فصل هفتم

مقاومت خمشی چوب

مقدمه

فصل هفتم: مقاومت خمشی چوب

مقدمه:

مقاومت خمشـــی مقدار باری که می‌توان بر یک تیر چوبی[1] سقف (شکل ۱-۷) ، یک قید صندلی و یا یک قید میز ناهارخوری (شکل ۲-۷) وارد کرد را مشخص می‌سازد.

در طول تیر چوبی ســـقف ساختمان که در دو انتها بر روی دیوارها و یا ستون‌ها استقرار یافته اســـت وزن مصالح ســـقف و برقید یک میز ناهارخوری وزن صفحه میز و اجسامی که روی آن قرار دارد ، وارد می‌شـــود (شـــکل ۳-۷) این نیروهای گسترده موجب خمیده شدن تیر ، قید یا ... می‌گردند. بنابراین قطعه چوب مورد نظر تحت تأثیر نیروی خمشی قرار دارد. خمیده شـــدن تخته چوبی در اثر ایستادن فردی بر وسط آن نمونه‌ای از ایجاد خمش در اثر نیروی متمرکز است.

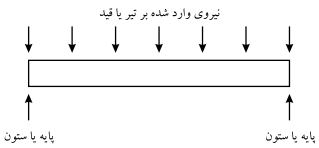
شکل ۱-۷

مقاومت خمشـــی یکی از خواص بنیادی در اســـتفاده از چوب در انواع ســـازه‌های چوبی (مبل، طبقات کتابخانه، خانه‌های چوبی و ...) است.

تنش و تغییر طول نســـبی در حالت خمش مانند کشش و فشار ساده و از طریق تقسیم نیرو بر ســـطح مقطع و تغییر طول بر طول اولیه ، امکان‌پذیر نمی‌باشـــد. مقاومت خمشـــی (MOR) و مدول الاستیسیته در حالت خمش (MOE) از طریق فرمول‌هایی که گفته خواهد شد محاسبه می‌گردد. قطعه چوب قرار گرفته تحت بار خمشی در بالای سطح خنثی فشرده و در پایین ســـطح خنثی کشیده می‌شـــود. انجام آزمایش شماره ۱ به درک بهتر شما از این پدیده، کمک می‌کند.

شکل ۲-۷

در آزمایش شـــماره ۲ سعی شده اثر افزایش نیرو بر مقدار خمش، تفاوت گونه‌های چوبی مختلف از نظر خمش ایجاد شـــده در آنها در اثر اعمال نیرویی برابر و همچنین تغییر شـــکل الاستیک و پلاستیک نشان داده شود.



شکل ۳-۷

در آزمایش شـــماره ۳ اثر طول نمونه بر خمش ایجاد شده (تغییر طول دهانه) و اثر تغییر محل بار متمرکز از وسط دهانه به کناره، بر خمش ایجاد شده، نشان داده شده است.

هدف از انجام آزمایش‌های شـــماره ۵ و ۶ بررســـی اثر زاویه الیاف و محل گره بر مقاومت خمشی است.

۱- تیر عضوی است که طول آن نسبت به سایر ابعادش بسیار بزرگ است و بارگذاری به صورت عرضی بر روی آن انجام می‌شود.

پیش آزمون

۱-کدام‌یک از قطعات چوبی زیر در معرض بار خمشی قرار ندارند؟

الف) قید نشیمنگاه صندلی　　ب) پایه صندلی

ج) قید تکیه‌گاه صندلی　　د) طبقه کتابخانه

۲- سطح خنثی را در چوبی که تحت بار خمشی قرار گرفته است تعریف کنید و آن را با استفاده از شکل نشان دهید.

.....

.....

.....

۳- نواحی قرار گرفته در بالا و پایین سطح خنثی تحت نیروی کششی هستند یا فشاری؟ با استفاده از شکل توضیح دهید.

.....

.....

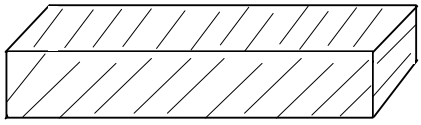
.....

۴- با توجه به شکل زیر اثر زاویه الیاف (زاویه بین الیاف و جهت طولی چوب قرار گرفته تحت بار خمشی) بر مقاومت خمشی چگونه می‌باشد؟(جهت الیاف نسبت به جهت طولی نمونه در اشکال ۵۱-۷ و ۶۱-۷ نیز نشان داده شده‌اند) .....

