فصل هفتم

مقـــاومت خمشـــی چـــوب

پیش‌آزمون

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 چوب قرار گرفته تحت بار خمشی تعریف کنید و 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- اثرزاویه الیاف (زاویه بین الیاف و جهت طولی چوب قرار گرفته تحت بار خمشی) بر مقاومت خمشی چگونه می‌باشد؟

.....

.....

.....

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

.....

.....

.....

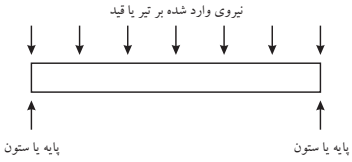
شکل ۱-۷

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

شکل ۲-۷

بدین ترتیب که مقاومت خمشی چوبی که قصد استفاده از آن را برای ساخت سازه‌ای داریم اندازه‌گیری کرده و باتوجه به مقدار باری که قرار است بر هر عضو آن وارد شود و هم‌چنین در نظر گرفتن ضریب های محاسباتی ، ابعاد اجزا را مشخص می‌سازیم.

در طول تیر چوبی سقف ساختمان که در دو انتها بر روی دیوارها و یا ستون‌ها استقرار



شکل ۳-۷

یافته اســت وزن مصالح ســقف و برقید یک میز ناهارخوری وزن صفحه میز و اجســامی که روی آن قرار دارد ، وارد می‌شــود (شــکل ۳-۷) این نیروهای گسترده موجب خمیده شدن تیر ، قید یا ... می‌گردند. بنابراین قطعه چوب مورد نظر تحت تأثیر نیروی خمشی قرار دارد. خمیده شــدن تخته چوبی در اثر ایستادن فردی بر وسط آن نمونه‌ای از ایجاد خمش در اثر نیروی متمرکز است.

مقاومت خمشی یکی از خواص بنیادی در استفاده از چوب در انواع سازه‌های چوبی (مبل ، خانه‌های چوبی و ...) است.

تنش و تغییر طول نســبی در حالت خمش مانند کشــش و فشار ساده و از طریق تقسیم نیرو بر ســطح مقطع و تغییر طول بر طول اولیه ، امکان‌پذیر نمی‌باشــد. مقاومت خمشــی (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 ســطح خنثی کشــیده می‌شود ، انجام آزمایش شماره ۱ به درک بهتر شما از این پدیده، کمک می‌کند.

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

در آزمایش شماره 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 شــماره ۵ و ۶ بررســی اثر زاویه الیاف و محل گره بر مقاومت خمشی است.

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

.....

.....

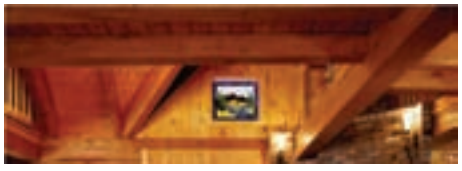
.....

شکل۷-۷

.....

.....

.....

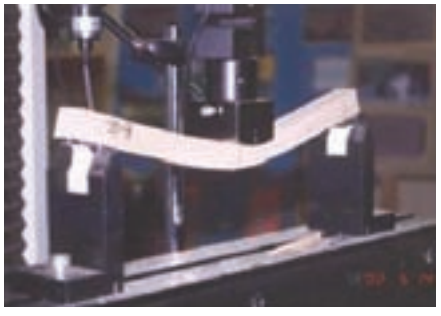


شکل ۸-۷

.....

.....

.....



شکل ۹-۷

.....

.....

.....

شما نیز از بخش‌هایی از مصنوعات چوبی یا غیر چوبی قرار گرفته در وضعیتی مشابه (بار خمشی گسترده یا متمرکز) 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 رسم نمایید.

آزمایش شماره ۱

۱- در قطعه چوبی از گونه 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 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 نظارت 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

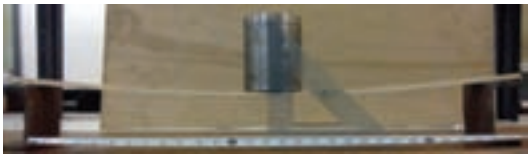
سه قطعه چوب به ابعاد ۰/۸×۸×۷۰ سانتی‌متر از گونه‌های مختلف چوبی مانند راش ، صنوبر ، ممرز و... را با نظارت معلم خود در کارگاه آماده کنید .

