



CAE – Buổi 1

TRAINER: HOÀNG BÁ PHÚC

SĐT: 0964961917

EMAIL: hoangphuc9615@gmail.com

https://www.tiktok.com/@cae_engineering

Content

01

Lý thuyết về ứng suất và biến dạng.

02

Đơn vị trong mô phỏng

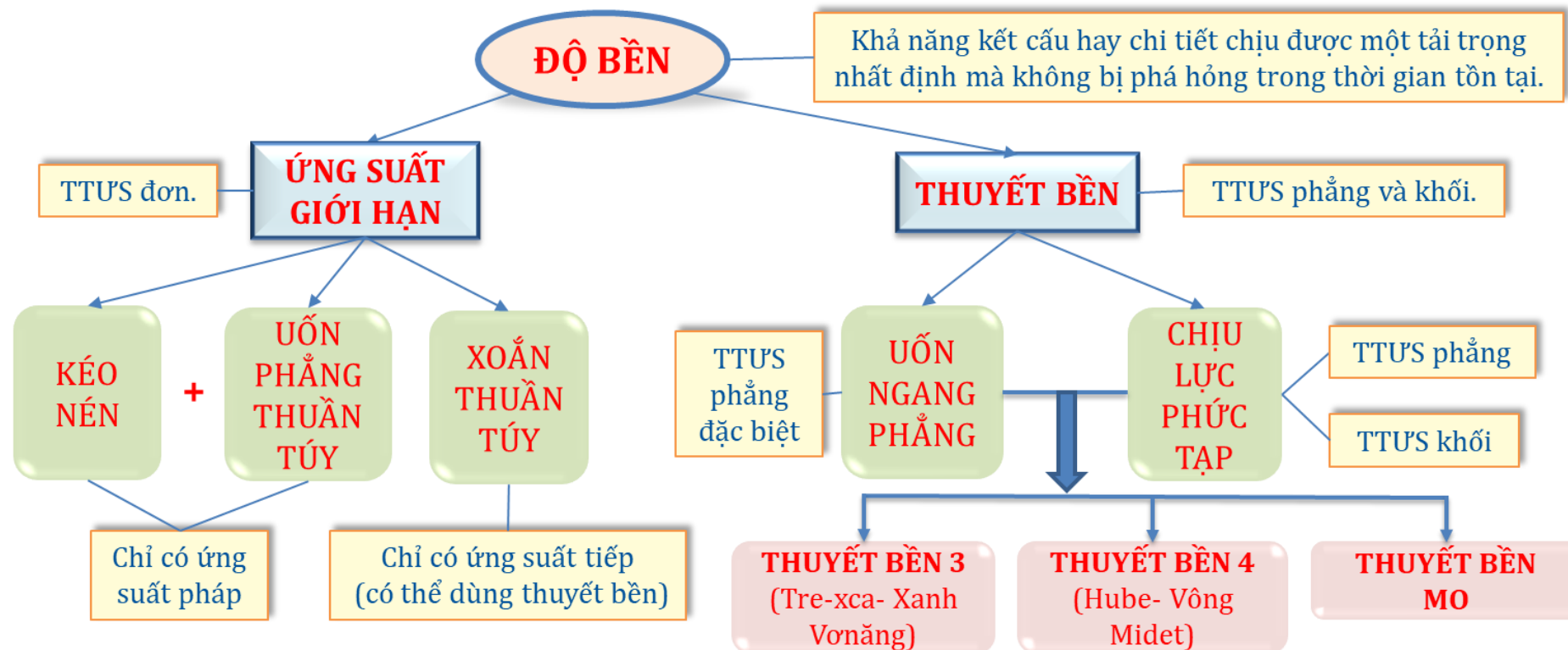
03

Làm quen với giao diện ANSA



Ứng suất và biến dạng

ĐỘ BỀN

**ĐỊNH NGHĨA:**

- TTUS: Là tập hợp tất cả những ứng suất trên mọi mặt cắt ngang đi qua điểm khảo sát.
- TTUS đơn: Chỉ có 1 ứng suất chính khác 0, 2 ứng suất còn lại bằng 0.
- TTUS phẳng: 2 ứng suất chính khác 0, 1 ứng suất chính bằng 0.
- TTUS khối: 3 ứng suất chính khác 0.

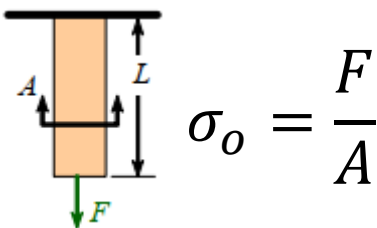


Khái niệm :

❑ Ứng suất:

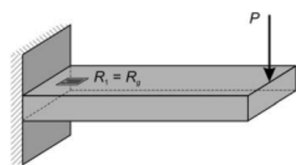
Ứng suất tại 1 điểm là cường độ phân bố của nội lực trên 1 đơn vị diện tích ở điểm đó thuộc mặt cắt của vật thể chịu lực cân bằng

❖ Ứng suất với lực kéo:



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

❖ Ứng suất với lực uốn:

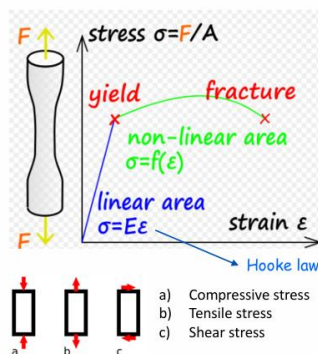


$$\sigma_o = \frac{M \cdot c}{I}$$

❑ Biến dạng:

Khi chịu tác dụng của ngoại lực hay sự biến thiên nhiệt độ thì khoảng cách giữa các điểm thuộc vật thể thay đổi, gây ra sự thay đổi về hình dạng và kích thước của vật. Sự thay đổi này gọi là sự biến dạng

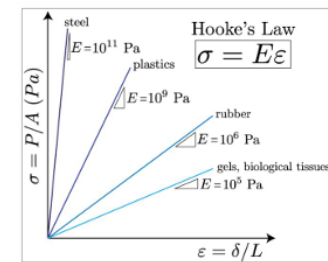
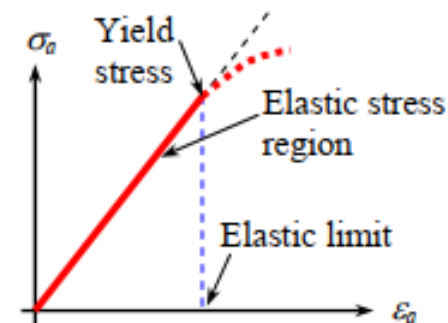
$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L}$$



❑ Định luật Hook:

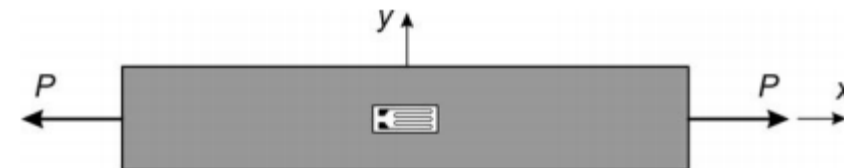
$$\sigma_a = E \cdot \varepsilon_a$$

$$G = \frac{E}{2(1+\nu)}$$



❖ Trạng thái ứng suất đơn phương:

$$\sigma_x = E \cdot \varepsilon_{xx}$$

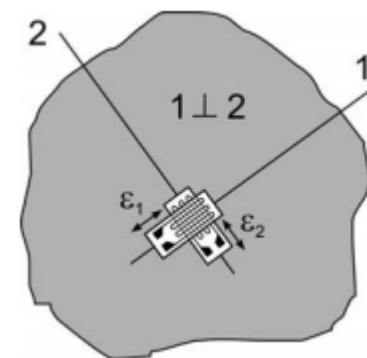


❖ Trạng thái ứng suất hai trục:

$$\sigma_1 = \frac{E}{1-\nu^2} \cdot (\varepsilon_1 + \nu \cdot \varepsilon_2)$$

$$\sigma_2 = \frac{E}{1-\nu^2} \cdot (\varepsilon_2 + \nu \cdot \varepsilon_1)$$

ν : là hệ số Poisson



1. ỨNG SUẤT GIỚI HẠN

1.1 Ứng suất giới hạn:

- Ứng suất lớn nhất trên mặt cắt ngang của chi tiết xuất hiện trong quá trình sử dụng, không vượt qua một giới hạn quy định cho từng loại vật liệu. KH: σ_0

- Vật liệu đàn hồi $\sigma_0 = \sigma_{ch}$.

1.2 Ứng suất cho phép: $[\sigma] = \frac{\sigma_{ch}}{n}$. (Với n là hệ số an toàn)

❑ NHẬN XÉT:

- Khi vượt qua ứng suất giới hạn thì coi như chi tiết bị phá hủy.
- Hệ số an toàn n đảm bảo chi tiết làm việc an toàn và tính kinh tế trong sản xuất.
- Ứng suất cho phép được áp dụng cho chi tiết chịu lực kéo nén, uốn phẳng thuần túy và xoắn thuần túy.

1.3 Thanh chịu lực kéo, nén

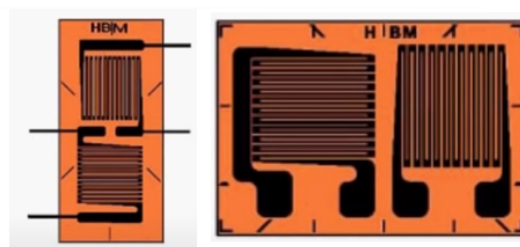
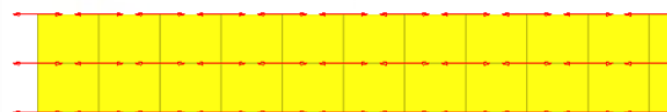
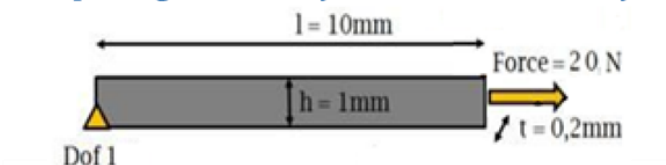
- ❖ Ứng suất: $\sigma = \frac{N}{F}$

- ❖ Điều kiện bền :

$$[\sigma]_k = [\sigma]_n = [\sigma] = \frac{\sigma_{ch}}{n}$$

Trong đó:

- N: lực kéo, nén
- F : diện tích mặt cắt ngang
- $[\sigma]$: ứng suất cho phép
- σ_{ch} : Giới hạn chảy
- n: hệ số an toàn



❑ NHẬN XÉT

- Ứng suất phân bố đều trên tiết diện bề mặt cắt ngang.
- Ứng suất chính là ứng suất đơn có phương trùng với phương lực tác dụng.

