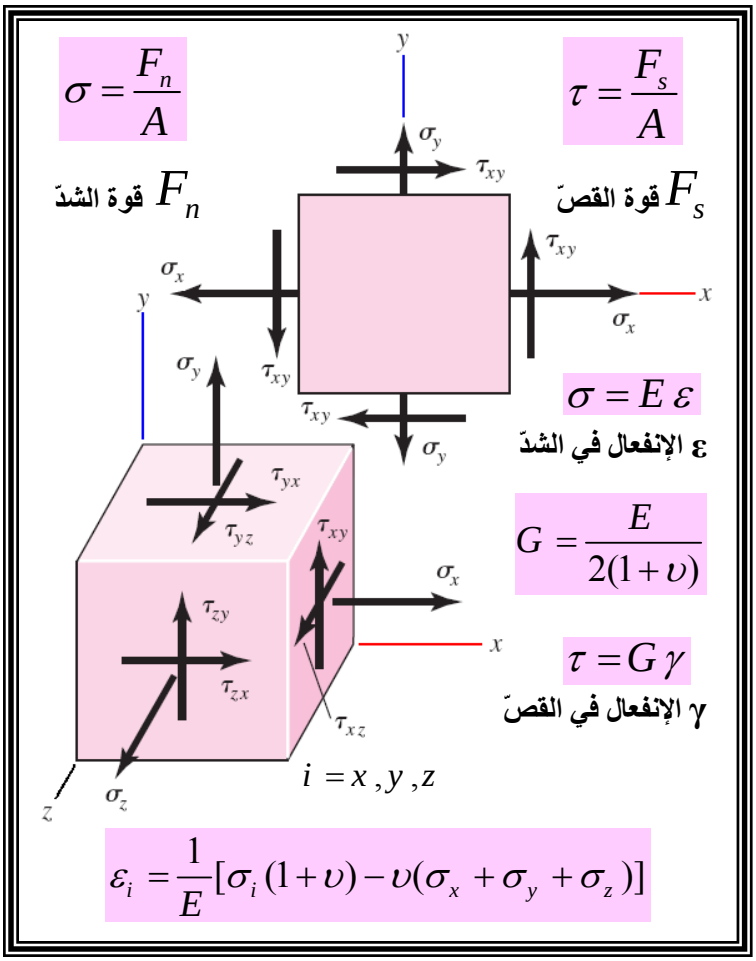
بســم الله الرحــمن الرحــيم

روابط من مقاومة المواد



الخصائص الميكانيكية لبعض المواد

المادة	الكثافة $\frac{kg}{m^3}$	مقاومة الخضوع Mpa	المقاومة النهائية Mpa	معامل يونغ E Gpa	نسبة بواسون ν
فولاذ البناء	7800	250	400	200	0.3
الحديد الزهر 4.5 % كاربون	7200	-	170	100	0.21
الالمنيوم	2630	95	110	69	0.33
خشب التنوب Fir	500	-	50	13	0.33
الخرسانة	2400	-	40	30	0.21

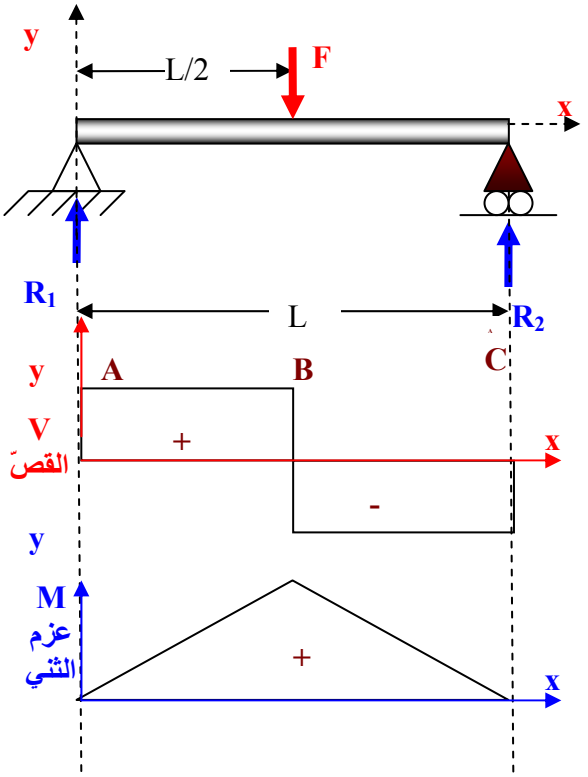
المقادير الموجودة في الجدول تقريبية و غير عملية هي للمقايسه و للحسابات النظرية فقط ، للتصميم و المحاسبات العملية راجع الجداول المربوطة و بالأخصّ جداول الشركات التي يتم منها تحضير و شراء المواد .

