

بررسی ظرفیت تحمل تنش اتصال‌های گوشه‌ای با پین در قاب سازه مبلمان

چکیده

این پژوهش با هدف تعیین ظرفیت تحمل تنش اتصال‌های گوشه‌ای با پین چوبی در قاب سازه مبلمان صورت گرفته است. اعضای اتصال از چوب نراد بودند و پین‌ها از گونه راش و ممرز ساخته شدند. قطر پین در سه سطح به اندازه اسمی ۶، ۸ و ۱۰ میلی‌متر بود. اتصال‌های آزمونی فارسی و سربه‌سر زیر بار کششی و فشاری قرار گرفتند. نتایج نشان دادند 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. بالاترین میزان ظرفیت تحمل تنش زیر بار کششی در اتصال فارسی با پین ممرز به قطر ۸ میلی‌متر مشاهده شده است. بالاترین میزان ظرفیت تحمل تنش زیر بار فشاری مربوط به اتصال فارسی با پین راش به قطر ۸ میلی‌متر بوده است. در بارگذاری کششی با تغییر قطر پین از ۶ به ۸ میلی‌متر ظرفیت تحمل تنش روند صعودی داشته است ولی افزایش قطر پین از ۸ به ۱۰ میلی‌متر تأثیر معنی‌داری بر ظرفیت تحمل تنش اتصال زیر بار کششی نداشته است. تغییر قطر پین از ۶ به ۱۰ میلی‌متر تأثیر معنی‌داری بر ظرفیت تحمل تنش زیر بار فشاری داشته است. گونه چوب پین تأثیر معنی‌داری بر ظرفیت تحمل تنش زیر بار کششی نداشته است، ولی پین راش زیر بار فشاری دارای ظرفیت تحمل تنش بیشتری بوده است.

واژگان کلیدی: ظرفیت تحمل تنش، پین چوبی، اتصال فارسی، اتصال سربه‌سر، قطر پین

مسئول مکاتبات:

مسیب دالوند^{۱*}

صادق ملکی^۲

قنبر ابراهیمی^۳

اکبر رستم پور هفتخوانی^۴

^{۱*} دانشجوی دکتری، ^۳ استاد گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران
^۲ دانشجوی دکتری، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی واحد نور، دانشگاه تربیت مدرس

مسئول مکاتبات:

m.dalvand@ut.ac.ir
dalvand3@yahoo.com

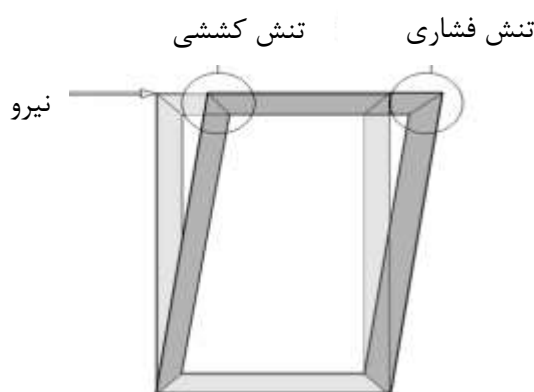
تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۰۳/۰۷

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۰۸/۲۸

متفاوت (گوشه‌ای، سربه‌سر، متقاطع، عرضی و...) و اتصال‌دهنده‌های گوناگون (پین، بیسکوییتی، دم چلچله، قلیف و...) به هم متصل می‌شوند. اتصالات در مبلمان تحت تأثیر نیروهای خارجی زیادی اعم از فشاری، کششی، برشی و لنگر خمشی قرار می‌گیرند [۳]. شکل ۱ تنش فشاری و کششی در یک قاب را نشان می‌دهد.

مقدمه

یکی از بخش‌های اصلی و مهم هر سازه مبلمان چوبی اتصالات آن است که نقاط بحرانی بین عناصر آن می‌باشند. اتصالات، بار وارده را به‌طور پیوسته تحمل کرده و بین اعضای آن توزیع می‌کنند [۱]. اتصالات به‌طور معمول ضعیف‌ترین بخش هر قطعه مبلمان و عامل اصلی شکست در آن است [۲]. اجزاء سازه به روش‌های



شکل ۱- تنش فشاری و کششی در قاب زیر نیرو خارجی

می‌باید. آن‌ها گزارش کرده‌اند که در تخته‌خرده‌چوب با ضخامت ۱۶ میلی‌متر فاصله بین مرکز 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 مرکز سوراخ‌های پین چوبی اظهار داشتند، 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 [۶]. Bahmani و همکاران (۲۰۰۹) لنگر خمشی و مقاومت کششی اتصال با پین چوبی در MDF را بررسی کردند. نتایج آن‌ها نشان داد که بالاترین میزان ظرفیت لنگر خمشی و مقاومت کششی اتصال با پین چوبی در MDF از پین چوبی با قطر ۸ میلی‌متر و طول نفوذ ۱۲ میلی‌متر ایجاد می‌شود [۷]. Jahan Latibari و همکاران (۲۰۰۵) تأثیر نوع، قطر و درجه آزادی پین بر مقاومت برشی اتصالات ساخته‌شده از تخته‌خرده‌چوب را بررسی کردند. نتایج این تحقیق نشان داد که پین‌های آجدار با قطر ۱۰ میلی‌متر، عمق نفوذ چهار برابر قطر و درجه آزادی ۰/۵ یا ۰/۲۵ میلی‌متر، مقاومت بیشتری در برابر بارهای وارد شده دارند [۸].

