

مطالعه مکان اتصال نمونه چوب بلوط بلندمازو در مقایسه با محل گره و شکم ارتعاش طولی

مصطفی کهن ترابی^۱، امیر هومن حمصی^{۲*}، محمد طلایی پور^۳، مهرا ن روح نیا^۴ و بهزاد با زیار^۵

۱- دانشجوی دکتری گروه مهندسی صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران، ایران.

۲- نویسنده مسئول، استاد، گروه مهندسی صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران، ایران، پست الکترونیک: h_hemmasi@srbiau.ac.ir

۳- دانشیار، گروه مهندسی صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران، ایران.

۴- استاد، گروه صنایع چوب و کاغذ، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد کرج، ایران.

۵- استادیار، گروه مهندسی صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران، ایران.

تاریخ پذیرش: تیر ۱۴۰۰

تاریخ دریافت: مهر ۱۳۹۹

چکیده

یکی از معضلات آزمون‌های غیر مخرب در کشف ناهمگنی‌ها در چوب و فراورده‌های چوبی، محل قرارگیری آنها نسبت به گره و شکم ارتعاشی می‌باشد. به طوری که ممکن است ناهمگنی‌های مخفی که در محل گره ارتعاشی قرار گرفته‌اند، در این گونه مواد تأثیری بر مدول الاستیسیته دینامیک نداشته باشند و قابل تشخیص نباشند. در این تحقیق به بررسی ایجاد اتصال سربه‌سر ساده در تیرهای بلوط بلندمازو (*Quercus castaneifolia*) با ابعاد $۷۲ \times ۴ \times ۲$ سانتی‌متر (طولی \times شعاعی \times مماسی) با بلوک‌های خارج شده از نواحی $۰/۰۶$ و $۰/۵۰$ سانتی‌متر طول تیر همان تیرها پرداخته شده است. نتایج حکایت از آن داشت که ایجاد اتصال در ناحیه $۰/۵۰$ سانتی‌متر طول تیر اثر معنی‌داری بر مقادیر حاصل از مدول الاستیسیته دینامیک ندارد، در حالی که ایجاد این اتصال در ناحیه $۰/۰۶$ سانتی‌متر طول تیر تأثیر معنی‌داری بر مقادیر مدول الاستیسیته دارد. همچنین در هر دو نوع اتصال مقادیر میرایی ارتعاش و کارایی تبدیل آکوستیک به ترتیب با افزایش و کاهش روبه‌رو شدند که میزان این تغییرات در ناحیه $۰/۰۶$ سانتی‌متر طول تیر بیشتر بود. به‌طور کلی می‌توان گفت با توجه به اثر گره و شکم ارتعاشی و از سوی دیگر محل قرارگیری اتصال در دو ناحیه، فاکتور کارایی تبدیل آکوستیک فاکتور مناسبی برای تخمین زدن مکان اتصال و یا همان ناهمگنی می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: گره ارتعاشی، شکم ارتعاشی، آزمون غیر مخرب، اتصال، ناهمگنی، چسب.

مقدمه

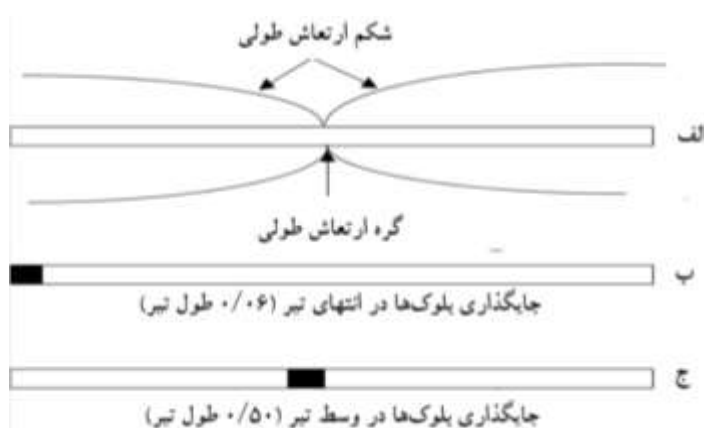
وجود نداشته و باید مورد مرمت ناحیه‌ای در بخش آسیب‌دیده به صورت‌های مختلف از جمله جایگذاری چوب خسارت‌دیده قرار بگیرند (Kubojima et al., 2009). ضمن اینکه ایجاد اتصالات ناحیه‌ای باعث جلوگیری از هدررفت چوب به‌عنوان یک ماده اولیه ارزشمند می‌شود (Ayarkawa et al., 2000).