مصادر هذا البحث :

-Shigley's Mechanical Engineering Design, Eighth Edition, McGraw-Hill

-Machinery's Handbook, Twenty-Eighth Edition

-MECHANICAL ENGINEERS DATA HANDBOOK, JAMES CARVILL



$$R_1 = R_2 = \frac{F}{2}$$

$$V_{AB} = R_1$$

$$V_{BC} = -R_2$$

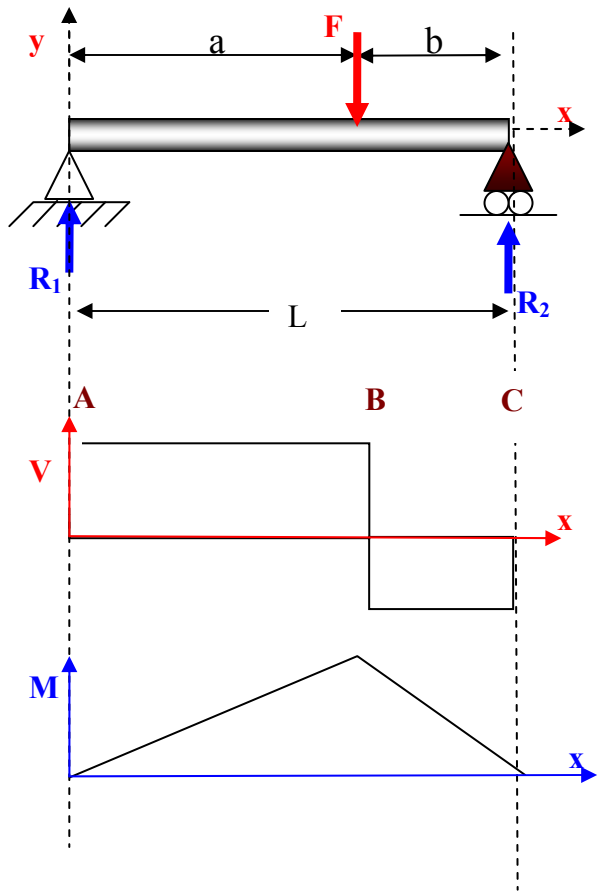
$$M_{AB} = \frac{Fx}{2}$$

$$M_{BC} = \frac{F}{2}(L - x)$$

$$y_{AB} = \frac{Fx}{48EI}(4x^2 - 3L^2)$$ إنحناء العارضة في x

$$y_{\max} = -\frac{FL^3}{48EI}$$ حدّ أكثر إنحاء أو إنحراف العارضة

عارضة ذات دعامات بسيطة مع حمولة متمركزة في الوسط



$$R_1 = \frac{Fb}{L}$$

$$R_2 = \frac{Fa}{L}$$

$$V_{AB} = R_1$$

$$V_{BC} = -R_2$$

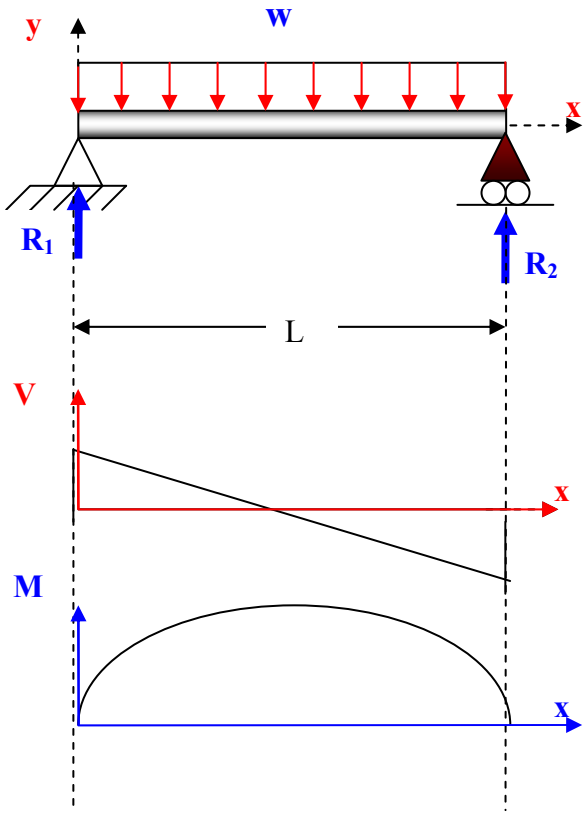
$$M_{AB} = \frac{Fbx}{L}$$

$$M_{BC} = \frac{Fa}{L}(L - x)$$

$$y_{AB} = \frac{Fbx}{6EIL}(x^2 + b^2 - L^2)$$

$$y_{BC} = \frac{Fa(L - x)}{6EIL}(x^2 + a^2 - 2Lx)$$

عارضة (كمرة) - Beam ذات دعامات بسيطة مع حمولة متمركزة



$$R_1 = R_2 = \frac{wL}{2}$$

$$V = \frac{wL}{2} - wx$$

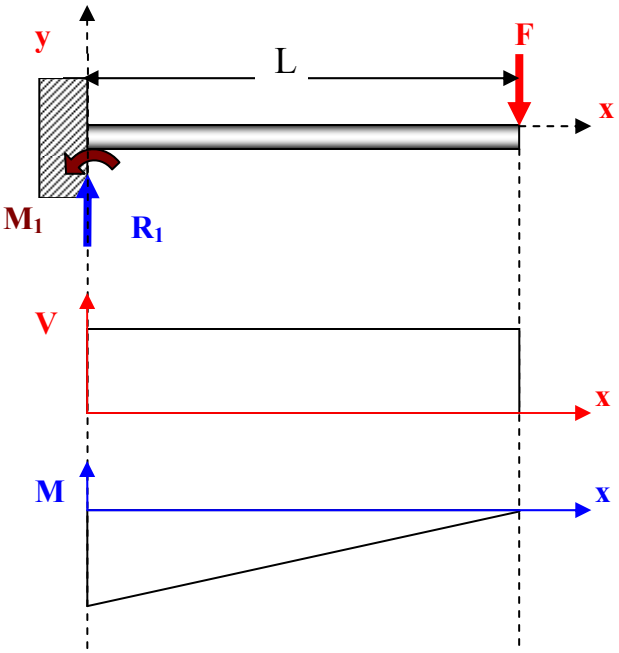
$$M = \frac{wx}{2}(L - x)$$

$$y = \frac{wx}{24EI}(2Lx^2 - x^3 - L^3)$$

$$y_{max} = -\frac{5wL^4}{384EI}$$

عارضة ذات دعامات بسيطة مع حمولة موحدة

E معمل يونغ أو معامل المرونة **للفولاذ حدود 200 غيغا باسكال**
I عزم القصور الذاتي (عزم العطالة) للسطح



