فصل نهم

مقاومت چوب در برابر فشار

بار اعمال شده به پایه‌های میز و صندلی ، ستون‌های خانه‌های چوبی و سایر موارد مشابه موازی جهت الیاف و در زیرسری‌ها، بعضی قیدهای مبلمان، تراورس های راه آهن و ... عمود بر الیاف است؛ به همین دلیل نیز مطالعه و اندازه‌گیری مقاومت در برابر فشار موازی الیاف و عمود بر الیاف چوب یکی از مباحث مهم مکانیک چوب است.

مقاومت فشـــار موازی الیاف حدود ۵۰٪ مقاومت کششی چوب در همین جهت است که البته این رابطه متغیر و به رطوبت چوب بستگی دارد. شکسته شدن چوب قرار گرفته تحت فشـــار موازی الیاف معمولاً در اثر خمیده شـــدن، کمانش و جدا شدن الیاف از کنار یکدیگر است، در این فصل این شکل شکست با استفاده از اشکال متعددی نشان داده شده است.

پیش‌آزمون

۱-کدام‌یک از قطعات چوبی زیر در معرض فشار موازی الیاف قرار دارند؟

الف) زبانه اتصال دهنده قید صندلی به پایه ب) پایه میز ناهار خوری

پ) صفحه میز تلویزیون ت) پشت‌بند کابینت آشپزخانه

۲-به‌نظر شما مقاومت فشار موازی الیاف با افزایش طول چوب چه تغییری می‌کند؟ توضیح دهید.

.....

.....

.....

۳- خاصیت الاستیک (فنری) چوب در حالت فشار نسبت به کشش ..... می‌باشد.

۴- مقاومـــت چـــوب در حالت فشـــار موازی الیاف نســـبت به فشـــار عمود بـــر الیاف ..... است

الف) بیشتر است. ب) کمتر است. پ) مساوی می‌باشد.

۵- ســـازه‌های چوبی پیرامون خود را بررســـی و سه مورد از مواردی که چوب در معرض فشار عمود بر الیاف قرار دارد را بنویسید.

.....

.....

.....

.....

شکل ۱-۹ تصاویری از سازه‌های چوبی که اجزایی از آنها در معرض فشار موازی یا عمود بر الیاف هستند می‌باشد؛ در هر شکل این اجزا را همراه با ذکر نوع فشار (عمود یا موازی بر الیاف) مشخص نمایید.

شکل ۱-۹(الف)

شکل ۱-۹(ب)

شکل ۱-۹(پ)

شکل ۱-۹(ت)

شکل ۱-۹(ث)

.....

.....

شکل ۱-۹ (ج)

.....

.....

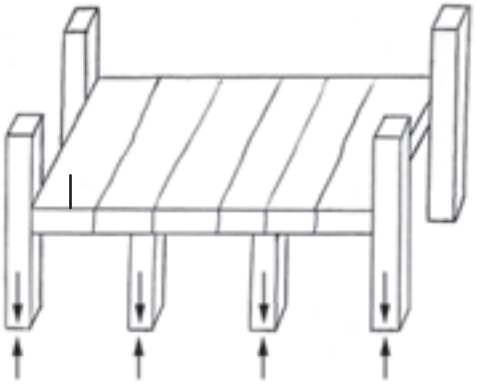
شکل ۱-۹ (چ)

.....

.....

شـــما نیز ســـازه‌های چوبی موجود در محیط خانه یا مدرسه را بررسی و اجزا تحت فشار موازی و یا عمود بر الیاف را مانند نمونه نام برده و ترسیم نمایید.

مثال



قید بلند نیمکت ۳ نفره، این قید در محل‌های مشخص شده تحت فشار عمود بر الیاف بوده و پایه‌های آن تحت فشـــار موازی الیاف قرار دارند.

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

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

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

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

مسئله ۱-۹

جـــدول ۱-۹ حاوی اطلاعات حاصل از آزمایش مقاومت فشـــار مـــوازی الیاف تعدادی از گونه‌های چوبی داخلی (ایرانی) می‌باشـــد، مقاومت (تنش) مربوط به هر گونه را محاسبه و جدول را کامل نمایید.

جدول۱-۹

گونه چوبی	سطح مقطع (mm^2)	حداکثر نیروی وارد شده (N)	مقاومت (تنش) بر حسب Mpa
نمونه شماره ۱ ممرز	۶۱۲	۴۲۴۲۰	
نمونه شماره ۱ راش	۶۲۵	۴۳۳۰۰	
نمونه شماره ۱ نوئل	۶۵۰	۲۶۳۵۰	
نمونه شماره ۱ چنار	۶۴۷	۳۰۸۲۰	
نمونه شماره ۱ صنوبر	۶۷۶	۲۰۴۷۰	
نمونه شماره ۲ ممرز	۶۱۲	۳۹۴۱۰	
نمونه شماره ۲ راش	۶۲۵	۴۳۶۱۰	
نمونه شماره ۲ نوئل	۶۲۵	۳۲۲۵۰	
نمونه شماره ۲ چنار	۶۴۸	۳۰۸۲۰	
نمونه شماره۲ صنوبر	۶۷۶	۲۳۱۹۰	

