

الحمولات – الاجهادات

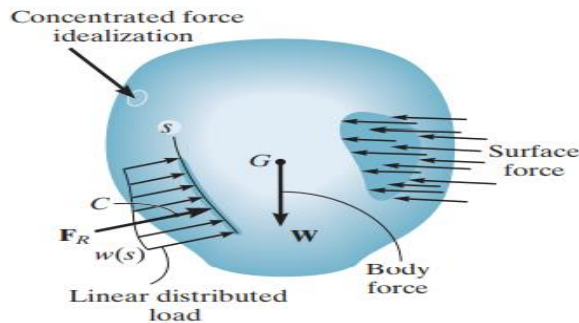
يدرس علم مقاومة المواد أو ميكانيك المواد العلاقة بين الحمولات الخارجية المطبقة على الجسم ، والاجهادات والانفعالات الناتجة عن الحمولات داخل الجسم .

يمكن للقوى الخارجية أن تكون موزعة أو مركزة على مساحة محددة من الجسم .

الحمولات الخارجية: يتعرض الجسم لنوعين من الحمولات الخارجية هي قوى السطح ، وقوى الجسم

- **قوى السطح:** تنتج عن طريق التماس المباشر بين سطح جسم معين وجسم آخر ، وتكون هذه القوى موزعة على مساحة التماس بين الأجسام

- **قوى الجسم:** تنتج عندما يؤثر جسم ما بقوة على جسم آخر بدون تماس الجسمين فيزيائياً بشكل مباشر بينهما ، مثل قوة تأثير الجاذبية والقوة الكهرو مغناطيسية. هذه الحمولات يتم تمثيلها بقوة مركزة وحيدة



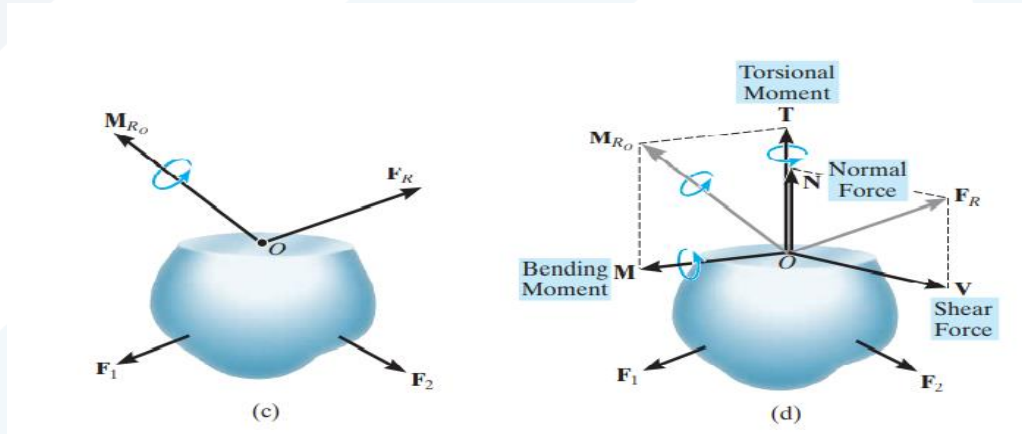
تعريف أساسية

المقاومة : مقاومة المادة للحمولات الخارجية ، وتقاس بواحدات الاجهاد .

الصلابة : المادة التي يمكنها تحمل وحدة اجهاد عالية مصحوبة بوحدة انفعال صغيرة نسبيا ، ويمكن قياس هذه الخاصية عن طريق معامل المرونة .

المتانة: مقاومة المادة لامتناس الطاقة الميكانيكية المكتسبة عند تعريضها لحمل معين ، ويقال عن المادة أنها متينة عندما تقاوم تشكيلات كبيرة مع اجهاد كبير بنفس الوقت .

الصلادة : مقاومة المادة للخدش أو البري أو الاحتكاك أو القطع
محصلة الحمولات الداخلية:



في الفراغ ثلاثي الأبعاد

القوة الناعمية: تؤثر بشكل متعامد مع المساحة ، وتنتج هذه القوة عندما تحاول الحمولات الخارجية دفع أو سحب جزئي المقطع من الجسم بالنسبة

لبعضهما البعض. N

قوة القص: يقع خط تأثير هذه القوة في مستوى المساحة ، وتنتج هذه القوة عندما تحاول الحمولات الخارجية أن تحدث انزلاق أحد أجزاء الجسم على الجزء الآخر.

عزم الفتل: ينتج عندما تحاول الحمولات الخارجية فتل أحد أجزاء الجسم بالنسبة للجزء الآخر حول محور عمودي على المساحة. (Tourque)T

عزم الانعطاف: ينتج عندما تحاول الحمولات الخارجية بثني الجسم حول محور يمر بمستوي المساحة M.

