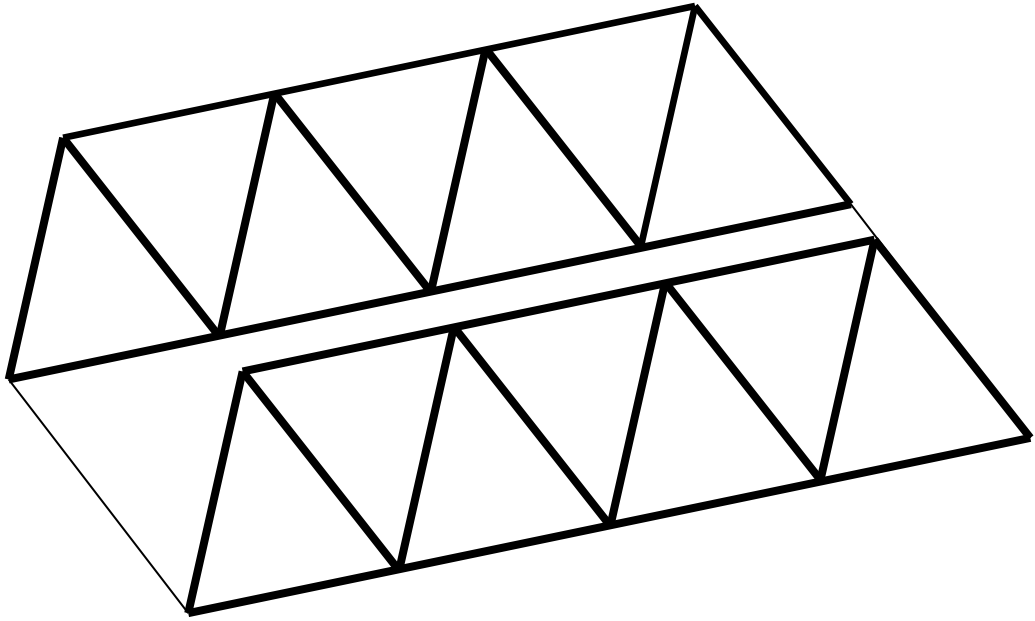


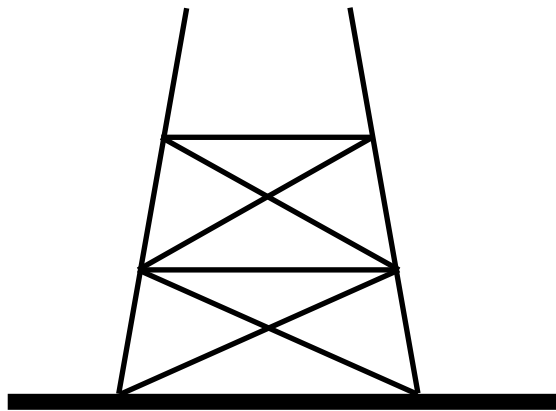
BÖLÜM 5. TAŞIYICI SİSTEMLERİN MEKANİĞİNE GİRİŞ

5.1. Kafes Sistemler

Hareketli veya hareketsiz yükleri taşımak için kaynaklanmış, perçinlenmiş veya mafsallarla bağlanmış doğru eksenli çubuklardan oluşan sisteme kafes kiriş veya kafes sistem denir.



Şekil 5.1. Demiryolu köprüleri



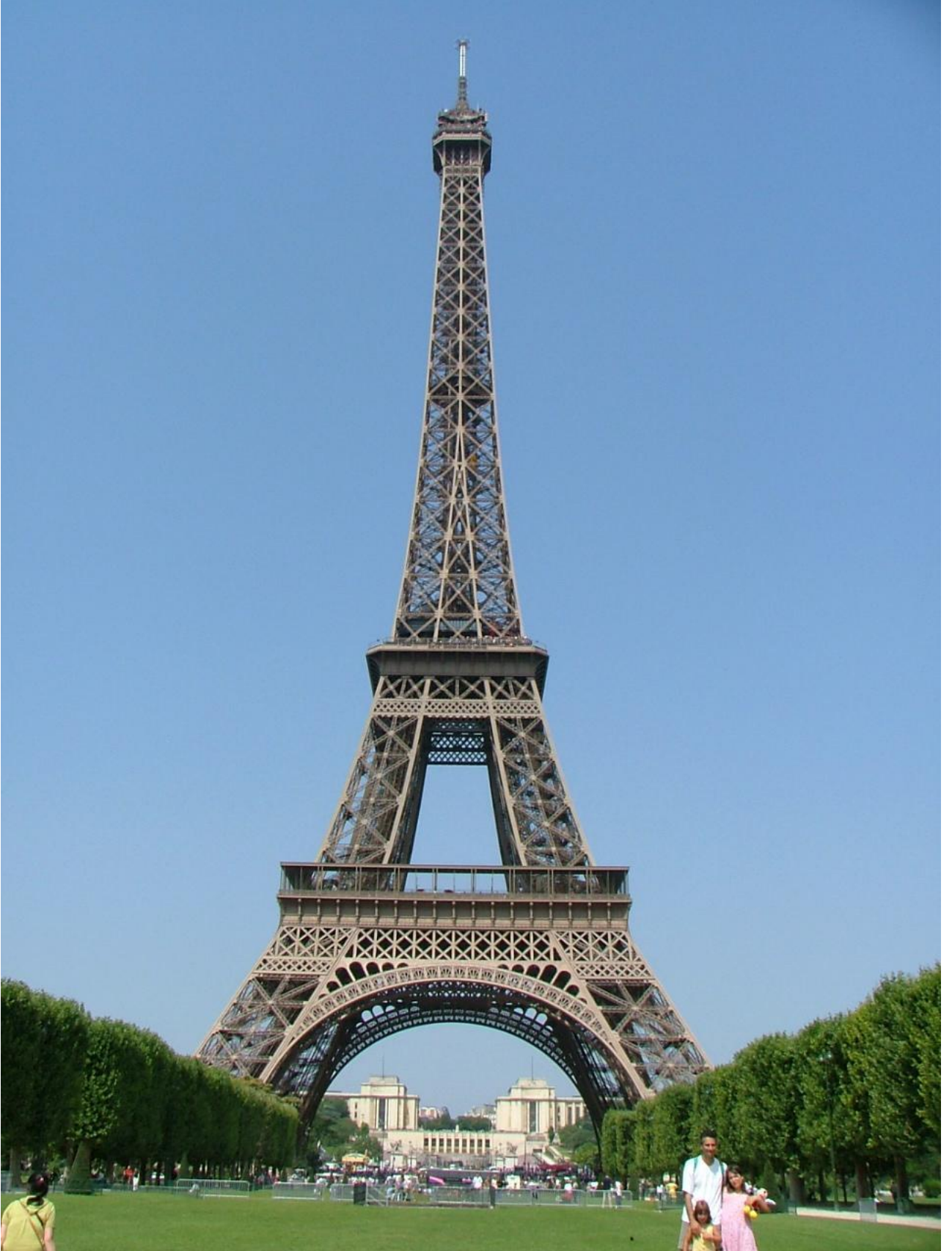
Şekil 5.2. Yüksek gerilim hattı direkleri, Eyfel kulesi



Şekil 5.3. Demiryolu köprüsü-Adana, galeria yanı, seyhan nehri üstü

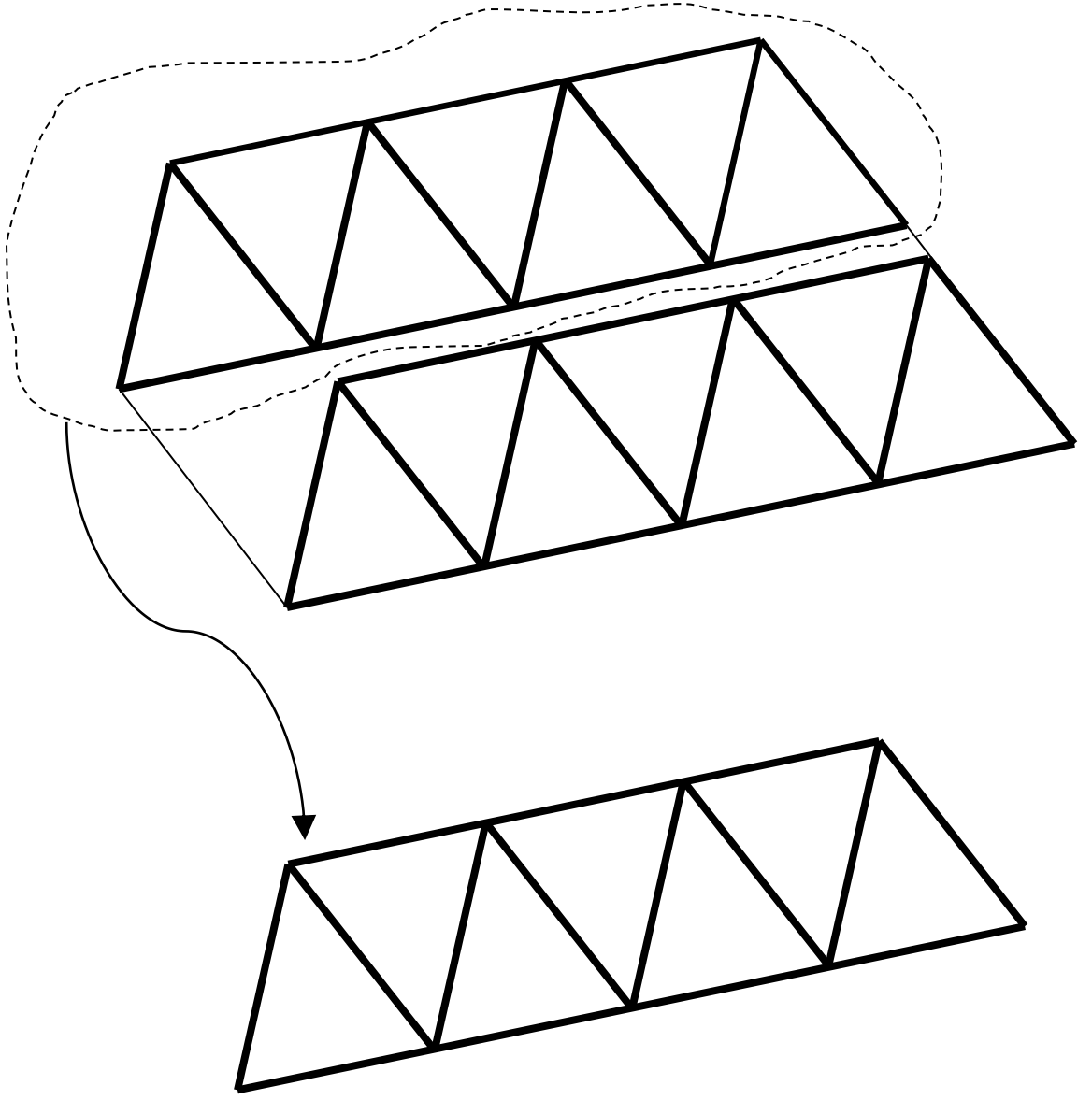


Şekil 5.4. Demiryolu köprüsü-Adana, galeria yanı, seyhan nehri üstü



Şekil 5.5. Eyfel kulesi, Paris-Fransa

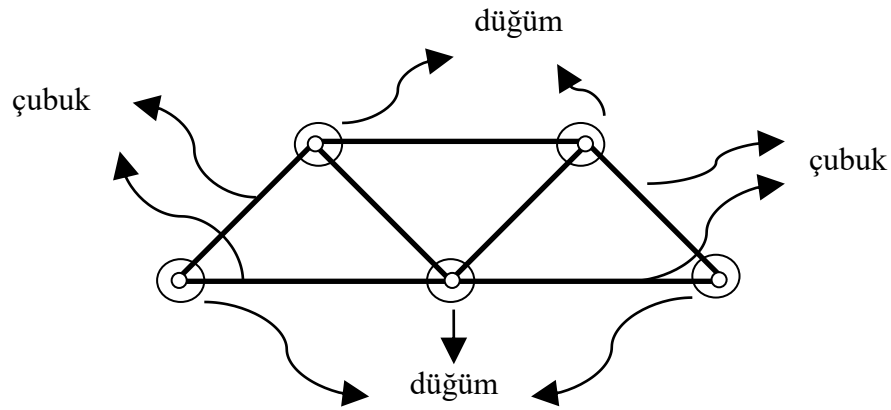




Şekil 5.6. Düzlemsel kafes sistemi

5.1.1. Basitleştirmeler

- 1- Uzaysal kafes sistemlerde bağlantılar küresel mafsalsal düzlemsel kafes sistemlerde mafsalsaldir.
- 2- Bir düğüm noktasına bağlanan çubukların eksenleri tam düğüm noktasında kesişirler



Şekil 5.7.

