مقاومة المواد وحساب الانشاءات 2

الفصل الصيفي

2024-2025

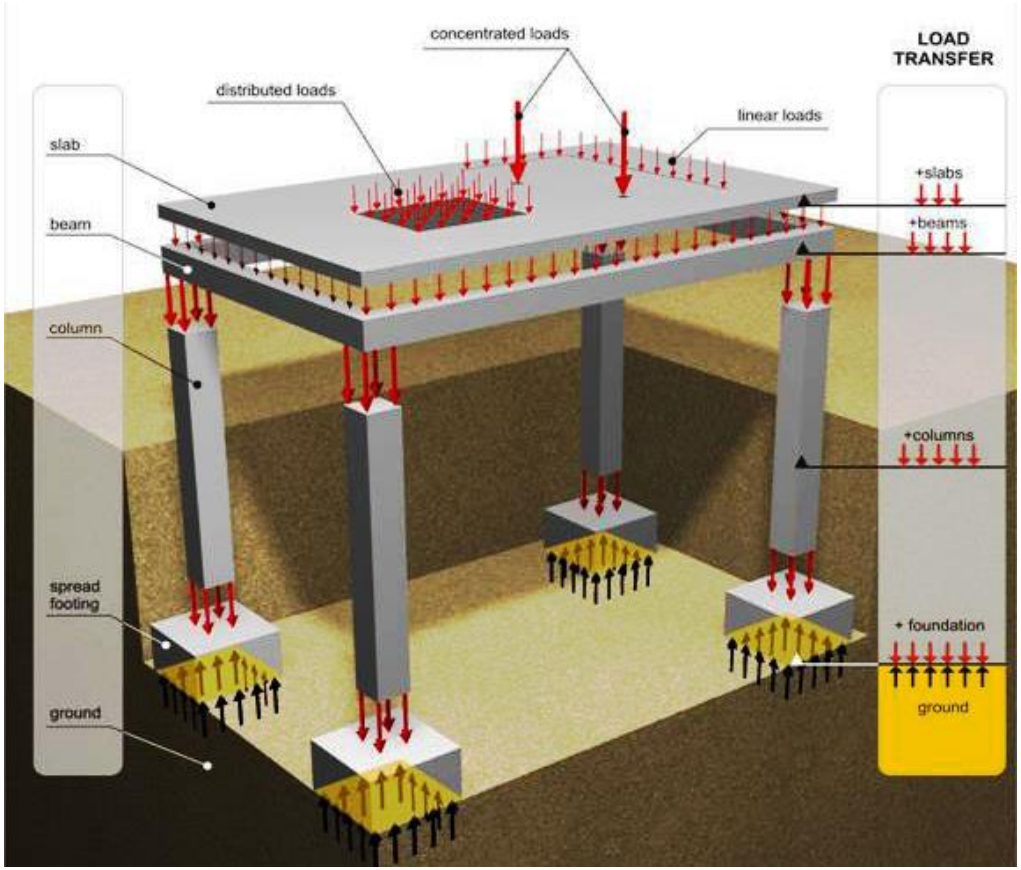
أ.د. نايل محمد حسن

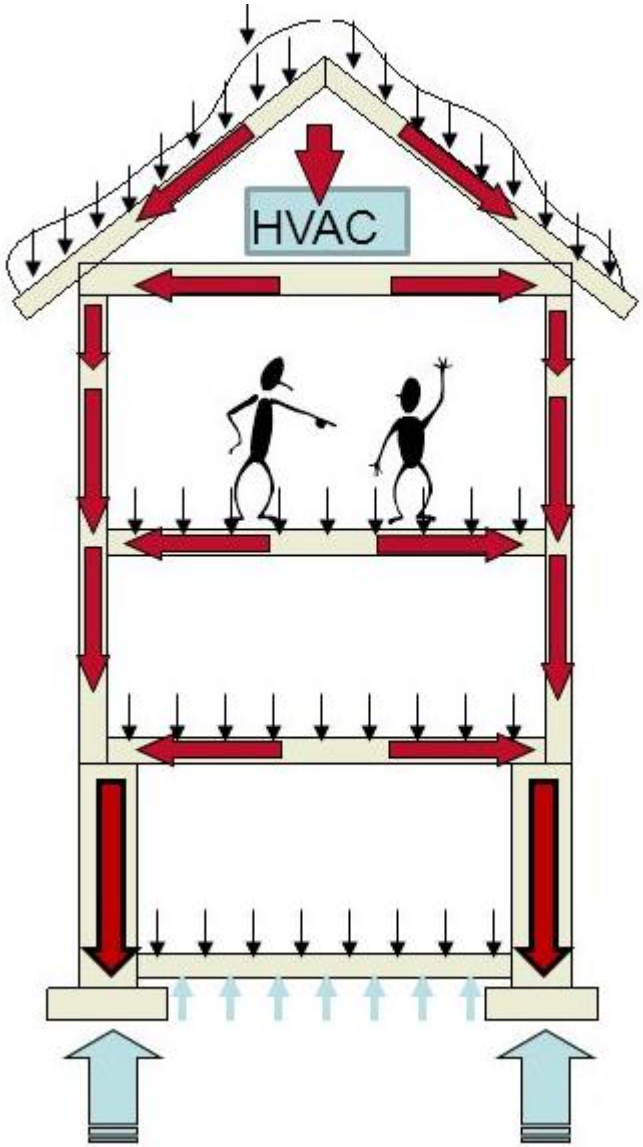
المحاضرة الخامسة

حساب القوى الداخلية

القوى الداخلية

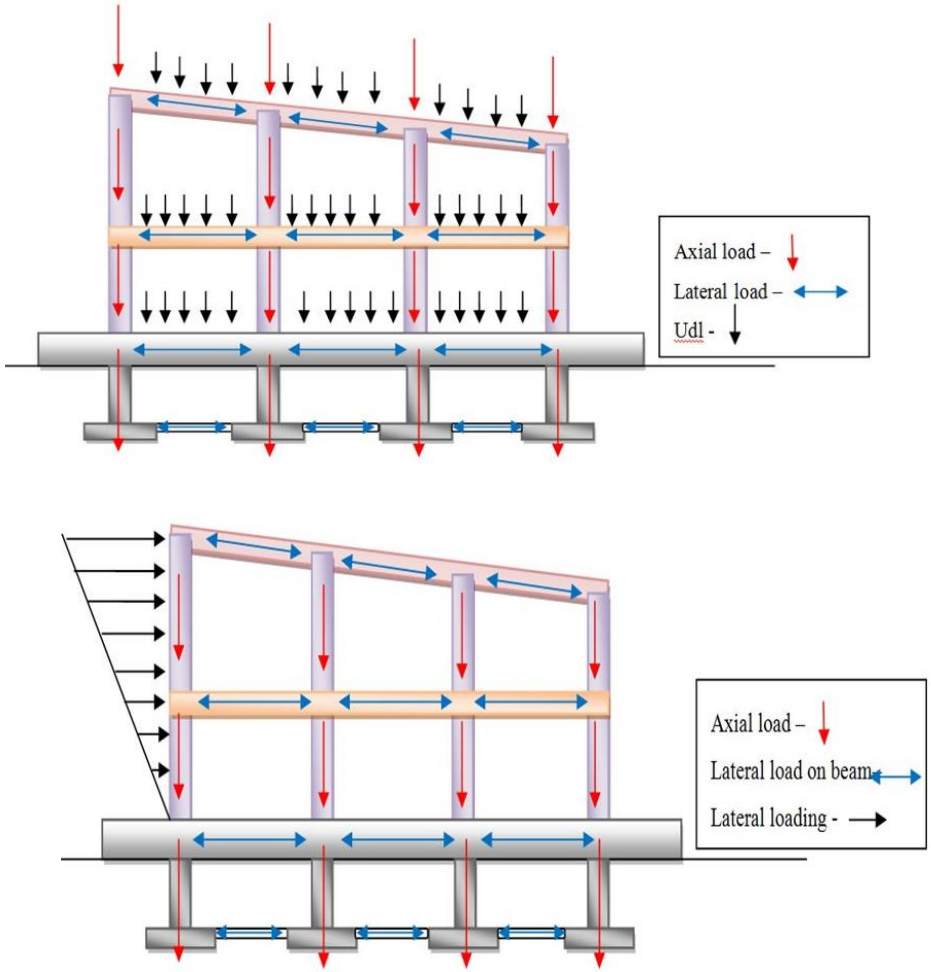
Load transfer نقل الاحمال

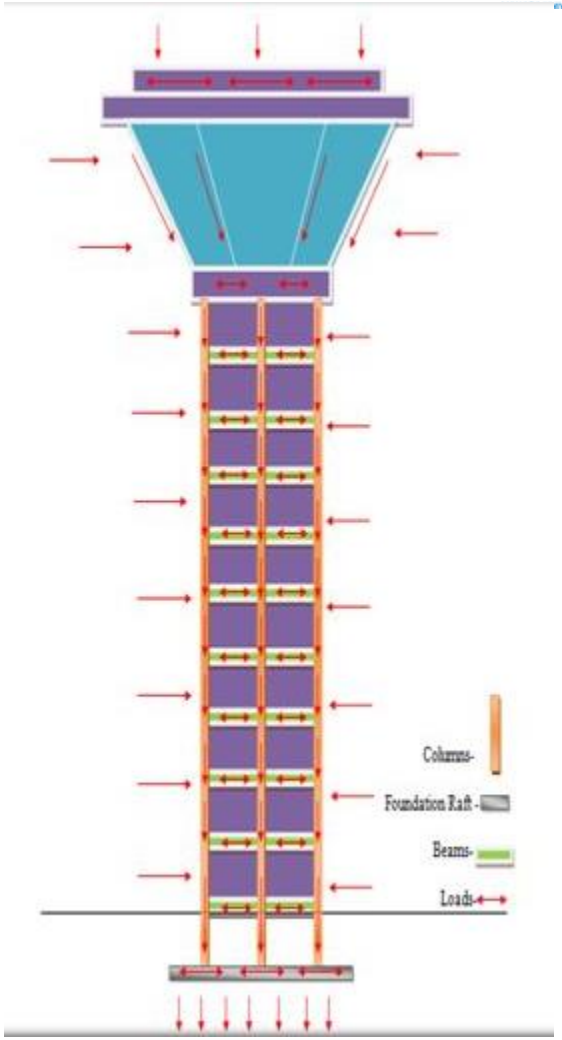




القوى الداخلية

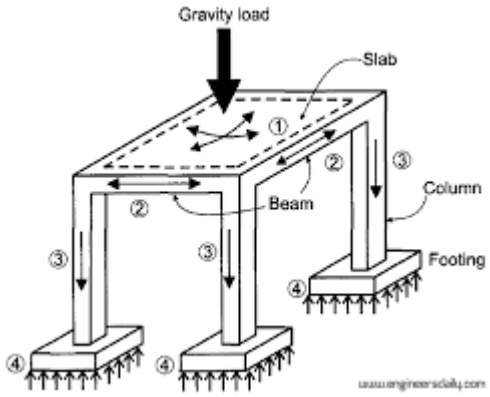
load transfer نقل الاحمال

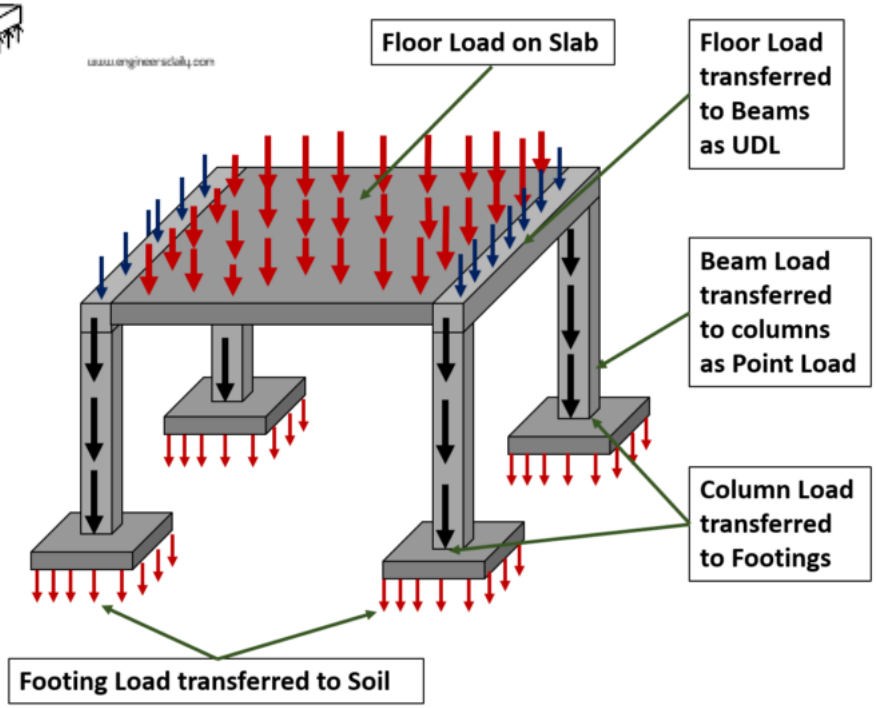


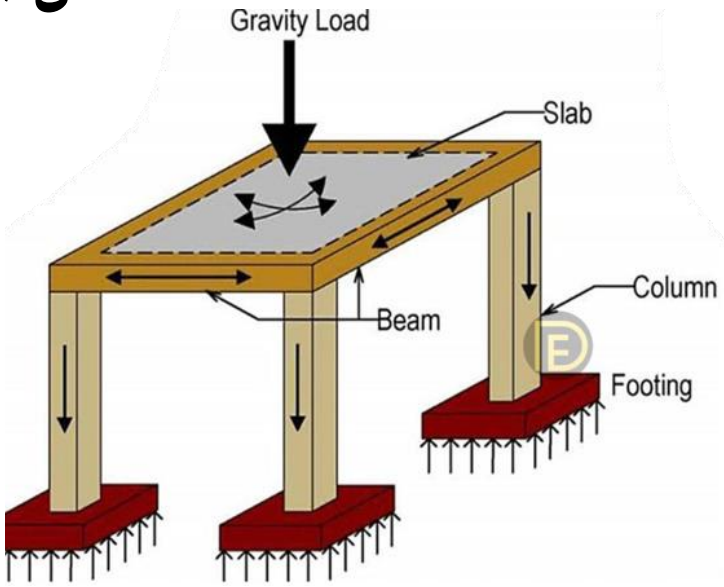


القوى الداخلية

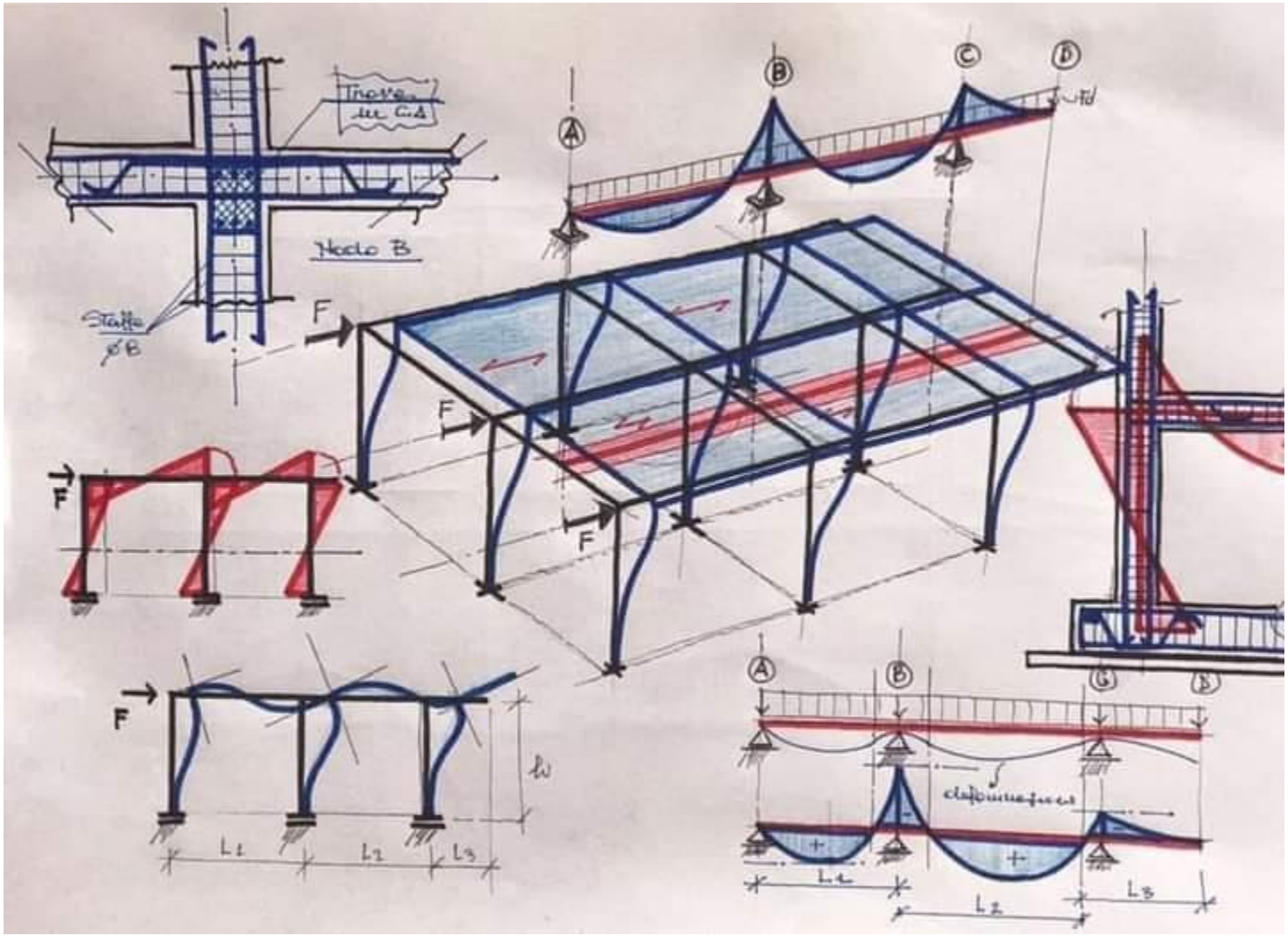
Load transfer نقل الاحمال





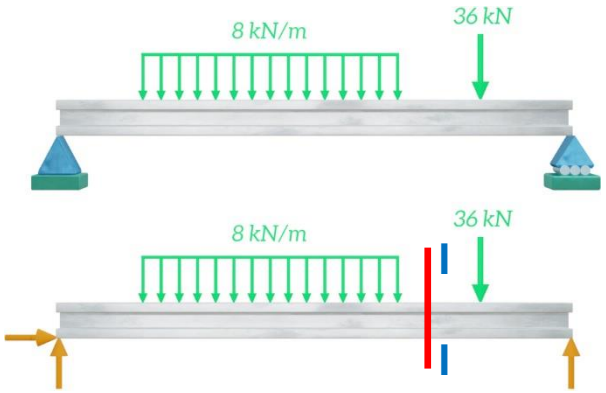


القوى الداخلية