➔ Dán cảm biến Strain gauge theo chiều ứng suất chính

1.3 Thanh chịu lực uốn phẳng thuần túy

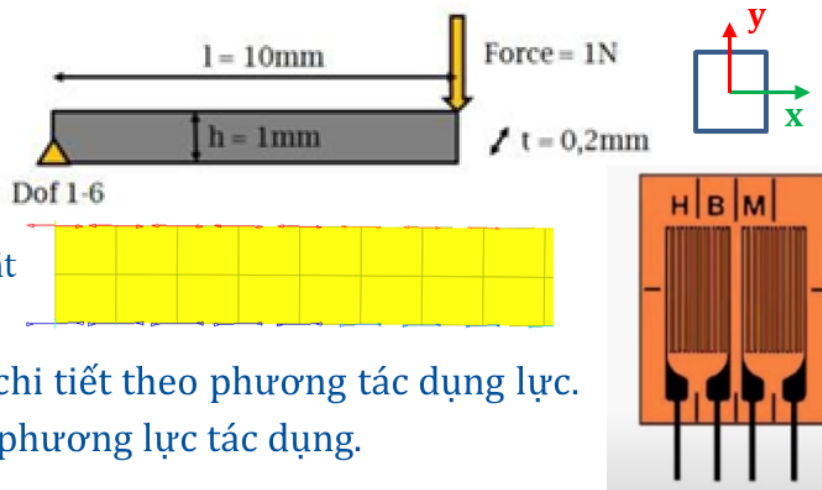
❖ Ứng suất: $\sigma = \frac{M_x \cdot y}{J_x}$

❖ Điều kiện bền :

$$[\sigma] = \frac{\sigma_{ch}}{n}$$

Trong đó:

- M_x : Momen uốn trục x
- y : k/c so với trục trung hòa theo phương y
- J_x : Mômen quán tính mặt cắt ngang



❑ NHẬN XÉT

- Trên mặt cắt ngang ứng suất cao tập trung mặt ngoài của chi tiết theo phương tác dụng lực.
 - Ứng suất chính là ứng suất đơn có phương vuông góc với phương lực tác dụng.
- ➔ Dán cảm biến Strain gause theo chiều ứng suất chính

1.4 Thanh xoắn thuần túy

❖ Ứng suất: $\tau_\rho = \frac{M_z \cdot \rho}{J_p}$

❖ Điều kiện bền :

$$[\tau] = \frac{\tau_0}{n}$$

Thuyết bền 3:

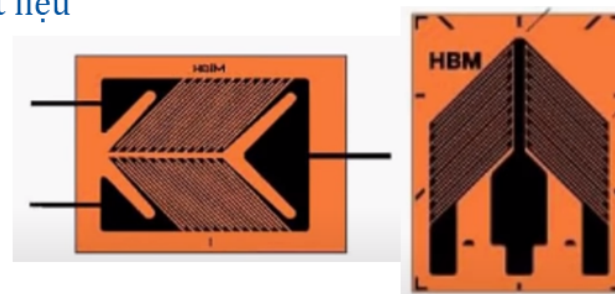
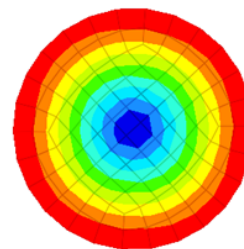
$$[\tau] = \frac{[\sigma]}{2}$$

Thuyết bền 4:

$$[\tau] = \frac{[\sigma]}{\sqrt{3}}$$

Trong đó:

- M_z : Momen xoắn tại mặt cắt
- ρ : k/c tới tâm O
- J_p : Mô men quán tính độ cực tại cắt
- τ_ρ : Ứng suất tại điểm đang xét
- τ_0 : ứng suất tiếp nguy hiểm của vật liệu