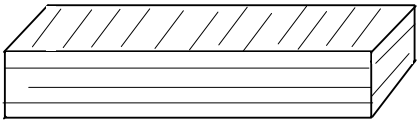
.....

.....

.....



نمونه دارای الیاف مورب
(زاویه دار نسبت به جهت طولی نمونه)



جهت الیاف موازی جهت طولی نمونه

۵- اثر گره را با توجه به اینکه در بالای سطح خنثی قرار داشته باشد یا پایین، بر مقاومت خمشی چوب توضیح دهید.

.....

.....

.....

پرسش

در تصاویر ۵-۷ تا ۹-۷ قطعاتی تحت تأثیر نیروی گسترده یا متمرکز خمشی می‌باشند. این قطعات را همراه با ذکر نوع بار (گسترده یا متمرکز) ، در هر شکل مشخص سازید.

شکل ۵-۷

.....

.....

.....

شکل ۶-۷

.....

.....

.....

شکل۷-۷

.....

.....

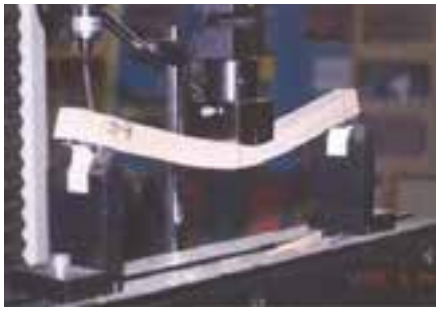
.....

شکل ۸-۷

.....

.....

.....



شکل ۹-۷

.....

.....

.....

شما نیز از بخش‌هایی از مصنوعات چوبی یا غیر چوبی قرار گرفته در وضعیتی مشابه عکس گرفته و یا در اینترنت با استفاده از زبان فارسی و یا انگلیسی (با کلید واژه wood bending، خمش چوب) جست‌وجو کرده و پرینت عکس‌هایی را که با دوربین و یا از اینترنت گرفته‌اید در جای مربوطه بچسبانید؛ اگر عکس گرفتن با جست‌وجوی اینترنتی برای شما مقدور نیست تصاویر مورد نظر را ترسیم نمایید.

آزمایش شماره ۱

۱- در قطعه چوبی از گونه‌های سبک مانند صنوبر و یا نوئل به ابعاد ۲×۲×۴۰ سانتی‌متر از هر انتها به ترتیب به فاصله ۷ سانتی‌متر ۲ علامت و سپس به فاصله ۱۲ سانتی‌متر ۲ علامت دیگر با مداد کشیده و مشابه (شکل ۱۰-۷(الف)) چهار شیار به ضخامت ۱/۵ میلی‌متر و عمق ۱ سانتی‌متر ایجاد کنید.

۲- ۴ عدد میخ با قطر حدود ۲ میلی‌متر را به صورت ایستاده در داخل شیارها مستقر کرده و چوب را به صورتی که میخ‌ها در سطح فوقانی باشند روی پایه‌ها قرار دهید (شکل ۷-۷(ب)).

۳- وزنه‌ای به جرم حدود ۷ کیلوگرم بر روی چوب گذاشته و میخ‌های فوقانی را با دست از شیارها خارج کنید (شکل ۱۰-۷(ج)).

۴- چوب را بچرخانید به صورتی که میخ‌ها در سطح زیرین باشند(شکل ۱۰-۷(د)) ، مجدداً وزنه را روی چوب قرار داده و میخ ها را با دست از شیار بیرون بکشید.

این آزمایش را با معلم درس انجام داده و گزارش آن را با ذکر **اختلاف** نیروی لازم برای بیرون آوردن میخ‌های قرار گرفته در سطح فوقانی با نیروی لازم برای بیرون آوردن میخ‌های قرار گرفته در سطح تحتانی قطعه چوب، همچنین توضیح در خصوص علت این **اختلاف**، در زیر بنویسید.

گزارش آزمایش:

.....

.....

.....

.....

