

## بررسی ظرفیت تحمل تنش کششی و فشاری با اتصال دهنده فلزی V- شکل در اتصالات گوشه

حمیدرضا تقی یاری<sup>۱\*</sup>، محمد غفرانی<sup>۲</sup> و فرزاد اربابی قمصری<sup>۳</sup>

۱- نویسنده مسئول، دانشیار، گروه صنایع چوب، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه تربیت دبیر شهیدرجائی، تهران  
پست الکترونیک: httaghiyari@yahoo.com

۲- دانشیار گروه صنایع چوب، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه تربیت دبیر شهیدرجائی، تهران

۳- کارشناس ارشد گروه صنایع چوب، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه تربیت دبیر شهیدرجائی، تهران

تاریخ دریافت: اردیبهشت ۱۳۹۵ تاریخ پذیرش: شهریور ۱۳۹۵

### چکیده

این پژوهش با هدف بررسی ظرفیت تحمل تنش در اتصالات گشهای فارسی ساخته شده با اتصال دهنده فلزی V- شکل و مقایسه آن با اتصال کلید پایونی در زیر بارکششی و فشاری انجام شده است. متغیرهای تحقیق عبارت بودند از: نوع اعضای اتصال (تخته خرده چوب و MDF)، تعداد اتصالات دهنده در ۳ سطح ۲، ۳ و ۴ عدد و ارتفاع اتصالات دهنده در دو ارتفاع (۷ و ۱۰ میلی متر)؛ همچنین، هر نوع اتصال در دو حالت با چسب و بدون چسب بررسی شد. نتایج نشان داد که ظرفیت تحمل تنش اتصالات زیر بار فشاری بیشتر از ظرفیت تحمل تنش زیر بارکششی بود. البته ظرفیت تحمل تنش اتصالات ساخته شده با چسب نسبت به اتصالات ساخته شده بدون چسب عملکرد بهتری داشتند. افزایش تعداد و ارتفاع اتصالات دهنده V- شکل باعث افزایش ظرفیت تحمل تنش شد. به طور کلی استفاده از اتصال دهنده V- شکل به دلیل هزینه کم، عدم نیاز به یک مرحله کاری بیشتر برای برش شکاف اتصال، نصب یک مرحله ای سریع و آسان و همچنین ظرفیت تحمل تنش بیشتر بر اتصال کلید پایونی ترجیح دارد. مطابق نتایج، در صورتی که حداکثر ظرفیت تحمل تنش ۱۳/YMPa را برای اتصال دهنده V- شکل بدون چسب و ۲۸ MPa در حالت با چسب در نظر بگیریم، استفاده از اعضای MDF با ارتفاع اتصالات دهنده ۱۰ میلی متر و تعداد ۴ عدد در حالت بدون چسب و استفاده از اعضای اتصال MDF با ارتفاع اتصالات دهنده ۱۰ میلی متر و تعداد ۳ عدد در حالت اتصالات دهنده به همراه چسب به تولیدکنندگان کابینت، دکورسازان و مبلسازان پیشنهاد می گردد.

واژه های کلیدی: صنعت کابینت سازی، اتصال گوشه ای، کشش و فشار قطری، ظرفیت تحمل تنش، تخته فیبر با دانسیته متوسط (MDF)، اتصال V

### مقدمه

سهولت در انجام کار، مقاومت بالا، سرعت در پیشبرد کار، کاهش میزان هزینه و در نهایت افزایش حجم تولید را در پی داشته باشد؛ تا بتواند نیاز بازار مصرف را جابگو باشد. از جمله اتصالات دهنده هایی که در سازه های قابی مورد استفاده

امروزه به دلیل تنوع روزافزون محصولات صفحه ای و گسترش فزاینده تقاضا برای کارهای صفحه ای نیازمند اتصالاتی هستیم که علاوه بر حفظ زیبایی ظاهری، موجب

MDF در مقایسه با تخته خرده چوب مشاهده شد. Dalvand و همکاران (۲۰۱۲) فاکتورهای تأثیرگذار بر ظرفیت کشش و فشار قطری اتصال‌های گوشه‌ای در قاب‌های مبلمان ساخته‌شده با کلید پایونی را مورد بررسی قرار دادند. نتایج بدست‌آمده نشان داد که اتصال‌های گوشه فارسی قوی‌تر از سربه‌سر، کلید پایونی قوی‌تر از H شکل و کلید پایونی دوتایی بهتر از تکی عمل کرد و اتصال‌های چسب‌بند شده با PVA<sup>c</sup> قوی‌تر از CA (سیانا اکریلیت) است. Maleki و همکاران (۲۰۱۲) اثر فاصله کلید پایونی در سه اندازه ۱، ۲ و ۳ سانتیمتر و نوع اتصال‌دهنده در دو حالت را با استفاده از کلید پایونی و H شکل بر ظرفیت تحمل تنش اتصال گوشه‌ای فارسی ساخته‌شده از تخته خرده چوب و تخته فیبر نیمه‌سنگین (MDF) بررسی کردند. نتایج آنان نشان داد که ظرفیت تحمل تنش اتصال‌های ساخته‌شده با MDF در مقایسه با تخته خرده چوب و کلید H شکل در مقایسه با کلید پایونی بیشتر است. نتایج این پژوهشگران نیز نشان داد که مناسب‌ترین فاصله بین کلید پایونی برای ایجاد حداکثر ظرفیت تحمل تنش اتصال با فاصله ۱ سانتیمتر محدود می‌شود. همچنین آنان اتصال کلید 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. Atar و همکاران (۲۰۰۹) عملکرد اتصال‌های ساخته‌شده با قلیف بیسکوییتی را در دو حالت بارگذاری کششی و فشاری مورد بررسی قرار داده‌اند، در این تحقیق اعضای اتصال از جنس MDF و تخته خرده چوب بودند. اتصال‌ها به صورت فارسی و سربه‌سر با دو نوع چسب PVA و DVTKA<sup>۱</sup> و قلیف بیسکوییتی راش، ساخته‌شده‌اند. نتایج این بررسی نشان داده است که اتصال‌های ساخته‌شده از جنس MDF نسبت به اتصال‌های ساخته‌شده با تخته خرده چوب مقاومت بیشتری در دو حالت بارگذاری کششی و فشاری داشته‌اند. همچنین اتصال فارسی نسبت به اتصال سربه‌سر و چسب DVTKA

قرار می‌گیرد، اتصال‌دهنده v-۷ شکل فلزی است که این اتصال به کمک یک دستگاه پنوماتیکی و با نیروی باد و بدون نیاز به خالی کردن جای اتصال (برخلاف اتصال‌دهنده‌های گوشه‌ای دیگر مانند میخ چوبی، قلیف بیسکوییتی و کلید پایونی) در یک مرحله در قطعات مورد اتصال کوبیده می‌شود که این امر خود باعث سادگی و سرعت عمل بالا در نصب می‌شود. مصنوعات چند جزئی چوبی، سازه‌ای هستند و تابع قاعده عام اینکه هر سازه‌ای از نقطه ضعف خود می‌شکند می‌باشند. نقطه ضعف مصنوعات چند جزئی چوب، اتصالات آنهاست. چون اغلب مشاهده می‌شود که اجزای این مصنوعات در محل اتصال از هم باز می‌شوند و اتفاق شکست در اعضا فراوانی بسیار کمتری دارد (Ebrahimi, 2008). در اتصال‌دهنده‌هایی مانند کلید پایونی و v-۷ شکل به سبب استحکام بالای اتصال‌دهنده در مقایسه با اعضای اتصال شکست در تمام موارد از اعضای اتصال می‌باشد، از این رو به کار بردن اعضای اتصال از جنس مقاوم می‌تواند به استحکام اتصال در برابر نیروها کمک شایانی بکند. به طوری که استفاده و بکارگیری از اتصال فلزی v-۷ شکل به لحاظ ویژگی‌های خاصی که دارد می‌تواند جایگزین مناسبی بر دیگر اتصالات گوشه در کارهای صفحه‌ای گردد.

