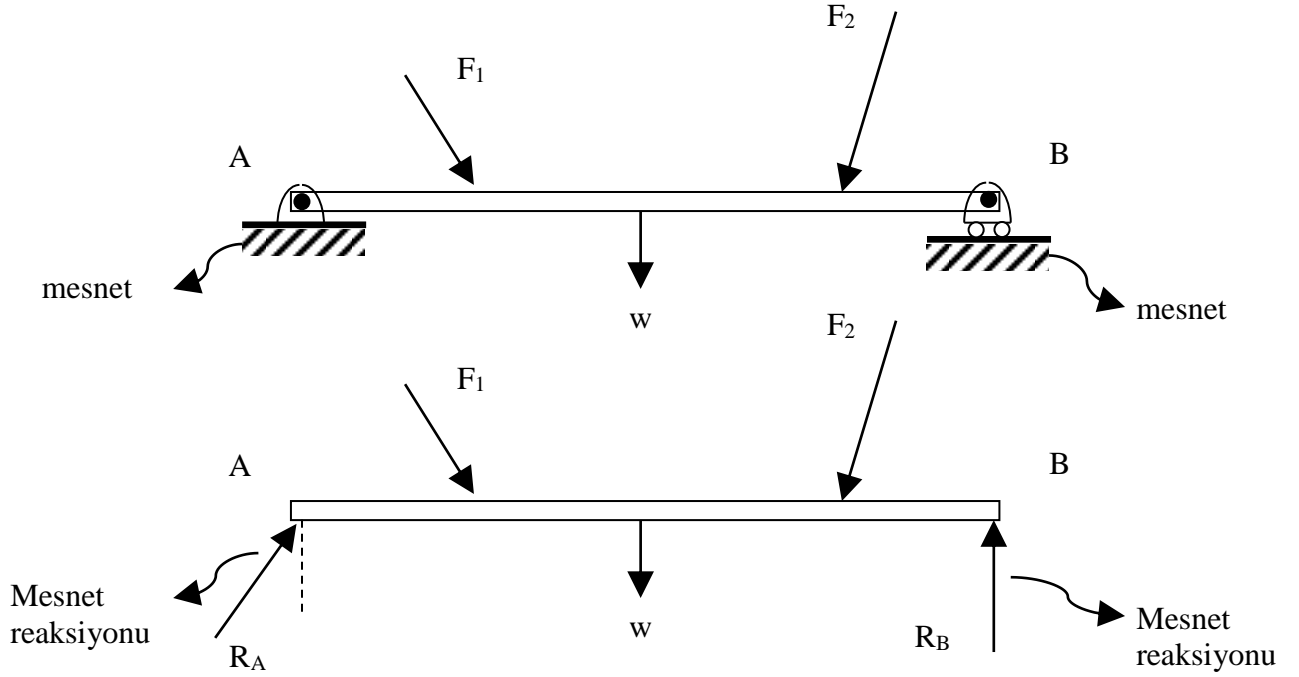


## BÖLÜM 4. RİJİT CİSİMLERİN DENGESİ

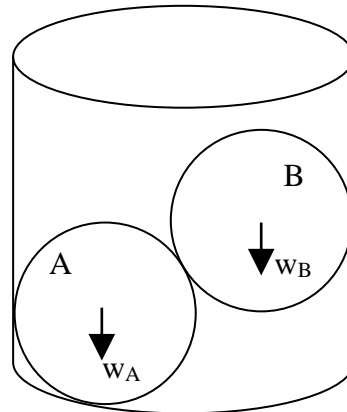
### 4.1. Serbest Cisim Diyagramı



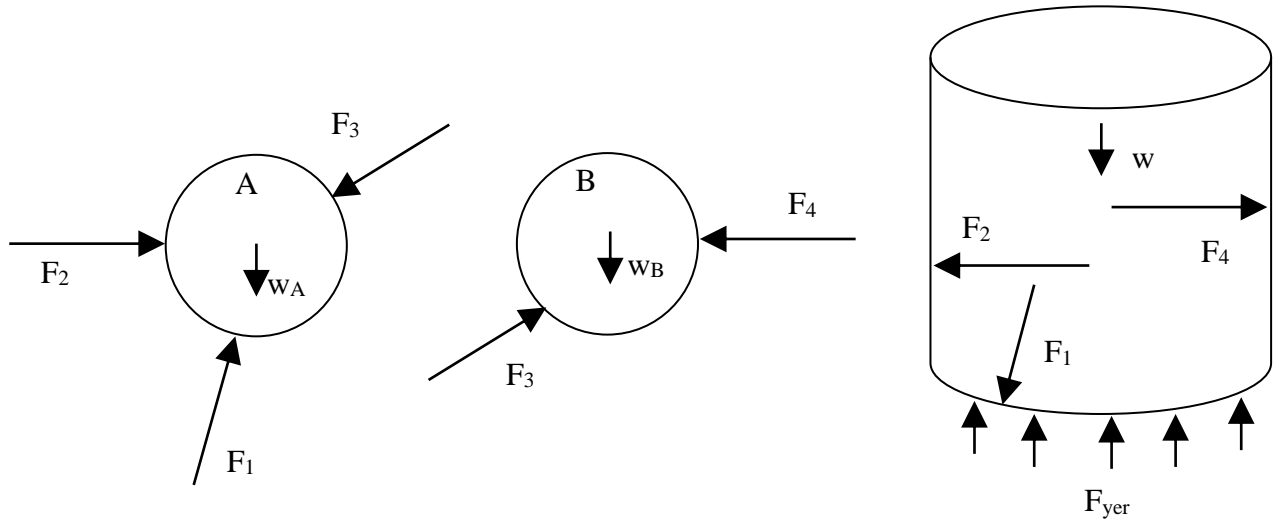
Şekil 4.1.

