

## بررسی تاثیر ارتفاع و ضخامت زبانه اتصال ساخته شده از گونه‌های راش و ممرز روی مقاومت خمشی اتصال کام‌وزبانه

جمال ویسی<sup>۱\*</sup>، قنبر ابراهیمی<sup>۲</sup> و محسن بهمنی<sup>۳</sup>

\*- مسئول مکاتبات، کارشناسی ارشد رشته صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران پست الکترونیک: j.vasi@yahoo.com

۲- استاد گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران

۳- کارشناسی ارشد رشته صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران

تاریخ پذیرش: دی ۱۳۸۸

تاریخ دریافت: اردیبهشت ۱۳۸۸

### چکیده

این مطالعه با هدف بررسی متغیرهای مختلف بر روی اتصالات کام‌وزبانه ساخته شده با گونه‌های داخلی راش و ممرز و به دست آوردن یک رابطه تجربی برای پیش‌بینی مقاومت خمشی آن انجام شده است. در این تحقیق، اثر متغیرهای ارتفاع زبانه اتصال در سه سطح ۲/۵، ۳/۷۵ و ۵ سانتی‌متر و پهنای شانه عضو حامل زبانه در سه سطح ۰/۱۲۵، ۰/۲۵، ۰/۳۷۵ سانتی‌متر و دو گونه چوبی راش و ممرز بر مقاومت اتصال در زیر بار خمشی بررسی شده است. نتایج نشان دادند که بالاترین میزان ظرفیت لنگر خمشی در اتصالات ساخته شده با گونه چوبی ممرز با ارتفاع زبانه ۵ سانتی‌متر و پهنای شانه ۰/۲۵ سانتی‌متر ایجاد می‌شود. در نهایت با تحلیل‌های صورت گرفته معادله تجربی  $M = 2/55 \times S \times (0/24d + 0/57h) \times B \times C \times D$  برای پیش‌بینی حداکثر ظرفیت لنگر خمشی مورد استفاده قرار گرفت، که در آن  $M$  حداکثر ظرفیت لنگر خمشی،  $S$  مقاومت برشی موازی الیاف گونه چوب،  $d$  ارتفاع مقطع عضو،  $h$  ارتفاع زبانه،  $B$  فاکتور پهنای شانه،  $C$  فاکتور چسب،  $D$  فاکتور کیپ بودن زبانه در کام می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: اتصال کام و زبانه، راش، ممرز، مقاومت خمشی، ارتفاع زبانه، پهنای شانه

### مقدمه

کرده‌اند. اتصالات بار وارده را به طور پیوسته تحمل کرده و بنیان سازه را بوجود می‌آورند (۱). یکی از انواع اتصالاتی که در هر دو حالت گوشه‌ای و عرضی به کار می‌رود، اتصال کام و زبانه است، در این اتصال اعضاء به طور فیزیکی با یکدیگر درگیر هستند. اجزای این اتصال عبارتند از: زبانه‌ای با مقطع چهار پهلو یا گرد در یک عضو افقی و سوراخی به نام کام، هم اندازه و هم شکل زبانه که روی عضو عمودی اتصال تهیه می‌گردد. در بین

با توجه به اینکه بیشتر مصنوعات چوبی چند جزئی هستند، به کارگیری اتصالات در ساختار آنها اجتناب ناپذیر می‌باشد. یکی از بخش‌های اصلی و مهم هر سازه چوبی اتصالات آن است که این اتصالات، حلقه‌های حساس بین عناصر یک سازه هستند. اتصالاتی که در گذشته‌های دور استفاده می‌شدند بسیار ساده، ابتدایی و فاقد پیش‌بینی استحکام بودند که به مرور زمان تکامل پیدا

گونه‌های چوبی راش و ممرز مورد استفاده در این تحقیق از میان الوارهای راست‌تار که فاقد هرگونه معایب رشد بودند انتخاب گردیدند. خلاصه‌ای از ویژگیهای فیزیکی گونه‌های مورد استفاده در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱ - ویژگیهای فیزیکی گونه‌های چوب راش و ممرز

