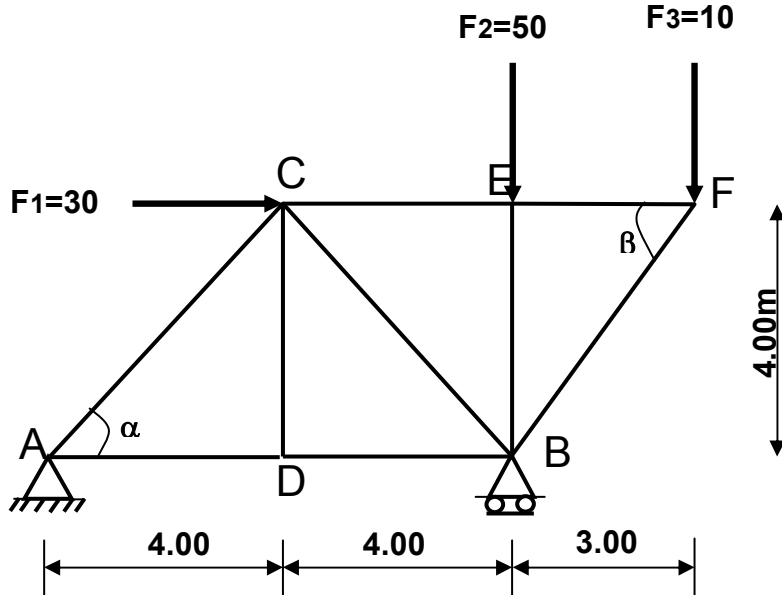


تمارين حول الأنظمة المثلثية

المجال : ميكانيك

الوحدة الاولى : الانظمة المثلثية



التمرين الاول :

يعطى الشكل الميكانيكي لجملة مثلثية في الشكل

حيث ترتكز على مسندين :

المسند A : مسند مضاعف (مزدوج)

المسند B : مسند بسيط .

$$\cos \beta = 0.6 \quad ; \quad \sin \beta = 0.8$$

$$\cos \alpha = \sin \alpha = 0.707$$

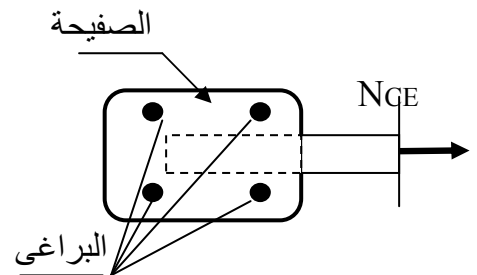
1- برهن ان النظام محدد سكونيا.

2- أحسب ردود الأفعال عند المسندين A و B.

3- أحسب الجهود الداخلية في القضبان و بين طبيعتها إعتقادا على الطريقة التحليلية. دون النتائج في جدول.

4- إذا علمت ان القضيب الأكثر تحميلا هو القضيب (EB) حيث : $NEB = 50 \text{ KN}$ ، و قضبان الجملة المثلثية هي دعامة مزدوجة و الإجهادالمسموح $\bar{\sigma} = 1600 \text{ daN} / \text{cm}^2$. - إستخرج من الجدول المرفق المجنب المناسب الذي يحقق المقاومة.5- يثبت القضيب (CE) مع بقية القضبان بصفحة بواسطة أربع (04) براغي (الشكل (2)) ، و الجهد الداخلي للقضيب هو $NCE = 7.5 \text{ KN}$ ، إذاعلمت ان إجهاد القص المسموح به هو $\bar{\tau} = 100 \text{ daN} / \text{cm}^2$. - احسب القطر الأدنى للبراغي الذي يحقق المقاومة.

رقم المجنب	المقطع cm^2	الكتلة kg/cm^2	الأبعاد (mm)		
			b = h	t	$Y_s = Z_s$
25x3	1.42	1.11	25	3	7.21
30x3	1.74	1.36	30	3	8.35
30x4	2.27	1.78	30	4	8.78
35x4	2.67	2.09	35	4	10.00
40x4	3.08	2.42	40	4	11.20
40x5	3.79	2.97	40	5	11.60



التمرين الثاني :

يعطى الشكل الميكانيكي لجملة مثلثية في الشكل (1) حيث ترتكز على مسندين :