بنابراین با توجه به اهمیت اتصالات در طراحی سازه‌های مهندسی، تحقیقات بسیاری در این زمینه انجام شده است (Taghiyari et al., 2017). Maleki و همکاران (۲۰۱۳) تأثیر نوع چسب و ارتفاع کلید پایونی بر ظرفیت تحمل تنش در اتصال گوشه‌ای فارسی ساخته‌شده از تخته خرده چوب و تخته فیبر نیمه سنگین (MDF) را مورد بررسی قرار دادند. نتایج آنان نشان داد با افزایش ارتفاع کلید پایونی ظرفیت تحمل تنش اتصال افزایش می‌یابد. البته ظرفیت تحمل تنش اتصال‌های مونتاژ شده با چسب CA<sup>۱</sup> در مقایسه با PVA<sup>c</sup> و بدون چسب بیشتر بود. همچنین ظرفیت تحمل تنش بیشتری در اعضای اتصال ساخته‌شده از

1- Desmodur VTKA

1-Cyanoacrylate

2-Polyvinyle acetate

ساخت قاب در بازار مصرف و نبود تحقیقات در رابطه با مقاومت این اتصال، پژوهش کنونی باهدف بررسی تأثیر ارتفاع و تعداد اتصال‌دهنده ۷- شکل و همچنین تأثیر استفاده از چسب بر ظرفیت تحمل تنش کششی و فشاری در دو جنس تخته خرده چوب و تخته فیبر دانسیته متوسط (MDF) و مقایسه آن با اتصال‌دهنده کلید پایبونی انجام شد.

### مواد و روش‌ها

در این تحقیق نمونه‌های مورد آزمون از تخته فیبر دانسیته متوسط (MDF) به ابعاد  $366 \times 183$  سانتی‌متر و تخته خرده چوب به ابعاد  $366 \times 210$  با روکش ملامینه با ضخامت ۱۶ میلی‌متر استفاده شده است. MDF و تخته خرده چوب تولید داخل کشور و تولیدی شرکت پویا<sup>۱</sup> بود. دانسیته و خواص مکانیکی تخته خرده چوب و MDF بر اساس استاندارد EN 310، EN 323 و EN 319 مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج حاصل در جدول (۱) ثبت شده است.

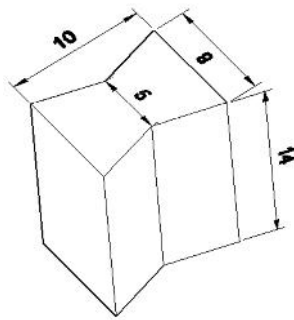
از اتصال‌دهنده ۷- شکل با جنس فولاد در دو سایز ارتفاعی ۷ و ۱۰ میلی‌متر و اتصال‌دهنده کلید پایبونی با جنس پی‌وی‌سی و ارتفاع ۱۴ میلی‌متر برای اتصال اعضا استفاده شد. در شکل ۱ ابعاد اتصال‌دهنده ۷- شکل و کلید پایبونی به‌کار رفته در این پژوهش نشان داده شده است. در نمونه‌های آزمون با استفاده از چسب، از چسب پلی وینیل استات PVA<sub>C</sub> با درصد مواد جامد ۵۰ درصد برای چسباندن اعضا مورد استفاده قرار گرفت.

نسبت به چسب PVA دارای مقاومت بیشتری بوده است. Ozkaya و همکاران (۲۰۱۰) تأثیر تعداد کلید پایبونی و نوع چسب بر روی ظرفیت لنگر خمشی اتصال‌های گوشه‌ای فارسی ساخته شده از OSB را بررسی کردند. نتایج این پژوهش نشان داده که بیشترین ظرفیت لنگر خمشی زیر بار کششی ۰/۱۱۷ مگاپاسکال مربوط به چسب پلی وینیل استات با یک کلید پایبونی بود؛ و کمترین مقاومت مربوط به اعضای متصل شده با یک و دو کلید پایبونی بدون چسب گزارش شد. طبق نتایج، چسب قطعا باید در اتصال گوشه‌ای کلید پایبونی مورد استفاده قرار گیرد و اتصال کلید پایبونی تک چسبانده شده با چسب PVAC ترجیح داده می‌شود. Tankut و Tankut (۲۰۰۴) ظرفیت لنگر خمشی اتصال‌های ساخته‌شده با قلیف بیسکوییتی را بررسی کرده‌اند. در این تحقیق اتصال‌های ساخته‌شده از تخته خرده چوب و MDF با قلیف بیسکوییتی در دو حالت بار کششی و فشاری آزمایش شده‌اند. نتایج این بررسی نشان داد که اتصال‌های ساخته‌شده با تخته خرده چوب زیر بار کششی دارای ظرفیت لنگر خمشی بیشتری نسبت به اتصال‌های ساخته‌شده با MDF بوده‌اند. ولی زیر بار فشاری مقاومت بیشتری در اتصال‌های ساخته‌شده با MDF نسبت به تخته خرده چوب مشاهده شده است. همچنین در این تحقیق فاصله بین قلیف بیسکوییت‌ها مورد بررسی قرار گرفته است و اختلاف ناچیزی بین سه فاصله ۱۰، ۱۲/۵ و ۱۵ سانتیمتر در هر دو حالت کششی و فشاری مشاهده شده است. با توجه به استفاده گسترده از اتصال‌دهنده ۷- شکل در

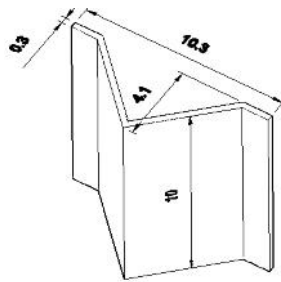
جدول ۱- مشخصات پانل‌های مورد استفاده در ساخت اعضای اتصال

IB(MPa)	MOE (MPa)	MOR(MPa)	دانسیته (gr/cm <sup>3</sup> )	ضخامت	نوع پانل
۰/۷۱	۲۶۰۰	۲۷/۵	۰/۷۱	۱۶ میلی‌متر	MDF
۰/۴۲	۱۸۵۶	۱۴/۴	۰/۶۴	۱۶ میلی‌متر	تخته خرده چوب

