

## تعیین ظرفیت لنگر خمشی اتصال‌های T شکل ساخته‌شده با بیسکویت چوبی

### چکیده

هدف از این پژوهش بررسی تأثیر گونه چوبی اعضای اتصال (راش و نراد)، تعداد اتصال‌دهنده (۱ و ۲ عدد)، اندازه بیسکویت (۱۰ و ۲۰) و نوع چسب پلی‌اورتان (PU)، پلی‌وینیل استات (PVA<sub>c</sub>) و اوره فرم‌آلدهید (UF) بر ظرفیت لنگر خمشی اتصال‌های ساخته‌شده با بیسکویت بوده است. نتایج نشان دادند که گونه اعضای اتصال، تعداد اتصال‌دهنده، اندازه بیسکویت و نوع چسب تأثیر معنی‌داری بر ظرفیت لنگر خمشی اتصال‌های ساخته‌شده با بیسکویت داشته‌اند. ظرفیت لنگر خمشی اتصال‌های ساخته‌شده با گونه راش نسبت به اتصال‌های ساخته‌شده با گونه نراد بیشتر بوده است. با افزایش تعداد و اندازه بیسکویت ظرفیت لنگر خمشی اتصال افزایش یافته است. اتصال‌های ساخته‌شده با چسب پلی‌اورتان نسبت به اتصال‌های ساخته‌شده با چسب‌های پلی‌وینیل استات و اوره فرم‌آلدهید عملکرد بهتری داشته است. بیشترین ظرفیت لنگر خمشی اتصال مربوط به اتصال‌های ساخته‌شده با چسب پلی‌اورتان، بیسکویت اندازه ۲۰ و تعداد ۲ اتصال‌دهنده، بوده است. همچنین نتایج نشان داده است که اتصال‌های ساخته‌شده با بیسکویت و چسب پلی‌اورتان مقاومت بیشتری نسبت به اتصال‌های ساخته‌شده با پین چوبی داشته‌اند.

**واژگان کلیدی:** ظرفیت لنگر خمشی، اتصال بیسکویتی، پین، راش، نراد.

محمد کهوند<sup>۱\*</sup>

پانته آ عمرانی<sup>۲</sup>

قنبر ابراهیمی<sup>۳</sup>

<sup>۱</sup> دانشجوی کارشناسی ارشد گروه صنایع چوب، دانشکده عمران، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی

<sup>۲</sup> استادیار گروه صنایع چوب، دانشکده عمران، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی

<sup>۳</sup> استاد گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران

\*مسئول مکاتبات:

kahvand\_m@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۱۲/۱۴

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۰۹/۱۹

### مقدمه

صنعت مبلمان در طول سال‌های گذشته دست‌خوش تغییرات قابل توجهی شده است. در این صنعت تنوع زیادی در مواد اولیه، اتصال‌دهنده‌ها و چسب‌های مورد استفاده مشاهده می‌شود. در بحث مواد اولیه، چوب و چندسازه‌های چوبی (پانل‌های تخته‌خرده‌چوب، تخته لایه، تخته فیبر با دانسیته متوسط (MDF)، تخته رشته جهت‌دار (OSB) و...) به‌عنوان مواد اولیه پرمصرف در تولید سازه مبلمان مطرح می‌باشند. برای ساخت سازه‌های چوبی، اعضای

اتصال با اتصال‌دهنده‌های گوناگونی (پیچ، میخ، الیت، قلیف، بیسکویت، پین چوبی و غیره). به هم متصل می‌شوند. از جمله اتصال‌دهنده‌های پرکاربرد در صنعت مبلمان اتصال‌دهنده بیسکویت است.

تحقیقات متعددی که بر روی این اتصال‌دهنده تاکنون انجام شده است جایگاه ویژه آن را در صنعت مبلمان نشان می‌دهد. Atar و همکاران (۲۰۰۹) عملکرد اتصال‌های ساخته‌شده با بیسکویت را در دو حالت بارگذاری کششی و فشاری مورد بررسی قرار داده‌اند [۱]. در این تحقیق اعضای

تخته‌خرده‌چوب و MDF با بیسکویت در دو حالت بارگذاری کششی و فشاری آزمون شده‌اند. نتایج این بررسی نشان داده است که اتصال‌های ساخته‌شده با تخته‌خرده‌چوب زیر بار کششی دارای ظرفیت لنگر خمشی بیشتری نسبت به اتصال‌های ساخته‌شده با MDF بوده‌اند. با این حال، زیر بار فشاری اتصال‌های ساخته‌شده با MDF مقاومت بیشتری نسبت به اتصال‌های ساخته‌شده با تخته‌خرده‌چوب داشته‌اند. همچنین در این تحقیق فاصله بین بیسکویت‌ها مورد بررسی قرار گرفته است و اختلاف ناچیزی بین سه فاصله ۱۰، ۱۲/۵ و ۱۵ سانتی‌متر، در هر دو حالت بارگذاری کششی و فشاری مشاهده شده است. Tankut و Tankut (۲۰۰۹)، در تحقیق دیگری تأثیر نوع اتصال‌دهنده، نوع چسب و جنس اعضای اتصال بر مقاومت اتصال‌های گوشه‌ای در مبلمان را مورد بررسی قرار داده‌اند [۵]. نتایج این بررسی نشان داده است که نوع پانل، نوع چسب و نوع اتصال تأثیر معنی‌داری بر ظرفیت لنگر خمشی زیر بار کششی و فشاری داشته است. این پژوهشگران عنوان کرده‌اند که به‌طور کلی اتصال‌های ساخته‌شده با اعضا از پانل‌های چوبی زیر بار کششی مقاومت بیشتری نسبت به حالت بارگذاری فشاری دارند.

