

بررسی تأثیر نوع چسب و ارتفاع دم چلچله بر ظرفیت تحمل تنش در اتصال گوشه‌ای فارسی ساخته‌شده از تخته خرده‌چوب و تخته فیبر نیمه‌سنگین (MDF)

- ❖ **صادق ملکی**؛ دانشجوی دکتری، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی واحد نور، دانشگاه تربیت مدرس
- ❖ **مسئب دالوند**؛ دانشجوی دکتری، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران
- ❖ **اکبر رستم‌پور هفتخوانی**؛ دانشجوی دکتری، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران
- ❖ **مهدی فائزی‌پور**؛ استاد گروه صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران

چکیده

این پژوهش با هدف بررسی ظرفیت تحمل تنش در اتصال گوشه‌ای فارسی ساخته‌شده با دم چلچله در تخته خرده‌چوب و تخته فیبر نیمه‌سنگین (MDF) در زیر بار کششی قطری صورت گرفته است. در این تحقیق، اثر ارتفاع دم چلچله در دو سطح ۹ و ۱۴ میلی‌متر، نوع چسب پلی‌وینیل استات (PVAS) و سیانو آکریلات (CA)، و جنس اعضای اتصال (تخته خرده‌چوب و MDF) زیر بار کششی قطری بررسی شد. اتصال‌های ساخته‌شده با حالت بدون چسب مقایسه شدند. نتایج نشان داد با افزایش ارتفاع دم چلچله ظرفیت تحمل تنش اتصال افزایش می‌یابد. ظرفیت تحمل تنش اتصال‌های مونتاژشده با چسب CA در مقایسه با اتصال‌های مونتاژشده با چسب PVAc و بدون چسب بیشتر بود. ظرفیت تحمل تنش بیشتری در اعضای اتصال ساخته‌شده از MDF در مقایسه با اعضای اتصال ساخته‌شده از تخته خرده‌چوب مشاهده شد. کمترین ظرفیت تحمل تنش ($2/61 \text{ Mpa}$) مربوط به اتصال ساخته‌شده از تخته خرده‌چوب با دم چلچله به ارتفاع ۹ میلی‌متر و بدون چسب بود. بیشترین ظرفیت تحمل تنش ($8/61 \text{ MRa}$) در اتصال ساخته‌شده از MDF با دم چلچله به ارتفاع ۱۴ میلی‌متر و چسب CA مشاهده شد.

واژگان کلیدی: تخته خرده‌چوب، دم چلچله، ظرفیت تحمل تنش، MDF

مقدمه

مبلمان از ارزشمندترین دارایی‌های بشر است. برای شناخت کامل ویژگی‌های سازه مبلمان باید اطلاعاتی درباره تعیین بار وارده بر سازه، طراحی اتصال برای تحمل بارهای وارده، و تغییر شکل اتصال در زیر بار داشت. نیروهایی که اتصال باید آن‌ها را تحمل کند، نیروی‌های محوری (کششی یا فشاری)، برشی، خمشی، و پیچشی وارد بر اعضای اتصال‌اند. اتصال‌دهنده‌های متعددی در مبلمان و سازه‌های چوبی به کار می‌روند. انتخاب اتصال مناسب، نه فقط به کاری که ساخته می‌شود زیبایی می‌بخشد، بلکه استحکام و دوام آن را زیاد می‌کند. اتصالات پایه که برای مونتاژ دو یا چند عضو به هم وجود دارد شامل اتصال درگیر، اتصال با چسب، و اتصال به هم بسته است. در بین این نوع اتصالات اتصال به هم بسته که به کمک جزء ثالثی به نام اتصال‌دهنده به هم ارتباط مکانیکی پیدا می‌کند، کاربرد ویژه‌ای در مبلمان صفحه‌ای دارد [۱]. از اتصال‌دهنده‌های گوناگونی برای متصل کردن اعضای سازه مانند انواع بست، پیچ، دوپل، بیسکوییتی، نبشی، دم چلچله و... استفاده می‌شود. اتصال دم چلچله به سبب ظرافت، کاربرد آسان، و سرعت عمل بالا به صورت مخفی برای مونتاژ قطعات چوبی، تخته خرده‌چوب، MDF، پروفیل‌های MDF و... کاربرد گسترده‌ای دارد. با توجه به اهمیت اتصالات در طراحی سازه‌های مهندسی، تحقیقات بسیاری در این زمینه انجام شده است. اوزاکا و همکاران (۲۰۱۰) تأثیر تعداد دم چلچله و نوع چسب بر روی ظرفیت لنگر خمشی اتصال‌های گوشه‌ای فارسی ساخته شده از OSB را بررسی کردند. نتایج این پژوهش نشان داد که بیشترین ظرفیت لنگر خمشی زیر بار کششی ۰/۱۱۷ مگاپاسکال مربوط به چسب پلی ونیل استات با یک دم چلچله بود. کمترین مقاومت مربوط به اعضای متصل شده با یک و دو دم چلچله بدون چسب گزارش شد [۲]. آلتون و همکاران (۲۰۱۰) تأثیر نوع چسب را بر روی ظرفیت لنگر خمشی اتصالات ساخته شده با دم چلچله در پروفیل

