

## بررسی ظرفیت لنگر خمشی اتصالات‌های ساخته‌شده با پین در مبلمان صفحه‌ای

### چکیده

این پژوهش با هدف بررسی ظرفیت لنگر خمشی اتصالات با پین چوبی در تخته‌چندلا صورت گرفته است. اعضای اتصال از تخته‌چندلا با ضخامت ۱۹ میلی‌متر و ساخته‌شده از گونه‌های پهن‌برگ (راش، ممرز و توسکا) بودند. در این بررسی، تأثیر متغیرهای گونه چوب پین (راش و ممرز)، قطر پین در سه سطح ۶، ۸ و ۱۰ میلی‌متر و عمق نفوذ در سه سطح ۹، ۱۳ و ۱۷ میلی‌متر، بر ظرفیت لنگر خمشی اتصالات‌های T شکل بررسی شده است. نتایج نشان دادند که ظرفیت لنگر خمشی اتصال با افزایش قطر و عمق نفوذ پین افزایش می‌یابد. ظرفیت لنگر خمشی اتصالات‌های ساخته‌شده با پین راش در مقایسه با اتصالات‌های ساخته‌شده با پین ممرز بیشتر است. بالاترین میزان ظرفیت لنگر خمشی (۴۴/۲۹ N.m) مربوط به پین راش با قطر ۱۰ میلی‌متر و عمق نفوذ ۱۷ میلی‌متر بوده است. کمترین میزان ظرفیت لنگر خمشی (۱۲/۰۸ N.m) در پین ممرز با قطر ۶ میلی‌متر و عمق نفوذ ۹ میلی‌متر دیده شده است.

**واژگان کلیدی:** ظرفیت لنگر خمشی، تخته‌چندلا، پین، قطر، عمق نفوذ، اتصال شکل T.

مسیب دالوند<sup>۱\*</sup>

قنبر ابراهیمی<sup>۲</sup>

مهدی تجویدی<sup>۳</sup>

محمد لایقی<sup>۴</sup>

<sup>۱</sup> دانشجوی دکتری، <sup>۲</sup> استاد، <sup>۴</sup> استادیار گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه

تهران، کرج، ایران

<sup>۳</sup> استادیار دانشگاه مین، امریکا

\*مسئول مکاتبات:

m.dalvand@ut.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۰۹/۱۲

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۰۳/۲۱

### مقدمه

مرحله نهایی و یکی از گام‌های مهم در فرایند طراحی سازه، طراحی اتصالات‌های آن است. به‌طور کلی اتصالات‌ها از مهم‌ترین بخش‌های اصلی هر سازه مبلمان می‌باشند که نقاط حساس بین عناصر آن را تشکیل می‌دهند. اتصالات‌ها بار وارده را به‌طور پیوسته تحمل کرده و بین اعضای آن توزیع می‌کنند [۱]. اتصالات‌ها در مبلمان تحت تأثیر نیروهای بیرونی زیادی اعم از فشاری، کششی، برشی و لنگر خمشی قرار می‌گیرند. از این‌بین، نیروهای خمشی اهمیت ویژه‌ای دارند، چون اغلب باعث تخریب مبلمان

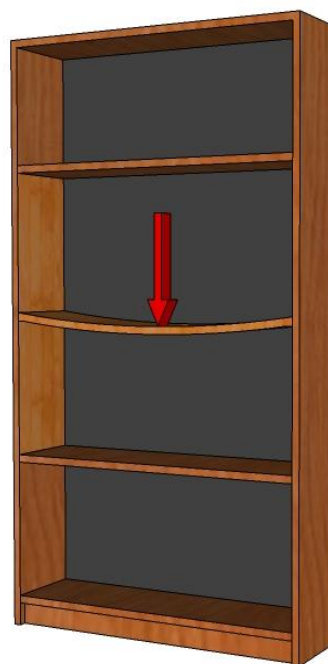
می‌شوند [۲]. شکل ۱ لنگر خمشی وارد بر طبقه‌ای از قفسه کتاب (مبلمان صفحه‌ای) را نشان می‌دهد. اتصالات‌ها به‌طور معمول ضعیف‌ترین بخش هر قطعه مبلمان و عامل اصلی شکست در آن می‌باشند [۳]. حفظ ظرفیت اتصال و درعین‌حال فراهم آوردن بیشترین استحکام در سازه مبلمان یکی از نکاتی است که طراح سازه مبلمان باید برای طراحی سازه در نظر گیرد. در بعضی از سازه‌هایی چوبی به‌ویژه سازه‌هایی که در آن‌ها عملیات رنگ‌کاری صورت می‌گیرد، استفاده از اتصالات‌دهنده‌های توی کار (بیسکویتی، قلیف، پین و..)

