

# 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، تراورس‌های 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 فشار 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 فشار موازی الیاف معمولاً در اثر خمیده شدن، 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- کدام یک 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- به نظر شما مقاومت فشار موازی الیاف با افزایش طول چوب چه تغییری می‌کند؟ توضیح دهید.

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

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

۴- مقاومت چوب در حالت فشار موازی الیاف نسبت به فشار عمود بر الیاف ..... است

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

۵- سازه‌های چوبی پیرامون خود را بررسی 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.



شكل ٩-١ (ب)

.....  
.....



شكل ٩-١ (الف)

.....  
.....



شكل ٩-١ (ت)

.....  
.....



شكل ٩-١ (پ)





شکل ۹-۱ (ج)



شکل ۹-۱ (ث)

.....  
.....



شکل ۹-۱ (چ)

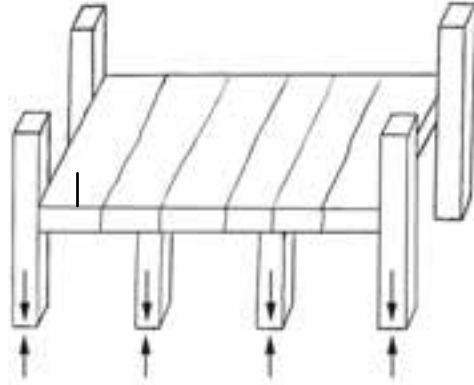
.....  
.....

شما نیز سازه‌های 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 محل های مشخص شده تحت فشار عمود بر الیاف بوده و پایه های آن تحت فشار موازی الیاف قرار دارند.



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

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

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

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

## مسئله ۹-۱



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

جدول ۹-۱			
مقاومت (تنش) بر حسب Mpa	حداکثر نیروی وارد شده (N)	سطح مقطع (mm <sup>۲</sup> )	گونه چوبی
	۴۲۴۲۰	۶۱۲	نمونه شماره ۱ ممرز
	۴۳۳۰۰	۶۲۵	نمونه شماره ۱ راش
	۲۶۳۵۰	۶۵۰	نمونه شماره ۱ نوئل
	۳۰۸۲۰	۶۴۷	نمونه شماره ۱ چنار
	۲۰۴۷۰	۶۷۶	نمونه شماره ۱ صنوبر
	۳۹۴۱۰	۶۱۲	نمونه شماره ۲ ممرز
	۴۳۶۱۰	۶۲۵	نمونه شماره ۲ راش
	۳۲۲۵۰	۶۲۵	نمونه شماره ۲ نوئل
	۳۰۸۲۰	۶۴۸	نمونه شماره ۲ چنار
	۲۳۱۹۰	۶۷۶	نمونه شماره ۲ صنوبر

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

$$F = 42420 \text{ N}$$

$$A = 612 \text{ mm}^2$$

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

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

$$P_{\parallel}(\sigma) = \frac{42420 \text{ N}}{612 \text{ mm}^2} = 69 / 21 \times 10^6 \text{ pa} = 69 / 31 \text{ Mpa}$$

.....

.....

.....

.....

.....

.....

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

شکل ۹-۲ (الف)

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



شکل ۹-۲ (ب)

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



شکل ۹-۲ (پ)

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



شکل ۹-۲ (ت)

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



شکل ۹-۲ (ث)

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



شکل ۹-۲ (ج)

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



شکل ۹-۲ (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 (ز)

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







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 این که نمونه مورد آزمایش از کدام بخش تنه و یا ساقه بریده شده باشد موجب اختلاف بین مقاومت‌های چوب‌های 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				
منبع اخذ شده	نسبت میان مقاومت کششی و فشاری	مقاومت فشاری (Pa)	مقاومت کششی (Pa)	گونه چوبی
جدول ۴-۸	۱/۷۴	۳۶	۶۲/۷	سرخ چوب
جدول ۴-۸	۲/۷	۳۰/۹	۸۴/۸	نوئل



## مسئله ۹-۲

با استفاده از اطلاعات جدول ۴-۸ مقاومت فشار موازی و عمود بر 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 فشار موازی الیاف با مقاومت فشار عمود بر الیاف در هر گونه چوبی، با دانسیته آن گونه دارای رابطه است؟ توضیح دهید.

