

بررسی اثر تغییرات رطوبت و دما بر پارامترهای ارتعاش طولی چوب راش

شادابه فتحی^{۱*}، مهران روح‌نیا^۲ و مصطفی کهن‌ترابی^۳

۱) دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران. *رایانامه
shadabeh.fathi@gmail.com نویسنده مسئول:

۲) استاد گروه علوم صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد کرج، کرج، ایران.

۳) دانشجوی دکتری تخصصی گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران.

تاریخ پذیرش: ۹۴/۰۵/۱۷

تاریخ دریافت: ۹۳/۰۹/۱۰

چکیده

در این پژوهش به تاثیر تغییرات رطوبت و دما بر روی خواص دینامیکی چوب پرداخته شده است. تعداد ۱۰ نمونه چوب سالم راش بدون عیب ظاهری مطابق با استاندارد بین‌المللی ISO شماره ۳۱۲۹ انتخاب و پس از قرار گرفتن در محتوای رطوبتی و دماهای متفاوت مورد آزمون ارتعاش طولی در تیر دو سر آزاد قرار گرفتند. نتایج نشان داد که نمونه‌ها در حالت غوطه‌ور در آب مدول الاستیسیته دینامیک کمتری نسبت به زمانی که در محیط و اتاق کليما تیزه بودند، دارا هستند. فاکتور میرایی ارتعاش با افزایش دما از ۶۰ درجه سانتی‌گراد به‌طور تقریبی ثابت ماند، درحالی‌که با افزایش رطوبت، میرایی افزایش پیدا کرد. بیشترین مقادیر مدول الاستیسیته دینامیک در نمونه‌های کاملاً خشک مشاهده شد و با افزایش دما از دمای ۶۰ درجه به بالا مدول الاستیسیته در نمونه‌های آزمون سیر نزولی از خود نشان داد.

واژه‌های کلیدی: آزمون غیرمخرب، دما، چوب، رطوبت، مدول الاستیسیته.

مقدمه

به‌دست آوردن مدول الاستیسیته از آزمون‌های دینامیکی و استاتیکی بهره‌گیری می‌شود که همواره مقادیر به‌دست آمده در آزمون‌های دینامیکی ۵ تا ۱۵ درصد بیشتر از روش استاتیکی هستند (Bodig & Jayne, 1993).

در اکثر آزمون‌های دینامیکی تحت عنوان آزمون‌های غیرمخرب، به نمونه آسیب زده نمی‌شود، اما در اغلب روش‌های استاتیکی در نهایت نمونه شکسته شده یا آسیب می‌بیند. آزمون ارتعاش طولی و خمشی در صفحات طولی- شعاعی و طولی- مماسی در زمره آزمون‌های غیرمخرب دینامیکی قرار می‌گیرند. مطالعه‌های فراوانی درباره تغییرات رطوبت و دما و

مدول الاستیسیته یکی از پارامترهای مهم مهندسی مواد است که با به‌دست آوردن آن می‌توان سایر خواص مکانیکی چوب را مورد مطالعه قرار داد و با تیمار و بهبود چوب می‌توان مقاومت مکانیکی سازه‌ها و ساختمان‌های چوبی را بالا برد.

شایان ذکر است زمانی که درخت را قطع می‌کنند در هنگام پرداخت (حمل، نگهداری، تیمار و خشک کردن و تبدیل به الوار) امکان دارد معایبی در چوب به‌وجود آید که باعث پایین آمدن مقاومت مکانیکی در چوب و در نهایت کاهش کیفیت سازه‌ها شود. در نگاه کلی، برای

روش‌های اندازه‌گیری مقاومت‌ها به عمل آمده است که می‌توان برای نمونه به چندی از آنها اشاره نمود:

Thiam و همکاران (۲۰۰۲) دریافتند زمانی که چوب در حال خشک شدن است، رطوبت و دما بر روی خواص مکانیکی به سه حالت اثرگذار خواهد بود: اثرات مستقیم هنگامی که رطوبت از دست می‌دهد؛ اثرات مستقیم دما بر روی اجزای چوب و در نهایت اثرات داخلی بر روی تنش و کرنش.

در آزمون ارتعاش خمشی تیر دو سرآزاد، معادلات به دست آمده از صدای چوب با استفاده از آزمون‌های غیرمخرب برای ارزیابی مدول الاستیسیته به کار برده شد. این معادلات می‌تواند عیوب چوب را شناسایی کند و باعث کاهش خطا شود.

محققین با این روش در سال‌های اخیر توانسته‌اند تغییرات خواص مکانیکی در چوب را در طی تیمارها و یا شرایط محیطی مورد بررسی قرار دهند (Caddemi & Morassi, 2006). Bengtsson و همکاران (۲۰۰۳) به بررسی مکانیکی چوب‌های تحت تیمار حرارتی در دو گونه کاج جنگلی و نوئل پرداختند و دریافتند که برخی از مقاومت‌ها از جمله مقاومت بار در چوب‌های تیمار شده دو گونه کمتر از نمونه‌های شاهد است.