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:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

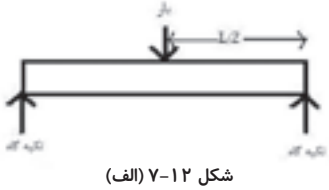
آزمایش شماره ۳

نمونه‌ای از چوب صنوبر و یا نوئل با ابعاد ۰/۸ × ۶ × ۸۰ سانتی‌متر را با راهنمایی معلم درس در کارگاه آماده کنید. سپس وزنه‌ای به جرم ۱۰ کیلو گرم را وسط دهانه (بارگذاری متمرکز) قرار داده فاصله دو تکیه‌گاه را به ترتیب ۷۰، ۶۰ و ۵۰ سانتی‌متر تنظیم و خمش هر حالت را ثبت نمایید .

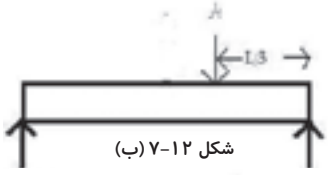
گزارش این آزمایش را به همراه تفسیر رابطه میان طول دهانه و خمش ایجاد شده در زیر بنویسید. این آزمایش را می‌توانید با راهنمایی معلم خود با استفاده از روش بارگذاری گسترده نیز انجام دهید.

برای ثبت خمش (خیز) می‌بایست کاهش ارتفاع نمونه در وسط دهانه را پس از بارگذاری با استفاده از وسایل ساده‌ای مانند خط‌کش (شکل ۱۱-۷) و یا کرنش‌سنج (ساعت اندازه‌گیر) اندازه‌گیری کرد.

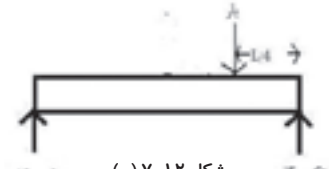
آزمایش دیگری که با همین وسایل قابل انجام است اثر تغییر محل بارگذاری متمرکز از وسط دهانه به کناره‌ها است (شکل ۱۲-۷ الف، ب و ج). محل وزنه را مطابق شکل تغییر دهید و خمش‌های ایجاد شده را با یکدیگر مقایسه و گزارش نمایید.



شکل ۱۲-۷ (الف)



شکل ۱۲-۷ (ب)



شکل ۱۲-۷ (ج)

گزارش آزمایش:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

آزمایش شماره ٤

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

این سوال را می‌توانید با انجام آزمایش زیر پاسخ دهید:

چند قطعه چوب از یک گونه با مقطع مربع و طول یکسان ولی ابعاد متفاوت را با راهنمایی معلم خود آماده کنید (شکل ۱۳-۷). چوب‌ها را بر روی تکیه‌گاه قرار داده و خمش حاصل از بار مساوی را برای هر یک از نمونه‌ها یادداشت نمایید؛ حال سوال فوق را در قالب گزارش این آزمایش پاسخ دهید.

شکل ۱۳-۷، مقدار خمش (خیز) ایجاد شده را می توان با استفاده از کرنش سنج (ساعت اندازه گیر) اندازه گیری کرد. امروزه این وسیله در انواع عقربه ای و دیجیتالی موجود می باشد.

شکل ۱۴-۷

شکل ۱۴-۷ آزمایش مقاومت خمشی قطعات چوبی در اندازه سرویس را نشان می‌دهد. حسن این روش به دست آوردن مقاومت‌هایی صحیح‌تر نسبت به 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 سازه واقعی می‌باشد، به عنوان مثال مقاومت خمشی قطعه چوبی به ابعاد یک تیر چوبی سقف به وسیله‌ی یک دستگاه کشش و فشار ویژه به جای مقاومت خمشی قطعه چوبی به ابعاد ۲×۲×۴۰ سانتی‌متر اندازه‌گیری می‌شود، 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.

.....

