

## بررسی مقاومت خمشی اتصال‌های تی شکل پیچ در اتصال‌های مبلمان

امیر لشگری<sup>۱\*</sup> و پیمان سینمبری<sup>۲</sup>

\* نویسنده مسئول، استادیار گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد مهرشهر کرج

پست الکترونیک: amir.Lashgari@kiauo.ac.ir

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد رشته مهندسی صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد مهرشهر کرج

تاریخ پذیرش: فروردین ۱۳۹۱

تاریخ دریافت: فروردین ۱۳۹۰

### چکیده

در این تحقیق اثر طول پیچ در سه مقدار (۲، ۲/۵ و ۳ اینچ) سه گونه چوبی راش (*Fagus orientalis*)، توسکا (*Alnus subcordata*) و نوئل (*White spruce*) و دو فاصله (۲/۵ و ۲) سانتی‌متر بین پیچ‌ها، بر مقاومت خمشی بررسی شد. برای ساخت اتصال‌های تی شکل ابعاد اعضا ۱۵×۵/۵×۲/۵ سانتی‌متر بود. از ترکیب عوامل فوق ۱۸ تیمار بوجود آمده که با توجه به ۴ تکرار در مجموع ۷۲ نمونه تی شکل ساخته و مقاومت خمشی اتصال‌ها بوسیله ماشین آزمون مکانیکی اندازه‌گیری شد. نتایج حاصل از آزمون مکانیکی حکایت از آن داشت که بیشترین مقاومت خمشی مورد بررسی در پیچ با طول ۳ اینچ مربوط به گونه راش و کمترین مقدار آن در پیچ با طول ۲ اینچ مربوط به گونه نوئل است. با افزایش طول پیچ مقاومت خمشی افزایش یافت. طبق این بررسی تأثیر گونه معنی‌دار بوده، اما فاصله بین پیچ‌ها تأثیر معنی‌داری در مقاومت خمشی نشان نداد.

واژه‌های کلیدی: اتصال  $T$  شکل، مقاومت خمشی، طول پیچ.

### مقدمه

سازه‌های چوبی تأکیدی بر شدت نقاط ضعف آن خواهد بود. برای انجام درست طراحی مهندسی سازه‌های چوبی باید از اصول اساسی مربوط به اتصال‌ها آگاهی یافت. از این رو طراح باید شناخت جامعی از نوع اتصال‌ها و اتصال‌دهنده‌ها پیدا کرده و به سه عامل توجه زیادی بنماید.

۱- شکست اتصال

۲- بهینه کردن مصالح چوبی در اتصال‌ها

۳- طراحی نادرست اتصال‌ها

در سازه‌های چوبی کلیه قطعه‌ها به طرق مختلف به یکدیگر متصل شده‌اند و اتصال‌ها از بخش‌های اصلی یک سازه هستند. اتصال‌ها، بار وارده را به‌طور پیوسته تحمل کرده و بنیان سازه را بوجود می‌آورند. از آنجا که حرکت سازه‌های چوبی به سمت خرابی، از نقاط ضعف آنها نشأت می‌گیرد و این نقاط ضعف اتصال‌ها هستند، بنابراین توجه به اتصال‌ها اهمیت پیدا می‌کند. شواهد نشان می‌دهد که اتصال‌ها زیبایی و استحکام و ایمنی سازه را تضمین کرده، بنابراین عدم توجه به طراحی درست اتصال‌ها در

امیر لشکری (۱۳۸۷) مقاومت کششی و گشتاور خمشی را در اتصال پیچ بررسی کرده است. در این تحقیق تأثیر قطر پیچ بر مقاومت کششی و گشتاور خمشی مورد بررسی قرار گرفته که نتایج حاصل نشان می‌دهد با افزایش قطر پیچ مقاومت کششی افزایش ولی گشتاور خمشی کاهش می‌یابد.

Wilkinson (۱۹۹۱) تحمل بار دبل چوبی را مورد بررسی قرار داده که نتایج بدست‌آمده نشان می‌دهد تحمل بار در جهت دبل متناسب با جرم ویژه چوب آن است، ولی تحمل بار در دبل‌هایی که در جهت عمود بر الیاف بارگذاری شوند، متناسب با جرم ویژه و قطر دبل است.