Niemz و Bekhta (۲۰۰۳) تاثیر دمای بالا را بر روی مقاومت خمشی چوب نوئل در رطوبت نسبی‌های متفاوت بررسی کردند و اعلام نمودند وقتی دمای تیمار از ۱۰۰ به ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد می‌رسد، مقاومت خمشی ۴۵ تا ۵۵ درصد از خود کاهش نشان می‌دهد. Kubojima و همکاران (۲۰۰۵) ویژگی‌های ارتعاشی چوب سبز نوئل را در بخار آب با دمای بالا (۱۱۵ تا ۱۵۰ درجه سانتی‌گراد دما و ۷۵ تا ۹۸ درصد رطوبت نسبی) مورد بررسی قرار دادند. آنها اعلام کردند که فرکانس رزنانس و میرایی ارتعاش در ابتدای پروسه خشک شدن (وقتی که نمونه‌ها بیشترین رطوبت را دارند) به ترتیب حداقل و حداکثر می‌باشد. Oltean و همکاران (۲۰۰۷)

در پژوهشی مشکل عمده‌ای که در هنگام خشک کردن به وجود می‌آید را ایجاد ترک دانستند. آنها با کنترل دقیق شرایط مثل کوتاه نمودن زمان خشک کردن و تاثیر در دماهای متفاوت توانستند از این مشکل تا حدود زیادی جلوگیری کنند.

تأثیر پوسیدگی بر مدول‌های الاستیسیته دینامیک و استاتیک چوب گونه راش با استفاده از روش غیرمخرب موج تنش مورد ارزیابی قرار گرفته شد، سپس نتایج به دست آمده با مقدار مدول الاستیسیته استاتیکی خمش سه نقطه‌ای مقایسه گردید. نتایج حاصله نشان داد فاکتورهای اندازه‌گیری شده در برابر پوسیدگی حساسیت متفاوتی دارند و به طور نسبی پارامتر کاهش وزن کمترین تغییرات و کاهش مدول الاستیسیته استاتیکی بیشترین تغییرات را دارا هستند (Madhoushi et al., 2008).

Wegst (۲۰۰۶) بیان کرد که میزان میرایی با مواد استخراجی موجود در چوب و رطوبت نسبی چوب و دمای محیط مرتبط می‌باشد. همچنین وی بیان نمود که بین مدول الاستیسیته و میرایی رابطه معکوس برقرار می‌باشد. علاوه بر این اگر تغییرات رطوبت چوب به آرامی و بدون تنش صورت گیرد، به طور متوسط به ازاء یک درصد کاهش محتوای رطوبت زیر نقطه اشباع الیاف، یک درصد به مدول الاستیسیته دینامیک چوب اضافه می‌شود (Bodig & Jayne, 1993). البته همواره معایب ریز و میکروسکوپی ناشی از خشک شدن باعث تغییر این روند می‌گردد.

بنابراین با توجه به اثر عواملی همچون رطوبت و دما و دیگر شرایط بر روی خواص دینامیکی چوب‌آلات، هدف از انجام این پژوهش شناسایی رفتار دینامیکی چوب راش پس از اعمال رطوبت‌ها و دماهای متغیر بر روی این گونه به جهت کاربرد در برخی از فرآیندهای اصلاحی چوب همانند اشباع چوب، تیمار حرارتی چوب و غیره با استفاده از روش ارتعاش طولی آزاد در تیر دو سر آزاد می‌باشد.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش مطابق استاندارد بین‌المللی ISO شماره ۳۱۲۹، از ۱۰ قطعه نمونه چوب راش ایران (*Fagus orientalis* Lipsky) با سطوح کامل شعاعی و مماسی که راست تار و فاقد هر گونه عیب ظاهری بودند به ابعاد $۳۵ \times ۱۶ \times ۱۶$ میلی‌متر (شعاعی \times مماسی \times طولی) استفاده شد.

در هر مرحله که نیاز به مشروط‌سازی بود، عملیات مشروط‌سازی در یک اتاق کليماتيزه (رطوبت نسبی 65 ± 5 درصد و دمای 20 ± 2 درجه سانتی‌گراد) شروع و در حالت اشباع کامل به انجام رسید.

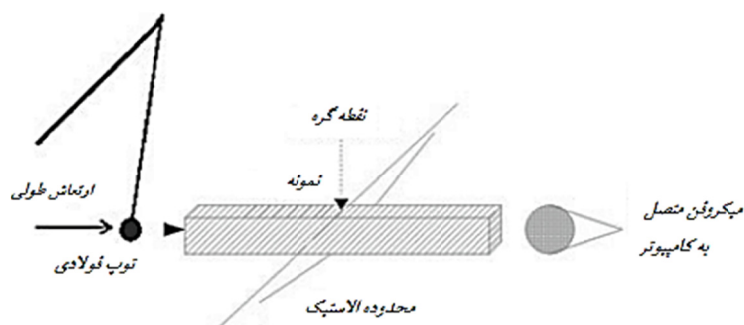
ابتدا متغیر رطوبت در چهار سطح و سپس در پی آن متغیر دما به ترتیب زیر و روی چوب‌آلات اعمال شد. در هر مرحله دانسیته، میرایی ارتعاش و مدول الاستیسیته دینامیک محوری به‌طور جداگانه توسط آزمون ارتعاش طولی برآورد گردید.

