

سختی چوب

هدف‌های رفتاری: پس از پایان این فصل از فراگیر انتظار می‌رود:

- ۱- سختی چوب را شرح دهد.
- ۲- روش اندازه‌گیری سختی چوب را شرح دهد.
- ۳- عوامل مؤثر بر سختی چوب را شرح دهد.
- ۴- مقاومت چوب را در برابر ساییده شدن شرح دهد.

زمان تدریس: ۴ ساعت

۱۱- سختی چوب

«سختی چوب» به صورت مقاومت آن در برابر نفوذ یک جسم جامد تعریف می‌گردد. جسم جامد باید به وسیله نیرویی سعی در نفوذ داشته باشد. سنجش سختی فلزات از طریق اثر یک ساچمه فولادی بر سطح صاف، تقریباً در وسط جسم، تعیین می‌گردد. این روش موسوم به روش «برینل» است، اما برای چوب که یک ماده «ناهمگن» و آب‌دوست است تعیین مقدار سختی تا حدی مشکل است.

در حقیقت، سختی یک ویژگی بنیادی است که به نوع ابزار کار مورد استفاده بستگی دارد؛ بنابراین، پیشنهاد شده است ارقام واقعی مورد نظر قرار نگرفته، بلکه مقدار سختی نسبی معقول‌تر است.

۱۱-۱- روش اندازه‌گیری سختی چوب

روش‌های مختلفی برای اندازه‌گیری سختی مواد وجود دارند که عبارتند از برینل، راکول، ویکرز.

در یکی از این روش‌ها سعی در استفاده از سوزن فولادی و نفوذ آن تا عمق ۲ میلی‌متری شده است. نیروی لازم برای نفوذ سوزن در چوب را «سختی» نامیده‌اند در این روش اشتباه زیادی وجود دارد و به همین دلیل این روش هرگز مورد قبول قرار نگرفت.

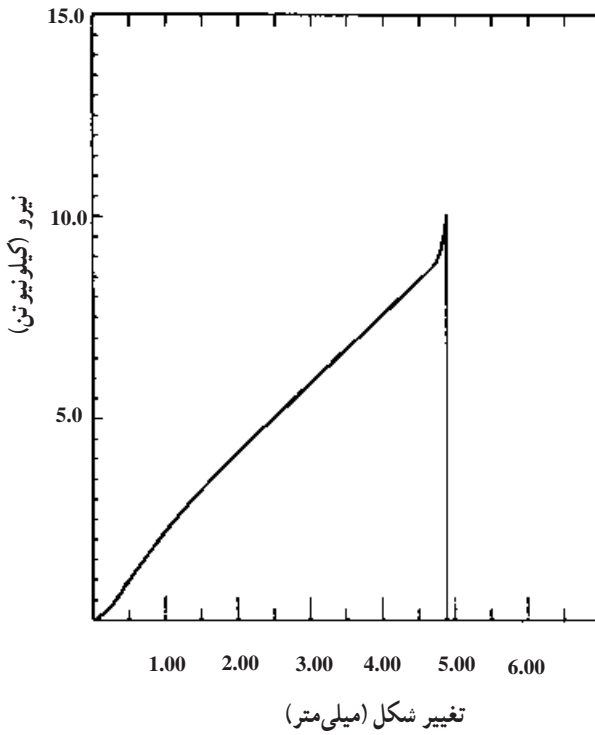
روش متداول درحقیقت روش تغییر یافته «برینل» برای چوب است. در این روش نیروی لازم برای نفوذ کامل یک ساچمه فولادی به قطر $11/28$ میلی‌متر (سطح یک سانتی‌متر مربع) به داخل چوب اندازه‌گیری می‌شود. از چوبی به ابعاد $5 \times 5 \times 15$ سانتی‌متر استفاده شده و نیمکره مطابق شکل ۱۱-۱ در سطح شعاعی آن نفوذ می‌کند. نحوه قرار گرفتن نمونه در دستگاه آزمایش در شکل ۱۱-۲ نشان داده شده است. در اثر نفوذ نیمکره در چوب منحنی تغییرات نیروی لازم برای نفوذ ترسیم شده (شکل ۱۱-۳) و نیروی حداکثر تعیین می‌گردد.



شکل ۱۱-۱- شمای وسیله سنجش سختی چوب



شکل ۲-۱۱- نحوه آزمایش سختی در دستگاه



شکل ۳-۱۱- منحنی تغییرات نیرو در آزمایش سختی

اختلاف چندانی بین سختی سطوح جانبی (شعاعی و مماسی) وجود ندارد، اما سختی جانبی و انتهای (مقاطع عرضی) متفاوت است.

سختی چوب‌های مختلف اندازه‌گیری شده و رابطه بین زیر سختی H و مقاومت در برابر فشار وجود دارد:

$$H_j = 2F - 500$$

F : مقاومت در برابر فشار بر حسب نیوتن بر میلی‌متر یا متر مربع. که البته این فرمول جنبه تجربی دارد و تقریبی است.

۲-۱۱- عوامل مؤثر بر سختی چوب

عوامل متعددی بر میزان سختی چوب تأثیر می‌گذارند که مهم‌ترین آن جرم مخصوص است. (الف) جرم مخصوص: سختی چوب متناسب با جرم مخصوص آن است و این نسبت طبق رابطه زیر است:

$$H_j = A \cdot D^{\frac{9}{4}}$$

H = سختی بر حسب نیوتن بر سانتیمتر مربع

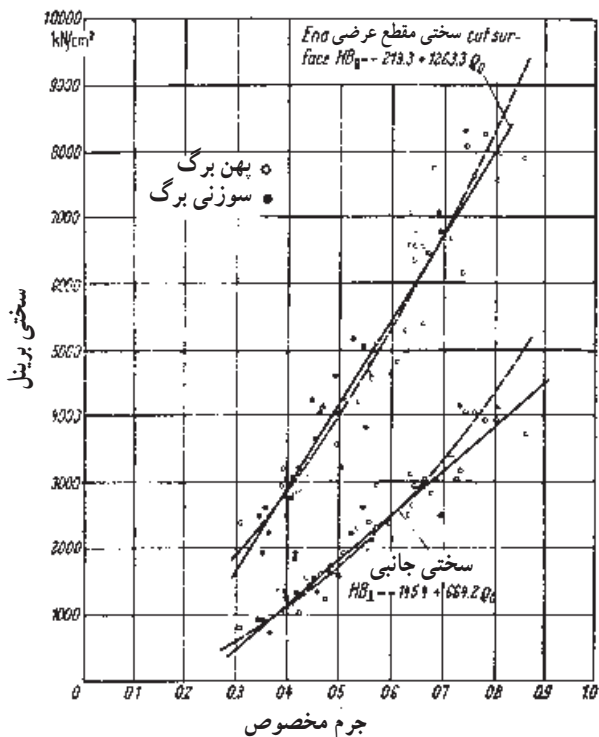
D = وزن مخصوص

A = ضریب ثابت

برای چوب خشک شده در هوای آزاد: سختی مقطع عرضی $A = 336^\circ$ و سختی جانبی $A = 26000^\circ$ ؛ برای چوب «تر»: سختی مقطع عرضی $A = 26^\circ$ و سختی جانبی $A = 232^\circ$ می‌باشد.

رابطه بین سختی و جرم مخصوص در شکل ۴-۱۱ نشان داده شده است. در این شکل منحنی‌های «الف» مربوط به سختی مقطع عرضی و منحنی‌های «ب» مربوط به سختی جانبی است. نقاط توخالی مربوط به چوب پهن برگان و نقاط پر مربوط به چوب سوزنی برگان است.

