وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
الجامعة التقنية الشمالية
المعهد التقني/ الموصل

الحقيبة التعليمية

القسم العلمي: تقنيات البيئة والموارد المائية

اسم المقرر: مقاومة المواد

المرحلة / المستوى: الاول

الفصل الدراسي: الثاني

السنة الدراسية: 2024 - 2025

معلومات عامة

اسم المقرر:	**مقاومة المواد**						
القسم:	تقنيات البيئة والموارد المائية						
الكلية:	المعهد التقني الموصل						
المرحلة / المستوى	الاول						
الفصل الدراسي:	الثاني						
عدد الساعات الاسبوعية:	نظري	1	عملي	2			
عدد الوحدات الدراسية:	3						
الرمز:	**WRTI137**						
نوع المادة	نظري		عملي		كلهما	✓	
هل يتوفر نظير للمقرر في الاقسام الاخرى							
اسم المقرر النظير							
القسم							
رمز المقرر النظير							

معلومات تدريسي المادة

اسم مدرس (مدرسي) المقرر:	د. محمد اكرم سعدي
اللقب العلمي:	**أستاذ مساعد**
سنة الحصول على اللقب	2023
الشهادة :	**دكتوراه**
سنة الحصول على الشهادة	**2017**
عدد سنوات الخبرة (تدريس)	**20**

الوصف العام للمقرر

مقرر "مقاومة المواد" هو أحد المقررات الأساسية في كليات الهندسة، ويُعنى بدراسة سلوك المواد الهندسية تحت تأثير القوى المختلفة. يهدف هذا المقرر إلى تزويد الطالب بالمعرفة والمهارات الأساسية لفهم كيفية تفاعل العناصر الإنشائية (مثل الأعمدة، العتبات، الأعمدة الطويلة، الأسطوانات) مع القوى والإجهادات المختلفة.

الاهداف العامة

- أن **يفهم** الطالب المفاهيم الأساسية للإجهاد والانفعال والعلاقة بينهما.
- أن **يحلل** الطالب العناصر الإنشائية تحت تأثير الأحمال المختلفة مثل الشد، الضغط، القص، واللي.
- أن **يميز** الطالب بين أنواع القوى والإجهادات التي تتعرض لها المواد الهندسية.
- أن **يطبق** الطالب قوانين ميكانيكا المواد مثل قانون هوك ومبادئ الاستاتيكا.
- أن **يرسم ويُفسّر** الطالب مخططات القص والعزم للعتبات والعناصر المختلفة.
- أن **يحسب** الطالب قيم الإجهادات الناتجة عن الثني والانحناء في العتبات.

الأهداف الخاصة

- أن **يحسب** الطالب الإجهاد والانفعال في الأعضاء المعرضة لأحمال محورية.
- أن **يحلل** الطالب تأثير الأحمال المختلفة على سلوك المادة الهندسية.
- أن **يطبق** الطالب قانون هوك في حساب الانفعالات الطولية والجانبية.
- أن **يرسم** الطالب مخططات القص والعزم للعناصر المعرضة للأحمال العرضية.
- أن **يفسر** الطالب العلاقة بين العزم والانحناء في العتبات.
- أن **يستخدم** الطالب معادلات الثني لحساب الانحناءات والانزياحات في العتبات.
- أن **يحل** الطالب مسائل الالتواء للعناصر الدائرية باستخدام قوانين الالتواء.

الأهداف السلوكية او نواتج التعلم

- أن **يشرح** الطالب المفاهيم الأساسية للإجهاد والانفعال.
- أن **يُعرّف** الطالب أنواع القوى المؤثرة على العناصر الهندسية.
- أن **يفسر** الطالب العلاقة بين الحمل، الإجهاد، والانفعال في المواد.
- أن **يوضح** الطالب خصائص المواد الهندسية وتأثيرها في مقاومة الأحمال.
- **ان يحل الطالب المشكلات المعقدة** المتعلقة بالاحمال المسلطة على المباني

المتطلبات السابقة

- يتوجب على الطالب ان يكون على دراية في التعامل مع الزوايا والتحليلات الرياضياتية

الأهداف السلوكية او مخرجات التعليم الأساسية		الية التقييم
ت	معرفة القوانين الأساسية مثل قوانين نيوتن للحركة، وقوانين الديناميكا، وقوانين الاستاتيكا.	الامتحان النظري والتقارير الاسبوعية
1	**تحليل القوى والتوازن:**	الامتحان النظري والتقارير الاسبوعية
2	القدرة على تحليل قوى التوازن في الأنظمة الثابتة (استاتيكا) والأنظمة المتحركة (ديناميكا).	الامتحان النظري والتقارير الاسبوعية
3	حل مشاكل القوى والعزوم في الهياكل والأنظمة المختلفة، بما في ذلك الهياكل البسيطة والمعقدة.	الامتحان النظري والتقارير الاسبوعية
4	**تحليل الإجهادات والتشوهات:**	الامتحان النظري والتقارير الاسبوعية

أساليب التدريس (حدد مجموعة متنوعة من أساليب التدريس لتناسب احتياجات الطلاب ومحتوى المقرر)

	الاسلوب او الطريقة	مبررات الاختيار
1.	المحاضرات النظرية	المقرر نظري
2.		
3.		
4.		
5.		
6.		

