بررسی کیفیت و میرایی ارتعاش در چوب راش ایران

سید احسان علوی تبار[۱]، مهران روح نیا[۲]، آژنگ تاجدینی[۳]

چکیده

در این تحقیق مدول‌الاستیسیته ویژه، مدول‌های برشی شعاعی و مماسی و جرم‌ویژه درچوب گونه راش ایران، با استفاده از آزمون غیر مخرب ارتعاش آزاد در تیر دوسر آزاد اندازه‌گیری و تاثیر آنها بر فاکتور کیفیت و میرایی ارتعاش مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. نمونه‌برداری مطابق استاندارد شماره ISO 3129 و آزمون غیرمخرب توسط سیستم ثبت‌شده ایرانی ndt-lab روی 26 نمونه کاملا راست تار و عاری از هرگونه عیب ظاهری با رطوبت تعادل محیط(12%) به انجام رسید. مطابق پیش‌بینی، تفاوتی بین دو ارتعاش طولی – شعاعی و طولی – مماسی در محاسبه مدول‌الاستیسیته طولی چوب مشاهده نشد. مقادیر میرایی شعاعی و مماسی نیز بایکدیگر تفاوت معنی‌داری نداشتند که این امر می‌تواند ناشی از پراکنده آوند بودن و همگن بودن این چوب در جهات شعاعی و مماسی باشد. مقایسه همبستگی بین مدول‌الاستیسیته ویژه و فاکتور میرایی ارتعاش، وجود یک همبستگی توانی را نشان داد. یک همبستگی توانی معنی‌دار نیز بین ضریب آکوستیک و فاکتور میرایی مشاهده شد به‌طوری‌که طبق یک رابطه توانی با افزایش ضریب آکوستیک، فاکتور میرایی در نمونه‌ها کاهش می‌یافت. هیچ یک از فاکتورهای مدول برشی و الاستیسیته به تنهایی تاثیر مهمی بر میزان فاکتور میرایی نمونه‌ها نداشتند. در مجموع می‌توان گفت که برای بهبود خواص ارتعاشی این نوع چوب راش و کاهش میرایی، باید به طرق متفاوت مدول‌الاستیسیته ویژه و یا ضریب آکوستیک نمونه‌ها را افزود، به‌عبارت دیگر باید به طریقی به طور همزمان با تقویت مدول‌الاستیسیته چوب از جرم-ویژه آن کاست.

واژه‌های کلیدی: مدول برشی، مدول‌الاستیسیته ویژه، آزمون‌های غیرمخرب، میرایی ارتعاش

۱- دانش آموخته کارشناسی علوم صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج

۲- استادیار مرکز تحقیقات کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج، mehran.roohnia@kiau.ac.ir

۳- استادیار مرکز تحقیقات کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

مقدمه

چوب ماده‌ای زیبا، بی‌نظیر و غیر قابل جایگزینی و دارای بافت لیفی، صوت، رنگ، بـو و خـواص مکانیکی مخصوص به خود می‌باشد که در علوم مختلفی همچون فیزیک، زیست شناسی، شیمی و علـم چوب‌شناسی تعاریف خاص خود را دارد. چوب به‌لحاظ علم چوب‌شناسی ماده‌ای جامد آلی، با ساختمانی متخلخل، از هر سو نایکسان و ناهمگن تعریف می‌شود. چوب علاوه بر زندگی مادی به همان نسبت در زندگی معنوی انسان‌ها نیزنقش دارد. شاید عمده‌ترین نقش چوب در زندگی معنوی، استفاده صوتی آن در ساخت آلات‌موسیقی باشد. موسیقی در همه کشورهای جهان به‌خصوص در کشورهایی همچون ایران و هند یکی از پایه های مهم شناخت روحیات و انسجام فرهنگی مردم آن کشور محسوب می‌شود.

