بررسی تاثیر نوع اتصال و سطح‌چسب‌گذاری بر مدول‌الاستیسیته‌ی‌دینامیک اتصال‌های چسبی چوب‌راش با روش‌ارتعاش آزاد (روش ASTM)

مصطفی کهن‌ترابی[1] ، **مهران روح نیا**[2]

تاریخ دریافت: 92/8/29 تاریخ پذیرش: 93/11/8

چکیده:

در این تحقیق به بررسی تاثیر سه نوع اتصال با دوسطح چسب‌گذاری کامل و کم چسب بر روی مدول الاستیسیته‌ی دینامیک با استفاده از آزمون ارتعاش‌خمشی آزاد در تیر دو سرآزاد پرداخته شده‌است. نمونه‌ها با سطح مقطع مستطیلی شکل و با ابعاد 36×4×2 سانتی‌متر (طولی×مماسی×شعاعی) از چوب‌راش و عاری از عیب انتخاب شده و سه نوع اتصال: فارسی با زوایای 30 و 45 درجه و اتصال‌انگشتی در قسمت‌میانی صفحه‌ی‌طولی-شعاعی آن‌ها ایجادگردید. نمونه‌ها قبل و بعد از ایجاد اتصال‌های مذکور مورد آزمون‌ارتعاش‌خمشی قرارگرفتند. نتایج نشان‌داد که نوع‌اتصال تفاوت معنی‌داری بر مقادیر مدول‌الاستیسیته ایجاد نمی‌کند. همچنین نتایج حاکی از آن‌بودکه بین مدول‌الاستیسیته‌ی‌چوب بدون‌اتصال و چوب‌اتصال‌دار در سطح‌کامل‌چسب‌زنی در هر سه نوع اتصال نیز تفاوت معنی‌داری وجود ندارد. اما با کاهش سطح‌چسب‌گذاری در هر سه نوع اتصال، مدول‌الاستیسیته‌ی‌دینامیک به‌طور معنی‌داری کاهش می‌یابد.

واژه‌های کلیدی: ارتعاش‌خمشی، مدول‌الاستیسیته‌دینامیک، اتصال‌فارسی، اتصال‌انگشتی، سطح‌چسب‌گذاری، راش

1- دانشجوی دکترای تخصصی، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران. مسول مکاتبات

Email: mostafa.kohantorabi@ gmail.com

2- دانشیار گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج، کرج، ایران.

Email: mehran.roohnia@ kiau.ac.ir

مقدمه

اتصال در سازه‌های چوبی اعم از ساختمان‌های چوبی یا مبلمان، به معنی متصل‌شدن دو یا چند عضو به وسیله‌ی یک اتصال‌دهنده به یکدیگر می‌باشد[13]. با توجه به‌این‌که اتصال‌ها یکی از ارکان‌اصلی در سازه‌های چوبی می‌باشند لذا این عضو باید قابلیت تحمل‌پیوسته‌ی‌بار را داشته باشد[15]. انواع مختلفی از اتصال‌ها در ساخت محصولات‌چوبی مورد استفاده قرار می‌گیرند که ممکن است به صورت کامل از عضوهای‌چوبی تشکیل شده و یا شامل اتصال‌های چوب‌به‌فولاد یا دیگر عضوهای‌فلزی و غیرفلزی نیز باشند [24]. شواهد نشان‌می‌دهدکه اتصال‌ها، علاوه بر ایمنی، در تضمین‌زیبایی یک‌سازه نیز نقش‌عمده دارند [15]. کاربرد اتصال‌های چسبی در ساخت انواع محصولات‌چوبی از قدمت‌دیرینه برخوردار است [13] که به اشکال مختلف سربه‌سر ، پهلوبه‌پهلو و در نهایت به صورت سطح‌به‌سطح در سازه‌های‌چوبی به کار می‌روند [17]. تقاضای روزافزون‌چوب و محدویت منابع‌چوبی از طرف‌دیگر، باعث افزایش ارزش‌اقتصادی این ماده‌ی‌خام گردیده‌است که دراین‌بین کاربرداتصال‌ها جهت استفاده‌ی‌بهینه از ضایعات‌چوبی و درختان با قطرکم، می‌تواند نقشی مهم در اقتصادی‌کردن محصول‌تولیدی ایفا نماید [8] . استفاده از انواع اتصال‌های چسبی در بسیاری از زمینه‌های کاربردچوب به سرعت روبه‌گسترش بوده و پیشرفت‌های زیادی نیز در اجرا و طراحی آن‌ها حاصل‌شده‌است [27] . ممکن‌است اتصال‌های‌چسبی در حین‌مصرف و تحت‌تأثیر شرایط‌محیطی (مثل جذب‌ودفع‌رطوبت و تغییرات‌دما) و یا تنش‌های‌مکانیکی مقاومت خود را از دست‌داده و یا تخریب‌شوند. بنابراین علاوه‌براینکه تولید یک اتصال قابل‌اعتماد ضرورت دارد بلکه کنترل‌استحکام این اتصال در شرایط‌مصرف نیز مهم و ضروری به نظر می‌رسد[14]. جهت کنترل‌کیفیت اتصال‌های چسبی از روش‌های‌استاتیکی استفاده می‌شودکه با توجه به شکل‌اتصال‌های ایجادشده روش‌های استانداردی مانند ASTM, ASTM D1073 ,ASTM D905, D906 تدوین شده است. اما در روش‌های‌استاتیکی، انجام آزمون بر روی نمونه‌ها وقت‌گیر بوده و نمونه‌ها بعد از انجام آزمایش تخریب می‌شوند بنابراین امکان کنترل و بازرسی تمام اتصال‌ها وجود نداشته و به‌علاوه هیچ یک از این روش‌های‌مخرب قابل‌استفاده در شرایط‌مصرف نیستند [12]. لذا با توجه به اهمیت اتصال‌ها در سلامت و ایمنی انواع سازه‌ها، استفاده از روش‌هایی‌که بتواند ارزیابی سریع، موفق و دقیق از کیفیت اتصال بدون هرگونه آثارمخرب در ماده تحت‌بررسی را ارائه دهند ضروری می‌باشد. آزمون‌غیرمخرب علاوه‌برداشتن توانایی‌های‌فوق، می‌تواند نقش مهمی در کاستن از عدم‌قطعیت روندهای‌ارزیابی انواع اتصال‌های چسبی داشته باشند. از بین روش‌های غیرمخرب موجود، روش‌ارتعاش‌آزاد، به دلیل سهولت و سرعت، به‌طورگسترده‌ای مورد توجه می‌باشد [23و 8و5]. نمونه‌هایی از کاربرد آزمون غیرمخرب در صنعت‌چوب شامل تعیین مدول‌الاستیسیته‌ی چوب‌آلات، و ارتعاش‌اتصال‌ها