گونه‌های چوب وجود ندارد ولی بیشترین مقاومت کششی در مورد استفاده از شیارهای مارپیچی به دست آمده است. پین‌های با شیارهای مستقیم مقاومت خمشی بهتری را به دست داده‌اند [۵]. تحقیقات Chou و همکاران (۱۹۹۸) بر روی تأثیر نوع چسب در تیمارهای رطوبتی اتصال‌های ساخته‌شده با پین نشان داده که تحمل بار اتصال با چسب UF در مقایسه با اتصال با چسب PVA به‌طور معنی‌داری زیادتر بوده و در تأثیر افزایش تیمارهای رطوبتی این مقاومت کاهش پیدا کرده است. همچنین نتایج آن‌ها نشان داده که چسب PVA قابلیت چسبندگی کم‌تر و حساسیت بیشتری به تغییر رطوبت، نسبت به چسب UF دارد [۶].

Norvydas و همکاران (۲۰۰۵) فاصله بین مراکز سوراخ‌های پین و فاصله اسمی لبه در تخته‌خرده‌چوب با ضخامت‌های ۱۶ و ۱۸ میلی‌متر را تعیین کرده‌اند. نتایج این تحقیق نشان داد وقتی که فاصله بین مراکز سوراخ‌های پین مناسب باشد، مقاومت اتصال نیز افزایش می‌یابد. آن‌ها عنوان کردند که در تخته‌خرده‌چوب با ضخامت ۱۶ میلی‌متر فاصله بین مراکز سوراخ‌های پین نباید کم‌تر از ۵۰ میلی‌متر و فاصله ۵۵ میلی‌متر نیز یک فاصله بحرانی است و برای نمونه‌های با ضخامت ۱۸ میلی‌متر این فاصله نباید بیشتر از ۶۰ میلی‌متر باشد. این پژوهشگران در مورد فواصل بین مراکز سوراخ‌های پین چوبی اظهار داشته‌اند، که وقتی این فاصله بین ۳۳ و ۶۴ میلی‌متر باشد مقاومت اتصال ۲۱٪ کم‌تر از حالتی خواهد بود که فاصله بین سوراخ‌های پین ۹۶ و ۱۲۸ میلی‌متر باشد [۷]. Zhang و همکاران عنوان کردند که حداکثر ظرفیت لنگر خمشی اتصال‌های ساخته‌شده از تخته‌خرده‌چوب با پین چندتایی وقتی حاصل می‌شود که حداقل فاصله بین پین‌ها ۷/۵ سانتی‌متر باشد [۸]. تحقیقات Tankut (۲۰۰۵) نشان داد که بیشترین مقاومت به لنگر خمشی در اتصال‌های ساخته‌شده از تخته‌خرده‌چوب با پین، زمانی به دست می‌آید که فاصله بین پین‌ها ۹۶ میلی‌متر باشد. بیشترین کاهش مقاومت به لنگر خمشی زمانی دیده شد که فاصله بین پین‌ها ۶۴-۳۲ میلی‌متر بود که دلیل آن به هم‌پوشانی ناحیه شکست بین پین‌ها نسبت داده شد [۹].

Uysal و همکاران (۲۰۰۳) تأثیر جنس پین، بر روی توان نگهداری اتصال پین در تخته‌خرده‌چوب و MDF را بررسی کردند. در این تحقیق پین‌ها با قطر ۱۰ میلی‌متر از

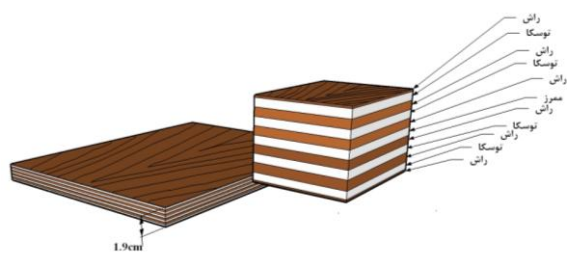
نسبت به دیگر اتصال‌دهنده‌ها (پیچ، میخ، الیت و...) برتری دارند. یکی از اتصال‌دهنده‌های توی کار که در این سازه‌ها استفاده فراوان دارد، اتصال‌دهنده پین چوبی است. کاربرد این اتصال‌دهنده به حالت زبانه و چسب کمکی است. به دلیل آسانی در ایجاد اتصال پین و ظرافت آن، امروزه از این اتصال به‌طور گسترده‌ای در سازه‌های میلمان مانند صندلی، نیمکت، کابینت‌سازی و... استفاده می‌شود. از این رو تحقیقات بسیاری بر روی این نوع اتصال انجام شده است.