مثال: مقاومت (تنش) موازی الیاف نمونه شماره ۱ ممرز:

$F = ۴۲۴۲۰N$

$A = ۶۱۲mm^۲$

$P_{\parallel}(\sigma) = ?$

$$P_{\parallel}^{۱}(\sigma) = \frac{F}{A}$$

$$P_{\parallel}(\sigma) = \frac{۴۲۴۲۰N}{۶۱۲mm^۲} = ۶۹/۲۱\times ۱۰^۶\ pa = ۶۹/۳۱Mpa$$

.....

.....

.....

.....

.....

.....

۱-به جهت اشـــتباه نشـــدن مقاومت‌های چوب آنها را با علائمی مشخص می‌کنند، به عنوان مثال اندیس || نشان دهنده وارد شدن بار در جهت موازی الیاف است.

سؤال ۱-۹

در شکل ۲-۹الف تا چ نمونه‌های شکسته شده با ضریب[۱] $\frac{L}{A} = 8$ و شکل ۲-۹ ح تا ژ نمونه‌های شکسته شده با ضریب $\frac{L}{A} = 4$ (اندازه استاندارد)، پس از آزمایش فشار موازی الیاف نشان داده شده‌اند، چگونگی شکسته شدن هر نمونه را در مقابل شکل مربوط به آن به طور خلاصه توضیح دهید.

شکل ۲-۹(الف)

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

شکل ۲-۹(ب)

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

شکل ۲-۹(پ)

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

شکل ۲-۹(ت)

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

شکل ۲-۹(ث)

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

شکل ۲-۹(ج)

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

شکل ۲-۹(چ)

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

۱- این ضریب در کتاب درسی خواص فیزیکی و مکانیکی چوب توضیح داده شده است.

➢شکل ۲-۹(ح)

.....

.....

.....

➢شکل ۲-۹(خ)

.....

.....

.....

➢شکل ۲-۹(د)

.....

.....

.....

➢شکل ۲-۹(ذ)

.....

.....

.....

➢شکل ۲-۹(ر)

.....

.....

.....

➢شکل ۲-۹(ز)

.....

.....

.....

➢شکل ۲-۹(ژ)

.....

.....

.....

تحقیق در منزل

مقاومت فشار موازی الیاف تعدادی از گونه‌های چوبی پهن‌برگ و سوزنی‌برگ را با مقاومت کشش موازی الیاف آنها مانند ۲ نمونه نوشته شده مقایسه و جدول ۲-۹ را کامل کنید. برای انجام این مقایسه می‌توانید از پاسخ مسائل این فصل، فصل قبل، جدول مقاومت‌های چوب در فصل آخر کتاب درسی خود و یا اطلاعات موجود در اینترنت استفاده کنید.

***تذکر:** با توجه به اینکه چوب ساخته دست طبیعت است، عوامل ژنتیکی و اقلیمی و این‌که نمونه مورد آزمایش از کدام بخش تنه و یا ساقه بریده شده باشد موجب اختلاف بین مقاومت‌های چوب های یک گونه می‌گردد، (مثلاً آزمایش خواص مکانیکی چوب دو درخت گردومعمولاً یکسان نمی‌باشد.) بنابراین صحیح‌ترین شکل مقایسه بین دو مقاومت، تهیه نمونه‌های آزمایشی از یک قطعه چوب است. در مواردی مشابه این سؤال که امکان برش و آزمایش نمونه‌های مورد نیاز از یک قطعه تنه ، الوار و .. وجود ندارد، می‌توان به استفاده از سایر اطلاعات اکتفا کرد.

جدول ۲-۹

گونه چوبی	مقاومت کششی (Pa)	مقاومت فشاری (Pa)	نسبت میان مقاومت کششی و فشاری	منبع اخذ شده
سرخ چوب	۶۲/۷	۳۶	۱/۷۴	جدول ۴-۸
نوئل	۸۴/۸	۳۰/۹	۲/۷	جدول ۴-۸

مسئله ۲-۹

بـــا اســـتفاده از اطلاعات جدول ۴-۸ مقاومت فشـــار موازی و عمود بـــر الیاف گونه‌های داگلاس فر، لاریکس، سرخ چوب و نوئل را در قالب جدول ۳-۹ مانند نمونه با یکدیگر مقایسه کنید.

آیا اختلاف میان مقاومت فشـــار موازی الیاف با مقاومت فشار عمود بر الیاف در هر گونه چوبی، با دانسیته آن گونه دارای رابطه است؟ توضیح دهید.