- 3- Bağlantılarda hiç sürtünme yoktur.
- 4- Tüm yükler **düğümlere** etki eder. Çubuk ağırlıkları ya ihmal edilir veya ikiye bölünüp iki uçta düğümlere uygulanır. SONUÇ: Her kafes sistem çubuğu **yalnızca aksenal bir kuvvet** taşır.

5.2. İzostatik Kafes Sistemler ve Statikçe Belirlilik.

Herhangi bir çubuğu kaldırıncaya oynak şekle dönüşen (mekanizma olan) kafes sistem tam bağlı veya statikçe belirlidir denir. Bir veya birkaç çubuğu kaldırıncaya oynak şekle dönüşmeyen kafes sistemlere fazla bağlı (statikçe belirsiz veya hiper statik) kafes sistem denir. Hiper statik kafes sistemler ancak şekil değiştirmelerde hesaba katılarak çözülebilir. Statikçe belirli bir uzaysal kafes istem için gerekli şartlardan birisi şudur.

$$m=3*j-R_u$$

m: Çubuk sayısı

j: Düğüm sayısı

R_u : Uzaysal kafes sistemde bağ kuvveti sayısı

Düzlemsel kafes sistem için

$$m+R=2*j \quad \text{Bilinmeyen sayısı=Denklemlerin sayısı} \quad m=2*j-R$$

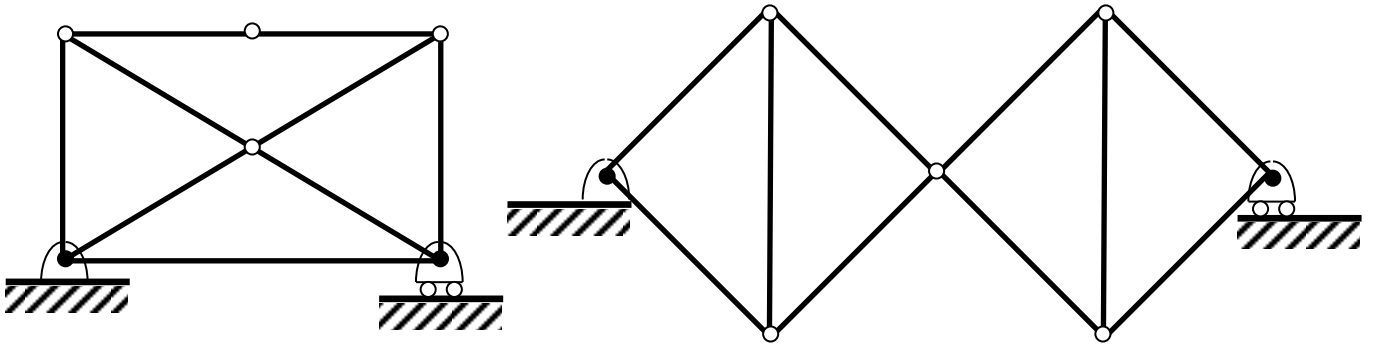
m: Çubuk sayısı

j: Düğüm sayısı

R: Düzlemsel kafes sistemde bağ kuvveti sayısı(mesnet tepkileri sayısı)

Çubuk sayısı bu formüle göre hesaplanandan az ise kafes sistem mekanizmadır, kararsızdır, labildir denir. Çubuk sayısı bu formüle göre hesaplanandan fazla ise hiper statik yada fazla bağlıdır denir.

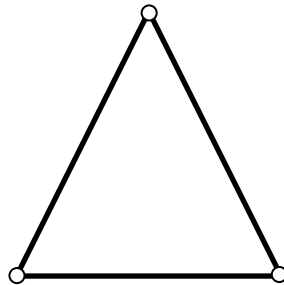
Bazı sistemlerde $m+R=2*j$ formülü sağlandığı halde veya çubuk sayısı fazla olsa bile özel durumlar nedeni ile kararsızdırlar, oynaktırlar.



Şekil 5.8.

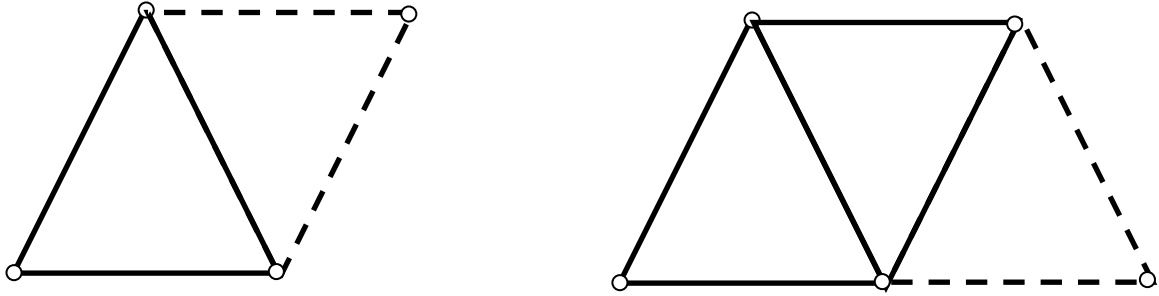
5.3. Basit Kafes Sistemler

En basit tam bağlı kafes sistem üçgen şeklindeki kafes sistemdir.



Şekil 5.9.

Üçgene her adımda 2 yeni çubuk ve bir yeni düğüm noktası ekleyerek yeni kafes sistem elde edilir.

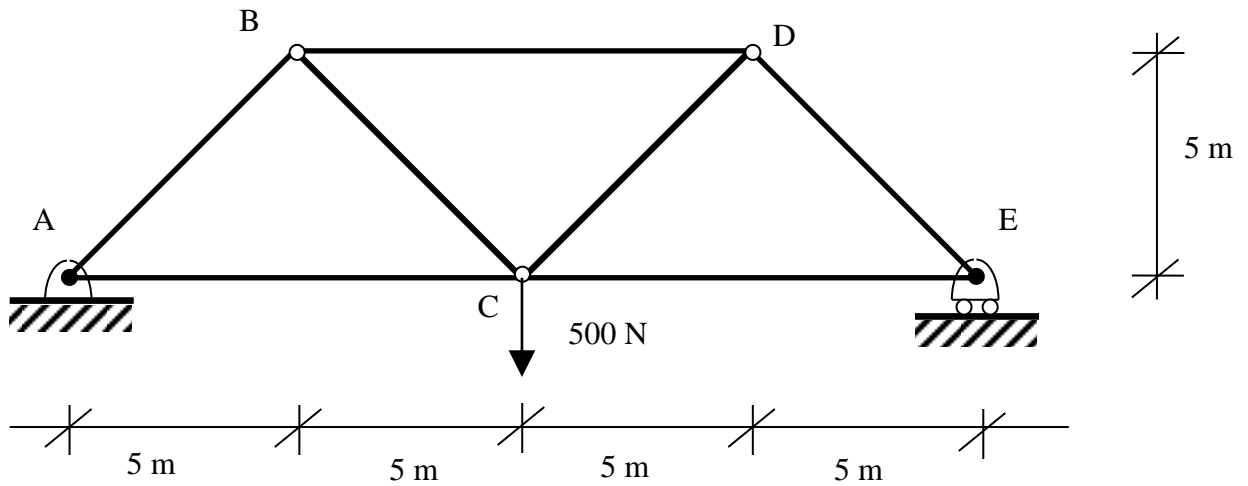


Şekil 5.10.

5.4. Kafes Sistemlerinin Çözüm Yöntemleri

- 1- Düğüm Noktası Yöntemi: Kafes sistemdeki tüm çubuk kuvvetleri isteniyorsa düğüm noktası yöntemi ile çözüm yapmak uygun olmaktadır
- 2- Kesit Yöntemi: Kafes sistemindeki bazı çubuk kuvvetlerini bulmada kullanılır.

ÖRNEK



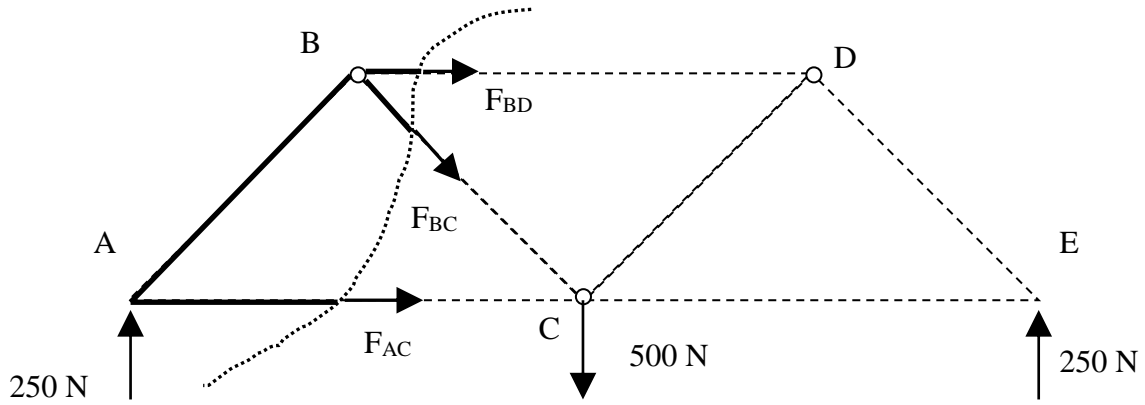
Şekil 5.11.

$F_{BD}=?$ (Kesit yöntemi ile ve düğüm noktası yöntemi ile)

BULACAĞIMIZ SONUÇ SADECE BU YÜKLEME İÇİN GEÇERLİDİR.

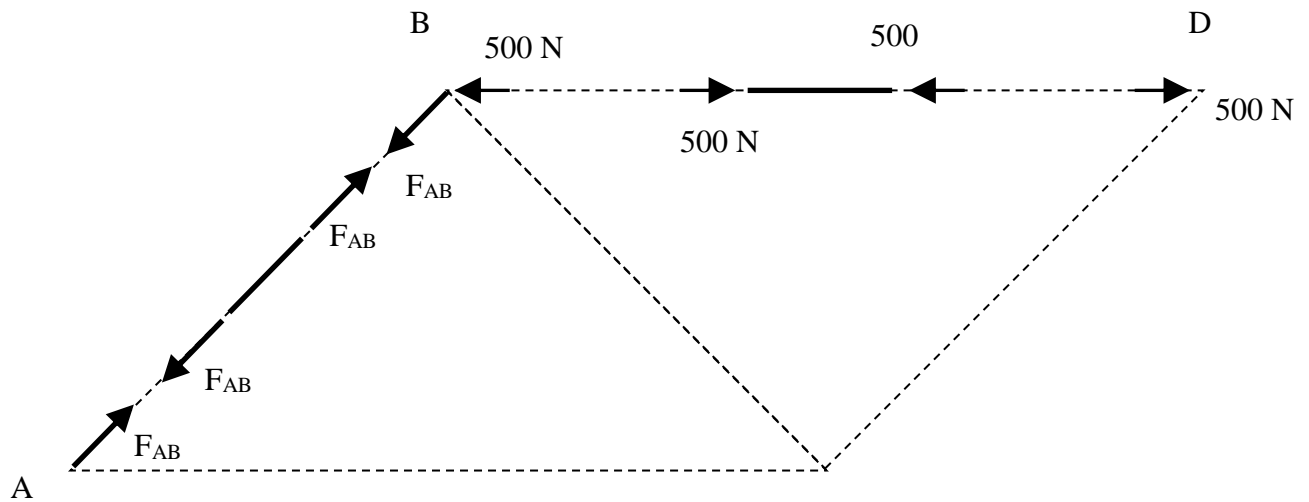
$$\begin{aligned}
 \rightarrow + \quad \sum F_x &= 0 \text{ (Sağ Yön Pozitif)} & A_x &= 0 \\
 + \curvearrowleft \quad \sum M_A &= 0 \text{ (Saat Yönü Tersi Pozitif)} & E_y * 20 - 500 * 10 &= 0 & E_y &= 250 \text{ N} \\
 \uparrow + \quad \sum F_y &= 0 \text{ (Yukarı Yön Pozitif)} & A_y + 250 - 500 &= 0 & A_y &= 250 \text{ N}
 \end{aligned}$$

KESİT YÖNTEMİ:



Şekil 5.12.

$$\begin{aligned}
 \curvearrowright + \quad \sum M_C &= 0 \text{ (Saat Yönü Pozitif)} & F_{BD} * 5 + 250 * 10 &= 0 & F_{BD} &= -500 \text{ N} \\
 & & F_{BD} &= 500 \text{ N (B)}
 \end{aligned}$$

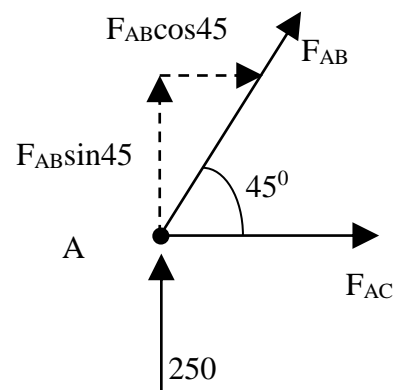


Şekil 5.13.