برخی سازهای ایرانی دارای یک جعبه تشدید چوبی می‌باشند. اما متأسفانه، با وجود قدمت چند ده ساله علم چوب‌شناسی در ایران، شکل سنتی سازها و نحوی ساخت آلات‌موسیقی هنوز هم مبتنی بر تجربه و خارج از بسیاری توجیه‌های علمی، بالاخص در تشدید و تخفیف صوت می‌باشد. سازهای اصیل ایرانی (تار، سه تار و سنتور) حساسیت این مطلب را به‌لحاظ نوع موسیقی و نوع ساختمان ساز در درجه بالایی از اهمیت قرار می دهد. بهبود کیفیت ساز ایرانی، مبتنی بر تلفیق علم و تجربه است و تحقق این مهم برابر با پیشرفت موسیقی ایرانی است. هر چه ساز بهتر باشد و به‌لحاظ مهندسی نقص کمتری داشته باشد در نتیجه ایجاد نت‌ها وصوت‌ها بهتر بوده و نت‌ها رساتر، شفاف‌تر و صحیح‌تر بیان خواهند شد. لذا پدیدی میرایی صوت، پدیده‌ای بسیار مهم بوده و امکان کنترل آن در محدوده مناسب، مشکلی بزرگ در صنعت ساخت ساز می‌باشد. بر طبق گفته‌های فوق می‌توان نتیجه گرفت که چوب از لحاظ زیبایی و صوت از اهمیـت ویژه‌ای بر خوردار است و باید به جنبه‌های شناخت علمی این ماده پی برده و بتوان شاهد پیشرفت روز افزون صنعت تولید آلات‌موسیقی و ساخت سازهای بهتربود و به گسترش فرهنگ عظیم موسیقی ایرانی کمک شایانی نمود.

طبق گزارش نوربخش و همکاران [۵] بر اساس مروری بر تحقیقات گذشتگان، گونه و بافت تأثیر زیادی بر میزان جذب صوت و امپدانس صوتی دارد. همچنین رابطه محکمی میان درصد رطوبت چوب با سرعت انتشار صوت و جذب امواج صوتی در چوب پیدا شده‌است. با افزایش درصد رطوبت، میزان جذب امواج صوتی در چوب بیشتر و سرعت صوت کاهش می‌یابد. طبق همین تحقیق درخصوص اثر پهنای دوایر سالیانه و دانسیته چوب نراد و کاج برای تشدید صوت چوب نشان داده شده‌است که باریک‌تر بودن دوایر سالیانه و دانسیته پایین‌تر در این گونه‌ها، آنها را جهت ساختن پیانو مناسب‌تر می‌سازد. علاوه بر آن در این تحقیق نشان داده‌اند که حفرات سلولی و آوندها در میزان ضریب جذب صوت مهم می‌باشند. روح‌نیا و همکاران [۳] در چوب‌های سروسیمین و توت‌سفید از بررسی و مقایسه مکان‌های نزدیک مغز، میانه اول دیسک، میانه دوم دیسک و نزدیک پوست این گونه‌ها نتیجه گرفته‌است که فاکتور کیفیت (Q) در سروسیمین تحت تاثیر مدول‌الاستیسیته‌ی ویژه می‌باشد. با افزایش مدول‌الاستیسیته‌ی ویژه، فاکتور (Q)

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

افزایش می‌یابد و این به معنی کاهش میرایی ارتعاش می‌باشد. امـا وی در مورد توت‌سفید رابطه معنی‌داری بین فاکتورکیفیت (Q) و خواص اندازه‌گیری شده پیدا نکرد. وی همچنین گزارش کرد که افزایش مواداستخراجی باعث کاهش ضریب‌آکوستیک در چوب سروسیمین می‌شود در حالی‌که این ضریب در توت‌سفید تحت تـأثیر پهنای دوایر سالیانه است. (دوفور[1] و همکاران، ۲۰۰۵) حساسیت‌های روش متداول اندازه‌گیری میرایی را با روش نوسان آکوستیک به‌عنوان دو روش آزمون غیرمخرب بر روی سه نوع نمونه ترک‌خورده با یکدیگر مقایسه نمودند. مقایسه نشان داد، در نمونه‌های با میرایی کوچک و سیستم‌هایی که در آنها اثر تکیه‌گاه ناچیز باشد، هردو روش به خوبی عمل می‌کنند.

