

الباب السابع الجمالونات

7.1 - مقدمة :

الجمالونات هي منشآت تتكون من عدة قضبان مستقيمة متصلة بواسطة مفصلات عند نهايتها .

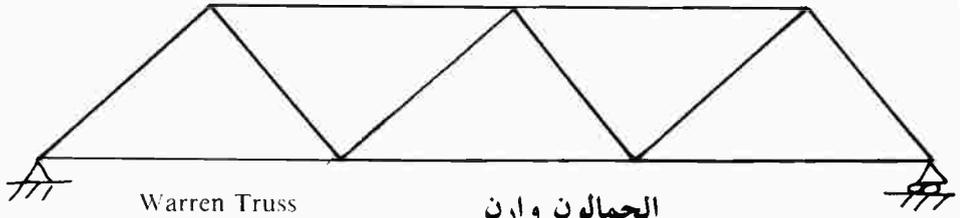
وتعتبر دراسة الجمالونات من التطبيقات الهامة لمادة الإستاتيكا سواء كانت تحليلية أو بيانية .

ومن المتعارف عليه أن قضبان الجمالون تلتقى عند نقاط ، وهذه النقاط (العقد) لا تتحمل عزم ، ولذلك فإنه يقال : إن تلك القضبان تلتقى عند نقط مفصلية أو مفصلات ، هذا ويفترض في الجمالونات أن أحمالها تكون فقط عند تلك المفصلات ، ولا يوجد أى حمل على القضيب مباشرة ، ولذلك فالأحمال المنقولة إلى الجمالونات مباشرة تكون أحمالاً مركزة .

ولكى تكون جميع المفصلات في حالة اتزان فإن محصلة القوى المؤثرة عليها يجب أن تمر بمركزها ، وإلا حدث دوران وبالتالي عزم عند تلك المفصلة .

7.11 - تعريف النظام المثلي :

حيث إن الجمالونات تتكون دائماً من قضبان بنهايتها مفصلات فإنها تكون مجموعة من المثلثات ويقال إن النظام مثلي شكل 7.1 .



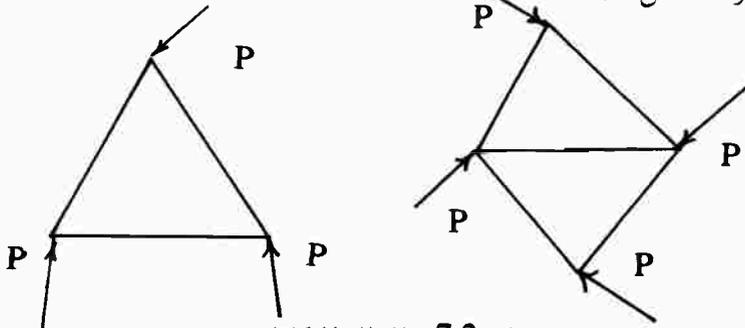
شكل 7,1 - النظام المثلي

الجمالون وارن

7.12 تعريف النظام المتكامل :

هو النظام الذي به الحد الأدنى من القضبان اللازمة لحفظ حالة الاستقرار والثبات .

للجمالون شكل 7,2

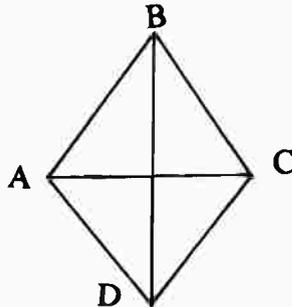


شكل 7,2 - النظام المتكامل

هذا ويلاحظ أن النظام المثلي يعتبر نظاماً متكاملًا .

7.13 تعريف النظام الزائد :

وهو النظام المتكامل مضافاً إليه قضيب واحد أو أكثر ، شكل 7.3 .

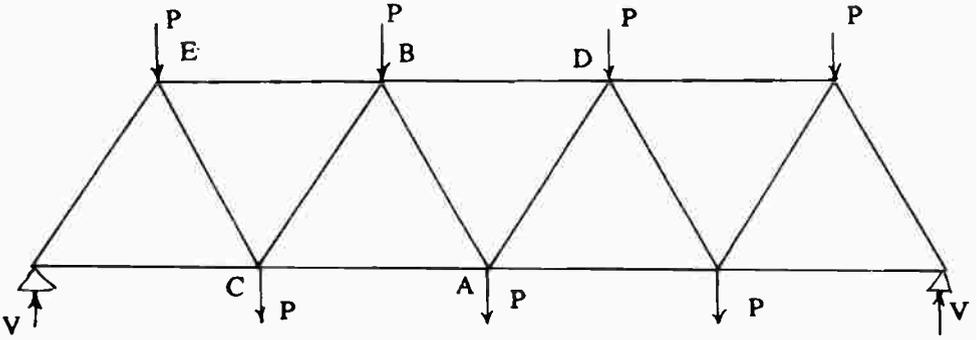


شكل 7.3 النظام الزائد

حيث المفصلات هي A , B , C , D فقط

7.2 اتزان قضيب منفرد :

حيث إن القوى الخارجية تؤثر فقط بالمفصلات فإن قضيب مثل AB شكل 7.4 ، لا يتعرض إلا إلى قوى محورية F_A ، F_B والتي تنتقل إليه عن طريق المفصلتين A ، B على الترتيب .



شكل 7.4

7.21 - الاتزان الخارجى لقضيب منفرد :

إذا درسنا القضيب AB بمفرده ، شكل 7,5 فنجده معرضاً لقوتين ذواتى قيمة واحدة واتجاه مختلف F_A ، F_B ، وهذا بالطبع حتى يكون القضيب AB فى حالة اتزان خارجى تحت تأثير هاتين القوتين .

