

بررسی مقاومت کششی انواع اتصال‌های ثابت و بازشونده در تخته فیبر دانسیته متوسط

محمد غفرانی^۱، حبیب نوری^{۲*}، حسین حسینخانی^۳

^۱استادیار و ^۲کارشناس ارشد گروه صنایع چوب دانشکده مهندسی عمران دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی
^۳مربی پژوهشی، بخش تحقیقات علوم چوب و فراورده‌های آن، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور

چکیده:

در این تحقیق به اندازه‌گیری و مقایسه مقاومت کششی اتصال‌های جداشدنی و ثابت استفاده شده برای اتصال دو قطعه چند سازه تخته فیبر با متوسط (Medium Density Fiberboard) به یکدیگر، شامل اتصال گوشه ای فلزی و الیت، دابل چوبی، پیچ و بیسکویت چوبی، پرداخته شده است.

برابر استاندارد ASTM, D1761، نمونه‌های مورد آزمایش به شکل L، از دو قطعه MDF به ابعاد ۲۰cm×۱۸/۴cm ساخته شدند، تکرار در نظر گرفته شده برای هر تیمار ۵ نمونه می‌باشد. هشتاد نمونه مورد بررسی در این مقایسه و ارزیابی عبارت‌اند از: اتصال‌های ثابت شامل اتصال دابل چوبی آجدار با قطرهای ۸mm و ۱۰mm آغشته شده با چسب پلی وینیل استات، اتصال پیچ با طول‌های ۴۰mm و ۵۰mm، اتصال بیسکویت چوبی شماره ۱۰ آغشته شده با چسب پلی وینیل استات و اتصال‌های جداشدنی شامل اتصال الیت، اتصال الیت تقویت شده با دابل به قطرهای ۸mm و ۱۰mm و اتصال جداشدنی فلزی با خار و بدون خار تقویت شده با دابل به قطرهای ۸mm و ۱۰mm. در اتصال‌های ثابت جهت بررسی تاثیر روکش، از صفحه-MDF با روکش و بدون روکش استفاده شد.

بنا بر نتایج به دست آمده مقاومت اتصال گوشه ای جداشدنی خاردار بیشتر از اتصال گوشه ای جداشدنی بدون خار می‌باشد، همچنین مقاومت اتصال گوشه ای جداشدنی اتصال الیت با دابل ۱۰mm بیشتر از اتصال الیت با دابل ۸mm و اتصال الیت بدون دابل می‌باشد. مقاومت اتصال ثابت دابل ۱۰mm بیشتر از مقاومت اتصال ثابت دابل ۸mm است. مقاومت اتصال ثابت پیچ ۵cm بدون روکش نیز بیشتر از مقاومت پیچ ۴cm بدون روکش می‌باشد. بالاترین میزان مقاومت در اتصال گوشه ای خاردار با دابل ۸mm تشخیص داده شد. در اتصال‌های ثابت اتصال پیچ ۵cm بدون روکش دارای بالاترین مقاومت است. طول پیچ و روکش به ترتیب به میزان ۹۰/۴ و ۸۴/۱ درصد در بهبود مقاومت اتصال پیچ تاثیر گذار هستند. بر پایه نتایج به دست آمده همچنین دو تیمار اتصال جداشدنی خاردار با دابل ۸mm (۲۴۳۴/۹۳ نیوتن) و اتصال پیچ ۵cm بدون روکش (۳۱۵۴۵/۷۶ نیوتن) برتر تشخیص داده شدند.

واژگان کلیدی: اتصال جداشدنی، اتصال ثابت، مقاومت در برابر بار کششی، تخته فیبر دانسیته متوسط (MDF)

مقدمه:

ضعیف‌ترین نقاط در مبلمان و به‌ویژه قفسه‌های چوبی اتصال‌های آنها است لذا تجزیه و تحلیل مقاومت های مکانیکی اتصال‌های جداشدنی و مقایسه با اتصال های ثابت در مبلمان با بدنه (اسکلت) صفحه‌ای هدف اصلی این تحقیق می باشد [۱].

در صنعت چوب و در بخش محصولات صفحه ای هر روز شاهد استفاده بیشتر مواد اولیه جدید (چند سازه) مانند MDF هستیم که میزان مصرف سالیانه آن هم اکنون در سطح جهان سالانه ۸۳ میلیون متر مکعب می باشد. با عنایت به اینکه استفاده از MDF برای ساخت مصنوعات چوبی و افزایش شتاب مونتاژ در تولید، نیاز به اتصال‌های خاص خود را دارد لذا می بایست جهت انتخاب مناسب ترین اتصال‌ها در سازه های چوبی با بدنه صفحه ای تحقیقات لازم انجام شود [۲].

ساخت و مونتاژ سازه ها با استفاده از اتصال های قدیمی زمان بر است و به ماشین های گوناگون برای برشکاری و پرداخت نیاز دارد، در حالی که اتصال‌های جداشدنی را می‌توان با ابزارهای برقی قابل حمل و با شتاب تعبیه نمود. استفاده از اتصال های جداشدنی توجیه اقتصادی، فنی و کاهش هزینه حمل مصنوعات را نیز دارد. با عنایت به توسعه شهرنشینی و کاهش گستره فضاهای آپارتمانی، ظهور سازه های چوبی چند منظوره (مدولار) که قابلیت تغییر کاربری را دارند، مورد علاقه مصرف کنندگان است. در این طیف از محصولات با جابه‌جایی قطعه‌ها و اتصال دوباره می توان از آنها به صورت دیگری بهره برداری نمود، همچنین از آنجائی که این محصولات به هنگام جابجایی به آسانی قابل جمع کردن و مونتاژ دوباره می باشند، طراحی و تولید چنین محصولاتی تنها با تکیه بر اتصال-های جداشدنی مقدور است؛ لذا طراحان مبلمان ضمن ارائه طرح اینگونه محصولات مدرن، مقاومت‌های مکانیکی سازه را با رعایت کاربرد مهندسی اتصال‌های جداشدنی بهبود می‌بخشند. قطعه‌های سازه ساخته شده با اتصال های جداشدنی را می توان بارها از هم جدا و در محل دیگری مونتاژ نمود. استفاده از اتصال های جداشدنی به