MDF بررسی کردند. نتایج این پژوهشگران نشان داد که بیشترین ظرفیت لنگر خمشی زیر بارگذاری کششی ۴۶/۰۹ مگاپاسکال مربوط به چسب سیانو آکریلات، و بیشترین ظرفیت لنگر خمشی زیر بار فشاری ۷۲/۰۴ مگاپاسکال مربوط به چسب پلی ونیل استات بود. همچنین، نتایج این تحقیق نشان داد که چسب پلی اورتان در افزایش ظرفیت لنگر خمشی زیر بارگذاری کشش تأثیر معنی‌داری نداشت [۳]. کلیک و همکاران (۲۰۰۹) تأثیر نوع چسب بر روی ظرفیت لنگر خمشی اتصال گوشه‌ای فارسی ساخته شده از چوب صنوبر با دم چلچله را بررسی کردند. نتایج این تحقیق نشان داد که بیشترین ظرفیت لنگر خمشی زیر بارگذاری فشاری و کششی به ترتیب ۵۵/۷۱ و ۱۶۰/۵۵ مگاپاسکال مربوط به چسب پلی ونیل استات است و اختلاف معنی‌داری بین چسب پلی اورتان و سیانو آکریلات مشاهده نشد [۴]. کورت و همکاران (۲۰۰۹) با بررسی توان نگه‌داری پین چوبی در تخته خرده‌چوب و MDF بیان کردند، هر چه سطح دوپل و سطح کام ایجاد شده صاف‌تر باشد چسبندگی بهتری بین دوپل و ماده به وجود خواهد آمد [۵]. اتار و همکاران (۲۰۰۹) ظرفیت لنگر خمشی اتصال‌های گوشه‌ای ساخته شده با بیسکویت در تخته خرده‌چوب و MDF را بررسی کردند. نتایج نشان داد که ظرفیت لنگر خمشی اتصال‌های ساخته شده با MDF بیشتر از تخته خرده‌چوب است و اتصال‌های سربه‌سر دارای ظرفیت لنگر خمشی بیشتر از اتصال‌های فارسی گزارش شد [۶]. ملکی و همکاران (۲۰۱۲) اثر فاصله بین دم چلچله در سه اندازه ۱، ۲، و ۳ سانتی‌متر و نوع اتصال‌دهنده در دو حالت را با استفاده از دم چلچله پروانه‌ای و H شکل بر ظرفیت تحمل تنش اتصال گوشه‌ای فارسی ساخته شده از تخته خرده‌چوب و تخته فیبر نیمه‌سنگین (MDF) بررسی کردند. نتایج نشان داد که ظرفیت تحمل تنش اتصال‌های ساخته شده با MDF در مقایسه با تخته خرده‌چوب بیشتر است. ظرفیت تحمل تنش دم چلچله H شکل در مقایسه با دم چلچله پروانه بیشتر بود. نتایج این پژوهشگران نیز

اتصال‌های ساخته‌شده از MDF را بررسی کردند. آن‌ها بیان کردند اتصال الیت همراه با پین چوبی مقاومت اتصال را به‌طور چشمگیری افزایش می‌دهد. نیز در مواردی که حداکثر مقاومت برشی جانبی مورد نیاز است، استفاده از اتصال پیچ شماره ۵ بدون چسب را توصیه کردند [۱۱]. دالوند و همکاران (۲۰۱۱) اثر گونه چوبی پین (راش و ممرز) و قطر پین در سه سطح ۶، ۸ و ۱۰ میلی‌متر را بر ظرفیت تحمل تنش زیر بارگذاری کششی و فشاری در اتصال گوشه‌ای فارسی و سربه‌سر بررسی کردند. نتایج آن‌ها نشان داد که ظرفیت تحمل تنش اتصال آزمون‌شده زیر بار فشاری بیش از ظرفیت تحمل تنش زیر بار کششی است. همچنین ظرفیت تحمل تنش اتصال فارسی در دو حالت بارگذاری (کششی و فشاری) در مقایسه با اتصال سربه‌سر بیشتر بوده است. نتایج آن‌ها نشان داد که با افزایش قطر پین میزان ظرفیت تحمل تنش در هر دو حالت بارگذاری افزایش می‌یابد و گونه چوب پین بر ظرفیت تحمل تنش تأثیر معنی‌داری نداشته است [۱۲]. با توجه به کاربرد گسترده اتصال‌دهنده دم چلچله در صنعت مبلمان، و نداشتن تحقیقات دانشگاهی مفید در این زمینه، لازم است ویژگی‌های این نوع اتصال‌دهنده در تخته خرده‌چوب و MDF داخلی شناسایی و در محاسبات طراحی سازه‌ای برای پیش‌بینی استحکام آن‌ها، به کار گرفته شود. به‌علت اهمیت این موضوع، در این پژوهش تأثیر نوع چسب و ارتفاع دم چلچله بر ظرفیت تحمل تنش در اتصال گوشه‌ای فارسی ساخته‌شده از تخته خرده‌چوب و تخته فیبر نیمه‌سنگین (MDF) بررسی شد.