شکل ۱۰-۷،(الف) - میخ های قرار داده شده در داخل شکافهای تخته

شکل ۱۰-۷، (ب) - تخته آماده شده برای آزمایش

شکل ۱۰-۷، (ج)- مرحله اول آزمایش

شکل ۱۰-۷، (د)- مرحله دوم آزمایش

آزمایش شماره ۲

سه قطعه چوب به ابعاد ۰/۸×۸×۷۰ سانتی‌متر از گونه‌های مختلف چوبی مانند راش ، صنوبر، ممرز و... را با نظارت معلم خود در کارگاه آماده کنید .

سپس وزنه‌هایی به جرم ۷ ، ۱۲ ، ۱۷ کیلوگرم بر روی آنها قرار داده پس از ثبت خمش (خیز یا کاهش ارتفاع نمونه در وسط دهانه) در قالب جدول ۱-۷، از روی نمونه بر دارید (شکل ۱۱-۷).

گزارش این آزمایش را به همراه توضیح در خصوص رابطه میان «مقدار بار» اعمال شده و «گونه چوبی» نمونه با «خمش حاصل»، همچنین مقایسه گونه‌های مختلف از نظر خمش (خیز) ایجاد شده در آنها در اثر بار گذاری مساوی و تفسیر تغییر شکل‌های الاستیک و پلاستیک به وجود آمده ، با کمک معلم خود ، در زیر بنویسید.

جدول ۱-۷

گونه چوبی	جرم وزنه قرار داده شده (بار گذاری متمرکز)	خمش (خیز) نمونه
راش	۷	
	۱۲	
	۱۷	
صنوبر	۷	
	۱۲	
	۱۷	
ممرز	۷	
	۱۲	
	۱۷	

شکل ۱۱-۷

گزارش آزمایش:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

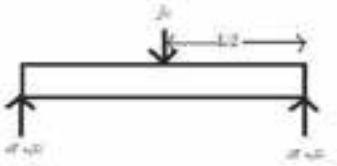
آزمایش شماره ۳

نمونــه‌ای از چوب صنوبر و یــا نوئل با ابعاد ۰/۸ × ۶ × ۸۰ ســانتی‌متر را با راهنمایی معلــم درس در کارگاه آماده کنید. ســپس وزنه‌ای به جرم ۱۰ کیلو گرم را وســط دهانه (بارگذاری متمرکــز) قــرار داده فاصله دو تکیه‌گاه را به ترتیب ۷۰، ۶۰ و ۵۰ ســانتی‌متر تنظیم و خمش هر حالت را ثبت نمایید .

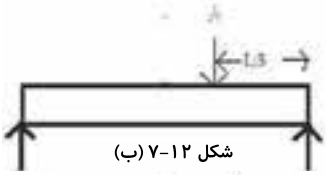
گزارش این آزمایش را به همراه تفســیر رابطه میان طول دهانه و خمش ایجاد شده در زیر بنویســید. این آزمایش را می‌توانید با راهنمایی معلم خود با استفاده از روش بارگذاری گسترده نیز انجام دهید.

بــرای ثبت خمش (خیز) می‌بایســت کاهش ارتفــاع نمونه در وســط دهانه را پس از بارگذاری با اســتفاده از وسایل ســاده‌ای مانند خط‌کش (شــکل ۱۱-۷) و یا کرنش‌سنج (ساعت اندازه‌گیر) اندازه‌گیری کرد.

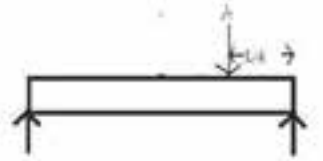
آزمایش دیگری که با همین وســایل قابل انجام است اثر تغییر محل بارگذاری متمرکز از وسط دهانه به کناره‌ها است (شکل ۱۲-۷ الف، ب و ج). محل وزنه را مطابق شکل تغییر دهید و خمش‌های ایجاد شده را با یکدیگر مقایسه و گزارش نمایید.



شکل ۱۲-۷ (الف)



شکل ۱۲-۷ (ب)



شکل ۱۲-۷ (ج)

گزارش آزمایش:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

آزمایش شماره۴

به نظر شما افزایش و کاهش سطح مقطع چه اثری بر مقاومت خمشی دارد؟

این سؤال را می‌توانید با انجام آزمایش زیر پاسخ دهید:

چنـــد قطعه چوب از یک گونه با مقطع مربع و طول یکســـان ولی ابعـــاد متفاوت را با راهنمایـــی معلم خود آماده کنید (شـــکل ۱۳-۷). چوب‌ها را بـــر روی تکیه‌گاه قرار داده و خمش حاصل از بار مساوی را برای هر یک از نمونه‌ها یادداشت نمایید؛ حال سؤال فوق را در قالب گزارش این آزمایش پاسخ دهید.

