهد بود. در این اختراع مدول گسیختگی (MOR) ۱۸ درصد و مدول الاستیسیته (MOE) نیز در حدود ۸٤–۱۱۸ درصد بیش از نمونه‌های شاهد بودند.

در اداره ثبت اختراعات اروپا نیز ماتیاس (۲۰۰۷) تخته‌های چوبی تقویت شده‌ای را به ثبت رسانید که در آنها از یک توری بافته شده متشکل از الیاف طبیعی یا مصنوعی استفاده شده بود. توری‌های مصنوعی به کار رفته از نوع الیاف ویسکوز و رایون بوده‌اند که قبلاً در پلیمر پلاستیک خوابانده شده بودند. نتایج بررسی‌ها بیانگر افزایش مقاومت کششی و کاهش تنش‌های برشی بوده است. در این پژوهش از شبکه های فلزی و مصنوعی برای تقویت تخته فیبر نیمه سنگین استفاده شد. اثر تقویت کنندگی، تنها به مقاومت‌های مکانیکی بر می‌گردد.

سریکالا و همکاران (۲۰۰۱) با قرار دادن تصادفی الیاف شیشه بین لایه‌های یک چندسازه هیبریدی به تقویت آن‌ها پرداختند. آنان در این بررسی با تغییر مقدار و نوع الیاف و مواد تقویت کننده، اذعان داشتند که بر این اساس خواص الیاف و مواد تقویت‌کننده و بر هم‌کنش بین آنها بر عملکرد فیزیکی و مکانیکی چندسازه‌ها اثرگذار است.

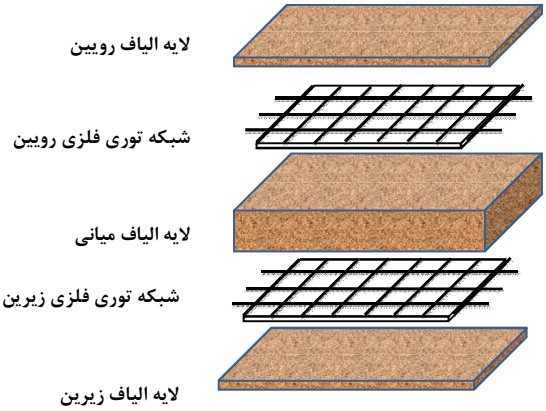
هدف این پژوهش در ادامه اندیشه تقویت کردن چندسازه‌هاست و با هدف اصلی تقویت تخته فیبر نیمه سنگین با شبکه‌های فلزی و مصنوعی برای بررسی امکان افزایش مقاومت‌های مکانیکی انجام شد. تقویت این چند سازه می‌تواند دامنه کاربرد آن را گسترده‌تر کند و حتی زمینه کاربردهای تازه‌تری را نیز بگشاید.

1- Laminated Veneer Lumber (LVL)
2- Oriented Strand Board (OSB)

مواد و روش‌ها

ساخت تخته‌های آزمونی: اساس ساخت تخته‌ها همانند روش‌های روزمره بود. با این تفاوت که در این تخته‌ها از تقویت کننده‌های فلزی و مصنوعی استفاده شد. تقویت کننده‌ها به سه گروه بودند: الف- شبکه فلزی جوش شده با چشمه‌های ۲/۵ سانتی‌متر با مفتول فولادی به ضخامت ۰/۷ میلی‌متر؛ ب- شبکه فلزی جوش شده با چشمه‌های ۲/۵ سانتی‌متر با مفتول فولادی به ضخامت ۱/۱۲ میلی‌متر؛ ج- شبکه توری نخی بافته شده (به دو حالت پیش‌تنیده و غیر پیش‌تنیده).