مواد و روش‌ها

برآورد مدول‌الاستیسیته بر اساس تئوری تیر تموشنکو[2] و تجزیه و تحلیل طیف سری فوریه[3] در روش ارتعاش آزاد در تیر دو سر آزاد، انجام پذیرفت[۸]. این روش برای اندازه‌گیری سریع و قابل اعتماد مدول-الاستیسیته و مدول‌برشی با تکیه بر ممان اینرسی و انرژی تغییر شکل برشی، به طور عملی در سال ۱۹۸۹ توسط بوردونه[4] ارایه شده‌است [۷]. مدول‌الاستیسیته و مدول‌برشی، مطابق تئوری تموشنکو، پس از دریافت طیف سری فوریه برای فرکانس nامین مد ارتعاش، با در نظر گرفتن مقدار مدول‌الاستیسیته ویژه (نسبت مدول‌الاستیسیته به جرم ویژه)، از راه یک رگرسیون‌خطی تعیین گردیدند [۳و ۷].

ضریب اکوستیک چوب از روی مدول‌الاستیسیته طولی و جرم‌ویژه[۱۱]، مطابق رابطه زیر محاسبه شد:

$$K = \sqrt{\frac{E}{r^3}} \qquad (۱)$$

که در آن E مدول‌الاستیسیته طولی، r جرم‌ویژه در شرایط آزمایشگاهی و K ضریب آکوستیک چوب می باشد.

کاهش لگاریتمی ارتعاش(λ) [۹] مطابق شکل ۱ تعریف می‌شود.

$$l = \frac{1}{n}\ln\left|\frac{x_1}{x_{n+1}}\right| \qquad (۲)$$

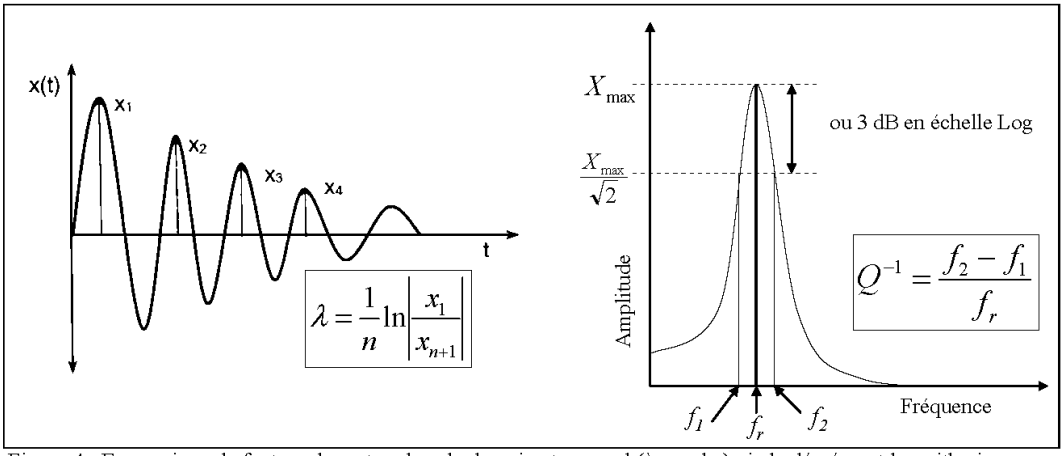
$X1$ در این رابطه بلندی اولیه موج در حال کاهش و X_{n+1}: بلندی n امین موج پس از موج متناظر با X_1 می‌باشند.

بدین‌ترتیب میرایی ارتعاش مطابق رابطه زیر از روی کاهش لگاریتمی محاسبه شد.

$$\tan d = \frac{l}{p} \qquad (۳)$$

1 Duffour et al.
2 Timoshenko
3 Fourrier
4 Bordonne

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com



شکل ۱- نمایش فاکتور کاهش: سمت چپ به روش لحظه‌ای با استفاده از کاهش لگاریتمی λ (مورد استفاده در این تحقیق)، و سمت راست به روش فرکانسی با استفاده از پهنای باند قله بلندی ارتعاش (فاکتور کیفیت Q)