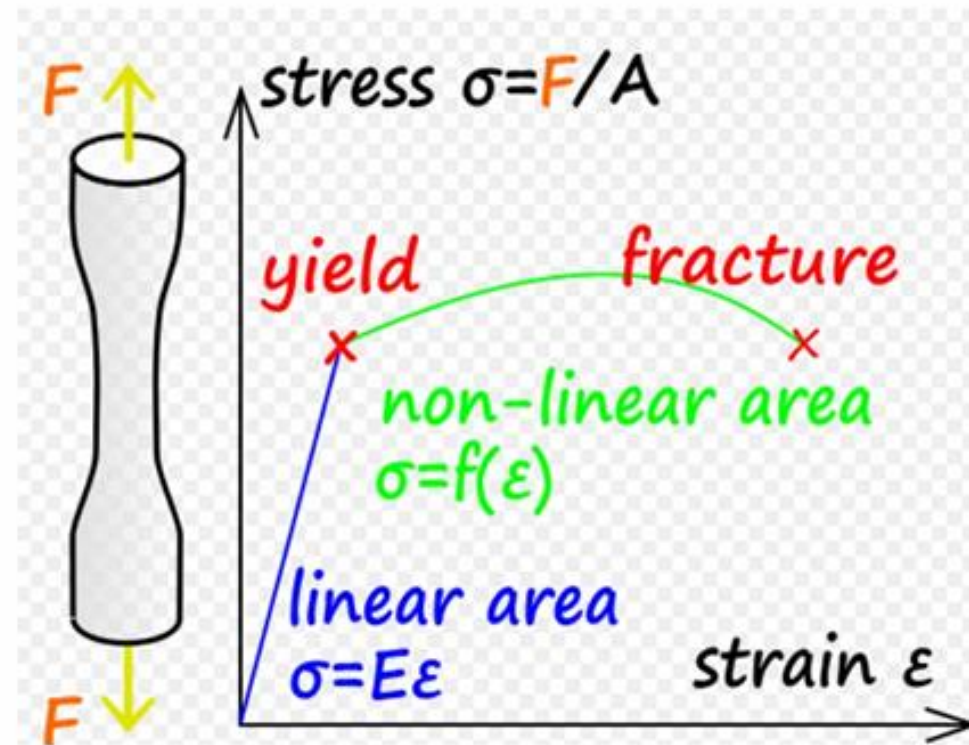
❑ NHẬN XÉT

- Ứng suất cao phân bố bên ngoài mặt cắt ngang.
- Ứng suất chính là 2 ứng suất pháp vuông góc với nhau.

➔ Dán cảm biến theo chiều ứng suất chính

PLASTIC RANGE

- **Yield** point is the lowest stress that produces a permanent deformation in a material.
- In some materials, like aluminum alloys, the point of yielding is difficult to identify, thus it is usually defined as the stress required to *cause 0.2% plastic strain*.
- **Plasticity** or plastic deformation is the opposite of elastic deformation and is defined as unrecoverable strain. Plastic deformation is retained after the release of the applied stress.
- Most materials in the linear-elastic category are usually capable of plastic deformation.
- Brittle (fragile) materials, like ceramics, do not experience any plastic deformation and will fracture under relatively low strain, while ductile materials such as metallic will plastically deform much more before a **fracture** initiation.

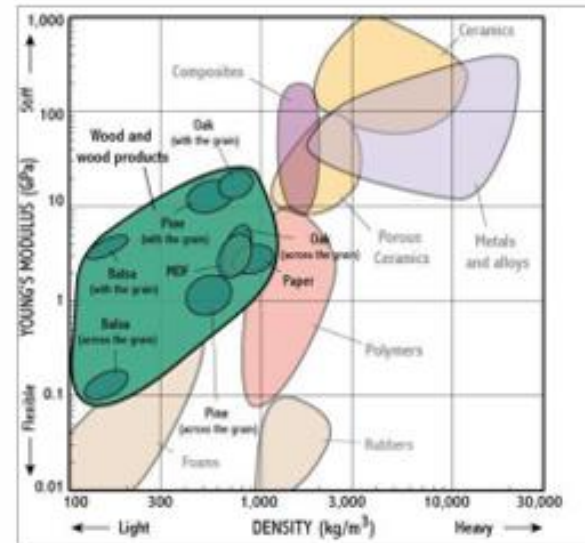


MATERIAL DENSITY

- The **density** of a substance is its mass per unit volume.
- This is a constant and it's specific for different materials

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

$\rho \rightarrow$ density [kg/m³] (S.I.)
 m [kg]
 V [m³]
 e.g: $\rho_{\text{steel}} = 7850 \text{ [kg/m}^3\text{]} = 7,85 \times 10^{-9} \text{ [t/mm}^3\text{]}$