هم‌چنین میزان سختی چوب‌ها با جرم مخصوص متفاوت اندازه‌گیری شده و طبقه‌بندی چوب‌ها بر اساس «سختی» در جدول (۱-۱۱) خلاصه شده است.



شکل ۱۱-۴ اثر جرم مخصوص
چوب بر سختی برینل

جدول ۱۱-۱ رابطه وزن مخصوص و سختی چوب

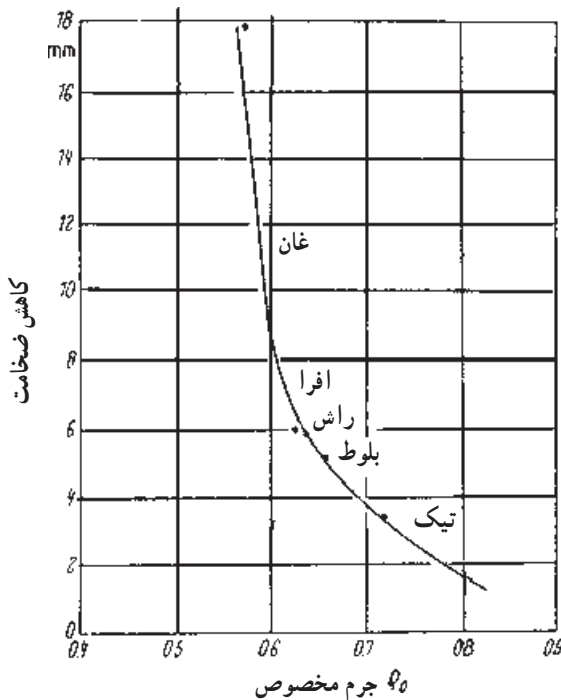
نام چوب	طبقه بندی سختی	مقدار HJ نیوتن بر سانتی متر مربع	جرم مخصوص (gr/cm^3)
بید صنوبر کاج سفید	خیلی نرم	کمتر از ۳۵۰۰	۰/۲ - ۰/۵۵
نول، کاج توسکا، غان	نرم	۳۵۰۰ - ۵۰۰۰	۰/۳۵ - ۰/۶۵
گردو گلایی بلوط، راش	کمی سخت	۵۰۰۰ - ۶۵۰۰	۰/۵ - ۰/۷۰
زبان گنجشک	نسبتاً سخت	۵۰۰۰ - ۶۵۰۰	۰/۶۰ - ۰/۸۰
ممرز	سخت	۶۵۰۰ - ۱۰۰۰۰	۰/۷۰ - ۰/۸۵
آل	خیلی سخت	۶۵۰۰ - ۱۰۰۰۰	۰/۸ - ۰/۹۲
شمشاد	به سختی استخوان	۱۰۰۰۰ - ۱۵۰۰۰	۰/۹ - ۱/۰۵
آبنوس	به سختی سنگ	بزرگتر از ۱۵۰۰۰	۱ - ۱/۴

۳-۱۱- مقاومت در برابر ساییده شدن چوب

مقاومت در برابر ساییده شدن یکی از خواص مکانیکی خیلی مهم برای کاربردهای متفاوتی نظیر استفاده از چوب در کف پوش، قطعات چوبی ماشین ها و غیره است. ساییده شدن به وسیله عوامل مختلفی نظیر راه رفتن، حمل کردن، اصطکاک، اثر شن و ماسه، مواد شیمیایی، رطوبت و تغییر درجه حرارت به وجود می آید.

مواد حفاظتی، شامل: روغن ها، لاک ها، و سیلرها می توانند موجب کاهش ساییدگی شوند. پدیده ساییده شدن خیلی پیچیده بوده، اندازه گیری آن آسان نیست؛ بنابراین، فقط می توان نیروهایی که در حین مصرف بر چوب وارد می شود را شبیه سازی کرد. پس نتیجه آزمایش مقاومت در برابر ساییده شدن مقایسه ای است. در این آزمایش می توان میزان کم شدن وزن یا ضخامت را اندازه گیری کرد. در این آزمایش از وسیله ساینده نظیر کاغذ سنباده و غیره استفاده می شود.

جرم مخصوص بر میزان ساییده شدن تأثیر دارد و هرچه جرم مخصوص بیشتر باشد میزان کاهش ضخامت چوب در آزمایش سائیدگی کمتر است. رابطه بین جرم مخصوص و میزان ساییده شدن در شکل ۵-۱۱ ترسیم شده است.



شکل ۵-۱۱- رابطه بین جرم مخصوص و میزان کم شدن ضخامت چوب

تمرین

- ۱- سختی چوب را تعریف کنید.
- ۲- روش متداول اندازه‌گیری سختی چوب را بیان کنید.
- ۳- مقاومت در برابر فشار عمود برالیاف یک قطعه چوب شمشاد 7500 نیوتن بر سانتی‌متر مربع است با استفاده از رابطه $H = 2F - 500$ ، سختی این چوب را محاسبه کنید.
- ۴- رابطه بین جرم مخصوص و سختی چوب را بیان کنید.
- ۵- با استفاده از اطلاعات جدول ۱-۱۱، این چوب‌ها را از نظر سختی طبقه‌بندی کنید :
 - صنوبر
 - توسکا
 - کاج
 - بلوط
 - ممرز
- ۶- تعدادی قطعه چوب از گونه‌های مختلف سبک و سنگین خشک تهیه نموده و با میخ چگونگی سختی آن‌ها را مشخص نمایید.
- ۷- بر روی نمونه چوب‌های ردیف ۶ با تخته ساده سنباده در زمان و تعداد رفت و برگشت و فشار برابر مقاوم به سایش را اندازه بگیرید.
- ۸- در صورتی که در محیط زندگی شما مکان‌هایی وجود دارد که در آن‌ها از چوب به عنوان کف‌پوش استفاده شده است، این مکان‌ها را بررسی و اثر رفت و آمد بر سطوح چوب‌ها را گزارش دهید.

تغییرات مقاومت‌های چوب

هدف‌های رفتاری: پس از پایان این فصل از فراگیر انتظار می‌رود:

- ۱- رابطه مقاومت چوب را با جرم مخصوص بداند.
- ۲- تأثیر رطوبت چوب را بر مقاومت‌های آن بداند.
- ۳- تأثیر عمر مصرف چوب را بر مقاومت‌های آن بداند.
- ۴- تأثیر درجه حرارت را بر مقاومت‌های چوب بداند.
- ۵- در الوار چوبی عوامل مؤثر بر مقاومت را بداند.

زمان تدریس: ۶ ساعت



۱۲- تغییرات در مقاومتهای چوب

تغییرات خیلی زیادی در مقاومت چوب بین درختان یک گونه چوبی و بین گونه‌های چوبی مشاهده می‌گردد؛ به گونه‌ای که چوب‌های مختلف پهن‌برگ و سوزنی‌برگ در یک محدوده مقاومت اغلب اشتراک داشته مقاومت‌های یکسانی را نشان می‌دهند. مقاومت چوب‌های تجارتهای مختلف در جدول (۱۲-۱) خلاصه شده است. ارقام جدول (۱۲-۱) برای چوب‌های به اندازه مصرف (بزرگ) جدول ۱-۱۲-۱ مقاومت‌های مکانیکی و جرم مخصوص مهم‌ترین چوب‌های تجارتهای^۱