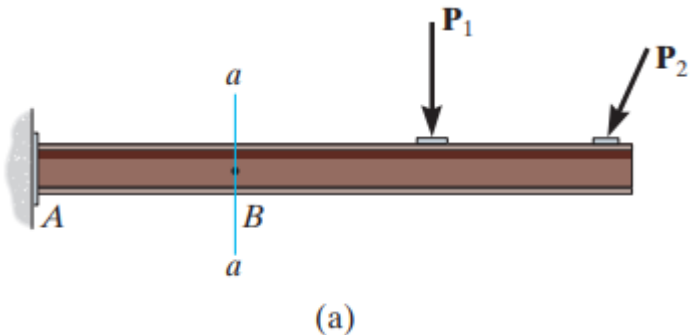
الحمولات الداخلية المتشكلة في العناصر الانشائية

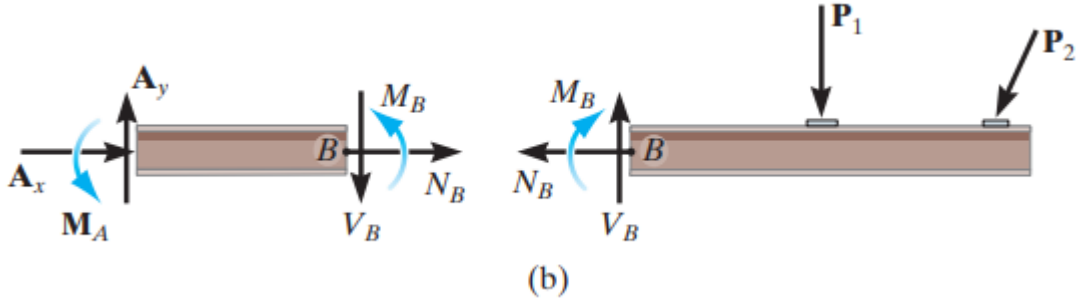
والميكانيكية في المستوي:

من أجل تصميم العناصر الانشائية والميكانيكية توجد حاجة لمعرفة قيم الحمولات المؤثرة داخل العناصر من أجل التأكد من أن المادة تستطيع أن تقاوم هذه الحمولات .

يمكن تحديد الحمولات الداخلية عن طريق استخدام طريقة المقاطع .

مثال من أجل تحديد الحمولات الداخلية للعتبة المبينة في الشكل المؤثرة عند النقطة B، نتخيل مقطعا وهميا a-a يقسم العتبة إلى قسمين (يميني ويساري) . هذه الحمولات الداخلية تصبح خارجية عند رسم مخطط الجسم الحر لكل قسم من العتبة .





- القوة NB تؤثر بشكل عمودي على المقطع العرضي وتسمى **القوة الناعمية** (العمودية).

- القوة VB تؤثر بشكل مماسي على المقطع العرضي وتسمى **قوة القص**.

- عزم المزدوجة MB يسمى **عزم الانحناء**.

مركبات القوة تمنع الحركة الانسحابية بين قسي العتبة ، بينما يمنع عزم المزدوجة قسي العتبة من الدوران .

وفق قانون نيوتن الثالث يكون اتجاه هذه القوى متعاكسا بين قسي العتبة .

يمكن حساب هذه الحملات عن طريق كتابة معادلات التوازن للقسم المختار ، وفي

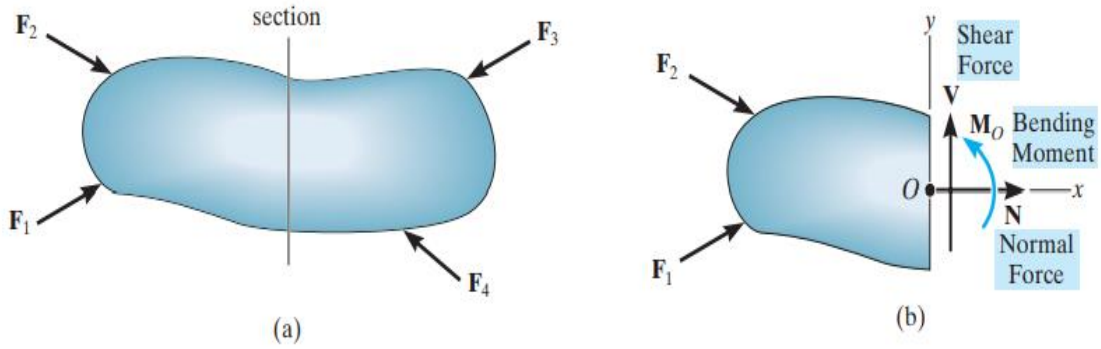
هذا المثال من الأفضل كتابة معادلات التوازن للقسم اليميني حيث لا توجد ضرورة

لحساب ردود الأفعال عند التثبيت التام .