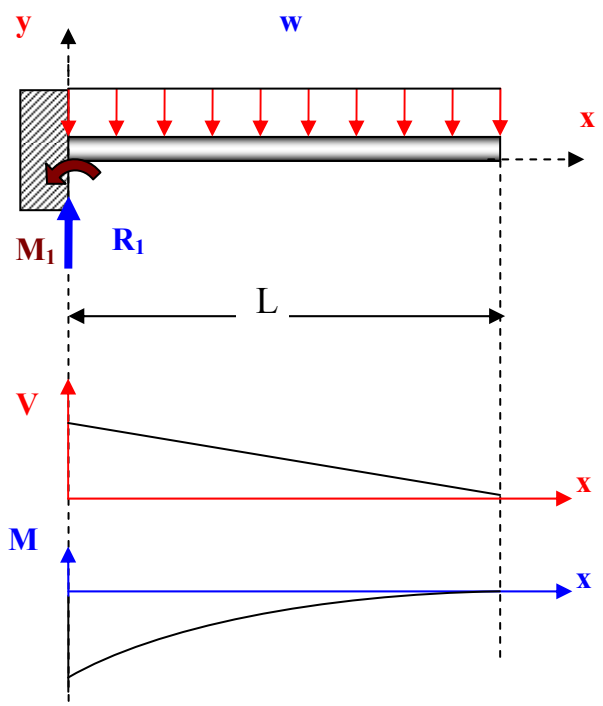
$$R_1 = V = F$$

$$M_1 = FL$$
$$M = F(x - L)$$

$$y = \frac{Fx^2}{6EI}(x - 3L)$$

$$y_{max} = -\frac{FL^3}{3EI}$$

عارضة ذات دعامة ثابتة مع حمولة متمركزة في إنتهائها



w حمولة موحدة و موزعة في وحدة الطول ، $R_1 = wL$

$$M_1 = \frac{wL^2}{2}$$

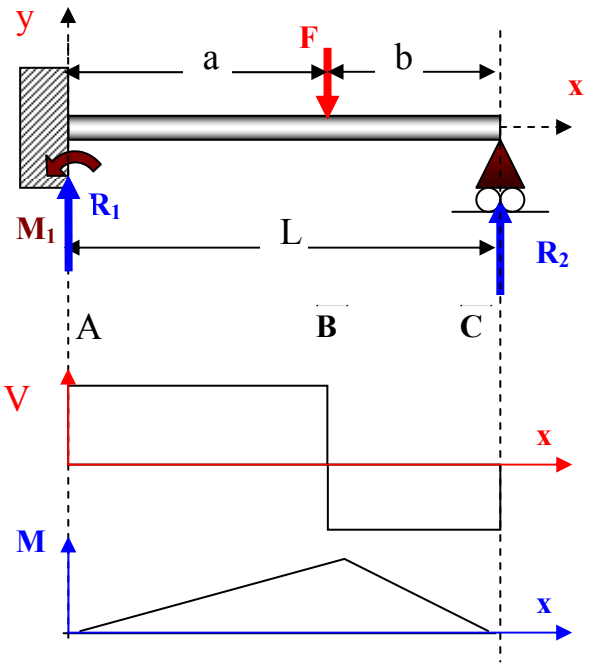
$$V = w(L - x)$$

$$M = -\frac{w}{2}(L - x)^2$$

$$y = \frac{wx^2}{24EI}(4Lx - x^2 - 6L^2)$$

$$y_{max} = -\frac{wL^4}{8EI}$$

عارضة ذات دعامة ثابتة مع حمولة موحدة



$$R_1 = \frac{Fb}{2L^3}(3L^2 - b^2)$$

$$R_2 = \frac{Fa^2}{2L^3}(3L - a)$$

$$M_1 = \frac{Fb}{2L^2}(L^2 - b^2)$$

$$V_{AB} = R_1 \quad , \quad V_{BC} = -R_2$$

$$M_{AB} = \frac{Fb}{2L^3}[b^2L - L^3 + x(3L^2 - b^2)]$$

$$M_{BC} = \frac{Fa^2}{2L^3}(3L^2 - 3Lx - aL + ax)$$

$$y_{AB} = \frac{Fbx^2}{12EIL^3}[3L(b^2 - L^2) + x(3L^2 - b^2)]$$

$$y_{BC} = y_{AB} - \frac{F(x - a)^3}{6EI}$$

عارضة ذات دعامة ثابتة و بسيطة مع حمولة متمركزة

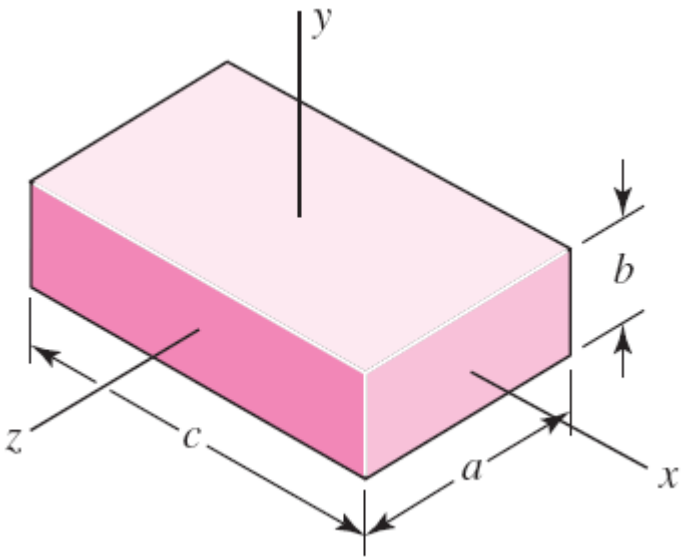
مكعب صلب

$$m = \frac{abc\rho}{g}$$ الكتلة

$$I_x = \frac{m}{12}(a^2 + b^2)$$ عزم العطالة بالنسبة للمحور x