المحتوى العلمي

اسم المادة	باللغة العربية	مقاومة المواد	السنة الدراسية الاولى	عدد الساعات الاسبوعية			
	باللغة الانكليزية	**Strength of Materials**		نظري	عملي	المجموع	عدد الوحدات
لغة التدريس للمادة		انكليزي	المستوى الاول الفصل الثاني (الدروس الاجبارية)	2	---	2	2

المفردات النظرية

الأسبوع	تفاصيل المفردات
2-1	**القدرة – الشغل , العلاقة بين القدرة والسرعة والقوة ، مقاومة مواد – الاجهادات انوعها**
4-3	**الانفعال انواعه وتطبيقاته ، منحني الاجهاد والانفعال ورسمه ، التشوهات التشوه المرن , التشوه اللدن**
6-5	**أجهاد الشد والانضغاط , وقانون هوك وتطبيقاتها**
8-7	**تمارين تطبيقية على الحاسوب حول مراكز الانتقال وعزم القصور ومسائل الاجهاد والانفعال**
11-9	**اجهاد القص – قوانينه – تطبيقاته في البراغي – ومناطق الربط والبرشـــام ، اجهاد اللي قوانينه للقضـــبان الصلدة والمجوفة**
12	**دمج القوى المركزية والمنتشرة**
13	**تطبيقات في الحاسوب حول رسم القص والعزم ورسم المقاطع الخرسانية العادية والمسلحة**
14	**تطبيقات في الحاسـوب حول رسـم اجهادات الأنضـغاط واجهادات الشـد في المقاطع المتجانسـة والمقاطع غير المتجانسة**
15	**مناقشة النتائج التطبيقية لتطبيق مفردات المادة بالحاسبة**

الفصل الأول

الإجهادات والإنفعالات

(Stresses and Strains)

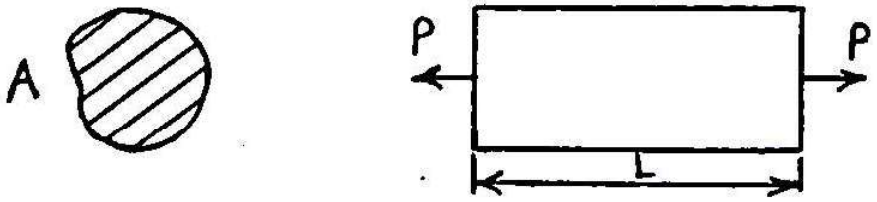
1.1 مدخل:

يتناول هذا المقرر سلوك الإنشاءات وأعضاء الآلات عندما تتعرض إلي أحمال خارجية. وباختصار شديد يتناول القوانين التي تسمح بحساب الاجهادات والانفعالات بغرض عدم تجاوزها حد معين.

1.2 الإجهاد:

الرسم (1.1) يوضِّح عضو معرَّض لحمل محوري مركز P. مساحة مقطع العضو A. يتعرَّض العضو في هذه الحالة لإجهاد شد σ يحسب بالقانون التالي:

$$\sigma = P / A \quad (N/mm^2)$$



الرسم (1.1)

1.3 الانفعال:

العضو في الرسم (1.1) حتماً سيستطيل تحت تأثير حمل الشد P. فإذا كان طول العضو L والاستطالة ΔL، فإنَّ الانفعال يحسب من القانون:

$$\in = \Delta L / L$$

بالطبع إذا كان الحمل حمل ضغط سيكون الإجهاد إجهاد ضغط و بدلاً من الاستطالة فإن العضو يتقلص في هذه الحالة.

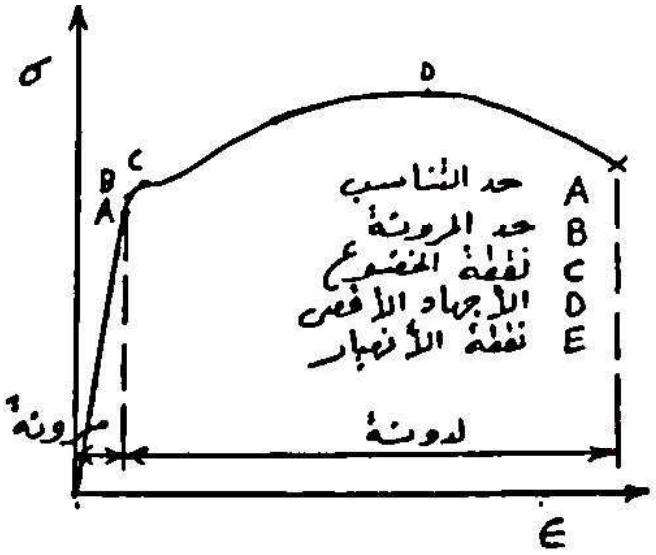
1.4 قانون هوك:

هذا القانون يبين أنَّ الانفعال يتناسب مع الإجهاد الذي ينتجه (هذا يحدث فعلياً إذا كان الإجهاد صغير نسبياً)، ويمكن صياغة هذا القانون هكذا:

$$E = \sigma / \in$$

E تسمي معاير المرونة ووحدات قياسها N/mm^2.

إختبار الشد: بتسليط حمل متدرج على قضيب وتسجيل الاستطالة يمكن رسم منحني الحمل – الاستطالة أو الإجهاد – الانفعال. ويختلف هذا المنحني من مادة لأخرى وأشهر هذه المواد وأكثرها استخداماً هي الصلب الطري ومنحناه كما في الرسم (1.2) أدناه:



الرسم (1.2)

واضح أنَّ إمتداد اللدونة كبير جداً مقارنة بامتداد المرونة. والفرق بين المرونة واللدونة هو أنَّ المادة التي تتشوه في حدود المرونة قابلة للعودة إلي شكلها الأصلي بزوال المؤثر. وكلما أظهرت المادة قدرة على التشوه اللدن فإنَّها توصف بإنَّها مادة مطيلة وإلا فإنها تعتبر قصفة.