مقاومت در برابر ضربه	مقاومت در برابر کشش موازی با الیاف نیوتن بر متر مربع	مقاومت در برابر فشار موازی با الیاف نیوتن بر متر مربع	خمش نیوتن بر مترمربع		جرم مخصوص		نام چوب
			مدول الاستیسیته	مقاومت خمشی	d _{۱۲}	d _۱	
۶/۵	۱۰۰ × ۱۰ ^۶	۶۲ × ۱۰ ^۶	۱۱۳۰ × ۱۰ ^۶	۱۳۷ × ۱۰ ^۶	۰/۶۶	۰/۶۲	افرای چناروش
۱۳/۵	۱۳۶ × ۱۰ ^۶	۷۳ × ۱۰ ^۶	۱۱۲۷ × ۱۰ ^۶	۱۳۶/۱ × ۱۰ ^۶	۰/۷۶	۰/۷۲	اقاقیا
۶/۸	-	۳۷۳ × ۱۰ ^۶	-	۷۵/۷۵ × ۱۰ ^۶	۰/۵۸	۰/۵۵	اوکالیپتوس
۵	۷۷ × ۱۰ ^۶	۳۵ × ۱۰ ^۶	۸۸۰۰ × ۱۰ ^۶	۶۵ × ۱۰ ^۶	۰/۴۵	۰/۴۱	تبریزی
۵	-	۴۷ × ۱۰ ^۶	۷۷۰۰ × ۱۰ ^۶	۸۵ × ۱۰ ^۶	۰/۵۳	۰/۴۹	توسکای قشلاقی
۹/۲	-	۶۴۴۰ × ۱۰ ^۶	۱۲۵۰۰ × ۱۰ ^۶	۸۷ × ۱۰ ^۶	۰/۶۶	۰/۶۳	راش
۶/۵	۱۶۵ × ۱۰ ^۶	۵۲ × ۱۰ ^۶	۱۳۴۰۰ × ۱۰ ^۶	۱۲۰ × ۱۰ ^۶	۰/۶۹	۰/۶۵	زبان گنجشک
۹/۵	۱۰۰ × ۱۰ ^۶	۷۲ × ۱۰ ^۶	۱۲۵۰۰ × ۱۰ ^۶	۱۴۷ × ۱۰ ^۶	۰/۶۸	۰/۶۴	گردوی ایرانی
۶	۸۰ × ۱۰ ^۶	۵۶ × ۱۰ ^۶	۱۱۰۰۰ × ۱۰ ^۶	۸۹ × ۱۰ ^۶	۰/۶۸	۰/۶۴	ملج
۸	۱۳۵ × ۱۰ ^۶	۸۲ × ۱۰ ^۶	۱۶۲۰۰ × ۱۰ ^۶	۱۶۰ × ۱۰ ^۶	۰/۸۳	۰/۷۹	ممرز
۵	۸۵ × ۱۰ ^۶	۵۲ × ۱۰ ^۶	۷۴۰۰ × ۱۰ ^۶	۱۰۶ × ۱۰ ^۶	۰/۵۳	۰/۴۹	نمدار
۴/۲	۸۴ × ۱۰ ^۶	۴۷ × ۱۰ ^۶	۱۱۰۰۰ × ۱۰ ^۶	۷۳ × ۱۰ ^۶	۰/۴۵	۰/۴۱	نراد (آبیس)
۴/۶	۹۰ × ۱۰ ^۶	۵۵ × ۱۰ ^۶	۱۱۰۰۰ × ۱۰ ^۶	۷۸ × ۱۰ ^۶	۰/۴۷	۰/۴۳	نوتل (پیشه آ)
-	-	۳۳۵ × ۱۰ ^۶	-	۶۱/۷ × ۱۰ ^۶	۰/۴۲	۰/۳۹	کاج الدار (تهران)
۴	۱۰۴ × ۱۰ ^۶	۵۵ × ۱۰ ^۶	۱۲۰۰۰ × ۱۰ ^۶	۱۰۰ × ۱۰ ^۶	۰/۵۲	۰/۴۹	کاج جنگلی

۱- مأخذ: پارسا پژوه، داود. تکنولوژی چوب

جرم مخصوص در صفر درصد رطوبت = d_۱

جرم مخصوص در ۱۲ درصد رطوبت = d_{۱۲}

بوده، معمولاً در آزمایش اندازه‌گیری مقاومت‌ها از چوب اندازه استاندارد (کوچک) استفاده می‌گردد که این چوب‌ها را عاری از هرگونه عیب ظاهری نظیر گره، ترک، پوسیدگی و غیره انتخاب می‌کنند. تغییرات در مقاومت‌های چوب عاری از معایب ظاهری یک گونه چوبی معین به دلیل تغییرات طبیعی در جرم مخصوص و رابطه بین جرم مخصوص و مقاومت آن است.

۱۲-۱- رابطه مقاومت با جرم مخصوص

مقاومت‌های چوب رابطه نزدیکی با جرم مخصوص دارند؛ به طوری که با یک تقریب پذیرفتنی، حتی بدون دانستن نام چوب می‌توان مقاومت چوب را براساس جرم مخصوص برآورد کرد؛ هم‌چنین در مواردی که دانش کافی و استاندارد مورد لزوم برای درجه‌بندی چوب وجود ندارد و اغلب از گونه‌های مختلف برای مصارف متعدد استفاده می‌شود، درجه‌بندی چوب‌ها عملاً براساس جرم مخصوص است.

رابطه تمام خواص مکانیکی با جرم مخصوص یکسان نیست. بعضی از خواص مقاومتی مانند مدول الاستیسیته در حالت خمش و حداکثر فشار موازی با الیاف رابطه خطی با جرم مخصوص داشته و زیاد شدن این مقاومت‌ها در اثر زیاد شدن جرم مخصوص خطی است، اما رابطه جرم مخصوص با دیگر مقاومت‌ها به صورت توانی بوده، با زیاد شدن مقاومت در اثر جرم مخصوص خیلی شدید است. رابطه بین جرم مخصوص و مقاومت‌های چوب را می‌توان به صورت رابطه زیر نشان داد:

$$P = KD^n$$

$$P = \text{مقاومت}$$

$$D = \text{جرم مخصوص}$$

$$K = \text{ضریب ثابت معادله که با توجه به مقاومت مورد نظر تغییر می‌کند.}$$

مقدار n برای تغییرات بین گونه‌ها بین ۱ تا ۲/۲۵ و برای تغییرات داخل گونه بین ۱/۲۵ تا ۲/۵ است؛ در صورتی که مقدار n بیش از یک باشد عواملی غیر از جرم مخصوص بر آن مقاومت تأثیر دارد، که یک مورد آن می‌تواند اختلاف در ضخامت دیواره سلول باشد.

در جدول (۱۲-۲) تأثیر جرم مخصوص بر مقاومت‌های مختلف نشان داده شده است (تذکر: به دلیل تأثیر رطوبت چوب بر مقاومت آن به‌ناچار معمولاً مقاومت‌های چوب را در رطوبت ۱۲ درصد مقایسه می‌کنند).

جدول ۲-۱۲- رابطه بین مقاومت‌های مکانیکی و جرم مخصوص در رطوبت ۱۲ درصد

مقاومت	رابطه با جرم مخصوص (K: ضریب ثابت) ^۱
مقاومت خمشی (MOR)	$K \times D^{1/25}$
مدول الاستیسیته (MOE) در حالت خمش	$K \times D$
مقاومت در برابر فشار موازی با الیاف	$K \times D$
مقاومت در برابر فشار عمود بر الیاف	$K \times D^{2/25}$
سختی جانبی	$K \times D^{2/25}$

اگر چه برآورد مقاومت چوب با دانستن جرم مخصوص چوب امکان‌پذیر است، اما اطلاعات دقیق فقط از طریق آزمایش جداگانه چوب‌ها میسر است.

برای نشان دادن اثر جرم مخصوص و مقاومت‌های چوب در استفاده از آن به ذکر دو مثال می‌پردازیم.

