

بررسی ظرفیت لنگر خمشی اتصال گوشه‌ای فارسی ساخته‌شده با قلیف در تخته خرده چوب و تخته فیبر نیمه سنگین (MDF)

چکیده

این مطالعه با هدف بررسی تأثیر عمق نفوذ (۸، ۱۱ و ۱۴) میلی‌متر و جنس قلیف (تخته فیبر سنگین (HDF))، تخته لایه و چوب ممرز (*Carpinus betulus*) بر ظرفیت لنگر خمشی اتصال‌های گوشه‌ای فارسی (L شکل) ساخته‌شده از تخته خرده چوب و MDF انجام شد. در این پژوهش اتصال‌های L شکل با ابعاد ۱۶ × ۲۳۰ × ۱۶۰ میلی‌متر (به ترتیب طول × پهنا × ضخامت) و اتصال‌دهنده قلیف با چسب پلی‌وینیل استات ساخته شدند. اتصال‌های ساخته‌شده با وسیله دستگاه اینسترون در حالت بارگذاری کششی و فشاری مورد آزمون قرار گرفتند. نتایج نشان دادند که ظرفیت لنگر خمشی در حالت بارگذاری فشاری بیشتر از کششی است. کمترین ظرفیت لنگر خمشی در حالت بارگذاری کششی مربوط به اتصال ساخته‌شده از تخته خرده چوب با قلیف از جنس تخته لایه و عمق نفوذ ۱۴ میلی‌متر بوده و بیشترین آن مربوط به اتصال ساخته‌شده از MDF با قلیف از جنس تخته لایه و عمق نفوذ ۱۴ میلی‌متر بود. در حالت بارگذاری فشاری کمترین ظرفیت لنگر خمشی مربوط به اتصال ساخته‌شده از تخته خرده چوب با قلیف از جنس چوب و عمق نفوذ ۱۱ میلی‌متر بوده و بیشترین آن مربوط به اتصال ساخته‌شده از MDF با قلیف از جنس HDF و عمق نفوذ ۸ میلی‌متر بود.

واژگان کلیدی: اتصال گوشه‌ای، ظرفیت لنگر خمشی، قلیف، تخته خرده چوب، MDF.

کامبیز راشدی^{۱*}

^۱ دانش آموخته کارشناسی ارشد صنایع چوب و کاغذ، واحد علوم تحقیقات دانشگاه آزاد اسلامی تهران، ایران

مسئول مکاتبات:
k.rashedi@ut.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۲/۲۱

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱۲/۰۸

مقدمه

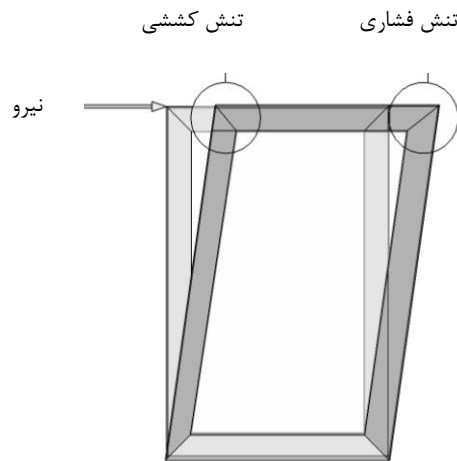
در مورد اهمیت اتصالات در ساخت مبلمان Eckelman (۲۰۰۳) بیان کرده است که اتصالات به‌طور معمول ضعیف‌ترین بخش هر قطعه مبلمان و دلیل اصلی شکست در آن است [۱]. اتصال فارسی به دلیل ظرافت و مقاومت، یکی از اتصال‌های مورد استفاده در صنعت مبلمان و قطعاتی نظیر کابینت آشپزخانه، قفسه و... است. این نوع

اتصال به‌طور معمول با دابل، بیسکویت و یا قلیف به همراه چسب استفاده می‌شود. از این‌رو، یکی از این اتصال‌دهنده‌ها، قلیف است که به‌صورت نواری از چوب، HDF یا تخته لایه و... تهیه می‌شود. اتصال‌های گوشه‌ای در مبلمان تحت تأثیر نیروهای خارجی زیادی مانند نیروهای فشاری، کششی، برشی و لنگر خمشی قرار می‌گیرند که در بین آن‌ها لنگر خمشی

از همه مخرب‌تر است [۲]. شکل ۱ این لنگر را نشان می‌دهد.

مطالعات متعددی درباره ظرفیت لنگر خمشی اتصال های گوشه‌ای انجام شده است. Eckelman و Lin (۱۹۹۷) ظرفیت لنگر خمشی اتصال‌های گوشه‌ای ساخته شده با قلیف با قالب‌گیری تزریقی را مطالعه کردند و نشان دادند که اتصال‌های ساخته شده با این روش مقاومت قابل ملاحظه‌ای از خود نشان می‌دهد و مقاومت آن‌ها به طور چشمگیری به شکل ظاهری قلیف بستگی دارد. آن‌ها نشان دادند که مقاومت این نوع اتصالات با

اتصالات ساخته شده با دوبل و پیچ قابل مقایسه است [۳]. Zhang و Eckelman (۱۹۹۳) ظرفیت لنگر خمشی اتصال‌های گوشه‌ای ساخته شده از تخته خرده چوب با یک پین چوبی را بررسی کردند. نتایج این بررسی نشان داد، افزایش قطر پین از ۶/۴ به ۱۹ میلی‌متر و همچنین افزایش عمق نفوذ در عضو سطحی از ۶/۴ به ۱۵/۹ میلی‌متر تأثیر معنی‌داری بر ظرفیت لنگر خمشی داشت. ولی تغییر عمق نفوذ عضو لبه از ۱۹ تا ۳۸ میلی‌متر تأثیر معنی‌داری بر ظرفیت لنگر خمشی نداشت [۴].