گونه چوبی	جرم ویژه	درصد رطوبت (%)
راش	۰/۷۵-۰/۵۸	۹-۸
ممرز	۰/۸۰-۰/۶۵	۹-۸

ساخت نمونه‌های آزمونی در شرکت سیما چوب انجام شد. ساختمان اصلی اتصال T شکل بود که شامل یک عضو افقی به ابعاد مقطع  $۱/۲۵ \times ۷/۵ \times ۴۰$  سانتیمتر و عضو قائم به ابعاد  $۲/۵ \times ۷/۵ \times ۳۰$  سانتی‌متر بوده است. برای ساخت اتصال، در عضو افقی زبانه ساخته شده و روی عضو قائم در لبه  $۲/۵$  سانتی‌متری آن کام تعبیه گردید، بعد سطوح زبانه و سطوح داخلی کام با چسب پلی‌وینیل استات آغشته شده و عمل مونتاژ صورت گرفت. مشخصات نمونه‌های آزمونی در شکل ۱ آورده شده است. نمونه‌ها پس از مونتاژ و ساخت، به مدت ۴۵ دقیقه درگیره دستی در دمای محیط قرار گرفته و پس از آن یک ماه در محیط آزمایشگاه نگهداری شدند. حداکثر ظرفیت لنگر خمشی اتصال در زیر بار خمشی توسط ماشین آزمون اینسترون (*instron*) مدل ۴۴۸۶ انجام گردید، سرعت بارگذاری نمونه‌ها  $۱۲/۷ \text{ mm/min}$  تنظیم شد. برای اعمال بار در نمونه‌های آزمونی قطعه عمودی توسط فک طراحی شده ثابت نگه داشته شد و بار قائم روی لبه بالایی عضو افقی در فاصله ۳۰ سانتی‌متر از سطح اتصال اعمال شد. در این بررسی اثر متغیرهای ارتفاع زبانه، در سه سطح ۲/۵،

انواع مختلف اتصال کام‌وزبانه، اتصال کام‌وزبانه مستطیلی به علت ساخت سریع، راحت و همچنین بالا بودن مقاومت مکانیکی آن در ایران و سایر کشورها بیشترین استفاده را دارد. در قاب مبلمان اتصالات کام‌وزبانه ممکن است تحت تأثیر تنش‌های فشاری، کششی، برشی و خمشی قرار گیرند، با این حال تنش‌های خمشی مهمتر و اهمیت بررسی آنها بیشتر است (۲). با توجه به گسترش روزافزون صنعت مبلمان در کشور و عدم انجام تحقیقات دانشگاهی مفید در این زمینه به‌ویژه اتصالات آنها، موجب وارداتی شدن این صنعت در بسیاری از زمینه‌ها گردیده است. با توجه به اینکه بیشتر اطلاعات در این زمینه بر پایه خواص گونه‌های چوبی خارجی تهیه شده، به کار بردن آنها برای سازه‌های مبلمان ساخته شده با گونه‌های داخلی مؤثر نبوده و نتایج رضایت بخشی به دنبال نخواهد داشت. از این‌رو در این تحقیق از دو گونه چوب داخلی راش و ممرز استفاده گردید. متغیرهای تأثیرگذار بر استحکام این اتصال متعقدند که می‌توان به طول زبانه، ارتفاع زبانه، نوع چسب مصرفی، پهنای شانه عضو حامل زبانه، میزان کپ بودن زبانه در کام و مقاومت برشی موازی الیاف گونه چوب اشاره کرد. در این بررسی سعی بر این است که اثر متغیرهای ارتفاع زبانه، پهنای شانه عضو حامل زبانه و گونه چوبی روی حداکثر ظرفیت لنگر خمشی اتصال کام‌وزبانه بررسی شود و در نهایت مدل تجربی برای پیش‌بینی مقاومت این اتصال حاصل شود.

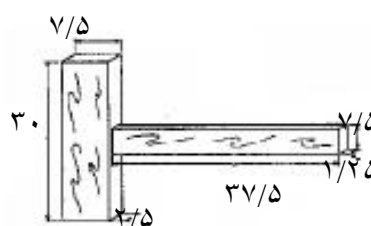
## مواد و روشها

در این تحقیق از گونه‌های چوبی راش، ممرز و چسب پلی‌وینیل استات (چسب سفید نجاری) استفاده شده است.

