بررسي خواص راستايي تخته‌خرده‌چوب به‌وسيله روش استاتيك و اكوستيك [۱و۲]

سعيد كاظمي نجفي[۳] ويچيتا بوكور[٤] قنبر ابراهيمي[٥]

چكيده

ويژگي‌هاي راستايي سه نوع تخته خرده‌چوب ساخت داخل به‌وسيله نسبت سرعت‌هاي اولتراسونيك (موج طولي و موج عرضي)، مدول الاستيسيته استاتيك و تغييرناپذيري صوتي موردمطالعه قرارگرفت.سرعت امواج اولتراسونيك در جهات اصلي تخته‌خرده‌چوب به‌وسيله روش عبوري اندازه‌گيري شد. مدول الاستيسيته استاتيك درجهت موازي و عمود بر جهت ساخت روش خمش با چهارنقطه بارگذاري تعيين شد و خواص راستايي تخته‌ها به‌وسيله نسبت سرعت‌هاي اولتراسونيك و مدول‌هاي الاستيسيته در جهت‌هاي مختلف مورد بررسي قرار گرفته و مقايسه شد. نتايج نشان مي‌دهند كه سرعت امواج اولتراسونيك در تخته‌خرده‌چوب متاثر از نحوه جهت‌يابي خرده‌چوب‌ها است، طوري‌كه بيشترين سرعت امواج اولتراسونيك درجهت ساخت تخته (موازي با جهت خرده‌چوب‌ها) و كمترين آن در جهت ضخامت مشاهده شده است. به‌دليل تاثير ساختمان تخته‌خرده‌چوب بر سرعت امواج اولتراسونيك، خواص راستايي تخته‌خرده‌چوب را مي‌توان به‌وسيله نسبت سرعت‌هاي اولتراسونيك در جهات مختلف توضيح داد. روش‌هاي مختلف تخمين شدت هرسونا يكساني به‌وسيله اولتراسونيك و روش استاتيك همگرايي خوبي را نشان مي‌دهند.

واژه‌هاي كليدي: *هرسونا يكساني، تخته‌خرده‌چوب، امواج اولتراسونيك، موج طولي، موج عرضي، تغييرناپذيري صوتي، مدول الاستيسيته.*

[۱]-تاريخ دريافت: ٨١/٢/٢٨، تاريخ پذيرش نهايي: ٨٢/٢/٢٢

[۲]- اين بررسي با استفاده از اعتبار مالي معاونت پژوهشي دانشگاه تهران انجام شده است

[۳]- عضو هئيت علمي دانشكده منابع طبيعي دانشگاه تربيت مدرس

[٤]- استاد دانشگاه نانسي فرانسه

[٥]- استاد دانشكده منابع طبيعي دانشگاه تهران.

مقدمه

هرسونايكساني[۱] (شدت خواص راستايي) [۲] از عوامل مهم موثر بر رفتار مكانيكي مواد مي‌باشد. مواد هرسونا يكسان داراي خواص راستايي هستند، يعني عكس‌العمل اين مواد نسبت به تنش اعمال شده در راستاهاي مختلف، متفاوت مي‌باشد. اين عكس‌العمل‌ها كه در واقع كرنش‌هاي الاستيك مي‌باشند با تنش‌هاي اعمال شده رابطه خطي دارند. بنابراين هرسونا يكساني از خواص الاستيك مواد بوده و نتيجه نحوه توزيع و جهت‌يابي اجزاي متشكله آنها مي‌باشد، در نتيجه مي‌توان از نسبت‌هاي پارامترهاي الاستيك مواد از قبيل نسبت مدول‌هاي الاستيسيته، مدول‌هاي برشي، عناصر ماتريس سفتي و عكس سفتي و ضرايب پواسون در راستاهاي مختلف نسبت به يكديگر براي ارزيابي ويژگي‌هاي راستايي مواد استفاده كرد.

با توجه به ارتباط انتشار امواج اولتراسونيك با خواص الاستيك مواد و سهولت اندازه‌گيري سرعت امواج اولتراسونيك، استفاده از پارامترهاي اولتراسونيك مي‌تواند به عنوان يكي از ساده‌ترين روش بيان خواص هرسونا يكساني مواد مورد توجه قرار گيرد.