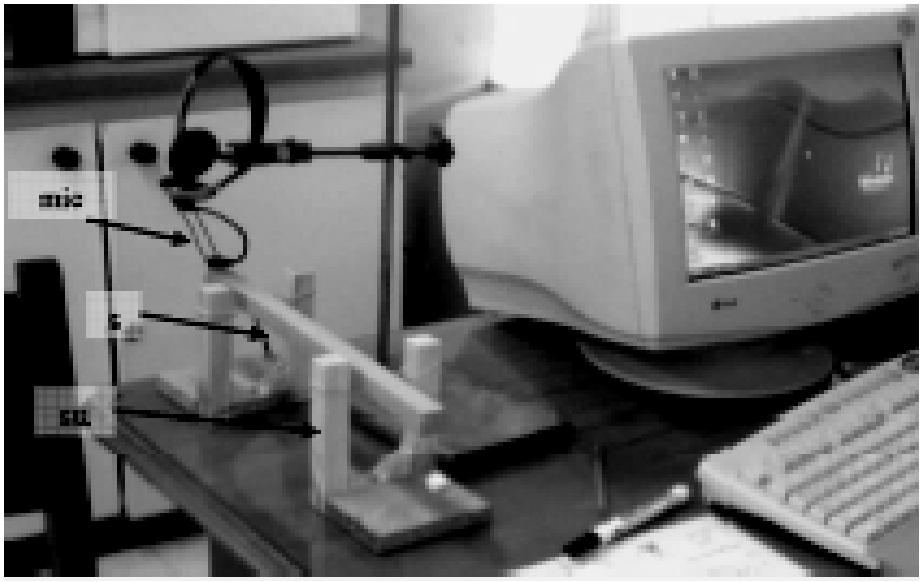
$$Q = \frac{p}{l} \qquad \text{و} \qquad Q = \frac{1}{\tan d} \qquad (٤)$$

رابطه ٤ که عکس میرایی است، فاکتور کیفیت نامیده می‌شود. چوبی که میرایی ارتعاش در آن کمتر است کیفیت ارتعاش بزرگتری داشته و بدان معناست که ارتعاش آن در واحد زمان دیرتر تقلیل می‌یابد. با این تعریف از فاکتور کیفیت و میرایی به‌عنوان جایگزین یکدیگر می‌توان استفاده نمود.

نمونه‌برداری به‌طور تصادفی از گونه راش ایران به انجام رسید. این گونه چوبی از چوب‌های پرمصرف است و خوشبختانه با قیمت مناسب عرضه می‌شود. تعداد ۱۰۰ قطعه نمونه‌چوبی راش به ابعاد ۲۰×۲۰×۳٦۰ میلی‌متر تهیه و از بین آنها طبق استاندارد ISO شماره ۳۱۲۹ تعداد ۲٦ نمونه کاملاً راست تار و به دور از هر گونه عیب ظاهری انتخاب شدند و به‌طور یکنواخت در محیط آزمایشگاهی طی دو هفته به رطوبت تعادل با محیط (۱۲%) رسیدند. نمونه‌ها در همان محیط آزمایشگاهی مورد آزمون ارتعاش آزاد در تیر دو سر آزاد قرار گرفتند. هریک از تیرهای کوچک تهیه شده از محل گره‌های ارتعاشی مد اول روی تکیه‌گاه لاستیکی قرار گرفته (شکل۲)، از یک سر مورد اصابت ضربه قرار گرفتند و از سر دیگر توسط یک دستگاه میکروفن، صدای ارتعاش ناشی از ضربه ضبط گردید.