شکل ۱- لنگر خمشی در قفسه کتاب زیر نیرو خارجی

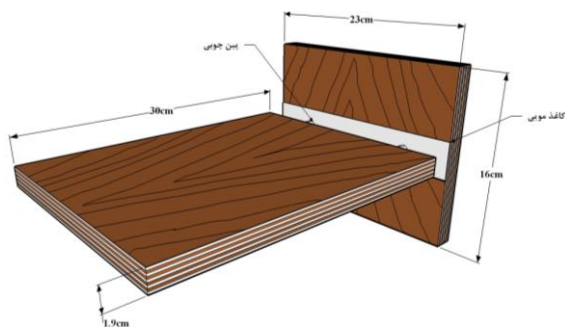
Tankut و همکاران (۲۰۰۹) تأثیر نوع اتصال‌دهنده (قلیف، بیسکویت و پین با شیار مارپیچی و صاف)، نوع چسب و جنس پانل، بر ظرفیت لنگر خمشی را بررسی کرده‌اند. نتایج این بررسی نشان داد که ظرفیت لنگر خمشی زیر بار کششی در همه اتصال‌ها بیشتر از ظرفیت لنگر خمشی زیر بار فشاری است. بیشترین ظرفیت لنگر خمشی مربوط به اتصال پین با شیار مارپیچی و چسب DVTKA بود [۴]. Saiahmab و همکاران (۱۹۹۳) مقاومت خمشی و کششی اتصال پین را با استفاده از پین ساخته‌شده از سه گونه چوب (*Sapotacea*، *Gonystylces*) و (*Hevea brasili*) بررسی کرده‌اند. نتایج این پژوهشگران نشان داده است که اختلافی میان

از کارخانه نکا چوب ساری تهیه شد. چیدمان لایه‌ها در تخته‌چندلا در شکل ۲ ارائه شده است.



شکل ۲- شمایی از چیدمان تخته‌چندلا مورد استفاده در این تحقیق

از تخته‌چندلا آزمونه‌ها با دو سری ابعاد ۳۰×۲۳ سانتی‌متر (عضو فرعی) و ۲۳×۱۶ سانتی‌متر (عضو اصلی) بریده شدند. در شکل ۳ نمایی از اتصال ساخته شده برای بررسی ظرفیت لنگر خمشی پین ارائه شده است.



شکل ۳- شمایی از آزمونه ساخته شده برای بررسی ظرفیت لنگر خمشی اتصال با پین

برای جلوگیری از چسبیدن سطوح تماس اعضای اتصال به یکدیگر قطعه‌ای کاغذ مومی<sup>۱</sup> بین اعضای اتصال قرار داده شد. آزمونه‌ها پس از مونتاژ به مدت ۲۴ ساعت با گیره دستی برای عمل کردن چسب بسته شدند. سپس به مدت ۲ هفته در اتاق مشروط سازی با رطوبت نسبی پس از برش آزمونه‌ها، عملیات سوراخ‌کاری به وسیله دستگاه دریل ستونی و افقی انجام شد. سرعت چرخش دستگاه در عملیات سوراخ‌کاری ثابت بود.

برای مونتاژ آزمونه‌های اتصال، ابتدا سطح و دیواره سوراخ پین‌ها به چسب پلی‌وینیل استات آغشته شد. سپس پین‌ها در سوراخ‌های تعبیه شده قرار داده شدند.

جنس تخته لایه، MDF و چوب راش تهیه شدند. بیشترین توان نگهداری را در اتصال با پین راش گزارش کرده‌اند [۱۰]. Tas. (۲۰۱۰) ظرفیت لنگر خمشی

اتصال‌های گوشه‌ای ساخته شده با پروفیل چوب ماسیو (کاج قرمز) و بدون پروفیل با چسب پلی‌وینیل استات، پلی‌مارین و پروکال (پلی‌اورتان پایه) را بررسی کردند. در این تحقیق از پین چوبی برای اتصال اعضای به یکدیگر استفاده شد. نتایج این تحقیق نشان داد که ظرفیت لنگر خمشی اتصال‌های ساخته شده با پروفیل، ۴ برابر بیشتر از اتصال‌های ساخته شده بدون پروفیل هستند [۱۱].

Ghofrani و همکاران (۲۰۰۹) مقاومت انواع اتصال‌های پین چوبی، پیچ و الیت تعبیه شده در برابر بار برشی جانبی بر روی اتصال‌های ساخته شده از MDF را بررسی کردند. آن‌ها عنوان کردند اتصال الیت همراه با پین چوبی مقاومت اتصال را به طور چشمگیری افزایش می‌دهد. همچنین در مواردی که حداکثر مقاومت برشی جانبی مورد نیاز است، استفاده از اتصال پیچ شماره ۵ بدون چسب را توصیه کردند [۱۲]. Bahmani و همکاران (۲۰۰۹) تأثیر قطر و عمق نفوذ پین بر توان نگهداری اتصال با پین روی MDF را بررسی کردند. نتایج این تحقیق نشان داد که بالاترین توان نگهداری پین در MDF از پین با قطر ۸ میلی‌متر و عمق نفوذ ۱۲ میلی‌متر به دست می‌آید. همچنین این پژوهشگران به نتایج مشابهی در بررسی ظرفیت لنگر خمشی اتصال با پین روی MDF دست یافته‌اند [۱۳ و ۱۴]. با توجه به این که تحقیقاتی که در مورد اتصال با پین چوبی صورت گرفته بیشتر محدود به چندسازه‌های چوبی (تخته‌خرده‌چوب، MDF، OSB و...) است، اطلاعات کمی در مورد این اتصال بر روی تخته‌چندلا به‌ویژه تخته‌چندلای تولید شده در داخل کشور وجود دارد؛ بنابراین ضرورت دارد که ویژگی‌های این نوع اتصال‌ها در تخته‌چندلا شناسایی شده و در محاسبات طراحی سازه با تخته‌چندلا و پیش‌بینی استحکام آن‌ها، به کار گرفته شود.