شکل ۱۴-۷

شـــکل ۱۳-۷، مقدار خمش (خیز) ایجاد شده را می‌توان با استفاده از کرنش سنج (ســـاعت اندازه گیر) اندازه‌گیری کرد. امروزه این وســـیله در انواع عقربه‌ای و دیجیتالی موجود می باشد.

شـــکل ۱۴-۷ آزمایش مقاومت خمشـــی قطعات چوبی در اندازه سرویس را نشان می‌دهد. حسن این روش به دست آوردن مقاومت‌هایی صحیح‌تر نســـبت بـــه اندازه‌گیری‌های حاصل از آزمایش نمونه‌های کوچک است و معایب آن نیاز به چوب بیشتر برای ساخت نمونه‌های آزمایش و همچنین دستگاه‌های کشش و فشار با توان بالا می‌باشد.

آزمایش نمونه در اندازه سرویس عبارت است از آزمایش نمونه‌هایی که ابعاد آنها برابر ابعاد اجزاء ســـازه واقعی می‌باشـــد، به عنوان مثال مقاومت خمشـــی قطعه چوبی به ابعاد یک تیر چوبی ســـقف به وسیلهٔ یک دستگاه کشش و فشار ویژه به جای مقاومت خمشی قطعـــه چوبی به ابعاد ۲×۲×۴۰ ســـانتی‌متر اندازه‌گیری می‌شـــود، در این حالت دیگر به تعمیم نتایج به دست آمده از نمونه‌های کوچک بی‌نقصی ، به شرایط واقعی ، نیاز نیست.

گزارش آزمایش:

.....

.....

.....

.....

مسئله

نمودارهای ذیل حاصل آزمایش سه نمونه چوب صنوبر با ابعاد مقطع ۲×۲ سانتی‌متر و طول دهانه ۳۰ سانتی‌متر می‌باشند، مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته هریک از چوب‌های آزمایش شده را با توجه به نمودار به دست آمده محاسبه کنید.

.....

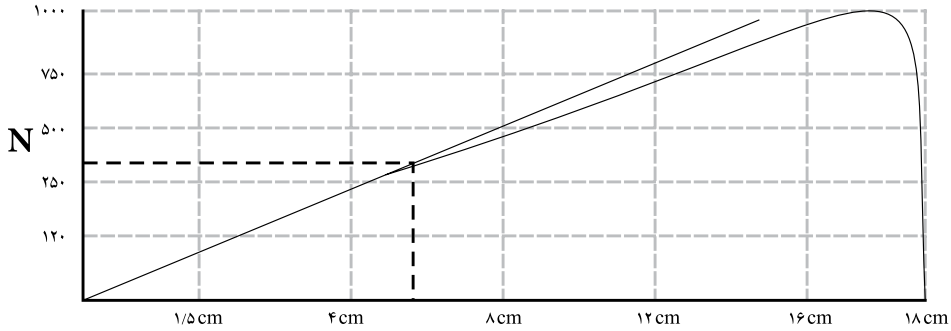
.....

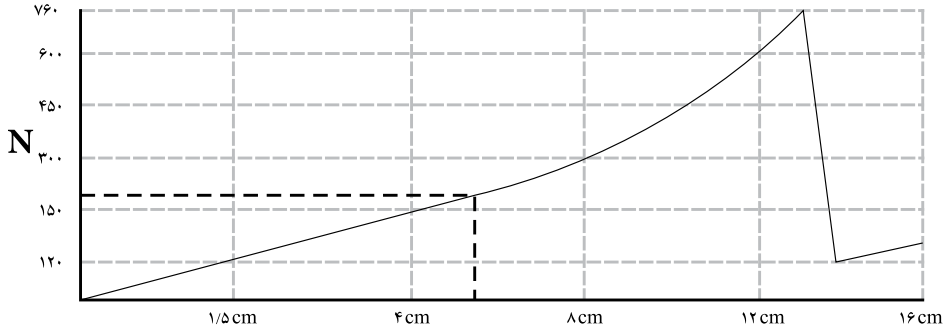
.....