مثال ۱: یک کارخانه مبیل سازی برای ساخت قطعات کوچک داخل مبیل از چوب نمدار استفاده می‌کند. این کارخانه سعی دارد از چوب راش درجه مشابه به جای نمدار استفاده کند. آیا راش از مقاومت لازم برخوردار است؟

حل: در این مورد مقاومت خمشی (MOR) و قدرت نگهداری پیچ تعیین‌کننده است؛ بنابراین، برای حل این مسأله اطلاعات مورد نیاز در جدول ۳-۱۲ خلاصه شده است.

جدول ۳-۱۲- مقایسه مقاومت خمشی و وزن مخصوص دو چوب نمدار و راش

نام چوب	جرم مخصوص $\frac{g}{cm^3}$	MOR N/cm^2
راش	۰/۶۶	۱۳۷۰۰
نمدار	۰/۵۳	۱۰۶۰۰

مقاومت خمشی راش در حدود ۳۰ درصد بیش از چوب نمدار است؛ بنابراین، در مورد این مقاومت با مشکلی مواجه نخواهیم بود. قدرت نگهداری پیچ چوب رابطه مستقیمی با جرم مخصوص دارد و به دلیل این که چوب راش حدود ۲۰ درصد سنگین‌تر از نمدار است؛ از این رو به‌آسانی

۱- مقدار K در مقاومت‌های مختلف متفاوت است.

می توان از چوب راش به جای نمدار استفاده کرد.

مثال ۲: یک کارخانه سازنده میزهای ورزشی مخصوص که باید بتوانند نیروی زیادی را تحمل کنند از چوب یک نوع کاج برای ساختن اسکلت میز استفاده می کند. این کارخانه سعی می کند از چوب نوئل استفاده کند. آیا چنین کاری امکان پذیر است؟
حل: در ساخت اسکلت این نوع میزها، مدول الاستیسیته در حالت خمش (MOE) و فشار عمود بر الیاف مهم هستند. این مقاومت ها و جرم مخصوص دو نوع چوب مورد نظر در جدول ۴-۱۲ خلاصه شده است.

جدول ۴-۱۲- مقاومت ها و جرم مخصوص دو چوب کاج و نوئل

نام چوب	جرم مخصوص مرطوب	MOE در ۱۲٪ رطوبت	فشار عمود بر الیاف در ۱۲ درصد رطوبت
کاج	۰/۴۲	$1/48 \times 10^6$ Pa	۸۳۰ Pa
نوئل	۰/۳۵	$1/45 \times 10^6$ Pa	۵۰۰ Pa

مدول الاستیسیته هر دو چوب یکسان است؛ بنابراین، در مورد این مقاومت با مشکلی مواجه نخواهیم بود. اما فشار عمود بر الیاف چوب نوئل کمتر از چوب کاج است؛ از این رو، اگر این مقاومت بحرانی و تعیین کننده است پس چوب نوئل مناسب نیست.
در دو مثال فوق سعی شد به طور ساده نقش مقاومت چوب در استفاده از آن بیان گردد، اما در عمل مواجه با مسائل بیشتری هستیم که باید به دقت مورد ارزیابی قرار گیرند.

۲-۱۲- عوامل مؤثر بر مقاومت های چوب

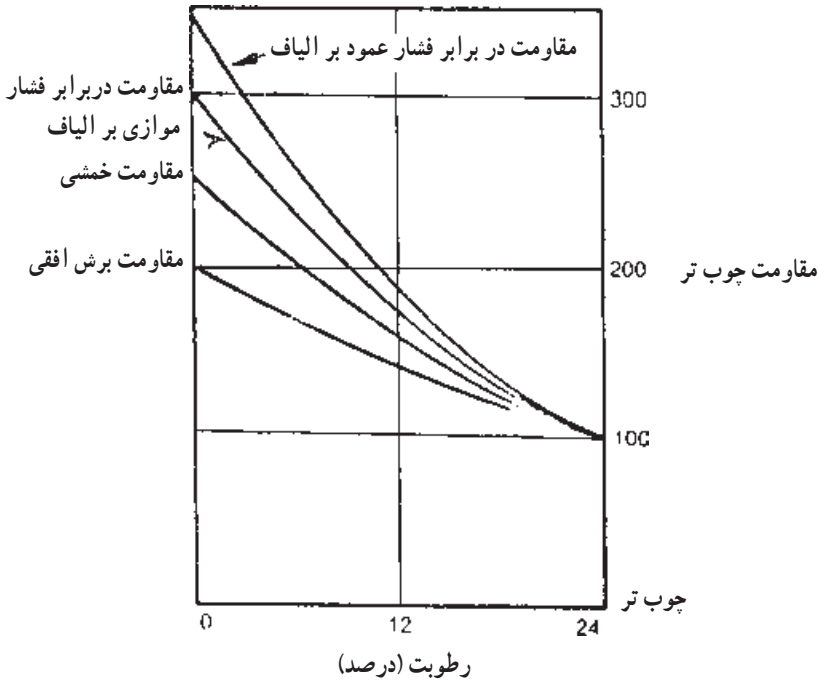
تأثیر جرم مخصوص بر مقاومت چوب به طور جداگانه مورد بحث قرار گرفت. در این قسمت، تأثیر عواملی که بر مقاومت چوب بدون عیب ظاهری که بر چوب به اندازه مصرف نیز تأثیر می گذارند مورد توجه قرار می گیرد.

۲-۱۲-۱- رطوبت چوب: چوب دارای خاصیت جذب آب است؛ یعنی اگر چوب در محیطی قرار گیرد با زیاد شدن رطوبت محیط رطوبت چوب زیاد خواهد شد. وقتی رطوبت چوب به حدود ۲۵ درصد برسد به این مقدار رطوبت «رطوبت نقطه اشباع الیاف» گویند که مقدار آن بین ۲۵ تا ۳۰ درصد است.

اگر چوب را از رطوبت حدود ۲۵ درصد خشک کنیم اغلب مقاومت‌ها و خواص الاستیکی آن زیاد می‌شود.

رابطه بین رطوبت و مقاومت چوب زبان گنجشک سفید در مقایسه با چوب کاملاً خیس در شکل ۱-۱۲ آورده شده است. در این شکل مقاومت چوب را در رطوبت بیش از ۲۴ درصد، ۱۰۰ فرض کرده، زیاد شدن مقاومت‌ها را در اثر خشک شدن به صورت درصدی از آن مقاومت (در رطوبت ۲۴ درصد) بیان کرده‌ایم.

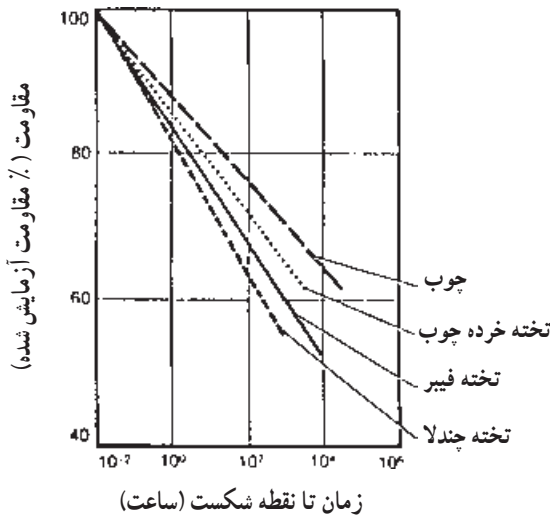
در اثر خشک شدن چوب از رطوبت ۲۴ درصد تا رطوبت صفر درصد (کاملاً خشک) در شکل ۱-۱۲:



شکل ۱-۱۲- رابطه بین رطوبت چوب زبان گنجشک و مقاومت‌های آن

- مقاومت برشی دو برابر می‌شود؛
- مقاومت خمشی ۲/۵ برابر می‌شود؛
- مقاومت در برابر فشار موازی با الیاف ۳ برابر می‌شود؛
- مقاومت به فشار عمود بر الیاف ۳/۵ برابر می‌شود.