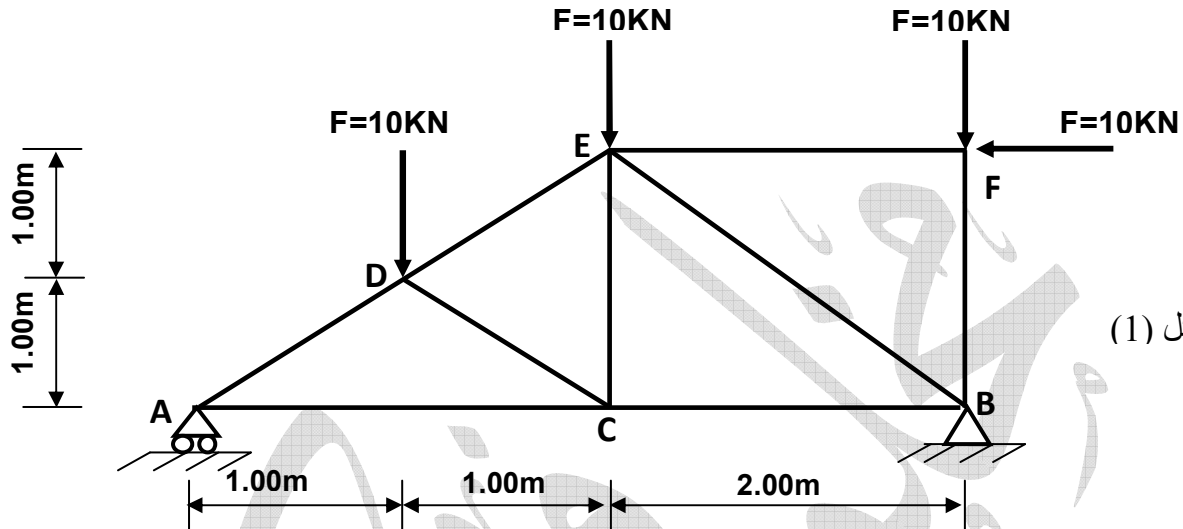
المسند A : مسند بسيط ، المسند B : مسند مضاعف (مزدوج).

1- برهن ان النظام محدد سكونيا و أحسب ردود الأفعال عند المسندين A و B.

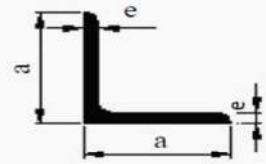
2- أحسب الجهود الداخلية في القضبان و بين طبيعتها إعتقادا على الطريقة التحليلية ، دون النتائج في جدول.

3- تحقق من مقاومة القضيب الأكثر تحملا حيث القضبان كلها مجنبتات زاوية مضاعفة من نوع (50x50x5) و

$$\bar{\sigma} = 1600 \text{ daN / cm}^2$$



المجنبت L	الأبعاد		المقطع (cm ²)
	a (mm)	e (mm)	
(20x20x3)	20	3	1.12
(25x25x3)	25	3	1.42
(30x30x3)	30	3	1.74
(40x40x4)	40	4	3.08
(50x50x5)	50	5	4.80
(60x60x6)	60	6	6.91



الجدول المرفق

التمرين الثالث :

يعطى الشكل الميكانيكي المحدد سكونيا لجملة مثلثية في الشكل (1) حيث ترتكز على مسندين :

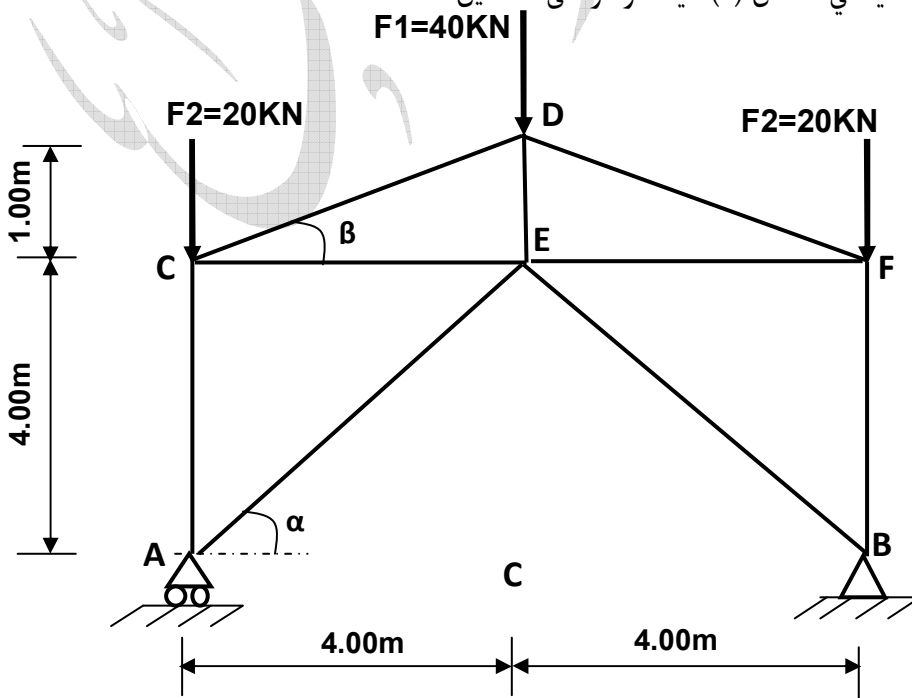
المسند A : مسند بسيط ،

المسند B : مسند مضاعف (مزدوج).

