دوفصلنامهٔ علمی – پژوهشی تحقیقات علوم چوب و کاغذ ایران
جلد 24، شمارهٔ 2 ، صفحهٔ 294-285، (1388)

بررسی مقاومت کششی و گشتاور خمشی در اتصال زبانه وکم در سازه های چوبی

امیر لشگری[1*]، حبیب اله خادمی اسلام[2]، امیرهومن حمصی[3]

1*- مسئول مکاتبات، دانشجوی دکتری رشته مهندسی صنایع چوب و کاغذ، واحد علوم و تحقیقات دانشگاه آزاد اسلامی (تهران)
پست الکترونیک: Lashgari- amir@yahoo.com
2- استادیار، گروه مهندسی صنایع چوب و کاغذ. واحد علوم تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی (تهران)
3- دانشیار، گروه مهندسی صنایع چوب و کاغذ. واحد علوم تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی (تهران)

تاریخ دریافت: آذر 1387 تاریخ پذیرش: اردیبهشت 1388

چکیده

دراین مطالعه، مقاومت کششی،گشتاورخمشی دراتصال زبانه وکم بررسی شده است. طول زبانه درسه مقدار(20، 40،30) میلیمتر و سه نوع گونه چوبی راش *(fagus orientalis)*، توسکا*(Alnus subcordata)* و نوئل *(sitka spruce)* انتخاب شده و تأثیر این عوامل برمقاومت کششی و گشتاور خمشی بررسی شده است. برای ساخت اتصالات T شکل ابعاد عضوها 2/5× 5×9 سانتی متر بوده است. چسب مورد استفاده به عنوان ماده کمکی نیز دراتصالات چسب پلی وینیل استات (PVA) می باشد. از ترکیب عوامل متغیرفوق دربررسی هرمقاومت 9 نمونه بوجود آمده که با توجه به 4 تکرار جمعاً 72 اتصال Tشکل ساخته شده و مقاومت کششی و گشتاور خمشی اتصال ایجاد شده توسط ماشین آزمون مکانیکی اندازه گیری شد. برای اعمال نیروهای مورد نظر برای بررسی مقاومت های مزبور از سرعت بارگذاری معادل با 1/25 میلی متربردقیقه استفاده شد. براساس نتایج بدست آمده اثر متقابل دو عامل طول زبانه و نوع چوب برمقاومت اتصال دربرابر کشش و گشتاورخمشی معنی دار بود. دراین بررسی اتصالات با طول زبانه 30 میلی‌متر درچوب توسکا مقاومت کششی بیشتری نسبت به طول زبانه‌های 20 و 40 میلی‌متری نشان می دهد. دربررسی گشتاور خمشی اتصالات با طول زبانه 30 میلی‌متری در چوب راش مقاومت بیشتری نشان می‌دهند.

واژه‌های کلیدی: اتصال زبانه و کم، مقاومت کششی، گشتاورخمشی

مقدمه

در سازه‌های چوبی، قطعات به طریقی به یکدیگر وصل شده‌اند و اتصالات از بخش‌های اصلی و حلقه‌های حساس بین عناصر یک سازه هستند. اتصالات بار وارده را به طور پیوسته تحمل کرده و بنیان سازه را بوجود می‌آورند. شواهد نشان می دهد که، استفاده انسان از اتصالات چوبی به چند هزار سال می‌رسد؛ گواه این ادعا مطالعه گیرشمان است که عنوان می کند، مردم بومی ایران، که مدتها قبل از مهاجرت آریایی‌ها،در ایران می‌زیستند (4200 سال قبل از میلاد)، از چوب در کلبه سازی استفاده می‌کردند(2). درطراحی اتصالات توجه به سه عامل بسیار حائز اهمیت است:

1- شکست اتصال 2- بهینه کردن مصالح چوبی درمحل اتصال 3- طراحی نادرست و ضعف درساخت اتصال

Archive of SID

www.SID.ir

از آنجا که گردش ساختارهای چوبی به سمت خرابی از نقاط ضعف آنها صورت می گیرد و این نقاط ضعف اتصالات هستند توجه به طراحی اتصالات بسیار پراهمیت است.

