Subject:..... / /

مقاومة :

★ مقدمة :

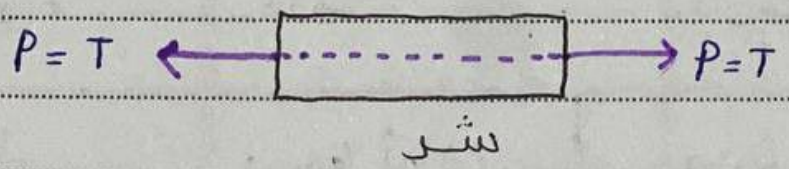
ماذا يقصد بمقاومة المواد؟

يقصد بها قدرة الجسم على مواجهة القوى الخارجية المؤثرة عليه عن طريق توليد قوى داخليه تقاوم التشوه.

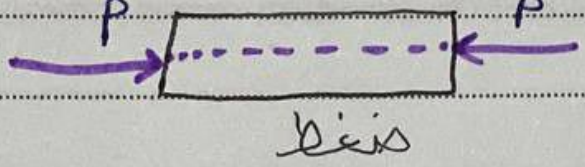
ملاحظة : تعتمد مقاومة الجسم على متانته

★ القوى الداخلية :

- يكون العمود في حالة شد إذا كان اتجاه القوى الخارجة في حالة سحب



- ويكون العمود في حالة ضغط إذا كان اتجاه القوى الخارجة في حالة ضغط



★ الإجهادات (N/m^2) (P_a):

1/ الإجهاد العمودي (σ):

هو القوة العمودية على وحدة المساحة (m)

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

ولها نوعان:

- إجهاد شد: القوة تسحب الجسم للخارج (إشارة موجبة +)
- إجهاد ضغط: القوة تضغط الجسم للداخل (إشارة سالبة -)

2) إجهاد القص τ:

يحدث عندما تكون القوة موازية لمساحة المقطع (تعمل على انزلاق الطبقات)

$$\tau = \frac{F_s}{A}$$

★ الفرضيات الأساسية في مقاومة المواد:

1. المادة ذات تركيب حصت (لا جزيئات بين جزيئاتها).
2. متجانسة (خواص المادة ثابتة في جميع نقاط الجسم).
3. متماثلة الخواص (تتصرف بنفس الطريقة في جميع الإتجاهات).
4. لا توجد إجهادات داخلية أولية قبل التحميل.

Subject:..... / /

★ الإنفعال البسيط:

الإنفعال المحوري:

هو التغير في طول الجسم نسبة لطوله الأصلي نتيجة للإجهاد
وهو قيمة بلا وحدة.

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0} = \frac{L - L_0}{L_0}$$

قانون هوك:

يربط بين الإجهاد والانفعال في حدود المرونة.

$\sigma = E \cdot \varepsilon$: E معامل يونج

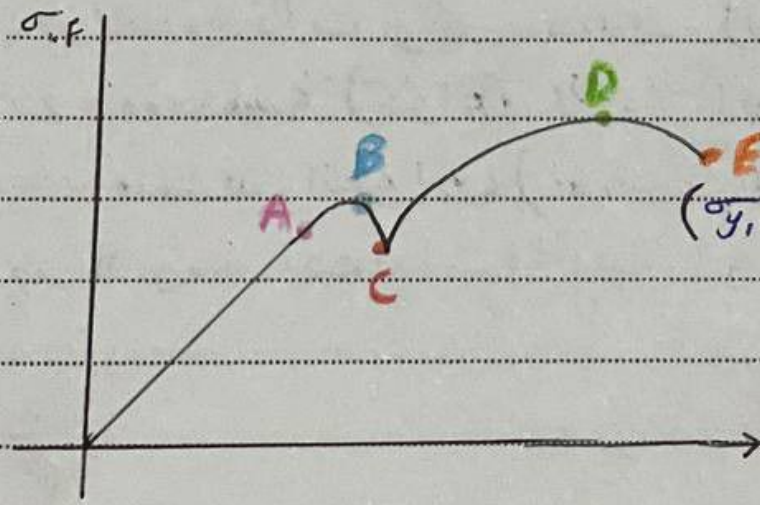
في حالة القص:

$\tau = G \cdot \gamma$

G: معامل الجساءة

γ: الإنفعال القصي ويقاس بمقدار التغير في الزاوية

★ منحنى الإجهاد والإنفعال:



A: إجهاد حد التناسب σ_p

B: نقطة الخضوع (تبدأ المادة بتشوه دائم) $(\sigma_{y_1}$

C: نقطة الخضوع الثانية σ_{y_2}

D: أقصى إجهاد تتحمله المادة σ_u

E: نقطة الكسر σ_f

Subject:..... / /

إجهاد الاشتغال : هو الإجهاد الأمن الذي نصمم عليه ، ويحسب بقسمة إجهاد الخضوع على معامل الأمان :

$$\sigma_w = \frac{\sigma_y}{F.S}$$

طريقة حل الأمثلة :

1. تحليل القوى ، نستخدم معادلات الإتزان لإيجاد القوى الداخلية

$$\Sigma F_x = 0 \quad , \quad \Sigma F_y = 0 \quad , \quad \Sigma M = 0$$

2. حساب المساحة A :

• مقطع دائري مصمت :

$$A = \frac{\pi}{4} d^2$$

• مقطع دائري مفرغ :

$$A = \frac{\pi}{4} (d_o^2 - d)$$

3. تطبيق قانون الإجهاد

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

الوحدات : القوة (N) و المساحة mm^2 ليكون الناتج (MPa)

القوة (N) و المساحة m^2 ليكون الناتج (Pa)

4. حساب الاستطالة إذا طلب التغير في الطول :

$$\Delta L = \frac{P \cdot L}{A \cdot E}$$

Subject: ..... / /

A. الاستطالة المحورية:

$$\delta = \frac{P \cdot L}{A \cdot E}$$

P: القوة المؤثرة (N)

L: الطول الأصلي (m, mm)

A: مساحة المقطع العرضي (m^2, mm^2)

E: معامل المرونة (Pa, N/m^2) (MPa, N/mm^2)

حل مسائل الأعمدة المركبة:

1. تقسيم العمود إلى أجزاء مثل (AB, BC, CD)

2. تحديد القوة الداخلية في كل جزء ونستخدم طريقة القطع، القوة في أي جزء هي محصلة القوى المؤثرة قبله (الشد موجب ⊕ الضغط سالب ⊖)

3. حساب استطالة كل جزء عن طريق تطبيق قانون:

$$\delta = \frac{P_0 \cdot L}{A \cdot E}$$

لكل جزء على حدة.

4. حساب الاستطالة الكلية عن طريق جمع النواتج جبرياً:

$$\delta_T = \delta_{AB} + \delta_{BC} + \delta_{CD}$$

Subject:..... / /

★ الإجهادات الحرارية :

تنشأ هذه الإجهادات عندما تتغير درجة حرارة المادة وتكون مقيدة أي ممنوعة من التمدد أو الإنكماش.

• الاستطالة الحرارية الحرة (عندما يكون الجسم حر) :

$$\delta_{th} = a \cdot L \cdot \Delta T$$

• الإجهاد الحراري (عند التقييد التام) :

$$\sigma_{th} = a \cdot E \cdot \Delta T$$

a : معامل التمدد الحراري

ΔT : الفرق في درجات الحرارة $(T - T_0)$

ملاحظة هامة :

الإجهاد الحراري في حالة التقييد التام لا يعتمد على طول القضيب بل يعتمد على نوع المادة وفرق الحرارة فقط.

★ الإجهادات على الأسطح المائلة :

عندما يقطع قضيب تحت شد بمستوى يميل بزاوية θ عن المقطع العمودي، تظهر نوعان من الإجهادات على هذا السطح المائل :

1. إجهاد عمودي على السطح المائل σ_θ :

$$\sigma_\theta = \frac{P}{A} \cos^2 \theta$$

2. إجهاد قص موازي للسطح المائل τ_θ :

$$\tau_\theta = \frac{P}{2A} \sin 2\theta$$

أقصى إجهاد قص عندما $\theta = 45°$ وقيمته $\frac{P}{2A}$

★ نظم القوى غير المحددة استاتيكيا:

هي الأنظمة التي لا تكفي معادلات الإتزان الثلاث $\Sigma M=0$ ، $\Sigma Fx=0$ ، $\Sigma Fy=0$ لإيجاد ردود الأفعال فيها فنحتاج لمعادلة إضافية نسمى معادلة التوافق و تعتمد على الإزاحة أو التغير في الطول.

الإجهاد الطبيعي σ والقص: حساب القوة المؤثرة مقسوم على مساحة المقطع العرضي.

تحليل الجاملونات و الوصلات: حساب الإجهاد في أعضاء الجاملون أو المسامير.

شرح مبسط مع طرق الحل للتعامل مع المسائل غير المحددة استاتيكياً:

1. رسم مخطط الجسم الحر وتحديد ردود الأفعال.
2. معادلات الإتزان $\Sigma F=0$
3. معادلة التوافق: إذا كان الجسم محصور بين جدارين فإن التغير الكلي في الطول يساوي صفر ($\Delta L=0$)
4. استخدام قانون الإستطالة:

$$\Delta L=\frac{PL}{AE}$$

5. التعويض بقيمة ΔL لكل جزء و جمعها تساوي صفر و منها نجد ردود الأفعال المجهولة.