شکل ۱- نیروهای قطری خارجی که اتصال‌های گوشه‌ای مبلمان تحت تأثیر آن قرار می‌گیرند.

Zhang و Eckelman (۱۹۹۳) ظرفیت لنگر خمشی اتصال‌های گوشه‌ای ساخته شده از تخته خرده چوب با پین چندتایی را بررسی کردند. نتایج این بررسی نشان داد که حداکثر ظرفیت به ازای هر پین، در حداقل فاصله بین پین‌ها ۷/۵ سانتی‌متر به دست می‌آید. علاوه بر این آن‌ها اظهار کردند که بین ظرفیت لنگر خمشی اتصالات در بارگذاری کششی و فشاری تفاوت معنی‌داری وجود دارد. همچنین این پژوهشگران عنوان کردند ظرفیت لنگر خمشی اتصال در حالت بارگذاری فشاری به مقاومت چسبندگی داخلی تخته ارتباط داشته ولی ظرفیت لنگر خمشی در حالت بارگذاری کششی تحت تأثیر چسبندگی بین سطوح قرار می‌گیرد [۵]. Tankut (۲۰۰۵) نشان داد که بیشترین ظرفیت لنگر خمشی در اتصال‌های ساخته شده با دوبل

زمانی به دست می‌آید که فاصله بین دوبل‌ها ۹۶ میلی‌متر است. بیشترین کاهش ظرفیت لنگر خمشی زمانی دیده شد که فاصله بین دوبل‌ها ۶۴-۳۲ میلی‌متر بود که دلیل آن را به هم‌پوشانی ناحیه شکست بین دوبل‌ها نسبت دادند [۶]. بعضی مطالعات نشان داده‌اند که عوامل تأثیرگذار بر ظرفیت لنگر خمشی نوع پانل، نوع اتصال و چسب به کاررفته برای ساخت اتصال است [۷].

Norvydas و همکاران (۲۰۰۵) تأثیر چسب بر ظرفیت لنگر خمشی اتصال‌های گوشه‌ای L ساخته شده با دوبل را بررسی کرد و نشان داد که مقاومت هر دوبل وقتی که فاصله بین مرکز سوراخ‌های دوبل و فاصله بین سوراخ دوبل و لبه اتصال مناسب باشد، به طور چشمگیری افزایش پیدا می‌کند. فاصله مناسب دوبل تا لبه پانل برای

گوشه‌ای ساخته شده با بیسکویت را بررسی کردند و نشان دادند که ظرفیت لنگر خمشی اتصال‌های ساخته شده با MDF بیشتر از تخته خرده چوب است و اتصال‌های سربه‌سر دارای ظرفیت لنگر خمشی بیشتر از اتصال‌های سربه‌سر بود [۱۲]. از آنجایی که قلیف یکی از اتصال‌دهنده‌هایی است که برای تقویت اتصال‌های گوشه ای فارسی و سربه‌سر برای ساخت مبلمان صفحه‌ای به کار می‌رود، در این مطالعه تأثیر جنس پانل، عمق نفوذ و جنس قلیف بر ظرفیت لنگر خمشی اتصال‌های گوشه‌ای L در حالت بارگذاری کششی و فشاری بررسی می‌شود.

مواد و روش‌ها

مواد مورد استفاده در این مطالعه تخته فیبر نیمه سنگین (MDF) و تخته خرده چوب با روکش ملامینه و ضخامت ۱۶ میلی‌متر که به ترتیب از شرکت آراین سینا و شرکت پارس تهیه شد. برای ساخت قلیف از تخته فیبر سنگین (HDF)، تخته سه لایه و چوب ممرز (*Carpinus betulus*) (برش در جهت طولی) با ضخامت ۳ میلی‌متر استفاده شد.

دانسیته و درصد رطوبت نمونه‌ها بر اساس استاندارد EN ۳۲۳ و EN ۳۲۲ برای پانل و ASTM D۲۳۹ برای چوب اندازه‌گیری شد [۱۳، ۱۴ و ۱۵]. چسبندگی داخلی (IB)، مدول گسیختگی (MOR) و مدول الاستیسیته (MOE) تخته خرده چوب و MDF بر اساس استاندارد EN ۳۱۰ (۶) و EN ۳۱۰ (۶) اندازه‌گیری شد [۱۶ و ۱۷]. بعضی از خواص اصلی پانل‌ها و قلیف در جدول ۱ آورده شده است.