لحاظ افزایش شتاب مونتاژ سازه و در نتیجه افزایش حجم تولید با استقبال خوبی در بین تولیدکنندگان مبلمان نیز روبرو شده است. در این تحقیق از اتصال های جدید مورد مصرف در صنایع مبلمان برای مقایسه مقاومت های مکانیکی با اتصال های ثابت استفاده شده است. اتصال های ثابت دارای مقاومت مکانیکی بیشتری نسبت به اتصال های جداشدنی هستند اما امروزه رقابت تولیدکنندگان این نوع اتصال ها باعث ارائه اتصال‌های مقاوم به بازار شده است؛ بنابراین میزان مقاومت مکانیکی اتصال‌های فلزی جداشدنی نیز در حد نیاز مصنوعات صفحه‌ای می‌باشد [۳]. راجاک (۲۰۰۱) به تجزیه و تحلیل اتصال‌های گوشه‌ای در مبلمان چوبی پرداخت. بر پایه نتایج این تحقیق علت اولیه ناکارایی اتصالات گوشه‌ای شکسته شدن دیواره‌ای که پیچ از درون آن عبور کرده می‌باشد [۴]. Grbac (۲۰۰۲) مقاومت اتصال‌های گوشه‌ای ماسیو و مینی فیکس را بر روی چوب راش و کاج بررسی کرده است. بنا بر نتایج این آزمایش در ابعاد و شکل همانند مقاومت اتصال (مینی فیکس) در مقایسه با اتصال چوبی ماسیو آغشته به چسب کمتر بود [۵]؛ اسمارزسکی و پریکارد (۲۰۰۲) دو نوع اتصال گوشه‌ای پلاستیکی تک پیچ و اتصال فلزی قفل شونده مورد استفاده در کابینت ساخته شده از MDF را مورد مقایسه و تجزیه و تحلیل قرار دادند، نتیجه آزمایش‌ها نشان داد که اتصال فلزی قفل شونده در سطح معنی داری مقاومت بیشتری در برابر فشار بار جانبی (130Mpa) نسبت به اتصال گوشه ای پلاستیکی (90Mpa) داشته‌اند [۳]. اکلمان و همکاران (۲۰۰۴) به بررسی اثر سطح دابل بر مقاومت این اتصال پرداختند، اتصال‌های با سطح صاف و شیار مارپیچی نتایج بهتری نشان دادند و سطح چند شیاری (شیارها مستقیم) ضعیف تر عمل کردند [۶]. بر پایه نتایج تحقیق چیا لین هو و اکلمان (۲۰۰۴) اتصال‌هایی که در آنها از پیچ به عنوان اتصال‌دهنده اصلی استفاده شد، مقاومت

دستی مقایسه نمودند. در این آزمون بالاترین مقدار مقاومت به دست آمده در اتصال بیسکوییتی با چسب پلی وینیل استات (۱۱۹۲ نیوتن) و برای چسب دسمادر (۱۲۴۹.۸ نیوتن) و برای اتصال قلیف (۱۴۹۶.۵ نیوتن) بوده است [۱۱]. آلتینوک و همکاران (۲۰۰۸) تاثیر چسب را در اتصال‌های گوشه ای مبلمان بررسی کردند، نتایج نشان داد که نوع اتصال بیشترین استحکام را برای تخته تراشه‌های ملامینی فراهم می‌کند و به ترتیب مقادیر اتصال ترکیبی ($2 \text{ N/mm}^2 / 25$)، دوبل (2 N/mm^2) و دوبل ($2 \text{ N/mm}^2 / 0.911$) بوده است [۱۲].

مواد و روشها:

عامل‌های ثابت: در این تحقیق از یک نوع تخته فیبر با چگالی متوسط با ویژگی‌های درج شده در جدول ۱ استفاده گردید.

شیوه سنجش:

برای انجام آزمایش‌ها از دستگاه آزمون کشش و فشار (یونیورسال) ساخت ایران موجود در دانشگاه شهید رجایی استفاده شد. در جدول ۲ ویژگی‌های دستگاه آزمون درج شده است.

بیشتری نسبت به اتصال‌هایی که از پیچ به عنوان اتصال دهنده کمکی استفاده شد داشته اند [۷]. Güntekin (۲۰۰۴) به بررسی مقاومت اتصال‌های الیت در تخته خرده چوب و MDF پرداخت. بر پایه نتایج به دست آمده مقاومت اتصال‌های دوبل چوبی از الیت بیشتر بوده است [۸].

غفرانی و نوری (۲۰۰۶) به اندازه‌گیری و مقایسه مقاومت انواع اتصال‌های دوبل چوبی، پیچ و الیت تعبیه شده در چند سازه تخته فیبر با دانسیته چگالی متوسط (MDF) در برابر بار برشی جانبی پرداختند. برابر نتایج به دست آمده، انواع اتصال‌های پیچ نسبت به دیگر اتصال‌های مورد بررسی دارای بیشترین مقاومت بوده‌اند [۹]؛ اسمارزسکی و اوزارسکا (۲۰۰۴) استحکام مبلمان کابینتی را مورد بررسی قرار دادند، بر پایه نتایج به نظر می‌رسد که در الگوی مهندسی محاسباتی، رفتار و طرز عمل اتصال‌های پیچ به عنوان گره‌های سخت بسیار خوش بینانه باشد اما رفتار و طرز عمل این اتصال‌ها در اتصال‌ها گوشه‌ای بی استفاده و زیان آور بوده است [۱۰]. آتار و همکاران (۲۰۰۸) در تحقیقی به بررسی اتصال بیسکوییتی بر روی تخته خرده چوب ملامینه با چسب پلی وینیل استات و چسب دسمادر در آزمون‌های فشار و کشش پرداخته و با اتصال‌های

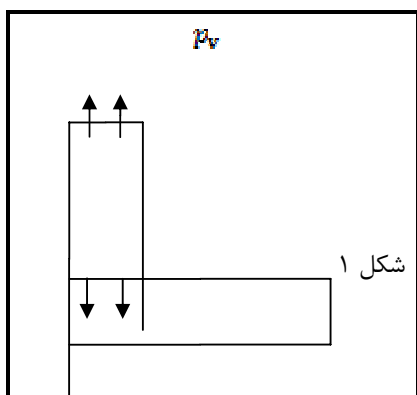
جدول ۱ ویژگی‌های صفحه MDF

مقاومت خمشی	مدول کشسانی	چگالی	ضخامت	کشور سازنده	جنس
۲/۵ Mpa	۱۶۱ Mpa	۰/۷ gr/cm ³	۱۶/۳ mm	ترکیه	MDF