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

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

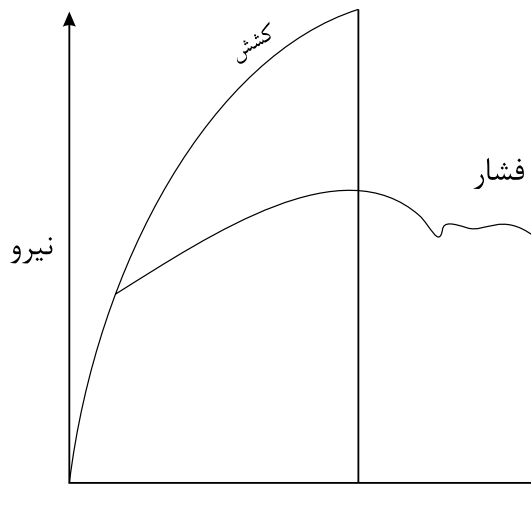
.....

.....

.....



## 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 در بین 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

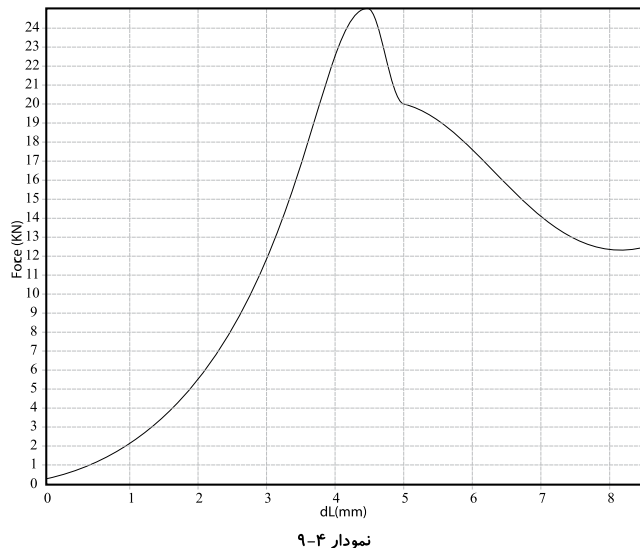
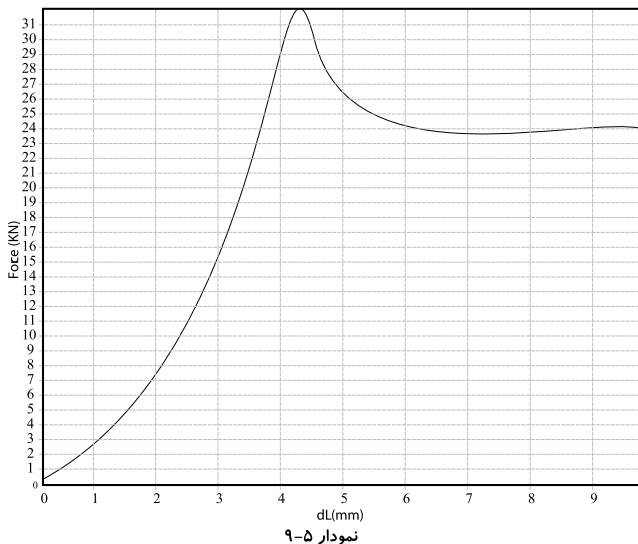
چرا قسمت خطی منحنی تنش-تغییر طول نسبی در کشش طولانی‌تر از همین بخش در فشار است (منحنی سؤال قبل)؟  
 طولانی‌تر بودن ناحیه خطی در کشش نسبت به فشار به این معنی است که خواص الاستیک (فتری) چوب در کشش بیشتر است. به بیان دیگر مقدار بار بیشتری و به تبع آن تغییر طول به نمونه تحت کشش، در محدوده الاستیک، نسبت به 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 ۹-۳



برای تعیین مقاومت چوب در برابر فشار موازی الیاف با توجه به استاندارد مورد استفاده می‌توان نمونه‌هایی به ابعاد  $20 \times 5 \times 5$  سانتی‌متر،  $10 \times 2/5 \times 2/5$  سانتی‌متر و یا  $5 \times 2 \times 2$  سانتی‌متر را به کار برد.