با توجه به اهمیت این اتصال‌دهنده در افزایش تولید و استفاده روزافزون آن در صنایع تولید مبلمان، داشتن اطلاعات کافی در مورد عوامل تأثیرگذار بر مقاومت این نوع اتصال‌دهنده برای طراحان سازه مبلمان امری ضروری است. از این رو، در این پژوهش اثر برخی عوامل مؤثر بر مقاومت اتصال‌های ساخته‌شده با بیسکویت، شامل اندازه‌ی بیسکویت، گونه‌ی اعضای اتصال، تعداد اتصال‌دهنده و نوع چسب مورد بررسی قرار می‌گیرد. همچنین، به‌منظور به دست آمدن درک درست از مقاومت اتصال بیسکویتی، مقاومت خمشی این اتصال با مقاومت خمشی اتصالات ساخته‌شده با پین چوبی مورد مقایسه قرار گرفته است.

### مواد و روش‌ها

در این پژوهش برای ساخت اتصال با بیسکویت، اعضای اتصال از دو گونه راش (*Fagus orientalis*) و نراد (*Abies alba*) استفاده شد. دانسیته و خواص مکانیکی گونه چوبی اعضای اتصال در جدول ۱ ارائه شده است. اعضای اتصال در دو سری ابعاد ۲۰×۵×۲/۵ و

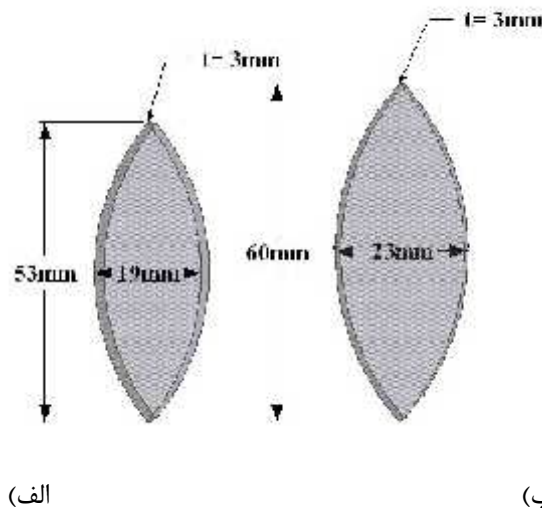
اتصال از جنس MDF و تخته‌خرده‌چوب بوده و اتصالات به‌صورت فارسی و سربه‌سر با دو نوع چسب پلی‌وینیل استات (PVA) و (Desmodur Vinil Trie Ketonol) و DVTKA (Acetate) و بیسکویت راش ساخته‌شده‌اند. نتایج مطالعه این محققین نشان داده است که اتصال‌های ساخته‌شده با MDF نسبت به اتصال‌های ساخته‌شده با تخته‌خرده‌چوب مقاومت بیشتری در دو حالت بارگذاری کششی و فشاری داشته‌اند. همچنین اتصال فارسی نسبت به اتصال سربه‌سر و چسب DVTKA نسبت به چسب PVA عملکرد مقاومتری بهتری از خود نشان داده‌اند. Kociszewski (۲۰۰۵)، سفتی و ظرفیت تحمل بار اتصال‌های ساخته‌شده با بیسکویت را بررسی کرده است [۲]. وی برای ساخت اتصالات آزمونی از تخته‌خرده‌چوب با دو ضخامت ۱۶ و ۱۸ میلی‌متر و بیسکویت در سه اندازه ۰، ۱۰ و ۲۰ و همچنین از چسب PVA به‌عنوان اتصال‌دهنده کمکی استفاده کرده است. نتایج این پژوهشگر نشان داده است 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. Vassiliou و Barbouts (۲۰۰۸)، توان نگر داری و ظرفیت لنگر خمشی زیر بار کششی اتصال‌های ساخته‌شده از تخته‌خرده‌چوب و MDF با اتصال‌دهنده بیسکویت را بررسی کرده‌اند [۳]. در این بررسی از دو نوع اتصال‌دهنده بیسکویت پلاستیکی و چوبی و دو نوع چسب PVA و PU استفاده شده است. نتایج تحقیق این پژوهشگران نشان داده است که اتصال‌های ساخته‌شده با MDF دارای توان نگر داری و ظرفیت لنگر خمشی بیشتری نسبت به اتصال‌های ساخته‌شده با تخته‌خرده‌چوب می‌باشند. بیشترین میزان توان نگر داری و ظرفیت لنگر خمشی مربوط به اتصال‌دهنده با بیسکویت چوبی و چسب PU بوده است. همچنین این محققین تأثیر چسبندگی بین اعضای اتصال بر توان نگر داری و ظرفیت لنگر خمشی را نسبت به چسبندگی بین بیسکویت و اعضای اتصال بیشتر دانسته‌اند. Tankut و Tankut (۲۰۰۴)، ظرفیت لنگر خمشی اتصال‌های ساخته‌شده با بیسکویت چوبی را بررسی کرده‌اند [۴]. در این تحقیق اتصال‌های ساخته‌شده از

در دو اندازه ۱۰ (۱۹ میلی‌متر عرض × ۵۳ میلی‌متر طول و ۳ میلی‌متر ضخامت) و ۲۰ (۲۳ میلی‌متر عرض × ۶۰ میلی‌متر طول و ۳ میلی‌متر ضخامت) استفاده شده است (شکل ۱).