جدول ۲ ویژگی‌های دستگاه آزمون

نوع دستگاه	قابلیت تنظیم شتاب بارگذاری	قابلیت سنجش میزان حرکت سینی متحرک	نرم افزار کنترل کننده	دقت شتاب بار گذاری	حساسیت نیرو سنج
دستگاه آزمون کشش و فشار (یونیورسال سری T)	۱ تا ۵۰۰ میلی متر در دقیقه	۰/۱ میلی متر	PTS (۷۳۰۰)	0/1 میلی متر در دقیقه	۰/۵ نیوتن

و اتصال پیچ با صفحه‌های MDF بدون روکش در دو سطح پیچ ۴ سانتی متر و پیچ ۵ سانتی متر می باشد، در این تحقیق از پیچ‌های یاد شده در جدول ۳ استفاده شد. برای ایجاد اتصال پیچ از مته خزینه دار استفاده و در میانه ضخامت صفحه سوراخی به قطر ۳ میلی متر تعبیه شد. عمق خزینه ۳mm و قطر آن ۸mm است. برای مونتاژ اتصال، صفحه اول که خزینه کاری شده است بر روی صفحه دوم قرار گرفته و با مته به قطر ۳ mm صفحه دوم نیز سوراخ شد. عمق سوراخ برابر طول پیچ تعیین گردید.



شکل ۱



شکل ۲



شکل ۳

در آزمایش‌های انجام شده به اتصال‌ها در امتداد قائم برابر شکل ۱ نیرو اعمال شد. وان کیان و اکلمان (۱۹۹۸) در تحقیق خود برای ساخت اتصال‌های گوشه‌ای به این شیوه عمل کرده‌اند [۱۳].

اتصال‌ها: اتصال‌های جداشدنی مورد استفاده در این پژوهش از نوع اتصال فلزی جداشدنی خاردار و بدون خار از جنس فولاد کروم کاری شده با مغزی خاردار آهنی هر کدام در سه سطح بدون تقویت دابل، با تقویت دابل ۸ میلی متر و ۱۰ میلی‌متر بوده و از ترکیب شرایط بالا با توجه به ۵ تکرار برای هر سطح، ۳۰ نمونه ساخته شد. این اتصال از دو قطعه تشکیل گردیده که با یک پیچ به هم متصل می‌شوند. قطعه مغزی توسط دو پیچ با طول ۲۰ mm به صفحه بسته می‌شود. فاصله این قطعه تا لبه صفحه ۱۷ mm است. در قطعه مغزی این اتصال خارهایی وجود دارد که موجب چفت شدن این قطعه بر روی صفحه می‌گردد. در این تحقیق از دو نوع اتصال جداشدنی خاردار و بدون خار استفاده شده تا تاثیر خارها بر عملکرد این اتصال مورد ارزیابی قرار گیرد (شکل ۲).

اتصال الیت مورد استفاده در سه سطح بدون تقویت دابل، با تقویت دابل ۸ میلی‌متر و ۱۰ میلی‌متر می باشد. با توجه به ۵ تکرار برای هر سطح ۱۵ نمونه از این اتصال ساخته شد. اتصال‌های الیت از سه قطعه تشکیل شده‌اند: رول پلاک - محور - مهره قفل شونده (شکل ۳).

رول پلاک : قطعه پلاستیکی فشرده به قطر خارجی ۱۱mm و ارتفاع ۱۰ mm؛ رول پلاک توسط ضربه در سوراخی به عمق و ارتفاع ۱۰ mm در مرکز ضخامت تخته جای می‌گیرد، لب دندانه دار رول پلاک مانع خروج آن از صفحه می‌شود.

محور: میله آهنی آبکاری شده با قطر ۶mm و طول ۴۰ mm که ۸mm طول آن رزوه شده است. قسمت رزوه شده درون رول پلاک پیچانده می‌شود.

مهره قفل شونده: در مرکز ضخامت صفحه دومی که اتصال را تکمیل کند باید سوراخی به عمق ۴۰mm و قطر ۶mm ایجاد شود. این مرحله برای چفت شدن محور در صفحه دوم انجام می‌شود در نهایت با مونتاژ کردن دو صفحه یک اتصال

گوشه‌ای شکل می‌گیرد. اتصال‌های ثابت مورد استفاده در این پژوهش شامل اتصال پیچ با صفحات MDF با روکش در دو سطح، پیچ ۴ سانتی متر و پیچ ۵ سانتی متر

جدول ۳. مشخصات پیچ‌های استفاده شده

جنس	طول خزینه (mm)	طول رزوه (mm)	ضخامت مغز (قطر ته دندان) (mm)	طول (mm)	گام دندانه (mm)	آچار خور
فولاد کم کربن	۳	۳۷	۳	۴۰	۲/۵	چهارسو
فولاد کم کربن	۳	۴۷	۳	۵۰	۲/۵	چهارسو

جدول ۴. مشخصات چسب‌های استفاده شده

رنگ ظاهری	ویسکوزیته (سانتی پواز)	P.H	دانسیته gr/cm^3	درصد مواد جامد در چسب مایع
سفید	۴۹۰۰	۳	۰/۷	۴۰

صفحه‌ها نیز به چسب آغشته شوند. پس از مونتاژ اتصال و قرار گرفتن در گیره دستی، نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت در دمای آزمایشگاه قرار داده شده تا فرایند چسبندگی به طور کامل اعمال گردد.

چسب: در این تحقیق اتصال چسب به تنهایی مورد استفاده قرار نگرفت بلکه برای تقویت اتصال دوبل، پیچ و بیسکوییتی به کار گرفته شد (جدول ۴).

طرح آماری

برای مقایسه کلی میانگین مقاومت‌ها، تجزیه واریانس یک سویه آزمون f و در بخش آمار توصیفی داده‌های موجود با استفاده از فراوانی، درصد، میانگین و انحراف معیار و دیگر داده‌ها در قالب جدول‌ها و نمودارهای آماری شد. و با توجه به اینکه نتایج آزمون نامشخصه‌ای کلموگروف اسمیرنف دال بر پیروی داده‌ها از توزیع نرمال می‌باشد [۱۳]، لذا برای بررسی فرضیه‌های پژوهش آزمون‌های مشخصه‌ای t - مستقل و تجزیه واریانس (F فیشر) مورد استفاده قرار گرفت. برای انجام این محاسبات از نرم افزار spss17 استفاده شد.