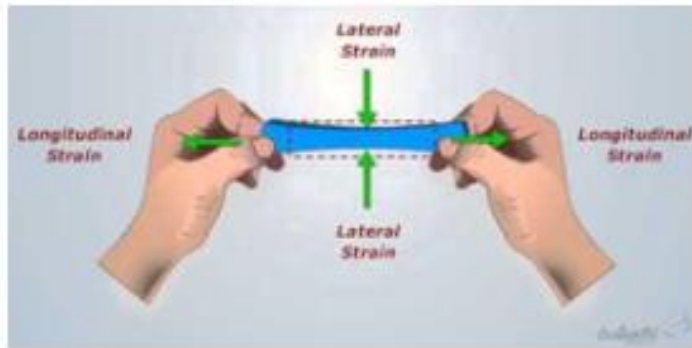


Materials density table

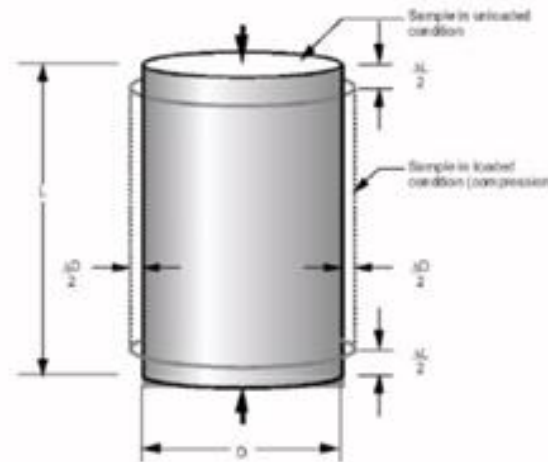
Metals	
Aluminum, 2024-T3	2770 kg/m ³
Aluminum 6061-T6	2700 kg/m ³
Aluminum, 7075-T6	2803 kg/m ³
Aluminum	2643 kg/m ³
Brass	8553 kg/m ³
Bronze, manganese	8300 kg/m ³
Bronze, phosphor	8800 kg/m ³
Cadmium	8650 kg/m ³
Chromium	6856 kg/m ³
Cobalt	8906 kg/m ³
Copper, cast rolled	8906 kg/m ³
Copper, pure	8940 kg/m ³
Gold	19320 kg/m ³
Iron	7870 kg/m ³
Iron, cast	7207 kg/m ³
Iron, gray cast	7079 kg/m ³
Iron, wrought	7658 kg/m ³
Lead	11341 kg/m ³
Magnesium	1746 kg/m ³
Magnesium, alloy	1770 kg/m ³
Manganese	7192 kg/m ³
Molybdenum	10300 kg/m ³
Monel	8690 kg/m ³
Nickel	8890 kg/m ³
Nickel, silver	8440 kg/m ³
Platinum	21450 kg/m ³
Silicon	2330 kg/m ³
Silver	10490 kg/m ³
Steel, carbon	7850 kg/m ³
Steel, high speed tool	8750 kg/m ³
Steel, stainless 304	8030 kg/m ³
Steel, tool	7715 kg/m ³
Liquid	
Tin	7300 kg/m ³
Titanium	4540 kg/m ³
Titanium, alloy	4510 kg/m ³
Tungsten	18820 kg/m ³
Uranium	18700 kg/m ³
Zinc	7144 kg/m ³
Acetone	789.9 kg/m ³
Alcohol	792 kg/m ³
Ammonia	682.1 kg/m ³
Argon	1390 kg/m ³
Gasoline	660 kg/m ³
Helium	125 kg/m ³
Hydrogen	70 kg/m ³
Mercury	13584 kg/m ³
Methane	424 kg/m ³
Nitrogen	804 kg/m ³
Oil, petroleum	820 kg/m ³
Water, 4C	1000 kg/m ³
Water, 20C	998 kg/m ³
Water, sea	1024 kg/m ³
Plastic	
Bakelite	1360 kg/m ³
Nylon	1700 kg/m ³
Polycarbonate	1300 kg/m ³
Polyethylene	2300 kg/m ³
Rubber, hard	1185 kg/m ³
Other Materials	
Asphalt, crushed	721 kg/m ³
Brick	2150 kg/m ³
Carbon, solid	2140 kg/m ³
Cement	2800 kg/m ³
Ceramic	2130 kg/m ³

POISSON'S RATIO

- Poisson's ratio " μ " is the ratio of transverse contraction strain to longitudinal extension strain in the direction of stretching force.



Tension



$$\mu = -\frac{\epsilon_D}{\epsilon_L}$$

Where:

μ = Poisson's ratio

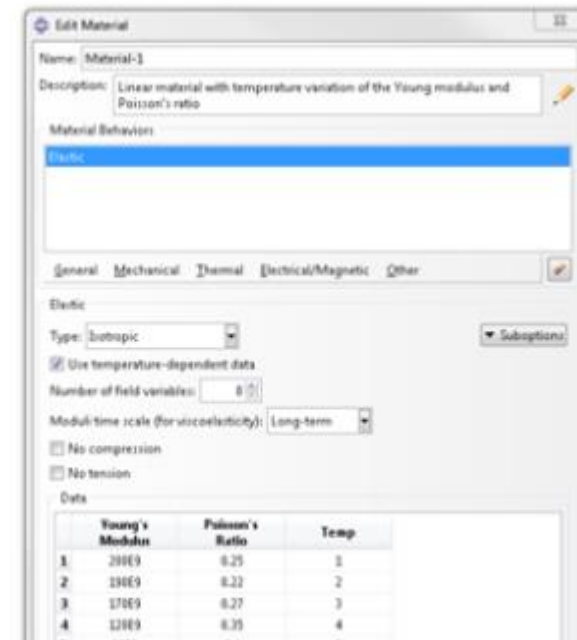
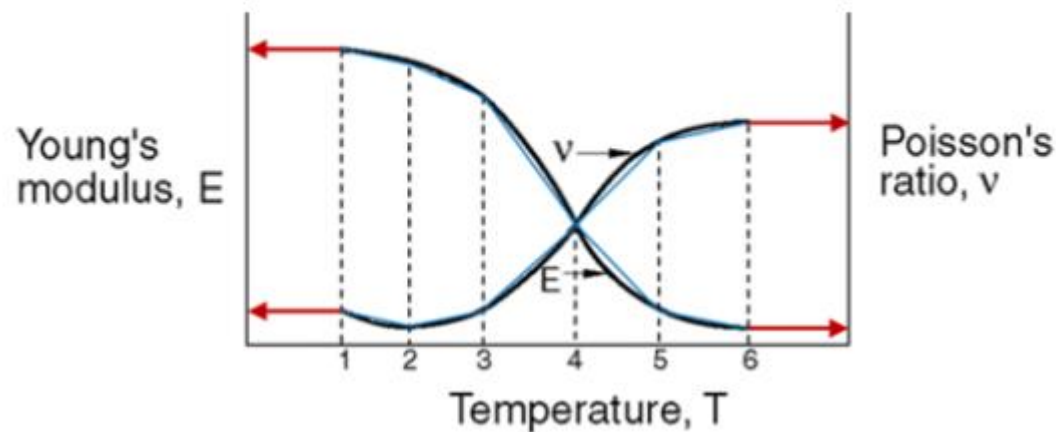
$\epsilon_D = \frac{\Delta D}{D}$ = strain along the diametrical (horizontal) axis