برای ساخت تخته‌ها، الیاف صنعتی تولید شده (مخلوط الیاف پهن برگان گوناگون) در شرکت خزر چوب تهیه شدند. و پس از خشک شدن در دمای ۲±۱۰۳ درجه سانتی‌گراد و وزن کردن بر اساس دانسیته پایه ۰/۷۵ گرم بر سانتی‌مترمکعب ۱۲ درصد چسب اوره فرم‌آلدهید (همراه با سخت کننده کلرید آمونیم در حدود ۱درصد وزن خشک) بر پایه وزن خشک الیاف، به آن افزوده شد. برای ساخت کیک، الیاف چسب خورده در درون قالبی به ابعاد ٤٠×٤٠ سانتی‌متر ریخته شدند. در هنگام ریزش الیاف، شبکه‌های مورد نظر نزدیک به هر دو رویه تخته‌ها و درحدود کم‌تر از $^{1}/_{4}$ ضخامت تخته‌ها جای گذاری شدند. برای بررسی تفاوت اثر چسب در تشکیل پیوند میان الیاف چوب با فلز تقویت کننده، تعدادی از شبکه‌های فلزی ضخیم با چسب اپوکسی آغشته شده و در جای تعیین شده قرار گرفتند. یاد آور می‌شود که محل قرار گرفتن شبکه‌ها بر اساس ضخامت نهایی تعیین گردید. بر اساس محل قرار گیری شبکه‌های تقویت کننده نسبت به ضخامت، سه لایه مجزا به وجود آمد (شکل ۱) که مقدار الیاف هرسه لایه به‌طور جداگانه وزن شدند. سپس به‌ترتیب لایه‌ها و شبکه‌های تقویت‌کننده روی هم قرار داده شده و کیک تخته فیبر تشکیل گردید. در جای گذاری شبکه‌های تقویت کننده مصنوعی دو شیوه به کار رفت. یکی این که تقویت‌کننده به‌صورت پیش‌تنیده و دیگری بدون پیش‌تنیدگی در در محل مورد نظر جای داده شدند. کیک حاصل در زیر بار پرس و تحت فشار ۳۰ بار و دمای ۱۷۵ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۱۲ دقیقه فشرده شد. ضخامت تخته‌های آزمونی با استفاده از شابلون فلزی در حد ١٦ میلی‌متر کنترل گردید. تخته‌های ساخته شده به مدت دو هفته در شرایط آزمایشگاهی نگهداری شدند تا به تعادل رطوبتی برسند. سپس کناره تخته‌ها بریده شد تا به ابعاد ۳۵×۳۵×۱/٦ سانتی‌متر برسد.



شکل ۱- شیوه قرار گرفتن لایه‌ها و شبکه‌های تقویت کننده

خمش سه نقطه‌ای: از تخته‌ها، نمونه‌های آزمون خمش به ابعاد ۳۰×۵×۱/۶ سانتی‌متر بریده شده و بر اساس استاندارد DIN EN ۳۱۰ مدول‌های الاستیسیته (MOE)[1] و گسیختگی (MOR)[2] اندازه‌گیری شدند. طول دهانه ۲۸ سانتی‌متر و سرعت بارگذاری ۹ میلی‌متر بر دقیقه بود. رابطه‌های ۱ و ۲ نیز برای محاسبه مدول‌های گسیختگی و الاستیسیته به‌کار رفتند.

$$MOE = \frac{L^3.(P_2 - P_1).}{4B.H^3.(Y_2 - Y_1)} \quad (۱)$$

$$MOR = \frac{3P.L}{2B.H^2} \quad (۲)$$

MOE= مدول الاستیسیته (MPa)، MOR= مدول گسیختگی (MPa)، P_1= ۱۰درصد بار ماکزیمم (N)، P_2 = ٤٠درصد بار ماکزیمم (N)، Y_1= تغییر طول در نقطه ۱۰ درصد بار ماکزیمم (mm)، Y_2= تغییر طول در نقطه ٤٠درصد بار ماکزیمم (mm)، L= طول دهانه[3] (mm)، B= عرض نمونه (mm)، H= ضخامت نمونه (mm)، Y_L= تغییر طول در حد تناسب (mm)، P= حداکثر بار گسیختگی (N)

تهیه تصاویر میکروسکپ الکترونی: برای بررسی مرز میان الیاف و تقویت کننده‌ها و چگونگی اتصال و نحوه چسبندگی شبکه‌ها به الیاف درون تخته، نمونه‌های کوچکی با مقطع حداکثر ۲×۲ سانتی‌متر

1- Modulls of Elasticity
2- Modulls of Rupture
3- Span

تهیه شده و پس از خشک کردن بحرانی و پوشش دادن با طلا[1]، با میکروسکپ الکترونی روبنده[2] (SEM) بررسی شدند.

تهیه تصاویر اشعه ایکس از شبکه‌های فلزی: برای مشاهده شبکه‌های تقویت کننده فلزی تعبیه شده در درون تخته‌های ساخته شده، پیش و پس از آزمون‌های سنجش مقاومت خمشی، با اشعه ایکس از نمونه‌ها عکس‌برداری شد. برای این منظور نمونه‌ها به رادیولوژی منتقل گردیدند و با تاباندن اشعه ایکس به نمونه‌ها، عکس‌برداری انجام شد. تصویر برداری با ولتاژ ٤٧ kV و جریان ١٠٠mA و سرعت ٤٠m/s صورت گرفت.

برای بررسی اثر گذاری تقویت کننده‌ها بر مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته، از طرح آماری کاملاً تصادفی متعادل و آزمون مقایسه میانگین به روش دانکن استفاده شد. حداقل تعداد نمونه‌های مورد اندازه‌گیری حدود ١٠ نمونه بود.