Kasal (۲۰۰۶) به بررسی مقاومت خمشی اتصال پیچ با قطرهای  $4/5$  و  $5/5$  میلی‌متر که در حالت‌های بدون چسب و آغشته شده با چسب پلی‌اورتان در MDF و تخته خرده‌چوب تعبیه شده بودند پرداخت، براساس نتایج این تحقیق اتصال‌های تعبیه شده در MDF نسبت به تخته خرده‌چوب و اتصال‌های آغشته شده به چسب نسبت به بدون چسب، از مقاومت بیشتری برخوردار بودند.

Guntekin (۲۰۰۴) به بررسی مقاومت اتصال‌های الیت در تخته خرده‌چوب و MDF پرداخته است، براساس نتایج بدست‌آمده مقاومت اتصال‌های دبل چوبی از الیت بیشتر است.

Hill و همکاران (۱۹۷۳)، مقاومت گشتاور خمشی را در اتصال زبانه و گم بررسی کرده و نشان دادند که مقاومت گشتاور خمشی در این نوع اتصال به طول زبانه، مقاومت برشی موازی الیاف چوب عضوهای اتصال و پهنای زبانه بستگی دارد.

مطالعه‌های کمی برای محاسبه بار وارد بر انواع اتصال‌ها و بر حسب اندازه آنها انجام شده ولی برای فرموله کردن روابط محاسبات طراحی سازه‌ها، تلاش زیادی صورت نگرفته است. علت اصلی این امر معمولاً ارتباط کم و ناکافی مشاهدات تجربی و زیاد بودن متغیرهای درگیر می‌باشد. با توجه به مشکل‌های فوق، در این بررسی بر آن شدیم که مقاومت خمشی که از بارهای اساسی وارد شده بر کلیه سازه‌های چوبی است و برای مشخص شدن نقاط بحرانی در اتصال‌های مزبور که شکست در آن نواحی اتفاق می‌افتد، به منظور دستیابی به طراحی دقیق‌تر و ایجاد اتصالاتی مقاومتر، مقاومت خمشی را بررسی نماییم تا بتوانیم به ترکیبی مناسبتر از مصالح مورد استفاده، نوع اتصال و ابعاد سازه، متناسب با بار وارده دست یابیم.

نوری (۱۳۸۳) مقاومت برشی اتصال دبل را در اتصال‌های دو قطعه تخته خرده‌چوب بررسی کرده است. در این بررسی رابطه بین مقاومت برشی با نوع دبل (ساده و آجدار)، قطر دبل (۶، ۸ و ۱۰ میلی‌متر) و عمق نفوذ دبل ( $2d$ ،  $3d$  و  $4d$ ) که قطر دبل و قطر سوراخ است را مورد بررسی قرار داده و نتایج بدست‌آمده نشان می‌دهد که بیشترین مقاومت برشی در اتصال با دبل آجدار به قطر ۱۰ میلی‌متر و عمق نفوذ  $4d$  و با قطر سوراخ بیشتر دارد.

Erdil (۲۰۰۴) بر روی راش ترکی، کاج اسکاتلندی و کاج اروپایی با پیچ‌هایی به ضخامت ۵، ۶ و ۷ میلی‌متر و طول ۷ سانتی‌متر مقاومت کششی و خمشی را اندازه‌گیری نموده است، نتایج نشان می‌دهد که با افزایش قطر پیچ و دانسیته چوب مقاومت کششی و خمشی افزایش می‌یابد.

## مواد و روش‌ها

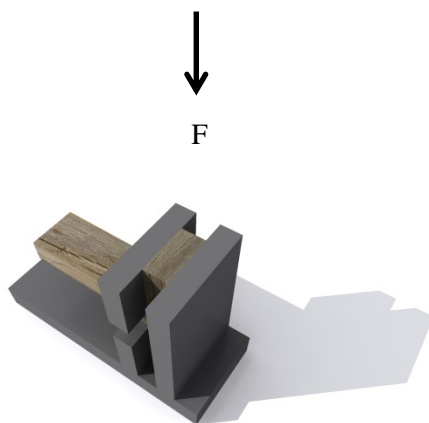
مواد اولیه مصرفی در این تحقیق عبارتند از چوب‌های راش (*Fagus orientalis*)، توسکا (*Alnus subcordata*)، نوئل (*White spruce*) و پیچ (*Screw*). پیچ‌های مورد استفاده در سه طول (۲، ۲/۵ و ۳) اینچ و قطر ۰/۰۸ اینچ از پیچ‌های مخصوص MDF هستند.



