

## بررسی ظرفیت تحمل تنش اتصال گوشه‌ای فارسی ساخته‌شده با بیسکویت تحت بارگذاری فشاری و کششی قطری

### چکیده

این پژوهش با هدف بررسی ظرفیت تحمل تنش اتصال گوشه‌ای فارسی ساخته‌شده با اتصال‌دهنده بیسکویت زیر بار فشاری و کششی قطری انجام شده است. اتصالات گوشه‌ای با اعضای اتصال از دو گونه‌ی راش (*Fagus orientalis*) و نراد (*Abies alba*)، با ۱ تا ۲ بیسکویت به اندازه ۱۰ و ۲۰ و با کمک چسب‌های پلی‌وینیل استات (PVAc)، پلی‌اورتان (PU) و اوره فرمالدئید (UF)، ساخته‌شده و تحت آزمون قرار گرفتند. از آنجا که اتصال پین چوبی جزء متداول‌ترین اتصالات میلمان محسوب می‌شود، آزمون‌های شاهده‌ی نیز با کمک پین و چسب PVAc به عنوان شاهد جهت مقایسه با اتصال‌دهنده بیسکویتی ساخته شد. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر مستقل گونه‌ی اعضای اتصال، اندازه بیسکویت، تعداد اتصال‌دهنده و نوع چسب در هر دو حالت بارگذاری فشاری و کششی در سطح ۵ درصد معنی‌دار است. نتایج نشان دادند که ظرفیت تحمل تنش اتصال‌های ساخته‌شده با گونه‌ی راش نسبت به گونه‌ی نراد بیشتر بوده و با افزایش اندازه و تعداد بیسکویت، ظرفیت تحمل تنش افزایش یافت. ظرفیت تحمل تنش اتصال‌های ساخته‌شده با چسب پلی‌اورتان نیز نسبت به اتصال‌های ساخته‌شده با چسب پلی‌وینیل استات و اوره فرمالدئید بیشتر بود. ظرفیت تحمل تنش اتصال‌های ساخته‌شده زیر بار فشاری بیشتر از ظرفیت تحمل تنش زیر بار کششی بود. بیشترین میزان ظرفیت تحمل تنش در اتصال‌های ساخته‌شده با گونه چوبی راش، دو اتصال‌دهنده، بیسکویت اندازه‌ی ۲۰ و چسب پلی‌اورتان، در هر دو حالت بارگذاری فشاری و کششی مشاهده شد.

**واژگان کلیدی:** اتصال بیسکویت، اتصال فارسی، ظرفیت تحمل تنش، پین چوبی، چسب.

پانته‌آ عمرانی<sup>۱\*</sup>  
قنبر ابراهیمی<sup>۲</sup>  
محمد کهوند<sup>۳</sup>

<sup>۱</sup> استادیار گروه صنایع چوب، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی، تهران، ایران

<sup>۲</sup> استاد گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

<sup>۳</sup> دانشجوی کارشناسی ارشد گروه صنایع چوب، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی، تهران، ایران

مسئول مکاتبات:  
[pantea.omrani@gmail.com](mailto:pantea.omrani@gmail.com)

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۶/۰۳

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۱/۳۱

### مقدمه

اجزای سازه‌های چوبی به روش‌های متفاوت (اتصال‌های گوشه‌ای، سر به سر، متقاطع، عرضی و غیره)، با اتصال‌دهنده‌های گوناگون (پین چوبی، بیسکویت چوبی،

دم‌چلچله، قلیف و غیره)، با چسب‌های مختلف و یا با ترکیبی از آن‌ها به هم متصل می‌شوند. اتصال‌ها در سازه میلمان بیشتر از نقاط دیگر آن تحت تأثیر نیروهای خارجی اعم از فشاری، کششی، برشی و لنگر خمشی قرار می‌گیرند و اغلب ضعف اتصال باعث

و بیرونی) در اتصالات بیسکوییتی L شکل ساخته‌شده از چوب راش، صنوبر، تخته خرده‌چوب<sup>۴</sup> (PB) و تخته فیبر با دانسیته‌ی متوسط<sup>۵</sup> (MDF) پرداختند. نتایج بررسی جنس اعضای اتصال نشان دادند که بیشترین ظرفیت تحمل تنش در اتصالات ساخته‌شده از گونه‌ی راش بوده، که به‌ترتیب بیشتر از اتصالات ساخته‌شده از چوب صنوبر، MDF و PB بود [۵]. Vassiliou و Barboutis (۲۰۰۸) توان نگه‌داری و ظرفیت لنگر خمشی زیر بار کششی اتصالات ساخته‌شده از PB و MDF با اتصال‌دهنده‌ی بیسکویت را بررسی کردند. نتایج این تحقیق نشان داد که اتصالات ساخته‌شده با MDF دارای توان نگه‌داری و ظرفیت لنگر خمشی بیشتری نسبت به اتصالات ساخته‌شده با PB می‌باشند [۶]. Kociszewski (۲۰۰۵) نشان داد که افزایش ضخامت اعضای اتصال و اندازه بیسکویت باعث افزایش سفتی و ظرفیت تحمل بار اتصال می‌شود. همچنین با افزایش تعداد بیسکویت از ۲ به ۳ عدد، سفتی و میزان تحمل بار روند افزایشی داشته است [۷]. Atar و همکاران (۲۰۰۹) عملکرد اتصالات فارسی و سربه‌ساخته‌شده با بیسکویت راش در MDF و PB را در دو حالت بارگذاری کششی و فشاری مورد بررسی قرار دادند. نتایج این بررسی نشان داد که اتصالات ساخته‌شده با MDF نسبت به اتصالات ساخته‌شده با PB مقاومت بیشتری در دو حالت بارگذاری کششی و فشاری داشته‌اند. همچنین اتصال فارسی نسبت به اتصال سربه‌سر و چسب DVTKA<sup>۶</sup> نسبت به چسب PVAc عملکرد مقاومتری بهتری از خود نشان داده‌اند [۸]. Dalvand و همکاران (۲۰۱۴) اتصالات فارسی و سربه‌سر ساخته‌شده با پین را مورد بررسی قرار دادند. نتایج پژوهش آنان نشان داد که ظرفیت تحمل تنش اتصال آزمون شده زیر بار فشاری بیشتر از ظرفیت تحمل تنش زیر بار کششی است. همچنین ظرفیت تحمل تنش اتصال فارسی در دو حالت بارگذاری (کششی و فشاری) نسبت به اتصال سربه‌سر بیشتر بوده است. همچنین نتایج آن‌ها نشان داد که، با افزایش قطر پین میزان ظرفیت تحمل تنش در هر دو حالت بارگذاری افزایش می‌یابد [۹]. تحقیقات Altun

شکست سازه می‌شود [۱]. مقاومت اتصالات میلمان تحت تأثیر خواص اجزای سازه، مانند انواع مختلف اتصال‌دهنده‌ها، گونه چوبی، انواع تخته‌ها و چسب‌ها است. همچنین مقاومت تحت تأثیر عوامل متعدد درگیر در فرایند مونتاژ، از جمله بستن مناسب اجزای اتصال و روش ساخت قرار دارد. دوام سازه‌ی میلمان به‌طور عمده به اتصالات مناسب میلمان بستگی دارد. مقاومت مکانیکی اتصال تعیین‌کننده است، زیرا شکست به‌طور معمول به اتصالات میلمان مربوط می‌شود [۲].

به‌طور کلی، استحکام و سفتی اعضای اتصال و اتصال-دهنده‌های به‌کاررفته در میلمان در تعیین استحکام نهایی سازه اهمیت دارند [۳]. اتصالات گوشه‌ای در سازه‌های میلمان تحت بارهای کششی و فشاری قطری قرار می‌گیرند. بنابراین در طولانی مدت، ظرفیت تحمل تنش اعضای سازه و به‌ویژه اتصالات زیر بارهای استاتیکی و دوره‌ای کمتر از تنش‌های وارده شده و باعث شکست سازه میلمان می‌شود. یکی از انواع اتصالات مورد استفاده در صنعت میلمان اتصال‌دهنده‌ی بیسکویت است که به‌دلیل سهولت در ایجاد اتصال، ظرافت و همچنین سرعت عمل در ساخت، در سازه‌های میلمان نظیر اتصال بدنه قفسه به کف و طبقه، جعبه، کتابخانه، صندوق، کمد، کابینت‌سازی و غیره مورد استفاده قرار می‌گیرد. در سال‌های اخیر، پژوهش‌هایی در مورد اتصال‌دهنده‌های مختلف به انجام رسیده و یا در حال انجام می‌باشد.

