

العلامة		عناصر الإجابة (الموضوع الأول)
مجموع	مجزأة	
		ميكانيك تطبيقية: النشاط الأول: الأنظمة المثلثية (06 نقاط)
01.50		(1) حساب ردود الأفعال في المسندين (A) و (B): 0.25 $\sum F_{xx'} = 0 \Rightarrow -H_A + 30 = 0 \Rightarrow \boxed{H_A = 30\text{kN}}$ $\sum M_{F/A} = 0 \Rightarrow -(V_B \times 6) + (60 \times 4) + (60 \times 2) + (30 \times 1.5) = 0$ 0.50 $\boxed{V_B = 67.5\text{kN}}$ $\sum M_{F/B} = 0 \Rightarrow (V_A \times 6) + (30 \times 1.5) - (60 \times 4) - (60 \times 2) = 0$ 0.50 $\boxed{V_A = 52.5\text{kN}}$ 0.25 $\sum F_{yy} = 0 \Rightarrow V_A + V_B - 60 - 60 = 0 \Rightarrow V_A + V_B = 120\text{kN}$ تحقق $V_A + V_B = 52.5 + 67.5 = 120\text{kN}$
03.50		(2) حساب شدة الجهود الداخلية في القضبان: - عزل العقدة A $\sum F_{xx'} = 0 \Rightarrow N_{AD} + (N_{AC} \times \cos \alpha) - H_A = 0$ $\Rightarrow \boxed{N_{AD} = -(N_{AC} \times \cos \alpha) + H_A} \dots\dots(I)$ $\sum F_{yy'} = 0 \Rightarrow V_A + (N_{AC} \times \sin \alpha) = 0$ $\Rightarrow N_{AC} = \frac{-V_A}{\sin \alpha} = \frac{-52.50}{0.6}$ $\Rightarrow \boxed{N_{AC} = -87.50\text{KN}}$

بالتعويض في العلاقة (I)

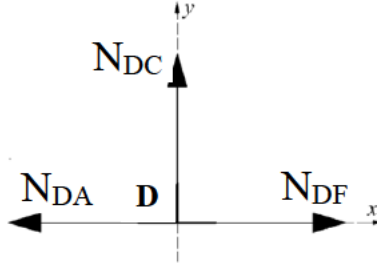
$$(I) \Rightarrow N_{AD} = -(-87.5) \times 0.8 + 30 \Rightarrow \boxed{N_{AD} = 100 \text{ kN}}$$

عزل العقدة D

$$\sum F_{xx'} = 0 \Rightarrow N_{DF} - N_{DA} = 0 \Rightarrow N_{DC} = N_{DA}$$

$$\Rightarrow \boxed{N_{DF} = 100 \text{ kN}}$$

$$\sum F_{yy'} = 0 \Rightarrow \boxed{N_{DC} = 0}$$



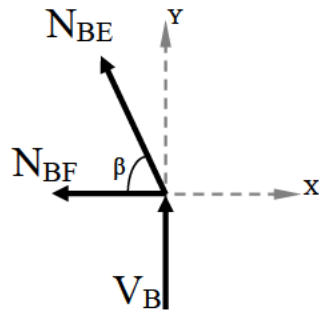
عزل العقدة B:

$$\sum F_{xx'} = 0 \Rightarrow -N_{BF} - (N_{BE} \times \cos \beta) = 0$$

$$\Rightarrow \boxed{N_{BF} = -N_{AC} \times \cos \beta} \dots (I)$$

$$\sum F_{yy'} = 0 \Rightarrow V_B + (N_{BE} \times \sin \beta) = 0$$

$$\Rightarrow N_{BE} = \frac{-V_B}{\sin \beta} = \frac{-67.50}{0.832} \Rightarrow \boxed{N_{BE} = -81.12 \text{ kN}}$$



بالتعويض في العلاقة (I)

$$(I) \Rightarrow N_{BF} = -(-81.12) \times 0.555 \Rightarrow \boxed{N_{BF} = 45 \text{ kN}}$$

- تدوين النتائج في جدول

N_{BF}	N_{BE}	N_{DC}	N_{DF}	N_{AD}	N_{AC}	الجهود الناعمية
45	81.12	0.00	100	100	87.50	الشدة (kN)
شد	ضغط	تركيب	شد	شد	ضغط	الطبيعة

01

(3) استخراج المجنب اللازم والكافي للمقاومة:

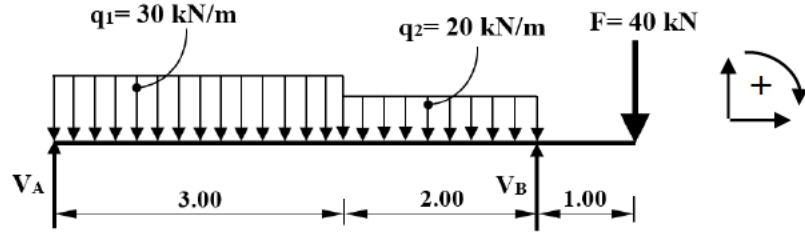
$$\sigma_{\max} \leq \bar{\sigma} \Rightarrow \frac{N_{\max}}{2S} \leq \bar{\sigma} \Rightarrow S \geq \frac{N_{\max}}{2 \times \bar{\sigma}}$$

$$\Rightarrow S \geq \frac{100 \times 10^2}{2 \times 1600} \Rightarrow \boxed{S \geq 3.125 \text{ cm}^2}$$

من الجدول نختار: $S = 3.90 \text{ cm}^2$ ومنه المجنب المناسب L (45×45×4.5)

06

النشاط الثاني: الانحناء البسيط المستوي (06 نقاط)



0.75

(1) حساب ردود الأفعال:

0.25

$$\sum F_{/XX'} = 0 \Rightarrow H_A = 0$$

$$\sum M_{/A} = 0 \Rightarrow -(V_B \times 5) + (30 \times 3 \times 1.5) + (20 \times 2 \times 4) + (40 \times 6) = 0$$

0.25

$$\Rightarrow V_B = 107 \text{ kN}$$

$$\sum M_{/B} = 0 \Rightarrow (V_A \times 5) - (30 \times 3 \times 3.5) - (20 \times 2 \times 1) + (40 \times 1) = 0$$

0.25

$$\Rightarrow V_A = 63 \text{ kN}$$

$$\sum F_{/YY'} = 0 \Rightarrow V_A + V_B - (30 \times 3) - (20 \times 2) - 40 = 0 \Rightarrow V_A + V_B = 170 \text{ kN}$$

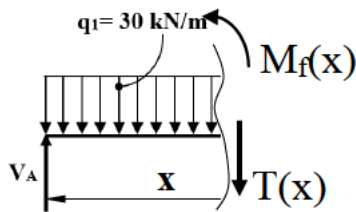
العلاقة محققة

03.50

(2) معادلات الجهد القاطع (T) وعزم الانحناء (M_f):

• $0 \leq x \leq 3$

0.50



$$T(x) = -30 \times x + 63 \Rightarrow T(x) = -30x + 63$$

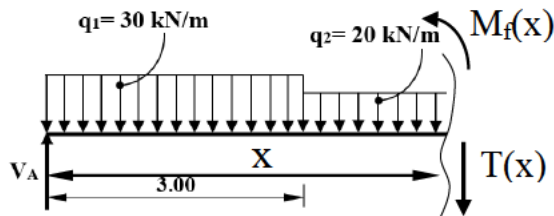
0.50

$$M_f(x) = -30 \times \frac{x^2}{2} + 63 \times x \Rightarrow M_f(x) = -15x^2 + 63x$$