۱- تولیدکننده نئوپان با روکش و روکش نمودن اوراق MDF و نئوپان با ورق ملامین

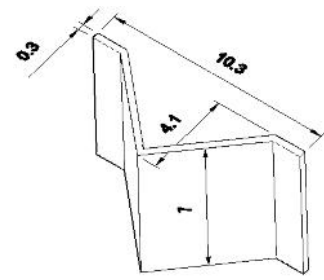


ب- اتصال دهنده کلید پایبونی



الف- اتصال دهنده ۷- شکل

ارتفاع ۱۰ میلی‌متر



الف- اتصال دهنده ۷- شکل

ارتفاع ۷ میلی‌متر

شکل ۱- ابعاد اتصال دهنده‌ها

عوامل متغیر در این بررسی به شرح زیر است:

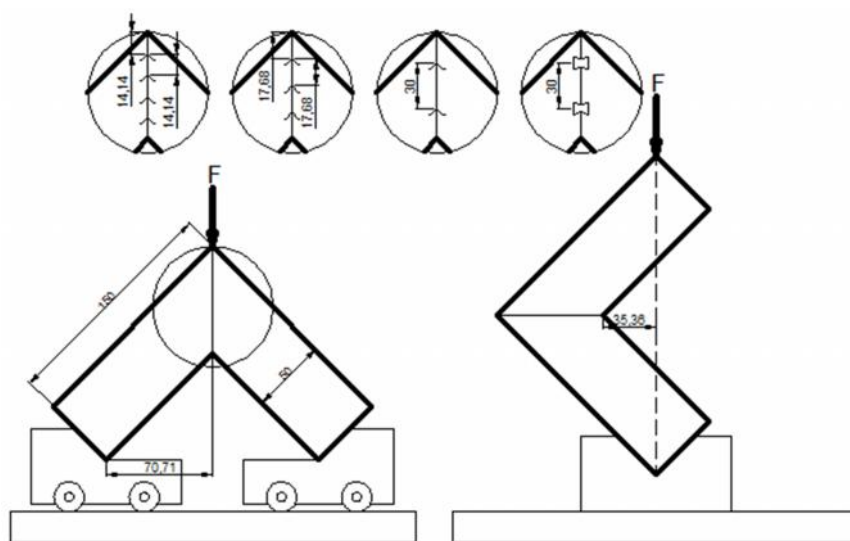
- ۱- نوع تخته (تخته خرده چوب و MDF)
- ۲- تعداد اتصال دهنده (۲، ۳ و ۴)
- ۳- ارتفاع اتصال دهنده (۷ و ۱۰ میلی‌متر)
- ۴- اتصال دهنده ۷ و کلید پایبونی در دو سطح با چسب و بدون چسب

از ترکیب عوامل متغیر، ۲۴ تیمار به وجود آمد که با توجه به ۵ تکرار ۱۲۰ نمونه برای هر آزمون (کشش و فشار قطری) در مجموع ۲۴۰ نمونه برای اندازه‌گیری ظرفیت تحمل تنش اتصال‌های ۷- شکل به دست آمد. همچنین برای مقایسه ظرفیت تحمل تنش ۴۰ نمونه آزمونی با اتصال دهنده کلید پایبونی برای هر دو آزمون کشش و فشار قطری ساخته شد.

داده‌های بدست آمده با نرم‌افزار SPSS تحلیل آماری شد. از آزمون دانکن برای مقایسه میانگین‌ها استفاده شد. تمام مقایسه‌ها در سطح معناداری ۵ درصد انجام شد. برای انجام آزمایش از دستگاه آزمون کشش و فشار صناف<sup>۱</sup> استفاده شد. سرعت بارگذاری ۵ mm/min تنظیم شد. نحوه بارگذاری در دو حالت کشش و فشار قطری در شکل ۲ نشان داده شده است.

۱-طراح و تولیدکننده دستگاه‌های تست آزمایشگاهی ساخت ایران

برای ساخت نمونه‌های آزمونی به صورت L شکل، ابتدا اوراق MDF و تخته خرده چوب توسط دستگاه اره گرد به ابعاد ۱۵×۵×۱/۶ سانتی‌متر برش داده شد. سپس با دستگاه اره فارسی بر یک سر قطعات با زاویه ۴۵ درجه بریده شدند. در اتصال دهنده فلزی ۷- شکل در نمونه‌های با چسب، بعد از آغشته کردن دو سطح فارسی بر شده به چسب، آنها را به هم چسبانده و توسط دستگاه ۷ کوب دو قطعه در ناحیه درز فارسی بر شده با تعداد ۲، ۳ و ۴ اتصال دهنده ۷ و با فاصله مرکز تا مرکز به ترتیب ۳۰، ۱۷/۶۸ و ۱۴/۱۴ میلی‌متر به هم متصل شدند. در اتصال دهنده کلید پایبونی، ابتدا توسط دستگاه دم‌چلچله‌زن جای کلید پایبونی بر روی درز فارسی اعضای اتصال برای جا زدن کلید پایبونی تعبیه شد. سپس بعد از آغشته کردن سطوح فارسی شده به چسب و کنار هم قرار دادن آنها قطعه اتصال دهنده کلید پایبونی توسط چکش در شیار مربوطه کوبیده شد. پس از ساخت اتصال‌ها، نمونه‌های ساخته شده با چسب پلی وینیل استات برای سخت شدن چسب در فصل تابستان به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۳۵°C قرار گرفتند. سپس نمونه‌ها به مدت دو هفته در اتاق کلیم با رطوبت نسبی ۶۵ درصد و دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد برای متعادل‌سازی رطوبت نگهداری شدند. نمونه‌های آزمونی برای انجام آزمون ظرفیت تحمل تنش استفاده شد.



آزمون کشش قطری

آزمون فشار قطری

شکل ۲- ابعاد اتصالات، فاصله اتصال‌دهنده‌ها از هم و شکل بارگذاری

برای محاسبه وضعیت تنش مرکب در گوشه‌های بیرونی و درونی اتصال‌ها از روابط پیشنهادی Maleki و همکاران (۲۰۱۲) استفاده شد.

و درونی اتصال‌ها از روابط پیشنهادی Maleki و همکاران (۲۰۱۲) و همکاران (۲۰۱۲) استفاده شد.

تنش در حالت بارگذاری کششی

$$\text{رابطه (۱)} \quad \text{تنش در گوشه داخلی} = \tau_b - \tau_a = \frac{3PL}{tb^2} - \frac{P \cos 45}{2bt}$$

$$\text{رابطه (۲)} \quad \text{تنش در گوشه بیرونی} = -(\tau_b + \tau_a) = -\left[ \frac{3PL}{tb^2} + \frac{P \cos 45}{2bt} \right]$$

تنش در حالت بارگذاری فشاری

$$\text{رابطه (۳)} \quad \text{تنش در گوشه داخلی} = -(\tau_b + \tau_a) = -\left[ \frac{6P \left( L + \frac{b\sqrt{2}}{2} \right)}{tb^2} + \frac{P \cos 45}{bt} \right]$$

$$\text{رابطه (۴)} \quad \text{تنش در گوشه بیرونی} = \tau_b - \tau_a = \frac{6P \left( L + \frac{b\sqrt{2}}{2} \right)}{tb^2} - \frac{P \cos 45}{bt}$$

**نتایج**

در جدول ۲ میانگین مقادیر تنش مرکب وارد بر گوشه درونی و بیرونی اتصال در حالت بارگذاری کششی و فشاری مطابق با نوع اعضای اتصال، اتصال با چسب و بدون چسب، تعداد اتصال دهنده و ارتفاع اتصال ارائه شده است. با استفاده از روش تحلیل واریانس اثرگذاری سطوح مختلف عوامل بر ظرفیت تحمل تنش مرکب کششی و فشاری به صورت مستقل و متقابل بررسی شد که نتایج آن در جدول ۳ و ۴ ارائه شده است.