نتایج

استفاده از تقویت کننده‌های مختلف بر مقاومت خمشی تخته فیبر نیمه سنگین اثر معنی داری داشت و سبب افزایش چشمگیری در مقاومت‌های مکانیکی گردید (جدول ١). به‌طوری که در جدول ١ نشان داده شده است؛ اثر تقویت‌کننده‌ها بر مقاومت خمشی در سطح اعتماد آماری ٩٩ درصد معنی‌دار بود.

جدول ١- خلاصه تجزیه واریانس و گروه‌بندی دانکن مقاومت‌های مکانیکی تخته‌های فیبر تقویت شده.

پارامتر	تجزیه واریانس	گروه بندی دانکن[2]		
	تقویت کننده	١	٢	٣
مدول گسیختگی	**[1]	F،E،D	B،C،A	
مدول الاستیسیته	**	F،E،D	A	C،B

١: **: معنی‌دار در سطح اعتماد آماری ٩٩ درصد؛ ٢: گروه‌بندی دانکن از کوچک‌ترین میانگین به بزرگ‌ترین مرتب شده است.

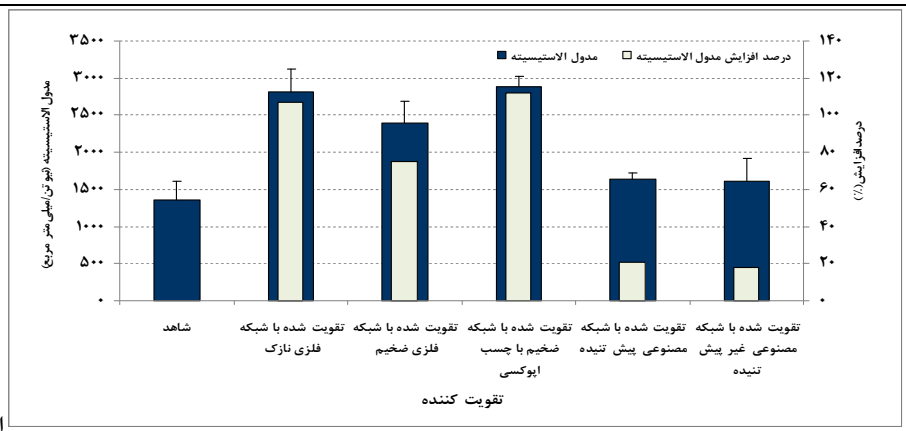
A: تقویت شده با شبکه فلزی ضخیم با چسب اوره فرمالدهید؛ B: تقویت شده با شبکه فلزی نازک؛ C: تقویت‌شده با شبکه فلزی ضخیم با چسب اپوکسی؛ D: شاهد؛ E: : تقویت شده با شبکه مصنوعی پیش تنیده؛ F: تقویت شده با شبکه مصنوعی غیرپیش‌تنیده

1- Gold alloy
2- Scanning Electron Microscope (SEM)

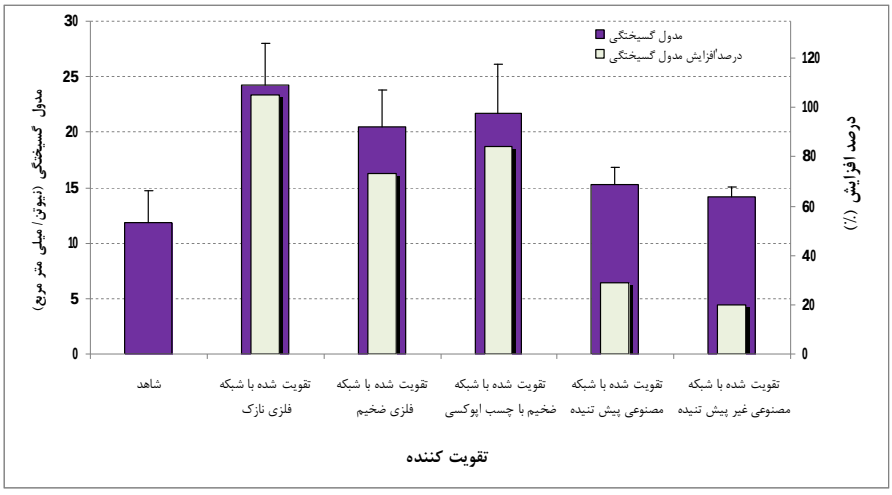
نتایج نشان دادند که استفاده از میان شبکه‌های تقویت‌کننده با هر دو جنس مختلف فلز و نخ اثر فزاینده‌ای بر مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته تخته‌ها داشت و اثر تقویت‌کنندگی شبکه‌های فلزی بسیار بالاتر بود (جدول ۱ و شکل ۲). براساس نتایج، در بین تقویت کننده‌ها، مدول الاستیسیته و مدول گسیختگی تخته‌های تقویت شده با شبکه‌های مصنوعی پایین‌تر از انواع دیگرتخته‌های تقویت شده با شبکه فلزی بود (جدول ۱). البته باید گفت که مقاومت تخته تقویت شده با شبکه‌های مصنوعی در مقایسه با شاهد افزایش پیدا کردند. درصد افزایش مقاومت تخته تقویت شده با شبکه مصنوعی نسبت به تخته فیبر معمولی برای مدول الاستیسیته تخته نهایی ۹ درصد و برای مدول گسیختگی ۲۹ درصد بوده است (جدول ۲).