در این تحقیق اتصال پیچ در دو سطح با تقویت اتصال چسب پلی وینیل استات PVAC در صفحه‌های با روکش و بدون روکش مورد ارزیابی قرار گرفت. اتصال دوبل مورد استفاده شامل اتصال دوبل با صفحه‌های MDF بدون روکش در دو سطح دوبل ۸ میلی‌متر و ۱۰ میلی‌متر می‌باشد.

با توجه به تکرار در نظر گرفته شده تعداد ۳۰ نمونه اتصال دوبل و پیچ ساخته شد. برای ساخت نمونه‌های آزمایشی این اتصال، از دوبل‌های آجدار ساخته شده از گونه ممرز^۱ با چگالی ۰/۸ گرم بر سانتیمتر مکعب استفاده شده است. یکی دیگر از اتصال بیسکوییتی شماره ۱۰ است که ۵ نمونه از آن ساخته و مورد آزمایش قرار گرفت.

جنس بیسکوییت‌ها از چوب راش فشرده شده به ضخامت ۳ mm است. در این تحقیق از بیسکوییت شماره ۱۰ با طول ۵۳ میلی‌متر و عرض ۱۹ میلی‌متر استفاده شده است. برای ساخت این اتصال با دستگاه فرز بیسکوییتی یک شیار در مرکز ضخامت هریک از صفحه‌ها ایجاد شد. سطوح و کناره‌های بیسکوییت چسب زده می‌شود. لازم به توضیح است که برای ایجاد اتصال قوی تر، روکش صفحه‌های MDF برداشته شد تا سطح روی

تحقیق خود ابعاد نمونه‌های آزمون را برای اتصال گوشه ای چنین ابعادی پیشنهاد کرده‌اند.

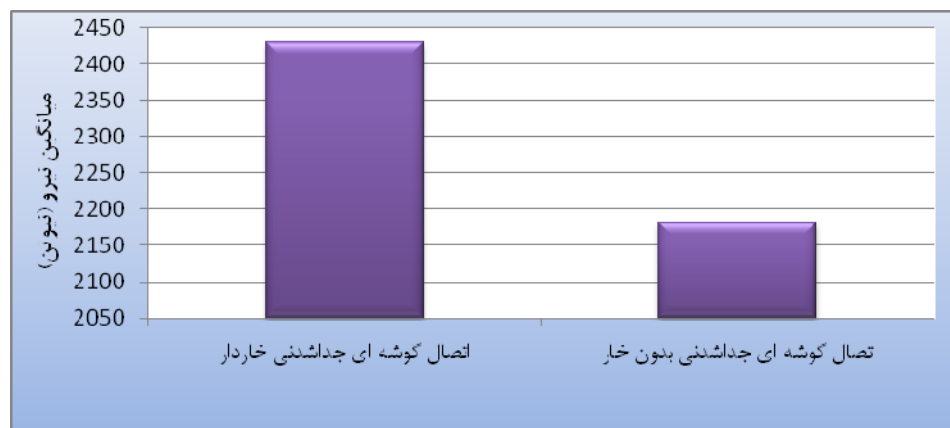
نتایج و بحث :

تأثیر مستقل خار در اتصال گوشه‌ای جدا شدنی
با توجه سطح معنی داری ۰/۸ در جدول ۵ بین مقاومت اتصال گوشه ای جداشدنی خاردار و بدون خار از نظر آماری اختلاف معنی داری وجود دارد. با دیدن نمونه‌های تخریب شده و کنده شدن قطعه زیرین اتصال که شامل خار می باشد، دیده شد که انتقال نیرو متمرکز بر خارها است و گاهی در برخی از تکرارها خار کج شده است.

در این تحقیق همه‌ی اتصال‌ها بر روی صفحه‌های MDF با ابعاد ۲۰×۲۰ سانتی متر اجرا شده است. اتصال‌های ثابت و جداشدنی در موقعیت ۴ سانتی‌متر از هر طرف لبه صفحه نصب شد که به طور مشخص برای هر نمونه اتصال دو عدد اتصال دهنده استفاده شده است. در اتصال‌های جداشدنی فلزی و الیت از دوپل به عنوان تقویت کننده به همراه اتصال اصلی استفاده شد که موقعیت آن ۶ سانتی‌متر از هر طرف لبه صفحه بوده‌است که برای هر نمونه اتصال دو عدد دوپل مورد نیاز است. لین هو و اکلمان (۱۹۹۸) در

جدول ۵ آزمون آماری تأثیر مستقل خار

آزمون برابری میانگین‌ها			آزمون لوین برای برابری واریانس‌ها			
اختلاف میانگین‌ها	سطح معنی داری	درجه آزادی	مقدار t	مقدار F	سطح معنی داری	
۲۴۹/۰۶	۰/۰۳۱	۸	۲/۶۲۳	۰/۸۰۰	۰/۰۶۹	با فرض برابری واریانس‌ها
۲۴۹/۰۶	۰/۰۳۲	۷/۴۵	۲/۶۲۳			با فرض نابرابری واریانس‌ها



شکل ۴، مقایسه میانگین مقاومت اتصال گوشه ای جداشدنی خاردار و بدون خار
تأثیر مستقل طول پیچ در اتصال ثابت پیچ

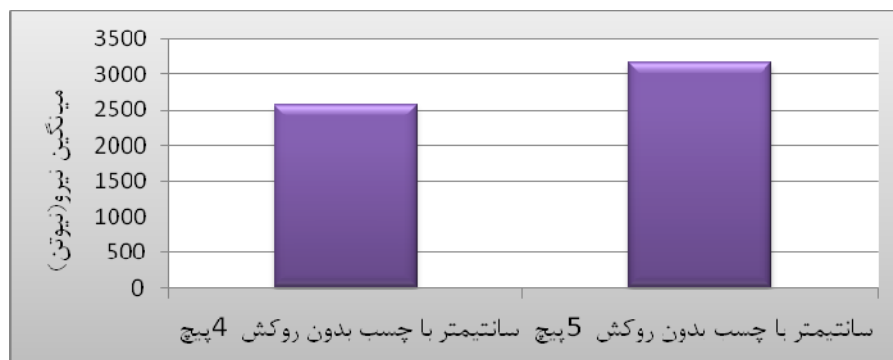
تأثیر مستقل طول پیچ در اتصال ثابت پیچ

با توجه به جدول ۶ بین مقاومت اتصال ثابت پیچ ۴ سانتیمتر با چسب بدون روکش با پیچ ۵ سانتیمتر با چسب بدون روکش از نظر آماری اختلاف معنی دار وجود دارد، در این آزمون پیچ های ۵ سانتیمتر تحمل بیشتری از خود نشان دادند، دو عدد از نمونه های پیچ ۵ سانتیمتر دچار قیچی شدن شدند که نشان دهنده این مطلب است که بدنه پیچ ۵ سانتیمتری توانسته خود را در صفحه MDF نگه دارد و ضخامت پیچ تسلیم نیرو شده است. در نمونه های پیچ ۴ سانتیمتری دیده شد که بدنه پیچ از صفحه MDF کنده شده و قیچی شدن رخ نداد.