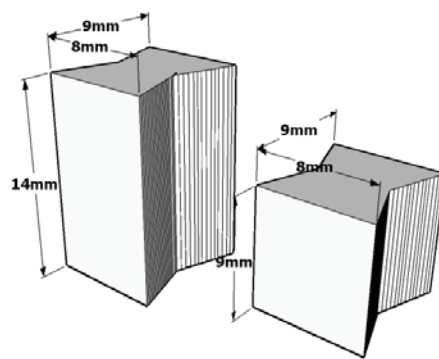
مواد و روش‌ها

در این پژوهش از تخته فیبر نیمه‌سنگین (MDF) و تخته خرده‌چوب صنعتی با روکش ملامینه و ضخامت اسمی ۱۶ میلی‌متر استفاده شده است. MDF تولید شرکت آرین سینا، و تخته خرده‌چوب تولید شرکت تخته فشرده شمال بود. دو نوع چسب شامل چسب سفید نجاری (پلی وینیل استات / PVAc) با $\text{pH} =$

نشان داد که مناسب‌ترین فاصله بین دم چلچله برای ایجاد حداکثر ظرفیت تحمل تنش اتصال با فاصله ۱ سانتی‌متری محدود می‌شود. این پژوهشگران اتصال دم چلچله H شکل ساخته‌شده از MDF با فاصله ۱ سانتی‌متری را برای ایجاد حداکثر ظرفیت تحمل تنش اتصال گوشه‌ای فارسی برای ساخت انواع قاب در سازه مبلمان پیشنهاد کردند [۷]. بهمنی و همکاران (۲۰۰۹) مقاومت کششی و حداکثر ظرفیت لنگر خمشی متغیرهای قطر پین و عمق نفوذ در اتصال روی تخته فیبر با دانسیته متوسط را بررسی کردند. نتایج نشان داد که بالاترین میزان مقاومت کششی و حداکثر لنگر خمشی اتصال با پین در تخته فیبر با دانسیته متوسط از پین به قطر ۸ میلی‌متر و طول نفوذ ۱۲ میلی‌متر در اعضای اتصال، ایجاد می‌شود [۸]. نوریداس و همکاران (۲۰۰۵) فاصله بین مراکز سوراخ‌های پین و فاصله لبه عضو اتصال تا سوراخ پین (فاصله اسمی) را در تخته خرده‌چوب با ضخامت‌های ۱۶ و ۱۸ میلی‌متر تعیین کردند. نتایج این تحقیق نشان داد که در تخته خرده‌چوب با ضخامت ۱۶ میلی‌متر فاصله بین مرکز سوراخ‌های پین چوبی نباید کمتر از ۵۰ میلی‌متر باشد و فاصله ۵۵ میلی‌متر نیز یک فاصله بحرانی است و برای نمونه‌های با ضخامت ۱۸ میلی‌متر این فاصله نباید بیش از ۶۰ میلی‌متر باشد [۹]. ملکی و همکاران (۲۰۱۱) اثر جنس قلیف، عمق نفوذ، نوع اتصال، نوع بارگذاری و جنس پانل را بر روی ظرفیت لنگر خمشی بررسی کردند و نشان دادند که ظرفیت لنگر خمشی زیر بارگذاری فشاری بیشتر از کششی است. ظرفیت لنگر خمشی اتصال‌های ساخته‌شده با MDF بیشتر از تخته خرده‌چوب است و اتصال‌های سربه‌سر دارای ظرفیت لنگر خمشی بیشتر از اتصال‌های فارسی بودند. نتایج این پژوهشگران نشان داد که افزایش عمق نفوذ باعث افزایش مقاومت اتصال زیر بارگذاری فشاری و موجب کاهش مقاومت زیر بارگذاری کششی می‌شود [۱۰]. غفرانی و نوری (۲۰۰۵) مقاومت انواع اتصال‌های دوبل چوبی، پیچ، و الیت تعبیه‌شده در برابر بار برشی جانبی بر روی

شده است. در شکل ۱ مشخصات دم چلچله به کاررفته در این پژوهش نشان داده شده است. دانسیته و خواص مکانیکی تخته خرده‌چوب و MDF بر اساس استاندارد EN ۳۱۰، EN ۳۲۳ و EN ۳۱۹ اندازه‌گیری شد [۱۳، ۱۴، ۱۵]. (جدول ۱). ساخت نمونه‌های آزمایشی به صورت L شکل،

با درصد مواد جامد ۶۰ درصد و دانسیته g/cm^3 ۱/۰۸ و چسب سیانو آکریلات (CA) با دانسیته g/cm^3 ۱/۰۶ با ویسکوزیته $Pa.s$ ۱/۵ - ۱/۳ و زمان سخت شدن $20^\circ C$ در ۱۲ ثانیه استفاده شد. همچنین از اتصال‌دهنده دم چلچله از جنس پی وی سی به ارتفاع ۹ و ۱۴ میلی‌متر برای اتصال بین اعضا استفاده