$$I_y = \frac{m}{12}(a^2 + c^2)$$ عزم العطالة بالنسبة للمحور y

$$I_z = \frac{m}{12}(b^2 + c^2)$$ عزم العطالة بالنسبة للمحور z



g ثابت جاذبية الأرض ، ρ الكثافة الوزنية

عزم القصور الذاتي للسطح أو عزم العطالة للسطح ويعرف

area moment of inertia

second moment of area العزم الثاني للسطح

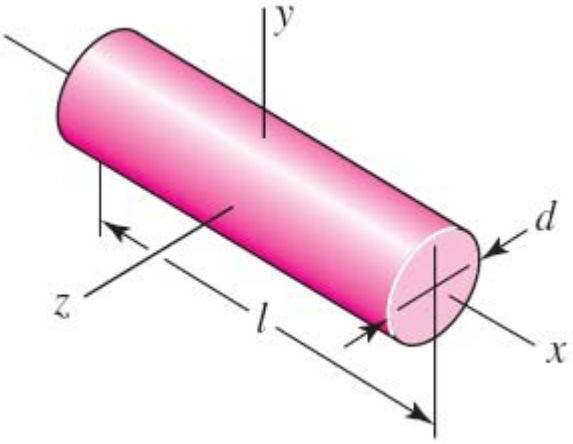
عزم العطالة moment of inertia

أسطوانه صلبه

$$m = \frac{\pi(d_o^2 - d_i^2)\rho}{4g}$$

$$I_x = \frac{md^2}{8}$$

$$I_y = I_z = \frac{m}{48}(3d^2 + 4l^2)$$



l طول الإسطوانة ، d قطر الإسطوانة

يوجد فرق بين عزم العطالة و عزم العطالة للسطح

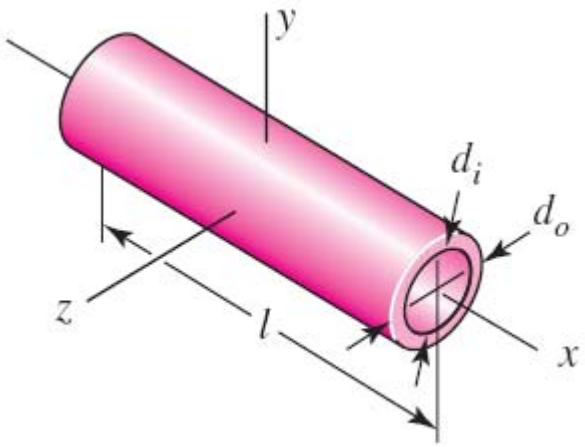
عزم العطالة moment of inertia

أسطوانه مجوفه صلبه

$$m = \frac{\pi(d_o^2 - d_i^2)}{4g}$$

$$I_x = \frac{m}{8}(d_o^2 + d_i^2)$$

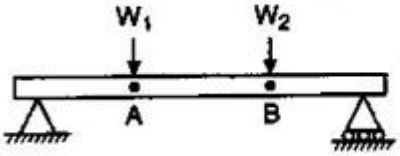
$$I_y = I_z = \frac{m}{48}(3d_o^2 + 3d_i^2 + 4l^2)$$



l طول الإسطوانة المجوفة ، d_o القطر الخارجي ، d_i القطر الداخلي

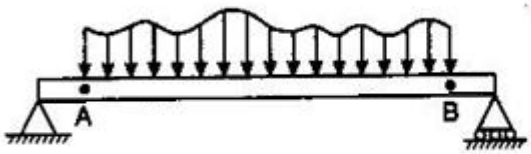
عزم العطالة أو عزم القصور الذاتي للسطح يرمز له بالحرف I وهو عبارة عن خاصية مقطع السطح التي يمكن الإستعانة بها لتعين مقاومة الجسم بالنسبة للإنحناء الذي ينتج عن القوى المؤثرة على الجسم مثل العارضات