تکرار در هر حالت، ۷۲ نمونه آزمونی برای اندازه‌گیری حداکثر ظرفیت لنگر خمشی اتصال حاصل شد. برای انجام محاسبات آماری از نرم‌افزارهای SPSS و Excel استفاده شده است.



۳/۷۵ و ۵ سانتی‌متر و پهناى شانه عضو حامل زبانه در سه سطح ۰/۱۲۵، ۰/۲۵ و ۰/۳۷۵ سانتی‌متر در دو گونه چوبی راش و ممرز بر روی حداکثر ظرفیت لنگر خمشی این اتصال بررسی شد. از ترکیب عوامل متغیر فوق ۱۸ حالت مختلف (تیمار) بوجود آمده است که با توجه به ۴



شکل ۱- مشخصات نمونه های آزمونی

## نتایج

اتصال به صورت خطی افزایش یافته و بیشترین میزان ظرفیت لنگر مربوط به ارتفاع زبانه ۵ سانتی‌متر و کمترین میزان ظرفیت لنگر مربوط به ارتفاع زبانه ۲/۵ سانتی‌متر می‌باشد. فرمول آماری ۱ بیان‌کننده اثر مستقل ارتفاع زبانه بر ظرفیت لنگر خمشی اتصال کام‌وزبانه ساخته شده با گونه‌های چوبی راش و ممرز است:

$$R^2 = 0/802 \quad (1)$$

$$M = 417/709h - 321/619$$

که در آن  $M$  حداکثر ظرفیت لنگر خمشی ( $kg.cm$ )،  $h$  ارتفاع زبانه (cm) می‌باشد.

مقدار متوسط ظرفیت لنگر خمشی اتصال با ارتفاع زبانه ۵ سانتی‌متر نسبت به ارتفاع زبانه ۳/۷۵ سانتی‌متر ۳۰/۵ درصد و نسبت به ارتفاع زبانه ۲/۵ سانتی‌متر ۷۷/۹ درصد بیشتر است. بر اساس شکل ۴، با افزایش پهناى

میانگین مقادیر مقاومت اتصال در زیر بار خمشی در سطوح مختلف ارتفاع و پهناى شانه عضو حامل زبانه به صورت تفکیک برای دوگونه راش و ممرز در جدول ۲ و ۳ ارائه شده است. به منظور مشخص کردن تأثیر هر یک از عوامل مورد بررسی بر مقاومت اتصال زیر بار خمشی، از روش تجزیه واریانس نتایج استفاده شد و اثر مستقل و متقابل عوامل مورد بررسی همراه با سطح معنی‌داری ۹۵ درصد در جدول ۴ آورده شده است. همچنین اثر افزایش ارتفاع زبانه و پهناى شانه عضو حامل زبانه بر ظرفیت لنگر خمشی اتصال کام و زبانه در شکل‌های ۲ و ۳ نشان داده شده است و در شکل ۴ نیز اثر گونه چوبی روی ظرفیت لنگر خمشی این اتصال آمده است. بر اساس شکل ۳، با افزایش ارتفاع زبانه ظرفیت لنگر خمشی

(۲)  $M = -111/85w + 1987/5 \quad R^2 = 0/38$   
 که در آن  $M$  حداکثر ظرفیت لنگر خمشی ( $kg.cm$ )،  
 $w$  پهنای شانه عضو حامل زبانه ( $cm$ ) می باشد.

شانه عضو حامل زبانه ظرفیت لنگر خمشی اتصال بصورت پیوسته و خطی افزایش نیافته و بیشترین میزان ظرفیت لنگر خمشی مربوط به پهنای شانه ۰/۲۵ سانتی متر می باشد. فرمول آماری ۲، بیان کننده اثر مستقل پهنای شانه بر ظرفیت لنگر خمشی اتصال است.