Bir cismin dıştan etki eden bütün kuvvetler ile birlikte çizilen diyagramına Serbest Cisim Diyagramı (SCD) denir.

İçinde 2 küre olan ve tüm yüzeyleri sürtünmesiz olan bir silindir



Şekil 4.2.

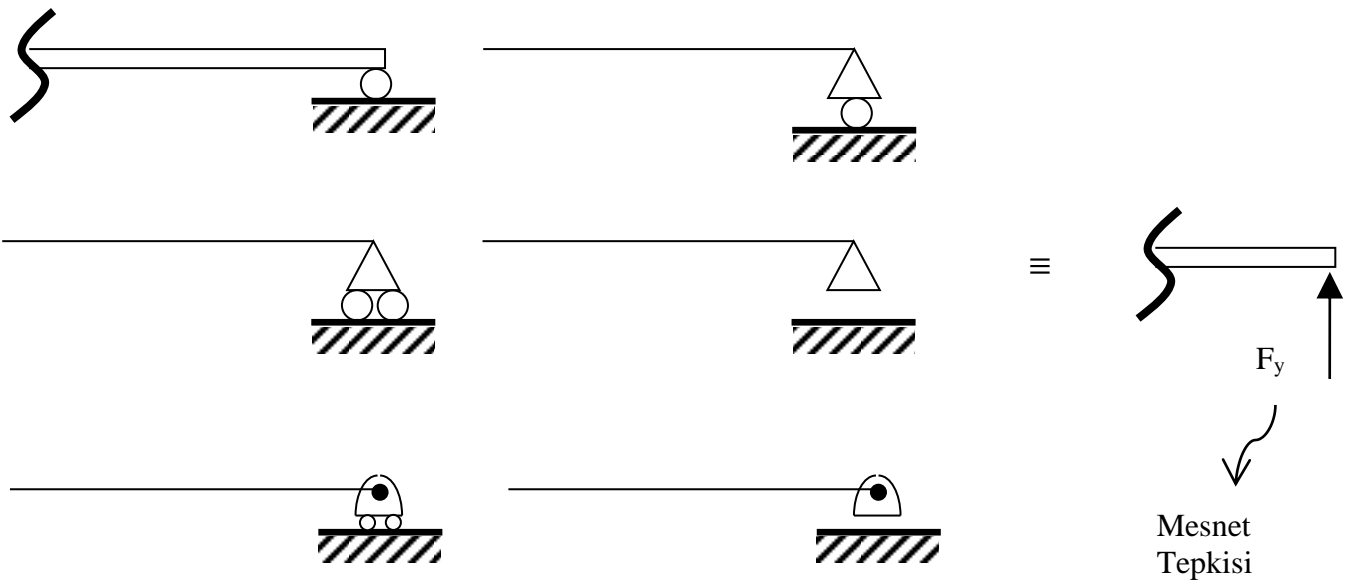


Şekil 4.3.