– رطوبت در حالت اشباع شده در آب به مدت سه هفته: آزمون در دمای محیط (پس از طی این مدت زمان در ابعاد و وزن نمونه‌ها تغییری مشاهده نگردید، ضمن اینکه حداکثر رطوبت جذب شده در

نمونه‌های آزمونی توسط روابط موجود در نمونه‌های آزمونی کنترل گردید (عنایتی، ۱۳۸۹)؛
– رطوبت تعادل در مجاورت هوا (یک هفته توقف): آزمون در دمای محیط؛
– مشروط‌سازی شده در اتاق کليماتيزه با رطوبت نسبی ۶۵ درصد و دمای 20 ± 1 درجه سلسیوس: آزمون در دمای محیط؛
– خشک شده در اتو با دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد: آزمون در دمای محیط؛
– افزایش پلکانی دما از ۶۰ تا ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد با گام‌های ۲۰ درجه سانتی‌گراد: آزمون در ۷ دمای متغیر و رطوبت اسمی خشک انجام شد.

آزمون ارتعاش طولی

در آزمون ارتعاش طولی با ارسال موج تنشی، با توجه به اینکه محل گره در موج‌ها مرتبط با مد اول ارتعاش دقیقاً وسط تیر بود، با مهار تیر دقیقاً از وسط آن توسط تکیه‌گاه کشسان و زدن ضربه ملایم توپ فولادی در امتداد راستای طولی از یک طرف نمونه، صدای ایجاد شده در انتهای دیگر توسط یک میکروفن (شکل ۱) به صورت فایل صدا ضبط گردید.



شکل ۱. تصویر شماتیک آزمون ارتعاش آزاد طولی در تیر دوسر آزاد

تحلیل ارتعاش آزاد طولی از نرم‌افزار LStress استفاده شد (Roohnia et al., 2011).

با آنالیز نمودن فرکانس مد اول ارتعاش طولی، مدول الاستیسیته دینامیک نمونه‌ها تعیین گردید و برای تجزیه و

مدول کشسانی نقش ذخیره و آزادسازی انرژی پتانسیل و جنبشی را ایفا می‌نماید. هر چقدر جسم مرتعش سبک‌تر باشد، جسم راحت‌تر مرتعش شده و به ارتعاش خود ادامه می‌دهد.

میرایی ناشی از مصرف انرژی آکوستیکی ارتعاش آن است. انرژی آکوستیکی از طریق جذب صوت برای مقابله با اصطکاک داخلی که نتیجه آزاد شدن گرماست، مصرف می‌گردد.

فاکتور میرایی (رابطه ۳) از تجزیه و تحلیل نحوه افت دامنه ارتعاش (شکل ۲) نمونه نسبت به زمان با استفاده از طیف سری فوریه به دست می‌آید.

$$\tan \delta = \frac{f_2 - f_1}{f_r} \quad (3)$$

که در این رابطه $\tan \delta$ میرایی و f فرکانس می‌باشد.

مقدار طول موج مد اول ارتعاش طولی عبارت از دو برابر طول نمونه است. با در اختیار داشتن مقدار فرکانس و طول موج با استفاده از رابطه (۱) سرعت موج صدا در جهت طولی نمونه‌ها به دست می‌آید.

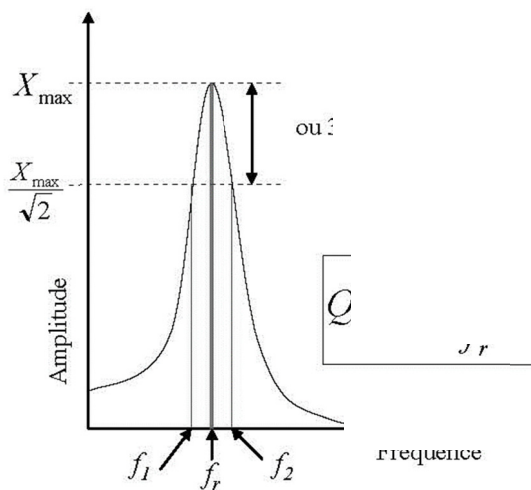
$$V = 2lf \quad (1)$$

که در این رابطه V سرعت صوت در جهت طولی چوب برحسب متر بر ثانیه و f فرکانس مد اول ارتعاش طولی بر حسب هرتز می‌باشد.

مدول الاستیسیته طولی دینامیک با استفاده از رابطه (۲) به دست می‌آید.

$$E = \rho V^2 \quad (2)$$

در این فرمول ρ جرم ویژه برحسب کیلوگرم بر مترمکعب و E مدول الاستیسیته طولی برحسب پاسکال می‌باشد.



شکل ۲. تعبیر میرایی در مقیاس پهنای باند مدهای ارتعاشی (Harris, 1998)

در شرایط رطوبتی و دمایی متغیر مورد پژوهش در جدول ۱ ارائه شده است. همان‌طور که در این شکل مشاهده می‌گردد در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد بیشترین مقادیر مدول الاستیسیته و در دمای ۱۲۰ درجه کمترین مقادیر میرایی ارتعاش حاصل گردیده است.

محور افقی فرکانس برحسب هرتز و محور عمودی بلندی صدا برحسب دسی‌بل می‌باشد.