Dalvand و همکاران (۲۰۱۳) عملکرد اتصالاتی ساخته‌شده با دم‌چلچله را در دو حالت بارگذاری کششی و فشاری مورد بررسی قرار دادند. اتصالات از گونه نراد به صورت فارسی و سربه‌سر با دو نوع چسب (پلی‌وینیل استات (PVA) و سیانواکریلات (CA)) و دو نوع

حفظ ظرافت اتصال و درعین حال فراهم آوردن حداکثر استحکام در سازه مبلمان، از نکات بسیار مهم در صنعت تولید مبلمان است، به همین خاطر در کاربرد مواد چوبی و چندسازه‌های آن (پانل‌های تخته‌خرده‌چوب، تخته لایه، MDF، OSB و...) در مبلمان از پین^۱ چوبی برای ساخت اتصال استفاده می‌شود. این اتصال‌دهنده به حالت زیانه و چسب کمکی به کار برده می‌شود. به دلیل سهولت در ایجاد اتصال با پین و ظرافت آن، امروزه از این اتصال به‌طور گسترده‌ای در سازه‌های مبلمان نظیر صندلی، نیمکت و کابینت‌سازی استفاده می‌شود [۱]. از این رو تحقیقات متعددی بر روی این نوع اتصال انجام شده است. تحقیقات Zhang و Eckelman (۱۹۹۳) نشان داد که افزایش قطر پین از ۶ به ۱۰ میلی‌متر و همچنین افزایش عمق نفوذ از ۶ به ۱۵ میلی‌متر در هر عضو اتصال، تأثیر معنی‌داری بر روی مقاومت به لنگر خمشی اتصالات ساخته‌شده از تخته‌خرده‌چوب با یک پین دارد [۴]. Kurt و همکاران (۲۰۰۹) با بررسی قدرت نگهداری پین چوبی در تخته‌خرده‌چوب و MDF عنوان کردند، هر چه سطح پین و سطح کام ایجادشده صاف‌تر باشد، چسبندگی بهتری بین اتصال‌دهنده و اعضای اتصال به وجود خواهد آمد [۵]. Norvydas و همکاران (۲۰۰۵) فاصله بین مراکز سوراخ‌های پین و فاصله اسمی لبه در تخته‌خرده‌چوب با ضخامت‌های ۱۶ و ۱۸ میلی‌متر را تعیین کردند. نتایج این تحقیق نشان داده است وقتی که فاصله بین مراکز سوراخ‌های پین مناسب باشد، مقاومت اتصال نیز افزایش

^۱ Dowel

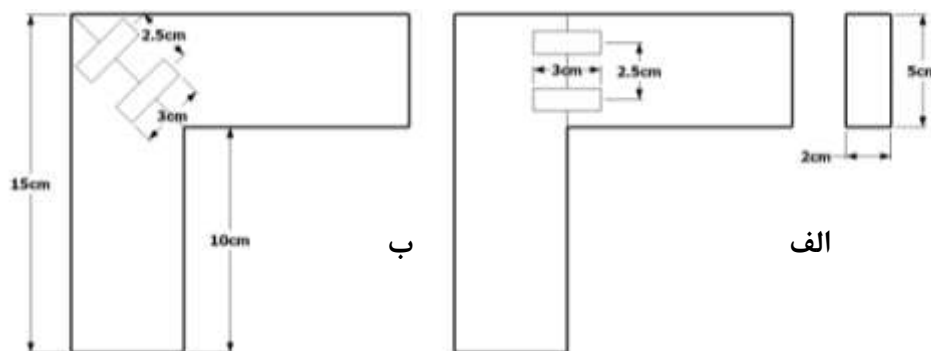
مواد و روش‌ها

از سه الوار نراد (*Abies alba*) با ابعاد (طول) \times ۱۸ (پهنا) \times ۶ (ضخامت) سانتی‌متر دو سری تخته به ابعاد ۱۵ (طول) \times ۵ (پهنا) \times ۲ (ضخامت) سانتی‌متر (دو عضو اتصال فارسی و یک عضو اتصال سربه‌سر) و ۱۰ (طول) \times ۵ (پهنا) \times ۲ (ضخامت) سانتی‌متر (یک عضو اتصال سربه‌سر) بریده شدند. دانسیته و خواص مکانیکی چوب نراد به ترتیب بر اساس استاندارد ASTM D 2395 و ASTM D143 اندازه‌گیری شدند [۱۱ و ۱۲] (جدول ۱). پس از اندازه‌بری، سر (کله) دو عضو برای اتصال فارسی با دستگاه فارسی‌بر، تحت زاویه ۴۵ درجه برش داده شدند. سپس تمامی نمونه‌ها به وسیله دستگاه کام‌کن افقی سوراخ‌کاری شدند. پس از عملیات سوراخ‌کاری پین‌های تهیه‌شده (به قطرهای ۶، ۸ و ۱۰ و طول ۳۰ میلی‌متر) به وسیله ماشین پین‌زن از دو گونه ممرز (*Carpinus betulus*) و راش (*Fagus orientalis*) و آغشته شده به چسب پلی‌وینیل استات در سوراخ‌های تعبیه‌شده قرار داده شدند. پین‌های مورد استفاده دارای سطح مارپیچی، راست تار و فاقد هرگونه عیبی بودند. دانسیته و خواص مکانیکی گونه چوبی پین در جدول ۲ ارائه شده است [۱۳]. در شکل ۲ شمایی از اتصال آزمون فارسی و سربه‌سر ارائه شده است.

اتصال دهنده (دم چلچله پروانه و H شکل) ساخته شده‌اند. نتایج این مطالعه نشان داده است که ظرفیت تحمل تنش اتصال‌های ساخته‌شده با دم چلچله زیر بار فشاری نسبت به بار کششی بیشتر است. این پژوهشگران استفاده از دم چلچله پروانه و چسب PVA را برای ساخت قاب سازه مبلمان پیشنهاد کرده‌اند [۹]. Derikvand و همکاران (۲۰۱۳) اثر گونه اعضاء (راش، بلوط، گردو، چنار، صنوبر و نراد) و طول نفوذ زبانه (۲۰، ۱۰ و ۳۰ میلی‌متر) بر توان نگهداری اتصال‌های ساخته‌شده با اتصال دهنده زبانه سیار را مورد بررسی قرار دادند. نتایج این پژوهشگران نشان داد که طول نفوذ و گونه‌ی اعضاء تأثیر معنی‌داری بر توان نگهداری اتصال دارد. این پژوهشگران صافی سطح و مقاومت برشی موازی با الیاف گونه‌ی اعضاء را عامل تعیین‌کننده در مقاومت اتصال دانسته‌اند [۱۰]. با توجه به این‌که تحقیقاتی که در مورد اتصال با پین چوبی صورت گرفته بیشتر محدود به چندسازه‌های چوبی (تخته خرده چوب، OSB، MDF و...) است، ولی اطلاعات کمی در مورد اتصال با پین روی چوب ماسیو وجود دارد؛ بنابراین ضرورت دارد که ویژگی‌های این نوع اتصالات در چوب ماسیو شناسایی شده و در محاسبات طراحی سازه با چوب ماسیو و پیش‌بینی استحکام آن‌ها، به کار گرفته شود.