## مواد و روش‌ها

در این بررسی تخته‌چندلای (۱۱ لایه) پهن‌برگ (راش، ممرز و توسکا) به ابعاد ۲۲۰×۱۰۵×۱/۹ سانتی‌متر

<sup>۱</sup> - Wax paper

تحلیل آماری شدند و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون دانکن استفاده شد.

### نتایج و بحث

میانگین مقادیر ظرفیت لنگر خمشی، در قطر و عمق نفوذهای مختلف در جدول ۲ ارائه شده است.

همان‌طور که در جدول ملاحظه می‌شود، بیشترین ظرفیت لنگر خمشی (۴۴/۲۹ N.m) مربوط به پین راش است. با عمق نفوذ ۱۷ و قطر ۱۰ میلی‌متر بوده است و کمترین آن (۱۲/۰۸ N.m) در پین ممرز با عمق نفوذ ۹ و قطر ۶ میلی‌متر دیده شده نتایج تجزیه واریانس در جدول ۳ ارائه شده است. در این جدول تأثیر مستقل و متقابل عوامل مورد بررسی همراه با سطح معنی‌داری ۹۵ درصد آمده است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود، تأثیر مستقل قطر، عمق نفوذ و گونه چوب پین، بر ظرفیت لنگر خمشی اتصال در سطح ۵ درصد معنی‌دار بوده است. همچنین در مورد تأثیر متقابل عوامل بررسی شده ملاحظه می‌شود، بین تأثیر متقابل (گونه چوب پین × عمق نفوذ پین)، اختلاف معنی‌داری وجود داشته است. اختلاف معنی‌داری در تأثیر متقابل (گونه چوب پین × قطر پین) و (قطر پین × عمق نفوذ پین) دیده نشده است. شکل ۵ تأثیر مستقل نوع گونه چوب، بر ظرفیت لنگر خمشی اتصال را نشان می‌دهد.

همان‌طور که در این شکل دیده می‌شود، اتصال با پین راش ظرفیت لنگر خمشی بیشتری نسبت به پین ممرز داشته است. ظرفیت لنگر خمشی اتصال با پین راش نسبت به اتصال با پین ممرز ۷ درصد بیشتر بوده است. علت بیشتر بودن ظرفیت لنگر خمشی اتصال با پین راش را می‌توان به مقاومت خمشی بیشتر راش نسبت به ممرز نسبت داد. به‌طور کلی می‌توان عنوان کرد که زمانی که نیروهای خارجی باعث ایجاد لنگر خمشی در اتصال می‌شوند، حداکثر مقاومت خمشی پین عامل تعیین‌کننده ظرفیت تحمل لنگر خمشی اتصال است. به‌عبارت‌دیگر با چوب گونه‌های دارای مقاومت خمشی زیاد، به‌شرط رعایت دیگر لازمه‌های مربوط (کیف بودن اتصال، توزیع یکنواخت چسب و...) می‌توان با پین، اتصال محکمی ساخت. شکل ۶ تأثیر مستقل عمق نفوذ پین، بر ظرفیت لنگر خمشی اتصال را نشان می‌دهد.

پین‌های مورد استفاده دارای سطح ماریجی، راست تار و فاقد هرگونه عیبی بودند. دانسیته و خواص مکانیکی گونه چوب پین به ترتیب بر اساس استاندارد ASTM D ۲۳۹۵ و ASTM D ۱۴۳ در جدول ۱ ارائه شده است [۱۵ و ۱۶].

جدول ۱- خواص فیزیکی و مکانیکی گونه چوب پین

گونه پین	وزن (g/cm <sup>3</sup> )	MOR (MPa)	MOE (MPa)
راش	۰/۶۲	۱۲۳/۶۶۳	۱۱۶۸۰/۶۷
ممرز	۰/۷۱	۱۲۱/۷۵۳	۱۱۲۱۵/۶۷

۱/ ± ۶۵ و دمای ۲۰ ± ۲ °C برای رسیدن به رطوبت تعادل نگهداری شدند.

برای آزمون ظرفیت لنگر خمشی اتصال‌ها تجربی از دستگاه اینسترون مدل ۴۴۸۶ گروه مهندسی چوب دانشگاه تهران استفاده شد. سرعت بارگذاری ۵mm/min تنظیم شد. در شکل ۴ نحوه آزمایش آزمونه‌ها نشان داده شده است.