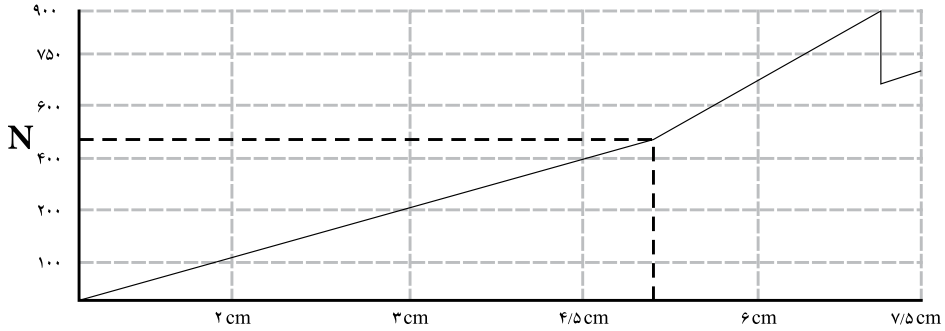
.....

.....

.....







نمونه سؤال امتحان نهایی

۱- (۱۳۸۹/۰۳/۰۶) اگر در آزمایش مقاومت خمشی مقطع چوب ۴×۴ سانتی‌متر باشد و تحت تأثیر نیروی به میزان ۱۵۰۰ نیوتن قرار گیرد و فاصله تکیه‌گاه ۶۰ سانتی‌متر باشد، محاسبه کنید میزان خمش ایجاد شده در نمونه آزمایش را در صورتی‌که مدول الاستیسیته آن ۱۶۲۰۰ نیوتن بر میلی‌متر مربع باشد.

$b = ۴۰mm$

$d = ۴۰mm$

$F = ۱۵۰۰N$ (نیرو در حد تناسب)

$L = ۶۰۰mm$

$MOE = ۱۶۲۰۰N/mm^۲$

$$MOE = \frac{F_{PL}L^۳}{۴db^۳D}$$

$$۱۶۲۰۰ = \frac{۱۵۰۰(۶۰۰)^۳}{۴\times۴۰\times(۴۰)^۳ D}$$

$$۱۶۲۰۰ = \frac{۳۲۴\times۱۰^۹}{(۱۰۲۴\times۱۰^۴)D}$$

$$۱۶۵۸۸۸\times۱۰^۶ D = ۳۲۴\times۱۰^۹$$

$$۱۶۵۸۸۸\times\cancel{۱۰^۶} D = ۳۲۴\times\cancel{۱۰^۹}$$

$$D = ۱/۹۵mm$$

۲- (۱۳۸۵/۰۳/۰۸) یک قطعه چوب افرا به ابعاد سطح مقطع ۵×۵ سانتی‌متر مورد آزمایش خمش قرار گرفته است. اگر مقدار نیرو حداکثر ۵۳۰ نیوتن و فاصله دو تکیه‌گاه ۷۰ سانتی‌متر باشد مقاومت خمشی این قطعه چوب چند مگاپاسکال است؟

$b = ۰/۰۵m$

$d = ۰/۰۵m$

$F = ۵۳۰N$

$L = ۰/۷\ m$

$MOR = ?$

$$MOR = \frac{۱/۵FL}{bd^۲}$$

$$MOR = \frac{۱/۵\times۵۳۰N\times۷m}{۰/۰۵m\times(۰/۰۵m)^۲}$$

$$MOR = \frac{۵۵۶/۵}{۱۲۵\times۱۰^{-۶}}$$

$$MOR = ۴۴۵۲۰۰۰_{pa} = ۴/۴۵۲_{Mpa}$$

۳- (۱۳۸۸/۰۳/۰۴) مقاومت خمشی چوب راشی برابر ۴/۵ N/mm² است، تحمل نیروی متمرکز F در وسط یک الوار از این چوب به پهنای ۶ و ضخامت ۴ سانتی‌متر (نیرو در جهت پهنا وارد می‌شود) را حساب کنید، فاصله بین دو تکیه‌گاه ۲ متر است.