در برخی از سازه‌های چوبی به دلایل مختلفی مانند تاریخی بودن، کمیاب بودن چوب مورد مصرف در ساخت آنها و ملاحظات دیگر، در صورت ایجاد خسارت به بخشی از آنها، امکان تعویض کلی آن بخش اعم از تیر، ستون و غیره

با توجه به موقعیت قرارگیری حفره در تیرهای چوبی فرکانس مد اول ارتعاش طولی تحت تأثیر قرار می‌گیرد و با توجه به محل قرارگیری حفره، فرکانس دریافتی کاهش و یا بدون تغییر باقی می‌ماند. آنان موفق به کشف حفره در تیر اولیه مورد آزمون با روش ارتعاش طولی شدند. Roohnia و همکاران (۲۰۱۲) به اثر نقص در اتصالات چسبی در اتصالات فارسی و انگشتی در وسط تیرهای راش (*Fagus orientalis*) پرداختند. آنان دریافتند که با کاهش سطح چسب‌گذاری در اتصالات، مقادیر مدول الاستیسیته کاهش می‌یابد. Kubojima و همکاران (۲۰۱۴) با استفاده از روش ارتعاش طولی تأثیر ایجاد ناهمگنی مصنوعی توسط باندهای فلزی مستطیلی شکل را به‌عنوان شبیه‌سازی گره در چوب نوئل سیتکا مورد (*Picea sitchensis Carr*) بررسی قراردادند. نمونه‌ها قبل و بعد از اتصال باندهای فلزی در نواحی مختلف مورد آزمون ارتعاش طولی قرار گرفتند. نتایج نشان داد به‌جز اثر اضافه شدن جرم در ناحیه انتهایی تیر، در سایر مقاطع اضافه نمودن جرم اضافی تأثیر معنی‌داری بر نتایج حاصل از مدول الاستیسیته ندارد. Kohantorabi و همکاران (۲۰۱۵) اثر تغییرات رطوبت و دما را در سه برنامه چوب خشک‌کنی مورد بررسی قرار داده و نتایج حاصل را با نتایج آزمون‌های استاتیک مقایسه کردند. آنان نتیجه گرفتند که تغییرات به وجود آمده در فاکتور کارایی تبدیل آکوستیک مناسب‌ترین معیار برای ارزیابی کارایی برنامه‌های چوب خشک‌کنی استفاده شده در این گونه و تشخیص ناهمگنی‌های ایجادشده مانند ترک در هنگام فرایند چوب خشک‌کنی می‌باشد. از سوی دیگر چوب به دلیل ویژگی‌های منحصربه‌فرد خود در ساخت سازه‌های مهندسی از جایگاه ویژه‌ای برخوردار است. با توجه به اینکه ایجاد اتصال در چوب به‌نوعی ایجاد حلقه بحرانی تنش در چوب و یا سازه دارای اتصال می‌گردد (Soltis & Ritter 1997)، از این رو بررسی مکان و تأثیر آن بر ویژگی‌های مکانیکی اتصال ضروری به نظر می‌رسد. بنابراین هدف این تحقیق بررسی اتصال بلوک‌های کوچک بلوط (جایگزین شده با

تغییرات در خواص مکانیکی و دینامیکی، بر اثر ایجاد این گونه اتصالات، چه با چوب متجانس و چه با چوب غیرمتجانس به‌دلیل ناهمگن شدن چوب اولیه، امری اجتناب‌ناپذیر است که البته میزان این تغییرات به مکان این گونه اتصالات نیز بستگی دارد (Kubojima et al., 2005). آزمون‌های غیر مخرب به دلیل توانایی ارزیابی و همچنین پیش‌بینی خصوصیات مواد چوبی از اهمیت قابل توجهی در صنعت چوب برخوردار هستند (Hu et al., 2005; Wang et al., 2008). از این رو از این آزمون‌ها در دهه‌های اخیر برای درجه‌بندی محصولات چوبی بسیار استفاده می‌شود. این تکنیک‌ها برای درجه‌بندی چوب‌آلات، بررسی چوب‌آلات در زمان سرویس در سازه‌ها و غیره با توجه به کمبود منابع چوبی و هزینه‌های ترمیم و بازسازی سازه‌ها در حال گسترش هستند (Kubojima et al., 2005). در این بین آزمون ارتعاش طولی آزاد در تیر دو سر آزاد به دلیل سهولت و مقرون‌به‌صرفه بودن از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (Bucur, 2006). امروزه یکی از کاربردهای این آزمون کشف انواع ناهمگنی و عیوب در تیرهای چوبی اتصال‌دار و بدون اتصال است. Ayarkawa و همکاران (۲۰۰۰) اقدام به تخمین مدول گسیختگی در چوب‌های متصل شده با اتصال انگشتی در سه گونه پهن‌برگ آفریقایی اوبچه^۱، موکاره^۲ و موآبی^۳ با استفاده از روش ارتعاش طولی در تیر دوسر آزاد و مقایسه آن با روش استاتیک پرداختند. ضریب همبستگی بین مدول الاستیسیته محاسبه‌شده از طریق روش غیر مخرب با روش استاتیک ۰/۹۴ گزارش گردید. همچنین بین مدول گسیختگی تخمین زده‌شده از روش غیر مخرب و استاتیک ضریب همبستگی ۰/۹ گزارش شد. آنان همچنین نتیجه گرفتند که روش ارتعاش طولی در تیر دوسر آزاد روش مناسبی برای ارزیابی خواص مکانیکی در چوب‌های دارای اتصال انگشتی است. Roohnia و همکاران (۲۰۱۱) اثر ایجاد حفره در نواحی مختلف تیرهای راش را بر فرکانس حاصل از ارتعاش طولی نمونه‌ها مورد بررسی قراردادند. آنان دریافتند