به منظور بررسی ویژگی‌های‌مکانیکی آن‌ها و همچنین ارزیابی‌مقاومت الوارهای‌چوبی و لایه‌ای است [18]. باتوجه به کاربرد ناگزیر اتصال‌ها در ساخت بسیاری از سازه‌های‌چوبی، و نقش این عضو در سلامت‌وایمنی‌سازه، هدف از انجام این تحقیق بررسی تأثیر نوع‌اتصال و نقص‌های موجود در سه نوع اتصال فارسی (با زوایای 30 و 45 درجه) و اتصال‌انگشتی، برروی مدول‌الاستیسیته‌ی‌دینامیک ازطریق روش‌ارتعاش‌خمشی‌درتیردوسرآزاد در صفحه طولی-شعاعی (با توجه به ابعاد نمونه‌های به کار رفته در این تحقیق و ابعاد تعریف‌شده از نمونه‌های مجاز جهت آزمون‌ارتعاش‌خمشی در آیین‌نامه‌ی ASTM C1548-02، ، امکان محاسبه‌ی این فاکتور فقط در صفحه‌ی ذکرشده وجود داشت) می‌باشد. قطعاً نتایج حاصل از این تحقیق می‌تواند در صنایع‌تولید فرآورده‌های‌چوبی اعم از ساختمانی و یا صنعت‌مبلمان که استفاده‌ی گسترده‌ای از اتصال‌های چسبی دارند موردبهره‌برداری‌صنعتی قرارگیرد.

اگرچه در مورد ویژگی‌های‌مکانیکی اتصال‌های چسبی تحقیق و بررسی چندانی وجود ندارد، اما تحقیقات‌اندک صورت‌گرفته توسط تکنیک‌ارتعاش‌آزاد و سایر تکنیک‌های‌غیرمخرب و نتایج حاصل‌از هرکدام، قابل اطمینان می‌باشد. کهن‌ترابی و همکاران در سال 1390 خواص صوتی از قبیل ضریب‌آکوستیک و کارایی‌تبدیل‌آکوستیک اتصال‌های فارسی و انگشتی را مورد بررسی قرار داد. نتایج نشان داد که اتصال فارسی اثر منفی کمتری نسبت به اتصال انگشتی بر روی خواص صوتی اندازه‌گیری شده دارد[2]. Reis درسال 1990 به‌وسیله‌ی آزمون‌فراصوت، اتصال‌های انگشتی با سطوح‌مختلف‌چسبندگی را در تیرهای‌ساختمانی ارزیابی و نتایج‌حاصل را با آزمون‌مخرب موردمقایسه قرارداد، نتایج نشان‌دادکه استفاده از آزمون‌فراصوت برای کنترل‌کیفیت‌چسبندگی اتصال‌های انگشتی بسیار موءثر می‌باشد[19]. jang درسال 1998 ارزیابی‌اتصال‌های انگشتی در الوار را با استفاده از امواج‌فراصوت موردمطالعه قرارداد و نتیجه‌گرفت مقدارسرعت‌فراصوت متاثرازشکل و نوع‌اتصال‌انگشتی است[16].

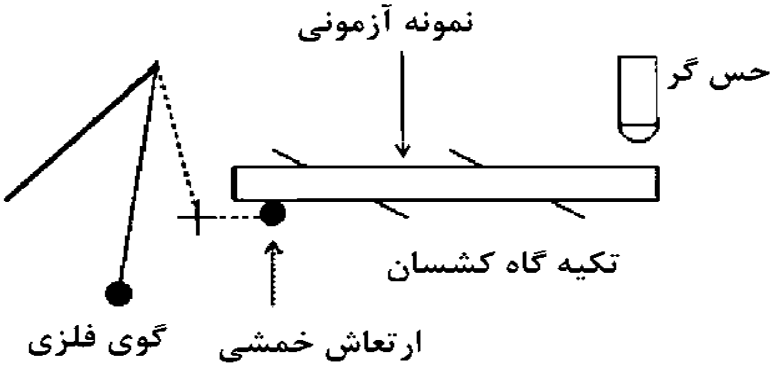
Ayarkawa و همکاران در سال 2000 اقدام به تخمین‌مدول‌گسیختگی در چوب‌های متصل‌شده با اتصال‌انگشتی در سه‌گونه‌ی پهن‌برگ‌آفریقایی بااستفاده‌از روش‌ارتعاش‌طولی‌درتیردوسرآزاد و مقایسه‌ی آن با روش‌استاتیک پرداختند. آن‌ها وجود همبستگی بسیارمطلوب بین نتایج حاصل از آزمون‌غیرمخرب و روش‌مخرب را گزارش دادند[8]. Bechele و همکاران (2010) به منظور بررسی کاربردتکنیک‌های‌آزمون‌غیرمخرب در چوب‌های صنوبرسفید و صنوبرسیاه دارای اتصال‌انگشتی با سه روش موج‌تنش ،ارتعاش‌عرضی و ارتعاش‌خمشی و مقایسه‌ی آن با روش مخرب به تحقیق پرداختند. اتصال‌های انگشتی در سه‌سطح صورت گرفت: اتصال‌انگشتی‌با2انگشت، اتصال‌انگشتی‌با3انگشت واتصال‌انگشتی‌با5انگشت. سپس نتایج‌حاصل‌از هریک از روش‌ها در چوب‌های اتصال‌یافته مقایسه‌گردید. آن‌ها اعلام‌داشتند که بین