بارتون(1974) درکتاب کنده کاری روی چوب تصویری از یک جعبه جواهر ساخته شده در سال 1546 در کشور سوئیس را ارائه می‌کندکه درآن نیز از اتصالات چوبی استفاده شده است(3).

ادبیات موجود درخصوص طراحی مهندسی اتصالات درسازه مبلمان بسیار محدود است. مطالعات کمی برای پیداکردن بارورد برانواع اتصالات (تنش حداکثر) و برحسب اندازه آنها صورت گرفته است و برای فرموله کردن روابط محاسبات طراحی تلاش زیادی صورت نگرفته است علت اساسی دراین ارتباط کم و ناکافی بودن مشاهدات تجربی و زیاد بودن متغیرهای درگیردرمنابع مربوط قید می شود.

بدین جهت همگام با توسعه فناوری‌های جدیدساخت مبلمان، تحقیق در فناوری اتصالات را اجتناب ناپذیر کرده است.

Wilkinson (1991) تحمل بار دوبل چوبی را مورد بررسی قرار داده و نتایج بدست آمده نشان می‌دهد که تحمل باردرجهت دوبل متناسب با جرم ویژه چوب آن است، ولی تحمل بار در دوبل‌هایی که در جهت عمود بر الیاف بارگذاری شوند، متناسب با جرم ویژه و قطر دوبل است (8).

Hill و همکاران (1973)، مقاومت گشتاورخمشی را در اتصال زبانه وکم بررسی کرده و نشان داده است که مقاومت گشتاورخمشی دراین نوع اتصال به طول زبانه، مقاومت برشی موازی الیاف چوب عضوهای اتصال و پهنای زبانه بستگی دارد (5).

Eckelman (2003) مقاومت کششی را در اتصال زبانه وکم مورد بررسی قرارداده است. دراین بررسی که به صورت تجربی و با اعمال بارمکانیکی با سرعت 1/25 میلی متر بردقیقه صورت گرفت نتایج نشان می دهد که طول زبانه باید متناسب با عرض عضو اتصال باشد که درآن کم ایجاد می شود و همچنین مقاومت کششی به کیفیت چسب مصرفی و نوع آن بستگی دارد و با افزایش طول زبانه به علت افزایش سطح چسب خوری مقاومت کششی افزایش می یابد (4).

So-Ra Han و همکاران (2005) مقدار تحمل به فشار و استحکام اتصال دم چلچله را در ساختمان های کشورکره مورد بررسی قرار داده و عنوان می کند که شکست در محل مادگی و یا شکست در میان زبانه اتصال صورت می‌گیرد و با افزایش طول زبانه مقاومت اتصال افزایش می‌یابد (6).

Takuro Mori و همکاران(2005)مقاومت خمشی را دراتصال گوشه ای LFJ[1] را مورد بررسی قرارداده اند. نتایج حاکی از آن است که اتصالاتLFJ تقویت شده با میخ های چوبی، جذب انرژی و مقاومت بیشتری نسبت به اتصالات غیرتقویتی دارند که این افزایش جذب انرژی را دو برابر ذکر می کنند(7).

فرخ پیام (1373) استحکام اتصال با پیچ را روی گونه‌های راش و توسکا اندازه‌گیری کرده است. نتایج مربوط به چوب توسکا نشان داده که این چوب که یک چوب سبک مورد استفاده در ساختمان سازی است، فقط برای محل‌هایی که بار چندان زیادی به آن وارد نمی‌شود

1- large fingeer-Jointed

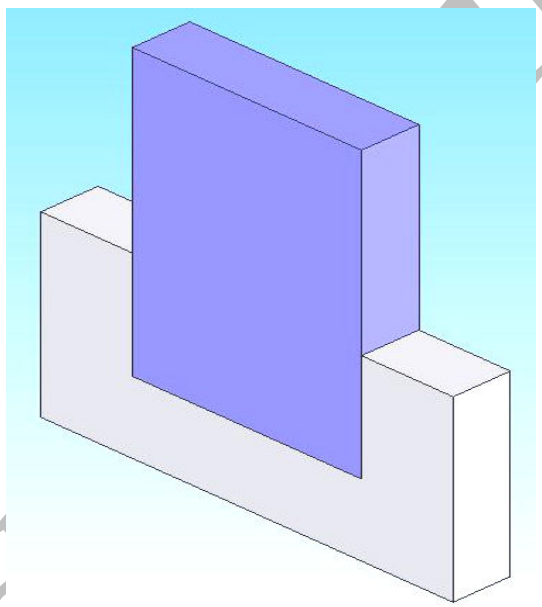
Archive of SID

www.SID.ir

مناسب است. در حالی که نتایج تحمل بار چوب راش نشان داد که این چوب برای استفاده در ساختمان به ویژه برای محل هایی که بارهای دائم بر آن وارد می‌شود، بسیار مناسب تر است (1).