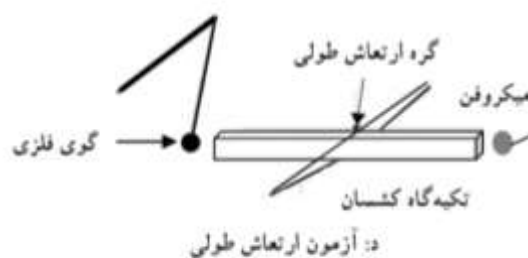
ویژگی‌های اولیه فیزیکی و آکوستیکی مورد آزمون ارتعاش آزاد خمشی در تیر دو سر آزاد قرار گرفتند و آزمون‌های با ضریب همبستگی ≤ 0.99 بین سه مد اول ارتعاش خمشی برای ادامه تحقیق انتخاب شدند (Roohnia et al., 2012). پس از آن آزمون‌های سالم و مورد اطمینان (تعداد ۱۰ آزمون) مورد ارتعاش طولی آزاد در تیر دو سر آزاد به منظور ثبت و محاسبات اولیه قرار گرفتند. سپس آزمون‌ها به دو گروه ۵ تایی تقسیم شدند و توسط آره مویی به منظور کمترین اثر بر طول تیرهای مورد تحقیق، از هر گروه بلوک‌های با ابعاد $4 \times 4 \times 2$ سانتی‌متر از 0.06 و 0.50 طول تیر خارج شد و بلافاصله با چسب پلی وینیل استات به یکدیگر متصل شده و تا برقراری کامل اتصال درون گیره دستی قرار گرفتند و دوباره به اتاق کليمتیزه منتقل شدند. پس از مدت‌زمان سه هفته آزمون‌های اتصال دار بلوط به منظور ارزیابی تأثیر اتصال بر ویژگی‌های آکوستیک دوباره مورد آزمون ارتعاش آزاد طولی در تیر دو سر آزاد قرار گرفتند (شکل ۱). یادآوری می‌شود که شرایط رطوبتی و فیزیکی آزمون‌ها در هر مرحله از تحقیق مورد بررسی قرار می‌گرفت و از ثابت بودن شرایط رطوبتی و فیزیکی آزمون‌ها اطمینان حاصل می‌شد. کلیه آزمون‌های غیر مخرب و استخراج مد ارتعاش طولی، بوسیله نرم‌افزار NDT- Lab[®] انجام شد (Roohnia et al., 2007).



اتصال سربه‌سر ساده توسط چسب پلی وینیل استات به‌عنوان ناهمگنی) مستخرج شده از دو ناحیه 0.06 (درون شکم ارتعاشی مد اول ارتعاش طولی) و 0.50 (خارج از شکم ارتعاشی مد اول ارتعاش طولی) و قرار گرفته در محل گره ارتعاشی) طول تیر چوب به‌منظور امکان تشخیص محل اتصال و تأثیر دینامیکی، با روش ارتعاش آزاد طولی آزاد در تیر دوسر آزاد می‌باشد (شکل ۱). یادآوری می‌شود که با توجه به شکل ۱ بلوک‌های مذکور از تیر اصلی مستخرج و دوباره با چسب مورد اتصال قرار گرفتند و آزمون ارتعاش طولی و بررسی نتایج از چوب بدون اتصال تا چوب اتصال‌دار در دو ناحیه مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

نخست الوار طولی-شعاعی با ابعاد $250 \times 20 \times 3$ سانتی‌متر (طولی \times شعاعی \times مماسی) بلوط بلندمازو (*Quercus castaneifolia*) از شرکت ایران تجارت[®] تهیه شد. پس از آن از الوار اولیه آزمون‌هایی سالم و بدون عیب‌های ظاهری مطابق با استاندارد ISO 3129 با ابعاد $72 \times 4 \times 2$ سانتی‌متر (طولی \times شعاعی \times مماسی) تهیه شد و به‌منظور رسیدن به دما و رطوبت متعادل (12%) به اتاق کليمتیزه با دمای 20 ± 2 سانتی‌گراد و رطوبت نسبی 65 ± 5 انتقال یافتند. پس از سه هفته آزمون‌های اولیه و سالم چوب بلوط به‌منظور ثبت



شکل ۱- الف: چوب بدون اتصال و محل گره و شکم مد اول ارتعاش طولی، ب: اتصال در فاصله 0.06 طول تیر، ج: اتصال در فاصله

0.50 طول تیر، د: نحوه آزمون ارتعاش طولی

طول و ارتعاش طولی، ρ جرم ویژه (kg/m^3) و λ میرایی ارتعاش می‌باشد.