Çubuğun iki ucu çekiliyorsa buna çekme kuvveti denir. Çubuğun iki ucu bastırılıyorsa buna basınç kuvveti denir. Eğer çubukta çekme kuvveti varsa düğümlerde de çekme kuvveti olur. Eğer çubukta basınç kuvveti varsa düğümlerde de basınç kuvveti olur. Düğümde kuvvet düğüme doğru ise bu basınç kuvveti düğümden uzaklaşıyor ise bu çekme kuvvetidir.

DÜĞÜM YÖNTEMİ:

İKİ BİLİNMEYEN OLAN DÜĞÜMDEN BAŞLANIR



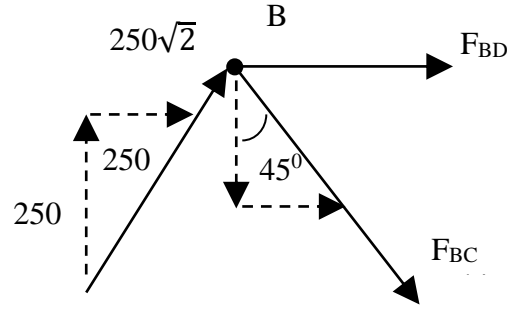
Şekil 5.14.

$$\uparrow + \quad \Sigma F_y = 0 \text{ (Yukarı Yön Pozitif)} \quad F_{AB} \sin 45^\circ + 250 = 0 \quad F_{AB} = -250\sqrt{2} \text{ N}$$

$$\rightarrow + \quad \sum F_x = 0 \text{ (Sağ Yön Pozitif)} \quad F_{AB} \cos 45^\circ + F_{AC} = 0 \quad -250\sqrt{2} \cos 45^\circ + F_{AC} = 0$$

$$F_{AC} = 250 \text{ N}$$

$$F_{AB}=250\sqrt{2} \text{ N (B)} \qquad F_{AC}=250 \text{ N (C)}$$



Şekil 5.15.

$$\uparrow + \quad \sum F_y = 0 \text{ (Yukarı Yön Pozitif)}$$

$$-F_{BC} \cos 45 + 250 = 0$$

$$F_{BC} = 250\sqrt{2} \text{ N}$$

$$\rightarrow + \quad \sum F_x = 0 \text{ (Sağ Yön Pozitif)}$$

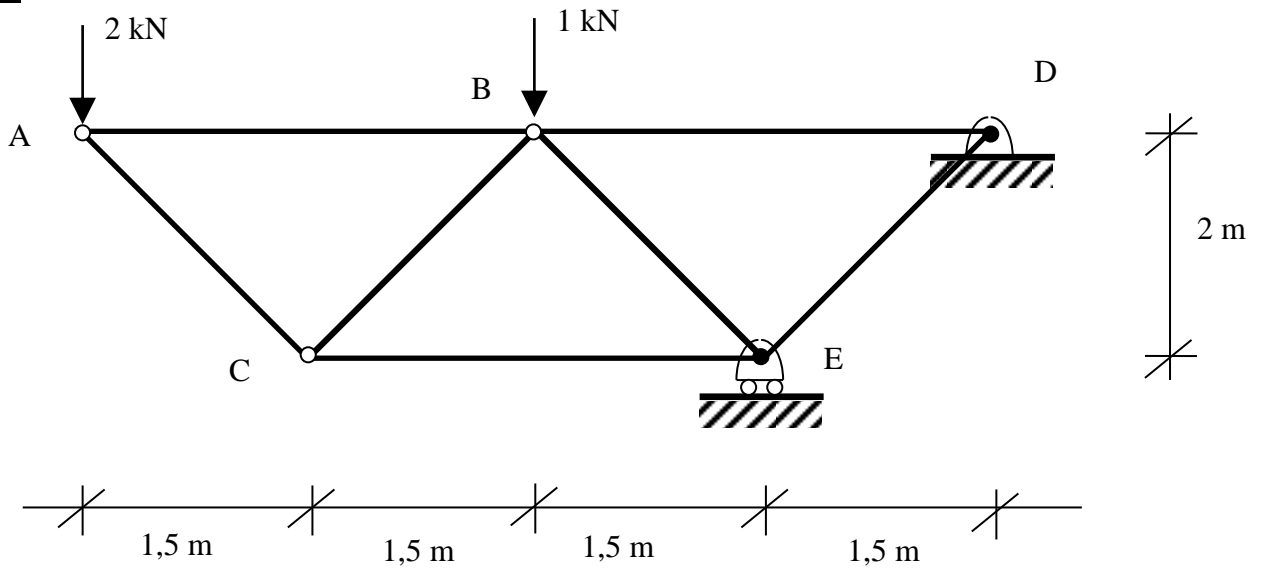
$$250 + F_{BC} \sin 45 + F_{BD} = 0$$

$$250 + 250\sqrt{2} \sin 45 + F_{BD} = 0$$

$$F_{BD} = -500 \text{ N}$$

$$F_{BC} = 250\sqrt{2} \text{ N (Ç)}$$

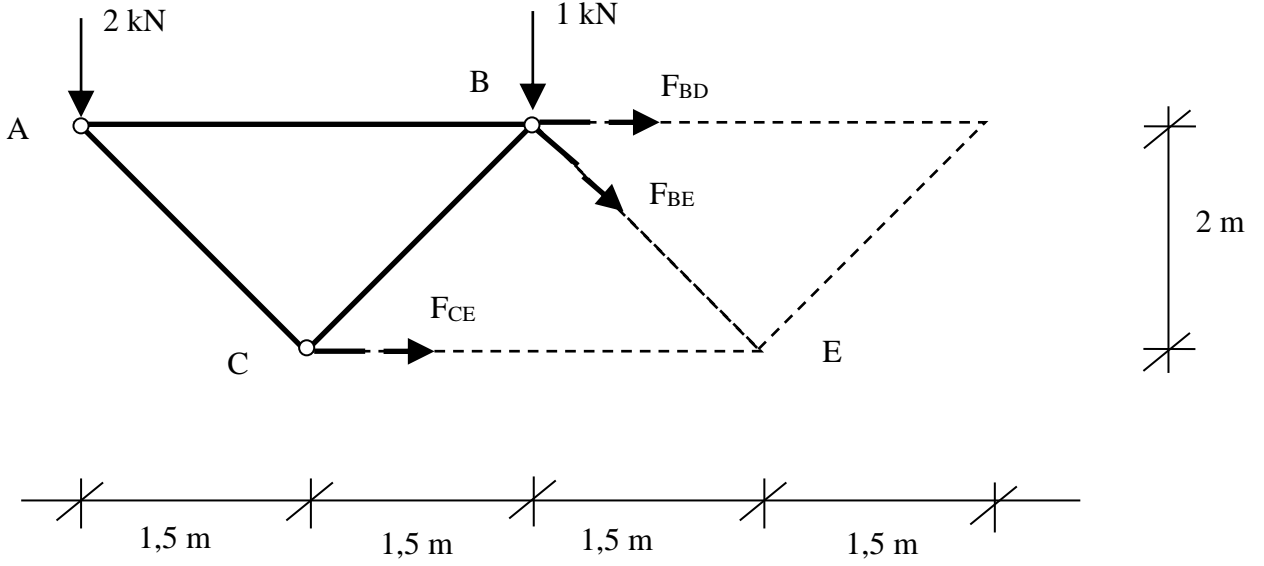
$$F_{BD} = 500 \text{ N (B)}$$

ÖRNEK

Şekil 5.16.

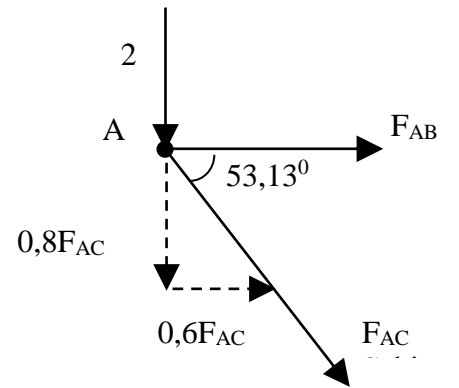
$F_{BD}=?$ (Kesit yöntemi ile) ve $F_{BC}=?$ (düğüm noktası yöntemi ile)

Mesnet tepkisini hesaplamaya gerek yoktur.



Şekil 5.17.

$$\begin{aligned}
 & \curvearrowleft + \quad \sum M_E = 0 \text{ (Saat Yönü Ters Pozitif)} \quad 1,5 \cdot 1 + 4,5 \cdot 2 - F_{BD} \cdot 2 = 0 \quad F_{BD} = 5,25 \text{ kN (Ç)} \\
 & \downarrow + \quad \sum F_y = 0 \text{ (Aşağı Yön Pozitif)} \\
 & \quad 2 + 0,8F_{AC} = 0 \quad F_{AC} = -2,5 \text{ kN} \\
 & \rightarrow + \quad \sum F_x = 0 \text{ (Sağ Yön Pozitif)} \\
 & \quad 0,6F_{AC} + F_{AB} = 0 \quad 0,6(-2,5) + F_{AB} = 0 \quad F_{AB} = 1,5 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

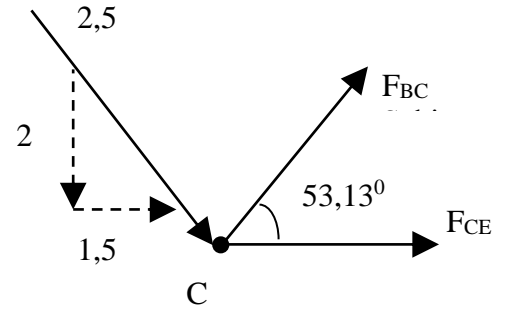


Şekil 5.18.

$F_{AC} = 2,5 \text{ kN (B)}$ $F_{AB} = 1,5 \text{ kN (Ç)}$

$$\uparrow + \quad \Sigma F_y = 0 \text{ (Yukarı Yön Pozitif)}$$

$$F_{BC} \sin 53,13 - 2 = 0 \quad F_{BC} = 2,5 \text{ kN (Ç)}$$

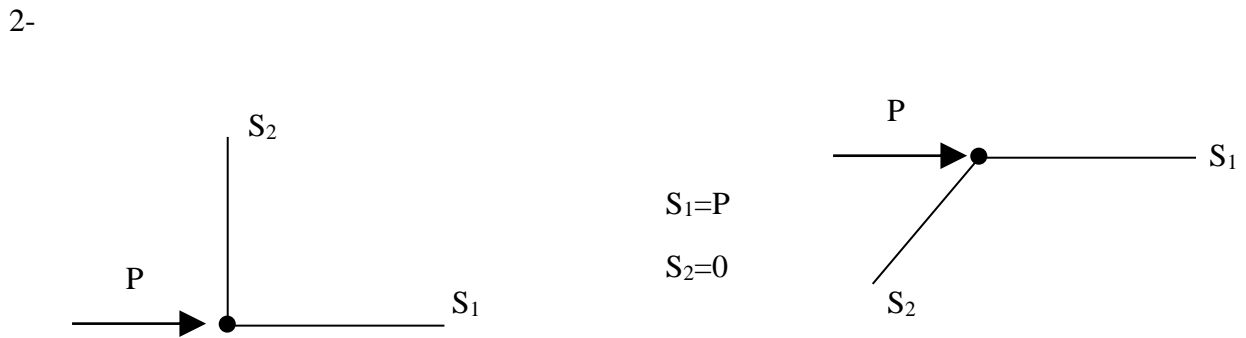


Şekil 5.19.

5.4.1. Düzlemsel Kafes Sistemlerde Gözlem Yöntemi için Kurallar

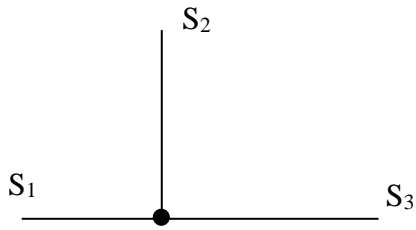


Şekil 5.20.



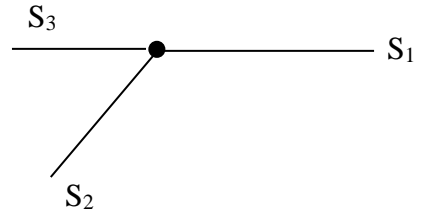
Şekil 5.21.

3-



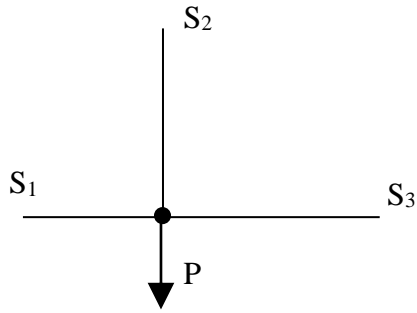
$$S_1 = S_3$$

$$S_2 = 0$$



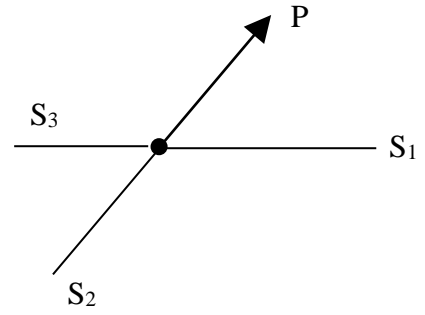
Şekil 5.22.