$$\cos \alpha = \sin \alpha = 0.707$$

$$\cos \beta = 0.970$$

$$\sin \beta = 0.2425$$

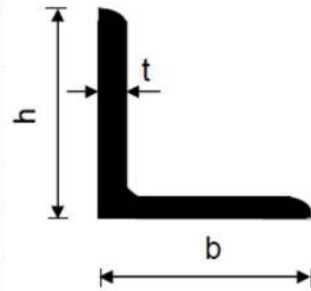


الشكل (1)

المطلوب :

- 1- أحسب ردود الأفعال عند المسندين A و B.
- 2- أحسب الجهود الداخلية في القضبان و بين طبيعتها اعتمادا على الطريقة التحليلية ، دون النتائج في جدول.
- 3- قضبان الجملة المثلثية هي مجنح زاوي مضاعف من نوع L(35x4) ، تحقق من مقاومة القضبان حيث $N_{max}=N_{CD}=82.46KN$ و الإجهاد المسموح به هو $\bar{\sigma} = 1600daN / cm^2$.
- 4- احسب تقلص القضيب CD يعطى معامل المرونة الطولي $E = 2 \cdot 10^6 daN / cm^2$.

رقم المجنب	المقطع cm ²	الكتلة kg/cm ²	الأبعاد (mm)		
			b = h	t	Ys = zs
25x3	1.42	1.11	25	3	7.21
30x3	1.74	1.36	30	3	8.35
30x4	2.27	1.78	30	4	8.78
35x4	2.67	2.09	35	4	10.00
40x4	3.08	2.42	40	4	11.20
40x5	3.79	2.97	40	5	11.60

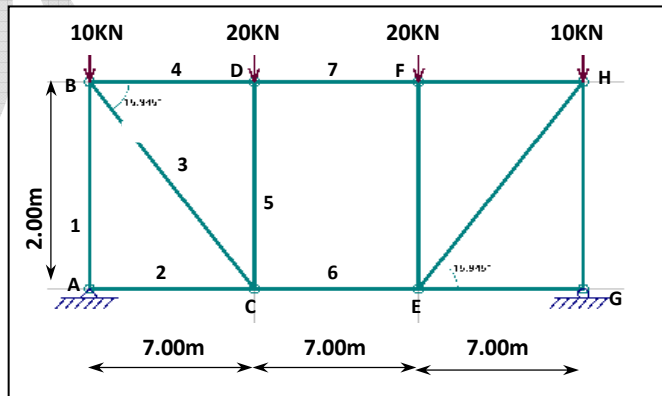


صفحة 5 من 7

التمرين الرابع :

- بغية تحديد المجنب المناسب للهيكل الحامل لسقف تغطية قاعة الرياضة إقترح المهندس الهيكل الموضح في الشكل :
- 1- هل النظام محدد سكونيا؟ إذا كانت الإجابة بالنفي ماذا تقترح ؟
 - 2- أعد رسم الشكل موضعا الحل الذي اقترحتة. و أحسب ردود الأفعال في المسندين A و G.
 - 3- أحسب الجهود الداخلية في القضبان باستعمال طريقة عزل العقد ، و دون النتائج في جدول.
 - 4- أحسب مساحة المقطع العرضي للقضيب BC ، علما أن $N_{BC}=74KN$ و الإجهاد المسموح $\bar{\sigma} = 1600daN / cm^2$.
 - 5- احسب إستطالة القضيب BC علما ان معامل مرونته $E = 2 \cdot 10^6 daN / cm^2$.

ملاحظة : (من الناحية التقنية الحل المقترح يكون في المنطقة المحددة بالعقد (C-D-F-E)



حلول التمارين

حل التمرين الأول:

1- تحديد طبيعة النظام:

$$b=9 \quad n=6 \quad b=2(n)-3=2(6)-3=9 \quad \text{النظام محدد سكونيا}$$

2- حساب ردود الأفعال:

$$\sum F/x=0 \Rightarrow \boxed{H_A=30KN} \longrightarrow (1)$$

$$\sum F/y=0 \Rightarrow V_A+V_B=60 KN \longrightarrow (2)$$

$$\sum M/A=0 \Rightarrow -V_B(8)+10(11)+50(8)+30(4)=0$$

$$V_B = \frac{110+400+120}{8} = \frac{630}{8} = 78.75KN \Rightarrow \boxed{V_B=78.75KN}$$

$$\sum M/B=0 \Rightarrow V_A(8)+30(4)+10(3)=0$$

$$V_A = \frac{-120-30}{8} = \frac{-150}{8} = -18.75KN \Rightarrow \boxed{V_A=-18.75KN}$$

- يمكن أخذ $V_A=+18.75KN$. لكن يكون رد الفعل في المسند A نحو الأسفل.