Kahvand و همکاران (۲۰۱۴) تأثیر گونه چوبی اعضای اتصال، تعداد اتصال‌دهنده، اندازه بیسکویت و نوع چسب بر ظرفیت لنگر خمشی اتصالات T شکل ساخته‌شده با اتصال بیسکوییتی را مورد بررسی قرار دادند. نتایج این بررسی نشان داد که، با افزایش تعداد و اندازه بیسکویت ظرفیت لنگر خمشی اتصال افزایش یافته است. اتصالات ساخته‌شده با چسب پلی‌اورتان<sup>۱</sup> (PU) نسبت به اتصالات ساخته‌شده با چسب‌های پلی‌وینیل استات<sup>۲</sup> (PVAc) و اوره فرمالدئید<sup>۳</sup> (UF) عملکرد بهتری داشته‌اند [۴]. Abbasi و Rangavar (۲۰۱۷) در تحقیقی به بررسی ظرفیت لنگر خمشی و تحمل تنش (گوشه‌ی داخلی

<sup>۴</sup> Particle board (PB)

<sup>۵</sup> Medium density fiber board (MDF)

<sup>۶</sup> Desmodur Vinil Trie Ketonol Acetate

<sup>۱</sup> Polyurethane (PU)

<sup>۲</sup> Polyvinyl acetate (PVAc)

<sup>۳</sup> Urea formaldehyde (UF)

## مواد و روش‌ها

### مواد

برای ساخت اتصال‌ها، اعضای اتصال از دو گونه راش (*Fagus orientalis*) و نراد (*Abies alba*) تهیه و به ابعاد  $۱۶ \times ۵ \times ۲/۵$  سانتی‌متر بریده شدند. در جدول ۱، ویژگی‌های گونه‌های چوبی مورد استفاده بیان شده است [۱۳ و ۱۴].

به‌عنوان اتصال‌دهنده از بیسکویت چوبی گونه راش با ضخامت ۳ میلی‌متر، در دو اندازه ۱۰ (۱۹ میلی‌متر عرض و ۵۳ میلی‌متر طول) و ۲۰ (۲۳ میلی‌متر عرض و ۶۰ میلی‌متر طول) استفاده شد.

همچنین از سه نوع چسب پلی‌وینیل استات، پلی‌اورتان و اوره فرمالدئید جهت مونتاژ اعضای اتصال با بیسکویت‌های اتصال‌دهنده استفاده شد. در جدول ۲، مشخصات چسب‌های مصرفی بیان شده است.

### روش‌ها

پس از اندازه‌بری چوب‌ها، یک سر دو عضو اتصال برای اتصال فارسی با دستگاه فارسی‌بر، تحت زاویه ۴۵ درجه برش داده شد. سپس به‌وسیله‌ی دستگاه بیسکویت‌زن بر روی تمامی نمونه‌ها شیارهای بیضوی شکل به‌منظور جازدن بیسکویت‌ها ایجاد شد. در مرحله‌ی چسب‌زنی، ابتدا سطوح داخلی شیارهای ایجاد شده و نیز سطوح بیسکویت‌ها، به‌خوبی به چسب آغشته و سپس بیسکویت‌ها در شیارهای مورد نظر قرار داده شدند.

به‌منظور حذف اثر چسبندگی اعضای اتصال به یکدیگر و محدود کردن اتصال اعضا فقط با اتصال‌دهنده‌ی بیسکویت، قطعه‌ای کاغذ مومی بین دو عضو اتصال قرار داده شد. اتصال‌های ساخته‌شده به وسیله‌ی گیره‌های نجاری به مدت ۲۴ ساعت تحت فشار قرار گرفتند تا چسب به‌طور کامل عمل کرده و خشک شود.

همکاران (۲۰۱۰) نشان داد که نوع چسب بر ظرفیت لنگر خمشی اتصال‌های ساخته‌شده با اعضا از MDF و اتصال دم چلچله در حالت‌های بارگذاری کششی و فشاری تأثیرگذار است. بیشترین مقدار مقاومت در حالت بارگذاری کششی در اتصال‌های ساخته‌شده با چسب سیانو اکریلیت<sup>۱</sup> (CA) و بیشترین مقدار مقاومت در حالت بارگذاری فشاری در اتصال‌های ساخته‌شده با چسب PVAc گزارش شده است [۱۰]. Tankut و Tankut (۲۰۰۹) تأثیر نوع اتصال‌دهنده، نوع چسب و جنس اعضای اتصال بر مقاومت اتصال‌های گوشه‌ای را بررسی کردند. آن‌ها دریافتند که نوع پانل، نوع چسب و نوع اتصال تأثیر معنی‌داری بر ظرفیت لنگر خمشی زیر بار کششی و فشاری داشته است. این پژوهشگران عنوان کردند که به‌طور کلی اتصال‌های ساخته‌شده با اعضا از پانل‌های چوبی زیر بار کششی مقاومت بیشتری نسبت به حالت بارگذاری فشاری دارند [۱۱]. Maleki و همکاران (۲۰۱۳) اثر نوع چسب و ارتفاع دم‌چلچله بر ظرفیت تحمل تنش اتصال گوشه‌ای فارسی ساخته‌شده از PB و MDF را مورد بررسی قرار دادند. نتایج این پژوهش نشان داد که، ظرفیت تحمل تنش اتصال‌های با چسب CA نسبت به چسب PVAc و بدون چسب بیشتر بود. همچنین ظرفیت تحمل تنش اتصال‌های ساخته‌شده از MDF نسبت به اتصال‌های ساخته‌شده از PB بیشتر بود. همچنین مقاومت اتصال‌ها با افزایش ارتفاع دم‌چلچله افزایش یافته است [۱۲]. همان‌طور که ملاحظه می‌شود، پژوهش‌های اندکی درباره ارزیابی اتصال‌دهنده بیسکویت بر روی ظرفیت تحمل تنش اتصال‌های گوشه‌ای فارسی ساخته‌شده از اعضای چوبی صورت گرفته است. از سوی دیگر بیشتر مطالعات منتشر شده، پیرامون مقاومت اتصال‌های صفحات مرکب چوبی مانند PB و MDF است. از این‌رو، در این پژوهش، تأثیر اندازه بیسکویت، گونه‌ی اعضای اتصال، تعداد اتصال‌دهنده و نوع چسب بر ظرفیت تحمل تنش اتصال‌های گوشه‌ای فارسی به‌منظور رسیدن به بهترین حالت و مقایسه آن با اتصال معمول ساخته‌شده با پین چوبی مورد بررسی قرار گرفته است.

<sup>۱</sup> Cyanoacrylate

جدول ۱- ویژگی‌های گونه‌های چوبی مورد استفاده به‌عنوان اعضای اتصال

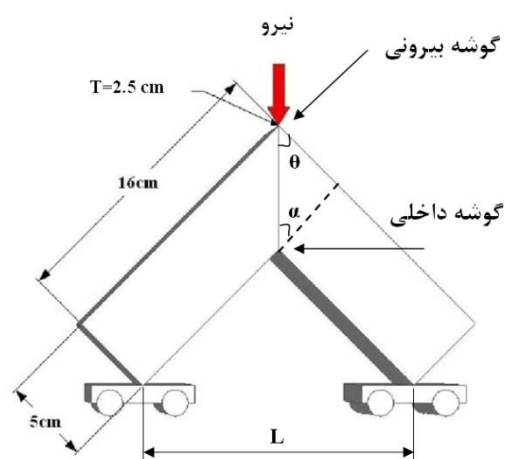
گونه چوبی	دانسیتته ( $g/cm^3$ )	مدول گسیختگی (MPa)	مدول الاستیسیته (MPa)	مقاومت برشی موازی با الیاف (Mpa)
راش	۰/۶۲	۱۲۳/۶۳۳	۱۱۶۸۰/۶۷	۱۳/۳
نراد	۰/۴۶	۵۹/۶۷	۶۶۵۸	۳/۱