$$\sum F_x = 0$$

$$\sum F_y = 0 .$$

(حيث تكون قيمة العزم للقوتين مساوية للصفر) $\sum M_B = 0$



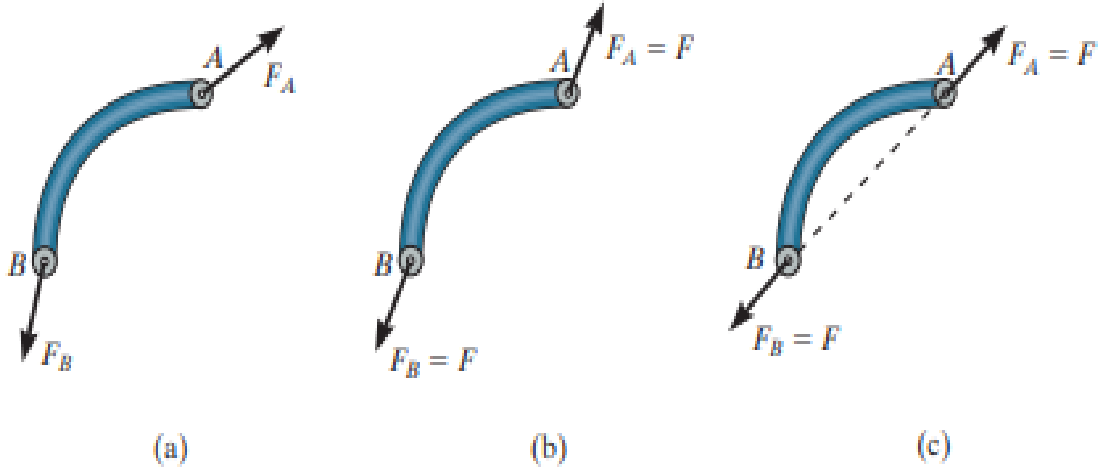
- القوة الناعمية N

- قوة القص V

- عزم الانحناء Mo

العناصر المتوازنة تحت تأثير قوتين Two Forces Members:

هي عناصر غير محملة بأية قوة خارجية أو عزم وتكون متوازنة تحت تأثير قوتين فقط تؤثران في نهايتي العنصر وعلى امتداده ، ويكون العنصر المفروض إما في حالة ضغط أو شد



في المستوي

في حالة القوى المستوية سوف يؤثر في المركز الهندسي للجسم القوى القوة
الناظمية، وقوة القص، وعزم الانعطاف N, V, M

كتابة معادلات التوازن:

حدد المحاور مع نقطة المبدأ للمركز الهندسي.

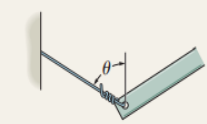
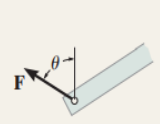

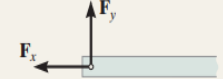
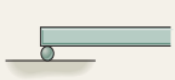
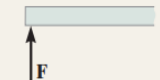

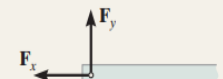

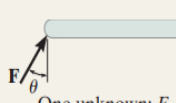
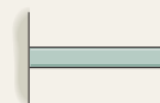
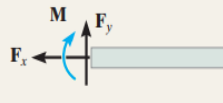
نأخذ معادلة العزوم بالنسبة للمقطع حول كل محور تؤثر فيه محصلة

حيث ينتج لدينا مباشرة قيمة M أو T ,

بعد حل المعادلات، إذا نتج لدينا أن إشارة إحدى القيم سالبة فهذا يعني أن
الاتجاه الصحيح لهذه القوة عكس الاتجاه المفروض.

المفاصل وردود الأفعال

TABLE 1-1

Type of connection	Reaction	Type of connection	Reaction
	 One unknown: F		 Two unknowns: F_x, F_y
	 One unknown: F		 Two unknowns: F_x, F_y
	 One unknown: F		 Three unknowns: F_x, F_y, M

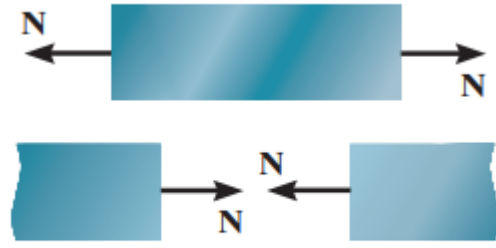
معادلات التوازن في الفراغ والمستوي

$$\begin{aligned} \Sigma F_x &= 0 & \Sigma F_y &= 0 & \Sigma F_z &= 0 \\ \Sigma M_x &= 0 & \Sigma M_y &= 0 & \Sigma M_z &= 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Sigma F_x &= 0 \\ \Sigma F_y &= 0 \\ \Sigma M_O &= 0 \end{aligned}$$

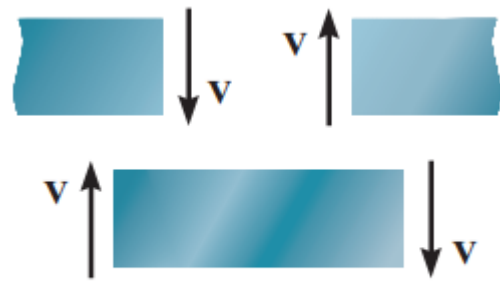
مصطلحات تحديد اتجاهات القوى الداخلية:

- القوة الناعمية الموجبة



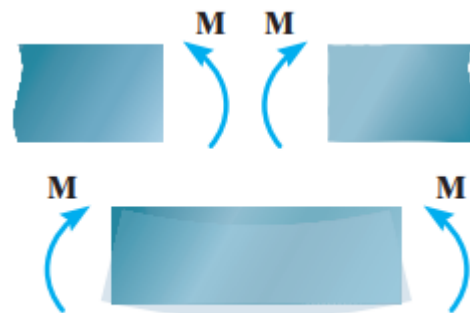
Positive normal force

- قوة القص الموجبة:



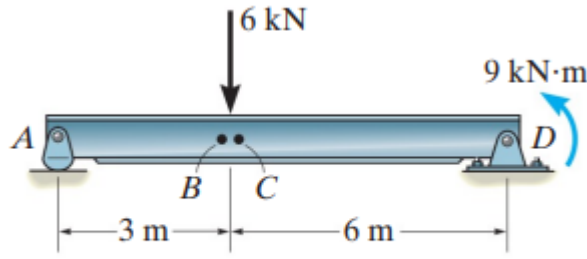
Positive shear

- عزم الانحناء الموجب:

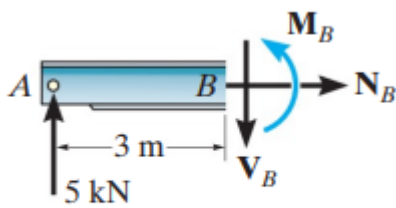


Positive moment

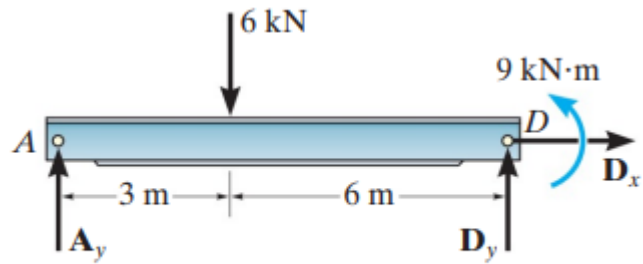
مسألة 1: احسب القوة الناعمية، وقوة القص، وعزم الانعطاف الداخلية للعبة المبينة في الشكل على يسار النقطة B تماماً، وعلى يمين النقطة C تماماً.



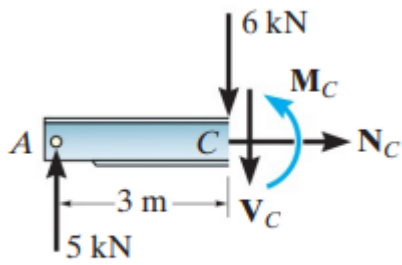
(a)



(c)



(b)



(d)

1- حساب ردود الأفعال الخارجية :

نرسم مخطط الجسم الحر لكامل العتبة ونحسب رد الفعل عند المفصل المتحرك A، حيث سنأخذ المقطع اليساري في الحساب .

$$\sum M_D = 0, \Rightarrow 9KN.m + 6KN(6m) - A_y(9m) = 0$$

$$A_y = 5KN$$

2- **مخطط الجسم الحر:** نرسم مخطط الجسم الحر اليساري للجزئين AB, AC، من الملاحظ أن عزم المزدوجة 9 KN.m لا تظهر في مخطط الجسم الحر حيث تبقى في مكانها الأصلي حتى بعد القطع .

Equations of Equilibrium.

Segment AB

$$\rightarrow \Sigma F_x = 0; \quad N_B = 0 \quad \text{Ans.}$$

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

$$\zeta + \Sigma M_B = 0; \quad -(5 \text{ kN})(3 \text{ m}) + M_B = 0 \quad M_B = 15 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad \text{Ans.}$$

Segment AC

$$\rightarrow \Sigma F_x = 0; \quad N_C = 0 \quad \text{Ans.}$$

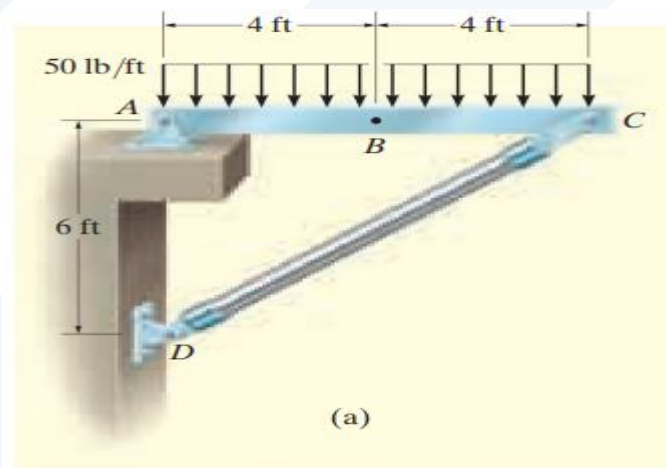
$$+\uparrow \Sigma F_y = 0; \quad 5 \text{ kN} - 6 \text{ kN} - V_C = 0 \quad V_C = -1 \text{ kN} \quad \text{Ans.}$$

