هندسة البناء والإنشاءات / المرحلة الأولى

مواد إنشائية

م. أمدى

مواد انشائية

6/2/2021

تصنيف المواد الهندسية وخواصها

د. منذر

المواد الهندسية

هي أي مادة تدخل في عمل من الاعمال الانشائية سواء كان عمرانيا او صناعيا, لذلك يجب المعرفة الدقيقة لانواع المواد المختلفة وبحثها ودراسة خواصها وإمكانية اختيار الأفضل منها.

تصنيف المواد الهندسية : تصنف الى عدة أنواع منها:

1. مواد معدنية (Metallic Materials) وتدخل في الصناعة الانشائية والأجهزة وتنقسم الى نوعين:
   - ✓ معادن حديدية وتشمل الصلب, حديد المطاوع, و حديد الزهر.
   - ✓ معادن غير حديدية منها الثقيل مثل النحاس والنيكل ومنها الخفيف مثل الالمنيوم ومنها الطري مثل الرصاص.
2. مواد غير معدنية (Non Metallic Materials) وتنقسم الى نوعين :
   - ✓ مواد البناء مثل الأحجار, الطابوق, الاسمنت, الجبس, الخشب, الركام ..... الخ
   - ✓ مواد متنوعة مثل البلاستك, الفلين, المطاط, الزجاج, الاصباغ..... الخ

خواص المواد الهندسية:

هي تلك المميزات والصفات التي تتميز بها المواد بعضها عن البعض الأخر وتظهر على شكل صفات خاصة للمادة سواء كان بالإحساس البسيط لتلك الصفة او باستعمال الأجهزة والآلات الدقيقة لقياسها.

ويمكن تقسيم خواص المواد الهندسية الى:-

١ - الخواص الفيزياوية .وتشمل الأبعاد ،الشكل ،المساحة محتوى الرطوبة و الوزن النوعي ،

٢ - الخواص الميكانيكية وتشمل مقاومة الضغط والشد والقص ، الصلادة ،الانحناء ، المرونة.

٣ - الخواص الكيميائية وتشمل التركيب الكيمياتي ، الحامضية او القاعدية.

٤- الخواص الحرارية وتشمل التوصيل الحراري ، العزل الحراري.

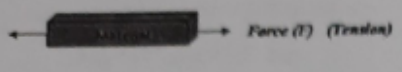
٥- الخواص الكهرومغناطيسية وتشمل التوصيل الكهربائي والنفاذ المغناطيسي.

٦- الخواص الصوتية وتشمل العزل الصوتي ، الانعكاس الصوتي وامتصاص الصوت.

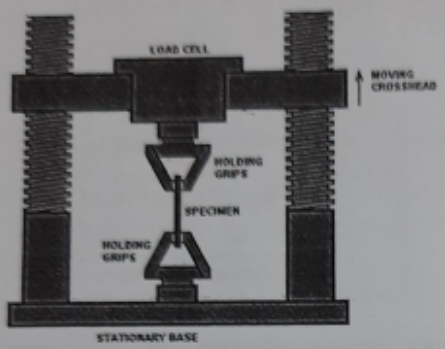
٧- الخواص البصرية وتشمل اللون وانكسار الضوء ، امتصاص وانعكاس الضوء.

ولما كانت الخواص الميكانيكية هي التي تحدد سلوك المواد تحت تاثير الاحمال المختلفة لها, اصبح الالمام بهذه الخواص أساسيا عند تصميم أي عمل هندسي يتعرض لتاثير الاحمال.

1. قوة الشد Tensile Force: - هي قدرة المادة على مقاومة أحمال الشد (التمدد) دون حصول فشل، والذي يحاول زيادة أبعاد المادة في اتجاه القوة.

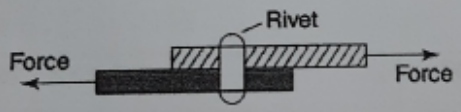


$$\sigma = \frac{P}{A}$$



2. قوة الضغط Compressive Force: - هي قدرة المادة على تحمل أحمال الضغط دون تشقق أو تكسر، الذي يحاول تقليل ابعاد المادة.

3. قوة القص Shear Force: - هو قدرة المادة على مقاومة الأحمال العرضية دون حصول فشل



الاجهاد (Stress)

هو القوة المسلطة على وحدة المساحة ويمثل مقياس لانتشار القوى في داخل الكتلة او الجسم

Stress (σ) = Force /Area = F/A psi, ksi, kPa, MPa, GPa

وتكون الاجهادات على ثلاثة انواع هما:

١- اجهادات الضغط عندما تكون الاحمال او القوى ضغط.

