بررسی گشتاور خمشی و مقاومت انفصالی اتصال کم وزبانه درسازه‌های چوبی

رضا بخشی[1]، **عبدالله نجفی**[2]، **ذات الله آبادیان**[3]، **مجید کیایی**[4]

تاریخ دریافت: 90/7/5 تاریخ پذیرش: 90/11/8

چکیده

این مطالعه با هدف بررسی متغیرهای مختلف بر اتصال کم و زبانه ساخته‌شده از چوب گونه‌های راش و نوئل، جهت پیش‌بینی گشتاورخمشی با فاصله 7 و 10سانتی‌متر از تکیه‌گاه و مقاومت‌انفصالی آن انجام شده‌است. طول زبانه اتصال دراین-تحقیق در دو حالت 30و 40 میلی‌متر انتخاب شد، که چوب‌آلات مصرفی آن در دو وضعیت هوای‌آزاد و کوره چوب‌خشک کنی خشک گردید. چسب پلی‌وینیل‌استات(PVA) به‌عنوان ماده‌کمکی در اتصالات استفاده شد. از ترکیب عوامل متغیر در بررسی هر مقاومت 8 تیمار به‌وجود آمد که باتوجه‌به سطوح متغیرها و3 تکرار، جمعاً 72 اتصال T شکل ساخته‌شد و مقاومت‌انفصالی و گشتاورخمشی در دو فاصله 7 و10 سانتی‌متراز تکیه‌گاه توسط ماشین آزمون مکانیکی با سرعت بارگذاری 1/2 میلی‌متر بردقیقه اندازه‌گیری شد. براساس نتایج حاصل، اثر مستقل گونه‌چوبی در گشتاورخمشی با فاصله10 سانتی‌متراز تکیه‌گاه، اثر مستقل طول‌زبانه در گشتاورخمشی با فاصله7 سانتی‌متر از تکیه‌گاه، اثر مستقل روش خشک‌کردن و اثر متقابل مقاومت‌انفصالی گونه‌چوبی و طول‌زبانه، روش‌خشک‌کردن و طول‌زبانه با اعتماد95% معنی‌دار شده‌است، در سایر موارد تاثیر معنی‌دار مشاهده نمی‌شود. در این تحقیق اتصال با طول‌زبانه30 میلی‌متر نسبت به اتصال با طول‌زبانه40 میلی‌متر و نیز اتصال ساخته‌شده از گونه راش نسبت به گونه نوئل مقاومت بیشتری از خود نشان داند.

واژه های کلیدی: اتصال کم و زبانه، مقاومت انفصالی، گشتاور خمشی، راش، نوئل

1- استادیارگروه صنایع چوب و کاغذ دانشگاه آزاد اسلامی واحد چالوس

2- استادیارگروه صنایع چوب و کاغذ دانشگاه آزاد اسلامی واحد چالوس

3- دانشجوی کارشناسی ارشد رشته صنایع چوب و کاغذ دانشگاه آزاد اسلامی واحد چالوس

4- عضو هیأت علمی گروه صنایع چوب و کاغذ دانشگاه آزاد اسلامی واحد چالوس

مقدمه

چوب ماده‌ای است آلی و طبیعی، که در زندگی انسان از اهمیت ویژه ای برخوردار است. برداشت بی‌رویه از منابع جنگلی جهت مصرف سرانه دنیا، باتوجه‌به رشد جمعیت موجب تهدید این منابع خدادادی خصوصاً در کشور ما شده و عدم ارایه راهکارهای لازم، موجب نابودی جنگل و کم‌شدن سرانه جنگل گردیده‌است، که برای جبران این کمبود، افزایش عمر محصولات چوبی ازطریق اصلاح چوب‌آلات به روش های مختلف و نیز افزایش استحکام اتصالات میسر می گردد. در روش اول می توان چوب‌آلات کم‌دوام را به چوب آلات بادوام تبدیل نمود[6]و در روش دوم افزایش مقاومت مکانیکی اتصالات بکار رفته در سازه‌های چوبی موجب افزایش عمرمفید آنها خواهدشد، که در کشور ما کمتر به آن بها داده-شده‌است. همین امر باعث تخریب سریع اتصالات و کاهش عمر مصرف کالاهای ساخته شده می‌گردد، که به‌نوبه‌خود برداشت چوب از منابع جنگلی را افزایش خواهد داد[1]. لذا علاوه-بر استفاده از ماشین‌آلات پیشرفته در ساخت اتصالات مختلف، باید قبل‌از ساخت، شکل، نوع و ابعاد کالا را بر حسب بارهای وارد به آن، از طریق انجام آزمایشات مختلف ارزیابی نمود. در تولید مصنوعات فلزی این مقاومت‌ها از قبل به-دست آمده و از طریق جداول مختلف در اختیار تولیدکنندگان قرار می‌گیرد، از آن‌جایی که چوب ازنظر گونه و جهت‌های مختلف برش، دارای خصوصیات یکسانی نمی‌باشد، وجود یک جدول نمی‌تواند معیاری جهت تعیین ابعاد، نوع و شکل اتصالات باشد.