جدول ۳-۹

گونه چوبی	دانسیته	مقاومت فشار موازی الیاف	مقاومت فشار عمودبر الیاف	نسبت میان دو مقاومت
داگلاس فر	۵۲/۰	۴۷/۶	۵/۳	۹

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

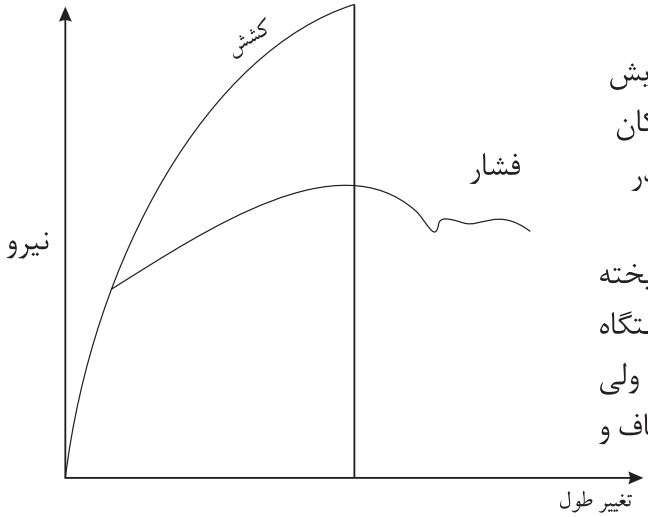
.....

.....

.....

.....

سؤال همراه با جواب



با توجه به منحنی زیر به نظر شما چرا در آزمایش فشارموازی الیاف بعد از نقطه حد تناسب تغییر مکان غیرخطی مشاهده می‌گردد (ادامه مقاومت نمونه در برابر بار وارد شده) اما در حالت کشش نه؟

زیرا در شکست حاصل از کشش ، نمونه گسیخته شده و دیگر هیچ ماده‌ای دربین گیره‌های دستگاه آزمایش وجود ندارد که از خود مقاومت نشان دهد ولی در فشار حتی پس از شکست (خمیده شدن الیاف و گسیختگی آنها از کنار یکدیگر) نمونه شکسته شده از خود مقاومت نشان می‌دهد.

بیشتر بدانیم

چرا قسمت خطی منحنی تنش-تغییر طول نسبی در کشش طولانی‌تر از همین بخش در فشار است (منحنی سؤال قبل)؟

طولانی‌تر بودن ناحیه خطی در کشش نسبت به فشار به این معنی است که خواص الاستیک (فنری) چوب در کشش بیشتر است. به بیان دیگر مقدار بار بیشتری و به تبع آن تغییر طول به نمونه تحت کشش، در محدوده الاستیک، نسبت به نمونه تحت فشار، می‌توان وارد کرد.

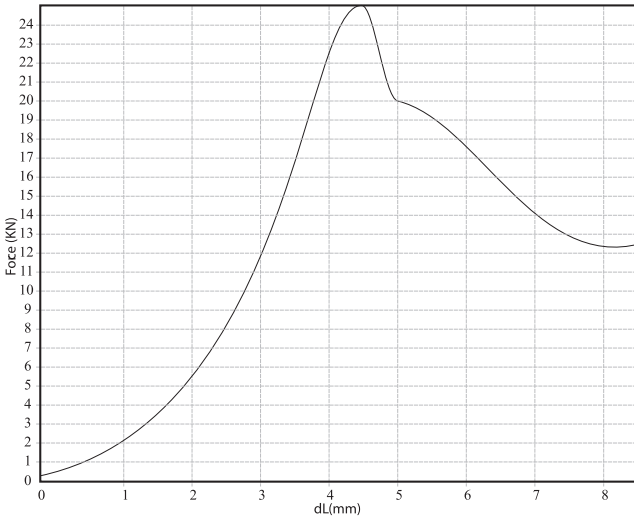
دلایل این امر را می‌توان مقاومت بالای چوب در کشش و بالا بودن نقطه حد تناسب نسبت به تبع آن، دانست.

مسئله ۳-۹

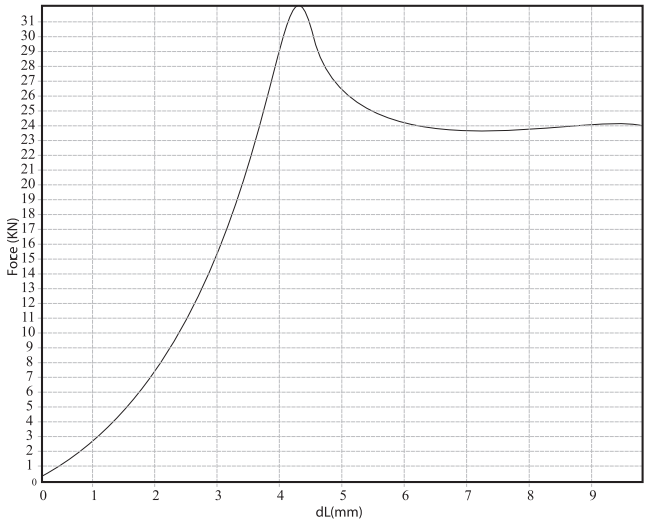
برای تعیین مقاومت چوب در برابر فشـــار موازی الیاف با توجه به استاندارد مورد استفاده می‌توان نمونه‌هایی به ابعاد ۵×۵×۲۰ سانتی‌متر، ۲/۵×۲/۵×۱۰ سانتی‌متر و یا ۲×۲×۵سانتی‌متر را به کار برد.