جدول ۲- میانگین مدول الاستیسیته و گسیختگی تخته‌های تقویت شده و میزان افزایش مقاومت.

نوع تیمار	مدول گسیختگی (MPa)	میزان افزایش	مدول الاستیسیته (MPa)	میزان افزایش
تقویت با شبکه فلزی نازک (چسب اوره فرمالدئید)	۲٤/۲۳	٪۱۰۵	۲۸۱۸	٪ ۱۰۷
تقویت با شبکه فلزی ضخیم (چسب اوره فرمالدئید)	۲۰/٤۷	٪۷۳	۲۳۸۹	٪ ۷۰
تقویت با شبکه فلزی ضخیم (چسب اپوکسی)	۲۱/۷۷	٪۸٤	۲۸۸۷	٪۱۱۲
تقویت با شبکه مصنوعی غیر پیش تنیده	۱٤/۱۷	٪۲۰	۱٦۰۵	٪۱۷
تقویت با شبکه مصنوعی پیش تنیده	۱۵/۲۲	٪۲۹	۱٦٤۱	٪۱۹
شاهد	۱۱/۸۰	–	۱۳٦۳	–



الف

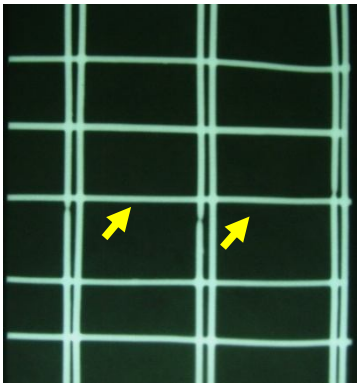


ب

شکل ۲- میانگین مدول‌های الاستیسیته (الف) و گسیختگی (ب) تخته‌ها و درصد افزایش آن پس از مسلح کردن نمونه‌ها نسبت به شاهد

از مقایسه نتایج مقاومتی تخته‌های تقویت شده با شبکه آغشته به چسب اپوکسی و بدون آغشتگی با این چسب، چنین بر آمد که با استفاده ازچسب اپوکسی، مقاومت خمشی تخته ۱۱ درصد نسبت به تخته مشابه ساخته شده با شبکه تقویتی بدون چسب اپوکسی افزایش یافت و این تخته‌ها در مقایسه با تخته فیبر معمولی یا شاهد حدود ۸٤ درصد افزایش مقاومت نشان دادند.

شکل ۳ تصویر اشعه ایکس شبکه‌های تعبیه شده در درون تخته و نقاط شکست را در آنها نشان می‌دهد. بر اساس نتایج مشخص شد که شکست در رشته‌های فلزی روی داده است. این بدین معنی است که کلیه رشته‌ها هنگامی که در زیر بار قرار داشته اند، دچار تنش شده‌اند و بیش‌تر رشته‌هایی زیرین که در زیر بار تنش کششی بوده‌اند دچار برش گردیده‌اند.