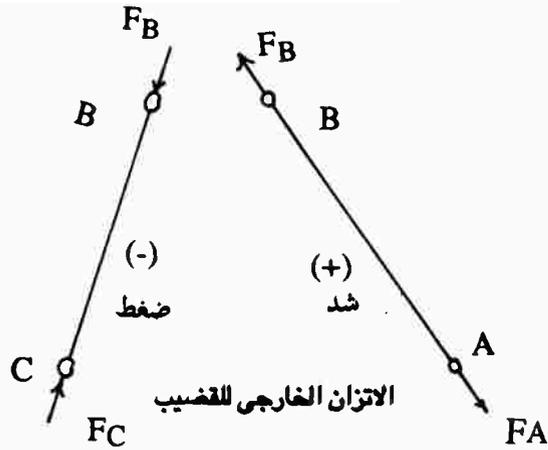
القضيب إذاً معرض لقوى محورية ،

والتي نعتبرها موجبة إذا كانت - كما الشكل

$$F_A = F_B \text{ . قوة شد .}$$

قضيب متزن تحت تأثير قوى الشد الخارجية

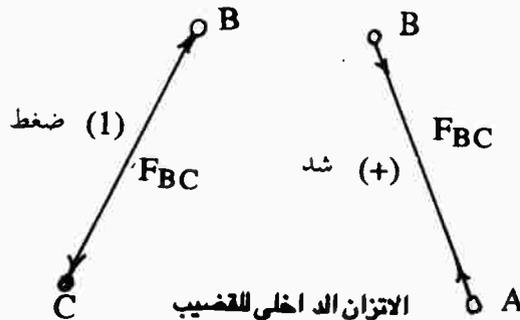
شكل 7,5



شكل 7,6

7,22 الاتزان الداخلى لقضيب منفرد :

القضيب AB له رد فعل بالنسبة للقوتين F_B ، F_A وهذا يتمثل في القوة المحورية الداخلية F_{AB} ، شكل 7,7، ويقال إن القضيب في حالة اتزان داخلى .



شكل - 7,7

ويلاحظ أن F_{AB} تضاد كل من F_A و F_B ويجب أن تساويهما، وذلك تبعاً لقانون نيوتن ، وأيضاً لكي نحصل على اتزان كل من المفصلتين A , B .

$$\therefore F_{AB} = F_A = F_B$$

والمعروف أن القوى الداخلية هي دائماً التي يراد إيجاد قيمتها ، ومن ثم فإننا عندما ندرس جمالون ، فإننا ندرس دائماً الاتزان الداخلي ، لإيجاد هذه القوى ، ومن الآن فصاعداً فإننا لن نتكلم إلا عن الاتزان الداخلي ، ولذلك فسوف نسميه الاتزان ، ويفهم أن المراد هو الاتزان الداخلي للقضبان .

7.3 الجمالونات المحددة والغير محددة إستاتيكياً :

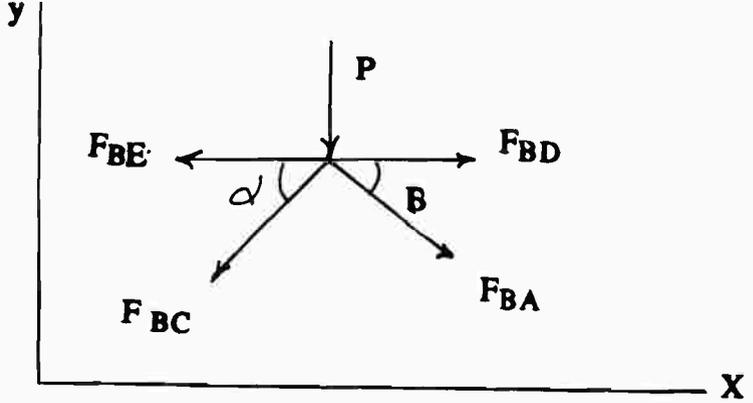
الجمالون يكون خارجياً محدداً إستاتيكياً إذا أمكن إيجاد ردود الأفعال بواسطة معادلات الاتزان فقط ، وفي حالة عدم إمكان ذلك يكون الجمالون غير محدد إستاتيكياً خارجياً ، ومن المعلوم أنه يمكننا دائماً كتابة معادلتين للاتزان - لا يوجد عزوم - عند كل مفصلة ، وذلك في الاتجاهين الأفقي والرأسي ، شكل 7.8 يمثل المفصلة B بالجمالون شكل 7.4 .

يلاحظ أننا افترضنا القوى بالقضبان شد (السهم خارج من B) فإذا ما كانت أحداها معلومة بأنها ضغط فنضعها بقيمة سالبة في المعادلة . وهذا الافتراض يقلل من الأخطاء .

$$\Sigma X = 0 \rightarrow F_{BD} - F_{BE} \cos \beta - (- F_{BC}) \cos \alpha = 0$$

في هذه المعادلة وضعت F_{BC} بين الاقواس سالبة حيث إننا نعلم من البند السابق بأنها ضغط على عكس الاتجاه المفترض بالرسم .

$$\Sigma Y = 0 \rightarrow - P - F_{BA} \sin \beta - (- F_{BC}) \sin \alpha = 0$$



شكل 7.8

في حالة وجود n مفصلة وعدد b قضيبي فإنه يمكننا الحصول على $(2n)$ معادلة لإيجاد القوى المحورية بالقضبان b ، ونلفت نظر القارئ إلى أن القوى الخارجية يمكن أن تكون رد فعل معلوم القيمة، وذلك عند مختلف الركائز، وبناء على ذلك فإن هناك ثلاث معادلات - معادلات الاتزان الثلاث - استعملت لإيجاد ردود الأفعال فيكون عدد المعادلات المتبقية $(2n - 3)$.

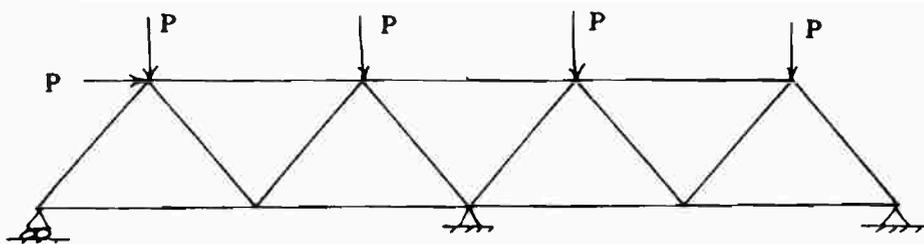
يمكننا الآن دراسة ثلاث حالات :

(أ) $(2n - 3) > b$ ويكون الجمالون غير مستقر (حالة يجب ألا تحدث) .

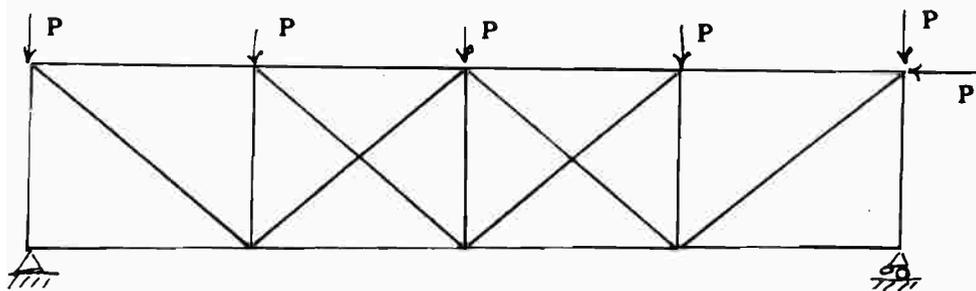
(ب) $(2n - 3) = b$ ويقال : إن الجمالون محدد إستاتيكياً داخلياً .

