

## تأثیر اتصالات انگشتی و مورب بر متغیرهای فراصوتی

سپیده مسعودی<sup>۱</sup>، سعید کاظمی نجفی<sup>۲\*</sup>، محمد غفرانی<sup>۳</sup> و حسن ذکی دیزجی<sup>۴</sup>

<sup>۱</sup> کارشناس ارشد علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، ایران

<sup>۲</sup> دانشیار دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، ایران

<sup>۳</sup> استادیار دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی، ایران

<sup>۴</sup> استادیار دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، ایران

(تاریخ دریافت: ۸۹/۴/۱۳، تاریخ تصویب: ۸۹/۱۲/۹)

### چکیده

در این تحقیق ارزیابی غیرمخرب دو نوع اتصال انگشتی و مورب ساخته شده از چوب راش با روش فراصوت مورد بررسی قرار گرفت و با چوب (بدون اتصال) مقایسه شد. بدین منظور ابتدا اتصالات سالم انگشتی و مورب ساخته شدند. سپس از روش عبوری فراصوت برای ارزیابی اتصالات استفاده شد که طی آن متغیرهای فراصوتی شامل سرعت، ضریب تضعیف، دامنه بیشینه و ولتاژ RMS در جهات طولی و عرضی اتصال اندازه‌گیری شدند. کلیه اندازه‌گیری‌ها در فرکانس ۴۰ kHz انجام شدند. نتایج نشان دادند که در جهت عرضی اتصالات اختلاف معنی‌داری بین متغیرهای فراصوتی در منطقه اتصال و بدون اتصال وجود ندارد؛ اما در جهت طولی سرعت موج فراصوت در نمونه‌های بدون اتصال بیشتر از نمونه‌های دارای اتصال مورب و انگشتی است. در جهت طولی اتصال انگشتی، ضریب تضعیف به طور معنی‌داری بیشتر و دامنه بیشینه و ولتاژ RMS به طور معنی‌داری کمتر از اتصال مورب و چوب (بدون اتصال) می‌باشد.

**واژه‌های کلیدی:** متغیرهای فراصوت، اتصال انگشتی، اتصال مورب، چوب

## مقدمه

علاوه بر این که طراحی و ساخت اتصال چسبی بسیار مهم است، یک اتصال باید در شرایط استفاده و در طول مدت استفاده نیز توانایی کافی برای تحمل بار را داشته باشد.

برای کنترل کیفی اتصالات چسبی معمولاً از روش‌های استاتیکی استفاده می‌شود که با توجه به شکل اتصالات ایجاد شده روش‌های استاندارد مانند ASTM D905، ASTM D906 و ASTM D1073 تدوین شده‌اند. اما همه این روش‌ها ضمن این که وقت‌گیر هستند، ماهیت مخرب دارند و بنابراین امکان کنترل و بازرسی تمام اتصالات وجود ندارد (Coupland, 2004).

لذا با توجه به اهمیت اتصالات در سلامت و ایمنی انواع سازه‌ها، استفاده از روش‌هایی که بتوانند ارزیابی سریع، موفق و دقیق از کیفیت اتصال بدون هرگونه آثار مخرب در ماده تحت بررسی را ارائه دهند، ضروری می‌باشد. ارزیابی غیرمخرب<sup>۱</sup> NDE علاوه بر این که توانایی فوق را به عنوان یک روش سریع و دقیق در ارزیابی کیفیت محصولات مرکب دارد، می‌تواند نقش مهمی در کاستن از عدم قطعیت روندهای ارزیابی انواع اتصالات چسبی داشته باشد.

از بین انواع روش‌های غیرمخرب، ارزیابی با روش فراصوت به عنوان یک روش ساده، ارزان، دارای قابلیت انعطاف، حمل و نقل و سریع می‌تواند به طور مؤثری برای ارزیابی اتصالات چسبی مورد استفاده قرار گیرد. قابل ذکر است که از این روش می‌توان برای تعیین و پیش‌بینی خواص فیزیکی و مکانیکی دامنه وسیعی از مواد چوبی شامل درختان سرپا، گرده‌بینه‌ها، چوب آلات بریده شده و مواد مرکب چوبی استفاده نمود (Wang & Chen., 2001, Bucur & Archer., 1984, Bucur, 1997, Bekhta et al., 2000). استفاده از روش فراصوت در ارزیابی اتصالات چوبی به طور محدودی مورد مطالعه قرار گرفته است. Jang (1992) ارزیابی اتصالات انگشتی را در الوار با استفاده از روش فراصوت مورد مطالعه قرار داد و نتیجه گرفت مقدار سرعت موج فراصوت متأثر از شکل و

یکی از امتیازات اصلی چوب و فرآورده‌های مرکب آن به عنوان ماده سازه‌ای این است که به سادگی می‌توان اجزای سازه‌ای را با دامنه وسیعی از اتصال دهنده‌ها (انواع چسب‌ها و اتصال دهنده‌های مکانیکی) به یکدیگر متصل کرد. اتصال در سازه‌های چوبی اعم از ساختمان‌های چوبی یا مبلمان به معنی متصل شدن دو یا چند عضو به وسیله یک اتصال دهنده می‌باشد (Anonymous, 2000).