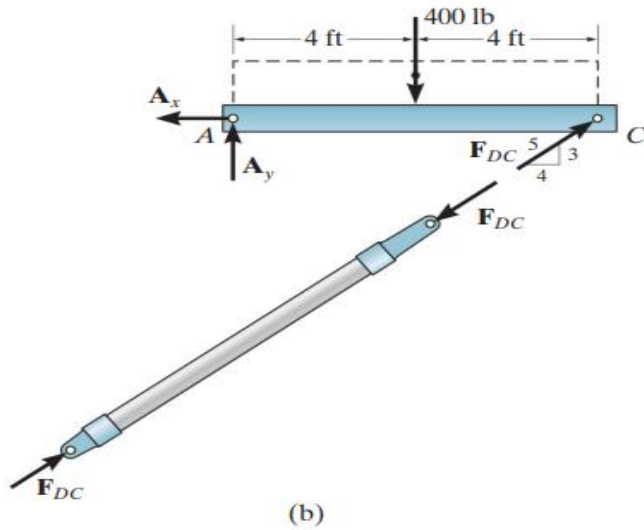
$$\zeta + \Sigma M_C = 0; \quad -(5 \text{ kN})(3 \text{ m}) + M_C = 0 \quad M_C = 15 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad \text{Ans.}$$

من الملاحظ أن الإشارة السالبة لقوة القص VC تدل أن الاتجاه الصحيح لهذه القوة بعكس الاتجاه المفروض . وأن النقطتين B و C متقاربتين بحيث أن الذراع يساوي 3 متر في الحالتين .

مسألة 2: احسب القوة العمودية ، وقوة القص ، وعزم الانعطاف للهيكل المبين

في الشكل عند النقطة B.





1- حساب ردود الأفعال الخارجية :

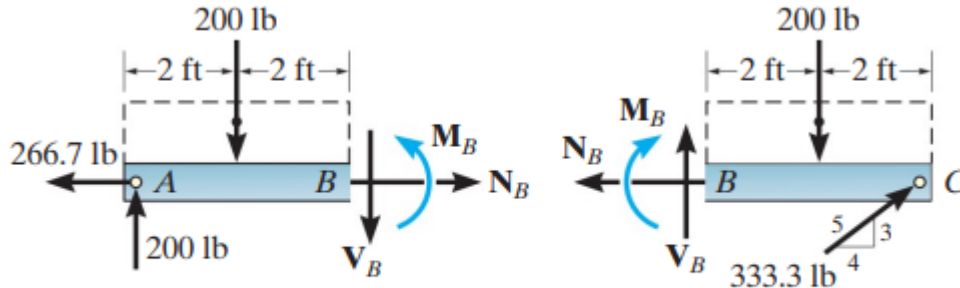
من الملاحظ أن العنصر CD هو عنصر متوازن تحت تأثير قوتين فقط

(TWO FORCES MEMBER)

$$\sum M_A = 0, F_{CD} = 333.3 \text{ Lb} \quad \sum M_A = 0, -400(4) + F_{CD} \left(\frac{3}{5}\right)$$

$$\sum F_x = 0, A_x - 333.3 \left(\frac{4}{5}\right) = 0, A_x = 266.7 \text{ Lb}$$

$$\sum F_y = 0, A_y - 333.3 \left(\frac{3}{5}\right) - 400 = 0, A_y = 200 \text{ Lb}$$



(c)

كتابة معادلات التوازن للجزء AB:

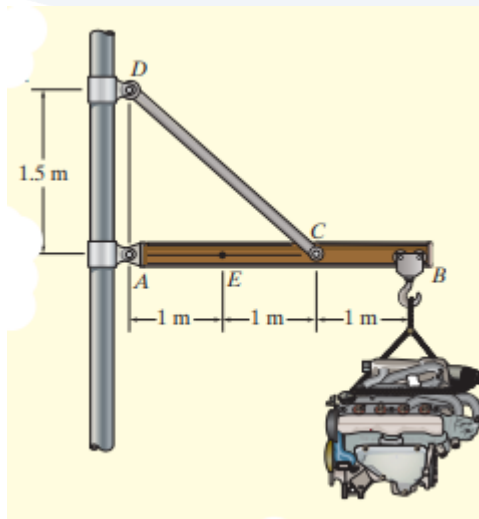
$$\pm \rightarrow \Sigma F_x = 0; \quad N_B - 266.7 \text{ lb} = 0 \quad N_B = 267 \text{ lb} \quad \text{Ans.}$$

$$+ \uparrow \Sigma F_y = 0; \quad 200 \text{ lb} - 200 \text{ lb} - V_B = 0 \quad V_B = 0 \quad \text{Ans.}$$

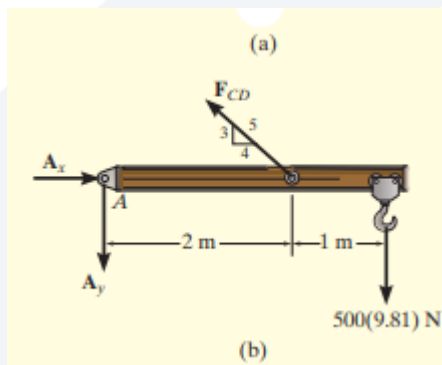
$$\zeta + \Sigma M_B = 0; \quad M_B - 200 \text{ lb} (4 \text{ ft}) + 200 \text{ lb} (2 \text{ ft}) = 0$$

$$M_B = 400 \text{ lb} \cdot \text{ft} \quad \text{Ans.}$$

مسألة (3): محرك كتلته 500 Kg معلق بواسطة رافعة ، أوجد محصلة القوى الداخلية المؤثرة على المقطع العرضي للعارضة عند النقطة E.