هیل[1] و همکاران (1973)مقاومت گشتاور-خمشی اتصال کم و زبانه را بررسی نمودند و به این نتیجه دست‌یافتند که مقاومت گشتاورخمشی در این نوع اتصال به‌طول‌زبانه ، مقاومت برشی موازی الیاف چوب عضوهای اتصال و پهنای‌زبانه بستگی دارد[7].

اکلمن[2] (2003) مقاومت‌کششی اتصال کم و زبانه را مورد بررسی قرار داد. نتایج این بررسی که به‌صورت تجربی و با اعمال بارمکانیکی با سرعت 1/25 میلی‌متر بر دقیقه صورت گرفت، نشان داد که طول‌زبانه با عرض عضو اتصال که در آن کم ایجاد می‌شود، متناسب است. همچنین مقاومت‌کششی به کیفیت چسب مصرفی و نوع آن بستگی دارد و با افزایش طول‌زبانه به علت افزایش سطح چسب‌خوری مقاومت‌کششی افزایش می‌یابد[9].

نتایج تحقیقات اکلمن (1969) نشان‌داده‌است که ضرورت چسب‌کاری دوبل چوبی و دیواره-سوراخ مورد اتصال جهت ایجاد حداکثر مقاومت ضروری است، نتایج این تحقیقات نشان دهنده افزایش مقاومت اتصال دوبل‌چوبی با افزایش مصرف چسب، فارغ از نوع چسب مورد استفاده است[11].

سوراهام[3] و همکاران (2005) مقدار تحمل‌به فشار و استحکام اتصال دم‌چلچله را در ساختمان‌های کشور کره مورد بررسی قرار دادند

1-Hill
2-Eckelman
3-So-Raham

و عنوان کردند که شکست در محل مادگی یا در زبانه اتصال صورت می‌گیرد و با افزایش طول-زبانه، مقاومت اتصال افزایش می‌یابد[11].

نتایج بررسی تحمل‌بار دوبل توسط ویلکینسون[4](1991) نشان داد که تحمل بار دوبل بارگذاری شده در راستای الیاف متناسب با جرم-ویژه‌چوب است ولی تحمل بار در دوبل‌هایی که درجهت عمودبرالیاف بارگذاری شده‌اند متناسب با جرم‌ویژه و قطر دوبل می‌باشند[10].

لشکری و همکاران (1388) بررسی مقاومت-کششی و گشتاورخمشی در اتصال کم و زبانه گونه‌راش، توسکا و نوئل را مورد بررسی قرار-دادند و به این نتیجه رسیدند که اتصال کم و زبانه با طول زبانه 30 میلی‌متر در گونه توسکا مقاومت‌کششی بالاتری از خود نشان می‌دهد که علت آن‌را به پرداخت مناسب سطح‌چوب توسکا و نفوذپذیری چسب در آن نسبت دادند. ولی در گونه‌راش زبانه به طول 30 میلی‌متر مقاومت-خمشی بیشتری نسبت‌به سایر گونه‌ها نشان می-دهد، که علت آن به مقاومت‌برشی بالای چوب-راش نسبت داده می‌شود، زیرا افزایش مقاومت-برشی باعث کاهش تنش شده و مقاومت‌خمشی را افزایش می‌دهد[4].