أنواع الحمولة على العارضات الحديدية Load



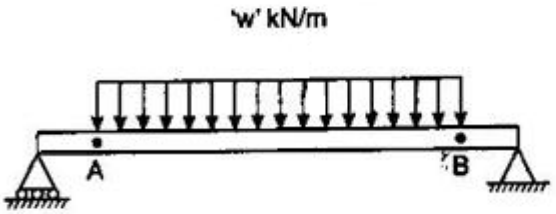
حمولة متمركز

Concentrated load



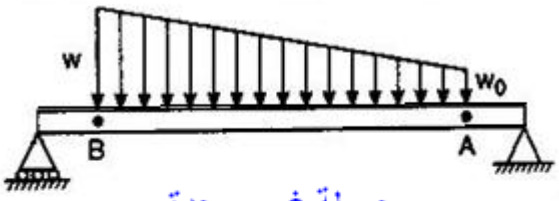
حمولة موزعة

Distributed load



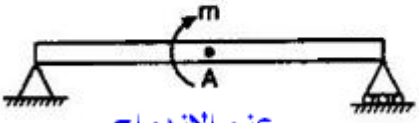
حمولة موزعة بصورة موحدة

Uniformly distributed load



حمولة غير موحدة

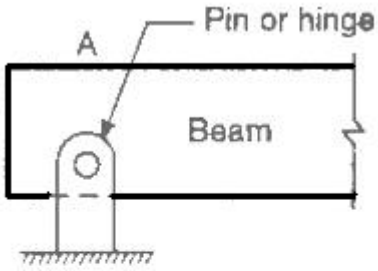
Uniformly varying load

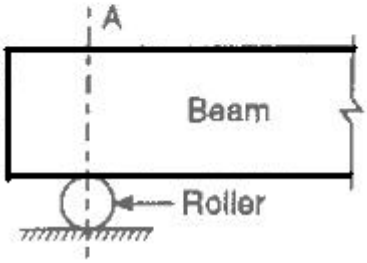


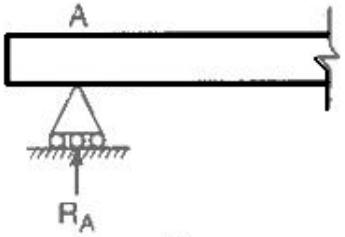
عزم الإزدواج

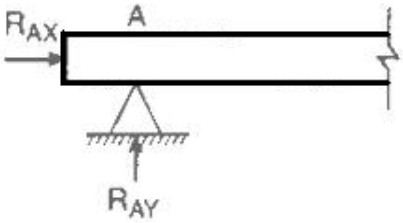
Couple

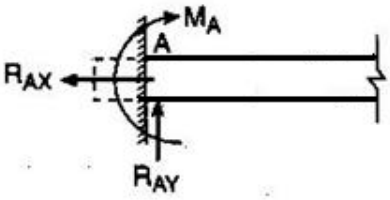
أنواع الدعامات للعارضات الحديدية Support











Material	Units	Steel	Aluminum	Cast Iron	Wood (Fir)
Modulus of Elasticity, E	Mpsi	30.0	10.0	14.5	1.6
	GPa	207.0	69.0	100.0	11.0
Modulus of Rigidity, G	Mpsi	11.5	3.8	6.0	0.6
	GPa	80.0	26.0	41.4	4.1
Poisson's Ratio, ν		0.30	0.33	0.21	0.33

أنواع مقاطع العارضات الحديدية

صلابة عالية

H

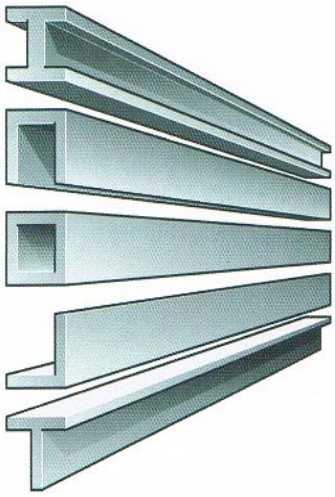
Channel

Square

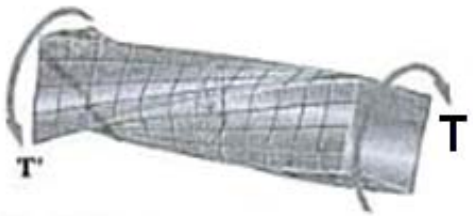
Angle

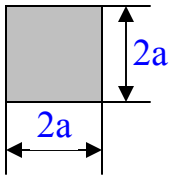
Tee

صلابة أقلّ



إلتواء محور ذو مقطع مربع Torsion





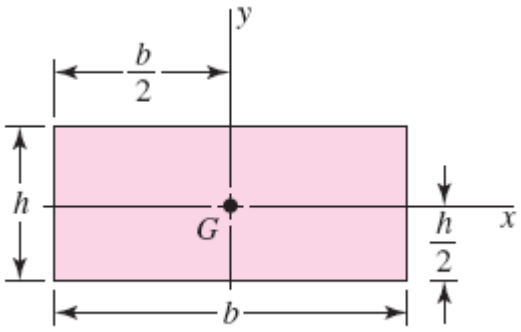
الحدّ الأقصى للإجهاد $\tau_{max} = \frac{0.601T}{a^3}$

الحدّ الأقصى لزاوية الإلتواء حسب الراديان $\theta = \frac{TL}{2.25Ga^4}$

L طول المحور ، G معامل القصّ أو معامل الصلابة ، T عزم الإلتواء

E معامل المرونة في الشدّ
G معامل المرونة في القصّ

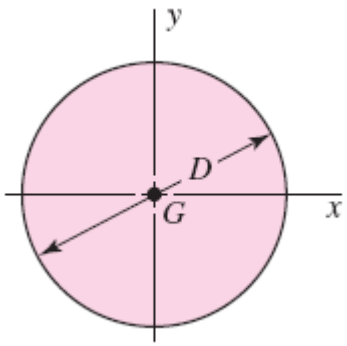
عزم القصور الذاتي لسطح المستطيل area moment of inertia