همبستگی بین مقادیر حاصل شده از ویژگی‌های دینامیک حاصل از هر مرحله از آزمون توسط آزمون همبستگی پیرسون و برازش مدل رگرسیونی بررسی شد. مقایسه میانگین‌های هر یک از ویژگی‌های مکانیکی حاصل از هر مرحله آزمونی (نسبت به چوب بدون اتصال) نیز توسط آزمون آماری T test انجام شد. برای انجام آزمون‌های آماری از نرم‌افزار SPSS Ver. 17[®] و برای رسم نمودار و خط رگرسیون از نرم‌افزار MS EXCEL[®] استفاده گردید.

نتایج

در شکل ۲ تغییرات حاصل در مدول الاستیسیته حاصل از ارتعاش طولی در اثر جایگذاری بلوک‌های مستخرج شده و چسبانده شده (ایجاد ناهمگنی) در دو ناحیه ۰/۰۶ و ۰/۵۰ طول تیر نشان داده شده است. همان‌طور که ملاحظه می‌گردد ایجاد ناهمگنی در ناحیه ۰/۰۶ طول تیر اثر معنی‌داری در سطح ۹۵٪ بر مقادیر حاصل شده از آزمون‌های ناهمگن دارد، درحالی‌که ایجاد ناهمگنی در ۰/۵۰ طول تیر اثر معنی‌داری بر مقادیر حاصل از این فاکتور نداشته است.

محاسبات مدول الاستیسیته در ارتعاش طولی از طریق رابطه زیر انجام شد (Brancheriau and Bailleres 2002).

$$E_L = \rho \cdot V^2 \quad (1)$$

که در E مدول الاستیک در جهت طولی چوب، V سرعت صوت در جهت طولی چوب بر حسب متر بر ثانیه و ρ دانسیته آزمونه‌ها بر حسب کیلوگرم بر متر مکعب است.

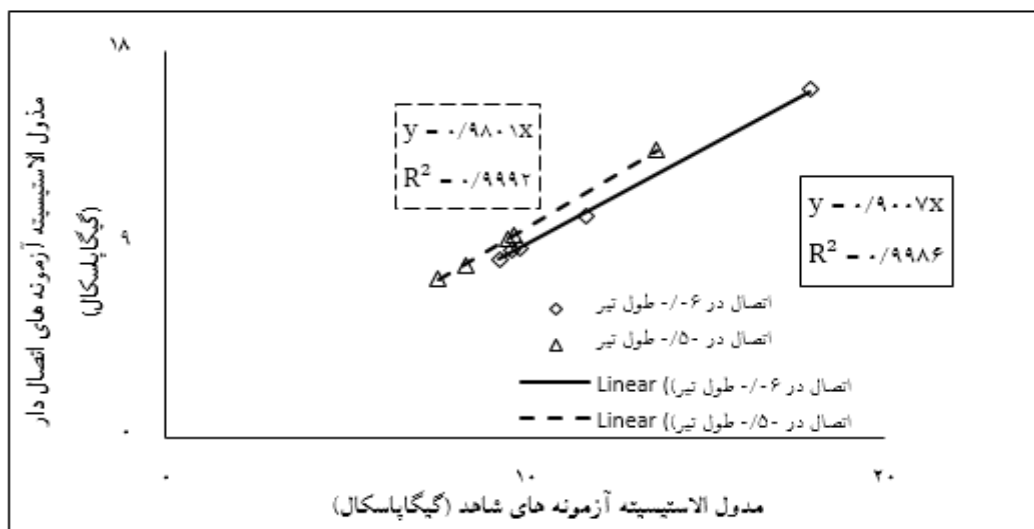
میرایی حاصل از ارتعاش که شاخصی برای میزان افت ارتعاش در طول زمان است از طریق رابطه زیر محاسبه گردید Bodig (& Jayne 1993).