نمودارهای اشکال زیر حاصل آزمایش نمونه‌هایی از گونه‌های چوبی نوئل (نمودار شکل ۹-۴) توسکا (نمودار شکل ۹-۵) چنار (نمودار ۹-۶) راش (نمودارهای ۹-۷ و ۹-۸) افرا (نمودار ۹-۹) و بلوط (نمودار ۹-۱۰) با ابعاد  $10 \times 2/5 \times 2/5$  سانتی‌متر ( $L/A=4$ ) می‌باشند. الف- مقاومت (تنش) فشار موازی الیاف هر یک از گونه‌های چوبی را بر اساس نمودار مربوطه محاسبه کنید.



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

$$F = 25 \text{ kN} = 25000 \text{ N}$$

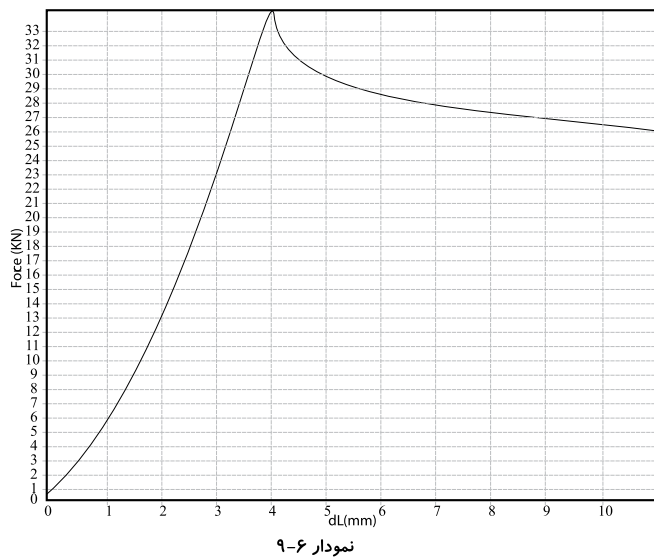
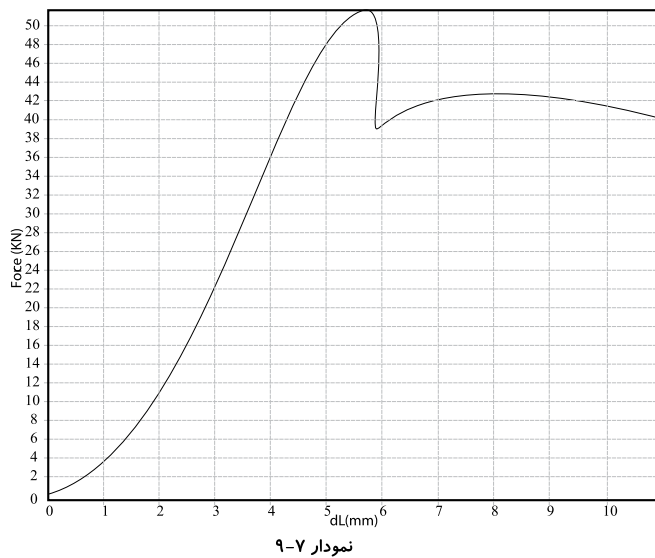
$$A = 0.025 \text{ m} \times 0.025 \text{ m} = 0.000625 \text{ m}^2$$