مواد و روشها

مواد اولیه این تحقیق عبارتند از: چوب گونه‌های راش، توسکا، نوئل انتخاب شده و چسب PVA برای تشکیل اتصال به کاررفته است. شکل نمونه های آزمایش بصورت T (به علت بررسی مقاومت ها در انتها به کناره الیاف)(شکل 1) و ابعاد 9×5×2/5 سانتیمتر از هر چوب مورد نظر ساخته شده اند. پس از برش چوبها به ابعاد مورد نظر، نیمی از قطعات بوسیله دستگاه کم کن سوراخ شده و نیمی دیگر بوسیله اره گرد تبدیل به عضو زبانه دار شدند.



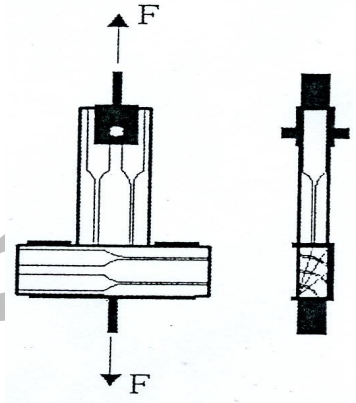
شکل 1- نمونه آزمایش T شکل(برش داده شده ازسمت چپ و راست- ابری)

سپس برای مونتاژ نمونه‌ها، ابتدا زبانه‌ها به چسب آغشته شده و مقداری از چسب نیز در کم قرارگرفته و اتصال T شکل مورد نظر ساخته شد. نمونه‌ها پس از مونتاژ، به مدت یک شبانه روز در پرس نجاری در دمای محیط کارگاه قرارگرفته و پس از آن، به مدت 3 هفته در محیط کارگاه متعادل سازی شدند.

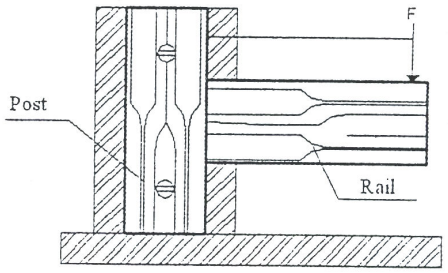
برای آزمایش مقاومت اتصال از دستگاه آزمون مکانیکی، مرکز تحقیقات کلارآباد استفاده شد. این دستگاه داده‌های هر آزمایش را بصورت منحنی ترسیم می کند. اعمال بارتوسط دستگاه آزمون مکانیکی تا مرحله جداسازی عضوهای اتصال از یکدیگر یعنی درمحلی که منحنی اعمال بار افت می‌کند صورت گرفته‌است.

www.SID.ir

سرعت بارگذاری مطابق تحقیقی که توسط Eckelman (2003) برای بررسی مقاومت کششی اتصال دوبل در تخته لایه و O.S.B انجام شده است 1/25 میلیمتر بردقیقه تنظیم شده و نحوه بارگذاری بصورت زیر بوده است(4).(شکل 2و3).



شکل 2- نحوه بارگذاری در بررسی مقاومت کششی



شکل 3- نحوه بارگذاری در بررسی مقاومت گشتاورخمشی

عوامل متغیر این بررسی به شرح زیر می‌باشند.

1- نوع چوب (راش، توسکا و نوئل)

راش*(fagus orientalis)*

توسکا*(Alnus subcordata)*

نوئل *(Sitka spruce)*

2- طول زبانه (20، 30، 40 میلی‌متر)

از ترکیب متغیرهای مختلف 9 ترکیب بوجود آمده و از هر ترکیب چهار نمونه آزمونی (تکرار) برای بررسی هر مقاومت، که جمعا 72 نمونه تحت آزمایش مقاومت کششی و گشتاورخمشی قرار می‌گیرد.

