دانشگاه فردوسی مشهد
دانشکده کشاورزی
پایان نامه کارشناسی ارشد

بررسی خواص بیومکانیکی چوب بادام و شبیه سازی به روش اجزا محدود

جابر عربی

استاد راهنما
دکتر مهدی خجسته پور

استاد مشاور
دکتر عبدالعلی فرزاد

شهریور۱۳۹۱

دانشکده کشاورزی

گروه مکانیک ماشین های کشاورزی

از این پایان نامه کارشناسی ارشد توسط جابر عربی دانشجوی رشته مکانیک ماشین های کشاورزی در تاریخ ۹۱/۶/۲۵ در حضور هیات داوران دفاع گردید. پس از بررسی های لازم، هیات داوران این پایان نامه را با نمره عدد حروف و با درجه مورد تایید قرار داد / نداد.

عنوان پایان نامه :بررسی خواص بیو مکانیکی چوب بادام و شبیه سازی به روش اجزا محدود

سمت در هیات داوران	نام و نام خانوادگی	مرتبه علمی	گروه	موسسه / دانشگاه	امضاء
داور	دکتر باقر عمادی	دانشیار	کشاورزی	فردوسی مشهد	
داور	دکتر صدر نیا	استادیار	کشاورزی	فردوسی مشهد	
نماینده تحصیلات تکمیلی	دکتر آق خانی	دانشیار	کشاورزی	فردوسی مشهد	
استاد راهنما	دکتر خجسته پور	استادیار	کشاورزی	فردوسی مشهد	
استاد مشاور	دکتر فرزاد	دانشیار	کشاورزی	فردوسی مشهد	

تعهد نامه

عنوان پایان نامه: بررسی خواص بیو مکانیکی چوب بادام و شبیه سازی به روش اجزا محدود

اینجانب جابر عربی دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته مکانیک ماشین های کشاورزی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد تحت راهنمایی دکتر خجسته پور متعهد می شوم:

-نتایج ارائه شده در این پایان نامه حاصل مطالعات علمی و عملی اینجانب بوده، مسئولیت صحت و اصالت مطالب مندرج را به طور کامل بر عهده می گیرم.

-در خصوص استفاده از نتایج پژوهشهای محققان دیگر به مرجع مورد نظر استناد شده است.

-مطالب مندرج در این پایان نامه را اینجانب یا فرددیگری به منظور اخذ هیچ نوع مدرک یا امتیازی تاکنون به هیچ مرجعی تسلیم نکرده است.

-کلیه حقوق معنوی این اثر به دانشگاه فردوسی مشهد تعلق دارد . مقالات مستخرج از پایان نامه، ذیل با نام دانشگاه فردوسی مشهد (Ferdowsi University of Mashhad) به چاپ خواهد رسید .

-حقوق معنوی تما م افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان نامه تاثیر گذار بوده اند در مقالات مستخرج از رساله رعایت شده است.

-در صورت استفاده از موجودات زنده یا بافتهای آنها برای انجام پایان نامه، کلیه ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است.

تاریخ

نام و امضاء دانشجو

جابر عربی

مالکیت نتایج و حق نشر

•کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج ، برنامه های رایا نه ای، نرم افزا رها و تجهیزات ساخته شده) به دانشگاه فردوسی مشهد تعلق دارد و بدون اخذ اجازه کتبی از دانشگاه قابل واگذاری به شخص ثالث نیست.

•استفاده از اطلاعات و نتایج این پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نیست.