3- حساب الجهود الداخلية:

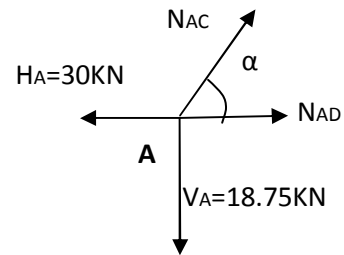
العقدة A:

$$\sum F/y=0 \Rightarrow N_{AC}\sin\alpha - V_A=0$$

$$N_{AC} = \frac{V_A}{\sin\alpha} = \frac{18.75}{0.707} = +26.52KN \Rightarrow \boxed{N_{AC}=+26.52KN} \longrightarrow \text{شد}$$

$$\sum F/x=0 \Rightarrow N_{AD}+N_{AC}\cos\alpha-H_A=0 \Rightarrow N_{AD}=H_A - N_{AC}\cos\alpha$$

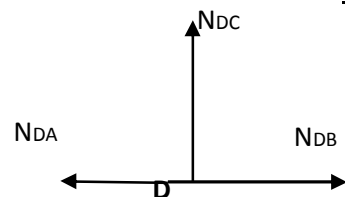
$$N_{AD}=30 - 26.52(0.707) \Rightarrow \boxed{N_{AD}=+11.25KN} \longrightarrow \text{شد}$$



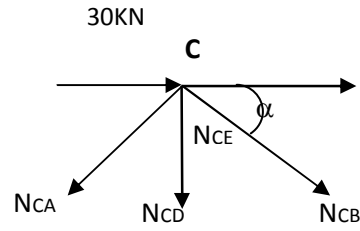
العقدة D:

$$\sum F/y=0 \Rightarrow \boxed{N_{DC}=0} \longrightarrow \text{تركيب}$$

$$\Rightarrow N_{AD}-N_{DB}=0 \Rightarrow \boxed{N_{DB}=+11.25KN} \longrightarrow \text{شد}$$



العقدة C :



$$\sum F_y = 0 \Rightarrow -N_{CD} - N_{CB} \sin \alpha - N_{CA} \sin \alpha = 0$$

$$\Rightarrow N_{CB} = -\frac{N_{CA} \sin \alpha}{\sin \alpha} = -N_{CA} \quad \boxed{N_{CB} = -26.52 \text{ kN}} \rightarrow \text{إنطفاط}$$

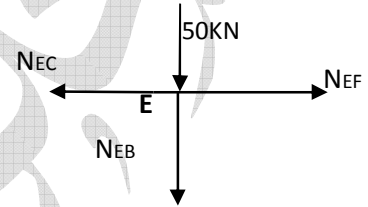
$$\sum F_x = 0 \Rightarrow +30 + N_{CE} + N_{CB} \cos \alpha - N_{CA} \cos \alpha = 0$$

$$N_{CE} = (N_{CA} - N_{CB}) \cos \alpha - 30 = (26.52 + 26.52)(0.707) - 30 = +7.5 \text{ kN} \quad \boxed{N_{CE} = +7.50 \text{ kN}} \rightarrow \text{شد}$$

العقدة E :

$$\sum F_x = 0 \Rightarrow N_{EF} - N_{EC} = 0 \Rightarrow N_{EF} = N_{EC} = +7.50 \text{ kN} \quad \boxed{N_{EF} = +7.50 \text{ kN}} \rightarrow \text{شد}$$

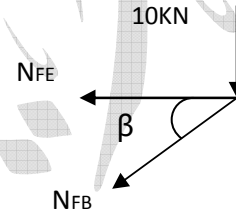
$$\sum F_y = 0 \Rightarrow -N_{EB} - 50 = 0 \Rightarrow \boxed{N_{EB} = -50 \text{ kN}} \rightarrow \text{إنطفاط}$$



العقدة F :

$$\sum F_y = 0 \Rightarrow -10 - N_{FB} \sin \beta = 0 \Rightarrow N_{FB} = \frac{10}{\sin \beta}$$

$$\boxed{N_{FB} = -12.5 \text{ kN}} \rightarrow \text{إنطفاط}$$



4- جدول النتائج :

القضيب	الشدة (kN)	نوع التحريض
AC	26.52	شد
AD	11.25	شد
CD	0.	تركيب
DB	11.25	شد
CE	7.5	شد
CB	26.52	إنطفاط
EB	50	إنطفاط
EF	7.5	شد
FB	12.5	إنطفاط

5- تحديد المجنب المناسب :

$$\sigma = \frac{N_{EB}}{2 \cdot S} \leq \bar{\sigma} \Rightarrow S \geq \frac{N_{EB}}{2 \cdot \bar{\sigma}} = \frac{50 \cdot 10^2}{2 \cdot 1600} = 1.56 \text{ cm}^2$$

شرط المقاومة

من الجدول المجنب المناسب هو $(30 \times 3) S = 1.74 \text{ cm}^2$

6- حساب القطر الأدنى للبراغي :

$$\tau = \frac{N_{CE}}{4 \cdot S} \leq \bar{\tau} \quad \text{شرط المقاومة}$$

$$\tau = \frac{N_{CE}}{4 \cdot S} = \frac{N_{CE}}{4 \cdot \left(\frac{\pi \cdot D^2}{4} \right)} = \frac{N_{CE}}{\pi \cdot D^2} \leq \bar{\tau} \Rightarrow D \geq \sqrt{\frac{N_{CE}}{\pi \cdot \bar{\tau}}}$$

$$D \geq \sqrt{\frac{7.5 \cdot 10^2}{3.14 \times 100}} = 1.55 \text{ cm} = 15.5 \text{ mm}$$