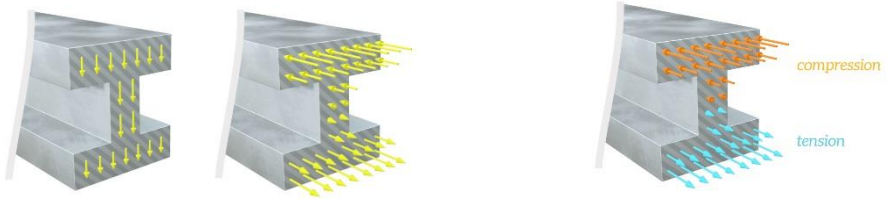


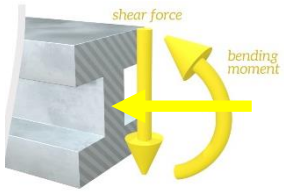
القوى الداخلية (التحميل الداخلي)

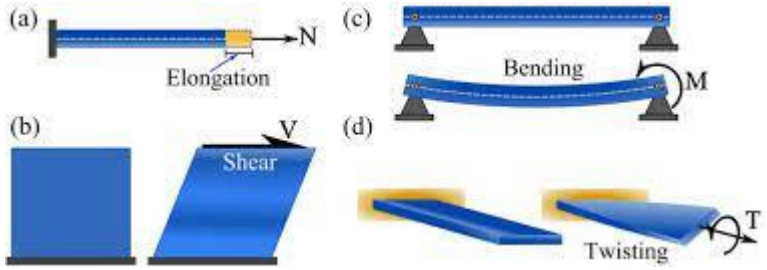
عندما يتم تطبيق قوى خارجية على منشأ أو عنصر انشائي تنتج القوى الداخلية كاستجابة لتاثير القوى وتجب عليها تحقيق التوازن



اذا اجرينا قطع وهمي I-I ينتج بالمقطع العرضي ثلاث مركبات (محصلات) للقوى الداخلية في مكان القطع وهي: قوة ناظمية N، وقوة قص V، وعزم انعطاف M







التشوهات الناتجة عن القوى الداخلية

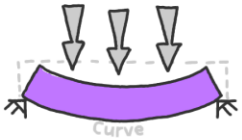
Internal Forces القوى الداخلية (التحميل الداخلي)

Compression

External forces act at ends of the element to squash it

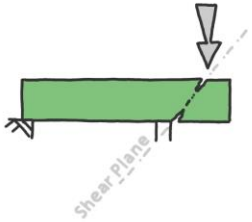