با توجه به اينكه چوب و مواد مركب چوبي ويژگي‌هاي راستايي از خود نشان مي‌دهند، استفاده از نحوه انتشار امواج اولتراسونيك مي‌تواند به عنوان يك روش موثر در تخمين اين خواص استفاده شود. بوكور[۳] (۱۹۹۵) از نسبت‌هاي سرعت امواج اولتراسونيك طولي، عرضي و سطحي در جهت‌هاي طولي، شعاعي و مماسي براي تخمين خواص راستايي چوب استفاده كرد. خواص راستايي تخته تراشه[۴] به‌وسيله بوكور (۱۹۹۱) و OSB و MDF بوسيله بوكور و همكاران (۱۹۹۸) با استفاده از نحوه انتشار امواج اولتراسونيك طولي، عرضي و سطحي در جهت‌هاي مختلف اين مواد ارزيابي شد. نتايج تحقيقات نشان مي‌دهند كه استفاده از نسبت سرعت‌هاي اولتراسونيك يك روش موثر در ارزيابي خواص راستايي مواد مذكور مي‌باشد.

تخته‌خرده‌چوب به عنوان يك ماده مركب چوبي به‌صورت گسترده‌اي استفاده مي‌شود. خرده‌چوب‌ها كه اصلي‌ترين جزء تشكيل‌دهنده تخته خرده‌چوب هستند در هنگام ساخت طوري جهت‌دار مي‌شوند كه سبب به‌وجودآمدن خواص راستايي در تخته‌خرده‌چوب مي‌شوند. بنابراين شكل، اندازه و نحوه جهت‌يابي خرده‌چوب تاثير مهمي برخواص راستايي تخته خرده‌چوب خواهد داشت. به دليل تاثير زياد خواص راستايي برخواص مكانيكي تخته‌خرده‌چوب، هرسونا يكساني سه نوع تخته‌خرده‌چوب ساخت داخل بر اساس پارامترهاي اولتراسونيكي و نسبت مدول‌هاي الاستيسيته (حاصل از روش استاتيك) و مقايسه روش‌هاي مورد ارزيابي با يكديگر بررسي شد.

مواد و روش‌ها

مواد

سه نوع مختلف تخته‌خرده‌چوب ساخته شده در كارخانجات ايران براي انجام اين مطالعه استفاده شدند، (جدول ۱) با توجه به اينكه ويژگي‌هاي الاستيك جهات مختلف تخته‌خرده‌چوب با يكديگر فرق دارند از هر تخته ۲۸ نمونه با ابعاد ۵۰*۲۵۰ ميلي‌متر درجهت موازي و عمود بر جهت ساخت تهيه شد. براي يكنواختي رطوبت نمونه‌ها و كاهش اثر رطوبت روي پارامترهاي مورداندازه‌گيري، كليه نمونه‌ها در دماي ۲±۲۰ درجه سانتي‌گراد و رطوبت نسبي ۵±٦۵ درصد بمدت دوهفته كليماتيزه (مشروط) شدند. لازم به ذكر است در اين مطالعه جهت موازي با جهت ساخت تخته‌ها به عنوان جهت ۱ و جهت عمود بر آن به عنوان جهت ۲ درنظرگرفته شده است. جهت ۳ مربوط به ضخامت تخته است. همچنين نمونه‌هاي با ابعاد ٤٠*٣٦٠ ميلي‌متر طبق استاندارد فرانسوي NF B 51-061 براي آزمايش خمش استاتيكي با چهار نقطه بارگذاري تهيه شده است.

---

۱ -Anisotropy
۲ -Orthotropy
۳ -Bucur
۴ -Flackboard

روش‌ها

اندازه‌گيري سرعت امواج اولتراسونيك

از روش عبوري اولتراسونيك[۱] براي اندازه‌گيري سرعت امواج طولي و عرضي استفاده شده است. در اين روش از يك مبدل[۲] فرستنده و يك مبدل دريافت‌كننده كه در مقابل هم در راستاي محور مورد آزمون نمونه قرار گرفته بودند، استفاده شد. اين روش در ارزيابي غيرمخرب كاربرد زيادي دارد و بخصوص براي موادي كه تضعيف كننده قوي امواج اولتراسونيك هستند استفاده مي‌شود. سرعت امواج اولتراسونيك طولي و عرضي (V) برحسب متر بر ثانيه با مسافتي كه امواج در مدت صرف شده طي كرده‌اند محاسبه گرديد:

$$V=d/t$$

d مسافت پيموده شده به‌وسيله موج برحسب متر و t زمان طي كردن موج برحسب ثانيه مي‌باشد.