x(m)	0	3
T(kN)	63	-27
M _f (kN.m)	0	54

• $3 \leq x \leq 5$

0.50



$$T(x) = -30 \times 3 + 63 - 20(x - 3)$$

$$\Rightarrow T(x) = -20x + 33$$

$$M_f(x) = -30 \times 3(x - 1.5) + 63x - 20 \frac{(x - 3)^2}{2}$$

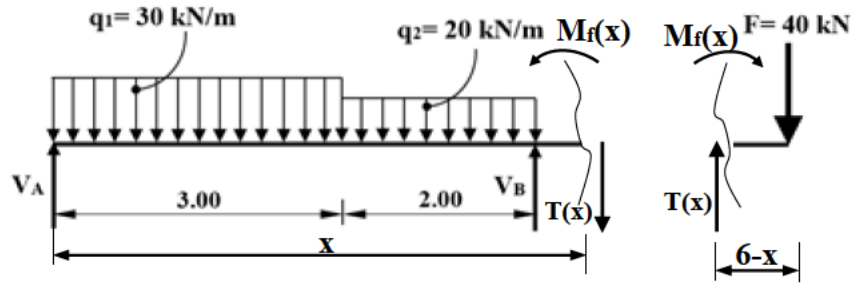
0.50

$$\Rightarrow M_f(x) = -10x^2 + 33x + 45$$

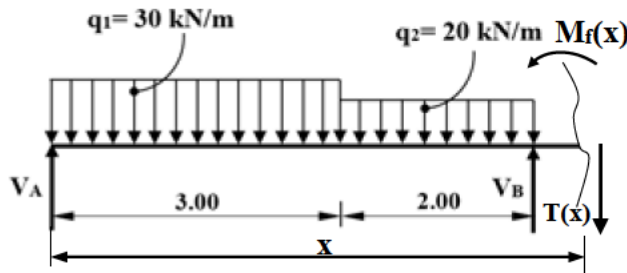
0.25

x(m)	3	5
T(kN)	-27	-67
M _f (kN.m)	54	-40

• $5 \leq x \leq 6$



- الطريقة الأولى: نختار الجزء المقطوع على اليسار



$$T(x) = V_A - (q_1 \times 3) - (q_2 \times 2) + V_B$$

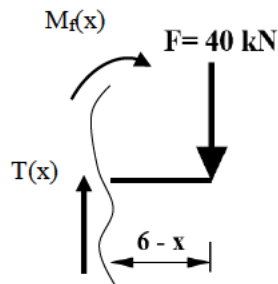
$$T(x) = 63 - 90 - 40 + 107 \rightarrow \boxed{T(x) = 40}$$

$$M_f(x) = (V_A \cdot x) - (q_1 \times 3)(x - 1.5) - (q_2 \times 2)(x - 4) + V_B \cdot (x - 5)$$

$$M_f(x) = 63x - 90x + 135 - 40x + 160 + 107x - 535$$

$$\rightarrow \boxed{M_f(x) = 40x - 240}$$

- الطريقة الثانية: نختار الجزء المقطوع على اليمين



$$\boxed{T(x) = 40}$$

$$M_f(x) + 40(6 - x) = 0 \Rightarrow M_f(x) = -40(6 - x)$$

$$\boxed{M_f(x) = 40x - 240}$$

x(m)	5	6
T(kN)	40	40
Mf(kN.m)	-40	0

0.50

(3) حساب عزم الانحناء الأعظمي:

من خلال المجال $[0 ; 3]$: $T(0) > 0$ ، $T(3) < 0$

ومنه:

$$T(x) = 0 \Rightarrow -30x + 63 = 0 \Rightarrow x = 2.1m$$

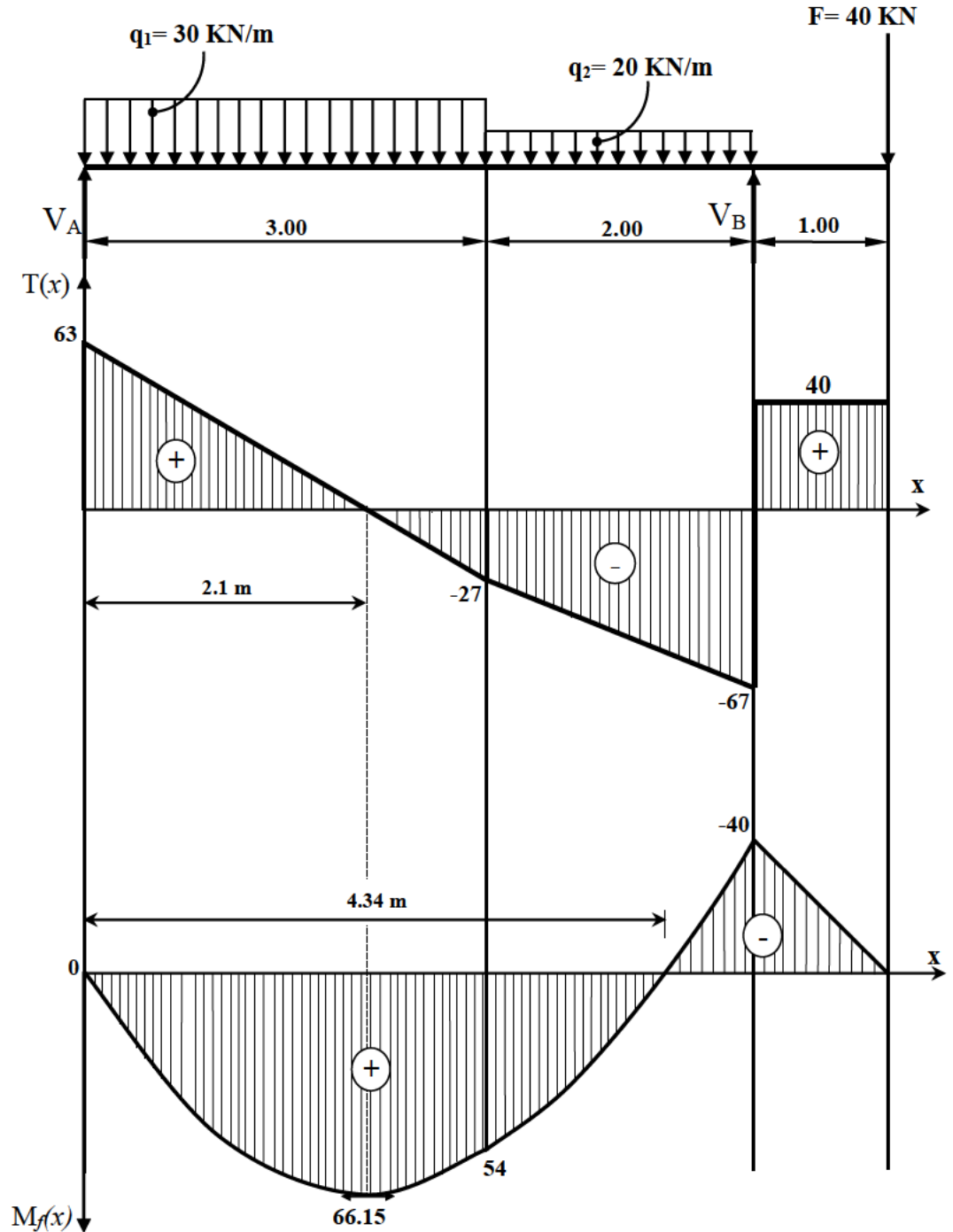
$$M_f(2.1) = 66.15kN.m \rightarrow \boxed{M_{fmax} = 66.15kN.m}$$