نتایج

میانگین مقاومتهای اتصال محاسبه شده است. اطلاعات داده شده در جدول (1) نشان دهنده میانگین مقاومت کششی اتصال و در جدول (2) نشان دهنده میانگین گشتاورخمشی اتصال می‌باشد.

جدول 1- مقاومت اتصال زبانه و کم در برابر بار کششی (kg)

گونه چوب	مقاومت کششی (kg)		
	طول زبانه (mm)		
	20	30	40
نوئل	199/4	238/475	215
توسکا	231/5	569/62	441/425
راش	358/92	416/2	343/05

Archive of SID

www.SID.ir

جدول 2- مقاومت اتصال زبانه و کم در برابر گشتاورخمشی (kg.cm)

گونه چوب	گشتاورخمشی (kg.cm)		
	طول زبانه (mm)		
	20	30	40
نوئل	130/05	190	210
توسکا	190/9	232/25	286
راش	168/92	225/1	280/7

برای تجزیه و تحلیل آماری مقاومتهای اتصال از تجزیه واریانس و همبستگی استفاده شد. دراین بررسی اثر متغیرها بر مقاومت کششی و گشتاورخمشی اتصال زبانه وکم و تاثیر سطوح مختلف عوامل متغیر بر مقاومتهای مذبور، به صورت مستقل و متقابل بررسی شدند.

جدول 3- تجزیه و تحلیل اثرهای مستقل و متقابل عوامل متغیرها بر مقاومت کششی چوب های مورد بررسی

عوامل متغیرمستقل و متقابل	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F	سطح معنی داری
طول زبانه	125854/02	2	62927/011	989/689	0/0001
گونه	257650/04	2	128825/02	2026/104	0/0001
طول زبانه*گونه	122157/99	4	30539/497	480/312	0/0001

همانطوری که از جدول (3) مشخص است، اثر مستقل طول زبانه بر مقاومت کششی در سطح 99 درصد معنادار است. اثر مستقل گونه بر مقاومت کششی در سطح 99 درصد و اثر متقابل طول زبانه وگونه، بر مقاومت کششی نیز در سطح 99 درصد معنادار است.

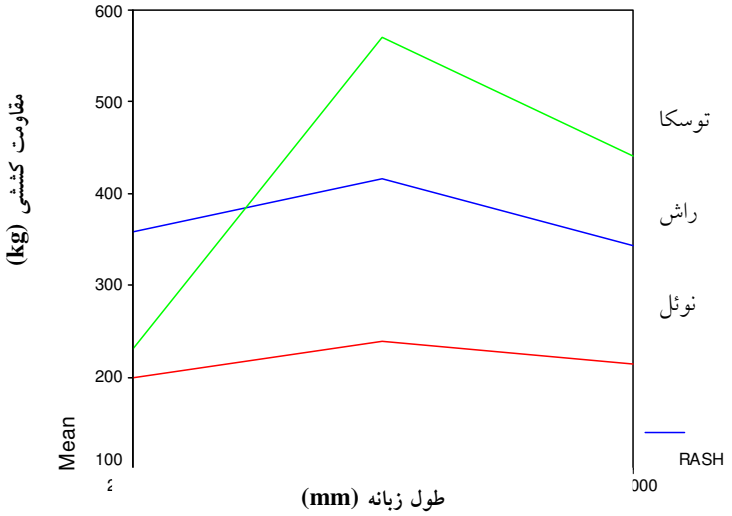
جدول 4- تجزیه و تحلیل اثرها مستقل و متقابل عوامل متغیرها برگشتاورخمشی چوب های مورد بررسی

عوامل متغیرمستقل و متقابل	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F	سطح معنی داری
طول زبانه	24005/562	2	12002/781	173/117	0/0001
گونه	55307/016	2	27653/508	398/849	0/0001
طول زبانه*گونه	2046/804	4	511/701	7/38	0/0001

Archive of SID

www.SID.ir

به علاوه از جدول (4) مشخص است درگونه‌های مختلف اثر متغیر مستقل طول زبانه برگشتاورخمشی در سطح 99 درصد معنادار است. اثر مستقل گونه بر گشتاورخمشی در سطح 99 درصد و اثر متقابل طول زبانه و گونه بر گشتاورخمشی در سطح 99 درصد معنادار است.