ویسی و همکاران (1388) تاثیر ارتفاع و ضخامت زبانه‌اتصال ساخته‌شده از گونه‌های راش و ممرز روی مقاومت‌خمشی اتصال کم و زبانه را مورد بررسی قرار دادند. در این تحقیق اثر متغیرهای ارتفاع زبانه اتصال در سه سطح 2/5، 3/75 و 5 سانتی‌متر و پهنای شانه عضو حامل-زبانه در سه سطح 0/25، 0/125و 0/375 سانتی-متر و در دو گونه‌چوبی راش و ممرز بر مقاومت اتصال در زیر بارخمشی بررسی شده است نتایج نشان می‌دهد که بالاترین میزان ظرفیت لنگر-خمشی در اتصالات ساخته‌شده با گونه‌چوبی ممرز با ارتفاع 5 سانتی‌متر و پهنای شانه 0/25 سانتی‌متر ایجاد می‌شود[5].

مواد و روش‌ها

در این تحقیق از گونه چوبی راش ونوئل و چسب پلی‌ونیل‌استات (PVA) برای ساخت اتصال استفاده شد. شکل اتصال به‌صورت T و ابعاد عضوهای آن 3 ×5×15سانتی‌متر در نظر گرفته شد[8]. گونه راش از جنگل‌های هزار جریب بهشهر، طرح جنگلداری وصا، پارسل123، ارتفاع 1800 متری از سطح دریا، ونوئل از گونه-های وارداتی روسیه انتخاب شد.

ویژگی‌های فیزیکی گونه‌راش و نوئل جهت انجام آزمایش در جدول1 تنظیم شده‌است، این دو گونه به‌ترتیب با رطوبت اولیه28% و 19% در مکان سرپوشیده دسته‌بندی گردید، تا به رطوبت نهایی مورد نظر برسند. درخصوص فرایند چوب-خشک‌کنی از کوره اتوماتیک دانشکده فنی شماره 2 ساری استفاده گردید. برای محاسبه درصد رطوبت از فرمول زیر استفاده شد.

4-Wilkinson

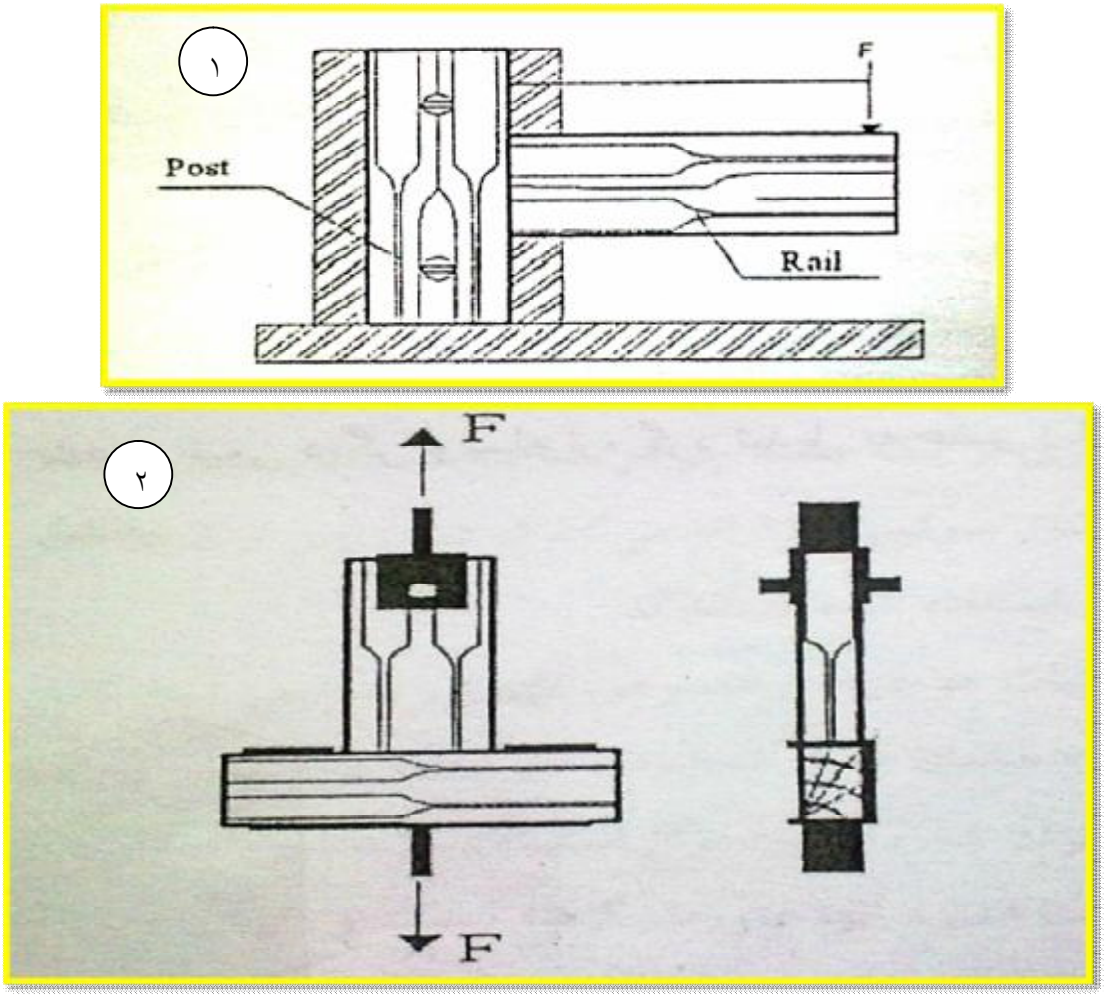
100× (وزن چوب خشک/ وزن چوب خشک - وزن چوب مرطوب)= درصدرطوبت

