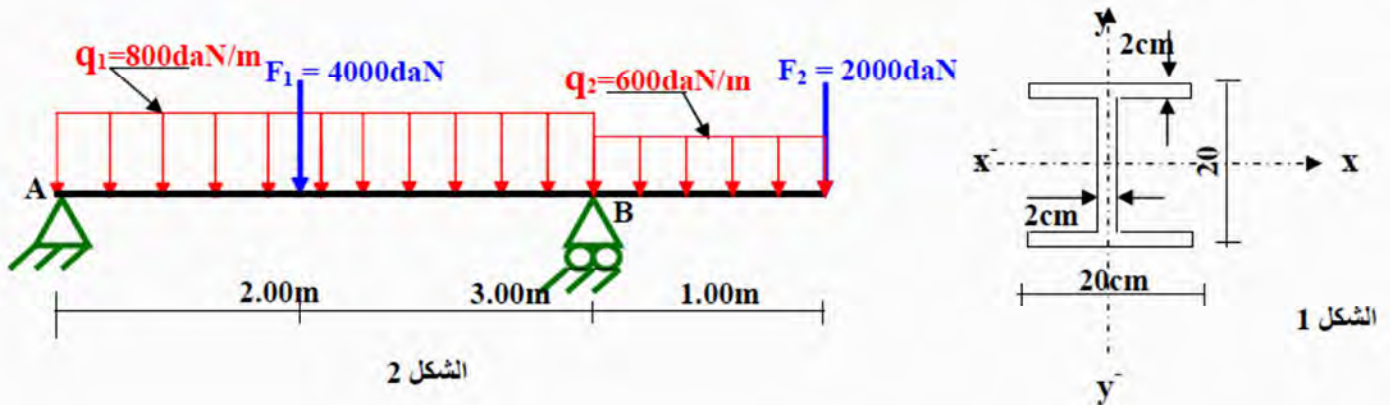


سلسلة تمارين حول الانحاء البسيط 2التمرين الأول :

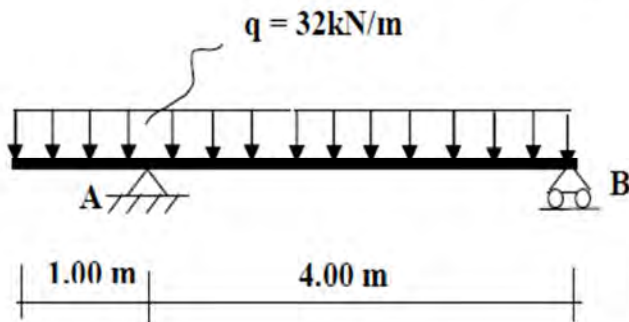
في هذا النشاط نريد دراسة إحدى روافد البناية والتي تم إختيارها من هياكل معدنية بمجندات I مقطوعها موضح في الشكل 1 كيفية التحميل يبرزه الشكل الميكانيكي رقم 2 .

المطلوب

1. أحسب ردود الفعل عند المسندين A و B
2. أكتب كل من معادلات الانحاء M والجهد القاطع T
3. أرسم المنحني البياني لكل من M و T على ورقة مليمتريّة وبسلم :
4. حدد القوى القصوى لكل من M و T
5. تحقق من مقاومة الرافدة يعطى : $\bar{\sigma} = 1200 \frac{daN}{cm^2}$

التمرين الثاني :

لتكن رافدة معدنية ترتكز على مسندين حسب الشكل الميكانيكي التالي (الشكل 1) :

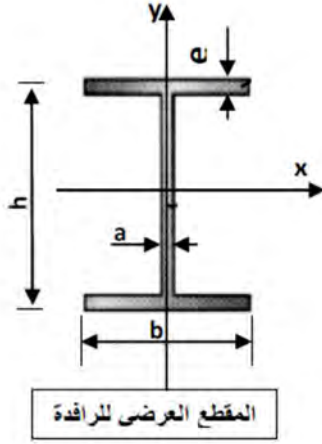


A : مسند مزدوج

B : مسند بسيط

المطلوب:

- 1- أحسب ردود الأفعال في المسندين A و B.
- 2- أكتب معادلات الجهد القاطع T و عزم الانحناء M
- 3- أرسم منحنيات الجهد القاطع و عزم الانحناء
- 4- لنفترض أن عزم الانحناء الأعظمي يقدر ب : 56.25 kN.m
حدد المجنب المناسب الذي يحقق المقاومة، علما أن الإجهاد المسموح به $\bar{\sigma} = 1600 \text{ daN/cm}^2$



المجنب حسب الارتفاع h(mm)	معامل المقاومة w _{xx} (cm ³)	مساحة المقطع S (cm ²)
220	252	33.4
240	324	35.1
270	429	45.9
300	557	53.8

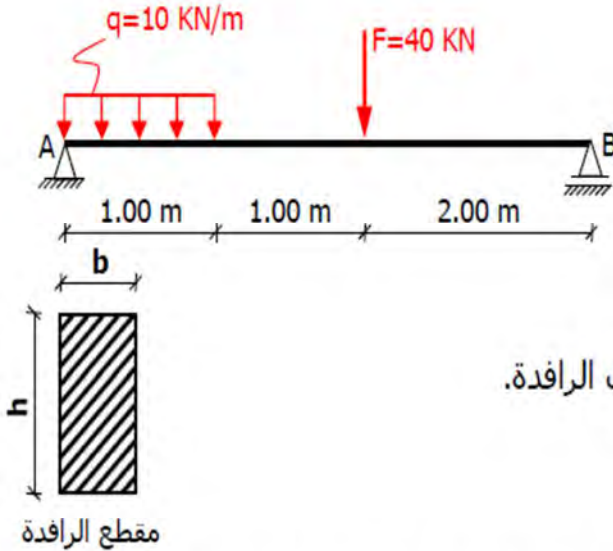
التمرين الثالث :

تكن الرافدة AB الممثلة بالشكل الميكانيكي التالي:

حيث:

A: مسند مزدوج

B: مسند بسيط

المطلوب:

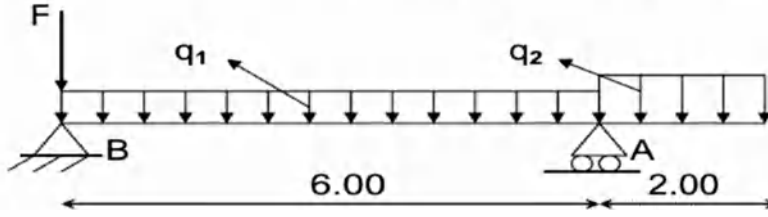
- 1- أحسب ردود الأفعال في المسندين A و B.
- 2- أكتب معادلات الجهد القاطع T و عزم الانحناء M_f على طول الرافدة.
- 3- أرسم منحني الجهد القاطع T وعزم الانحناء M_f.
- 4- استنتج قيمة T_{max} و M_{fmax}.
- 5- بفرض أن الرافدة متجانسة أحسب أبعاد مقطع الرافدة (b;h) علما أن $\bar{\sigma} = 300 \text{ daN/cm}^2$ و $b = \frac{1}{3}h$

- 6- تحقق من شرط المقاومة الثاني علما أن $\bar{\tau} = 20 \text{ daN/cm}^2$

- 7- أرسم مخطط الاجهادات النازمية و المماسية.