نتایج

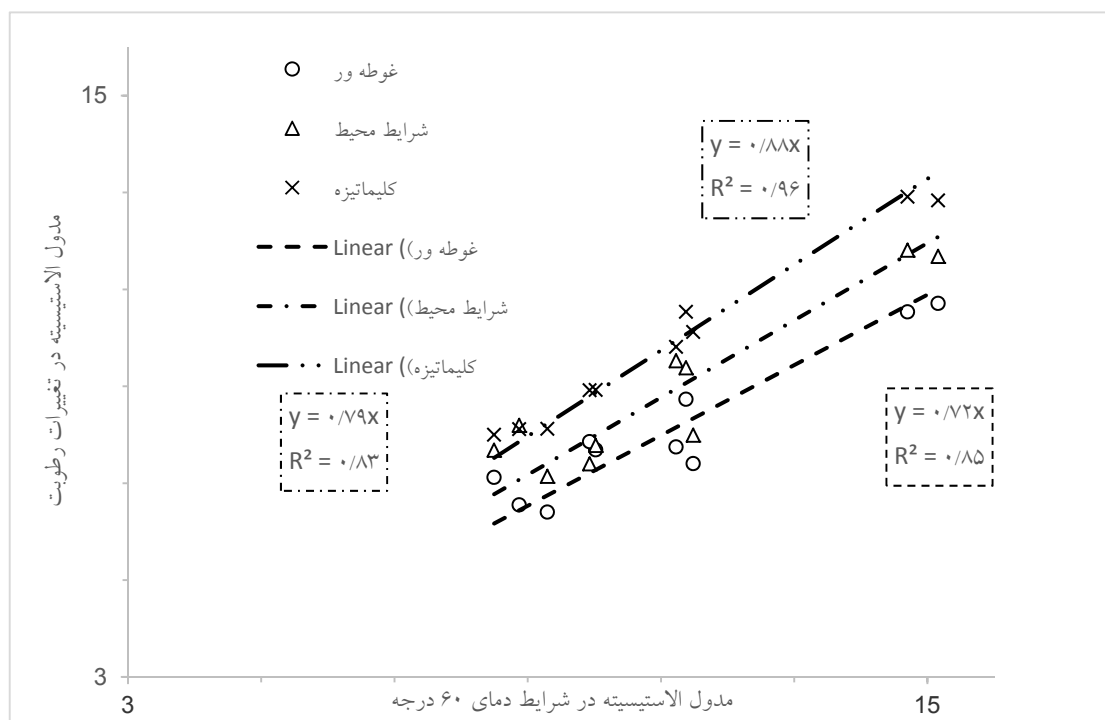
میانگین کمی مقادیر دانسیته و مدول الاستیسیته و میرایی ارتعاش حاصل از آزمون ارتعاش طولی نمونه‌ها

جدول ۱. مقادیر به دست آمده از آزمون ارتعاش طولی گونه راش

میرایی	مدول الاستیسیته (GPa)	دانسیته (kg/m ³)	محیط‌های نگهداری شده
۰/۰۴۰	۸/۰۷	۷۶۱/۴۹	غوطه‌ور در آب
۰/۰۰۹	۸/۸۵	۵۹۸	یک هفته در دمای محیط
۰/۰۰۸	۹/۸۳	۵۶۷	کلیماتیزه
۰/۰۰۷	۱۱/۰۵	۵۴۱	دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد
۰/۰۰۹	۱۰/۵۷	۵۳۹	دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد
۰/۰۰۷	۹/۹۶	۵۳۵	دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد
۰/۰۰۶	۹/۸۵	۵۳۴	دمای ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد
۰/۰۰۸	۱۰/۱۷	۵۳۴	دمای ۱۴۰ درجه سانتی‌گراد
۰/۰۰۸	۹/۵۷	۵۳۲	دمای ۱۶۰ درجه سانتی‌گراد
۰/۰۰۹	۹/۶۸	۵۳۰	دمای ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد

به ترتیب در نمونه‌های غوطه‌ور در آب ۲۸ درصد، خشک شده در محیط آزمایشگاه ۲۱ درصد و شرایط کلیماتیزه ۱۲ درصد کمتر از مقادیر مدول الاستیسیته دینامیک در نمونه‌های تیمار شده در دمای ۶۰ درجه می‌باشد. با توجه به مبانی نظری و پژوهش‌های سایر محققان تاثیر منفی رطوبت بر مقادیر حاصل از مدول الاستیسیته دینامیک قابل توجیح موجه می‌باشد (Bodig & Jayne, 1993).

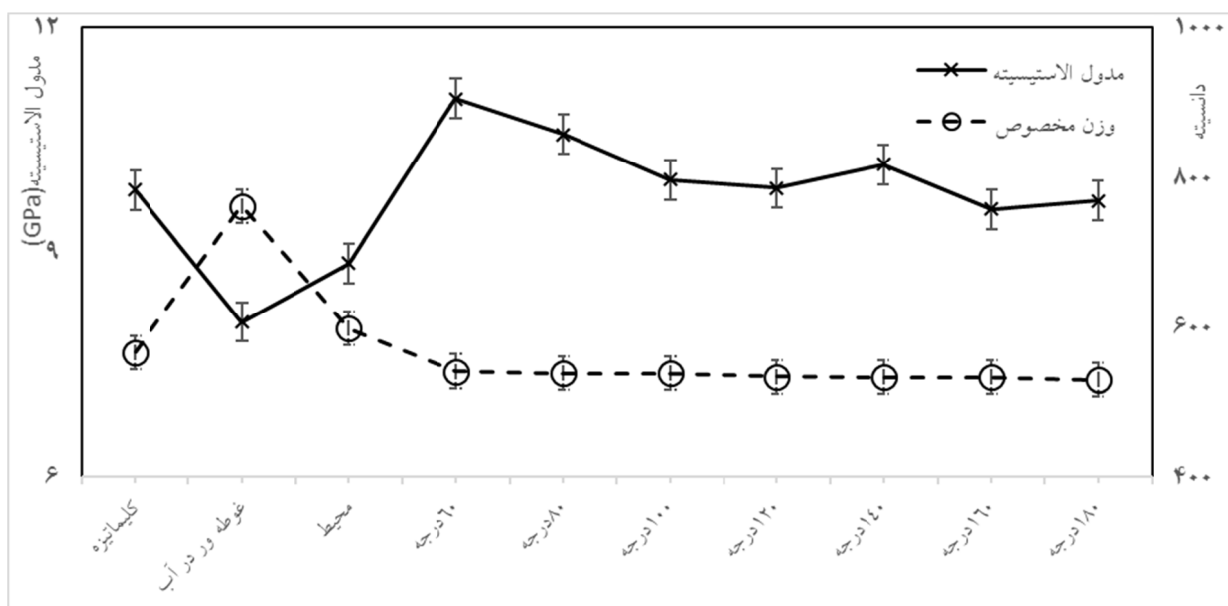
در شکل ۳، مقایسه مدول الاستیسیته چوب در دمای ۶۰ درجه (دمایی که در آن مقادیر مدول الاستیسیته در بیشترین حد خود قرار دارد) با حالت غوطه‌ور در آب، خشک شده در هوای آزاد و نمونه‌های مشروط‌سازی شده مقایسه شده است. همان‌طور که مشاهده می‌گردد، افزایش رطوبت در نمونه‌ها سبب کاهش مقادیر مدول الاستیسیته دینامیک شده است. به طوری که مقادیر مدول الاستیسیته دینامیک