جدول ۲- مشخصات چسب‌های مورد استفاده در ساخت اتصال‌ها

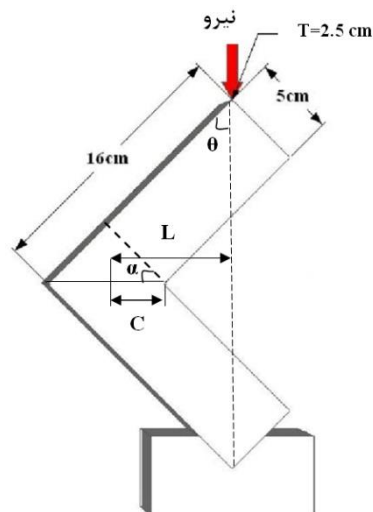
نوع چسب	رنگ	دانسیتته ( $g/cm^3$ )	درصد مواد جامد	مدت زمان استفاده در دمای اتاق (min)
پلی‌وینیل استات	سفید شیری	۱/۰۸	۶۰-۶۵	۲۰-۳۰
پلی‌اورتان (ML-515)	خردلی	۱/۳	۹۵-۱۰۰	۳۰
اوره فرمالدئید	سفید	۱/۲۹	۶۴	۶۰۰-۱۸۰

پس از انجام عملیات مونتاژ، نمونه‌ها به مدت دو هفته در محیط آزمایشگاهی با شرایط رطوبت نسبی  $5 \pm 65$  درصد و دمای  $2 \pm 20$  درجه سانتی‌گراد، قرار داده شده و سپس به‌وسیله‌ی دستگاه آزمون مکانیکی مدل Zwick/Roell Z150 تحت بارگذاری فشاری و کششی قرار گرفتند. سرعت بارگذاری  $5 \text{ mm/min}$  تنظیم شد [۹]. شکل ۱، نحوه اعمال بارگذاری فشاری و کششی روی نمونه‌ها را نشان می‌دهد.

همچنین جهت ساخت اتصال‌های پین، اعضای اتصال از گونه‌های راش و نراد، پین اتصال‌دهنده از گونه راش با قطر ۱۰ میلی‌متر و چسب PVAC (چسب معمول مورد استفاده در صنعت مبلمان) انتخاب گردید. مراحل ساخت اتصال‌های پین نیز مشابه فرایندهای انجام شده برای ساخت اتصال‌های بیسکوییتی بوده است و فقط به‌جای شیار، سوراخ‌کاری متناسب با قطر پین مصرفی انجام شده است.



ب) نمایی از آزمونه‌ی ظرفیت تحمل تنش زیر بارگذاری کششی



الف) نمایی از آزمونه‌ی ظرفیت تحمل تنش زیر بارگذاری فشاری

شکل ۱- آرایش اعمال بارگذاری فشاری و کششی روی آزمونه‌ی تعیین ظرفیت تحمل تنش

تنش در حالت بارگذاری فشاری و از روابط ۱۰ تا ۱۷ برای تنش در حالت بارگذاری کششی استفاده شد [۱۵].

برای محاسبه تنش مرکب در گوشه داخلی (D) و بیرونی (E) اتصال فارسی ساخته‌شده از روابط ۱ تا ۹ برای

## تنش در حالت بارگذاری فشاری

$$I = \frac{1}{12} t \left( \frac{b}{\cos \alpha} \right)^3 = \frac{tb^3}{12 \cos^3 \alpha} \quad (11)$$

$$\sigma_{\alpha} = -\frac{P \cos \theta \cos \alpha}{t \left( \frac{b}{\cos \alpha} \right)} \pm \frac{MC}{I} \quad (12)$$

$$\sigma_{\alpha} = -\frac{P \cos \theta \cos \alpha}{t \left( \frac{b}{\cos \alpha} \right)} \pm \frac{MC}{I} \quad (13)$$

(۱۴) تنش در گوشه داخلی اتصال

$$\sigma_{\alpha)D} = -\frac{P \cos \theta \cos^2 \alpha}{tb} - \frac{3PL(\cos^2 \alpha)}{2tb^2}$$

(۱۵) تنش در گوشه بیرونی اتصال

$$\sigma_{\alpha)E} = -\frac{P \cos \theta \cos^2 \alpha}{tb} + \frac{3PL(\cos^2 \alpha)}{2tb^2}$$

بنابراین با قرار دادن مقادیر  $\alpha$  و  $\theta$ :

(۱۶) تنش در گوشه داخلی اتصال

$$\sigma_{\alpha)D} = -0.353 \frac{P}{tb} - 0.75 \frac{PL}{tb^2}$$

(۱۷) تنش در گوشه بیرونی اتصال

$$\sigma_{\alpha)E} = -0.353 \frac{P}{tb} + 0.75 \frac{PL}{tb^2}$$

$\sigma_a$ : تنش محوری (MPa)، P: نیرو (N)، L: در بارگذاری کششی mm ۱۵۵/۵۶۳ و در بارگذاری فشاری mm ۷۷/۷۸۲، C: mm ۳۵/۳۵۵، t: ضخامت عضو اتصال (mm) و b: عرض عضو اتصال (mm) می‌باشد.

برای هر یک از آزمون‌های کشش و فشار به‌طور جداگانه ۲۴ تیمار و برای هر تیمار ۵ تکرار (۱۲۰ نمونه برای هر کدام) در نظر گرفته شد. همچنین برای نمونه‌های ساخته‌شده با پین، ۲ تیمار و برای هر تیمار ۵ تکرار در نظر گرفته شد. نتایج حاصله با نرم‌افزار SPSS، طبق آزمون فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی مورد تجزیه

$$M = PL \quad (1)$$

$$C = \frac{b}{2 \cos \alpha} \quad (2)$$

$$I = \frac{tb^3}{12 \cos^3 \alpha} \quad (3)$$

$$\sigma_{\alpha} = -\frac{P \cos \theta}{tb} \pm \frac{MC}{I} \quad (4)$$

$$\sigma_{\alpha} = -\frac{P \cos \theta}{tb} \pm PL \left( \frac{b}{2 \cos \alpha} \right) \frac{12 \cos^3 \alpha}{tb^3} \quad (5)$$

(۶) تنش در گوشه داخلی اتصال

$$\sigma_{\alpha)D} = -\frac{P \cos \theta}{tb} + \frac{6PL \cos^2 \alpha}{tb^2}$$

(۷) تنش در گوشه بیرونی اتصال

$$\sigma_{\alpha)E} = -\frac{P \cos \theta}{tb} - \frac{6PL \cos^2 \alpha}{tb^2}$$

بنابراین مقدار  $\sigma_a$  آزمون‌ها در دو گوشه داخلی و بیرونی اتصالات، با قرار دادن مقادیر  $\alpha$  و  $\theta$  که در اتصال فارسی  $\theta = 45^\circ$  و  $\alpha = 45^\circ$  است، به صورت زیر به‌دست می‌آید:

(۸) تنش در گوشه داخلی اتصال

$$\sigma_{\alpha)D} = -0.7071 \frac{P}{tb} + \frac{3PL}{tb^2}$$

(۹) تنش در گوشه بیرونی اتصال

$$\sigma_{\alpha)E} = -0.7071 \frac{P}{tb} - \frac{3PL}{tb^2}$$

## تنش در حالت بارگذاری کششی

$$M = \frac{PL}{4} \quad (10)$$

و تحلیل قرار گرفت. برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون دانکن استفاده شد.

### نتایج و بحث

مقادیر تنش مرکب وارد بر گوشه داخلی و بیرونی اتصال‌ها در جدول ۳ نشان داده شده است، همان‌طور که مشاهده می‌شود، در بارگذاری فشاری بیشترین ظرفیت تنش مرکب مربوط به گوشه داخلی در هر دو گونه راش و نراد بوده، ولی بیشترین ظرفیت تنش مرکب در بارگذاری

کششی مربوط به گوشه بیرونی در هر دو گونه راش و نراد است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود مقادیر تنش مرکب در بارگذاری فشاری بیشتر از بارگذاری کششی بوده و اتصال در حالت فشاری، ظرفیت تحمل تنش بیشتری داشته است. همچنین بیشترین ظرفیت تنش مرکب در هر دو حالت بارگذاری مربوط به گونه راش است؛ به عبارتی بیشترین ظرفیت تنش مرکب در حالت بارگذاری فشاری است که اتصال با گونه راش و دو اتصال‌دهنده بیسکوییتی اندازه ۲۰، با چسب PU ساخته‌شده است.