4-



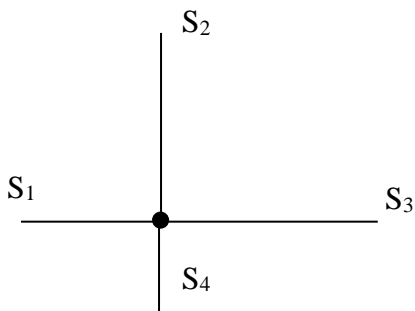
$$S_1 = S_3$$

$$S_2 = P$$



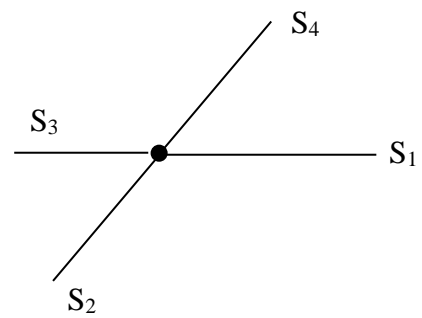
Şekil 5.23.

5-

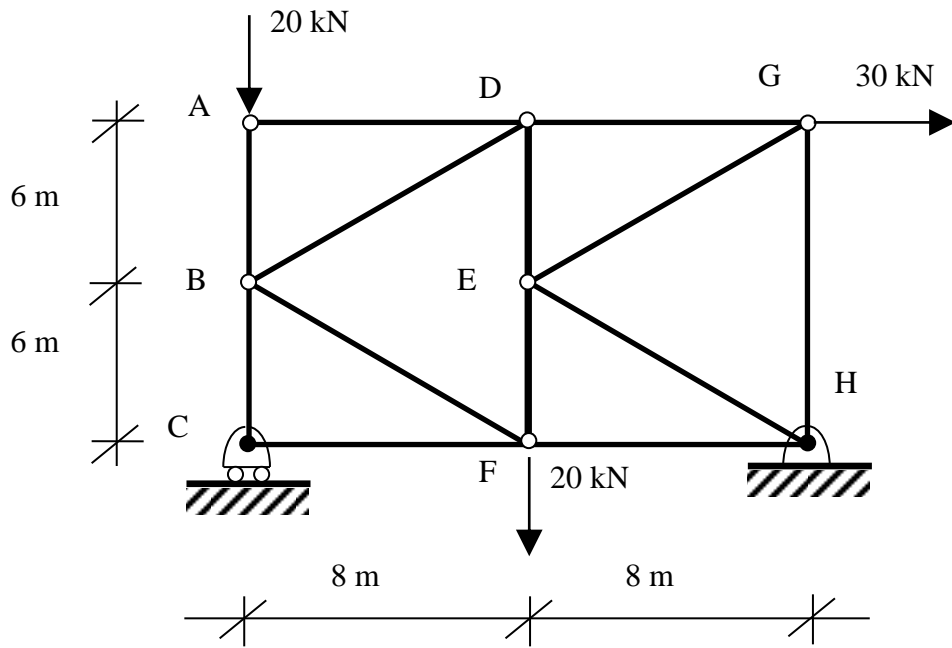


$$S_1 = S_3$$

$$S_2 = S_4$$

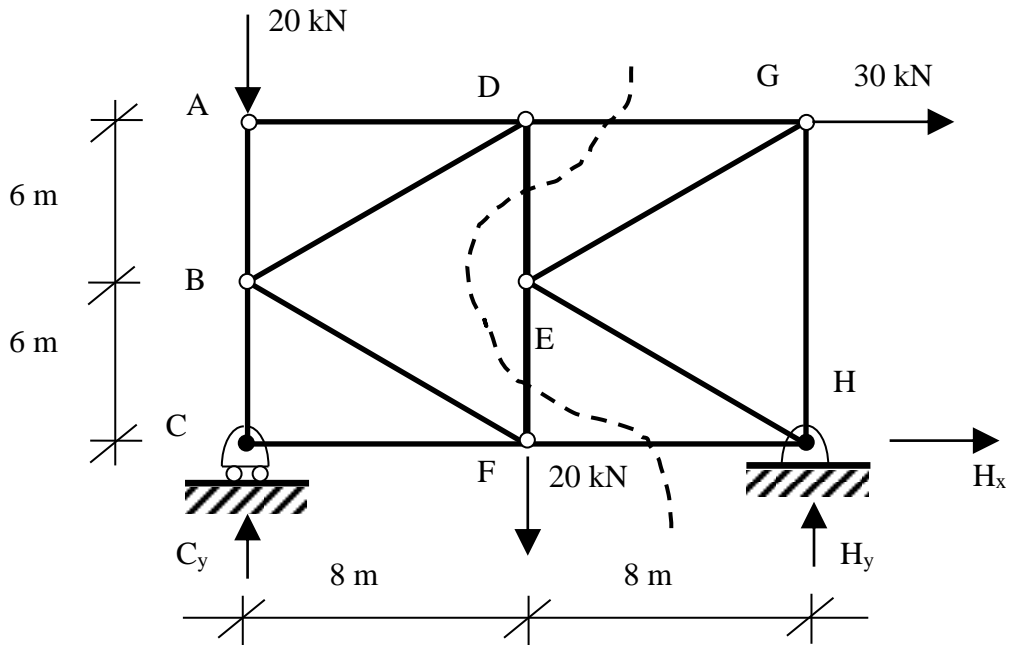


Şekil 5.24.

ÖRNEK

Şekil 5.25.

$F_{DG}=?$ (kesit yöntemi ile) $F_{BD}=?$ (istediğiniz bir yöntem ile)



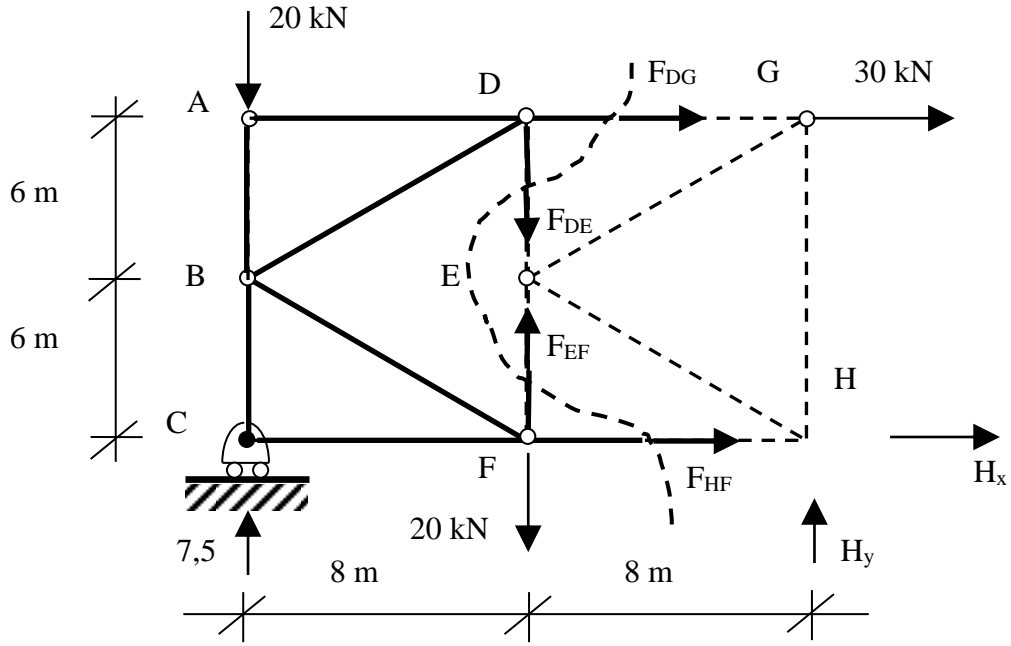
Şekil 5.26.



$\sum M_H = 0$ (Saat Yönü Pozitif)

$$30 \cdot 12 + C_y \cdot 16 - 20 \cdot 8 - 20 \cdot 16 = 0$$

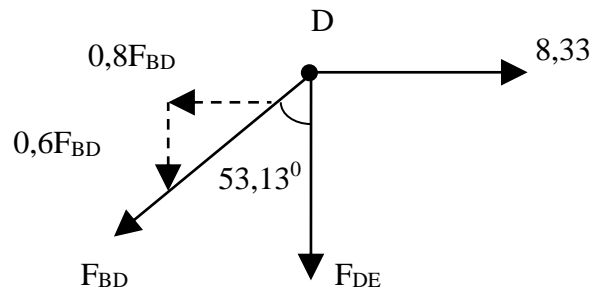
$$C_y = 7,5 \text{ kN}$$



Şekil 5.27.

$$\curvearrowleft + \quad \sum M_F = 0 \text{ (Saat Yönü Ters Pozitif)} \quad 20 \cdot 8 - 7,5 \cdot 8 - F_{DG} \cdot 12 = 0 \quad F_{DG} = 8,33 \text{ kN (Ç)}$$

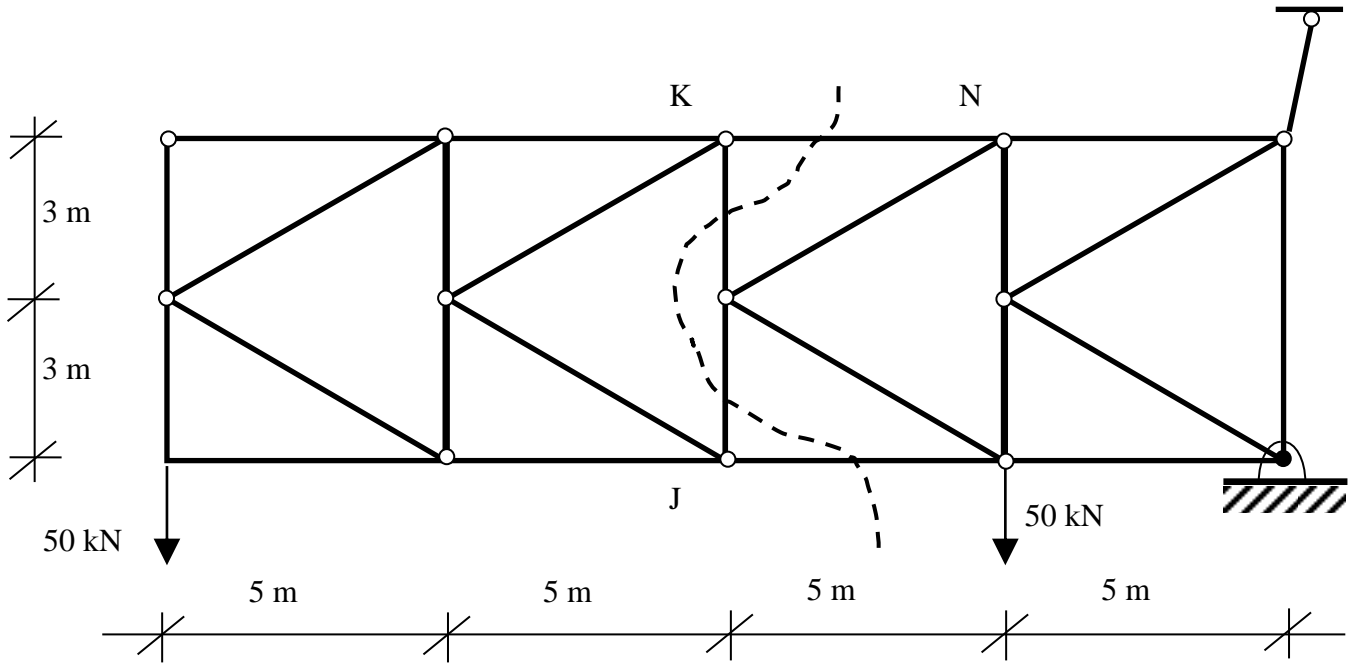
A düğümünde $F_{AD} = 0$ (gözlem yöntemi)



Şekil 5.28.

$$\rightarrow + \quad \sum F_x = 0 \text{ (Sağ Yön Pozitif)}$$

$$-F_{BD} \sin 53,13 + 8,33 = 0 \quad F_{BD} = 10,41 \text{ kN (Ç)}$$

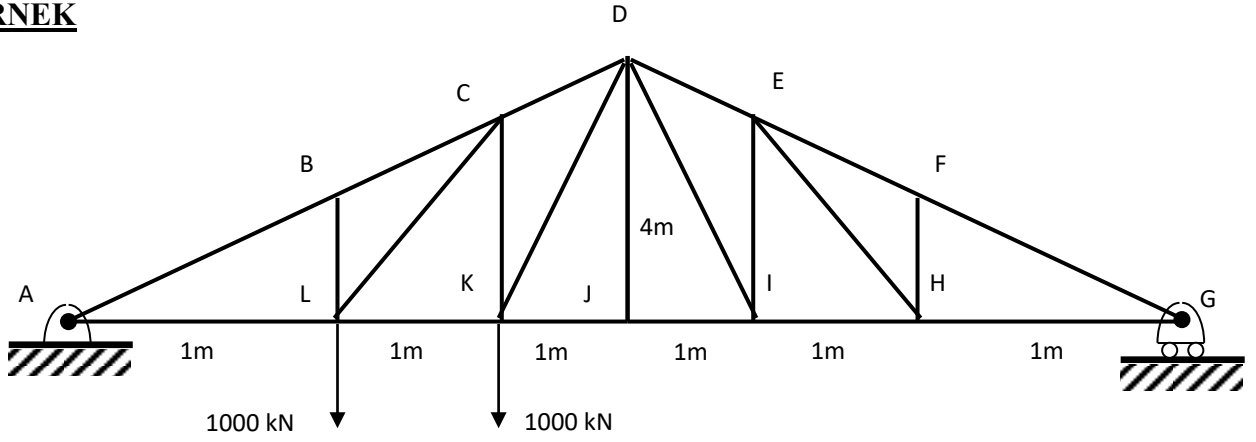
ÖRNEK $F_{KN}=?$ 

Şekil 5.29.

$$\curvearrowright_+ \quad \sum M_J = 0 \text{ (Saat Yönü Pozitif)}$$

$$F_{KN} \cdot 6 - 50 \cdot 10 = 0$$

$$F_{KN} = 83,33 \text{ kN (Ç)}$$

ÖRNEK

Şekil 5.31.