جدول ۱- خواص چوب نراد (*Abies alba*) مورد استفاده در این تحقیق

کشش عمود بر الیاف (MPa)	مقاومت برشی موازی با الیاف (MPa)	مدول الاستیسیته (MPa)	مدول گسیختگی (MPa)	دانسیته (g/cm^3)
۰/۵۲۸	۳/۱	۶۶۵۸	۵۹/۶۷	۰/۴۶



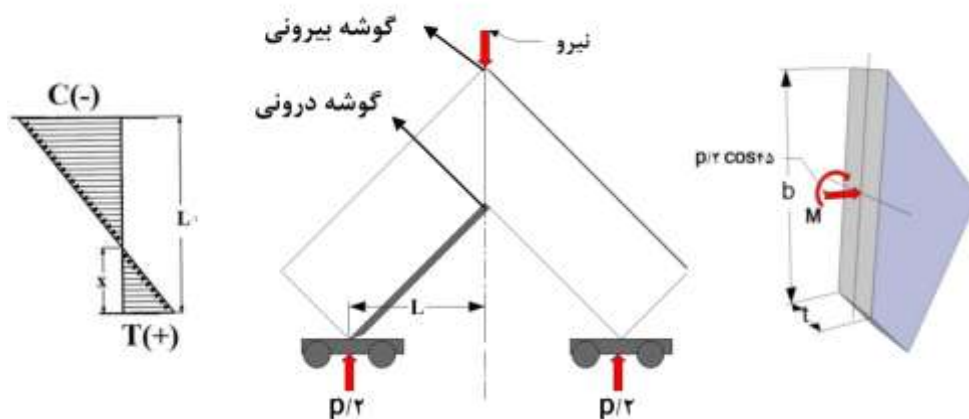
شکل ۲- وضعیت فیزیکی اتصال‌های آزمون فارسی (الف) اتصال سربه‌سر؛ (ب) اتصال فارسی

جدول ۲- خواص فیزیکی و مکانیکی گونه چوب پین

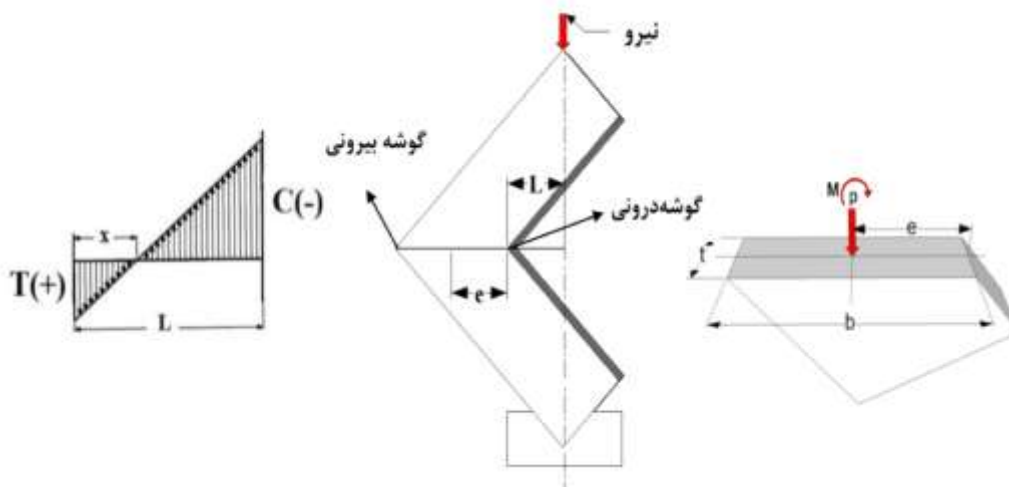
گونه چوب پین	دانسیته (g/cm ³)	مدول گسیختگی (MPa)	مدول الاستیسیته (MPa)	مقاومت برشی موازی با الیاف (MPa)
راش	۰/۶۲	۱۲۳/۶	۱۱۶۸۰	۱۳/۳
ممرز	۰/۷۱	۱۲۱/۷	۱۱۲۱۵	۱۰/۷

بارگذاری کششی و فشاری به وسیله دستگاه اینسترون مدل ۴۴۸۶ گروه مهندسی چوب دانشگاه تهران انجام گرفت. سرعت بارگذاری ۵mm/min تنظیم شد. شکل ۳ آرایش بارگذاری فشاری و کششی قطری را روی نمونه‌ها نشان می‌دهد.

اتصال‌های آزمونی پس از مونتاژ (سوار شدن) به مدت ۲۴ ساعت با گیره دستی برای گیرا شدن چسب بسته شدند. سپس به مدت ۲ هفته در اتاق مشروط‌سازی با رطوبت نسبی $65 \pm 1\%$ و دمای $20 \pm 2^\circ\text{C}$ برای رسیدن به رطوبت تعادل (حدود ۱۲٪) نگهداری شدند. آزمون



الف) بار کششی قطری



ب) بار فشاری قطری

شکل ۳- آرایش بارگذاری آزمونه‌ها، الف) تنش کششی (T+، ب) تنش فشاری (C-)

تنش در حالت بارگذاری کششی

$$\sigma_b = \pm \frac{M}{S} \quad (11)$$

$$S = \frac{1}{6}tb^2 \quad (12)$$

$$M = \frac{P}{2}L \quad (13)$$

$$\sigma_a = \frac{-P_a}{2A} = \frac{-P \cos 45}{2bt} \quad (14)$$

$$\sigma_b = \pm \frac{PL(6)}{2} = \pm \frac{3PL}{tb^2} \quad (15)$$

(16)

$$\text{تنش در} = -(\sigma_b + \sigma_a) = -\left[\frac{3PL}{tb^2} + \frac{P \cos 45}{2bt} \right]$$

گوشه بیرونی اتصال

(17)

$$\text{تنش در گوشه} = \sigma_b - \sigma_a = \frac{3PL}{tb^2} - \frac{P \cos 45}{2bt}$$