شکل ۴- نحوه بارگذاری اتصال T شکل

برای محاسبه ظرفیت لنگر خمشی اتصال T شکل از فرمول زیر استفاده شد:

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

که در آن M ظرفیت لنگر خمشی زیر بار فشاری (N.m)،  $P_{max}$  بیشترین بار برای هر نمونه (N) و y طول بازوی لنگر (m) است.

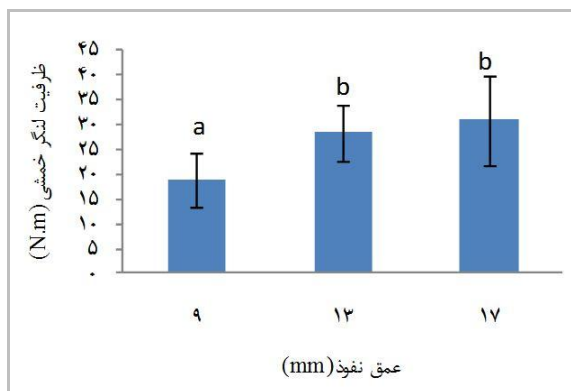
در مجموع ۱۸ تیمار و برای هر تیمار ۵ تکرار برای بررسی ظرفیت لنگر خمشی اتصال در نظر گرفته شد. نتایج حاصل با نرم‌افزار SPSS و بر اساس طرح فاکتوریل

جدول ۲- میانگین مقادیر ظرفیت لنگر خمشی اتصال در قطر و عمق نفوذهای مختلف

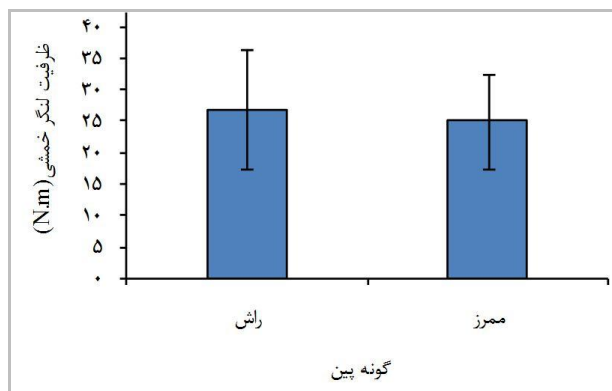
انحراف معیار	میانگین ظرفیت لنگر خمشی اتصال (N.m)	قطر بین	عمق نفوذ	گونه چوب بین
۳/۲۷	۱۴/۲۰	۶		
۱/۸۰	۱۷/۳۱	۸	۹	
۲/۲۱	۲۴/۵۸	۱۰		
۳/۰۶	۲۳/۳۶	۶		
۱/۶۹	۲۶/۵۹	۸	۱۳	راش
۴/۱۸	۳۵/۰۴	۱۰		
۳/۳۷	۲۲/۹۶	۶		
۳/۹۲	۳۳/۴۳	۸	۱۷	
۶/۳۷	۴۴/۲۹	۱۰		
۲/۴۶	۱۲/۰۸	۶		
۳/۰۶	۱۹/۳۳	۸	۹	
۲/۲۱	۲۴/۵۸	۱۰		
۲/۳۰	۲۳/۳۶	۶		
۱/۸۰	۲۷/۳۹	۸	۱۳	ممرز
۳/۲۸	۳۴/۶۷	۱۰		
۴/۲۸	۲۲/۱۵	۶		
۶/۷۷	۲۹/۰۰	۸	۱۷	
۵/۴۲	۳۳/۱۰	۱۰		

جدول ۳- جدول تجزیه واریانس ظرفیت لنگر خمشی اتصال با بین.

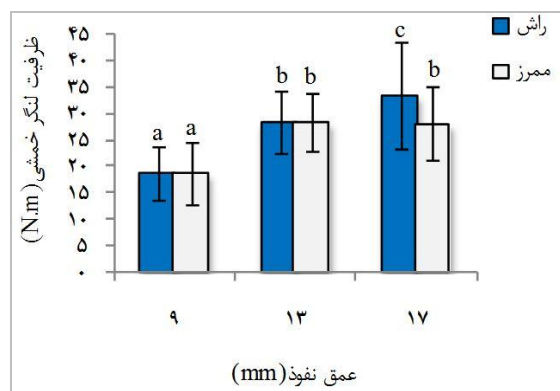
معناداری	F	میانگین مربعات	درجه آزادی	منابع تغییرات
۰/۰۲۵	۵/۳۱۰	۷۲/۰۰۳	۱	گونه چوب بین
۰/۰۰۰	۸۹/۶۴۵	۱۲۳۸/۹۳۶	۲	عمق نفوذ
۰/۰۰۰	۹۲/۳۸۴	۱۲۷۶/۷۸۱	۲	قطر بین
۰/۰۰۶	۵/۵۴۹	۷۶/۶۹۵	۲	گونه چوب بین * عمق نفوذ
۰/۱۷۹	۱/۷۶۴	۲۴/۳۷۲	۲	گونه چوب بین * قطر بین
۰/۱۴۵	۱/۷۶۵	۲۴/۳۹۸	۴	عمق نفوذ * قطر بین
۰/۰۹۷	۲/۰۴۸	۲۸/۳۰۸	۴	گونه چوب بین * عمق نفوذ * قطر بین