اتصالات چسبی از سال‌های بسیار دور در ساخت انواع محصولات چوبی استفاده می‌شوند و گستردگی زیادی دارد که می‌توان این گستردگی استفاده را به خواص متعدد آنها از قبیل توزیع یکنواخت بار اعمال شده و تنش ایجاد شده، خستگی بالاتر نسبت به اتصالات مکانیکی، تولید سازه‌هایی با وزن کمتر، توانایی اتصال و درزگیری به‌طور هم‌زمان و غیره نسبت داد (Custodio et al., 2009). از انواع اتصالات چسبی در ساخت انواع سازه‌ها و فرآورده‌های مرکب چوب و مبلمان استفاده می‌شود که به اشکال مختلف سر به سر<sup>۱</sup>، پهلو به پهلو<sup>۲</sup> و سطح به سطح<sup>۳</sup> (Marra, 1992) انجام می‌شوند. اتصالات مورب و اتصالات انگشتی از اتصالات مهم در اتصالات سر به سر می‌باشند. استفاده از این نوع اتصالات و دیگر اتصالات امکان استفاده از قطعات با طول محدود و کوتاه برای رسیدن به طول دلخواه را امکان‌پذیر می‌سازد. از طرف دیگر تقاضای زیاد چوب و محدودیت منابع چوبی باعث افزایش ارزش اقتصادی این ماده خام گردیده است و این‌گونه اتصالات امکان استفاده از ضایعات چوبی با طول کوتاه و همچنین درختان با قطر کم را افزایش داده‌اند (Ayarkwa et al., 2000). استفاده از انواع اتصالات چسبی در بسیاری از زمینه‌های کاربرد چوب به سرعت رو به گسترش است و پیشرفت‌های زیادی نیز در اجرا و طراحی آنها حاصل شده‌اند (Yang et al., 2008).

۱- End to end

۲- Edge to edge

۳- Face to face

۴- Non Destructive Evaluation

کردن در هوای آزاد (تا رطوبت  $1 \pm 0.12\%$ ) به ابعاد  $15 \times 5 \times 5$  سانتیمتر برش داده شد.

#### ساخت اتصالات

دو نوع اتصال سر به سر مورد استفاده قرار گرفتند:

#### اتصال مورب

به تعداد ۳ نمونه با سطح مقطع  $5 \times 5$  سانتیمتر و طول ۱۵ سانتیمتر تهیه گردید و نمونه‌های آزمایشی در محل ایجاد اتصال مورب به صورت کامل توسط چسب پلی وینیل استات پوشانده شدند.

#### اتصال انگشتی

به تعداد ۳ نمونه با سطح مقطع  $5 \times 5$  سانتیمتر و طول ۱۵ سانتیمتر تهیه گردید و نمونه‌ها در محل ایجاد اتصال انگشتی به صورت کامل توسط چسب پلی وینیل استات پوشانده شدند.

مقدار چسب مصرفی در ساخت نمونه‌ها ۲۳۲ گرم بر متر مربع بوده است.

#### نمونه‌های فاقد اتصال

به منظور یافتن اثر جهات طولی، شعاعی و مماسی بر متغیرهای مختلف فراصوت در چوب، ۳ نمونه به سطح مقطع  $5 \times 5$  سانتیمتر و طول ۱۵ سانتیمتر تهیه گردید. با توجه به اهمیت نقش رطوبت در مواد و به منظور یکسان سازی شرایط، همه نمونه‌های آزمون به مدت دو هفته در آزمایشگاه مشروط سازی شدند.

#### روش اندازه‌گیری متغیرهای فراصوتی

دستگاه اندازه‌گیری: برای اندازه‌گیری متغیرهای فراصوت از سامانه اندازه‌گیری فراصوتی طراحی شده در آزمایشگاه مکانیک ماشین آلات کشاورزی دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس (شکل ۱) استفاده شد.

نوع اتصال انگشتی است. استفاده از روش عبوری فراصوت در یافتن تاثیر کیفیت خط چسب را (Dill- et al (2005) Longer در تیرهای لایه‌ای مورد مطالعه قرار دادند. زمان عبور موج و دامنه، متغیرهای مورد مطالعه در این تحقیق بودند. نتایج نشان داد که زمان عبور موج در مناطق فاقد چسب افزایش می‌یابد و دامنه موج از حد نرمال خود کاهش پیدا می‌کند.

کیفیت خط چسب در تخته خرده چوب روکش شده با روش فراصوتی غیرتماسی توسط (et al (2005) Grimberg مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج نشان دادند که به وسیله روش فراصوت غیر تماسی می‌توان مناطق عاری از چسب را به‌طور موفقیت‌آمیزی تعیین نمود.

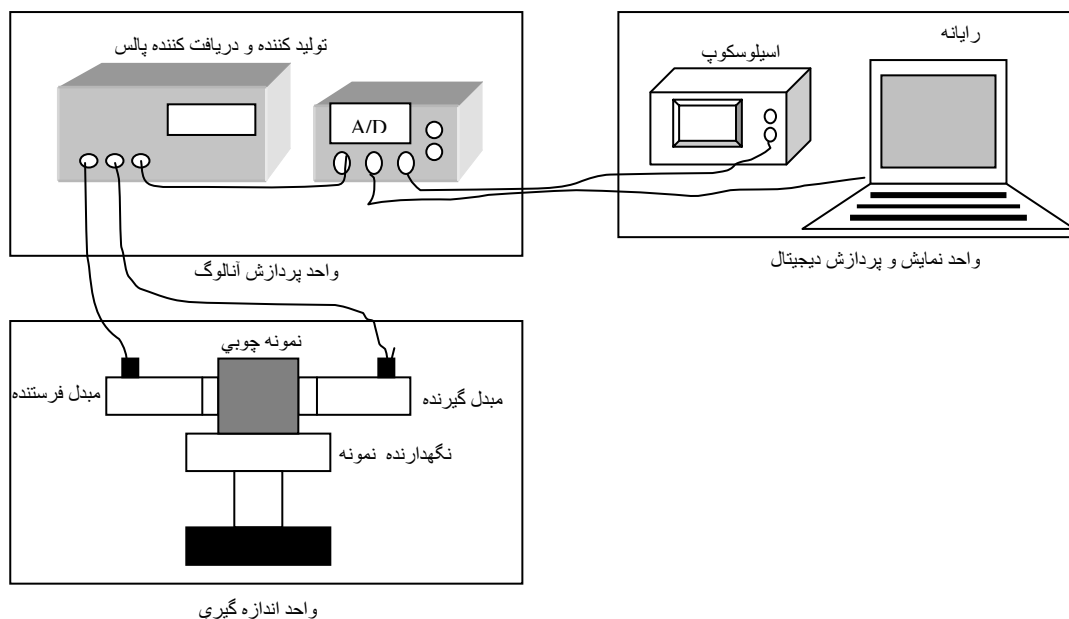
همان‌طور که ملاحظه شد تحقیقات اندکی درباره ارزیابی اتصالات چسبی در چوب با روش غیرمخرب (به‌ویژه روش فراصوت)، وجود دارد. از طرفی دیگر با توجه به این‌که کیفیت اتصال چسبی به متغیرهای فراوانی در فرایند چسبندگی و همچنین کیفیت ماده چوبی بستگی دارد، ضروری است مطالعات بیشتری در زمینه ارزیابی کیفیت اتصال چسبی صورت پذیرد.