داخلی اتصال

در این فرمول:

 σ_b = تنش خمشی (MPa) σ_a = تنش محوری (MPa)

M = لنگر خمشی (N.mm)

S = مدول سطح مقطع عضو اتصال (mm^3)

P = نیرو (N)

e = فاصله مرکز تا لبه داخل اتصال (mm)

L = در بارگذاری کششی ۷۰/۷۱ mm - در بارگذاری

فشاری ۳۵/۳۵ mm

t = ضخامت عضو اتصال (mm)

b = عرض عضو اتصال (mm)

A = سطح مقطع عضو اتصال (mm^2)

در این تحقیق برای بررسی آماری اثر متغیرها شامل نوع اتصال، نوع بارگذاری، قطر و گونه چوب پین از طرح کاملاً تصادفی و تجزیه واریانس و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون دانکن به‌طور جداگانه برای قطر پین استفاده شده است. نتایج با استفاده از SPSS تحلیل شدند.

در مجموع ۳۶ تیمار و برای هر تیمار ۴ تکرار در نظر گرفته شد. برای محاسبه تنش مرکب در گوشه‌های داخلی و بیرونی اتصال از روابط زیر استفاده شد [۹]:

تنش در حالت بارگذاری فشاری

$$M = P(e+l) = P\left(l + \frac{b\sqrt{2}}{2}\right) \quad (1)$$

$$e = \frac{b\sqrt{2}}{2} \quad (2)$$

$$A = bt \quad (3)$$

$$\sigma_b = \frac{M}{S} \quad (4)$$

$$S = \frac{1}{6}tb^2 \quad (5)$$

$$P_a = P \cos 45 \quad (6)$$

$$\sigma_{b \max} = \pm \frac{M}{S} = \pm \frac{P\left(L + b\frac{\sqrt{2}}{2}\right)}{\frac{1}{6}tb^2} = \pm \frac{6P\left(L + b\frac{\sqrt{2}}{2}\right)}{Ab} \quad (7)$$

$$\sigma_a = \frac{-P_a}{A} = \frac{-P \cos 45}{bt} \quad (8)$$

تنش در گوشه بیرونی اتصال

$$\sigma_b - \sigma_a = \frac{6P\left(L + \frac{b\sqrt{2}}{2}\right)}{tb^2} - \frac{P \cos 45}{bt} \quad (9)$$

تنش در گوشه داخلی اتصال

$$-(\sigma_b + \sigma_a) = -\left[\frac{6P\left(L + \frac{b\sqrt{2}}{2}\right)}{tb^2} + \frac{P \cos 45}{bt} \right] \quad (10)$$

نتایج و بحث

مقادیر تنش مرکب وارد بر اتصال و انحراف معیار مربوط به هر کدام در جدول ۳ آمده است. تنش کششی (مرکب) عامل اصلی شکست در هر دو حالت بارگذاری

بود. در حالت بارگذاری فشاری شکست در لبه بیرونی اتصال (ناحیه تحت تنش کشش مرکب) و در بارگذاری کششی شکست در گوشه داخلی (ناحیه تحت تنش کشش مرکب) مشاهده شد.

جدول ۳- مقادیر تنش مرکب وارد بر گوشه داخلی و بیرونی اتصال در حالت بارگذاری فشاری و کششی

تنش مرکب (بارگذاری کششی) (MPa)		تنش مرکب (بارگذاری فشاری) (MPa)		قطر پین (mm)	گونه چوب پین	نوع اتصال
گوشه داخلی	گوشه بیرونی	گوشه داخلی	گوشه بیرونی			
۸/۴۵(۱/۳۴)*	۹/۹۸(۱/۵۹)*	۱۴/۱۶(۲/۸۲)*	۱۰/۱۸(۲/۸۲)*	۶		
۱۰/۸۶(۰/۳۵)	۱۲/۸۳(۰/۴۲)	۲۰/۹۷(۱/۳۳)	۱۳/۳۲(۱/۳۳)	۸	راش	
۱۳/۲۹(۰/۶۶)	۱۵/۷۱(۰/۷۸)	۱۹/۱۲(۲/۱۱)	۱۲/۹۹(۲/۱۱)	۱۰		فارسی
۷/۴۴(۱/۰۲)	۸/۸۰(۱/۲۱)	۱۲/۲۶(۱/۷۹)	۸/۶۲(۲/۴۸)	۶		
۱۳/۶۹(۱/۱۵)	۱۶/۱۸(۱/۳۶)	۲۰/۴۳(۱/۲۵)	۱۳/۱۶(۵/۳۲)	۸	ممرز	
۱۳/۴۸(۰/۷۰)	۱۵/۹۳(۰/۸۳)	۱۶/۰۳(۱/۲۰)	۱۰/۵۵(۳/۹۸)	۱۰		
۶/۷۶(۰/۶۴)	۷/۹۸(۰/۷۶)	۹/۸۹(۲/۱۶)	۸/۳۷(۲/۱۶)	۶		
۷/۳۸(۰/۱۴)	۸/۷۳(۰/۱۷)	۱۰/۵۳(۲/۲۲)	۸/۹۱(۲/۲۲)	۸	راش	
۷/۹۲(۰/۷۳)	۹/۳۶(۰/۸۶)	۱۱/۵۸(۱/۷۵)	۹/۸۰(۱/۷۵)	۱۰		سربه‌سر
۶/۸۵(۰/۸۳)	۸/۱۰(۰/۹۸)	۸/۶۲(۱/۶۳)	۷/۳۰(۱/۶۳)	۶		
۸/۸۰(۰/۵۰)	۱۰/۴۰(۰/۵۹)	۱۰/۶۸(۰/۹۶)	۹/۰۳(۰/۹۶)	۸	ممرز	
۷/۷۹(۰/۷۵)	۹/۲۱(۰/۸۹)	۸/۹۲(۱/۳۵)	۷/۵۵(۱/۳۵)	۱۰		

* اعداد داخل پرانتز انحراف معیار تیمارها را نشان می‌دهند.