1.5 عامل السلامة:

نسبة لأنَّ الإجهاد إذا زاد عن حد معين سيؤدي حتماً إلي تشوهات لدنة وكسر العضو، فإنَّ من الضروري التأكد من أنَّ الإجهاد في حدود مقبولة. ولأنَّ الأحمال أحياناً تكون غير معلومة بالضبط

في مقدارها أو طريقة تسليطها فإنَّه يتم استخدام عامل سلامة لضمان عدم تجاوز الإجهاد المسموح به. وبالطبع فإنَّ عامل السلامة يكون دائماً أكبر من 1 وعامل السلامة يحسب من القانون التالي:

$$FS = \hat{\sigma} / \sigma_w$$

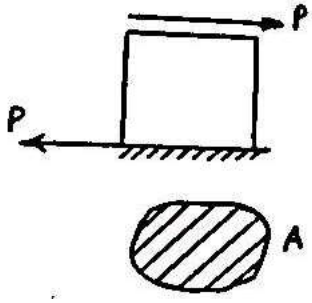
حيث أنَّ: $\hat{\sigma}$ هي الإجهاد الأقصى σ_w هي إجهاد التشغيل. وبدلاً من الإجهاد الأقصى يستخدم إجهاد الخضوع أحياناً.

1.6 إجهاد القص:

في حالة العضو آنف الذكر نجد أنَّ الحمل محوري ولكن أحياناً يتعرض العضو لحملين متساويين في المقدار ولكن متضادين في الاتجاه في الرسم (1.3). في هذه الحالة ينشأ إجهاد يسمي إجهاد قص ويحسب من القانون:

$$\tau = P / A$$

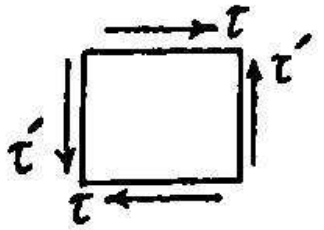
لاحظ أنَّ P و A متوازيتين.



الرسم (1.3)

1.7 إجهاد القص التكميلي:

إذا أخذت عينة من عضو معرَّض لأحمال ولنفرض أنها تؤدي إلي نشوء إجهاد قص τ كما موضَّح في الرسم (1.4).



الرسم (1.4)

نجد أنَّ هنالك إجهاد قص ينشأ في المادة لدواعي إتزان العينة. وهذا الإجهاد يسمي إجهاد القص التكميلي τ' حيث أنَّ $\tau = \tau'$.

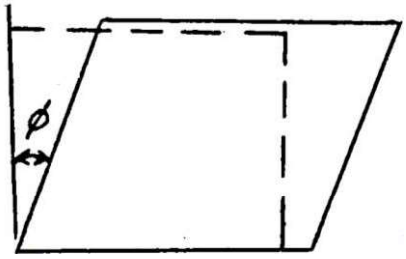
1.8 إنفعال القص:

تحت تأثير إجهاد القص تتشوه العينة بانزلاق طبقات المادة بعضها على بعض وبالتالي فإنَّ الزوايا القائمة لا تعود قائمة. ويعرف التغير في الزاوية القائمة بانفعال القص ϕويحسب من القانون:

$$\phi = \tau / G$$

وانفعال القص هو نسبة ولا وحدات قياس له وبالطبع يمكن أن يُقاس بالـ radians أو degrees.

الرسم (1.5) أدناه.



الرسم (1.5)

1.9 معاير الجساءة:

في حدود منخفضة لإجهاد القص، نجد أنَّ الإجهاد والانفعال متناسبين، ويمكن التعبير عن ذلك بالقانون:

$$G = \tau / \theta \qquad \left(N/mm^2\right)$$

حيث أنَّ G هي معاير الجساءة.

مقاومة المواد

خواص المواد:

عبارة عن مجموعة من الصفات، والمقاييس التي تتميّز بها أيّة مادة عن غيرها بشكل يتيح استخدامها بشكل صحيح، من حيث مقاومتها للجهد، أو الحمل، أو التفاعلات الكيميائيّة التي تمرّ عليها، ويتم تحديد هذه الخواص بناءً على الإحساس البسيط لتلك الصفات، أو باستعمال الأجهزة والأدوات الدقيقة لقياسها.

المواد الهندسيّة

المواد الهندسية، عبارة عن أيّة مادة تدخل في أي عمل من أعمال الإنشاء، سواء كانت مادة صناعية، أو عمرانية، وتعتبر الأرض، والغلاف الجوي، والمائي، المصدر الرئيسي لاستخراج المواد الهندسيّة، وتنقسم إلى

مواد معدنية:

تدخل في الصناعات الإنشائيّة، وفي صناعة الأجهزة وتنقسم إلى:

معادن حديدية:

وتشمل حديد الزهر، والصلب، وحديد المطاوع.

معادن غير حديدية:

بعضها ثقيل مثل النيكل، والنحاس، والألمونيوم، والمغنيسيوم، وبعضها الآخر طري مثل القصدير والرصاص.

مواد غير معدنية:

وتنقسم إلى:

مواد البناء: مثل الإسمنت، والأحجار، والخشب.

مواد متنوّعة: مثل الزجاج، والبلاستيك، والفلين، والمطاط وغيرها.

مواد مولدة للطاقة: مثل الوقود، والماء، ومواد الطاقة الذرّية

خواص المواد الهندسيّة

الخواص الفيزيائيّة:

وتشمل الشكل، والوزن النوعي، والأبعاد، والمساحة، ومحتوى الرطوبة.

الخواص الميكانيكيّة:

وتشمل الشد، والقص، ومقاومة الضغط، والانحناء، والمرونة، والصلادة.