شکل ۱- اتصال T شکل

### بررسی مقاومت اتصال‌ها

برای آزمایش مقاومت اتصال‌ها در برابر بار خمشی از دستگاه آزمون مکانیکی موجود در آزمایشگاه دانشگاه تهران استفاده شد. این دستگاه داده‌های هر آزمایش را به صورت منحنی ترسیم می‌کند. اعمال بار توسط دستگاه مکانیکی تا مرحله جداسازی عضوهای اتصال از یکدیگر، یعنی در محلی که منحنی اعمال بار اُفت می‌کند، انجام شد. سرعت بارگذاری مطابق تحقیقی که توسط Erdil و همکاران (۲۰۰۴) انجام شده بود،  $1/25 \text{ mm/min}$  تنظیم شد (شکل ۲).



شکل ۲- نحوه بارگذاری در مقاومت خمشی

### شکل و ابعاد نمونه‌ها

شکل و ابعاد نمونه‌های آزمایشی  $15 \times 5/5 \times 2/5 \text{ cm}$  از سه گونه چوب راش، توسکا و نوئل تهیه شدند.

### نحوه تهیه اتصال‌ها

پس از برش چوب‌ها به قطعه‌های مورد نظر، نیمی از قطعات در نقطه وسط سطح و نیمی دیگر در نقطه وسط ضخامت توسط دریل دستی سوراخ شدند و بوسیله پیچ‌ها اتصال‌ها ایجاد شدند (شکل ۱).

### عوامل متغیر در این تحقیق موارد زیر می‌باشد:

- ۱- نوع گونه چوبی (راش، توسکا و نوئل)
- ۲- طول پیچ (۲، ۲/۵ و ۳) اینچ
- ۳- فاصله بین پیچ‌ها (۲ و ۲/۵) سانتی‌متر

از ترکیب عوامل فوق ۱۸ ترکیب (تیمار) بوجود آمد که با توجه به ۴ تکرار جمعاً ۷۲ نمونه T شکل ساخته شد. نمونه‌ها پس از مونتاژ به مدت ۱۲ ساعت در پرس نجاری و در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفته و پس از آن به مدت یک ماه در محیط آزمایشگاه متعادل‌سازی شدند.

## نتایج

اتصال‌ها با توجه به متغیرها (نوع گونه، فاصله بین پیچ‌ها و عمق نفوذ پیچ) نشان داده شده است.

## مقاومت خمشی اتصال‌های تی شکل پیچ

در جدول ۱ میانگین و انحراف معیار مقاومت خمشی

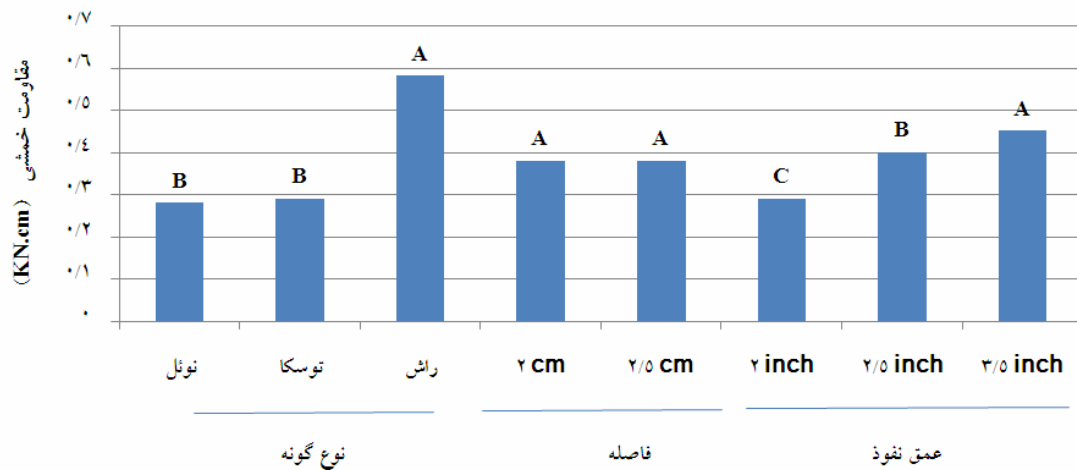
جدول ۱- میانگین و انحراف معیار مقاومت خمشی نمونه‌ها