شکل ۵- اثر مستقل گونه چوب بین بر ظرفیت لنگر خمشی (حروف روی نمودار گروه‌بندی دانکن را نشان می‌دهند)



شکل ۶- اثر مستقل عمق نفوذ بین بر ظرفیت لنگر خمشی



شکل ۸- اثر متقابل عمق نفوذ و گونه چوب پین بر ظرفیت لنگر خمشی

همان‌طور که ملاحظه می‌شود در عمق نفوذ ۹ و ۱۳ میلی‌متر اختلاف ناچیزی بین گونه چوب پین وجود نداشته است. درحالی‌که در عمق نفوذ ۱۷ میلی‌متر اختلاف بین گونه چوب پین مشهود است. علت این امر را می‌توان به کشیده شدن پین و یا جدا شدن لایه‌ها از عضو قائم (اصلی) در عمق نفوذ ۹ و ۱۳ میلی‌متر نسبت داد. ولی در عمق نفوذ ۱۷ میلی‌متر لنگر خمشی باعث شکست شدن پین شد. به عبارت دیگر می‌توان نتیجه گرفت که در عمق نفوذ ۹ و ۱۳ میلی‌متر چسبندگی بین اعضای اتصال و اتصال‌دهنده مطرح است درحالی‌که در عمق نفوذ ۱۷ میلی‌متر مقاومت خمشی گونه چوب پین عامل تعیین‌کننده است. در شکل ۹ و ۱۰ مدهای شکست اتصال نشان داده شده است.

شکل ۱۱ اثر متقابل گونه و قطر نفوذ پین بر ظرفیت لنگر خمشی را نشان می‌دهد.

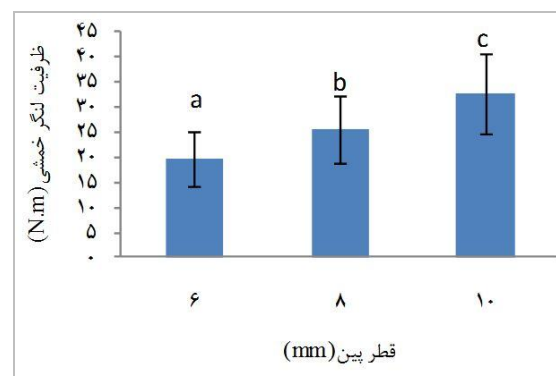
همان‌طور که دیده می‌شود، بیشترین میزان ظرفیت لنگر خمشی مربوط به پین راش با قطر ۱۰ میلی‌متر به میزان ۳۴/۶۳ نیوتن‌متر است و کم‌ترین میزان ظرفیت لنگر خمشی در پین ممرز با قطر ۶ میلی‌متر به میزان ۱۹/۲۰ نیوتن‌متر دیده شده است.

شکل ۱۲ اثر متقابل قطر و عمق نفوذ پین بر ظرفیت لنگر خمشی را نشان می‌دهد.

همان‌طور که در این شکل دیده می‌شود، با افزایش قطر پین از ۶ به ۱۰ میلی‌متر و عمق نفوذ از ۹ به ۱۷ میلی‌متر مقدار ظرفیت لنگر خمشی ۱۹۴٪ افزایش یافته است.

همان‌طور که مشخص است با افزایش عمق نفوذ ظرفیت لنگر خمشی افزایش یافته است. دلیل این امر را می‌توان سطح تماس بیشتر اتصال‌دهنده و اعضای اتصال با افزایش عمق نفوذ پین دانست. میانگین ظرفیت لنگر خمشی اتصال با عمق نفوذ ۱۷ میلی‌متر در مقایسه با عمق نفوذ ۹ و ۱۳ میلی‌متر به ترتیب ۶۵ و ۹ درصد بیشتر بوده است. بر اساس نتایج Zhang و همکاران (۱۹۹۳) افزایش عمق نفوذ پین تأثیر معنی‌داری بر روی ظرفیت لنگر خمشی اتصال‌ها ساخته‌شده از تخته‌خرد چوب با یک پین دارد و با افزایش عمق نفوذ پین ظرفیت لنگر خمشی اتصال افزایش می‌یابد [۸].

شکل ۷ تأثیر مستقل قطر پین، بر ظرفیت لنگر خمشی اتصال را نشان می‌دهد.