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

$$p_{||(\sigma)} = \frac{25000 \text{ N}}{0.000625 \text{ m}^2}$$

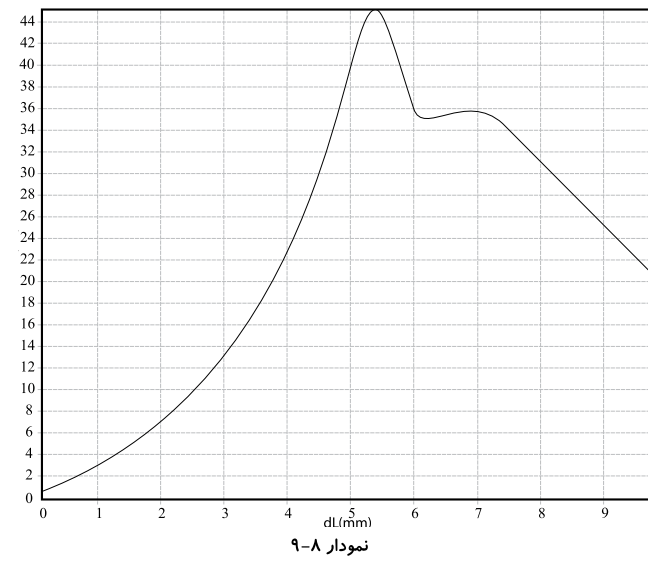
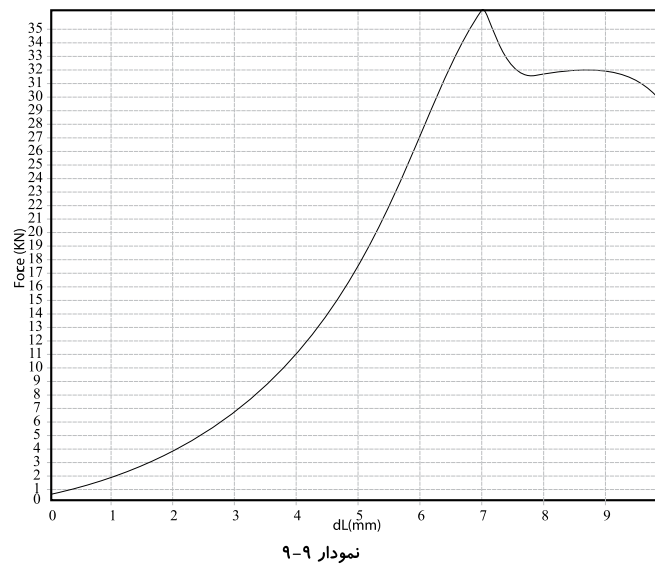
$$p_{||(\sigma)} = 40 \times 10^6 \text{ pa} = 40 \text{ Mpa}$$

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



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

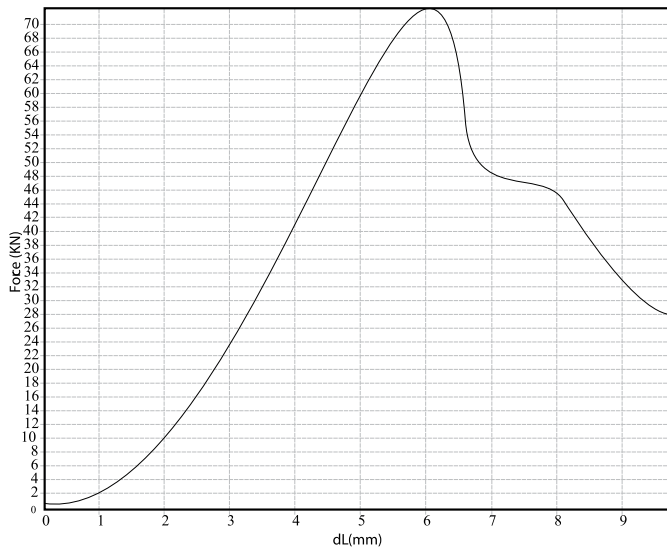
.....  
 .....  
 .....



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

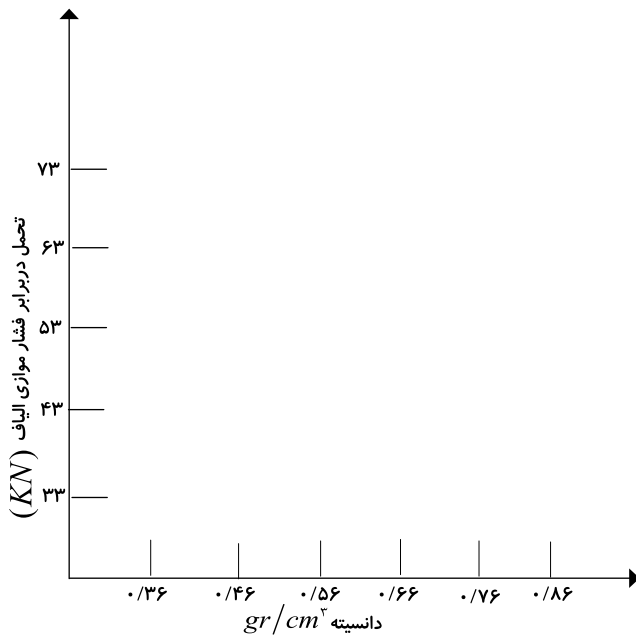
.....  
 .....  
 .....