$F = ?$

$b = ۰/۰۶m$

$d = ۰/۰۴m$

$L = ۲m$

$MOR = ۴/۵N/mm^۲ = ۴/۵Mpa = ۴۵۰۰۰۰۰pa$

$$MOR = \frac{۱/۵FL}{bd^۲}$$

$$۴/۵\times۱۰^۶ = \frac{۱/۵\times۲\times F}{۰/۰۶\times(۰/۰۴)^۲}$$

$$۴۳۲ = ۳F$$

$$F = ۱۴۴N$$

۴- (۱۳۸۶/۰۳/۰۵) مدول الاستیسیته چوب راشی ۱۲۵ Gpa $(۱۲۵\times۱۰^{۹}\,pa)$ است، اگر عرض این چوب ۴ و ضخامت ۸ سانتی‌متر و فاصله دو تکیه‌گاه آن ۲۰۰ سانتی‌متر باشد خمش به وجود آمده در اثر وارد شدن نیرویی معادل N ۶۰۰۰ را محاسبه کنید.

$$MOE = ۱۲۵Gpa = ۱۲۵\times۱۰^{۹}\,pa$$
$$b = ۰/۰۴m$$
$$d = ۰/۰۸m$$
$$L = ۲m$$
$$F = ۶۰۰۰N$$ (نیرو در حد تناسب)
$$D = ?$$

$$MOE = \frac{F_{PL}L^{۳}}{۴db^{۳}D}$$
$$۱۲۵\times۱۰^{۹} = \frac{۶۰۰۰\times(۲)^{۳}}{۴\times۰/۰۴\times(۰/۰۸)^{۳}D}$$
$$۱۰۲۴۰۰۰۰D = ۴۸۰۰۰$$
$$D = ۰/۰۰۴۷m = ۴/۷mm$$

۵- (۱۳۸۷/۰۳/۱۱) به وســـط قطعه چوبی به ابعاد سطح مقطع ۵×۵ سانتی‌متر نیرویی معادل N ۵۰۰ وارد می‌شـــود، در صورتی‌که فاصله بین دو تکیه‌گاه m ۰/۷۵ باشد مقاومت خمش را بر حسب مگا پاسکال محاسبه نمایید.

روش اول

$$b = ۵۰mm$$
$$d = ۵۰mm$$
$$F = ۵۰۰N$$
$$L = ۷۵۰mm$$
$$MOR = ?$$

$$MOR = \frac{۱/۵FL}{bd^{۲}}$$
$$MOR = \frac{۱/۵\times۵۰۰N\times۷۵۰}{۵۰m\times(۵۰)^{۲}m}$$
$$MOR = ۴/۵Mpa$$

روش دوم

$$b = ۰/۰۵m$$
$$d = ۰/۰۵m$$
$$F = ۵۰۰N$$
$$L = ۰/۷۵m$$
$$MOR = ?$$

$$MOR = \frac{۱/۵FL}{bd^{۲}}$$
$$MOR = \frac{۱/۵\times۵۰۰\times۰/۷۵}{۰/۰۵\times(۰/۰۵)^{۲}}$$
$$MOR = ۴/۵\times۱۰^{۶}\,pa = ۴/۵\text{Mpa}$$

آزمایش شماره۵

دو قطعه چوب به ابعاد ۲/۵ × ۲/۵× ۳۵ سانتی‌متر را در کارگاه مطابق با (اشکال ۱۵-۷ و ۱۶-۷) آماده و بر روی پایه‌ها مســـتقر نمایید. سپس وزنه‌ای به جرم ۷ کیلوگرم در مرکز هر یک از نمونه‌ها قرار داده و عکس‌العمل آنها را با کمک ساعت اندازه‌گیر یا خط‌کش ثبت نماییـــد، گزارش این آزمایش را حتی‌المقدور همراه با عکس و توضیح کامل در مورد تأثیر زاویه شیب الیاف بر مقاومت خمشی چوب، در ذیل بنویسید.

این آزمایش را می‌توانید با افزایش جرم وزنه و ثبت حداکثر باری که موجب شکســـت نمونه می‌گردد ، به‌صـــورت کامل‌تر نیز انجام دهید. اندازه گیری مقاومت خمشـــی نمونه (شکل ۱۶-۷) با دستگاه کشش و فشار امکان‌پذیر می‌باشد.

شـــکل ۱۵-۷- نمونـــه چوب صنوبر قـــرار داده شـــده تحت بار خمشـــی متمرکز، جهـــت الیاف عمود بر جهت طولی نمونه می باشند.

شـــکل۱۶-۷ - در ایـــن آزمایـــش جهت الیاف موازی با جهت طولی نمونه می باشند .