نمودارهای اشـــکال زیر حاصل آزمایش نمونه‌هایی از گونه‌های چوبی نوئل(نمودارشـــکل ۴-۹) توســـکا (نمودار شـــکل ۵-۹) چنار (نمودار ۶-۹) راش(نمودارهـــای ۷-۹و ۸-۹) افرا (نمودار ۹-۹) و بلوط(نمودار ۱۰-۹) با ابعاد ۲/۵×۲/۵×۱۰ سانتی‌متر (L/A=۴)[۱] می‌باشند.

الف- مقاومت (تنش) فشـــار موازی الیاف هر یک از گونه‌های چوبی را بر اســـاس نمودار مربوطه محاسبه کنید.



نمودار ۴-۹



نمودار ۵-۹

.....

.....

.....

.....

$$F = ۲۵KN = ۲۵۰۰۰N$$

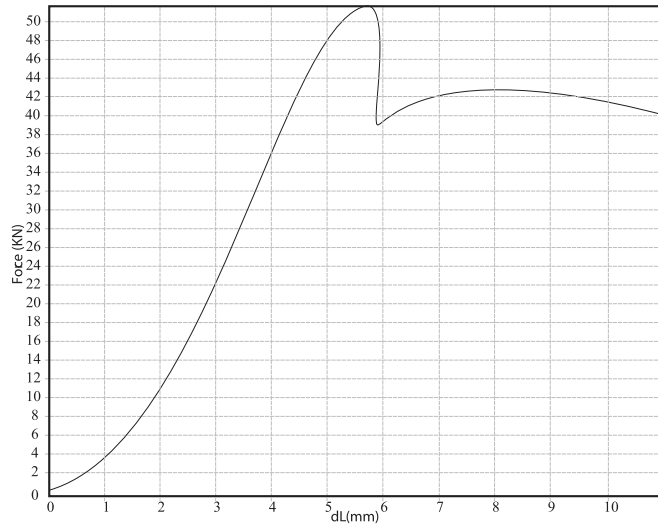
$$A = ۰/۰۲۵m \times ۰/۰۲۵m = ۰/۰۰۰۶۲۵m^۲$$

$$p_{\parallel(\sigma)} = ?$$

$$p_{\parallel(\sigma)} = \frac{۲۵۰۰۰N}{۰/۰۰۰۶۲۵m^۲}$$

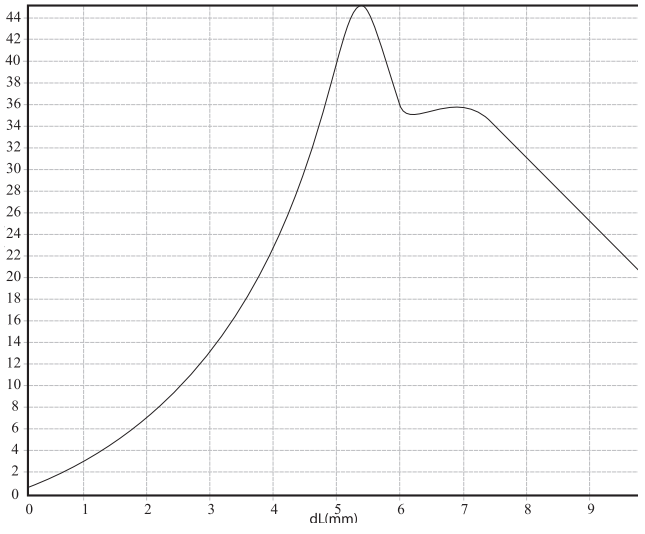
$$p_{\parallel(\sigma)} = ۴۰\times۱۰^۶ pa = ۴۰Mpa$$

۱- نسبت طول نمونه به کوچک‌ترین بعد سطح مقطع (طول:L)