السطح $A = hb$

حول المحور x $I_x = \frac{bh^3}{12}$

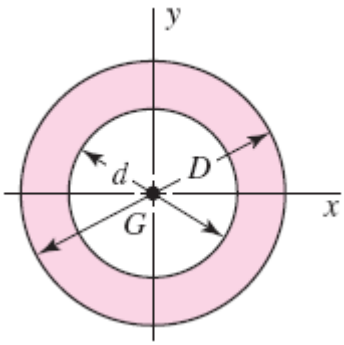
حول المحور y $I_y = \frac{b^3h}{12}$



عزم القصور الذاتي لسطح الدائرة area moment of inertia

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

$$I_x = I_y = \frac{\pi D^4}{64}$$

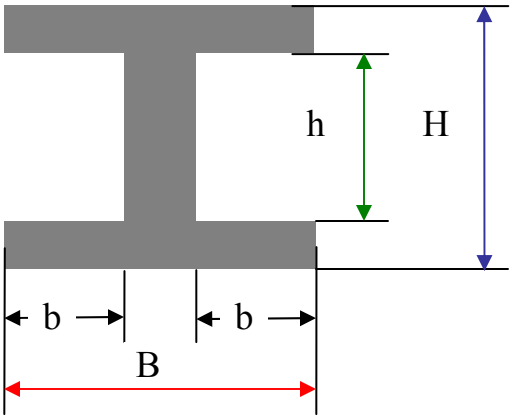


عزم القصور الذاتي لسطح الحلقة

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

$$I_x = I_y = \frac{\pi}{64}(D^4 - d^4)$$

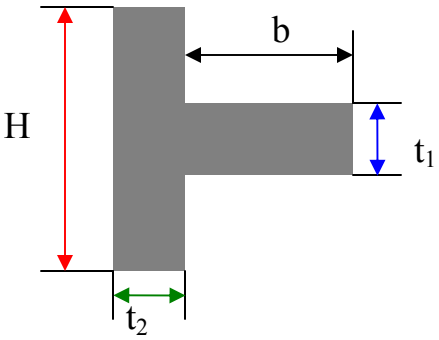
عزم العطالة للسطح area moment of inertia



$$A = BH - 2bh$$

$$I = \frac{BH^3 - 2bh^3}{12}$$

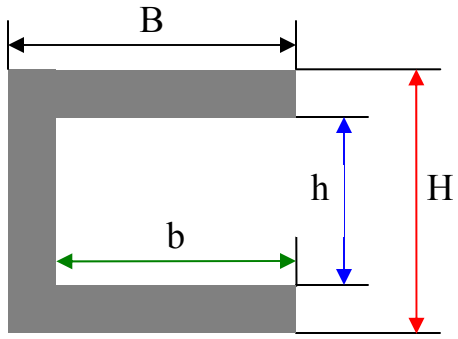
عزم العطالة للسطح area moment of inertia



$$A = t_2 H + t_1 b$$

$$I = \frac{t_2 H^3 + b t_1^3}{12}$$

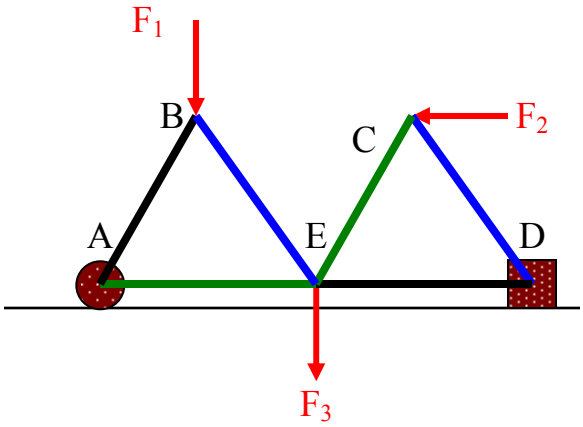
عزم العطالة للسطح area moment of inertia



$$A = BH - bh$$

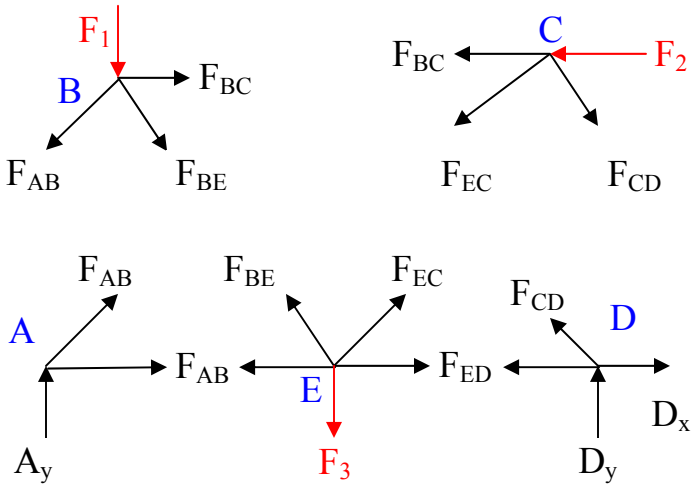
$$I = \frac{BH^3 - bh^3}{12}$$

تحليل القوى على الجملون أو دعامة البناء truss

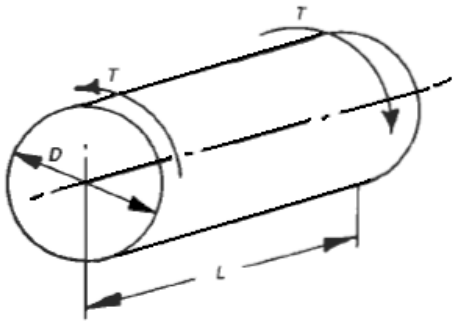


$$\sum F_x = 0$$

$$\sum F_y = 0$$



إلتواء إسطوانه صلبة



$$\tau_{max} = \frac{16T}{\pi D^3}$$ الحدّ الأقصى لإجهاد القصّ

$$\theta = \frac{32TL}{\pi G D^4} \text{ radian}$$ زاوية الإلتواء

T عزم الإلتواء ، D قطر الإسطوانه ، L طول الإسطوانه
G معامل القصّ للفولاذ يساوي 79.3 غيغا باسكال