چکیده

چوب و فرآورده های آن از دیرباز اهمیت اقتصادی قابل توجهی در کشورهای در حال توسعه و صنعتی داشته اند . امروزه برداشت اکثر محصولات کشاورزی در کشورهای پیشرفته به صورت مکانیزه انجام می شود. به منظور برداشت مکانیزه ها به صورت مکانیزه اطلاع از خواص مکانیکی درخت و محصول ضروری می باشد. مدول الاستیسیته و مدول برشی جزو مهمترین و کاربردی‌ترین خصوصیات مکانیکی مواد است. برای برآورد این دو خاصیت مهم مکانیکی روش های تئوری و تجربی مختلف به شکل استاتیکی و دینامیکی مطرح شده اند که مرجع تائید همه آنها روش های استاندارد می باشند. در این تحقیق به منظور تعیین مدول الاستیسیته چوب بادام از آزمون خمش و برای تعیین مدول برشی از آزمون پیچش استفاده شده است. همچنین تاثیر تغییر رطوبت بر روی مدول الاستیسیته چوب بادام در دو سطح رطوبتی ۱۲ و ۲۰ درصد مورد بررسی قرار گرفت. مدول الاستیسیته چوب بادام در محتوای رطوبتی۲۰ درصد برابر ۳/۷۵ گیگا پاسکال و درمحتوای رطوبتی ۱۲ درصد برابر ۴/۵ گیگا پاسکال بدست آمد. همچنین مدول برشی چوب درخت بادام در رطوبت ۱۲ درصد برابر ۴۷۶ مگا پاسکال محاسبه شد. از اهداف دیگر این تحقیق بررسی تغییرات ایجاد شده در مقدار مدول الاستیسیته چوب بادام در راستای شعاعی بود و به منظور بررسی مدول الاستیسیته در راستای شعاعی از آزمون کشش بر اساس استاندارد انجمن آمریکائی آزمایش و مواد استفاده شد. در نهایت شبیه سازی آزمون خمش و پیچش به روش اجزای محدود و به کمک نرم افزار آباکوس انجام گرفت .

کلید واژه ها : اجزای محدود، چوب بادام، خواص مکانیکی، مدول الاستیسیته، مدول برشی

عنوان	فهرست مطالب	شماره صفحه

فصل اول- مقدمه و هدف..... ۱

۱ ۱ -مقدمه..... ۱

۱ ۲ -اهداف..... ۳

فصل دوم- بررسی منابع..... ۵

۲-۱- مقدمه ای بر مکانیک چوب..... ۵

۲-۱-۱- قانون سه بعدی هوک برای چوب..... ۷

۲-۱-۲- پارامتر های الاستیک مهندسی برای چوب..... ۸

۲-۲- مروری بر تحقیقات انجام شده قبلی..... ۱۱

۲-۳- مقدمه ای بر روش المان محدود..... ۲۶

۲-۴- حل مسائل عمومی پیوسته با استفاده از روش اجزای محدود..... ۲۷

۲-۴-۱- شبکه بندی..... ۲۷

۲-۴-۱-۱- نوع ا لمان..... ۲۸

۲-۴-۱-۲- اندازه ا لمان..... ۲۹

۲-۴-۱-۳- تعداد ا لمان.ها..... ۳۰

۲-۴-۱-۴- انتخاب تابع شکل مناسب..... ۳۰

۲-۴-۲- استخراج معادلات ماتریس و بردار مشخصه ا لمان ها..... ۳۱

۲-۴-۳- اسمبل کردن ماتریس ها و بردار های ا لمان و استخراج معادلات سامانه..... ۳۱

۲-۴-۴- حل معادلات اجزای محدود..... ۳۱

۲-۴-۵- محاسبه متغیر میدان در داخل ا لمان ها..... ۳۱

۲-۵- اصول کار نرم افزارهای تحلیل گر روش اجزای محدود..... ۳۲

۲-۶- مدل سازی در نرم افزارهای تحلیل گر اجزای محدود..... ۳۳

فصل سوم- مواد و روشها ۳۵

۳-۱- روش های نمونه برداری برای تعیین خواص مکانیکی چوب..... ۳۶

۳-۲- مقدار رطوبت چوب..... ۳۷

عنوان	فهرست مطالب	شماره صفحه

۳-۲-۱- روش خشک کردن در اتو ۳۸
۳-۳- تعیین خواص مکانیکی شامل مدول الاستیک و مدول برشی برای چوب ۴۰
۳-۳-۱- آزمون خمش برای تعیین مدول الاستیک چوب ۴۰
۳-۳-۲- آزمون پیچش برای تعیین مدول برشی چوب ۴۳
۳-۴- آزمون کشش بر اساس استاندارد ASTM برای تعیین مدول الاستیسیته چوب ۴۵
۳-۵- بررسی تغییرات مدول الاستیسیته چوب بادام در راستای شعاعی ۴۸
۳-۶- فرضیات اتخاذ شده در این تحقیق ۴۹
۳-۷- فرآیند مدل سازی آزمون خمش در نرم افزارآباکوس ۴۹
۳-۷-۱- ایجاد هندسه مدل ۵۰
۳-۷-۲- تعریف خواص مواد ۵۱
۳-۷-۳- اعمال شرایط مرزی و بارگذاری ۵۲
۳-۷-۴- مش بندی ۵۳
۳-۸- فرآیند مدل سازی آزمون پیچش در نرم افزارآباکوس ۵۴
۳-۸-۱- ایجاد هندسه مدل ۵۴
۳-۸-۲- اعمال شرایط مرزی و بارگذاری ۵۵
۳-۸-۳- مش بندی ۵۶
۳-۹- تحلیل آماری نتایج ۵۷
فصل چهارم- نتایج و بحث ۶۱
۴-۱ - نتایج حاصل از آزمون خمش برای تعیین مدول الاستیسیته چوب بادام ۶۱
۴-۱-۱- مقادیر مدول الاستیک چوب بادام ۶۳
۴-۲ - نتایج حاصل از آزمون پیچش برای تعیین مدول برشی چوب بادام ۶۶
۴-۲-۱ - مقادیر مدول برشی چوب بادام ۶۸
۴-۳- منحنی تنش – کرنش برای تیر چوبی ۷۰
۴-۴- تغییرات مدول الاستیسیته چوب بادام در راستای شعاعی ۷۳
۴-۵- نتایج حاصل از تحلیل استاتیکی تیر چوبی در آزمون خمش ۷۵
۴-۵-۱- مقادیر جابجایی ایجاد شده حاصل از بارگذاری در مرکز تیر چوبی ۷۵