<u>شرح الخواص الميكانيكية</u>

الإجهاد:

وهو عبارة عن مقياس لانتشار القوى أو الحمل، داخل الجسم أو الكتلة لوحدة المساحة، (stress= force/ area)، والإجهاد نوعان، إجهاد الضغط، عندما يكوّن الحمل أو القوى ضغطاً، وإجهاد الشد، عندما يتعرّض الجسم إلى قوى سحب أو شد.

المقاومة:

عبارة عن أقصى جهد يمكن أن تتحمله المادة، دون التعرّض للفشل أو الانهيار، وتقاس بالجهد المسلط على وحدة المساحة.

الانفعال:

عبارة عن مقياس التشوهات في الجسم أو الكتلة، من حيث الطول الأصلي، أو الحجم الأصلي.

المرونة: عبارة عن قدرة المادة على استعادة شكلها الأصلي، وأبعادها الأصليّة، بعد زوال القوى المؤثرة عليها.

اللدونة: عبارة عن قدرة المادة على الاحتفاظ بشكلها الكامل أو الدائم، بعد حدوث التشوه الناتج عن القوى المؤثرة عليها.

الصلادة:

وهي قدرة المادة على مقاومة الخدش، والتغلغل، والتآكل.

قابليّة السك:

وهي قدرة المادة على التشكل، عند وضعها في قالب، وتعرّضها للضغط وهي باردة.

قابليّة اللحام: وهي القدرة على تكوين جسم واحد من قطعتين من معدن واحد، أو من معدنين مختلفين، عن طريق ضغطهما.

المرونة Elasticity

هى قدرة المادة على إسترجاع شكلها أو حالتها الأصلية بعد زوال القوى المؤثرة عليها. ومن أمثلة المواد المرنه الإسفنج Sponge ، كرة التنس Tennis Ball ، النابض أو الياي Spring .

.

Elasticity is the ability of a body to resist a distorting influence and to return to its original size and shape when that influence or force is removed. Solid objects will deform when adequate forces are applied on them. If the material is elastic, the object will return to its initial shape and size when these forces are removed.

*

الإجهاد Stress والإنفعال Strain

عند التأثير بقوى معينة على المواد المرنة تقع تحت إجهاد ينتج عنه إنفعال ، هذا الإنفعال يكون إما بالزيادة فى طولها وحجمها أو بالنقصان وكذلك قد يؤدي هذا الإنفعال إلى تغير فى الشكل .

*

تعريف الإجهاد Stress ورمزه σ

هو القوة المؤثرة عموديا على وحدة المساحة .

Stress is defined as the force per unit area of a material.

$$\sigma = F/A$$

حيث أن Where :

- قيمة σ هي الإجهاد Stress .

- و F هي القوة Force Applied .
- و A هي مساحة مقطع الجسم Cross Sectional Area of The Object .

.

تعريف الإنفعال Strain ورمزه ε

هو إستجابة المادة للقوة المؤثرة عليها فقد يكون تغيراً فى الطول أو الحجم أو الشكل. بمعنى آخر يمكن القول أن الإنفعال هو التغير فى الطول بالنسبة إلى الطول الأصلى أو التغير فى الحجم بالنسبة للحجم الأصلى .

$$\text{Strain الإنفعال} = \frac{\text{Change in Dimension التغير في البعد}}{\text{Original Dimension البعد الأصلي}}$$

*

Strain Definition

Normal stress on a body causes change in length or volume and tangential stress produces change in shape of the body. The ratio of change produced in the dimensions of a body by a system of forces or couples, in equilibrium, to its original dimensions is called strain.

*

$$\varepsilon = DL / L$$

حيث L هو الطول الأصلى ، أما DL هوالتغير فى الطول .

أو

$$\varepsilon = DV / V$$

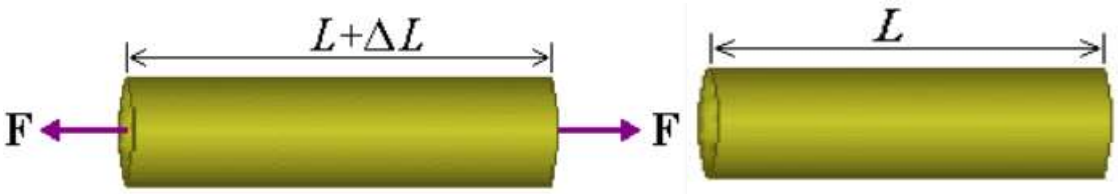
حيث V هو الحجم الأصلى ، أما DV هو التغير فى الحجم .

*

أنواع الإنفعال Types of Strain

للإنفعال ثلاثة أنواع تبعا لنوع التغير الحادث في الجسم والإجهاد Stress المطبق ، والأنواع هي:

- إنفعال طولي Longitudinal Strain .
- إنفعال حجمي Volume Strain .
- إنفعال قصي Shearing Strain .



قانون هوك Hooke's Law

ينص قانون هوك على أن : الإستطالة (الإنفعال) الناتجة في سلك تتناسب تناسبا طرديا مع قوى الشد المؤثرة عليه .

أو

إذا أثرنا على سلك طول L بقوة F فسوف يحدث له إستطالة مقدارهاDL ، وكلما زادت القوة تزداد معها الإستطالة أى أن القوة دالة في الإستطالة .

*

منحنى المرونة Elasticity Curve

المادة المرنة لها حد المرونة Elastic Limit ولابد وإن حدث لها تشوهات مع زيادة قوة الشد ، تصل هذه التشوهات إلى قطع المادة نفسها إذا تعدت القوة حداً معيين . ولذلك يمكن أن نقسم سلوك المادة مع قوة الشد إلى أربع مراحل وبمعنى آخر برسم العلاقة بين الإجهاد والإنفعال للمادة المرنة فنجد أنها تمر بأربعة مراحل :

المرحلة الأولى مرحلة المرونة وفيها تخضع المادة إلى قانون هوك وتحتفظ فيها المادة بكامل مرونتها ويكون لديها القدرة التامة على إستعادة شكلها أو حالتها الأصلية .