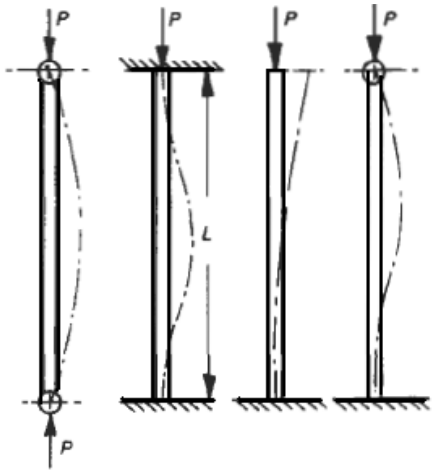
التحدب (Buckling)

$$P = K\frac{\pi^2 EI}{L^2}$$

P قوة التحدب
E معامل يونغ
I عزم العطالة للسطح
L الطول
K معامل يرتبط بكيفية إتصال الإنتهائين و يساوي هذه المقادير :

رقم الصورة	قيمة K
1	1
2	4
3	0.25
4	2.05

رقم الصورة 1 2 3 4

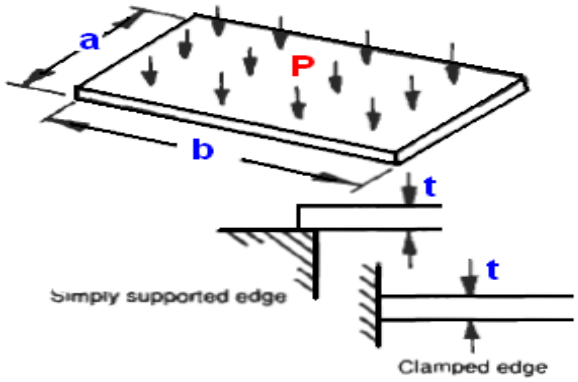


الإجهاد و الإنحراف لصفحة مسطحة مستطيلة الشكل

الحد الأقصى للإجهاد في الحافه $\sigma_{max} = \frac{Pa^2}{2t^2[0.623(\frac{a}{b})^6 + 1]}$

الحد الأقصى للإنحراف في الوسط $\Delta_{max} = \frac{0.0284Pa^4}{Et^3[1.056(\frac{a}{b})^5 + 1]}$

P حمولة موحدة



$\sigma = \frac{P}{A}$ الإجهاد stress ، $E = \frac{\sigma}{\varepsilon}$

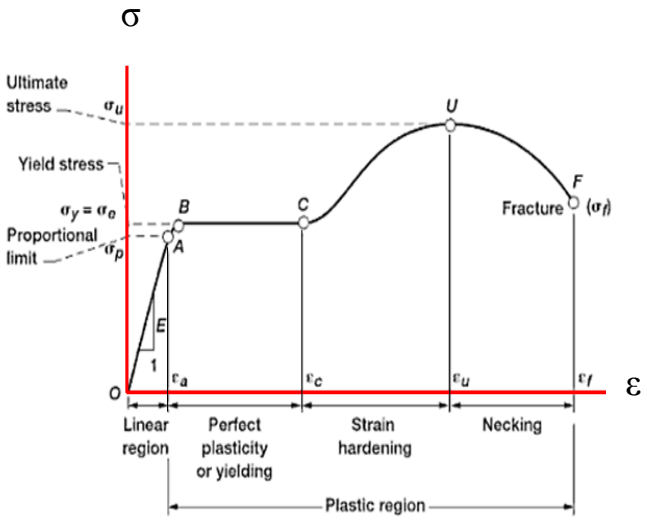
$\delta = \frac{PL}{AE}$ الإطالة elongation ، $\varepsilon = \frac{\delta}{L}$

$G = \frac{E}{2(1+\upsilon)}$ معامل القصّ shear modulus

الإنحراف y أو Δ deflection
P الحمولة أو القوة ، A السطح ، L الطول ، E معامل يونغ
υ نسبة بواسون و تساوي نسبة الإنفعال الجانبي الى الإنفعال المحوري