شکل ۳. مقایسه مدول الاستیسیته طولی یانگ در رطوبت متغیر در مقایسه با شرایط انیدر (برحسب گیگاپاسکال)

دینامیک گردیده است. افزایش دما (۶۰ درجه سانتی‌گراد) باعث افزایش مقادیر مدول الاستیسیته گردیده است؛ به طوری که در این دما بیشترین مقادیر مدول الاستیسیته حاصل شده است. با افزایش دما در مراحل بعدی، مدول الاستیسیته و دانسیته همزمان روندی کاهشی را در پیش گرفته‌اند.

در شکل ۴ تغییرات حاصل در مدول الاستیسیته در دانسیته‌های متغیر حاصل از شرایط رطوبتی و دمایی متغیر مورد آزمون به نمایش درآمده است. همان‌طور که در شکل مشاهده می‌گردد هر چند نمونه‌ها با افزایش دانسیته به تبع افزایش رطوبت مواجه بوده‌اند، اما افزایش این رطوبت موجب کاهش مقادیر مدول الاستیسیته

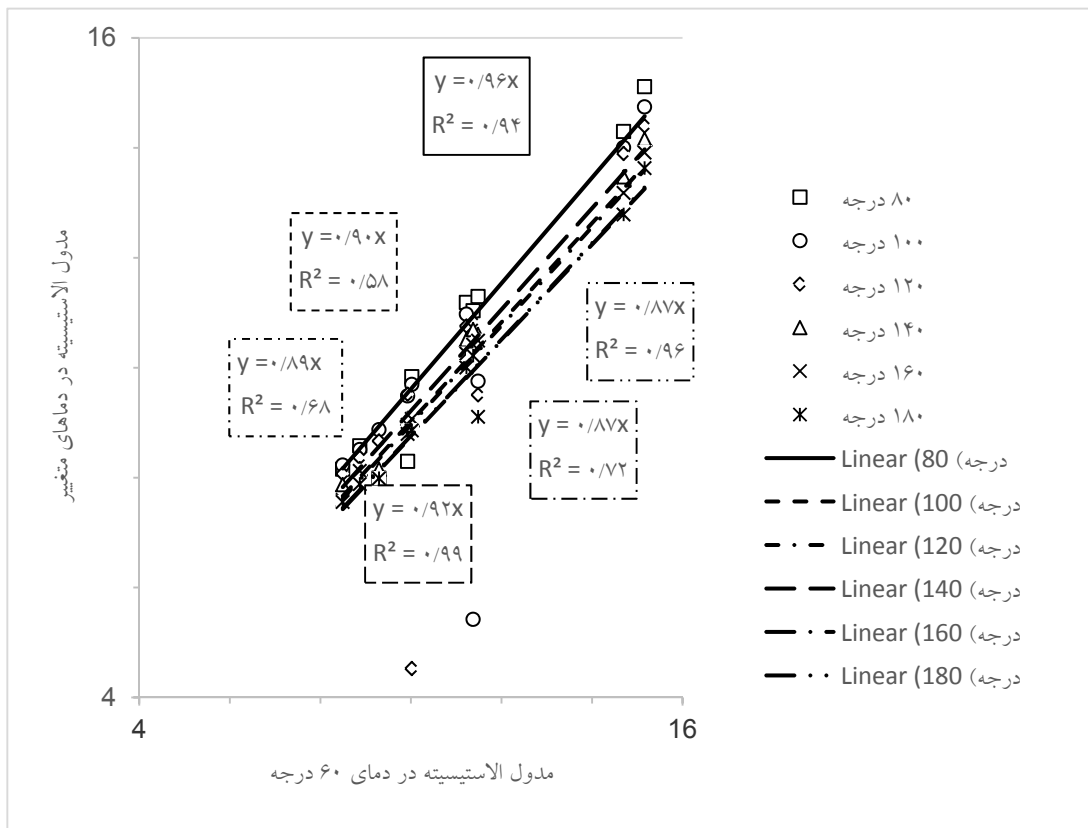


شکل ۴. مقایسه تغییرات مقادیر مدول الاستیسیته در اثر تغییرات دانسیته حاصل از شرایط رطوبتی و دمایی متغیر