نوع گونه	فاصله بین پیچ‌ها (میلی‌متر)	عمق نفوذ (اینچ)	مقاومت خمشی (KN.cm)
نوئل	۲۰	۲	۰/۲۲۰ ±
		۲/۵	۰/۴۹۶ ±
		۳	۰/۴۶۸ ±
	۲۵	۲	۰/۷۴۰ ±
		۲/۵	۰/۱۶۶ ±
		۳	۰/۱۸۷ ±
توسکا	۲۰	۲	۰/۲۳۵ ±
		۲/۵	۰/۲۸۷ ±
		۳	۰/۳۴۰ ±
	۲۰	۲	۰/۲۳۱ ±
		۲/۵	۰/۳۲۸ ±
		۳	۰/۳۱۹ ±
راش	۲۰	۲	۰/۳۸۵ ±
		۲/۵	۰/۶۱۴ ±
		۳	۰/۷۳۵ ±
	۲۵	۲	۰/۴۳۱ ±
		۲/۵	۰/۵۷۲ ±
		۳	۰/۷۳۱ ±

## اثر مستقل نوع گونه بر روی مقاومت خمشی اتصال‌ها

نتایج جدول ۲ و نمودار ۱ نشان می‌دهد که گونه بر مقاومت خمشی اتصال‌ها تأثیر معنی‌داری ( $P < 0.05$ ) دارد. براساس این نتایج رابطه متقابلی بین نوع گونه و مقاومت خمشی وجود دارد، به گونه‌ای که با تغییر نوع مقدار مقاومت خمشی تغییر می‌کند. همچنین این نتایج نشان

می‌دهد که بیشترین مقدار میانگین مقاومت خمشی برای گونه راش، کمترین مقاومت خمشی برای نوئل می‌باشد. دلیل این امر را می‌توان در مقاومت برشی موازی الیاف بیشتر گونه راش نسبت به توسکا و نوئل جستجو کرد. نتایج حاصل با نتایج Erdil (۲۰۰۴) و لشگری (۱۳۸۸) مطابقت دارد.



نمودار ۱- مقایسه میانگین اثرهای مستقل بر روی مقاومت خمشی با آزمون چند دامنه دانکن

### اثر مستقل فاصله بین پیچ‌ها بر روی مقاومت خمشی اتصالات

نتایج جدول ۲ و نمودار ۱ نشان می‌دهد که فاصله بین پیچ‌ها بر مقاومت خمشی اتصالات تأثیر معنی‌داری ندارد.

### اثر مستقل طول پیچ بر روی مقاومت خمشی اتصالات

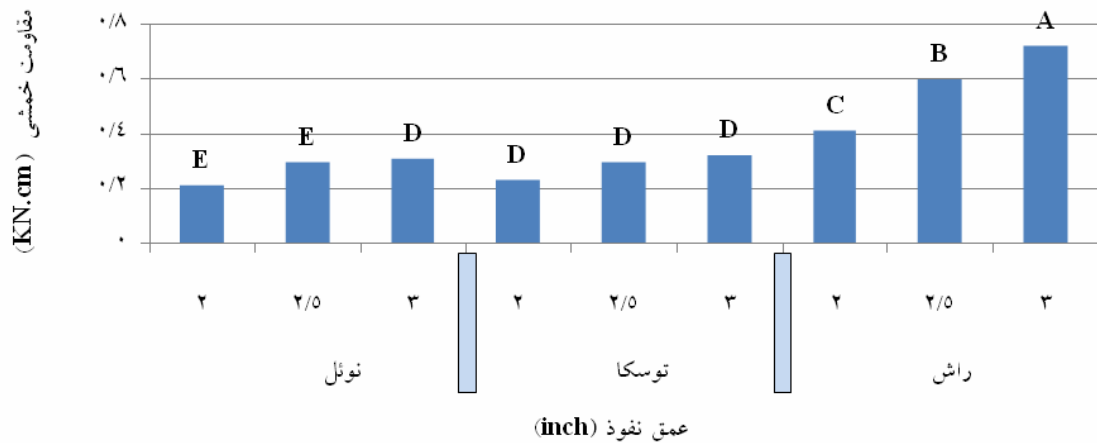
نتایج جدول ۲ و نمودار ۱ نشان می‌دهد که طول پیچ بر مقاومت خمشی اتصالات تأثیر معنی‌داری ( $P < 0.05$ ) دارد. براساس این نتایج رابطه مستقیمی بین طول پیچ و مقاومت خمشی وجود دارد، به‌گونه‌ای که با افزایش طول پیچ مقاومت خمشی افزایش می‌یابد. علت این امر را می‌توان در افزایش سطح تحت اعمال بار در نتیجه کاهش تنش با توجه به فرمول  $\sigma = \frac{m}{A}$  دانست که با افزایش سطح میزان تنش در نتیجه مقاومت افزایش می‌یابد که نتایج با نتایج Erdil (۲۰۰۴) مطابق است. همچنین این نتایج نشان می‌دهد که بیشترین مقدار میانگین مقاومت خمشی برای عمق نفوذ ۳ اینچ، و کمترین مقاومت خمشی مربوط به پیچ ۲ اینچ می‌باشد.