Subject:..... / /

- طرق حساب الإجهادات في الأجزاء المركبة:
عند وجود مادتين مختلفتين مثل الألمونيوم و الستيل ويتحملان نفس الحمل:

- القوة الكلية: $P = P_{St} + P_{AL}$

- التوافق: التغير في طول الستيل يساوي التغير في طول الألمونيوم

$$\Delta L_{St} = \Delta L_{AL}$$

- طرق إيجاد الإجهاد على الأسطح المائلة:

- الإجهاد الطبيعي (ص): $\sigma = \frac{P}{A}\cos^2\theta$

- إجهاد القص (ح): $\tau = \frac{P}{A}\sin\theta\cos\theta$

ملاحظة:

1. في حال وجود قطع مصمتة يتم طرح المساحة الداخلية من المساحة الخارجية.
2. عامل الأمان F.S هو النسبة بين الإجهاد الذي يسبب الفشل والإجهاد المسموح به

$$F.S = \frac{\sigma_{fail}}{\sigma_{allow}}$$

3. العزم (+ −)

Subject:..... / /

★ الإلتواء أو اللي :

اجهاد القص وزاوية الإلتواء :

- اجهاد القص الناتج عن الإلتواء (τ) :
يتغير خطياً مع نصف قطر العمود ويصل لأقصى قيمة عند السطح الخارجي.

- زاوية الإلتواء (ϕ) : تعبر عن مقدار دوران مقطع العمود بالنسبة لمقطع آخر.

بعض الفرضيات لاشتقاق المعيار الرياضية لموضوع الالتواء :
1. القص يجب أن يكون عمودي على محور العمود.
2. بعد الإلتواء يبقى الخط AB مستقيم.
3. يبقى المقطع الدائري مستوي وليس بيضاوي.

طرق الحل :

- مسائل التصميم وعامل الأمان :
1. تحديد المجهول هل المطلوب أكبر حمل P أم أصغر قطر d
2. تحليل القوى واستخدام معادلات الاتزان $\Sigma F_x = 0, \Sigma M = 0$
$\Sigma F_y = 0$ لإيجاد القوة المؤثرة على الجزء المطلوب.
3. تطبيق قوانين الإجهاد المسموح به :

للقطر ←
$$d = \sqrt{\frac{4P}{\pi \sigma_{allow}}}$$

لسمك اللوح (تحت تأثير القص) ←
$$h = \frac{V}{\tau_{allow} \times A}$$

Subject:..... / /

$$F.S = \frac{\sigma_y}{\sigma_{allow}}$$

$$\sigma_{allow} = \frac{\sigma_y}{F.S}$$

٥. عامل الأمان :

ويمكن استخدام قانون معامل الأمان لإيجاد σ_{allow} :

ب. في مسائل الإلتواء :

$$\tau_{max} = \frac{Tr}{J}$$

١. حساب إجهاد القص الأقصى :

$$\tau_{max} = \frac{16\,T}{\pi D^3}$$

للصامات المصمتة :

2. عزم القصور القطبي J :

للمصمت :

$$J = \frac{\pi}{32} D^4$$

للمجوف :

$$J = \frac{\pi}{32} (D_{out}^4 - D_{in}^4)$$

3. زاوية الإلتواء ϕ :

$$\phi = \frac{TL}{GJ}$$

يجب أن تكون النتيجة بالراديان Rad لتحويلها للدرجات نضرب في $\frac{180}{\pi}$

٦. في حالة وجود تروس نتأكد أن القوة مماسية عند نقطة التلامس متساوية ونستخدم النسبة بين أقطار التروس لنقل العزم من عمود لآخر.

ملاحظة :-

العلاقة بين الانفعال القصي γ وزاوية الالتواء ϕ

$$\gamma = \frac{r\phi}{L} \quad , \quad \gamma = \frac{\tau}{G}$$

الإجهادات الحرارية :

- اذا وضع جدار يمنع التمدد الحراري تنشأ قوة داخلية تحاول ضغط القضيب لتعيد لطوله الأصلي

- التمدد الحراري يقابل بانضغاط ميكانيكي

$$\delta T = \delta P$$

$$\alpha L \Delta T = \frac{PL}{AE}$$

$$\sigma = E \alpha \Delta T$$

- ارتفاع الحرارة (ΔT موجب) يسبب ضغط
- انخفاض الحرارة (ΔT سالب) يسبب شد

Subject:..... / /

المقاومة ١ الجزء الثاني :