نقاط مساعدة في رسم منحنى عزم الانحناء $M_f(x)$:

- في المجال $[3 ; 5]$: $M_f(x) = 0 \rightarrow x = 4.34m$

01

(4) المنحنيات البيانية للجهد القاطع وعزم الانحناء:



0.50

0.50

0.25

(5) تحديد المجنب اللازم والكافي للمقاومة:

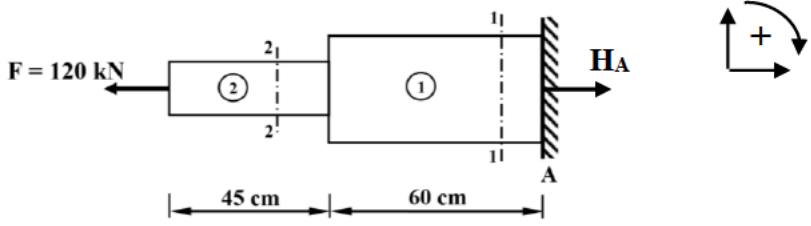
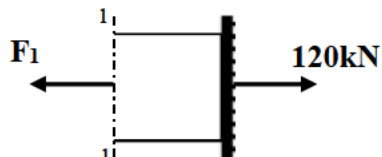
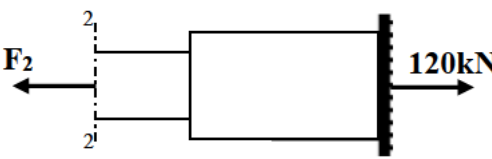
$$\sigma_{\max} \leq \bar{\sigma} \Rightarrow \frac{M_{\max}}{W_{/xx'}} \Rightarrow W_{/xx'} \geq \frac{M_{\max}}{\bar{\sigma}}$$

$$\Rightarrow W_{/xx'} \geq \frac{66.15 \times 10^4}{1600} \Rightarrow W_{/xx'} \geq 413.44$$

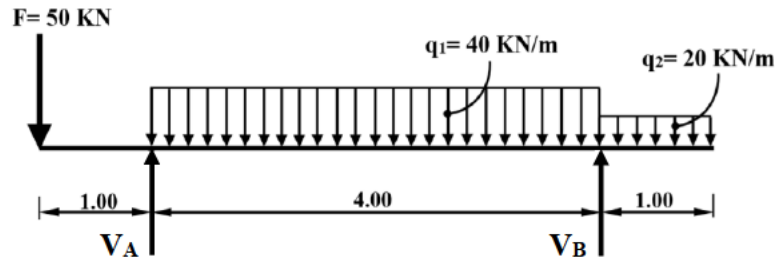
من الجدول نختار $W_{/xx'} = 428.9 \text{ cm}^3$ وبالتالي المجنب المناسب IPE270