۲-۲-۱۲- عمر مصرف چوب: استفاده طولانی از چوب، بدون وجود عوامل مخرب نظیر میکرو اورگانیزم‌ها، درجه حرارت بالا یا نیروی مداوم - بر مقاومت‌های آن، تأثیری اندک دارد. البته بعد از قرن‌ها تغییراتی به وجود آمده که معمولاً در اثر عوامل محیطی است. اگر بر چوب، در طی مصرف نیرویی دایمی اعمال گردد، مقاومت آن کاهش می‌یابد؛ به گونه‌ای که اگر برای مدت طولانی نیرویی وارد شود بعضی از خواص مکانیکی آن کم می‌شود و هر چه زمان تحمل نیرو طولانی‌تر باشد چوب قادر به تحمل نیروی کمتر است. رابطه بین مقدار فشار و زمان تحمل نیرو تا نقطه شکست برای چوب و مواد مرکب چوبی در شکل ۲-۱۲ آورده شده است.

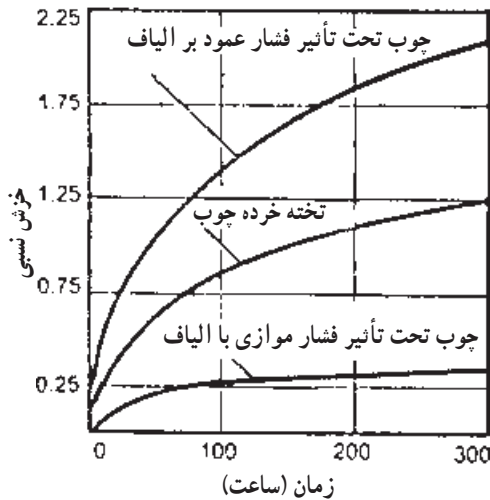


شکل ۲-۱۲- رابطه بین مقاومت و زمان تحمل نیرو تا نقطه شکست

اگر نیروی کمی بر یک قطعه چوب وارد شود چوب نمی‌شکند، بلکه آن قطعه چوب خمیده شده یا به تدریج تغییر شکل می‌یابد. مثال واضح خمیده شدن تدریجی طبقات کتابخانه پراز کتاب است که به این پدیده «خزش» (Creep) گویند؛ بنابراین، خزش یک پدیده وابسته به زمان است که در اثر ساختمان ریز سلول‌های چوب بوده، مقدار آن در اثر زیاد شدن رطوبت زیاد می‌شود؛ به طوری که در چوب خشک میزان خزش کم است.

خزش اغلب به صورت خمیده شدن چوب پس از سالیان متمادی تحت تأثیر نیرو ظاهر می‌شود. شایان ذکر است که میزان خزش در اثر رطوبت دادن تکراری شدت می‌یابد و اگر چوب در محیط با رطوبت ثابت قرار گرفته باشد مقدار آن کمتر است.

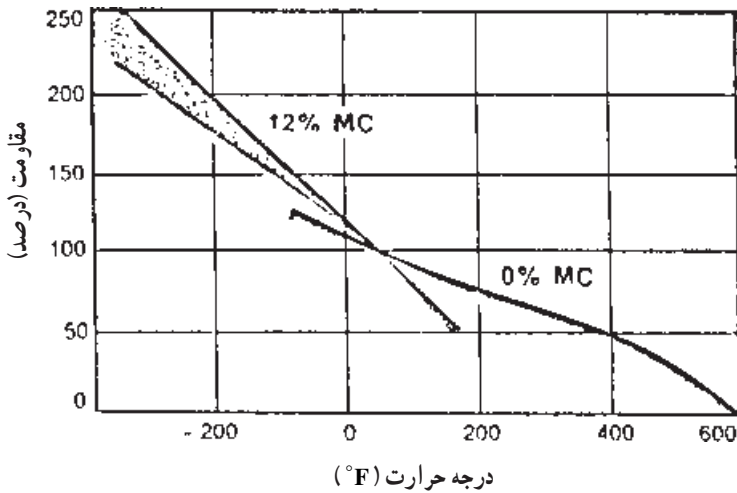
در تیرهای بلند سقف یا سر در خزش مسأله‌ساز است. هم‌چنین اگر از تخته خرده چوب یا تخته فیبر برای طبقات کتابخانه استفاده شود، خزش بسیار پدید می‌آید. برای جلوگیری از خزش در چوب می‌توان از نیروی بیش از حد اجتناب کرده از چوب کاملاً خشک استفاده کرد و با عمل پرداخت‌ها و پوشش‌های سطحی از تغییر رطوبت آن جلوگیری کرد. در شکل ۳-۱۲ نتایج تحقیقاتی در مقایسه بین سرعت خزش در تخته خرده چوب و چوب نشان داده شده است. در مورد چوب، فشار در جهت الیاف و عمود بر جهت الیاف بوده است.



شکل ۳-۱۲- خزش نسبی در سه حالت متفاوت

۳-۲-۱۲- درجه حرارت: اگر چوب را حرارت دهیم اغلب مقاومت‌های مکانیکی آن کم شده، برعکس در اثرخنک شدن مقاومت‌های چوب زیاد می‌شود. اثر حرارت دادن بر مقاومت‌های چوب کاملاً خشک و چوب با ۱۲ درصد رطوبت در شکل ۴-۱۲ ترسیم شده است. اگر درجه حرارت کمتر از ۱۰۰ درجه سلسیوس باشد افت دائمی کمی در مقاومت چوب مشاهده می‌گردد، اما اگر چوب در معرض درجه حرارت بالا برای مدت طولانی قرار گیرد افت دائمی مقاومت به‌وجود می‌آید.

اگر رطوبت چوب زیاد باشد حساسیت چوب به درجه حرارت زیاد، بیشتر است.



شکل ۱۲-۴- اثر فوری درجه حرارت بر مقاومت‌های چوب

۱۲-۳- عوامل مؤثر بر مقاومت الوار چوبی

مقاومت چوب به‌طور بی‌وسه در رطوبت کمتر از حدود ۲۵ درصد تغییر می‌کند؛ بنابراین، در نظر گرفتن رطوبت‌های متغیر در طراحی با چوب و اعمال تغییرات به‌وجود آمده در مقاومت چوب در طراحی سازه‌های چوبی بسیار مشکل است. برای اجتناب از این پیچیدگی، معمولاً فشارهای مجاز را در رطوبت ثابت تنظیم می‌کنند؛ بنابراین، فشارها یا مقاومت‌های مجاز الوار، تیرهای چوبی و تخته چندلا را در کمتر از رطوبت مشخص ثابت در نظر می‌گیرند. این رطوبت مشخص (رطوبت حداکثر) برای سوزنی برگان ۱۹ درصد و برای تخته چندلا ۱۶ درصد است.

در رطوبت بالاتر از مقدار تعیین شده، فشار مجاز کمتر می‌شود. مقدار این کم شدن بین ۳ تا ۴۰ درصد است. عوامل دیگر که بر مقاومت چوب کوچک عاری از عیب تأثیر می‌گذارند خصوصیات رویشی است.

۱۲-۳-۱- گره‌ها: گره‌ها متداول‌ترین عیبی است که مقاومت الوار را کم می‌کند. در مواردی بسیار می‌توان اثر گره را معادل یک سوراخ دانست. البته در موارد دیگر، اثر گره شدیدتر از وجود یک سوراخ است، زیرا در اطراف گره پیچیدگی الیاف وجود دارد.