F_{EH} , F_{EI} , F_{JI} , F_{DJ} bulunuz.

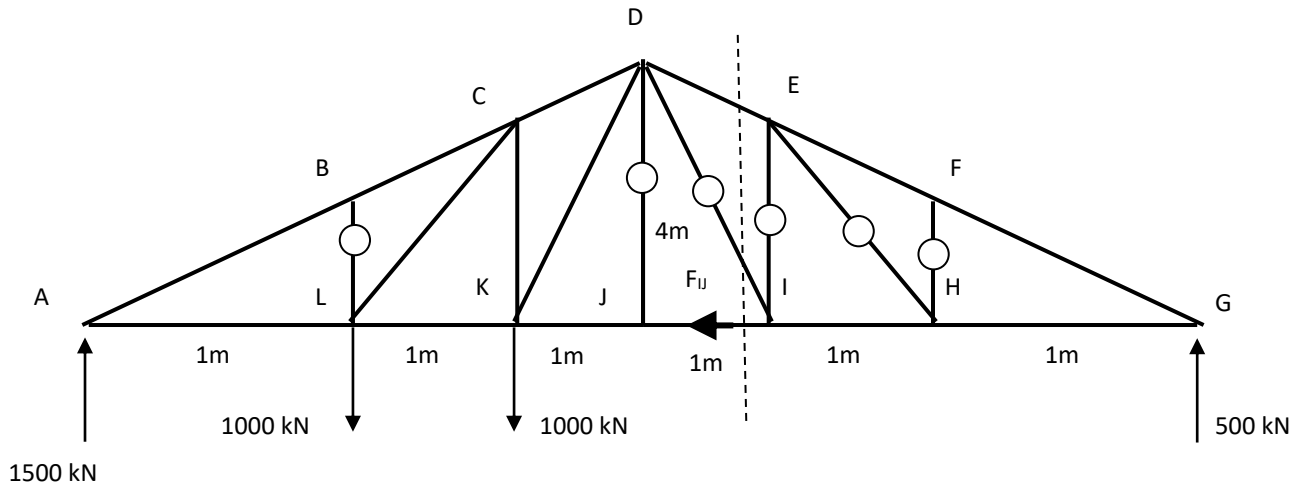


$$\sum M_A = 0 \text{ (Saat Yönü Ters Pozitif)}$$

$$G_y \cdot 6 - 1000 \cdot 1 - 1000 \cdot 2 = 0$$

$$G_y = 500 \text{ N}$$

$$A_y = 1500 \text{ N} \quad A_x = 0$$



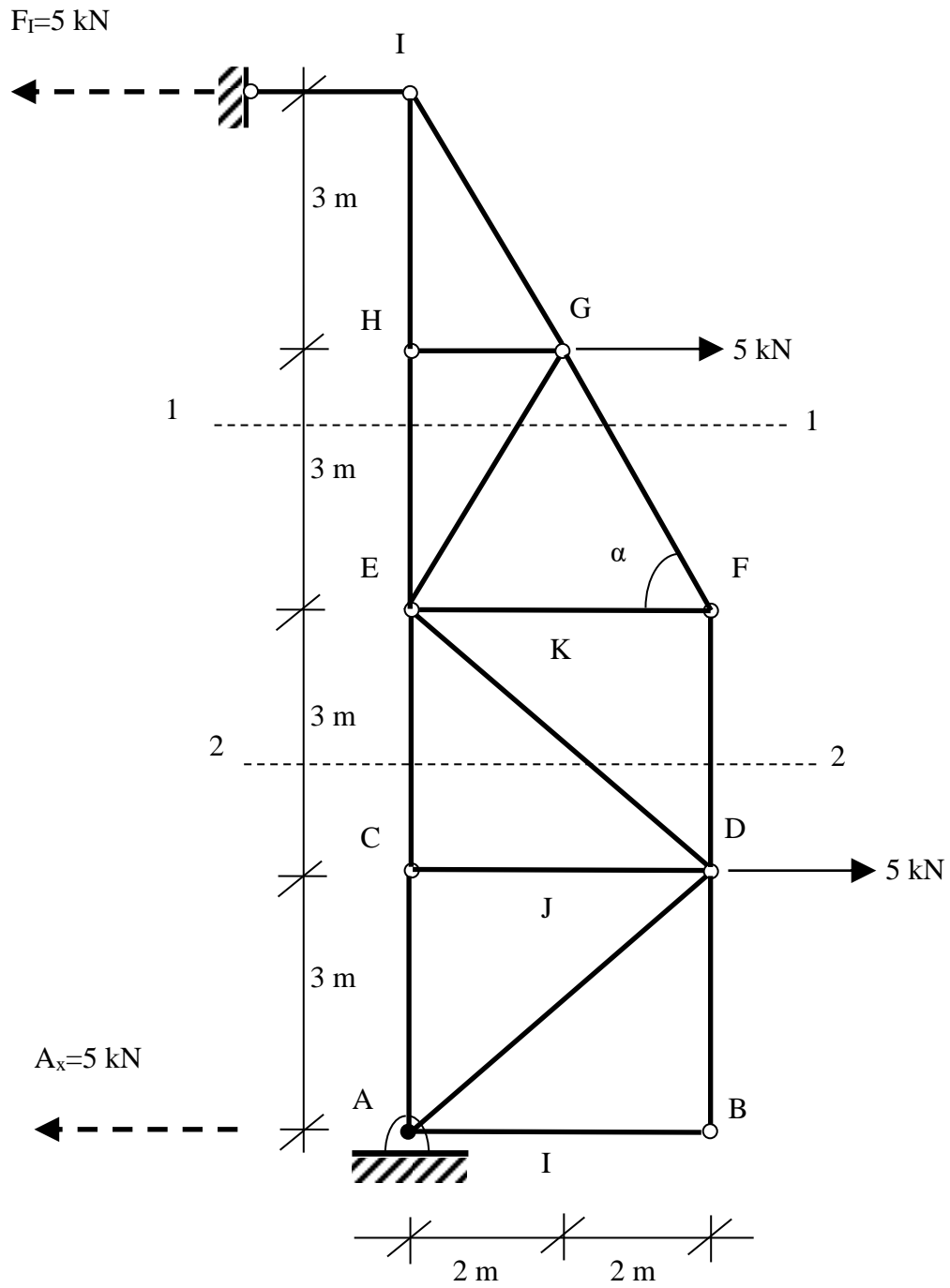
Şekil 5.32.



$$\sum M_D = 0 \text{ (Saat Yönü Ters Pozitif)}$$

$$500 \cdot 3 - F_{IJ} \cdot 4 = 0$$

$$F_{IJ} = 375 \text{ N (Ç)}$$

ÖRNEK

Şekil 5.33.

F_{FG} , F_{EG} , F_{EH} , F_{AB} , F_{BD} , F_{CD} , F_{HG} , F_{ED} bulunuz.

$$\tan \alpha = 3/2$$

$$\alpha = 56,31^\circ$$

$$\curvearrowright_+ \quad \Sigma M_A = 0 \text{ (Saat Yönü Pozitif)}$$

$$5 \cdot 9 + 5 \cdot 3 - F_I \cdot 12 = 0$$

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

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

$$A_y = 0$$

1-1 kesimi, alt parça

$$\curvearrowright_+ \quad \Sigma M_E = 0 \text{ (Saat Yönü Pozitif)}$$

$$5 \cdot 6 - 5 \cdot 3 - F_{FG} \sin 56,31^\circ \cdot 4 = 0$$

$$F_{FG} = 4,507 \text{ kN (Ç)}$$

$$\curvearrowright_+ \quad \Sigma M_I = 0 \text{ (Saat Yönü Pozitif)}$$

$$5 \cdot 12 - 5 \cdot 9 - F_{EG} \cos 56,31^\circ \cdot 6 = 0$$

$$F_{EG} = 4,507 \text{ kN (Ç)}$$

$$\uparrow_+ \quad \Sigma F_y = 0 \text{ (Yukarı Yön Pozitif)}$$

$$F_{EH} + F_{FG} \sin 56,31^\circ + F_{EG} \sin 56,31^\circ = 0$$

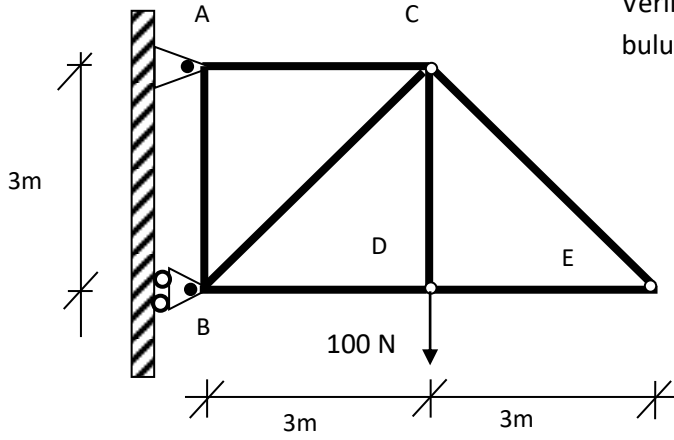
$$F_{EH} = 7,5 \text{ kN (B)}$$

$$F_{AB} = F_{BD} = F_{CD} = F_{HG} = 0$$

2-2 kesimi, alt parça

$$\rightarrow_+ \quad \Sigma F_x = 0 \text{ (Sağ Yön Pozitif)}$$

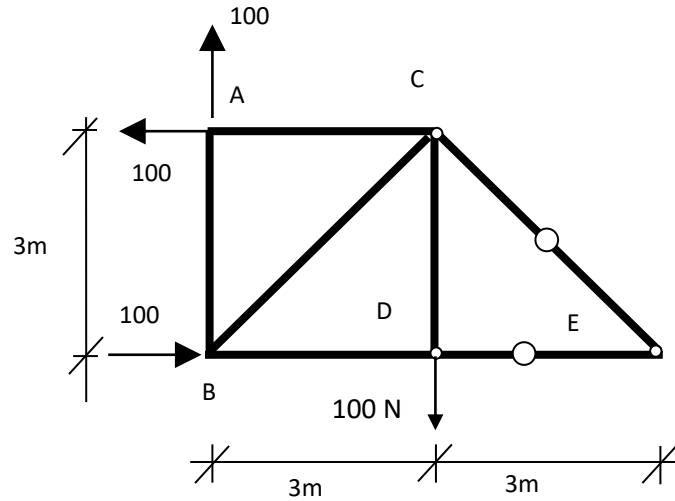
$$F_{ED} = 0$$

ÖRNEK

Verilen kafes kirişin tüm çubuklarındaki kuvvetleri bulunuz, çekmemi basıncı olduğunu belirtiniz.

Şekil 5.34.

$$\begin{aligned}
 \curvearrowright + \quad \sum M_B = 0 \text{ (Saat Yönü Pozitif)} \quad & 100 \cdot 3 - A_x \cdot 3 = 0 \quad & A_x = 100 \text{ N} \\
 \rightarrow + \quad \sum F_x = 0 \text{ (Sağ Yön Pozitif)} \quad & -A_x + B_x = 0 \quad & B_x = 100 \text{ N} \\
 \uparrow + \quad \sum F_y = 0 \text{ (Yukarı Yön Pozitif)} \quad & A_y - 100 = 0 \quad & A_y = 100 \text{ N}
 \end{aligned}$$



Şekil 5.35.