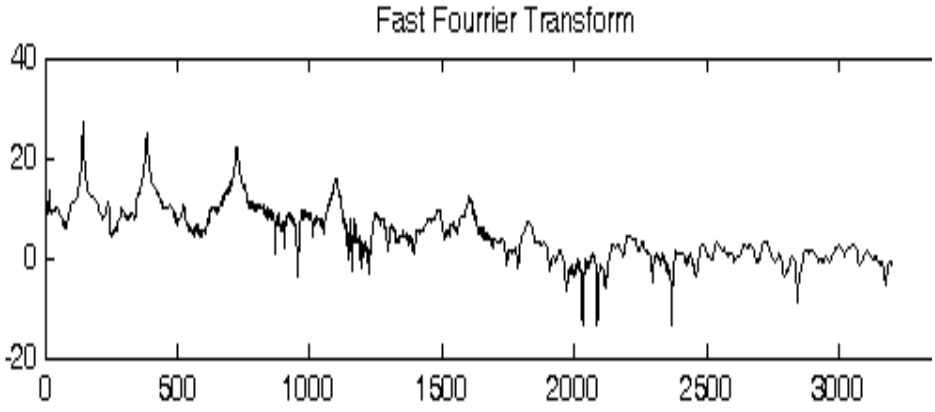
ضبط اصوات و ذخیری آن به‌صورت فایل*.wave توسط نسخه سوم نرم افزار Audacity انجام پذیرفت. این نرم افزار همانند بسیاری نرم افزارهای ضبط صدا، قابلیت نمونه‌برداری بسیار سریع در کسری از هر ثانیه از صدا را داراست. فرکانس نمونه‌برداری صوتی ۱۲۸۰۰ هرتز توسط نرم افزار مذکور تنظیم و فایل صدا توسط سیستم ndt-lab با همان فرکانس نمونه‌برداری قرائت گردید. با ورود اطلاعات ابعاد واقعی و وزن نمونه‌ها، سیستم ndt-lab داده‌ها را به‌طور اتوماتیک تلفیق و نتایج خواص مکانیکی برآورد شده توسط سیستم، به‌طور اتوماتیک در جدولی تحت فایل Excel گزارش گردید. شرح کامل چگونگی انجام محاسبات سیستم ایرانی ndt-lab در منبع ٤ آمده‌است.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com



شکل ۲- نمونه تیر کوچک چوبی روی تکیه‌گاه لاستیکی تحت سیستم ایرانی ndt-lab (اختراع ثبت شده به‌شماره ٤٤٠٣٢ ، روح نیا ،١٣٨٦)

سیستم ndt-lab با فـــرکانس نمونه‌برداری ۱۲۸۰۰ هرتز، از فایل wave به تعداد ۱۲۸۰۰ نقطه در ثانیه نمونه‌برداری نمود که تعداد نقاط بسته به طول مدت امتداد صدا متفاوت بود. هر نقطه صدا دارای مختصات x، y و z یعنی ارتفاع، فرکانس و زمان می‌باشد که رسم نقاط در دستگاه مختصات "ارتفاع-فرکانس" طیف FFT را ارائه داد (شکل ۳).



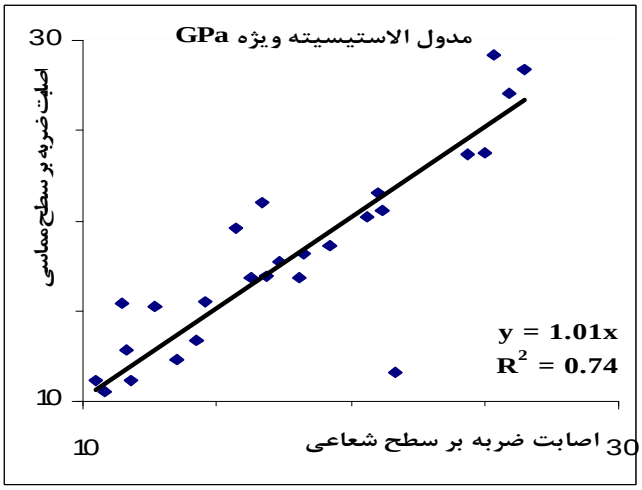
شکل ۳- نمایش یک نمونه از طیف FFT حاصل از ارتعاش خمشی چوب. محور افقی فرکانس بر حسب هرتز و محور عمودی شدت صوت بر حسب دسی بل است