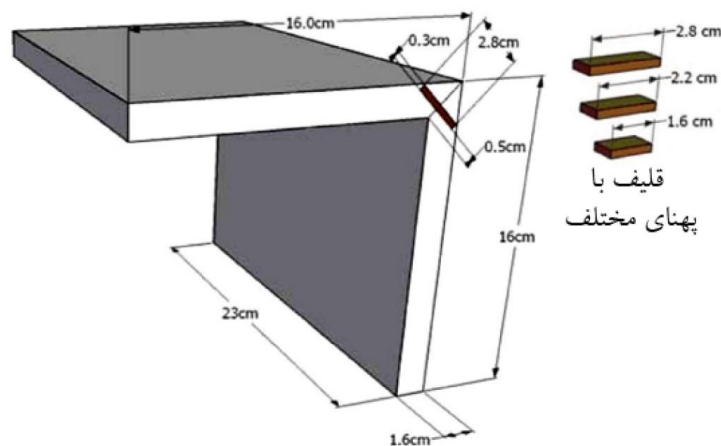
تخته خرده چوب با ضخامت ۱۶ میلی‌متر باید بیشتر از ۵۰ میلی‌متر و برای تخته خرده چوب با ضخامت ۱۸ میلی‌متر باید بیشتر از ۵۵ میلی‌متر باشد [۸]. Tankut و Tankut (۲۰۱۰) تأثیر جنس لبه چسبان پلی وینیل کلراید (PVC)، ملامین و روکش چوب، ضخامت لبه چسبان (۰/۴، ۱ و ۲ میلی‌متر) را بر ظرفیت لنگر خمشی اتصال‌های ساخته شده از تخته خرده چوب و MDF در حالت بارگذاری فشاری و کششی بررسی کردند. نتایج این مطالعه نشان داد که ظرفیت لنگر خمشی در حالت کششی بیشتر از فشاری است و نمونه‌های با لبه چسبان ظرفیت لنگر خمشی بیشتری از خود نشان داد. نمونه‌های ساخته شده از MDF دارای ظرفیت لنگر خمشی بیشتری از نمونه‌های ساخته شده با تخته خرده چوب بود [۹]. Tankut و Tankut (۲۰۰۹) تأثیر نوع اتصال‌دهنده (قلیف، بیسکویت و دوپل با شیار مارپیچی و صاف)، نوع چسب و جنس پانل بر ظرفیت لنگر خمشی را بررسی کردند و نشان دادند که ظرفیت لنگر خمشی در حالت بارگذاری کششی بیشتر از فشاری است. مقاومت اتصال‌های ساخته شده با MDF و دوپل با شیار مارپیچی بیشتر است. همچنین نتایج نشان داد که تأثیر نوع چسب بر ظرفیت لنگر خمشی چشمگیر است [۱۰]. Tas (۲۰۱۰) ظرفیت لنگر خمشی اتصال‌های گوشه‌ای ساخته شده با پروفیل چوبی (کاج قرمز) و بدون پروفیل با چسب پلی وینیل استات، پلی مارین و پروکال (پلی اورتان پایه) را بررسی کردند و نشان دادند که نمونه‌های ساخته شده با پروفیل و چسب سیلیکون را می‌توان برای ساخت اتصال‌هایی با کیفیت و طول دهانه بیشتر به کار برد [۱۱]. Atar و همکاران (۲۰۰۹) ظرفیت لنگر خمشی اتصال‌های

جدول ۱- بعضی از خواص اصلی پانل‌ها و قلیف

خواص	IB (مگا پاسکال)	MOE (مگا پاسکال)	MOR (مگا پاسکال)	دانسیته (گرم بر سانتیمتر مربع)
نوع پانل				
MDF	۰/۵۵	۳۵۷۴	۲۱/۳	۰/۶۲
تخته خرده چوب	۰/۸	۳۶۴۱	۱۷	۰/۶۴
تخته سه لایه	---	۲۱۷۳	۳۰/۷	۰/۷۹
چوب ممرز	---	۱۱۲۱۵/۶۷	۱۲۱/۷۵۳	۰/۷۱
HDF	---	۳۲۱۹	۳۳/۷۱	۰/۶۵

(به ترتیب طول \times پهنا \times ضخامت) برش داده شد و یک گوشه آن به صورت فارسی بریده شد. در گوشه فارسی شده هر قطعه شیاری برای جا دادن قلیف ایجاد شد. نمای ظاهری نمونه مورد استفاده در این مطالعه در شکل ۲ آورده شده است.

چسب به کاررفته در این تحقیق چسب سفید نجاری (پلی وینیل استات (PVA)) با $\text{pH} = 5$ با درصد مواد جامد ۶۰ درصد و دانسیته ۱/۰۸ گرم بر سانتیمتر مربع بود. پانل مورد استفاده با اندازه $16 \times 23 \times 1.6$ میلی‌متر



شکل ۲- نمای ظاهری نمونه مورد استفاده در این مطالعه

در جدول ۲ نشان داده شده است. برای انجام آزمون از دستگاه اینسترون مدل ۴۴۸۶ استفاده شد. سرعت بارگذاری ۵ میلی‌متر بر دقیقه در نظر گرفته شد. نوع بارگذاری در شکل ۳ نمایش داده شده است. برای محاسبه ظرفیت لنگر خمشی از بار حداکثر طبق فرمول زیر استفاده شد:

$$M_c = P_{\max} \times y_c \quad (1)$$

$$M_t = 0.5 P_{\max} \times y_t \quad (2)$$

که در آن M_c ظرفیت لنگر خمشی در بارگذاری فشاری و M_t ظرفیت لنگر خمشی در بارگذاری کششی (نیوتن متر)، P_{\max} حداکثر بار برای هر نمونه (نیوتن)، y_c بازوی لنگر در بارگذاری فشاری (متر)، y_t بازوی لنگر در بارگذاری کششی (متر) است.