التمرين الرابع :

نريد دراسة رافدة معدنية ممثلة في شكلها الميكانيكي التالي :



B: مسند مضاعف

A: مسند بسيط

$F = 30 \text{ kN}$

$q_1 = 10 \text{ kN/m}$

$q_2 = 15 \text{ kN/m}$

العمل المطلوب

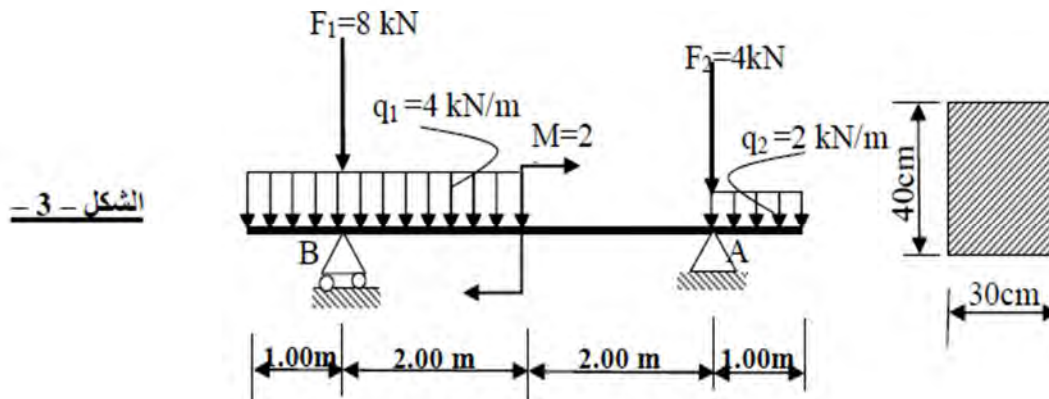
- 1- أحسب ردود الفعل في المسندين A و B.
 - 2- أكتب معادلات عزم الانحناء M و الجهد القاطع T.
 - 3- أرسم منحنيات عزم الانحناء M و الجهد القاطع T.
 - 4- حدد القيم القصوى لعزم الانحناء M و الجهد القاطع T.
 - 5- الرافدة مقطوعها على شكل مجنب من نوع (I.P.N) و تخضع إلى عزم انحناء أعظمي يقدر بـ 31.25 kN.m .
- حدد المجنب المناسب الذي يحقق المقاومة
علما أن: $\bar{\sigma} = 1200 \text{ daN/cm}^2$

S (cm ²)	$W_{xx} = \frac{I_{xx}}{V} (\text{cm}^3)$	$I_{xx} (\text{cm}^4)$	e (mm)	b (mm)	h (mm)	IPN
33.5	214	2140	7.5	90	200	200
39.6	278	3060	8.1	98	220	220
46.1	354	4250	8.7	106	240	240
53.4	442	5740	9.4	113	260	260
61.1	542	7590	10.1	119	280	280

التمرين الخامس :

نقوم بدراسة رافدة لإحدى المباني السكنية طولها 6m ، تحت تأثير حملتين موزعتين بانتظام وقوتين مركزيين و عزم .
أنظر (الشكل 3) حيث:

(A) مسند مضاعف (مزدوج) و (B) مسند بسيط .

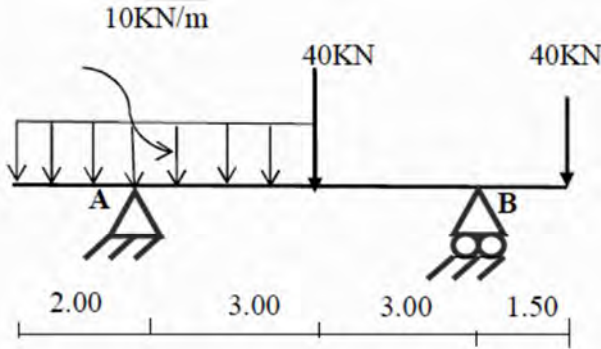


الشكل - 3 -

العمل المطلوب:

- 1- أحسب قيم ردود الأفعال عند المسندين A و B .
- 2- أكتب معادلات الجهد القاطع (T) وعزم الانحناء (M_f) على طول الرافدة.
- 3- أحسب نقاط التقاطع مع المحاور واستنتج M_{fmax} .
- 4- أرسم منحنيات T و M_f يعطى السلم:
 الأبعاد : 0.50 m $\rightarrow$ 1cm
 T : 0.75 kN $\rightarrow$ 1cm
 M_f : 1 kN $\times$ m $\rightarrow$ 1cm
- 5- بفرض أن الروافد المستعملة من الخرسانة المسلحة مقطوعها مستطيل و متجانس و علما أن عزم الانحناء الأعظمي $\overline{\sigma}_{adm}=16\text{MPa}$ $M_{fmax}=3.5\text{ kN.m}$ تحقق من شرط مقاومة هذه الرافدة.
 يعطى $1\text{MPa}=1\text{N/mm}^2$

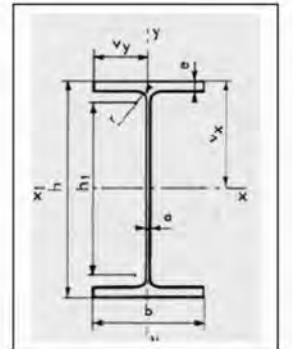
MAKHLOUFI KAMEL

التمرين السادس :**الميكانيك التطبيقية:**

نريد دراسة الرافدة المعدنية المثلثة في الشكل التالي:

- 1- أحسب ردود الفعل في المسندين A , B .
- 2- أكتب معادلات عزم الانحناء M_f و الجهد القاطع T .
- 3- أرسم منحنيات عزم الانحناء M_f و الجهد القاطع T .
- 4- أحسب عزم الانحناء الأعظم M_{fmax} والجهد القاطع الأعظمي T_{max} .
- 5- إذا علمت أن: $\bar{\sigma} = 1600\text{daN/cm}^2$ حدد المجنب المناسب الذي يحقق المقاومة حيث أن الرافدة من نوع مجنب IPE.