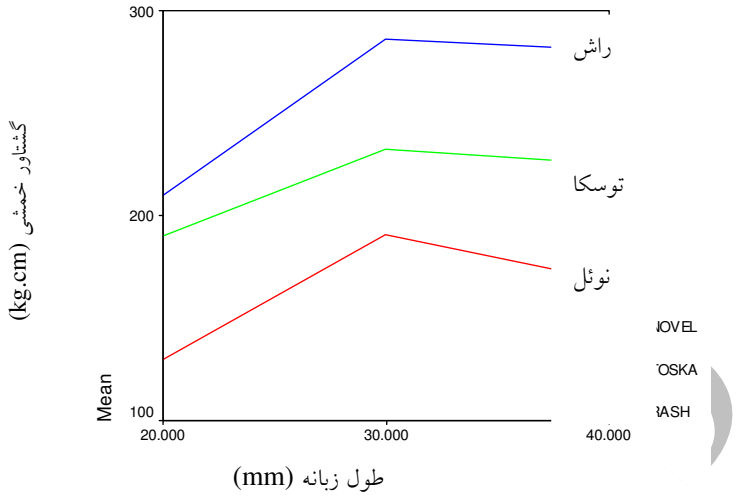


شکل 4- تغییرات مقاومت کششی در اتصال زبانه وکم در سه گونه مورد بررسی

همان طور که از شکل (4) پیدا است با افزایش طول زبانه از 20 میلی متر به 30 میلی متر در تمام گونه‌های مورد بررسی، مقاومت کششی روند افزایشی دارد، ولی با افزایش طول زبانه به40 میلی متر مقاومت کششی کاهش می‌یابد.علت این امر را می توان افزایش سطح چسب خوری دراثر افزایش طول زبانه از 20 به 30 میلی متر دانست درحالی که این افزایش سطح دراتصال با طول زبانه 40 میلی متر نیز وجود دارد ولی قابل ذکر است که دراین اتصال به دلیل افزایش عمق کم به 40 میلی متر از 30 میلی متر دیواره کم ضعیف شده و کاهش مقاومت بیشتری را نسبت به افزایش مقاومت دراثرافزایش سطح چسب خوری به دنبال دارد.با توجه به شکل (4) مقاومت کششی در اتصال زبانه وکم درگونه توسکا بالاتر ازگونه‌های دیگر بوده است.علت این امر را می توان درخط چسب بسیار یکنواخت و صافی که در سطوح اتصالات ساخته شده با چوب گونه توسکا نسبت به دو گونه دیگر جستجو کرد که نتایج حاصل با نتایج آقای Eckelman (2003)مطابقت می‌نماید.

Archive

www.SID.ir



شکل 5- تغییرات گشتاور خمشی در اتصال زبانه وکم در سه گونه مورد بررسی

همان طور که ازشکل (5)پیدا است، با افزایش طول زبانه،از20 به 30 میلی مترگشتاورخمشی افزایش می‌یابد علت این گونه روند تغییرات را می توان کاهش مقاومت بیشتردر اثر افزایش عمق کم نسبت به افزایش مقاومت دراثر افزایش طول زبانه دراتصالات زبانه وکم با طول زبانه 40 میلی متر نسبت به اتصالات با طول زبانه 30 میلی مترجستجو کرد. گشتاور خمشی در اتصالات زبانه وکم با گونه راش مقاومت بیشتری نشان می‌دهد که علت این امر را می‌توان در مقاومت برشی موازی الیاف بیشتر درگونه راش بیان نمود، قابل ذکر است که نتایج حاصل یا نتایج آقای Eckelman (2003)مطابقت می‌نماید.