تفاوت مقاومت اتصال پیچ ۵ با پیچ ۴ ناشی از تفاوت استحکام بین آنها و تخته ها است، به طوری که قطر، طول و شکل شیارهای پیچ ۵، با تخته اتصالی آسیب ناپذیر ایجاد کرده که در نهایت مقاومت خود پیچ فولادی تعیین کننده استحکام اتصال باشد. در پیچ ۴، پیچ به دلیل خارج شدن از تخته مجالی برای مقاومت پیدا نکرده و در نهایت استحکامی که مقاومت کمتر آن معنی دار است، ایجاد شده. در همه ی نمونه های ۴ سانتیمتر و ۵ سانتیمتر در موضع سر پیچ هیچگونه فرو رفتگی مشاهده نشد. اثر چسب بر مقاومت این اتصال مثبت ولی در مقایسه با مقاومت خود پیچ ناچیز است.

جدول ۶، آزمون آماری تاثیر مستقل طول پیچ

آزمون برای میانگین ها			آزمون لوین برای برابری واریانس ها		
اختلاف میانگین ها	سطح معنی داری	درجه آزادی	مقدار t	مقدار F	
-۵۸۹/۹۶	۰/۰۰۰	۸	-۷/۰۸۶	۰/۵۲۲	با فرض برابری واریانس ها
-۵۸۹/۹۶	۰/۰۰۰	۷/۹۵۷	-۷/۰۸۶		با فرض نابرابری واریانس ها



شکل ۵، مقایسه میانگین مقاومت اتصال ثابت پیچ ۴ و ۵ بدون روکش

جدول ۷ تجزیه واریانس اتصال گوشه ای خار و دوبل

درصد تاثیر	معنی سطح داری	مقدار F	میانگین مربعات	درجه آزادی	
٪۱۸	۰/۰۳۱	۵/۲۶۹	۱۰۳۲۹۹/۰۹۸	۱	خار
٪۸/۷	۰/۳۳۷	۱/۱۳۹	۲۲۳۲۳/۷۹۷	۲	دوبل
٪۱۲/۸	۰/۱۹۳	۱/۷۶۳	۳۴۵۷۱/۳۶۳	۲	خار*دوبل

تأثیر متقابل خار و دوبل

جداشدنی آزمون کششی نداشته اند که میزان آن ۵/۴ درصد می باشد. این افزایش کم را می توان ناشی از مستقل بودن هریک از این عاملها دانست، این دو عامل بایکدیگر ارتباطی نداشته و بر پایه این نتیجه تغییر مثبت توأم آنها نیز اثر مثبت معنا داری در پی نخواهد داشت.

تیمار برتر:

پس از انجام آزمون همگنی واریانسها و با توجه به سطح معنی داری به دست آمده که برابر ۰/۰۵۷ است فرض برابری واریانسها در مورد اتصالاتهای گوشه ای پذیرفته می شود لذا از آزمون تجزیه واریانس استفاده مینمائیم. با توجه به سطح معنی داری ۰/۰۰۰ بین مقاومت اتصالاتهای جدا شدنی در آزمون کششی اختلاف معنی داری وجود دارد لذا به منظور کشف این اختلافات از آزمون دانکن استفاده می شود.

با توجه به سطح معنی داری ۰/۰۳۱ و ۰/۳۳۷ در سطرهای اول و دوم جدول ۷، خار به میزان ۱۸ و دوبل ۸/۷ درصد در بالا بردن مقاومت اتصال گوشه ای جداشدنی اثر دارد. همچنین با بررسی سطر سوم جدول تجزیه (۰/۱۹۳) نتیجه می گیریم که تأثیر متقابل خار و دوبل تاثیر زیادی در افزایش مقاومت اتصال گوشه ای جداشدنی نداشته (۱۲/۸ درصد).

تأثیر متقابل طول پیچ و روکش در اتصال پیچ:

با توجه به سطح معنی داری داده شده در سطرهای اول و دوم جدول ۸ طول پیچ به میزان ۹۰/۴ و روکش ۸۴/۱ درصد در بالا بردن مقاومت اتصال پیچ تاثیر دارد. اما در سطر سوم طول پیچ و روکش تاثیر متقابل زیادی در بالا بردن میزان اندازه نیروی شکست اتصال گوشه ای

جدول ۸ تجزیه واریانس تاثیر متقابل طول پیچ و روکش

درصد تاثیر	معنی سطح داری	مقدار F	میانگین مربعات	درجه آزادی	
٪۹۰/۴	۰/۰۰۰	۱۵۰/۳۸۱	۱۴۹۸۷۶۸/۷۲۵	۱	طول پیچ
٪۸۴/۱	۰/۰۰۰	۸۴/۸۳۶	۸۴۵۵۳۰/۰۰۳	۱	روکش
٪۵/۴	۰/۳۵۶	۰/۹۰۴	۹۰۱۴/۶۸۳	۱	طول پیچ * روکش

جدول ۹ تجزیه واریانس اتصالاتهای جدا شدنی

معنی سطح داری	مقدار F	میانگین مربعات	درجه آزادی	مجموع مربعات	
۰/۰۰۰	۶۲/۴۱۶	۱۰۵۹۳۲۸/۸۸۵	۸	۸۴۷۴۶۳۱/۰۸۳	بین گروهی
		۱۶۹۷۲/۱۲۵	۳۶	۶۱۰۹۹۶/۴۸۶	درون گروهی
			۴۴	۹۰۸۵۶۲۷/۵۶۹	کل

جدول ۱۰ آزمون دانکن اتصال های جدا شدنی

گروه بندی بر حسب میانگین نیرو بر حسب نیوتن				تعداد نمونه	نوع اتصال جداشدنی
گروه ۴	گروه ۳	گروه ۲	گروه ۱		
			۱۳۲۹/۷۸	۵	الیت
		۱۴۹۷/۵۷۴		۵	الیت با دوپل ۸
		۱۵۴۶/۲۶۶۰		۵	الیت با دوپل ۱۰
	۲۱۸۱/۲۷۴۰			۵	بدون خار
۲۳۵۴/۷۶				۵	بدون خار با دوپل ۸
۲۳۵۶/۳۰				۵	بدون خار با دوپل ۱۰
۲۳۸۹/۱۶۸				۵	خاردار با دوپل ۱۰
۲۴۳۰/۳۳۰۰				۵	خاردار
۲۴۳۴/۹۱۶۰				۵	خاردار با دوپل ۸



شکل ۶، مقایسه میانگین مقاومت اندازه اتصال جداشدنی

اتصال برقرار شده بین اتصال گوشه ای و تخته و نقش مثبت دوپل که از چوب ماسیو با استحکام بالا و ابعاد بزرگ ساخته شده، بر این مقاومت، می باشد. دلیل دیگر این نتیجه را می توان به استحکام ضعیف بین مهره های اتصال الیت با تخته، نسبت داد.