IPE	h(mm)	b(mm)	a(mm)	e(mm)	$w_{xx}=I_{xx}/v(\text{cm}^3)$
220	220	110	5.9	9.2	252
240	240	120	6.2	9.8	324
270	270	135	6.6	10.2	429



حلولة الدالة رقم 01

حل الشرح الأول :

1- حساب ردود الفعل عند المساند

$$\sum F_x = 0 \Rightarrow H_{BX} = 0$$

$$\sum M_A = 0 \Rightarrow R_1 \times 2.5 + F_1 \times 2 + R_2 \times 5.5 + F_2 \times 6 - V_{BY} \times 5 = 0$$

$$\Rightarrow 4000 \times 2.5 + 4000 \times 2 + 600 \times 5.5 + 2000 \times 6 - V_{BY} \times 5 = 0$$

$$\Rightarrow V_{BY} \times 5 = 4000 \times 2.5 + 4000 \times 2 + 600 \times 5.5 + 2000 \times 6 = 0$$

$$V_{BY} = 6660 \text{ daN}$$

$$\sum M_B = 0 \Rightarrow V_{AY} \times 5 - R_1 \times 2.5 - F_1 \times 3 + R_2 \times 0.5 + F_2 \times 1 = 0$$

$$\Rightarrow V_{AY} \times 5 - 4000 \times 2.5 - 4000 \times 3 + 600 \times 0.5 + 2000 \times 1 = 0$$

$$\Rightarrow V_{AY} \times 5 = 4000 \times 2.5 + 4000 \times 3 - 600 \times 0.5 - 2000 \times 1 = 0$$

$$\Rightarrow V_{AY} = 3940 \text{ daN}$$

ومنه حسابات ردود الأفعال صحيحة

$$\sum F_y = 0 \Rightarrow V_{AY} + V_{BA} - R_1 - R_2 - F_1 - F_2 = 0$$

$$\Rightarrow 3940 + 6660 - 4000 - 600 - 4000 - 2000 = 0$$

2/ كتابة كل من معادلات الانحناء M والجهد القاطع T

$$0 \leq x \leq 2 \text{ m}$$

$$T = 3940 - 800x$$

$$x = 0 \Rightarrow T = 3940 \text{ daN}$$

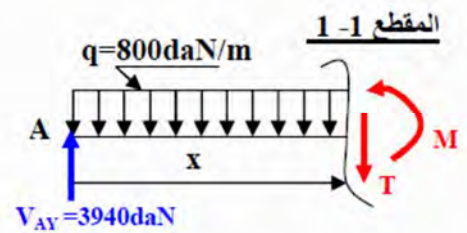
$$x = 2 \Rightarrow T = 3940 - 800 \times 2 = 2340 \text{ daN}$$