F_{CE} ve F_{DE} kuvvetleri sıfırdır(gözlem yöntemi)

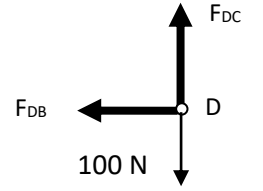
$$\rightarrow + \quad \Sigma F_x = 0 \text{ (Sağ Yön Pozitif)}$$

$$F_{DB}=0$$

$$\uparrow + \quad \Sigma F_y = 0 \text{ (Yukarı Yön Pozitif)}$$

$$F_{DC}-100=0$$

$$F_{DC}=100 \text{ N (Ç)}$$



Şekil 5.36.

$$\rightarrow + \quad \Sigma F_x = 0 \text{ (Sağ Yön Pozitif)}$$

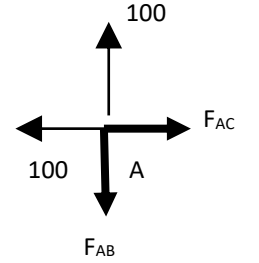
$$-100+F_{AC}=0$$

$$F_{AC}=100 \text{ N (Ç)}$$

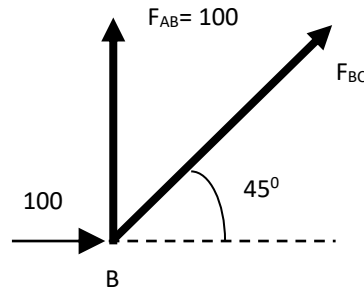
$$\uparrow + \quad \Sigma F_y = 0 \text{ (Yukarı Yön Pozitif)}$$

$$-F_{AB}+100=0$$

$$F_{AB}=100 \text{ N (Ç)}$$



Şekil 5.37.



Şekil 5.38.

$$\rightarrow + \quad \Sigma F_x = 0 \text{ (Sağ Yön Pozitif)}$$

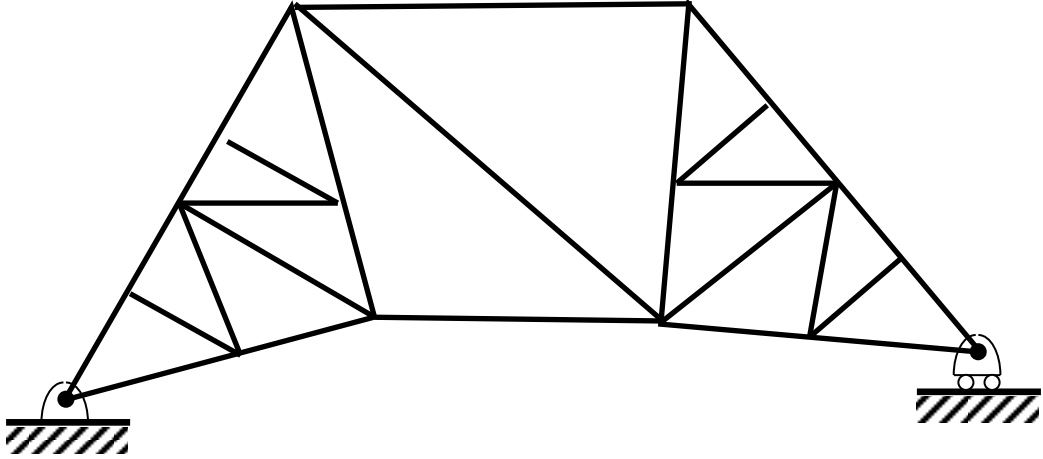
$$100+\sin 45^\circ F_{BC}=0$$

$$F_{BC}=-141,42 \text{ N}$$

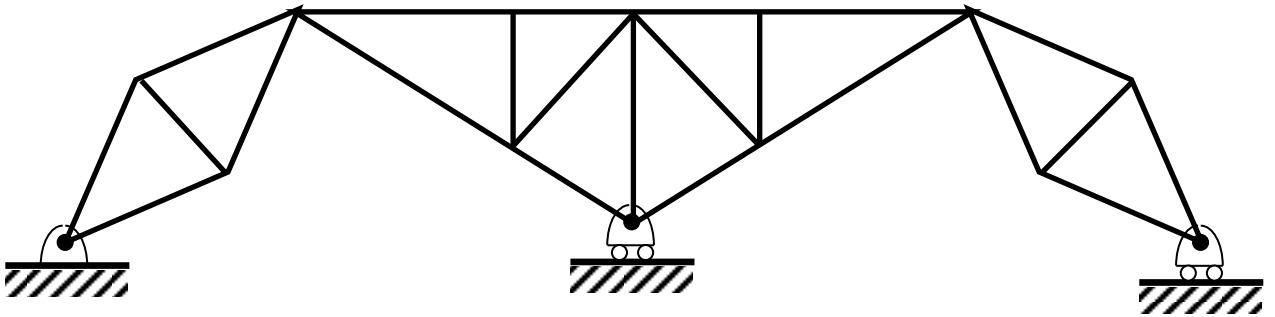
$$F_{BC}=141,42 \text{ N (B)}$$

5.5. Bileşik Kafes Sistemler

İki veya daha fazla basit kafes sistemin birleşmesi ile oluşan kafes sistemlere bileşik kafes sistem denir.



Şekil 5.39.



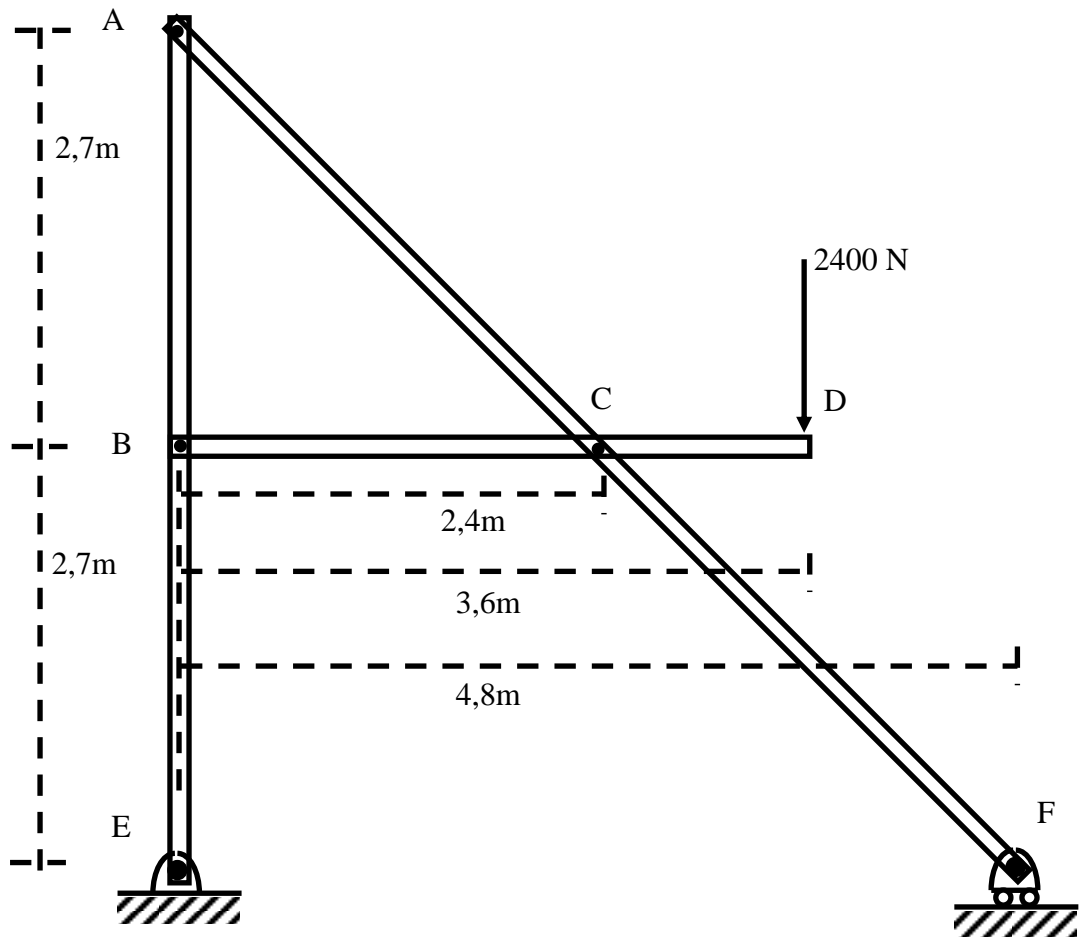
Şekil 5.40.

5.6. Çerçeveler ve Makinalar

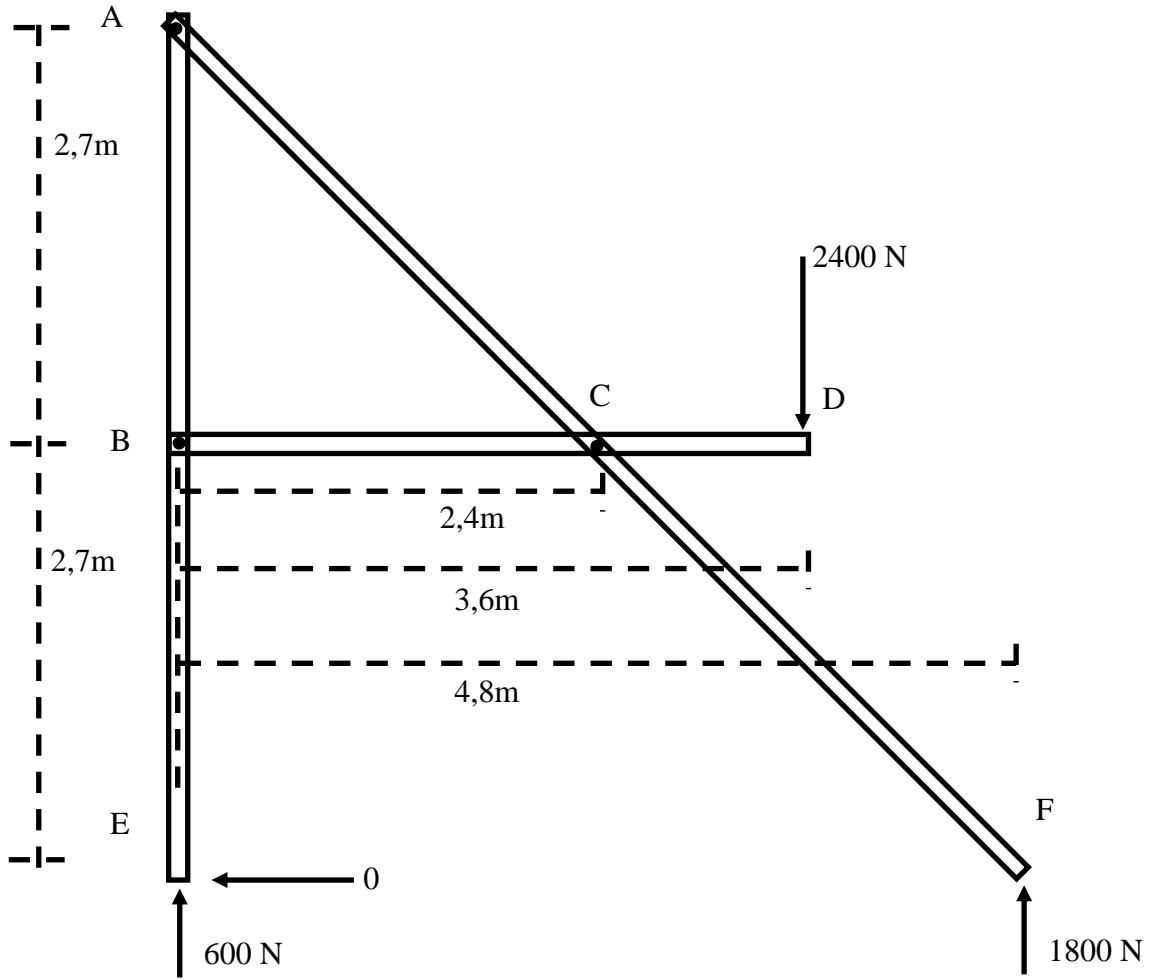
Kafes sistemlerde sistemin elemanları hep iki kuvvet cismi durumunda olup eksenel kuvvetler etkisi altında idiler. Genel olarak taşıyıcı sistemler çerçeveler ve makinalar denilen ve elemanları iki kuvvet cismi olmayabilen tiptendir (elemanlar içinde eksenel kuvvetten başka kuvvetler de var). Çerçeveler genellikle belirli etkilere statik olarak karşı koyar makinalar kuvvetleri ve hareketleri iletmeye yarar.

