

## الخواص الميكانيكية للمواد الصلبة:

### Mechanical Properties of Solid Materials

يختص هذا الفصل بدراسة سلوك المواد الواقعة تحت تأثير قوى خارجية. إن استجابة المواد للقوى المؤثرة عليها يعتمد على عوامل عديدة (1. منها ترتيب الذرات والجزيئات المكونة للمادة و2. نوع الترابط بين هذه الذرات والجزيئات 3. كما تعتمد على أنواع وأعداد عيوب التركيب في المواد الصلبة)، وعليه فإن الخواص الميكانيكية تكون ذات أهمية في تحديد صفات المادة ومدى ملائمتها للاستخدام في التطبيقات الصناعية.

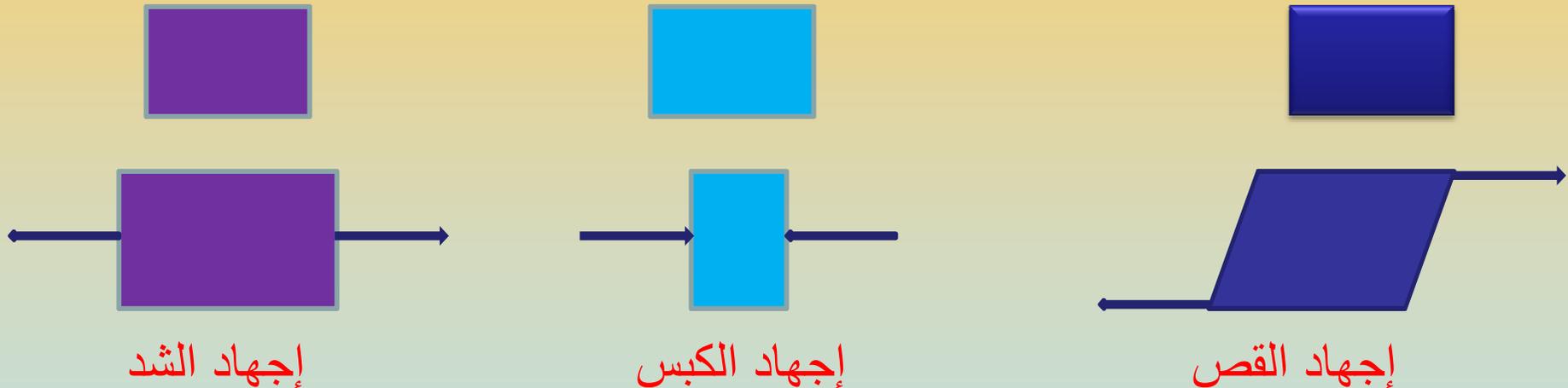
يهتم المهندسون كثيراً بالخواص الميكانيكية للمواد المتوفرة لديهم عند إقدامهم لتنفيذ أي عمل هندسي من بناء الجسور والمركبات والحاسبات الالكترونية إلى بناء المركبات الفضائية. سيقدم هذا الفصل أساسيات الخواص الميكانيكية كالإجهاد والانفعال وأنواعهما وعلاقتها للمواد المتجانسة والتي تمتلك الخواص نفسها في جميع الاتجاهات (Isotropic)، وسوف تستثنى المواد التي تعتمد خواصها على الاتجاه داخل المادة (Anisotropic). قبل الخوض في مفردات هذا الفصل يجب التذكّر دائماً إن جميع المواد الصلبة الحقيقية تستجيب إلى حدٍ ما عند تسليط قوى خارجية عليها، حيث لا يوجد جسم تام الصلادة. يعرف الجسم التام الصلادة (rigid) على أنه ذلك الجسم الذي تبقى فيه المسافة بين أية نقطتين منه ثابتة لا تتغير مهما كان مقدار القوى المسلطة عليه.

## الإجهاد: Stress (S)

يُعرف بأنه القوة المسلطة على وحدة المساحات من السطح الذي تطبق عليه القوة. ووحدة الإجهاد (N/m<sup>2</sup>) أو (dyne/cm<sup>2</sup>) أو (lb/in<sup>2</sup>) أو (lb/ft<sup>2</sup>). فإذا رمزنا للقوة بـ (F) والمساحة (A) فان:

$$S=F/A$$

ويمكن أن نقسم الإجهاد إلى ثلاثة أنواع هي الشد والكبس والقص كما في الشكل (1):



شكل (1): أنواع الاجتهاد.