حساب ردود الأفعال:



$$\downarrow + \sum M_A = 0; \quad F_{CD} \left(\frac{3}{5} \right) (2 \text{ m}) - [500(9.81) \text{ N}] (3 \text{ m}) = 0$$

$$F_{CD} = 12\,262.5 \text{ N}$$

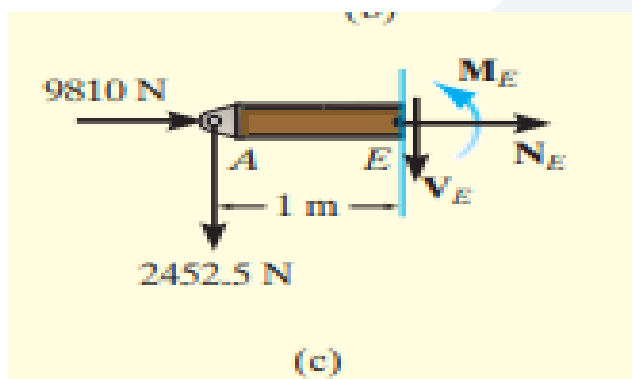
$$\rightarrow \sum F_x = 0; \quad A_x - (12\,262.5 \text{ N}) \left(\frac{4}{5} \right) = 0$$

$$A_x = 9810 \text{ N}$$

$$+\uparrow \sum F_y = 0; \quad -A_y + (12\,262.5 \text{ N}) \left(\frac{3}{5} \right) - 500(9.81) \text{ N} = 0$$

$$A_y = 2452.5 \text{ N}$$

مخطط الجسم الحر للجزء AE وكتابة معادلات التوازن:



$$\rightarrow \Sigma F_x = 0; \quad N_E + 9810 \text{ N} = 0$$

$$N_E = -9810 \text{ N} = -9.81 \text{ kN} \quad \text{Ans.}$$

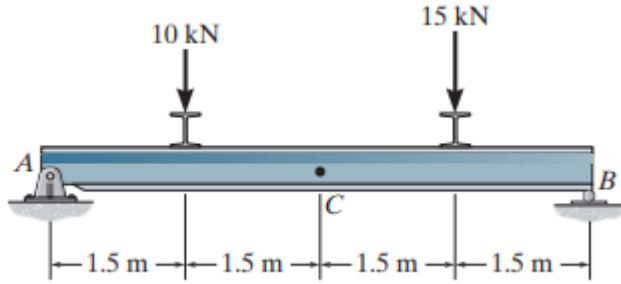
$$+\uparrow \Sigma F_y = 0; \quad -V_E - 2452.5 \text{ N} = 0$$

$$V_E = -2452.5 \text{ N} = -2.45 \text{ kN} \quad \text{Ans.}$$

$$\curvearrow + \Sigma M_E = 0; \quad M_E + (2452.5 \text{ N})(1 \text{ m}) = 0$$

$$M_E = -2452.5 \text{ N} \cdot \text{m} = -2.45 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad \text{Ans.}$$

مسألة (4): احسب القوة العمودية ، وقوة القص ، وعزم الانعطاف للعتبة
المبينة في الشكل عند النقطة C.



$$\zeta + \sum M_A = 0; \quad B_y(6) - 10(1.5) - 15(4.5) = 0$$

$$B_y = 13.75 \text{ kN}$$

$$\rightarrow \sum F_x = 0; \quad N_C = 0 \quad \text{Ans.}$$

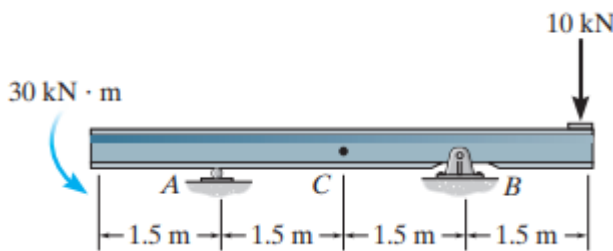
$$+\uparrow \sum F_y = 0; \quad V_C + 13.75 - 15 = 0$$

$$V_C = 1.25 \text{ kN} \quad \text{Ans.}$$

$$\zeta + \sum M_C = 0; \quad 13.75(3) - 15(1.5) - M_C = 0$$

$$M_C = 18.75 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad \text{Ans.}$$