روش و وسايل مورد استفاده براي اندازه‌گيري سرعت امواج طولي و عرضي اولتراسونيك به ترتيب در شكل‌هاي ۱ و ۲ نشان داده شده‌اند. براي تماس بهتر بين مبدل و سطح نمونه‌ها از يك ژل مخصوص (Aquasonic 100) استفاده شده است.

V_{11}، V_{22} و V_{33} سرعت‌هاي موج طولي به ترتيب در جهت ساخت، عمود بر جهت ساخت و ضخامت تخته‌ها و V_{12}، V_{21}، V_{13}، V_{31}، V_{23}، V_{32} سرعت‌هاي موج عرضي اندازه‌گيري شده مي‌باشند، (در موج‌هاي عرضي اندازه‌گيري شده، انديس اول جهت انتشار موج و انديس دوم جهت پولاريزاسيون را نشان مي‌دهند، مثلا V_{12} نشان‌دهنده سرعت انتشار موج درجهت ۱ و با پولاريزاسيون درجهت ۲مي‌باشد) و بوسيله سرعت‌هاي موج عرضي اندازه‌گيري شده V_{44}، V_{55} و V_{66} محاسبه شدند:

$$V_{44}={}^{1}/_{2}(V_{23}+V_{32})$$
$$V_{55}={}^{1}/_{2}(V_{13}+V_{31})$$
$$V_{66}={}^{1}/_{2}(V_{12}+V_{21})$$

اندازه‌گيري مدول الاستيسيته استاتيكي

براي اندازه‌گيري مدول الاستيسته استاتيك آزمون خمش چهارنقطه بارگذاري[۳] مطابق آيين‌نامه B 51-061 استاندارد NF انجام شد. تغيير مكان در نقطه مركزي خمشي خالص در غياب تغييرشكل برشي اندازه‌گيري شد. شكل (۳) آزمون خمش استاتيكي و اندازه‌گيري تغيير مكان خمشي را نشان مي‌دهد. مدول الاستيسيته استاتيكي با فرمول زير محاسبه شد:

$$\hat{E}=3P(L_s-a)m^2/8bh^3u$$

كه P مجموع نيروي اعمال شده، Lsطول دهانه(۳۲۰mm)، a فاصله بين دو نقطه اثربار(١٦٠m m)، m فاصله بين دو نقطه تماس اندازه‌گير تغيير مكان (۱۲۰mm)، b پهناي نمونه (٤٠mm)، h ارتفاع نمونه (ضخامت نمونه) و u تغييرمكان اندازه‌گيري شده در نقطه مياني بين دو نقطه تماس اندازه‌گيري تغيير مكان مي‌باشد.

محاسبه هرسونايكساني

در اين مطالعه ضرايب هرسونا يكساني در تخته خرده‌چوب‌هاي مورد آزمايش با روش‌هاي زير مورد مطالعه قرار گرفت:

- ضرايب هرسونايكساني به عنوان نسبت سرعت‌هاي موج طولي اولتراسونيك:

V_{11}/V_{22} ، V_{11}/V_{33} و V_{22}/V_{33}

$A_{12}=(V_{11}-V_{22})/V_{11}$ در صفحه ۲ و ۱

$A_{13}=(V_{11}-V_{33})/V_{11}$ در صفحه ۳ و ۱

$A_{23}=(V_{22}-V_{33})/V_{22}$ در صفحه ۳ و ۲

- ضرايب هرسونايكساني به عنوان نسبت سرعت‌هاي موج عرضي اولتراسونيك:

V_{12}/V_{21}، V_{13}/V_{31} و V_{23}/V_{32}

$A_{12}=(V_{12}-V_{21})/V_{12}$ در صفحه ۲ و ۱

$A_{13}=(V_{13}-V_{31})/V_{13}$ در صفحه ۳ و ۱

$A_{23}=(V_{23}-V_{32})/V_{23}$ در صفحه ۳ و ۲

[۱] -Through-transmission method

[۲] -Transducer

[۳] -Four point bending

تغييرناپذيري صوتي[1]

$I_{12}=1/2(V_{11}^2+V_{22}^2+V_{66}^2)^{1/2}$ در صفحه ۲و۱

$I_{13}=1/2(V_{11}^2+V_{33}^2+V_{55}^2)^{1/2}$ در صفحه ۳ و ۱

$I_{23}=1/2(V_{22}^2+V_{33}^2+V_{44}^2)^{1/2}$ در صفحه۳ و ۲

که با استفاده از ضرايب فوق، هرسونايكساني كلي $I_{gl.}$ تخته‌ها با معادله زير محاسبه شد:

$$I_{gl.}=I_{23}/2(I_{12}+I_{13})$$

براي مواد ايزوتروپيك I_{gl} مساوي يك مي‌باشد. هرچه هرسونا يكساني كلي محاسبه شده به يك نزديكتر باشد، نشان‌دهنده طبيعت نزديك به ايزوتروپيكي تخته‌هاي آزموني مي‌باشد.

- نسبت مدول‌هاي الاستيسيته اندازه‌گيري شده با روش استاتيكي (E_1/E_2) براي مقايسه با روش‌هاي يادشده.

نتايج

سرعت‌هاي اولتراسونيك اندازه‌گيري شده در جدول (۲)ارائه شده‌اند. بيشترين و كمترين سرعت موج طولي به ترتيب درجهت موازي با جهت ساخت (V_{11}) و در جهت ضخامت تخته‌خرده‌چوب C (V_{33}) ملاحظه مي‌شود. براي امواج عرضي بيشترين آن در صفحه ۲ و ۱ (V_{66}) در تخته C و كمترين آن در صفحه ۳ و ۲ (V_{44}) در تخته A مشاهده مي‌شود به‌طوركلي $V_{66}>V_{55}>V_{44}$, $V_{11}>V_{22}>V_{33}$ مشاهده مي‌شود. سرعت موج اولتراسونيك در تخته C بيشتر از بقيه است و دامنه‌اي از ۲۳۵۹ تا ۲۵٦٤ متر برثانيه و ۲۱۱۹ تا ۲۳۷۰ متر برثانيه به ترتيب براي V_{11} و V_{12} دارد. اين دامنه براي تخته‌خرده‌چوب ۱۹۵۸B تا ۲۳۰۷ و ۱۸۵۷ تا ۲۲۱۷ متر برثانيه و براي تختهِ۱۸۱٦A تا ۲۰۳۱ و ۱۷۵٦ تا ۲۰۹۷ متر برثانيه مي‌باشد.

هرسونا يكساني تخته‌ها كه به وسيله نسبت‌هاي اولتراسونيك مورد بررسي قرار گرفت در جداول (۳ و ٤) ارائه شده است.

براي امواج طولي بيشترين همگني در صفحه ۲ و ۱ ملاحظه مي‌شود و در اين صفحه تخته‌هاي A و B خواص راستايي كمتري دارند جدول (۳). در صفحه ۳و۱ و ۳و۲ خاصيت هرسونايكساني تخته‌ها بيشتر بوده كه كمترين آن در تخته A مي‌باشد. امواج عرضي نيز كمترين خواص راستايي را در صفحه ۲ و ۱ و براي تخته A نشان مي‌دهند.

در جدول (٤) ضرايب هرسونايكساني در صفحات مختلف براساس سرعت‌هاي اولتراسونيك نشان داده شده‌اند. اين ضرايب در صفحه ۳ و ۱ بيشترين مقدار و در صفحه ۲ و ۱ كمترين مقدار را دارد. همچنين در تخته C بيشتر از تخته‌هاي A و B بوده و در تخته A كمترين است. با توجه به موارد يادشده مي‌توان گفت كه ويژگي‌هاي راستايي در تخته C بيشترين مقدار و در A كمترين مقدار را دارد. به‌عبارتي ديگر تخته C هرسونايكسان‌تر از تختهِA و B مي‌باشد.