داده‌های به دست آمده با نرم افزار SPSS تحلیل آماری شد. از آزمون دانکن برای مقایسه میانگین‌ها استفاده شد. تمام مقایسه‌ها در سطح معنی‌داری ۵ درصد انجام شد.

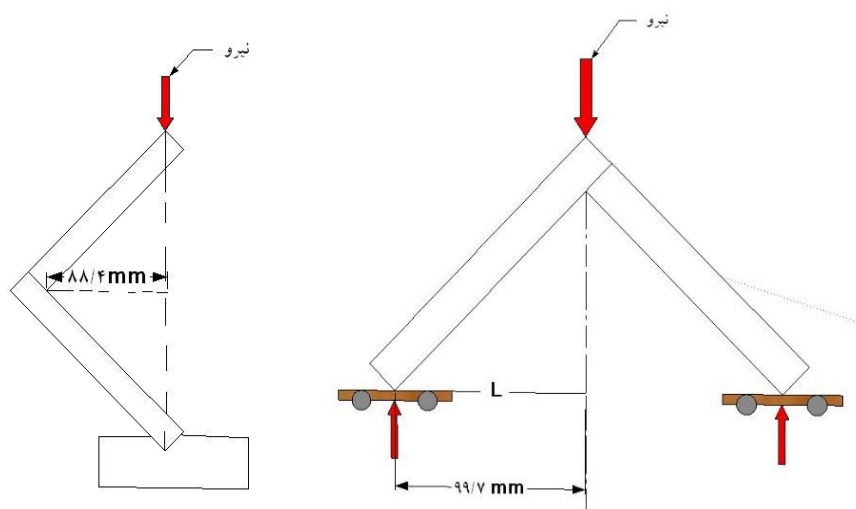
قلیف مورد استفاده در این مطالعه از HDF، تخته سه لایه و نوار چوب ممرز (*Carpinus betulus*) با اندازه $3 \times 23 \times 2.8$ میلی‌متر (طول و ضخامت) و با سه پهنا ۸، ۱۱ و ۱۴ میلی‌متر بریده شد. HDF در جهت ماشین، چوب مورد استفاده در جهت طولی و تخته لایه در جهت عرضی برش داده شد. بعد از عمل برش قطعات بریده شده در اتاق کلیما با رطوبت نسبی (65 ± 1) درصد و دمای (دمای 23 ± 2 C) به مدت ۲ هفته نگهداری شد تا به رطوبت ۱۲ درصد برسد. سپس، قلیف با چسب PVA در درون شیاری قرار داده شد و بعد از عمل چسب زنی نمونه‌ها با پیچ‌دستی^۱ به هم بسته شد و برای مدتی برای سخت شدن چسب در کارگاه گذاشته شد. بعد از سخت شدن چسب به مدت ۲ هفته، نمونه‌ها در اتاق کلیما قرار گرفت تا به رطوبت ۱۲ درصد برسند. سپس نمونه‌های آزمون برای انجام آزمون ظرفیت لنگر خمشی مورد استفاده قرار گرفت.

در مجموع ۱۴۴ نمونه تهیه شد و مورد آزمون قرار گرفت و برای هر تیمار ۴ تکرار در نظر گرفته شد. تیمارها

^۱ C-Clamp

جدول ۲- ترکیب نمونه‌های آزمونی

نوع بارگذاری	جنس اعضای اتصال	جنس قلیف	عمق نفوذ	تعداد تکرار	مجموع
کششی × فشاری	تخته خرده چوب × MDF	ممرز × تخته سه لایه × HDF	۸ × ۱۱ × ۱۴	۴	۱۴۴



الف) بارگذاری کششی
ب) بارگذاری فشاری
شکل ۳- نوع بارگذاری مورد استفاده در این مطالعه [۸]

ظرفیت لنگر خمشی در حالت بارگذاری کششی

جدول ۵ تأثیر مستقل نوع تخته را بر ظرفیت لنگر خمشی تحت بارگذاری کششی نشان می‌دهد. مشاهده می‌شود که ظرفیت لنگر خمشی تخته خرده چوب بیشتر از MDF است. می‌توان گفت در اتصال گوشه‌ای فارسی ظرفیت لنگر خمشی به چسبندگی سطحی، مقاومت خمشی قلیف، چسبندگی داخلی تخته و سطح تحمل بار بستگی دارد.

در جدول ۵ مشاهده می‌شود که قلیف از جنس چوب با عمق نفوذ ۸ میلی‌متر ظرفیت لنگر خمشی بیشتری دارد. وقتی اتصال گوشه‌ای L تحت بارگذاری کششی قرار می‌گیرد ظرفیت لنگر خمشی آن بیشتر متأثر از چسبندگی سطحی و سطح تحمل بار است. چسبندگی بهتر بین تخته و قلیف از جنس چوب و همچنین کاهش سطح تحمل بار با افزایش عمق نفوذ قلیف، باعث افزایش ظرفیت لنگر خمشی اتصال با قلیف چوبی با عمق نفوذ کم شده است. در شکل ۴ مدهای شکست اتصال زیر بار کششی نشان داده شده است.

نتایج و بحث

مقادیر ظرفیت لنگر خمشی و انحراف معیار مربوط به هر کدام در جدول ۳ آمده است. همان‌طوری که در جدول مشاهده می‌شود اتصال L تحت بارگذاری فشاری و کششی رفتار متفاوتی از خود نشان می‌دهد. نتایج این مطالعه نشان داد که ظرفیت لنگر خمشی تحت بارگذاری فشاری بیشتر از حالت کششی است.