مقدار کاهش مقاومت چوب در اثر گره به اندازه گره و موقعیت آن در الوار بستگی دارد. اگر یک گره در لبه پایین یا بالای چوب قرار داشته باشد اثر تخریبی آن کمتر از وجود گره در وسط است. هم‌چنین اگر گره در لبه پایین قرار داشته باشد اثر آن در کم کردن مقاومت شدیدتر از وجود گره در لبه

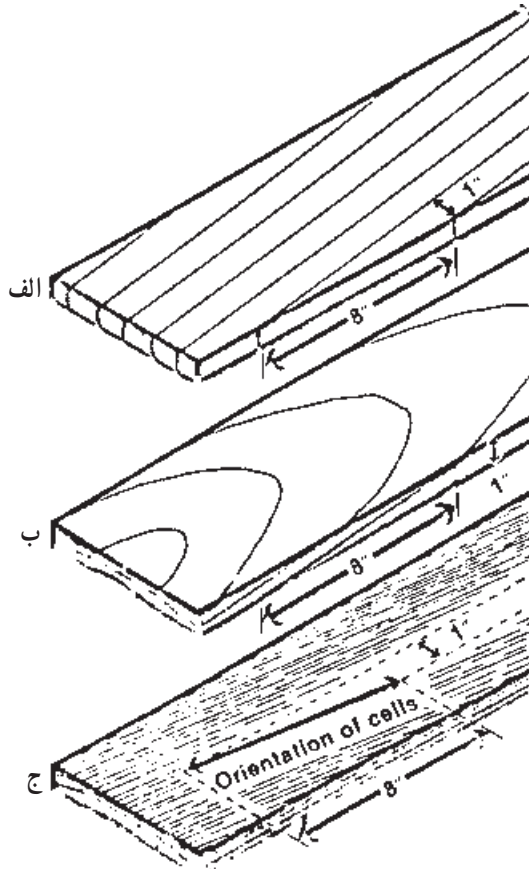
بالا است؛ بنابراین، باید سعی شود در همه حال گره در لبه بالا قرار گیرد.

۲-۳-۱۲- کج تاری (الیاف مورب): کج تاری یا شیب الیاف به صورت طول قطعه

چوب - که در آن الیاف به اندازه $2/5$ سانتی متر کج شده اند - تعیین می گردد. در شکل ۵-۱۲ سه حالت متفاوت از شیب الیاف نشان داده شده است. در دو حالت «الف» و «ب» شیب الیاف یا کج تاری در اثر برش الوار از گرده بینه است، اما کج تاری می تواند در اثر وجود الیاف ماریچی باشد. در این حالت اگر چه دایره های رویش، موازی لبه ها به نظر می رسد، ولی کج تاری شدید وجود دارد.

اگر شیب الیاف بیش از $\frac{1}{4}$ باشد، مقاومت چوب بسیار کم می شود. مقاومت در برابر کشش

به مقدار زیادی در اثر کج تاری کم می شود، اما تأثیر کج تاری بر مقاومت خمشی و مقاومت در برابر فشار کمتر است.



شکل ۵-۱۲- سه حالت شیب الیاف در چوب (در هر سه حالت شیب یک هشتم است).

تمرین

- ۱- وزن مخصوص چوب‌های خشک زیر را در جدول ۱-۱۲ پیدا کنید.
 - زبان گنجشک
 - تبریزی
 - ملج
 - کاج الدار
- ۲- مقاومت خمشی چوب‌های زیر را از جدول ۱-۱۲ تعیین کنید.
 - افاقیا
 - توسکا قشلاقی
 - گردوی ایرانی
 - نمدار
- ۳- مقاومت چوب‌های زیر را در برابر فشار موازی با الیاف در جدول ۱-۱۲ پیدا کنید.
 - راش
 - نراد
 - کاج جنگلی
 - اوکالیپتوس
- ۴- مقاومت چوب‌های زیر را در برابر ضربه در جدول ۱-۱۲ پیدا کنید.
 - نوئل «پیسه آ»
 - افرای چناروش
 - راش
 - ممرز
- ۵- در اثر زیاد شدن جرم مخصوص، مقاومت‌های چوب کم می‌شود یا زیاد؟
- ۶- با افزایش رطوبت چوب مقاومت آن زیاد می‌شود یا کم؟
- ۷- اگر بر یک قطعه چوب نیروی کمی به مدت طولانی وارد شود آیا مقاومت چوب کم می‌شود یا تغییر نمی‌کند؟
- ۸- مقاومت یک قطعه چوب کوچک بدون عیب زیادتر است یا یک قطعه الوار؟
- ۹- اگر یک قطعه چوب دارای کج تاری باشد مقاومت آن کم می‌شود یا تغییر نمی‌کند؟
- ۱۰- اگر در یک قطعه چوب به ضخامت ۱۵ سانتی‌متر یک گره به قطر ۵ سانتی‌متر وجود داشته باشد و در یک قطعه چوب دیگر به همان ضخامت یک گره به قطر ۲ سانتی‌متر وجود داشته باشد مقاومت کدام یک کمتر است؟

منابع مورد استفاده

۱- پارسا پژوه، داود. ۱۳۶۳. تکنولوژی چوب، بخش دوم انتشارات دانشگاه تهران-تهران.

۲- Haygreen, J.G, J.L. Bowyer. 1982. Forest Products & Wood Science. An Introduction, Chapter. 10. the Iowa State University Press - Ames.

۳- Kollman, F.F.P. , W.A. Cote. 1968. Principles of Wood Science & Technology. Chapter 9. Springer - Verlag, Berlin.

۴- Schniewind, A.P. , 1981. Mechanical Behavior and Properties of Wood. In Wood: Its Structure and Properties. F.F. Wangaard Ed. The Pennsylvania State University. University Park.

نمونه سؤال‌های آزمون

سؤال‌های فصل اول

- ۱- سه قسمت قابل رؤیت برش عرضی تنه درخت را نام ببرید.
- ۲- چرا رنگ درون چوب تیره‌تر از رنگ برون چوب است؟
- ۳- پره‌های چوبی را تعریف کنید.
- ۴- اختلاف چوب بهاره و چوب تابستانه را شرح دهید.
- ۵- دو اختلاف بین سوزنی برگان و پهن برگان را بنویسید.
- ۶- سه مقطع چوب را نام ببرید که اغلب در مطالعات مرتبط به خواص چوب مورد استفاده قرار می‌گیرد.
- ۷- چوب فشاری در چه قسمت از درخت به وجود می‌آید؟
- ۸- چوب کششی اغلب در قسمت تنه خمیده و شاخه‌های درختان برگ تشکیل می‌شود.
- ۹- لایه‌های تشکیل‌دهنده پوست درخت را نام ببرید.
- ۱۰- وظیفه کامبیوم در درختان زنده چیست؟

سؤال‌های فصل دوم

- ۱- رنگ چوب‌های صنوبر، شمشاد، گردو و آبنوس را مشخص کنید.
- ۲- چرا چوب‌های تیره رنگ بادوام‌تر هستند؟
- ۳- دلیل اختلاف رنگ در گونه‌های مختلف چوب چیست؟
- ۴- چرا رنگ بعضی چوب‌ها پس از مدتی که در هوای آزاد قرار می‌گیرند تغییر می‌کند؟
- ۵- چرا به بعضی از چوب‌ها بخار می‌دهند؟
- ۶- چرا تشخیص و شناسایی ظاهری کلیه چوب‌ها از روی رنگ آن‌ها امکان‌پذیر نیست؟
- ۷- چرا بعضی از چوب‌ها بوی مخصوصی دارند؟
- ۸- چند نوع چوب نام ببرید که بوی مطبوع دارند.
- ۹- دو مورد استفاده از چوب‌های بی بو را نام ببرید.