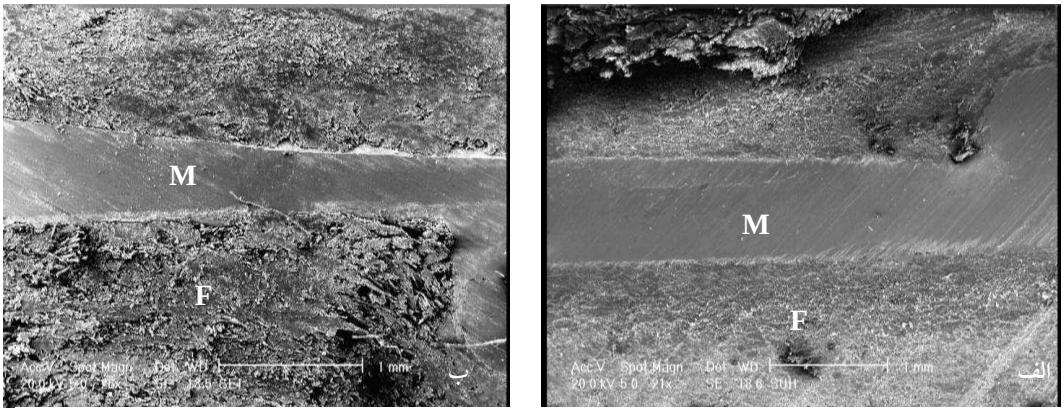


شکل ۳- نواحی شکست رشته‌های تقویت‌کننده در آزمون خمش: رشته‌های شبکه زیرین که تحت کشش قرار داشته‌اند، دچار شکست شده‌اند

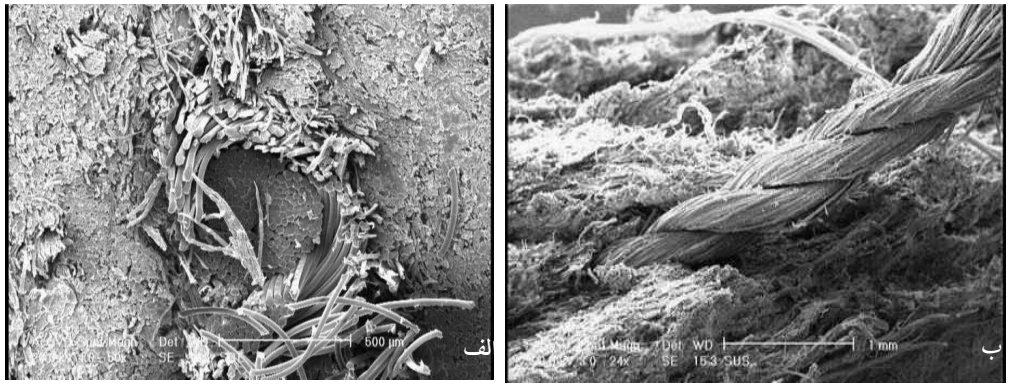
بررسی میکروسکپ الکترونی خط چسب رشته‌های شبکه و الیاف نیز بیانگر پیوستگی بالای ناشی از چسب اپوکسی و در واقع پیوند موفق الیاف چوب و فلز بود. اتصالات موفق شبکه‌های فلزی آغشته به چسب اپوکسی با الیاف مجاورش و اتصال نسبی و درگیری مکانیکی بالای شبکه‌های بدون چسب در درون الیاف در شکل ٤ دیده می‌شود. مطالعه سطح اتصال شبکه‌ها و الیاف در بررسی الکترون میکروسکپی و مقایسه آن با مقاومت‌های به‌دست آمده از تخته‌های تقویت شده در جدول ۲ تاییدکننده نقش موثر اتصال بهتر در افزایش مقاومت‌های به‌دست آمده از تخته‌های تقویت شده می‌باشد. زیرا براساس نتایج، تخته‌های ساخته شده از شبکه‌های فلزی ضخیم و آغشته به چسب، دارای مقاومت بالاتری نسبت به تخته‌های مشابه و بدون چسب اپوکسی بودند.

در شکل ۵ تحوه قرار گرفتن رشته‌های تقویت‌کننده مصنوعی دیده می‌شود. با دقت در شکل مشاهده می‌گردد که ساختار رشته‌های به گونه‌ای است که این رشته‌ها نمی‌توانند با الیاف پیوستگی

ایجاد کنند. بنابراین می‌توان پیش‌بینی کرد که جا به جایی آنها در زیر بار روی دهد. به این دلیل می‌توان چنین دریافت که افزایش مقاومت‌های مکانیکی تخته‌های ساخته شده با این رشته‌ها، احتمالاً به مقاومت ذاتی رشته‌های نام برده باز گردد.



شکل ٤- تصویر میکروسکپ الکترونی ازسطح اتصال شبکه‌های فلزی با الیاف؛ الف: شبکه آغشته شده به چسب اپوکسی پیوستگی همه جانبه فلز با چسب اپوکسی درون تخته را نشان می‌دهد؛ ب: شبکه فلزی بدون آغشتگی اولیه که می‌توان خط فاصله بین رشته و الیاف را دید؛ M: فلز؛ F: الیاف



شکل ٥- تصویر میکروسکپ الکترونی ازسطح اتصال شبکه‌های مصنوعی بافته با الیاف؛
الف: مقطع شکست نمونه، ب: محل برش