جدول ۲- مقادیر متوسط ظرفیت لنگر اتصال کاموزبانه ساخته شده با گونه ممرز

میانگین ظرفیت لنگر خمشی ( $kg.cm$ )			
ارتفاع زبانه ( $cm$ )	پهنای شانه عضو حامل زبانه ( $cm$ )		
	۰/۱۲۵	۰/۲۵	۰/۳۷۵
۲/۵	۱۶۰۳/۶۶	۱۳۱۹/۱۳	۱۴۷۵/۱۹
۳/۷۵	۱۷۱۶/۴۷	۱۹۷۵/۷۱	۱۵۰۶/۶۱
۵	۲۸۹۷/۹۱	۳۰۳۸/۸۹	۲۰۹۴/۰۲

جدول ۳- مقادیر متوسط ظرفیت لنگر اتصال کاموزبانه ساخته شده با گونه راش

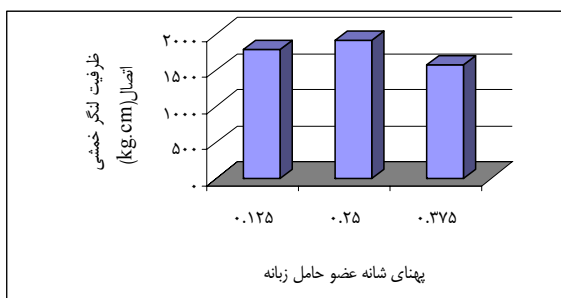
میانگین ظرفیت لنگر خمشی ( $kg.cm$ )			
ارتفاع زبانه ( $cm$ )	پهنای شانه عضو حامل زبانه ( $cm$ )		
	۰/۱۲۵	۰/۲۵	۰/۳۷۵
۲/۵	۱۴۰۳/۹۹	۱۷۰۷/۵۹	۱۱۲۱/۹۸
۳/۷۵	۱۶۷۷/۱۱	۱۷۶۳/۹۳	۱۸۷۰/۷۷
۵	۲۱۸۵/۴۴	۲۴۶۶/۱۰	۲۱۹۶/۸۴

است ظرفیت لنگر خمشی اتصالات ساخته شده با گونه ممرز بیشتر از اتصالات ساخته شده با گونه راش بوده و مقدار متوسط ظرفیت لنگر اتصال ساخته شده با گونه ممرز نسبت به گونه چوب راش ۶ درصد بیشتر است.

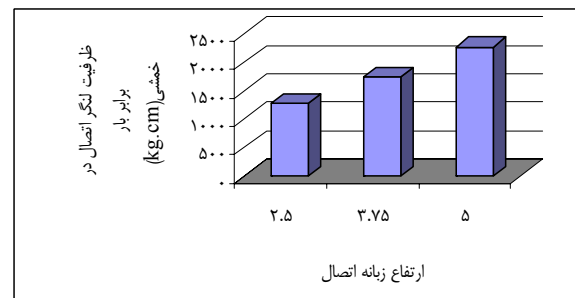
افزایش ظرفیت لنگر در پهنای شانه ۰/۲۵ سانتی متر نسبت به ۰/۱۲۵ سانتی متر ۷/۳ درصد بیشتر و نسبت به پهنای شانه ۰/۳۷۵ سانتی متر ۲۲/۵ درصد بیشتر است. شکل ۵ رابطه بین ظرفیت لنگر اتصال و گونه های چوب (راش و ممرز) را نشان می دهد. همان طور که مشخص

جدول ۴- تجزیه واریانس اثر مستقل و متقابل عوامل متغیر بر ظرفیت لنگر اتصال

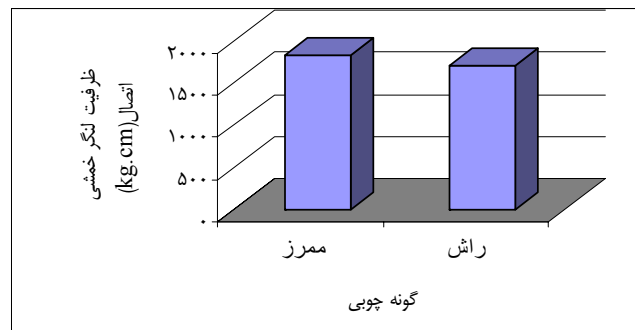
تفاوت (P)	F	میانگین مربعات	درجه آزادی	عوامل متغیر مستقل و متقابل
n.s	۱/۹۰	۲۳۳۷۰۴/۶۱	۱	گونه (S)
*	۴۸/۳۷	۵۹۴۷۷۲۴/۲۲	۲	ارتفاع (h)
*	۶/۲۵	۷۷۲۲۳۷/۵۱	۳	پهنای شانه (w)
n.s	۱/۷۸	۲۱۸۲۸۰/۰۸	۲	اثر متقابل (s*h)
n.s	۰/۶۸	۸۳۷۹۵/۳۵	۲	اثر متقابل (s*w)
*	۵/۲۷	۶۴۷۶۶۹/۴۱	۴	اثر متقابل (h*w)