مدول الاستیسیته‌ی محاسبه شده از طریق هر سه‌روش غیرمخرب مذکور و مدول الاستیسیته‌ی محاسبه شده از روش استاتیک در هر دو گونه‌ی موردمطالعه، همبستگی مطلوبی وجود دارد. با توجه به‌این نتایج مشخص گردید که هرسه‌روش غیرمخرب مذکور می‌توانند روش‌های مطلوبی جهت جایگزینی تست‌های مخرب باشند[9].

مواد و روش‌ها

ابتدا تعداد 60 نمونه کاملاً سالم و راست‌تار از چوب یک گرده‌بینه‌ی راش (*Fagus orientalis* Lipsky.) بدون هرگونه عیب‌ظاهری، از جمله گره، ترک، پوسیدگی و... مطابق با استاندارد بین‌المللی ISO شماره 3129 با ابعاد 2×4×36 سانتی‌متر (طولی×مماسی×شعاعی) و با سطح مقطع مستطیلی شکل جهت انجام آزمون انتخاب شدند [26]. نمونه‌ها به منظور یکسان‌سازی رطوبت مطابق با استاندارد ذکر شده، به‌مدت 2 هفته در اطاق کلیماتیزه (20±2درجه‌ی سانتی‌گراد حرارت و 65±5%رطوبت نسبی) قرارگرفتند. پس‌ازطی مدت‌مذکور به‌منظور اطمینان‌بیشتر از عاری‌بودن نمونه‌ها از عیوب پنهان‌داخلی، نمونه‌های آزمونی تحت‌آزمون‌ارتعاش خمشی‌درتیردوسرآزاد (در صفحه‌ی طولی-شعاعی) قرارگرفته و براساس تئوری‌تیرتیموشنکو نمونه‌های دارای بیشترین همبستگی (همبستگی بالای 0/98) بین مدهای‌اول‌تاسوم‌ارتعاشی جهت ادامه‌ی آزمون انتخاب شدند [1و11و20و 22]. براین‌اساس تعداد 42 نمونه از نمونه‌های‌اولیه حائزشرایط جهت ادامه‌ی‌تحقیق بوده و پس‌ازاندازه‌گیری مجدد ابعاد و وزن، مورد آزمون ارتعاش‌خمشی‌آزاددرتیردوسرآزاد (شکل 1) براساس استاندارد ASTM C1548 قرار گرفتند. ضبط‌اصوات و ذخیره‌ی‌آن توسط نرم‌افزار Audacity® انجام پذیرفت. فرکانس نمونه‌برداری صوتی 44100 هرتز توسط نرم‌افزارمذکور تنظیم و فایل‌صدا در ارتعاش‌خمشی توسط سیستم Vibra-F® با همان فرکانس‌نمونه‌برداری قرائت گردید [21]. با ورود اطلاعات ابعادواقعی و وزن نمونه‌ها، به سیستم ذکرشده، محاسبات مربوط به برآوردمدول‌الاستیسیته صورت‌پذیرفت. پس‌ازآن نمونه‌ها به سه‌گروه تقسیم شدند و هرگروه جهت ایجاد یک نوع اتصال مورد استفاده قرارگرفت (اتصال‌ها در قسمت‌میانی صفحه طولی-شعاعی نمونه‌ها ایجاد گردید). گروه‌اول جهت ایجاد اتصال‌فارسی‌بازاویه‌ی45درجه، گروه‌دوم جهت ایجاد اتصال‌فارسی‌بازاویه‌ی30درجه و گروه‌سوم جهت ایجاد اتصال‌انگشتی. (تعداد 7انگشت در عرض‌نمونه). هر گروه از اتصال‌های فارسی 30و45درجه و همچنین انگشتی در دوسطح‌چسب‌زنی شدند. 1-سطح چسب‌گذاری کامل: در این سطح چسب‌گذاری کلیه‌ی سطح‌قابل‌دسترس‌چسب‌گذاری (سطحی‌که نمونه پس‌ازبرش به منظور اتصال جهت‌چسب‌گذاری، در نواحی‌برش‌یافته ارائه‌می‌دهد) در اتصال با چسب پوشیده شدند. 2- سطح چسب‌گذاری کم‌چسب: دراین سطح‌چسب‌گذاری به منظور ایجاد نقص‌مصنوعی در اتصالات، نقاطی از سطوح قابل دسترس چسب‌گذاری در نمونه‌ها

چسب‌گذاری نگردیدند (جدول 1 و شکل 2). لازم‌به‌ذکراست در استاندارد ASTM-D7469-09 که جهت نمونه‌های‌آزمونی‌استاندارد در اتصالات‌چوبی تالیف شده‌است اشاره‌ای به میزان‌چسب‌گذاری نگردیده‌است. لذا در تحقیق‌حاضر سعی‌براین‌بودکه اتصال‌ها درهرتیمار کاملاًمشابه یکدیگر برقرارگردند (میزان‌مصرف‌چسب:180-150گرم‌برمترمربع). چسب به‌کار رفته در این تحقیق چسب‌پلی‌وینیل‌استات بود، و نمونه‌های چسب‌گذاری شده تا برقراری اتصال (به مدت دو روز)، درون گیره‌دستی قرار گرفتند.