Tension

External forces act at the ends of the element to pull it apart



Bending

External forces act at 90° to the element making it curve

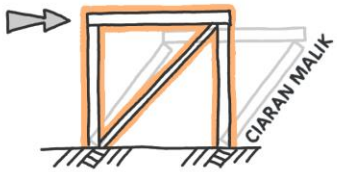


Shear

External forces act at 90° in opposite directions to make it tear apart

Torsion

External forces apply a twisting force around the element warping it



Stability

Not a force; when an element buckles or falls before it breaks due to forces

القوى الداخلية (التحميل الداخلي)

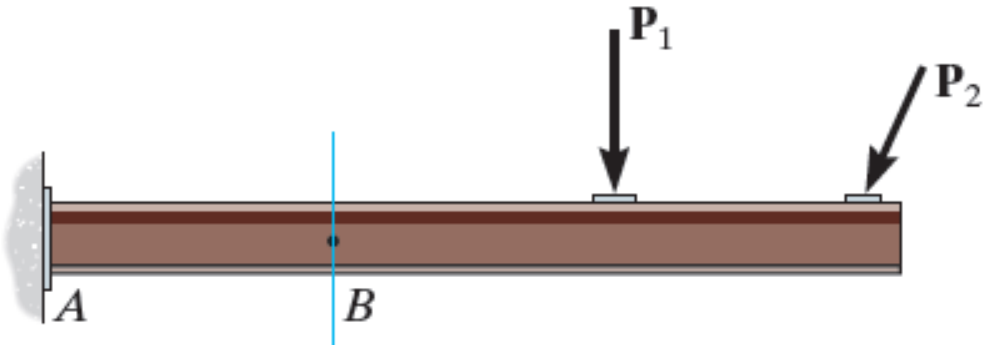
لتصميم عنصر انشائي (جائز، عمود...) لابد من معرفة القوى الداخلية المؤثرة فيه (داخله) وذلك للتأكد من أن المقطع يتحمل هذه القوى.