$$M = V_{AY} x - q_1 \frac{x^2}{2}$$

$$\Rightarrow M = 3940x - 800 \frac{x^2}{2}$$

$$x = 0 \Rightarrow M = 0$$

$$x = 2 \Rightarrow M = 6280 \text{ daN} \cdot \text{m}$$



$$2 \leq x \leq 5 m$$

$$T = 3940 - 800x - 4000$$

$$\Rightarrow T = -60 - 800x$$

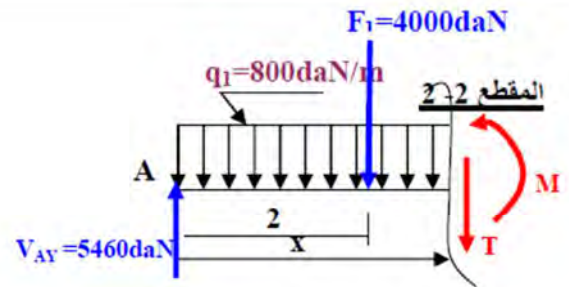
$$x = 2 \Rightarrow T = -1660 daN$$

$$x = 5 \Rightarrow T = -60 - 800 \times 5 = -4060 daN$$

$$M = +V_{AY} x - q_1 \frac{x^2}{2} - F_1(x - 2)$$

$$\Rightarrow M = +3940x - 800 \frac{x^2}{2} - 4000(x - 2)$$

$$x = 2 \Rightarrow M = 6280 daN .m$$



المقطع 3-3

$$0 \leq x \leq 1 m$$

$$T = q_2 x + F_2$$

$$\Rightarrow T = 600x + 2000$$

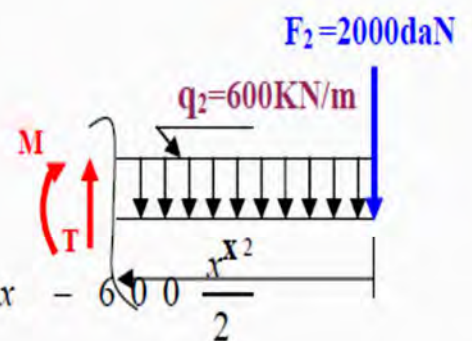
$$x = 0 \Rightarrow T = 2000 daN$$

$$x = 1 \Rightarrow T = 2600 daN$$

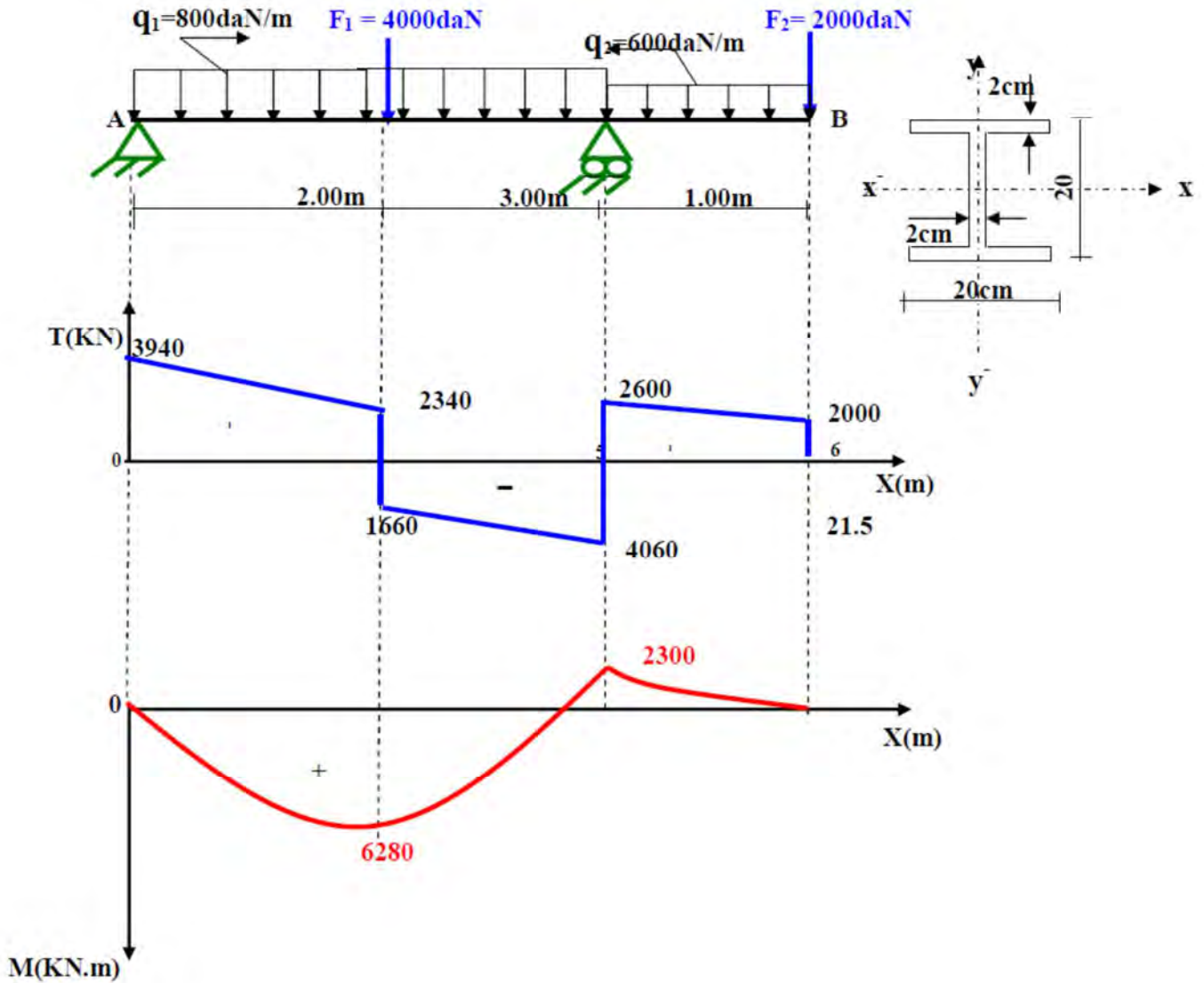
$$M = -F_2 x - q_2 \frac{x^2}{2} \Rightarrow M = -2000x - 600 \frac{x^2}{2}$$

$$x = 0 \Rightarrow M = 0$$

$$x = 1 \Rightarrow M = -2300 daN .m$$



3/ رسم المنحنى البياني لكل من T و M



4/ تحديد القيم القصوى لـ T و M :

من المنحنيات البيانية نستنتج : $T_{\max} = 4060 \text{ daN}$ $M_{\max} = 6280 \text{ daN.m}$

5/ التأكد من مقاومة الرافدة

$$\sigma \leq \bar{\sigma} \Rightarrow \frac{M_{\max}}{I_{x-x} y_{\max}} \leq \bar{\sigma}$$

$$I_{x-x} = \frac{2 \times 16^3}{12} + 2 \times \left[\frac{20 \times 2^3}{12} + 20 \times 2 \times 9^2 \right] = 7189.33 \text{ cm}^4$$

$$\frac{M_{\max}}{I_{x-x} y_{\max}} \leq \bar{\sigma} \Rightarrow \frac{6280 \times 10^2}{7189.33 \times \frac{2}{20}} \leq 1200 \frac{\text{daN}}{\text{cm}^2}$$

$$\Rightarrow 873.51 < 1200 \frac{\text{daN}}{\text{cm}^2}$$

حل الشرح الثاني :حساب ردود الأفعال في المساند :

$$\sum F_x = 0 \Leftrightarrow H_A = 0$$

$$\sum F_y = 0 \Leftrightarrow V_A + V_B = q \times l = 160 \text{ KN}$$

$$\sum M_F / A = 0 \Leftrightarrow -V_B \times 4 + q l \times 1.5 = 0$$

$$\Leftrightarrow V_B = 60 \text{ KN}$$

$$\sum M_F / B = 0 \Leftrightarrow V_A \times 4 - q l \times 2.5 = 0$$

$$\Leftrightarrow V_A = 100 \text{ KN}$$

- كتابة معادلات الجهد القاطع و عزم الانحناء :القطع 1-1 : $0 \leq x \leq 1.00$

$$T(x) = -32x \quad \begin{cases} x=0 \dots\dots T(0)=0 \text{ kN} \\ x=1.00 \dots\dots T(1.0) = -32 \text{ kN} \end{cases}$$

$$M_f(x) = -32x^2/2$$

$$\rightarrow x=0 \dots\dots\dots M_f(0) = 0$$

$$\rightarrow x=1.0 \dots\dots\dots M_f(1.0) = -16 \text{ kN.m}$$

القطع 2-2 : $0 \leq x \leq 4.00$

$$T(x) = 32x - 60 \quad \begin{cases} x=0 \dots\dots T(0) = -60 \text{ kN} \\ x=4.00 \dots\dots T(4.0) = -68 \text{ kN} \end{cases}$$

$$M_f(x) = -16x^2 + 60x$$

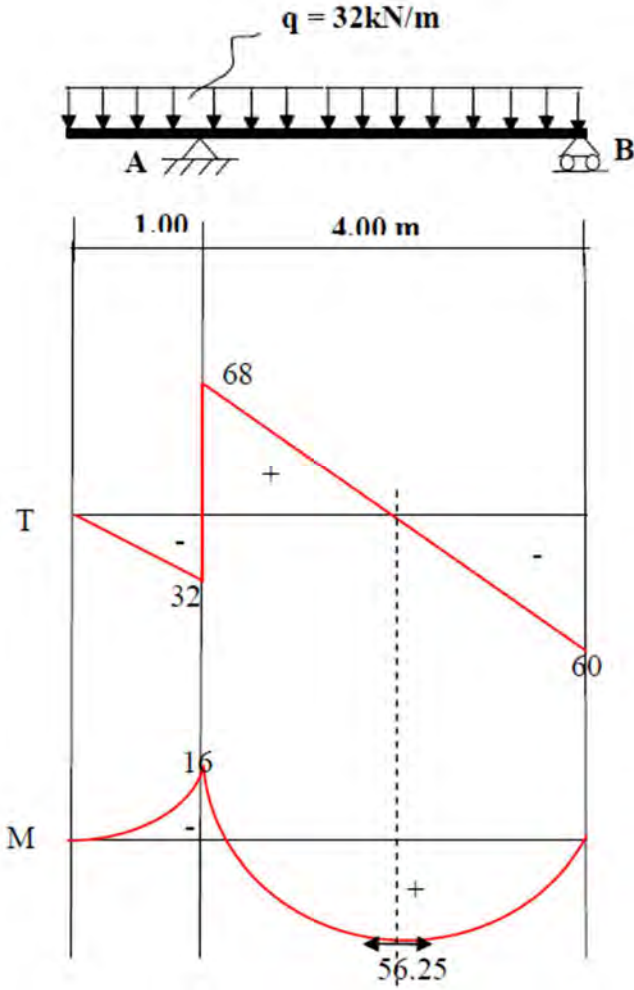
$$\rightarrow x=0.0 \dots\dots\dots M_f(0.0) = 0 \text{ kN.m}$$