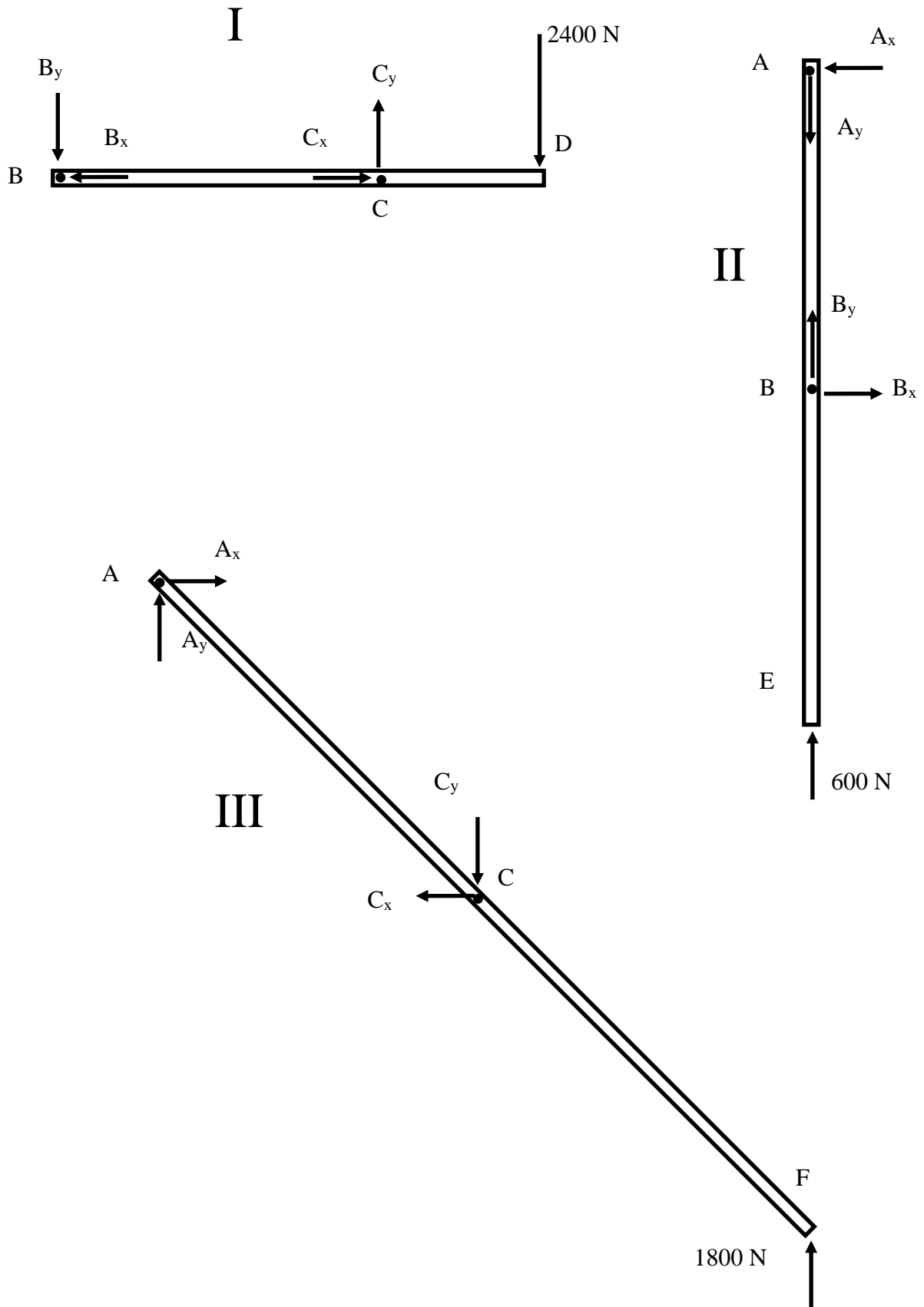
Düzlemsel olan çerçeve ve makinalarda iki kuvvet cismi olmayan parçaların her ara mafsalları ve sabit mafsallı mesnedinde bir bilinmeyen kuvvet bileşeni alınmalıdır.

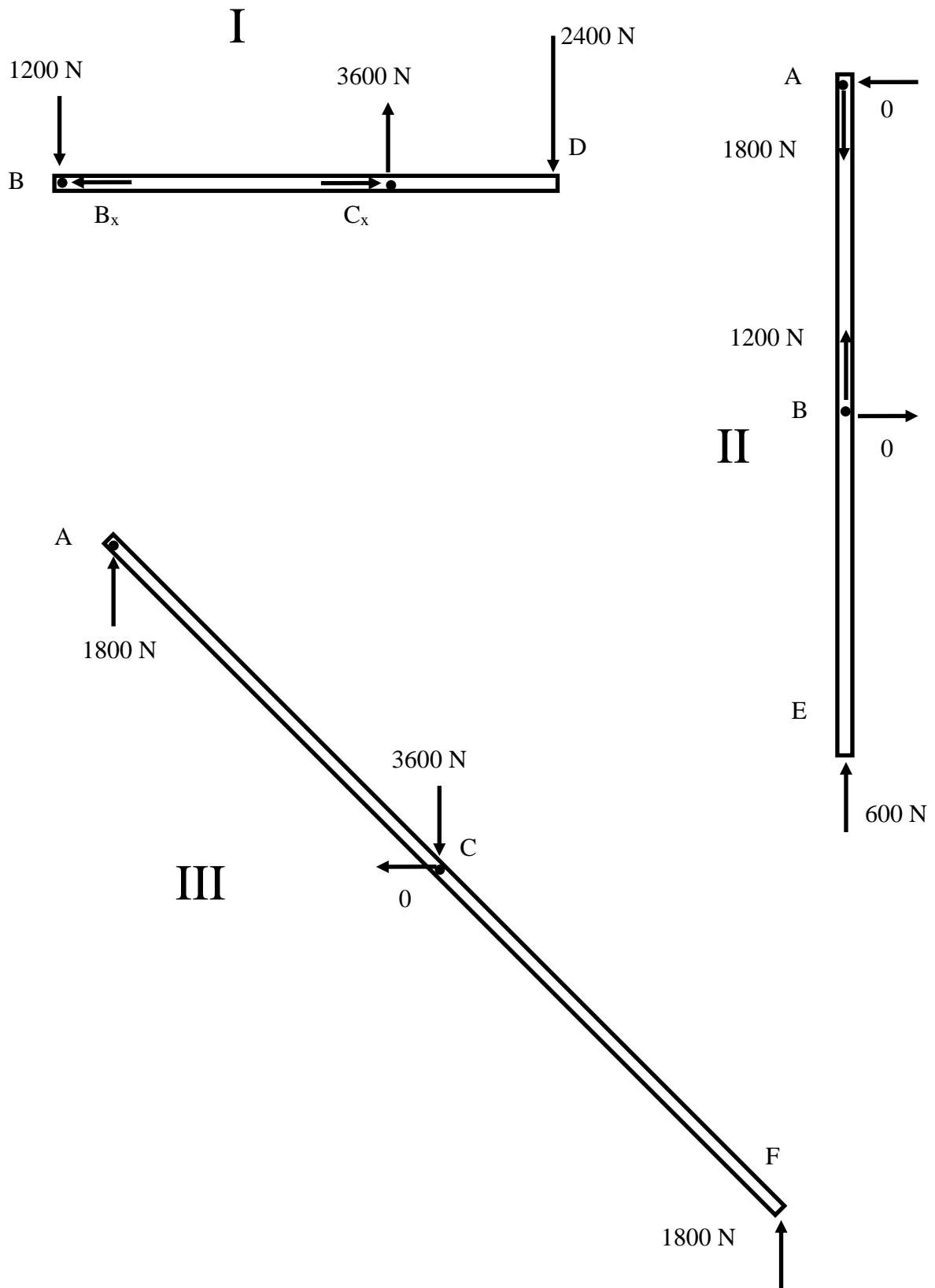
ÖRNEK (DERS NOTLARINDA YOK. TAHTADA ÇÖZÜM YAPILACAK)

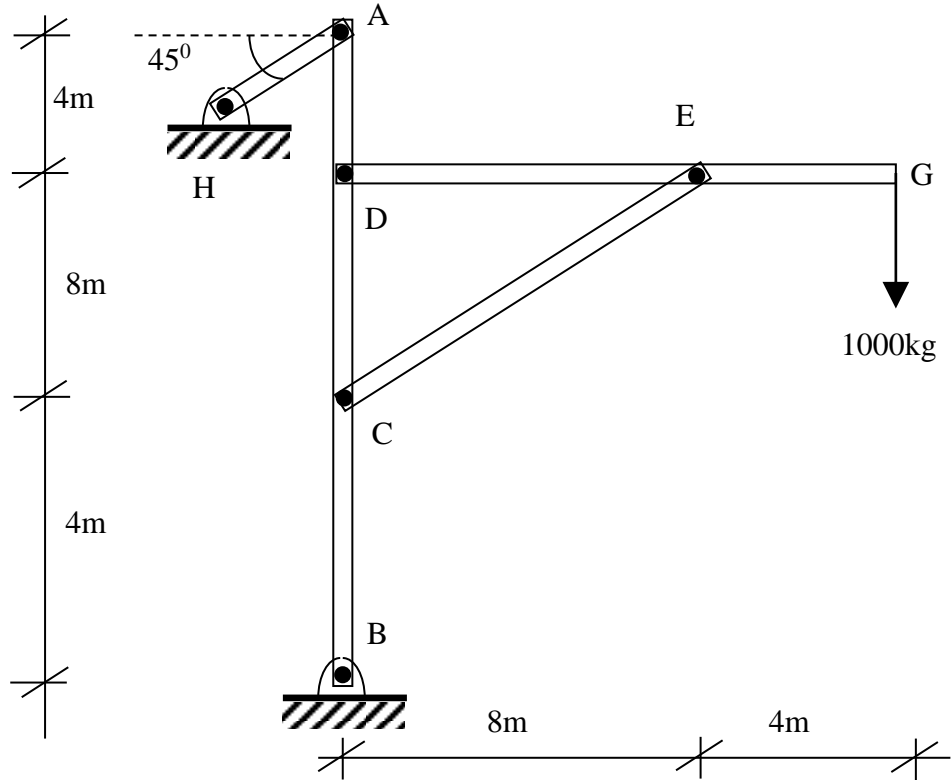


Bağlantı yerlerindeki kuvvetleri bulun



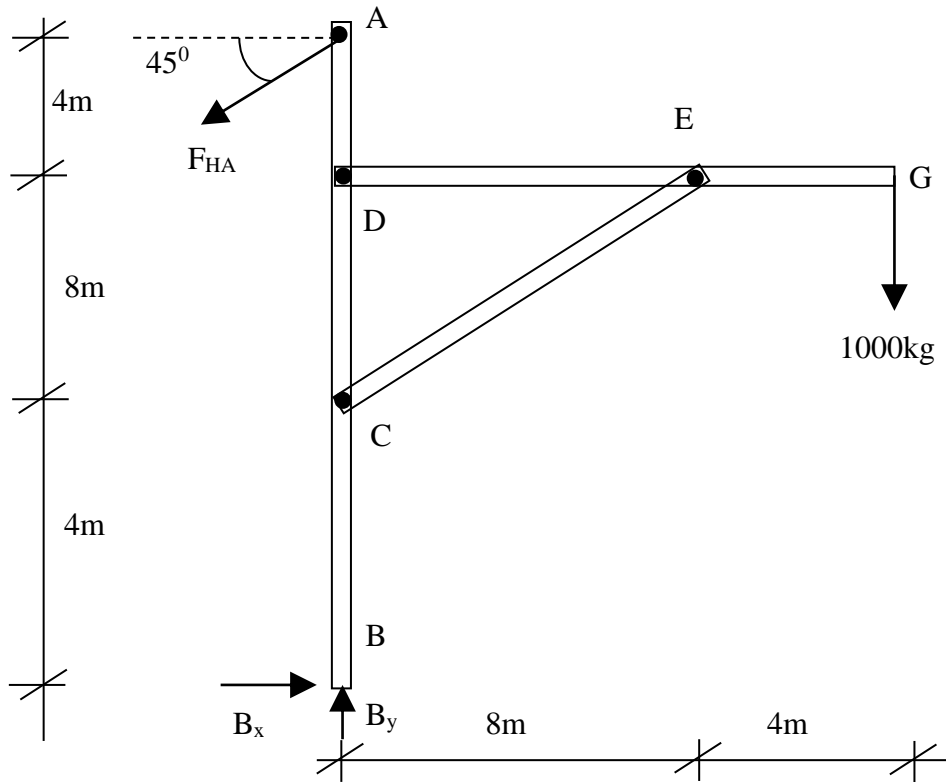




ÖRNEK

Şekil 5.45.

Mesnetlerde ve ara bağlantılardaki kuvvetleri bulunuz, AB'nin S.C.D. çiziniz.