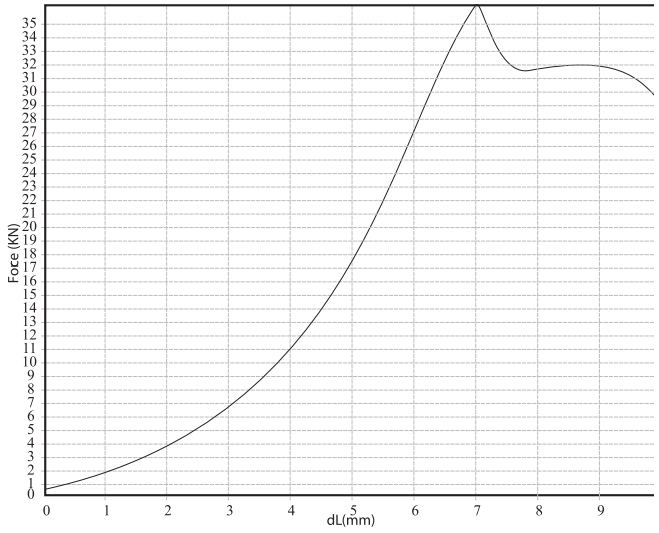


نمودار ۶-۹

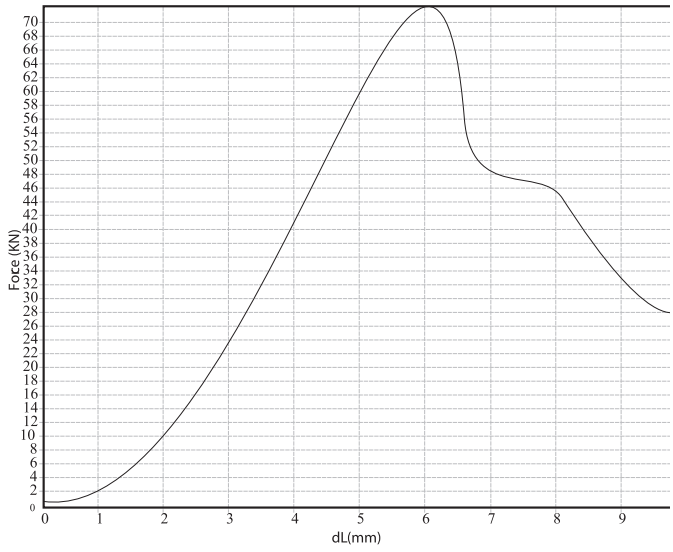
نمودار ۷-۹



نمودار ۸-۹

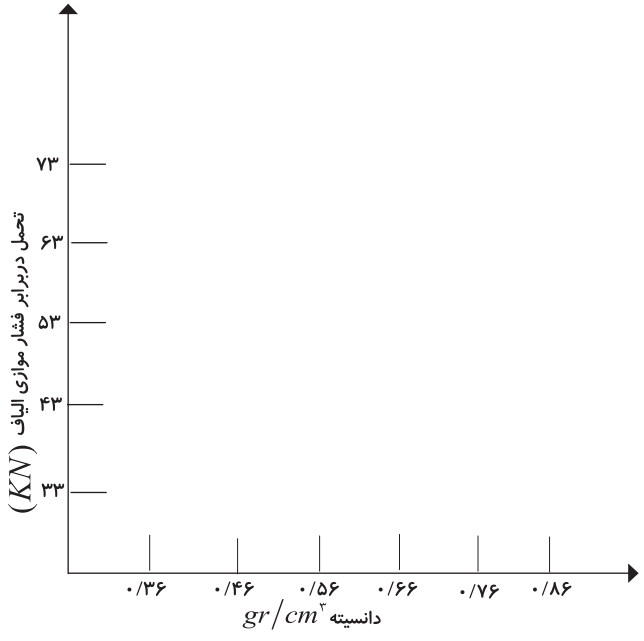


نمودار ۹-۹



نمودار ۱۰-۹

ب) جدول ۴-۹ نشان دهندهٔ بخشی از نتایج یک تحقیق می‌باشد، با توجه به این جدول نمودار داده شده را تکمیل نمایید، به نظر شما رابطه بین فشار موازی الیاف با دانسیته چگونه می‌باشد؟



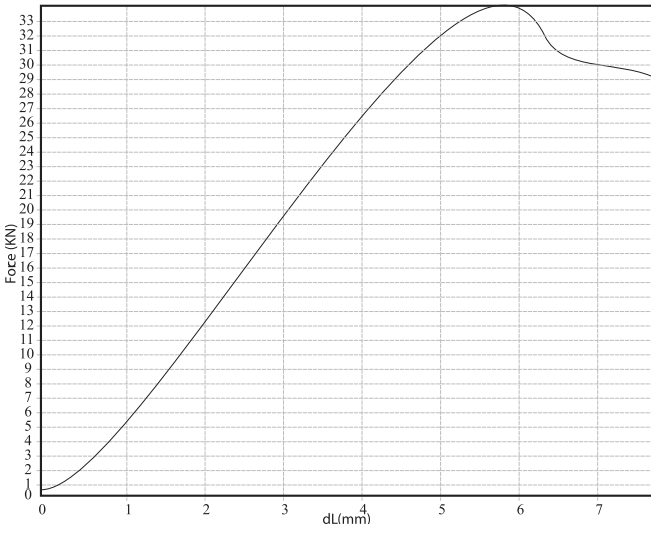
جدول ۴– ۹[۱]

گونه چوبی	دانسیته: (gr/cm^3)	حداکثر بار وارد شده به نمونه (N)
توسکا	۰/۴۶	۴۰۳۲۰
چنار	۰/۵۸	۴۵۴۰۰
نوئل	۰/۳۶	۳۳۴۶۰
راش	۰/۶۳	۵۱۰۷۰
افرا	۰/۵۴	۴۳۷۹۰
بلوط	۰/۸۶	۷۱۶۳۰