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

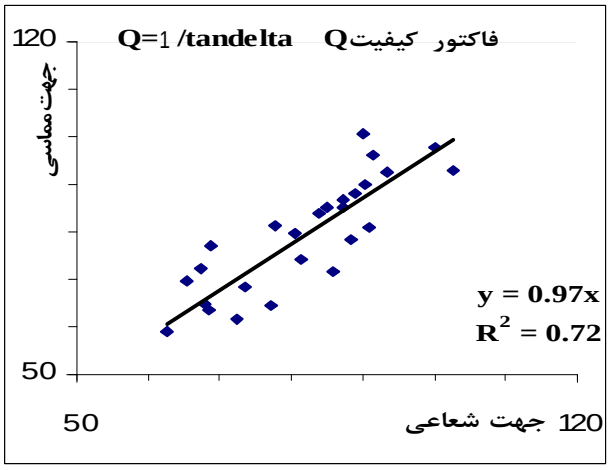
از روی طیف FFT به‌دست آمده و اطلاعات آن و با توجه به تئوری‌های اریه شده، مدول‌الاستیسیته طولی ویژه ناشی از ضربه بر سطح مماسی و شعاعی، مدول‌های برشی شعاعی و مماسی و فاکتور کیفیت Q برآورد شده و مورد مقایسه قرار گرفتند.

نتایج

مطابق تئوری، یک تیر چوبی منطبق بر جهات رویش تنها و تنها یک مدول‌الاستیسیته طولی خواهد داشت و اصابت ضربه در آزمون ارتعاش آزاد در تیر دو سر آزاد، بر سطوح مختلف شعاعی و یا مماسی باید به برآورد مقادیر مساوی برای مدول‌الاستیسیته طولی منجر گردد [۳]. شکل ٤ مقایسه نتایج مدول‌الاستیسیته طولی حاصل از اعمال ضربه ایجاد کننده ارتعاش در سطوح شعاعی و مماسی را نشان می‌دهد.



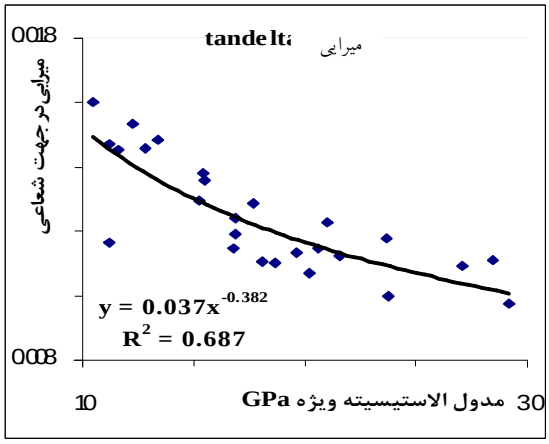
شکل ٤- مقایسه نتایج مدول‌الاستیسیته طولی ناشی از اعمال ضربه بر سطوح شعاعی و مماسی



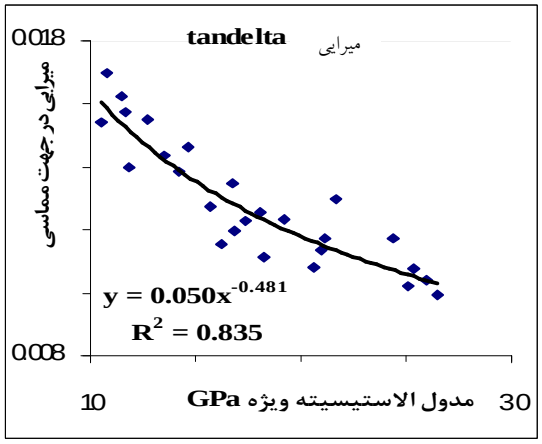
شکل ٥- مقایسه فاکتور کیفیت Q (معکوس میرایی tandelta) در جهات شعاعی و مماسی.