جدول 5- رگرسیون جهت پیش بینی مقاومت کششی و گشتاور خمشی اتصال زبانه وکم در گونه‌های مختلف

نوع مقاومت	گونه	R	R square	Adjust R	Std. error of estimate
مقاومت کششی	راش	0/202	0/041	-0/055	34/46
	توسکا	0/613	0/376	0/314	120/891
	نوئل	0/394	0/155	0/071	16/27
گشتاور خمشی	راش	0/825	0/681	0/649	21/62
	توسکا	0/71	0/504	0/455	15/55
	نوئل	0/59	0/348	0/283	23/35

چنانکه جدول (5) نشان می‌دهد مقدار R^2 برای تمامی متغیرها درگونه‌های مختلف در هر دو نوع مقاومت، بالا می‌باشد، بجز در مورد مقاومت کششی در گونه راش (0/041) بوده که بیانگر ارتباط و تبیین ضعیف توسط متغیر مستقل برای متغیر وابسته می‌باشد.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول 6- مقادیر F مربوط به تخمین مقاومت کششی وگشتاورخمشی درگونه‌های مختلف

نوع مقاومت	گونه	F	Sig.F
مقاومت کششی	راش	0/424	0/53
	توسکا	6/026	0/034
	نوئل	1/838	0/205
گشتاورخمشی	راش	21/36	0/001
	توسکا	10/18	0/001
	نوئل	5/33	0/043

همان طور کـه در جـدول (6) مشـخص اسـت سـطح معناداری مقدارF برای مقاومت کششی گونه راش بـیش از 0/05 بـوده و همبسـتگی در ایـن گونـه بـرای مقاومـت کششی معنادار نبوده و همچنین در همبستگی پـیش بینـی مقاومت کششی درگونـه نوئـل مقـدار سـطح معنـی داری بـرای F بـیش از 0/05 بـوده و همبسـتگی قابـل اعتمـاد نمی باشد، ولی در سـایر مواردکلیـه معـادلات همبسـتگی ارائه شده معنادار و قابل اعتماد است.

جدول 7- ضرایب همبستگی

نوع مقاومت	گونه	مقدار ثابت	B	Std.error	β	T	sig
کششی	راش	396/52	-0/793	1/219	-0/022	0/651	0/53
	توسکا	99/39	10/49	4/27	0/613	2/455	0/034
	نوئل	194/20	0/78	0/575	0/394	1/356	0/205
گشتاورخمشی	راش	152/85	3/53	0/765	0/825	4/62	0/001
	توسکا	163/11	1/755	0/55	0/71	3/19	0/001
	نوئل	105/82	1/907	0/826	0/59	2/39	0/043

معادله کلی جهت پیش بینی مقاومت کششی و گشتاور خمشی درگونه های مختلف برای اتصـال زبانـه وکـم بـه شرح زیر می‌باشد.

$$W = C + (B \times L)$$

$$Mr = C + (B \times L)$$

کـه در آن؛ C؛ مقـدار ثابـت، W؛ مقاومـت کششـی، Mr؛ گشتاورخمشی، L؛ طول زبانه و B ؛ضریب همبستگی می‌باشد.

نتایج

براساس نتایج بدست آمده اثر مستقل عوامـل متغیـر و اثرمتقابل این عوامل بر مقاومت کششـی وگشتاورخمشـی