شکل ۱. شمایی از دو نوع دم چلچله

جدول ۱. بعضی از خواص اصلی پانل‌ها

خواص تخته

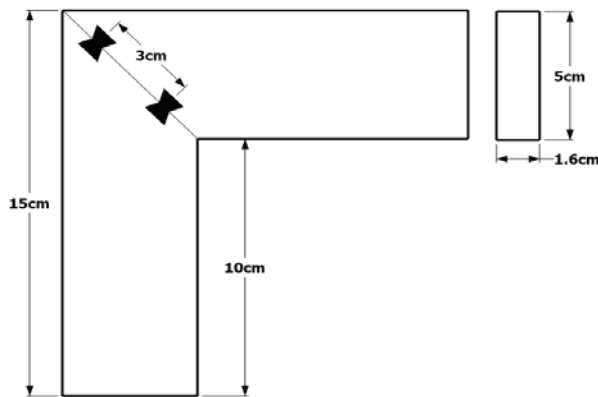
دانسیته (g/cm^3)	MOR (MRa)	MOE (MRa)	IB (MRa)	نوع پانل
۰/۶۲	۲۱/۳	۳۵۷۴	۰/۵۵	MDF
۰/۶۴	۱۷	۳۶۴۱	۰/۸	تخته خرده‌چوب

شیاری به کمک دستگاه دم چلچله زن به عمق ۹ و ۱۴ میلی‌متر در سر فارسی اعضای اتصال برای جازدن دم چلچله تعبیه شد. برای به حداقل رساندن خطای ناشی از نوسان مقدار چسب استفاده‌شده در اتصالات پیش از مرحله چسب‌زنی یک قطعه مستطیل‌شکل از کاغذ مومی^۱ تهیه و برای ایزوله‌شدن بر روی سطح فارسی‌شده اعضای اتصال قرار داده شد. سپس، دم

شامل دو عضو به ابعاد $15 \times 5 \times 1/6$ (به ترتیب طول \times پهنا \times ضخامت) سانتی‌متر، در کارگاه مهندسی صنایع چوب دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران انجام شد. تخته‌ها به کمک دستگاه اره گرد برای دستیابی به ابعاد مورد نیاز، برش داده شد. پس از برش و اندازه‌بری سر (کله) اعضا با دستگاه فارسی‌بر، تحت زاویه 45° درجه بریده شدند. سپس

اتاق کلیما با رطوبت نسبی ۶۵ درصد و دمای 20°C نگهداری شدند. نمونه‌های آزمونی برای انجام آزمون ظرفیت تحمل تنش استفاده شد. شمایی از نمونه‌های ساخته شده در شکل ۲ نشان داده شده است. عوامل متغیر در این بررسی به شرح زیر است:

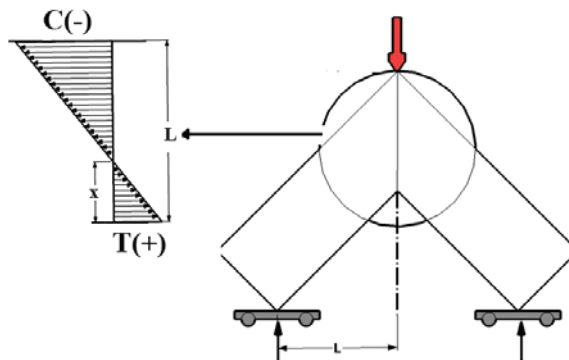
چلچله با چسب PVAC، سیانو آکریلات، و بدون چسب درون شیار در اعضای اتصال قرار داده شد. نمونه‌های ساخته شده با چسب PVAC برای سخت شدن چسب به مدت ۲۴ ساعت در دمای محیط قرار گرفتند. سپس نمونه‌ها به مدت ۲ هفته در



شکل ۲. شمایی از اتصال‌های ساخته شده

استفاده شد. تمام مقایسه‌ها در سطح معنی‌داری ۵ درصد انجام شد. برای انجام آزمایش از دستگاه اینسترون مدل ۴۴۸۶ استفاده شد. سرعت بارگذاری 5 mm/min تنظیم شد. نوع بارگذاری در شکل ۳ نمایش داده شده است. برای محاسبه وضعیت تنش در اتصال از روابط پیشنهادی ملکی و همکاران (۲۰۱۲) و دالوند و همکاران (۲۰۱۱) استفاده شده است [۷، ۱۲]:

۱. ارتفاع دم چلچله ۹ و ۱۴ میلی‌متر
 ۲. نوع تخته (تخته خرده‌چوب و MDF)
 ۳. نوع چسب (بدون چسب، با چسب PVAC، و چسب سیانو آکریلات)
 از ترکیب عامل‌های متغیر، ۱۲ تیمار به وجود آمد که با توجه به ۵ تکرار در هر حالت، ۶۰ نمونه آزمونی برای اندازه‌گیری ظرفیت تحمل تنش اتصال به دست آمد. داده‌های به دست آمده با نرم‌افزار SPSS تحلیل آماری شد. از آزمون دانکن برای مقایسه میانگین‌ها



شکل ۳. شمایی از نحوه بارگذاری استفاده شده در این پژوهش

در این معادله‌ها:

$$\sigma_b = \text{تنش خمشی (MPa)} \tag{1}$$

$$\sigma_a = \text{تنش محوری (MPa)}$$

$$P = \text{نیرو (N)} \tag{2}$$

$$L = \text{بازو } \sqrt{0.71} \text{ (mm)}$$

$$t = \text{ضخامت (mm)}$$

$$b = \text{عرض (mm)}$$

$$A = \text{سطح مقطع (mm}^2\text{)}$$

$$\text{تنش بیرونی} = -(\sigma_b + \sigma_a) = -\left[\frac{3PL}{tb^2} + \frac{P \cos 45}{2bt} \right]$$

$$\text{تنش درونی} = \sigma_b - \sigma_a = \frac{3PL}{tb^2} - \frac{P \cos 45}{2bt}$$