در معدود تحقیقات انجام شده، از سرعت موج فراصوت برای ارزیابی اتصالات چسبی استفاده شده است. به نظر می‌رسد با تحلیل انتشار امواج فراصوت و ارزیابی روابط بین کیفیت اتصال و سایر متغیرهای فراصوت بتوان اطلاعات بیشتری در ارتباط با کیفیت اتصالات به‌دست آورد. بنابراین هدف از این بررسی، ارزیابی دو نوع اتصال چسبی سر به سر (اتصال مورب و انگشتی)، با استفاده از روش فراصوت و یافتن تأثیر اتصال چسبی بر متغیرهای مختلف فراصوتی می‌باشد.

#### مواد و روش‌ها

##### تهیه نمونه و آماده سازی آن

چوب راش (*Fagus orientalis*) از آزمایشگاه مکانیک چوب دانشگاه شهید رجایی تهیه شد و پس از خشک



شکل ۱- نمای شماتیک سامانه اندازه گیر فراصوت

دستگاه اندازه‌گیری از نوع پیزوالکتریک با فرکانس‌های مشابه  $40 \pm 1$  kHz و قطر سطح مقطع ۲۵ میلیمتر بوده است.

#### محاسبه متغیرهای فراصوتی

سرعت عبور امواج فراصوت: در آزمون‌های فراصوتی، سرعت عبور امواج فراصوت با اندازه‌گیری طول موج فراصوت در فرکانس مشخص می‌شود یا با اندازه‌گیری زمان مورد نیاز برای عبور موج فراصوت از ضخامت مشخص مواد قابل تعیین است:

$$c = \frac{L}{TOF} \quad (1)$$

که در آن  $c$ ، سرعت انتشار امواج ( $ms^{-1}$ )؛  $L$  ضخامت ماده ( $m$ ) و  $TOF$  زمان انتقال موج ( $s$ ) است (Rose, 2004).

#### متغیرهای فراصوتی اندازه‌گیری شده

شاخص‌های فراصوتی مهم در ارزیابی عبوری، سرعت انتشار یا عبور امواج از نمونه و ضریب تضعیف می‌باشند که در بیشتر منابع، این دو شاخص به کار گرفته شده‌اند. اما در این پژوهش افزون بر آنها شاخص‌های دیگری مانند مجذور ریشه دوم ( $RMS^1$ ) و دامنه بیشینه مد نظر قرار گرفتند. اندازه‌گیری متغیرهای مختلف فراصوتی (سرعت موج، ولتاژ  $RMS$ ، دامنه، تضعیف) مطابق شکل ۲ انجام شده است:

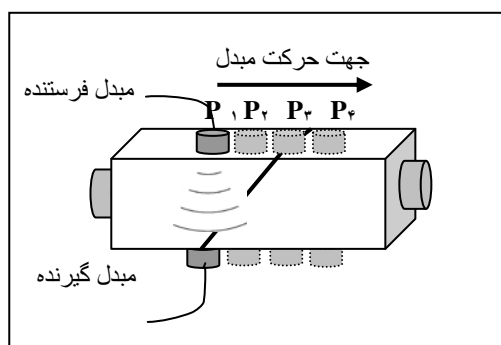
همان‌طور که شکل ۲ نشان می‌دهد در جهت عمود بر اتصال، اندازه‌گیری‌ها در چهار نقطه  $P_1$ ،  $P_2$ ،  $P_3$  و  $P_4$  انجام شده‌اند. علاوه بر این متغیرهای فراصوتی در جهت طولی نیز اندازه‌گیری شده‌اند. در هر نقطه به طور متوسط ۱۵ بار اندازه‌گیری‌ها تکرار شده‌اند. فشار به کار برده شده در این تحقیق ۵ نیوتن برای کلیه اندازه‌گیری‌ها می‌باشد. لازم به ذکر است به منظور سطح تماس بهتر بین نمونه و مبدل‌ها و از بین بردن هوای موجود و تطابق آمپدانس بین نمونه و مبدل‌ها در این پژوهش از ژل ویژه آزمون‌های فراصوت استفاده شده است. مبدل‌های

۱- Time of flight

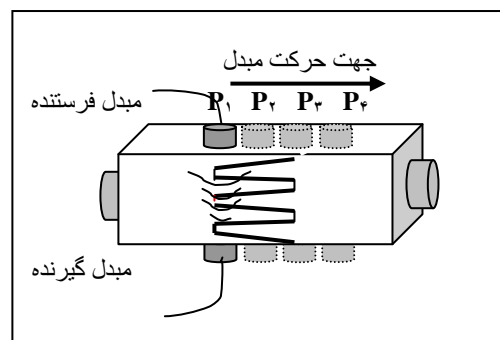
۱- Root Mean Square

$$a_{dBA} = \frac{-20}{L} \log\left(\frac{A}{A_0}\right) \quad (۲)$$

دامنه سیگنال ارسالی ثابت و مقدار آن  $8000 \pm 10$  mV می‌باشد و در این روابط  $A$  و  $A_0$  به ترتیب دامنه موج‌های ارسالی و دریافت شده (mV) و  $L$  ضخامت نمونه (m) می‌باشد.



(ب)



(الف)

شکل ۲- اندازه‌گیری متغیرهای مختلف فراصوتی: اتصال انگشتی (الف) اتصال مورب (ب)

اندازه‌گیری این شاخص قسمت مثبت سیگنال در نظر گرفته شده است. لازم به ذکر است در هر نقطه اندازه‌گیری‌ها ۱۵ بار تکرار شده‌اند که در هر تکرار متغیرهای مورد بررسی اندازه‌گیری و سپس میانگین ۱۵ تکرار محاسبه گردید. با توجه به اینکه سه نمونه از هر تیمار تهیه شده است، میانگین متغیرها برای هر تیمار محاسبه شد، و به منظور مقایسه میانگین‌ها از روش آزمون دانکن استفاده شده است.