شکل ۴- اثر افزایش پهنای شانه بر ظرفیت لنگر خمشی



شکل ۳- اثر افزایش ارتفاع زبانه بر ظرفیت لنگر خمشی



شکل ۵- رابطه بین ظرفیت لنگر خمشی اتصال و گونه‌های چوب (راش و ممرز)

$$M = P \times L \quad (3)$$

در این رابطه  $M$  لنگر بیرونی ( $kg.cm$ )،  $P$  بار وارد شده روی عضو افقی ( $kg$ ) و  $L$  فاصله نقطه اعمال بار تا سطح تکیه‌گاه ( $cm$ ) است.

برای بدست آوردن معادله تجربی فرض بر این است که بار وارد شده به انتهای آزاد عضو افقی اتصال در نمونه‌های  $T$  شکل، لنگر بیرونی  $M$  را ایجاد نموده که در تکیه‌گاه گیردار نمونه یا در واقع همان محل اتصال به حداکثر مقدارش می‌رسد که مقدار آن از فرمول ۳ محاسبه می‌گردد (شکل ۶).

با توجه به ثابت بودن میزان  $T$  برای اندازه‌های مختلف ارتفاع مقطع عضو فرمول لنگر خمشی بصورت زیر بیان می‌گردد.

$$M = a_0 \times (0/24d + 0/57h) \quad (۷)$$

با توجه به نتایج آزمایش‌ها تأثیر گونه چوب بر ظرفیت لنگر اتصال معادله ۷ بصورت زیر تغییر می‌نماید.

$$M = a_0 \times s \times (0/24d + 0/57h) \quad (۸)$$

$a_0$  - ضریب ثابت مساوی ۲/۵۵

$s$  - مقاومت برشی موازی الیاف گونه چوب،  $\frac{kg}{cm^2}$

برای محاسبه تأثیر پهنای شانه عضو حامل زبانه در معادله ظرفیت لنگر خمشی اتصال، از نسبت بین سطوح مختلف این عامل متغیر استفاده می‌شود که به صورت فاکتور B بیان می‌گردد.

$$B = \frac{x_1}{x}$$

$x$  - ظرفیت لنگر خمشی اتصال با پهنای شانه ۰/۲۵ سانتی‌متر

$x_1$  - ظرفیت لنگر خمشی اتصال با پهنای شانه ۰/۱۲۵ سانتی‌متر و ۰/۳۷۵ سانتی‌متر

این فاکتور برای دو گونه چوب راش و ممرز در جدول ۵ آمده است.

پس از بکارگیری تمامی عوامل تأثیرگذار بر روی ظرفیت لنگر خمشی اتصال کاموزبانه، فرمول نهایی آن برای دو گونه راش و ممرز به صورت زیر مشخص شده است.

$$M = 2/55 \times S \times (.24d + .057h) \times B \times C \times D \quad (۹)$$

لنگر بیرونی  $M$  باعث ایجاد تنش در درون اتصال شده که این تنش‌ها در طول سطح تماس بین عضو افقی و عضو عمومی توزیع می‌شوند (شکل ۷). برآیند نیروهای کششی ( $T$ ) که در انتهای لبه بالایی زبانه عمل می‌کند و برآیند نیروهای فشاری ( $C$ ) که بین لبه پایینی زبانه و لبه پایینی مقطع عضو عمل می‌کند در شکل ۸ نشان داده شده است. در اثر اعمال بار  $P$  روی نمونه، در درون اتصال لنگر درونی  $m$  ایجاد شده که با لنگر بیرونی  $M$  برابر بوده و بصورت فرمول زیر محاسبه می‌گردد.

$$m = T \times e = C \times e \quad (۴)$$

$$M = m = T \times e \quad (۵)$$

در معادله ۵،  $m$  لنگر درونی،  $T$  تنش کششی،  $e$  فاصله بین  $T$  و  $C$

با توجه به اینکه نیروی کششی ( $T$ ) در ۱/۳ ارتفاع زبانه در بالای محور خنثی (قسمت وسط زبانه) عمل کرده و نیروی فشاری ( $C$ ) در وسط فاصله بین لبه پایینی زبانه و لبه پایینی مقطع عضو عمل می‌نماید، بنابراین  $e$  را می‌توان به صورت زیر محاسبه کرد.

$$e = \frac{h}{3} + \frac{h}{2} + \left( \frac{\frac{d}{2} - \frac{h}{2}}{2} \right) \rightarrow e = \frac{d}{4} + \frac{7h}{12}$$

$d$  ارتفاع مقطع عضو ( $cm$ )،  $h$  ارتفاع زبانه ( $cm$ ) می‌باشد.