٢- اجهادات الشد عندما يتعرض الجسم الى قوى سحب او شد.

٣- اجهاد القص عندما يتعرض الجسم الى قوى قص.

الوحدات

1Kg=9.81 N ⟶ 15Kg = ? N

1lb=0.454 Kg ⟶ ? lb = 25Kg

Kpa $=10^3$ pa , Mpa $=10^6$ pa , Gpa $=10^9$ pa $\quad pa(\frac{N}{m2})$

1KN=1000N , 1Ton =1000Kg

$1\,m^3=10^3$ Liter$=10^6$ ml or cc

1kg$=10^3$ gm $=10^6$ mg

1yard =3 ft =36 in , 1ft=12 inch

1yard = 0.92 m

H.W prove it

$1\text{ psi}\,(\frac{lb}{in2}) = 6.9\,\frac{KN}{m2}$
$1\,m^2 = 10.76\,ft^2$
$\frac{kg}{cm2} = 0.1\,\frac{N}{mm2}$

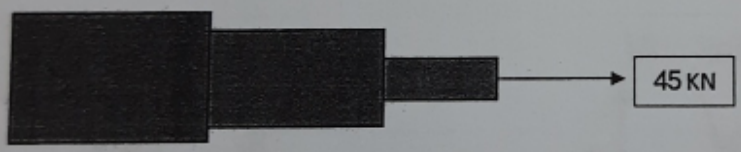
Kpa$(\frac{KN}{m2})$

Mpa$(\frac{N}{mm2})$

Gpa$(\frac{KN}{mm2})$

المقاومة (Strength) هو أقصى إجهاد يمكن ان تتحملة المادة دون الانهيارأو الفشل وتقاس بالحمل الاقصى المسلط على وحدة المساحة.

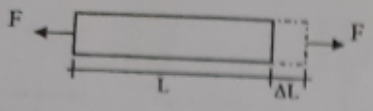
مثال: اوجد الاجهادات عند المقاطع المبينة في الشكل التالي:



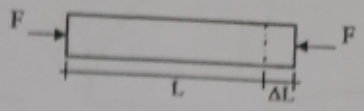
Section	Diameter (mm)	Area (mm^2)	Stress = load / area N/mm^2 or MPa
A - A	100	$A = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{\pi (100)^2}{4} = 7854$	$\frac{45 \times 1000}{7854} = 5.73$
B - B	50	$A = \frac{\pi (50)^2}{4} = 1963.5$	$\frac{45 \times 1000}{1963.5} = 22.92$
C - C	25	$A = \frac{\pi (25)^2}{4} = 490.9$	$\frac{45 \times 1000}{490.9} = 91.67$

الانفعال Strain: هو مقدار التغير بالطول او الحجم الى الطول الاصلي او الحجم الاصلي ويمثل مقياس التشوهات في الكتلة او الجسم.

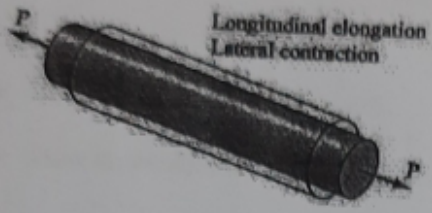
$$\text{Strain } (\varepsilon) = \frac{\Delta L}{L} \text{ or } \frac{\Delta v}{v} \text{ mm/mm , } 10^{-6} \text{ Micro strain}$$

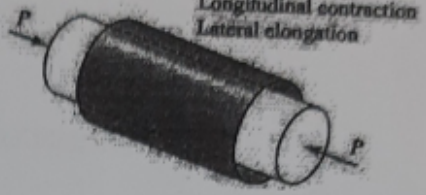


$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L}$$ Tensile



$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L}$$ Compressive

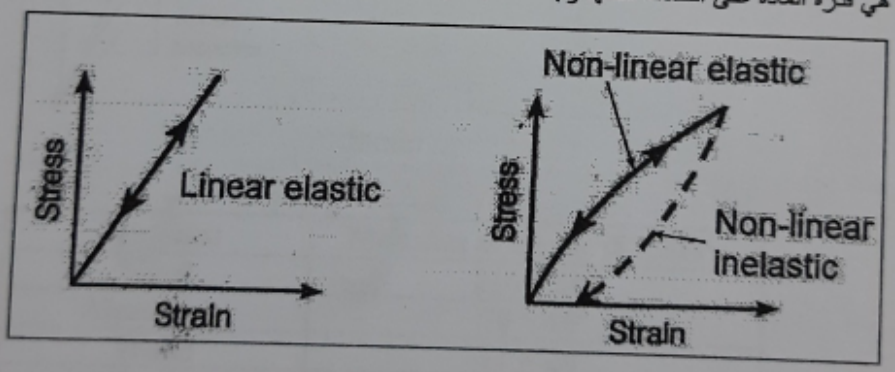




مثال:- سلك معدني طوله ١٠٠ ملم سلط عليه إجهاد شد فأصبح طوله ١٠٣ ملم . ما هو قيمة انفعال الشد؟