جدول ۲. جدول تجزیه واریانس زیر بارگذاری کششی

گوشه درونی

Sig.	F	میانگین مربعات	درجه آزادی	منابع تغییرات
۰/۰۰۰	۵۹/۲۷	۱۰/۵۹	۱	نوع تخته
۰/۰۰۰	۲۵/۶۰	۴/۵۸	۱	ارتفاع دم چلچله (mm)
۰/۰۰۰	۱۵/۰۹	۲/۷۷	۲	نوع چسب
۰/۰۰۸	۷/۷۰	۱/۳۸	۱	نوع تخته × ارتفاع دم چلچله (mm)
۰/۱۵۷	۱/۹۳	۰/۳۴۶	۲	نوع تخته × نوع چسب
۰/۰۹۶	۲/۴۷	۰/۴۴۳	۲	ارتفاع دم چلچله (mm) × نوع چسب
۰/۰۲۴	۴/۰۶	۰/۷۲۸	۲	نوع تخته × ارتفاع دم چلچله (mm) × نوع چسب

گوشه بیرونی

Sig.	F	میانگین مربعات	درجه آزادی	منابع تغییرات
۰/۰۰۰	۵۹/۱۹	۱۴/۸	۱	نوع تخته
۰/۰۰۰	۲۵/۵۹	۶/۴۰	۱	ارتفاع دم چلچله (mm)
۰/۰۰۰	۱۵/۰۹	۳/۷۷	۲	نوع چسب
۰/۰۰۸	۷/۷۱	۱/۹۲	۱	نوع تخته × ارتفاع دم چلچله (mm)
۰/۱۵۷	۱/۹۳	۰/۴۸۴	۲	نوع تخته × نوع چسب
۰/۰۹۶	۲/۴۷	۰/۶۱۸	۲	ارتفاع دم چلچله (mm) × نوع چسب
۰/۰۲۴	۴/۰۶	۱/۰۱۶	۲	نوع تخته × ارتفاع دم چلچله (mm) × نوع چسب

نتایج

به منظور شناسایی تأثیر عوامل متغیر مورد بررسی بر ظرفیت تحمل تنش مرکب زیر بار کششی، نتایج محاسبات تحلیل آماری شدند. به این صورت با استفاده از روش تجزیه واریانس اثرگذاری سطوح مختلف عوامل بر ظرفیت تحمل تنش مرکب، به صورت مستقل و متقابل، بررسی شد که نتایج آن در جدول ۲ ارائه شده است.

همان طور که در جدول مشاهده می شود، بین نوع تخته و نوع چسب و ارتفاع دم چلچله در سطح اعتماد ۹۵ درصد تأثیر معنی داری وجود داشت. اختلاف معنی داری بین اثر متقابل نوع تخته × نوع چسب مشاهده نشد.

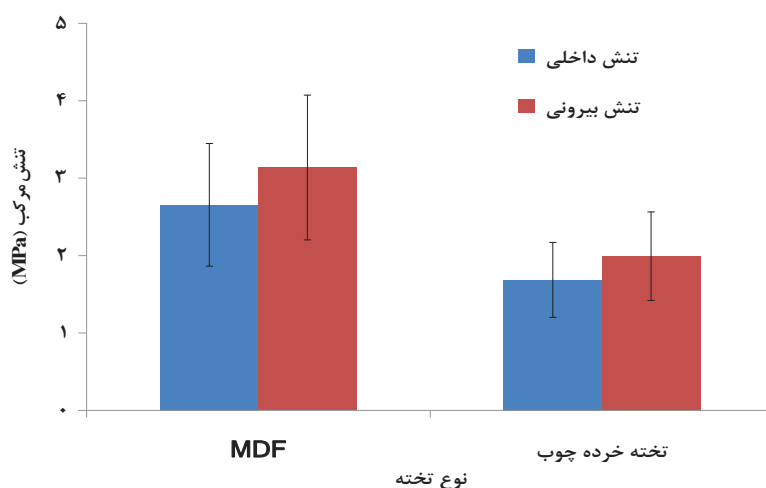
شکل ۴ ظرفیت تحمل تنش مرکب در اتصال های ساخته شده با MDF و تخته خرده چوب را نشان می دهد. همان طور که مشاهده می شود، ظرفیت تحمل تنش اعضای اتصال ساخته شده از MDF در مقایسه با تخته خرده چوب ۵۷ درصد بیشتر است.

شکل ۵ اثر مستقل و ارتفاع دم چلچله بر ظرفیت تحمل تنش مرکب را نشان می دهد. همان طور که در

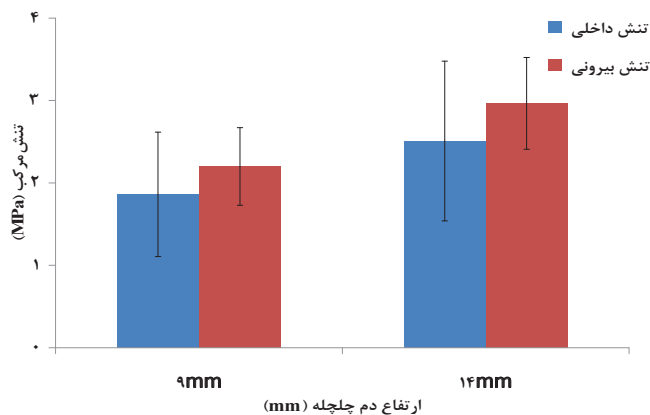
شکل ۵ دیده می شود، حداکثر مقاومت در هر دو نوع تنش به ارتفاع ۱۴ میلی متر مربوط است؛ به طوری که با افزایش ارتفاع دم چلچله از ۹ میلی متر به ۱۴ میلی متر ظرفیت تحمل تنش ۳۴ درصد افزایش یافت.