شکل 1- ارتعاش‌آزادخمشی‌درتیردوسرآزاد (Berancheriau و همکاران 2010[1].)

جدول 1- مشخصات‌سطوح‌چسب‌گذاری‌شده در اتصالات‌تحقیق

سطح‌چسب‌زنی(mm) / نوع اتصال	تعداد	سطح کل در دسترس اتصال[1]	اتصال کامل‌چسب	اتصال کم‌چسب
فارسی 45درجه	7	20×55(عرض×ارتفاع)	20×55 (100%)	20×5 از لبه‌های دو طرف نمونه (18/2%) (وسط نمونه عاری از چسب)
فارسی 30 درجه	7	20×75(عرض×ارتفاع)	20×75 (100%)	20× از لبه‌های دو طرف نمونه (13/3%) (وسط نمونه عاری از چسب)
انگشتی	7	20×120(عرض×ارتفاع)	20×120 (100%)	520×10 یک یال از هرانگشت طرفین نمونه+یک طرف دویال‌میانی (12/3%)

1: سطحی‌از نمونه‌ها که پس از برش به منظور ایجاد اتصال، جهت چسب‌گذاری در اختیار است.

پس از برقراری‌کامل‌اتصال، نمونه‌ها به‌مدت 2هفته در محیط‌کلیماتیزه‌ی‌مذکور قرارگرفته و پس‌ازآن به‌منظوربررسی تاثیرنوع‌اتصال‌وسطح‌چسب‌گذاری بر روی ویژگی‌های مکانیکی تیرهای‌اتصال‌یافته، مدول‌الاستیسیته‌دینامیک آنها مجداداً مطابق با استاندارد ASTM شماره C1548 توسط روش‌ارتعاش‌خمشی محاسبه‌گردید. مدول‌الاستیسیته‌ی‌دینامیک از طریق روابط

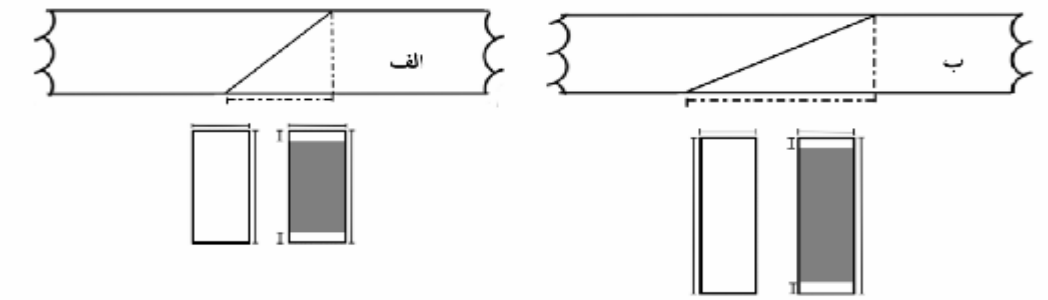
منـدرج درایـن آیـین‌نامـه توسـط روابـط‌ذیـل محاسبه‌گردید:

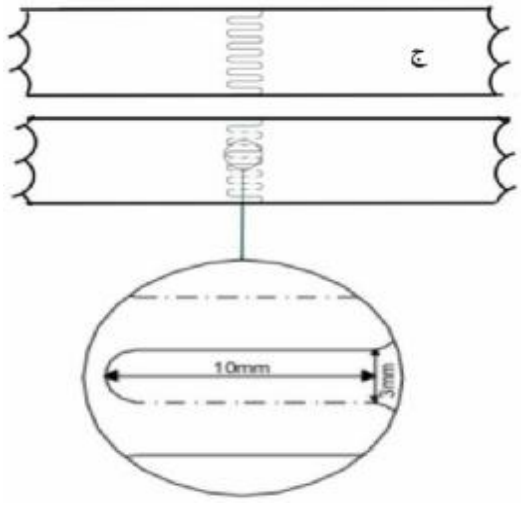
$$E = 0.9465\left(\frac{mf_f^2}{b}\right) - \left(\frac{l^3}{b^3}\right)T \qquad (1)$$

$$T = \left(1.000 + 6.585\left(\frac{t}{l}\right)^2\right) \qquad (2)$$

درآن:

E: مدول‌الاستیسیته‌ی‌دینامیک(Pa)، f_f: فرکانس طبیعی nامین‌مدارتعاش (Hz)، m: جرم‌نمونه (gr)، t:ضخامت‌نمونه (mm) b:پهنای‌نمونه(mm)،l: طول نمونه (mm) و T: ضریب‌اصلاحی می‌باشد. نتایج این تحقیق در قالب طرح‌کاملاًتصادفی صورت پذیرفت و به‌کمک آزمون تجزیه‌ی واریانس تأثیر نوع‌اتصال و سطح‌چسب‌گذاری برروی مقادیر مدول‌الاستیسیته‌ی‌دینامیک هر نوع اتصال مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. سپس میانگین‌ها با استفاده از آزمون‌دانکن در سطح‌اطمینان 95درصد مقادیر به صورت زیرمجموعه‌های همگن موردمقایسه قرارگرفتند.