۴-۶- تحلیل ا ستاتیکی تیر چوبی در آزمون پیچش..... ۷۷
۴-۶-۱- نتایج حاصل از تحلیل ا ستاتیکی تیر چوبی در آزمون پیچش..... ۷۹
فصل پنجم- نتیجه گیری و پیشنهادات ۸۱
۵-۱- نتیجه گیری..... ۸۱
۵-۲- پیشنهادات..... ۸۲
منابع ۸۵
فهرست اسامی لاتین ۸۹

عنوان	فهرست شکل ها	شماره صفحه

شکل ۲-۱: راستا های طولی ، شعاعی و مماسی در چوب ۶

شکل ۲-۲: نمونه های برش خورده ازچوب در راستای طولی، شعاعی و مماسی ۱۰

شکل۲-۳ : مش بندی تیر چوبی به منظور شبیه سازی آزمون خمش استاتیکی ۱۵

شکل۲-۴: نمای شماتیک آزمون خمش استاتیکی ۱۶

شکل ۲-۵: نمای شماتیک آزمون خمش فشاری ۱۷

شکل ۲-۶: نمای شماتیک آزمون خمش نامتقارن چهار نقطه ای ۱۸

شکل۲-۷: نمای شماتیک توزیع نیرو در نقاط بار گذاری و نقاط تکیه گاهی ۱۹

شکل ۲-۸ : نمای شماتیک آزمون خمش سه نقطه ای ۲۱

شکل ۲-۹: مدل سازی آزمون خمش سه نقطه ای به کمک روش اجزای محدود ۲۴

شکل۳-۱: تیرهای چوبی تهیه شده برای انجام آزمایشات ۳۷

شکل ۳-۲: نمای شماتیک آزمون خمش ۴۰

شکل ۳-۳: آزمون خمش برای تعیین مدول الاستیسیته چوب ۴۰

شکل ۳-۴: قلاب برای بارگذاری در آزمون خمش ۴۱

شکل ۳-۵ : ساعت اندازه گیری میزان خیز ۴۱

شکل ۳-۶ : خیز ماکزیمم و جابجایی محور خنثی در آزمون خمش ۴۲

شکل ۳-۷: آزمون پیچش برای تعیین مدول برشی چوب ۴۴

شکل۳-۸: ابعاد نمونه های آزمون کشش موازی ا لیاف بر اساس استاندارد ASTM ۴۶

شکل ۳-۹: نمونه تهیه شده برای آزمون کشش بر اساس استاندارد ASTM ۴۷

شکل۳-۱۰: آزمون کشش بر اساس استاندارد ASTM ۴۷

شکل ۳-۱۱: نمای شماتیک تیرهای برش خورده در جهت شعاعی تنه درخت ۴۸

شکل۳-۱۲ : مدل سازی تیر چوبی در آزمون خمش ۵۰

شکل ۳-۱۳: قطاع های در نظر گرفته شده در سطح مقطع چوب ۵۱

شکل ۳-۱۴: تعریف خواص مکانیکی شامل مدول الاستیسیته و ضریب پواسون در قطاع۴ ..... ۵۲