### تأثیر متقابل گونه و فاصله پیچ بر روی مقاومت خمشی اتصالات

نتایج تجزیه واریانس در نمودار ۲ و نتایج جدول ۴ نشان می‌دهد که اثرهای متقابل نوع گونه  $\times$  فاصله پیچ بر مقاومت خمشی اتصالات معنی‌دار نمی‌باشد. به طوری که برای گونه‌های مختلف در هر یک از فاصله‌ها میانگین مقاومت خمشی اتصالات در یک گروه قرار دارند ( $P > 0.05$ ).

### تأثیر متقابل گونه و عمق نفوذ پیچ بر روی مقاومت خمشی اتصالات

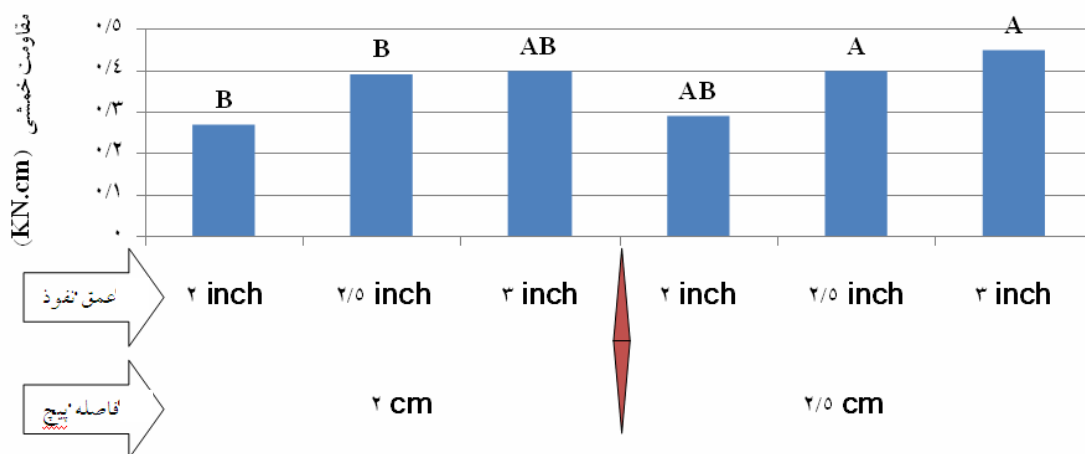
براساس نمودار ۲ و نتایج جدول ۲ بین گونه‌های مختلف و عمق نفوذ رابطه متقابلی وجود دارد که با افزایش عمق نفوذ پیچ در هر سه گونه مقاومت خمشی افزایش می‌یابد ( $P > 0.05$ ).



شکل ۲- مقایسه میانگین اثرهای متقابل گونه و عمق نفوذ پیچ بر روی مقاومت خمشی با آزمون چند دامنه دانکن

پیچ بر مقاومت خمشی اتصالها معنی دار نمی باشد. برای گونه‌های مختلف در هر یک از فاصله‌ها میانگین مقاومت خمشی اتصالها در یک گروه قرار دارند ( $P > 0.05$ ).

