المحاضرة الرابعة

الفصل الثالث

الخواص الميكانيكية للمواد

المرونة : Elasticity

يتطرق موضوع المرونة الى دراسة الكيفية التي يتغير فيها شكل وحجم المواد الحقيقية مثل الخشب والحديد والخرسانة عند تسليط قوة خارجية عليها . ويسمى هذا الموضوع بمقاومة المواد *strength of material* .

ان المواد تتأثر بالقوة الخارجية المؤثرة عليها بدرجات متفاوتة ، فالجسم الصلد او المتماسك يعرف بانه الجسم الذي لا يتغير شكله او حجمه بتأثير القوى الخارجية .اما المادة التي تسترجع شكلها وحجمها الاصليين عند زوال القوة فتعرف بانها مادة تامة المرونة وخلافا لذلك فأنها تسمى مادة لدنة *plastic* وتفقد المادة خاصية المرونة اذا ازدادت القوة عن مقدار معين يسمى حد المرونة (*Elastic limit*) وتدرس خواص المرونة للمواد بواسطة كميتين هما الاجهاد (*stress*) والمطاوعة (*strain*) .

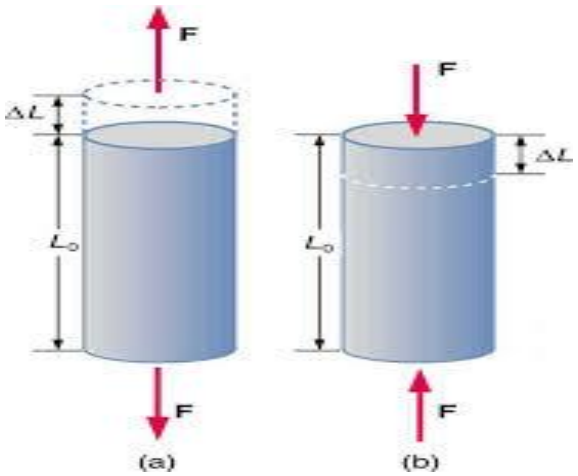
الاجهاد : *Stress*

هو القوة المؤثرة على وحدة المساحة *F/A* حيث ان

F :القوة و A :*المساحة*. وهناك انواع من الاجهاد وهي :

1. إجهاد الشد : فيه تؤثر قوتان متساويتان في المقدار ومتعاكستان في الاتجاه على نهايتي الجسم وعلى نفس خط التأثير وعليه فان تأثير القوتين هو العمل على استطالة الجسم، حيث تتوزع القوة بالتساوي على جميع المساحة ماعدا نهايتي الجسم

*2.*اجهاد الكبس : فيه تؤثر قوتان متساويتان في المقدار ومتعاكستان في الاتجاه على نهايتي الجسم وعلى نفس خط التأثير وعليه فان تأثير القوتين هو العمل على ضغط الجسم وتقصير طوله

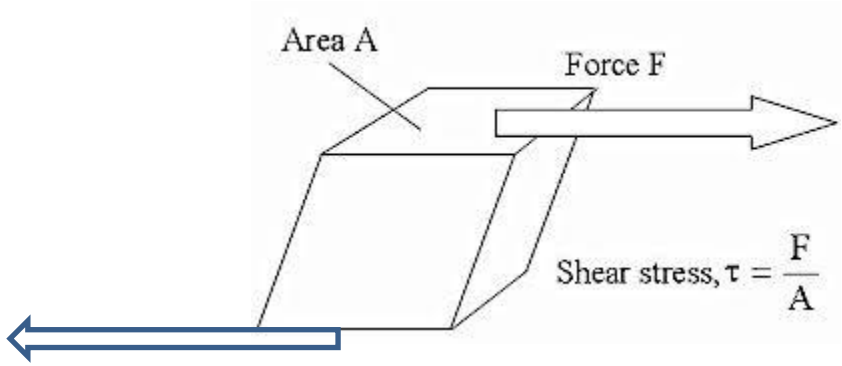


شكل يبين اجهاد الشد واجهاد الكبس

a اجهاد الشد

b اجهاد الكبس

3 إجهاد القص :وفيه تؤثر قوتان متساويتان في المقدار متعاكستان في الاتجاه (مبتعدتان) على نهايتي الجسم وعلى خطوط تأثير مختلفة كما في الشكل، وعليه فان تأثير القوتان تؤدي إلى تغير شكل الجسم دون تغير حجمه



المطاوعة : Strain(N)

تعرف مطاوعة مادة وتسمى ايضا (الانفعال) بانها التغير النسبي الذي يسببه الاجهاد لأبعاد الجسم او شكله او حجمه ويعرف ايضا انه تشوه تلك المادة وبما انه هناك عدة انواع للإجهاد فانه هناك عدة انواع للمطاوعة تبعا لذلك فهناك مطاوعة الشد (التوتر) ومطاوعة الكبس ومطاوعة القص . ان المطاوعة بجميع انواعها خالية من الوحدات .