نمودار ۹-۱۰

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



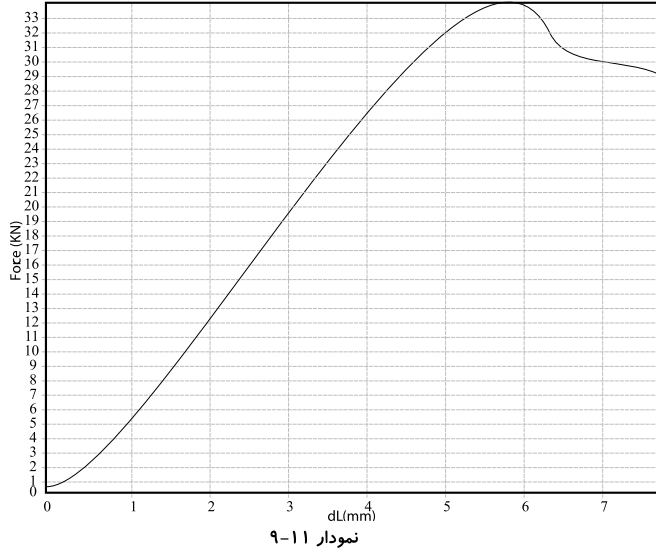
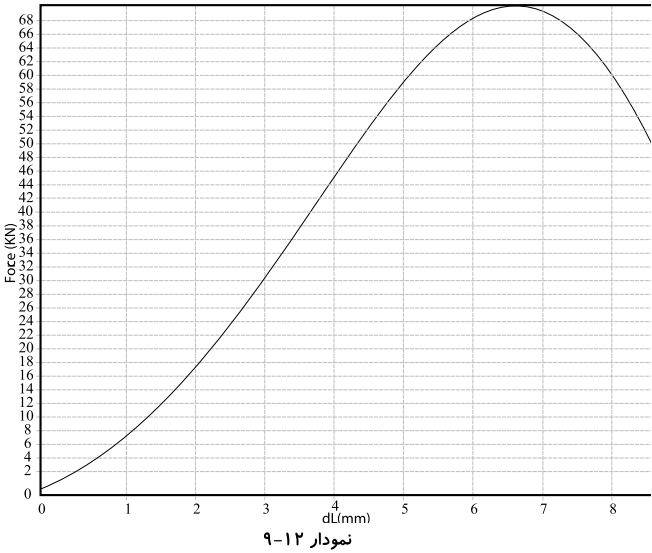
جدول ۴-۱۹		
حداکثر بار وارد شده به نمونه (N)	دانسیته: (gr/cm <sup>۳</sup> )	گونه چوبی
۴۰۳۲۰	۰/۴۶	توسکا
۴۵۴۰۰	۰/۵۸	چنار
۳۳۴۶۰	۰/۳۶	نوئل
۵۱۰۷۰	۰/۶۳	راش
۴۳۷۹۰	۰/۵۴	افرا
۷۱۶۳۰	۰/۸۶	بلوط

۱- اعداد نشان داده شده در جدول و نمودارهای بخش مکانیکی این کتاب تاحدودی فرضی و بامقدار واقعی دارای کمی اختلاف می باشند.



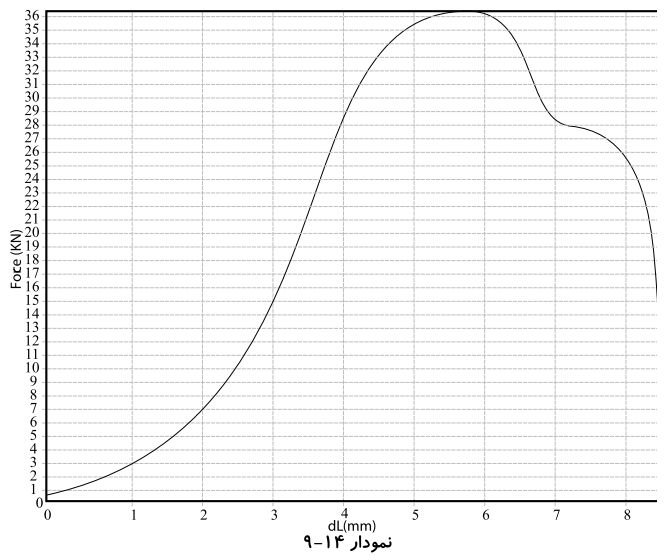
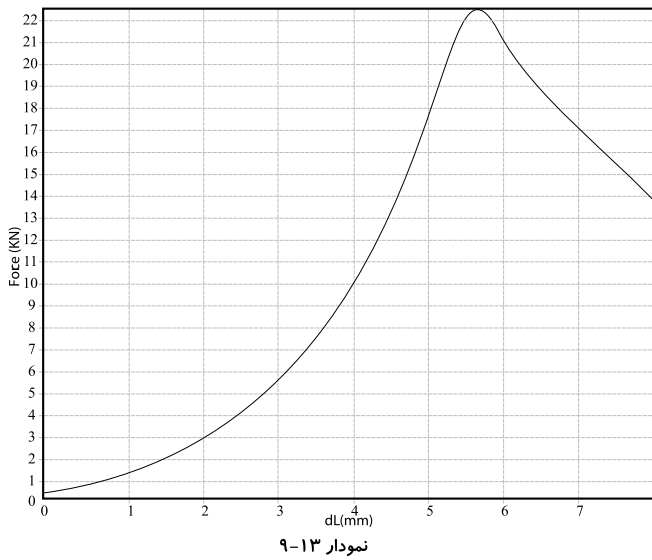
## مسئله ۹-۴