علاوه بر متغيرهاي اولتراسونيك، هرسونايكساني تخته‌ها به‌وسيله نسبت‌هاي مدول الاستيسيته استاتيكي و تغيير ناپذيري صوتي ارزيابي شد (جدول ٦). براساس نسبت‌هاي مدول الاستيسيته استاتيكي، در صفحه ۲ و ۱، بيشترين ويژگي هرسونايكساني در تخته C و كمترين در تختهِA مشاهده مي‌شود. تغييرناپذيري صوتي I_{gl} كه نشان‌دهنده هرسونايكساني كلي تخته‌ها مي‌باشد در C بيشترين مقدار و در A كمترين مقدار را دارد. مقادير نزديك‌تر به يك (واحد) نشان‌دهنده ويژگي راستايي كمتر تخته‌ها مي‌باشد. بنابراين تخته C از ساير تخته‌هاي هرسونايكسانتر است.

بحث و نتيجه‌گيري

در تخته‌خرده‌چوب سرعت امواج اولتراسونيك درجهت ساخت (V_{11}) بيشتر از جهت عمود بر آن (V_{22}) است و در جهت ضخامت (V_{33}) نيزاين سرعت كمترين است، چون محور طولي الياف و خرده‌چوب‌ها موازي با جهت ساخت قرار دارند. در چوب سرعت امواج اولتراسونيك در جهت طولي (جهت الياف) به ترتيب بيشتر ازجهت شعاعي و مماسي مي‌باشد و انحراف محور الياف نسبت به جهت

[1] -Acoustic Invarient

طولي، سبب كاهش سرعت امواج اولتراسونيك مي‌شود (۳ و ۵).

اختلاف بين V_{11}و V_{12} به شكل وجهت‌گيري محور الياف و خرده‌چوب‌ها بستگي دارد. اگر اين اختلاف زياد باشد نشان‌دهنده انحراف كمترمحور الياف وخرده‌ها نسبت به جهت ساخت است. در تخته‌هاي B و C، V_{11} بيشتر از V_{22} است ولي در تخته‌خرده‌چوب A برعكس مي‌باشد كه احتمالا مي‌توان گفت خرده‌چوب‌ها به علت شرايط ساخت (استفاده از پرس غلتكي) و ضخامت تخته‌ها، شكل و اندازه خرده‌چوب‌ها به نحوي است كه درجهت ساخت جهت‌دار نشده بلكه به‌صورت تصادفي استقرار يافته‌اند. اختلاف V_{11} و V_{12} در تخته‌خرده‌چوب C بيشتر از تخته‌هاي A و B است كه مي‌توان به شكل و جهت گيري بهتر خرده‌چوب‌ها در تخته‌خرده‌چوب C نسبت داد. وانگ و همكاران[1](۲۰۰۱) نشان دادند كه وقتي زاويه تراشه‌ها در OSB با جهت طولي تخته صفر است سرعت موج اولتراسونيك در بيشترين حد و در زاويه ۹۰ درجه نسبت به جهت طول در كمترين حد مي‌باشد. بوكور (۱۹۹۲) سرعت موج اولتراسونيك را در جهت ساخت (V_{11}) بيشتر از جهت عمود بر آن (V_{22}) گزارش كرده است. بوكور و همكاران (۱۹۹۸) و بختا و همكاران[2] (۲۰۰۰) نيز V_{11} را در MDF ، OSB و تخته‌خرده‌چوب بيشتر از V_{22} گزارش كردند.

كمترين و بيشترين V_{33} به ترتيب در تخته‌هاي C و A اتفاق افتاده است. معمولا با افزايش ضخامت مواد مركب چوبي سرعت امواج اولتراسونيك در اين جهت كاهش مي‌يابد. كمترين V_{33} در تخته‌هاي موردمطالعه را مي‌توان به ضخامت بيشتر و همچنين ناهمگني بيشتر در اين جهت نسبت داد.