(ج) $(2n - 3) < b$ ويقال : إن الجمالون غير محدد إستاتيكياً داخلياً (شكل 7.8 ب) .

في هذا الفصل سوف ندرس فقط الجمالونات المحددة إستاتيكياً .



(أ) جمالون غير محدد إستاتيكيًا خارجيًا (عدد ردود الأفعال يزيد عن معادلات الاتزان) ولكنه محدد إستاتيكيًا داخليًا.

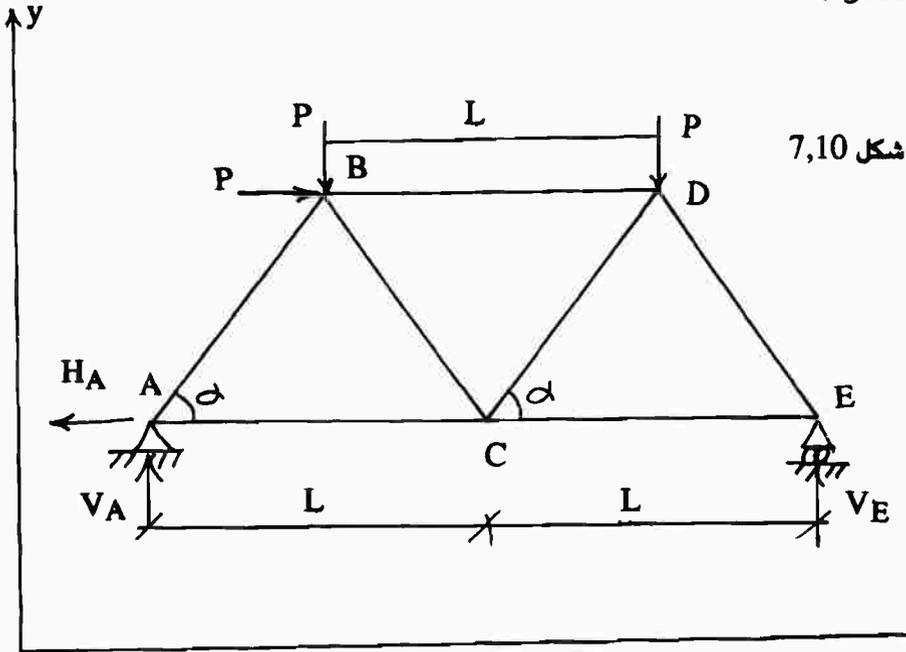


(ب) جمالون محدد إستاتيكيًا خارجيًا، وغير محدد إستاتيكيًا داخليًا.

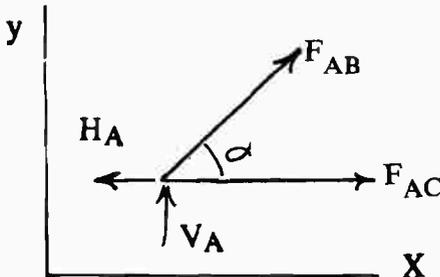
7.4 حساب القوى الداخلية بالقضبان :

7.41 طريقة اتزان المفصلات :

لتوضيح هذه الطريقة دعنا ندرس الجمالون المين بالشكل 7.10 . لكل مفصلة يمكننا - كما أسلفنا - كتابة معادلتين للاتزان في الاتجاهين الأفقي والرأسي، وذلك بعد إيجاد ردود الأفعال .



باعتبار ردود الأفعال معروفة يمكننا الآن دراسة المفصلة A، شكل 7.11 .



$$\Sigma X = 0 \rightarrow F_{AC} + F_{AB} \cos \alpha - H_A = 0 \quad (1)$$

$$\Sigma Y = 0 \rightarrow V_A + F_{AB} \sin \alpha = 0 \quad (2)$$

من هاتين المعادلتين يمكننا إيجاد القوى في القضيبين AB ، وكذلك AC أى F_{AB} و F_{AC} بإشارات سالبة فهذا يعنى أن الاتجاه المفترض خطأ ويجب أن يعكس .

بعد معرفة مختلف القوى لدى المفصلة A - F_{AC} , F_{AB} - نواصل دراسة بقية المفصلات ولتكن المفصلة التالية B مثلاً ، وذلك حتى تستكمل القوى بكل القضبان .

ملاحظة هامة :

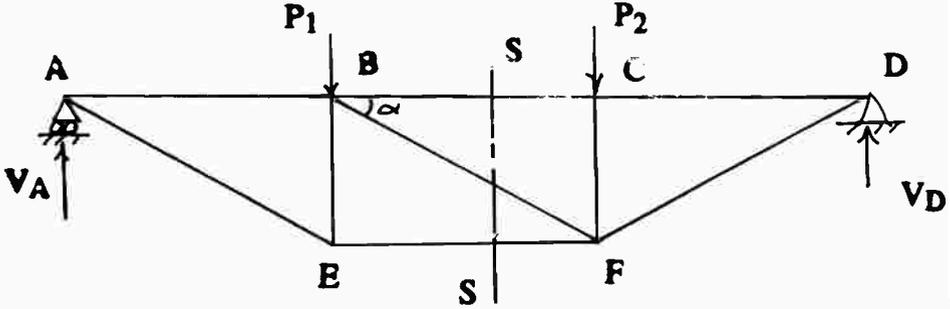
المفصلة التى تدرس يجب أن يكون بها قضبان مجهولان على الأكثر حيث إنه يوجد معادلتان فقط للاتزان لدى كل مفصلة ، ومن ثم فإن فى المثال السابق بعد دراسة المفصلة A فإننا نتحول لدراسة B وليس C . أما بعد دراسة B فيمكننا التحول لدراسة C وهكذا حتى النهاية .

وكما سبق ذكره فإن عدد المعادلات الكلى الممكن الحصول عليه هو :

$$(2n - 3)$$

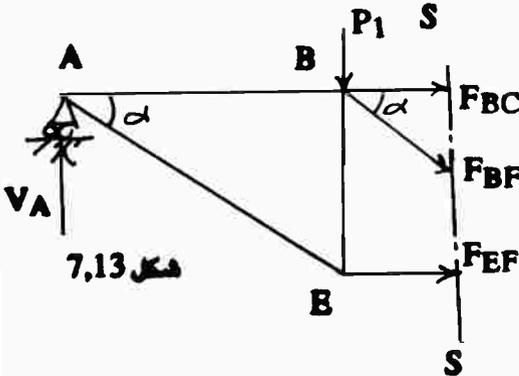
حيث n هو عدد المفصلات ، وبالتالي فإن عدد القضبان b يجب أن يكون مساوياً $(2n - 3)$ لكى تحل المسألة بهذه الطريقة .