1-مطاوعة الشد (التوتر) : N_τ

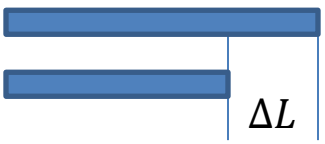
ويعرف بانه نسبة الاستطالة الى الطول الاصلي وتساوي الاستطالة / الطول الاصلي اي انه :

$$N_\tau = \frac{\Delta L}{L_\circ}$$

2- *مطاوعة الكبس :* N_c

وتعرف بانها نسبة الانكماش (التقلص) الى الطول الاصلي وتساوي (الانكماش / الطول الاصلي) اي انه

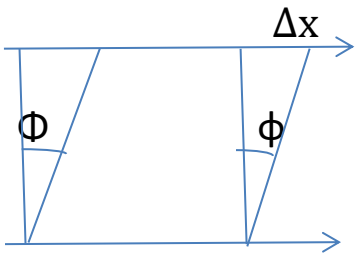
$$N_c = \frac{\Delta L}{L_\circ}$$



3- مطاوعة قصية : N_s

ويعبر عن المطاوعة القصية ب مقدار الازاحة الجانبية للطول مثلا للطول الاصلي وتساوي

$$N_s = \frac{\Delta x}{L_\circ} = \tan\phi = \phi$$

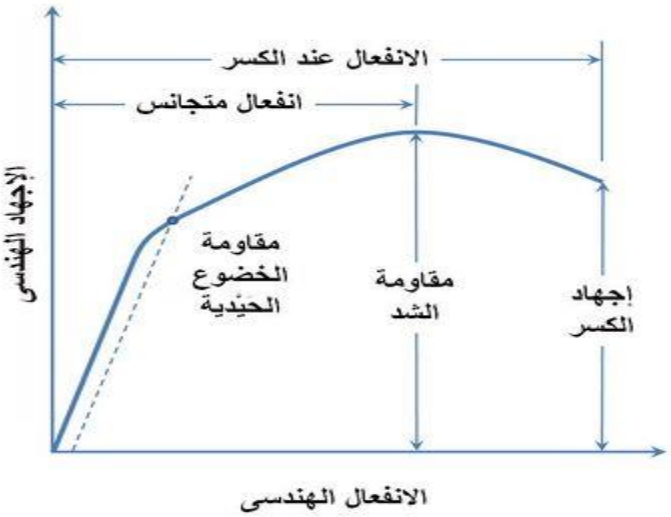


منحنى الاجهاد والمطاوعة :

وهو منحني يبين العلاقة بين الاجهاد والمطاوعة للمادة وكل مادة لها خصائص محددة لذلك تختلف كل مادة عن اخرى في درجة المطاوعة .

ويبدا المنحني بعلاقة خطية حيث تزداد المطاوعة بزيادة الاجهاد الى ان تصل نقطه معينة تسمى مقاومة الخضوع حيث يبدا التشوه بالجسم بعد هذه النقطة ويكون التشوه دائمي اي لا تعود المادة الى شكلها الاصلي بعد زوال الاجهاد .

ومن ثم وباستمرار زيادة الاجهاد على المادة يزداد مقدار التشوه او الانفعال في المادة الى ان تصل الى مرحلة مقاومة المادة للإجهاد الى ان يحصل تكسر في المادة وتسمى هذه النقطة اجهاد الكسر اي ان المادة تتلف كليا بتأثير الاجهاد المسلط عليها . والشكل ادناه يبين المنحني بين الاجهاد والمطاوعة .



ـ الضغط في الموائع الساكنة: Hydrostatic Pressure

ان مصطلح الموائع يطلق على السوائل والغازات وهي المواد التي تسيل ولها قابلية الجريان .

ويعرف الضغط في نقطة ما بانه القوة المؤثرة عموديا على وحدة المساحة الحاوية على تلك النقطة , أي انه لو اثرت قوة dF عموديا على وحدة مساحة dA فان الضغط P يعطى بالعلاقة :

$$P = \frac{dF}{dA}$$

فاذا كان الضغط متساويا في جميع نقاط السطح الذي مساحته A فان العلقة السابقة تصبح

$$P = \frac{F}{A}$$

ووحدة قياس الضغط هي($N\backslash m^2$) او($Dy\backslash Cm^2$) وهناك وحدة عملية لقياس الضغط تسمى توريشللي ويرمز لها بالرمز (Torr) وتعادل الضغط الذي يولده عمود من الزئبق ارتفاعه ملي‌متر واحد

والضغط كمية غير اتجاهية على الرغم من ان القوة متجه فاذا كان المائع ساكنا وجب ان يكون اتجاه القوة عموديا على سطح المائع .