در این روابط:

a = تنش محوری (Mpa)

b = تنش خمشی (Mpa)

P = نیرو (N)

L = طول دهانه

زیر بارکششی ۷۰/۷۱ mm

زیر بار فشاری ۳۵/۳۵ mm

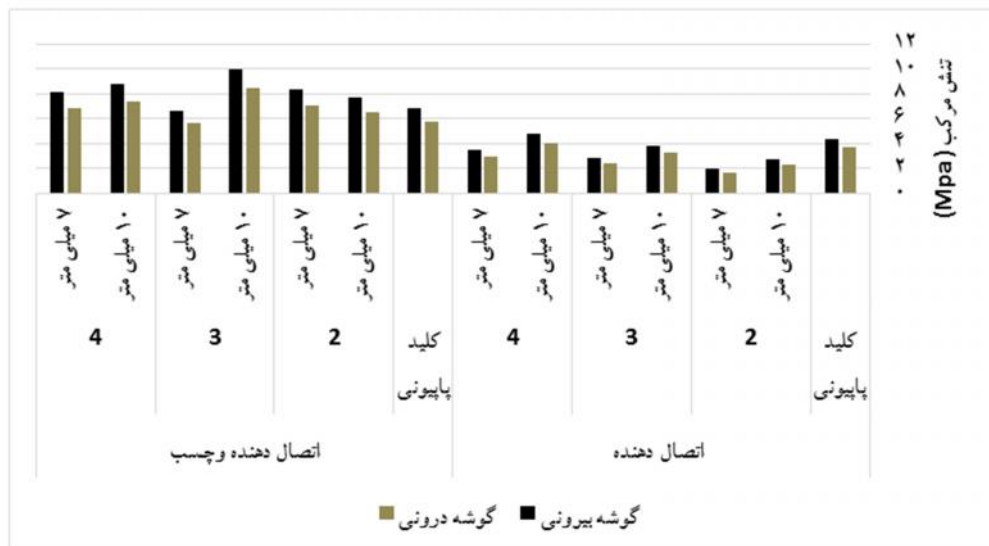
t = ضخامت عضو اتصال (mm)

جدول ۲- میانگین مقادیر تنش مرکب وارد بر گوشه درونی و بیرونی اتصال در حالت بارگذاری کششی و فشاری

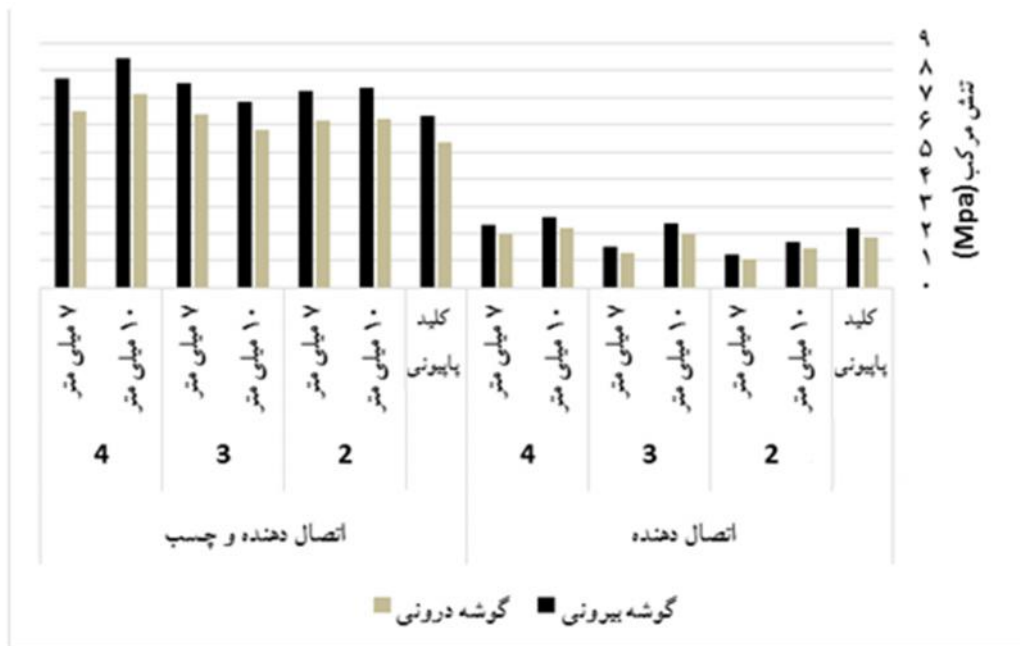
تنش مرکب (بارگذاری فشاری) Mpa		تنش مرکب (بارگذاری کششی) Mpa		ارتفاع اتصال	تعداد اتصال دهنده	استفاده از چسب	نوع اعضای اتصال
گوشه بیرونی	گوشه درونی	گوشه بیرونی	گوشه درونی				
۶/۹۲۵	۵/۸۶۰	۲/۳۶۹	۲/۸	۱۰	۲		
۵/۷۵۱	۴/۸۶۶	۱/۷۲۸	۲/۰۴۲	۷			
۱۰/۹۳۷	۹/۲۵۵	۳/۲۵۵	۳/۸۴۷	۱۰	۳	اتصال دهنده بدون چسب	
۸/۵۷۳	۷/۲۵۴	۲/۴۵۱	۲/۸۹۷	۷			
۱۳/۶۹۰	۱۱/۵۸۴	۴/۰۹۲	۴/۸۳۶	۱۰	۴		MDF
۱۰/۴۸۵	۸/۸۷۱	۲/۹۵۶	۳/۴۹۳	۷			
۲۷/۳۴۴	۲۳/۱۳۶	۶/۵۵۹	۷/۷۵۱	۱۰	۲		
۲۶/۰۳۱	۲۲/۰۲۶	۷/۰۴۷	۸/۳۲۸	۷			
۲۸/۵۷۳	۲۴/۱۷۶	۸/۴۴۸	۹/۹۸۴	۱۰	۳	چسب و اتصال دهنده	
۲۸/۲۴۰	۲۳/۸۹۵	۵/۶۳۱	۶/۶۵۵	۷			
۲۶/۷۱۴	۲۲/۶۰۴	۷/۴۱۱	۸/۷۵۸	۱۰	۴		
۲۸/۰۲۶	۲۳/۷۱۴	۶/۸۵۰	۸/۰۹۵	۷			
۴/۲۶۰	۳/۶۰۵	۱/۴۴۶	۱/۷۰۹	۱۰	۲		
۳/۳۱۸	۲/۸۰۷	۱/۰۴۴	۱/۲۳۴	۷			
۶/۰۰۲	۵/۰۷۸	۱/۹۹۷	۲/۳۶۰	۱۰	۳	اتصال دهنده بدون چسب	
۴/۱۵۰	۳/۵۱۱	۱/۲۶۳	۱/۴۹۳	۷			
۸/۰۲۶	۶/۷۹۱	۲/۱۸۹	۲/۵۸۶	۱۰	۴		تخته خرده چوب
۶/۲۱۳	۵/۲۵۷	۱/۹۷۷	۲/۳۳۶	۷			
۱۵/۰۹۲	۱۲/۷۷۰	۶/۲۰۸	۷/۳۳۷	۱۰	۲		
۱۶/۷	۱۴/۱۳۱	۶/۱۴۵	۷/۲۶۲	۷			
۱۶/۹۴۸	۱۴/۳۴۱	۵/۷۸۷	۶/۸۳۹	۱۰	۳	چسب و اتصال دهنده	
۱۷/۹۳۰	۱۵/۱۷۱	۶/۳۶۴	۷/۵۲۲	۷			
۱۷/۳۷۱	۱۴/۶۹۸	۷/۱۲۶	۸/۴۲۱	۱۰	۴		
۱۵/۶۱۳	۱۳/۲۱۱	۶/۵۱۳	۷/۶۹۷	۷			

