المواد الخشبية المستعملة في البناء

1- مقدمة عامة:

- تُستعمل الأخشاب منذ القدم كمادة انشائية هامة في البناء، ويعود الاستخدام الواسع للأخشاب في البناء لما يلي:

- متانتها العالية

- وزنها الحجمي القليل

- قلة ناقلتيها للحرارة

-سهولة شغلها بواسطة تركيب الأجزاء المختلفة بواسطة المسامير والتعشيق والصمغ.

- مقاومة عالية ضد الصقيع

- جمال الشكل

- إلا أنه توجد صفات سلبية تُخفض كثيراً من خواصها الانشائية، من هذه الصفات:

- أنها تمتص رطوبة الهواء الذي يؤدي الى انتفاخها، وعندما يصبح الوسط المحيط جافاً تنكمش وتتقلص نتيجة لتبخر الرطوبة منها.

- عدم تجانس مقاومتها حسب الجهات، فالمقاومة على الضغط باتجاه الألياف أكبر من المقاومة على الضغط باتجاه عمودي على الألياف.

- عيوب أخرى مثل التشققات، العقد، التواء الجذع

لذلك يجب مراعاة الصفات السلبية للأخشاب خاصة عند استلام ومعاملة وحفظ الاخشاب وكذلك عند تشييد المنشآت الخشبية واستثمارها.

2- مصادر الأخشاب:

تُعتبر الغابات المصدر الرئيسي للأخشاب، فالشجر هو أصل الاخشاب وأهم ما في الشجر جذعها فمنه نحصل على 60-90% من الاخشاب.

إلا أن المشكلة الاساسية تكمن في توفير احتياطي كاف من هذه المادة، لذلك لا بد من القيام بزراعات جديدة لغابات منتجة للأخشاب، ودون أن ننسى دور الغابات من حيث كونها المصنع الطبيعي للأكسجين .

3- تعريف الخشب: وهو عبارة عن مادة ليفية خلوية تتكون بشكل رئيسي من السيللوز cellulose، وهيميسيللوز hemicellulose ، والخشبين (اللغنين) lignin .

4- مقاطع في جذع الشجرة:

- تُعتبر الاخشاب مادة غير متماثلة الخواص في الاتجاهات المختلفة وبالتالي فأن دراسة الخواص الفيزيائية والميكانيكية للخشب تتطلب دراسة ثلاثة مقاطع لجذع الشجرة:

مقطع عرضي (Transversal section): عمودي على محور الجذع.

مقطع طولي مركزي (Radial section) :
يعمل في الاتجاه الطولي للجذع مارا بمحوره.