با توجه به جدول ۱۰ اتصال گوشه ای خاردار با دوپل ۸ (میانگین ۲۴۳۴/۹۱۶۰ نیوتن) دارای بیشترین مقاومت و اتصال الیت (میانگین ۱۳۲۹/۷۸۰ نیوتن) دارای کمترین مقاومت است. مقاومت بالاتر اتصال گوشه ای خاردار با دوپل ۸ نسبت به اتصال الیت ناشی از استحکام بیشتر

اتصال های ثابت:

با توجه به سطح معنی داری ۰/۰۵۸، فرض برابری واریانس ها در مورد اتصال های ثابت پذیرفته می شود، لذا از آزمون تجزیه واریانس استفاده می نمائیم. با توجه به سطح معنی داری ۰/۰۰۰ بین مقاومت اتصال های ثابت اختلاف معنی داری وجود دارد، به منظور کشف این اختلاف ها از آزمون دانکن استفاده می شود.

جدول ۱۱، تجزیه واریانس اتصال های ثابت

معنی سطح داری	مقدار F	میانگین مربعات	درجه آزادی	مجموع مربعات	
۰/۰۰۰	۳۵/۷۱۲	۶۳۲۵۰۳/۵۹۸	۶	۳۷۹۵۰۲۲	بین گروهی
		۱۷۷۱۱/۲۴۹	۲۸	۴۹۵۹۱۵	درون گروهی
			۳۴	۴۲۹۰۹۳۷	کل

جدول ۱۲ آزمون دانکن اتصال های ثابت در آزمون کششی

گروه بندی بر حسب میانگین نیرو بر حسب نیوتن			تعداد نمونه	نوع اتصال ثابت
گروه ۳	گروه ۲	گروه ۱		
		۲۱۳۸/۶۳۸	۵	بیسکویتی
		۲۱۹۷/۰۴۰	۵	پیچ ۴ با چسب با روکش
		۲۲۵۳/۲۴۶	۵	دوبل ۸ با چسب
	۲۵۲۸/۱۱۶		۵	پیچ ۵ با چسب با روکش
	۲۵۶۵/۸۰۴		۵	پیچ ۴ با چسب بدون روکش
	۲۷۰۲/۰۸۰		۵	پیچ ۵ با چسب بدون روکش
۳۱۵۵/۷۶۶			۵	دوبل ۱۰ با چسب



شکل ۷، مقایسه میانگین مقاومت اتصال ثابت

مقایسه میانگین های تیمار برتر اتصال ثابت و جداشدنی:

با توجه به جدول ۱۴ بین مقاومت اتصال جداشدنی خاردار با دوپل ۸ و اتصال ثابت پیچ ۵ با چسب بدون روکش، از نظر آماری اختلاف معنی دار وجود دارد. بر پایه داده‌های بالا این نتیجه به دست می‌آید که اتصال ثابت پیچ ۵ دارای مقاومت بیشتری نسبت به اتصال جداشدنی است. Ozarska و Smardzewski نیز همین نتیجه را گزارش کرده اند [۱۴]. برتری اتصال پیچ را می‌توان به دلیل شکل اتصال که قطعه ای یکپارچه و فولادی است، پیوند بسیار مستحکم آن با تخته و نقش چسب دانست؛ در این مقایسه به نظر می‌رسد بیشترین اختلاف بین این دو اتصال ناشی از استحکام چفت شدن بین پیچ و تخته و آسانی آزاد شدن اتصال دیگر از تخته باشد.

با توجه به داده های جدول ۱۲ اتصال ثابت دوپل ۱۰ با چسب (میانگین نیروی ۳۱۵۵/۷۶۶ نیوتن) بیشترین و اتصال ثابت بیسکوییتی (میانگین نیروی ۲۱۳۸/۶۳ نیوتن) دارای کمترین مقاومت میباشد. Liu و Eckelman تایید می‌کنند که اتصال دوپل ۱۰ دارای مقاومت بیشتری نسبت به اتصال دوپل ۸ است و همچنین بیان می‌کنند که دوپل ها از خود

صفحه‌های دارای استحکام بیشتری دارند [۱۳]. مقایسه ظاهری اتصال های دوپل و بیسکوییتی با یکدیگر نشان می‌دهد که ماده چوبی به کار رفته برای ساخت اتصال دوپل بسیار بیشتر از اتصال بیسکوییتی است، جهت‌گیری الیاف و سطح چسب‌خور بسیار بیشتر اتصال دوپل نیز دیگر برتریهای این اتصال می‌باشد.

جدول ۱۳ آمار توصیفی مقایسه اتصال ثابت و جداشدنی

گروه	حجم نمونه	میانگین	انحراف معیار	انحراف معیار از میانگین
اتصال جداشدنی خاردار با دوپل ۸	۵	۲۴۳۴/۹۱۶	۱۶۶/۹۳۶	۷۴/۶۵۶۴
اتصال ثابت پیچ ۵ با چسب بدون روکش	۵	۳۱۵۵/۷۶۶	۱۳۶/۴۲۸۱	۶۱/۰۱۲۵

جدول ۱۴ آزمون آماری مقایسه اتصال ثابت و جداشدنی

آزمون لوین برای برابری میانگین ها				آزمون لوین برای برابری واریانس ها		
اختلاف میانگین ها	سطح معنی داری	درجه آزادی	مقدار t	سطح معنی داری	مقدار F	
-۷۲۰/۸۵۰	۰/۰۰۰	۸	-۷/۴۷۶	۰/۴۸۸	۱/۵۲۹	با فرض برابری واریانس ها
-۷۲۰/۸۵۰	۰/۰۰۰	۷/۶۹۵	-۷/۴۷۶			با فرض نابرابری واریانس ها