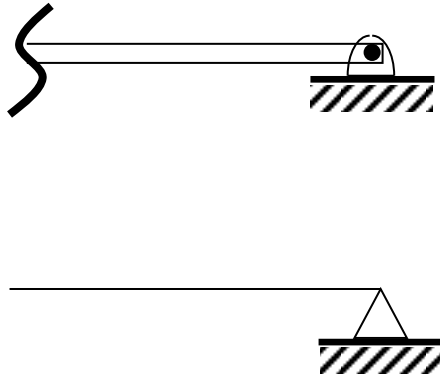
Pratik mühendislik problemlerinde özel mesnet şekilleri vardır. Her tip mesnet özel tip kuvvetler sağlar. Bu özel tip kuvveti bulmak için mesnetlenen cismi değişik şekilde hareket ettirmeyi inceleriz. Hareket ettiremediğimiz yönde bir kuvvet var demektir. (x, y, z doğrultularında ötelenme x, y, z etrafında dönme)

#### 4.1.1. Düzlemsel Mesnet Tipleri

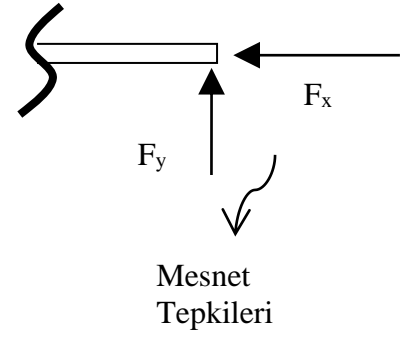
##### Kayıcı Mafsal



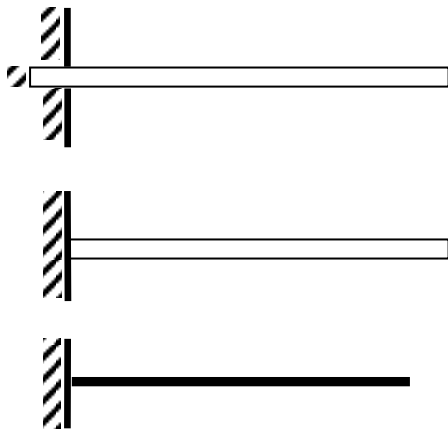
Şekil 4.4.

**Sabit Mafsal**

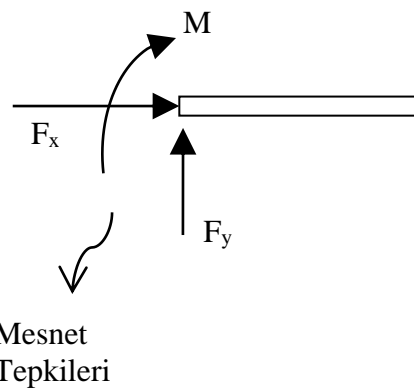
≡



Şekil 4.5.