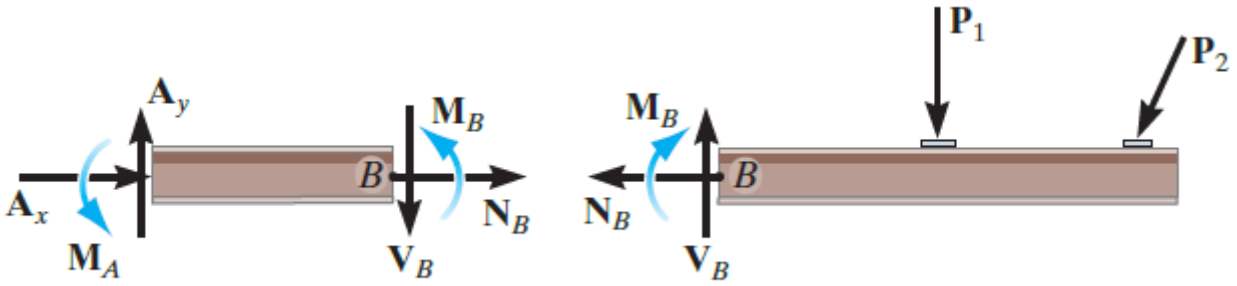
يتم تحديد القوى الداخلية باستخدام طريقة القطع.

لشرح الطريقة: افترض انه يطلب إيجاد القوى الداخلية في النقطة B، من الجائز الظفري المبين بالشكل.

اذا مررنا مقطع وهمي عمودي على محور الجائز يمر من B، وفصلنا الجائز الى قسمين، عنده ستظهر القوى الداخلية عند B، وتصبح خارجية على الجسم الحر لكل جزء.

كامل الجائز





جزء يساري

جزء يميني

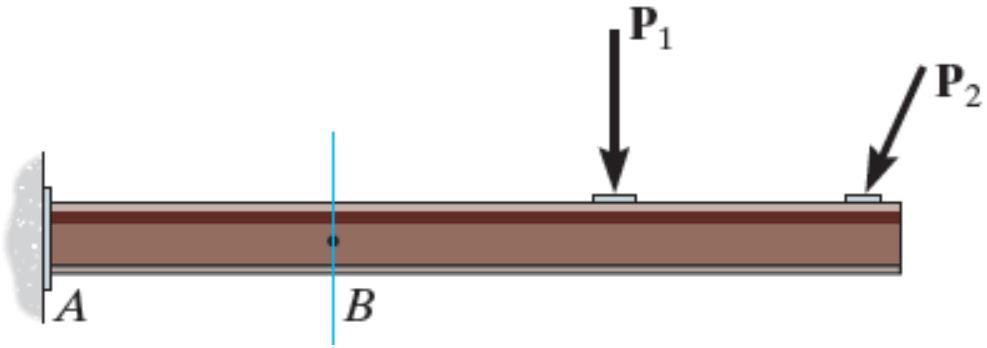
مركبات القوى

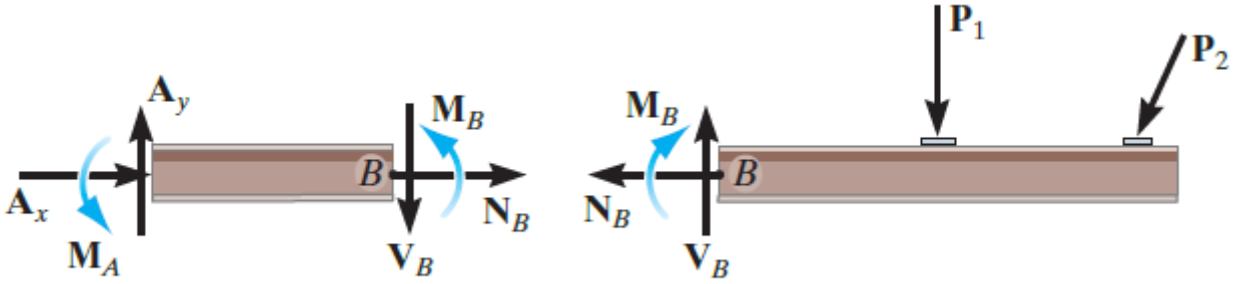
القوة N_B عمودية على المقطع العرضي تسمى القوة المحورية او الناظمية **normal force**