جدول ۳- میانگین مقادیر تنش مرکب وارد بر گوشه داخلی و بیرونی اتصال‌ها زیر بار فشاری و کششی

گونه اعضای اتصال	اندازه بیسکویت	تعداد اتصال‌دهنده	نوع چسب	تنش مرکب (بارگذاری فشاری) (Mpa)		تنش مرکب (بارگذاری کششی) (Mpa)	
				گوشه داخلی	گوشه بیرونی	گوشه داخلی	گوشه بیرونی
راش	۱۰	۱	PU	۱۶/۲۲(۳/۴۶)	۱۳/۹۴(۲/۹۷)	۷/۰۶(۰/۶۷)	۸/۲۲(۰/۷۸)
			PVAc	۱۵/۳۴(۵/۵۸)	۱۳/۱۸(۴/۷۹)	۶/۶۲(۱/۰۷)	۷/۷۱(۱/۲۴)
		UF	۷/۸۸(۰/۹۱)	۶/۷۷(۰/۷۸)	۳/۲۲(۰/۵۰)	۳/۷۵(۰/۵۸)	
		PU	۲۸/۱۸(۱/۴۲)	۲۴/۲۱(۱/۲۲)	۱۲/۶۷(۰/۳۰)	۱۴/۷۴(۰/۳۵)	
		PVAc	۲۶/۰۶(۱/۹۶)	۲۲/۳۹(۱/۶۹)	۱۲/۵۲(۰/۸۹)	۱۴/۵۸(۱/۰۳)	
		UF	۱۱/۰۵(۱/۶۸)	۹/۵۰(۱/۴۵)	۴/۱۴(۰/۶۹)	۴/۸۲(۰/۸۱)	
	۲۰	۱	PU	۱۸/۰۲(۲/۲۳)	۱۵/۴۸(۱/۹۱)	۸/۳۶(۰/۳۴)	۹/۷۳(۰/۴۰)
			PVAc	۱۷/۷۵(۲/۵۵)	۱۵/۲۵(۲/۱۹)	۷/۶۴(۰/۷۹)	۸/۹۰(۰/۹۲)
		UF	۷/۱۲(۰/۶۷)	۶/۱۲(۰/۵۸)	۲/۸۴(۰/۵۹)	۳/۳۰(۰/۶۸)	
		PU	۳۰/۳۱(۱/۸۶)	۲۶/۰۴(۱/۵۹)	۱۳/۴۸(۰/۷۴)	۱۵/۶۸(۰/۸۶)	
		PVAc	۲۸/۲۵(۱/۷۱)	۲۴/۲۷(۱/۴۷)	۹/۳۶(۸/۵۶)	۱۳/۳۱(۰/۳۷)	
		UF	۹/۱۸(۱/۹۰)	۷/۸۹(۱/۶۴)	۴/۰۵(۰/۳۱)	۴/۷۲(۰/۳۶)	
نراد	۱۰	۱	PU	۱۲/۶۱(۲/۰۴)	۱۰/۸۳(۱/۷۶)	۶/۱۲(۰/۷۹)	۷/۱۲(۰/۹۲)
			PVAc	۹/۶۹(۲/۶۴)	۸/۳۲(۲/۲۷)	۵/۵۳(۰/۵۸)	۶/۴۳(۰/۶۷)
	UF	۴/۴۳(۰/۴۹)	۳/۸۱(۰/۴۲)	۲/۰۴(۰/۱۲)	۲/۰۸(۰/۴۶)		
	۲۰	۱	PU	۱۶/۸۸(۲/۴۲)	۱۴/۵۰(۲/۰۸)	۱۰/۲۱(۰/۵۴)	۱۱/۸۸(۰/۶۳)
			PVAc	۱۴/۴۷(۱/۴۶)	۱۲/۴۳(۱/۲۵)	۸/۸۹(۱۰/۸۳)	۱۰/۳۵(۲/۱۳)
		UF	۶/۶۱(۱/۰۱)	۵/۶۸(۰/۸۷)	۲/۹۱(۰/۴۸)	۳/۳۹(۰/۵۶)	
۲		PU	۱۴/۸۹(۱/۱۴)	۱۲/۷۹(۰/۹۸)	۵/۹۹(۱/۱۷)	۶/۹۷(۱/۳۶)	
	PVAc	۱۲/۴۲(۱/۹۱)	۱۰/۶۷(۱/۶۴)	۵/۵۴(۱/۴۰)	۶/۴۵(۱/۶۳)		
۲۰	۱	UF	۴/۹۹(۰/۵۶)	۴/۲۹(۰/۴۸)	۲/۷۵(۰/۵۱)	۳/۲۰(۰/۵۹)	
		PU	۲۰/۴۹(۱/۶۵)	۱۷/۶۱(۱/۴۲)	۱۱/۶۵(۱۱/۶۵)	۱۳/۵۶(۱/۲۶)	
	۲	PVAc	۱۷/۱۲(۱/۲۲)	۱۴/۷۱(۱/۰۵)	۱۱/۲۵(۱۱/۲۵)	۱۳/۰۹(۱/۹۳)	
		UF	۸/۲۲(۱/۰۱)	۷/۰۶(۰/۸۶)	۴/۲۱(۱/۸۵)	۴/۳۱(۴/۳۱)	

اعداد داخل پرانتز انحراف معیار را نشان می‌دهند.

جدول ۴- نتایج تجزیه واریانس اثر عوامل متغیر مورد بررسی زیر بارگذاری فشاری و کششی

بارگذاری فشاری					
Sig	F	میانگین مربعات		درجه آزادی	منابع تغییرات
		گوشه بیرونی	گوشه داخلی		
*./۰۰۰	۲۴۹/۷۵	۸۰۹/۵۱	۱۰۹۶/۶۵	۱	گونه اعضای اتصال
*./۰۰۰	۱۷/۷۵	۵۷/۵۵	۷۷/۹۵	۱	اندازه بیسکویت
*./۰۰۰	۲۷۰/۱۵	۸۷۵/۶۲	۱۱۸۶/۲۴	۱	تعداد اتصال دهنده
*./۰۰۰	۳۹۲/۲۲	۱۲۷۱/۳۳	۱۷۲۲/۲۳	۲	نوع چسب
n.s./۱۰۰	۲/۷۰	۸/۷۴	۱۱/۸۴	۱	گونه اعضای اتصال × اندازه بیسکویت
*./۰۰۰	۳۱/۹۲	۱۰۳/۴۵	۱۴۰/۱۴	۱	گونه اعضای اتصال × تعداد اتصال دهنده
*./۰۰۰	۲۰/۰۵	۶۵/۰۰	۸۸/۰۶	۲	گونه اعضای اتصال × نوع چسب
n.s./۷۸۰	۰/۰۸	۰/۲۶	۰/۳۵	۱	اندازه بیسکویت × تعداد اتصال دهنده
./۰۱*	۵/۱۳	۱۶/۶۴	۲۲/۵۳	۲	اندازه بیسکویت × نوع چسب
*./۰۰۰	۲۳/۰۳	۷۴/۶۵	۱۰۱/۱۳	۲	تعداد اتصال دهنده × نوع چسب
n.s./۴۷	۰/۵۲	۱/۶۷	۲/۲۷	۱	گونه اعضای اتصال × اندازه بیسکویت × تعداد اتصال دهنده
n.s./۵۲	۰/۶۶	۲/۱۴	۲/۸۹	۲	گونه اعضای اتصال × اندازه بیسکویت × نوع چسب
*./۰۰۰	۸/۶۵	۲۸/۰۴	۳۷/۹۹	۲	گونه اعضای اتصال × تعداد اتصال دهنده × نوع چسب
n.s./۷۸	۰/۲۵	۰/۸۰	۱/۰۸	۲	اندازه بیسکویت × تعداد اتصال دهنده × نوع چسب
n.s./۸۸	۰/۱۲	۰/۴۰	۰/۵۴	۲	گونه اعضای اتصال × اندازه بیسکویت × تعداد اتصال دهنده × نوع چسب
بارگذاری کششی					
Sig	F	میانگین مربعات		درجه آزادی	منابع تغییرات
		گوشه بیرونی	گوشه داخلی		
*./۰۰۰	۹۹/۸۹	۹۸/۸۶	۷۲/۹۸	۱	گونه اعضای اتصال
*./۰۰۰	۱۶/۴۵	۱۶/۲۸	۱۲/۰۲	۱	اندازه بیسکویت
*./۰۰۰	۵۹۵/۲۶	۵۸۹/۱۶	۴۳۴/۹۱	۱	تعداد اتصال دهنده
*./۰۰۰	۶۳۴/۴۰	۶۲۷/۹۰	۴۶۳/۵۱	۲	نوع چسب
*./۰۳۶	۴/۵۰	۴/۴۶	۳/۲۹	۱	گونه اعضای اتصال × اندازه بیسکویت
n.s./۰۹۴	۲/۸۶	۲/۸۳	۲/۰۹	۱	گونه اعضای اتصال × تعداد اتصال دهنده
*./۰۰۰	۱۰/۲۷	۱۰/۱۷	۷/۵۱	۲	گونه اعضای اتصال × نوع چسب
n.s./۱۷۵	۱/۸۷	۱/۸۵	۱/۳۷	۱	اندازه بیسکویت × تعداد اتصال دهنده
n.s./۴۵۵	۱/۹۰	۰/۷۸	۰/۵۸	۲	اندازه بیسکویت × نوع چسب
*./۰۰۰	۷۳/۱۸	۷۲/۴۳	۵۳/۴۷	۲	تعداد اتصال دهنده × نوع چسب
*./۰۰۱	۱۲/۶۶	۱۲/۵۳	۹/۲۵	۱	گونه اعضای اتصال × اندازه بیسکویت × تعداد اتصال دهنده
n.s./۳۶۶	۱/۰۲	۱/۰۰	۰/۷۴	۲	گونه اعضای اتصال × اندازه بیسکویت × نوع چسب
n.s./۲۵۷	۱/۳۸	۱/۳۷	۱/۰۱	۲	گونه اعضای اتصال × تعداد اتصال دهنده × نوع چسب
*./۰۰۲	۶/۵۰	۶/۴۳	۴/۷۵	۲	اندازه بیسکویت × تعداد اتصال دهنده × نوع چسب
n.s./۱۲۶	۲/۱۱	۲/۰۹	۱/۵۵	۲	گونه اعضای اتصال × اندازه بیسکویت × تعداد اتصال دهنده × نوع چسب