مسألة (5): احسب القوة العمودية ، وقوة القص ، وعزم الانعطاف للعتبة
المبينة في الشكل عند النقطة C



$$\zeta + \sum M_B = 0; \quad 30 - 10(1.5) - A_y(3) = 0$$

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

$$\pm \sum F_x = 0; \quad N_C = 0$$

$$+\uparrow \sum F_y = 0; \quad 5 - V_C = 0$$

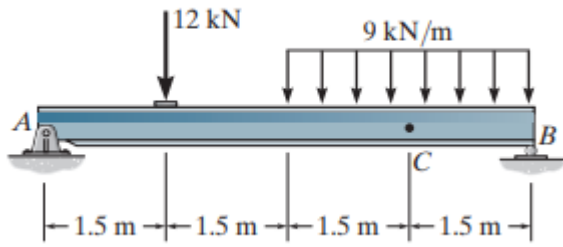
$$V_C = 5 \text{ kN}$$

$$\zeta + \sum M_C = 0; \quad M_C + 30 - 5(1.5) = 0$$

$$M_C = -22.5 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

مسألة (6): احسب القوة العمودية ، وقوة القص ، وعزم الانعطاف للعتبة

المبينة في الشكل عند النقطة C



$$\zeta + \sum M_A = 0; \quad B_y(6) - 12(1.5) - 9(3)(4.5) = 0$$

$$B_y = 23.25 \text{ kN}$$

$$\pm \sum F_x = 0; \quad N_C = 0 \quad \text{Ans.}$$

$$+\uparrow \sum F_y = 0; \quad V_C + 23.25 - 9(1.5) = 0$$

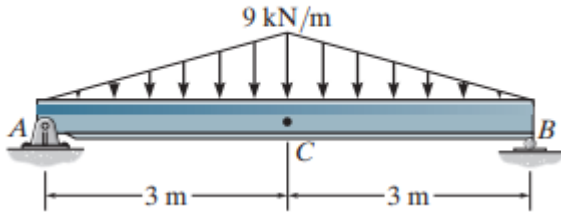
$$V_C = -9.75 \text{ kN} \quad \text{Ans.}$$

$$\zeta + \sum M_C = 0;$$

$$23.25(1.5) - 9(1.5)(0.75) - M_C = 0$$

$$M_C = 24.75 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad \text{Ans.}$$

مسألة (7): احسب القوة العمودية ، وقوة القص ، وعزم الانعطاف للعتبة
المبينة في الشكل عند النقطة C



$$\zeta + \Sigma M_A = 0; \quad B_y(6) - \frac{1}{2}(9)(6)(3) = 0$$

$$B_y = 13.5 \text{ kN}$$

$$\rightarrow \Sigma F_x = 0; \quad N_C = 0 \quad \text{Ans.}$$

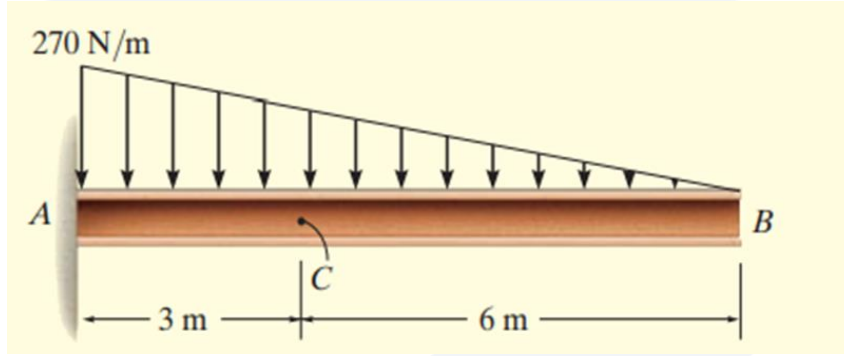
$$+\uparrow \Sigma F_y = 0; \quad V_C + 13.5 - \frac{1}{2}(9)(3) = 0$$

$$V_C = 0 \quad \text{Ans.}$$

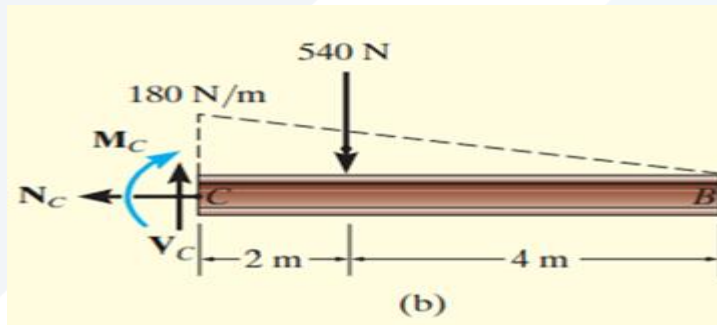
$$\zeta + \Sigma M_C = 0; \quad 13.5(3) - \frac{1}{2}(9)(3)(1) - M_C = 0$$

$$M_C = 27 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad \text{Ans.}$$

مسألة 8: احسب محصلة القوى الداخلية المؤثرة عند النقطة C للهيكل المبين في
الشكل.