يمكن حساب المساحة S ثم قطر البرغي D

$$S \geq \frac{N_{CE}}{4 \cdot \bar{\tau}} = \frac{750}{4 \cdot 100} = 1.875 \text{ cm}^2 \quad S = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \Rightarrow D \geq \sqrt{\frac{4 \cdot S}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 1.875}{3.14}} = 1.55 \text{ cm}$$

نأخذ D=16mm

حل التمرين الثاني: المسألة الأولى:

1- تحديد طبيعة النظام:

$$b=9 \quad n=6 \quad b=2(n)-3=2(6)-3=9 \quad \text{النظام محدد سكونياً}$$

2- حساب ردود الأفعال:

$$\sum F/x=0 \Rightarrow \boxed{H_A=10 \text{ KN}} \longrightarrow (1)$$

$$\sum F/y=0 \Rightarrow V_A + V_B = 30 \text{ KN} \longrightarrow (2)$$

$$\sum M/A=0 \Rightarrow -V_B(4) - 10(2) + 10(4) + 10(4) + 10(1) = 0$$

$$V_B = \frac{40 + 20 + 10 - 20}{4} = \frac{50}{4} = 12.5 \text{ KN} \Rightarrow \boxed{V_B = 12.50 \text{ KN}}$$

$$\sum M/B=0 \Rightarrow V_A(4) - 10(3) - 10(2) - 10(2) = 0$$

$$V_A = \frac{30 + 20 + 20}{4} = \frac{70}{4} = 17.5 \text{ KN} \Rightarrow \boxed{V_A = -17.50 \text{ KN}}$$

$$V_A + V_B = 17.50 + 12.5 = 30 \text{ KN} : \text{التحقق}$$

3- حساب الجهود الداخلية:

$$\cos 45^\circ = \sin 45^\circ = 0.707 \quad \text{إذن نأخذ}$$

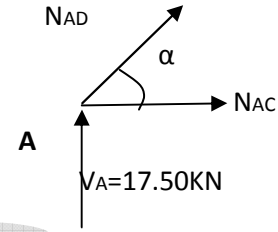
العقدة A:

$$\sum F_y = 0 \Rightarrow N_{AD} \sin \alpha + V_A = 0 \quad N_{AD} = -\frac{V_A}{\sin \alpha} = -\frac{17.50}{0.707} = -24.75 \text{ KN}$$

$$\Rightarrow \boxed{N_{AD} = -24.75 \text{ KN}} \rightarrow \text{انضغاط}$$

$$\sum F_x = 0 \Rightarrow N_{AC} + N_{AD} \cos \alpha = 0 \Rightarrow N_{AC} = -N_{AD} \cos \alpha$$

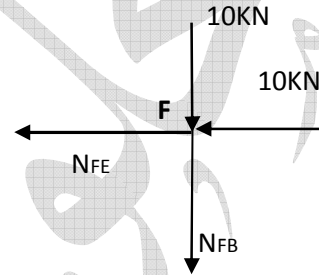
$$N_{AC} = 24.75(0.707) \quad \boxed{N_{AC} = +17.50 \text{ KN}} \rightarrow \text{شد}$$



العقدة F:

$$\sum F_y = 0 \Rightarrow -N_{FB} - 10 = 0 \Rightarrow \boxed{N_{FB} = -10 \text{ KN}} \rightarrow \text{انضغاط}$$

$$\sum F_x = 0 \Rightarrow -N_{FE} - 10 = 0 \Rightarrow \boxed{N_{FE} = -10 \text{ KN}} \rightarrow \text{انضغاط}$$



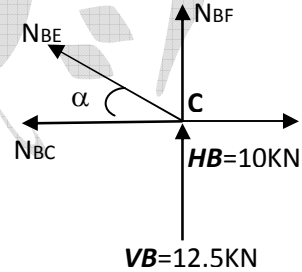
العقدة B:

$$\sum F_y = 0 \Rightarrow V_B + N_{BF} + N_{BE} \sin \alpha = 0$$

$$\Rightarrow N_{BE} = \frac{-12.5 + 10}{0.707} \Rightarrow \boxed{N_{BE} = -3.54 \text{ KN}} \rightarrow \text{انضغاط}$$

$$\sum F_x = 0 \Rightarrow -N_{BC} - N_{BE} \cos \alpha + 10 = 0$$

$$N_{BC} = 3.54(0.707) + 10 \Rightarrow \boxed{N_{BC} = 12.5 \text{ KN}} \rightarrow \text{شد}$$