شکل ۳-۱۵: اعمال شرایط مرزی و بارگذاری در آزمون خمش ۵۳

شکل ۳-۱۶: ا لمان C3D20 مورد استفاده برای مش بندی تیر چوبی در آزمون خمش ۵۴

شکل ۳-۱۷: مدل شبکه بندی شده تیر چوبی در آزمون خمش ۵۴

عنوان	فهرست شکل ها	شماره صفحه

شکل ۳-۱۸: مدل سازی تیر چوبی در آزمون پیچش ۵۵

شکل ۳-۱۹: اعمال شرایط مرزی و بارگذاری تیر چوبی در آزمون پیچش ۵۶

شکل ۳-۲۰: ا لمان C3D4 مورد استفاده برای مش بندی تیر چوبی در آزمون پیچش ۵۷

شکل ۳-۲۱: مدل شبکه بندی شده تیر چوبی در آزمون پیچش ۵۷

شکل۴-۱: نمودار نیرو – جابجایی آزمون خمش در سطح رطوبتی ۱۲ درصد ۶۵

شکل۴-۲ : نمودار نیرو – جابجایی آزمون خمش در سطح رطوبتی ۲۰ درصد ۶۵

شکل ۴-۳: نمودار نیرو – جابجایی آزمون پیچش در سطح رطوبتی ۱۲ ..... ۶۷

شکل۴-۴: منحنی تنش – کرنش تیر چوبی ۷۱

شکل ۴-۵: منحنی تنش-کرنش تیر چوبی در رطوبت ۱۲ درصد ۷۲

شکل ۴-۶: منحنی تنش – کرنش در جهت شعاعی برای چوب بادام ۷۳

شکل ۴-۷: دیاگرام جابجایی در تیر چوبی در اثر بارگذاری مرکز تیر در آزمون خمش ۷۶

شکل ۴-۸: خیز ایجاد شده در تیر چوبی بر حسب متر در سه سطح بارگذاری در آزمون خمش ۷۶

شکل ۴-۹: شبیه سازی آزمون پیچش در نرم افزار آباکوس ۷۸

شکل ۴-۱۰: تعیین زاویه پیچش تیر چوبی در آزمون پیچش ۷۸

شکل ۴-۱۱: دیاگرام جابجایی در تیر در اثر اعمال گشتاور پیچشی به شکل جفت نیرو ۸۰

شکل ۴-۱۲: خیز ایجاد شده در تیر بر حسب متر در اثر اعمال گشتاور پیچشی به شکل جفت نیرو ۸۰

عنوان **فهرست جدول ها** **شماره صفحه**

جدول ۳-۱: مکان نمونه های انتخابی چوب بادام در جهت شعاعی تنه درخت..... ۴۹
جدول ۳-۲: مقادیر میانگین و انحراف معیار برای خیز مرکز تیر در آزمون خمش ۵۸
جدول ۳-۳: نتایج مقایسه میانگین های جابجایی در مرکز تیر حاصل از فاکتور نیرو در آزمون خمش با استفاده از آزمون دانکن..... ۵۹
جدول۴-۱ : مقادیر میانگین و انحراف معیار خیز ایجاد شده در مرکز تیر چوبی به قطر۲۵ میلی متر در دو سطح رطوبتی و سه سطح بارگذاری در آزمون خمش..... ۶۲
جدول۴-۲ : مدول الاستیسیته چوب بادام به قطر ۲۵ میلی متر در دو سطح رطوبتی و سه سطح بارگذاری..... ۶۳
جدول ۴-۳ : مدول الاستیسیته چوب چنار در راستای شعاعی، طولی و مماسی..... ۶۴
جدول ۴-۴: خیز تیرها به قطر ۳۵ میلی متر در سطح رطوبتی ۱۲ درصد و سه سطح بارگذاری در آزمون پیچش..... ۶۶
جدول۴-۵: زاویه پیچش تیرها در سطح رطوبتی ۱۲ درصد و سه سطح بارگذاری در آزمون پیچش....۶۷
جدول۴-۶ : مدول برشی تیرها در سطح رطوبتی ۱۲ درصد..... ۶۸
جدول ۴-۷: نتایج حاصل از آزمون کشش تیر چوبی..... ۷۲
جدول ۴-۸ : مقادیر مدول الاستیسیته و تنش حداکثر چوب بادام در راستای شعاعی..... ۷۴
جدول ۴-۹: مقادیر حداقل و حداکثر خیز تیر چوبی در آزمون خمش..... ۷۷