شکل ۶ تأثیر مستقل نوع چسب بر ظرفیت تحمل تنش مرکب را نشان می دهد. همان طور که مشاهده می شود، بیشترین میزان مقاومت در چسب CA، و کمترین میزان مقاومت، مربوط به اتصالات بدون چسب است. ظرفیت تحمل تنش اتصالات مونتاژ شده با چسب CA در مقایسه با اتصالات مونتاژ شده با چسب PVAC و بدون چسب به ترتیب ۱۸ و ۴۷ درصد بیشتر بود.

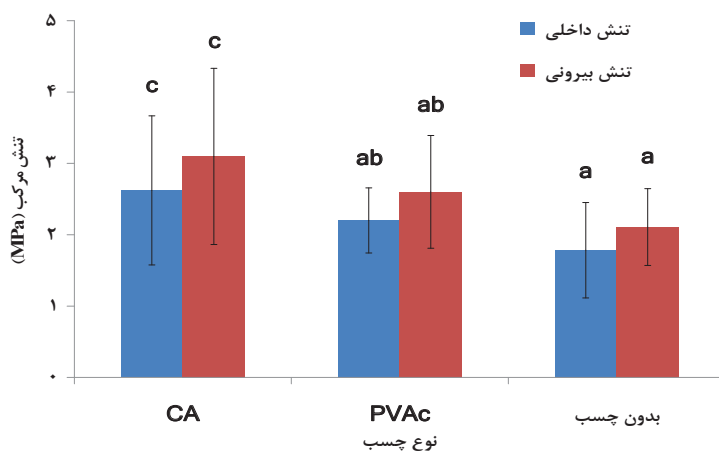
آثار متقابل نوع تخته و ارتفاع دم چلچله بر ظرفیت تحمل تنش مرکب، در شکل ۷ نشان داده شده است. همان طور که دیده می شود، بیشترین میزان مقاومت در MDF با ارتفاع ۱۴ میلی متر، و کمترین میزان مقاومت، به تخته خرده چوب با ارتفاع ۹ میلی متر مربوط است. با تغییر ارتفاع دم چلچله از ۹ به ۱۴ میلی متر، مقدار ظرفیت تحمل تنش مرکب به ترتیب در MDF و تخته خرده چوب ۴۲ و ۱۲ درصد افزایش می یابد.



شکل ۴. اثر مستقل نوع تخته بر ظرفیت تحمل تنش مرکب

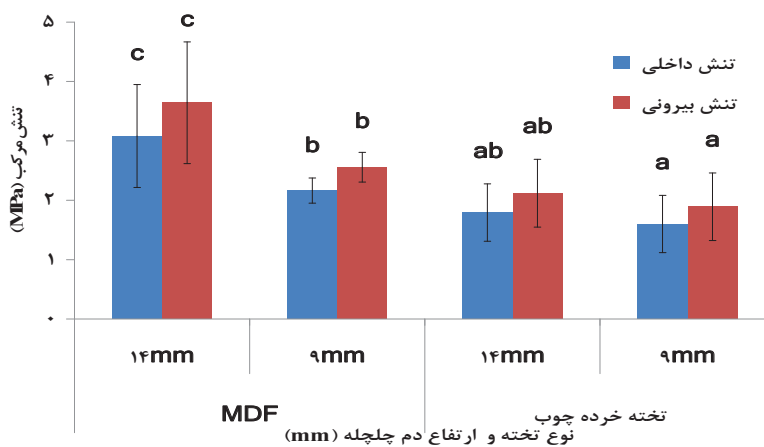


شکل ۵. اثر مستقل ارتفاع دم چلچله بر ظرفیت تحمل تنش مرکب



شکل ۶. اثر مستقل نوع چسب بر ظرفیت تحمل تنش مرکب

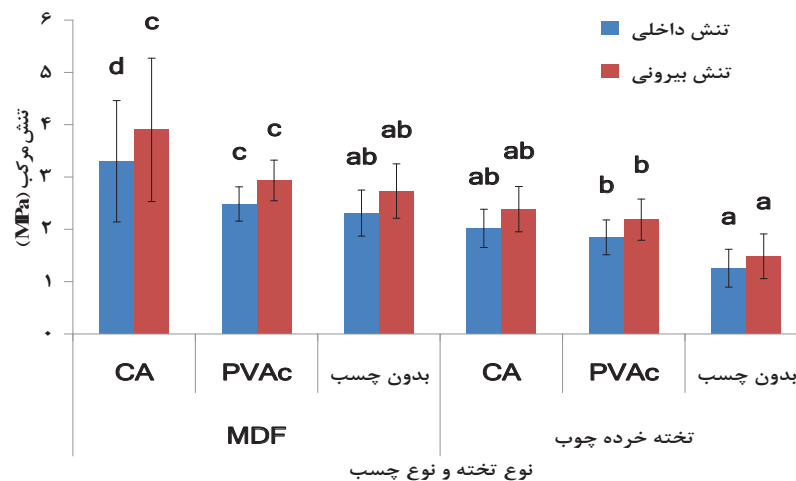
(حروف روی نمودار گروه‌بندی دانکن را نشان می‌دهد که به‌طور جداگانه برای تنش داخلی و بیرونی انجام شده است).