مقايسه V_{11} ، V_{22} و V_{33} نشان مي‌هد كه V_{11} و V_{22} به مراتب بيشتر ازV_{33} مي‌باشند. مشابهه اين نتايج توسط بوكور (۱۹۹۲)، بوكور و همكاران (۱۹۹۸)، بختا و همكاران (۲۰۰۰) براي مواد مركب چوبي گزارش شده است. اين اختلاف را مي‌توان به تضعيف بيشتر امواج اولتراسونيك درجهت ضخامت، ناهمگني بيشتر در اين جهت و نحوه جهت‌يابي خرده‌چوب‌ها تعبير نمود. قابل توجه مي‌باشد كه تضعيف امواج اولتراسونيك درچوب، درجهت طولي الياف به ترتيب كمتر از جهت شعاعي و مماسي مي‌باشد (۳ و ۵).

ويژگي راستايي تخته‌خرده‌چوب ناشي از ساختمان آن است و مي‌تواند ساختمان آن را توضيح دهد. شكل و نحوه جهت‌يابي و توزيع خره‌چوب‌ها كه مهم‌ترين عوامل تاثيرگذار برساختمان تخته‌خرده‌چوب هستند از طريق تغيير سرعت اولتراسونيك، ويژگي‌هاي راستايي اين مواد را مي‌توانند نشان دهند. نتايج حاصل از روش‌هاي مختلف ارزيابي خواص راستايي تخته‌ها با استفاده از پارامترهاي اولتراسونيكي ضمن اينكه همگرايي خوبي را با يكديگر نشان مي‌دهند، با نتايج حاصل از نسبت‌هاي مدول الاستيسيته اندازه‌گيري شده به‌وسيله روش استاتيك نيز توافق خوبي دارند. به‌طوري‌كه تخته C ويژگي‌هاي راستايي بيشتري را نسبت به تخته‌هاي A و B از خود نشان مي‌دهد و در تخته A نسبت به تخته‌هاي B و C هرسونايكساني كمتري مشاهده مي‌شود و به‌عبارتي ديگر تخته C خواص راستايي بيشتري را نشان مي‌دهد. بنابراين روش اولتراسونيك مي‌تواند به‌عنوان يك روش سريع، ارزان و ساده براي تخمين خواص راستايي تخته خرده‌چوب مورد استفاده قرارگيرد.

منابع

1-Bekhta, P.A., Niemz, P. and Kucera, L.J., 2000. The Study of sound propagation in the wood-Based composite material. Proceeding of 12 the International Symposium on Nondestructive Testing of wood, Sopron, Hungry, pp.33-41.

2-Bucur, V., 1992. Anisotropy characterization of Structural flackboard with ultrasonic methods, wood and Fiber Science 24(3):337-346.

3-Bucur, V., and Feeney, F., 1991. Attenuation of ultrasound in solid wood. Ultrasonics 30 (2):76-81.

4-Bucur, V., Ansell, M.P., Barlow, C.Y., Prithard, J., Garros, S. and Deglise, X., 1998. Physical methods for characterization wood composite panel products. Holzfurchung 52(5):553-561.
5-Kawamato, S., 1994. Attenuation of ultrasonic waves in wood. Mokuzai Gakaishi 40(7):772-779.
6-NF B 51-016, 1987. Wood-Static bending-Determination of modulus of elasticity in static bending using small clear specimens.
7-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.

جدول ١- مشخصات تخته خرده‌چوب‌هاي مورد استفاده

نوع تخته	گونه‌هاي مورداستفاده	ساختار تخته	نوع پرس	ضخامت اسمي(mm)	دانسيته (g/cm^3)
A	مخلوط گونه‌هاي جنگلي	همسان	غلتكي	۶	۰/۷۱
B	مخلوط گونه‌هاي جنگلي	سه لايه	مسطح	۱۶	۰/۷۲
C	صنوبر	سه لايه	مسطح	۱۷	۰/۶۵

جدول ٢- سرعت‌هاي طولي و عرضي اندازه‌گيري شده درتخته‌هاي مختلف (متر برثانيه)

	امواج طولي			امواج عرضي		
نوع تخته	V_{11}	V_{22}	V_{33}	V_{44}	V_{55}	V_{66}
A	١٩٣٨	١٩٧٠	٩٧٠	٥٨٦	٥٩٣	١٣١٥
B	٢١٣٤	٢٠١٦	٩٣٩	٧٠٦	٧٣٢	١٣٩٥
C	٢٤٤٤	٢١٦٨	٧٣٩	٧١٥	٧٢٦	١٥٤٢