Şekil 5.46.

$$+\curvearrowleft \quad \Sigma M_B = 0 \text{ (Saat Yönü Tersi Pozitif)}$$

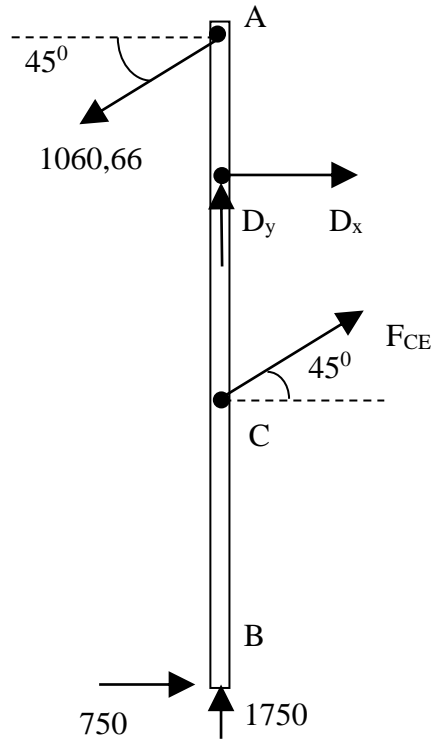
$$F_{HA} \cos 45^\circ \cdot 16 - 1000 \cdot 12 = 0 \quad F_{HA} = 1060,66 \text{ kg}$$

$$\uparrow + \quad \Sigma F_y = 0 \text{ (Yukarı Yön Pozitif)}$$

$$B_y - 1000 - F_{HA} \sin 45^\circ = 0 \quad B_y = 1750 \text{ kg}$$

$$\rightarrow + \quad \Sigma F_x = 0 \text{ (Sağ Yön Pozitif)}$$

$$B_x - F_{HA} \cos 45^\circ = 0 \quad B_x = 750 \text{ kg}$$



Şekil 5.47.

$$+\curvearrowleft \quad \Sigma M_D = 0 \text{ (Saat Yönü Tersi Pozitif)}$$

$$1060,66 \cos 45^\circ \cdot 4 + F_{CE} \cos 45^\circ \cdot 8 + 750 \cdot 12 = 0 \quad F_{CE} = -2121,32 \text{ kg}$$

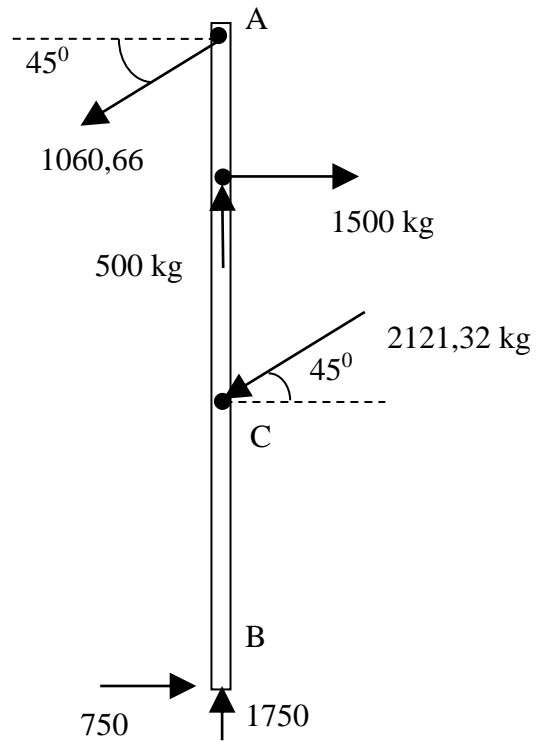
$$\uparrow + \quad \Sigma F_y = 0 \text{ (Yukarı Yön Pozitif)}$$

$$1750 - 1060,66 \sin 45^\circ + F_{CE} \sin 45^\circ + D_y = 0 \quad D_y = 500 \text{ kg}$$

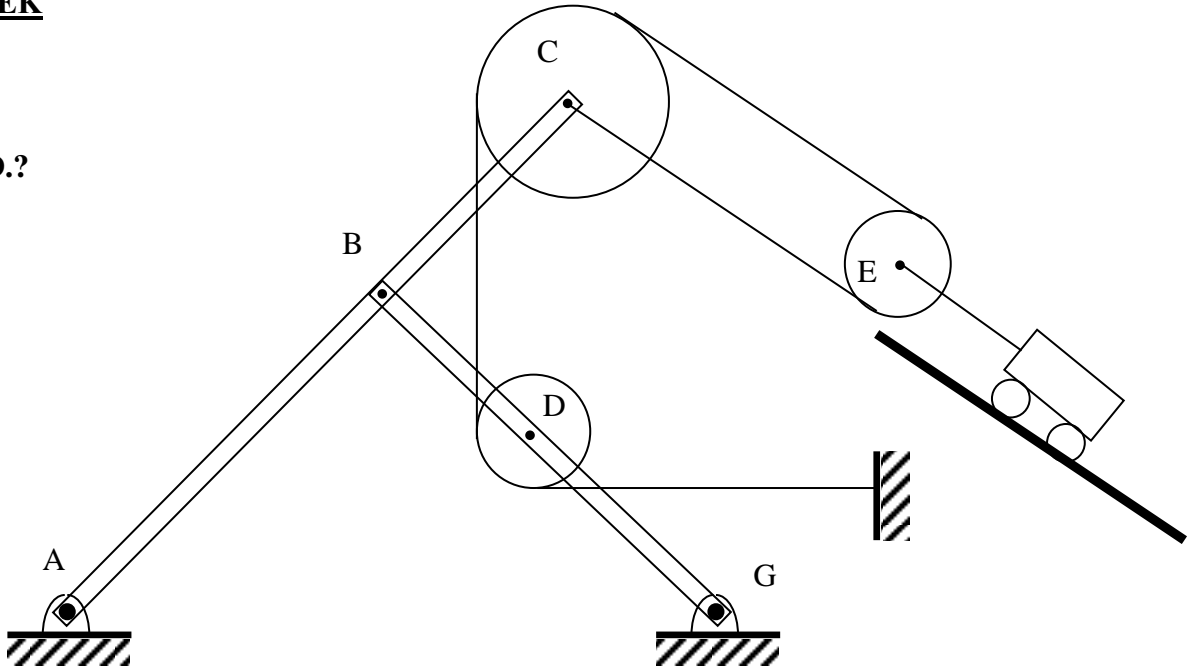
$$\rightarrow + \quad \sum F_x = 0 \text{ (Sağ Yön Pozitif)}$$

$$750 - 1500 + D_x - 750 = 0$$

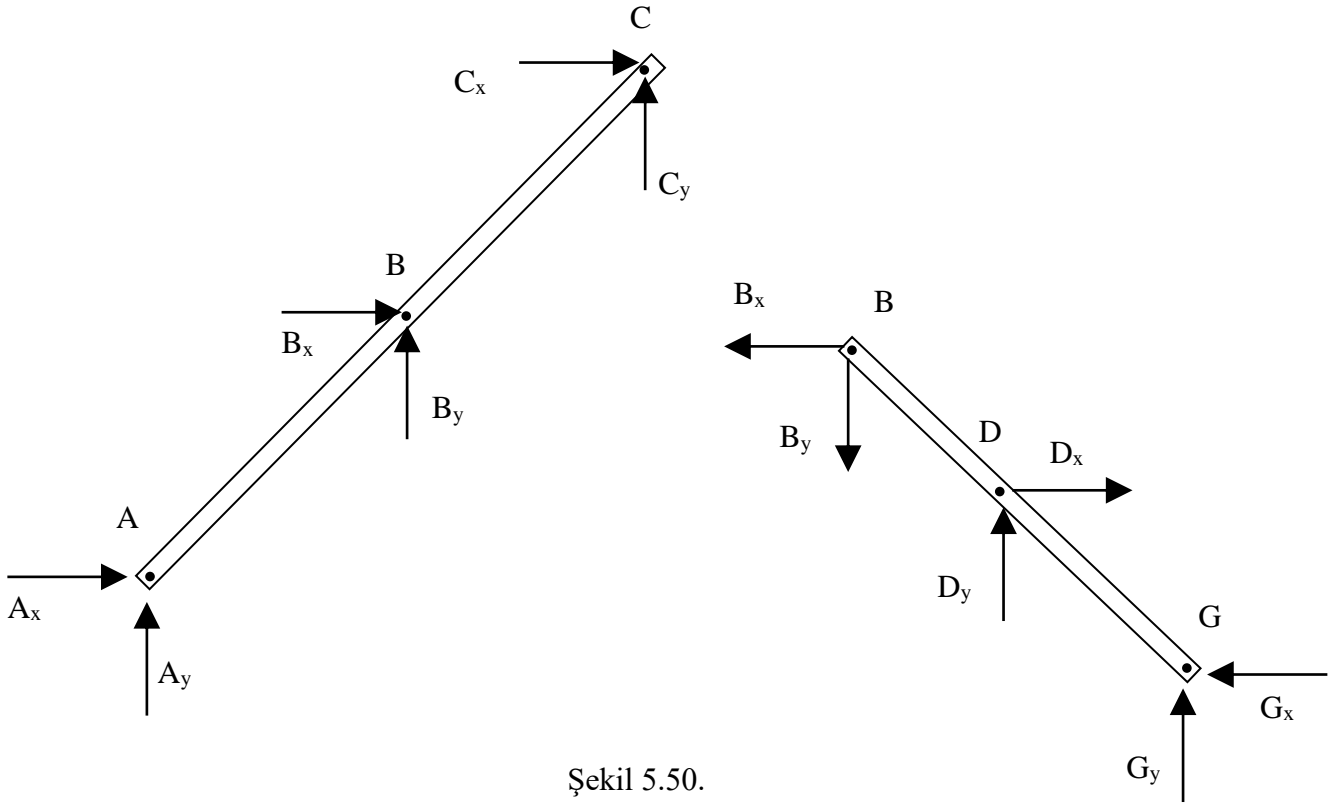
$$D_x = 1500 \text{ kg}$$



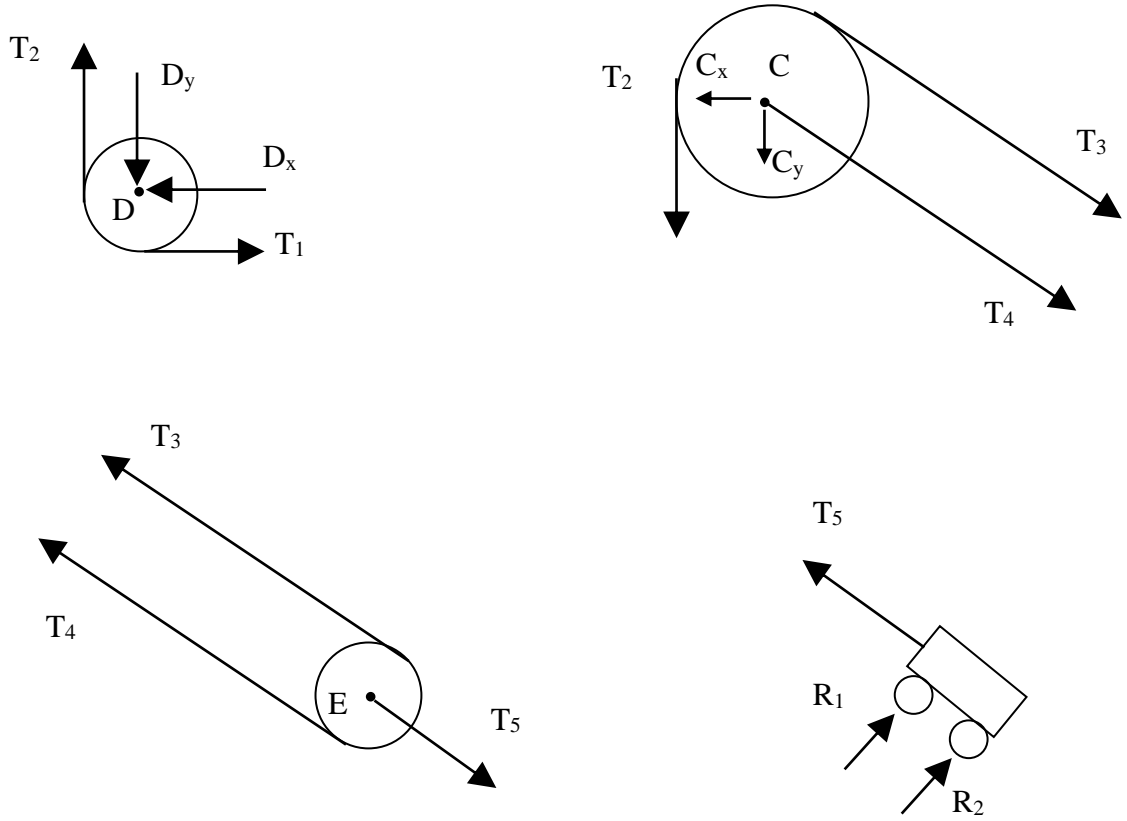
Şekil 5.48.

ÖRNEK**S.C.D.?**

Şekil 5.49.



Şekil 5.50.



Şekil 5.51.

17 BİLİNMEYEN

17 DENKLEM