(گونه چوب پین × قطر پین) و در بارگذاری فشاری اثر متقابل (نوع اتصال × قطر پین) اختلاف معنی‌داری وجود داشته‌است. اختلاف معنی‌داری در اثر متقابل (نوع اتصال × گونه چوب پین) - (نوع اتصال × گونه چوب پین) در بارگذاری کششی و همچنین در اثر متقابل (نوع اتصال × گونه چوب پین) - (گونه چوب پین × قطر پین) - (نوع اتصال × گونه چوب پین) در بارگذاری فشاری مشاهده نشده است.

ظرفیت تحمل تنش اتصال زیر بار کششی

جدول ۵ تأثیر مستقل نوع اتصال، قطر و گونه چوب پین بر ظرفیت تحمل تنش اتصال را زیر بار کششی نشان می‌دهد. مشاهده می‌شود که ظرفیت تحمل تنش در اتصال فارسی نسبت به اتصال سربه‌سر ۵۰ درصد بیشتر است. علت این امر را می‌توان به سطح تماس بیشتر سطوح اعضاء اتصال به یکدیگر، در اتصال فارسی نسبت به اتصال سربه‌سر نسبت داد. در اتصال با پین ممرز نسبت به اتصال با پین

همان‌طور که در جدول ملاحظه می‌شود، اتصال در حالت بارگذاری فشاری، ظرفیت تحمل تنش بیشتری نسبت به بارگذاری کششی داشت. علت آن را می‌توان مقدار کم‌تر تنش کششی مرکب در نقطه شکست (لبه بیرونی) نسبت به گوشه داخلی اتصال تحت بارگذاری فشاری دانست؛ اما در حالت بارگذاری کششی اختلاف ناچیزی بین تنش‌های مرکب وارد بر لبه بیرونی و لبه داخلی اتصال مشاهده شده‌است. نتایج تجزیه واریانس در جدول ۴ ارائه شده‌است. اثر مستقل نوع بارگذاری و قطر پین در حالت بارگذاری کششی و اثر مستقل نوع بارگذاری، قطر و گونه چوب پین در حالت بارگذاری فشاری در سطح ۵ درصد معنی‌دار بوده‌است. اختلاف معنی‌داری در گونه چوب پین در حالت بارگذاری کششی مشاهده نشده است. همچنین در مورد اثر متقابل عوامل مطالعه شده همان‌طور که در جدول ۴ ملاحظه می‌شود، در بارگذاری کششی اثر متقابل (نوع اتصال × قطر پین) -

پین به قطر ۱۰ میلی‌متر زیر بار کششی را می‌توان شکست زودرس اعضای اتصال زیر این نوع بارگذاری دانست. به عبارت دیگر با افزایش قطر پین، فاصله بین لبه سوراخ پین با لبه سطح عضو کمتر شده که این امر باعث کاهش سطح خالص تحمل بار می‌شود و در نتیجه ظرفیت تحمل بار اعضای اتصال کاهش می‌یابد (شکل ۴).

راش در حالت بارگذاری کششی اختلاف ناچیزی مشاهده شده‌است. همان‌طور که در جدول گروه‌بندی دانکن مشاهده می‌شود، ظرفیت تحمل تنش اتصال زیر بار کششی با افزایش قطر پین از ۶ به ۸ میلی‌متر ۴۰ درصد افزایش یافته‌است، ولی اختلاف ناچیزی بین قطر پین ۸ و ۱۰ میلی‌متر مشاهده می‌شود. علت اختلاف ناچیز ظرفیت تحمل تنش در اتصال با پین به قطر ۸ میلی‌متر نسبت به

جدول ۴- جدول تجزیه واریانس در حالت بارگذاری کششی و فشاری

بارگذاری کششی					
Sig.	F	میانگین مربعات		درجه آزادی	منابع تغییرات
		گوشه داخلی	لبه بیرونی		
۰/۰۰۰*	۲۲۳/۴۶	۱۳۷/۸	۱۹۲/۴۷	۱	نوع اتصال
۰/۰۲۶*	۵/۴۷	۳/۳۷۷	۴/۷۱	۱	گونه چوب پین
۰/۰۰۰*	۶۷/۵۳	۴۱/۶۴۷	۵۸/۱۶	۲	قطر پین (mm)
۰/۶۶۶	۰/۱۹	۰/۱۱۷	۰/۱۶	۱	نوع اتصال * گونه چوب پین
۰/۰۰۰*	۲۷/۶۵	۱۷/۰۵۱	۲۳/۸۱	۲	نوع اتصال * قطر پین
۰/۰۰۰*	۱۰/۸	۶/۶۶۶	۹/۳۱	۲	گونه چوب پین * قطر پین
۰/۱۲۹	۲/۱۹	۱/۳۵۱	۱/۸۸	۲	نوع اتصال * گونه چوب پین * قطر پین
بارگذاری فشاری					
Sig.	F	میانگین مربعات		درجه آزادی	منابع تغییرات
		گوشه داخلی	لبه بیرونی		
۰/۰۰۰*	۱۸۶/۶۱	۵۶۲/۰۴	۴۰۲/۳۹۳	۱	نوع اتصال
۰/۰۰۵*	۸/۸۵	۲۶/۶۶	۱۹/۰۸۷	۱	گونه چوب پین
۰/۰۰۰*	۲۳/۱۱	۶۹/۶	۴۹/۸۳۲	۲	قطر پین (mm)
۰/۵۸۲	۰/۳	۰/۹۲	۰/۶۶۵	۱	نوع اتصال * گونه چوب پین
۰/۰۰۰*	۱۱/۱۴	۳۳/۵۶	۲۴/۰۳۳	۲	نوع اتصال * قطر پین
۰/۱۰۷	۲/۳۸	۷/۱۹	۵/۱۵	۲	گونه چوب پین * قطر پین
۰/۹۹۴	۰/۰۰۶	۰/۰۱	۰/۰۱۳	۲	نوع اتصال * گونه چوب پین * قطر پین