$$\lambda = \frac{1}{n} \ln \left| \frac{X_1}{X_{n+1}} \right| \quad (2)$$

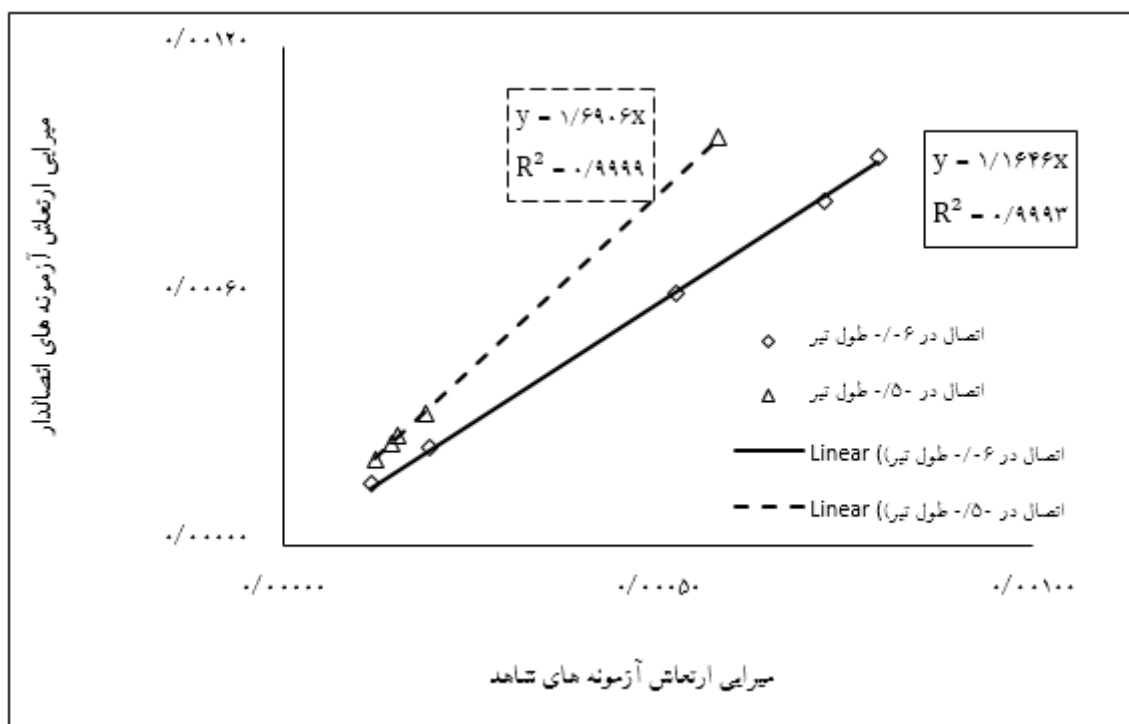
که در آن: X_1 بلندی اولیه موج در حال کاهش و X_{n+1} بلندی n امین موج پس از موج متناظر با X_1 است. کارایی تبدیل آکوستیک (ACE) که از فاکتورهای مهم آکوستیکی چوب آلات می‌باشد بوسیله روابط زیر محاسبه شد (Roohnia, 2019).

$$ACE = \frac{\sqrt{\frac{E}{\rho^3}}}{\lambda} \quad (3)$$

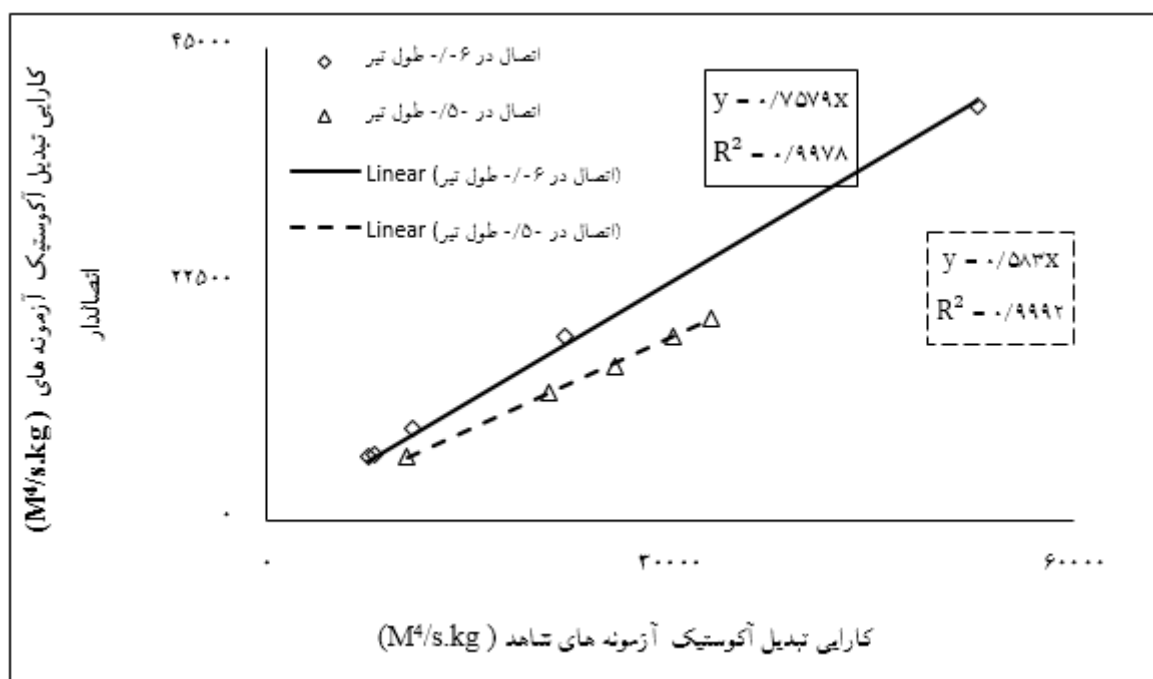
که در آن ACE کارایی تبدیل آکوستیک و واحد آن s/kg، E و M^4 مدول الاستیسیته دینامیک (Pa) حاصل از ارتعاش