الحل: لا توجد ضرورة لحساب ردود الأفعال عند نقطة التثبيت التام A، إذا اعتبرنا المقطع CB في الدراسة:
مخطط الجسم الحر للمقطع CB:



يجب المحافظة على القوى الموزعة المؤثرة على المقطع CB، ويمكننا حساب شدة تأثير هذه القوى عند النقطة C عن طريق التناسب وفق الآتي:

$$\frac{W}{6m} = \frac{270}{9m} \Rightarrow w = 180 \text{ N/m}$$

قيمة محصلة الحمولة الموزعة تساوي المساحة تحت منحنى الحمولة (مثلث) ، وتكون مركزة في مركز مساحة المثلث ، أي أن:

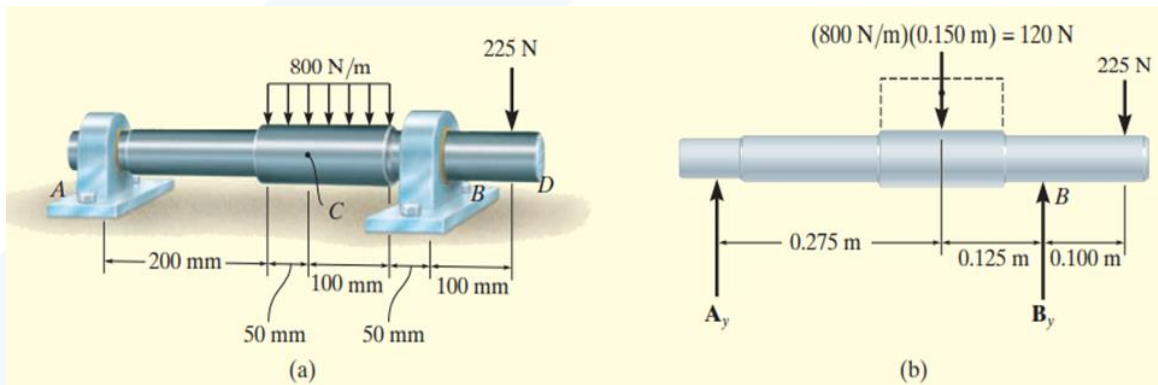
$$F = \frac{1}{2} \left(\frac{180 \text{ N}}{m} \right) (6m) = 540 \text{ N} ,$$

نقطة تأثير المحصلة = $\frac{1}{3}(6) = 2 \text{ m}$

معادلات التوازن :

$$\begin{aligned} \rightarrow \Sigma F_x = 0; & \quad -N_C = 0 \\ & \quad N_C = 0 \quad \text{Ans.} \\ +\uparrow \Sigma F_y = 0; & \quad V_C - 540 \text{ N} = 0 \\ & \quad V_C = 540 \text{ N} \quad \text{Ans.} \\ \downarrow + \Sigma M_C = 0; & \quad -M_C - 540 \text{ N}(2 \text{ m}) = 0 \\ & \quad M_C = -1080 \text{ N}\cdot\text{m} \quad \text{Ans.} \end{aligned}$$

مسألة 9: احسب محصلة القوى الداخلية المؤثرة عند النقطة C للعمود المبين في الشكل ، المحامل عند النقطتين A,B تنتج ردود أفعال عمودية فقط .



نقوم بحل المسألة بأخذ الجزء اليساري للمقطع AC:

من أجل حساب رد الفعل عند المحمل A نكتب معادلة العزوم حول النقطة B:

$$\sum M_B = 0$$

$$\Rightarrow -A_y(0.400m) + 120N(0.125m) - 225N(0.100m) = 0$$

$$A_y = -18.75N$$

الإشارة السالبة لرد الفعل تعني أن الاتجاه الصحيح لهذه القوة هو عكس الاتجاه المفروض.

رسم مخطط الجسم الحر وكتابة معادلات التوازن للجزء AC:

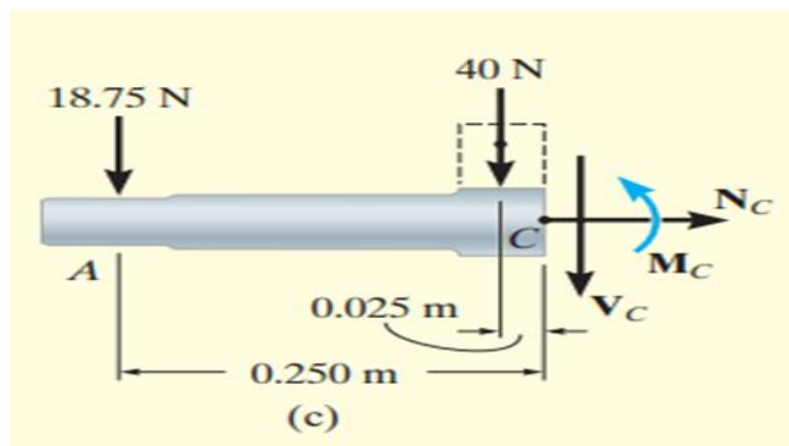
$$\sum F_X = 0 \Rightarrow N_C$$

$$\sum F_Y = 0 \Rightarrow -18.75 N - 40N - V_C = 0$$

$$\sum M_C = 0$$

$$\Rightarrow M_C + 40N(0.025) + 18.75N(0.250m) = 0$$

$$M_C = -5.69N.m$$





جامعة
المنارة
MANARA UNIVERSITY