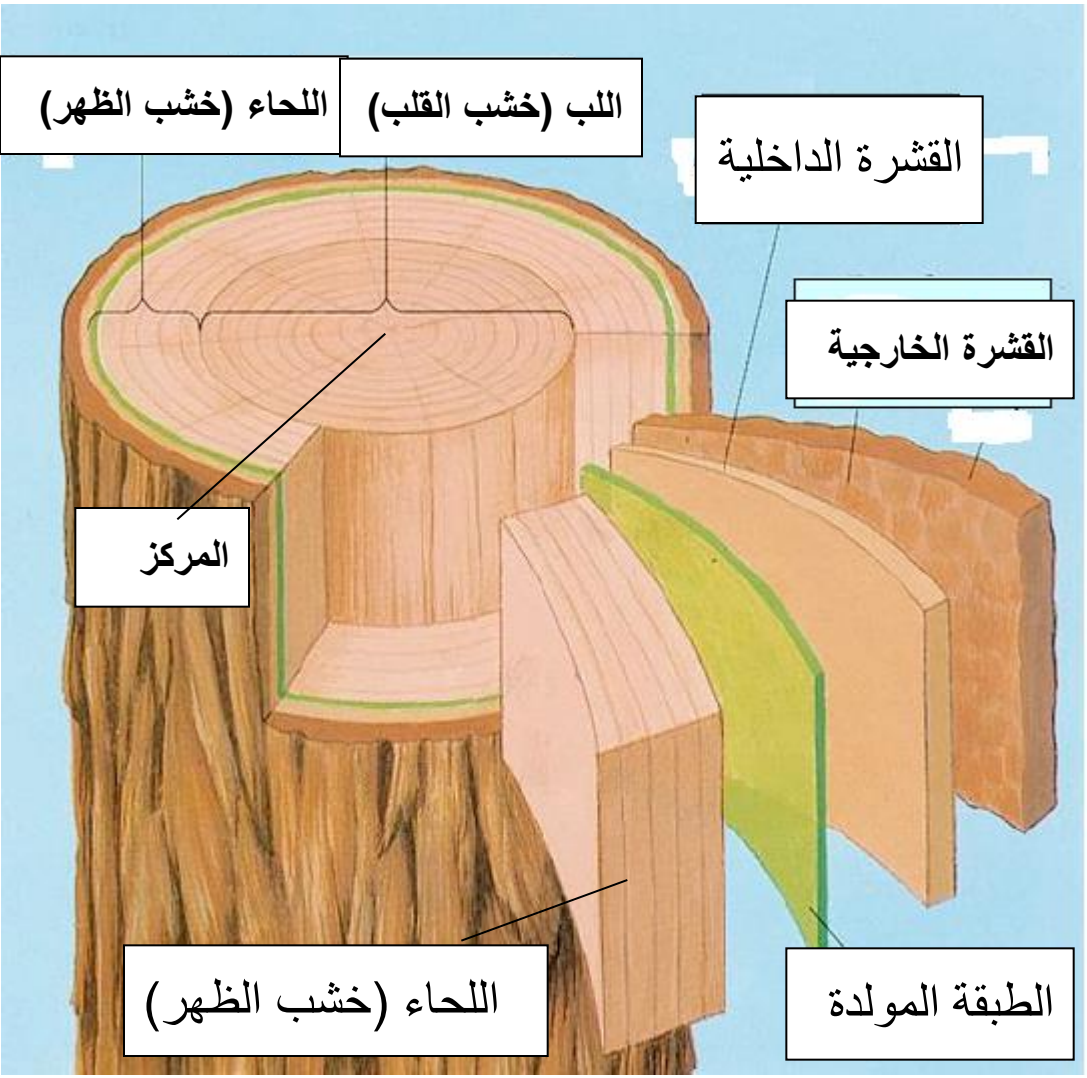
مقطع مماسي (Tangential section) :
يعمل بطول الجذع قاطعاً للمقطع العرضي على مسافة ما من المركز.

5- بنية الأخشاب:

1- القشرة الخارجية (الصلبة) (Hard bark) : طبقة فلينية تحمي الشجرة من الحرارة والتأثيرات الميكانيكية الضارة.

2- القشرة الداخلية(الطرية) (Soft bark) : الطبقة الداخلية الحية للقشرة التي تنقل المواد الغذائية في الشجرة الحية.

3- الطبقة المولدة (Cambium) : هي الطبقة التي تولد طبقات الى جهة القشرة الداخلية الحية، وطبقات الى جهة اللحاء.



4- اللحاء (خشب الظهر) (Sapwood): هو الجزء الفاتح اللون في المقطع، ويتألف من خلايا فتية تنقل الماء مع المواد الغذائية المحلولة فيه.

تكون الرطوبة عالية في لحاء الشجرة المقطوعة حديثاً، وهو سهل التعفن قليل المتأنة.

5- اللب (خشب القلب) (Heart wood): هو الجزء الغامق اللون في المقطع ويتألف من خلايا ميتة ولهذا الجزء رطوبة أقل ومقاومة أكبر للتعفن ومتأنة وقساوة أكبر.

6- المركز (pith): يتشكل في السنة الأولى لنمو الشجرة وهو قليل المتأنة، سريع التعفن.

- يلاحظ في الأشجار المورقة أن المركز أكبر مما هو عليه في الأشجار الصمغية.

7- المجاري المركزية (Rays):

توجد في جميع أنواع الشجر وبشكل واضح في اشجار البلوط والزان.