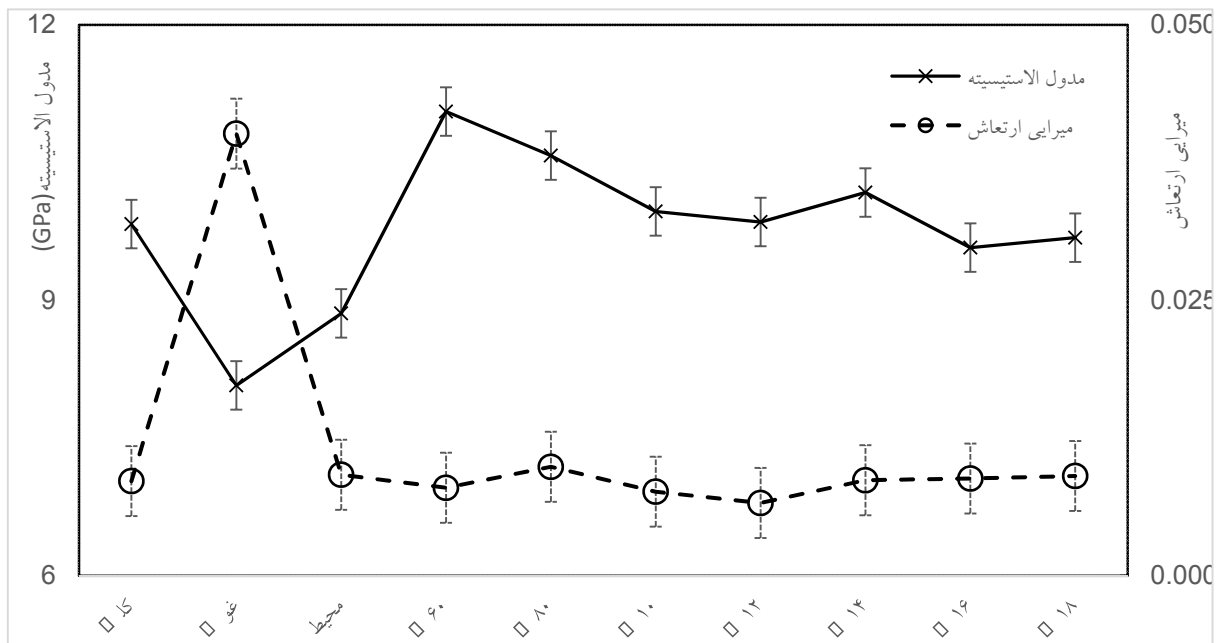
در شکل ۶ تغییرات حاصل در مدول الاستیسیته و میرایی ارتعاش در شرایط متغیر رطوبتی و دمایی مورد آزمون به نمایش درآمده است. همان‌طور که در شکل مشاهده می‌گردد و قبلاً نیز بیان شد با افزایش رطوبت مقادیر مدول الاستیسیته رو به کاهش و مقادیر میرایی ارتعاش رو به افزایش گذاشته‌اند. افزایش دما باعث به حدکثر رسیدن مقادیر مدول الاستیسیته در اولین مرحله اعمال دما و کاهش مقادیر میرایی ارتعاش از اولین مرحله اعمال دما و به حداقل رسیدن آن در دمای ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد شده است.

در شکل ۵ اثر افزایش دما بر روی نمونه‌های آزمونی نسبت به نمونه‌ها در دمای ۶۰ درجه مورد بررسی قرار گرفته شد. همان‌طور که مشاهده می‌گردد نمونه‌های قرار گرفته در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد، حداکثر مقادیر مدول الاستیسیته دینامیک را داشتند.

پس از آن و در دماهای پله‌ای اعمال شده در این تحقیق مقادیر مدول الاستیسیته رو به کاهش نهاده و در دمای ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد به حداقل مقدار خود رسیده است.



شکل ۵. مقایسه مدول الاستیسیته طولی یانگ در دمای متغیر نسبت به دمای ۶۰ درجه (بر حسب گیگاپاسکال)



شکل ۶. بررسی تغییرات مقادیر مدول الاستیسیته و تغییرات میرایی حاصل از شرایط رطوبتی و دمایی متغیر

بحث و نتیجه‌گیری

همان‌طور که در نتایج ملاحظه گردید چوب در حالت غوطه‌ور در آب مقادیر کمتری از مدول الاستیسیته را در مقایسه با نمونه‌های کلیماتیزه شده و خشک کامل از خود به نمایش درآورد. در نگاه اول باید این گونه به نظر رسد که افزایش دانسیته به تبع وجود رطوبت باعث افزایش مقادیر مدول الاستیسیته گردد، اما باید توجه داشت که افزایش رطوبت سبب کاهش سرعت صوت در چوب و در نهایت مدول الاستیسیته دینامیک می‌گردد (Gerhards, 1975; Benoit & Sandoz, 2007; Bucur, 2004; Brashaw et al., 2004).