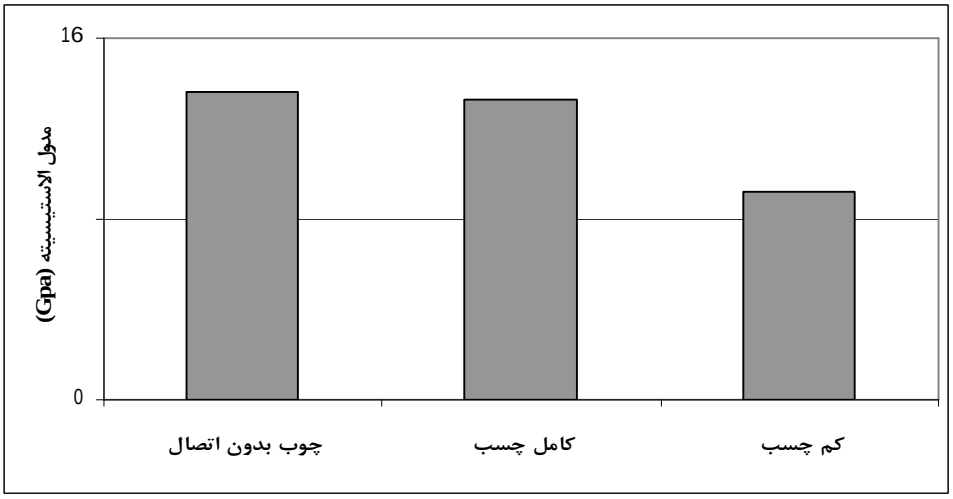


شکل 2- سه نوع اتصال موردمطالعه به‌همراه نمای‌سطح‌چسب‌گذاری‌شده الف) اتصال45درجه‌فارسی ب) اتصال30درجه‌فارسی (نواحی‌سفید، چسب‌گذاری‌شده) ج) اتصال‌انگشتی(.-.-. نواحی‌عاری‌ازچسب)

نتایج:

ارتعاش‌خمشی‌درتیردوسرآزاد در صفحه‌ی‌طولی-شعاعی برای برآورد مقادیر مـدول‌الاستیـسیته‌ی دینامیک در 60 نمونه مورداستفاده قـرارگرفـت. باتوجه‌به رابطـه تیـرتیموشـنکو و بـااسـتفاده‌از برآوردفرکانس سه‌مـداول‌ارتعـاش 42 نمونـه از نمونه‌های‌اولیه به‌صورت کـاملاًسـالم و همگـن انتخاب‌شد و از آنها برای ایجاد سه نوع اتـصال

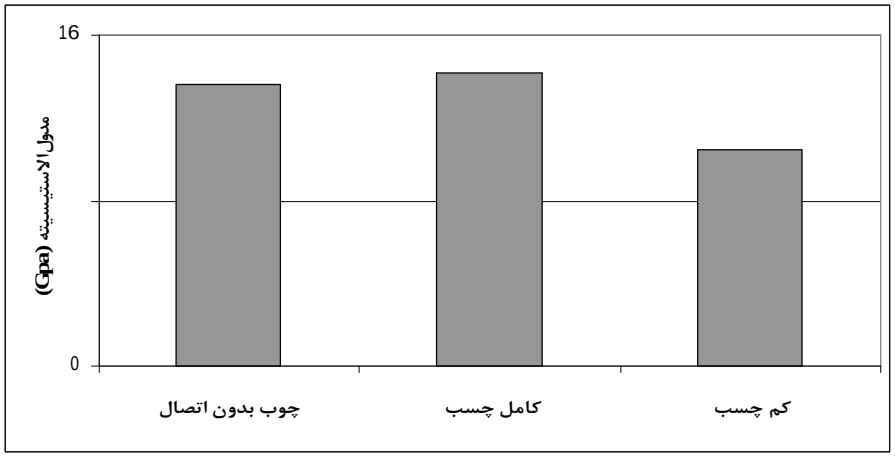
فارسی (30 و 45 درجه) و انگشتی با دو سطح‌چسب‌گذاری استفاده‌گردید. سپس تغییرات به‌وجودآمده در اثر نوع‌اتصال و سطح‌چسب‌گذاری در هر یک از اتصال‌ها مجداداً با روش‌ارتعاش‌خمشی محاسبه و نتایج مورد مقایسه و بررسی قرار گرفت. نتایج حاصل از جدول‌تجزیه‌واریانس نشان‌دادکه در سطح‌چسبندگی‌کامل بین مقادیرمدول‌الاستیسیته در سه نوع‌اتصال فارسی(30 و 45 درجه) و انگشتی، تفاوت معنی‌داری در سطح 5 درصد وجود ندارد. همانطورکه در شکل 4 مشاهده می‌گردد بین مدول‌الاستیسیته‌ی محاسبه‌شده در اتصال‌فارسی30درجه با نمونه‌های بدون‌اتصال آن تفاوت معنی‌داری وجود ندارد. کاهش سطح‌چسب‌گذاری در این اتصال باعث کاهش معنی‌دار مقادیر مدول‌الاستیسیته نسبت به نمونه‌های بدون‌اتصال و اتصال‌دار باسطح‌چسبندگی‌کامل شده‌است.