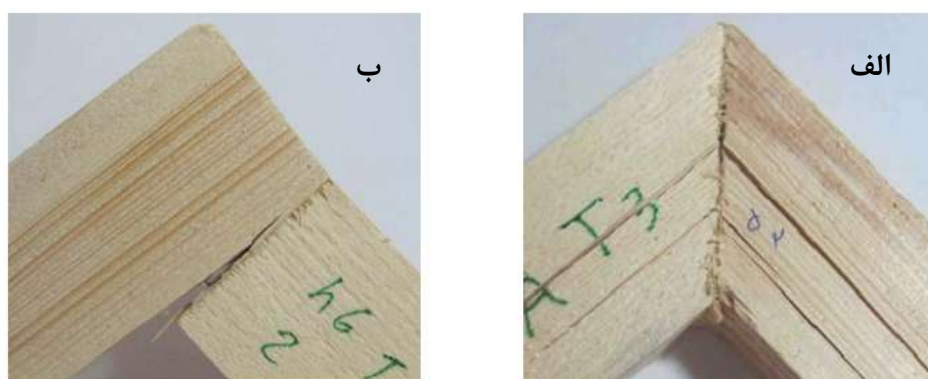
*معنی‌داری در سطح ۵ درصد

جدول ۵- اثر مستقل متغیرهای مورد مطالعه بر ظرفیت تحمل تنش زیر بار کششی

بارگذاری کششی		
گوشه بیرونی	گوشه داخلی	
۱۳/۴۷(۳/۰۶)*	۱۱/۴۰(۲/۵۹)*	فارسی
۸/۹۴(۱/۰۳)	۷/۵۶(۰/۸۷)	سربه‌سر
۱۰/۹۲(۲/۸۸)	۹/۲۴(۲/۴۴)	راش
۱۱/۳۹(۳/۵۶)	۹/۶۴(۳/۰۲)	ممرز
۸/۶۶(۱/۲۹)A**	۷/۳۳(۱/۰۹)A	۶
۱۲/۱۴(۳/۰۴)B	۱۰/۲۷(۲/۵۸)B	۸
۱۲/۳۲(۳/۴۵)B	۱۰/۴۳(۲/۷۱)B	۱۰

* اعداد داخل پرانتز انحراف معیار تیمارها را نشان می‌دهند.

** حروف A و B گروه‌بندی دانکن را نشان می‌دهند.



شکل ۴- مد شکست نمونه‌ها زیر بار کششی. الف) شکست اتصال در حالت فارسی؛ ب) جدا شدن اعضای اتصال در حالت سربه‌سر

مربوط به اثر متقابل نوع اتصال و قطر پین چوبی به میزان (۹۶٪) بوده است و کم‌ترین تغییر در اثر متقابل نوع اتصال و گونه چوب پین به میزان (۵۸٪) مشاهده شده‌است.

جدول ۶ اثر متقابل متغیرهای مورد مطالعه بر ظرفیت تحمل تنش زیر بار کششی را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود، بیشترین تغییر ظرفیت تحمل تنش

جدول ۶- اثر متقابل متغیرهای مورد مطالعه بر ظرفیت تحمل تنش زیر بار کششی

گروه‌بندی دانکن	گوشه بیرونی	گوشه داخلی			
B	۱۳/۱۰(۲/۵۳)*	۱۱/۰۹(۲/۱۴)*	راش	فارسی	نوع اتصال * گونه چوب پین
B	۱۳/۸۹(۳/۶۷)	۱۱/۷۵(۳/۱۰)	ممرز		
A	۸/۷۶(۰/۸۲)	۷/۴۱(۱/۰۴)	راش	سربه‌سر	
A	۹/۱۳(۱/۲۳)	۷/۷۳(۲/۱۴)	ممرز		
A	۱۵/۸۰(۱/۴۲)	۷/۹۵(۱/۲۰)	۶		نوع اتصال * قطر پین چوبی
B	۹/۳۹(۲/۰۲)	۱۲/۲۷(۱/۷۱)	۸	فارسی	
B	۱۴/۵۱(۰/۷۴)	۱۳/۳۷(۰/۶۳)	۱۰		
A	۸/۰۵(۰/۸۲)	۶/۸۱(۰/۶۹)	۶		
A	۹/۴۵(۰/۹۷)	۷/۹۹(۰/۸۲)	۸	سربه‌سر	
A	۹/۲۹(۰/۸۲)	۷/۸۶(۰/۶۹)	۱۰		
AB	۸/۹۸(۱/۵۶)	۷/۶۰(۱/۳۲)	۶		گونه چوب پین * قطر پین چوبی
ABC	۱۰/۷۸(۲/۲۲)	۹/۱۲(۱/۸۷)	۸	راش	
C	۱۲/۵۴(۳/۴۸)	۱۰/۶۱(۲/۹۴)	۱۰		
A	۸/۴۰(۱/۰۵)	۷/۱۱(۰/۸۹)	۶		
C	۱۳/۷۰(۳/۲۵)	۱۱/۵۹(۲/۷۵)	۸	ممرز	
BC	۱۲/۰۹(۳/۶۸)	۱۰/۲۳(۳/۱۱)	۱۰		

* اعداد داخل پرانتز انحراف معیار تیمارها را نشان می‌دهند.

است. علت این امر را می‌توان به سطح تماس بیشتر سطوح اعضاء اتصال به یکدیگر، در اتصال فارسی نسبت به اتصال سربه‌سر نسبت داد. در اتصال‌های ساخته‌شده با پین راش ظرفیت تحمل تنش ۱۳/۵ درصد نسبت به اتصال‌های ساخته‌شده با پین ممرز بیشتر بود. علت

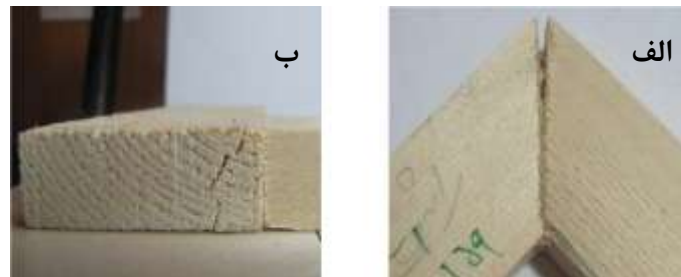
ظرفیت تحمل تنش اتصال زیر بار فشاری

جدول ۷ تأثیر مستقل نوع اتصال، قطر و گونه چوب پین بر ظرفیت تحمل تنش اتصال را زیر بار فشاری نشان می‌دهد. مشاهده می‌شود که ظرفیت تحمل تنش در اتصال فارسی نسبت به اتصال سربه‌سر، ۷۶ درصد بیشتر

می‌توان کم‌تر بودن درجه آزادی در این پین نسبت به پین با قطر ۱۰ میلی‌متر دانست. به عبارت دیگر، تفاوت نزدیک به صفر قطر پین و سوراخ (درجه آزادی) در مورد چوب ماسیو باعث توزیع یکنواخت‌تر چسب در جدار سوراخ پین می‌شود و موجب افزایش استحکام اتصال می‌شود [۱]. در اتصال فارسی زیر بار فشاری اعضای اتصال در ناحیه تحت تنش کششی از هم جدا شدند، اما در اتصال سربه‌سر زیر این نوع بارگذاری شکست در اعضای اتصال مشاهده شده که علت آن به کم بودن مقاومت کشش عمود بر الیاف چوب اعضای اتصال مربوط است (شکل ۵).