بحث

جای‌گذاری شبکه‌های تقویت‌کننده در درون تخته‌ها با هدف افزایش مقاومت‌های مکانیکی و ایمنی هر چه بیش‌تر انجام می‌گیرد. مکانیسم اثر این شبکه‌ها بر مقاومت‌ها به این ترتیب است که وقتی تخته‌ای تحت بار خمشی قرار می‌گیرد؛ در بخش فوقانی و بالای تار خنثی تنش فشاری و در پایین تار خنثی تنش کششی به وجود می‌آید (ابرهیمی، ۱۹۸۹). در تخته‌های تقویت نشده؛ الیاف هستند که به تنهایی در مقابل تنش‌های وارده مقاومت می‌کنند و میزان مقاومت‌شان به مقاومت تک تک الیاف و مقاومت اتصال بین الیاف بستگی خواهد داشت (کاوایی[1] و همکاران، ۲۰۰۱). در اثر افزایش متوالی بار، در مکان‌هایی از نمونه‌های تقویت نشده که مقدار تنش‌ها بیشتر هستند، ترک‌هایی به وجود می‌آیند که نقطه آغازین شکست‌ها می‌باشند و باعث فرو ریختن و شکست تخته می‌گردند؛ اما در تخته‌های تقویت شده چون از بخش تقویت‌کننده‌ای با مقاومت بالاتر نسبت به الیاف و در یکی از بحرانی‌ترین نقاط تخته (نزدیک به رویه‌ها) استفاده شده است؛ در صورت اعمال نیرو به تخته‌های تقویت شده، تنش وارده بین شبکه مسلح کننده و الیاف توزیع می‌شود (ژیونگ[2]، ۱۹۹۸). این تقسیم بار موجب می‌گردد که الیاف نسبت به شبکه تقویت‌کننده، سهم بار کم‌تری را تحمل کنند و بیشتر تنش‌ها روی شبکه‌های تقویت کننده اعمال شود. به این‌ترتیب با وجود پتانسیل بالای ظرفیت تحمل بار در شبکه‌های تقویتی, افزایش نهایی مقاومت در برابر خمش در تخته‌های تقویت شده دور از انتظار نیست. در این تخته‌ها (تقویت شده)، هنگامی که مقدار بار کم می‌باشد و تنش‌های وارده از میزان مقاومت کم‌تر هستند؛ تمام مقطع و بخش‌های سازنده تخته (الیاف و تقویت‌کننده‌ها) در مقابله با لنگر خمشی نقش ایفا می‌کنند. با افزایش بیش‌تر بار، ابتدا الیاف به مقاومت نهایی کششی یا فشاری خود می‌رسند و در این مرحله شبکه فلزی است که تمام تنش‌ها را تحمل می‌کند و تنها عضو مؤثر مقاومتی به شمار می‌آید و تغییر شکل تخته تحت تاثیر مقاومت شبکه به تاخیر می‌افتد. با افزایش بیش‌تر نیرو به تخته، ظرفیت نهایی تخته فرا می‌رسد و تحت تاثیر ترک‌های به‌وجود آمده در ناحیه الیاف به علت پایین‌تر بودن مقاومت آنها نسبت به بار وارده و یا شکستن رشته‌های شبکه، یا گره‌های شبکه مصنوعی و یا حتی خود شبکه، تخته به حد تسلیم خود می‌رسد و می‌شکند. به‌این‌ترتیب اثر جنس شبکه‌ها و در واقع مقاومت تقویت‌کننده‌ها نیز آشکار می‌شود. در این جا می‌توان گفت که مقاومت نهایی چند سازه

1- Kawai
2- Xiong

به مقاومت‌های تقویت کننده بستگی پیدا می‌کند (احمد[1] و همکاران، ۲۰۰۶). پس هر چه مقاومت تقویت کننده بالاتر باشد؛ انتظار می‌رود که در مقابل تنش‌های وارده به تخته مقاومت بیش‌تری از خود نشان دهد و تخته را در سطح بالاتری از بردباری در برابر تنش‌ها نگهداری کند. بنابراین استفاده از شبکه‌های تقویتی قوی‌تر، هم چون شبکه‌های فلزی به‌کار رفته، به‌علت مقاومت ذاتی بالاتر خود این شبکه‌ها نسبت به شبکه‌های مصنوعی می‌تواند قابل توجیه باشد.