نتایج تجزیه واریانس در جدول ۴ ارائه شده است. معنی‌داری بودن عوامل مطالعه شده در این جدول نشان داده شده است. در حالت بارگذاری فشاری عمق نفوذ قلیف بر ظرفیت لنگر خمشی تأثیر معنی‌داری نداشت. درباره اثر متقابل عوامل مطالعه شده، مشاهده می‌شود که در حالت بارگذاری کششی و فشاری اثر متقابل نوع تخته × عمق نفوذ تخته و همچنین اثر متقابل نوع تخته × جنس قلیف × عمق نفوذ قلیف بر ظرفیت لنگر خمشی معنی‌دار نیست.

جدول ۳- مقادیر ظرفیت لنگر خمشی و انحراف معیار مربوط به هر کدام در حالت بارگذاری کششی و فشاری

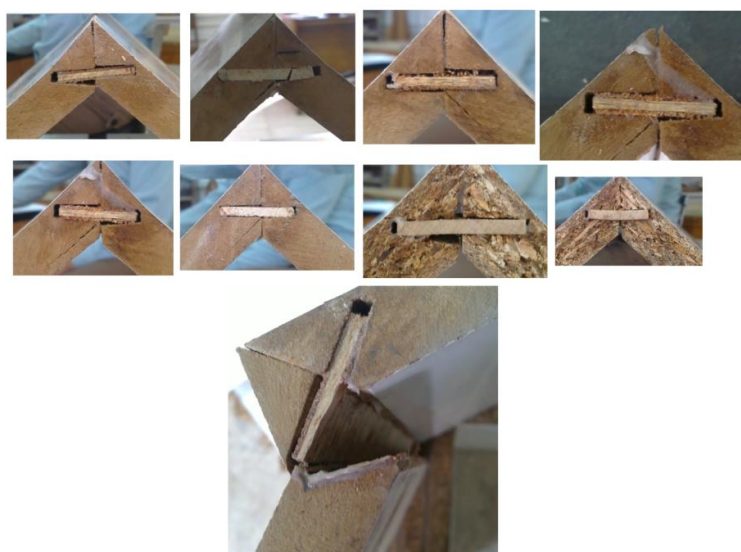
جنس پانل	جنس قلیف	عمق نفوذ قلیف (میلی متر)	نوع بارگذاری	
			کشش (N.m)	فشار (N.m)
HDF		۸	۶۸/۰۷(۹/۵) *	۲۶/۸۱(۶/۸)
		۱۱	۶۶/۵۳(۹)	۲۶/۲۸(۴/۳)
		۱۴	۵۱/۰۰(۰/۷)	۲۵/۳۷(۳/۳)
MDF	تخته لایه	۸	۴۱/۱۵(۶/۹)	۲۶/۲۵(۱/۵)
		۱۱	۵۱/۴۲(۶/۹)	۱۸/۳۲(۲/۷)
		۱۴	۵۰/۰۷(۳/۳)	۱۶/۲۳(۱/۶)
چوب		۸	۳۵/۵۶(۱/۸)	۳۰/۷۸(۱/۲)
		۱۱	۳۰/۱۱(۶)	۲۸/۳۸(۱/۳)
		۱۴	۴۶/۰۶(۷/۷)	۳۵/۵۰(۲/۲)
HDF		۸	۵۵/۴۹(۳/۶)	۲۴/۷۶(۲/۹)
		۱۱	۵۳/۰۹(۴)	۲۷/۷۰(۳/۲)
		۱۴	۴۵/۰۲(۳/۱)	۲۸/۵۸(۱/۸)
تخته خرد چوب	تخته لایه	۸	۳۵/۲۰(۲/۲)	۲۸/۴۳(۶/۲)
		۱۱	۴۲/۹۷(۴/۴)	۲۵/۲۷(۲/۸)
		۱۴	۳۸/۳۳(۵/۸)	۱۳/۶۵(۱/۵)
چوب		۸	۲۵/۰۰(۳/۵)	۳۸/۷۳(۰/۳)
		۱۱	۳۰/۱۱(۷)	۳۴/۶۶(۲/۵)
		۱۴	۴۶/۰۶(۷/۷)	۳۹/۲۹(۳/۸)

* اعداد داخل پرانتز انحراف معیار تیمارها را نشان می دهد.