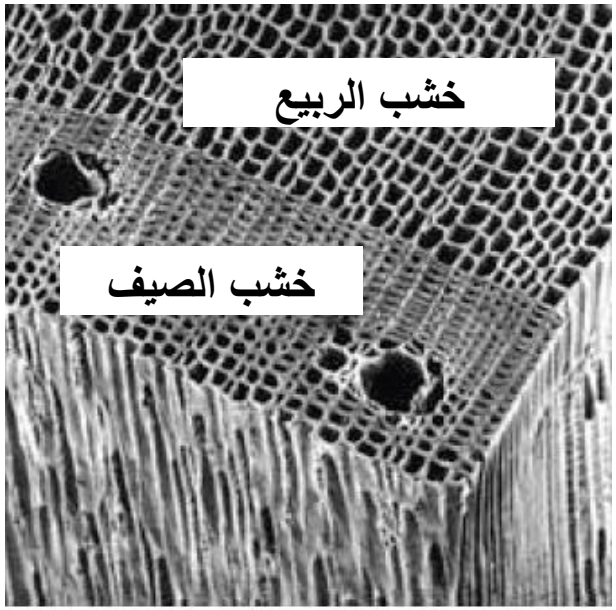
قسم من المجاري يبدأ من المركز باتجاه القشرة، وقسم يبدأ من مسافة قريبة ما من المركز ويتجه نحو القشرة.

تُستخدم لنقل الماء والمواد الغذائية الى جميع اجزاء الشجرة، وكذلك تُستخدم لحفظ الاحتياطي من المواد الغذائية.

8- الطبقات السنوية (حلقات النمو) (Growth rings) :

وهي بشكل حلقات ذات مركز واحد في الأشجار الصمغية. تنمو الأشجار عادة في الربيع والصيف والخريف، حيث تكون الطبقة النامية ذات خلايا كبيرة ولون فاتح وجدران رقيقة في وقت مبكر (في الربيع أو أوائل الصيف)، بينما تكون الطبقة النامية ذات لون غامق ومتانة وتراص أكبر في وقت متأخر (في الصيف أو الخريف).

تتكون حلقة النمو السنوية من حلقة نمو مبكر (خشب الربيع) وحلقة نمو متأخر(خشب الصيف) . كلما نمت حلقة النمو المتأخر أكثر كلما كانت المقاومة الميكانيكية أعلى.



9- الخواص الفيزيائية:

1- اللون والتعريقة:

يُعتبر اللون والتعريقة من العلامات المميزة لأنواع الخشب وذات قيمة كبيرة عند استعمالها كمواد تزيينية.

تتعلق تعريقة الخشب بترتيب وتوزع الالياف وتراصها وبشكل خاص القنوات المركزية وبنعومة السطح المعامل.

كلما زادت كثافة الخشب كلما ازداد البريق. إن تعريقة البلوط والزان جميلة لهذا تُعتبر ثمينة في مجال التزيين.

2- نسبة الماء (الرطوبة):

يدخل الماء في تركيب الخشب تحت ثلاثة اشكال :

1- ماء التركيب الكيميائي: هو الماء الذي يدخل في التراكيب الكيميائية للعناصر، ولا يمكن استئصاله إلا بتخريب طبيعة الاخشاب كحرقها مثلاً.

2- الماء الخلوي(المدمص): هو الماء الذي يتكثف (ادمصاص) على جدران الخلايا.

3- الماء الحر(الشعري): هو الماء الذي يملأ تجاويف الخلايا والفراغات الموجودة بينها.

$$H\% = \frac{W_h - W_d}{W_d}.100$$

حيث:

W_h : وزن العينة في الحالة الرطبة عند اجراء الدراسة. W_d : الوزن الجاف للعينة. H: رطوبة الخشب كنسبة مئوية

تجرى التجارب على عينات خشبية منتظمة الشكل أو غير منتظمة. يعين وزنها ثم تجفف بفرن درجة حرارته (105-110°C) حتى ثبات وزنها الذي يعين بعد التجفيف.