Archive of SID

www.SID.ir

اتصال زبانه وکم در سطح 99 درصد معنادار است. براساس این نتایج اتصال زبانه وکم با طول زبانه 30 میلی‌متر درگونه توسکا مقاومت کششی بالاتری از خود نشان می دهد.علت این امر این است که گونه توسکا به علت پرزدارنشدن سطح زبانه و حفره کم خط چسب بسیاریکنواخت و هموواری ایجاد می کند که درتمام سطوح اتصال دارای ضخامت کم و یکنواخت است و چسبندگی مناسبتری را نسبت به دو گونه دیگر ایجاد می‌کند ومقاومت اتصال را دربرابر بارکششی افزایش می‌دهد. علت دیگر که به این افزایش مقاومت می‌تواند کمک کند نفوذ پذیری بیشتر چوب توسکا دربرابر چسب‌زنی است. درهرسه چوب مورد بررسی با افزایش طول زبانه از 20 به 30 میلی متر مقاومت کششی افزایش می‌یابد و از 30 به 40کاهش می یابد که دلیل این امر را می توان عدم تناسب بین عرض عضو کم وطول زبانه دانست که باعث ضعیف شدن دیواره عضو کم دراتصالات با طول زبانه 40 میلیمتر می شود که شکست سریع این اتصالات درآزمون اتصالات نشان دهنده این موضوع است دربررسی مقاومت گشتاورخمشی با افزایش طول زبانه از 20 به 30میلی متر گشتاور خمشی افزایش می یابد ولی با افزایش طول زبانه به 40 میلی متر گشتاور خمشی درهرسه چوب مورد بررسی کاهش می یابد که دلیل این امر عدم تناسب بین عرض عضو کم وطول زبانه است که ضعف کم را دراتصالات با طول زبانه 40 میلی متر بدنبال دارد. از آنجایی که افزایش طول زبانه روند مثبتی را درمقاومت گشتاور خمشی بدنبال دارد ولی دراتصال زبانه وکم با طول زبانه 40 میلی متر، کاهش مقاومت حاصل از کم با عمق 40 میلی متر بیشتر از افزایش مقاومت اتصال دراثرطول زبانه 40 میلی متری است نسبت به اتصال زبانه وکم با طول زبانه 30 میلی متر. اتصالات ساخته شده با چوب راش که دارای طول زبانه 30 میلی متر هستند مقاومت خمشی بیشتری نسبت به دیگر اتصالات از خود نشان می دهند که دلیل این امر را می توان مقاومت برشی موازی الیاف بیشتر چوب راش بیان نمود که دراتصال زبانه وکم، تنش ایجاد شده درزبانه به علت تکیه گاهی که به دیواره کم دارد هرچه چوب مقاومت برشی موازی الیاف بالاتری داشته باشد تنش ایجاد شده دردیواره کم کمتر و بدنبال آن مقاومت خمشی افزایش می یابد. قابل ذکر است که نتایج حاصل دربررسی گشتاورخمشی اتصال زبانه وکم با نتایج آقای Eckelman (2003)مطابقت نماید.

منابع مورد استفاده

- فرخ پیام، س. 1373. اندازه گیری استحکام اتصال با پیچ روی گونه‌های راش و توسکا. پایان نامه کارشناسی ارشد صنایع چوب و کاغذ. دانشکده منابع طبیعی. دانشگاه تهران.
- ویلکینسون، ژگ. 1375. حفاظت صنعتی چوب. انتشارات دانشگاه تهران. چاپ اول.

-Barton, W. 1974. Chip carving techniques and patterns. Sterling publishing co. vol .1, pp. 736.

-Eckelman,C.2003. Textbook of product engineering and strength design of furniture Purdue Univ. West Lafyett, IN.

-Hill, M. D. & C.A, Eckolman.1973. Flexibility and bending strangth of mortise and tenon joints. Furniture Design and Manufacturing. Vol. 45, No's 1 and 2.

-Han,S. R & Jasles,J. (2005). Mechanical performanes of Korean traditional wooden building of the column- girder tenon- joint by joint type, Seoul, Pepublic of Korea.

-Mori, T.&komatsu,k.(2005). Rein forcement of large fingeer- Jointe coner frame connections. Kyoto university.

-Wilkinson, T.L. 1991. Dowel bearing strength. Research paper forest products labrotary. No. FPL-505, 9p.

Archive of SID

www.SID.ir

Inestigation on withdrawal strength and moment resistance of mortise and tenon joint

lashgari, A.[*1] , Khademi – eslam, H.[2] , Hemmasi, A. H.[3]

1*- Corresponding author, Ph. D- student of wood and paper science. Scienc and Research Branch Azad university
E-mail: lashgari-amir@yahoo.com
2- Assist – of wood and paper science Science and Research branch, Azad university
3-Assistant prof. of wood & paper Technology Dept. Science and Research Branch Azad university.

Received: Nov, 2008 Accepted: May, 2008

Abstract

The influence withdrawal strength and bending moment of mortise and tenon joint is investigated. Based on vast application of this type of different length of joint, the effect of tenon lengths (20 , 30, 40, mm) and wood type (beech, alder,spruce) These strength properties is investigated. 9 combination of variables and total of 72 T-shape samples were tested at loading rate of 1.25 mm/min. The combination of variables significantly in fluences the load bearing capacity of joint. Joint produced with tenon lenghts of 30 mm and alder wood showed highest withdrawal strength and the joint produced at the tenon length and beech wood showed highest bending moment so this combination of variables is recommended.

Keywords: mortise and tenon joint, withdrawal strength,bending moment.

Archive of SID

www.SID.ir