جدول1- جرم‌ویژه و درصد رطوبت نهایی نمونه های آزمونی

گونه‌چوبی	جرم‌ویژه‌خشک(gr/cm^3)	درصد رطوبت نهائی
راش	0/65	11/7
نوئل	0/41	12/3

عوامل‌متغیر این بررسی نوع‌چوب (راش،نوئل)، شرایط خشک کردن (کوره، هوای-آزاد) و طول‌زبانه(30 و 40 میلی‌متر) بودند. پس-از آماده‌شدن چوب به ابعاد مورد نظر، ساخت کم با ماشین کم‌کن (سر مته 10 میلی‌متر) و زبانه توسط دستگاه اره‌نواری و ماشین دیوالت، انجام گرفته‌است. سپس برای مونتاژکردن نمونه‌ها زبانه‌وکم به چسب آغشته شده و داخل هم قرار گرفتند و با ایجاد فشار به‌وسیله تنگ‌نجاری (گیره بزرگ) اتصال T شکل موردنظر ساخته شد. نمونه ها پس از مونتاژ، به‌مدت 24 ساعت در محیط کارگاه قرار گرفتند تا چسب آنها خشک گردد، همچنین این نمونه‌ها برای متعادل-سازی به‌مدت یک هفته در محیط کارگاه قرار داده شدند.

برای انجام آزمایش مقاومت‌مکانیکی اتصال از-دستگاه آزمون‌مکانیکیِ(Dartec) دانشگاه تربیت-مدرس نور استفاده شد. این دستگاه داده‌های هر آزمایش را بصورت منحنی ترسیم کرده واعمال‌بار توسط دستگاه آزمون مکانیکی تا مرحله جداسازی عضوهای اتصال از یکدیگر یعنی در محلی که منحنی اعمال بار افت می‌کند، صورت گرفته‌است. سرعت بارگذاری مقاومت‌کششی اتصال 1/2میلی-متر بر دقیقه تنظیم شد و نحوه بارگذاری مطابق شکل1 انجام گردید[9].



شکل1- نحوه بارگذاری گشتاورخمشی(1) و مقاومت‌انفصالی(2)

مقاومت‌های اندازه‌گیری شده به‌ترتیب زیر می-باشند:

- گشتاورخمشی با فاصله 7 سانتی‌متر از تکیه‌گاه
- گشتاورخمشی با فاصله 10 سانتی‌متر از تکیه‌گاه
- مقاومت‌انفصالی

از ترکیب عوامل متغیر در بررسی هر مقاومت 8 تیمار به‌وجود آمد که باتوجه‌به سطوح متغیرها و3 تکرار جمعاً 72 اتصال T شکل ساخته‌شد و مقاومت انفصالی و گشتاورخمشی در دو فاصله 7 و10 سانتی‌متراز تکیه‌گاه مورد بررسی قرار گرفت.