جدول ۳- تحلیل واریانس زیر بارگذاری کششی

sig	F	میانگین مربعات		درجه آزادی	عوامل متغیر
		گوشه درونی	گوشه بیرونی		
۰/۰۰۰	۷۳/۱۳۰	۲۴/۰۲۵	۳۳/۵۵۵	۱	نوع تخته
۰/۰۰۰	۱/۸۰۳ E۳	۵۹۲/۳۳۶	۸۲۷/۳۱۲	۱	چسب
۰/۰۰۰	۲۰/۷۶۳	۶/۸۲۱	۹/۵۲۷	۲	تعداد اتصال دهنده
۰/۰۰۰	۳۰/۳۴۷	۹/۹۷۰	۱۳/۹۲۴	۱	ارتفاع اتصال دهنده
۰/۰۱۴	۶/۲۲۷	۲/۰۴۶	۲/۸۵۷	۱	نوع تخته × چسب
۰/۳۳۸	۱/۰۹۸	۰/۳۶۱	۰/۵۰۴	۲	نوع تخته × تعداد اتصال دهنده
۰/۰۰۲	۱۰/۲۸۰	۳/۳۷۷	۴/۷۱۷	۱	نوع تخته × ارتفاع اتصال دهنده
۰/۰۲۶	۳/۸۰۰	۱/۲۴۸	۳/۴۸۷	۲	چسب × تعداد اتصال دهنده
۰/۴۵۵	۰/۵۶۳	۰/۱۸۵	۰/۲۵۸	۱	چسب × ارتفاع اتصال دهنده
۰/۰۱۰	۴/۸۱۳	۱/۵۸۱	۲/۲۰۸	۲	تعداد اتصال دهنده × ارتفاع اتصال دهنده
۰/۰۰۰	۱۱/۲۴۵	۳/۶۹۴	۵/۱۶۰	۲	نوع تخته × چسب × تعداد اتصال دهنده × ارتفاع اتصال دهنده



شکل ۳- ظرفیت تحمل تنش زیر بار کششی در MDF



شکل ۴- ظرفیت تحمل تنش زیر بارکششی در تخته خرده چوب

جدول ۴- تحلیل واریانس زیر بارگذاری فشاری

sig	F	میانگین مربعات		درجه آزادی	عوامل متغیر
		گوشه درونی	گوشه بیرونی		
۰/۰۰۰	۵۰۱/۷۸۰	۱۶۷۵/۰۰۱	۱۱۹۹/۲۰۴	۱	نوع تخته
۰/۰۰۰	۱/۹۳۹E۳	۶۴۷۱/۷۴۱	۴۶۳۳/۳۹۳	۱	چسب
۰/۰۰۰	۲۲/۰۲۷	۷۳/۵۲۸	۵۲/۶۴۲	۲	تعداد اتصال دهنده
۰/۰۰۸	۷/۳۵۰	۲۴/۵۳۶	۱۷/۵۶۷	۱	ارتفاع اتصال دهنده
۰/۰۰۰	۱۰۴/۲۹۷	۳۴۸/۱۵۶	۲۴۹/۲۶۰	۱	نوع تخته × چسب
۰/۲۳۹	۱/۴۵۲	۴/۸۴۵	۳/۴۶۹	۲	نوع تخته × تعداد اتصال دهنده
۰/۴۱۱	۰/۶۸۰	۲/۲۷۱	۱/۶۲۶	۱	نوع تخته × ارتفاع اتصال دهنده
۰/۰۰۰	۱۲/۹۰۳	۴۳/۰۷۲	۳۰/۸۳۷	۲	چسب × تعداد اتصال دهنده
۰/۰۰۴	۸/۷۶۳	۲۹/۲۵۳	۲۰/۹۴۳	۱	چسب × ارتفاع اتصال دهنده
۰/۵۳۹	۰/۶۲۲	۲/۰۷۶	۱/۴۸۶	۲	تعداد اتصال دهنده × ارتفاع اتصال دهنده
۰/۰۸۲	۲/۵۷۱	۸/۵۸۴	۶/۱۴۵	۲	نوع تخته × چسب × تعداد اتصال دهنده × ارتفاع اتصال دهنده

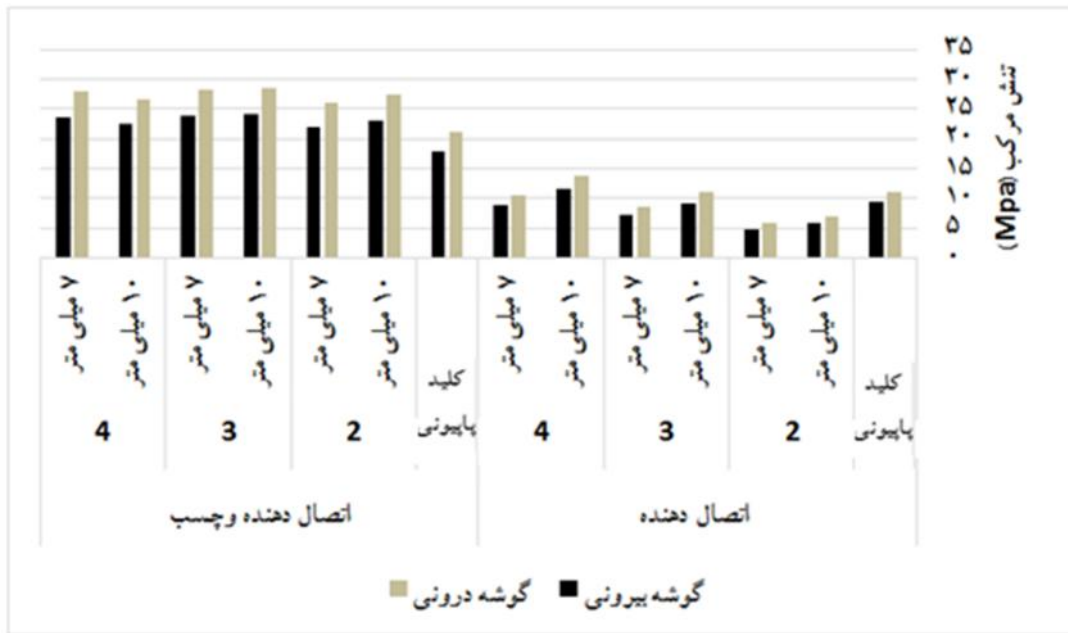
می‌دهد. البته ظرفیت تحمل تنش در اتصال‌های ساخته‌شده با اعضای MDF در مقایسه با تخته خرده چوب در بارگذاری کششی ۲۱ درصد بیشتر است.