$\epsilon_L = \frac{\Delta L}{L}$ = strain along the longitudinal (vertical) axis

Compression

Material	Poisson's ratio
rubber	0.4999 ^[9]
gold	0.42–0.44
saturated clay	0.40–0.49
magnesium	0.252–0.289
titanium	0.265–0.34
copper	0.33
aluminium-alloy	0.32
clay	0.30–0.45
stainless steel	0.30–0.31
steel	0.27–0.30
cast iron	0.21–0.26
sand	0.20–0.455
concrete	0.1–0.2
glass	0.18–0.3
metallic glasses	0.276–0.409 ^[14]
foam	0.10–0.50
cork	0.0

- ▶ Most material parameters can depend on *temperature* or *user-defined field variables*. The dependence is defined with a tabular format.
 - Abaqus interpolates linearly between the tabular data points provided by the user.
 - Abaqus holds the material parameters constant when the values of temperature and field variable are outside the ranges specified in the model input.
- ▶ If the user does not provide the initial values of temperature or field variables, Abaqus will assume the initial values are zero.



2.2. Vòng tròn Mohr ứng suất

❖ Biểu thức tính ứng suất trên mặt cắt nghiêng của TTUS phẳng:

$$\begin{cases} \sigma_u = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} + \frac{\sigma_x - \sigma_y}{2} \cos 2\alpha - \tau_{xy} \sin 2\alpha \\ \tau_{uv} = \frac{\sigma_x - \sigma_y}{2} \sin 2\alpha + \tau_{xy} \cos 2\alpha \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \left(\sigma_u - \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} \right)^2 = \left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2} \cos 2\alpha - \tau_{xy} \sin 2\alpha \right)^2 \\ \tau_{uv}^2 = \left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2} \sin 2\alpha + \tau_{xy} \cos 2\alpha \right)^2 \end{cases}$$

Cộng vế theo vế và rút gọn ta được: $\left(\sigma_u - \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} \right)^2 + \tau_{uv}^2 = \left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2} \right)^2 + \tau_{xy}^2$.

Đây là phương trình vòng tròn trong hệ trục (σ_u, τ_{uv}) với:

Tâm $C \left(\frac{\sigma_x + \sigma_y}{2}, 0 \right)$ bán kính $R = \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2} \right)^2 + \tau_{xy}^2}$. Vòng tròn này được gọi là vòng tròn Mohr của trạng thái ứng suất phẳng.

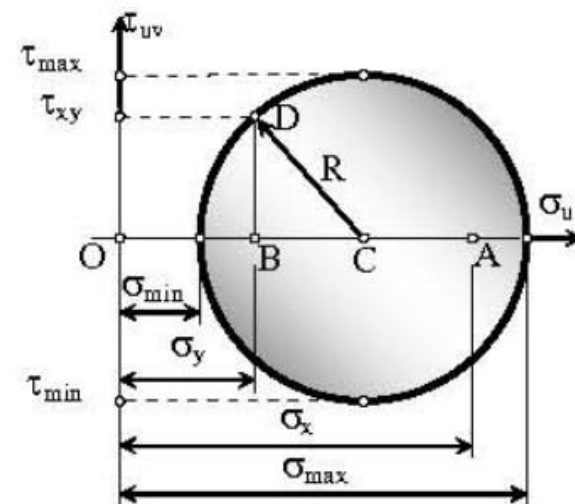
❖ Phương pháp xây dựng vòng tròn MO

B1: Dựng hệ trục tọa độ $O\tau_{uv}\sigma_u$ theo tỉ lệ xích phù hợp.

B2: Xác định tâm C $\left(\frac{\sigma_x + \sigma_y}{2}, 0 \right)$ và D (σ_y, τ_{xy}) nằm trên đường tròn.

NHẬN XÉT: Mỗi điểm trên vòng tròn MO đặc trưng cho một mặt cắt nghiêng.

- Hoành độ là ứng suất pháp
- Tung độ là ứng suất tiếp



- ❑ **Thuyết bền thế năng biến dạng hình dáng cực đại – Thuyết bền thứ tư:**
- Với giả thiết: Nguyên nhân gây ra sự phá hỏng của vật liệu ở trạng thái ứng suất khối là do trị số lớn nhất của thế năng biến dạng đàn hồi hình dáng đạt tới một giới hạn xác định.