شکل ۸، مقایسه میانگین مقاومت اتصال جداشدنی و ثابت

نتیجه گیری :

داده های به دست آمده نشان می‌دهد که اندازه نیروی شکست اتصال گوشه‌ای جداشدنی خردار بیشتر از اتصال گوشه‌ای جداشدنی بدون خار است. مدل شکست برای همه‌ی اتصال‌های ساخته شده از MDF هماهنگی دارد و در همه‌ی مواردی که از اتصال دهنده‌های پیچی استفاده شده‌است جایی که رزوه شده، محل شکست است. این نتیجه همسو با نظر Ozcisfi و Atar (۲۰۰۷) می‌باشد [۱۵]. با دیدن نمونه‌های تخریب شده ملاحظه شد وجود خار تاثیری بر افزایش یا کاهش مقاومت اتصال ندارد، به لحاظ اینکه قطعه زیرین اتصال در شماری از نمونه‌ها دچار آسیب شد و بیشتر پیچ منفرد خود اتصال که دو قطعه را بهم متصل می‌کند از جای خود بیرون آمده است. در موارد دیگر هر دو پیچ قطعه بالایی اتصال از صفحه‌های MDF کنده و مقداری نیز خمیده شده‌اند. با مقایسه انواع اتصال جداشدنی، مقاومت مکانیکی این اتصال مناسب به نظر می‌رسد. لازم به یادآوری است در قطعه بالایی اتصال ی به دلیل استحکام بیشتر آن نسبت به قطعه پایینی و تخریب زودتر این قطعه هیچگونه تغییر شکلی روی نداد.

بنابر نظر تانکوت و همکاران (۲۰۰۹) استحکام اتصال‌ها در کشش به چسبندگی درونی تخته و استحکام آن در برابر شکاف خوردن در لایه میانی مربوط می‌شود [۱۶]. در این تحقیق شکست در لایه میانی تخته دیده شد که سبب تسلیم اتصال در برابر نیرو است. در برخی نمونه‌های آزمایشی، شکست در میانه ضخامت تخته در سرتاسر طول صفحه پایینی ادامه پیدا کردند. طول شکستگی در اغلب موارد بین ۳ تا ۴ سانتی‌متر است. در آزمون اتصال جداشدنی به همراه دوپل به دلیل استفاده نکردن از چسب دوپل‌ها از تخته درآمده و در عمل نقشی در بالا بردن مقاومت اتصال ندارد. مقاومت اتصال ثابت پیچ ۵ cm با چسب با روکش بیشتر از مقاومت پیچ ۴ cm با چسب با روکش می‌باشد. مدل شکست برای همه‌ی اتصال‌های ساخته شده از MDF هماهنگی دارد و در همه‌ی مواردی که از اتصال پیچ استفاده شده جایی که رزوه شده محل شکست است. علت گسست و تسلیم اتصال پیچ در هنگام اعمال نیرو، شکسته شدن دیواره‌ای است که پیچ از درون آن عبور کرد و نه قسمت انتهایی عضو که پیچ را وارد می‌کنیم. مقاومت اتصال الیت با دوپل ۱۰ برابر با مقاومت

اتصال الیت با دوپل ۸ واتصال الیت بدون دوپل می‌باشد. با دیدن نمونه هنگام آزمون دیده شد که عضو تحتانی از محدوده تحمل نیرو خارج می‌شود و سبب وارد نشدن نیرو به رولپلاک در صفحه زیرین می‌شود. استحکام اتصال در کشش به استحکام کششی سطح تخته مربوط می‌شود. این نتیجه با بررسی‌های غفرانی و همکاران (۲۰۰۶) همخوان می‌باشد [۹]. بنابر نظر Ho و Eckelman (۲۰۰۱) اعمال نیرو می‌باید در جهت مماس با اتصال باشد تا لنگر خمشی تاثیر منفی بر محاسبه نیرو نداشته باشد [۱۷]. مقاومت اتصال ثابت پیچ ۵ cm با چسب بدون روکش نیز بیشتر از مقاومت اتصال پیچ ۴ cm با چسب بدون روکش است. در این حالت چسب بر مقاومت اثری نداشته و عامل اختلاف تفاوت بین پیچ‌ها است. تانکوت و همکاران (۲۰۰۹) تایید میکنند که چسب تاثیر مثبتی بر افزایش مقاومت اتصال پیچ دارد [۱۶]. نبود روکش سبب پیوستگی بهتر در خط چسب و در نهایت پایداری بیشتر اتصال در برابر نیرو می‌شود. مقاومت اتصال ثابت پیچ ۵ سانتی‌متر با چسب بدون روکش بیشتر از اتصال پیچ ۵ سانتی‌متر با چسب با روکش است. علت گسست و تسلیم اتصال پیچ در هنگام اعمال نیرو، شکسته شدن دیواره‌ای است که پیچ از درون آن عبور کرد و نه قسمت انتهایی عضو که پیچ وارد می‌شود. در زمینه تاثیر روکش هیچ بررسی توسط محققان صورت نگرفته است. در نمونه‌های بدون روکش دیده می‌شود نیروی چسبندگی چسب مانع از تسلیم اتصال در برابر نیرو می‌شود. خط چسب چنانچه یکنواخت در بین دو سطح گسترده شده باشد مانع از قیچی شدن پیچ می‌شود. در نمونه‌های با روکش می‌توان گفت که در اثر تشکیل نشدن پیوند مناسب از سوی چسب، تنش وارد شده به خط چسب با شتاب تغییر مکان داده و به پیچ منتقل می‌شود. در اتصال پیچ چنانچه خط چسب دارای پیوستگی کامل باشد واز صفحه‌های بدون روکش برای ساخت اتصال استفاده شود به میزان ۸۴ درصد مقاومت اتصال افزایش پیدا خواهد کرد. در نمونه‌های آزمایش شده بیشتر شاهد بیرون آمدن پیچ از صفحه‌ها بوده که دلیل آن قوی‌تر بودن بدنه پیچ از ساختار الیافی صفحه‌ها است. مقاومت اتصال ثابت دوپل ۸ با چسب بیشتر از مقاومت اتصال ثابت دوپل ۱۰ با چسب می‌باشد. حالت شکست اتصال‌هایی که با دوپل درست شده‌اند با حالتی که از بست‌های مکانیکی استفاده شده

کمترین مقاومت می باشد. در بین اتصال های ثابت مقاومت اتصال پیچ ۵cm با چسب (میانگین نیروی ۳۱۵۵/۷۶۶) دارای بیشترین اندازه و مقاومت اتصال ثابت دابل ۱۰ (میانگین نیروی ۲۱۳۸/۶۳۸) دارای کمترین اندازه است. نتیجه بالا با بررسی های انجام شده توسط غفرانی و نوری (۲۰۰۶) و همچنین Ho و Eckelman (۲۰۰۱) که اتصال پیچ را به عنوان تیمار برتر معرفی نمودند هماهنگی دارد [۹] و [۱۷]. در اتصال پیچ ۵ بدون روکش شاهد تاثیر زیاد روکش در مقاومت این اتصال هستیم.