القوة V_B مماسية للمقطع العرضي تسمى قوة القص **shear force**

العزم M_B يسمى عزم الانعطاف **bending Moment**

كامل الجائز





جزء يساري

جزء يميني

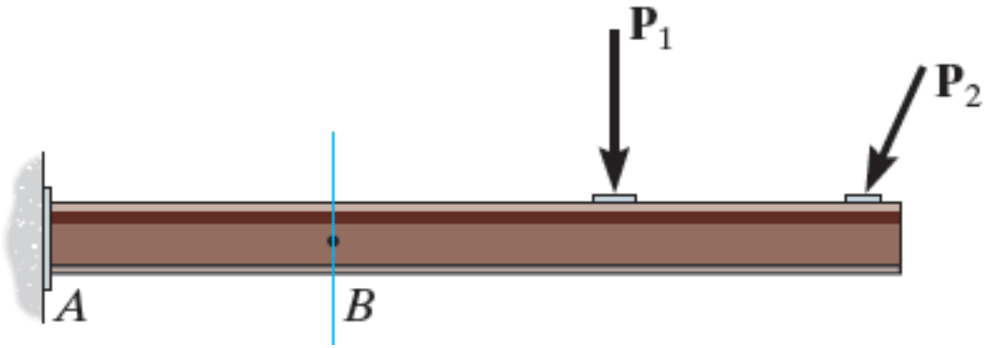
حسب قانون نيوتن

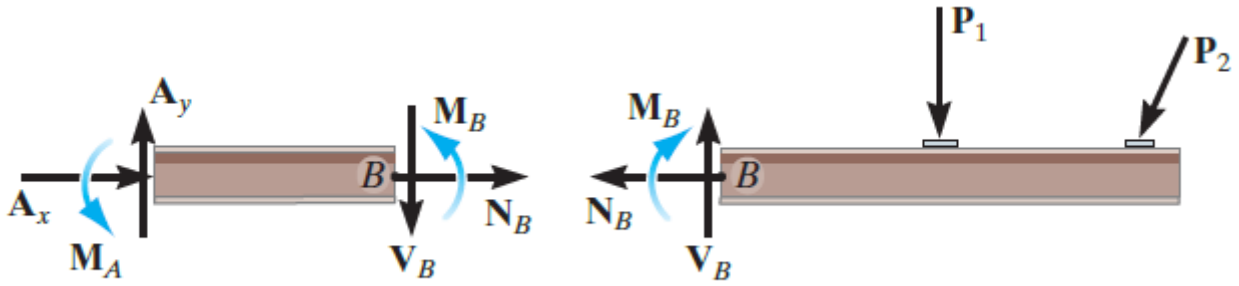
هذه القوى متوازنة

توثر في الاتجاه المعاكس لبعضها البعض في كل جزء

يتم حساب القوى الداخلية بتطبيق معادلات التوازن على مخطط الجسم الحر لكل جزء

كامل الجائز





جزء يساري

جزء يميني

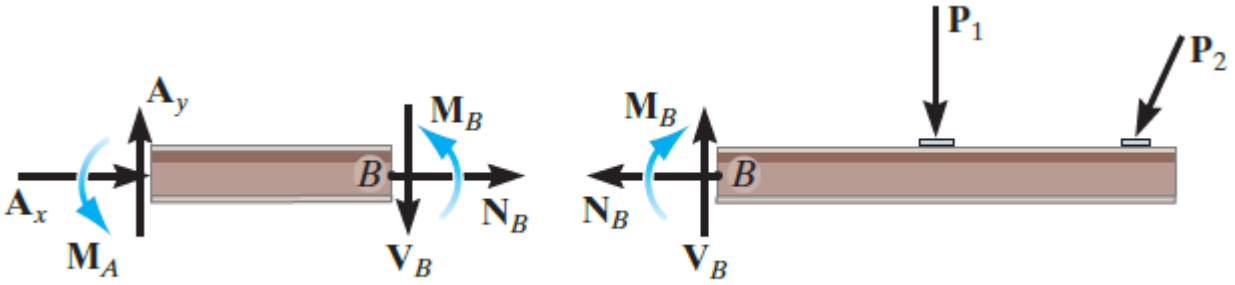
من اجل حساب القوى الداخلية

الخيار الأفضل لهذه الحالة هو البدء بالجزء اليساري لانه لايحوي مجاهيل ردود الافعال

بالحل المباشر نحصل على N_B بتطبيق المعادلة $\Sigma F_x = 0,$

نحصل على V_B بتطبيق المعادلة $\Sigma F_y = 0,$

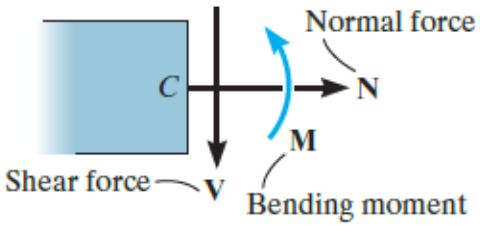
باعتبار عزم N_B و V_B حول B صفر نحصل على M_B بتطبيق المعادلة $\Sigma M_B = 0,$



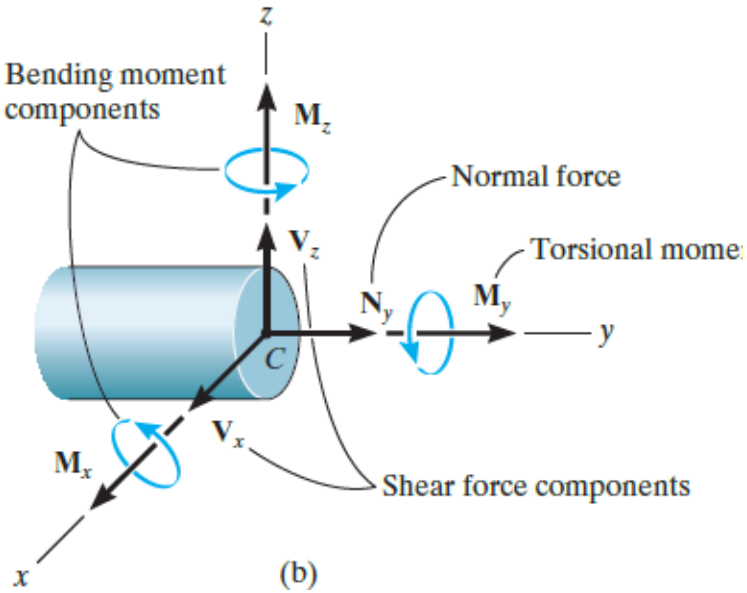
جزء يساري

جزء يميني

- تؤثر القوى الداخلية في اغلب التطبيقات في مركز ثقل مساحة المقطع العرضي
- في الفراغ يوجد ست مركبات للقوى الداخلية (ثلاثة قوى وثلاثة عزوم)
- تكون القوى الداخلية مختلفة عند النقاط على طول الجائز



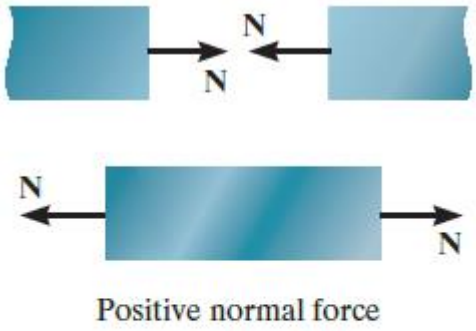
(a)



(b)

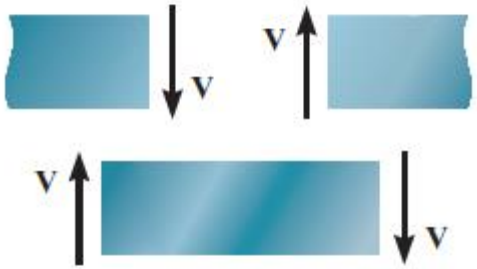
اصطلاح الإشارات Sign Convention

اتفق في المسائل المستوية 2D اعتماد اصطلاح إشارات القوى الداخلية N, V, M لتوحيد الحكم على القوى الداخلية كما هو مبين في الشكل:



Positive normal force

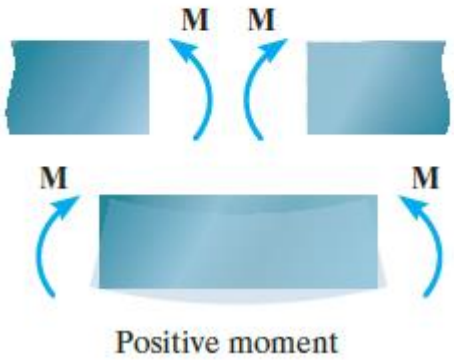
تكون القوة المحورية N موجبة اذا انتجت شد في المقطع



Positive shear

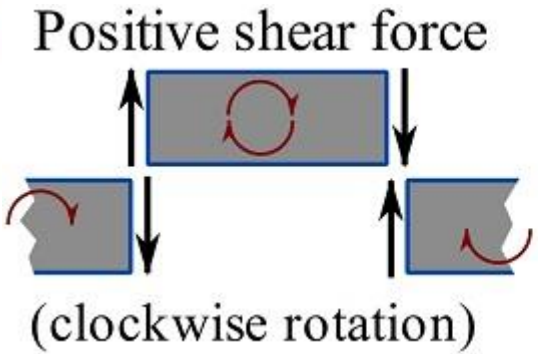
يسبب القص V الموجب دوران جزء الجائز مع عقارب الساعة

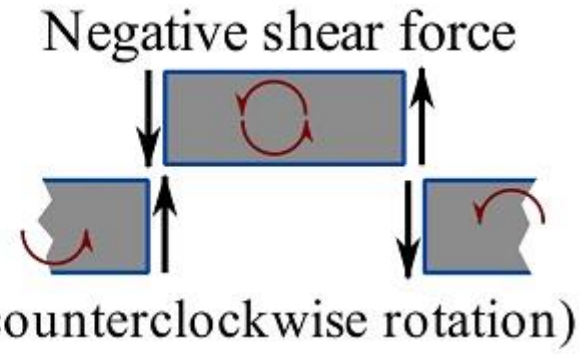
يسعى العزم M الموجب لتدوير (ثني) الجزء الذي يؤثر عليه بحيث يجعله مقعر