شکل ۷- اثر مستقل قطر پین بر ظرفیت لنگر خمشی

همان‌طور که در این شکل ملاحظه می‌شود، با افزایش قطر ظرفیت لنگر خمشی به‌طور فزاینده‌ای افزایش یافته است. ظرفیت لنگر خمشی در اتصال با پین به قطر ۱۰ میلی‌متر نسبت به قطر ۶ میلی‌متر ۶۶ درصد و نسبت به قطر ۸ میلی‌متر ۲۸ درصد افزایش داشته است. علت این امر را می‌توان سطح تماس بیشتر پین به قطر ۱۰ میلی‌متر نسبت به پین با قطر ۶ و ۸ میلی‌متر عنوان کرد. به عبارت دیگر با افزایش سطح تماس بین اعضای اتصال و اتصال‌دهنده ظرفیت لنگر خمشی افزایش می‌یابد. نتایج این قسمت با یافته‌های Eckelman (۲۰۰۴) و Zhang (۱۹۹۳) همخوانی دارد [۱۷ و ۱۸].

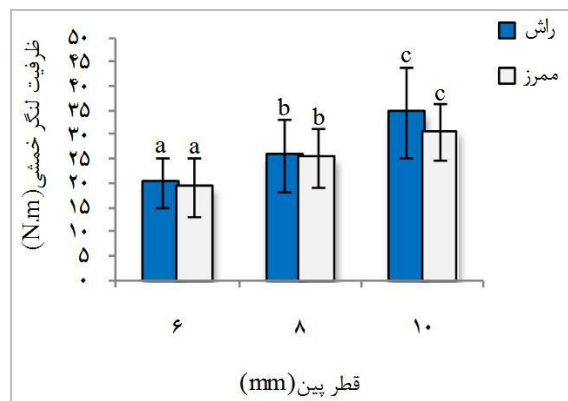
تأثیر متقابل گونه و عمق نفوذ پین بر ظرفیت لنگر خمشی، در شکل ۸ نشان داده شده است.



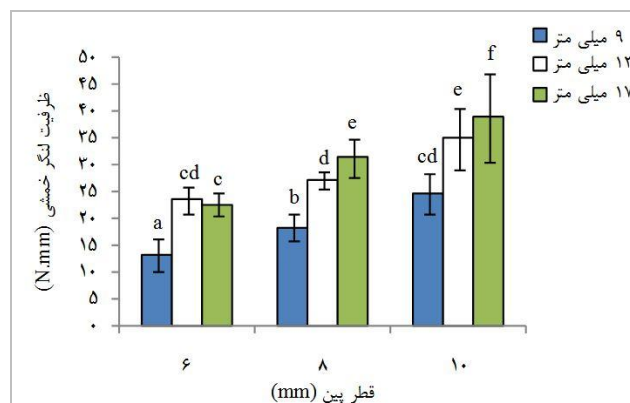
شکل ۹- کشیده شدن بین و جدا شدن لایه‌ها در عمق نفوذ ۹ و ۱۳ میلی‌متر



شکل ۱۰- شکست بین در عمق نفوذ ۱۷ میلی‌متر



شکل ۱۱- اثر متقابل قطر و گونه چوب پین بر ظرفیت لنگر خمشی



شکل ۱۲- اثر متقابل قطر و عمق نفوذ پین بر ظرفیت لنگر خمشی

## نتیجه‌گیری

اگرچه در صنعت تولید مبلمان از اتصال پین به‌طور گسترده‌ای استفاده می‌شود، چون به نسبت ارزان و کاربرد آن نیز آسان است؛ ولی اطلاعات کمی در مورد این نوع اتصال موجود است؛ بنابراین در تحقیق حاضر، تأثیر نوع گونه چوب پین، قطر و عمق نفوذ پین، بر ظرفیت لنگر خمشی اتصال‌های ساخته‌شده از تخته‌چندلا مورد بررسی قرار گرفت تا اطلاعات لازم از خواص مهندسی این نوع اتصال به دست آید و در محاسبات طراحی سازه‌های مربوط مورد استفاده قرار گیرد. نتایج این بررسی نشان دادند که ظرفیت لنگر خمشی اتصال‌های ساخته‌شده از پین راش نسبت به ممرز بیشتر بود؛ که علت این امر را می‌توان به مقاومت خمشی بیشتر راش نسبت به ممرز

نسبت داد. به‌طور کلی می‌توان عنوان کرد که پین‌های ساخته‌شده با گونه‌های دارای مقاومت خمشی بالا، تحمل لنگر خمشی بیشتری در برابر نیروهای خارجی را در اتصال ایجاد می‌کنند. ظرفیت لنگر خمشی اتصال با افزایش قطر و عمق نفوذ پین افزایش یافت. علت این امر را می‌توان سطح تماس بیشتر اتصال‌دهنده و اعضای اتصال با افزایش قطر و عمق نفوذ پین دانست. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از میان اتصال‌ها مورد بررسی، اتصال با پین راش عمق نفوذ ۱۷ میلی‌متر و قطر ۱۰ میلی‌متر پیشنهاد می‌شود. همچنین استفاده از پین ساخته‌شده از گونه‌های با مقاومت خمشی بالا، برای تقویت کردن اتصال‌ها در برابر لنگر خمشی توصیه می‌شود.