۳۰×۷×۲/۵ سانتی‌متر برش داده شدند. به‌وسیله دستگاه بیسکویت‌زن شیارهای بیضوی شکل به‌منظور جا زدن بیسکویت‌ها در اعضای اتصال ایجاد شد. برای ساخت اتصالات در این پژوهش از بیسکویت‌هایی از جنس راش

جدول ۱- خواص فیزیکی و مکانیکی گونه چوب اعضای اتصال [۶]

گونه چوبی اعضا	دانسیته (g/cm <sup>۳</sup> )	مدول گسیختگی (MPa)	مدول الاستیسیته (MPa)	مقاومت برشی موازی با الیاف (MPa)
نراد	۴۶/۰	۶۷/۵۹	۶۶۵۸	۱/۳
راش	۶۲/۰	۶۳۳/۱۲۳	۶۷/۱۱۶۸۰	۳/۱۳



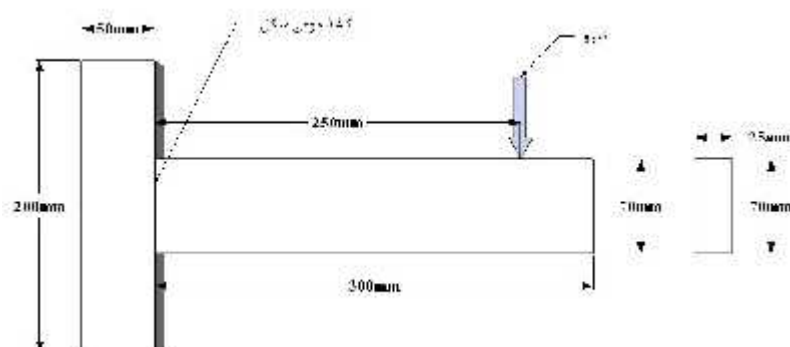
شکل ۱- اندازه بیسکویت‌های مورد استفاده در این تحقیق الف) ۲۰ ب) ۱۰

در شکل ۳ حالت فیزیکی اتصالات ساخته شده با بیسکویت نشان داده شده است. همچنین، برای ساخت اتصال با پین، از پین راش با قطر ۱۰ میلی‌متر و چسب PVA<sub>c</sub> (چسب معمول مورد استفاده در صنایع تولیدی میلمان) استفاده شد. برای ساخت اعضای اتصال با پین، از گونه‌های راش و نراد استفاده شده است. سایر متغیرهای مربوط به اتصال با پین چوبی (عمق نفوذ، قطر پین، نوع چسب، سطح پین و غیره) ثابت در نظر گرفته شده و مراحل ساخت اتصالات پین مشابه فرآیندهای انجام شده برای ساخت اتصالات بیسکویتی بوده است.

همچنین برای تقویت کردن اعضای اتصال از سه نوع چسب پلی‌اورتان، پلی‌وینیل استات و اوره فرم‌آلدهید استفاده شد. در مرحله‌ی چسب‌زنی، ابتدا سطوح داخلی شیارهای ایجاد شده و بیسکویت به‌خوبی به چسب آغشته شدند. پس از این مرحله، بیسکویت‌ها در شیار موردنظر قرار داده شدند. همچنین به‌منظور کاهش اثر چسبندگی اعضای اتصال به یکدیگر، قطعه‌ای کاغذ مومی بین دو عضو اتصال قرار داده شد تا از ایجاد چسبندگی بین آن‌ها جلوگیری شود. اتصالات ساخته شده به مدت ۲۴ ساعت به‌وسیله‌ی گیره نجاری تحت فشار قرار گرفتند تا چسب به‌طور کامل عمل کرده و خشک شود (شکل ۲).



شکل ۲- نحوه گیره بستن اتصال برای عمل کردن چسب



شکل ۳- حالت فیزیکی اتصالات ساخته شده با بیسکویت

$M =$  ظرفیت لنگر خمشی (N.m)

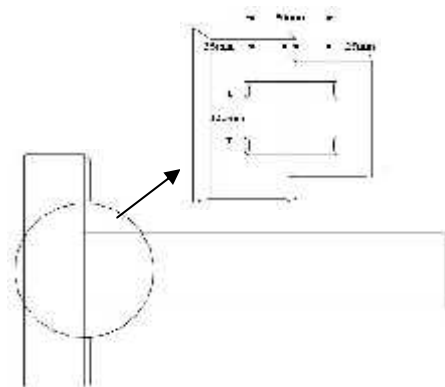
$P_{max} =$  حداکثر بار (N)

$y =$  بازوی لنگر خمشی (m)

تعداد ۱۲۰ اتصال بیسکویت چوبی (۲۴ تیمار و ۵ تکرار برای هر تیمار) و ۱۰ اتصال پین چوبی (۲ تیمار و ۵ تکرار برای هر تیمار) نمونه اتصال پین ساخته شد و مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاصل از طریق نرم افزار SPSS و بر اساس طرح فاکتوریل تجزیه و تحلیل آماری شدند و برای مقایسه میانگین ها از آزمون دانکن استفاده شد [۸].