جدول ۸ اثر متقابل متغیرهای مورد مطالعه بر ظرفیت تحمل تنش زیر بار فشاری را نشان می‌دهد. مشاهده می‌شود که بیشترین تغییر ظرفیت تحمل تنش مربوط به اثر متقابل نوع اتصال و قطر پین چوبی به میزان (۱۲۵٪) بوده است و کم‌ترین تغییر در اثر متقابل گونه چوب پین چوبی و قطر پین چوبی (۳۰٪) مشاهده شده است.

ظرفیت تحمل تنش بیشتر پین راش نسبت به پین ممرز را می‌توان مقاومت برش موازی با الیاف بیشتر پین راش نسبت به پین ممرز دانست؛ بنابراین می‌توان نتیجه گرفت در حالتی که اتصال تحت بارگذاری فشاری قرار می‌گیرد مقاومت برشی موازی با الیاف پین عامل تعیین‌کننده ظرفیت تحمل تنش اتصال است. مطابق مطالعات Eckelman (۲۰۰۴) با گونه‌های دارای مقاومت برشی موازی الیاف زیاد، به شرط رعایت سایر ملزومات مربوط (کیپ بودن اتصال، توزیع یکنواخت چسب و...) می‌توان با پین، اتصال محکمی ساخت [۱۴]. همان‌طور که در جدول گروه‌بندی دانکن مشاهده می‌شود، بیشترین میزان ظرفیت تحمل تنش مرکب مربوط به پین با قطر ۸ میلی‌متر است. مقدار ظرفیت تحمل تنش مرکب در حالت بارگذاری فشاری با پین به قطر ۸ میلی‌متر نسبت به قطر ۶ میلی‌متر ۴۱ درصد و نسبت به قطر ۱۰ میلی‌متر، ۱۲ درصد بیشتر بوده است. علت بیشتر بودن ظرفیت تحمل تنش پین با قطر ۸ میلی‌متر نسبت به پین با قطر ۱۰ میلی‌متر را



شکل ۵- مد شکست نمونه‌ها زیر بار فشاری. الف) باز شدن اتصال فارسی؛ ب) شکست اعضای اتصال سربه‌سر

جدول ۷- اثر مستقل متغیرهای مورد مطالعه بر مقاومت به لنگر خمشی تحت بارگذاری فشاری

بارگذاری فشاری			
گوشه بیرونی	گوشه داخلی		
۱۴/۸۲(۳/۰۲)*	۱۷/۵۱(۳/۵۷)*	فارسی	نوع اتصال
۸/۴۹(۱/۵۶)	۱۰/۰۴(۱/۸۴)	سربه‌سر	
۱۲/۳۴(۴/۰۵)	۱۴/۵۸(۴/۷۹)	راش	گونه چوب پین
۱۰/۸۷(۳/۸۴)	۱۲/۸۴(۴/۵۴)	ممرز	
۹/۳۳(۲/۴۴)A**	۱۱/۰۳(۲/۸۹)A	۶	قطر پین (mm)
۱۳/۲۴(۴/۵۶)B	۱۵/۶۵(۵/۳۹)B	۸	
۱۱/۷۷(۳/۶۵)B	۱۳/۹۱(۴/۳۱)B	۱۰	

* اعداد داخل پرانتز انحراف معیار تیمارها را نشان می‌دهند.

** حروف A و B گروه‌بندی دانکن را نشان می‌دهند.

جدول ۸- اثر متقابل متغیرهای مورد مطالعه بر ظرفیت تحمل تنش تحت بارگذاری فشاری

گروه‌بندی دانکن	گوشه بیرونی	گوشه داخلی			
B	۱۵/۶۰ (۲/۸۹)*	۱۸/۴۴ (۳/۴۲)*	راش	فارسی	نوع اتصال * گونه چوب پین
B	۱۴/۰۵ (۳/۰۷)	۱۶/۶۰ (۳/۶۳)	ممرز		
A	۹/۰۹ (۱/۶۶)	۱۰/۷۴ (۱/۹۶)	راش	سربه‌سر	
A	۷/۹۶ (۱/۳۰)	۹/۴۱ (۱/۵۴)	ممرز		
B	۱۱/۱۸ (۱/۹۹)	۱۳/۲۱ (۲/۳۶)	۶		نوع اتصال * قطر پین چوبی
D	۱۷/۵۱ (۱/۰۴)	۲۰/۷۰ (۱/۲۳)	۸	فارسی	
C	۱۴/۸۷ (۱/۹۴)	۱۷/۵۷ (۲/۲۹)	۱۰		
A	۷/۷۶ (۱/۵۵)	۹/۱۷ (۱/۸۳)	۶		
A	۸/۹۷ (۱/۳۴)	۱۰/۶۰ (۱/۵۸)	۸	سربه‌سر	
A	۸/۶۷ (۱/۷۲)	۱۰/۲۵ (۲/۰۳)	۱۰		
AB	۱۰/۱۸ (۲/۷۴)	۱۲/۰۳ (۳/۲۴)	۶		
B	۱۳/۳۲ (۴/۹۳)	۱۵/۷۵ (۵/۸۳)	۸	راش	گونه چوب پین * قطر پین چوبی
B	۱۲/۹۹ (۳/۷۳)	۱۵/۳۵ (۴/۴۱)	۱۰		
AB	۸/۶۲ (۲/۱۰)	۱۰/۱۸ (۲/۴۸)	۶		
B	۱۳/۱۶ (۴/۵۰)	۱۵/۵۵ (۵/۳۲)	۸	ممرز	
AB	۱۰/۵۵ (۳/۳۷)	۱۲/۴۷ (۳/۹۸)	۱۰		

* اعداد داخل پرانتز انحراف معیار تیمارها را نشان می‌دهند.