جدول ۴- جدول تجزیه واریانس در حالت بارگذاری کششی و فشاری

بارگذاری کششی				
Sig.	F	میانگین مربعات	درجه آزادی	منابع تغییرات
۰/۰۰۰*	۱۵/۲۴۶	۱۶۱/۰۱۴	۱	نوع تخته
۰/۰۰۰*	۹۷/۳۸۰	۱۰۲۸/۴۶۱	۲	جنس قلیف
۰/۰۰۸*	۵/۳۴۸	۵۶/۴۸۴	۲	عمق نفوذ قلیف (میلی متر)
۰/۰۲۶	۳/۹۲۰	۴۱/۴۰۵	۲	نوع تخته * جنس قلیف
۰/۱۹۳	۱/۶۹۵	۱۷/۹۰۳	۲	نوع تخته * عمق نفوذ قلیف
۰/۰۰۰*	۱۵/۲۳۴	۱۶۰/۸۸۹	۴	جنس قلیف * عمق نفوذ قلیف
۰/۰۶۵	۲/۳۶۲	۲۴/۹۴۲	۴	نوع تخته * جنس قلیف * عمق نفوذ قلیف
بارگذاری فشاری				
Sig.	F	میانگین مربعات	درجه آزادی	منابع تغییرات
۰/۰۰۰*	۲۲/۳۲۴	۷۳۷/۸۸۰	۱	نوع تخته
۰/۰۰۰*	۶۷/۷۸۳	۲۲۴/۴۸۰	۲	جنس قلیف
۰/۸۳۶	۰/۱۸۰	۵/۹۴۶	۲	عمق نفوذ قلیف (میلی متر)
۰/۰۰۸*	۵/۳۵۷	۱۷۷/۰۶۵	۲	نوع تخته * جنس قلیف
۰/۹۱۵	۰/۰۸۹	۲/۹۳۲	۲	نوع تخته * عمق نفوذ قلیف
۰/۰۰۰*	۱۶/۴۲۲	۵۴۲/۸۱۸	۴	جنس قلیف * عمق نفوذ قلیف
۰/۶۱۰	۰/۶۷۸	۲۲/۴۱۱	۴	نوع تخته * جنس قلیف * عمق نفوذ قلیف

* معنی دار بودن در سطح ۹۵ درصد



شکل ۴- مدهای شکست نمونه‌ها زیر بارکششی

ظرفیت لنگر خمشی به ترتیب ۱۰، ۶۱ و ۹ درصد تغییر می‌کند.

نتایج جدول ۵ نشان می‌دهد که تحت بارگذاری کششی با تغییر نوع تخته، جنس قلیف و عمق نفوذ قلیف

جدول ۵- اثر مستقل عوامل مورد مطالعه بر ظرفیت لنگر خمشی تحت بارگذاری کششی

گروه‌بندی دانکن	انحراف معیار	ظرفیت لنگر خمشی (نیوتن متر)		
	۶/۲۹	۲۵/۹۹	MDF	اثر نوع تخته
	۸/۰۲	۲۸/۷۳	تخته خرده چوب	
B	۳/۸۰	۲۶/۵۸	HDF	اثر جنس قلیف
A	۶/۳۲	۲۱/۳۶	تخته لایه	
C	۴/۴۸	۳۴/۳۸	چوب	
A	۵/۶۸	۲۸/۸۸	۸	اثر عمق نفوذ قلیف (میلی‌متر)
A	۵/۵۷	۲۶/۷۷	۱۱	
A	۹/۷۸	۲۶/۴۴	۱۴	

ظرفیت لنگر خمشی در حالت بارگذاری فشاری
جدول ۷ تأثیر مستقل عوامل مطالعه شده بر ظرفیت لنگر خمشی در حالت بارگذاری فشاری را نشان می‌دهد. مشاهده می‌شود که ظرفیت لنگر خمشی MDF بیشتر از تخته خرده چوب است. در حالت بارگذاری فشاری اثر مقاومت خمشی قلیف و چسبندگی سطحی بر ظرفیت لنگر

جدول ۶ اثر متقابل عوامل مورد مطالعه بر ظرفیت لنگر خمشی تحت بارگذاری کششی را نشان می‌دهد. مشاهده می‌شود که بیشترین تغییر در ظرفیت لنگر خمشی در اثر متقابل جنس و عمق نفوذ قلیف ۱۵۰ درصد و کمترین تغییر آن در اثر متقابل نوع تخته و عمق نفوذ قلیف ۲۳ درصد است.

که MDF ظرفیت لنگر خمشی بیشتری نسبت به تخته خرده چوب داشته باشد. به علت مقاومت خمشی بهتر HDF، ظرفیت لنگر خمشی اتصال با قلیف HDF بیشتر از چوب و تخته لایه است. همان طوری که در جدول ۷ دیده می‌شود ظرفیت لنگر خمشی اتصال با قلیف با عمق نفوذ بیشتر اندکی بیشتر است که دلیل آن را می‌توان به سطح چسب خور بیشتر آن نسبت داد (شکل ۵).

خمشی بیشتر است. از آنجایی که چسب مورد استفاده چسب PVA که یک چسب تماسی است بوده و همچنین با توجه به اینکه در چسب‌های تماسی هر چه سطح تماس صاف‌تر باشد چسبندگی بهتر خواهد بود بنابراین سطح شیار ایجاد شده برای جاسازی قلیف در MDF صاف‌تر از تخته خرده چوب بوده در نتیجه چسبندگی سطحی بهتری بین سطوح قلیف و MDF ایجاد شده و این امر باعث شده است

جدول ۶- اثر متقابل عوامل مورد مطالعه بر ظرفیت لنگر خمشی تحت بارگذاری کششی

گروه‌بندی دانکن	انحراف معیار	ظرفیت لنگر خمشی (نیوتن بر متر)	نوع تخته
BC	۴/۵۹	۲۶/۱۵	تخته فیبر
A	۴/۸۶	۲۰/۲۷	تخته لایه
D	۳/۴۳	۳۱/۵۵	چوب
C	۲/۹۵	۲۷/۰۲	تخته فیبر
AB	۷/۵۷	۲۲/۴۵	تخته لایه
E	۳/۳۴	۳۷/۴۶	چوب
A	۴/۲۶	۲۷/۹۴	۸
A	۵/۲۹	۲۴/۳۳	۱۱
A	۸/۵۲	۲۵/۷۰	۱۴
A	۶/۹۹	۲۹/۹۱	۸
A	۴/۸۸	۲۹/۲۱	۱۱
A	۱۱/۲۳	۲۷/۱۷	۱۴
C	۴/۹۶	۲۵/۷۹	۸
C	۳/۵۷	۲۶/۹۹	۱۱
C	۲/۹۸	۲۶/۹۸	۱۴
C	۴/۳۴	۲۷/۳۴	۸
B	۴/۵۱	۲۱/۷۹	۱۱
A	۱/۹۹	۱۴/۹۴	۱۴
DE	۴/۳۵	۱۹/۳۴	۸
D	۳/۸۲	۳۱/۵۲	۱۱
E	۳/۵۳	۳۷/۴۰	۱۴