فهرست علامت ها و اختصارها

معادل فارسی	معادل انگلیسی	علامت
ضریب پواسون	Poisson's ratio	ϑ
ضریب پواسون در راستای طولی- شعاعی	longitudinal Poisson's ratio	ϑ_{LR}
ضریب پواسون در راستای شعاعی- مماسی	radial Poisson's ratio	ϑ_{RT}
ضریب پواسون در راستای مماسی- طولی	tangential Poisson's ratio	ϑ_{TL}
تنش عمودی	stress	σ
سطح مقطع	Surface eare	A
عرض	breadth	b
مدول الاستیسیته	modulus of elasticity	E
مدول یانگ دینامیکی	Dynamic modulus of elasticity	E_d
مدول الاستیسیته طولی	longitudinal modulus of elasticity	E_L
مدول الاستیسیته شعاعی	radial modulus of elasticity	E_R
مدول یانگ استاتیکی	Static modulus of elasticity	E_S
مدول الاستیسیته مماسی	tangential modulus of elasticity	E_T
مدل برشی	Shear modulus	G
مدول برشی دینامیکی	Dynamic modulus of shear	G_d
مدل برشی در راستای طولی - شعاعی	longitudinal shear modulus	G_{LR}
مدل برشی در راستای شعاعی - مماسی	radial shear modulus	G_{RT}
مدول برشی استاتیکی	Static shear modulus	G_S
مدل برشی در راستای مماسی - طولی	tangential shear modulus	G_{TL}
ارتفاع	depth	h

I	moment of inertia	ممان اینرسی
j	Polar moment of inertia	ممان اینرسی قطبی
L	length	طول
P	load	بار
S	Timoshenko's shear factor	ضریب برش تیموشنکو
T	moment of torsion	گشتاور پیچشی
y	deflection	خیز

فصل اول: مقدمه و هدف

۱-۱- مقدمه

چوب یک ماده طبیعی است و به همین علت در خواص آن تغییرات زیادی مشاهده می گردد. به طور کلی این نکته واضح است که مواد در طبیعت تحت شرایط غیر قابل کنترل تولید می شوند. بنابراین چوب که در نقاط مختلف از نظر جغرافیائی و تحت شرایط آب و هوایی متنوع تولید می گردد، باید در هر یک از خواص خود متغیر تر از فولادی باشد که تحت شرایط کنترل شده ای تولید می شود. بخشی از تغییرات خواص چوب از شرایط رشد آن ناشی می شود که در برگیرنده فاکتورهای طبیعی است نظیر خاک، وضعیت اقلیمی و غیره. افزون براین تمام خواص چوب ارثی است و در نتیجه می توان قسمت عمده تغییرات طبیعی آن را مربوط به تفاوتهای ژنتیکی دانست (بادیگ و جین، ۱۹۸۲).

در کنار خواص فیزیکی آگاهی از خواص مکانیکی چوب از اهمیت ویژه ای برخوردار است. امروزه تنوع روز افزون مصارف مواد مرکب چوبی، تنوع گونه های مورد مصرف چوب، فرآیند های جدید تولید، تغییر پیوسته منابع تولید چوب و یک سری عوامل دیگر باعث افزایش اهمیت بررسی خواص مکانیکی چوب شده شده است. به منظور بررسی خواص مکانیکی چوب یک سری آزمون های مکانیکی استاندارد طراحی شده است (پارسا پژوه، ۱۳۶۳).

اغلب آزمایش های روش استاندارد از آزمایش های پژوهشی مشتق شده اند. بر خلاف روش های اکتشافی، روش های استاندارد برای تکرار مشاهدات بدست آمده توسط پژوهشگران مختلف طراحی شده اند و در نتیجه آئین نامه آزمایش و روش های محاسبه را در بر دارند. انجمن آمریکائی آزمایش و مواد [1] و انجمن تکنیکی صنعت خمیر و کاغذ [2] برخی از روش های استاندارد برای تعیین خواص مکانیکی چوب را ارائه کرده اند. آزمایش های مکانیکی تقریبا فقط برای بدست آوردن مشاهدات جهت پیش بینی رفتار مواد در حین کار، طراحی شده اند. هر چند برای رسیدن به این هدف روش های مختلفی وجود دارد ولی به منظور جمع آوری مشاهدات معتبر آزمایش های انجام شده بایستی ساده باشند. اغلب روش های آزمایش برای ثبت عکس العمل ماده تحت یک یا دو مولفه تنش طراحی شده اند. در نهایت ممکن است که نتایج چند آزمایش برای یافتن مبنائی جهت راه حل مسائل مشکل باهم ترکیب گردند. عناصر مهم آزمایش های مکانیکی شامل مولفه تنش قائم و برشی و تغییر طول نسبی پارامترهای الاستیک، کار، خیز تدریجی، افت تنش و ضرائب تنش می باشند. هدف روش های آزمایش بدست آوردن اندازه های قابل اطمینان برای هریک از پارامترهای مطرح شده می باشد(بادیگ و جین، ۱۹۸۲).