المرحلة الثانية مرحلة الخضوع وفيها نلاحظ زيادة الإنفعال رغم ثبوت الإجهاد وفى هذه المرحلة لا تخضع المادة إلى قانون هوك ولا تستطيع المادة إستعادة شكلها أو حالتها الأصلية بعد زوال القوة المؤثرة عليها .

المرحلة الثالثة مرحلة اللدونة وفيها لا تستطيع المادة إستعادة كامل شكلها أو حالتها الأصلية ولكن يحدث تشوهات طفيفة فى شكل المادة بعد زوال القوة المؤثرة عليها .

المرحلة الرابعة مرحلة القطع وفى هذه المرحلة تحدث تشوهات كبيرة في المادة تؤدى في النهاية إلى القطع أو الإنهيار Failure .

3) shear stress (τ) اجهاد القص

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

shearing stress = shearing force / area to be shear
اجهاد القص = قوة القص / المساحة المعرضة للقص

2) Deformation التشوهات

هو التغير الذي يحدث في شكل وابعاد الجسم بسبب تأثير قوى خارجية عليه
والتشوه يكون على نوعين :-
1- تشوه مرن (مؤقت)
2- تشوه لدن (دائم)

Strain الانفعال

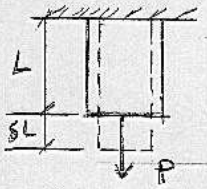
هو مقياس التشوه الحاصل في المواد نتيجة تأثير الاحمال المسلطة عليها ويرمز له (ϵ) وبيانيا حاصل قسمة مقدار التغير الحاصل في الطول او البعد الاصلي

$$\text{Strain } \epsilon = \frac{\text{الزيادة في الطول}}{\text{الطول الاصلي}}$$

$$\epsilon = \frac{\delta}{L}$$ unitless بدون وحدة

Types of Strain انواع الانفعالات

1) tensile strain (ϵ_t) انفعال شد



هو زيادة في الطول على حساب المساحة .

2) Compressive Strain (ϵ_c) انفعال ضغط

هو نقص في الطول وزيادة في المساحة .

$\sigma = \frac{P}{A}$, $\varepsilon = \frac{\delta}{L}$

$\sigma = E\varepsilon$

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

حيث δ : Elongation الاستطالة

اما في حالة القص shearing فان القانون يصبح

$$\boxed{\delta_s = \frac{F_s \cdot L}{A_s \cdot G}}$$

G : Modulus of rigidity معامل المرونة

F_s : قوة القص ، L ، الطول ، A_s ، مساحة القص

* Elasticity (E) المرونة

هي قدرة المعدن على التشكيل بانتظام عند تعرضه لاجهاد معين وعودته الى حالته الطبيعية عند زوال الاجهاد .

* plasticity اللدونة

قابلية المعدن على التشكيل بانتظام عند تعرضه لاجهاد معين وعدم عودته الى شكله الاصلي عند زوال الاجهاد .

ملاحظات مهمة :-

1 pascal (1pa) = 1 N/m^2

Mpascal (Mpa) = 10^6 pa = 10^6 N/m^2

1 GN = 10^9 N

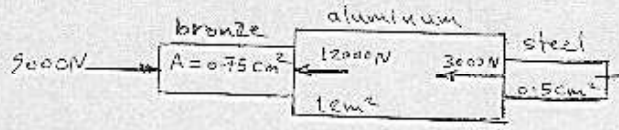
1 MN = 10^6 N

1KN = 10^3 N

$m = 10^2$ cm $= 10^3$ mm

$m^2 = 10^4$ cm^2 $= 10^6$ mm^2

Ex3] An aluminium tube is rigidly fastened between a bronze rod and a steel rod as shown in fig. Axial loads are applied at the position indicated. Find the stress in each material.

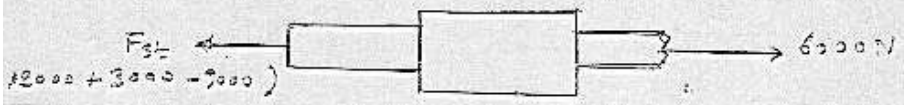


) bronze rod (compressive stress)

$$\sigma_{br} = \frac{F_b}{A} = \frac{-9000}{0.75} = -12000\ N/cm^2$$

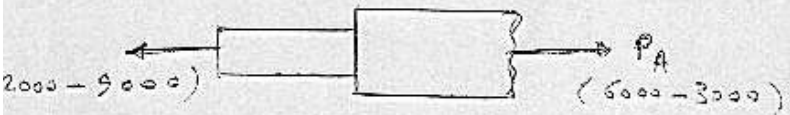
) steel rod (tensile stress)

$$\sigma_{st} = \frac{F_{st}}{A} = \frac{6000}{0.5} = 12000\ N/cm^2$$



aluminum tube (tensile stress)

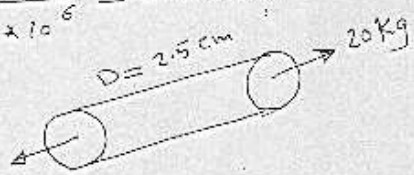
$$\sigma_a = \frac{F_a}{A} = \frac{3000}{1} = 3000\ N/cm^2$$