در شکل ۴ مشخصات مربوط به اتصال های ساخته شده با پین نشان داده شده است. پس از انجام عملیات مونتاژ، نمونه ها در شرایط آزمایشگاهی به مدت یک ماه نگهداری شدند تا به رطوبت تعادل محیط برسند. نمونه ها به وسیله دستگاه آزمون مکانیکی مدل Zwick/Roell Z 150 تحت بار خمشی قرار گرفتند. مطابق تحقیقات Eckelman و همکاران (۲۰۰۴) سرعت بارگذاری ۵ mm/min تنظیم شد [۷]. در شکل ۵ نحوه اعمال بار روی آزمون ها نشان داده شده است. ظرفیت لنگر خمشی اتصالات های آزمون شده با استفاده از فرمول زیر محاسبه شد.

$$M = P_{max} \times y \quad (1)$$



شکل ۴- حالت فیزیکی اتصال‌های ساخته‌شده با پین چوبی



شکل ۵- نحوه اعمال بار

## نتایج و بحث

مقادیر میانگین ظرفیت لنگر خمشی اتصال‌های ساخته‌شده با بیسکویت از گونه راش و نراد در جدول ۲ ارائه‌شده است. همچنین مقادیر میانگین مقاومت خمشی اتصال‌های ساخته‌شده با پین چوبی و چسب PVA برای اعضای اتصال از دو گونه راش و نراد در جدول ۳ ارائه‌شده است. همان‌طور که تحلیل آماری نشان می‌دهد بیشترین میزان ظرفیت لنگر خمشی در هر دو گونه راش و نراد در اتصال‌های ساخته‌شده با چسب پلی‌اورتان، تعداد دو اتصال‌دهنده و بیسکویت اندازه ۲۰ به‌دست‌آمده است. کم‌ترین میزان ظرفیت لنگر خمشی در گونه راش و نراد

در اتصال‌های ساخته‌شده با چسب اوره فرمالدئید، تعداد یک اتصال‌دهنده و بیسکویت اندازه ۱۰ مشاهده‌شده است. نتایج تجزیه واریانس اثر متغیرهای موردبررسی بر ظرفیت لنگر خمشی اتصال‌های ساخته‌شده با بیسکویت در جدول ۴ ارائه‌شده است. بر اساس این جدول، اثر مستقل گونه چوبی اعضای اتصال، اندازه بیسکویت، تعداد اتصال‌دهنده و نوع چسب بر ظرفیت لنگر خمشی اتصال‌های ساخته‌شده با بیسکویت در سطح اعتماد ۹۵ درصد معنی‌دار بوده است. همچنین اثر متقابل عوامل موردبررسی در این جدول آمده است. جدول ۵ اثر مستقل متغیرهای موردبررسی در اتصال-

را می‌توان بیشتر بودن مقاومت‌های مکانیکی گونه‌ی راش نسبت به گونه نراد و همچنین خصوصیات چسب‌خوری بهتر گونه‌ی راش دانست. مطابق تحقیقات Eckelman و همکاران (۲۰۰۲) گونه‌های چوبی با وزن مخصوص بالاتر توان اتصال محکم‌تری را دارند [۹].

های ساخته‌شده بر ظرفیت لنگر خمشی را نشان می‌دهد. همان‌طور که در این جدول مشاهده می‌شود اتصال‌های ساخته‌شده از گونه راش ظرفیت لنگر خمشی بیشتری نسبت به اتصال‌های ساخته‌شده با نراد داشته‌اند. مقاومت خمشی اتصال‌های ساخته‌شده با راش ۶۶ درصد بیشتر از اتصال‌های ساخته‌شده با نراد بوده است. علت این اختلاف

جدول ۲- میانگین مقادیر ظرفیت لنگر خمشی اتصال‌های ساخته‌شده با بیسکویت چوبی

انحراف معیار	میانگین ظرفیت لنگر خمشی (N.m)	نوع چسب	تعداد اتصال‌دهنده	اندازه بیسکویت	گونه اعضای اتصال
۷۶/۶	۶۱/۹۲	PU			
۷۷/۵	۳۳/۵۰	PVA <sub>c</sub>	۱		
۳۶/۵	۹۸/۲۷	UF		۱۰	نراد
۹۸/۳۰	۹۳/۱۶۵	PU			
۲/۶	۴۶/۷۲	PVA <sub>c</sub>	۲		
۸۵/۱۱	۳۹/۵۵	UF			
۵۵/۱۶	۳۹/۱۱۴	PU			
۲۱/۲۱	۵۶/۹۷	PVA <sub>c</sub>	۱		
۳۲/۹	۳۷/۳۱	UF		۲۰	راش
۳۶/۲۲	۱۲/۱۸۷	PU			
۸۷/۱۶	۳۴/۱۶۹	PVA <sub>c</sub>	۲		
۱۰/۱۲	۱۵/۶۲	UF			
۸/۷	۳/۷۰	PU			
۶۱/۲۳	۳۴/۳۹	PVA <sub>c</sub>	۱		
۳۱/۳	۲۱/۱۰	UF		۱۰	نراد
۸/۱۳	۱۴/۷۹	PU			
۶۸/۲۳	۲۵/۶۷	PVA <sub>c</sub>	۲		
۵۶/۴	۲/۱۳	UF			
۷۵/۱۲	۳۶/۷۷	PU			
۸۴/۹	۸۵/۶۵	PVA <sub>c</sub>	۱		
۳۵/۳	۸۹/۱۳	UF		۲۰	راش
۰/۲۱	۵۱/۱۲۳	PU			
۷/۹	۲۷/۱۰۴	PVA <sub>c</sub>	۲		
۷۳/۴	۷۸/۱۲	UF			