لندرس الجمالون بالشكل 7.12



شكل 7,12

لابد للجمالون أن يكون متزناً تحت تأثير مجموعة من القوى (فعل ورد الفعل) ولتكن التي بالشكل 7.12. لندرس مقطعاً مثل S-S والذي يقسم الجمالون إلى جزئين - ليس بالضرورة متساويين - ونختار دراسة الجزء الأيسر شكل 7.13.



شكل 7,13

القوى التي تنقل بواسطة القضبان من الناحية اليسرى إلى الناحية اليمنى هي :

$$F_{EF}, F_{BF}, F_{BC}$$

وللجزء الأيسر بالشكل يمكننا كتابة معادلات الاتزان الثلاث :

$$\Sigma X = 0, \Sigma Y = 0, \Sigma M = 0$$

بواسطة هذه المعادلات يمكن إيجاد القوى الداخلية بالقضبان الثلاثة EF , BF , BC .

من هذا نستنتج أن المقطع S-S يجب أن يقطع على الأكثر ثلاثة قضبان مجهولة القوى، فإذا كان العدد المقطوع أكثر من ذلك فيجب أن يكون عدد القضبان الزائد عن ثلاثة - وهو عدد المعادلات - معروف القوى مسبقاً بأي طريقة أخرى .

ويلاحظ أننا افترضنا القضبان في حالة شد (هذا الغرض يسهل دائماً الحل) فإذا وجدت النتيجة موجبة فهذا يعني أن الفرض سليم وإلا فيعكس السهم .

$$\Sigma M_B = 0 \rightarrow V_A (\overline{AB}) - F_{EF} (\overline{EB}) = 0$$

$$F_{EF} = \frac{\overline{AB}}{\overline{EB}} V_A = V_A \tan \alpha$$

$$\Sigma Y = 0 \rightarrow V_A - P_1 - F_{BF} \sin \alpha = 0$$

$$F_{BF} = \frac{1}{\sin \alpha} (V_A - P_1)$$

$$\Sigma X = 0 \rightarrow F_{BC} + F_{BF} \cos \alpha + F_{EF} = 0$$

$$\begin{aligned} F_{BC} &= \frac{1}{\sin \alpha} (P_1 - V_A \cos \alpha) - V_A \tan \alpha \\ &= P_1 \cos \alpha - V_A \left(\frac{1}{\cos \sin \alpha} \right) \end{aligned}$$

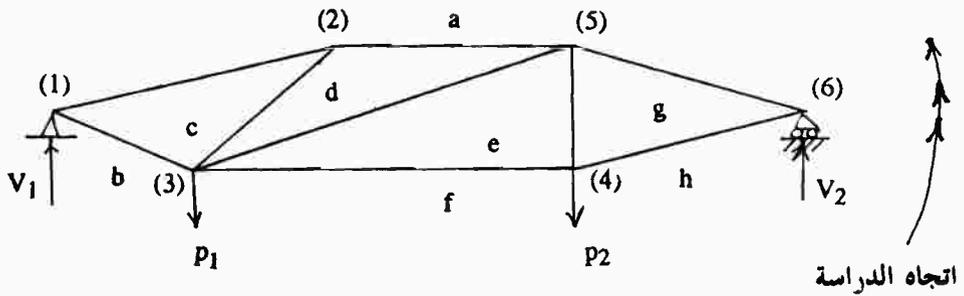
وهكذا يمكننا أن نجد القوى في جميع القضبان بمنى القطاعات

المناسبة .

7.43 طريقة بيانية :

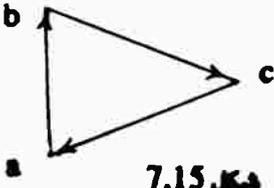
الطريقة البيانية تطبق للجمالونات المحددة إستاتيكياً داخلياً وخارجياً، وكالعادة فإننا نبدأ بإيجاد ردود الأفعال، ويمكن إيجادها حسابياً أو بيانياً كما تقدم في الفصلين الثالث والرابع .

نشرع بعد ذلك في تقسيم المناطق وتسميتها، والمنطقة هي مساحة تحدد بواسطة خط عمل قوى (أو امتداده) أو بقضيب أو برد فعل، وذلك كما يتضح بالشكل 7.14 .



شكل 7,14 الطريقة البيانية وتقسيم المناطق

تلخص الطريقة في دراسة اتزان كل مفصلة على حدة، وذلك برسم مضع القوى التي تؤثر على تلك المفصلة على أن تكون الدراسة في اتجاه مضاد لعقارب الساعة حول كل مفصلة . ولندرس على سبيل المثال المفصلة (1)، فيكون اتجاه الدراسة هو : \vec{acba}



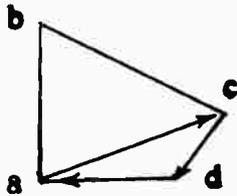
شكل 7.15

- من a إلى b : نرسم رد الفعل V_1 .
 من b إلى c : نرسم اتجاهها موازيا للقضيب (1) - (3)
 من c إلى a : نرسم اتجاه موازي للقضيب (1) - (2)

الشكل 7.15 يوضح مضع القوى للمفصلة (1) .

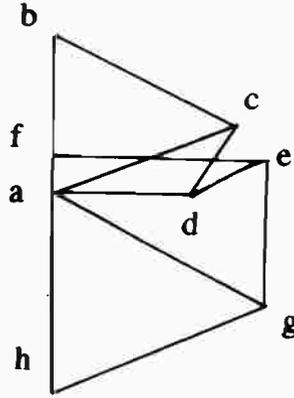
ومنه يتضح أن النقطة C حددت بواسطة تقاطع الموازي للقضيب (1) - (3) مع الموازي للقضيب (1) - (2) .