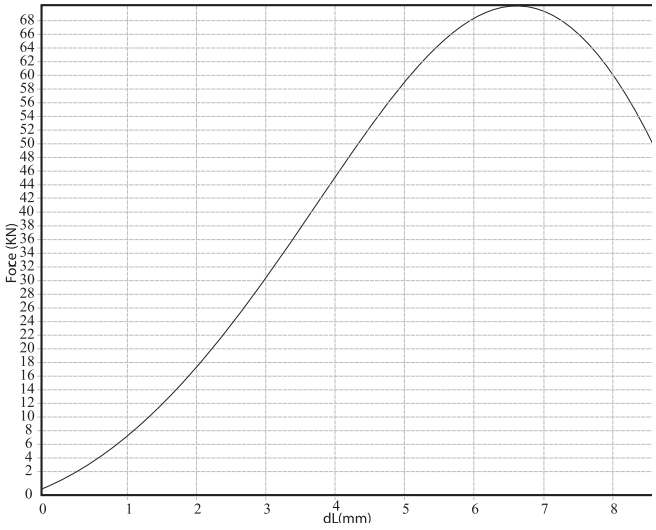
۱ – اعداد نشان داده شده در جداول و نمودارهای بخش مکانیکی این کتاب تا حدودی فرضی و با مقدار واقعی دارای کمی اختلاف می‌باشند.

مسئله ٤-٩

نمودارهای اشـــکال زیر حاصل آزمایش فشـــار مـــوازی الیاف نمونه‌هایـــی از گونه‌های چوبی مختلف می‌باشـــد.افرا (نمـــودار ۱۱-۹)، بلوط(نمودار ۱۲-۹)، توســـکا(نمودار ۱۳-۹)، راش(نمودارهای ۱۴و۱۵-۹)و نوئل (نموار۱۶-۹) با ابعاد ۲/۵×۲/۵×۲۰ سانتی‌متر (L/A=۸) می‌باشـــند. مقاومت (تنش) فشـــار موازی الیاف هر یک از گونه‌های چوبی را بر اساس شکل مربوطه محاســـبه نمایید. با توجه به نتایج مسئله ۳-۹ رابطه بین مقاومت فشار موازی الیاف با نسبت L/A راچگونه ارزیابی می کنید؟



نمودار ۱۱-۹



نمودار ۱۲-۹

.....

.....

.....

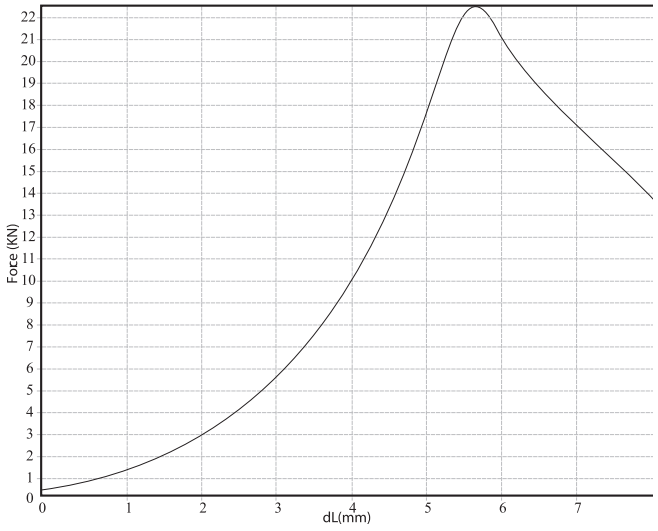
.....

.....

.....

.....

.....



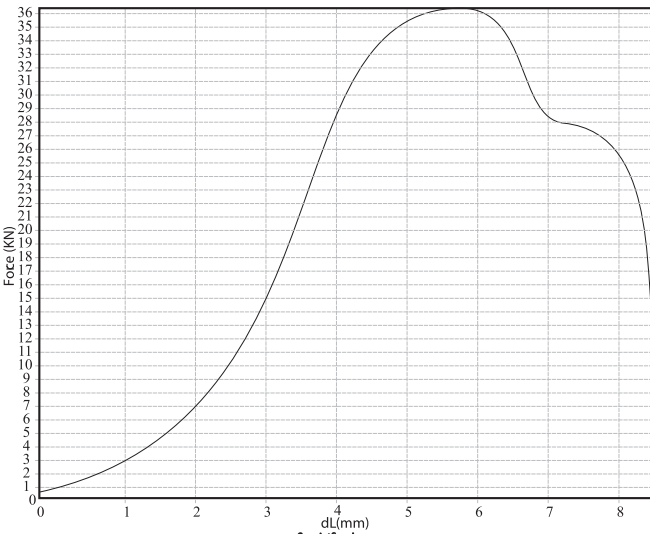
نمودار ۹-۱۳

.....

.....

.....

.....