\* معنی داری و n.s عدم معنی داری در سطح ۵ درصد

در هر دو حالت بارگذاری فشاری و کششی در سطح ۵ درصد معنی دار است. جدول ۴ نشان می‌دهد که اثر متقابل گونه اعضای اتصال و تعداد اتصال دهنده؛ گونه اعضای اتصال و نوع چسب؛ اندازه بیسکویت و نوع چسب؛

جدول ۴، نتایج تجزیه واریانس اثر عوامل متغیر مورد بررسی، زیر بار فشاری و کششی را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود اثر مستقل گونه اعضای اتصال، اندازه بیسکویت، تعداد اتصال دهنده و نوع چسب

ظرفیت تحمل تنش در گونه راش نسبت به گونه نراد حدود ۵۱ درصد بیشتر است. ظرفیت تحمل تنش اتصال-های ساخته‌شده با بیسکویت ۲۰ به میزان حدود ۱۱ درصد بیشتر از اتصال‌های ساخته‌شده با بیسکویت ۱۰ می‌باشد. همچنین در اتصال‌هایی که تعداد ۲ اتصال‌دهنده در آن‌ها به کار برده شده، ظرفیت تحمل تنش حدود ۵۳ درصد بیشتر از اتصال‌های ساخته‌شده با ۱ اتصال‌دهنده است. همچنین اتصال‌های ساخته‌شده با چسب پلی‌اورتان نسبت به اتصال‌های ساخته‌شده با دو چسب پلی‌وینیل استات و اوره فرمالدئید نیز به ترتیب حدود ۱۱ و ۱۶۴ درصد، ظرفیت تحمل تنش بیشتری داشته است.

جدول ۶، اثر متقابل متغیرهای مورد بررسی بر ظرفیت تحمل تنش زیر بار فشاری را نشان می‌دهد. همان‌طور که در این جدول مشاهده می‌شود بیشترین میزان تغییرات مربوط به اثر متقابل تعداد اتصال‌دهنده و نوع چسب و کمترین میزان تغییرات نیز در اثر متقابل اندازه بیسکویت و تعداد اتصال‌دهنده مشاهده می‌شود.

تعداد اتصال‌دهنده و نوع چسب؛ و گونه اعضای اتصال، تعداد اتصال‌دهنده و نوع چسب زیر بار فشاری، در سطح ۵ درصد معنی‌دار است؛ ولی بین دیگر اثر متقابل متغیرهای مورد بررسی اختلاف معنی‌داری وجود ندارد. همچنین جدول ۴ نشان می‌دهد که اثر متقابل گونه اعضای اتصال و اندازه بیسکویت؛ گونه اعضای اتصال و نوع چسب؛ تعداد اتصال‌دهنده و تعداد اتصال‌دهنده؛ و نیز اندازه بیسکویت، تعداد اتصال‌دهنده و نوع چسب زیر بار کششی، در سطح ۵ درصد معنی‌دار است؛ ولی بین دیگر اثر متقابل متغیرها اختلاف معنی‌داری دیده نمی‌شود.

### ظرفیت تحمل تنش اتصال زیر بار فشاری

جدول ۵، تأثیر مستقل گونه اعضای اتصال، اندازه بیسکویت، تعداد اتصال‌دهنده و نوع چسب بر ظرفیت تحمل تنش زیر بار فشاری را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود، ظرفیت تحمل تنش در گونه راش بیشتر از ظرفیت تحمل تنش در گونه نراد می‌باشد. به عبارتی

جدول ۵- اثر مستقل متغیرهای مورد بررسی بر ظرفیت تحمل تنش زیر بار فشاری

گروه‌بندی دانکن	گوشه بیرونی	گوشه داخلی		
B	۱۵/۴۲(۷/۲۶)	۱۷/۹۵(۸/۴۵)	راش	گونه اعضای اتصال
A	۱۰/۲۳(۴/۴۵)	۱۱/۹۰(۵/۱۸)	نراد	
A	۱۲/۱۳(۶/۲۹)	۱۴/۱۲(۷/۳۲)	۱۰	اندازه بیسکویت
B	۱۳/۵۲(۶/۷۶)	۱۵/۷۳(۷/۸۶)	۲۰	
A	۱۰/۱۲(۴/۴۵)	۱۱/۷۸(۵/۱۸)	۱	تعداد اتصال‌دهنده
B	۱۵/۵۲(۷/۱۸)	۱۸/۰۷(۸/۳۵)	۲	
C	۱۶/۹۰(۵/۴۴)	۱۹/۶۷(۶/۳۳)	PU	نوع چسب
B	۱۵/۱۸(۵/۶۳)	۱۷/۶۷(۶/۵۶)	PVAc	
A	۶/۳۹(۱/۹۷)	۷/۴۴(۲/۲۹)	UF	

اعداد داخل پرانتز انحراف معیار را نشان می‌دهند.