مدول الاستیسیته [3] و مدول برشی [4] جزو مهمترین و کاربردی‌ترین خصوصیات مکانیکی ماده است که در برآورد بسیاری خواص، مقاومت‌ها، پیش بینی تغییر شکل ها تحت تنش های عمودی و خمشی و طراحی دستگاه ها مورد استفاده قرار می گیرد. برای برآورد این دو خاصیت مهم مکانیکی روشهای تئوری و تجربی مختلف به شکل استاتیکی و دینامیکی مطرح شده اند که مرجع تائید همه آنها روش های استاندارد می باشند(بادیگ و جین، ۱۹۸۲).

امروزه برداشت اکثر محصولات کشاورزی در کشورهای پیشرفته به صورت مکانیزه انجام می شود. به منظور برداشت میوه ها به صورت مکانیزه اطلاع از خواص مکانیکی درخت و محصول ضروری می باشد. با وجود این اطلاعات طراحی دستگاه‌ی مناسب به منظور برداشت اصولی محصولات امکان پذیر می باشد.

[1] ASTM
[2] TAPPI
[3] Young modulus
[4] Shear modulus

بادام[1] یکی از قدیمی ترین درختان میوه است که از دیر باز مورد استفاده قرار گرفته و به دلیل نیاز اکولوژیک خاصی که دارد تولید آن در نواحی خاصی از جهان محدود شده است.

بادام با نام علمی Prunus Amygdalus متعلق به خانواده Prunoidea بوده و بومی نواحی گرم و خشک غرب آسیا، منطقه خاورمیانه و ایران می باشد. بادام یکی از مهمترین محصولات صادراتی غیرنفتی ایران بوده و ایران از عمده تولیدکنندگان بادام جهان محسوب می شود. تولید سالانه بادام در ایران در حدود ۱۰۸۶۷۷ تن با عملکرد ۱۶۲۶/۹ کیلو گرم در هکتار است، به طوری که ایران بعد از ایالات متحده آمریکا، اسپانیا و ایتالیا مقام چهارم تولید بادام را درجهان دارا می باشد(فائو، ۲۰۰۱).

دلیل اصلی برای انتخاب چوب بادام وجود سطح زیر کشت فراوان بادام در منطقه مورد مطالعه و استفاده ازنتایج این تحقیق در طراحی ماشین برداشت بادام درختی می باشدتا گامی در جهت مکانیزه کردن برداشت این محصول در منطقه برداشته شود.

فرض

۱- خواص در راستای شعاعی ثابت نمی باشد.

[1] Almond

۱-۲- اهداف

هدف از اجرای این تحقیق دسترسی به پارامترهای مورد نیاز طراحی ماشین های برداشت مکانیزه مانند مدول الاستیسیته و مدول برشی در حالت استاتیکی و به کمک آزمون خمش و آزمون پیچش می باشد. علاوه بر این با توجه به اهمیت فاکتور رطوبت بر روی خواص مکانیکی چوب در این تحقیق تاثیر تغییر رطوبت بر روی مدول الاستیسیته چوب بادام در دو سطح رطوبتی ۱۲ و ۲۰ درصد مورد بررسی قرار گرفته است. از اهداف دیگر این تحقیق شبیه سازی آزمون خمش [1] و آزمون پیچش [2] به روش اجزای محدود[3] و به کمک نرم افزار آباکوس[4] بود.

[1] bending test
[2] torsion test
[3] Finite element method
[4] Abaqus

فصل دوم : بررسی منابع

به طورکلی موضوعاتی که در این بخش به آنها پرداخته می شود عبارتند از :

۱ -بررسی الاستیسیته مواد ارتوتروپیک [1] مانند چوب و روابط بنیادی تعمیم یافته در مورد این مواد

۲ -کاربرد تئوری الاستیسیته در سیستم های ساده به منظور تعیین پارامترهای الاستیک مهندسی در مواد ارتوتروپیک.