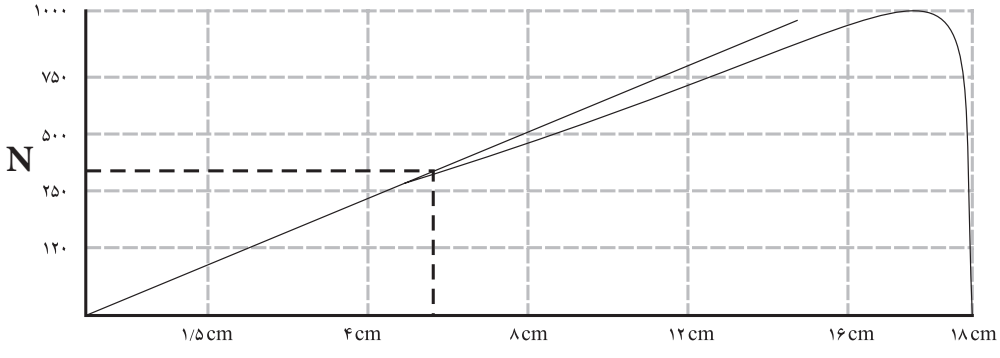
.....

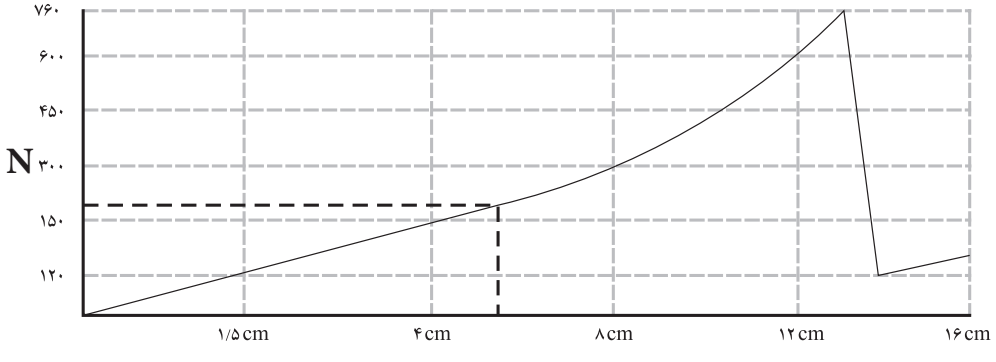
.....

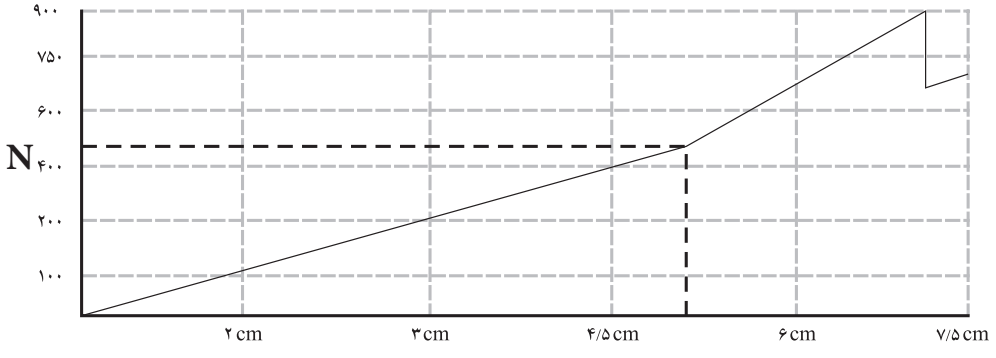
.....

.....

.....







نمونه سئوال امتحان نهایی

۱- (۱۳۸۹/۰۳/۰۶) اگر در آزمایش مقاومت خمشی مقطع چوب ۴×۴ سانتی‌متر باشد و تحت تاثیر 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)
$L = ۶۰۰mm$
$MOE = ۱۶۲۰۰ N/mm^۲$

$$MOE = \frac{FL^۳}{۴bd^۳D}$$

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

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

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

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

$$D = ۱/۹۵mm$$

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؟

$b = ۰/۰۵m$
$d = ۰/۰۵m$
$F = ۵۳۰N$
$L = ۰/۷ m$
$MOR = ?$

$$MOR = \frac{۱/۵FL}{bd^۲}$$

$$MOR = \frac{۱/۵\times۵۳۰\text{N}\times۷\text{m}}{۰/۰۵\text{m}\times(۰/۰۵\text{m})^۲}$$

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

$$MOR = ۴۴۵۲۰۰۰_{pa} = ۴/۴۵۲_{Mpa}$$

۳- (۱۳۸۸/۰۳/۰۴) مقاومت خمشی چوب راشی برابر $۴/۵ N/mm^۲$ 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 تکیه گاه ۲ متر است.