در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد نمونه‌های آزمونی به بالاترین مقادیر حاصل از مدول الاستیسیته رسیده و مقادیر میرایی ارتعاش هر چند به حداقل خود نرسیده‌اند، ولی با افت شدیدی روبه‌رو شدند. به نظر نمی‌رسد دلیل این اتفاق از دست دادن کلیه رطوبت چوب باشد، چرا که با توجه به دمای جوش آب، از دست دادن کلیه آب آزاد و آغشتگی چوب باید از دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد و دماهای بالاتر از آن اتفاق افتد (عنایتی، ۱۳۸۹). به خصوص اینکه با توجه به اثر منفی رطوبت بر روی مقادیر حاصل از میرایی ارتعاش (Obataya & Norimoto, 2000; Bucur, 2004; Wegst, 2006) کمترین مقادیر حاصل از این فاکتور در دمای ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد که دمایی بالاتر از دمای تبخیر آب می‌باشد، حاصل گردید. با توجه به اینکه از دست دادن رطوبت در چوب از سطح به سمت بخش‌های درونی صورت می‌گیرد (عنایتی، ۱۳۸۹)، چوب در دماهای بالاتر از دمای تبخیر آب کلیه آب آزاد و آغشتگی خود را از دست می‌دهد. دلیل این اتفاق می‌تواند به هم ریختگی احتمالی الیاف و ساختار چوب در طی فشار ایجاد شده در حین خروج آب از بخش‌های درونی چوب باشد، چرا که ساختمان درونی و نحوه آرایش الیاف و دیگر عناصر چوب دارای تاثیر به‌سزایی در سرعت صوت (که

رابطه مستقیم با مدول الاستیسیته دارد) می‌باشد (Han et al., 2006; Bucur, 2004; Brashaw et al., 2004; Sakai et al., 2008; Hasegawa et al., 2011; al., 1990).

البته با توجه به گستره پژوهش حاضر و عدم امکان بررسی ساختار ریزمولکولی لایه‌های داخلی چوب، دلایل چگونگی حادث شدن این پدیده نیاز به مطالعات گسترده‌تری در خصوص تغییر ساختار داخلی چوب در حین خروج رطوبت در این گونه دارد. صدایی که از ارتعاش یک جسم ساطع می‌شود، یا از یک منبع بیرونی به جسم برخورد می‌کند و آن را مرتعش می‌سازد، به مرور میرا می‌شود که ناشی از مصرف انرژی آکوستیکی ارتعاش آن است. انرژی آکوستیکی به دو طریق مصرف می‌شود، یکی جذب صوت و صرف مقابله با اصطکاک داخلی است که نتیجه آن آزاد شدن گرماست و دیگر اینکه به محیط بازتاب می‌کند. میزان میرایی ارتعاش در چوب بستگی به نوع گونه (جرم ویژه، میزان مواد استخراجی، بافت چوب و غیره)، رطوبت چوب (با افزایش درصد رطوبت میرایی افزایش می‌یابد)، جهت ارتعاش (طولی، مماسی و شعاعی)، و مد ارتعاش دارد (Bermaud et al., 2010; Roohnaia et al., 2011).

همانطور که در نتایج مشاهده گردید با افزایش رطوبت مقادیر میرایی ارتعاش افزایش یافتند. از لحاظ تئوری هر چه چوب مدول الاستیسیته بالاتری داشته باشد، میرایی پایین‌تری دارد و دلیل این موضوع به تاثیر متفاوت معایب موجود در یک قطعه چوبی بر روی مقادیر حاصل از هر یک از فاکتورهای مدول الاستیسیته و میرایی ارتعاش می‌باشد (Wegst, 2006). به‌طور معمول، وجود معایب در یک قطعه چوبی باعث کاهش مقادیر مدول الاستیسیته و افزایش مقادیر میرایی ارتعاش به تبع اصطکاک داخلی بیشتر در آن قطعه می‌گردد (Roohnia et al., 2012; Yang et al., 2002). بنابراین با توجه به نتایج حاصل شده و با توجه به حداقل بودن

- Bucur, V. (2004) Ultrasonic techniques for nondestructive testing of standing trees. Centre de Recherches Forestieres de Nancy, INRA, Laboratoire d' Etudes et Recherches sur le Mate'riau Bois, LERMAB UMR 1094, 54280 Champenoux, France, pp. 56-69.
- Caddemi, S. and Morassi, A. (2006) Crack detection in elastic beams by static measurements. *International Journal of Solids and Structures*, 44(16): 5301-5315.
- Gerhards, C.C. (1975) Stress wave speed and MOE of sweetgum ranging from 150-15 percent MC. *Forest Products Journal*, 25(4): 51-57.
- Hasegawa, M., Takata, M., Matsumura, J. and Oda, K. (2011) Effect of wood properties on within-tree variation in ultrasonic wave velocity in softwood. *Ultrasonics*, 51(3): 296-302.
- Han, G., Wu, Q. and Wang, X. (2006) Stress-wave velocity of wood-based panels: Effect of moisture, product type, and material direction. *Forest Products Journal*, 56(1): 28-33.
- Harris, C.M. (1998) Shock and vibration handbook (6th Edition, 2009). McGraw-Hill, New York, 1168p.
- Kubojima Y., Suzuki Y. and Tonosaki, M. (2005). Vibrational properties of green wood in high temperature water vapor. *Holzforschung*, 59(4): 446-450.
- Korkut, S., Akgul, M. and Dundar, T. (2008) The effect of heat treatment on some technological properties of scots pine (*pinus sylvestries L.*) wood. *BioResource*, 99(1): 1861-1868.
- Madhoushi, M., Hoshemi, S.M. and Behzad, M. (2008) Evaluation of influence of decay on dynamic and static moduli of elasticity in Iranian beech by using of NDT stress wave. *Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources*, 15(3): 176-183.
- Obataya, E. and Norimoto, M. (2000) Acoustic properties of a reed (*Arundo donax L.*) used for the vibrating plate of a clarinet. *Journal of Acoustical Society of America*, 106(2): 1106-1110.
- Oltean, L., Teischinger, A. and Hansman, Ch. (2007) Influence of temperature on cracking and mechanical properties of wood during wood drying. *Bio Resources*, 2(4), 789-811.
- Roohnia, M., Hashemi-Tabalvandai, S.M., Shafiee, P. and Tajdini, A. (2011) Damping factor of pinus silvestris timbers in longitudinal, transverse and torsional