Positive moment

تعتبر القوى الداخلية المعاكسة لذلك سالبة

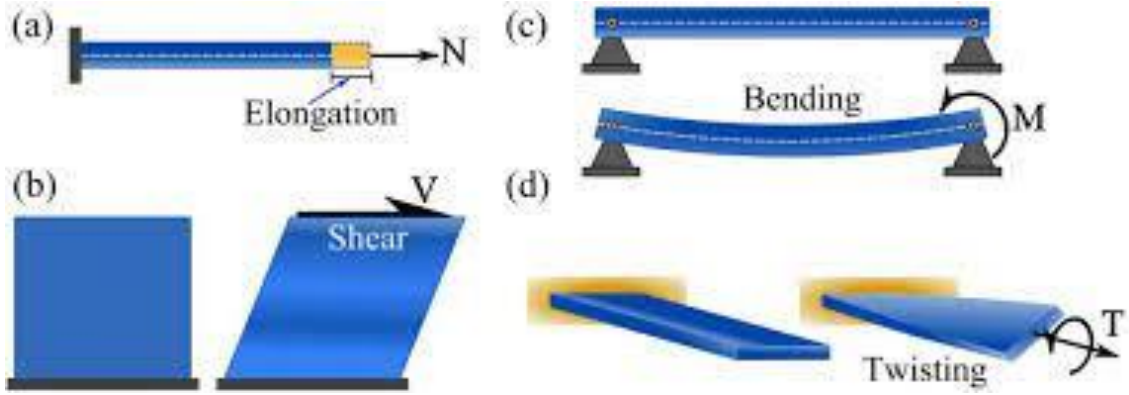




ملخص

يمكن أن تتواجد اربعة مركبات للقوى الداخلية:

- **القوة المحورية وقوة القص وعزم الانعطاف وعزم الفتل.**
- **تختلف هذه القوة من نقطة لاخرى على طول الجزء**
- **يمكن تحديد قيم القوى الداخلية باستخدام طريقة المقاطع وتطبيق معادلات التوازن**



خطوات حساب القوى الداخلية

يتم تحديد القوى الداخلية باستخدام طريقة المقاطع وتطبيق معادلات التوازن

- حساب ردود الافعال Support Reactions.

✓ قبل اجراء القطع من الضروري غالبا حساب رود الفعال قبل البدء بحساب القوى الداخلية

- مخطط الجسم الحر Free-Body Diagram.

✓ تحافظ القوى المؤثرة والعزوم على نقاط تاثيرها.

✓ يتم اجراء قطع وهمي عمودي على محور العنصر في المكان المراد حساب القوى الداخلية عنده.

✓ ارسم مخطط الجسم الحر بعد اجراء القطع للجزء الحاوي اقل عدد من الحمولات عليه

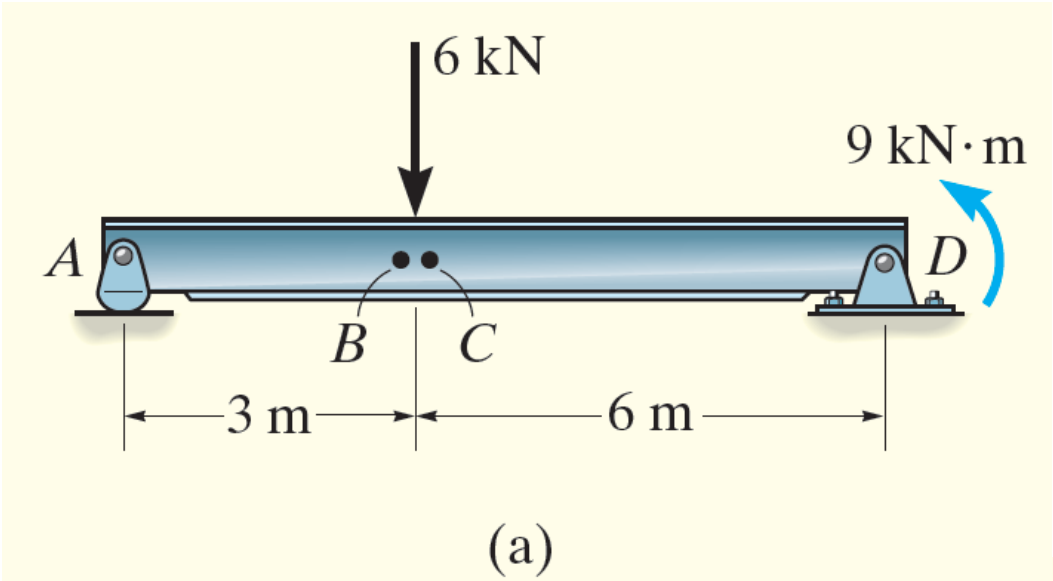
✓ حدد القوى الداخلية في المقطع حسب الاصطلاحات الموجبة

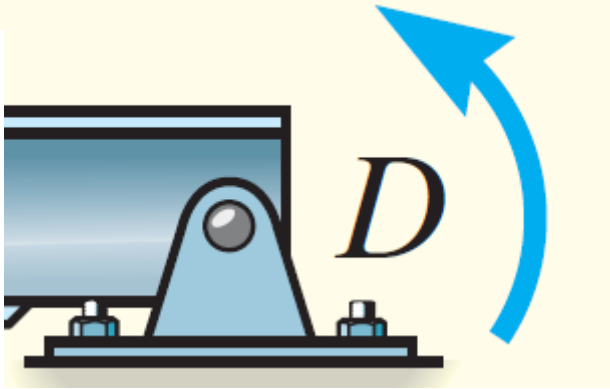
- معادلات التوازن Equations of Equilibrium.

✓ يتم اجراء معادلة عزوم حول المقطع (عزوم قوى القص والمحورية معدومة) تستخدم معادلات الاسقاط حسب الحاجة

✓ اذا اعطت نتائج الحساب قيم سالبة، تكون اتجاهات القوى المفروضة معكوسة

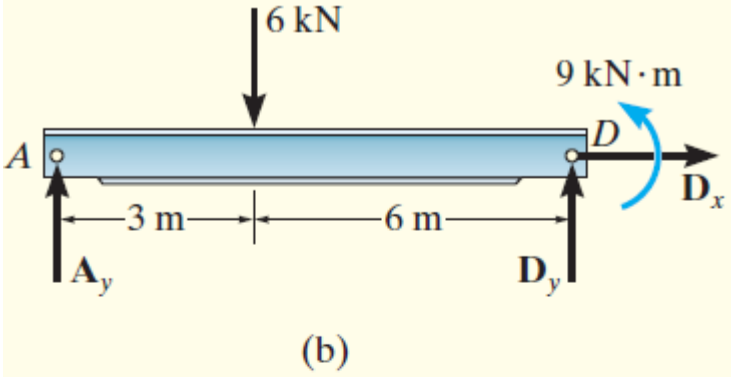
Determine the normal force, shear force, and bending moment acting just to the left, point B, and just to the right, point C, of the 6-kN force on the beam in Fig.





حساب ردود الافعال

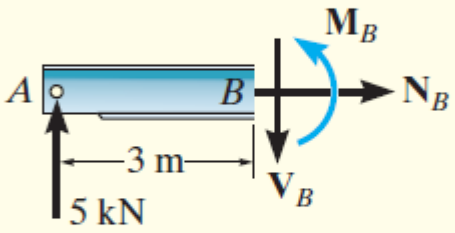
نرسم مخطط الجسم الحر لكامل الجائز



(b)

لاحظ ان العزم 9-kN. M يمكن أن يتواجد في أي مكان

سنحدد هنا الان فقط A_y حيث سنستخدم الجزء اليساري للتحليل:



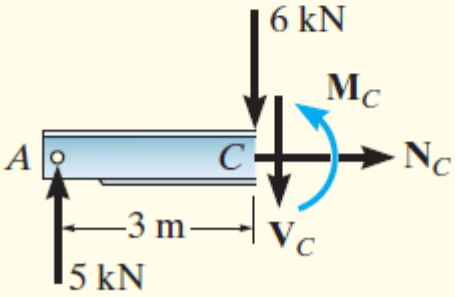
(c)

$$\zeta+\Sigma M_D = 0; \qquad 9\ \text{kN}\cdot\text{m} + (6\ \text{kN})(6\ \text{m}) - A_y(9\ \text{m}) = 0$$

$$A_y = 5\ \text{kN}$$

مخطط الجسم الحر

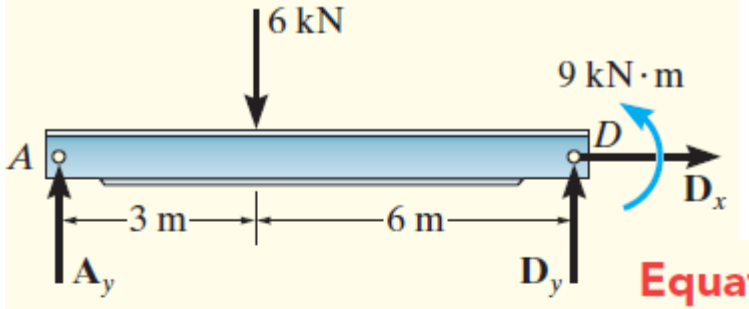
نرسم مخطط الجسم الحر كما هو مبين في الشكل



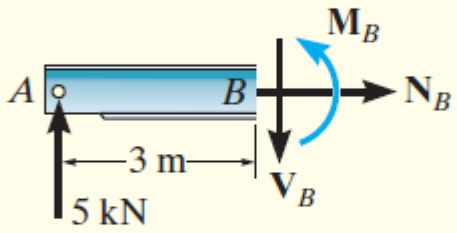
(d)

مخطط الجسم الحر

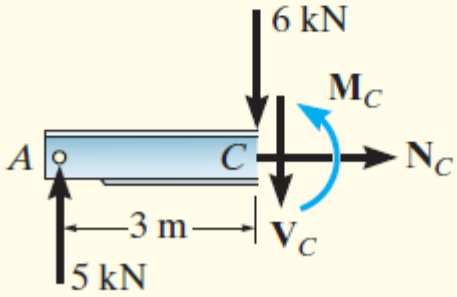
نرسم مخطط الجسم الحر كما هو مبين في الشكل



(b)



(c)



(d)

Equations of Equilibrium.

Segment *AB*

$$\stackrel{+}{\rightarrow}\Sigma F_x = 0; \qquad N_B = 0$$

$$+\uparrow\Sigma F_y = 0; \qquad 5\text{ kN} - V_B = 0; \qquad V_B = 5\text{ kN}$$

$$\circlearrowleft+\Sigma M_B = 0; \qquad -(5\text{ kN})(3\text{ m}) + M_B = 0; \qquad M_B = 15\text{ kN}\cdot\text{m}$$

Segment *AC*

$$\stackrel{+}{\rightarrow}\Sigma F_x = 0; \qquad N_C = 0$$

$$+\uparrow\Sigma F_y = 0; \qquad 5\text{ kN} - 6\text{ kN} - V_C = 0; \qquad V_C = -1\text{ kN}$$

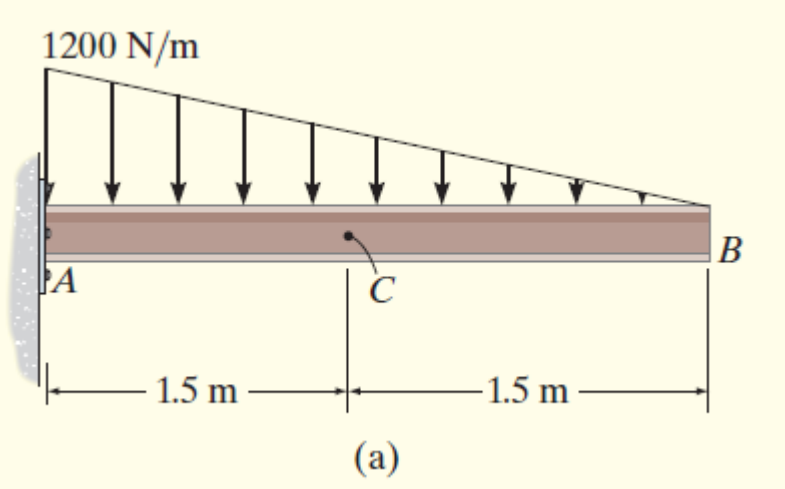
$$\circlearrowleft+\Sigma M_C = 0; \qquad -(5\text{ kN})(3\text{ m}) + M_C = 0; \qquad M_C = 15\text{ kN}\cdot\text{m}$$

لاحظ أن الإشارة السالبة تعني أن VC تؤثر في الاتجاه المعاكس لذلك المشار اليه في مخطط الجسم الحر.

ذراع العزم للقوة 5-kN في كلتا الحالتين هو 3m لان B and C متطابقتين نظريا

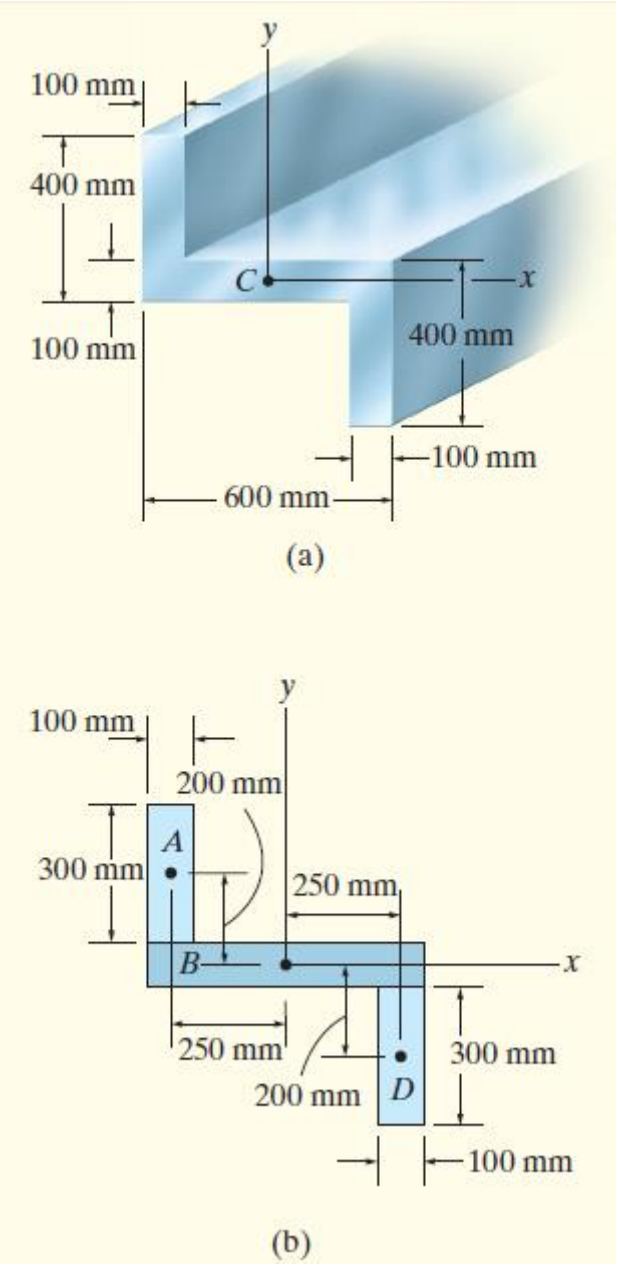
Example

Determine the normal force, shear force, and bending moment at point *C* of the beam in Fig.



Moment of Inertia OF Cross Sections Examples (cont.)

Example 3



Determine the moments of inertia for the cross-sectional area of the member shown in Fig. about the x and y centroidal axes.

احسب عزوم العطالة للمقطع العرضي المبين في الشكل حول المحاور المركزية x و y.