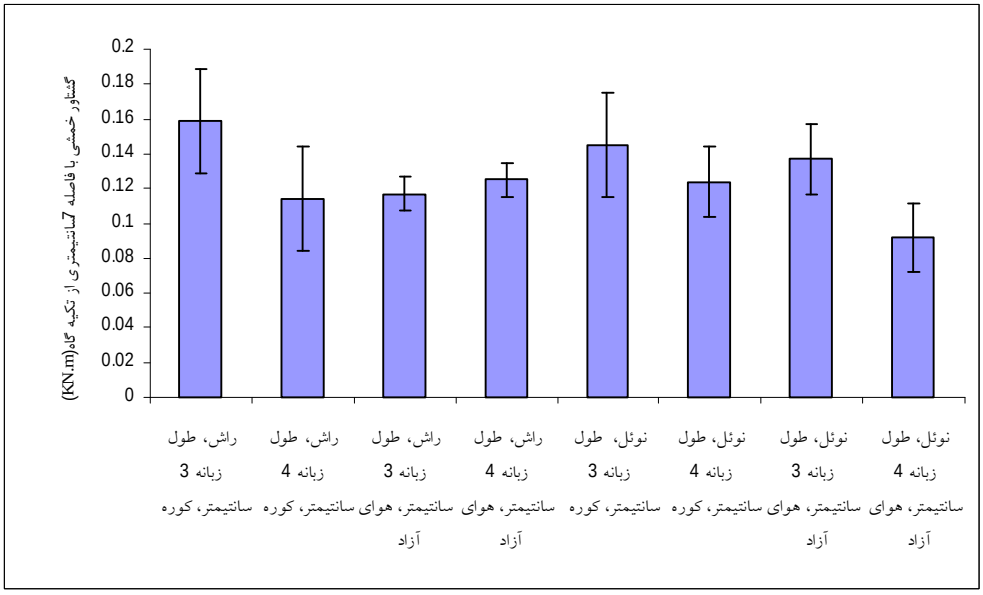
برای تجزیه و تحلیل آماری مقاومت‌های مورد مطالعه از تجزیه واریانس اثر مستقل و متقابل(طرح فاکتوریل) عوامل متغیر بر گشتاور خمشی با فاصله 7 و 10سانتی‌متر از تکیه‌گاه و

مقاومت‌انفصالی بااستفاده‌از نرم افزار SPSS استفاده گردید.

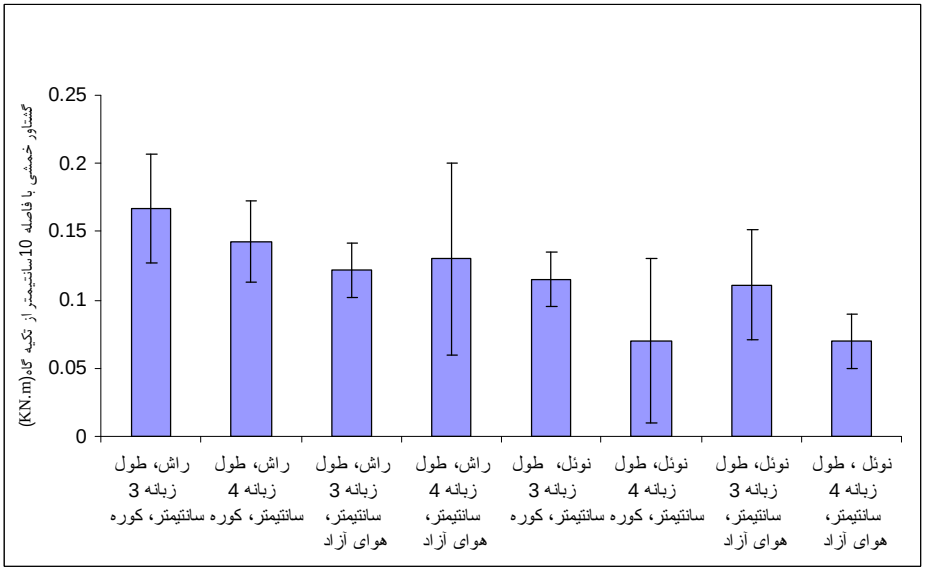
نتایج

مقادیر گشتاورخمشی اتصال کم و زبانه با فاصله 7 و 10 سانتی‌متر از تکیه‌گاه به‌ترتیب در شکل2 و 3 نشان داده‌شده‌است، بیشترین مقدار گشتاورخمشی با فاصله 10 از تکیه‌گاه در کوره، گونه‌راش و طول‌زبانه 3 سانتی‌متر و کمترین مقدار گشتاورخمشی با فاصله 10 سانتی‌متر از تکیه‌گاه در هوای آزاد، گونه نوئل و طول‌زبانه 4 سانتی‌متر مشاهده می شود.