جدول ۳- میانگین مقادیر ظرفیت لنگر خمشی اتصال‌های ساخته‌شده با پین چوبی

ظرفیت لنگر خمشی (N.mm)	گونه اعضای اتصال
۵۵/۱۷۵	راش
۰۸/۱۲۷	نراد

جدول ۴- نتایج تجزیه واریانس عوامل متغیر مورد بررسی بر ظرفیت لنگر خمشی اتصال‌های ساخته شده با بیسکویت

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F	Sig.
گونه اعضای اتصال	۱	۸۷۵/۴۲۱۸۴	۶۹۶/۱۹۵	*.۰۰۰/۰
اندازه بیسکویت	۱	۲۴۷/۲۰۷۸۹	۴۴۲/۹۶	*.۰۰۰/۰
تعداد اتصال دهنده	۱	۱۲۰/۳۷۰۰۶	۶۷۲/۱۷۱	*.۰۰۰/۰
نوع چسب	۲	۳۴۳/۷۴۹۵۰	۶۹۶/۳۴۷	*.۰۰۰/۰
گونه اعضای اتصال*اندازه بیسکویت	۱	۴۳۸/۱۲۸۵	۹۶۳/۵	n.s.۰۱۶/۰
گونه اعضای اتصال*تعداد اتصال دهنده	۱	۵۴۷/۶۳۶۸	۵۴۴/۲۹	*.۰۰۰/۰
گونه اعضای اتصال*نوع چسب	۲	۷۷۷/۱۷۱۸	۹۷۳/۷	*.۰۰۱/۰
اندازه بیسکویت*تعداد اتصال دهنده	۱	۵۲۱/۱۹۲۲	۹۱۹/۸	*.۰۰۴/۰
اندازه بیسکویت*نوع چسب	۲	۲۹۶/۵۹۳۶	۵۳۹/۲۷	*.۰۰۰/۰
تعداد اتصال دهنده*نوع چسب	۲	۷۷۶/۳۳۰۷	۳۴۵/۱۵	*.۰۰۰/۰
گونه اعضای اتصال*اندازه بیسکویت*تعداد اتصال دهنده	۱	۲۴۴/۱۶	۰۷۵/	n.s.۷۸۴/۰
گونه اعضای اتصال*اندازه بیسکویت*نوع چسب	۲	۳۷۱/۱۴۲۴	۶۰۸/۶	*.۰۰۲/۰
گونه اعضای اتصال*تعداد اتصال دهنده*نوع چسب	۲	۰۱۵/۶۲۶	۹۰۴/۲	n.s.۰۶۰/۰
اندازه بیسکویت*تعداد اتصال دهنده*نوع چسب	۲	۰۴۷/۵۸۵	۷۱۴/۲	n.s.۰۷۱/۰
گونه اعضای اتصال*اندازه بیسکویت*تعداد اتصال دهنده*نوع چسب	۲	۶۷۰/۹۲۹	۳۱۳/۴	n.s.۰۱۶/۰

\*معنی داری در سطح اعتماد ۹۵ درصد

n.s: عدم معنی داری در سطح اعتماد ۹۵ درصد

جدول ۵- اثر مستقل متغیرهای مورد بررسی بر ظرفیت لنگر خمشی اتصال‌های ساخته شده با بیسکویت

انحراف معیار	ظرفیت لنگر خمشی (MPa)		
۴۶/۵۵	۳۶/۹۳	راش	گونه اعضای اتصال
۸۸/۳۷	۷۴/۵۷	نراد	
۷۰/۴۱	۸۰/۶۲	۱۰	اندازه بیسکویت
۵۶/۵۵	۳۰/۸۸	۲۰	
۳۴/۳۴	۹۰/۵۹	۱	تعداد اتصال دهنده
۹۹/۵۸	۱۹/۹۱	۲	
۹/۴۴	C <sup>۷۶/۱۱۳</sup>	PU	نوع چسب
۶۴/۳۹	B <sup>۵۳/۸۴</sup>	PVAc	
۴۸/۲۰	A <sup>۳۵/۲۸</sup>	UF	

\* حروف A و B گروه بندی دانکن را نشان می دهند.

(۲۰۰۲) در مورد اتصال‌های ساخته شده با پین نیز به چنین نتایجی دست یافته اند [۹].

تأثیر تعداد اتصال دهنده بر ظرفیت لنگر خمشی اتصال‌های ساخته شده با بیسکویت در جدول ۵ نشان می دهد که اتصال‌هایی که تعداد ۲ اتصال دهنده در آن‌ها به کار برده شده دارای مقاومت بیشتری نسبت به اتصال‌های ساخته شده با یک اتصال دهنده بوده اند. با افزایش تعداد اتصال دهنده از یک به دو، میزان ظرفیت لنگر خمشی اتصال

همچنین در جدول ۵ مشاهده می شود که اتصال با بیسکویت اندازه ۲۰ دارای ظرفیت لنگر خمشی بیشتری نسبت به اتصال بیسکویت اندازه ۱۰ بوده است. مقاومت اتصال ایجاد شده با بیسکویت اندازه ۲۰، ۴۲ درصد بیشتر از اتصال بیسکویت اندازه ۱۰ بوده است. با افزایش اندازه بیسکویت سطح تماس بین اعضای اتصال و اتصال دهنده افزایش یافته و باعث مقاومت بیشتر اتصال‌های ساخته شده با بیسکویت اندازه ۲۰ شده است. Eckelman و همکاران