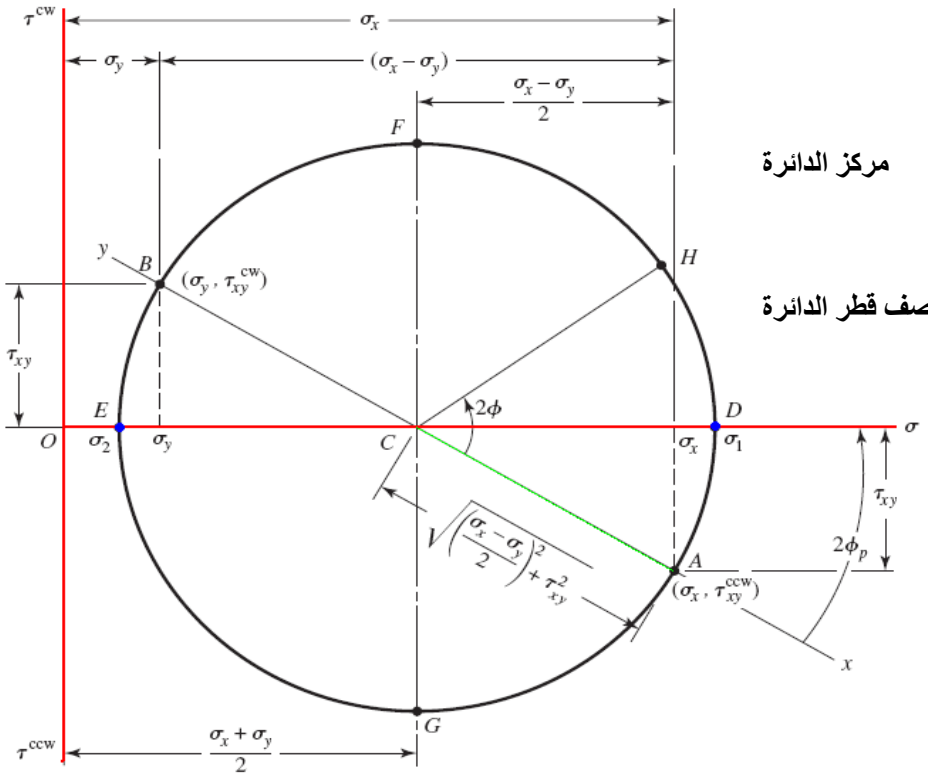
الإنفعال ε strain ، $\upsilon = -\frac{\varepsilon_y}{\varepsilon_x} = -\frac{\varepsilon_z}{\varepsilon_x}$

إجهاد الشدّ σ tensile stress ، ضغط أو شدّ tension
إجهاد القصّ τ shear stress
مقاومة المواد strength of materials



دائرة مور Mohr's Circle

الإجهاد في بُعدين



مركز الدائرة $C\begin{vmatrix}\frac{\sigma_x+\sigma_y}{2}\\0\end{vmatrix}$

نصف قطر الدائرة $R=\sqrt{(\frac{\sigma_x-\sigma_y}{2})^2+\tau_{xy}^2}$

σ_1 الحدّ الأقصى لإجهاد الشدّ
σ_2 الحدّ الأدنى لإجهاد الشدّ

τ_1 الحدّ الأقصى لإجهاد القصّ
τ_2 الحدّ الأدنى لإجهاد القصّ

$$\sigma_1=\frac{\sigma_x+\sigma_y}{2}+\sqrt{(\frac{\sigma_x-\sigma_y}{2})^2+\tau_{xy}^2} \quad , \quad \tau_1=+\sqrt{(\frac{\sigma_x-\sigma_y}{2})^2+\tau_{xy}^2}$$

$$\sigma_2=\frac{\sigma_x+\sigma_y}{2}-\sqrt{(\frac{\sigma_x-\sigma_y}{2})^2+\tau_{xy}^2} \quad , \quad \tau_2=-\sqrt{(\frac{\sigma_x-\sigma_y}{2})^2+\tau_{xy}^2}$$

الإجهاد في ثلاثة أبعاد

$$\sigma^3-(\sigma_x+\sigma_y+\sigma_z)\sigma^2+(\sigma_x\sigma_y+\sigma_x\sigma_z+\sigma_y\sigma_z-\tau_{xy}^2-\tau_{yz}^2-\tau_{zx}^2)\sigma-$$
$$-(\sigma_x\sigma_y\sigma_z+2\tau_{xy}\tau_{yz}\tau_{zx}-\sigma_x\tau_{yz}^2-\sigma_y\tau_{zx}^2-\sigma_z\tau_{xy}^2)=0$$

أجوابة هذه المعادلة من الدرجة الثالثة هي σ_1 و σ_2 و σ_3 بحيث $\sigma_1\ge\sigma_2\ge\sigma_3$

من نظريات الإنكسار أو الفشل للمواد المرنة

نظرية تريسكا Tresca – نظرية الحدّ الأقصى لإجهاد القصّ

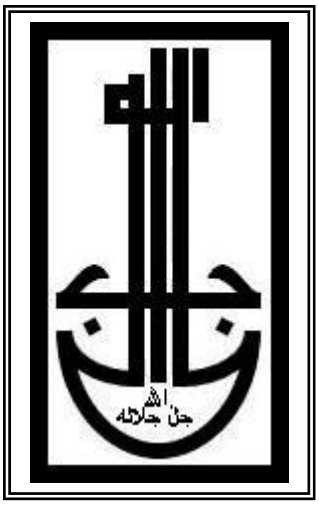
$$\tau_{max}=\frac{\sigma_1-\sigma_3}{2}\ge\frac{S_y}{2}$$

S_y yield strength (مقاومة الخضوع)

نظرية فون ميزس Von Mises – نظرية التشويه الطاقوي للمواد المرنة[1]

$$\frac{1}{\sqrt{2}}\sqrt{(\sigma_1-\sigma_2)^2+(\sigma_2-\sigma_3)^2+(\sigma_3-\sigma_1)^2}\ge S_y$$

1- Distortion-Energy Theory for Ductile Materials



موقع جلال الحاج عبد

www.jalalalhajabed.com

البريد الألكتروني :

Jalal.alhajabed@hotmail.com

Jalal.alhajabed@yahoo.com