## 1. الإجهاد التوتري (إجهاد الشد): $S_T$

وفيه تؤثر قوتان متساويتان في المقدار متعاكستان في الاتجاه على نهايتي الجسم وعلى نفس خط التأثير، وعليه فإن تأثير القوتين يؤدي إلى استطالة الجسم تتوزع القوة بالتساوي على جميع المساحة  $A$  (ما عدا نهايتي الجسم). كما في الشكل (3).

$$S_T = F/A$$



شكل (2): إجهاد الشد.

## 2. إجهاد الكبس: $S_C$

وفيه تؤثر قوتان متساويتان في المقدار متعاكستان في الاتجاه (متقابلتان) على نهايتي الجسم وعلى نفس خط التأثير، وعليه فإن تأثير القوتين يؤدي إلى ضغط الجسم وتقصير طوله كما في الشكل (3).

$$S_C = F/A$$

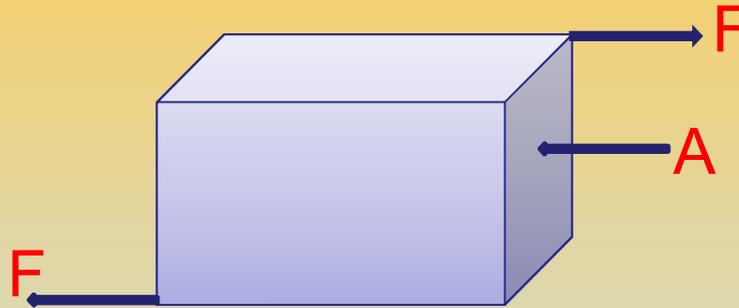


الشكل (3): أجهاد الكبس.

### 3. إجهاد القص: Shear Stress ( $S_s$ )

وفيه تؤثر قوتان متساويتان في المقدار متعاكستان في الاتجاه (مبتعدتان) على نهايتي الجسم وعلى خطوط تأثير مختلفة كما في الشكل (4)، وعليه فان تأثير القوتين يؤدي إلى تغير شكل الجسم دون تغير حجمه.

$$S_s = F/A$$



الشكل (4): إجهاد القص.

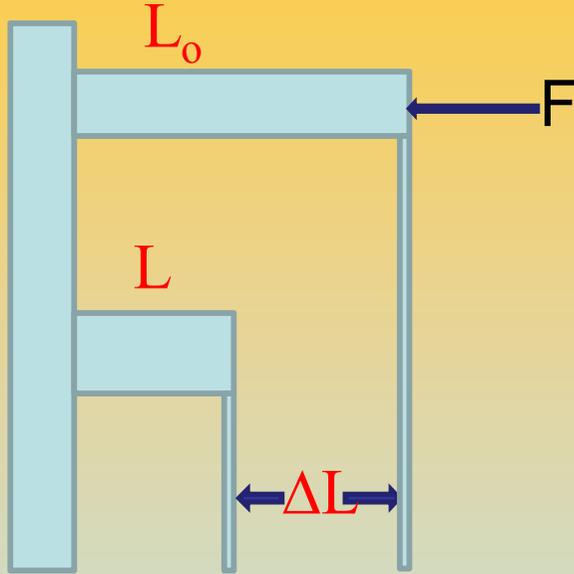
### الانفعال (المطاوعة): Strain (N)

يُعرف انفعال أو مطاوعة مادة بأنة تشوه تلك المادة. كما ويعرف أيضا على انه التغير النسبي الذي يسببه الإجهاد لأبعاد الجسم أو شكله أو حجمه. وبما أن هناك عدة أنواع للإجهاد فسيكون هناك عدة أنواع للمطاوعة (الانفعال) تبعاً لذلك وهي مطاوعة الشد (التوتر) ومطاوعة الكبس ومطاوعة القص. إن المطاوعة بجميع أنواعها نسبة مجرد من الوحدات.