جدول ۶- اثر متقابل متغیرهای مورد بررسی بر ظرفیت تحمل تنش زیر بار فشاری

گروه‌بندی دانکن	گوشه بیرونی	گوشه داخلی			
B	۱۵/۰۰(۶/۸۶)	۱۷/۴۶(۷/۹۹)	۱۰	راش	گونه اعضای اتصال × اندازه بیسکویت
B	۱۵/۸۴(۷/۷۳)	۱۸/۴۴(۸/۹۹)	۲۰		
A	۹/۲۶(۴/۰۶)	۱۰/۷۸(۴/۷۲)	۱۰	نراد	
A	۱۱/۱۹(۴/۶۹)	۱۳/۰۲(۵/۴۵)	۲۰		
B	۱۱/۷۹(۴/۶۰)	۱۳/۴۶(۷/۹۹)	۱	راش	گونه اعضای اتصال × تعداد اتصال‌دهنده
C	۱۹/۰۵(۷/۶۷)	۲۳/۴۴(۸/۹۹)	۲		
A	۹/۲۶(۴/۰۶)	۹/۸۴(۴/۲۷)	۱	نراد	
B	۱۱/۱۹(۴/۶۹)	۱۳/۹۷(۵/۳۵)	۲		
E	۱۹/۸۶(۵/۷۹)	۲۳/۱۲(۶/۷۴)	PU	راش	گونه اعضای اتصال × نوع چسب
E	۱۸/۸۳(۵/۴۰)	۲۱/۹۲(۶/۲۸)	PVAc		
B	۷/۵۷(۱/۷۱)	۸/۸۱(۱/۹۹)	UF	نراد	
D	۱۳/۹۳(۲/۹۵)	۱۶/۲۲(۳/۴۳)	PU		
C	۱۱/۵۳(۲/۸۳)	۱۳/۴۲(۳/۲۹)	PVAc	نراد	اندازه بیسکویت × تعداد اتصال‌دهنده
A	۵/۲۱(۱/۴۵)	۶/۰۶(۱/۶۹)	UF		
A	۹/۴۸(۴/۳۳)	۱۱/۰۳(۵/۰۴)	۱	۱۰	
B	۱۴/۷۹(۶/۸۷)	۱۷/۲۱(۷/۹۹)	۲		
A	۱۰/۷۷(۴/۵۵)	۱۲/۵۳(۵/۳۰)	۱	۲۰	اندازه بیسکویت × نوع چسب
B	۱۶/۲۶(۷/۵۲)	۱۸/۶۳(۸/۷۵)	۲		
BC	۱۵/۸۷(۵/۵۰)	۱۸/۴۷(۶/۴۰)	PU	۱۰	
B	۱۴/۰۸(۵/۸۹)	۱۶/۳۹(۶/۸۵)	PVAc		
A	۶/۴۴(۲/۲۹)	۷/۵۰(۲/۶۶)	UF	نراد	اندازه بیسکویت × نوع چسب
C	۱۷/۹۲(۵/۳۲)	۲۰/۸۶(۶/۲۰)	PU		
BC	۱۶/۲۸(۵/۲۹)	۱۸/۹۵(۶/۱۵)	PVAc	۲۰	
A	۶/۳۴(۱/۶۵)	۷/۳۸(۱/۹۲)	UF		
B	۱۳/۲۰(۲/۵۵)	۱۵/۳۷(۲/۹۷)	PU	۱	تعداد اتصال‌دهنده × نوع چسب
B	۱۱/۹۱(۳/۸۵)	۱۳/۸۷(۴/۴۸)	PVAc		
A	۵/۲۵(۱/۳۷)	۶/۱۱(۱/۶۰)	UF	نراد	
C	۲۰/۵۹(۵/۰۵)	۲۳/۹۷(۵/۸۸)	PU		
C	۱۸/۴۵(۵/۲۷)	۲۱/۴۸(۶/۱۴)	PVAc	۲	تعداد اتصال‌دهنده × نوع چسب
A	۷/۵۳(۱/۸۳)	۸/۷۷(۲/۱۲)	UF		

اعداد داخل پرانتز انحراف معیار را نشان می‌دهند.

### ظرفیت تحمل تنش زیر بار کششی

جدول ۷، تأثیر مستقل گونه اعضای اتصال، اندازه بیسکویت، تعداد اتصال‌دهنده و نوع چسب بر ظرفیت تحمل تنش اتصال زیر بارگذاری کششی را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود، ظرفیت تحمل تنش در گونه راش نسبت به گونه نراد حدود ۲۴ درصد بیشتر است. ظرفیت تحمل تنش اتصال‌های ساخته‌شده با بیسکویت ۲۰ به میزان حدود ۹ درصد بیشتر از اتصال‌های

ساخته‌شده با بیسکویت ۱۰ بوده و همچنین ظرفیت تحمل تنش در اتصال‌هایی که ۲ بیسکویت اتصال‌دهنده در آن‌ها به کار برده شده، حدود ۷۰ درصد نسبت به اتصال‌های ساخته‌شده با ۱ بیسکویت اتصال‌دهنده، بیشتر است. ظرفیت تحمل تنش اتصال‌های ساخته‌شده با چسب پلی‌اورتان به ترتیب حدود ۱/۹ درصد و ۱۸۲ درصد نسبت به اتصال‌های ساخته‌شده با چسب پلی‌وینیل استات و اوره فرمالدئید بیشتر می‌باشد.

میزان تغییرات مربوط به اثر متقابل تعداد اتصال دهنده و نوع چسب و کمترین میزان تغییرات نیز در اثر متقابل گونه اعضای اتصال و اندازه بیسکویت مشاهده می‌شود.

جدول ۸، اثر متقابل متغیرهای مورد بررسی بر ظرفیت تحمل تنش اتصال زیر بارگذاری کششی را نشان می‌دهد. همان‌طور که در این جدول مشاهده می‌شود بیشترین

جدول ۷- اثر مستقل متغیرهای مورد بررسی بر ظرفیت تحمل تنش زیر بار کششی

گروه‌بندی دانکن	گوشه بیرونی	گوشه داخلی		
B	۹/۳۰(۴/۶۴)	۷/۹۹(۳/۹۹)	راش	گونه اعضای اتصال
A	۷/۴۹(۳/۹۰)	۶/۴۳(۳/۳۵)	نراد	
A	۸/۰۳(۴/۲۸)	۶/۹۰(۳/۶۸)	۱۰	اندازه بیسکویت
B	۸/۷۶(۴/۴۵)	۷/۵۳(۳/۸۲)	۲۰	
A	۶/۳۰(۴/۲۸)	۵/۳۱(۲/۱۵)	۱	تعداد اتصال دهنده
B	۱۰/۷۶(۴/۴۵)	۹/۱۲(۴/۰۴)	۲	
B	۱۰/۷۸(۳/۵۴)	۹/۲۶(۳/۰۴)	PU	نوع چسب
B	۱۰/۵۸(۳/۵۱)	۹/۰۹(۳/۰۲)	PVAc	
A	۳/۸۲(۱/۰۲)	۳/۲۸(۰/۸۸)	UF	

اعداد داخل پرانتز انحراف معیار را نشان می‌دهند.

شود اتصال مقاومت بیشتری را از خود نشان دهد. نتایج به دست آمده در این قسمت با یافته‌های Kahvand و همکاران (۲۰۱۴) و Maleki و همکاران (۲۰۱۳) هم‌خوانی دارد [۴ و ۱۲]. با افزایش اندازه بیسکویت چوبی، سطح بیسکویت به‌عبارتی سطح چسب‌خوری آن افزایش می‌یابد که خود موجب افزایش مقاومت‌ها می‌شود که با افزایش تعداد بیسکویت‌ها نیز بهبود هم یافته است.

ظرفیت تحمل تنش در اتصال‌های ساخته‌شده با چسب پلی‌اورتان در مقایسه با اتصال‌هایی که با چسب پلی‌وینیل استات و اوره فرمالدئید ساخته شدند بیشتر بود؛ مقایسه چسبندگی در فراورده‌های ساخته‌شده از پلی‌اورتان در مقایسه با سایر چسب‌های متداول در صنایع چوب نشان داده است در شرایط خشک این چسب مقاومت بسیار بالاتری نسبت به چسب‌های اوره فرمالدئید و پلی‌وینیل استات دارد [۱۶].

نتایج نشان داد که اتصال‌های ساخته‌شده با گونه‌ی چوبی نراد، به‌علت داشتن مقاومت برشی موازی با الیاف و دانسیته کمتر در نتیجه چسبندگی کمتر بین اعضای اتصال و اتصال‌دهنده، نسبت به گونه‌ی چوبی راش دارای ظرفیت تحمل تنش کمتری بودند. گونه راش به‌علت دانسیته بیشتر در نتیجه متراکم‌تر بودن در شرایط مساوی برش دارای سطح صاف‌تری است که این امر می‌تواند در ایجاد چسبندگی به‌ویژه در ایجاد چسبندگی در چسب‌های تماسی بهتر عمل کند. نتایج به‌دست آمده با تحقیقات Kahvand و همکاران (۲۰۱۴) و Dalvand و همکاران (۲۰۱۴) هم‌خوانی دارد [۴ و ۹].