Exp1| A circular bar of diameter (2.5 cm) is subjected to an axial with a young's modulus $E = 2*10^6$ Kg/cm², Estimate the percentage elongation.

$$\sigma = \frac{P}{A} = \frac{20}{\pi r^2} = \frac{20}{\pi*(1.25)^2} = 4.07 \text{ Kg/cm}^2$$

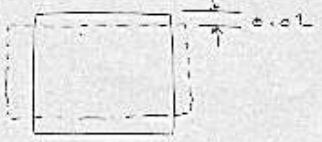
$$E = \frac{\sigma}{\epsilon} \rightarrow \epsilon = \frac{\sigma}{E} = \frac{4.07}{2\times10^6} = 2.035*10^{-6}$$

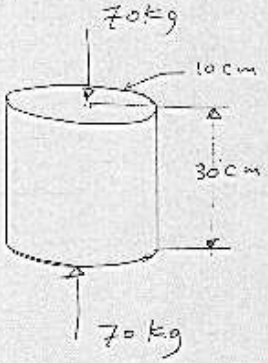


Exp2| A cylindrical block of concrete its diameter is (10 cm) and (30 cm) long is subjected to compressive force equal (70 kg). Estimate the average compressive stress and strain. If the contraction (0.02 cm)

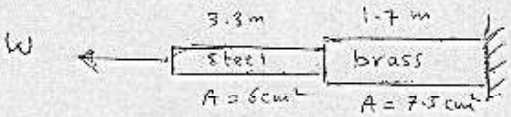
$$\sigma = \frac{P}{A} = \frac{70}{\pi*5^2} = 0.89 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\epsilon = \frac{\delta L}{L} = \frac{0.02}{30} = 6.66*10^{-4}$$





Ex 8] The total elongation in the bar shown in fig. is 0.12 cm, if the young's modulus for steel bar $E_s = 21 * 10^5$ kg/cm², for brass bar $E_b = 8.4 * 10^5$ kg/cm². Find the value of (W).



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

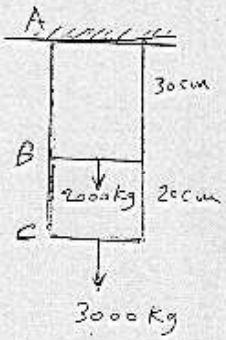
$$0.12 = \frac{W * 3.3 * 100}{6 * 21 * 10^5} + \frac{W * 1.7 * 100}{7.5 * 8.4 * 10^5}$$

$$0.12 = \frac{330 W}{126 * 10^5} + \frac{170 W}{63 \times 10^5}$$

$$0.12 = (2.61 \times 10^{-5} + 0.69 * 10^{-5}) W$$

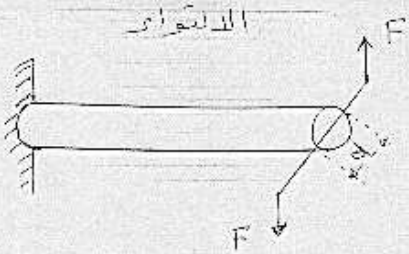
$$W = \frac{0.12 * 10^5}{5.3} = 2264 \text{ Kg}$$

Ex 9] A square bar of (2cm) side and (50cm) length is loaded as in fig. Find the total elongation of the bar. Take $E = 2 * 10^6$ kg/cm².



Torision

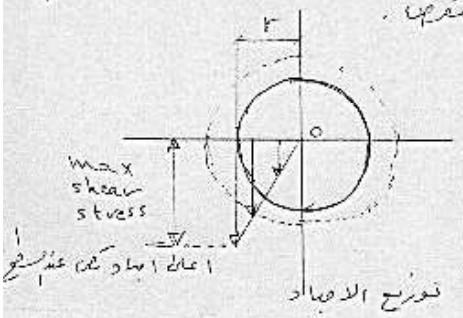
الالتواء

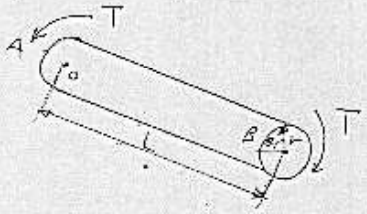


$$T = F \cdot d$$

عند تسليط عزم كأن الشفة المثبت مقره ($T = F.d$) لمؤثر في مستوى عمودي على محور الشفت فان هذا الشفة يكون في حالة التواء
اذا تاثير الحمل الالتوائي يؤدي الى :-

1) حدوث ازاحة زاوية للمقطع المستعرض لاصدق الذي يقيس بالسنة للنهاية الاخرى
2) حدوث اجهادات قص في المقطع المستعرض .





If torque is applied at the ends of the shaft. The shaft will twist through the angle θ.

$$\theta = \frac{T \cdot L}{G \cdot J}$$

θ : Twisting angle (1rad = 57°) زاوية الالتواء وتقاس بـ radian

T : Torque العزم ⟶ N·m or Kg·cm

L : length الطول ⟶ m , cm , mm

G : Modulus of rigidity معامل مرونة المعدن ⟶ N/m^2 , Kg/cm^2

J : polar moment of inirtia عزم القصور القطبي لمساحة cm^4 , m^4

$$J = \frac{\pi}{32} d^4 \quad \text{for solid shaft}$$

$$J = \frac{\pi}{32} d_o^4 - d_i^4 \quad \text{for hollow shaft.}$$

Exp4 Determine the maximum horspower of a solid steel shaft (2.25 cm) diameter, Centrawn at 250 r.p.m. If the working stress in shear equall 40 kg/cm².