شکل ۴- مد شکست نمونه‌ها زیر بار فشاری

نتایج جدول ۷ نشان می‌دهد که تحت بارگذاری فشاری با تغییر نوع تخته، جنس قلیف و عمق نفوذ قلیف می‌کند.

ظرفیت لنگر خمشی به ترتیب ۱۵، ۵۳ و ۱ درصد تغییر می‌کند.

جدول ۷ - تأثیر مستقل عوامل مطالعه شده بر ظرفیت لنگر خمشی در حالت بارگذاری فشاری

گروه‌بندی دانکن	انحراف معیار	ظرفیت لنگر خمشی (نیوتن بر متر)		
	۱۳/۴۰	۴۸/۸۸	MDF	اثر نوع تخته
	۹/۲۹	۴۲/۵۰	تخته خرده چوب	
C	۹/۸۱	۵۷/۰۳	HDF	اثر جنس قلیف
B	۷/۵۸	۴۳/۱۹	تخته لایه	
A	۸/۶۹	۳۷/۲۴	چوب	
A	۱۳/۷۶	۴۵/۵۲	۸	اثر عمق نفوذ قلیف (میلی متر)
A	۱۴/۳۹	۴۵/۷۰	۱۱	
A	۶/۴۶	۴۶/۱۴	۱۴	

متقابل جنس و عمق نفوذ قلیف ۱۰۵ درصد و کمترین تغییر آن در اثر متقابل نوع تخته و عمق نفوذ قلیف ۱۷ درصد دیده می‌شود.

جدول ۸ اثر متقابل عوامل مورد مطالعه بر ظرفیت لنگر خمشی تحت بارگذاری فشاری را نشان می‌دهد. مشاهده می‌شود که بیشترین تغییر در ظرفیت لنگر خمشی در اثر

جدول ۸ - اثر متقابل عوامل مورد مطالعه بر ظرفیت لنگر خمشی تحت بارگذاری فشاری

گروه‌بندی دانکن	انحراف معیار	ظرفیت لنگر خمشی (نیوتن بر متر)		
C	۱۰/۵۶	۶۱/۸۶	تخته فیبر	نوع تخته×جنس قلیف
B	۷/۲۰	۴۷/۵۴	تخته لایه	
A	۸/۶۴	۳۷/۲۴	چوب	
B	۵/۵۳	۵۱/۷۶	تخته فیبر	تخته خرده چوب
A	۵/۱۸	۳۸/۸۴	تخته لایه	
A	۹/۱۷	۳۷/۲۴	چوب	
A	۱۶/۰۷	۴۸/۲۶	۸	MDF
A	۱۶/۹۸	۴۹/۳۵	۱۱	
A	۴/۹۵	۴۹/۰۴	۱۴	
A	۱۰/۶۶	۴۲/۵۲	۸	نوع تخته×عمق نفوذ قلیف (میلی متر)
A	۱۰/۷۶	۴۲/۰۶	۱۱	
A	۶/۶۰	۴۲/۹۷	۱۴	
E	۹/۴۵	۶۱/۷۸	۸	تخته خرده چوب
E	۹/۶۴	۵۹/۸۱	۱۱	
D	۳/۶۹	۴۸/۴۳	۱۴	
BC	۵/۷۳	۳۸/۱۷	۸	تخته فیبر
D	۷/۰۰	۴۷/۱۹	۱۱	
CD	۷/۶۶	۴۴/۲۰	۱۴	
AB	۲/۴۰	۳۵/۳۲	۸	جنس قلیف×عمق نفوذ قلیف (میلی متر)
A	۵/۵۲	۳۰/۱۱	۱۱	
D	۷/۱۵	۴۶/۰۶	۱۴	
			چوب	

نتیجه‌گیری

- ظرفیت لنگر خمشی اتصالات ساخته شده در این مطالعه در حالت بارگذاری فشاری بیشتر از کششی بود.

- ظرفیت لنگر خمشی نمونه‌های ساخته شده با MDF در حالت بارگذاری فشاری بیشتر از تخته خرده چوب بود ولی در حالت بارگذاری کششی عکس این قضیه دیده شد.

- در حالت بارگذاری کششی بیشترین ظرفیت لنگر خمشی نمونه‌های ساخته شده با قلیف از جنس چوب و عمق نفوذ ۸ میلی‌متر و در حالت بارگذاری فشاری بیشترین آن در نمونه‌های ساخته شده از جنس HDF و عمق نفوذ ۱۴ میلی‌متر دیده شد.

- با توجه به نتایج این مطالعه جنس قلیف و نوع تخته بیشترین تأثیر را بر ظرفیت لنگر خمشی در هر دو حالت بارگذاری فشاری و کششی داشت.