همچنین با افزایش اندازه بیسکویت از ۱۰ به ۲۰ و تعداد اتصال‌دهنده از ۱ به ۲ اتصال‌دهنده، ظرفیت تحمل تنش افزایش یافت. با افزایش تعداد اتصال‌دهنده و اندازه بیسکویت سطح تحمل تنش افزایش می‌یابد و باعث می‌

جدول ۸- اثر متقابل متغیرهای مورد بررسی بر ظرفیت تحمل تنش زیر بار کششی

گروه‌بندی دانکن	گوشه بیرونی	گوشه داخلی			
AB	۹/۱۳(۴/۶۸)	۷/۸۴(۴/۰۲)	۱۰	راش	گونه اعضای اتصال × اندازه بیسکویت
B	۹/۴۸(۴/۶۷)	۸/۱۴(۴/۰۱)	۲۰		
A	۶/۹۳(۳/۶۰)	۵/۹۵(۳/۰۹)	۱۰	نراد	
AB	۸/۰۵(۴/۱۶)	۶/۹۱(۳/۵۸)	۲۰		
A	۶/۹۳(۲/۶۴)	۵/۹۶(۲/۲۷)	۱	راش	گونه اعضای اتصال × تعداد اتصال دهنده
C	۱۱/۶۷(۵/۰۲)	۱۰/۰۳(۴/۳۱)	۲		
A	۵/۴۲(۲/۱۴)	۴/۶۶(۱/۸۴)	۱	نراد	
B	۹/۵۵(۴/۱۹)	۸/۲۰(۳/۶۰)	۲		
C	۱۱/۹۶(۳/۵۱)	۱۰/۲۸(۳/۰۱)	PU	راش	گونه اعضای اتصال × نوع چسب
C	۱۱/۸۰(۳/۴۳)	۱۰/۱۳(۲/۹۵)	PVAc		
A	۴/۱۵(۰/۸۸)	۳/۵۶(۰/۷۵)	UF	نراد	
B	۹/۶۰(۳/۲۲)	۸/۲۴(۲/۷۷)	PU		
B	۹/۳۷(۳/۲۴)	۸/۰۵(۲/۷۸)	PVAc	راش	اندازه بیسکویت × تعداد اتصال دهنده
A	۳/۵۰(۱/۰۷)	۳/۰۰(۰/۹۲)	UF		
A	۵/۹۳(۲/۲۹)	۵/۱۰(۱/۹۷)	۱	۱۰	
B	۱۰/۱۲(۴/۸۰)	۸/۶۹(۴/۱۲)	۲		
A	۶/۴۲(۲/۷۱)	۵/۵۲(۲/۳۳)	۱	۲۰	
B	۱۱/۱۰(۴/۶۴)	۹/۵۴(۳/۹۹)	۲		
B	۱۰/۴۳(۳/۸۳)	۸/۹۶(۳/۲۹)	PU	۱۰	اندازه بیسکویت × نوع چسب
B	۱۰/۰۷(۳/۱۷)	۸/۶۵(۲/۷۲)	PVAc		
A	۳/۵۸(۱/۰۴)	۳/۰۸(۰/۸۹)	UF	نراد	
B	۱۱/۱۳(۳/۲۸)	۹/۵۷(۲/۸۲)	PU		
B	۱۱/۱۰(۳/۸۴)	۹/۵۳(۳/۳۰)	PVAc	۲۰	
A	۴/۰۶(۰/۹۷)	۳/۴۹(۰/۸۳)	UF		
C	۷/۷۱(۱/۵۸)	۶/۶۲(۱/۳۵)	PU	۱	تعداد اتصال دهنده × نوع چسب
C	۷/۶۷(۱/۴۱)	۶/۵۹(۱/۲۱)	PVAc		
A	۳/۱۶(۰/۷۱)	۲/۷۱(۰/۶۱)	UF	نراد	
D	۱۳/۸۵(۱/۸۲)	۱۱/۹۰(۱/۵۶)	PU		
D	۱۳/۴۹(۲/۳۵)	۱۱/۵۹(۲/۰۲)	PVAc	۲	
B	۴/۴۹(۰/۸۴)	۳/۸۵(۰/۷۲)	UF		

اعداد داخل پرانتز انحراف معیار را نشان می‌دهند.

پلی‌وینیل استات مقایسه شده است، که در هر دو حالت بارگذاری فشاری و کششی ظرفیت تحمل تنش مرکب در اتصال‌های ساخته‌شده با بیسکویت چوبی بیشتر از اتصال‌های ساخته‌شده با پین چوبی می‌باشد. اتصال‌های ساخته‌شده با بیسکویت در حالت بارگذاری فشاری در دو گونه راش و نراد به ترتیب حدود ۴۴ و ۶۴ درصد و همچنین در حالت بارگذاری کششی در دو گونه راش و

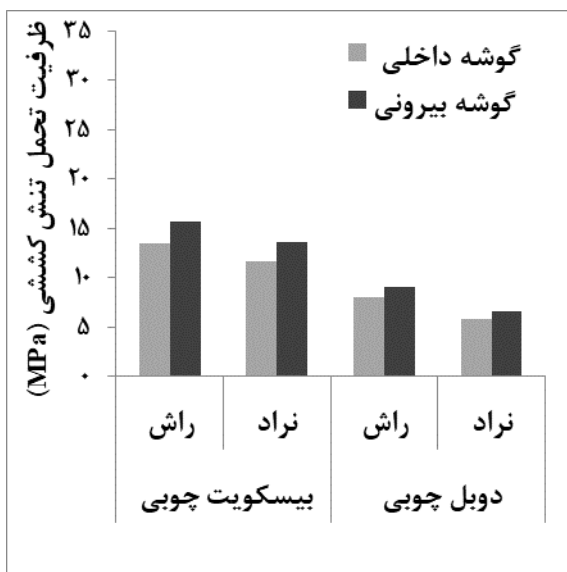
### مقایسه ظرفیت تحمل تنش در اتصال‌های ساخته‌شده با بیسکویت و پین چوبی

شکل ۲، مقایسه ظرفیت تحمل تنش در اتصال‌های ساخته‌شده با بیسکویت و پین چوبی در دو حالت بارگذاری فشاری و کششی را نشان می‌دهد. در این شکل بهترین حالت اتصال‌های ساخته‌شده با بیسکویت چوبی (هر دو گونه راش و نراد با دو بیسکویت اندازه ۲۰ و چسب پلی‌اورتان) با اتصال‌های ساخته‌شده با پین چوبی و چسب

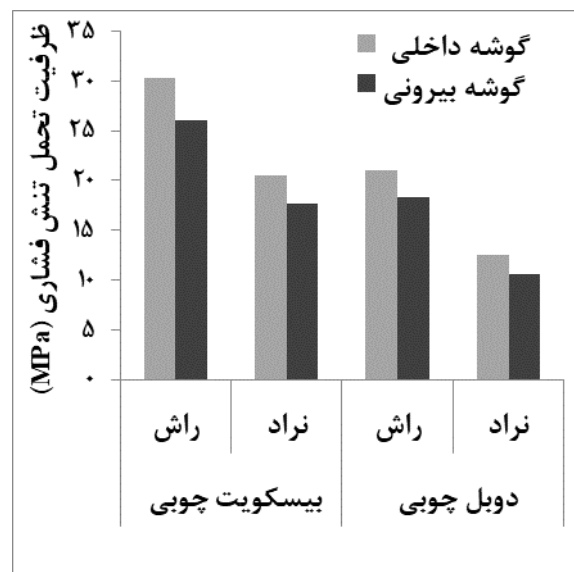
موارد دیگری چون فاصله بین پین و سوراخ پین (درجه آزادی) و صاف نبودن سطح پین اشاره شده است. با توجه به اینکه برای ساخت اتصال‌های ساخته‌شده با پین از چسب تماسی (پلی‌وینیل استات) استفاده شده است و در چسبندگی این چسب دو عامل بیان‌شده یعنی نسبت درجه آزادی و صافی سطح پین می‌تواند نقش به‌سزایی در مقاومت اتصال‌های ساخته‌شده با پین داشته باشند، بنابراین درجه آزادی زیاد و صاف نبودن سطح پین می‌تواند در کاهش مقاومت اتصال تأثیرگذار باشد [۱۱، ۱۷].

نراد به ترتیب حدود ۷۴ و ۱۰۷ درصد بیشتر و مقاوم‌تر از اتصال‌های ساخته‌شده با پین چوبی است.