(با توجه به مقادیر بزرگتر فاکتور کیفیت، استفاده از آن در نمودار می‌تواند منجر به نمودارهای گویا تری گردد

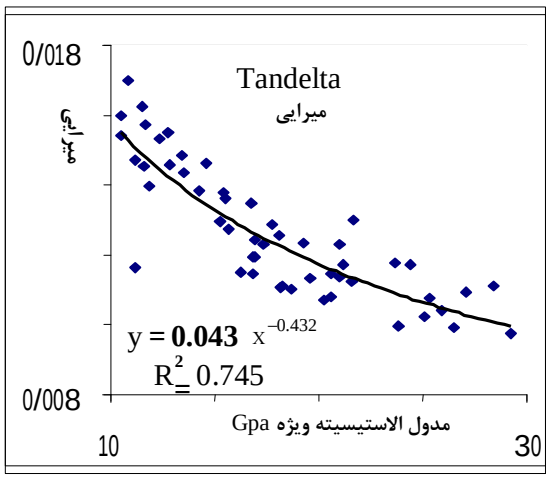
PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com



ب



الف



ج

شکل ٦- مقایسه همبستگی بین میرایی و مدول‌الاستیسیته ویژه: الف- میرایی در جهت مماسی
ب- میرایی در جهت شعاعی ج- میرایی درکل

تاثیر جهات شعاعی و مماسی بر مقادیر میرایی نیز توسط آزمون فاکتوریل مورد بررسی قرار گرفت که برخلاف انتظار تفاوت معنی‌داری بین مقادیر فاکتور میرایی حاصل از ارتعاش در جهت شعاعی و جهت مماسی مشاهده نشد (شکل ٥).

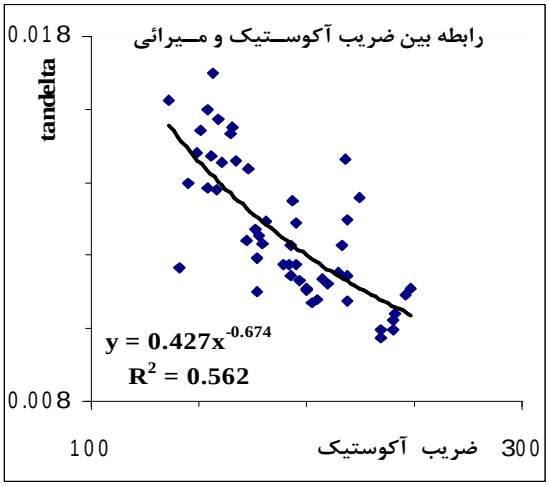
مقایسه همبستگی بین مدول‌الاستیسیته ویژه و فاکتور میرایی ارتعاش وجود یک همبستگی توانی را نشان داد (شکل ٦). پژوهشگران دیگر از جمله برمو[1] (٢٠٠٧) نیز وجود همبستگی توانی بین این دو فاکتور را گزارش نموده‌اند [٩].

بین فاکتور میرایی ارتعاش، مدول‌های برشی و الاستیسیته و مقادیر متناظر جرم‌ویژه همبستگی معنی‌داری مشاهده نشد که می‌تواند به‌دلیل عدم وجود تفاوت معنی‌دار در مقادیر جرم ویژه نمونه‌های چوبی باشد که همگی از یک گونه و تحت شرایط آزمایشگاهی برابر مورد آزمون قرار گرفته‌اند.

[1] **Brémaud**

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

یک همبستگی توانی معنی‌دار بین ضریب آکوستیک نمونه‌های چوبی مورد آزمون با مقادیر میرایی آنها مشاهده گردید که حاکی از کاهش میرایی با افزایش مقادیر ضریب آکوستیک بود (شکل ۷).