المضع يوضح اتجاه كل قوة وكذلك قيمتها حيث يمكن قياسها مباشرة (يجب أخذ مقياس الرسم في الاعتبار) ، وحيث أننا عرفنا اتجاه كل قوة فإننا بعد ذلك - لمعرفة نوع القوة شد أم ضغط - ندرس مرة أخرى المفصلة في اتجاه مضاد لعقارب الساعة فنلاحظ أن القوة \vec{bc} تشد المفصلة (1) ومن ثم فالقضيب (1) - (3) مشدود وبالمقابل \vec{ac} يضغط المفصلة (1) فيكون القضيب (1) - (2) مضغوطاً . والمعلوم أن مضع القوى لكل مفصلة يجب أن يكون مقلداً ، وذلك لأن المفصلات في حالة اتزان ، وللحصول على هذا المضع المقفل لكل مفصلة فلا بد أن يكون هناك قضبان مجهولان على الأكثر كما هو الحال بشأن المفصلة التي درسناها (1) - (2) ، (1) - (3) هما القضيبين المجهولين . المفصلات الأخرى يمكن دراستها بنفس الطريقة ، وتستكمل على نفس مضع القوى للمفصلة (1) نحصل على مضع قوى واحد لكل الجمالون ، وهو الموضح بشكل 7.17 في حين يوضح الشكل 7.16 مضع القوى للمفصلتين (1) + (2) وهو مضع قوى مرحلي .



مضع القوى للمفصلتين (1) + (2)

شكل 7.16



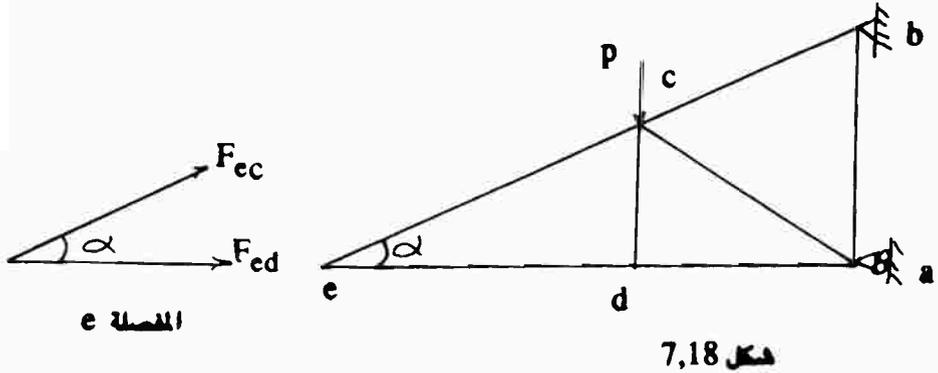
مضلع القوى النهائي

شكل 7,17

قيمة القوة ونوعها	الاتجاه	القوى	الناطق	المفصلة
شد (..... +) ضغط (..... -)	تشدد 1 تضيقت 1	ab رد فعل 3-1//bc 2-1//ca	abca	1
شد (..... +) ضغط (..... -)	تشدد 2 تضيقت 2	1-2 // ac 3 - 2 // cd 5 - 2 // da	acda	2
شد (..... +) ضغط (..... -)	تشدد 3 تضيقت 3	2 - 3// dc 1 - 3 // cb p ₁ = bf 4 - 3 // fe 5 - 3 // ed	dcbfed	3
شد (..... +) ضغط (..... -)	تشدد 4 تضيقت 4	3 - 4 // fh 6 - 4 // hg 5 - 4 // ge	efhge	4
ضغط (..... -)	تضيقت 5	2 - 5 // ad 3 - 5 // de 4 - 5 // eg 6 - 5 // ge	adegea	5

7.5 القضبان ذات القوى صفر :

لندرس المفصلة e بالجمالون شكل 7.18 .



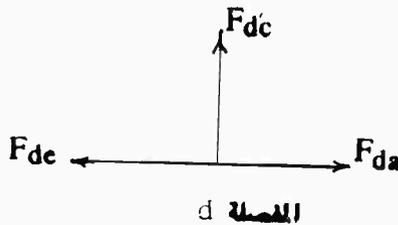
$$\Sigma y = 0 \rightarrow F_{ec} \sin \alpha = 0 \rightarrow = 0$$

$$\Sigma x = 0 \rightarrow F_{ed} + F_{ec} \cos \alpha = 0 \rightarrow F_{ed} = 0$$

وبدراسة المفصلة d نجد :

$$\Sigma y = 0 \rightarrow F_{dc} = 0$$

$$\Sigma x = 0 \rightarrow F_{da} = F_{de}$$

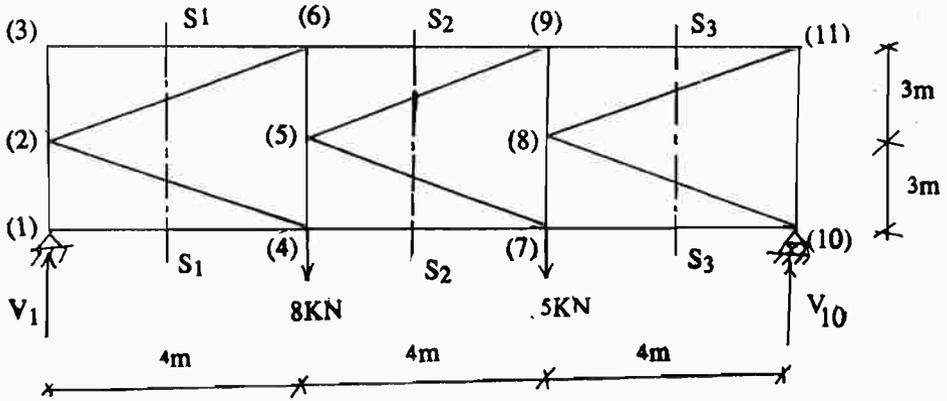


ويمكننا من تلك الدراسة استخلاص القاعدتين التاليتين :

- ١ - إذا تقاطع قضيبان في مفصلة ما (مثل المفصلة e) وفي غياب قوى خارجية ، تكون القوى الداخلية بهذين القضيبين صفراً .
- ٢ - إذا كان هناك ثلاثة قضبان تتقاطع بمفصلة واحدة مثل d ، اثنان منهما لهما نفس خط العمل وفي غياب قوى خارجية ، فإن القوى بهذين القضيبين تكون متساوية والقضيب الثالث يكون ذو قوة صفر .