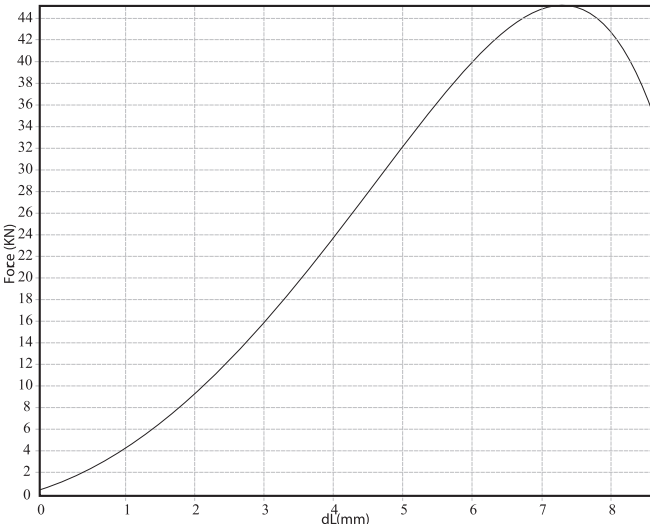
نمودار ۹-۱۴

.....

.....

.....

.....



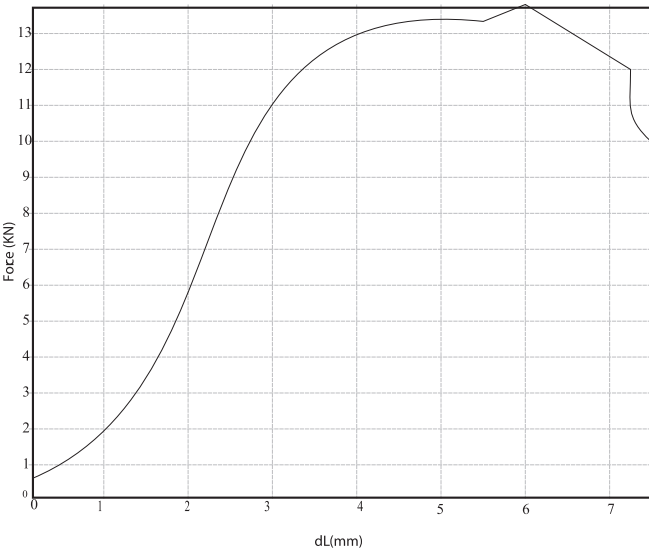
نمودار ۹-۱۵

.....

.....

.....

.....



نمودار ۹-۱۶

.....

.....

.....

.....

سؤال ۲-۹

دو نمونه چوب چنار به ابعاد ۲/۵×۲/۵×۱۰ سانتی‌متر بریده شده از یک قطعه چوب یکی سالم و یکی دارای گره‌ای به قطر ۱۲ میلی‌متر را مورد آزمایش فشار موازی الیاف قرار می‌دهیم. بر اساس نتیجه حاصل حداکثر باری که نمونه سالم قبل از شکست تحمل کرده ۳۶۰۰ نیوتن و در نمونه گره‌دار ۲۷۰۰ نیوتن است. پس از محاسبه مقاومت (تنش) هریک از این نمونه‌ها میزان اختلاف بین این دو نتیجه و دلیل این امر را توضیح دهید.

.....

.....

.....

سؤال همراه با جواب

چرا با افزایش ابعاد نمونه آزمایش از مقدار گفته شده در استاندارد دیگر نمی‌توان نتایج بدست آمده را به عنوان نتایج به دست آمده از نمونه‌های کوچک بی نقصی پذیرفت؟

زیرا یکی از روش‌های آزمایش خواص مکانیکی،آزمایش نمونه‌های کوچک چوبی (آزمایش‌های گفته شده در این کتاب) بدون عیب است. در نمونه‌های بزرگ‌تر چوبی احتمال وجود ناهنجاری بیشتر از نمونه‌های کوچک است، بنابراین نتیجه آزمایش قابل قبول نبوده و استفاده از این نمونه‌ها در این روش مناسب نمی‌باشد.

اثر معایب (گره، کج تاری و ...) بر هر مقاومتی را با ضرب کردن نتایج به دست آمده در ضریب‌های گفته شده در استاندارد و یا آزمایش نمونه‌ها در ابعاد سرویس (به طور مثال آزمایش مقاومت فشار موازی الیاف یک ستون چوبی) با استفاده از دستگاه‌های ویژه، می‌توان محاسبه نمود.