گزارش آزمایش:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

آزمایش شماره ۶

دو قطعه چوب گره دار مطابق با شـــکل ۱۷-۷ به ابعاد تقریبی ۲×۲ × ۷۰ ســـانتی‌متر را در کارگاه آماده و بر روی پایه به گونه‌ای مســـتقر نمایید که در یکی گره در بخش فوقانی نمونه و در دیگری در زیر باشد .

ســـپس وزنه‌ای به جرم ۱۵ کیلوگرم بر مرکز هر یک از نمونه‌ها قرار داده و عکس‌العمل آنهـــا را ثبت نمایید. گزارش این آزمایش را حتی‌المقدور همراه با عکس و توضیح کامل در خصوص ارتباط میان محل گره در چوب و مقاومت خمشی در ذیل بنویسید.

شکل ۱۷-۷

گزارش آزمایش:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

مسئله ها

۱- در وســـط دو نمونه چوبی راش و نوئل به ابعاد سطح مقطع ۲×۲ سانتی‌متر به ترتیب حداکثر ۲۲۵۰ و ۱۲۰۰ نیوتن نیرو قبل از شکست وارد شده است، در صورتی‌که فاصله بین دو تکیه‌گاه ۳۰ سانتی‌متر باشد، مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته را بر حسب مگاپاسکال محاسبه نمایید.

نیروی حد تناســـب در چوب راش ۷۰ نیوتن، مقدار خمش حد تناسب ۱/۷ mm، نیروی حد تناسب در چوب نوئل ۵۰ نیوتن و خمش حد تناسب ۱/۸ mm است.

:چوب راش

$b = ۰/۰۲m$

$d = ۰/۰۲m$

$F_{Max} = ۲۲۵۰N$

$L = ۰/۳m$

$MOR = ?$

$F_{PL} = ۷۰N$ در حد تناسب

$D = ۰/۰۰۱۷m$

$$MOR = \frac{۱/۵FL}{bd^{۲}}$$

$$MOR = \frac{۱/۵\times۲۲۵۰N\times۰/۳m}{۰/۰۲m\times(۰/۰۲m)^{۲}}$$

$$MOR = \frac{۱۰۱۲/۵}{۸\times۱۰^{-۶}}$$

$$MOR = ۱۲۶/۵MPa$$

$$MOE = \frac{F_{PL}L^{۳}}{۴bd^{۳}D}$$

$$MOE = \frac{۷۰\times(۰/۳)^{۳}}{۴\times۰/۰۲m\times(۰/۰۲m)^{۳}\times۰/۰۰۱۷}$$

$$MOE = \frac{۱/۸۹}{۱\times۱۰^{-۹}} = ۱۸۹۰Mpa = ۱/۸۹Gpa$$

:چوب نوئل

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

۲- همان‌طور که می‌دانید کارگران ســاختمانی هنگام کار بر روی داربست از تخته‌های چوبی اســتفاده می‌کنند، فرض کنید قرار اســت یک فرد بالغ با جرم ۸۰ کیلوگرم در نقطه وســط یک تخته چوبی به طول ۶ متر، مقاومت خمشــی ۵۰ MPa و ضخامت ۴ سانتی‌متر به‌شــکل ایستاده کار کند، عرض تخته را به گونه‌ای محاســبه کنید که تحمل وزن ۵ برابر نیروی وزن فرد مورد نظر را داشته باشد؟

$$MOE = ۹۰Gpa,\ g \simeq ۱\ {}^{N}\!/_{Kg}$$

$$F = mg = ۸۰ \times ۱۰ \times ۵ = ۴۰۰۰N$$

$$L = ۶m$$

$$MOR = ۵۰ \times ۱۰^{۶}\ pa$$

$$d = ۰/۰۴m$$

$$b = ?$$

$$MOR = \frac{۱/۵FL}{bd^{۲}}$$

$$۵۰ \times ۱۰^{۶} = \frac{۱/۵ \times ۴۰۰۰N \times ۶m}{b \times (۰/۰۴)^{۲}\ m}$$

$$b = ۰/۴۵m = ۴۵cm$$

۳- در مرکز طول دهانه یک تیر چوبی ساخته شده از چوب توسکا با طول ۳ متر، عرض ۵ و ارتفاع ۱۰ ســانتی‌متر چند نیوتن بار می‌توان وارد کرد؟ مقاومت خمشی این چوب ۱۰۰ MPa است.