06

		البناء :
		النشاط الأول: عموميات حول الطبوغرافيا (05 نقاط)
01.25		(1) حساب مساحة القطعة ABCD :
	0.50	$S_{ABCD} = \frac{1}{2} [X_A (Y_D - Y_B) + X_B (Y_A - Y_C) + X_C (Y_B - Y_D) + X_D (Y_C - Y_A)]$
	0.50	$S_{ABCD} = \frac{1}{2} [35(20 - 60) + 40(30 - 60) + 90(60 - 20) + 110(60 - 30)]$
	0.25	$S_{ABCD} = 2150 \text{ cm}^2$
01.50		(2) حساب السميت الاحداثي G_{AD} :
	0.25	$\Delta X_{AD} = X_D - X_A = 110 - 35 \rightarrow \Delta X_{AD} = 75$
	0.25	$\Delta Y_{AD} = Y_D - Y_A = 20 - 30 \rightarrow \Delta Y_{AD} = -10$
	0.25	$\tan g = \frac{ \Delta X_{AD} }{ \Delta Y_{AD} } = \frac{ 75 }{ -10 } = 7.5$
	0.25	$\rightarrow g = 91.56 \text{ gr}$
	0.25	$\left. \begin{array}{l} \Delta X_{AD} > 0 \\ \Delta Y_{AD} < 0 \end{array} \right\} \Rightarrow G_{AD} = 200 - g = 200 - 91.56$
	0.25	$\rightarrow G_{AD} = 108.44 \text{ gr}$
0.50		- حساب المسافة L_{AD} :
	0.25	$L_{AD} = \sqrt{\Delta X_{AD}^2 + \Delta Y_{AD}^2}$
	0.25	$L_{AD} = \sqrt{75^2 + (-10)^2} \rightarrow L_{AD} = 75.66 \text{ m}$
01.75		(3) أ- استنتاج ترتيب النقطة F :
	0.25	من خلال الشكل وبما أن النقطة F تنتمي إلى الضلع BC فإن: $Y_F = Y_B = Y_C = 60 \text{ m}$
		(3) ب- حساب فاصلة النقطة F :
	0.25	$S_{ABFE} = S_{EFCD} = \frac{1}{2} S_{ABCD} = 1075 \text{ m}^2$
	0.50	$S_{ABFE} = \frac{1}{2} [X_A (Y_E - Y_B) + X_B (Y_A - Y_F) + X_F (Y_B - Y_E) + X_E (Y_F - Y_A)]$
	0.25	$1075 = \frac{1}{2} [35(25 - 60) + 40(30 - 60) + X_F(60 - 25) + 72.5(60 - 30)]$
		$1075 = \frac{1}{2} [35X_F - 250]$
	0.50	$X_F = \frac{2400}{35} \rightarrow X_F = 68.57 \text{ m}$
05		النشاط الثاني: المنشأ العلوي (03 نقاط)
03		- تسمية العناصر :
	0.75	1- القائمة
	×	2- النائمة (أو الدرجة)
	4	3- الفاصل (أو منبسط الراحة)
		4- الحصيرة. و يقبل الجواب التالي : (القلبة)
03		
20		

العلامة		عناصر الإجابة (الموضوع الثاني)
مجموع	مجزأة	
0.75		ميكانيك تطبيقية:
		النشاط الأول: التحريصات البسيطة (05 نقاط)
		(1) حساب رد فعل الوثاقة H_A :
	0.25 0.5	$\sum F_{/xx'} = 0 \Rightarrow H_A - 120 = 0 \rightarrow \boxed{H_A = 120 \text{ kN}}$ 
01		(2) حساب الجهود الداخلية في الجسمين 1 و 2:
		- القطع 1-1:
	0.25x2	 $\sum F_{/xx'} = 0 \Rightarrow 120 - F_1 = 0 \rightarrow \boxed{F_1 = 120 \text{ kN}}$
	0.25x2	- القطع 2-2:
		 $\sum F_{/xx'} = 0 \Rightarrow 120 - F_2 = 0 \rightarrow \boxed{F_2 = 120 \text{ kN}}$
01.50		(3) حساب الإجهادات الناعمية في الجسمين 1 و 2:
	0.25x3	$\sigma_1 = \frac{N_1}{S_1} = \frac{120 \times 10^2}{3.14 \times \frac{20^2}{4}} \rightarrow \boxed{\sigma_1 = 38.22 \text{ daN / cm}^2}$
	0.25x3	$\sigma_2 = \frac{N_2}{S_2} = \frac{120 \times 10^2}{3.14 \times \frac{10^2}{4}} \rightarrow \boxed{\sigma_2 = 152.87 \text{ daN / cm}^2}$
		(4) حساب التشوه الطولي للجملة ΔL :
01.75	0.25x3	$\sigma_1 = E_1 \times \epsilon_1 = E_1 \times \frac{\Delta L_1}{L_1} \rightarrow \Delta L_1 = \frac{\sigma_1 \times L_1}{E_1} = \frac{38.22 \times 60}{2.1 \times 10^6} \rightarrow \boxed{\Delta L_1 = 1.09 \times 10^{-3} \text{ cm}}$
	0.25x3	$\sigma_2 = E_2 \times \epsilon_2 = E_2 \times \frac{\Delta L_2}{L_2} \rightarrow \Delta L_2 = \frac{\sigma_2 \times L_2}{E_2} = \frac{152.87 \times 45}{0.9 \times 10^6} \rightarrow \boxed{\Delta L_2 = 7.64 \times 10^{-3} \text{ cm}}$
	0.25	$\Delta L = \Delta L_1 + \Delta L_2 = 1.09 \times 10^{-3} + 7.64 \times 10^{-3}$ $\boxed{\Delta L = 8.73 \times 10^{-3} \text{ cm} = 8.73 \times 10^{-2} \text{ mm}}$
05		