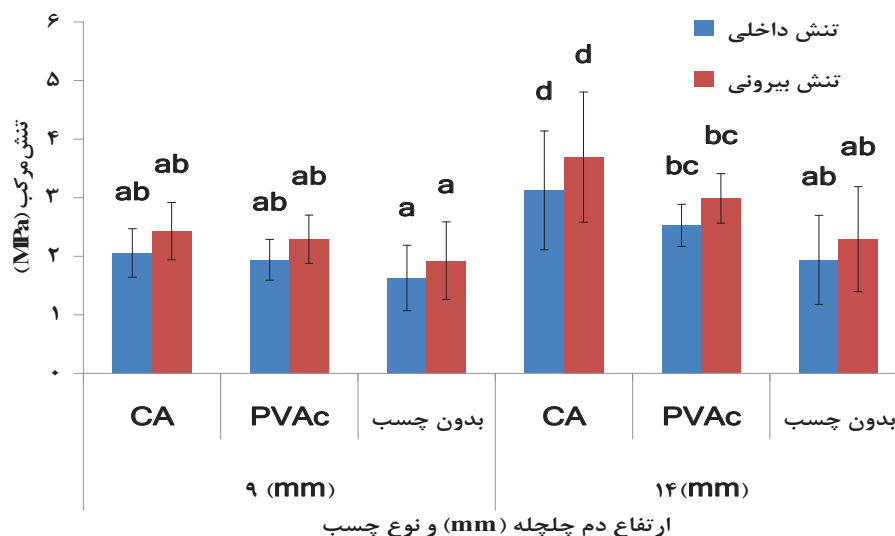
شکل ۷. آثار متقابل نوع تخته و ارتفاع دم چلچله بر ظرفیت تحمل تنش مرکب (حروف روی نمودار گروه‌بندی دانکن را نشان می‌دهد که به‌طور جداگانه برای تنش داخلی و بیرونی انجام شده است).

شکل ۹ اثر متقابل ارتفاع دم چلچله و نوع چسب بر ظرفیت تحمل تنش مرکب را نشان می دهد. همان طور که در این شکل دیده می شود، با تغییر ارتفاع دم چلچله از ۹ به ۱۴ میلی متر، مقدار ظرفیت تحمل تنش اتصال های ساخته شده با چسب های CA، PVAc، و بدون چسب به ترتیب ۵۲، ۳۰، و ۱۹ درصد افزایش می یابد.

شکل ۸ اثر متقابل نوع تخته و نوع چسب بر ظرفیت تحمل تنش مرکب را نشان می دهد. همان طور که مشاهده می شود، بیشترین میزان ظرفیت تحمل تنش مربوط به MDF با چسب CA به میزان $3/10 \text{ Mpa}$ است، و کمترین میزان ظرفیت تحمل تنش در تخته خرده چوب با اتصال های بدون چسب به میزان $1/37 \text{ Mpa}$ مشاهده شده است.



شکل ۸. آثار متقابل نوع تخته و نوع چسب بر ظرفیت تحمل تنش مرکب (حروف روی نمودار گروه بندی دانکن را نشان می دهد که به طور جداگانه برای تنش داخلی و بیرونی انجام شده است).



شکل ۹. آثار متقابل ارتفاع دم چلچله و نوع چسب بر ظرفیت تحمل تنش مرکب (حروف روی نمودار گروه بندی دانکن را نشان می دهد که به طور جداگانه برای تنش داخلی و بیرونی انجام شده است).

نتیجه‌گیری

در این پژوهش، تأثیر نوع چسب و ارتفاع دم چلچله بر ظرفیت تحمل تنش زیر بار کششی در اتصال گوشه‌ای فارسی ساخته‌شده از تخته خرده‌چوب و تخته فیبر نیمه‌سنگین (MDF) مطالعه شد تا اطلاعات لازم برای طراحی اتصالات و شناخت اصولی در زمینه علم طراحی مهندسی مبلمان به‌دست آید. نتایج این پژوهش نشان داد که اثر مستقل نوع تخته، نوع چسب، و ارتفاع دم چلچله بر ظرفیت تحمل تنش در سطح ۹۵ درصد معنی‌دار است. اتصال‌های ساخته‌شده با MDF به‌سبب داشتن سطح صاف‌تر و در نتیجه چسبندگی بهتر بین اعضای اتصال و اتصال‌دهنده، در مقایسه با تخته خرده‌چوب ظرفیت تحمل تنش بیشتری داشت که نتایج به‌دست‌آمده در این قسمت با یافته‌های ملکی و همکاران همخوانی دارد [۷، ۱۰]. به گفته دیگر، MDF به‌علت ساختار همگن‌تر و متراکم‌تر، در مقایسه با تخته خرده‌چوب سطوح صاف‌تری دارد که باعث ایجاد چسبندگی بهتر بین اعضای اتصال و اتصال‌دهنده می‌شود. ولی در تخته خرده‌چوب، نایکنواختی سطوح برش‌خورده سبب تراکم تنش و در نتیجه کاهش استحکام اتصال می‌شود [۱]. با افزایش ارتفاع دم چلچله ظرفیت تحمل تنش اتصال افزایش یافت. علت