7.6 تطبيقات :

- ١ - أوجد القوى الداخلية بقضبان الجمالون بالشكل التالى :



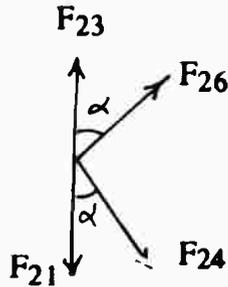
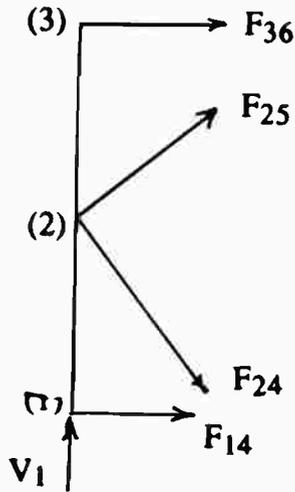
الحل :

الجمالون أعلاه يسمى الجمالون K

ردود الأفعال :

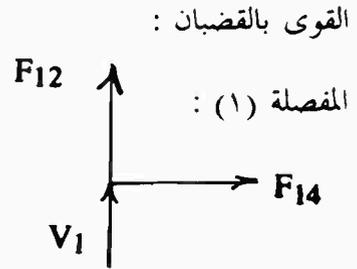
$$\Sigma M_{10} = 0 \rightarrow V_1 = \frac{8 \times 8 + 5 \times 4}{12} = 7 \text{ KN } \uparrow$$

$$\Sigma M_1 = 0 \rightarrow V_{10} = \frac{8 \times 4 + 5 \times 8}{12} = 6 \text{ KN } \uparrow$$



المفصلة (2)

$$\begin{aligned} \sin \alpha &= 4/5 \\ \cos \alpha &= 3/5 \\ S_1 - S_1' \end{aligned}$$



المفصلة (1)

المفصلة (1)

$$\Sigma X = 0 \rightarrow F_{14} = 0$$

$$\Sigma Y = 0 \rightarrow V_1 + F_{12} = 0 \rightarrow F_{12} = -7 \text{ KN}$$

$$\Sigma X = 0 \rightarrow F_{26} \sin \alpha + F_{24} \sin \alpha = 0 \quad \text{(2) المفصلة}$$

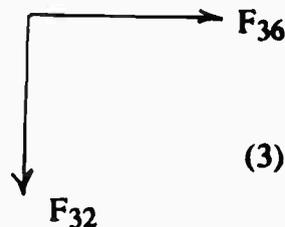
$$F_{26} = -F_{24} \dots \dots \dots (1)$$

لندرس الآن الجزء على يسار المقطع $S_1 - S_1'$ كما بالشكل أعلاه :

من المعادلتين (1) و (2) نجد أن :

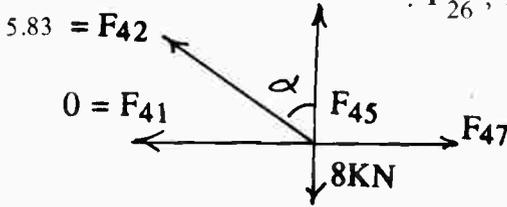
$$\Sigma X = 0 \rightarrow F_{36} = 0$$

$$\Sigma Y = 0 \rightarrow F_{32} = 0$$



المفصلة (3)

ويمكننا أن نستمر بنفس الأسلوب لإيجاد القوى الداخلية حيث يمكن إيجاد جميع القوى بالقضبان السفلى والعليا، وكذلك الرأسية عن طريق دراسة المفاصل . أما القضبان المائلة فيمكننا إيجاد القوى بها بواسطة المقاطع $S_3 - S_3$ ، $S_2 - S_2$ ، $S_1 - S_1$ وذلك مثلما فعلنا في F_{26} ، F_{24} .



المفصلة (4) :

$$\sum X = 0 \rightarrow F_{47} - F_{42} \sin \alpha = 0$$

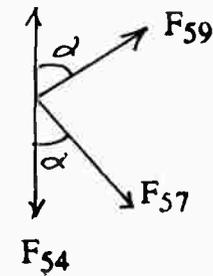
$$F_{47} = 5.83 \left(\frac{4}{5} \right) = 4.67 \text{ KN}$$

$$\sum Y = 0 \rightarrow F_{45} + F_{42} \cos \alpha - 8 = 0$$

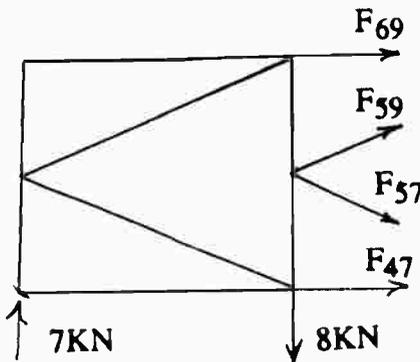
$$F_{45} = -5.83 \left(\frac{3}{5} \right) + 8 = 4.5 \text{ KN}$$

$$\sum X = 0 \rightarrow F_{57} = -F_{59} \dots\dots\dots (3)$$

المفصلة (5) :



المقطع $S_2 - S_2$ (الجزء الأيسر) :



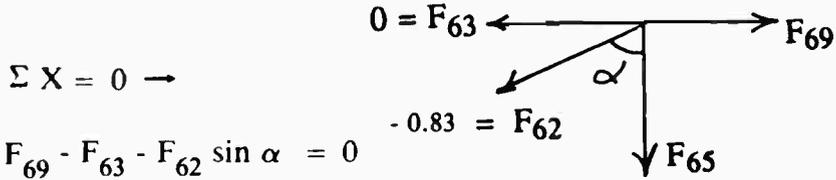
$$\Sigma Y = 0 \rightarrow 7 - 8 + F_{59} \cos \alpha - F_{57} \cos \alpha = 0$$

$$\therefore -1 + F_{59} \left(\frac{3}{5}\right) - F_{57} \left(\frac{3}{5}\right) = 0 \dots\dots\dots (4)$$

من المعادلتين (3) و (4) أعلاه نجد أن :

$$F_{59} = 0.83 \text{ KN} \quad , \quad F_{57} = -0.83 \text{ KN}$$

المفصلة (6) :



$$\Sigma X = 0 \rightarrow$$

$$F_{69} - F_{63} - F_{62} \sin \alpha = 0$$

$$\therefore F_{69} = -5.83 \left(\frac{4}{5}\right) = -4.67 \text{ KN}$$

المفصلة (1)

$$\Sigma Y = 0 \rightarrow F_{65} + F_{62} \cos \alpha = 0$$

$$\therefore F_{65} = 5.83 \left(\frac{3}{5}\right) = 3.5 \text{ KN}$$

تحقيق لما سبق :

بما أن المفصلة (5) يجب كذلك أن تكون متزنة في الاتجاه الأفقى وكذلك

$$\Sigma X = 3.5 - 4.5 + 0.83 \left(\frac{3}{5}\right) - (-0.83) \left(\frac{3}{5}\right) = 0 \quad \text{الرأسى :}$$

$$\Sigma X = 0 \rightarrow$$

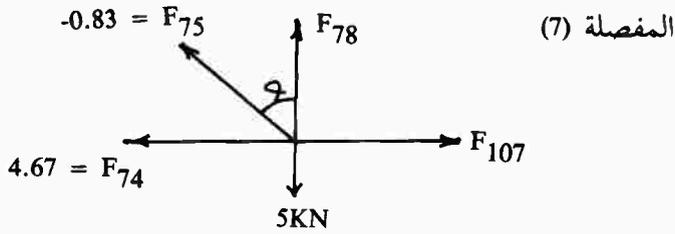
$$F_{107} - F_{74} - F_{75} \sin \alpha = 0$$