المرونة Elasticity

هي قدرة المادة على استعادة شكلها وابعادها الاصلية بعد زوال الحمل المؤثر.

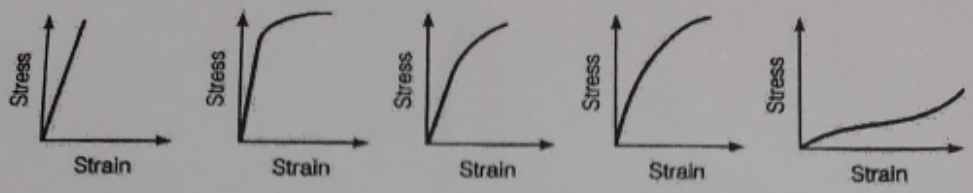


معامل المرونة Modulus of Elasticity

حاصل قسمة الاجهاد على الانفعال لنفس اتجاه الحمل والانفعال لجسم مرن ويتم ايجاده من منحني الاجهاد-الانفعال لمادة معينة حيث يمثل قيمة ميل الجزء الخطي لبداية المنحني.

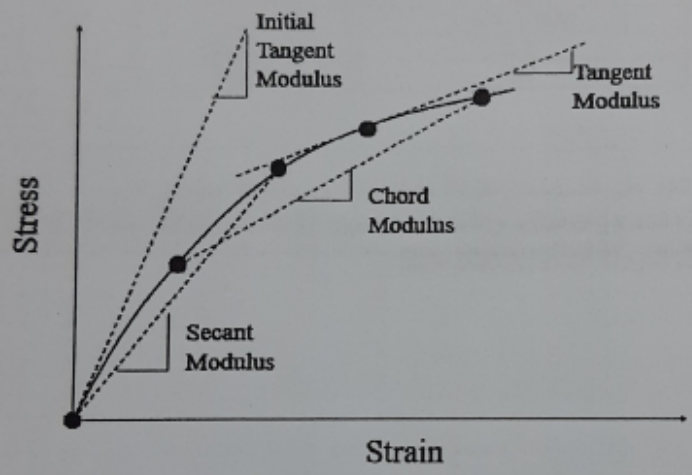
$$E = \text{Stress/Strain} = \sigma / \varepsilon$$

$$kg/cm^2 , N/mm^2 , lb/in^2$$



Glass and chalk | Steel | Aluminum alloys | Concrete | Soft rubber

- What if response is not linear?
- How do we find the slope (Modulus of Elasticity)?

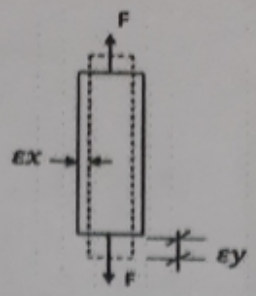


Material	Modulus of elastic (E), MPa
Steel	210×10^3
Aluminum	70×10^3
Wood	11×10^3
Plastics	1×10^3
Rubber	0.01×10^3
Concrete	$15.5 \times 10^3 - 36.5 \times 10^3$

Possion's Ratio نسبة بواسون

هو نسبة الانفعال الجانبي الى الانفعال الطولي لعينة محمله بحمل محوري

Poissons Ratio(υ)= Lateral Strain / Longtudinal Strain = εx/ εy



الجدول ادناه يمثل قيم نسبة بواسون لبعض المواد

Material	Poisson's Ratio (υ)
Steel	0.27 – 0.30
Aluminum	0.34
Copper	0.35
Glass	0.18 – 0.30
Rubber	0.49
Concrete	0.2

مثال: - تم إجراء اختبار الشد على قضيب من الفولاذ طوله ١٨ سم ومقطعه العرضي قطره ١٨ ملم. اوجد قيمة الحد الأقصى المسموح لقوة الشد F والانفعال ε والاستطالة ΔL دون فشل قضيب الفولاذ، علما أن الإجهاد المسموح به 400 N/mm^2 ومعامل المرونة $10^3 \times$ 200 N/mm^2