$$\rightarrow x=4.0 \dots\dots\dots M_f(4.0) = -16 \text{ kN.m}$$

$$T(x) = 32x - 60 \rightarrow T(x) = 0 \Leftrightarrow x = 1.875 \text{ m.}$$

$$M_f(1.875) = -16 \times 1.875^2 + 60 \times 1.875$$

$$M_{\max} = 56.25 \text{ kN.m} , \quad T_{\max} = 68 \text{ kN} . \quad -3$$

4- رسم منحنيا T , M

5- تحديد المجنب IPE المناسب:

$$\sigma_{\max} \leq \bar{\sigma}$$

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{\max}}{W_{xx}} \leq \bar{\sigma}$$

$$W_{xx} \geq \frac{M_{\max}}{\bar{\sigma}} = \frac{562500}{1600} \geq 352 \text{ cm}^3$$

اذن المجنب المناسب من الجدول هو : IPE 270.

حل الشرح الثالث:**1- حساب ردود الأفعال:**

عدد ردود الأفعال: 3
نظام محدد سكوني خارجيا
عدد معادلات التوازن: 3

$$\Sigma F_{/X} = 0 \Rightarrow R_{AX} = 0$$

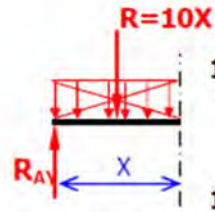
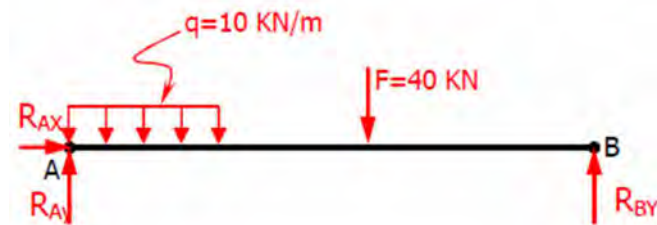
$$\Sigma M_{/A} = 0 \Rightarrow -R_{BY} \times 4 + 40 \times 2 + 10 \times 1 \times 0.5 = 0 \Rightarrow R_{BY} = 85/4 = 21.25 \text{ KN}$$

$$\Sigma M_{/B} = 0 \Rightarrow R_{AY} \times 4 - 10 \times 1 \times 3.5 - 40 \times 2 = 0 \Rightarrow R_{AY} = 115/4 = 28.75 \text{ KN}$$

التحقيق: $28.75 + 21.25 - 50 = 0 \Rightarrow 50 - 50 = 0$

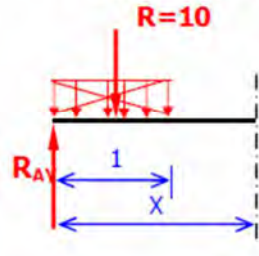
2- كتابة معادلات الجهد القاطع T و عزم الانحناء M_f:

المقطع 1-1: $0 \leq x \leq 1$



$$T(x) = 28.75 - 10 \cdot x \begin{cases} T(0) = 28.75 \text{ KN} \\ T(1) = 18.75 \text{ KN} \end{cases}$$

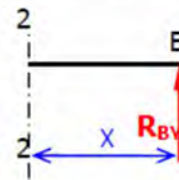
$$M_f(x) = 28.75 \cdot x - 10 \cdot x^2 / 2 \begin{cases} M_f(0) = 0 \\ M_f(1) = 23.75 \text{ KN.m} \end{cases}$$



المقطع 2-2: $1 \leq x \leq 2$

$$T(x) = 28.75 - 10 = 18.75 \text{ KN} \begin{cases} T(1) = 18.75 \text{ KN} \\ T(2) = 18.75 \text{ KN} \end{cases}$$

$$M_f(x) = 28.75 \cdot x - 10 \cdot 1 \cdot (x - 0.5) \begin{cases} M_f(1) = 23.75 \text{ KN.m} \\ M_f(2) = 42.50 \text{ KN.m} \end{cases}$$



المقطع 3-3: $0 \leq x \leq 2$

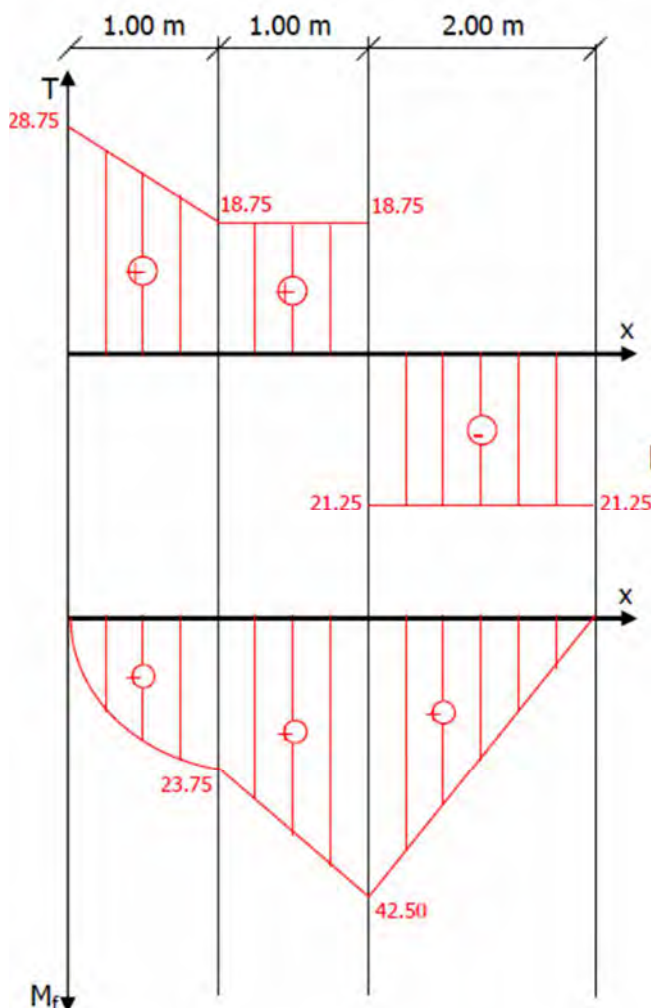
$$T(x) = -21.25 \begin{cases} T(0) = -21.25 \text{ KN} \\ T(2) = -21.25 \text{ KN} \end{cases}$$

$$M_f(x) = 21.25 \cdot x \begin{cases} M_f(0) = 0 \\ M_f(2) = 42.50 \text{ KN.m} \end{cases}$$