شکل ۳ و ۴ ظرفیت تحمل تنش مرکب را در اتصال‌های ساخته‌شده با MDF و تخته خرده چوب زیر بارکششی نشان

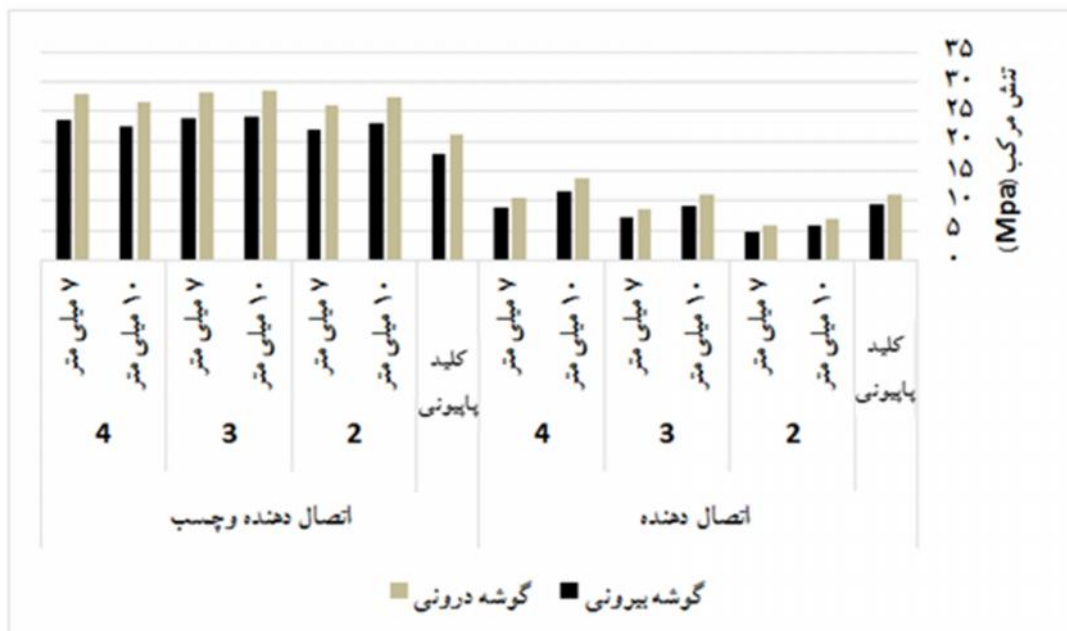


به طوری که افزایش ارتفاع اتصال دهنده از ۷ به ۱۰ میلی متر ظرفیت تحمل تنش مرکب زیر بار کششی را  $13/85$  درصد افزایش می دهد. افزایش تعداد اتصال دهنده ۷- شکل از ۲ به ۳ و ۲ به ۴ ظرفیت تحمل تنش در بارگذاری کششی را به ترتیب  $8/33$  و  $20/37$  درصد افزایش می دهد.

استفاده از چسب به همراه اتصال دهنده در ساخت اتصال ها تأثیر زیادی بر افزایش ظرفیت تحمل تنش داشته است، به طوری که ظرفیت تحمل تنش در بارگذاری کششی را تا دو برابر افزایش می دهد. افزایش ارتفاع اتصال دهنده ۷- شکل تأثیر مثبت بر ظرفیت تحمل تنش داشت،



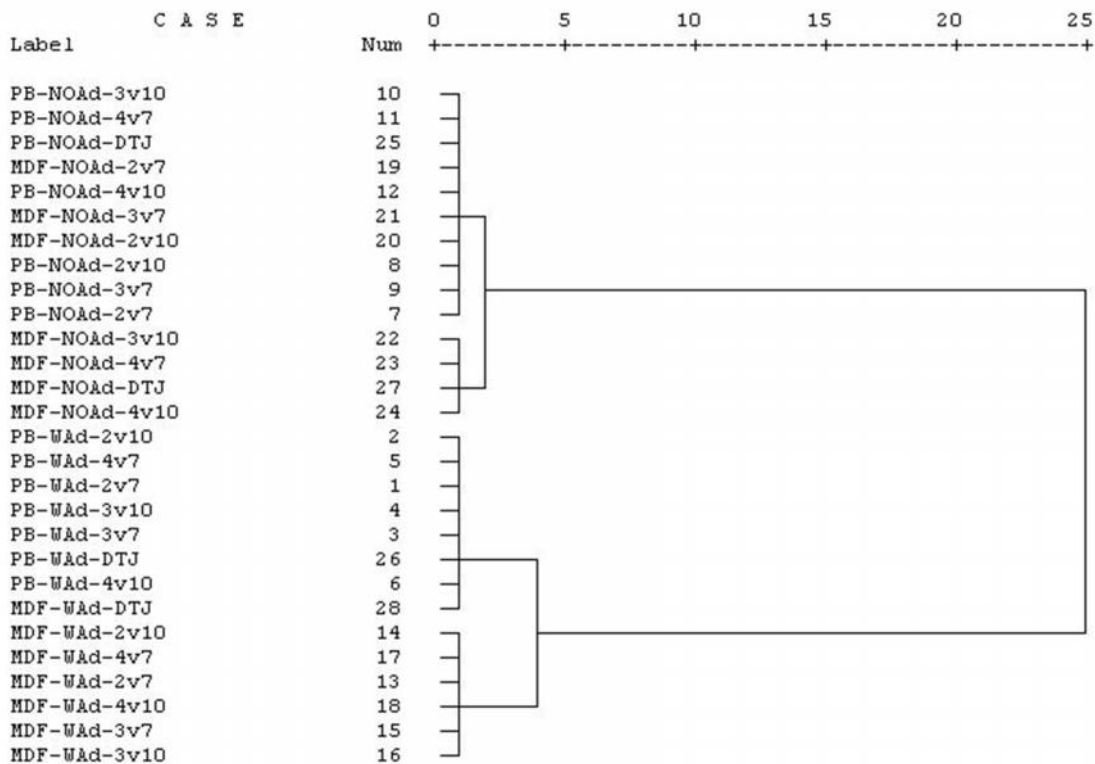
شکل ۵- ظرفیت تحمل تنش زیر بار فشاری در MDF



شکل ۶- ظرفیت تحمل تنش زیر بار فشاری در تخته خرده چوب

مرکب زیر بار فشاری را ۲۲/۳۴ درصد افزایش می‌دهد. افزایش تعداد اتصال‌دهنده ۷- شکل از ۲ به ۳ و ۲ به ۴ ظرفیت تحمل تنش در بارگذاری فشاری را به ترتیب ۱۵ و ۱۹/۶۴ درصد افزایش می‌دهد. در هر دو بارگذاری کششی و فشاری اتصال‌دهنده کلید پایون در حالت بدون چسب ظرفیت تحمل تنش بیشتری نسبت به اتصال‌دهنده ۷- شکل دارد، در صورتی‌که در حالت اتصال‌دهنده با چسب اتصال‌دهنده ۷- شکل ظرفیت تحمل تنش بیشتری را دارا می‌باشد. همچنین با افزایش تعداد اتصال‌دهنده ۷- شکل ظرفیت تحمل تنش آن نسبت به اتصال‌دهنده کلید پایون افزایش می‌یابد. در بارگذاری کششی بیشترین مقدار تنش مرکب مربوط به گوشه بیرونی اتصالات است، در صورتی‌که در بارگذاری فشاری بیشترین مقدار تنش مرکب مربوط به گوشه درونی اتصالات است.