المفصلة (7) :

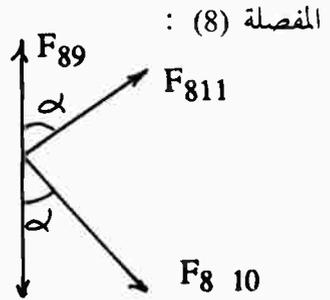
$$\therefore F_{107} = 4.67 - 0.83 \left(\frac{4}{5}\right) = 4 \text{ KN}$$

$$\Sigma Y = 0 \rightarrow F_{78} - 5 + F_{75} \cos \alpha = 0$$

$$\therefore F_{78} = 5 - (-0.83) \left(\frac{3}{5}\right) = 5.5 \text{ KN}$$



$$\sum X = 0 \rightarrow -F_{811} = -F_{810} \dots\dots (5)$$



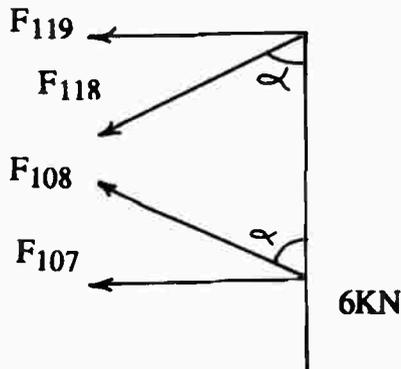
$$F_{87} = 5,5 \text{ KN}$$

المقطع $S_3 - S_3$ (الجزء الأيمن) :

$$\sum Y = 0 \rightarrow 6 + F_{108} \cos \alpha - F_{118} \cos \alpha = 0 \dots\dots (6)$$

من المعادلتين (5) , (6) نجد :

$$F_{810} = -5 \text{ KN} , F_{811} = 5 \text{ KN}$$

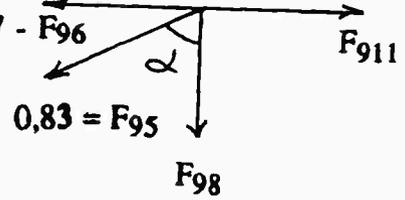


$$\sum X = 0 \rightarrow F_{911} - F_{96} - F_{95} \sin \alpha = 0$$

$$F_{911} = -(-4,67) - 0,83 \left(\frac{4}{5} \right) = 0$$

$$\sum Y = 0 \rightarrow F_{98} + F_{95} \cos \alpha = 0$$

$$F_{98} + 0,83 \left(\frac{3}{5} \right) = 0 \rightarrow F_{98} = -0,5 \text{ KN}$$

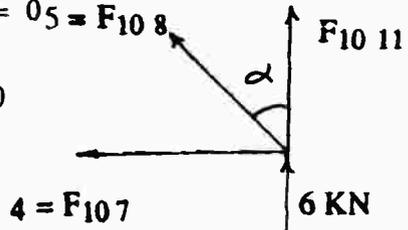


: المفصلة (9)

$$\sum Y = 0 \rightarrow F_{1011} + F_{108} \cos \alpha = 0,5 = F_{108}$$

$$F_{1011} + 6 + (-5) \left(\frac{3}{5} \right) = 0$$

$$\therefore F_{1011} = -3 \text{ KN}$$



: المفصلة (10)

تحقيق صحة النتائج :

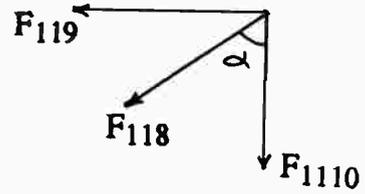
بدراسة المفصلة (11) نجد :

$$\Sigma X = F_{119} + F_{118} \sin \alpha$$

$$= -4 + 5 \left(\frac{4}{5} \right) = 0$$

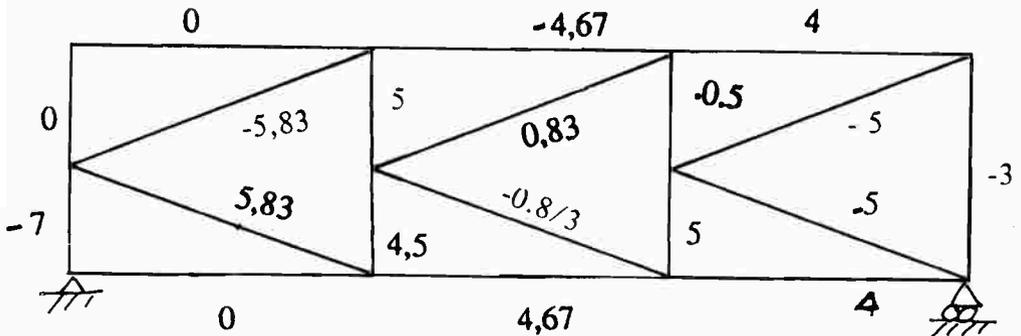
$$\Sigma Y = F_{1110} + F_{118} \cos \alpha$$

$$= -3 + 5 \left(\frac{3}{5} \right) = 0$$

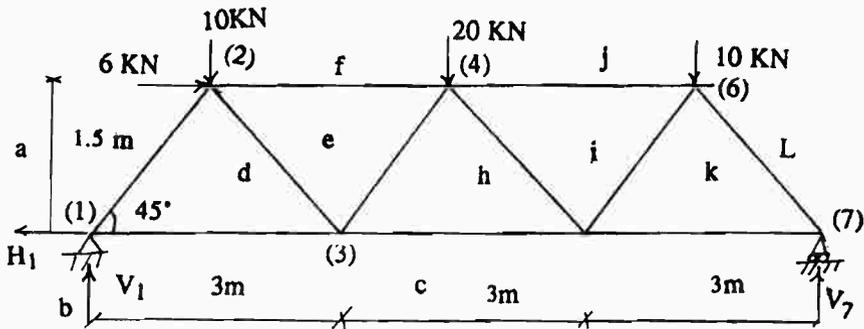


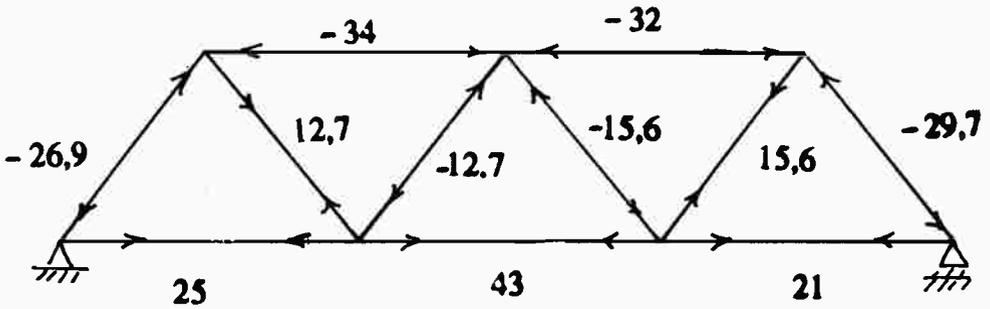
وهو المطلوب لتحقيق الأتزان .