for solid shaft $J = \frac{\pi}{32} d^4$

$$\tau = \frac{T \cdot r}{J} \longrightarrow T = \frac{\tau \cdot J}{r}$$

$$T = \frac{40 * \frac{\pi}{32} * \left(\frac{2.25}{2}\right)^4}{2.25/2}$$

$T =$

$P = T \cdot \omega$

Exp3 Find the maximum shearing stress in a (4cm) dia. solid shaft carrying a torque of (30,000 kg.cm)

$$\frac{T}{J} = \frac{\tau}{r}$$

$$6.5 * 10^{-6} (70 - 0) = \frac{5}{30 * 10^6}$$

$$455 * 30 = 5$$

Thermal Stress

الاجهادات الحرارية

If the body is allowed to expand or contract, freely, with the rise or fall of the temperature, if the deformation of the body is prevent, some stresses are induced in the body called thermal stresses.

$$\delta t_1 = \alpha L(\Delta T)$$

here :

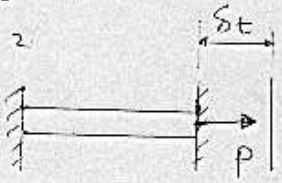
δt_1 = Deformation (m.m)
L = original length (m.m)
ΔT = Temperature difference (degree)
α = Coefficient of linear expansion mm/degree

Ex/ A steel rod 100 cm long is secured between two walls, the load on the rod is zero at 70 F°. Compute the stress when temperature drops to 0 F°.

Assume, The cross-section area of rod = 2 cm^2

$\alpha = 6.5 * 10^{-6}$ Cm/F°

$E = 30 * 10^{+6}$ N/cm^2



$\delta t = \delta$

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

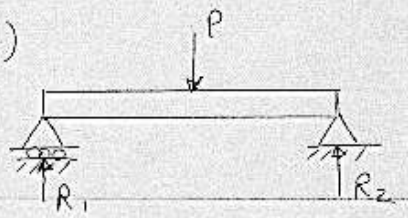
$$\alpha \Delta T = \frac{\sigma}{E}$$

$$6.5 * 10^{-6} (70 - 0) = \frac{\sigma}{30 * 10^{6}}$$

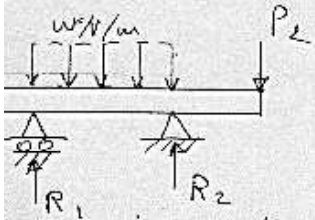
$$455 * 30 = \sigma$$

Types of Loadings — انواع الحمولات

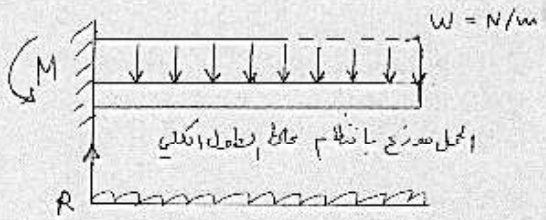
Point load (concentrated load)



Uniform distributed loads (U.d.L)



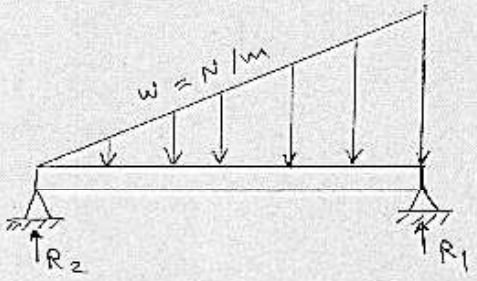
الحمل موزع بانتظام على طول الكمرة



الحمل موزع بانتظام على طول الكمرة

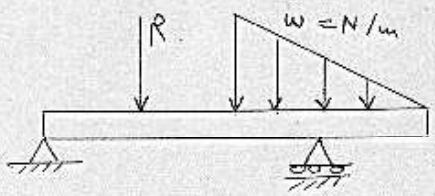
Uniform varying load

الحمل المتغير بانتظام



Combined Loads

الاحمال المشتركة



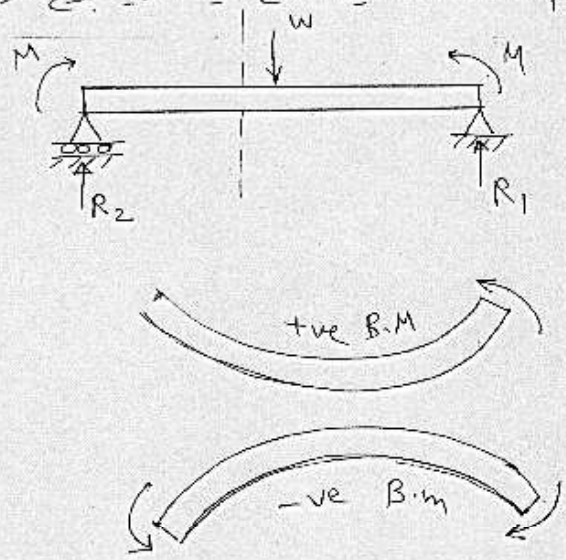
ending Moment (B.M) عزم الانحناء

nding moment diagram (B.M.D)

الرسم البياني لعزم الانحناء

يبين توزيع عزم الانحناء على طول العتبة

عزم الانحناء عند اية مقطع يساوي مجموع عزوم القوى المؤثرة على احد جهة



* العزم على يسار المقطع = M القوة * البعد العمودي بين ا
والمقطع ويكون باتجاه عقرب الساعة .

* العزم على يمين المقطع = M ويمكن ان يكون باتجاه معاكس
الساعة تكون العتبة في حالة اتزان .