Từ đây ta có điều kiện bền theo

$$\sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \sigma_3^2 - \sigma_1\sigma_2 - \sigma_2\sigma_3 - \sigma_3\sigma_1} \leq [\sigma] \quad (3.25)$$

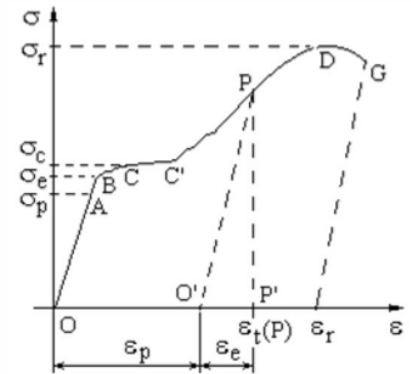
Biểu thức của ứng suất tương đương của thuyết bền thứ tư sẽ là

$$\begin{aligned} \sigma_{tdtv} &= \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \sigma_3^2 - \sigma_1\sigma_2 - \sigma_2\sigma_3 - \sigma_3\sigma_1} \\ &= \sqrt{\frac{1}{2}[(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2]} \end{aligned} \quad (3.26)$$

Cũng như thuyết bền thứ ba thuyết bền thứ tư tương đối phù hợp với vật liệu dẻo. Điều kiện bền thứ tư ứng với điều kiện dẻo của von-Mises

TYPICAL MATERIAL CHARACTERISTIC CURVE

- O – Initial point with “0” stress and strain.
- OA – Stress And Strain are growing proportional
- σ_p - Corresponds to the proportionality limit of the material.
- OB – The material is perfectly elastic (after the unloading the material comes back to original shape)
- σ_e – Elasticity limit. (yield point)
- BCC' – The material is flowing => plastic deformations in material.
- σ_c – Flowing limit
- D – Rupture point
- σ_r – Rupture limit => DG and ϵ_r – rupture length
- OB//PO' (P is an arbitrary point)
- ϵ_t – Total deformation (in point P)
- ϵ_e – Elastic deformation
- ϵ_p – Plastic deformation (stress is not applied anymore) => hardening



D= R_m – breaking stress
 B= $R_{p0.2}$ – yield stress (0.002 plastic strain)
 A= R_{p0} – proportionality stress limit
 $R_{p0} < R_{p0.2} < R_m$



ĐƠN VỊ TRONG MÔ PHỎNG

► Units

- Abaqus uses no inherent set of units. It is the user's responsibility to use consistent units.

Common systems of consistent units

Quantity	SI	SI (mm)	US Unit (ft)	US Unit (inch)
Length	m	mm	ft	in
Force	N	N	lbf	lbf
Mass	kg	tonne (10 ³ kg)	slug	lbf·s ² /in
Time	s	s	s	s
Stress	Pa (N/m ²)	MPa (N/mm ²)	lbf/ft ²	psi (lbf/in ²)
Energy	J	mJ (10 ⁻³ J)	ft·lbf	in·lbf
Density	kg/m ³	tonne/mm ³	slug/ft ³	lbf·s ² /in ⁴

MASS	LENGTH	TIME	FORCE	STRESS	ENERGY	Steel Density	Steel Modulus	G - Gravity Constant
kg	m	s	N	Pa	Joule	7.83E+03	2.07E+11	9.81
kg	mm	ms	kN	Gpa	kN-mm	7.83E-06	2.07E+02	9.81E-03
g	cm	s	dyne	dyne/cm ²	erg	7.83E+00	2.07E+12	9.81E+02
g	cm	us	1e7N	Mbar	1e7 N-cm	7.83E+00	2.07E+00	9.81E-10
g	mm	s	1e-6N	Pa	1e-9 J	7.83E-03	2.07E+11	9.81E+03
g	mm	ms	N	Mpa	N-mm	7.83E-03	2.07E+05	9.81E-03
ton	mm	s	N	Mpa	N-mm	7.83E-09	2.07E+05	9.81E+03
lbf-s ² /in	in	s	lbf	psi	lbf-in	7.33E-04	3.00E+07	3.86E+02
slug	ft	s	lbf	psi	lbf-ft	1.52E+01	4.32E+09	32.2

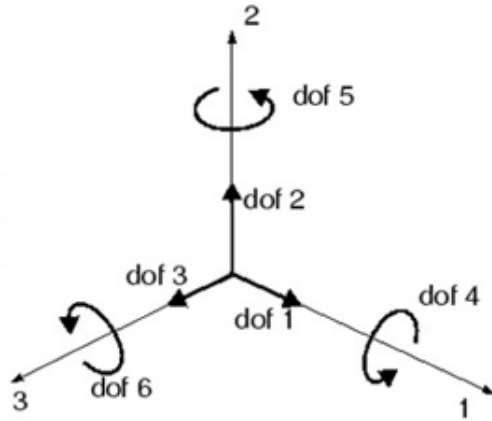
Properties of mild steel at room temperature

Quantity	SI units
Conductivity	50 W/m °C
Density	7800 kg/m ³
Elastic modulus	207 × 10 ⁹ Pa
Specific heat	460 J/kg °C
Yield stress	207 × 10 ⁶ Pa

► Degrees of freedom

- Each degree of freedom is labeled with a number: 1=x-displacement, 2=y-displacement, 11=temperature, etc.