با جایگزینی مقدار  $e$  در معادله ۵ می‌توان میزان  $T$  را محاسبه کرد.

معادله ۶

$$\rightarrow T = \frac{M}{\frac{d}{4} + \frac{7h}{12}}$$

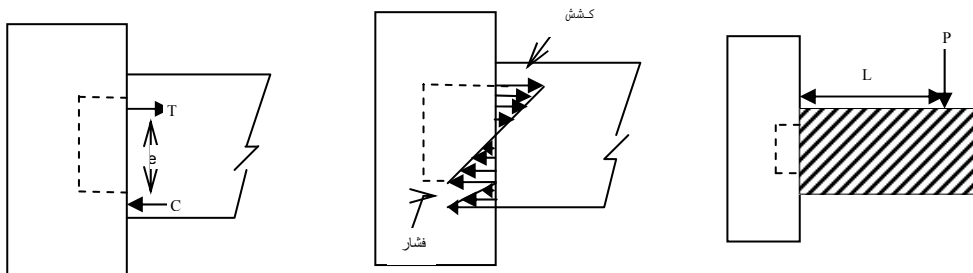
$$\frac{d}{4} + \frac{7h}{12} (M = T \times e \rightarrow M = T \times$$

در کام مساوی ۰/۸۹ می‌باشد. جدول ۶ میانگین حداکثر ظرفیت لنگر خمشی مقادیر مشاهده و پیش‌بینی شده را نشان می‌دهد.

M حداکثر ظرفیت لنگر خمشی (kg.cm)، S مقاومت برشی موازی الیاف گونه چوب  $\frac{kg}{cm^2}$ ، d ارتفاع مقطع عضو (cm)، h ارتفاع زبانه (cm)، B فاکتور پهنای شانه، C فاکتور چسب مساوی ۱/۳۲، D فاکتور کپی بودن زبانه

جدول ۵- فاکتور پهنای شانه

فاکتور پهنای شانه (گونه ممرز)	فاکتور پهنای شانه (گونه راش)	پهنای شانه (mm)
۰/۹۸۲	۰/۸۸۷	۱/۲۵
۱	۱	۲/۵
۰/۷۹۸	۰/۸۷۰	۳/۷۵



شکل ۶- نحوه وارد شدن بار روی نمونه      شکل ۷- نحوه توزیع تنشها      شکل ۸- برآیند نیروهای کششی و فشاری

جدول ۶- میانگین مشاهده و پیش‌بینی شده حداکثر ظرفیت لنگر خمشی با استفاده از معادله ۹