4- استنتج قيمة T_{max} و M_{fmax}

$$T_{\max} = 28.75 \text{ KN} \quad M_{f\max} = 42.50 \text{ KN.m}$$

5- حساب أبعاد المقطع:



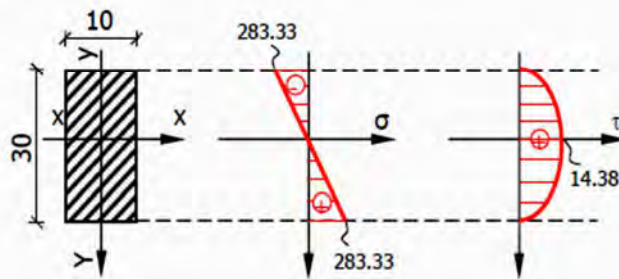
$$\sigma_{\max} \leq \bar{\sigma} \Rightarrow \frac{M_{f \max}}{I_{xx'}} \times y_{\max} \leq \bar{\sigma} \Rightarrow$$

$$\frac{42.50 \times 10^4}{\frac{b \cdot h^3}{12}} \times \frac{h}{2} \leq \bar{\sigma} \Rightarrow$$

$$\frac{42.50 \times 10^4 \times 6}{b \cdot h^2} = \frac{42.50 \times 10^4 \times 6}{b \cdot (3b)^2} \leq 300 \Rightarrow b \geq \sqrt[3]{\frac{42.50 \times 10^2 \times 2}{9}} = 9.81 \text{ cm}$$

نأخذ قيمة $b=10 \text{ cm}$ و $h=3b=3 \times 10=30 \text{ cm}$

6- التحقق من شرط المقاومة الثاني: $\tau_{\max} \leq \bar{\tau} \Rightarrow k \frac{T_{\max}}{S} \leq \bar{\tau} \Rightarrow \frac{3}{2} \times \frac{28.75 \times 100}{10 \times 30} = 14.38 \text{ daN / cm}^2 < 20 \text{ daN / cm}^2$



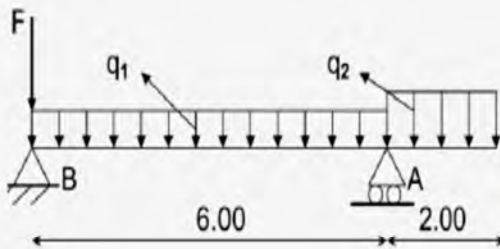
7- مخطط σ و τ :

$$\sigma_{\max (+15)} = \frac{42.50 \times 10^4 \times 6}{10 \cdot 30^2} = +283.33 \text{ daN / cm}^2$$

$$\sigma_{\max (-15)} = \frac{42.50 \times 10^4 \times 6}{10 \cdot 30^2} = -283.33 \text{ daN / cm}^2$$

$$\sigma(0) = 0$$

حل الشرح الرابع:



- حساب ردود الأفعال: $V_B = 25 \text{ kN}$, $V_A = 65 \text{ kN}$, $H_B = 0$

- كتابة معادلات الجهد القاطع (T) وعزم الانحناء (Mf) ورسم منحنيهما:

- القطع 1-1: $0 \leq x \leq 6$

$$T = -10x + 25 \dots\dots\dots T(0) = 25 \text{ kN}; T(6) = -35 \text{ kN}$$

$$Mf = -5x^2 + 25x \dots\dots\dots Mf(0) = 0 \text{ kN.m}; Mf(6) = -30 \text{ kN.m}$$

$$T = 0 \Rightarrow x = 2.50 \text{ m} \quad \text{حساب } (Mf_{\max})$$

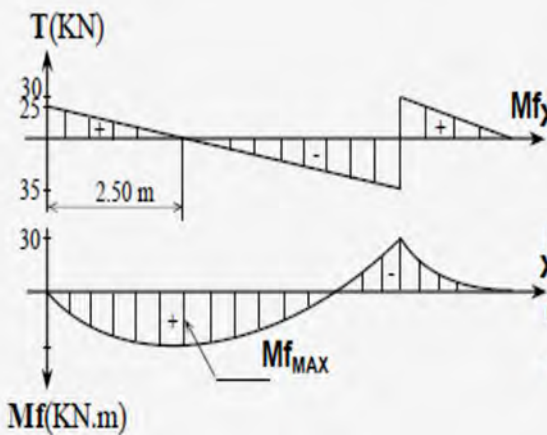
$$\Rightarrow Mf_{\max} = Mf(2.5) = 31.25 \text{ kN.m}$$

- القطع 2-2: $6 \leq x \leq 8$

$$T = -15x + 120 \dots\dots\dots T(6) = 30 \text{ kN}; T(8) = 0 \text{ kN}$$

$$Mf = -7.5x^2 + 120x - 480 \dots\dots\dots Mf(6) = -30 \text{ kN.m}; Mf(8) = 0 \text{ kN.m}$$

الرسم:



- قيمتي $(T_{\max})$ و $(Mf_{\max})$: $T_{\max} = 35 \text{ kN}$, $Mf_{\max} = 31.25 \text{ kN.m}$

- تحديد المجنب المناسب: $\sigma = Mf_{\max} / W_{xx} \leq \bar{\sigma} \Rightarrow W_{xx} = Mf_{\max} / \bar{\sigma}$

$$W_{xx} = 31.25 \times 10^4 / 1200 = 260.41 \text{ cm}^3$$

و منه المجنب المناسب هو: IPN 220 ($W_{xx} = 278 \text{ cm}^3$)

حل الشرح الخامس :**حساب ردود الأفعال مع التحقيق**

$$V_A = 8.25 \text{ KN}$$

$$V_B = 17.75 \text{ KN}$$

$$H_A = 0 \text{ KN}$$

التحقيق

كتابة معادلات T و M مع حساب M_{fmax} **يسار $0 < x < 1 \text{ m}$**

$$T(x) = -4x$$

- $T(0) = 0$
- $T(1) = -4 \text{ KN}$

$$M(x) = -2x^2$$

- $M(0) = 0$
- $M(1) = -2 \text{ KN.m}$

يسار $1 < x < 3 \text{ m}$

$$T(x) = -4x + 9.75$$

- $T(1) = 5.75 \text{ KN}$
- $T(3) = -2.25 \text{ KN}$

$$T(x) \cap (x'x) \Rightarrow T(x) = 0 \Rightarrow x = 2.44 \text{ m}$$

$$M(x) = -2x^2 + 9.75x - 9.75$$

- $M(1) = -2 \text{ KN.m}$
- $M(3) = 1.5 \text{ KN.m}$

$$M_{max} = M(2.44) = 2.13 \text{ KN.m}$$

$$M(x) \cap (x'x) \Rightarrow M(x) = 0 \Rightarrow x = 1.4 \text{ m} \quad x = 3.47 \text{ m}$$