۱۰- چرا حشرات از بعضی از چوب‌ها گریزان هستند؟

سؤال‌های فصل سوم

- ۱- رطوبت چوب را تعریف کنید.
- ۲- درصد رطوبت چوب چگونه محاسبه می‌شود؟
- ۳- آب به چند صورت در چوب وجود دارد؟
- ۴- آب آزاد یعنی چه؟
- ۵- نقطه اشباع الیاف را تعریف کنید.
- ۶- آیا مقدار همکشیدگی یا واکنشیدگی در جهات مختلف یکسان است؟
- ۷- میزان همکشیدگی را چگونه نشان می‌دهند؟
- ۸- اختلاف همکشیدگی در جهت شعاعی و مماسی در چیست؟
- ۹- دو روش پیشگیری از همکشیدگی و واکنشیدگی چوب را نام ببرید.
- ۱۰- کدام یک از روش‌های تعیین رطوبت چوب متداول‌تر است. مراحل مختلف آن را نام

ببرید.

سؤال‌های فصل چهارم

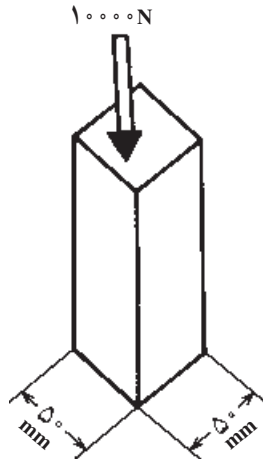
- ۱- جرم مخصوص «دانسیته» را تعریف کنید.
- ۲- جرم یک قطعه چوب مکعبی به ابعاد $4 \times 4 \times 4$ سانتی‌متر برابر 250 گرم است. جرم مخصوص این قطعه چوب را محاسبه کنید.
- ۳- جرم ویژه نسبی را تعریف کنید.
- ۴- چرا جرم ویژه نسبی فاقد واحد است؟
- ۵- چرا جرم مخصوص چوب‌های مختلف با هم فرق دارد؟
- ۶- اهمیت جرم ویژه نسبی در چیست؟
- ۷- یک روش اندازه‌گیری جرم ویژه نسبی را نام ببرید.
- ۸- مقدار رطوبت چه تأثیری روی جرم مخصوص دارد؟
- ۹- چوب صنوبر سبک‌تر است یا چوب بلوط، چرا؟
- ۱۰- معمولاً جرم ویژه نسبی ماده تشکیل دهنده چوب چقدر است؟

سؤال‌های فصل پنجم

- ۱- مقاومت ویژه الکتریکی را تعریف کنید.
- ۲- چرا چوب کاملاً خشک، عایق الکتریسیته است؟
- ۳- مقاومت الکتریکی چوب به چه عواملی بستگی دارد؟ نام ببرید.
- ۴- ضریب دی‌الکتریک چوب را تعریف کنید.
- ۵- گرمای ویژه چوب را تعریف کنید.
- ۶- ضریب ظرفیت حرارتی چوب را تعریف کنید.
- ۷- ضریب هدایت حرارتی چوب را چگونه محاسبه می‌کنند؟
- ۸- قدرت گرمادهی یا گرمایی چوب یعنی چه؟
- ۹- ارزش حرارتی چوب در سیستم متریک چقدر است؟
- ۱۰- ارزش حرارتی چوب بیشتر است یا زغال سنگ؟
- ۱۱- سرعت انتشار صوت به چه عواملی بستگی دارد؟
- ۱۲- در چوب، سرعت انتشار صوت را چگونه محاسبه می‌کنند؟

سؤال‌های فصل ششم

- ۱- حالت الاستیکی را تعریف کنید.
- ۲- حالت پلاستیکی را تعریف کنید.
- ۳- بر قطعه چوب شکل زیر، نیرویی برابر 10000 N نیوتن وارد شده است. اگر سطح مقطع آن 2500 میلی‌متر مربع باشد، فشار را محاسبه کنید.



- ۴- جهت محوری یا طولی چوب را شرح دهید.
- ۵- جهت مماسی چوب را شرح دهید.
- ۶- جهت شعاعی چوب را شرح دهید.
- ۷- ماده‌ای که در جهت‌های مختلف دارای خواص مکانیکی یکسان باشد، چه نام دارد؟
- ۸- ماده‌ای نظیر چوب که در جهت‌های مختلف دارای خواص مکانیکی متفاوت باشد، چه نام

دارد؟

- ۹- مقاومت چوب در جهت موازی با الیاف زیادتر است یا در جهت عمود بر الیاف؟
- ۱۰- مدول الاستیسیته تعیین‌کننده مقاومت چوب در برابر چه نیرویی است؟

سؤال‌های فصل هفتم

- ۱- وقتی یک الوار چوبی بر روی دو تکیه‌گاه قرار بگیرد و یک نفر در وسط بر روی آن بایستد، این الوار تحت تأثیر چه نیرویی قرار دارد؟
- ۲- مقاومت خمشی (مدول گسیختگی) چوب را تعریف کنید.
- ۳- یک قطعه چوب راش به ابعاد مقطع 5×5 سانتی‌متر و طول 8° سانتی‌متر تحت تأثیر نیروی خمشی برابر 600 نیوتن شکسته شده است. اگر فاصله بین دو تکیه‌گاه 7° سانتی‌متر باشد، با استفاده از فرمول $MOR = \frac{1/5FL}{bd^2}$ مقاومت خمشی (مدول گسیختگی) این چوب را محاسبه کنید.
- ۴- یک قطعه چوب بلوط به ابعاد سطح مقطع $2/5 \times 2/5$ سانتی‌متر و طول 4° سانتی‌متر تحت تأثیر نیروی خمشی برابر 500 نیوتن شکسته شده است. اگر فاصله بین دو تکیه‌گاه 35 سانتی‌متر باشد، با استفاده از فرمول $MOR = \frac{1/5FL}{bd^2}$ مقاومت خمشی (MOR) این چوب را محاسبه کنید.
- ۵- مقاومت فشاری چوب در کدام حالت بیشتر است: در جهت الیاف یا عمود بر الیاف؟
- ۶- جرم مخصوص چوب بلوط زیادتر از جرم مخصوص چوب کاج است. مقاومت خمشی کدام چوب زیادتر است؟
- ۷- جرم مخصوص چوب صنوبر کمتر از چوب افرا است. مقاومت خمشی کدام چوب زیادتر است؟
- ۸- اگر یک قطعه چوب را خیس کنیم مقاومت خمشی آن «کم می‌شود» یا «تغییر نمی‌کند»؟
- ۹- در اثر زیاد شدن درجه حرارت مقاومت خمشی چوب «کم می‌شود» یا «زیاد می‌شود»؟
- ۱۰- خم کردن چوب خشک آسان‌تر است یا خم کردن چوب مرطوب؟

سؤال‌های فصل هشتم

۱- مقاومت در برابر کشش موازی با الیاف چوب زیادت‌تر است یا مقاومت در برابر کشش

عمود بر الیاف؟

۲- مقاومت در برابر کشش موازی با الیاف چوب گره‌دار زیادت‌تر است یا مقاومت در برابر

کشش موازی با الیاف چوب بدون گره؟

۳- یک قطعه چوب زبان گنجشک که به شکل دمبل ساخته شده است تحت تأثیر نیروی

کشش موازی با الیاف 3000 نیوتن شکسته شده است. اگر سطح مقطع قسمت وسط چوب 2

سانتی متر مربع باشد، با استفاده از رابطه: $P_{\parallel} = \frac{F}{A}$ ، مقاومت چوب زبان گنجشک را در برابر

کشش موازی با الیاف تعیین کنید.

۴- برای تعیین مقاومت در برابر کشش عمود بر الیاف چوب بلوط، یک قطعه از این چوب

تحت تأثیر نیروی کشش عمود بر الیاف قرار گرفته و در اثر نیروی 8000 نیوتن شکسته شده است.