عوامل بسیاری بر مقاومت اتصال با اتصال دهنده‌های مختلف مؤثرند. سطح ویژه هر اتصال که امکان درگیر شدن مکانیکی اتصال‌دهنده را با عضو فراهم می‌سازد از جمله این موارد است. اتصالات بیسکوییتی با وجود اینکه در برابر بار وارد مقاومت کمتری نسبت به پین دارند ولی به دلیل ایجاد سطح تماس بیشتر و چسبندگی بالاتر با عضو اتصال، نسبت به پین مقاومت بالاتری را تحت بار فراهم می‌سازند [۱۶]، از سوی دیگر در برخی از منابع به



ب) ظرفیت تحمل تنش در حالت بارگذاری کششی



الف) ظرفیت تحمل تنش در حالت بارگذاری فشاری

شکل ۲- مقایسه ظرفیت تحمل تنش در اتصال‌های ساخته‌شده با بیسکویت و پین چوبی در دو حالت بارگذاری فشاری و کششی

ظرفیت تحمل تنش افزایش می‌یابد. ظرفیت تحمل تنش اتصال‌های ساخته‌شده با چسب پلی‌اورتان نیز نسبت به اتصال‌های ساخته‌شده با چسب پلی‌وینیل استات و اوره فرمالدئید بیشتر بود. علاوه بر مقاومت بالاتر اتصالات ساخته‌شده با چسب پلی‌اورتان، این چسب مقاومت بالایی در فضاهای بیرونی و در برابر رطوبت دارد، از این رو در ساخت مبلمان شهری می‌تواند بسیار مفید باشد. مقایسه بهترین حالت اتصال‌های ساخته‌شده با بیسکویت چوبی (هر دو گونه راش و نراد با دو بیسکویت اندازه ۲۰ و چسب پلی‌اورتان) با اتصال‌های ساخته‌شده با پین چوبی و چسب پلی‌وینیل استات نشان داد که در هر دو حالت بارگذاری فشاری و کششی ظرفیت تحمل تنش مرکب در اتصال‌های

## نتیجه‌گیری

این پژوهش با هدف بررسی ظرفیت تحمل تنش اتصال‌های گوشه‌ای فارسی ساخته‌شده با گونه‌های چوبی راش و نراد، بیسکویت‌های چوبی ۱۰ و ۲۰ با تعداد ۱ و ۲ عدد و چسب‌های پلی‌اورتان، پلی‌وینیل استات و اوره فرمالدئید، زیر بار فشاری و کششی قطری انجام شد. نتایج مربوط به بررسی ظرفیت تحمل تنش مرکب اتصال‌های ساخته‌شده نشان داد که ظرفیت تحمل تنش فشاری بیشتر از ظرفیت تحمل کششی است.

نتایج نشان دادند که ظرفیت تحمل تنش اتصال‌های ساخته‌شده با گونه‌ی راش نسبت به گونه‌ی نراد بیشتر است و نیز با افزایش اندازه و تعداد بیسکویت اتصال‌دهنده

در اعضای از چوب راش و با کمک اتصال دهنده بیسکوییتی می‌تواند گزینه مناسبی برای مبلمان شهری باشد.

ساخته شده با بیسکویت چوبی بیشتر از اتصال‌های ساخته شده با پین چوبی است. نتایج تحقیق حاضر نشان داد استفاده از چسب پلی‌اورتان

## منابع

- [1] Jones, A. and Lutes, R., 1993. Handbook of joinery, New York, USA, Sterling Press.
- [2] Eckelman, C.A., 2003. Textbook of product engineering and strength design of furniture. West Lafayette (IN): Purdue University Press.
- [3] Smardzewski, J., 2009. Reliability of joints and cabinet furniture. Wood Research, 54(1):67-76.
- [4] Kahvand, M., Omrani, P. and Ebrahimi, G.h., 2014. Determination of bending moment resistance of T-type joints constructed with wood biscuit. Iranian Journal of Wood and Paper Industries, 5(2):47-58.
- [5] Rangavar, H. and Abbasi, M., 2017. Investigation of the bending moment and stress carrying capacity in L-shaped biscuit joints fabricated with solid wood and wood based composite. Journal of Forest and Wood Products (JFWP) (Iranian Journal of Natural Resources), 69(4): 789-798.
- [6] Vassiliou, V. and Barboutis, L., 2008. Strength of furniture joints constructed with wood biscuits. Proceeding Papers From International Conference Of NABYTOK. Faculty wood science and technology, technical university in Zvolen.
- [7] Kociszewski, M., 2005. Stiffness and load capacity of biscuit corner joints. Folia Forestalia Polonica, 36:39-47.
- [8] Atar, M., Ozcifci, 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.
- [9] Dalvand, M., Maleki, S., Ebrahimi G.H. and Haftkhani, A.R., 2014. Investigating the Stress Carrying Capacity of Corner Joints In The Furniture Frame Fabricated With Dowel. Iranian Journal of Wood and Paper Industries, 5(1):21-32.
- [10] Altun, S., Burdurlu, E. and Kılıç, M., 2010. Effect of adhesive type on the bending moment capacity of miter frame corner joints. BioResources, 5(3):1473-1483.
- [11] 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. Materials and Design, 30(10):4175-4182.
- [12] Maleki, S., Dalvand, M., Rostampour Haftkhani, A. 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.
- [13] Standard Test Methods for Specific Gravity of Wood and Wood-Base Materials, Annual Book of ASTM Standard, D 2395, 1999.
- [14] Standard Test Methods for Small Clear Specimens of Timber, Annual Book of ASTM Standard, D 143, 2000.
- [15] Abdolzadeh., H, Layeghi, M., Ebrahimi, Gh. and Ghassemieh, M., 2017. Investigation on stress distribution at corner joints with wood polymer members using finite element method. Iranian Journal of Wood and Paper Industries, 8(3):429-440.
- [16] Vick, C.B. and Okkonen, E.A., 1998. Strength and durability of one-part polyurethane adhesive bonds to wood. Forest Products Journal, 11:71-76.
- [17] Eckelman, C.A., Haviarova, E., Erdil, Y., Akcay, H., Tankut, A. and Denizli, N., 2004. Bending moment capacity of round mortise and tenon furniture joints. Forest Products Journal, 54:192-197.

## Investigating the stress carrying capacity of miter corner joints made with biscuit under diagonal tension and compression loading

### Abstract

This study was conducted to evaluate the stress carrying capacity of miter corner joints made with binder of biscuit under diagonal tension and compression loading. Corner joints with the Joint members from two species of beech (*Fagus orientalis*) and Fir (*Abies alba*), with 1 to 2 biscuits to size of 10 and 20 and with help adhesives of polyvinyl acetate (PVAc), polyurethane (PU) and urea formaldehyde (UF), they were made and tested. Since wooden pin joint is one of the most commonly included furniture joint, the test specimens were constructed using a pin and PVAc adhesive as a control for comparison with binder of biscuit. The results of analysis of variance showed that the independent effect of the species of Joint members, the size of biscuits, the number of binders and the type of adhesive in both compression and tensile loading is significant at 5% level. The results showed that the stress carrying capacity of the joints made with beech species is higher than that of fir species, and with increasing size and number of biscuits, the stress carrying capacity increases. The stress carrying capacity of the joints made with the polyurethane adhesive was also higher than those made joints with polyvinyl acetate and urea formaldehyde adhesives. The stress carrying capacity of the joints made under compression load was greater than the stress carrying capacity under the diagonal compression and tension load. The highest stress carrying capacity was observed in joints made with beech wood, two binders, biscuit size 20 and polyurethane glue, in both diagonal tension and compression loading.

**Keywords:** biscuit joints, miter joint, stress carrying capacity, wooden pin, glue.

**P. Omrani**<sup>1\*</sup>  
**Gh. Ebrahimi**<sup>2</sup>  
**M. Kahvand**<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Assistant Prof., Wood science and technology department, The faculty of civil engineering, Shahid Rajaei teacher training university, Tehran, Iran

<sup>2</sup> Professor, Department of wood and paper science & technology, Faculty of natural resources, University of Tehran, Karaj, Iran

<sup>3</sup> M.Sc., Wood science and technology department, The faculty of civil engineering, Shahid Rajaei teacher training university, Tehran, Iran

Corresponding author:  
[pantea.omrani@gmail.com](mailto:pantea.omrani@gmail.com)

Received: 2018/08/25  
Accepted: 2019/04/20