حساب ردود الفعل (R_A, R_C)

$\sum M_A = R_C * 1.5 - 15 * 0.5 = 0$

$R_C = 5\ kN$

$\sum F_Y = 0$

$+ R_A = 15 \longrightarrow R_A = 10\ kN$

S.F.D

$S.F_{(C \to B)} = 5\ kN$ +ve ↑

$S.F_{B \to A} = 5 - 15 = -10$ -ve ↓

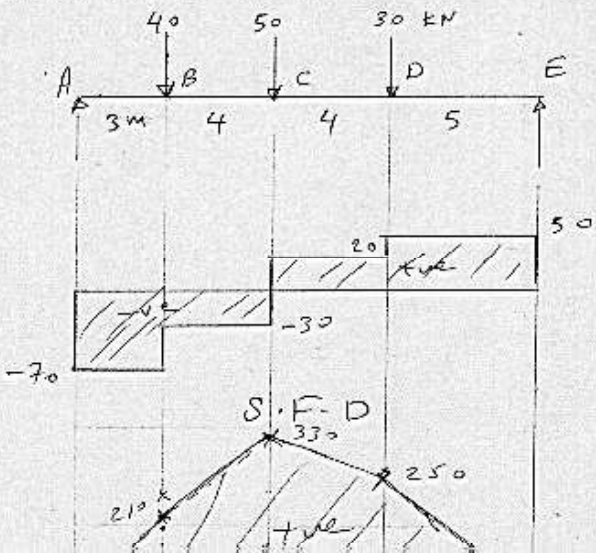
B.M.D

$\sum M_C = 0$

$\sum M_B = 5 * 1 = 5\ kN.m$ ↺

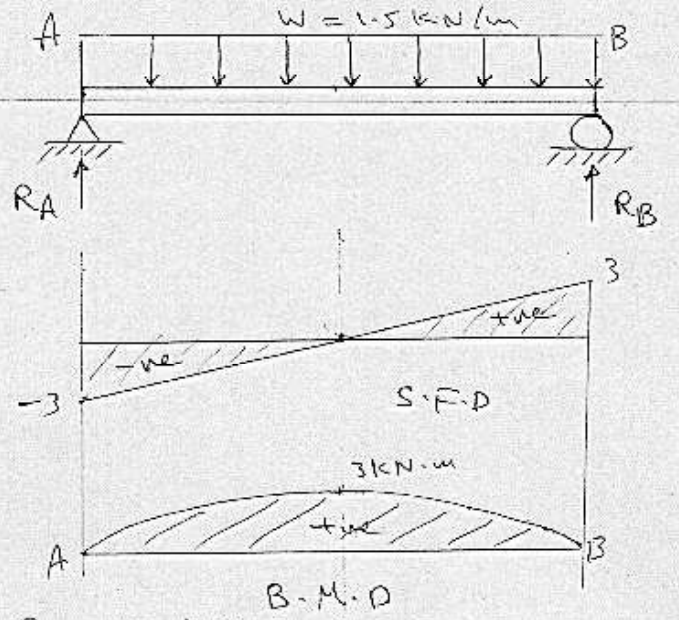
$\sum M_A = 5 \times 1.5 - 15 \times 0.5 = 7.5 - 7.5 = 0$

P 2| Draw S.F.D & B.M.D



imply Supported beam with (U.d.L)

raw S.F.D & B.M.D



$A = R_B \times 4 - 1.5 \times 4 \times 2 = 0$

$3 = 3KN$

$\Sigma Y = 0$

$-1.5 \times 4 + R_A = 0 \longrightarrow R_A = 3KN$

.D

(XX) section

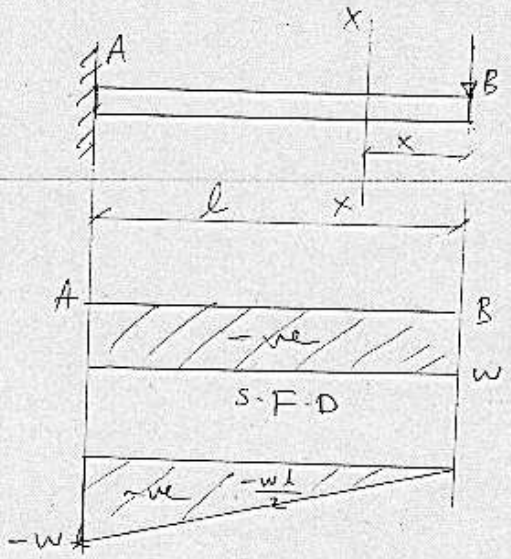
$F = R_B - 1.5X \longrightarrow 3 - 1.5X$

$F_{x=0} = 3 - 1.5(0) = 3KN$ +ve

$F_{x=2} = 3 - 1.5(2) = 0$

ntilever with a point load

ple 1



الحل بدون إيجاد ردود الفعل

F.D

XX S.F = w ↓ -ve

F is constant from B to A = w ↓ -ve

M.D

$M_{at\ XX} = -wx$

$M_B = 0$

$M_A = -wl$

$M_{l/2} = -w\frac{l}{2} = -\frac{wl}{2}$ ↓

M.D

$M_{\text{at } x} = w x \cdot \frac{x}{2} = \frac{w x^2}{2}$ (-ve)

$M_{\text{at } B} = 0$

$M_{\text{at } (x = \frac{l}{4})} = -\frac{w(\frac{l}{4})^2}{2} = -\frac{w l^2}{32}$ (-ve)

$M_{\text{at } (x = \frac{l}{2})} = -\frac{w(\frac{l}{2})^2}{2} = -\frac{w l^2}{8}$

$M_{\text{at } x = \frac{3l}{4}} = -\frac{w(\frac{3l}{4})^2}{2} = \frac{-9 w l^2}{32}$

$M_{\text{at } x = l} (A) = -\frac{w l^2}{2}$