شکل 3- تاثیر اتصال‌فارسی 30 درجه و دو سطح چسب‌گذاری بر روی مدول‌الاستیسیته دینامیک

جدول 2- میانگین مقادیرکمی مدول‌الاستیسیته‌ی‌دینامیک در چوب‌های‌سالم و اتصال‌دار با دوسطح‌چسب‌گذاری

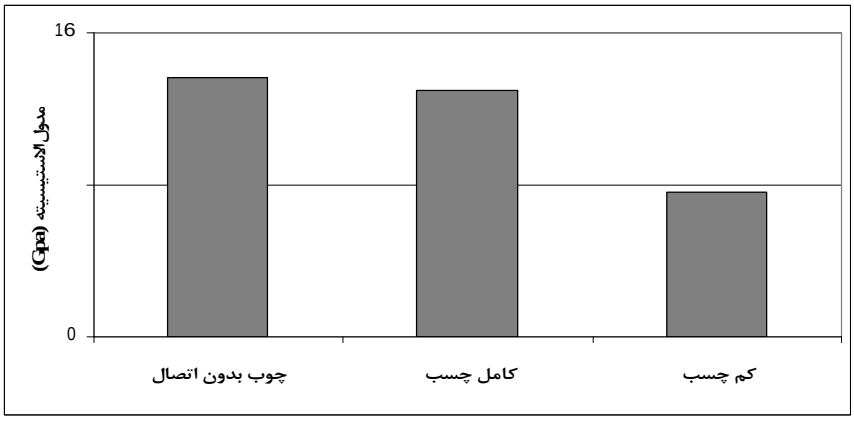
نوع اتصال		میانگین‌مدول‌الاستیسیته دردوسطح‌چسب‌گذاری(Gpa)
	-	
چوب‌بدون‌اتصال	-	13/65
اتصال‌فارسی30درجه	کامل‌چسب	13/26
	کم‌چسب	9/16
اتصال‌فارسی45درجه	کامل‌چسب	14/16
	کم‌چسب	10/45
اتصال‌انگشتی	کامل‌چسب	12/95
	کم‌چسب	7/62



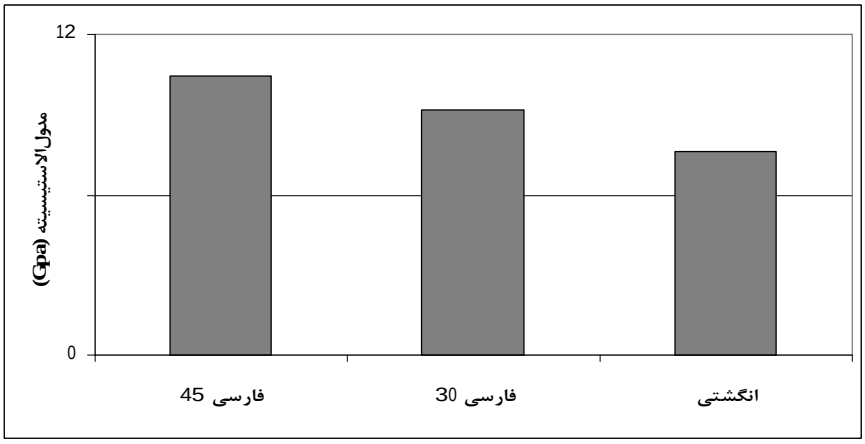
شکل 4- تاثیر اتصال‌فارسی 45 درجه و دو سطح چسب‌گذاری برروی مدول‌الاستیسیته‌دینامیک

در اتصال‌فارسی 45درجه نیز بین مدول-الاستیسیته‌ی محاسبه شده از اتصال‌های کامل‌چسب و چوب بدون‌اتصال، تفاوت معنی‌داری مشاهده نمی‌گردد ولی با کاهش سطح چسب‌گذاری، مدول‌الاستیسیته به‌طور معنی‌داری نسبت به نمونه‌های بدون‌اتصال و اتصال‌دار کامل‌چسب، کاهش یافته‌است (شکل5). تأثیر نوع اتصال انگشتی و سطح‌چسبندگی در این اتصال، در مقایسه با نمونه‌های‌بدون‌اتصال و اتصال‌دار در دوسطح‌چسبندگی، در شکل 6 آمده است. در این اتصال نیز همانند دو اتصال دیگر، تفاوت معنی‌داری بین اتصال‌کامل‌چسب و نمونه‌های بدون‌اتصال وجود نداشته و کاهش سطح چسب‌گذاری سبب کاهش معنی‌دار مدول-الاستیسیته نسبت به نمونه‌های‌بدون‌اتصال و اتصال‌دار با سطح‌چسبندگی‌کامل گردیده است.

با توجه به نتایج حاصل از جدول تجزیه‌ی واریانس و شکل7، میزان‌کاهش در مقادیر مدول‌الاستیسیته‌ی اتصالات‌کم‌چسب در دو نوع اتصال‌فارسی (30 و 45 درجه) با یکدیگر تفاوت معنی‌داری ندارند. اما نتایج بیانگر آن می‌باشدکه در اتصال انگشتی با سطح‌چسب‌گذاری مشابه، مقادیر مدول‌الاستیسیته به طور معنی‌داری کمتر از دو اتصال دیگر بوده و این اتصال در اثر ایجادنقص در چسبندگی دچار افت‌بیشتری در مقادیر مدول‌الاستیسیته نسبت به دو اتصال دیگر شده است.



شکل 5- تاثیر اتصال‌انگشتی و دوسطح‌چسب‌گذاری بر روی مدول‌الاستیسیته‌دینامیک



شکل 6- تاثیر نوع اتصال بر میزان کاهش مدول الاستیسیته دینامیک در سطح چسب گذاری کم

بحث و نتیجه‌گیری

بین مدول الاستیسیته و خصوصیات مکانیکی محصولات رابطه‌ای خطی وجود داشته و این دلیلی است تا اکثر محققان با استفاده از تعیین آن از طریق آزمون‌های غیرمخرب، در مورد خصوصیات مقاومتی چوب بحث نمایند[25]. در واقع مدول الاستیسیته ویژگی‌ای از یک ماده محسوب می‌شود که به‌تنهایی بعد از دستکاری مصنوعی تیرهای چوبی تغییر نمی‌کند اما در این مطالعه به عنوان پاسخ دینامیکی تیر در اثر ایجاد اتصال و سطح چسب‌زنی معرفی شده‌است، همانگونه که در تحقیقات پیشین نیز وجود معایب پاسخ دینامیکی تیر را تحت‌تأثیر قرارداده است[20].