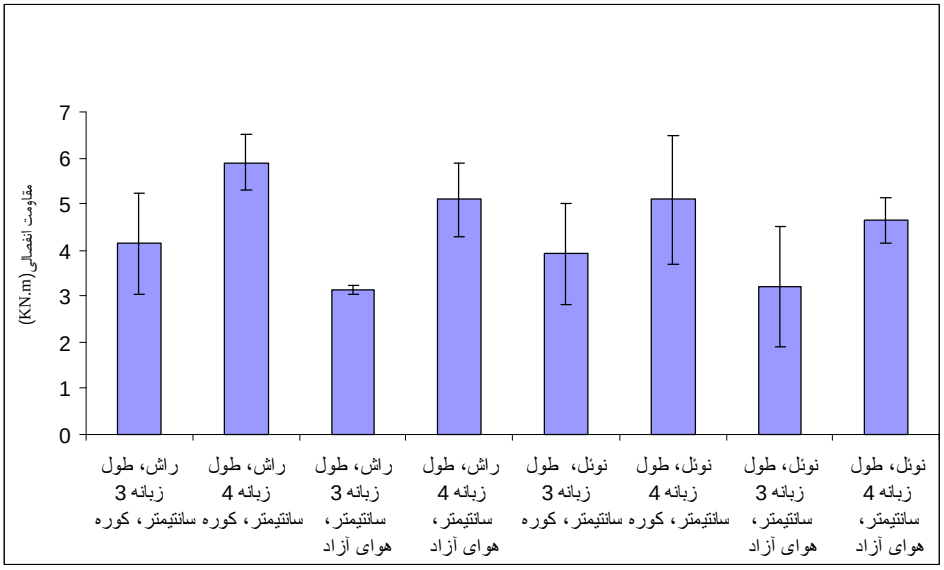
مقادیر مقاومت‌انفصالی اتصال کم و زبانه در شکل4 نشان داده‌شده‌است، بیشترین مقدار مقاومت‌انفصالی مربوط به گونه راش، در کوره با طول‌زبانه 4 سانتی‌متر و کمترین مقدار مقاومت-انفصالی درگونه راش، هوای آزاد و طول زبانه 3 سانتی‌متر مشاهده شد.



شکل2- مقادیرگشتاورخمشی اتصال کم و زبانه با فاصله 7 سانتی‌متر از تکیه‌گاه



شکل3- مقادیرگشتاورخمشی اتصال کم و زبانه با فاصله 10 سانتی‌متر از تکیه‌گاه



شکل4- مقادیر مقاومت‌انفصالی اتصال کم و زبانه

همان‌طوری‌که از جدول 2 استنباط می‌گردد، اثر مستقل طول زبانه اتصال کم و زبانه بر گشتاور خمشی با فاصله 7 سانتی‌متر از تکیه‌گاه و اثر مستقل گونه چوبی بر گشتاورخمشی با فاصله 10 سانتی‌متر از تکیه‌گاه در سطح اعتماد 95% معنی‌دار است.

اثر مستقل روش‌خشک‌کردن و اثر متقابل گونه-چوبی× طول‌زبانه و نیز اثر متقابل روش‌خشک-کردن× طول‌زبانه بر مقاومت‌انفصالی اتصال کم و زبانه در سطح اعتماد 95% معنی‌دار می باشد ولی سایر اثرات مستقل و متقابل گشتاورخمشی و مقاومت‌انفصالی معنی‌دار نمی‌باشد.