۳ -بررسی روشهای استاندارد موجود برای تعیین خواص مکانیکی چوب

۲-۱- مقدمه ای بر مکانیک چوب

از آنجایی که چوب ماده ای است که بسته به انواع آن در برابر نیرو های گوناگون از خود پایداری قابل توجه ای نشان می دهد ، مصرف آن در بسیاری از زمینه ها که نیازمند به تحمل نیرو می باشند

[1] Orthotropic

رایج گردیده است. در واقع هدف از مطالعه مکانیک چوب بررسی میزان پایداری چوب در برابر نیر وهای مختلف و تعیین پارامترهای الاستیک مانند مدول الاستیسیته و مدول برشی در چوب می باشد.

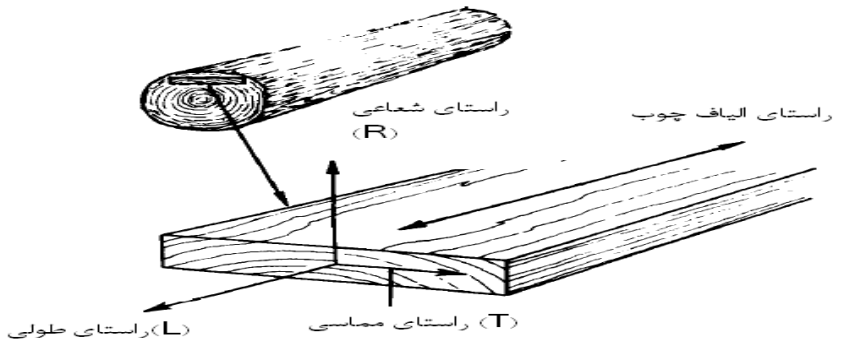
به منظور بررسی خواص مکانیکی ، مواد به دو دسته تقسیم بندی می شوند.

۱ -ماده ای که خواص مکانیکی آن مستقل از جهت باشد (ایزوتروپیک) .

۲ -ماده ای که در جهات مختلف خواص مکانیکی متفاوتی از خود نشان می دهد (ارتوتروپیک) .

به ماده ای که خواص آن مستقل از راستا باشد ایزوتروپیک می گویند. ماده ایزوتروپیک دارای صفحات تقارن بیشماری می باشد و در نتیجه خواص وابسته به راستا از خود نشان نمی دهد. در دسته بندی مواد به منظور تعیین خواص مکانیکی بسیاری از آنها جزو مواد ایزوتروپیک طبقه بندی می شوند.

اگر ماده ای خواص راستائی داشته باشد جزء مواد غیر ایزوتروپیک رده بندی می گردد. اغلب مواد مرکب چوبی را می توان به عنوان مواد ارتوتروپیک در نظر گرفت. مواد مرکب تقویت شده با الیاف تک محوری نیز رفتار ارتوتروپیک از خود ارائه می دهند. مواد ارتوتروپیک دارای سه صفحه دو به دو متعامد الاستیک متقارن می باشند. با توجه به ساختار چوب، خواص مکانیکی آن در سه راستای طولی (L)، شعاعی (R) و مماسی (T) در نظر گرفته می شود که در شکل (۲-۱) نشان داده شده است. به منظور بررسی خواص مکانیکی چوب در جهات مختلف بایستی روابط موجود بین تنش و کرنش در تیرهای چوبی مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرد. به منظور تحلیل روابط موجود بین تنش و کرنش در تیر های چوبی ابتدا بایستی تئوری الاستیسیته در مورد مواد مرکب چوبی با توجه به قانون سه بعدی هوک مورد بررسی قرار گیرد (بادیگ و جین، ۱۹۸۲).



شکل۲-۱ : راستا های طولی ، شعاعی و مماسی در چوب

۲-۱-۱- قانون سه بعدی هوک برای چوب

قانون تعمیم یافته هوک یک بیانیه ریاضی است که تمام مولفه های تنش را به تمام مولفه های تغییر طول نسبی ربط می دهد. این قانون یکی از ساده ترین معادلات بنیادی در مورد محیط پیوسته است چون بر اساس فرض رابطه خطی بین تنش و تغییر طول نسبی استوار می باشد. این قانون به دو صورت بیان می شود . تغییر طول نسبی، تابع خطی تنش با پارامترهائی به نام ضرائب عکس سفتی یا تنش، تابع خطی تغییر طول نسبی با پارامتر هائی به نام ضرائب سفتی. این دو قاعده اعتبار مساوی دارند اما از حالت اول بیشتر استفاده می گردد. به طور کلی استفاده از یکی از دو قاعده مذکور بستگی به شرایط مورد نظر دارد. کاربرد قانون هوک برای چوب و مواد مرکب چوبی را می توان با اعمال چند قید ساده تر کرد.