همان‌طور که در نتایج مشاهده شد، علاوه بر این‌که بین مقادیر مدول الاستیسیته‌ی دینامیک هرسه نوع اتصال مورد تحقیق در سطح کامل چسب تفاوت معنی‌داری در سطح 5 درصد وجود نداشت، بین اتصال‌ها در سطح چسبندگی مذکور با چوب بدون اتصال نیز تفاوت معنی‌داری مشاهده نگردید. در تحقیقات پیشین نیز عدم تفاوت معنی‌دار بین اتصال‌های چسبی سالم و بی‌نقص فارسی 45 درجه و انگشتی، با چوب بدون اتصال گزارش گردیده بود که نتایج این تحقیق نیز علاوه‌بر تأیید نتایج تحقیقات پیشین مبین آن می‌باشد که تغییر در زاویه‌ی اتصال‌های سربه‌سرفارسی، باعث اثرمعنی‌داری بر مقادیر مدول الاستیسیته‌ی دینامیک نسبت به چوب بدون اتصال نمی‌گردد [3و 9و 13] . بنابراین مصرف‌کننده‌ی اتصال می‌تواند اطمینان داشته‌باشدکه درصورت‌الزام به‌استفاده از اتصال‌های چسبی سالم و بی‌نقص در صفحه‌ی طولی-شعاعی محصول، علاوه‌براینکه ایجاد اتصال باعث هیچ‌گونه تفاوتی در مقادیر مدول الاستیسیته‌ی دینامیک نسبت به چوب بدون‌اتصال نمی‌گردد بلکه در انتخاب نوع اتصال نیز با محدودیتی روبه‌رو نیست.

با کاهش سطح‌چسب‌گذاری در هر سه نوع اتصال به‌کاررفته در این تحقیق، مدول‌الاستیسیته‌ی‌دینامیک نیز به طور معنی‌داری نسبت به اتصال‌ها در سطح‌چسبندگی‌کامل کاهش‌یافت که‌دراین‌میان میزان‌کاهش مدول‌الاستیسیته در اتصال‌انگشتی بیش‌از دو اتصال دیگر بود. این امر را می‌توان به شکل‌فیزیکی متفاوت این نوع اتصال نسبت به دو نوع اتصال دیگر نسبت‌دادکه البته گزینه‌ای قابل‌تحقیق می‌باشد. هرچند تاکنون تحقیقی در مورد تأثیرنقص در اتصال‌هاچسبی برروی مدول‌الاستیسیته‌ی‌دینامیک با روش ارتعاش‌خمشی مشاهده نشده‌است ولی پیش‌ازاین کاهش این فاکتور در اثر وجود معایبی همچون پوسیدگی و ترک، در تیرهای‌چوبی توسط محققین دیگر گزارش‌شده بود [4و 20]. نتایج این تحقیق نیز بیانگر کاهش این فاکتور در اثر وجود نقص‌درچسبندگی‌اتصال‌ها می‌باشد. بنابراین به‌نظر می‌رسد که محاسبه‌ی فاکتورمذکور از طریق روش‌ارتعاش خمشی، می‌تواند همانند نتایج‌مشابه حاصل‌شده‌از چوب‌آلات بدون‌اتصال، گزینه‌ای بسیارمطلوب جهت کنترل‌کیفیت در حین‌تولید و یا در طول دوره‌ی‌مصرف محصولات دارای اتصال‌چسبی به منظور استفاده‌ی ایمن از این محصولات باشد. همانطورکه پیش‌ازاین بیان‌شد با توجه به ابعاد نمونه‌های به‌کاررفته در این تحقیق و ازطرف‌دیگر ابعاد تعریف‌شده در مورد نمونه‌های مجاز جهت انجام آزمون‌ارتعاش‌خمشی مندرج در آیین‌نامه‌ی ASTM C1548-02، در این تحقیق امکان ایجاد اتصال و برآوردمدول‌الاستیسیته فقط در صفحه‌ی‌طولی-شعاعی وجود داشت. بنابراین اگرچه ایجاداتصال در صفحه‌ی‌طولی-شعاعی در تحقیق‌حاضر، به‌دلیل مقادیربزرگتر مدول‌الاستیسیته دراین‌صفحه نسبت به صفحه‌ی‌طولی-مماسی بود [10] ولی ازآنجایی‌که یکی‌از اهداف‌عمده در ایجاداتصال‌ها استفاده‌ی‌بهینه از ضایعات‌چوبی می‌باشد [9و 13] و این‌امرنیز با به‌کارگیری بدون‌محدودیت این‌ماده در کلیه‌ی‌جهات حاصل می‌گردد، با توجه به ویژگی‌های‌مکانیکی‌متفاوت‌چوب در جهات‌مختلف آن، توصیه می‌گردد تأثیر ایجاداتصال‌ها و سطوح‌چسب‌گذاری به‌کاررفته در این‌تحقیق در جهت طولی-مماسی نیز بررسی گردد.

سپاسگزاری

این مقاله مستخرج از پایان نامه کارشناسی ارشد مولف اول و به راهنمایی مولف دوم است. بدینوسیله از دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج و شرکت دانش بنیان ان دی تی ایرانیان که امکانات این تحقیق را فراهم نمودند تشکر و قدردانی می گردد. همچنین از آقایان مهندس: محمدرضا غزنوی و عبدالصابر یغمایی‌پور فارغ التحصیلان مقطع کارشناسی‌ارشد صنایع‌چوب و کاغذ جهت همکاری در انجام آزمون‌های این تحقیق تشکر و قدردانی می‌گردد.