## نتایج

### متغیرهای مختلف فراصوتی در نمونه‌های راش بدون اتصال

سرعت موج فراصوت: نتایج حاصل از بررسی تغییرات سرعت امواج فراصوت در جهت طولی، شعاعی و مماسی در جدول ۱ نشان داده شده است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود، سرعت موج فراصوت در جهت طولی بیش از دو

ضریب تضعیف امواج فراصوت: دامنه امواج فراصوت در گذر از مواد کاهش می‌یابد و به عبارت دیگر، موج تضعیف یا میرا می‌شود. علت اصلی این میرایی جذب و پخش امواج است. در این پژوهش، رابطه ۲، برای محاسبه ضریب تضعیف به کار گرفته شد:

### مجدور ریشه دوم (RMS) سیگنال

یکی از مناسب‌ترین روش‌ها برای ارزیابی افت انرژی در ماده است. در واقع RMS مقدار انرژی منتقل شده را نشان می‌دهد. برای محاسبه RMS از رابطه ۳ استفاده شد (Kabir & Araman., 2002):

$$V_{rms} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T V(t)^2 dt} \quad (۳)$$

در این رابطه  $V(t)$  دامنه سیگنال دریافتی (mV) است. اندازه‌گیری شاخص RMS سیگنال دریافتی توسط نرم افزار TNM<sup>۱</sup> انجام گرفت.

### دامنه پیشینه

پیشینه دامنه سیگنال دریافتی در حوزه زمان توسط نرم‌افزار TNM و برنامه پردازش سیگنال محاسبه شد. در

شعاعی چوب راش نیز بیشتر از جهت مماسی مشاهده می‌شود.

برابر سرعت آن در جهت شعاعی و دو و نیم برابر سرعت در جهت مماسی است. سرعت موج فراصوت در جهت

جدول ۱- متغیرهای فراصوتی اندازه‌گیری شده در جهات مختلف چوب راش

جهت اندازه‌گیری			متغیر فراصوت
مماسی	شعاعی	طولی	
۱۲۰۳	۱۵۷۷	۳۴۷۸	سرعت ( $m s^{-1}$ )
۲۹/۱	۲۸/۰	۰۹/۰	ضریب تضعیف ( $dB m^{-1}$ )
۱۴۷۶	۱۴۸۴	۱۴۵۰	دامنه (mV)
۱۳۰۴	۱۳۰۳	۴۳۶	کاهش دامنه در واحد طول ( $mV cm^{-1}$ )
۵۰۲	۵۲۵/۶	۴۷۹/۳	ولتاژ RMS (mV)
۵۳۷/۶	۵۳۲/۹	۱۸۰/۷	کاهش RMS در واحد طول ( $mV cm^{-1}$ )

شود و مطابق جدول ۱ کاهش ولتاژ RMS در جهت عرضی بیش از جهت طولی است.

#### هر سو نایکسانی اکوستیکی چوب راش

جدول ۲ هر سو نایکسانی چوب راش را با استفاده از نسبت متغیرهای فراصوتی اندازه‌گیری شده در جهت طولی نسبت به جهت مماسی نشان می‌دهد. هر چه مقدار این ضریب به یک نزدیک باشد بیان‌گر ضریب هر سو نایکسانی کمتر است. مطابق جدول ۲ بیشترین هر سو نایکسانی مربوط به ضریب تضعیف می‌باشد. این بدان معناست که ضریب تضعیف تأثیرپذیری بیشتری از جهت ایاف و هر سو نایکسانی چوب در مقایسه با متغیرهای دیگر دارد.

#### ضریب تضعیف

مطابق جدول ۱ جهت مماسی بیشترین مقدار ضریب تضعیف را نشان می‌دهد و کمترین مقدار ضریب تضعیف مربوط به جهت طولی چوب می‌باشد.

#### دامنه بیشینه

نظر به اینکه دامنه بیشینه سیگنال دریافتی متأثر از مسافت پیموده شده به وسیله موج است (به ویژه در مواد ناهمگن) بنابراین بهتر است مقایسه آن‌ها در یک طول یکسان انجام شود. بدین منظور برای مقایسه دامنه بیشینه در جهات مختلف میزان کاهش دامنه در واحد طول محاسبه گردید که در جدول ۱ آورده شده است. طبق نتایج به دست آمده میزان کاهش دامنه در جهت عرضی (شعاعی و مماسی) تقریباً سه برابر جهت طولی است که بیان‌گر انتقال بیشتر انرژی موج در جهت طولی است. جدول ۱ همچنین نشان می‌دهد میزان کاهش دامنه موج در جهت شعاعی و مماسی یکسان است.

#### RMS ولتاژ

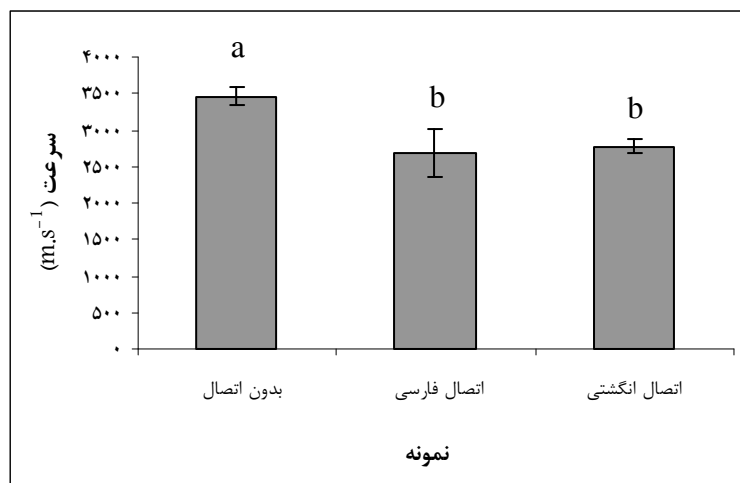
از ولتاژ RMS می‌توان برای تعیین کاهش مقدار انرژی دریافت شده استفاده نمود. همانند دامنه بیشینه، مقایسه ولتاژ RMS باید در طول‌های مساوی از یک نمونه انجام