يسار $3 < x < 5 \text{ m}$

$$T(x) = -2.25$$

- $T(3) = -2.25 \text{ KN}$
- $T(5) = -2.25 \text{ KN}$

$$M(x) = -2.25x + 10.25$$

- $M(3) = 3.5 \text{ KN.m}$
- $M(5) = -1 \text{ KN.m}$

$$M(x) \cap (x'x) \Rightarrow M(x) = 0 \Rightarrow x = 4.56 \text{ m}$$

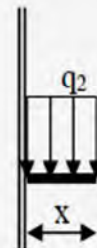
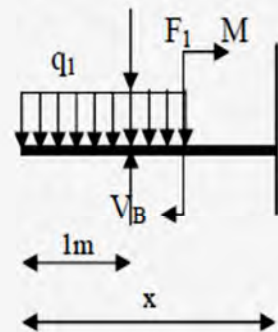
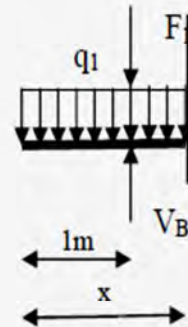
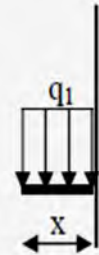
يمين $0 < x < 1 \text{ m}$

$$T(x) = 2x$$

- $T(0) = 0 \text{ KN}$
- $T(1) = 2 \text{ KN}$

$$M(x) = -x^2$$

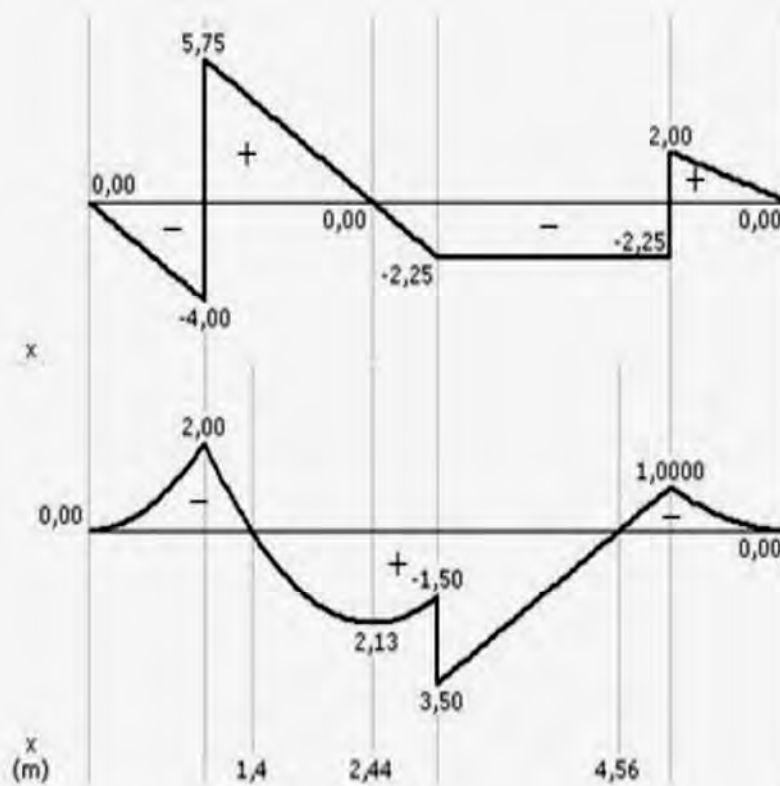
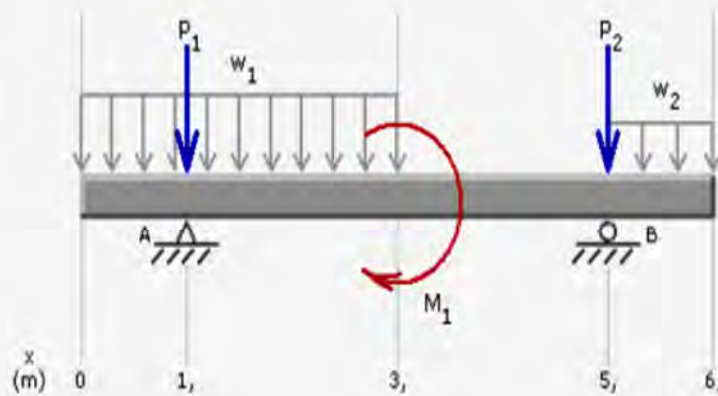
- $M(0) = 0$
- $M(4) = -1 \text{ KN.m}$

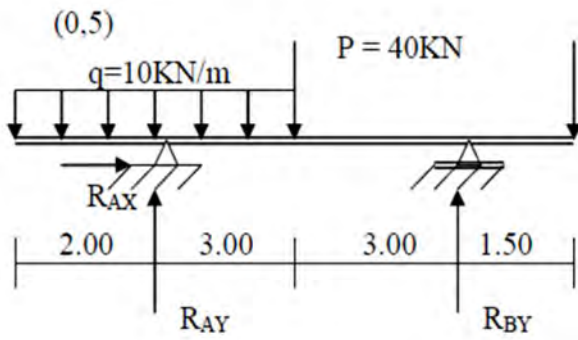


شرط المقاومة

$$\sigma \leq \bar{\sigma} \Rightarrow \frac{M_{\max} \times y_{\max}}{I_{x'x'}} \leq \bar{\sigma} \Rightarrow \frac{3.5 \times 10^3 \times 10^3 \times 200}{\frac{300 \times 400^3}{12}} = 0.4375 \text{ MPa} \leq 16 \text{ MPa}$$

مخطط



حل الشرح: المعادلات:

1- ردود الفعل:

$$\sum F_X = 0 \Rightarrow R_{AX} = 0$$

$$\sum F_Y = 0 \Rightarrow R_{AY} + R_B - 130 = 0$$

$$\sum M/A = 0 \Rightarrow 40 \times 3 + 40 \times 7.5 + 5 \times 10 \times 0.5 - 6R_{BY} = 0$$

$$R_{BY} = \frac{445}{6} = 74.17 \text{ kN}$$

$$\sum M/B = 0 \Rightarrow -40 \times 1.5 + 40 \times 3 + 5 \times 10 \times 5.5 - 6R_{AY} = 0$$

$$R_{AY} = \frac{335}{6} = 55.83 \text{ kN}$$

$$55.83 + 74.17 - 130 = 0 \quad \text{للتحقق: (1)}$$

$$0 = 0 \text{ محققة}$$

2- معادلات الجهود الداخلية

$$0 \leq x \leq 2$$

$$\sum F_X = 0 \Rightarrow N = 0$$

$$\sum F_Y = 0 \Rightarrow -10X - T = 0$$

$$T = -10x \begin{cases} T(0) = 0 \\ T(2) = -20 \text{ kN} \end{cases}$$

$$\sum M/C = 0 \Rightarrow -10x \frac{X}{2} - M_f = 0$$

$$M_f = -5x^2 \begin{cases} M_f(0) = 0 \\ M_f(2) = -20 \text{ kN.m} \end{cases}$$

$$M_f(1) = -5 \text{ kN.m : نقطة مساعدة}$$

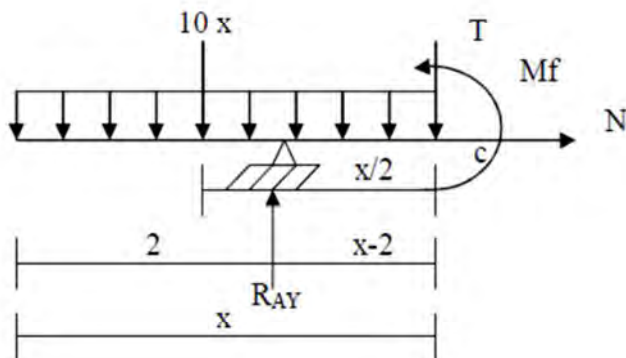
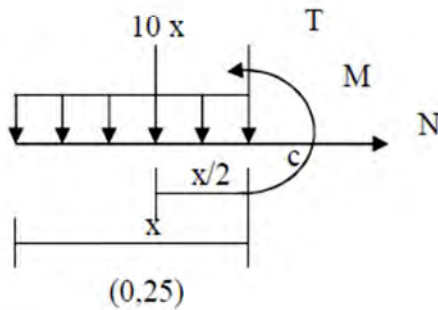
$$2 \leq x \leq 5$$

$$\sum F_X = 0 \Rightarrow N_X = 0$$

$$\sum F_Y = 0 \Rightarrow -10X + 55.83 - T = 0$$

$$T = -10X + 55.83 \begin{cases} T(2) = 35.83 \text{ kN} \\ T(5) = 5.83 \text{ kN} \end{cases}$$

$$\sum M/C = 0 \Rightarrow -10x \frac{X}{2} + 55.83(x-2) - M_f = 0$$



$$M_f = -5x^2 + 55,83(x-2) \begin{cases} M_f(2) = -20 \text{ KN.m} \\ M_f(5) = 42,49 \text{ KN.m} \end{cases}$$

نقاط مساعدة :

$$\begin{cases} M_f(3) = 10,83 \text{ KN.m} \\ M_f(4) = 31,66 \text{ KN.m} \end{cases}$$

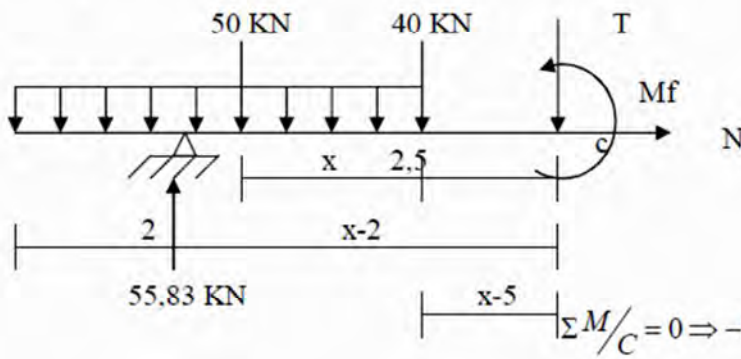
تقاطع M_f مع محور الفواصل :

$$M_f = -5x^2 + 55,83(x-2) = 0$$

$$= -5x^2 + 55,83x - 111,66 = 0$$

$$\Delta = 883,79 \Rightarrow \sqrt{\Delta} = 29,73 \text{ m}$$

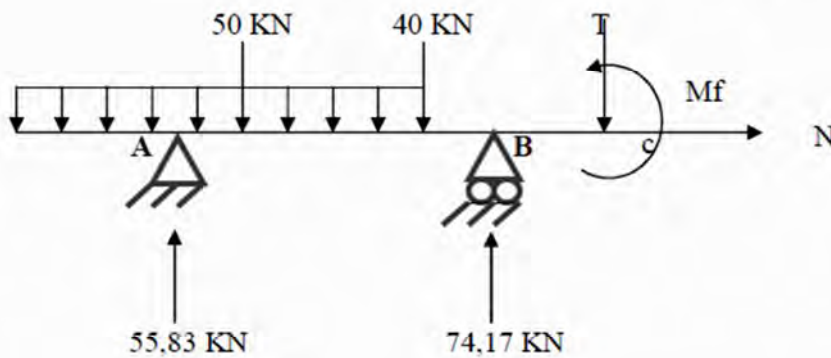
$$\begin{cases} x_1 = \frac{-55,83 - 29,73}{-10} = 8,56 \text{ m} \notin [2, 5] \\ x_2 = \frac{-55,83 + 29,73}{-10} = 2,61 \text{ m} \end{cases}$$



$$\begin{aligned} 5 \leq x \leq 8 \\ \Sigma F_X = 0 \Rightarrow N = 0 \\ \Sigma F_Y = 0 \Rightarrow 55,83 - 50 - 40 - T = 0 \end{aligned}$$

$$T = -34,17 \text{ KN}$$

$$M_f = -50(x-2,5) - 40(x-5) + 55,83(x-2)$$



$$\begin{cases} M_f(5) = 42,49 \text{ KN.m} \\ M_f(8) = -60 \text{ KN.m} \end{cases}$$

$$8 \leq x \leq 9,50$$

$$\Sigma F_X = 0 \Rightarrow N_x = 0$$

$$\Sigma F_Y = 0 \Rightarrow T = 40 \text{ KN}$$

$$\Sigma M/C = 0 \Rightarrow M_f = 55,83(x-2) - 50(x-2,5) - 40(x-5) + 74,17(x-8)$$

$$\begin{cases} M_f(8) = -60 \text{ KN.m} \\ M_f(9,50) = 0 \text{ KN.m} \end{cases}$$

3- المنحنيات T و M_f

السلح:

$$1m \leftarrow 1,5cm$$

$$10KN \leftarrow 1cm$$

$$10KN.m \leftarrow 1cm$$

$$T_{\max} = 40KN \quad -4$$

$$M_{f\max} = 60KN.m$$

5- شرط المقاومة:

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{f\max}}{W_X} \leq \bar{\sigma}$$

$$\Rightarrow W_X \geq \frac{M_{f\max}}{\bar{\sigma}} = \frac{60,10^4}{1600} = 375cm^3$$

$$IPE270 \Rightarrow W_X = 429cm^3$$