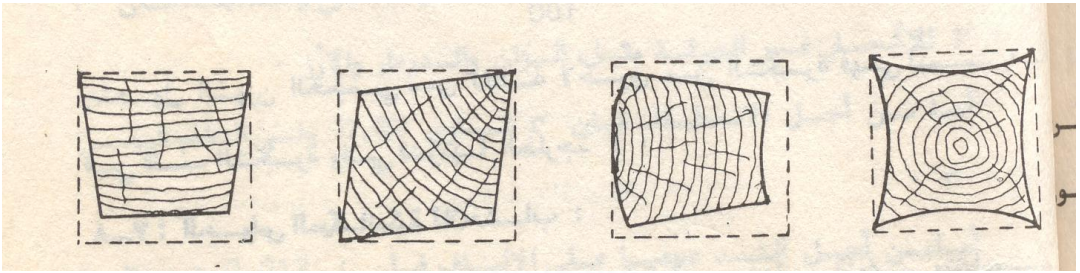
3- انكماش وانتفاخ الأخشاب:

عبارة عن تغير شكل الخشب بأبعاده وحجمه عندما تتغير رطوبته ضمن حدود محصورة بين حالته الجافة (اللامائية) وحالته المشبعة (درجة تشبع الالياف)، بينما أية رطوبة فوق درجة تشبع الألياف لا تؤثر على تغير الأبعاد.

عند زيادة رطوبة الخشب الجاف حتى 30% (حتى درجة تشبع الالياف)، فإن جدران الخلايا تنتفخ، وتعرض، مما يؤدي الى الزيادة في أبعاد الخشب، وعند تجفيف الخشب تحدث العملية العكسية، أي انكماش الخشب.

الرطوبة الشعرية: هي رطوبة الخشب فوق درجة تشبع الالياف، لذا فهي لا تؤثر على تغير أبعاد الخشب، سواء تغيرت زيادةً أو نقصاناً في تجاويف الخلايا..

يُظهر الشكل التالي أشكالاً مختلفة للتقلص في الأخشاب:



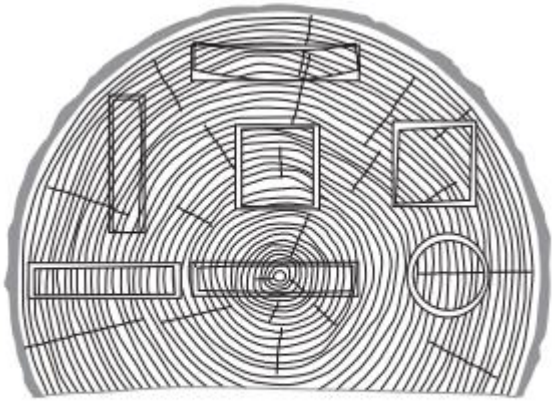
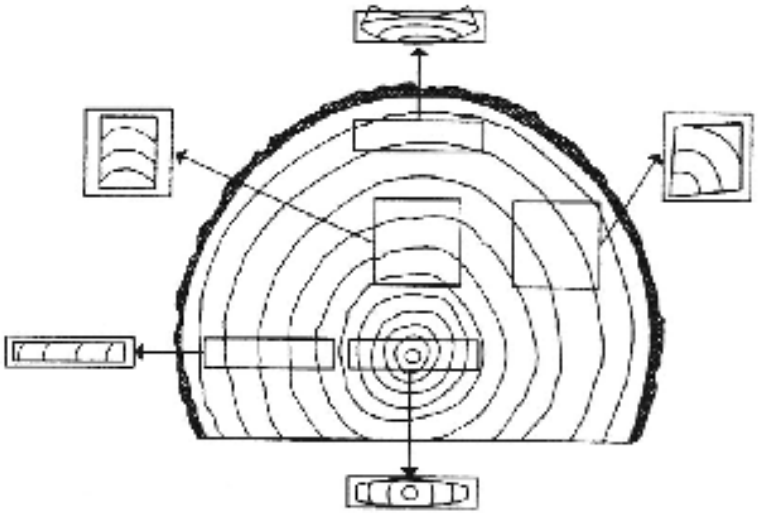


FIGURE 10.10 Distortion of flat, square, and round pieces as affected by direction of growth rings after seasoning (USDA-FS, 1999).



الانكماش غير المتماثل بالاتجاهات المختلفة

4- الوزن الحجمي للأخشاب:

من الضروري دراسة الوزن الحجمي للأخشاب لأن جميع الخصائص الميكانيكية تتحول بتحول الوزن الحجمي.

كما أن الخصائص الميكانيكية تتغير بتغير رطوبة الاخشاب بين الحالتين اللامائية، والاشباع ولهذا يجب أن تُجرى جميع التجارب على عينات ذات رطوبة نظامية 15% .

$$\gamma_{15} = \gamma_h \left[1 + 0.01\left(1 - K_o\right)\left(15 - H\right)\right]$$

حيث:

γ_{15} : الوزن الحجمي للعينة الخشبية عند الرطوبة 15%.