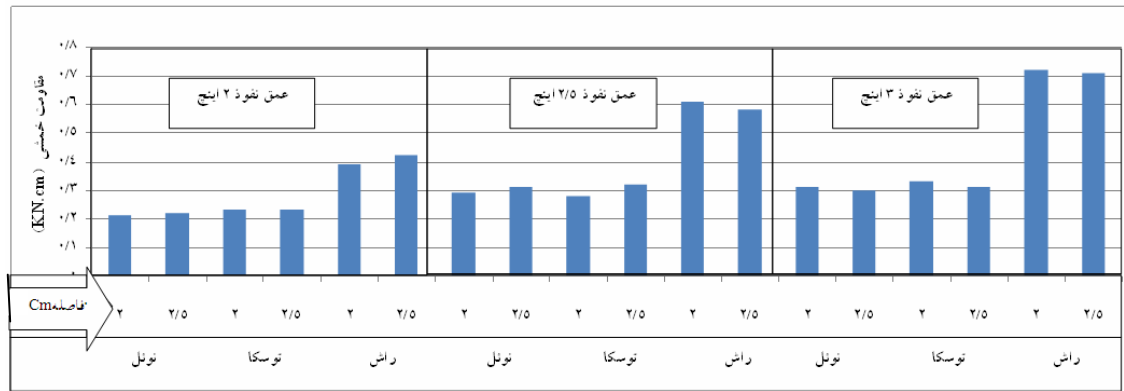
تأثیر متقابل فاصله پیچ و عمق نفوذ پیچ بر مقاومت خمشی  
نتایج تجزیه واریانس در نمودار ۳ و نتایج جدول ۲ نشان می‌دهد که اثرهای متقابل فاصله پیچ و عمق نفوذ



شکل ۳- مقایسه میانگین اثرهای متقابل فاصله پیچ و عمق نفوذ پیچ بر روی مقاومت خمشی با آزمون چند دامنه دانکن

تأثیر گونه و فاصله و عمق نفوذ پیچ بر روی مقاومت خمشی اتصال‌ها  
 هر سه متغیر مستقل مورد بررسی بر مقاومت خمشی اتصال‌ها معنی‌دار نمی‌باشد ( $P > 0.05$ ).

نتایج جدول ۲ و نمودار ۴ نشان می‌دهد که اثر متقابل



شکل ۴- مقایسه میانگین اثرهای متقابل گونه و فاصله پیچ و عمق نفوذ پیچ بر روی مقاومت خمشی با آزمون چند دامنه‌ای دانکن

جدول ۲- تجزیه و تحلیل اثرهای مستقل و متقابل بر مقاومت خمشی

منبع تغییرات	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F	معنی‌داری
گونه	۱۳۸۰۹۵۳/۲۹۱	۲	۶۹۰۴۷۶/۶۴۶	۲۰۱/۹۸	<۰/۰۰۰۱
فاصله پیچ	۱۳۶/۹۵۱	۱	۱۳۶/۹۵۱	۰/۰۴	۰/۸۴۲۲
عمق نفوذ پیچ	۳۶۵۴۵۶/۱۶۴	۲	۱۸۲۷۲۸/۰۸۲	۳۵/۵۴	<۰/۰۰۰۱
گونه × فاصله پیچ	۸۱/۳۸۱	۱	۴۰/۶۹۱	۰/۰۱	۰/۹۸۸۲
گونه × عمق نفوذ پیچ	۱۴۱۱۸۳/۷۱۶	۴	۳۵۲۹۵/۹۲۹	۱۰/۳۲	<۰/۰۰۰۱
فاصله پیچ × عمق نفوذ پیچ	۲۷۷۷/۶۵۳	۲	۱۳۸۸/۸۲۷	۰/۴۱	۰/۶۶۸۳
گونه × فاصله پیچ × عمق نفوذ پیچ	۱۰۲۴۷/۰۱۳	۴	۲۵۶۱/۷۵۳	۰/۷۵	۰/۵۶۳
خطا	۱۷۴۳۴۶/۱۷۴	۵۱	۳۴۱۸/۵۵۲		
مجموع	۲۰۸۸۵۳۵/۱۳۲	۷۱			