۱ -فقط تغییر شکل کوچک مجاز است.

۲ -ماده مرکب تحت شرایط یکنواخت دما نگهداری می شود.

۳ -ماده همگن با جرم ویژه یکنواخت فرض می شود.

۴ -مولفه های تنش تشکیل جفت نیرو نمی دهند.

این قیود غیر عادی نیستند ولی می توانند کاربرد قانون هوک را در خصوص مواد مرکب چوبی محدود سازند. مثلا اعمال قید سوم، کاربرد قانون هوک را در مورد چوب بشدت محدود می سازد. برخی از محققین بر اساس قانون تعمیم یافته هوک بررسی مقاومت تیر های چوبی را مورد توجه قرار داده اند. بر اساس یافته های محققین (هولمبرگ و همکاران، ۱۹۹۹) در تیر های با سطح یکنواخت حداکثر خیز دردورترین نقطه نسبت به نقطه اتکا اتفاق می افتد. همچنین مقاومت در یک تیر دو سر گیردار با طول تیر چوبی نسبت عکس و با عرض آن نسبت مستقیم دارد. در مورد تیر های گیردار محققین اعلام کردند که با سطح مقطع مساوی تیرهای کوتاه در مقایسه با تیرهای بلند، وزن بیشتری را تحمل می نمایند. ایشان ستون را نیز بررسی کردند و دریافتند که مقاومت ستون با طول آن نسبت عکس وبا سطح مقطع آن نسبت مستقیم دارد.

برای برقراری قانون هوک در مورد مواد مرکب ارتوتروپیک می توان آزمایشی را تصور نمود که در آن انواع تنش هر یک جداگانه به یک جزء کوچک وارد می گردد و هر بار که تنشی وارد می شود تغییر طول نسبی حاصل، تابع خطی تنش می باشد. قانون هوک جمع اثرات این تنش هاست. مجموعه ضرائبی که بدین ترتیب بدست می آیند فرم معکوس قانون هوک را تشکیل می دهند. از طرف دیگر می توان با وارد کردن تغییر طول نسبی و تعیین تنش حاصل معادلات بنیادی را بدست آورد. این روش مشکل است چون وارد آوردن هر یک از انواع تغییر طول نسبی به طور مستقل ممکن نیست. به علت اثر ضریب پوآسون وارد کردن تغییر طول نسبی یک محوری تغییر طول نسبی جانبی را نیز همراه خواهد داشت. بنابراین چون هر نوع تنشی را می توان به تنهائی بر نمونه وارد کرد، روش اولی ساده تر است (کرامر و همکاران، ۲۰۰۵).

۲-۱-۲- پارامتر های الاستیک مهندسی برای چوب

یک ماده ارتوتروپیک دارای شش مدول الاستیسیته است. سه مدول نسبت های تنش قائم به تغییر طول نسبی قائم در جهت های اصلی هستند و سه مدول دیگر نسبت های تنش برشی به تغییر طول نسبی برشی در صفحات ارتوتروپیک می باشند. هر کدام از آنها با اعمال یک تنش و اندازه گیری تغییر طول نسبی مربوط تعیین می گردند. پس هر یک از مدول ها شیب نمودار تنش و تغییر طول نسبی می باشند که در رابطه (۲-۱) نشان داده شده است.

$$E_1 = \frac{\sigma_1}{\varepsilon_1} \quad , \quad E_2 = \frac{\sigma_2}{\varepsilon_2} \quad , \quad E_3 = \frac{\sigma_3}{\varepsilon_3} \qquad (۱-۲)$$

$$G_{12} = \frac{\tau_{12}}{\gamma_{12}} \quad , \quad G_{13} = \frac{\tau_{13}}{\gamma_{13}} \quad , \quad G_{23} = \frac{\tau_{23}}{\gamma_{23}}$$

E_1 ، E_2 و E_3 مدول الاستیسیته در جهت های اصلی و G_{12}، G_{13} و G_{23} مدول پیچشی یا صلبیت در صفحات ارتوتروپیک می باشند. شماره ۱ نشان گر محور امتداد الیافهای چوب (L) ، شماره ۲ محور امتداد جهت شعاعی (R) و شماره ۳ محور مماسی بر گروههای حلقوی شکل (T) در چوب می باشد (فورتینو و همکاران، ۲۰۰۹).