جدول ۲- هر سو نایکسانی چوب راش با استفاده از نسبت متغیرهای فراصوتی

نسبت	ضریب هر سو نایکسانی اکوستیکی
سرعت موج فراصوت در جهت طولی به جهت مماسی	۲/۹
ضریب تضعیف موج فراصوت در جهت مماسی به طولی	۳/۲
کاهش دامنه موج فراصوت در جهت مماسی به طولی	۳
کاهش RMS موج فراصوت در جهت مماسی به طولی	۳

اندازه‌گیری شده را ارائه می‌دهد. طبق نتایج به دست آمده، در نمونه‌های بدون اتصال سرعت موج به‌طور معنی‌داری بیشتر از اتصال مورب و انگشتی می‌باشد و اختلاف معنی‌داری بین سرعت موج فراصوت در اتصال مورب و انگشتی مشاهده نشده است.

تاثیر نوع اتصال بر متغیرهای فراصوتی در جهت طولی چوب سرعت موج فراصوت شکل ۳ سرعت موج فراصوت در نمونه‌های بدون اتصال، اتصال مورب و اتصال انگشتی، در جهت طولی را نشان می‌دهد. همچنین جدول ۳ آنالیز آماری متغیرهای



شکل ۳- سرعت موج فراصوت در جهت طولی در نمونه‌های بدون اتصال و دارای اتصال انگشتی مورب و انگشتی

جدول ۳- تجزیه واریانس تاثیر محل مبدل بر فاکتورهای اندازه‌گیری شده

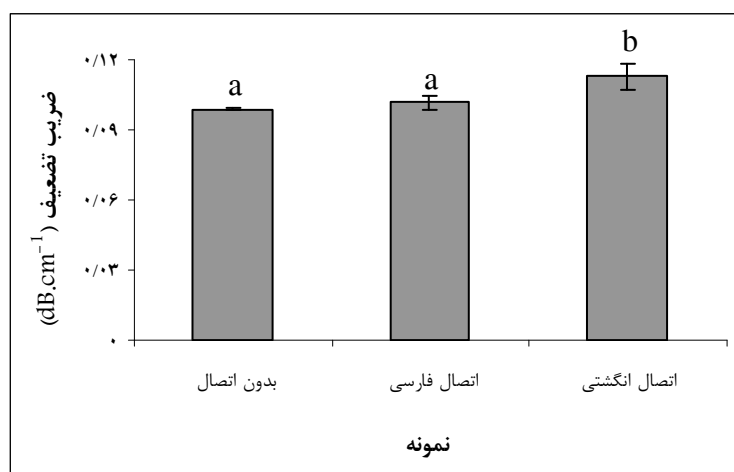
مقدار P				شاخص‌های فراصوتی نوع اتصال
RMS	دامنه بیشینه	ضریب تضعیف	سرعت	
۰/۰۰۷*	۰/۰۲۳*	۰/۰۳۶*	۰/۰۰۸*	چوب بدون اتصال، اتصال انگشتی و مورب در جهت طولی
۰/۰۵۶	۰/۵۶۶	۰/۵۶۶	۰/۳۲۵	اتصال انگشتی در جهت عرضی
۰/۱۷۳	۰/۰۵۴	۰/۰۵۵	۰/۵۴	اتصال مورب در جهت عرضی

\* معنی‌داری در سطح ۵٪

## ضریب تضعیف

شکل ۴ ضریب تضعیف موج فراصوت در نمونه‌های بدون اتصال، اتصال مورب و اتصال انگشتی، در جهت طولی را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود مقدار

ضریب تضعیف در نمونه‌های دارای اتصال انگشتی به طور معنی‌داری بیشتر از اتصال مورب و نمونه‌های بدون اتصال می‌باشد (جدول ۳).



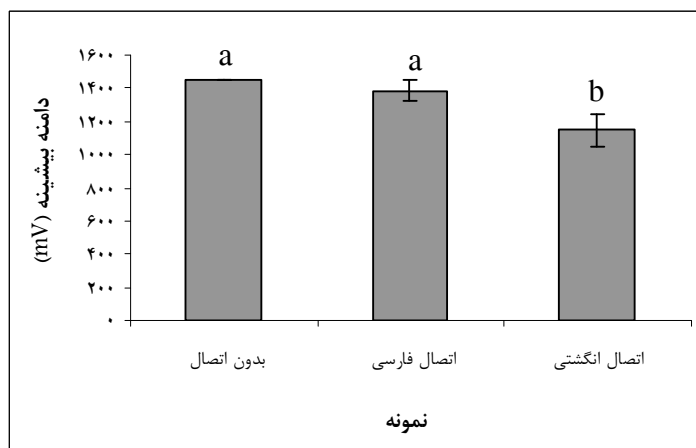
شکل ۴- ضریب تضعیف در جهت طولی در نمونه‌های بدون اتصال و دارای اتصال انگشتی مورب و انگشتی

## دامنه بیشینه

دامنه بیشینه موج فراصوت در نمونه‌های بدون اتصال، اتصال مورب و اتصال انگشتی، در جهت طولی در شکل ۵ نشان داده شده است. مطابق جدول ۳ و شکل ۵ در نمونه‌های دارای اتصال انگشتی، دامنه بیشینه به طور معنی‌داری کمتر از اتصال مورب و نمونه‌های بدون اتصال می‌باشد.