آب چسب نادیده گرفته شود می‌توان گفت فضای خالی بین بیسکویت و سوراخ ایجادشده به وجود خواهد آمد. جدول ۶ اثر متقابل متغیرهای مورد بررسی در اتصال‌های ساخته‌شده بر ظرفیت لنگر خمشی را نشان می‌دهد. همان‌طور که در این جدول مشاهده می‌شود بیشترین میزان تغییرات مربوط به اثر متقابل گونه چوبی و نوع چسب بوده است. کمترین میزان تغییرات در اثر متقابل گونه چوبی و تعداد اتصال‌دهنده مشاهده شده است.

### مقایسه مقاومت خمشی اتصال‌های ساخته‌شده

#### با بیسکویت و پین چوبی

شکل ۶ مقایسه میانگین ظرفیت لنگر خمشی اتصال‌های ساخته‌شده با پین و بیسکویت را نشان می‌دهد. همان‌طور که در این شکل نشان داده شده است، بهترین حالت اتصال‌دهنده بیسکویت در دو گونه راش و نراد که مربوط به اتصال‌های ساخته‌شده با دو اتصال‌دهنده، چسب پلی‌اورتان و بیسکویت اندازه ۲۰ بوده است با اتصال‌های ساخته‌شده با پین چوبی و چسب PVA<sub>c</sub> مقایسه شده است. اتصال‌های ساخته‌شده با بیسکویت و چسب پلی‌اورتان در هر دو گونه راش و نراد از نظر میزان ظرفیت لنگر خمشی از اتصال‌های ساخته‌شده با پین که اتصال رایج در صنعت مبلمان است، برتری دارد. همچنین، ظرفیت لنگر خمشی اتصال‌های ساخته‌شده با تعداد دو بیسکویت اندازه ۲۰ و چسب پلی‌اورتان در گونه راش و نراد به ترتیب ۶ و ۲ درصد نسبت به اتصال‌های ساخته‌شده با پین بیشتر بوده است. چند عامل ممکن است در کاهش مقاومت اتصال‌های ساخته‌شده با پین نسبت به اتصال بیسکویتی تأثیرگذار باشد. یکی از این عوامل می‌تواند فاصله بین اتصال‌دهنده پین و سوراخ پین (درجه آزادی) باشد، عامل دیگر تأثیرگذار را می‌توان صاف نبودن سطح پین دانست. با توجه به این‌که برای ساخت اتصال‌های ساخته‌شده با پین از چسب تماسی (پلی‌وینیل استات) استفاده شده است و در چسبندگی چسب تماسی دو عامل بالا 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.

۶۱ درصد افزایش داشته است. علت این میزان افزایش مقاومت را می‌توان سطح چسب خور بیشتر دو اتصال‌دهنده نسبت به یک اتصال‌دهنده دانست. Dalvand و همکاران (۲۰۱۳) به نتایج مشابهی در مورد اتصال‌های ساخته‌شده با پین دست‌یافته‌اند [۱۰].

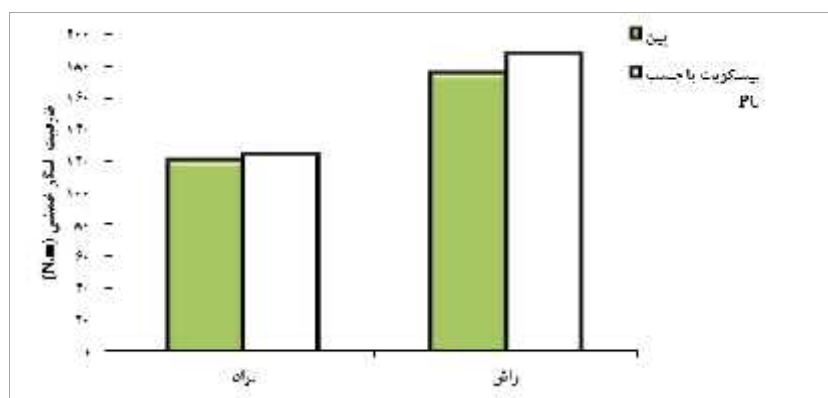
در جدول ۵ همان‌طور که مشخص است بیشترین ظرفیت لنگر خمشی به ترتیب مربوط به چسب پلی‌اورتان، چسب پلی‌وینیل استات و اوره فرم‌آلدهید بوده است. میزان ظرفیت لنگر خمشی اتصال‌های ساخته‌شده با چسب پلی‌اورتان نسبت به چسب پلی‌وینیل استات ۳۶ درصد بیشتر است. اتصال‌های ساخته‌شده با چسب پلی‌اورتان ۳ برابر مقاوم‌تر از اتصال‌های ساخته‌شده با چسب اوره فرم‌آلدهید است. در اتصال‌های ساخته‌شده با چسب پلی‌اورتان شکست بیشتر در اتصال‌دهنده (بیسکویت) رخ داده است. درحالی‌که در اتصال‌های ساخته‌شده با چسب پلی‌وینیل استات و چسب اوره فرم‌آلدهید، شکست در خط چسب اتفاق افتاده است. می‌توان گفت در اتصال‌های ساخته‌شده با چسب پلی‌اورتان مقاومت اتصال از مقاومت کشش عمود بر الیاف گونه چوبی بیسکویت بیشتر است و این امر باعث شکست بیسکویت قبل از رسیدن به مقاومت حداکثر اتصال زیر بار خمشی شده است. پس می‌توان گفت عامل تعیین‌کننده مقاومت اتصال‌های ساخته‌شده با چسب پلی‌اورتان مقاومت کشش عمود بر الیاف گونه چوبی بیسکویت است. ولی در مورد چسب پلی‌وینیل استات و چسب اوره فرم‌آلدهید، کیفیت و صافی سطح بیسکویت و شیار بیضی‌شکل تعبیه‌شده را می‌توان عامل تعیین‌کننده مقاومت اتصال دانست. عامل دیگری که می‌تواند در بیشتر بودن مقاومت اتصال با چسب پلی‌اورتان نسبت به اتصال با چسب پلی‌وینیل استات و چسب اوره فرم‌آلدهید تأثیرگذار باشد، وجود واکنش‌های شیمیایی بین چوب و چسب پلی‌اورتان باشد. چسب پلی‌اورتان برخلاف چسب پلی‌وینیل استات درز بین بیسکویت و سوراخ تعبیه‌شده (درجه آزادی) را پر می‌کند و باعث مستحکم شدن اتصال‌دهنده در جای خود می‌شود درحالی‌که چسب پلی‌وینیل استات محتوی ۳۰ تا ۴۰ درصد آب است که برای عمل کردن باید این میزان آب را از دست بدهد که این عمل باعث کاهش حجم چسب می‌شود و اگر حجیم شدن بیسکویت در اثر جذب