مقادیر فاکتور میرایی ارتعاش در دمای ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد (دمایی نزدیک به دمای جوش آب)، به نظر می‌رسد فاکتور مذکور جهت ردیابی میزان رطوبت در حین فرآیندهایی از قبیل تیمارهای گرمایی و چوب خشکی می‌تواند کارتر از فاکتور مدول الاستیسیته باشد که البته این موضوع مستلزم پژوهش‌های بیشتر و کامل‌تر بر روی سایر گونه‌ها می‌باشد. ماجرایی رطوبت و دما و تاثیرات آنها بر روی خواص دینامیکی چوب گرچه یک مساله قدیمی است، ولی ردیابی آن توسط فناوری جدید آزمون غیرمخرب ارتعاش که به تازگی در کشور نیز بومی‌سازی شده است، به‌عنوان نقطه عطفی، نوآوری این تحقیق منظور می‌شود.

منابع

- عنايتي، ع، ا. ا. (۱۳۸۹). فیزیک چوب. دانشگاه تهران، تهران، ۳۴۰ صفحه.
- Bengtsson, C., Jermer J., Chang A. and Ek-Olausson, B. (2003) Investigation of some technical properties of heat-treated wood. International research group wood pre, Section 4-Processes, No. IRG/WP 02-40242, pp. 245-255.
- Bekhta, P. and Neimz, P. (2003) Effect of high temperature on the change in color dimensional stability and mechanical properties of source wood. *Holz Forschung*, 57(5): 539-546.
- Benoit, Y. and Sandoz, J.L. (2007) Timber grading machine using ultrasonic and density measurements: TRIOMATIC. COST E 53 Conference, Quality control for wood and wood products, Warsaw, Poland.
- Bodig, J. and Jayne, B.A. (1993) Mechanics of wood composites. Kreiger Publishing CO., Melbourne, FL.
- Brémaud, I., Cabrolier, P., Gril, J., Clair, B., Gérard, J., Minato, K. and Thibaut, B. (2010) Identification of anisotropic vibrational properties of Padauk wood with interlocked grain. *Wood Science and Technology*, 44: 355-367.
- Brashaw, B.K., Wang, X., Ross, R.J. and Pellerin, P.F. (2004) Relationship between stress wave velocities of green and dry veneer. *Forest Products Journal*, 54(6): 85-89.

- Sakai, H., Minamisawa, A. and Takagi, K. (1990) Effect of moisture content on ultrasonic velocity and attenuation in woods. *Ultrasonics*, 28(6): 382-385.
- Wegst, U.K.G. (2006) Wood for sound. *American Journal of Botany*, 93(10): 1439-1448.
- Yang, X., Ishimaru, Y., Iida, I. and Urakami, H. (2002) Application of modal analysis by transfer function to nondestructive testing of wood I: Determination of localized defects in wood by shape of the flexural vibration wave. *Journal of Wood Science*, 48(4): 283-288.
- free vibrations. *Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources*, 5(4): 584-591.
- 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.
- Thiam, M., Milota, M.R. and Leichti, R. (2002) Effect of high-temperature drying on bending and shear strengths of western hemlock lumber. *Forest Products Journal*, 52(4): 64-68.

Longitudinal Vibration Parameters Variations of Beech Wood Observation in line with Independent Changes in Moisture Content and Temperature

Shadabeh Fathi^{1*}, Mehran Roohnia² and Mostafa Kohantorabi³

- 1) M.Sc. Student, Department of Wood and Paper Science and Technology, College of Agriculture and Natural Resources, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
*Corresponding Author Email Address: shadabeh.fathi@gmail.com
- 2) Professor, Department of Wood and Paper Science and Technology, College of Agriculture and Natural Resources, Islamic Azad University, Karaj Branch, Karaj, Iran.
- 3) Ph.D. Student, Department of Wood and Paper, Science and Technology College of Agriculture and Natural Resources, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

Date of Submission: 2014/12/08

Date of Acceptance: 2015/08/08

Abstract

In this study the independent effects of moisture content and temperature variation on dynamic properties of beech wood were investigated. According to ISO 3129 standard 10 clear samples were selected. The samples exposing to different moisture content and temperature and then longitudinal vibration test were performed on them. Results showed that the dynamic modulus of elasticity values of water immersed samples were smaller than the samples with lower moisture content, and also in constant moisture content as temperature increased dynamic modulus of elasticity decreased. Increasing temperature from 60 ° C damping factor remained constant, while the damping increased with the increase of moisture content. Maximum values of dynamic modulus of elasticity were observed in completely dried samples and increasing temperature from 60 °C the dynamic modulus of elasticity values in samples were descended.

Keywords: NDT, Temperature, Wood, Moisture content, Modulus of elasticity.