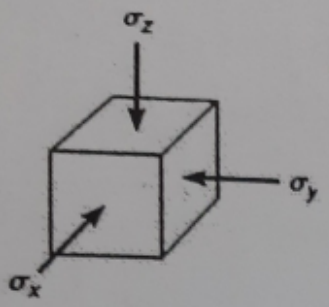
قانون هوك Hooks Law الاجهادات الحاصلة في الجسم تتناسب طرديا مع مقدار التشوه ضمن حد المرونة.

$$\sigma \propto \varepsilon$$

$$\sigma = E\,\varepsilon \qquad \text{Hooke's Laws}$$

Generalized Hooke's Law

- For three directions (3D = triaxial)

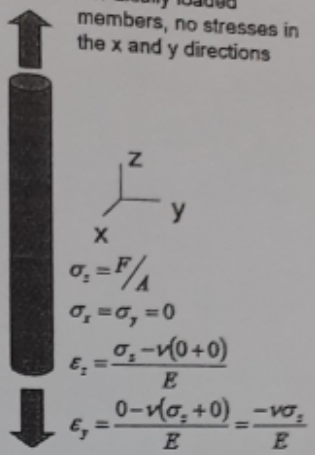


$$\varepsilon_x = \frac{\sigma_x - \nu(\sigma_y + \sigma_z)}{E}$$

$$\varepsilon_y = \frac{\sigma_y - \nu(\sigma_z + \sigma_x)}{E}$$

$$\varepsilon_z = \frac{\sigma_z - \nu(\sigma_x + \sigma_y)}{E}$$

For axially loaded members, no stresses in the x and y directions



$$\sigma_z = F/A$$

$$\sigma_x = \sigma_y = 0$$

$$\varepsilon_z = \frac{\sigma_z - \nu(0+0)}{E}$$

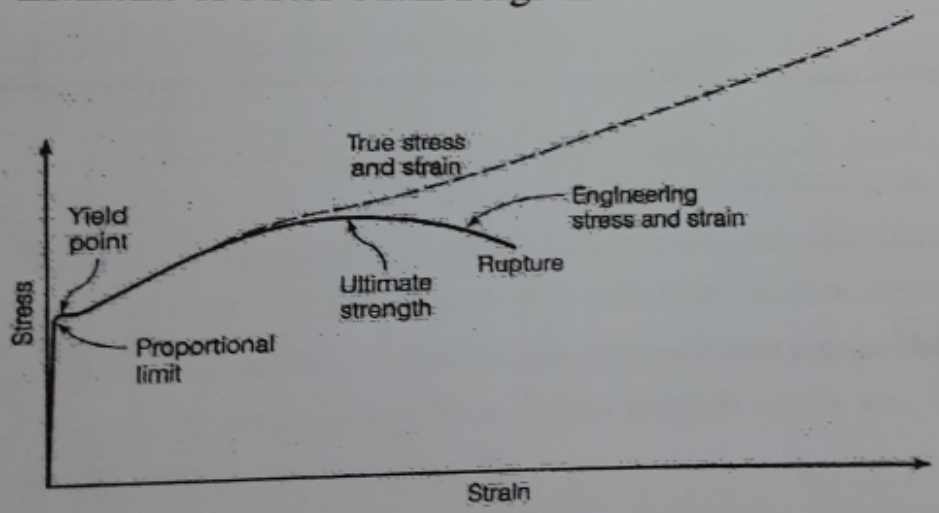
$$\varepsilon_y = \frac{0 - \nu(\sigma_z + 0)}{E} = \frac{-\nu\sigma_z}{E}$$

Plasticity اللدونة

هي قدرة المادة على الاحتفاظ بشكل كامل او دائم بعد حصول التشوه Deformation نتيجة الحمل المؤثر

Permanent Deformation without Rupture

Elements of Stress-Strain Diagram



Typical stress-strain behavior of mild steel.

***Creep* الزحف:**

هو انفعال المادة مع الحرارة والزمن تحت تاثير اجهاد ثابت.

As the temperature is raised, materials under loads exhibit continuous deformation with time, start to creep. Creep can be defined as the strain of materials with temperature and time under sustained stress.