## بحث

## منابع مورد استفاده

- لشگری، ا.، ۱۳۸۷. بررسی مقاومت کششی و گشتاور خمشی در اتصال دوپل سازه‌های چوبی، دو فصل نامه علمی پژوهشی تحقیقات علوم چوب و کاغذ ایران، صفحه ۱۰.
- لشگری، ا.، ۱۳۸۸. بررسی مقاومت کششی و گشتاور خمشی در اتصال زیانه و کم در سازه‌های چوبی، دو فصل نامه علمی پژوهشی تحقیقات علوم چوب و کاغذ ایران، صفحه ۱۰.
- نوری، ح.، ۱۳۸۳. بررسی مقاومت برشی اتصال دوپل در تخته خرده چوب، پایان نامه کارشناسی ارشد صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تربیت مدرس، صفحه ۱۱۵.
- Erdil, Y. and Dasah, A. 2004. Withdrawal strength and moment resistance of screwed T-type enh-to-side grain furniture joints. *Forest products journal*. 54(11):91-97.
- Guntekin, E. 2004. performances of furniture joints ready for fitting., wood technical turkey (5). 17-21.
- Hill, M.D. and Eckelman, C.A. 1973. Flexibility and Bending strength of mortise and tendon joints. *furniture Design and manufacturing*, vol 45, No s. 1 and 2.
- Kasal, A. sener, S. and belgin, M. Efe, H., 2006. bending strength of screwed corner joints with different materials. *G.U. journal of science* 19(3):155-161.
- Wilkinson TL. 1991. "Dowel bearing strength". *Research paper forest products laboratory*. No. FPL-rp-505, 9p.

در اتصال‌های پیچ، در بررسی مقاومت خمشی، ملاحظه شد که با افزایش طول پیچ از ۲ به ۳ اینچ مقاومت خمشی افزایش می‌یابد. همچنین تأثیر گونه بر روی مقاومت خمشی بررسی شد که مقاومت خمشی در گونه راش بیش از توسکا و نوئل بوده که علت این امر را می‌توان در بالا بودن مقاومت برشی موازی الیاف چوب راش نسبت به دو گونه دیگر جستجو کرد. با افزایش فاصله بین دو پیچ مقاومت خمشی افزایش کمی را از خود نشان می‌دهد که دلیل این امر در اثر میزان گشتاور بیشتری که اتصال در اثر افزایش فاصله بین دو پیچ تحمل می‌کند می‌باشد. به‌طور کلی بیشترین مقاومت خمشی مربوط به پیچ با طول ۳ اینچ است که نشان‌دهنده رابطه مستقیم بین طول پیچ و مقاومت خمشی است که علت این امر را می‌توان در این مورد جستجو کرد، به نحوی که با افزایش طول پیچ سطح تنش افزایش می‌یابد؛ بنابراین میزان تنش در اتصال کاهش می‌یابد و این امر افزایش مقاومت را بدنبال دارد. لازم بذکر است که تمام نتایج با نتایج Erdil (۲۰۰۴) مطابق است.



## Bending strength of screwed T-typed furniture joints

Lashgari, A.<sup>1\*</sup> and Sinambari, P.<sup>2</sup>

1\* - Corresponding author: Assistant professor, Islamic Azad University, Karaj Branch, Department of Wood and Paper Science and Technology, Karaj, Iran. Email: amir.lashgari@kiauo.ac.ir

2- Graduate student, Islamic Azad University, Karaj Branch, Department of Wood and Paper Science and Technology, Karaj, Iran

Received: April, 2011

Accepted: April, 2012

### Abstract

Effects of screw length (2, 2.5, 3 inch), wood species (beech, alder, white spruce), and two screw interval (2, 2/5 cm) on bending strength of the T-type joints were investigated. In order to fabricate the T-shaped joints, dimensions of the parts were determined as 15\*5/5\*2/5 cm. From the above variables, 18 combinations were reached. Four replications, and a total of 72 specimens were made and the mechanical strength of the specimens were measured by mechanical testing machine. Results indicated that the beech joints with 3-inch length screws had the highest bending strength, while the lowest bending strength was observed in spruce wood with 2-inch length screws. The study revealed statistically significant differences between the wood species, while there were not any difference between screw interval and bending resistance.

**Key words:** T- joints, bending strength, screw length, beech, alder, spruce