نمودارهای اشکال زیر حاصل آزمایش فشار موازی الیاف نمونه‌هایی از گونه‌های چوبی مختلف می‌باشد. افرا (نمودار ۹-۱۱)، بلوط (نمودار ۹-۱۲)، توسکا (نمودار ۹-۱۳)، راش (نمودارهای ۹-۱۴ و ۹-۱۵) و نوئل (نمودار ۹-۱۶) با ابعاد  $20 \times 2/5 \times 2/5$  سانتی‌متر ( $L/A=8$ ) می‌باشند. مقاومت (تنش) فشار موازی الیاف هر یک از گونه‌های چوبی را بر اساس شکل مربوطه محاسبه نمایید. با توجه به نتایج مسئله ۹-۳ رابطه بین مقاومت فشار موازی الیاف با نسبت  $L/A$  را چگونه ارزیابی می‌کنید؟



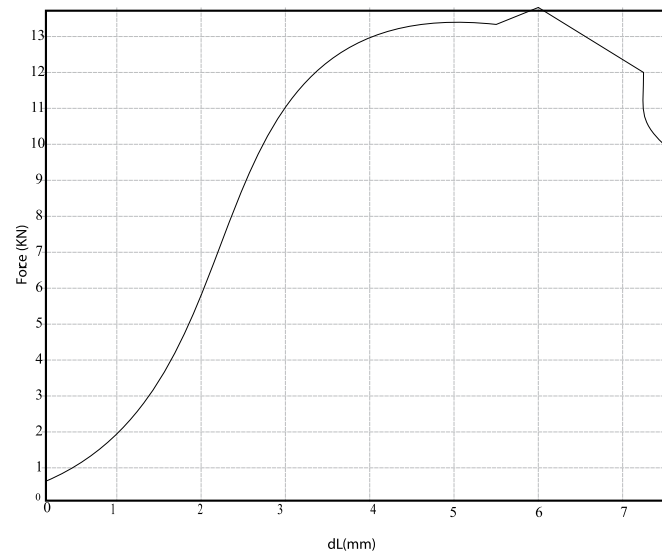
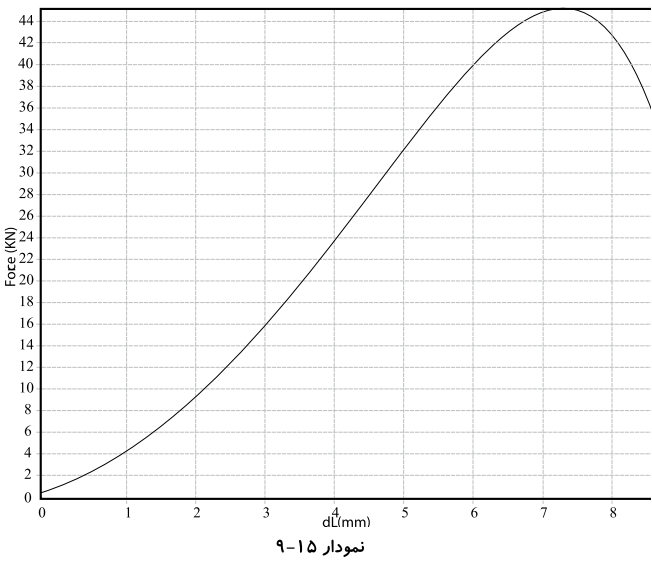
.....  
 .....  
 .....