γ_h : الوزن الحجمي للعينة الخشبية عند الرطوبة H .

K_o : معامل الانكماش الحجمي، يؤخذ من جداول خاصة.

H : رطوبة الخشب عند تعيين الوزن الحجمي للعينة الخشبية γ_h.

مثال:

عينة من خشب الصنوبر وزنها الحجمي عند الرطوبة 15% تساوي: γ_{15} = 530 Kg/m3 , وعامل الانكماش Ko = 0.53، فإذا علمت أن وزنها الجاف 200g، ووزنها الرطب 250g، المطلوب:

1- أحسب وزن الماء في العينة ω (g)

2- أحسب نسبة رطوبة العينة H%

3- أحسب وزنها الحجمي عند الرطوبة H

الحل:

1- وزن الماء في العينة: $\omega = W_{\omega} - W_{dry} = 250 - 200 = 50$ g

2- نسبة رطوبة العينة: $H\% = \frac{250-200}{200} * 100 = 25\%$

3- الوزن الحجمي عند الرطوبة H : $\gamma_H = \gamma_{15} / [1 + 0.01 * (1 - K_o) * (15 - H)]$

$$\gamma_H = 530/[1 + 0.01 * (1 - 0.53) * (15 - 25)] = 556.14\ Kg/m3$$

10-تصنيف الأخشاب:

أولاً- حسب نوعها:

1- الاخشاب الطبيعية:

تقسم الى اخشاب طرية (الخشب الابيض، خشب السويد)، واخشاب صلبة (البلوط، الزان) .

وتقسم الأخشاب الطبيعية أيضاً إلى قسمين:

1- الأخشاب الصمغية: نحصل عليها من الأشجار الصمغية ذات الأوراق الابرية الدائمة، وسميت بهذا الاسم لأن جذعها يحتوي على مادة صمغية.

من أنواعها المعروفة: الشوح- الصنوبر- الشربين- الأرز.

2- الأخشاب المورقة: نحصل عليها من الأشجار المورقة ذات الأوراق الخضراء المنبسطة والتي تتساقط في فصلي الخريف والشتاء.

من أنواعها المعروفة: الحور- الزيزفون – البلوط – الدردار.

2- الاخشاب المصنعة:

تُصنّع هذه الاخشاب من فضلات الاخشاب الطبيعية (اللاتيه، MDF)

10-تصنيف الأخشاب:

ثانياً- حسب وزنها الحجمي:

1- الأخشاب الصمغية: تُصنف الى ثلاثة أصناف كما يلي:

الصنف	الوزن الحجمي γ (g/cm3)	مثال
خفيف	0.40 - 0.50	الشوح
نصف ثقيل	0.50 - 0.60	الصنوبر
ثقيل	0.60 - 0.70	الشربين

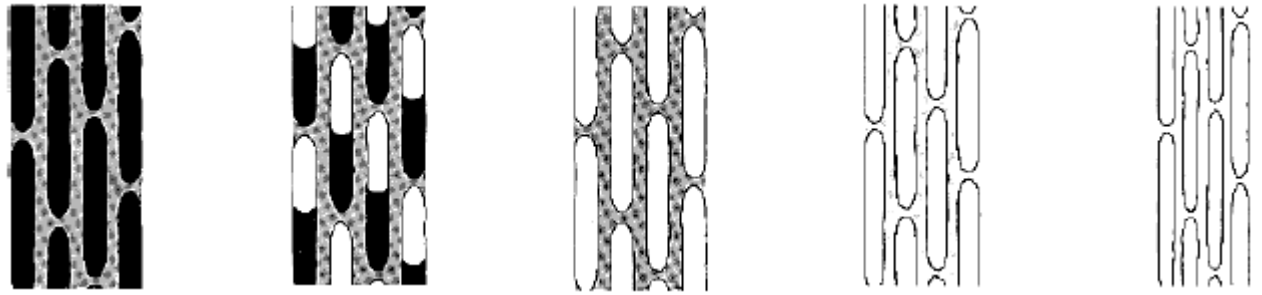
2- الأخشاب المورقة: تُصنف الى اربعة أصناف كما يلي:

الصنف	الوزن الحجمي γ (g/cm3)	مثال
خفيف	0.40 - 0.60	الحور
نصف ثقيل	0.60 - 0.75	الزان، البلوط
ثقيل	0.75 - 0.90	الشارم
ثقيل جداً	1.00 < γ	خشب افريقيا

ثالثاً- حسب كمية رطوبتها:

صنف الخشب	رطوبة الاشباع %
الخشب اللامائي	0
الخشب المائي	0-13
الخشب الجاف	13-18
الخشب المجفف في الهواء	18-23
الخشب نصف الجاف	23-30
الخشب الأخضر	> 30

تنصح المواصفات العالمية أن تكون كمية رطوبة الاخشاب عند استعماله في المنجور بحدود 13% .



H=0% | 0<H<30% | اشباع الالياف | H>30% | اشباع كامل

11- عيوب الأخشاب :

يقصد بعيوب الخشب التشكيلات غير النظامية في تكوينه سواء أثناء عملية نمو الشجرة، أو أثناء حفظ المواد الخشبية وكذلك أثناء استثمار الأجزاء البنائية، تؤثر هذه العيوب على الصفات الميكانيكية، وعلى جمال المواد الخشبية.

1- العقد والتموج والالتواء:

يمكن أن نميز نوعين من العقد: نامية، غير نامية

2- التشققات:

وهي عبارة عن انقطاعات في بنية الخشب باتجاه الالياف والتي تتشكل عند جفاف الشجرة:

تشققات التربيع : هي تشققات داخلية على طول الجذع مارة بمركزه ولكنها لا تصل الى الطبقات الخارجية. تبدأ شقوق التربيع ابتداء من اسفل جذع الشجرة والى الأعلى.

تشققات الليف : يمثل الليف شقوقاً دائرية في المقطع العرضي للشجرة وهذه الشقوق تفصل بين الطبقات السنوية.

تشققات التجلد : سبب هذه التشققات هو الجليد، وهي تبدأ من الدائرة (الطبقات) الخارجية وتنتهي قرب المركز (يتسع الشق عند السطح الخارجي ويضيق حتى يزول قبل المركز).

تشققات التقشب (التجفيف) : سبب هذه التشققات هو تجفيف الخشب وتنتشر من السطح الخارجي للجذع باتجاه المركز.

12- الصفات الخاصة:

- ناقلية الخشب للحرارة: إن ناقلية الخشب الجاف للحرارة صغيرة، ولهذا يُستعمل في العزل الحراري في البناء. تتعلق هذه الناقلية بمسامية الخشب، بدرجة رطوبته، وباتجاه تيار الحرارة.

إن عامل ناقلية الحرارة بالاتجاه العمودي على الألياف أصغر من عامل ناقلية الحرارة باتجاه الألياف.

- ناقلية الخشب للصوت: إن ناقلية الخشب للصوت أكبر من ناقلية الهواء للصوت أكبر بأربع مرات بالاتجاه العمودي على الألياف، وأكبر ب (10-16) مرة باتجاه الألياف.

- ناقلية الخشب للكهرباء: إن ناقلية الخشب للكهرباء ترتبط برطوبته، ولهذا يجب أن يكون الخشب المستعمل في التمديدات الكهربائية جافاً.

- مقاومة الخشب لتأثير الحموض والقلويات: إن مقاومة الخشب لهذا التأثير تختلف باختلاف أنواع الخشب.

يتلف الخشب تحت تأثير الحموض والقلويات لمدة طويلة.

13- الصفات الميكانيكية للخشب:

تؤثر الرطوبة على الخواص الميكانيكية للأخشاب عندما تتغير الرطوبة تحت نقطة تشبع الألياف، حيث تقل المقاومة مع زيادة الرطوبة (أي أن المقاومة تزداد مع التجفيف).

كما أن العلاقة بين كثافة الخشب والخواص الميكانيكية هي علاقة طردية أي أن الخواص الميكانيكية تزداد مع زيادة الكثافة.