منابع

1. کهن‌ترابی، م. و روح‌نیا، م. 1392. تشخیص معایب در اتصالات از طریق تغییرات حاصل در ضریب همبستگی و مدول برشی دینامیک در چوب راش. فصلنامه علمی–پژوهشی تحقیقات علوم چوب و کاغذ ایران، 28(2): 24-34.

2. کهن‌ترابی، م.، غزنوی، م.، روح نیا، م.، تاج دینی، م.، کاظمی نجفی، س.، 1390. بررسی تاثیر نوع اتصال بر خواص آکوستیک چوبهای اتصالدار، فصلنامه تخصصی علوم و فنون منابع طبیعی. سال ششم. شماره چهارم. ص 117-128.

3. مسعودی فر،س.،(1388). ارزیابی غیر مخرب اتصال‌ها چسبی در چوب راش به روش فراصوت؛پایان نامه دوره کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تربیت مدرس. 75 صفحه.

4. مدهوشی، محراب.، هاشمی،.س. م.، بهزاد م.1387. ارزیابی تاثیر پوسیدگی بر مدول های الاستیسیته دینامیکی و الاستیکی چوب گونه راش با استفاده از روش غیرمخرب موج تنش، مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، شماره سوم، جلد پانزدهم

5. Alberktas, D. Vobolis, J .2004. Modeling and Stady of Glued Panel.Materials Science(medziagotyra).Vol. 10(4). 370-373

6. ASTM Standards. 2002. Standard Test Method for Dynamic Young's Modulus, Shear Modulus, and Poisson's Ratio of Refractory Materials by Impulse Excitation of Vibration, Designation C1548. 7p.

7. ASTM Standards. 2009. Standard Test Methods for End-Joints in Structural Wood Products Standard, Designation D 7469-09. 14p

8. Ayarkwa, J. Hirashima, Y. and Sasak, Y. 2000. Predicting Modulus of Rupture of Solid and Finger-Jointed Tropical African HardWoods Using Longitudinal Vibration. Forest Products Journal . Vol. 51(1). 85-92.

9. Biechele, T. Chui, Y. H. and Gong, M. 2011. Comparison of NDE techniques for assessing mechanical properties of unjointed and finger-jointed lumber. Holzforschung. Vol. 65, pp. 397–401.

10. Bodig, J. Jayne, B. 1989. Mechanics of wood and wood composites (Persian translation). Tehran University press.

11. Brancheriau, L. Kouchade, C. Bremaud, I. 2010. Internal friction measurement of tropical species by various acoustic methods. J. Wood Sci. DOI 10.1007/s10086-010-1111-8.

12. Coupland, J.N. 2004. Low intensity ultrasound. Food Research International Vol. 37. 537-543.

13. Custodio, J. Broughton, J. Cruz, H. 2009. A Review of Factors Influencing the Durability of Structural Bonded Timber Joint. International Journal of Adhesion&Adhesive . Vol. 29.173-185.

14. Eby, R.E. 1981. Proof Loading of Finger Joint for Glulam Timber. Forest Product Journal 31(3).37-41.

15. Eckelman, A. 2003. Text book of product Engineering and strength design of furniture. purducuniv.

16. Jang, S.S.1998. Effects of Transducer Position in Ultrasonic Nondestructive Tests of Finger-Jointed Lumber.,Journal of Korean Wood Science and Technology.,26(1):1-8

17. Marra, A. A., 1992. Technology of Wood Bonding.Priciples in Practice. Van Nostrand Rainhold.,447.

18. Nzokou, P. Freed, J. Kamden D.P. 2006. Relationship between Nondestructive and Static Modulus of Elasticity of Commerical Wood Plastic Composites . Hols als Roh . und Werkstoff. Vol. 64. 90-93.

19. Reis, D.H.L.M. 1990. Acosto-Ultrasonic Assessment of Finger Joint Integrity in Structurul Lamber. British Journal of Nondestructive Testing. Vol (10) 32. 509-510.

20. Roohnia, M., Yavari, A. and Tajdini, A. 2009. Elastic Parameters of Poplar Wood with End-Cracks. Annals of Forest Science, 26 (2): 141-153.

21. Roohnia, M. Hashemi-dizaji, S. F. Brancheriau, L. Tajdini, A. and Manouchehri, N. 2011. Effect of soaking process in water on the acoustical quality of wood for traditional musical instruments. BioResources.Vol. 6 (2): 2055-2065

22. Roohnia, M., Kohantorabi, M., Jahan-Latibari, A., Tajdini, A. and Ghaznavi, M. 2012. Nondestructive assessment of glued joints in timber applying vibration-based methods. European Journal of Wood and Wood Products, 70: 791-799.

23. Ross, R.J. Pellerin, R. F. 1994. Nondestructive Testing Assessing Wood Members in Structures. USDA Society Review. General Technical Report FPL-GTR-70.

24. Soltis, L. A. Ritter, M. 1997. Mechanical Connection in Wood Structures . ASCE Manuals and Reports on Engineering Practice, New York, American Society of Particleboard. J. Wood Sci. Vol.45. 221-226.

25. Wang, S. Chen, J. Tsai, M. Lin, C. Yang, T. 2008. Grading of Softwood Lamber Using Non-destructive Techniques. Journal of Material Processing Technology. Vol. 208. 149-158.

26. Wood - Sampling Methods and General Requirements for Physical and Mechanical Tests. 1975. 11 . 01 . International Standard ISO 3129

27. Yang, T. H. Wang, S. Y. Lin, C.J. Tsai, M. J. 2008. Evaluation of the Mechanical Properties of Duglas-fir and Japanese Cedar Lumber and its Structural Glulam by Nondestructive Techniques. Construction and Building Materials.Vol. 22. 487-493

.