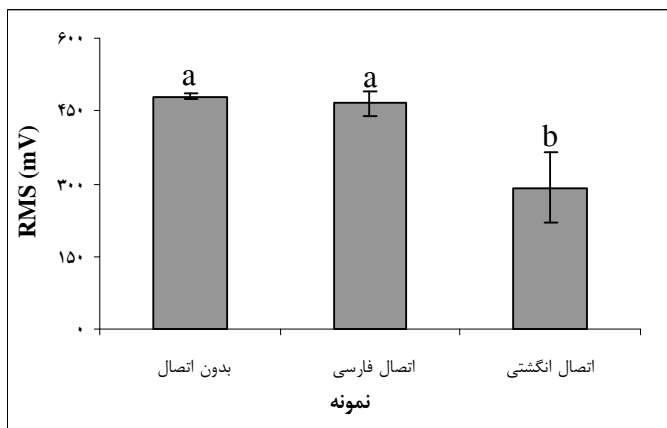
## ولتاژ RMS

ولتاژ RMS موج فراصوت در نمونه‌های بدون اتصال، اتصال مورب و اتصال انگشتی در جهت طولی، در شکل ۶ نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود در نمونه‌های دارای اتصال انگشتی مقدار ولتاژ RMS به طور معنی‌داری کمتر از اتصال مورب و نمونه‌های بدون اتصال می‌باشد (جدول ۳).



شکل ۵- دامنه بیشینه در جهت طولی در نمونه‌های بدون اتصال و دارای اتصال انگشتی مورب و انگشتی





شکل ۶- ولتاژ RMS در جهت طولی در نمونه‌های بدون اتصال و دارای اتصال انگشتی مورب و انگشتی

تضعیف در هر چهار موقعیت مبدل تقریباً یکسان می‌باشد و مطابق جدول ۳ اختلاف معنی دار بین چهار نقطه مشاهده نمی‌شود.

#### دامنه بیشینه

دامنه بیشینه امواج فراصوت در اتصالات انگشتی و مورب در شکل ۹ قابل مشاهده می‌باشد. مطابق شکل ۹ در اتصالات انگشتی و مورب دامنه بیشینه در هر چهار موقعیت مبدل تقریباً یکسان می‌باشد و مطابق جدول ۳ اختلاف معنی‌داری بین آن‌ها مشاهده نمی‌شود.

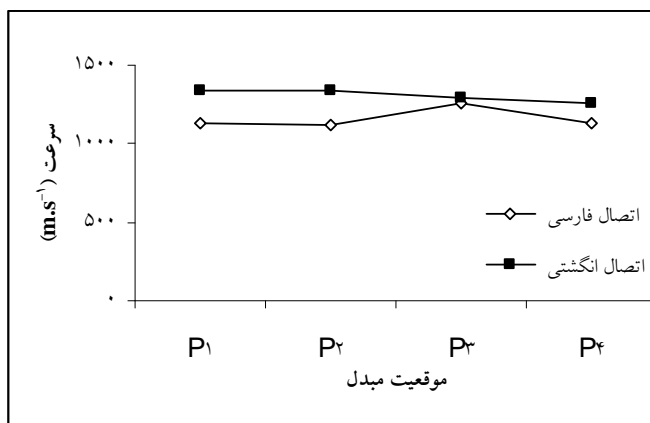
#### تاثیر نوع اتصال بر متغیرهای فراصوتی در جهت عرضی چوب

##### سرعت موج فراصوت

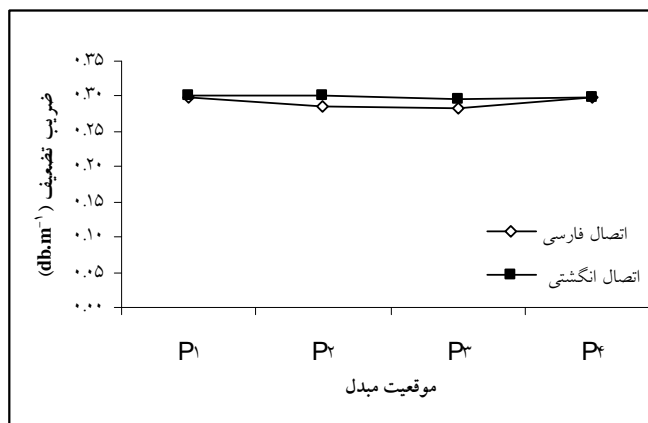
نحوه انتشار سرعت امواج فراصوت در اتصال انگشتی و مورب در شکل ۷ و آنالیز آماری نتایج در جدول ۳ نشان داده شده است. در اتصالات انگشتی و مورب سرعت موج فراصوت در هر چهار موقعیت مبدل تقریباً یکسان می‌باشد و آنالیز آماری اختلاف معنی‌داری بین سرعت موج فراصوت در این نقاط یعنی  $P_1$ ،  $P_2$ ،  $P_3$  و  $P_4$  را نشان نمی‌دهد.

##### ضریب تضعیف

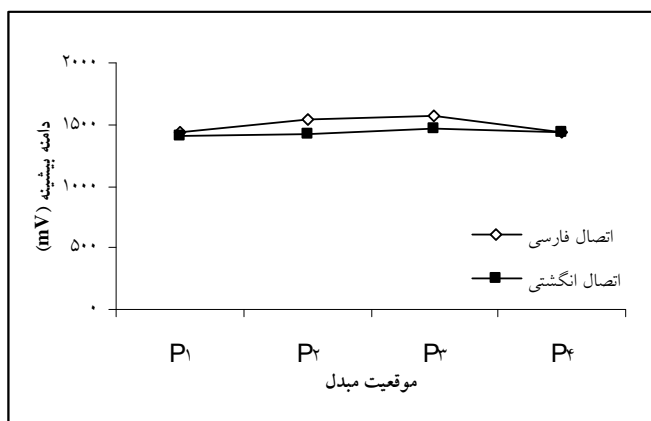
شکل ۸ ضریب تضعیف در اتصالات انگشتی و مورب را نشان می‌دهد. در اتصالات انگشتی و مورب ضریب