جدول ۶- اثر متقابل متغیرهای مورد بررسی بر ظرفیت لنگر خمشی اتصال‌های ساخته شده با بیسکویت

گروه بندی دانکن	ظرفیت لنگر خمشی (MPa)				
B	۷۷/۴۵(۴۶/۸۸)	۱۰	راش	گونه چوب*اندازه بیسکویت	
C	۱۱۰/۳۲(۵۷/۹۹)	۲۰			
A	۴۶/۵۰(۳۱/۱۷)	۱۰	نراد		
AB	۶۶/۲۸(۴۳/۷۵)	۲۰			
A	۶۹/۰۴(۳۶/۲۳)	۱	راش	گونه چوب*تعداد اتصال دهنده	
B	۱۱۸/۷۳(۵۹/۴۱)	۲			
A	۴۶/۱۱(۲۹/۴۳)	۱	نراد		
A	۶۶/۶۶(۴۴/۷۶)	۲			
E	۱۴۰/۰۱(۴۳/۵۸)	PU	راش	گونه چوب*نوع چسب	
D	۹۷/۴۲(۴۷/۷۳)	PVA			
B	۴۴/۲۲(۱۷/۷۵)	UF			
CD	۸۷/۵۱(۲۵/۳۱)	PU			
C	۶۹/۱۸(۲۸/۹۰)	PVA	نراد	اندازه بیسکویت*تعداد اتصال دهنده	
A	۱۲/۴۸(۳/۹۷)	UF			
A	۴۸/۴۲(۲۹/۲۶)	۱	۱۰		
B	۷۵/۵۳(۴۹/۲۸)	۲			
AB	۶۶/۷۴(۳۷/۷۰)	۱	۲۰	اندازه بیسکویت*نوع چسب	
C	۱۰۹/۸۶(۶۲/۴۳)	۲			
C	۱۰۱/۹۳(۴۱/۹۹)	PU	۱۰		
B	۵۷/۳۵(۲۰/۸۴)	PVA			
A	۲۶/۶۵(۱۹/۵۰)	UF			
E	۱۲۵/۵۹(۴۳/۹۶)	PU			
CD	۱۰۹/۲۶(۴۱/۰۰)	PVA	۲۰	تعداد اتصال دهنده*نوع چسب	
A	۳۰/۰۵(۲۱/۸۰)	UF			
C	۸۸/۶۰(۲۰/۳۸)	PU	۱		
B	۶۳/۲۷(۲۷/۳۰)	PVA			
A	۲۰/۸۶(۱۰/۶۸)	UF			
D	۱۳۸/۹۲(۴۷/۳۵)	PU			
C	۱۰۳/۳۳(۴۴/۰۸)	PVA	۲	تعداد اتصال دهنده*نوع چسب	
A	۳۵/۸۴(۲۵/۰۸)	UF			

\* اعداد داخل پرانتز انحراف معیار تیمارها را نشان می‌دهند.