تفاوت دارد. دابل ها باعث ایجاد ترک در انتهای تخته می- شوند و به ویژه در مواردی که اتصال ها از دابل ۱۰ استفاده می شود، در خمش و استحکام اتصال باعث ایجاد شکست در لبه پایین می شود. در تحقیقی که توسط غفرانی و نوری (۲۰۰۶) صورت گرفت همین نتیجه به دست آمد [۹]. مشهود ترین توضیح برای این پدیده این است که چسب مقاومت تخته را در منطقه اتصال افزایش می دهد، بنابراین شکست در خارج از این ناحیه صورت می گیرد. در بین انواع اتصال های جداشدنی اتصال گوشه ای خاردار با دابل ۸ (میانگین نیروی ۲۴۳۴/۹۱۶۰) دارای بیشترین مقاومت و اتصال الیت (میانگین نیروی ۱۳۲۹/۷۸۰) دارای

- [1] Ebrahimi G. 2007. Structural Engineering Design Furniture. Tehran university press. Tehran, Iran, 647 p. (in persian)
- [2] Esfandyari A. taghavinegad B. 2007. Study of Furniture Industry and wooden construction. Non-metal industry office Ministry of Industries and Mines, 815p. (in persian)
- [3] Smardzewski, J., and Prekard S., 2002. Stress Distribution in Disconnected Furniture Joints, Electronic Journal of Polish Agricultural Universities 7 (1) 503-509
- [4] Rajak Z. I. B. H. A. and Eckelman C. A., 2001. Lecturer, Dept . of Wood tech., MARA Institue of Technology, Malaysia.
- [5] Grbac I., Tkales S., Tvelic Z., 2002. Testing the strength of beech (*fagus sylvatica* L.) and pine (*pinus sylvatica* L) corner joints, *drvana industrija* 48(4): 195-204
- [6] Smardzewski, J., and ozarska, B., 2002. Rigidity of cabinet furniture with semi-riged joints of the confirmat type, *Electronic Journal of Polish Agricultural Universities* 9(2): 1328-1335
- [7] Ho, C., and Eckelman A., 2004. Use of performance tests in evaluating joint and fastener strength in case furniture, *Forest Products Journal* 11(3): 294-303
- [8] Guntekin, E., 2004. Performances of furniture joints ready for fitting. *Wood Technic* (5): 17-21
- [9] Ghofrani, M. Noori, H. 2006. Lateral holding strength of wooden dowel, screw and ready-to-assemble joints constructed of medium density fiber board, *Iranian journal of wood and paper science research* 24 (2), 231-243 (in persian)
- [10] Smardzewski, J. Papuga T., 2004. Stress Distribution In Angle Joints Of skeleton furniture, *Electronic Journal of Polish Agricultural Universities* 18(1): 90-98.
- [11] Atar, M., Ozcifci, A., Altinok, M. and Celikel, U., 2008. Determination of diagonal compression and tension performances for case furniture corner joints constructed with wood biscuits, *Materials and Design* (30): 665-670
- [12] Altinok, M., Huseyin Tas, H. and Cimen, M. 2008. Effects of combined usage of traditional glue joint methods in box construction on strength of furniture, *Materials and Design* (30) 3313-3317

- [13] liu, W., eckelman A. 1998. Effects of number of fasteners on the strength of corner joints for cases. *Forest Products Journal*. 48,(1) 93-95
- [14] ozarska B., smardzewski j. 2005. Rigidity of cabinet furniture with semi-rigid joints of the confirmat type, *Materials and Design*, 55: 56-63
- [15] Atar, M. and Ozcisfi A., 2007. The effects of screw and back panels on the strength of corner joints in case furniture, *Materials and Design* 56 (4) 35-40.
- [16] Tankut, N. A. and tancut N., 2009. investigation the effects of fastener, glue and composite material types on the strength of corner joints in case-type furniture construction, *Materials and Design* 29 (3) 519-525
- [17] Ho C., Eckelman A., 2001. use of performance tests in evaluating joint and fastener strength in case furniture, *Forest Products Journal* 30 (7) 665-670

Study on the tensile strength of ready-to-assemble and fixed corner joints on medium density fiberboard

M. Ghofrani¹, H. Noori^{*2}, H. Hosseinkhani³

¹Assistant Professor, ²MSc of Wood Science & Technology Department, Shahid Rajaei Teacher Training University, Faculty of Civil Engineering

³ member of scientific board-research institute of forests and rangelands

Abstract

In this research measurement and comparison of tensile strength of disassemble and fixed joints made with members out of MDF were investigated. Experimental joints were made with connectors, such as hardware pieces, elite, dowel, screws and biscuits.

Experimental specimens were made by following D1761 ASTM specification. Joints' member had cross-section 20cm×18.4cm. Each treatment had 5 specimens and totally 80 specimens were tested.

Evaluation included fixed joints made with dowel (8 and 10mm in diameter) 40 and 50mm long screws and number 10 biscuit, as well as disassemble joints made with elite, reinforced elite by dowel (8 and 10mm in diameter). Also, experiments was extended on disassemble joints made with hardwares (toothed and smooth ones) in combination with wooden dowels (8 and 10 mm). Joint members were overlaid and plain MDF, to evaluate effects of overlayment. PVA glue was applied in all joints fabrication.

Results have shown that toothed hardwares functioned better than smooth ones, in corner joints. In disassemble doweled joints, those made with larger dowels, both with elite and without elite, were stronger. Larger screws, in both cases, overlaid and plain joint members, have shown higher strength.

Key words: Prefabricated, Joints, Fixed, Tensile strength, Withdrawal, Dowel

* Corresponding author: habibnoori@yahoo.com