مطابق شکل‌های ۳ تا ۶ مقادیر تنش مرکب در بارگذاری فشاری بیشتر از بارگذاری کششی است و اتصالات در حالت فشاری قدرت تحمل تنش بیشتری دارند. شکل ۵ و ۶ ظرفیت تحمل تنش مرکب را در اتصال‌های ساخته‌شده با MDF و تخته خرده چوب زیر بار فشاری نشان می‌دهد. البته ظرفیت تحمل تنش در اتصال‌های ساخته‌شده با اعضای MDF در مقایسه با تخته خرده چوب در بارگذاری فشاری ۶۹ درصد بیشتر است. استفاده از چسب به همراه اتصال‌دهنده در ساخت اتصالات تأثیر زیادی بر افزایش ظرفیت تحمل تنش داشته است، به طوری‌که ظرفیت تحمل تنش را در بارگذاری فشاری تا دو برابر افزایش می‌دهد. افزایش ارتفاع اتصال‌دهنده ۷- شکل تأثیر مثبت بر ظرفیت تحمل تنش داشت، به طوری‌که افزایش ارتفاع اتصال‌دهنده از ۷ به ۱۰ میلی‌متر ظرفیت تحمل تنش



شکل ۷- آنالیز خوشه‌ای ۲۴ تیمار بر مبنای ظرفیت تحمل تنش زیر بارگذاری کششی و فشاری در گوشه درونی و بیرونی اتصالات (MDF = تخته فیبر با دانسیته متوسط، PB = تخته خرده چوب، NOAd = اتصال‌دهنده بدون چسب، WAd = اتصال‌دهنده با چسب، ۳۷، ۲۷ و ۴۷ = تعداد اتصال‌دهنده ۷- شکل، ۷ و ۱۰ = ارتفاع اتصال‌دهنده ۷- شکل، DTJ = اتصال‌دهنده کلید پایون)

اعضای اتصال و اتصال‌دهنده را افزایش می‌دهد. البته نتایج به‌دست‌آمده در این قسمت با یافته‌های Ozkaya و همکاران (۲۰۱۰) مطابقت دارد. با یکسان در نظر گرفتن تعداد اتصال‌دهنده‌های ۷- شکل و کلید پایون، اتصال‌دهنده کلید پایون در حالت بدون چسب به دلیل سطح تماس بیشتر با اعضای اتصال در مقایسه با اتصال‌دهنده ۷- شکل دارای ظرفیت تحمل تنش بیشتری است. درحالی‌که در حالت اتصال‌دهنده کلید پایون با چسب، به دلیل خالی کردن جای اتصال‌دهنده و کاهش سطح خالص چسب‌خور در مقایسه با اتصال‌دهنده ۷- شکل دارای ظرفیت تحمل تنش کمتری است. بنابراین با افزایش ارتفاع و تعداد اتصال‌دهنده به دلیل افزایش سطح تماس و درگیری بین اتصال‌دهنده و اعضای اتصال و همچنین کاهش تمرکز تنش ظرفیت تحمل تنش در هر دو نوع بارگذاری افزایش یافت. نتایج بدست‌آمده با یافته‌های Maleki و همکاران (۲۰۱۳) و Lashgari و همکاران (۲۰۱۲) مطابقت دارد. البته ظرفیت تحمل تنش اتصال‌های ۷- شکل و کلید پایون در حالت بارگذاری فشاری نسبت به کششی بیشتر بوده است. تحت بارکشی با جدا شدن اتصال‌دهنده از اعضای اتصال و به تدریج تداوم بار باعث شکست کامل اتصال می‌شود؛ بنابراین، می‌توان ضعف اتصال در برابر تنش کششی را عامل اصلی کمتر بودن مقاومت اتصال‌های ساخته‌شده زیر بارکشی عنوان کرد. البته نتایج به‌دست‌آمده در این قسمت با یافته‌های Altun و همکاران (۲۰۱۰) و Dalvand و همکاران (۲۰۱۲) هم‌خوانی دارد. این پژوهشگران ضعف اتصال در برابر تنش کششی را عامل اصلی کمتر بودن مقاومت اتصال‌های ساخته‌شده زیر بارکشی نسبت به فشاری عنوان کرده‌اند. به‌طوری‌که بیشترین ظرفیت تحمل تنش کششی با  $9/984 \text{ Mpa}$  مربوط به اتصال ساخته‌شده از MDF با اتصال‌دهنده ۷- شکل تعداد ۳ عدد و ارتفاع ۱۰ میلی‌متر به همراه چسب و کمترین ظرفیت تحمل تنش کششی با  $1/23 \text{ Mpa}$  مربوط به اتصال ساخته‌شده از نئوپان با اتصال‌دهنده ۷- شکل تعداد ۲ عدد و ارتفاع ۷ میلی‌متر بدون چسب مشاهده شد. بیشترین ظرفیت تحمل تنش

در شکل ۷ در هر دو نوع اتصال‌دهنده (۷-شکل و کلید پایون) با چسب، در فاصله نزدیک به هم دسته‌بندی شده‌اند و این تأثیر معنادار چسب بر بهبود ظرفیت تحمل تنش اتصالات را نشان می‌دهد. همچنین آنالیز خوشه‌ای تشابه زیاد میان اتصالات با چسب ساخته‌شده از اعضای MDF یا تخته خرده چوب را نشان می‌دهد که تأثیر نوع چندسازه مورد استفاده در اعضای اتصال را عنوان می‌کند.

## بحث

نتایج بررسی جنس اعضای اتصال نشان داد که ظرفیت تحمل تنش اتصالات ساخته‌شده با MDF در دو حالت بارگذاری کششی و فشاری از تخته خرده چوب بیشتر است که دلیل این امر را می‌توان به توانایی نگره‌داری بیشتر اتصال‌دهنده توسط اعضای MDF نسبت به تخته خرده چوب ارتباط داد؛ به عبارت دیگر MDF به علت دانسیته بیشتر (شکل ۱) ساختار همگن‌تر و متراکم‌تر، دارای درهم‌رفتگی بیشتر الیاف نسبت به ساختار تخته خرده‌چوب است که باعث یکپارچگی ساختاری بهتر و ایجاد چسبندگی بهتر بین اعضای اتصال و اتصال‌دهنده می‌شود. ولی در تخته خرده چوب، ناهمگنی سطوح برش خورده سبب تراکم تنش و در نتیجه کاهش استحکام اتصال می‌شود. نتایج به‌دست‌آمده در این قسمت با یافته‌های Kasal و همکاران (۲۰۰۸)، Maleki و همکاران (۲۰۱۲) و Maleki و همکاران (۲۰۱۳) و Atar و همکاران (۲۰۰۹) مطابقت دارد. این پژوهشگران ضعف اتصالات ساخته‌شده با تخته خرده چوب را به مقاومت مکانیکی و به‌ویژه چسبندگی داخلی کم آن نسبت به MDF عنوان کرده‌اند. استفاده از چسب به همراه اتصال‌دهنده در هر دو نوع بارگذاری باعث افزایش ۲ برابری ظرفیت تحمل تنش شد، دلیل این امر را می‌توان به میزان مقاومت برشی، چسبندگی بالا و تحمل تنش فوق‌العاده خط چسب اتصالاتی مونتاز شده با چسب نسبت به نمونه‌های بدون چسب ارتباط داد. به‌طوری‌که چسب باعث پر کردن فضای خالی بین سطح اعضای اتصال شده و ظرفیت تحمل تنش اتصال را در برابر نیروی برشی وارد بر