شکل ۲- تغییرات مدول الاستیسیته حاصل از ارتعاش طولی



شکل ۳- تغییرات میرایی ارتعاش حاصل از ارتعاش طولی



شکل ۴- تغییرات کارایی تبدیل آکوستیک حاصل از ارتعاش طولی

در شکل‌های ۳ و ۴ تغییرات مربوط به میرایی ارتعاش و کارایی تبدیل آکوستیک در اثر ایجاد اتصال و یا همان

2004; Biechele *et al.*, 2010; Kubojima *et al.*, 2014; اما Kubojima *et al.*, 2017; Kohantorabi *et al.*, 2020) در مورد میرایی ارتعاش و کارایی تبدیل آکوستیک هر دو فاکتور با ایجاد اتصال در هر دو ناحیه از تیر به ترتیب با افزایش و کاهش معنی‌داری روبرو شدند که در این میان بعکس مقادیر حاصل از مدول الاستیسیته دینامیک میزان تغییرات در ناحیه ۰/۰۶ طول تیر بیش از ۰/۵۰ طول تیر بود. فاکتور میرایی ارتعاش که همان افت صدا در واحد زمان می‌باشد، وابسته به بلندی صدای حاصل از مد استخراجی است و به فرکانس مد استخراج شده ارتباطی ندارد (Harris and Piersol 2002). بنابراین افزایش این فاکتور در ناحیه ۰/۰۶ طول تیر نسبت به ۰/۵۰ طول تیر امری دور از انتظار نیست. به طوری که کارایی تبدیل آکوستیک نیز که با توجه به رابطه ۳ رابطه‌ای عکس با میرایی ارتعاش دارد درست نتیجه‌ای بعکس مدول الاستیسیته در دو ناحیه اتصال در برداشت. در تحقیقاتی مشابه توسط Kohantorabi و همکاران در سال ۲۰۱۵ و ۲۰۲۰ برای نخستین بار نواحی ناهمگنی توسط فاکتور کارایی تبدیل آکوستیک حاصل از ارتعاش خمشی مشخص گردید. یادآوری می‌شود که باید به این نکته نیز توجه داشت که نواحی گره و شکم ارتعاشی در ارتعاش خمشی نسبت به ارتعاش طولی درست بعکس یکدیگر هستند و در تحقیق آنان بیشترین تأثیر بر مدول الاستیسیته و میرایی ارتعاش حاصل از ارتعاش خمشی در ۰/۵۰ طول تیر بود. یعنی درست بعکس نتایجی که از این تحقیق حاصل شد. ولی نتایج حاصل کارایی تبدیل آکوستیک روندی را طی نمودند که محل و میزان ناهمگنی را مشخص می‌کرد. کارایی تبدیل آکوستیک فاکتوری است که در مورد انتخاب چوب‌آلات مورد استفاده در صفحات تشدید صدا به کار می‌رود (Roohnia, 2019). همان‌طور که ذکر گردید برای نخستین بار در سال ۲۰۱۵ توسط Kohantorabi و همکاران برای تشخیص ناهمگنی و در سال ۲۰۲۰ برای کشف مکان و همچنین میزان ناهمگنی به‌طور موفقیت‌آمیزی استفاده شد. در این تحقیق نیز با روش ارتعاش طولی نتایج حاصل از این فاکتور نشان دادند که کارایی تبدیل آکوستیک فاکتوری مناسب برای کشف ناهمگنی در چوب می‌باشد.

ناهمگنی در دو ناحیه ۰/۰۶ و ۰/۵۰ طول تیر نشان داده شده است. همان‌طور که در این شکل‌ها مشاهده می‌شود، ایجاد اتصال در هر دو ناحیه ۰/۰۶ و ۰/۵۰ طول تیر باعث به ترتیب افزایش و کاهش معنی‌دار مقادیر حاصل از میرایی ارتعاش و کارایی تبدیل آکوستیک در سطح ۹۵ درصد شده است. ضمن اینکه بعکس نتایج حاصل از مدول الاستیسیته، میزان تغییرات در اتصال و یا همان ایجاد ناهمگنی در ۰/۵۰ طول تیر نسبت به ۰/۰۶ طول تیر بیشتر است.