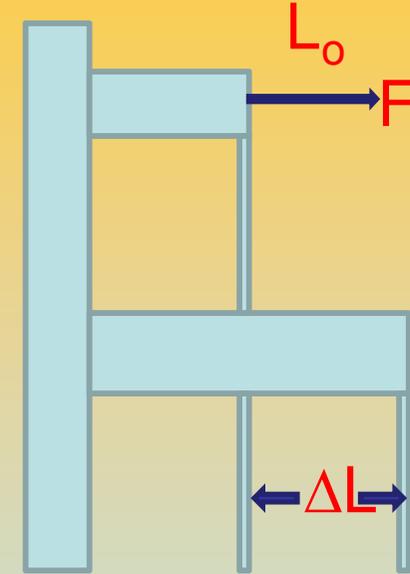
## 1. مطاوعة التوتر: (N<sub>T</sub>) Tensile Strain

ويعبر عن مطاوعة التوتر بأنه نسبة الاستطالة إلى الطول الأصلي، وتساوي

$$N_T = \frac{\Delta L}{L_0} \text{ (الاستطالة/الطول الأصلي)، أي أن:}$$



شكل (6): مطاوعة الكبس.



شكل (5): مطاوعة التوتر.

## 2. مطاوعة الكبس: (N<sub>C</sub>) Compressive Strain

ويعبر عن مطاوعة الكبس بأنه نسبة الانكماش (التقلص) إلى الطول الأصلي، وتساوي

(الانكماش/الطول الأصلي) أي أن:

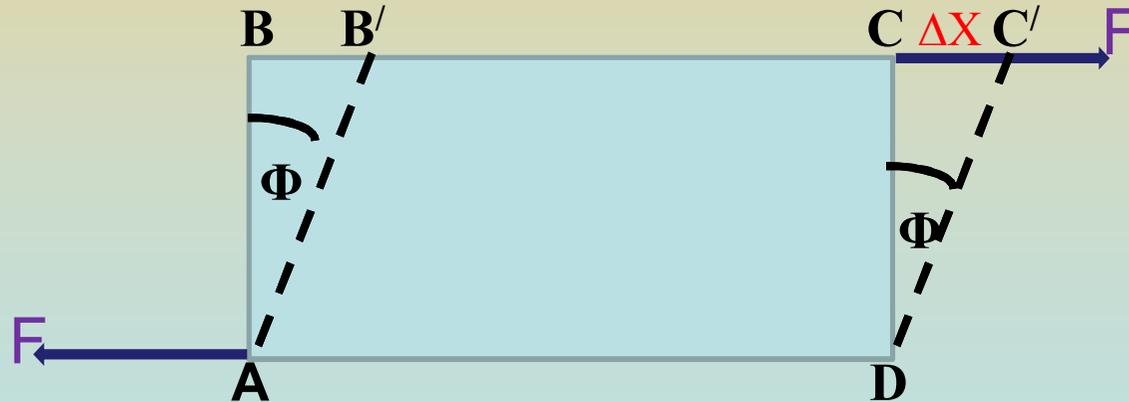
$$N_C = \frac{\Delta L}{L_0}$$

### 3. مطاوعة قصية: Shear Strain ( $N_s$ )

ويعبر عن المطاوعة القصية بمقدار الإزاحة الجانبية للطول مثلاً إلى الطول الأصلي،  
وتساوي:

$$N_s = \frac{\Delta X}{L_0} = \tan \phi \cong \phi$$

كما ويعبر عن النسب المذكورة في أعلاه بدلالة النسبة المئوية نسبة إلى الطول الأصلي. إذا زال الانفعال بصورة تامة ومباشرة بعد إزالة الإجهاد الذي سببه، سمي الجسم الصلب بأنه تام المرونة **Perfectly elastic**. أما إذا اكتسب الجسم شكلاً وحجماً جديدين بعد إزالة الإجهاد المسبب لهما، سمي الجسم تام اللدونة **Perfectly Plastic**. وفي الحقيقة لا يوجد جسم تام المرونة، كذلك لا يوجد جسم تام اللدونة.



الشكل (7): مطاوعة القص.