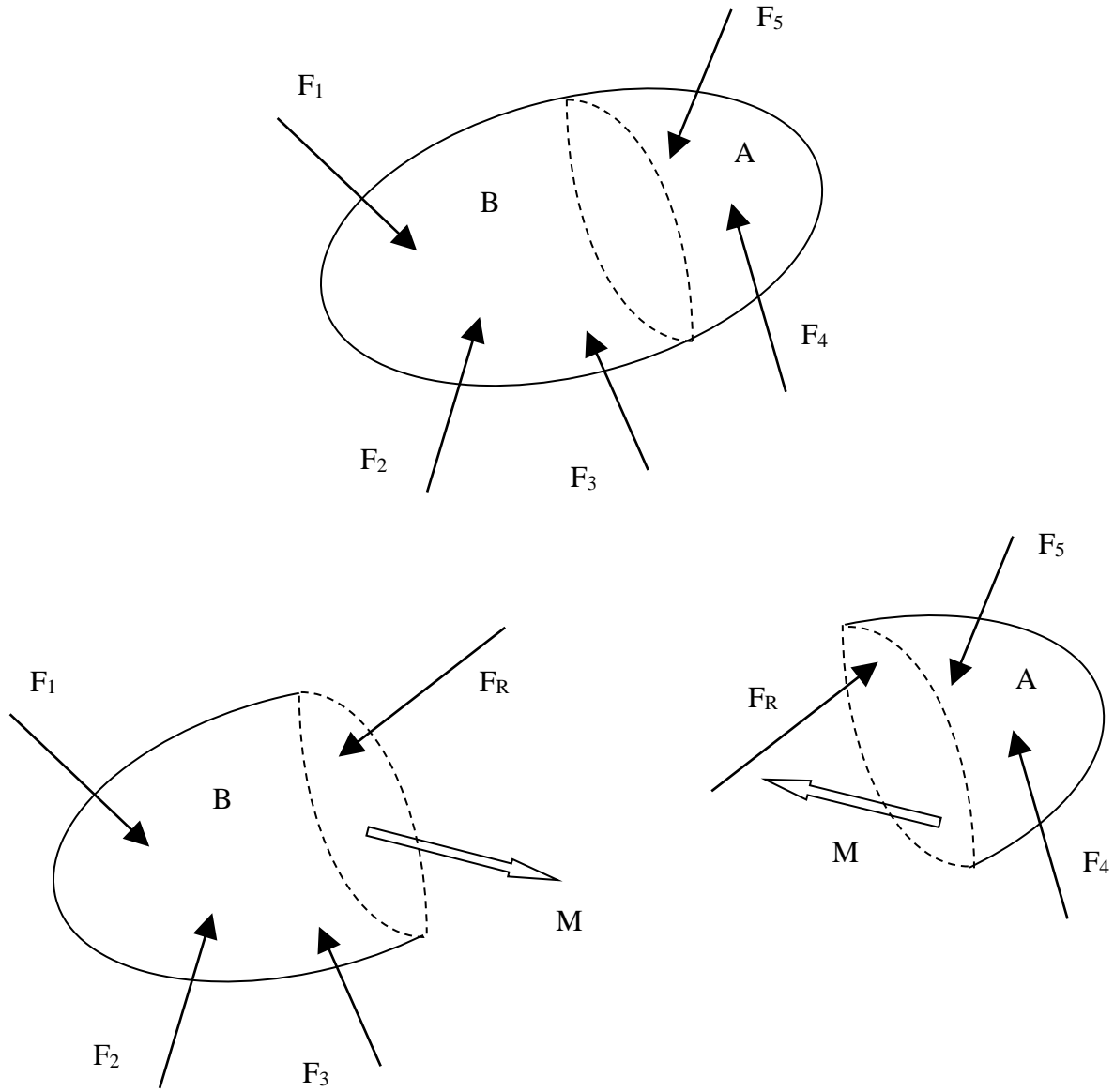
**Ankastre Mesnet**

≡

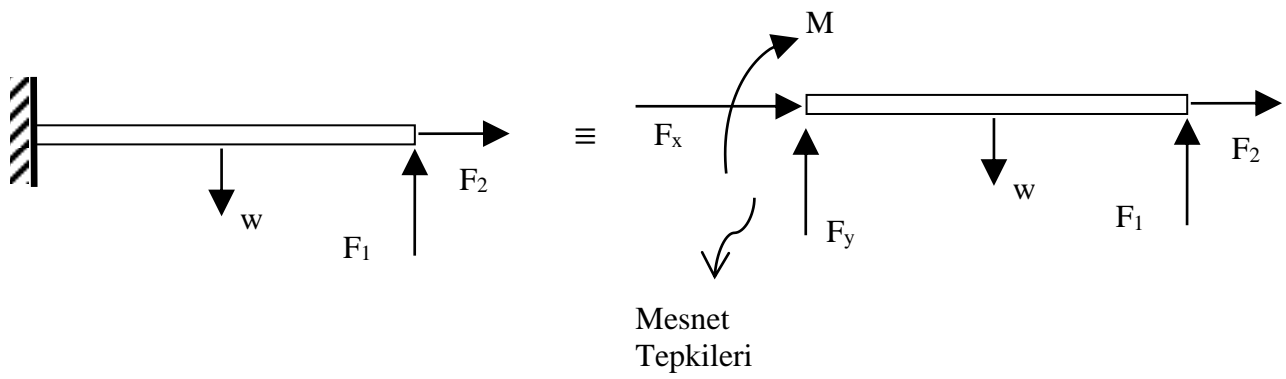


Şekil 4.6.