جدول2- تجزیه واریانس اثرمستقل و متقابل عوامل متغیر برگشتاورخمشی و مقاومت‌انفصالی اتصال کم وزبانه

عوامل متغیر	گشتاورخمشی با فاصله 7 سانتی-متر از تکیه گاه		گشتاورخمشی با فاصله 10 سانتی‌متر از تکیه‌گاه		مقاومت‌انفصالی	
	F	سطح معنی‌داری	F	سطح معنی‌داری	F	سطح معنی‌داری
گونه	0/138	0/714	4/846	0/043	1/671	0/215
روش‌خشک‌کردن	3/161	0/094	3/062	0/099	4/667	0/046
طول‌زبانه	6/450	0/022	0/001	0/980	0/002	0/965
گونه×روش	0/015	0/906	0/001	0/988	2/758	0/116
گونه×طول‌زبانه	0/585	0/455	1/064	0/318	5/201	0/037
روش×طول‌زبانه	0/575	0/459	0/941	0/347	9/308	0/008
گونه×روش×طول	3/635	0/075	0/248	0/625	0/665	0/427

بحث و نتیجه‌گیری

باتوجه‌به این‌که اتصال کم و زبانه به‌طور وسیعی در ساختار انواع قاب مبلمان خصوصاً قاب صندلی به‌کار می‌رود، مطالعه پیرامون مقاومت این اتصال از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. زیرا افزایش مقاومت‌اتصال باعث مستحکم‌تر شدن قاب مبلمان و در نهایت سازه موردنظر می‌گردد و از سوی دیگر مطالعات مختصری پیرامون مقاومت‌اتصال کم و زبانه بر روی گونه‌های چوبی انجام شده که قابل تعمیم در صنعت مبلمان کشور نیست. بنابراین در این تحقیق اثر متغیرهای گونه‌چوبی، طول‌زبانه، شرایط‌خشک‌کردن برروی حداکثرظرفیت گشتاورخمشی وحداکثرظرفیت مقاومت‌انفصالی این اتصال بررسی شده که باید با به‌دست آوردن مقاومت‌های مجاز جهت پیش‌بینی گشتاورخمشی و مقاومت‌انفصالی خصوصاً چوب نوئل و راش، سعی در بهینه‌کردن ساخت این اتصال بر پایه اصول علمی نمود[4].

اهمیت چوب حاصل‌از جنگل در صنایع و مصارف ساختمانی و سنتی، نیاز به اطمینان زیاد از سازه ها و محصولات ساخته‌شده چوبی، امکان پیش‌بینی مقاومتهای مجاز سازه‌ها، صرفه‌جوی اقتصادی در ساخت محصولات و سازه‌های چوبی باعث‌شده که در زمینه کاربرد مهندسی‌شده چوب تأکید زیادی گردد[3].

در این تحقیق مقاومت‌انفصالی گونه‌های خشک‌شده در کوره دارای بالاترین مقاومت محاسبه شده می باشد، که در سطح اعتماد 95% معنی‌دار می باشد، بنابراین فرایند چوب‌خشک-کنی علاوه‌بر مزایای بیشمار(افزایش کیفیت، عایق‌پذیری در مقابل گرما و جریان برق، بهبود خواص تکنولوژیک و مقاومت در مقابل عوامل بیولوژیک) منجربه افزایش مقاومت‌انفصالی اتصال کم و زبانه می‌گردد[2]، دلیل این امر این‌است‌که به‌علت پرزدار نشدن سطح زبانه و حفره کم، خط چسب یکنواخت و همواری ایجاد می‌شود که در تمام سطوح اتصال، دارای ضخامت کم و

یکنواخت است، علت دیگر که به این افـزایش مقاومت می‌تواند کمک کند، نفوذپذیری بیـشتر چوب کوره رفته در برابر چسب‌زنی است[4].

گشتاورخمشی در هر دو گونه راش و نوئل با طول زبانه 3 سانتی‌متر بیشتر از طول‌زبانه 4 سانتی‌متر است . دلیل این امر عدم تناسب بین عرض عضو کم و افزایش عمق از 3 سانتی‌متر به 4 سانتی‌متر است که باعث ضعیف‌شدن دیواره‌ی کم شده‌است که ضعف کم را با زبانه 4 سانتی‌متر به‌دنبال دارد. این ویژگی در کاربردهای مهندسی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است[4].

چوب راش با طول‌زبانه 3 سانتی‌متر مقاومت بیشتری نسبت‌به چوب نوئل از خود نشان داده که دلیل این امر را می‌توان به افزایش مقاومت‌برش-موازی‌الیاف چوب راش نسبت‌به چوب‌نوئل دانست، در اتصال کم و زبانه، تنش ایجادشده در زبانه به‌علت تکیه‌گاهی که به دیواره کم دارد، باعث افزایش مقاومت‌برش موازی الیاف می‌گردد، بنابراین تنش ایجاد شده در دیواره کم کمتر بوده و به‌دنبال آن مقاومت‌خمشی افزایش می-یابد[4و9].