بیشتر بدانیم

جدول ۵-۹، مقایسه مقاومت در برابر فشار موازی الیاف چوب با مواد دیگر

جدول ۹–۵ – مقایسه مقاومت در برابر فشار موازی الیاف چوب با مواد دیگر

ردیف	ماده	مقاومت در برابر فشار (N/mm^2)
۱	چوب دوگلاس	۵۰
۲	چوب صنوبر	۳۹
۳	چوب کاج زرد	۳۶
۴	چوب بلوط	۴۷ تا ۵۱
۵	چوب گردو	۶۳
۶	چوب سرخدار	۴۲
۷	تخته فیبر با دانسیته متوسط	۱۷
۸	تخته خرده چوب	۱۹
۹	نایلن	۹۵
۱۰	پلی استیرن	۹۰
۱۱	گرانیت	۲۴۰
۱۲	مرمر	۱۲۵
۱۳	شیشه	۵۰

نمونه سؤال امتحان نهایی

۱- (مورخ ۱۳۸۶/۰۳/۰۵) یک قطعه چوب به ابعاد ۳×۴×۱۲ سانتی‌متر تحت اثر نیروی ۳۴۰۰۰ نیوتن شکسته شده است. مقاومت این چوب در برابر فشار موازی الیاف را به دست آورید.

$F = ۳۴۰۰۰N$

$A = ۰/۰۳ \times ۰/۰۴ = ۰/۰۰۱۲m^۲$

$P_{c\parallel}(\sigma) = ?$

$$P_{c\parallel}(\sigma) = \frac{F}{A}$$

$$P_{c\parallel}(\sigma) = \frac{۳۴۰۰۰N}{۰/۰۰۱۲m^۲} \quad P_{c\parallel}(\sigma) = ۲۸/۳۳ \times ۱۰^۶ pa$$

۲- (مورخ ۱۳۸۶/۰۳/۰۵)قطعه چوبی با رطوبت۱۶ درصد و وزن مخصوص $0/75\ gr/cm^3$ موجود می‌باشـــد. اگر در این حالت I=۸۵۰ باشـــد، حداکثر مقاومت این چوب در برابر فشار موازی الیاف را محاسبه کنید.

.....

.....

.....

.....

۳- (مورخ ۱۳۸۵/۰۳/۰۸) درصورتی که مقاومت به فشـــار موازی الیاف نمونه چوبی از جنس راش با ســـطح مقطع ۵×۵ سانتی‌متر و طول ۲۰ سانتی‌متر $37\ N/mm^2$ باشد حداکثر چند نیوتن نیرو را می‌تواند تحمل کند؟

$$A = 0/05 \times 0/05 = 0/0025 m^2$$
$$P_{c\parallel}(\sigma) = 37 N/mm^2 = 37 \times 10^6 N/m^2$$
$$F = ?$$

$$P_{c\parallel}(\sigma) = \frac{F}{A}$$
$$37 \times 10^6 = \frac{F}{0/0025 m^2} \quad F = 92/5 \times 10^3 N$$

۴- (مورخ ۱۳۸۹/۰۳/۰۶) یک قطعه چوب راش با ســـطح مقطع ۵×۵ سانتی‌متر پس از اعمال نیروی موازی الیاف به میزان ۶۵۰۰ نیوتن گسیخته می‌شود، حداکثر مقاومت این نمونه در جهت مذکور چه‌قدر است؟

$$A = 0/05cm \times 0/05cm = 0/0025 m^2$$
$$P_{c\parallel}(\sigma) = ?$$
$$F = 6500N$$

$$P_{c\parallel}(\sigma) = \frac{F}{A}$$
$$P_{c\parallel}(\sigma) = \frac{6500N}{0/0025 m^2}$$
$$P_{c\parallel}(\sigma) = 2/6 \times 10^6 pa = 2/6 Mpa$$

۵- (مورخ ۱۳۸۹/۰۳/۰۶) نمونه چوبی از گونه راش با ابعاد سطح مقطع ۵۰×۵۰ میلی‌متر تحت تأثیر نیروی فشـــار عمود بر الیاف قرار گرفته اســـت، در صورتی که حداکثر نیروی وارده ۵۰۰۰۰ نیوتن باشد، مقاومت در برابر فشار عمود بر الیاف این قطعه چوب را حساب کنید.

$$A = 50mm \times 50mm = 2500 m^2$$
$$F = 50000N$$
$$P_{c\perp}(\sigma) = ?$$

$$P_{c\perp}(\sigma) = \frac{F}{A}$$
$$P_{c\perp}(\sigma) = \frac{50000N}{2500 mm^2}$$

$$P_{c\perp}(\sigma) = 20 Mpa$$

۶- نمونه‌ای از چوب راش با سطح مقطع ۵×۵ و طول ۱۵ سانتی‌متر تحت تأثیر نیروی فشار عمود بر الیاف قرار گرفته است، چنان‌چه حداکثر مقاومت در برابر فشار عمود بر الیاف این چوب $14\ N/mm^2$ باشد نیروی حداکثر را بر حسب نیوتن حساب کنید.

$A = 0/05m \times 0/005m = 0/0025m^2$

$F = ?$

$P_{c\perp}(\sigma) = 14\ N/mm^2 = 14 \times 10^6\ N/m^2$

$P_{c\perp}(\sigma) = \frac{F}{A}$

$14 \times 10^6 = \frac{F}{0/0025m^2}$

$F = 35 \times 10^3\ N = 35\ KN$