ارتفاع زبانه (cm)	پهنای شانه عضو حامل زبانه (cm)	میانگین مقاومت	میانگین مقاومت	میانگین مقاومت	میانگین مقاومت	میانگین	میانگین
		خمشی مشاهده شده (راش) (kg.cm)	خمشی مشاهده شده (ممرز) (kg.cm)	خمشی پیش‌بینی شده (راش) (kg.cm)	خمشی پیش‌بینی شده (ممرز) (kg.cm)	اختلاف (راش) %	اختلاف (ممرز) %
۲/۵	۰/۱۲۵	۱۴۰۳/۹۹	۱۶۰۳/۶۶	۱۴۹۲/۳	۱۴۴۶/۴۴	۶/۲۹	۱۰/۹۰
	۰/۲۵	۱۷۰۷/۵۹	۱۳۱۹/۱۳	۱۶۸۲/۴۱	۱۴۷۲/۹۵	۱/۴۹	۱۱/۵۹
	۰/۳۷۵	۱۱۲۱/۹۸	۱۴۵۷/۱۹	۱۴۶۳/۶۹	۱۱۷۵/۴۱	۱۳/۵	۲۴
۳/۷۵	۰/۱۲۵	۱۶۷۷/۱۱	۱۷۱۶/۴۷	۱۸۲۱/۹۹	۱۷۶۶	۸/۵	۲/۹۱
	۰/۲۵	۱۷۶۳/۹۳	۱۹۷۵/۷۱	۲۰۵۴/۱۰	۱۷۹۸/۳۷	۱۶/۵	۹/۸
	۰/۳۷۵	۱۸۷۰/۷۷	۱۵۰۶/۶۱	۱۷۸۷/۰۷	۱۴۳۵/۱۰	۴/۶۴	۴/۹۴
۵	۰/۱۲۵	۲۱۸۵/۴۳	۲۸۹۷/۹۱	۲۳۶۹/۲۷	۲۴۸۵/۵۶	۸/۴۲	۱۶/۵۷
	۰/۲۵	۲۴۶۶/۱۰	۳۰۳۸/۸۹	۲۴۲۵/۸۰	۲۵۲۳/۷۹	۱/۶۹	۲۰/۴۱
	۰/۳۷۵	۲۱۹۶/۸۴	۲۰۹۴/۰۲	۲۱۱۰/۴۵	۱۸۹۴/۷۹	۴/۰۷	۱۰/۵۵

## بحث

با توجه به اینکه اتصالات کاموزبانه بطور وسیعی در ساختار انواع قاب مبلمان، خصوصاً قاب صندلی به کار می‌روند، مطالعه پیرامون مقاومت این اتصال از اهمیت بسزایی برخوردار می‌باشد؛ زیرا افزایش مقاومت این اتصال باعث مستحکم‌تر شدن قاب مبلمان و در نهایت سازه مورد نظر می‌گردد. از سوی دیگر مطالعات منتشر شده پیرامون مقاومت اتصالات کاموزبانه بر روی گونه‌های چوب خارج از کشور انجام شده که قابل تعمیم برای صنعت داخل نیست چون این صنعت برای ساخت انواع قاب مبلمان از گونه‌های چوب داخلی استفاده می‌کند. بنابراین در این تحقیق اثر متغیرهای گونه چوبی، ارتفاع زبانه و پهنای شانه عضو حامل زبانه بر روی حداکثر ظرفیت لنگر خمشی این اتصال بررسی شد و با بدست آوردن یک رابطه تجربی برای پیش‌بینی لنگر خمشی سعی در بهینه کردن ساخت این اتصال بر پایه اصول علمی شد. حداکثر ظرفیت لنگر اتصال کام و زبانه با افزایش ارتفاع زبانه به صورت خطی افزایش یافته و در ارتفاع زبانه ۵ سانتی‌متر بیشترین میزان مقاومت حاصل شد که علت این امر این است که با افزایش ارتفاع زبانه، زبانه اتصال از یک حد معینی کمتر می‌گردد که اتصال در اثر تنش‌های برشی می‌شکند که ما این مورد را برای پهنای شانه ۰/۳۷۵ سانتی‌متر شاهد بودیم. ظرفیت لنگر خمشی اتصالات ساخته شده با گونه ممرز بیشتر از اتصالات ساخته شده با گونه راش بوده که دلیل این مسئله بالا بودن جرم ویژه گونه ممرز نسبت به راش می‌باشد، زیرا در اتصالات ساخته شده با گونه ممرز با جرم ویژه بالاتر سطح چسب‌خور روی کام و زبانه جامدتر بوده و

سبب جلوگیری نسبی از نفوذ چسب به داخل چوب و گرسنگی خط اتصال می‌شود. بدین ترتیب خط اتصال قویترین بین کام و زبانه روی چوب با جرم ویژه بالا تشکیل می‌شود و بدنبال آن استحکام اتصال افزایش پیدا می‌کند. بنابراین حداکثر ظرفیت لنگر خمشی از اتصالات ساخته شده با گونه ممرز، شامل ارتفاع زبانه ۵ سانتی‌متر و پهنای شانه ۰/۲۵ سانتی‌متر بدست آمد. بنابراین از میان اتصالات بررسی شده، اتصالات کاموزبانه با مشخصات زیر برای ایجاد حداکثر ظرفیت لنگر خمشی اتصال پیشنهاد می‌گردد. اندازه ارتفاع زبانه: ۵ سانتی‌متر، اندازه پهنای شانه: ۰/۲۵ سانتی‌متر، گونه چوب: ممرز. همچنین مناسبترین پهنای شانه برای ایجاد حداکثر ظرفیت لنگر خمشی در اتصال کام و زبانه به پهنای شانه ۰/۲۵ سانتی‌متر محدود می‌شود که حداکثر ظرفیت لنگر خمشی اتصال کاموزبانه ساخته شده با گونه‌های چوب راش و ممرز از معادله زیر حاصل می‌شود.