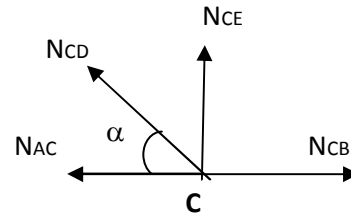


العقدة C:

$$\sum F_x = 0 \Rightarrow N_{CB} - N_{AC} - N_{CD} \cos \alpha = 0$$

$$N_{CD} = \frac{12.5 - 17.5}{0.707} \Rightarrow \boxed{N_{CD} = -7.07 \text{ KN}} \rightarrow \text{انضغاط}$$

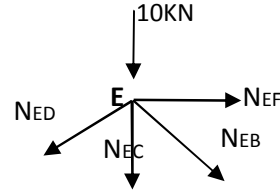
$$\sum F_y = 0 \Rightarrow N_{CE} + N_{CD} \sin \alpha = 0 \Rightarrow \boxed{N_{CE} = +5 \text{ KN}} \rightarrow \text{شد}$$



العقدة E:

$$\sum F_x = 0 \Rightarrow N_{EF} + N_{EB} \cos \alpha - N_{ED} \cos \alpha = 0 \Rightarrow N_{ED} = \frac{-10 - 3.54(0.707)}{0.707}$$

$$N_{EF} = -17.68 \text{ KN} \longrightarrow \text{إنضغاط}$$



نوع التحريض	الشدة (KN)	القضيب
شد	17.5	AC
إنضغاط	24.75	AD
إنضغاط	10	FE
إنضغاط	10	FB
إنضغاط	3.54	BE
شد	12.5	BC
إنضغاط	7.07	CD
شد	5	CE
إنضغاط	17.68	ED

4- التحقق من المقاومة:

$$\sigma = \frac{N^{\max}}{2 \cdot S} \leq \bar{\sigma} \quad \text{شرط المقاومة}$$

$$\sigma = \frac{N^{\max}}{2 \cdot S} = \frac{N_{AD}}{2 \cdot S} = \frac{24.75 \times 100}{2 \times 4.80} = 257.81 \text{ daN / cm}^2$$

$$\sigma = 257.81 \text{ daN / cm}^2 \leq \bar{\sigma} = 1600 \text{ daN / cm}^2 \quad \text{المقاومة محققة}$$

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

$$\sum F_x = 0 \Rightarrow \boxed{H_B = 0 \text{ KN}} \longrightarrow (1)$$

$$\sum F_y = 0 \Rightarrow V_A + V_B = 80 \text{ KN} \longrightarrow (2)$$

النظام متناظر من حيث الأبعاد و الحمولات و بالتالي :

$$V_A = V_B = \frac{\sum F_y}{2} = \frac{80}{2} = 40 \text{ KN} \Rightarrow \boxed{V_A = 40 \text{ KN}} \quad \boxed{V_B = 40 \text{ KN}}$$

$$V_A + V_B = 17.50 + 12.5 = 30 \text{ KN} : \text{التحقق}$$

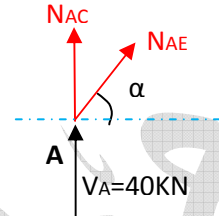
-7 حساب الجهود الداخلية :

العقدة A :

$$\sum F_x = 0 \Rightarrow N_{AE} \cdot \cos \alpha = 0 \rightarrow N_{AE} = 0 \text{ ————— تركيبي}$$

$$\sum F_y = 0 \Rightarrow N_{AC} + V_A + N_{AE} \cdot \sin \alpha = 0$$

$$\Rightarrow N_{AC} = -V_A \rightarrow N_{AE} = -40 \text{ KN} \text{ ————— انضغاط}$$



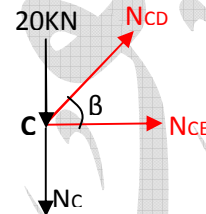
العقدة C :

$$\sum F_y = 0 \Rightarrow N_{CD} \cdot \sin \beta - N_{CA} - 20 = 0$$

$$\Rightarrow N_{CD} = \frac{+(-40) + 20}{0.2425} \rightarrow N_{CD} = -82.47 \text{ KN} \text{ ————— انضغاط}$$

$$\sum F_x = 0 \Rightarrow N_{CE} + N_{CD} \cdot \cos \beta = 0 \Rightarrow N_{CE} = -N_{CD} \cdot \cos \beta$$

$$\Rightarrow N_{CE} = -(-82.47)(0.970) \rightarrow N_{CD} = 80 \text{ KN} \text{ ————— شد}$$