النشاط الثاني: الانحناء البسيط المستوي (07 نقاط)



01

(1) حساب ردود الأفعال:

0.50

$$\sum F_{xx'} = 0 \Rightarrow H_B = 0$$

$$\sum M_{/A} = 0 \Rightarrow (-V_B \times 4) + (40 \times 4 \times 2) + (20 \times 1 \times 4.5) - (50 \times 1) = 0$$

$$\Rightarrow V_B = 90 \text{ kN}$$

0.50

$$\sum M_{/B} = 0 \Rightarrow (V_A \times 4) - (40 \times 4 \times 2) + (20 \times 1 \times 0.5) - (50 \times 5) = 0$$

$$\Rightarrow V_A = 140 \text{ kN}$$

$$\sum F_{yy'} = 0 \Rightarrow V_A + V_B - 50 - (40 \times 4) - (20 \times 1) \Rightarrow V_A + V_B = 230 \text{ kN}$$

العلاقة محققة

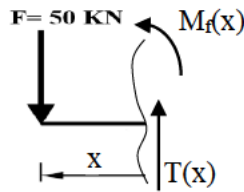
03.50

(2) معادلات الجهد القاطع (T) وعزم الانحناء (M_f):

0.50

• $0 \leq x \leq 1$

0.50



$$T(x) = -50$$

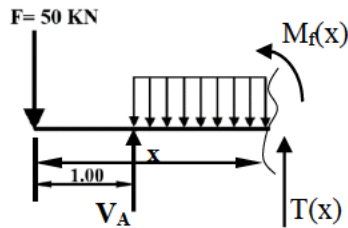
$$M_f(x) = -50x$$

x(m)	0	1
T (kN)	-50	-50
M_f (kN.m)	0	-50

0.50

• $1 \leq x \leq 5$

0.50



$$T(x) = -50 + 140 - 40(x - 1)$$

$$\Rightarrow T(x) = -40x + 130$$

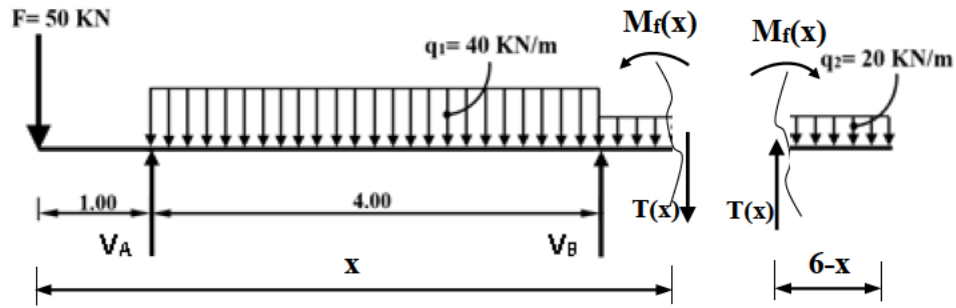
$$M_f(x) = -50x + 140(x - 1) - \frac{40}{2}(x - 1)^2$$

$$\Rightarrow M_f(x) = -20x^2 + 130x - 160$$

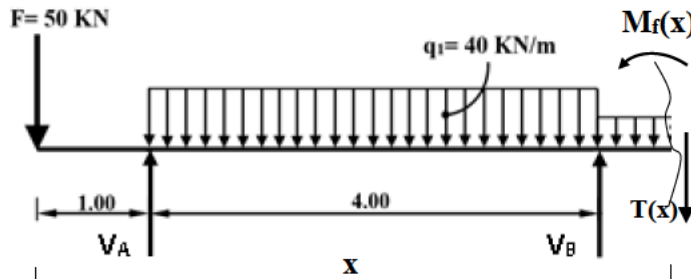
0.25

x(m)	1	5
T (kN)	90	-70
M_f (kN.m)	-50	-10

• $5 \leq x \leq 6$



- الطريقة الأولى: نختار الجزء المقطوع على اليسار



$$T(x) = V_A - (q_1 \times 4) - q_2 \cdot (x - 5) + V_B - 50$$

$$T(x) = 140 - (40 \times 4) - 20(x - 5) + 90 - 50$$

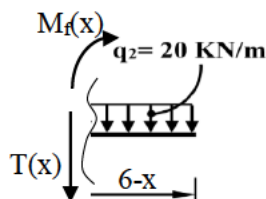
$$\rightarrow \boxed{T(x) = -20x + 120}$$