شکل ۷- همبستگی بین ضریب آکوستیک و فاکتور میرایی ارتعاش

بحث و نتیجه گیری

هرچه فاکتورکیفیت بزرگتر باشد، ضریب آکوستیک هم بیشتر و نتیجه میرایی صوت کمتر خواهد بود و چون این نتایج حاکی از این است که فاکتورهای کیفیت و میرایی تحت تاثیر مدول‌الاستیسیته ویژه و ضریب آکوستیک می‌باشند، می‌توان دریافت که کم و بیش تلفیقی از مدول‌الاستیسیته و جرم‌ویژه در میرایی یا کیفیت ارتعاش موثر می‌باشند. با افزایش مدول‌الاستیسیته و کاهش جرم‌ویژه، ضریب‌آکوستیک و مدول-الاستیسیته‌ویژه افزوده شده و طبق نتایج این پژوهش، میرایی کاسته شده یا کیفیت(Q) افزایش خواهد یافت. هرگونه تیمار فیزیکی و شیمیایی که بتواند مدول‌الاستیسیته را افزایش داده یا جرم‌ویژه را کاهش دهد برای بهبود خواص صوتی و ارتعاشی این نمونه‌های چوب راش می‌تواند مفید باشد. کاهش میزان مواداستخراجی چوب از طریق آب شویی بدون تغییر مدول‌الاستیسیته، جرم‌ویژه را کاهش داده و باعث افزایش ضریب آکوستیک می‌گردد. با خشک کردن چوب‌ها یا روش‌های مختلف جنگل‌داری می‌توان مدول‌الاستیسیته را افزایش داده جرم‌ویژه کاهش داده شود. ولی بی‌شک تمامی این آزمایش‌ها و نتایج آنها، نشان دهنده تاثیرات قابل توجه بر بهبود (کاهش) فاکتور میرایی ارتعاش نمونه‌های چوب راش می‌باشند.

مقادیر میرایی در جهت شعاعی و مماسی برخلاف انتظار تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند. چرا که شاید پراکنده آوند بودن گونه راش دلیل این عدم تفاوت باشد. محققین تاکنون کمتر بودن میرایی و بالا بودن فاکتور کیفیت را در تخته‌های شعاعی تعدادی گونه پهن‌برگ بخش روزنه‌ای و سوزنی‌برگ نسبت به تخته‌های مماسی گزارش نموده‌اند [۳،۱۱]، ولی در خصوص چگونگی میرایی درگونه‌های پهن‌برگ پراکنده‌آوند گزارشی دیده نشده‌است.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

منابع

١- حجازی، ر. ١٣٤٥. درخت‌شناسی (جزوهٔ دانشگاهی)، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج، ص١٨٥.

٢- خرمی، م. ١٣٧٥. فیزیک پایه (ترجمه). انتشارات فاطمی، ٥٧٥ص.

٣- روح نیا، م. ١٣٨٤. مطالعه برخی از عوامل مؤثر بر ثابت آکوستیک و میرایی صوت در چوب، توسط آزمون‌های غیر مخرب (NDT). رساله دکتری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم تحقیقات تهران، ١٣٠ص.

٤- روح نیا، م. ١٣٨٦. بررسی امکان اندازه‌گیری مدول‌الاستیسیته و فاکتور میرایی ارتعاش در چوب سروسیمین توسط آزمون غیر مخرب ارتعاش آزاد و مقایسه آن با روش‌های استاتیک و ارتعاش اجباری. مجله علوم کشاورزی ایران. شماره

٥- نور بخش، ا. دوست حسینی،ک. حسین زاده، ع. جهان لتیباری، ا. پارسا پژوه، د. کارگر فرد، ا. گلبابایی، ف. ١٣٧٦. بررسی ویژگی‌های صوتی چوب، مجله تحقیقات چوب و کاغذ شماره ٣ (١): ٤-٨، ٢٤-٣٠.

٦- هنرور، ف. ١٣٨٤. آزمون فرا صوتی. انتشارات نورپردازان،١٢٧ص.

7. Bordonné, P.A. 1989, Module dynamique et frottement intérieur dans le bois: Mesures sur poutres flottantes en vibrations naturelles. Thèse de doctorat de l'INP de Lorraine soutenue à Nancy. p154.

8. Brancheriau, L. Bailleres, H. 2002, Natural vibration analysis of clear wooden beams: a theoretical review, Wood Science and Technology, Springer-Verlag Vol. pp. 7-36.

9. Brémaud, I. 2006. Diversité des bois utilisés ou utilisables en facture d'instruments de musique. PhD thesis, University of Montpellier II, Sciences et techniques du Languedoc. p296.

10. Duffour, P. Morbidini, M. Clawley, P. 2005, Comparison between a type of vibro-acoustic modulation and damping measurement as NDT techniques, NDT & E International, Elsevier publications. No. 39. pp. 123-131

11. Tsoumis, G.1991, Science and technology of wood, Van Nostrand Reinold, p494.

12. Wood – Determination of Density for Physical and Mechanical tests. 1975. 11 – 01 - International Standard ISO 3131.

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

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com