حال با آغشتن شبکه‌های فلزی تقویت‌کننده با چسب اپوکسی که اتصال الیاف و فلز را بر قرار می‌کند و اثر آن بر افزایش مقاومت‌های نهایی تخته‌های مسلح شده، در حالتی که در تخته‌هایی که شبکه تقویت‌کننده هیچ اتصال شیمیایی با الیاف مجاور خود ندارد؛ انتظار می‌رود که تحت بارهای کم اولیه، فقط درگیری مکانیکی الیاف با شبکه تقویت‌کننده و چسبندگی حاصل از آن، رفتارهای مقاومتی و تغییر شکل نسبی یا کرنش در هر دو بخش سازنده تخته و به‌طور هماهنگ صورت پذیرد؛ اما تحت تنش‌های وارده بالاتر، تفاوت عملکرد شبکه و الیاف شروع می‌شود و به علت رهایی مکانیکی، شبکه تقویت کننده از الیاف مجاورش جدا می‌شود و با لغزیدن این شبکه‌ی بدون اتصال در درون الیاف کرنش و تغییر شکل تخته‌ها روی می‌دهد. در نتیجه کرنش بالاتر این تخته‌ها و رها شدن شبکه تقویت‌کننده از اتصال‌های مکانیکی ایجاد شده با الیاف، هر کدام از اجزای تشکیل دهنده تخته، به‌صورت جداگانه در مقابل بار وارده عکس‌العمل نشان می‌دهد. در این مرحله، در عمل شبکه فلزی هیچ اثر تقویت‌کنندگی روی الیاف نخواهد داشت و الیاف و شبکه تقویتی نیز هر کدام به تنهایی در مقابل بار وارده مقاومت می‌کنند. بنابراین الیاف زودتر به مرحله شکست می‌رسند و شبکه تقویت‌کننده به تنهایی تحت تنش قرار خواهد گرفت. طبیعی است که نبود انسجام بین الیاف و شبکه، تقویت کننده فلزی زودتر به نقطه جاری شدن و شکست می‌رسد.

اما در تخته‌هایی که علاوه بر پیوستگی‌های مکانیکی اشاره شده در بالا، با استفاده از چسب اپوکسی سبب اتصال شیمیایی بین الیاف و شبکه فلزی می‌شود. پیوستگی کامل و چسبندگی محکم حاصل موجب عملکرد هماهنگ این دو با هم می‌گردد و در نتیجه الیاف و شبکه همانند یک جسم واحد تغییر شکل می‌دهند. بنابراین انتظار می‌رود که تغییر شکل نسبی تخته از تغییر شکل توأم شبکه فلزی و الیاف پیرامونش تبعیت کند. بدیهی است که این پدیده تغییر شکل تحت تنش‌های خمشی را

1- Ahmed

به دنبال داشته باشد. ضخامت مفتول شبکه‌های تقویت کننده نیز اختلاف مقاومتی را در تخته‌های ساخته شده به همراه دارد. این پدیده احتمالاً به میزان پیوستگی بین الیاف و شبکه باز می‌گردد. به نظر می‌رسد که بر خلاف آغشته نبودن شبکه‌های فلزی باریک به چسب اپوکسی، بالا بودن قابلیت در هم رفتگی زیاد الیاف و رشته‌ها، منجر به اتصال قوی‌تر و درهم بافتگی موثرتر الیاف و شبکه تقویتی نازک‌تر شده باشد؛ به‌طوری که الیاف به‌طور کامل شبکه را در بر بگیرند و اتصال مکانیکی قابل توجهی با آن ایجاد کنند. به این دلیل، در هنگام تحمل بارهای وارده، شبکه فلزی نازک و الیاف نسبت به شبکه ضخیم انسجام بیش‌تری از خود نشان می‌دهند و تحت نیروهای اعمال شده بالاتری می‌شکنند.

در تخته‌های تقویت شده با شبکه فلزی ضخیم و چسب اوره فرمالدئید، می‌توان گفت که ضخامت خود شبکه تقویت کننده مانعی برای در هم بافتگی الیاف و چسبندگی بین آن‌ها می‌شود و درنتیجه الیاف نه تنها به علت ضخامت بالای رشته‌ها قادر به تحت پوشش قرار دادن کامل رشته‌های شبکه در درون تخته نمی‌باشند؛ بلکه پیوستگی کامل و کافی بین الیاف با یکدیگر و الیاف با شبکه نیز برقرار نمی‌گردد.

در تخته‌های ساخته شده از شبکه‌های مصنوعی، نبود اتصال مناسب شبکه-الیاف و پایین بودن مقاومت ذاتی رشته‌های شبکه مصنوعی در برابر رشته‌های فلزی، مقاومت تخته کم‌تر از شبکه‌های فلزی شده است.