$$M_f(x) = V_A \cdot (x - 1) - (q_1 \times 4)(x - 3) - q_2 \cdot \frac{(x - 5)^2}{2} + V_B \cdot (x - 5) - 50 \cdot x$$

$$M_f(x) = 140x - 140 - 160x + 480 - 10x^2 - 250 + 100x + 90x - 450 - 50x$$

$$\rightarrow \boxed{M_f(x) = -10x^2 + 120x - 360}$$

الطريقة الثانية: نختار الجزء المقطوع على اليمين



$$T(x) = 20(6 - x)$$

$$\boxed{T(x) = -20x + 120}$$

$$M_f(x) + \frac{20}{2}(6 - x)^2 = 0 \Rightarrow M_f(x) = -20(36 + x^2 - 12x)$$

$$\boxed{M_f(x) = -10x^2 + 120x - 360}$$

x(m)	5	6
T(kN)	20	0
Mf(kN.m)	-10	0

(3) حساب عزم الانحناء الأعظمي:

من خلال المجال $[1 ; 5]$: $T(1) > 0$ ، $T(5) < 0$

ومنه:

$$T(x) = 0 \Rightarrow -40x + 130 = 0 \Rightarrow x = 3.25m$$

$$M_f(x) = -20x^2 + 130x - 160$$

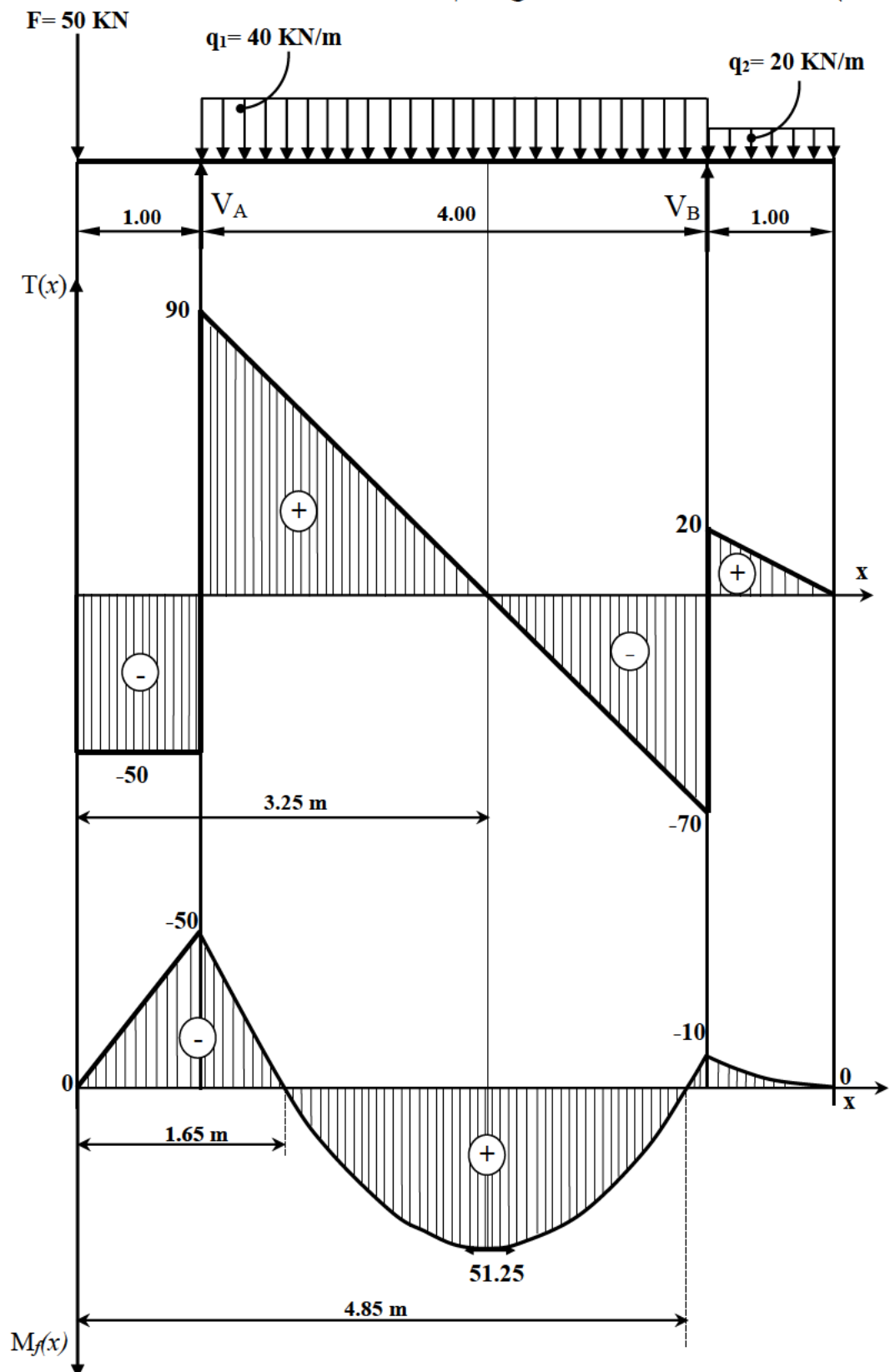
$$M_f(3.25) = 51.25kN.m \rightarrow \boxed{M_{fmax} = 51.25kN.m}$$