جدول ٣- ضرايب هرسونايكساني براساس نسبت سرعت‌ها اولتراسونيك درجهات اصلي

	امواج طولي			امواج عرضي		
نوع تخته	V_{11}/V_{22}	V_{22}/V_{33}	V_{11}/V_{33}	V_{12}/V_{21}	V_{13}/V_{31}	V_{23}/V_{32}
A	٠/٩٨	٢/٠٠	٢/٣٠	١/١٠	١/٢٦	١/٢٦
B	١/٠٨	٢/٣١	٢/١٥	١/٠٣	١/٠٨	١/٠٥
C	١/١٣	٣/٣١	٢/٩٣	١/٠٥	١/٠٦	١/٠٥

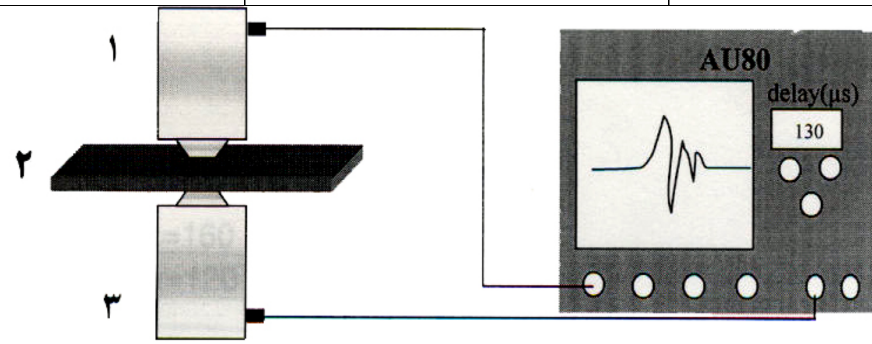
جدول ٤-ضرايب هرسونايكساني محاسبه شده با امواج طولي و عرضي در صفحات مختلف

نوع تخته	ضرايب هرسونايكساني براساس سرعت‌هاي امواج عرضي در صفحه		
	٢ و ١	٣ و ١	٣ و ٢
	$(V_{11}-V_{22})/V_{11}$	$(V_{11}-V_{33})/V_{11}$	$(V_{22}-V_{33})/V_{22}$
A	٠/٠٢	٠/٥٠	٠/٥١
B	٠/٠٧	٠/٥٧	٠/٥٣
C	٠/١١	٠/٧٠	٠/٦٦
نوع تخته	ضرايب هرسونايكساني براساس سرعت‌هاي امواج عرضي در صفحه		
	٢ و ١	٣ و ١	٣ و ٢
	$(V_{12}-V_{21})/V_{12}$	$(V_{13}-V_{31})/V_{13}$	$(V_{23}-V_{32})/V_{23}$
A	٠/٠١	٠/٢٠	٠/٢٦
B	٠/٠٢	٠/٠٨	٠/٠٥
C	٠/٠٤	٠/٠٦	٠/٠٥

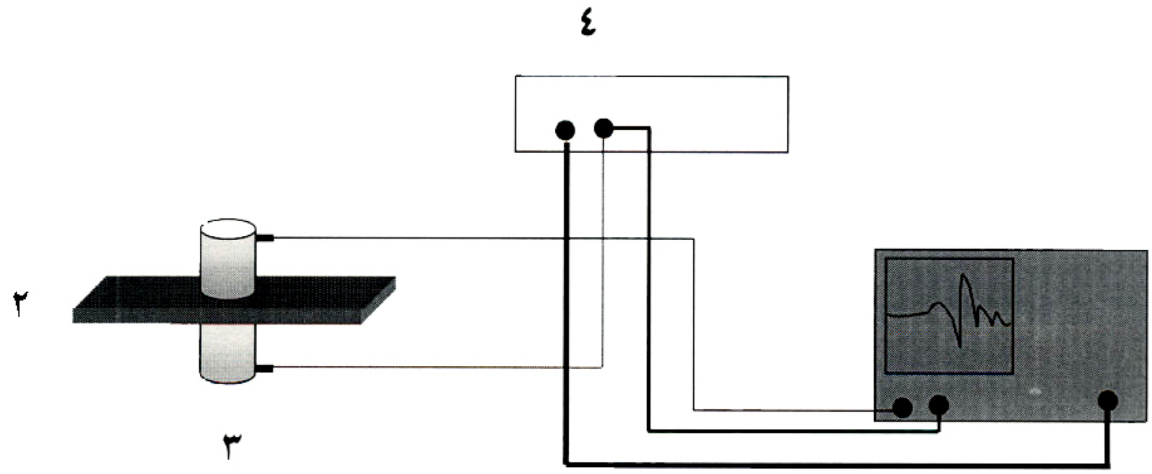
جدول ٥- وجود ويژگي‌هاي راستايي تخته‌خرده‌چوب براساس نسبت مدول الاستيسيته