## مراجع

- [1] Ebrahimi, G. 2007. Engineering design of furniture structure. Tehran university publication, 491 pp. (In Persian).
- [2] Jones, A. and Lutes, R. 1993. Handbook of joinery. New York, USA: Sterling Press, 144 p.
- [3] Eckelman, C. A. 2003. Textbook of product engineering and strength design of furniture. West Lafayette (IN): Purdue University Press.
- [4] 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.
- [5] Said, A. Ashaari, H. Roslan, A. Hilmi, M. (1993). Withdrawal and bending strength of dowel from three Malasian timbers. *Journal of tropical forest science*, 6(1): 74-80.
- [6] Chou, C. and Hes, C. (1998). Effect of hygroscopic treatments on bending strength of dowel joints. *Adhesive technology and bonded tropical wood products*, 96: 602-605.
- [7] Norvydas, V. Juodeikiene, I. Minelga, D. 2005. The Influence of Glued Dowel Joints Construction on the Bending Moment Resistance. *Materials science*, 11(1): 36-39.
- [8] Zhang, J. and Eckelman, C.A. (1993). Rational design of multi- dowel corner joints in case construction. *Forest products Journal*, 43(11): 52-58.
- [9] Tankut, A.N. 2005. Optimum dowel spacing for corner joints in 32 mm cabinet construction. *Forest Products Journal*, 55(12):100–4.
- [10] Uysal, B. and Ozcifci, A. 2003. Effects of dowels produced from various materials on withdrawal strength in mdf and pb. *Journal of Applied Polymer Science*, 88: 531–535.
- [11] Tas, H. H. 2010. Strength properties of L-profiled furniture joints constructed with laminated wooden panels. *Scientific Research and Essays*, 5 (6): 545–50.



- [12] Ghofrani, M. and Noori, H. 2005. Lateral holding strength of wooden dowel, screw and ready-to-assemble joints (RTA joints) constructed of Medium Density Fiberboard (MDF). *Journal of Forest and Wood Products*, 24(2): 219-231. (In Persian).
- [13] Bahmani, M., Ebrahimi, G., Fathi, L. 2009. Predicting of Withdrawal Strength With Dowel Joint in Medium Density Fiber (MDF) By mathematic model. *Iranian Journal of Wood and Paper Science Research*, 24(1): 117-124. (In Persian).
- [14] Bahmani, M., Ebrahimi, GH., Veisi, J. 2009. Design of experimental model for predicting ultimate bending strength dowel joint in medium density fiber. *Journal of forest and wood products (JFWP)*, 62(4): 335-342. (In Persian).
- [15] Standard Test Methods for Small Clear Specimens of Timber. *Annual Book of ASTM Standard*, D 143. 2000.
- [16] Standard Test Methods for Specific Gravity of Wood and Wood-Base Materials, *Annual Book of ASTM Standard*, D 2395, 1999.
- [17] Eckelman, C. A. 2004. *Engineering Design of furniture*. Purdue Uni.UsA, Chap 6.
- [18] Zhang, J. L. and Eckelman, C. A. 1993. The bending moment resistance of single-dowel corner joints in case construction. *Forest Products Journal*, 43(6):19-24.

## Investigation the bending moment resistance of joints fabricated with dowel in the case-type furniture

### Abstract

The goal of this study was to investigate bending moment resistance of doweled joint with plywood members. Joint members were out of 11-ply hardwood plywood (Hornbeam, Beech and Alder) that were 19 mm in thickness. Dowels were fabricated out of Beech and Hornbeam species. Their diameters (6, 8 and 10 mm) and depths of penetration (9, 13 and 17 mm) in joint members were chosen variables in this experiment. Results have shown that bending moment resistance, increases with increase of dowel's diameter and its penetration depth. Joints made with dowels of Beech had higher resistance than dowels of Beech ones. Highest bending moment resistance (44.29 N.m) were observed in joint made with dowels of Beech which were 10 mm in diameter and their depth of penetration was 17 mm. Lowest bending moment resistance (12.08 N.m) was observed in joints having Hornbeam dowels with 6 mm diameter and 9 mm penetrations.

**Keywords:** bending moment resistance, plywood, dowel, diameter, penetration depth, type joint.

**M. Dalvand**<sup>1\*</sup>  
**Gh. Ebrahimi**<sup>2</sup>  
**M. Tajvidi**<sup>3</sup>  
**M. Layeghi**<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Ph.D Student, <sup>2</sup> Professor, <sup>4</sup> Assistant Professor, Department of Wood and Paper Science & Technology, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran

<sup>3</sup> Assistant Professor, University of Maine, Orono, ME, 04469, USA

Corresponding author:  
m.dalvand@ut.ac.ir

Received: 2011.12.03  
Accepted: 2012.06.10