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



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

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



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

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



## سؤال ۲-۹

دو نمونه چوب چنار به ابعاد  $۱۰ \times ۲/۵ \times ۲/۵$  سانتی متر 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) هر یک 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 بی‌نقصی 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 تار 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

ردیف	ماده	مقاومت در برابر فشار (N/mm <sup>2</sup> )
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  $۱۲ \times ۴ \times ۳$  سانتی متر تحت اثر نیروی  $۳۴۰۰۰$  نیوتن شکسته شده است. مقاومت این چوب در برابر فشار موازی الیاف را به دست آورید.

$$F = 34000 \text{ N}$$

$$A = 0.03 \times 0.04 = 0.0012 \text{ m}^2$$

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

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

$$P_{\parallel}(\sigma) = \frac{34000 \text{ N}}{0.0012 \text{ m}^2} \quad P_{\parallel}(\sigma) = 28.33 \times 10^6 \text{ pa}$$



۲- (مورخ ۰۵/۰۳/۱۳۸۶) قطعه چوبی با رطوبت ۱۶ درصد و وزن مخصوص  $0.75 \text{ gr/cm}^3$  موجود می‌باشد. اگر در این حالت  $I=850$  باشد، حداکثر مقاومت این چوب در برابر فشار موازی الیاف را محاسبه کنید.

۳- (مورخ ۰۸/۰۳/۱۳۸۵) در صورتی که مقاومت به فشار موازی الیاف نمونه چوبی از جنس راش با سطح مقطع  $5 \times 5$  سانتی‌متر و طول  $20$  سانتی‌متر  $37 \text{ N/mm}^2$  باشد حداکثر چند نیوتن نیرو را می‌تواند تحمل کند؟

$$A = 0.05 \times 0.05 = 0.0025 \text{ m}^2$$

$$P_{\text{c}}(\sigma) = 37 \text{ N/mm}^2 = 37 \times 10^6 \text{ N/m}^2$$

$$F = ?$$

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

$$37 \times 10^6 = \frac{F}{0.0025 \text{ m}^2} \quad F = 92.5 \times 10^3 \text{ N}$$

۴- (مورخ ۰۶/۰۳/۱۳۸۹) یک قطعه چوب راش با سطح مقطع  $5 \times 5$  سانتی‌متر پس از اعمال نیروی موازی الیاف به میزان  $6500$  نیوتن گسیخته می‌شود، حداکثر مقاومت این نمونه در جهت مذکور چه قدر است؟

$$A = 0.05 \text{ cm} \times 0.05 \text{ cm} = 0.0025 \text{ m}^2$$

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

$$F = 6500 \text{ N}$$

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

$$P_{\text{c}}(\sigma) = \frac{6500 \text{ N}}{0.0025 \text{ m}^2}$$

$$P_{\text{c}}(\sigma) = 2.6 \times 10^6 \text{ pa} = 2.6 \text{ Mpa}$$

۵- (مورخ ۰۶/۰۳/۱۳۸۹) نمونه چوبی از گونه راش با ابعاد سطح مقطع  $50 \times 50$  میلی‌متر تحت تأثیر نیروی فشار عمود بر الیاف قرار گرفته است، در صورتی که حداکثر نیروی وارده  $50000$  نیوتن باشد، مقاومت در برابر فشار عمود بر الیاف این قطعه چوب را حساب کنید.

$$A = 50 \text{ mm} \times 50 \text{ mm} = 2500 \text{ mm}^2$$

$$F = 50000 \text{ N}$$

$$P_{\text{c}\perp}(\sigma) = ?$$

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

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

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

۶- نمونه‌ای از چوب راش با سطح مقطع  $5 \times 5$  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  $14 \text{ N/mm}^2$  باشد نیروی حداکثر را بر حسب نیوتن حساب کنید.

$$A = 0.05 \text{ m} \times 0.05 \text{ m} = 0.0025 \text{ m}^2$$

$$P_{c\perp}(\sigma) = \frac{F}{A} \quad F = 35 \times 10^3 \text{ N} = 35 \text{ KN}$$

$$F = ?$$

$$P_{c\perp}(\sigma) = 14 \text{ N/mm}^2 = 14 \times 10^6 \text{ N/m}^2 \quad 14 \times 10^6 = \frac{F}{0.0025 \text{ m}^2}$$