$\epsilon = f\ (\sigma, \text{temp.}, \text{time})$

***Brittleness* الهشاشه:**

هي خاصية فشل المادة عند تعرضها لاجهادات مع تشوه بسيط قبل الكسر. تتميز المواد الهشه بانها تنكسر بشكل مفاجئ دون اي تحذير و انها ذات قابلية تحمل قليلة لمقاومة احمال الصدم و الاهتزاز و ذات مقاومة ضغط عالية ومقاومة شد قليلة.

Brittleness refers to small resistance to sudden blow. A brittle material breaks suddenly without significant permanent deformation or warning of approaching failure. Brittle materials have poor capacity to resist impact and vibrated loading, high compressive strength, and low tensile strength.

***Ductility* المطيلية:**

هي خاصية تشوه المادة دون عودتها الى شكلها الاصلي بعد زوال الحمل المؤثر ويتم قياسها بايجاد نسبة الاستطالة والنقصان في مساحة المقطع العرضي لنموذج في فحص الشد.

It is the ability of a material to be plastically deformed by elongation, without fracture. This is a property that enables a material to be drawn out into wires. For ductile materials such as mild steel, copper and gold, large extensions can result before fracture occurs with increasing tensile force. Ductile materials usually have a percentage elongation value of about 15% or more.

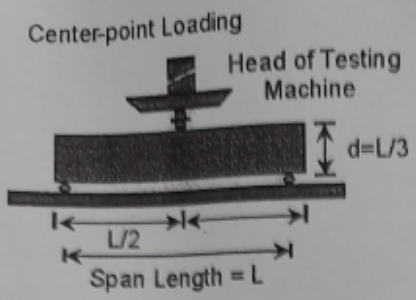
***Modulus of Rupture* معامل الكسر**

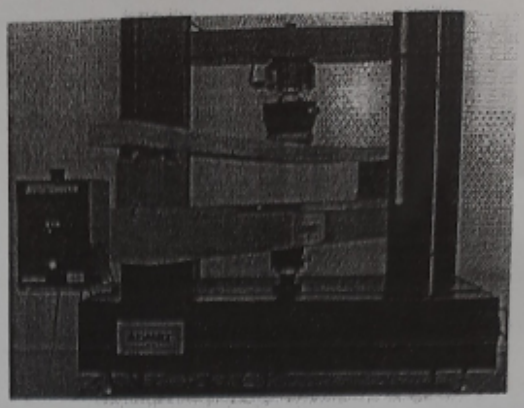
هو مقاومة المادة تحت تاثير حمل شد غير مباشر

It measures a material strength to an indirect tensile stress.

1- Center Point Loading:

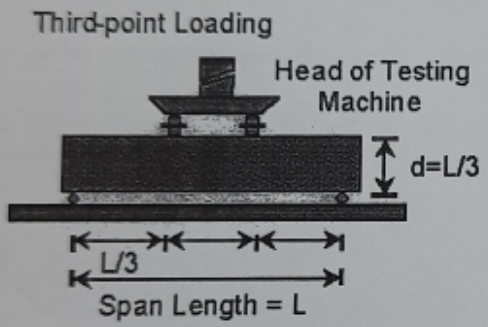
$$\text{Modulus of Rupture (MOR)} = \frac{3PL}{2bd^2}$$

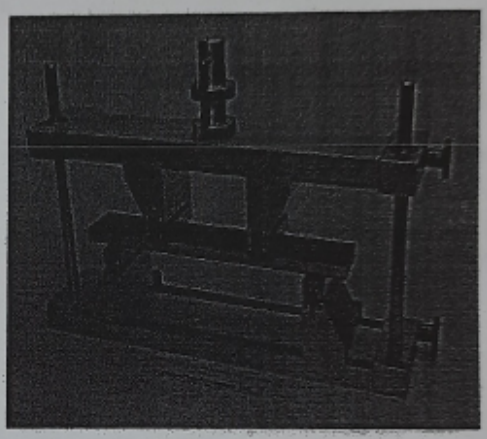




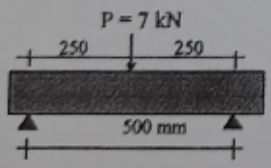
2- Two-Points Loading:

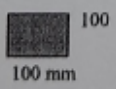
Modulus of Rupture (MOR) = $\frac{PL}{bd^2}$





Example: Calculate the MOR for a concrete beam (100 mm × 100 mm × 500 mm) with maximum failure load = 7 KN





Modulus of Rupture (M.O.R) = $\frac{3PL}{2bd^2}$, (Load at One point load), N/mm^2

M.O.R = $\frac{3\times7\times1000\times500}{2\times100\times100^2}$ = 5.25 MPa

9