اگر سطح مقطع نمونه 1250 میلی متر مربع باشد با استفاده از رابطه: $P_{\perp} = \frac{F}{A}$ ، مقاومت این چوب را

در برابر کشش عمود بر الیاف محاسبه کنید.

۵- جرم مخصوص چوب توسکا برابر 550 گرم بر سانتی متر مکعب است. با استفاده از

فرمول: $P_{\perp} = 60D^2$ مقاومت چوب توسکا را در برابر کشش عمود بر الیاف محاسبه کنید.

۶- جرم مخصوص چوب کاج زیادت‌تر از چوب نوئل است. مقاومت در برابر کشش موازی با

الیاف کدام یک از این دو چوب زیادت‌تر است؟

۷- از دو قطعه چوب راش، یک قطعه آن کاملاً خشک است و قطعه دیگر دارای 15%

رطوبت است، مقاومت در برابر کشش موازی با الیاف کدام چوب زیادت‌تر است؟

۸- مقاومت در برابر کشش موازی با الیاف چوب گره‌دار زیادت‌تر است یا چوب بدون گره؟

۹- دو قطعه چوب افرا به ابعاد سطح مقطع 50×50 میلی متر دارای گره هستند. قطر گره در

یک قطعه برابر 30 میلی متر و قطر گره در قطعه دیگر برابر 20 میلی متر است. مقاومت در برابر کشش

موازی با الیاف کدام یک زیادت‌تر است؟

۱۰- چرا گره تأثیر خیلی زیادی بر مقاومت در برابر کشش موازی با الیاف چوب دارد؟

سؤال‌های فصل نهم

۱- وقتی یک نفر بر روی چهارپایه چوبی نشسته است، در این حالت پایه‌ها تحت تأثیر چه نیروی قرار دارند؟

۲- یک مخزن آب بر روی یک اسکلت چوبی نصب شده است. پایه‌های چوبی این اسکلت تحت تأثیر چه نیرویی قرار دارند؟

۳- مقاومت چوب در برابر فشار موازی با الیاف کمتر است یا مقاومت چوب در برابر کشش عمود بر الیاف؟

۴- یک قطعه چوب راش به ابعاد سطح مقطع 50×50 میلی‌متر تحت تأثیر نیروی فشار موازی با الیاف قرار گرفته و توانسته است نیروی 90 کیلونیوتن را تحمل کند. با استفاده از رابطه: $P_{c\parallel} = \frac{F}{A_c}$ ، مقاومت چوب راش را در برابر فشار موازی با الیاف محاسبه کنید.

۵- در تراورس راه‌آهن مقاومت در برابر فشار عمود بر الیاف چوب مهم‌تر است یا مقاومت در برابر فشار موازی با الیاف؟

۶- یک قطعه چوب افرا به ابعاد سطح مقطع 5×5 سانتی‌متر تحت تأثیر نیروی فشار عمود بر الیاف قرار گرفته و نیرویی برابر 35000 نیوتن را تحمل کرده است. با استفاده از رابطه: $P_{c\perp} = \frac{F}{A_c}$ ، مقاومت چوب افرا را در برابر فشار عمود بر الیاف محاسبه کنید.

۷- مقاومت در برابر فشار موازی با الیاف زیاده‌تر است یا مقاومت در برابر فشار عمود بر الیاف؟

۸- چوب افرا سنگین‌تر از چوب توسکا است. مقاومت در برابر فشار موازی با الیاف کدام یک زیاده‌تر است؟

۹- اگر در رابطه $P_{\parallel} = I \times D$ مقدار I برابر 1250 و جرم مخصوص چوب $5/0$ باشد، مقاومت چوب را در برابر فشار موازی با الیاف محاسبه کنید.

۱۰- مقاومت در برابر فشار موازی با الیاف چوب راش خشک کمتر است یا چوب راش با رطوبت 15% ؟

۱۱- مقاومت در برابر فشار موازی با الیاف چوب افرا بدون گره بیشتر است یا چوب افرا گره‌دار؟

سؤال‌های فصل دهم

- ۱- مقاومت برشی موازی با الیاف چوب کمتر است یا مقاومت برشی عمود برالیاف چوب؟
- ۲- وقتی یک تیرچوبی تحت تأثیر نیروی خمشی قرار می‌گیرد، در چه قسمت آن نیروی برشی افقی وجود دارد؟
- ۳- یک قطعه چوب راش تحت تأثیر نیروی برشی برابر 40° کیلونیوتن شکسته شده است. اگر سطح مقطع تحت تأثیر نیروی برشی 250° میلی‌مترمربع باشد با استفاده از رابطه $P = \frac{F}{A}$ ، مقاومت برشی چوب راش را محاسبه کنید.
- ۴- وقتی با یک چکش با دسته چوبی ضربه سنگینی بر یک میخ وارد می‌کنیم، دسته چکش تحت تأثیر چه نیرویی قرار می‌گیرد؟
- ۵- مقاومت در برابر ضربه چوب پوسیده زیادتر است یا چوب سالم؟

سؤال‌های فصل یازدهم

- ۱- جرم مخصوص چوب بلوط زیادتر از چوب صنوبر است. سختی کدام یک زیادتر است؟
- ۲- چوب راش سنگین‌تر از چوب کاج است. سختی کدام یک کمتر است؟
- ۳- چوب آزاد سنگین‌تر از چوب توسکا است. کدام یک آسان‌تر سنباده‌زنی می‌شوند؟
- ۴- اگر مقاومت در برابر فشار عمود بر الیاف یک قطعه چوب آزاد 70° نیوتن بر میلی‌متر مربع باشد با استفاده از رابطه: $H = 2F - 500$ سختی چوب آزاد را محاسبه کنید.
- ۵- چوب افرا سخت‌تر از چوب توسکا است. کدام یک آسان‌تر رنده می‌شود؟

سؤال‌های فصل دوازدهم

- ۱- آیا با زیاد شدن جرم مخصوص چوب مقاومت‌های آن زیاد می‌شود یا کم می‌شود؟
- ۲- جرم مخصوص چوب گردوی ایرانی برابر 64° / گرم بر سانتی‌متر مکعب و جرم مخصوص چوب نمدار 49° / گرم بر سانتی‌متر مکعب است. مدول الاستیسیته در حالت خمش کدام یک زیادتر است؟
- ۳- جرم مخصوص چوب افرای چناروش زیادتر از جرم مخصوص نمدار است. قدرت نگهداری پیچ کدام یک زیادتر است؟

- ۴- مقاومت‌های چوب تر زیادتر است یا چوب خشک؟
- ۵- اگر یک قطعه چوب به صورت تیر در یک ساختمان قرار گرفته، سقف بر روی آن قرار گیرد. آیا مقاومت آن به مرور زمان کم می‌شود یا این که ثابت می‌ماند؟
- ۶- از یک قطعه تخته خرده چوب (تئوپان) یک طبقه کتابخانه ساخته شده است و تعدادی کتاب بر روی آن قرار داده‌اند، پس از مدتی قطعه تئوپان خمیده شده است. چرا؟
- ۷- اگر یک قطعه چوب را حرارت دهیم، مقاومت‌های آن کم می‌شود و یا زیاد می‌شود؟
- ۸- مقاومت‌های یک قطعه چوب با الیاف مورب زیادتر است یا یک قطعه چوب با الیاف راست؟
- ۹- مقاومت یک قطعه چوب با طول 50 سانتی‌متر و ابعاد سطح مقطع 2×2 زیادتر است یا مقاومت یک الوار با طول $2/5$ متر و ابعاد سطح مقطع 25×15 سانتی‌متر؟
- ۱۰- مقاومت یک الوار راش با گره‌های متعدد و بزرگ زیادتر است یا مقاومت یک الوار راش با گره‌های کوچک و تعداد کم؟