نتیجه گیری

این بررسی با هدف افزایش مقاومت‌های خمشی تخته فیبر نیمه سنگین با شیوه به کارگیری شبکه‌های فلزی و مصنوعی و تأثیر ویژگی تقویت‌کننده بر مقاومت تخته ساخته شده انجام گردید. نتایج پژوهش نشان دادند که استفاده از تقویت‌کننده، افزایش مقاومت تخته را به همراه دارد. افزایش مقاومت خمشی تخته نیز به نوع تقویت کننده و مقاومت ذاتی آن نیز باز می‌گردد. در شبکه‌های فلزی، ایجاد پیوستگی مناسب بین الیاف و شبکه تأثیر مطلوبی بر افزایش دوام مکانیکی تخته می‌گذارد. استفاه از شبکه‌های فلزی آغشته به چسب اپوکسی منجر به ساخت تخته‌هایی با بالاترین مقاومت‌های مکانیکی شد. استفاده از شبکه‌های مصنوعی، به دلیل پیوند ناپذیری رشته‌ها و الیاف از یک سوی و قابلیت کشسانی رشته‌ها، کرنش بیش‌تر تخته را سبب می‌شود و از مطلوبیت این نوع تقویت کننده‌ها

می‌کاهد. طبیعی است که در استفاده از شبکه‌های فلزی، دیدگاه فنی برش دادن تخته‌های تقویت شده مطرح شود. در این مورد تجربه عملی نشان داد که تخته‌های تقویت شده به راحتی با ابزارهای برشی معمولی برش داده می‌شوند؛ ولی در هر حال باید به استفاده از تیغه‌های مناسبی اندیشید که از لبه‌های تقویت شده با تنگستن و یا سایر الیاژهای مناسب ساخته شده باشند.

منابع

1.Ahmed, K., Vigayarangan, S., and Rajput, C. 2006. Mechanical Behavior of Isothalic Polyester-based Untreated Woven Jute and Glass Fabric Hybrid Composites. Journal of Reinf Plast Compos. 25: 1549.
2.Dimakis, A., Brightwell, L., Kerns, J., Neogi, A., Robak, G., Schulner, T., and Smith, J.E. 2006. Reinforced Wood Product and Methods for Reinforcing a Wood Product. United States Patent No. 20060127633.
3.Ebrahimi, G. 1989. Mechanics of Wood and Wood Composites. Tehran University Press. Tehran: 686 p. (Translated in Persian)
4.European Committee for Standardization (CEN). 1993. EN 310, Wood based panels – Determination of Modulus of Elasticity in Bending Strength.
5.Kawai, S., Ohnishi, K., Okudaira, Y., Sugawara, R., and Ueda, T. 2001. Fiberboard and Manufacturing Method Thereof. United States Patent No. 6197414.
6.Malcolm, H.D. 1992. Reinforced Fiberboard. British Patent GB2248246.
7.Mathias, H. 2007. Reinforced Board. Patent No. EP1792698.
8.Sreekala, M.S., Georg, J., Kumaran, M.G. and Thomas S. 2001. The Mechanical Performance of Hybrid Phenol-Formaldehyde-Based Composites Reinforced with Glass and Oil Palm Fibers. Compos Sci Technol. 62: 339-353.
9.Xiong, G. 1998. Long Term Behavior of Steel-strip Reinforced Wood. Shaving-Cement Board Roof Panel. Cem Concr Compos. 20:4: 329-334.

Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

J. of Wood & Forest Science and Technology, Vol. 18(3), 2012
www.gau.ac.ir/journals

Bending Strength in Reinforced Medium Density Fiberboard

F. Tavassoli[1], [*]B. Mohebby[2] and S. Kazemi-Najafi[2]
[1]M.Sc Graduated of Wood Science and Technology, Tarbiat Modares University, Noor, Iran,
[2]Associate Prof., Dept. of Wood and Paper Sciences, Tarbiat Modares University, Noor, Iran
Received: 2009-12-14 ; Accepted: 2011-6-7

Abstract

Reinforcing the medium density fiberboard with metal and synthetic nets was the main object of the present study to enhance is mechanical properties. Sample boards were manufactured by routine processes. Two types of the reinforcements, steel metal and synthetic nets, were applied in both surfaces of the sample boards. The reinforcements were placed $^1/_4$ of the board thickness, adjacent to the surface layers. Urea formaldehyde resin was applied in the boards. However, a group of the metal reinforcements was embedded in epoxy resin prior to application in the boards. Bending strength of the boards were determined according to DIN EN 310 and the value of modulus of elasticity. Results revealed that the reinforcements affected the bending properties in the boards. The boards reinforced with the metal nets gained higher strengths than the synthetic ones. Application of the epoxy embedded reinforcements caused the boards to achieve the highest strengths than the others.

***Keywords*:** Medium Density Fiberboard; Reinforcement; Bending properties

[*]Corresponding Author; Email: fateme.tavasoli@gmail.com