ويمكن استنتاج الضغط في الموائع بالطريقة التالية :

$$P = \frac{F}{A}$$

$$F = \text{mg}$$

$$P = \frac{\text{mg}}{\text{A}}$$

$$\rho = \frac{m}{V}$$

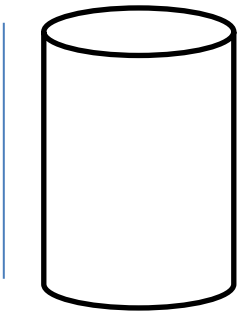
- $m = \rho V$

$$P = \frac{\rho V g}{A}$$

وعلى فرض ان حجم المائع يساوي حجم أسطوانة ارتفاعها h

حجم الأسطوانة يعطى بالعلاقة :

$V = Ah$



اذن الضغط يساوي

$P = \frac{\rho g A h}{A}$

$\therefore P = \rho g h$

وإذا وضع المائع في اناء مفتوح فيجب الاخذ بنظر الاعتبار الضغط الجوي لأنه يؤثر على السائل أيضا فتكون المعادلة السابقة بالصيغة التالية:

$P=P_a + \rho g h$

ـ <u>خصائص ضغط السائل الساكن :</u>

1- تكون القوة المؤثرة بواسطة المائع عمودية دائما على الاسطح الملامسة للمائع بصرف النظر عن اتجاه السطح.
2- يجب ان يكون صافي القوة المؤثرة عاى أي عنصر حجمي صفر .
3- الضغط الناتج عن وزن المائع عند أي نقطة تقع على عمق h تحت سطح المائع الذي كثافته ρ تساوي ρgh
4- اذا سببت قوة خارجية ما زيادة الضغط عند أي نقطة في مائع محبوس غير قابل للانضغاط فان الضغط يزداد عند كل نقاط المائع بنفس المقدار وتعرف هذه الحقيقة باسم مبدأ باسكال .
5- يتساوى ضغط المائع المحصور عند جميع النقاط التي تقع على نفس العمق .

ـ <u>الضغط الجوي</u> :

الضغط الجوي على الأرض هو مثال على ضغط الغاز على الأنسان وهناك فرق بين ضغط الهواء وضغط عمود السائل ونظرا لان الهواء غاز فهو قابل للانضغاط ولذلك فان كثافته تختلف من مكان لأخر أي اتنها ليست ثابته في مستويات الجو المختلفة. كذلك فليس للغلاف الجوي سطح علوي محدد تحديدا واضحا وكل ما في الامر فانه يزداد خفة ورقة بزيادة الارتفاع فكثافة الهواء على ارتفاع 20 km تقل بمقدار 8% فقط عن قيمتها على مستوى سطح البحر. ومع ذلك يمكننا استخراج قيمة تقريبية للضغط الجوي P_a بطريقة ضغط السائل ومقارنتها بالقيمة المقاسة.

نعتبر ان الغلاف الجوي مائع عمقه 20 km وكثافته ثابته تساوي نصف كثافة الهواء عند مستوى سطح البحر والتي تساوي $1.29\ kg\backslash m^3$ وعليه تكون القيمة التقديرية للضغط الجوي حسب المعادلة

$P_a = \rho gh$

$P_a = 1\backslash 2\ (1.29)(9.8)(20*10^3)$

$P_a = 1.3*10^5\ Pa$

اما القيمة المقاسة للضغط الجوي P_a وتسمى الضغط الجوي القياسي فهي

$P_a(standard) = 1.01325 *10^5\ Pa$

ومن الجدير بالذكر ان الضغط الجوي يتغير بتغير درجة الحرارة والارتفاع.

يستخدم البارومتر لقياس الضغط الجوي وهو جهاز صممه العالم الإيطالي توريشللي واستخدم فيه الزئبق لقياس الضغط الجوي ويتكون الجهاز من انبوبة زجاجية طولها متر واحد وأحد طرفيها مغلق والأخر مفتوح ووعاء مملوء بالزئبق. وقام العالم توريشللي بملء الانبوب بالزئبق وسد فوهة الانبوب بأصبعه ونكس الانبوب بالوعاء المملوء بالزئبق ولاحظ عند جعل الانبوبة عمودية ورفع اصبعه ان عمود الزئبق هبط في الانبوب حتى استقر سطحه عند الارتفاع 76 cm فوق مستوى سطح الوعاء .

لقد هبط عمود الزئبق حتى أصبحت القوة الناتجة عن وزنه داخل الانبوبة مساويا للضغط الجوي المؤثر على سطح الانبوبة .

ولقياس قيمة الضغط الجوي بصورة مضبوطة حسب تجربة توريشللي نستخدم معادلة الضغط في السوائل

$P = \rho gh$

حيث ان

كثافة الزئبق = $13.6\ gm\backslash cm^3$ = $13600\ kg\backslash m^3$

التعجيل الأرضي = $9.8\ m\backslash s^2$

طول عمود الزئبق h = 76cm = 0.76 m

$P_a = 13600 * 9.8 * 0.76 = 1.013 * 10^5\ Pa = 1\ atmosphere$