$$M = 2/55 \times S \times (0/24 d + 0/57 h) \times B \times C \times D$$

$$M =$$

M حداکثر ظرفیت لنگر خمشی (kg.cm)، S مقاومت

برشی موازی الیاف گونه چوب  $\frac{kg}{cm^2}$ ، d ارتفاع مقطع عضو (cm)، h ارتفاع زبانه (cm)، B فاکتور پهنای شانه، C فاکتور چسب مساوی ۱/۳۲، D فاکتور کیپ بودن زبانه در کام مساوی ۰/۸۹ می‌باشد.

## منابع مورد استفاده

- ابراهیمی، ق، ۱۳۸۶، طراحی مهندسی مبلمان، انتشارات دانشگاه

تهران، چاپ اول

-Hill, M.D., Eckelman, C.A. (1973). Mortise and Tenon joint: Flexibility Bending Strength of Mortise and



- Smardzeoski J. Papuga T. (2004). Stress Distribution Angle Joints of Skeleton Furniture. Wood Technology, Volume 7, Issue 1.
- Tankut, A.N., Tankut, N. (2005). The Effects of joint Forms (Shape) and Dimensions on the Strengths of Mortise and Tenon joints. Turkey J Agriculture Forest. 29: 493-498
- Tankut, N. (2006). The Effect of Adhesive Type and Bond Line Thickness on the Strength of Mortise and Tenon joints. International Journal of Adhesion & Adhesive: pp. 1-6
- Tenon joints. Furniture Design & Manufacturing. 45:54-62.
- Smardzeoski J.(1998). Numerical analysis furniture constructions. Wood Science and technology, 32:4, P.273-286.
- Tankut, A., Tankut, N.D., Eckelman, C.A., Gibson, H. (2003). Design and Testing of Bookcase Frames Constructed with Round Mortise and Tenon joints . Forest Prod. J. 53: 80-86

## A Study of the Effects of height and Thickness of Tenon Made Out of Beech and Hornbeam on bending Strength of Mortise and tenon joint

Vesi, J.1\*, Ebrahimi, G2 and Bahmani, M.3

1\*- Corresponding author, MS.c., Wood and Paper Science & Technology Department, Natural Resources Faculty, Tehran University, Iran, Email: j.vasi@yahoo.com

2- Prof. College of Natural Resources Tehran University.

3- MS.c., Wood and Paper Science & Technology Department, College of Natural Resources, Tehran University.

Received: Jan. 2009      Accepted: May, 2010

### Abstract

The aim of this study was investigating the parameters of mortise and tenon joint made out of beech and hornbeam and develop formula to estimate ultimate bending strength. Mortis and tenon joint, one of the joints type, in placed in both form of corner and cross. In furniture industry, Mortis and tenon joint is widely used, because of its low cost and easy utilization. In this study, the effects of tenon height 2.5 ,3.5 and 5 cm, shoulder width 0/125, 0/25 and 0/375 cm on the resistance of Mortis and tenon against the ultimate bending strength were investigated. The results showed that the highest ultimate bending strength of Mortis and tenon in hornbeam possessed to the 5 cm tenon height and 0/25 shoulder width. Finally, it was found that the ultimate bending strength (  $M$  ) of the joint could be predicted by means of the formula  $M = 2/55 \times S \times (0/24d + 0/57h) \times B \times C \times D$ , where  $M$  = ultimate bending strength,  $S$  = is shear strength of the wood,  $d$  = rail rail,  $h$  = tenon height,  $B$  = shoulder width factor,  $C$  = adhesive factor,  $D$  = tenon fit factor

Key words: Mortis and tenon joint, beech, hornbeam , Ultimate bending strength, Adhesive .