با توجه به نتایج به‌دست‌آمده، نمونه‌های گونه-راش مقاومت بیشتری نسبت به گونه‌نوئل دارد. یکی از دلایل این مساله بالابودن جرم‌ویژه چوب راش نسبت‌به چوب نوئل می باشد[3]، زیرا در اتصالات ساخته‌شده با جرم‌ویژه بالاتر، سطح چسب خور روی کم و زبانه جامدتر بوده و سبب جلوگیری نسبی از نفوذ چسب به داخل چوب و گرسنگی خط اتصال می‌شود. بدین ترتیب خط اتصال قوی‌تری بین کم و زبانه روی چوب با جرم‌ویژه بالا تشکیل می شود و به‌دنبال آن استحکام اتصال افزایش پیدا می‌کند[4].

مقاومت انفصالی زبانه با طول 4سانتی‌متر در این تحقیق، بیشتر از زبانه با طول 3 سانتی‌متر مشاهده شد، طبق نتایج اکلمن(2003) مقاومت اتصال کم وزبانه در برابر نیروی انفصالی تحت تاثیر طول زبانه قرارداشته و با افزایش عمق نفوذ زبانه، سطح تماس اتصال افزوده می‌شود[9]، بنابراین با مقایسه اتصالات بررسی‌شده می توان نتیجه گرفت، سازه‌هایی که از اتصال کم و زبانه ساخته‌شده‌اند و در معرض نیروهای انفصالی قرار می‌گیرند، بهتر است از طول زبانه4 سانتی‌متر استفاده شود، و اتصالاتی که در معرض گشتاور-خمشی قرار می‌گیرند با طول‌زبانه 3 سانتی‌متر طراحی و ساخته شوند[4].

سپاسگزاری

این مقاله مستخرج از پایان‌نامه مقطع کارشناسی ارشد می‌باشد. بدین وسیله از مسوولین دانشگاه‌آزاداسلامی واحدچالوس و همچنین مسوولین محترم آزمایشگاه صنایع چوب و کاغذ دانشگاه تربیت‌مدرس نور صمیمانه تقدیر و قدردانی می‌شود.

منابع

1- ابراهیمی، ق.، 1386. طراحی مهندسی سازه های مبلمان.انتشارات دانشگاه تهران. چاپ اول.491 صفحه

2- ابراهیمی، ق.، فائزی پور، م.، 1373. چوب خشک کنی در کوره. انتشارات دانشگاه تهران. 460 صفحه

3- بادیک،ژ.، جین،ب. مکانیک چوب وفرآورده های مرکب آن. مترجم: ابراهیمی، ق.، 1368. انتشارات‌دانشکاه تهران.680صفحه

4- لشگری، ا.،خادمی اسلام،ح.ا. و حمصی، ا. ه. ، 1389. بررسی مقاومت کششی و گشتاور خمشی اتصال کم و زبانه در سازه های چوبی. فصل نامه علمی و پژوهشی تحقیقات علوم چوب و کاغذ ایران، جلد24، شماره2

5- ویسی،ج.، ابراهیمی،ق.و بهمنی،م.، 1389. تاثیر ارتفاع، ضخامت زبانه و گونه بر روی مقاومت اتصال کم و زبانه فصل نامه علمی و پژوهشی تحقیقات علوم چوب و کاغذ ایران، جلد25، شماره1

6-ویلکینسون،ژ.گ.،حفاظت صنعتی چوب. مترجم: پارساپژوه،د.، فائزی پور،م. و تقی یاره،ح.ر.، 1375.انتشارات دانشگاه تهران. 657صفحه

7- Hill, M.D.& Eckelman, C.A., 1973. Flexibility and bending strangth of Mortise and Tenon joints.Furniture design & Manufacturing.vol. No1 and2.

8-Eckelman, C.A., 1969. Engineering Concepts of Single-pin dowel joint Design. Forest prod. J.19(12):52-60.

9- Eckelman ,c.A., 2003. Textbook of product engineering and strength design of furniture purduce Univ. West Lafayette,Ind.

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

11-Han,S.R & Jasles,I.,2005. Mechanical performances of Korean traditional wooden building of the column-girder tenon-joint, Pepulic of kprea.