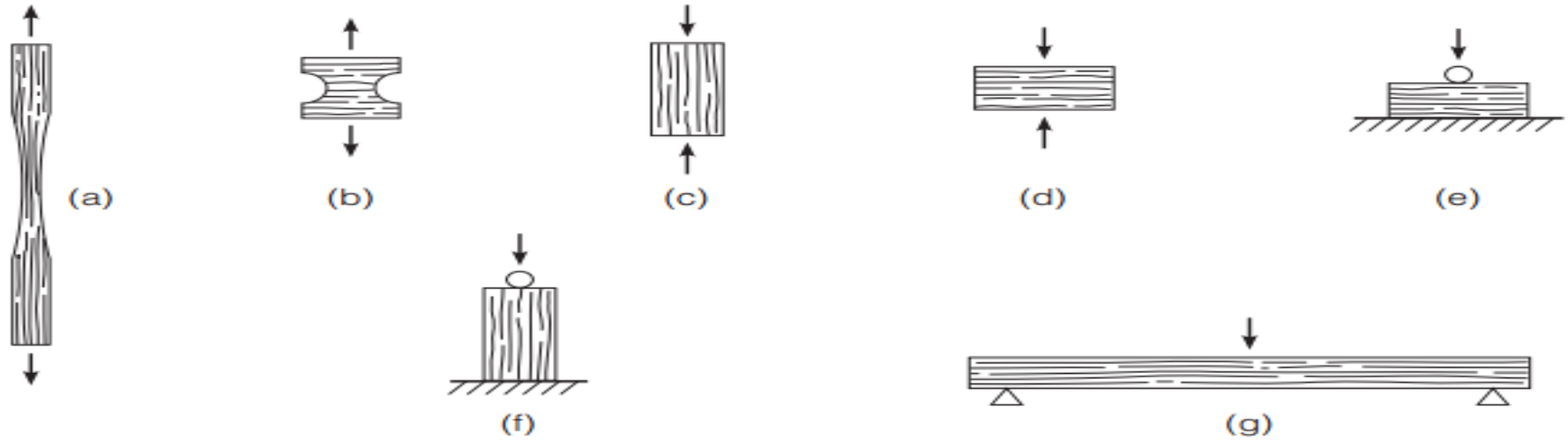


FIGURE 10.14 Test specimens of wood: (a) tension parallel to grain, (b) tension perpendicular to grain, (c) compression parallel to grain, (d) compression perpendicular to grain, (e) hardness perpendicular to grain, (f) hardness parallel to grain, and (g) bending. (© Pearson Education, Inc. Used by permission.)

1- قساوة الخشب :

تعين قساوة الخشب بواسطة الحمولة الضرورية لغرز كرة في سطح الخشب بعمق (5.64)mm، حيث يكون سطح الاثر يساوي $1Cm^2$.

تصنف الاخشاب حسب عامل القساوة الى ثلاث مجموعات: كلما كان الخشب اقسى كان مقاوماً اكثر.

صنف القساوة	عامل القساوة Kg/cm3	مثال
طرية	350-500	الصنوبر، الشوح
قاسية	501-1000	البلوط، الكستناء
قاسية جداً	>1000	الزعرور

تنخفض قساوة الخشب بتعرضه للرطوبة.

كما أن أنواع الخشب الثقيل تمتاز بمقاومة كبيرة للتآكل .

2- مقاومة الخشب على الضغط :

يمكن تحديد المقاومة على الضغط باتجاه موازي أو باتجاه عمودي أو باتجاه مماسي للالياف.

عند تحديد المقاومة على الضغط بالاتجاه العمودي على الالياف يلاحظ تشوه كبير للنموذج بدون ظهور الانكسار، ولهذا تُحدد حمولة الانكسار عندما يصبح تغير التشوه اسرع من تغير الاجهاد.

مقاومة الخشب على الضغط بالاتجاه الموازي للألياف أكبر بـ (5-10) مرة من المقاومة بالاتجاه العمودي.

ملاحظة: عندما يتعرض الخشب للحمولة لمدة طويلة فإن مقاومته تنخفض.

لذا عند تقدير قيمة المقاومة على الضغط فإنه يتم ضرب المقاومة عند الرطوبة 15% بعامل تخفيض تتراوح قيمته بين (0.6 -0.5) .

3- مقاومة الخشب على الشد :

إن مقاومة الشد باتجاه الالياف أكبر بـ (20-30) مرة من مقاومة الشد بالاتجاه العمودي على الالياف.