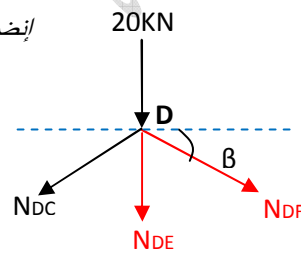
العقدة D :

$$\sum F_x = 0 \Rightarrow N_{DF} = N_{DC} \Rightarrow N_{DC} = -82.47 \text{ KN} \text{ ————— انضغاط}$$

$$\sum F_y = 0 \Rightarrow N_{DE} - 20 - N_{DC} \cdot \sin \beta - N_{DC} \cdot \sin \beta = 0$$

$$N_{DE} = 20 + (-82.47 - 82.47)(0.2425)$$

$$\Rightarrow N_{DE} = 0 \text{ KN} \text{ ————— تركيبي}$$



يُستغفل التناظر نجد باقي الجهود الداخلية في القضبان :

$$N_{BF} = N_{AC} = -40 \text{ KN} \text{ (انضغاط)}$$

$$N_{BE} = N_{AE} = 0 \text{ KN} \text{ (تركيبي)}$$

$$N_{BF} = N_{AC} = -40 \text{ KN} \text{ (انضغاط)}$$

$$N_{BF} = N_{AC} = -40 \text{ KN} \text{ (انضغاط)}$$

جدول النتائج :

BF	BE	FD	FE	DE	CE	CD	AE	AC	القضيب
40	0	82.47	80	0	80	82.47	0	40	(الشدة KN)

نوع التحريض	إنضغاط	تركيبي	إنضغاط	شد	تركيبي	شد	إنضغاط	تركيبي	إنضغاط
-------------	--------	--------	--------	----	--------	----	--------	--------	--------

3- التحقق من المقاومة :

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

شرط المقاومة

القضبان المستعملة هي مجنح زاوي مضاعف من نوع L(35x4) منه $S=2.67\text{cm}^2$

$$\sigma^{\max} = \frac{N^{\max}}{2 \cdot S} = \frac{82.46 \cdot 10^2}{2 \times (2.67)} = 1544.19 \text{ daN / cm}^2$$

$$\sigma^{\max} = 1544.19 \text{ daN / cm}^2 \leq \bar{\sigma} = 1600 \text{ daN / cm}^2$$

إذن شرط المقاومة محقق

4- حساب تقلص القضيب CD :

$$\Delta L = \frac{N \times L}{E \times (2S)} = \frac{82.46 \cdot 10^2 \times 412}{2.10^6 \times (2.2.67)} = 0.32 \text{ cm}$$

$$L_{CD} = \sqrt{4^2 + 1^2} = 4.12 \text{ m}$$

حل التمرين الرابع:

1- التأكد من أن النظام محدد سكونيا :

$$b=12 \quad n=8$$

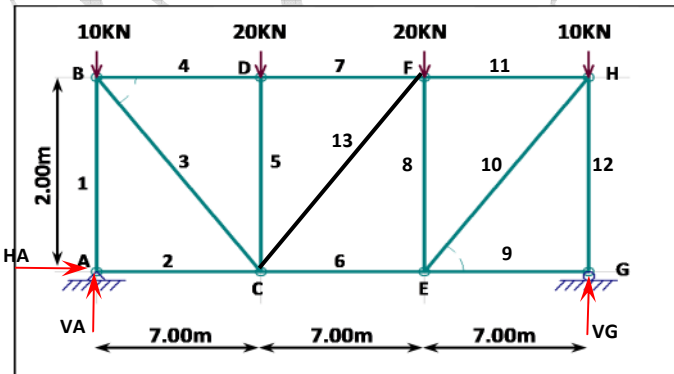
$$b = 2n - 3 = 2 \times 8 - 3 = 13$$

لكي يكون النظام محدد سكونيا يجب أن يتحقق الشرط :

• إذن العلاقة غير محققة و النظام غير محدد سكونيا.

الإقتراح : لكي تكون العلاقة صحيحة يجب أن يكون عدد القضبان $b=13$ ، لذا يجب إضافة قضيب آخر بين العقدة CF أو DE

2- رسم الشكل المقترح :



• حساب ردود الأفعال :

$$\sum F_x = 0 \Rightarrow H_A = 0 \rightarrow (1)$$

$$\sum F/y=0 \Rightarrow V_A + V_G = 60 \text{ KN} \longrightarrow (2)$$

$$\sum M/A=0 \Rightarrow -V_G(21) + 10(21) + 20(14) + 20(7) = 0$$

$$V_G = \frac{210 + 280 + 140}{21} = \frac{630}{21} = 30 \text{ KN} \Rightarrow \boxed{V_G = 30 \text{ KN}}$$

$$\sum M/G=0 \Rightarrow V_A(21) - 10(21) - 20(14) - 20(7) = 0$$

$$V_A = \frac{210 + 280 + 140}{21} = \frac{630}{21} = 30 \text{ KN} \Rightarrow \boxed{V_A = 30 \text{ KN}}$$

- يمكن إستعمال تناظر الشكل من حيث الأبعاد و الحمولات في حساب ردود الأفعال .