- 24(1)155-168- Ebrahimi, gh, 2008. Engineering Design of Furniture Structure. Press of uni. Tehran.
- European standard, 1993. EN 310: Wood-Based Panels. Determination of Modulus of Elasticity in Bending and of Bending Strength[English version].
- European standard, 1993. EN 319: Particleboards and Fibreboards. Determination of tensile strength perpendicular to the plane of the board [English version].
- European standard, 1993. EN 323: Wood-Based Panels. Determination of density [English version].
- Kasal, A., 2008. Effect of the number of screws and screw size on moment capacity of furniture corner joints in case construction. *Forest products journal*, 58(6), 36.
- Lashgari, A., Khodayari, P. and Mohamadi, S.A., 2012. Withdrawal strength and bending resistance of L-shaped nail s joint in particleboard and MDF, *Iranian Journal of Wood and Paper Science Research* Vol. 27 No. (4), 2012.
- Maleki, S., Dalvand, M., Haftkhani, A.R. and Faezipour, M., 2013. The effect of adhesive types and dovetail fitting height on stress carrying capacity of Miter Frame corner joints constructed of particleboard and Medium Density Fiberboard (MDF), *Iranian Journal of Wood and Paper Industries*, 66(2):203-214.
- Maleki, S., Derikvand, M., Dalvand, M., & Ebrahimi, G., 2012. Load carrying capacity of mitred furniture corner joints with dovetail keys under diagonal tension load. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 36(5), 636-643.
- Ozkaya, K., Burdurlu, E., Ilce, A. C., & Ciritcioglu, H. H., 2010. Diagonal tensile strength of an oriented strand-board (OSB) frame with dovetail corner joint. *BioResources*, 5(4), 2690-2701.
- Taghiyari HR, Ghofrani M, Arbabi Ghamsari F., 2017. Effects of adhesive and loading directions on the load-carrying capacity of V-nails. *Maderas, Ciencia y tecnologia* 19(1): 113 – 124..

فشاری ۲۸/۵۷ Mpa مربوط به اتصال ساخته شده از MDF با اتصال دهنده ۷- شکل تعداد ۳ عدد و ارتفاع ۱۰ میلی متر به همراه چسب و کمترین ظرفیت تحمل تنش فشاری ۳/۳۱۸ Mpa مربوط به اتصال ساخته شده از توپان با اتصال دهنده ۷- شکل تعداد ۲ عدد و ارتفاع ۷ میلی متر بدون چسب مشاهده شد. به طور کلی استفاده از اتصال دهنده ۷- شکل به دلیل هزینه کم، عدم نیاز به خالی کردن جای اتصال، نصب یک مرحله ای سریع و آسان و همچنین ظرفیت تحمل تنش بیشتر بر اتصال دهنده کلید پایون ترجیح دارد. البته اگر حداکثر ظرفیت تحمل تنش مدنظر باشد، در حالت اتصال دهنده ۷- شکل بدون چسب استفاده از اعضای MDF با ارتفاع اتصال دهنده ۱۰ میلی متر و تعداد ۴ عدد و در حالت اتصال دهنده به همراه چسب استفاده از اعضای اتصال MDF با ارتفاع اتصال دهنده ۱۰ میلی متر و تعداد ۳ عدد به صنعتگران مبلمان پیشنهاد می شود.

#### منابع مورد استفاده

- Altun, S., Burdurlu, E. & Kılıç, M., 2010. Effect of adhesive type on the bending moment capacity of miter frame corner joints. *BioResources*, 5(3), 1473-1483.
- Atar, M., Ozcifici, A., Altinok, M. and Celikel, U., 2009. Determination of diagonal compression and tension performances for case furniture corner joints constructed with wood biscuits. *Materials & Design*. 30: 665-670.
- Dalvand, M., Ebrahimi, GH. Rostampour Haftkhani, A. and Maleki, S., 2012. Analysis of factors affecting diagonal tension and compression capacity of corner joints in furniture frame fabricated with dovetail key, *Journal of Forestry Research*.

## Tensile and compression stress carrying capacity of corner V-nails

H.R. Taghiyari<sup>1</sup>, M. Ghofrani<sup>2</sup> and F.ArbabiGhamsari<sup>2</sup>

1\*- Corresponding author, Associate Prof., Wood Science and Technology Department, The Faculty of Civil Engineering, Shahid Rajaei Teacher Training University, Tehran, Iran, E-mail: htaghiyari@yahoo.com

2 -Associate Prof., Wood Science and Technology Department, The Faculty of Civil Engineering, Shahid Rajaei Teacher Training University, Tehran, Iran

3- M.Sc., Wood Science and Technology Department, The Faculty of Civil Engineering, Shahid Rajaei Teacher Training University Tehran

Received: May, 2016

Accepted: Sep., 2016

### Abstract

The present research was carried out to find the stress -carrying capacity of corner miter V-joints in tensile and compression directions to be compared with those of dovetail joints. Variables included the type of material to produce the joints (MDF and particleboard), the number of V-nail in each joint (2, 3, and 4 V-nails), and the height of V-nails (7 and 10 mm). Separate sets of joints were produced with and without polyvinyl acetate resin. Results demonstrated that the stress -carrying capacity under compression was significantly higher than those in the tensile direction. Moreover, MDF joints showed higher stress carrying capacity in comparison to those made from particleboard. Joints with resin were significantly stronger than those without resin. Higher number of V-nails resulted in improvement in the stress -carrying capacity in both directions. Based on the results of the present research , it was concluded that V-nails are preferred to dovetail joints from different perspectives, including their lower production cost, lack of need for an extra step to mill the joint to inset the bits , fast and easy installation of V-joint in one-step process, as well as higher stress -carrying capacity. The results indicated the maximum stress-carrying capacity of 13.7 MPa and 28 MPa for V-nails without and with adhesive, respectively. It was concluded that 4 V-nails with 10 mm height in MDF joint-members would be recommended for joints without resin. In case of joints with resin, MDF joint-members with 3 V-nails of 10 mm would provide the highest stress -carrying capacity for craftsmen and producers of furniture and cabinets.

**Key words:** Corner joint, diagonal tensile and compression, stress -carrying capacity, loading direction, Medium-density fiberboard, V-nail, cabinet-making industry.