شکل ۷- سرعت موج فراصوت در اتصالات انگشتی مورب



شکل ۸- ضریب تضعیف اتصالات انگشتی و مورب

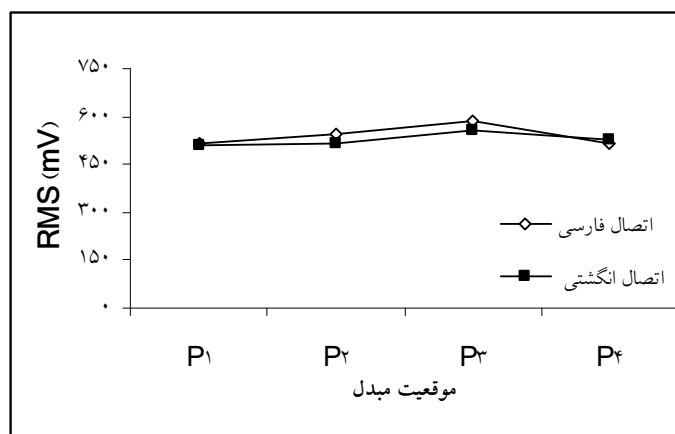


شکل ۹- دامنه بیشینه اتصالات انگشتی و مورب

### ولتاژ RMS

مبدل یعنی P<sub>1</sub>، P<sub>2</sub>، P<sub>3</sub> و P<sub>4</sub> تقریباً دارای مقدار یکسانی می‌باشد و اختلاف معنی‌داری بین مقدار RMS در اتصال و نقاط دیگر مشاهده نمی‌شود (جدول ۳).

شکل ۱۰ ولتاژ RMS در اتصال انگشتی را نشان می‌دهد. در اتصالات انگشتی و مورب، RMS در چهار موقعیت



شکل ۱۰- ولتاژ RMS در اتصالات انگشتی و مورب

## بحث و نتیجه‌گیری

افزایش سرعت موج در جهت طولی با قرارگیری فیبرها در این جهت از چوب ارتباط نزدیک دارد (Bucur & Feeny., 1992). سرعت بیشتر موج فراصوت در جهت شعاعی چوب رایش نسبت به جهت مماسی را می‌توان به دلیل حضور اشعه چوبی فراوان و نیز اثر منافذ بر روی دیواره‌های شعاعی نسبت داد (Bucur., 2005). (2000) Beall نیز سرعت موج در جهت شعاعی را بیشتر از جهت مماسی گزارش کرده است.

دلیل کاهش ضریب تضعیف مربوط به ساختمان ناهمگن و هر سو نایکسان چوب می‌باشد که ناشی از خصوصیات ذاتی این ماده است. قرار گرفتن فیبرها در جهت طولی چوب و عدم وجود فضاها و حفرات خالی در این جهت سبب می‌شود که تضعیف در جهت طولی چوب حداقل باشد. (Bucur and Feeny (1992) نتایج مشابهی را گزارش کرده‌اند. آن‌ها همچنین اظهار داشتند که ضریب تضعیف در مقایسه با سرعت موج تاثیر پذیری بیشتری از خاصیت هر سو نایکسانی چوب دارد. نتایج تحقیقات and Lemaster Dornfeld (1987) و Titta et al (2001) نشان می‌دهد با افزایش زاویه الیاف ضریب تضعیف نیز افزایش می‌یابد اما سرعت موج کاهش پیدا می‌کند.

در چوب رایش با اتصال مورب و انگشتی نتایج نشان دادند که اختلاف معنی‌داری بین متغیرهای اندازه‌گیری شده فراصوت در جهت عرضی (عمود بر اتصال) اتصال مورب و انگشتی و منطقه بدون اتصال وجود ندارد. در حالی که در جهت طولی سرعت موج در نمونه‌های بدون اتصال به صورت معنی‌داری بیشتر از نمونه‌های با اتصال است. ضریب تضعیف بیشتری در جهت طولی نمونه‌های دارای اتصال انگشتی به دست آمد که به صورت

معنی‌داری بیشتر از نمونه‌های سالم و دارای اتصال مورب است.

دامنه بیشینه معرف انرژی سیگنال دریافتی پس از عبور از یک ماده است. مقدار بیشتر دامنه بیشینه بیان‌گر انتقال بهتر و راحت تر انرژی می‌باشد. نتایج تحقیقات نشان می‌دهد که ولتاژ RMS در جهت الیاف بیشترین مقدار را دارد و با افزایش زاویه الیاف تا حدود ۳۰ درجه، ولتاژ RMS به شدت و به بیش از ۵۰ درصد کاهش می‌یابد. بعد از ۳۰ درجه، کاهش قابل ملاحظه‌ای اتفاق نمی‌افتد (Lemaster & Dornfeld., 1987). دامنه بیشینه و ولتاژ RMS در جهت طولی نمونه‌های دارای اتصال انگشتی به طور معنی‌داری کمتر از نمونه‌های بدون اتصال و دارای اتصال مورب می‌باشد؛ ولی به مانند ضریب تضعیف اختلاف معنی‌داری بین اتصال مورب و نمونه‌های بدون اتصال مشاهده نشده است.

به‌طور کلی امیدانس صوتی در جهت عرضی چوب تقریباً شبیه امیدانس صوتی پلیمرها و رزین‌های مصنوعی می‌باشد (Bejati, 2008; Dixon et al., 2003). بنابراین وقتی موج فراصوت در جهت عرضی چوب وارد خط چسب شده و از آن خارج می‌شود تفاوت محسوسی در متغیرهای آن ایجاد نمی‌شود و به همین دلیل اختلاف معنی‌داری بین متغیرهای مختلف فراصوتی در منطقه اتصال و فاقد اتصال در جهت عرضی چوب (عمود بر اتصال) مشاهده نشده است. اما در جهت طولی چوب، امیدانس صوتی چوب تفاوت زیادی با امیدانس اکوستیکی چسب دارد که این عدم تطابق امیدانس سبب می‌شود تغییراتی در امواج فراصوت پس از عبور از اتصال در جهت طولی چوب ایجاد شود که به‌صورت تغییر متغیرهای فراصوتی یعنی کاهش سرعت موج، ولتاژ RMS و دامنه بیشینه و افزایش تضعیف بروز کرده است.