3- حساب الجهود الداخلية :

• حساب الزوايا :

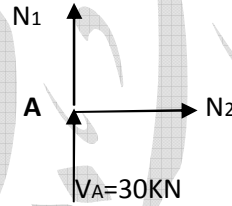
$$BC = \sqrt{(7)^2 + (2)^2} = \sqrt{53} = 7.28$$



$$\cos \alpha = \frac{7}{7.28} = 0.96, \quad \sin \alpha = \frac{2}{7.28} = 0.27$$

$$\sum F/x=0 \Rightarrow \boxed{N_2=0} \longrightarrow \text{تركيب}$$

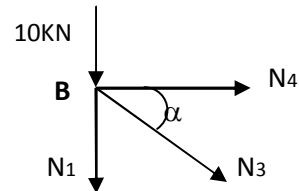
$$\sum F/y=0 \Rightarrow N_1 + V_A = 0 \Rightarrow \boxed{N_1 = -30 \text{ KN}} \longrightarrow \text{انضغاط}$$



• العقدة A :

$$\sum F/y=0 \Rightarrow -N_1 - N_3 \sin \alpha - 10 = 0 \Rightarrow N_3 = \frac{-10 + 30}{\sin \alpha} = \frac{20}{0.27} = 74.07 \text{ KN}$$

$$\boxed{N_3 = 74.07 \text{ KN}} \longrightarrow \text{شد}$$



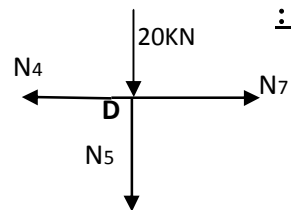
• العقدة B :

$$\sum Fx=0 \Rightarrow N_4 + N_3 \cos \alpha = 0 \Rightarrow N_4 = -N_3 \cos \alpha = -74.07 \times (0.96) = -71.10 \text{ KN}$$

$$\boxed{N_4 = -71.10 \text{ KN}} \longrightarrow \text{انضغاط}$$

$$\sum Fx=0 \Rightarrow N_7 - N_4 = 0 \Rightarrow N_7 = N_4 = -71.10 \text{ KN} \quad \boxed{N_7 = -71.10 \text{ KN}} \longrightarrow \text{انضغاط}$$

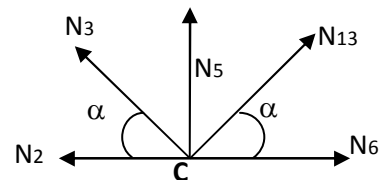
$$\sum Fy=0 \Rightarrow -N_5 - 20 = 0 \Rightarrow N_5 = -20 \text{ KN} \quad \boxed{N_5 = -20 \text{ KN}} \longrightarrow \text{انضغاط}$$



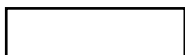
• العقدة D :

$$\sum Fy=0 \Rightarrow N_5 + N_3 \sin \alpha + N_{13} \sin \alpha = 0 \quad N_{13} = \frac{-N_5 - N_3 \sin \alpha}{\sin \alpha} = \frac{-(-20) - (20)}{0.27} = 0 \quad \boxed{N_{13} = 0} \longrightarrow \text{تركيب}$$

$$\sum Fx=0 \Rightarrow N_6 + N_8 \cos \alpha - N_2 - N_3 \cos \alpha = 0 \quad N_6 = N_3 \cos \alpha = +71.10 \text{ KN}$$



• العقدة C :



$$N_6 = +71.10 \text{ KN} \longrightarrow \text{شد}$$

بتطبيق مبدأ التناظر نجد :

$$N_1 = N_{12} = -30 \text{ KN} \quad N_4 = N_{11} = -71.10 \text{ KN} \quad N_2 = N_9 = 0 \text{ KN}$$

$$N_5 = N_8 = -20 \text{ KN} \quad N_3 = N_{10} = +74.07 \text{ KN}$$

• تدوين النتائج في الجدول :

القضيب	الشدة (KN)	نوع التحريض
1	30	إنضغاط
2	0	تركيب
3	74.07	شد
4	71.10	إنضغاط
5	20	إنضغاط
6	71.10	شد
7	71.10	إنضغاط
8	20	إنضغاط
9	0	تركيب
10	74.07	شد
11	71.10	إنضغاط
12	30	إنضغاط
13	0	تركيب

4- حساب مساحة المقطع العرضي للقضيب BC :

$$N_{\max} = 74 \text{ KN} \quad \bar{\sigma} = 1600 \text{ daN / cm}^2$$

$$\sigma_{\max} = \frac{N_{\max}}{S} \leq \bar{\sigma} \Rightarrow S \geq \frac{N}{\bar{\sigma}} = \frac{7400}{1600} \quad S \geq 4.62 \text{ cm}^2$$

5- حساب إستطالة للقضيب BC :

$$L_{BC} = \sqrt{(7)^2 + (2)^2} = 7.28 \text{ m}$$

$$\Delta L = \frac{N \cdot L}{E \cdot S} = \frac{7400 \times 728}{2000000 \times 4.62} = 0.583 \text{ cm} = 5.83 \text{ mm}$$