لا تؤثر الرطوبة على مقاومة الشد في حالة الأشجار الصمغية.

أما في حالة الاخشاب المورقة فيجب الاخذ بعين الاعتبار عامل تصحيح الرطوبة $\alpha=0.015$.

تتحمل الاخشاب على الشد اكثر من الضغط.

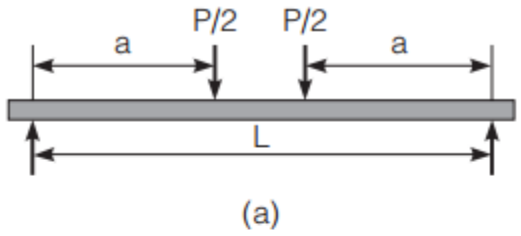
4- مقاومة الخشب على الانعطاف (الانحناء) :

إن مقاومة الخشب للانحناء عالية جداً، فهي أعلى من مقاومة الضغط وأقل من مقاومة الشد.

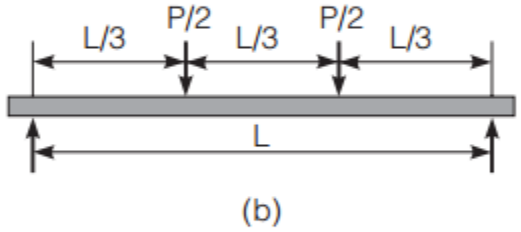
لذلك يتم استخدام الأجزاء الخشبية في العناصر المعرضة للانحناء مثل الجوائز والجسور.

أنواع اختبارات انعطاف جائز خشبي :

a)- التحميل بنقطتين



b)- التحميل بنقطتي الثلث



c)- التحميل بنقطة المركز

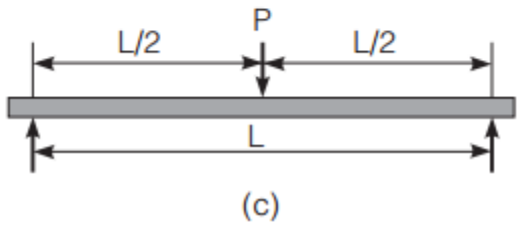


FIGURE 10.15 Methods of loading a wood beam: (a) two-point loading, (b) third-point loading, and (c) center-point loading.

حساب مقاومة الانعطاف R:

$$R = \frac{M.C}{I} = \frac{3}{2}.\frac{p.L}{b.h^2} \qquad [Kg/cm^2]$$

حيث:

M: عزم الانعطاف وهو يساوي: M= P.L/4.
P: الحمولة الأعظمية بالـ Kg
L: طول المجاز (المسافة بين المساند)، بالـ cm.
C: المسافة من المحور الطبيعي للجائز إلى حافة العينة = h/2.
I: عزم العطالة = $b.h^3/12$
b: القيمة الوسطية لعرض الجائز، بالـ cm.
h: القيمة الوسطية لعمق الجائز، بالـ cm.

التحميل بنقطة المركز

مثال:

أجري اختبار الانعطاف بنقطة تحميل مركزية وفق المواصفة ASTM D-143، على عينة خشبية موشورية الشكل أبعادها (5*5*76)cm، وطول مجازها (L=71cm)، فإذا علمت أن مقدار الحمولة الكاسرة P_{max}= 276 Kg، يطلب ايجاد قيمة مقاومة الانعطاف R.

الحل:

تحسب مقاومة الانعطاف من العلاقة:

$$R = \frac{M.C}{I} = \frac{3}{2}.\frac{p.L}{b.h^2} = \frac{3}{2} \times \frac{276*71}{5*5^2} = 235.2 \quad [Kg/cm^2]$$

14- الاجراءات اللازمة لإطالة خدمة (ديمومة) المنشآت الخشبية :

ان اصابة الخشب بالفطور تؤدي الى تلفه سواء كان مستعملاً في المنشآت أو محفوظاً في المستودعات. لذلك يجب اتخاذ مجموعة من الاجراءات لحفظ الخشب واطالة مدة خدمته في المنشآت، نذكر منها:

1- تجفيف الخشب

2- حقن الخشب بالمواد المضادة للتعفن