$F = ?$
$b = ۰/۰۶m$
$d = ۰/۰۴m$
$L = ۲m$
$MOR = ۴/۵ N/mm^۲ = ۴/۵_{Mpa} = ۴۵۰۰۰۰۰_{pa}$

$$MOR = \frac{۱/۵FL}{bd^۲}$$

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

$$۴۳۲ = ۳F$$

$$F = ۱۴۴N$$

۴- (۱۳۸۶/۰۳/۰۵) مدول الاستیسـتیه چوب راشـی 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)
$D = ?$

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

۵- (۱۳۸۷/۰۳/۱۱) به وسـط قطعه چوبی به ابعاد سطح مقطع ۵×۵ سانتی‌متر نیرویی معادل ۵۰۰ N وارد می‌شـود، در صورتی‌که فاصله بین دو تکیه گاه ۰/۷۵ m 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 مستقر نمایید. سپس وزنه‌ای به جرم ۷ کیلو گرم در مرکز هـر یک از نمونه‌ها قرار داده و عکس‌العمل آن‌ها را با کمک سـاعت اندازه‌گیر یا خط‌کش ثبـت نمایید، گزارش این آزمایـش 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 شکسـت نمونه می‌گردد ، بصورت کامل‌تر نیز انجام دهید. اندازه گیری مقاومت خمشی نمونه (شکل ۱۶-۷) با دستگاه کشش و فشار امکان‌پذیر می‌باشد.

شـکل ۱۵-۷ نمونه چوب صنوبر قرار داده شده تحت بار خمشـی متمرکز، جهت الیاف عمود بر جهت طولی نمونه می باشند.

شکل۱۶-۷ در این آزمایش جهت الیاف موازی با جهت طولی نمونه می باشند .

گزارش آزمایش:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

آزمایش شماره ۶

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

سـپس وزنه‌ای به جرم ۱۵ کیلوگرم بر مرکز هر یک از نمونه‌ها قرار داده و عکس‌العمل آن‌ها 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 وسـط 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 تناسـب 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:

$b = ۰/۰۲m$

$d = ۰/۰۲m$

$F_{Max} = ۲۲۵۰N$

$L = ۰/۳m$

$MOR = ?$

$F = ۷۰N$ در حد تناسب

$D = ۰/۰۰۱۷m$

$$MOR = \frac{۱/۵FL}{bd^۲}$$

$$MOR = \frac{۱/۵ \times ۲۲۵۰N \times ۰/۳m}{۰/۰۲m \times (۰/۰۲m)^۲}$$

$$MOR = \frac{۱۰۱۲/۵}{۸ \times ۱۰^{-۶}}$$

$$MOR = ۱۲۶/۵MPa$$

$$MOE = \frac{F_{PL}L^۳}{۴bd^۳D}$$

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

$$MOE = \frac{۱/۸۹}{۱ \times ۱۰^{-۹}} = ۱۸۹۰Mpa = ۱/۸۹Gpa$$

چوب نوئل:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

۲- همان‌طور که می‌دانید کارگران ساختمانی هنگام کار بر روی داربست از تخته‌های چوبی استفاده می‌کنند، فرض کنید قرار است یک فرد بالغ با جرم ۸۰ کیلوگرم در نقطه وسط یک تخته چوبی به طول ۶ متر، مقاومت خمشی ۵۰ Mpa و ضخامت ۴ سانتی‌متر بشکل ایستاده کار کند، الف) عرض تخته را به گونه‌ای محاسبه کنید که تحمل وزن ۵ برابر نیروی وزن فرد مورد نظر را داشته باشد؟ ب) در این حالت خمش (خیز) وسط دهانه چند متر است ؟