بحث

با توجه به اینکه هر یک از آزمون‌های ارتعاشی دارای نواحی متفاوتی از گره و شکم ارتعاشی نسبت به یکدیگر می‌باشند، از مهمترین معضلات کشف عیوب، اتصال و ناهمگنی و غیره در چوب و فراورده‌های چوبی با توجه به نوع آزمون ارتعاشی، ناحیه قرارگیری عیوب، اتصال و ناهمگنی و غیره در چوب می‌باشد (Brancheriau & Bailleres 2002). به طوری که ممکن است یک عیب و یا ناهمگنی بزرگ با توجه به آزمون غیر مخرب استفاده شده در ناحیه‌ای از چوب باشد که اثری از خود نشان ندهد. همان‌گونه که در تحقیقات گذشته نیز این پدیده رخ داده است (Roohnia *et al.*, 2011; Kubojima *et al.*, 2014). مدول الاستیسیته دینامیک مهمترین پارامتری است که محققان با به دست آوردن آن از طریق آزمون‌های غیرمخرب پیرامون خواص مقاومتی چوب به بحث و پیش‌بینی می‌پردازند (Keunecke *et al.*, 2007). همان‌طور که در این تحقیق نیز مشاهده شد مدول-الاستیسیته دینامیک در ناحیه اتصال یافته در ۰/۵۰ طول تیر پاسخ دینامیکی معنی‌داری از خود نشان نداد ولی در ناحیه ۰/۰۶ طول تیر که درست در محل شکم ارتعاشی قرار داشت تغییرات مقادیر مدول الاستیسیته معنی‌دار بود؛ که دلیل این امر برمی‌گردد به محل قرارگیری اتصال و یا همان ناهمگنی که در ۰/۵۰ طول تیر درست در محل گره ارتعاشی و در ناحیه ۰/۰۶ طول تیر درست در شکم ارتعاشی قرار گرفته است (شکل ۱). البته نتیجه ذکر شده توسط محققان دیگر نیز حاصل شده بود (Aicher *et al.*, 2001; Alberktas & Vobolis,

- Kohantorabi, M., Hossein, M.A., Shahverdi, M. and Roohnia, M., 2015. Vibration based NDT methods to verify wood drying efficiency. *Drvna Industrija*. 66(3): 221-228.
- Kubojima, Y., Suzuki, Y. and Tonosaki, M., 2017. Effect of Additional Mass on the Apparent Young's Modulus of a Wooden Bar by Longitudinal Vibration. *BioResources*. 9:(3), 5088-5098.
- Kubojima, Y., Inokuchi, Y., Suzuki, Y. and Tonosaki, M., 2009. Shear Modulus of Several kinds of Japanese Bamboo Obtained by Flexural Vibration Test. *Journal of Wood Science and technology*. 56: 64-70.
- Kubojima, Y., Tonosaki, M. and Yoshihara, H., 2005. Effect of additional mass on the Young's Modulus of a wooden beam. *Journal of Testing and Evaluation*. 33(4): 278-282.
- Kohantorabi, M., Hemmasi, A.M., Talaiepour, M., Roohnia, M. and Baziyar, B., 2020. Effect of Artificial Inhomogeneity of Density and Drilling on Dynamic Properties Developed by Poplar Block Species (*Populus Nigra*) Jointed with oak Wood (*Quercus Castaneifolia*) Beams. *BioResources*. 15(3):4711-4726.
- Roohnia, M., 2007. NDT-LAB; System to evaluate the mechanical properties of wood, Iranian Patent No. 44032/22-08-1386.
- Roohnia, M., Alavi-Tabar, S. E., Hossein, M. A., Brancheriau, L. and Tajdini, A., 2011. Dynamic modulus of elasticity of drilled wooden beams. *Nondestructive Testing and Evaluation*. 26 (2): 141-153.
- 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(6): 791-799.
- Roohnia, M., 2019. Wood: Vibration and acoustic properties, in: *Reference Module in Materials Science and Materials Engineering*, 19th Ed., Elsevier Inc., Amsterdam, Netherlands, Available online.1-13.
- Soltis. L.A. and Ritter, M., 1997. Mechanical Connection in Wood Structures. *Journal of Wood Science and technology*. 45: 221-226.
- Tsoumis, G., 1991. *Science and Technology of Wood*, Van Nostrand Reinold, 204-207.
- Wang, S., Chen, J., Tsai, M., Lin, C. and Yang, T., 2008. Grading of Softwood Lumber Using Non-destructive Techniques. *Journal of Material Processing Technology*. 208 (1): 149-158.