- در هر دو حالت بارگذاری فشاری و کششی عمق

نفوذ قلیف تأثیر چندانی بر ظرفیت لنگر خمشی نداشت.

- نتایج نشان داد که تغییر ظرفیت لنگر خمشی با تغییر عوامل مورد مطالعه در این تحقیق در حالت بارگذاری کششی بیشتر از فشاری است. به همین دلیل لازم است تا هر اتصال در برابر این نوع بار تقویت شود. با توجه به نتایج حاصل از این پژوهش از راه‌های تقویت اتصالات گوشه‌ای می‌توان انتخاب درست عواملی که بیشترین تأثیر را بر ظرفیت لنگر خمشی دارد و همچنین استفاده از لبه چسبان عنوان کرد.

- با توجه به عدم معنی‌دار بودن عمق نفوذ بر ظرفیت لنگر خمشی در هر دو حالت بارگذاری کششی و فشاری و همچنین از آنجایی که با افزایش عمق نفوذ قلیف ماده مورد استفاده برای تهیه قلیف و چسب مورد استفاده برای جاسازی آن افزایش می‌یابد، پیشنهاد می‌شود که از قلیف با عمق نفوذ ۸ میلی‌متر برای ساخت اتصال استفاده شود.

منابع

- [1] Eckelman, C.A., 2003. Textbook of product engineering and strength design of furniture. West Lafayette, Purdue University Press, p 210-221.
- [2] Jones, A. and Lutes, R., 1993. Handbook of joinery. New York, USA. Sterling Press. 463p.
- [3] Eckelman, C.A., and L, F.C. 1997. Bending Strength of Corner Joints Constructed with Injection Molded Splines. Forest Products Journal, 47(4):89-92.
- [4] Zhang, J.L. and Eckelman, C.A., 1993. The bending moment resistance of single-dowel corner joints in case construction. Forest Products Journal, 43(6):19-24.
- [5] Zhang, J.L. and Eckelman, C.A., 1993. Rational design of multi dowel corner joints in case construction. Forest Products Journal, 43(11/12):52-58.
- [6] Tankut, A.N., 2005. Optimum dowel spacing for corner joints in 32 mm cabinet construction. Forest Products Journal, 55(12):100-104.
- [7] Abdolzadeh, H., Ebrahimi, Gh., Layeghi, M., Ghassemieh, M. and Mirshokrai, S. A., 2014. Mechanical properties of Beech-Furfuryl alcohol wood pollymer. Iranian Journal of Wood and Paper Industries, 4(2): 131-140. (In Persian).
- [8] Norvydas, V. and Juodeikienė, I., Minelga, D., 2005. The influence of glued dowel joints construction on the bending moment resistance. Material Science, 11(1):36-39.
- [9] Tankut, A.N. and Tankut N., 2010. Evaluation the effects of edge banding type and thickness on the strength of corner joints in case-type furniture. Material & Design, 31(29):56-63.

- [10] Tankut, A. N. and Tankut, N., 2009. Investigations the effects of fastener, glue, and composite material types on the strength of corner joints in case-type furniture construction. *Material & Design*, 30(41):75-82.
- [11] Tas, H.H., 2010. Strength properties of L-profiled furniture joints constructed with laminated wooden panels. *Scientific Research and Essays*, 5(6): 45-50.
- [12] Atar, M. and keskin, H., Peker, H., ustundag, A., Togay, A., candan, Z., 2010. Impacts of different joint angles and adhesives on diagonal tension performances of box-type furniture. *Bioresources*, 5(1):343-355.
- [13] Determination of moisture content wood-based panels. German version EN 323, 1993.
- [14] Determination of moisture content wood-based panels. German version EN 322, 1993.
- [15] Standard test methods for specific gravity of wood and wood-base materials, Annual Book of ASTM Standard, D 2395, 1999.
- [16] Determination of tensile strength perpendicular to the plane of the board. German version EN 319, 1993.
- [17] Determination of modulus of elasticity in bending and of bending strength. German version EN 310, 1993.

Investigation on bending moment capacity of corner joints constructed with spline under diagonal tension and compression

Abstract

This study was conducted to evaluate the effects of the penetration depths (8, 11, 14 mm) and material types of spline (high density fiber board (HDF), plywood, and hornbeam wood (*Carpinus betulus*)) on bending moment resistance of mitred L-type joints in MDF and particleboard. In this research, L-type joints were fabricated with spline and PVA adhesive with dimensions of 160 × 230 × 16 mm (length × width × thickness, respectively). Joints were tested by an Instron machine under tension and compression loading. The results showed that the bending moment resistance of joints under compression was higher than those under tension. The lowest bending moment resistance under tension was seen in particleboard and plywood spline with 14 mm penetration depth while under compression, it was seen in particleboard, and HDF spline with 11 mm penetration depth. The highest bending moment resistance under tension was seen in MDF, and plywood spline with 14 mm penetration depth while under compression, it was seen in MDF, and HDF spline with 8 mm penetration depth.

Key words: L-type joints, bending moment resistance, spline, particleboard, MDF.

K. Rashedi¹*

¹ M.Sc., wood and paper science, Science and research branch, Islamic Azad university, Tehran, Iran

Corresponding author:
k.rashedi@ut.ac.ir

Received: 2016/05/10
Accepted: 2017/02/26