#### 4.2. İç Kesitleri Olan Serbest Cisim Diyagramları



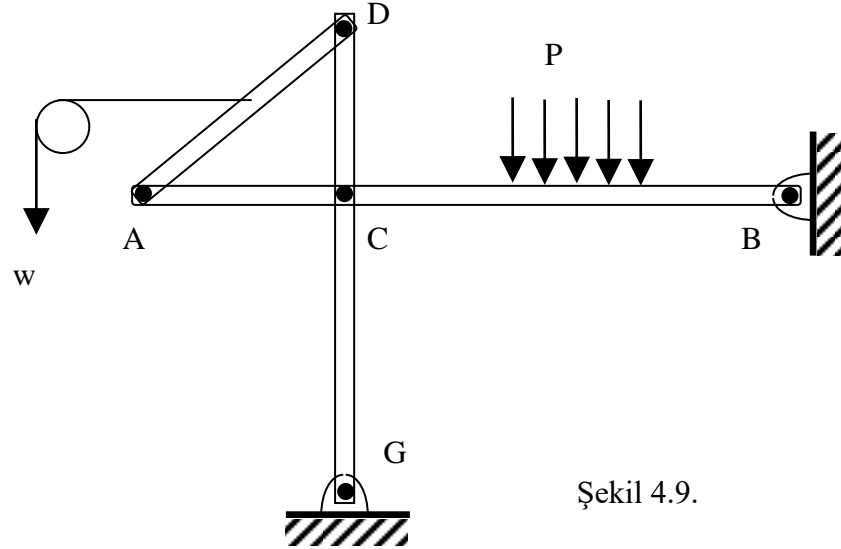
Şekil 4.7.



Şekil 4.8.

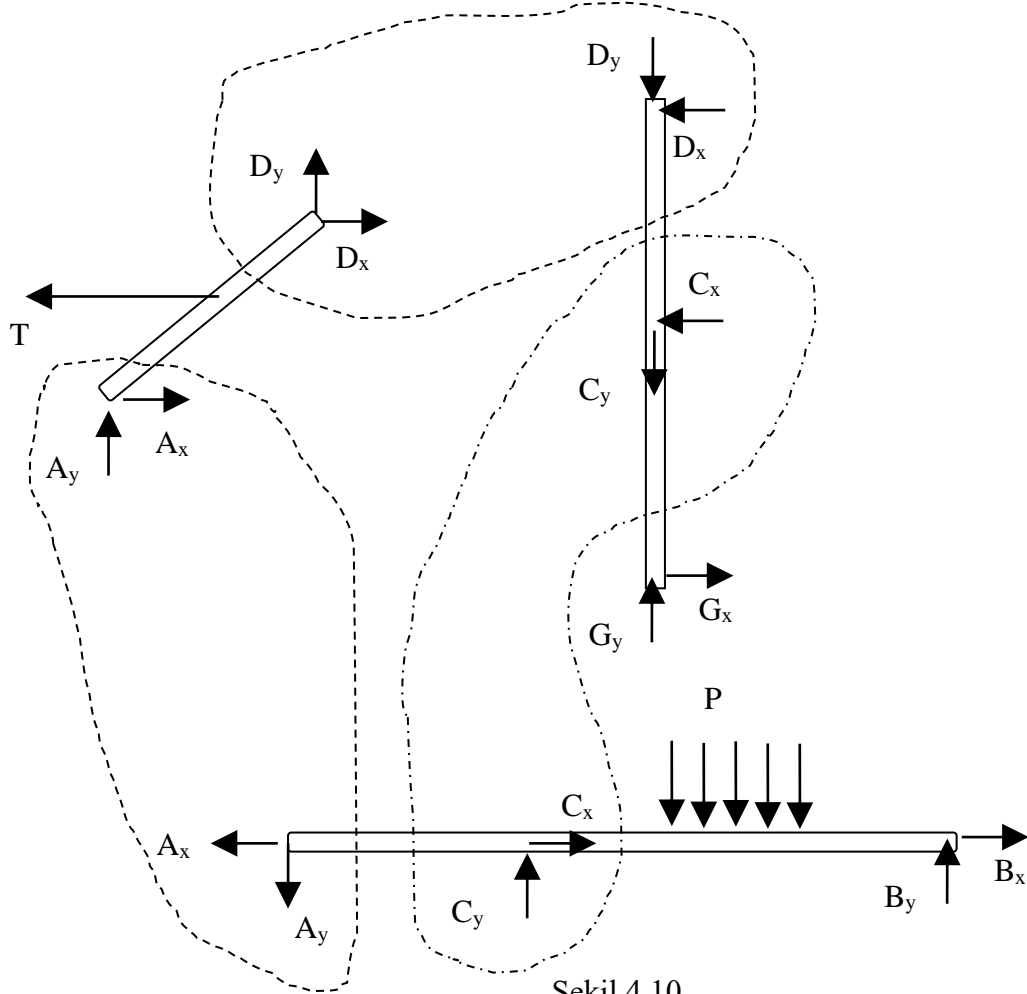
Bir ucu ankastre bir konsol kirişte yükler düşey düzlemde olup reaksiyonlarda(mesnet tepkileri) aynı düzlemde dir.