$$L = ۳m$$

$$b = ۰/۰۵m$$

$$d = ۰/۱m$$

$$F = ?$$

$$MOE = ۱۰۰ \times ۱۰^{۶}\ pa$$

$$MOR = \frac{۱/۵FL}{bd^{۲}}$$

$$۱۰۰ \times ۱۰^{۶} = \frac{۱/۵ \times ۳F}{۰/۰۵(۰/۱)^{۲}}$$

$$۴/۵F = ۵۰۰۰$$

$$F = ۱۱۱۱۱N$$

۴- مسئله قبل را برای چوب صنوبر با مقاومت خمشی ۸۰ MPa محاسبه کنید.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

۵- اگر قرار باشد چوب به کار رفته در هر پله یک نردبان با در نظر گرفتن مسائل ایمنی ۴۰۰۰ نیوتن وزن را در نقطه مرکزی خود تحمل کند، ضخامت چوب هر پله را برای دو نردبان ساخته شده از چوب‌های بلوط و ممرز به‌طور جداگانه محاسبه کنید عرض و طول هر پله به ترتیب ۷ و ۳۰ سانتی‌متر ، مقاومت خمشی چوب بلوط را MPa ۷۰ و چوب ممرز را MPa ۱۰۰در نظر می‌گیریم.

چوب بلوط :

$F = ۴۰۰۰N$

$b = ۰/۰۷m$

$L = ۰/۳m$

$d = ?$

$MOR = ۷۰\times۱۰^{۶}\ pa$

$$MOR = \frac{۱/۵FL}{bd^{۲}}$$

$$۷۰\times۱۰^{۶} = \frac{۱/۵\times۴۰۰۰\times۰/۳}{۰/۰۷d^{۲}}$$

$$۴/۹\times۱۰^{۶}\times d^{۲} = ۱۸۰۰$$

$$d^{۲} = ۳۷\times۱۰^{-۵}$$

$$d \simeq ۰/۰۲m = ۲۰mm$$

چوب ممرز :

.....

.....

.....

.....

.....

۶- دو قطعه چوب توســکا و صنوبر با ابعاد ۲×۲ ×۳۰ سانتی‌متر مورد آزمایش خمش قرار گرفته‌اند، اگر خیز در نقطه حد تناسب هر دو نمونه ۰/۸ میلی‌متر ، نیروی حد تناسب در چوب توســکا ۱۳۵ و در چوب صنوبر ۱۲۵ باشد، مدول الاستیســیته این دو چوب را با هم مقایسه کنید.

چوب توسکا :

$L = ۰/۳m$

$b = ۰/۰۲m$

$d = ۰/۰۲m$

$D = ۰/۰۰۰۸m$

$F_{PL} = ۱۳۵\ N$

$MOE = ?$

$$MOE = \frac{F_{PL}L^{۳}}{۴db^{۳}D}$$

$$MOE = \frac{۱۳۵\times(۰/۳)^{۳}}{۴\times۰/۰۲\times(۰/۰۲)^{۳}\times۰/۰۰۰۸}$$

$$MOE = ۷/۱۲\times۱۰^{۹}\ pa = ۷/۱۲Gpa$$

چوب صنوبر :

.....

.....

.....

.....

.....

۷- قــرار اســت در مرکز قطعه چوبی بــه ضخامت (ارتفاع) ۴ ســانتی‌متر و طول ۲ متر وزنه‌ای به جرم ۱۰ کیلوگرم قرار داده شــود، عرض این چوب را باید به چه اندازه گرفت تا خمش آن از ۵ میلی‌متر تجاوز نکند؟($g \simeq ۱۰N, MOE = ۸۰\times۱۰^{۹}\ N/m^{۲} = ۸۰Gpa$)

$d = ۰/۰۴m$

$L = ۲m$

$F = W = mg$

$F_{PL} = ۱۰\times۱۰ = ۱۰۰N$

$b = ?$

$D = ۰/۰۰۵m$

$MOE = ۸۰\times۱۰^{۹}\ pa$

$$MOE = \frac{F_{PL}L^{۳}}{۴db^{۳}D}$$

$$۸۰\times۱۰^{۹} = \frac{۱۰۰\times۸}{۴\times b\times(۰/۰۴)^{۳}\times۰/۰۰۵}$$

$$۱۰۲۴۰۰b = ۸۰۰$$

$$b = ۰/۰۰۷۸m = ۷/۸mm$$