این امر را می‌توان به سطح تماس بیشتر اتصال‌دهنده و اعضای اتصال نسبت داد. به بیان دیگر، با افزایش سطح تماس بین اعضای اتصال و اتصال‌دهنده ظرفیت تحمل تنش افزایش می‌یابد. ظرفیت تحمل تنش اتصال‌های مونتاژشده با چسب CA در مقایسه با اتصال‌های مونتاژشده با چسب PVAC و بدون چسب بیشتر بود. نتایج به‌دست‌آمده در این قسمت با یافته‌های آلتون و همکاران (۲۰۱۰) هماهنگ است [۳]. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده در این پژوهش، در ساخت سازه‌هایی که داشتن حداکثر ظرفیت تحمل تنش در آن‌ها ضروری است، استفاده از اعضای اتصال از جنس MDF بیش از تخته خرده‌چوب ترجیح داده می‌شود. در صورتی که ضخامت اعضای اتصال محدودیتی ایجاد نکند، استفاده از دم چلچله با ارتفاع بیشتر پیشنهاد می‌شود. همچنین چسب CA علاوه بر داشتن ظرفیت تحمل تنش بیشتر، در مقایسه با چسب PVAC، گیرایی (عمل‌کردن) سریع‌تر دارد که باعث تسریع در تولید و کاهش زمان مونتاژ می‌شود.

سپاس‌گزاری

این پژوهش با پشتیبانی مالی جناب آقای دکتر مهدی فائزی‌پور، رئیس دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، انجام شد که موجب نهایت سپاس‌گزاری است.

References

- [1]. Ebrahimi, G. (2007). Engineering Design of Furniture Structure. University of Tehran Press, Tehran.
- [2]. Ozkaya, K., Burdurlu, E., Ilce, A.C., and Ciritcioglu, H.H. (2010). Diagonal thnsile strength of an orinted strand board (OSB) frame with dovetail corner joint. *Bioresources*, 5(4): 2690-2701.
- [3]. Altun, S., Burdurlu, E., and Kilic, M. (2010). Effect of adhesive type on the bending moment capacity of miter frame corner joints. *Bioresources*, 5(3): 1473-1483.
- [4]. Klic, M., Burdurlu, E., Altun, S., and Berker, O.U. (2009). The bending moment capacities of mitre frame corner joints with dovetail fittings. *Wood Research*, 54(3): 79-88.
- [5]. Kurt, S., Uysal, B., Ozcan, C., and Yildirim, M.N. (2009). The effects of edge banding thickness of Uludag Fir bonded with some adhesives on withdrawal strengths of Beech dowel pins in composite materials. *Bioresources*, 4(4): 1682-1693.
- [6]. Atar, M., Ozcifici, A., Altinok, M., and Celikel, U. (2009). Determination of diagonal compression and tension performance for case furniture corner joints constructed with wood biscuits. *Materials and Design*, 30: 665–670.
- [7]. Maleki, S., Derikvand, M., Dalvand, M., and Ebrahimi, G.H. (2012). Load carrying capacity of mitred furniture corner joints with dovetail keys under diagonal tension load. *Turkish Journal of Agriculture & Forestry*, 36: 636–643.
- [8]. Bahmani, M., Ebrahimi, G., and Fathi, L. (2008). Predicting of withdrawal strength with dowel joint in medium density fiber (MDF) by mathematic model. *Iranian Journal of Wood and Paper Science Research*, 24(1): 117-124.
- [9]. Norvydas, V., Juodeikiene, I., and Minelga, D. (2005). The Influence of glued dowel joints construction on the bending moment resistance. *Materials Science*, 11(1): 36-39.
- [10]. Maleki, S., Haftkhani, A.R., Dalvand, M., Faezipour, M., and Tajvidi, M. (2011). Bending moment resistance of corner joints constructed with spline under diagonal tension and compression. *Journal of Forestry Research*, 23(3): 481– 490.
- [11]. Ghofrani, M., and Noori, H. (2005). Lateral holding strength of wooden dowel, screw and ready-to-assemble joints (RTA joints) constructed of Medium Density Fiberboard (MDF). *Iranian Journal of Natural Resources*, 24(2): 219-231.
- [12]. Dalvand, M., Maleki, S., Ebrahimi, G.H. and Haftkhani, A.R. (2011). Determination of stress carrying capacity of doweled corner joints in framed furniture structure constructed of Fir. *Iranian Journal of Wood and Paper Industries*, (In Press).
- [13]. EN 310. 1993. Standard Test Methods for Determination of modulus of elasticity in bending and of bending strength, German version.
- [14]. EN 319. 1993. Standard Test Methods for Determination of tensile strength perpendicular to the plane of the board, German version.

- [15]. EN 323. 1993. Standard Test Methods for wood-based panels, determination of density, German version.