یادآوری می‌شود در نگاه اول ممکن است تغییرات ایجاد شده در فاکتور میرایی ارتعاش برای کشف مکان اتصال و یا همان ناهمگنی کافی به نظر برسد. اما با دلایل ذکر شده از تحقیقات مشابه با روش ارتعاش خمشی این فاکتور نمی‌تواند فاکتور مناسبی برای تشخیص محل اتصال و یا ناهمگنی باشد.

منابع مورد استفاده

- Aicher, S., Hafflin, L. and Behrens, W., 2001. A Study Tension Strength of Finger Joint in Beech Wood Laminations. *Otto-Graf-Journal*. 12 (1):169-186.
- Alberktas, D. and Vobolis, J., 2004. Modeling and Study of Glued Panel, *Materials Science (medziagotyra)*. 10(4):370-373.
- Ayarkwa, J., Hirashima, Y. and Sasaki, Y., 2000. Predicting modulus of rupture of solid and finger jointed tropical African hardwoods using longitudinal vibration. *Forest Products Journal*. 51(1): 85-92.
- Biechele, T., Chui, Y.H. and Gong, M., 2011. Comparison of NDE techniques for assessing mechanical properties of unjointed and finger-jointed lumber. *Holzforschung*. 65: 397-401.
- Bodig, J. and Jayne, B.A., 1993. *Mechanics of Wood and Wood Composites*. Krieger Pub Co. USA. 736PP.
- Brancheriau, L. and Bailleres, H., 2002. Natural vibration analysis of clear wooden beams: A theoretical review. *Wood Science and Technology*. 36(4): 347-365.
- Bucur, V., 2006. *Acoustics of Wood*. 2nd Ed., Springer-Verlag. Berlin, Germany. 625pp
- Harris, C. M., and Piersol, A. G., 2002. *Harris' Shock and Vibration Handbook*. McGraw-Hill. New York. NY. USA. 1456pp.
- Hu, Y., Nakao, T., Nakai, J. and Gu, F., 2005. Dynamic properties of three types of wood-based composites. *Journal of Wood Science*. 5(1): 7-12.
- Keunecke, D., Sonderegger, W., Pereteanu, K., Luthi, T., and Niemz, P., 2007. Determination of Young's and Shear Moduli of Common Yew and Norway Spruce by Means of Ultrasonic Waves. *Wood Science and Technology*. 41(4):309-327.
- Kubojima, Y., Suzuki, Y. and Tonosaki, M., 2014. Effect of additional mass on the apparent Young's Modulus of a wooden bar by longitudinal vibration. *BioResources*. 9(3): 5088-5098.

The study of joints in Oak wood beam compared to the location of node and anti-node of longitudinal vibration

M. Kohantorabi¹, A.H. Hemmasi^{2*}, M. Talaeipour³, M.Roohnia⁴ and B. Bazyar⁵

1- Ph.D. Student, Department of Wood and Paper Science and Technology, Faculty of Natural Resources and Environment, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

2*-Corresponding author, Professor, Department of Wood and Paper Engineering, Faculty of Natural Recourses and Environment, Tehran, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran,
Email: h_hemmasi@srbiau.ac.ir

3-Associate Professor, Department of Wood and Paper Engineering, Faculty of Natural Recourses and Environment, Tehran, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

4-Professor, Department of Wood and Paper Science, Karaj Branch, Karaj, Iran.

5-Assistant Professor, Department of Wood and Paper Engineering, Faculty of Natural Recourses and Environment, Tehran, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

Received: Oct., 2021

Accepted: June, 2021

Abstract

One of the problems of non-destructive tests in the detection of the inhomogeneities in wood and wood products is their location relative to the vibrating node and antinode. Thus, the hidden inhomogeneities located at the vibration node in such materials may not have any effects on the dynamic modulus of elasticity and may not be detectable. In this study, we investigated the development of simple end-to-end joint in oak beams (*Quercus castaneifolia*) with dimensions of 72×4×2 cm (longitudinal ×Radial ×Tangential), with blocks removed from the areas of 0.06 and 0.50 cm of the beam length. The blocks were removed from the same beam as the joint was developed. The results indicated that developing a joint in 0.50 cm of the beam length has no significant effect on values obtained from the dynamic modulus of elasticity while creating this joint in 0.06 cm of the beam length has a significant effect on values obtained from the dynamic modulus of elasticity. Also, in both joints, the damping and acoustic converting efficiency values were increased and decreased, respectively. The amount of these changes was more in the area of 0.06 cm of beam length. In general, it can be said that due to the effect of vibrating node and antinode and on the other hand, the location of the joint in both areas, the acoustic conversion efficiency factor is a suitable factor to estimate the location of the joint or the inhomogeneity itself.

Keywords: Vibrating nodes, Vibrating antinode, joint, inhomogeneity, Adhesive.