## References

- Annual Book of ASTM Standards. 2004. Standard test method for strength properties of adhesive bonds in shear by compression loading, ASTM D905 - 98. ASTM, West Conshohochen, PA, USA.
- Annual Book of ASTM Standards. 2004. Standard test method for strength properties of adhesives in plywood type construction in shear by tension loading, ASTM D906 - 98 ASTM, West Conshohochen, PA, USA.

- Annual Book of ASTM Standards. 2003. Standards test methods for evaluation properties of wood-base fiber and particle panel materials, ASTM D 1037-99. ASTM, West Conshohochen, PA, USA.
- Anonymous. 2000. Wood Handbook: Wood as an Engineering Material. Agricultural. Handbook 72. USDA, Forest Service, Forest Products Laboratory, Madison, WI, 42-48.
- 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, Vol 51(1): 85-92.
- Beall, F.C. 2002. Overview of the use of ultrasonic technologies in research on wood properties. Wood Science and Technology, 36:197-212.
- Behjati S., 2008. Nondestructive evaluation of wood plastic composites using ultrasonic technique, MSc. Thesis, Tarbiat Modares University. 51 pages.
- Bekhta, P.A., Niemz, P. and Kucera, L.J., 2000. The Study of Sound Propagation in the Wood-based Composite Material. Proceeding of 12<sup>th</sup> International Symposium on Nondestructive Testing of Wood, Sopron, Hungary, 33-41.
- Bucur, V. 1997. Anisotropy and non linearity in wood in elastic domain with ultrasonic. Proceeding of the 14<sup>th</sup> Congress on Acoustics, Marseille, France, Vol. 2: 1213 – 1216.
- Bucur, V. 2005. Ultrasonic techniques for nondestructive testing of standing trees. Available online at [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com), (43): 237-239.
- Bucur, V. and Archer. R. R., 1984. Elastic constant for wood by an ultrasonic technique. Wood Sci. Technol. 18:255- 265.
- Bucur, V. and Feeney, F., 1992. Attenuation of ultrasound in solid wood. Ultrasonics, 30: 76-81.
- Coupland, J.N. 2004. Low intensity ultrasound. Food Research International 37:537-543.
- Custodio, J., Broughton, J., Cruz, H., 2009. A review of factors influencing the durability of structural bonded timber joint. International Journal of Adhesion & Adhesives, 29: 173-185.
- Dill-Langer, G., Bernauer, W., Aicher, S., 2005. Inspection of glue-lines of glued-laminate timber by means of ultrasonic testing. 14<sup>th</sup> International Symposium on Nondestructive Testing of Wood, Germany, 2-4 May, 49-60.
- Dixon S., Jaques D. and Palmer S.B., 2003. The development of shear and compression elastic moduli in curing epoxy adhesives measured using non-contact ultrasonic transducers, J. Phys. D: Appl. Phys. 36: 753–759.
- Grimberg, R., Savin, A., Steigmann, R. And Bruma, A., 2005. Ultrasound and visual examination of wood based products. 8<sup>th</sup> International Conference of the Slovenian Society for non-destructive Testing, Portoro. Slovenia, 1-3 September, 109-115.
- 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): 1-6.
- Kabir, M.F. and Araman, Ph.A. 2002. Nondestructive evaluation of defects in wood pallet parts by ultrasonic scanning. Proceedings of the 13<sup>th</sup> International Symposium on Nondestructive Testing of wood, University of California: 203- 208.USA.
- Lemaster, R.L., and D.A. Dornfeld., 1987. Preliminary investigation of the feasibility of using Acoustic-Ultrasonics to measure defects in Lumber. Journal of Acoustic Emission, Vol. 6(3):157-165.
- Marra, A.A., 1992. Technology of wood bonding. Principles in Practice, Van Nostrand Rainhold, 447.
- Rose, J.L., 2004. Ultrasonic waves in solid media. Cambridge University Press. Cambridge. UK. 454.
- Tiitta, M.E., Beall, F.C., and Biemacki, J.M., 2001. Classification study for using Acoustic-Ultrasonic to detect internal decay in glulam beams. Wood Science and Technology, 35:85-96.
- Wang, S. Y., and Chen, B. J., 2001. The Flake's Alignment Efficiency and Orthotropic Properties of Oriented Strand board. Holzforchung 55(1): 97-103.
- Yang, T.H., Wang, S.Y., Lin C.J. and Tsai M.J., 2008. Evaluation of the mechanical properties of Douglas-fir and Japanese Cedar lumber and its structural glulam by nondestructive techniques. Construction and Building Materials, 22: 487-493.

## Effect of Finger Joint and Scarf Joint on Ultrasonic Parameters

S. Masoudifar<sup>1</sup>, S. Kazemi Najafi\*<sup>2</sup>, M. Ghofrani<sup>3</sup> and H. Zaki Dizaji<sup>4</sup>

<sup>1</sup> MSc of Wood and Paper Sciences and Technology, Tarbiat Modares University, I.R. Iran

<sup>2</sup> Associate Prof., Tarbiat Modares University, I.R. Iran

<sup>3</sup> Assistant Prof., Shahid Rajayi University, I.R. Iran

<sup>4</sup> Assistant Prof., Shahid Chamran University of Ahvaz, I.R. Iran

(Received: 04 July 2010, Accepted: 28 February 2011)

### Abstract

In this research, nondestructive evaluation of finger and scarf joints manufactured with beech wood were performed using through transmission ultrasonic technique. For this purpose, sound joints were manufactured. Then ultrasonic parameters including ultrasonic wave velocity, coefficient of attenuation, maximum amplitude and root mean squares (RMS) voltage were measured in longitudinal and perpendicular direction of joints. Through- Transmission technique with transducers of 40 kHz was used for all measurements. Results showed that there was no significant different between ultrasonic parameters in perpendicular direction of the specimens with and without joints, however in longitudinal direction, the wood specimens (without joint) exhibited significantly higher ultrasonic velocity. Higher coefficient of attenuation and the lower maximum amplitude and RMS voltage were obtained in longitudinal direction of the specimens with finger joints in comparison with specimens without joint as well as with scarf joints.

**Key words:** ultrasonic parameters, finger joint, scarf joint, wood