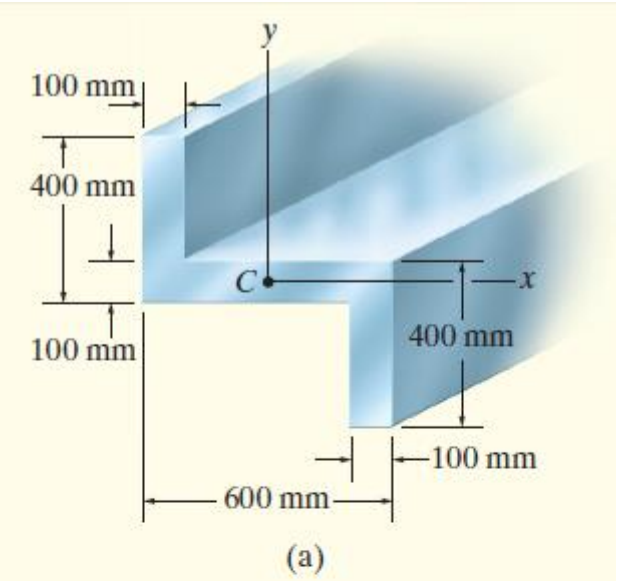
خطوات الحل

1- تقسيم الشكل إلى أجزاء بسيطة

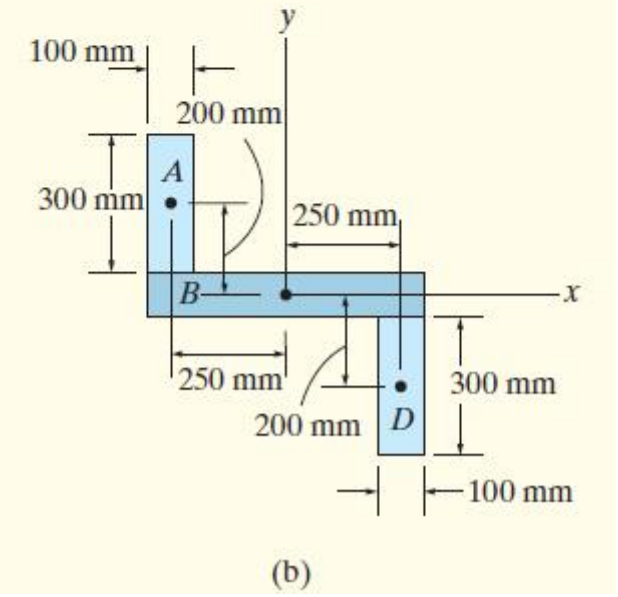
2- احسب عزم العطالة المركزي

3- احسب عزم العطالة الخارجي حول المحاور المعطاة

4- جمع العزوم للحصول على عزم العطالة الكلي



(a)



(b)

Hence, using the parallel-axis theorem for rectangles A and D, the calculations are as follows:

باستخدام طريقة عزوم العطالة حول المحاور الخارجية (الموازية للمحور المركزي) للمستطيلين A و D.

$$I_x = \bar{I}_{x'} + Ad_y^2 = \frac{1}{12}(100)(300)^3 + (100)(300)(200)^2$$
$$= 1.425(10^9)\ \text{mm}^4$$

$$I_y = \bar{I}_{y'} + Ad_x^2 = \frac{1}{12}(300)(100)^3 + (100)(300)(250)^2$$
$$= 1.90(10^9)\ \text{mm}^4$$

Rectangle *B*

$$I_x = \frac{1}{12}(600)(100)^3 = 0.05(10^9)\ \text{mm}^4$$

$$I_y = \frac{1}{12}(100)(600)^3 = 1.80(10^9)\ \text{mm}^4$$

Summation. The moment of inertia for the cross section are thus:

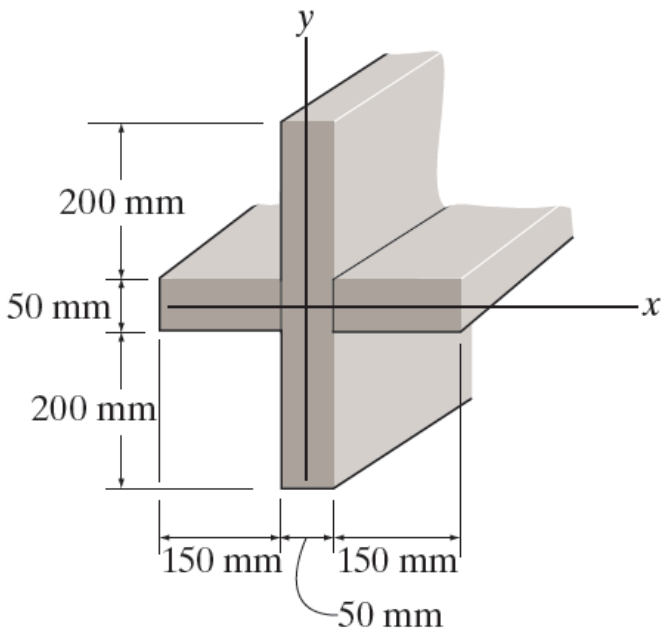
تجميع عزوم العطالة. عزم العطالة لكامل المقطع:

$$I_x = 2[1.425(10^9)] + 0.05(10^9)$$
$$= 2.90(10^9)\ \text{mm}^4$$

$$I_y = 2[1.90(10^9)] + 1.80(10^9)$$
$$= 5.60(10^9)\ \text{mm}^4$$

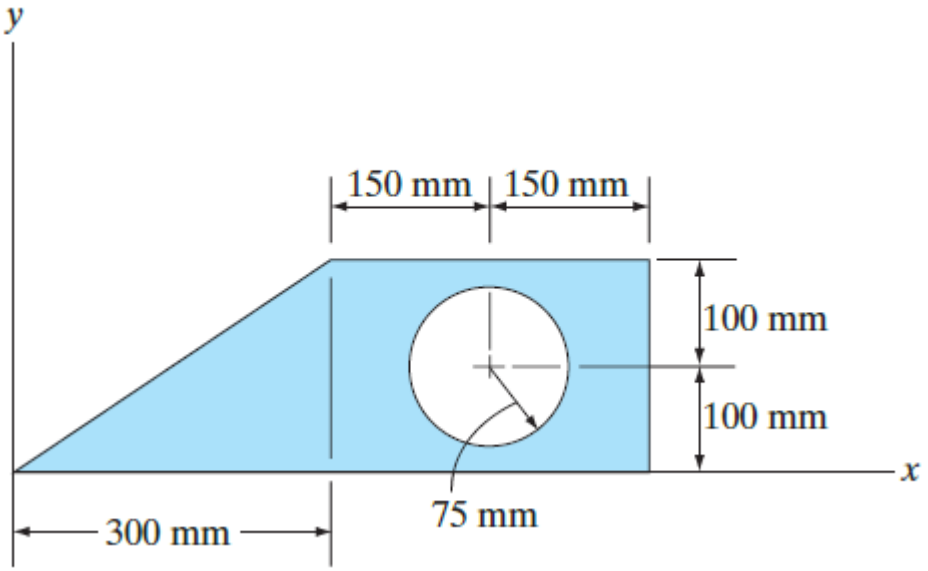
Determine the moment of inertia of the cross sectional area of the beam about the centroidal x and y axes

اوجد عزم العطالة لمساحة المقطع العرضي المبين بالشكل حول المحاور المركزية x and y



Determine the moment of inertia of the composite area about the x axis and y axis.

اوجد عزم العطالة للمساحة المركبة المبينة بالشكل حول المحاور x and y



Locate the centroid y of the cross section and determine the moment of inertia of the section about the x′ axis.

اوجد بعد مركز ثقل المقطع العرضي y المبين بالشكل، واوجد عزم العطالة للمقطع حول المحاور x′

1- Determine the distance x to the centroid of the beam's cross-sectional area, then find the moment of inertia about the y′ axis.

2- Determine the moment of inertia of the beam's cross-sectional area about the x′ axis.