النتائج السابقة مسجلة على الجداول أسفله باعتبار أن - ضغط ، + شد .



2 - للجمالون (وارين) بالشكل التالي والمعرض للأحمال المبينة ، أوجد بطريقة بيانية القوى بجميع القضبان ، حقق النتائج تحليلياً للقضبان 12 ، 24 ، 34 ، 35 ، 57 .





تحقيق للقضبان 12 ، 24 ، 34 ، 35 ، 57 .

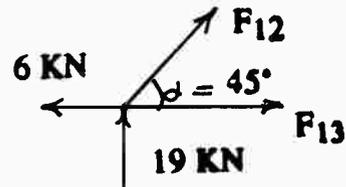
$$\Sigma Y = 0 \rightarrow 19 + F_{12} \frac{1}{\sqrt{2}} = 0$$

المفصلة (1) :

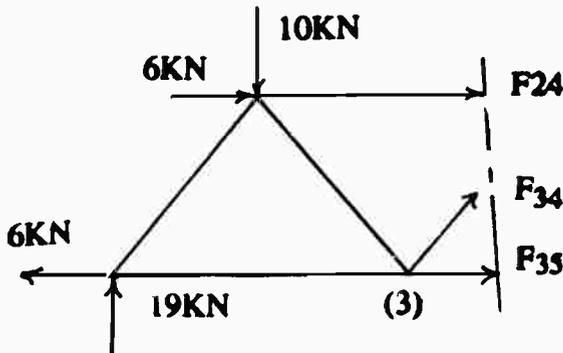
$$F_{12} = -19 \sqrt{2}$$

$$\Sigma X = 0 \rightarrow F_{13} - 6 + F_{12} \frac{1}{\sqrt{2}} = 0$$

$$F_{13} = 25$$



القطاع $S_1 - S_1$ وهو يمر بالقضبان 24 ، 34 ، 35 .



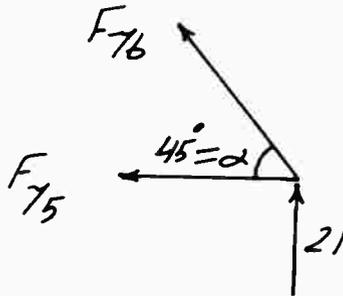
$$\sum X = 0 \rightarrow F_{24} + F_{35} + F_{34} \frac{1}{\sqrt{2}} + 6 - 6 = 0$$

$$F_{35} = \frac{9}{\sqrt{2}} - 2 + 34 = 43 \text{ KN}$$

$$F_{76} = 21 \sqrt{2} = -29.7 \text{ KN}$$

$$\sum X = 0 \rightarrow F_{75} + \frac{F_{75}}{\sqrt{2}} = 0 \rightarrow F_{75} = 21 \text{ KN}$$

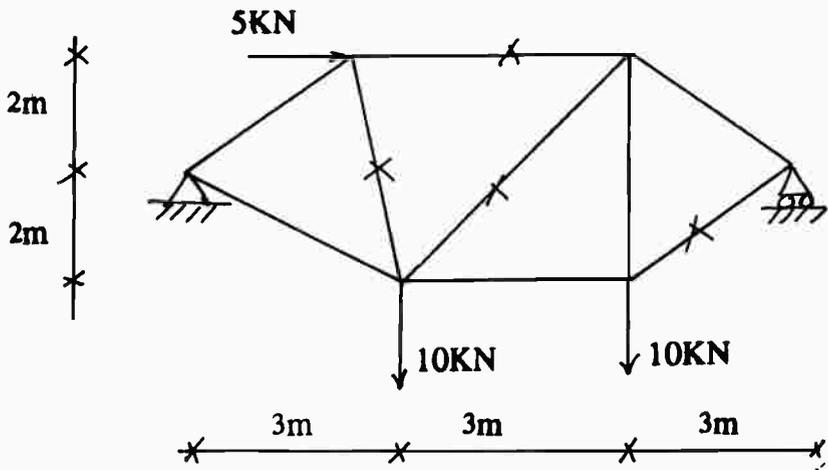
المفصلة (7) :

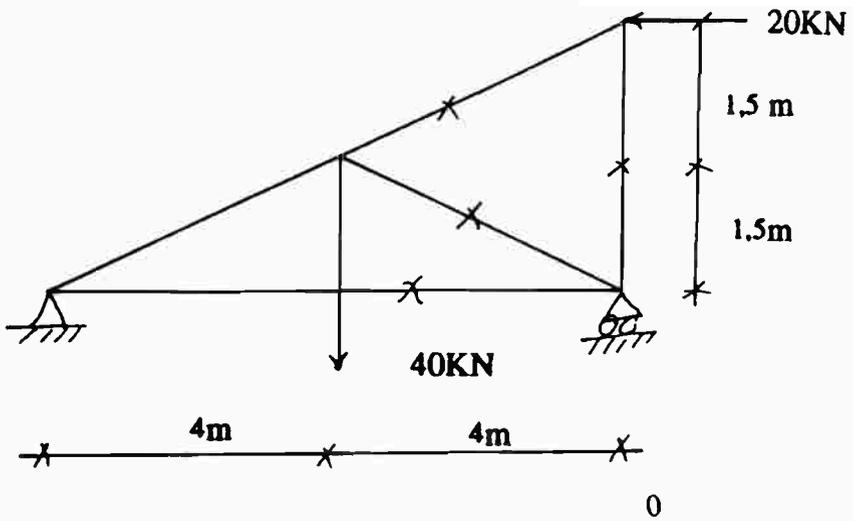


ووضح أن النتائج تحقق الحل البياني .

7.7 تمارين :

أوجد القوى بقضبان الجمالونات التالية بطريقة بيانية ثم حقق الحسابات للقضبان ذات العلامة X بطريقة حسابية :





0