- 1 Translation in the 1-direction.
- 2 Translation in the 2-direction.
- 3 Translation in the 3-direction.
- 4 Rotation about the 1-direction.
- 5 Rotation about the 2-direction.
- 6 Rotation about the 3-direction.

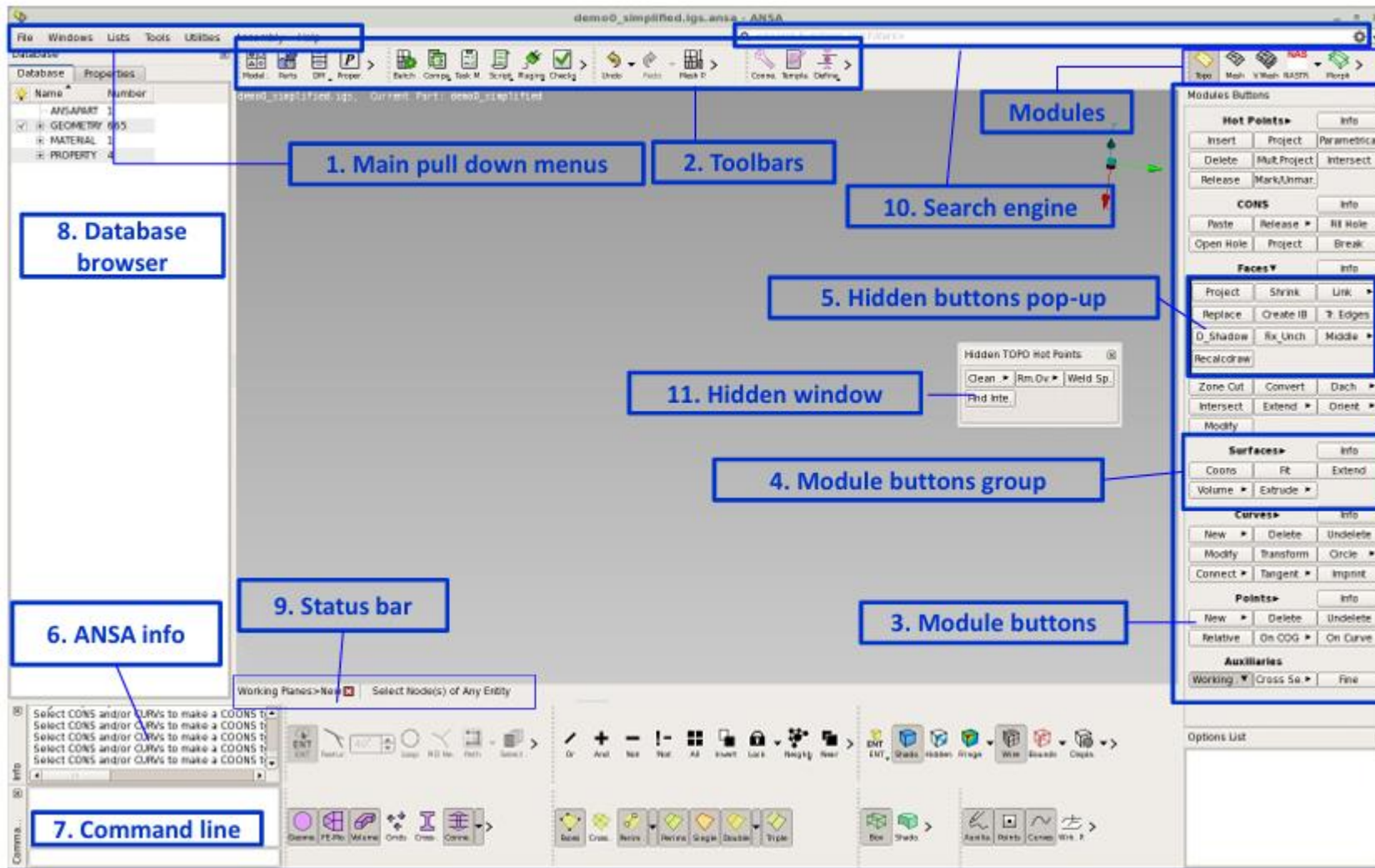


- The degrees of freedom (DoF) are the fundamental variables calculated during the analysis.
 - For a stress/displacement simulation:
 - the DoF are the translations at each node.
 - Some element families, such as the beam and shell families, DoF are the rotational degrees
 - For a heat transfer simulation: the DoF are the temperatures at each node
- The labelling convention used for the displacement and rotational DoF in Abaqus:
 - 1 Translation in direction 1 (**U1**)
 - 2 Translation in direction 2 (**U2**)
 - 3 Translation in direction 3 (**U3**)
 - 4 Rotation about the 1-axis (**UR1**)
 - 5 Rotation about the 2-axis (**UR2**)
 - 6 Rotation about the 3-axis (**UR3**)



LÀM QUEN VỚI ANSA

ANSA GUI overview



Open this file



Introduction_to_pre_processing_with_ANSA.pdf