ما هي خزانات الضغط ؟

خزانات تحتوي على سوائل أو غازات تحت ضغط داخلي مثل :

اسطوانات الغاز

غلايات البخار

أنابيب المياه المضغوطة

خزانات الوقود

• أنواع الإجهادات في الخزان الاسطواني

σ_H	إجهاد محيطي	$\sigma_H = \frac{Pd}{2t}$
σ_L	إجهاد طولي	$\sigma_L = \frac{Pd}{4t}$

ملاحظة :

$$\sigma_H = 2 \times \sigma_L$$

حيث :

P الضغط الداخلي , d القطر الداخلي

t سماكة الجدار

Subject:..... / /

• التشوهات :

ΔD	تشوه القطر	$\Delta D = \frac{Pd^2}{4tE}(2-\nu)$
ΔL	تشوه الطول	$\Delta L = \frac{Pd}{4tE}(1-2\nu)L$
ΔV	تشوه الحجم	$\Delta V = \frac{3Pd}{4tE}(1-\nu)$

حيث: ν معامل بواسون

• الخزان الكروي :

في الكرة الإجهاد متساوي في كل الاتجاهات :

$$\sigma_H = \sigma_L = \frac{Pd}{4t}$$

الكرة أكثر كفاءة من الإسطوانة لأن الإجهاد موزع بالتساوي

• شروط الأمان :

$$\sigma_H < \sigma_{allow} = \frac{\sigma_y}{F.S}$$

حيث F.S : معامل الأمان

Subject:..... / /

ملخص حالات الإجهادات:

النوع	الإجهاد المحيطي σ_θ	الإجهاد الطولي σ_z
اسطواني	$\frac{Pd}{2t}$	$\frac{Pd}{4t}$
كروي	$\frac{Pd}{4t}$	$\frac{Pd}{4t}$ (متساوي)
مع ضغط خارجي	$\frac{(P_i - P_o)d}{2t}$	/

ملاحظات لحل المسائل:

1. الإجهاد المحيطي دائماً أكبر من الطولي.
2. عند وجود قيدين نحسب P من كل قيد ونأخذ الأصغر
3. عند وجود لحامين مختلفين نحسب d من كل واحد ونأخذ الأصغر
4. للكرة إجهاد واحد في كل الاتجاهات $\frac{Pd}{4t}$
5. الضغط الهيدروستاتيكي $\leftarrow P = \gamma h$ (كثافة السائل × الارتفاع)

Subject:..... / /

- اجهاد القص:

$$\tau = \frac{V}{A}$$

أنواعه:

مثال:	المساحة	النوع
مسمار في وصلة واحدة	$A = \frac{\pi}{4} \times d^2$	قص مفرد
مسمار بين لوحين	$A = 2 \times \frac{\pi}{4} \times d^2$	قص مزدوج
ثقب في صفيحة	$A = \pi \times d \times t$	قص الثقب

- اجهاد الإتكاء:

$$\sigma_b = \frac{P}{A_b} = \frac{P}{d \times t}$$

حيث:

d : قطر البرشام أو المسمار

t : سماكة الصفيحة

الفرق بين إجهاد الضغط و الإتكاء أن إجهاد الإتكاء هو ضغط تماسي بين جسمين منفصلين.

Subject:..... / /

• الالتواء :

الاستخدام	المعادلة
اجهاد القص الأقصى (عمود صلد)	$\tau_{max} = \frac{16T}{\pi d^3}$
زاوية الالتواء	$\theta = \frac{TL}{JG}$
العزم من القدرة والتردد	$T = \frac{P}{2\pi f}$
عزم القصور الذاتي القطبي (صلد)	$J = \frac{\pi d^4}{32}$
عزم القصور الذاتي القطبي (مجوف)	$J = \frac{\pi (D^4 - d^4)}{32}$

حيث :

T : عزم الالتواء (N.m) , L : طول العمود

G : معامل القص (83 GPa للفولاذ) , f : التردد (Hz)

Subject:..... / /

ملاحظات لحل المسائل من الشيت الثاني

1. قضيب مزدوج: $A = 2\left(\frac{\pi}{4} \times d^2\right)$

2. الاتكاء: $A = d \times t$ (مستطيلة ليست دائرية)

3) عند تقييد (τ و θ): نحسب d من كلاً منهما ونأخذ الأكبر

4. العمود المجوف أقوى من الصلد بنفس الوزن

5. زاوية الالتواء بالراديان: $\theta \times \frac{\pi}{180}$