نقاط مساعدة في رسم منحنى عزم الانحناء $M_f(x)$

$$M_f(x) = 0 \rightarrow \begin{cases} x_1 = 1.65\text{m} \\ x_2 = 4.85\text{m} \end{cases} \text{ في المجال } [1 ; 5]$$

01.50

(4) المنحنيات البيانية للجهد القاطع وعزم الانحناء:



0.25
×
3

0.25
×
3

0.50	0.25	(5) أ - التحقق من مقاومة المجنب IPN220: من الجدول: $IPN220 \rightarrow W_{/xx'} = 278cm^3$ $\sigma_{max} = \frac{M_{max}}{W_{/xx'}} = \frac{51.25 \times 10^4}{278} = 1843 daN / cm^2$ $\rightarrow \boxed{\sigma_{max} > \bar{\sigma}}$ إذن المجنب IPN220 لا يحقق شرط المقاومة (5) ب - تحديد المجنب اللازم والكافي للمقاومة: $\sigma_{max} \leq \bar{\sigma} \rightarrow \frac{M_{max}}{W_{/xx'}} \rightarrow W_{/xx'} \geq \frac{M_{max}}{\bar{\sigma}}$ $\rightarrow W_{/xx'} \geq \frac{51.25 \times 10^4}{1600} \rightarrow W_{/xx'} \geq 320.31$ من الجدول نختار $W_{/xx'} = 354 cm^3$ وبالتالي المجنب المناسب IPN240
07	01.50	البناء: النشاط الأول: عموميات حول الطبوغرافيا (03 نقاط) (1) حساب السميت الاحداثي G_{AB}: $\Delta X_{AB} = X_B - X_A = 90 - 30 \rightarrow \boxed{\Delta X_{AB} = 60}$ $\Delta Y_{AB} = Y_B - Y_A = 60 - 30 \rightarrow \boxed{\Delta Y_{AB} = 30}$ $\tan g = \frac{ \Delta X_{AB} }{ \Delta Y_{AB} } = \frac{60}{30} = 2$ $\rightarrow g = 70.48gr$ $\left. \begin{array}{l} \Delta X_{AB} > 0 \\ \Delta Y_{AB} > 0 \end{array} \right\} \Rightarrow G_{AB} = g$ $\rightarrow \boxed{G_{AB} = 70.48gr}$ - حساب المسافة L_{AB}: $L_{AB} = \sqrt{\Delta X_{AB}^2 + \Delta Y_{AB}^2}$ $L_{AB} = \sqrt{60^2 + 30^2} \rightarrow \boxed{L_{AB} = 67.08m}$ (2) حساب الإحداثيات القائمة للنقطة C: $X_C = X_A + L_{AC} \times \sin G_{AC} = 30 + 56.57 \times \sin 150$ $\rightarrow \boxed{X_C = 70m}$ $Y_C = Y_A + L_{AC} \times \cos G_{AC} = 30 + 56.57 \times \cos 150$ $\rightarrow \boxed{Y_C = -10m}$ الإحداثيات القائمة للنقطة C: (70 ; -10)
03		

النشاط الثاني: الطرق (05 نقاط)		
0.75	0.25 × 3	مناسيب الأرض الطبيعية
01	0.25 × 4	مناسيب خط المشروع
0.50	0.25 × 2	الميل
0.25	0.25	المسافة الجزئية
01.25	0.25 × 5	المسافات المتراكمة
0.50	0.50	رسم خط الأرض
0.50	0.50	رسم خط المشروع
0.25	0.25	إدراج سلم الرسم (و/ أو استعمال الألوان المعتمدة للحفر والردم)
05		
20		