$MOE = ۹۰Gpa, g = ۱۰ m/s^۲$

$F = mg = ۸۰\times۱۰\times۵ = ۴۰۰۰N$

$L = ۶m$

$MOR = ۵۰\times۱۰^۶ pa$

$d = ۰/۰۴m$

$b = ?$

$MOR = \frac{۱/۵FL}{bd^۲}$

$۵۰\times۱۰^۶ = \frac{۱/۵\times۴۰۰۰N\times۶m}{b\times(۰/۰۴)^۲ m}$

$b = ۰/۴۵m = ۴۵cm$

$F = ۴۰۰۰N$

$L = ۶m$

$MOE = ۹۰\times۱۰^۹ pa$

$d = ۰/۰۴m$

$b = ۰/۴۵m$

$D = ?$

$MOE = \frac{pL^۳}{۴bd^۳D}$

$۹۰\times۱۰^۹ pa = \frac{۴۰۰۰\times(۶)^۳}{۴\times۰/۴۵\times(۰/۰۴)^۳ D}$

$D = ۰/۰۸۳m = ۸۳mm$

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

$L = ۳m$

$b = ۰/۰۵m$

$d = ۰/۱m$

$F = ?$

$MOR = ۱۰۰\times۱۰^۶ pa$

$MOR = \frac{۱/۵FL}{bd^۲}$

$۱۰۰\times۱۰^۶ = \frac{۱/۵\times۳F}{۰/۰۵(۰/۱)^۲}$

$۴/۵F = ۵۰۰۰$

$F = ۱۱۱۱۱N$

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 بطور جداگانه محاسبه کنید عرض و طول هر پله به ترتیب ۷ و ۳۰ سانتی‌متر ، مقاومت خمشی چوب بلوط را ۷۰ Mpa و چوب ممرز ۱۰۰ Mpaدر نظر می‌گیریم.

چوب بلوط:

$F = ۴۰۰۰N$
$b = ۰/۰۷m$
$L = ۰/۳m$
$d = ?$
$MOR = ۷۰\times۱۰^{۶}\ pa$

$$MOR = \frac{۱/۵FL}{bd^{۲}}$$

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

$$۴/۹\times۱۰^{۶}\times d^{۲} = ۱۸۰۰$$
$$d^{۲} = ۳۷\times۱۰^{-۵}$$
$$d \simeq ۰/۰۲ = ۲۰mm$$

چوب ممرز:

.....
.....
.....
.....
.....

۶- دو قطعه چوب توسکا 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 توسکا ۱۳۵ و در چوب صنوبر ۱۲۵ باشد، مدول الاستیسیته این دو چوب را با هم مقایسه کنید.

چوب توسکا:

$L = ۰/۳m$
$b = ۰/۰۲m$
$d = ۰/۰۲m$
$D = ۰/۰۰۰۸m$
$F = ۱۳۵\ \ N$
$MOE = ?$

$$MOE = \frac{FL^{۳}}{۳bd^{۳}D}$$

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

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

چوب صنوبر:

.....

.....

.....

.....

.....

۷- قــرار اســت در مرکــز قطعه چوبی به ضخامــت (ارتفاع) ۴ ســانتی‌متر و طول ۲ متر وزنــه‌ای به جرم ۱۰ کیلوگرم قرار داده شــود، عرض این چــوب را باید به چه اندازه گرفت تا خمش آن از ۵ میلی‌متر تجاوز نکند؟

$$g = ۱۰ m/s^۲ , MOE = ۸۰\times ۱۰^۹ N/m^۲ = ۸۰ Gpa$$

$$d = ۰/۰۴ m$$

$$L = ۲ m$$

$$F = mg$$

$$F = ۱۰\times ۱۰ = ۱۰۰ N$$

$$b = ?$$

$$D = ۰/۰۰۵ m$$

$$MOE = ۸۰\times ۱۰^۹ pa$$

$$MOE = \frac{FL^۳}{۴bd^۳D}$$

$$۸۰\times ۱۰^۹ = \frac{۱۰۰\times ۸}{۴\times b\times (۰/۰۴)^۳ \times ۰/۰۰۵}$$

$$۱۰۲۴۰۰ b = ۸۰۰$$

$$b = ۰/۰۰۷۸ m = ۷/۸ \text{mm}$$