نوع تخته	استاتيكي E_1/E_2	تغييرناپذيري صوتي $I_{gl.}$
A	١/١٤	٠/٨٣
B	٠/٩٤	٠/٨٠

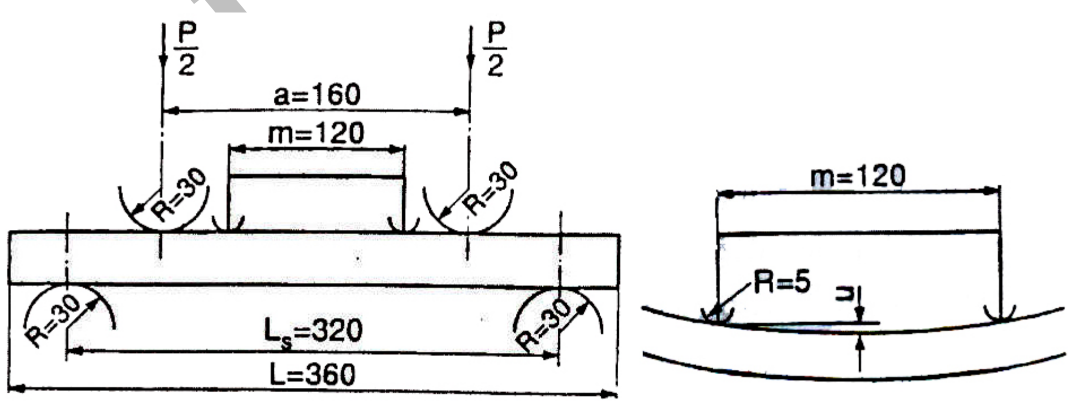
C	۱/۱۹	۰/۷۵



شكل ۱- اندازه‌گيري سرعت موج طولي اولتراسونيك: ۱) مبدل فرستنده ۲) نمونه ۳) مبدل دريافت‌كننده



شكل ۲- اندازه‌گيري سرعت موج عرضي اولتراسونيك: ۱)مبدل فرستنده ۲) نمونه ۳) مبدل دريافت‌كننده
٤)توليدكننده پالس ۵) اسيلوسكوپ



شكل ۳- آزمون خمش استاتيك چهار نقطه بارگذاري و نحوه اندازه‌گيري تغيير مكان خمشي

Anisotropy Characterization of Particleboard by Static and Acoustic Methods

S. Kazemi Najafi[1] V. Bucur[2] Gh. Ebrahimi[3]

Abstract

Anisotropy of three types of Iranian particleboards was estimated as the ratio of Young s moduli, velocities of bulk waves (shear and longitudinal waves) and of acoustic invariant. The ultrasonic through-transmission method was used to measure the ultrasonic velocities in principle symmetry axis. Young s moduli were determined with the 4-point static bending test.

The results show that the velocity parallel to the production direction is higher than that in perpendicular direction and is lowest through thickness because particles are directed in production direction.

The structure of particleboard influences ultrasonic velocities, so the anisotropy behavior of particleboard can be explained by the ratios of ultrasonic velocities. The used different methods for description of anisotropy by ultrasonic parameters and static modulus of elasticity show to be in good agreement.

Keywords: Anisotropy, Particleboard, Ultrasonic velocities, Longitudinal wave, Shear wave, acoustic invarient, Young's moduli

[1] -Assistant Professor, Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modarres University
[2] -Professor, Nancy University, France
[3] -Professor, Faculty of Natural Resources, University of Tehran