شکل ۶- مقایسه اتصال‌های ساخته شده با بیسکویت و چسب PU با اتصال‌های ساخته شده با پین و چسب PVA

## نتیجه‌گیری

در این تحقیق، ظرفیت لنگر خمشی اتصال‌های ساخته‌شده با بیسکویت چوبی بررسی شد و با اتصال‌های ساخته‌شده با پین چوبی مورد مقایسه قرار گرفت. اعضای اتصال ساخته‌شده با راش ظرفیت لنگر خمشی بیشتری نسبت به اتصال‌های ساخته‌شده با نراد داشتند. علت این امر را می‌توان مقاومت مکانیکی بیشتر و چسب‌خوری بهتر چوب راش نسبت به چوب نراد عنوان کرد. مطابق تحقیقات Eckelman (۲۰۰۳) با گونه‌های چوبی با مقاومت بیشتر می‌توان اتصال محکمی ساخت [۱۱]. با افزایش تعداد اتصال‌دهنده و اندازه بیسکویت ظرفیت لنگر خمشی اتصال‌های ساخته‌شده با بیسکویت افزایش داشته است. با افزایش تعداد اتصال‌دهنده و اندازه بیسکویت سطح تماس بین اتصال و اتصال‌دهنده افزایش یافته و این امر باعث افزایش مقاومت اتصالات شده است. اتصال‌های ساخته‌شده با چسب پلی‌اورتان نسبت به اتصال‌های ساخته‌شده با چسب پلی‌وینیل استات و اوره فرم‌آلدهید عملکرد بهتری داشتند. واکنش شیمیایی بین چسب پلی‌اورتان و چوب باعث افزایش مقاومت اتصال‌های

ساخته‌شده با این چسب نسبت به چسب‌های پلی‌وینیل استات و اوره فرم‌آلدهید شده است. با توجه به عملکرد بهتر اتصال‌های ساخته‌شده با چسب پلی‌اورتان، این اتصالات با اتصال‌های ساخته‌شده با پین چوبی و چسب پلی‌وینیل استات مقایسه شدند و مقاومت بیشتری را نسبت به اتصال‌های ساخته‌شده با پین از خود نشان دادند؛ بنابراین با توجه به بیشتر بودن مقاومت اتصال‌های ساخته‌شده با بیسکویت و چسب پلی‌اورتان نسبت به اتصال‌های ساخته‌شده با پین و چسب پلی‌وینیل استات (اتصال معمول مورد استفاده در صنعت مبلمان) می‌توان اتصال‌های ساخته‌شده با بیسکویت و چسب پلی‌اورتان را جایگزینی خوبی برای اتصال پین چوبی دانست. اگرچه چسب پلی‌اورتان نسبت به چسب PVA گران‌تر است، ولی مزایای استفاده از آن بر عیب آن ارجحیت دارد؛ بنابراین از این چسب می‌توان در سازه‌های که به حداکثر مقاومت نیاز دارند استفاده کرد. در نهایت پیشنهاد می‌شود برای مقاومت بیشتر سازه از اتصال‌های ساخته‌شده با گونه راش، تعداد دو اتصال‌دهنده، چسب پلی‌اورتان و بیسکویت اندازه ۲۰ استفاده شود.

## مراجع

- [1] 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 and Design*, 30: 665-670.
- [2] Kociszewski, M. 2005. Stiffness and load capacity of biscuit corner joints. *Folia Forestalia Polonica*, 36: 39-47.
- [3] 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.
- [4] Tankut, A. N. and Tankut, N. 2004. Effect of some factors on the strength of furniture corner joints constructed with wood biscuits. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 28:301-309.
- [5] 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*, 30:4175-82.
- [6] Ebrahimi, G. 2009. Engineering design of wood structures. Tehran university publication, 491 pp. (In Persian). *Standard Test Methods for Specific Gravity of Wood and Wood-Base Materials*, Annual Book of ASTM Standard, D 2395, 1999.
- [7] *Standard Test Methods for Small Clear Specimens of Timber*. Annual Book of ASTM Standard, D 143. 2000.

- [8] Eckelman, C. A., Erdil, Y. Z. and Zhang, J., 2002. Withdrawal and bending strength of dowel joints constructed of plywood and oriented strand board. *Forest products journal*, 52 (9): 66-74.
- [9] Dalvand, M., Ebrahimi, GH., Tajvidi, M. and Layeghi, M. 2013. Bending moment resistance of dowel corner joints in case-type furniture under diagonal compression load. *Journal of Forestry Research*. Accepted for publication.
- [10] Eckelman, C. A. 2003. *Textbook of product engineering and strength design of furniture*. West Lafayette (IN): Purdue University Press.

## Determination of bending moment resistance of t-type joints constructed with wood biscuit

### Abstract

The goal of this study was to investigate effects of wood species (Beech and Fir), number of connectors (1 and 2), size of biscuit (10 and 20) and type of adhesives (Polyvinyl acetate (PVA<sub>c</sub>), polyurethane (PU) and urea-formaldehyde (UF)) on bending moment resistance of joints fabricated with biscuit. Results have shown that member of joint, number of connector, size of biscuit and type of adhesive had significant effect on the bending moment resistance. Bending moment resistance of joints made of Beech wood were stronger than joints made of Fir ones. Bending moment resistance has increased, with the increase of size and number of biscuit. Performance of joints with PU adhesive had better than PVA and UF. Highest bending moment resistance were obtained from joints glued with PU adhesive, size of biscuit 20 and 2 connectors. The results also indicated that joints made with biscuit and glued with PU had higher resistance than wooden dowel joints.

**Keywords:** bending moment resistance, biscuit joint, dowel, beech, fir.

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

<sup>1</sup> M.Sc., Department of Wood Industry,  
Department of Civil Engineering,  
University of martyr Rajai <sup>2</sup>  
Department of Wood Industry,  
Department of Civil Engineering,  
University of martyr Rajai

<sup>3</sup> Professor, Department of Wood and  
Paper Science & Technology, Faculty  
of Natural Resources, University of  
Tehran

Corresponding author:  
kahvand\_m@yahoo.com

Received: 2013.03.04  
Accepted: 2014.01.09