نتیجه‌گیری

شده‌است. در بارگذاری کششی با افزایش قطر پین از ۶ به ۸ میلی‌متر ظرفیت تحمل تنش روند افزایشی داشت ولی با افزایش قطر پین از ۸ به ۱۰ میلی‌متر این روند نامحسوس بود. بیشترین ظرفیت تحمل تنش زیر بار فشاری مربوط به پین با قطر ۸ میلی‌متر بوده‌است. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده در این پژوهش، پیشنهاد می‌شود طراح سازه مبلمان تحلیل و ارزیابی تنش در سازه موردنظر را بر مبنای بارگذاری کششی پایه‌ریزی کند. همچنین استفاده از اتصال فارسی و پین راش با درجه آزادی نزدیک به صفر برای ساخت قاب سازه مبلمان پیشنهاد می‌شود.

در تحقیق حاضر، ظرفیت تحمل تنش مرکب اتصال‌های ساخته‌شده با پین چوبی (راش و ممرز) و اعضای اتصال از چوب نراد در دو حالت بارگذاری کششی و فشاری قطری مورد بررسی قرار گرفته است تا اطلاعات لازم مرتبط با خواص مهندسی این نوع اتصال به دست آید و در محاسبات طراحی سازه‌های مربوط مورد استفاده قرار گیرد. نتایج این مطالعه نشان داده‌اند که ظرفیت تحمل تنش در حالت بارگذاری فشاری نسبت به حالت بارگذاری کششی به میزان ۲۲٪ بیشتر بوده است. در اتصال فارسی نسبت به اتصال سربه‌سر در هر دو حالت بارگذاری (کششی و فشاری) ظرفیت تحمل تنش بیشتری مشاهده

مراجع

- [1] Ebrahimi, G., 2007. Engineering design of furniture structure, Tehran university publication 491p.
- [2] Eckelman, C. A., 2003. Textbook of product engineering and strength design of furniture, West Lafayette (IN), Purdue University Press.
- [3] Jones, A., and Lutes, R., 1993. Handbook of joinery, New York, USA, Sterling Press.

- [4] 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.
- [5] Kurt, S., Uysal, B., Ozcan, C., and Yildirim, M.N., 2009. The effects of edge banding thickness of Uludag Fir bonded with some adhesives on withdrawal strengths of Beech dowel pins in composite materials, *BioResources* 4(4): 1682-1693.
- [6] Norvydas, V., Juodeikiene, I., and Minelga, D., 2005. The influence of glued dowel joints construction on the bending moment resistance, *Materials Science* 11(1): 36-39.
- [7] Bahmani, M., Ebrahimi, G., and 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.
- [8] Jahan Latibari, A., Ghofrani, M., and Noori, H., 2005. Investigation the holding strength of dowel joint constructed of particleboard, *Iranian Journal of Agricultural Sciences* 11(1): 135-148.
- [9] Dalvand M, Ebrahimi G.H., Rostampour Haftkhani A., and Maleki S., 2013. Analysis of factors affecting diagonal tension and compression capacity of corner joints in furniture frame fabricated with dovetail key, *Journal of Forestry Research* 24(1): 155-168.
- [10] Derikvand, M., Smardzewski, J., Ebrahimi, G.H., Dalvand, M., and Maleki, S., 2013. Withdrawal force capacity of mortise and loose tenon T-type furniture joints, *Turkish Journal of Agriculture & Forestry* 37: 377-384.
- [11] Standard Test Methods for Small Clear Specimens of Timber. Annual Book of ASTM Standard, D 143, 2000.
- [12] Standard Test Methods for Specific Gravity of Wood and Wood-Base Materials, Annual Book of ASTM Standard, D 143, 2000.
- [13] Heydari, H., 2011. Fabricating a wooden bearing for combine and evaluating its functionality. MS.C Thesis, Department of wood and paper Science and Technology Faculty of Nature Resource, University of Tehran.
- [14] Eckelman, C. A., 2004. Engineering design of furniture, Purdue University USA, Chap 6.

Investigating the Stress Carrying Capacity of Corner Joints In The Furniture Frame Fabricated With Dowel

Abstract

The goal of this study was to determine stress carrying capacity of doweled corner joints in framed furniture structures. Joint members were out of European silver Fir (*Abies alba*) and dowels were made from Beech and Hornbeam woods as variables in this study. Diameter of dowel had three levels in size, namely 6, 8 and 10 mm. Mitered and Butted experimental joints were tested under diagonal tension and compression loads. Results have shown that stress carrying capacity of tested joints under compressive load is more than that of tension one. Also, stress carrying capacity of mitered joints, under both loading type, was more than that of butted joints. Maximum stress capacity under tension load was observed in mitered joints with dowels of hornbeam which were 8 mm in diameter. Under compressive loads, maximum stress capacity was determined in mitered joints fabricated with dowels out of beech which were 8 mm in diameter. With tension loading, changing diameter of dowels from 6 to 8 mm, stress capacity of joint did increase drastically but from 8 to 10 mm, had no significant effects on joints' capacity. Under compressive load, changing diameter of dowels from 6 to 10 mm had significant effect on capacity of joints. Species of dowel's wood was not effective in tension, but in compression dowels of beech wood had pronounced improvement on joints' capacity.

Key words: Stress carrying capacity, Wooden dowel, Miter joint, Butt joint, Diameter dowel

M. Dalvand^{1*}
S. Maleki²
Gh. Ebrahimi³
A. Rostampour Haftkhani⁴

^{1,4} Phd Student, ³ Professor, Department of Wood and Paper Science & Technology, Faculty of Natural Resources, University of Tehran

² Phd Student, Department of Wood and Paper Science & Technology, Faculty of Natural Resources, University of Tarbiat Modarres

Corresponding author:
m.dalvand@ut.ac.ir
dalvand3@yahoo.com

Received: 2012.05.27
Accepted: 2012.11.17