### ÖRNEK

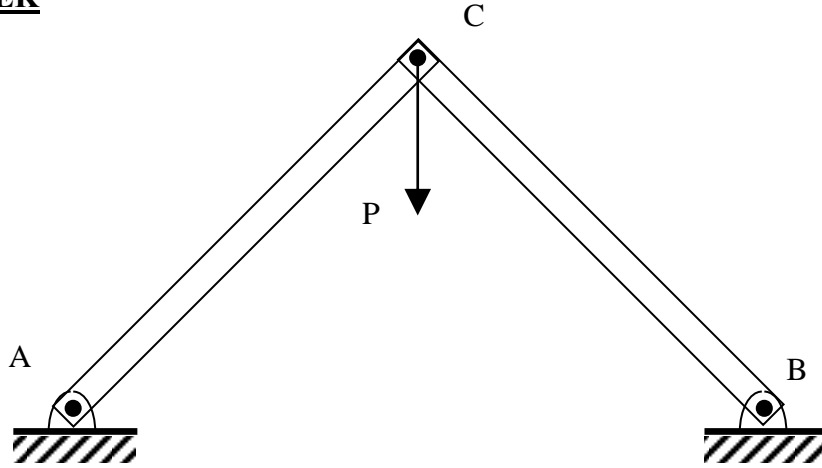


Şekil 4.9.

Her elemanın SCD çiziniz eleman ağırlıklarını ihmal ediniz.

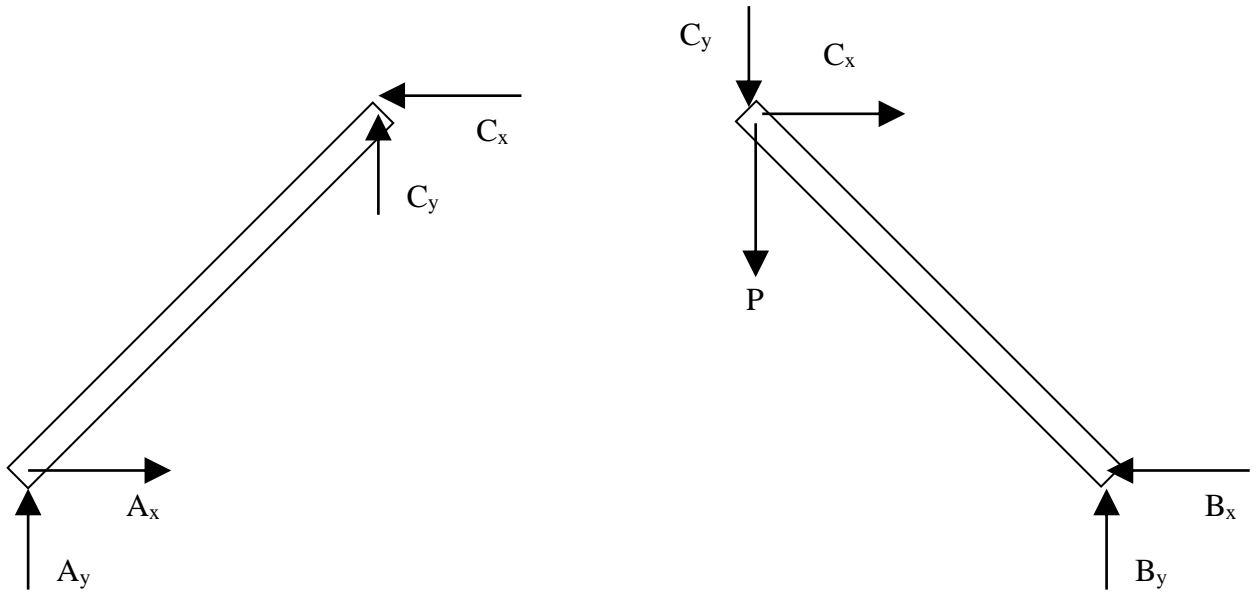


Şekil 4.10.

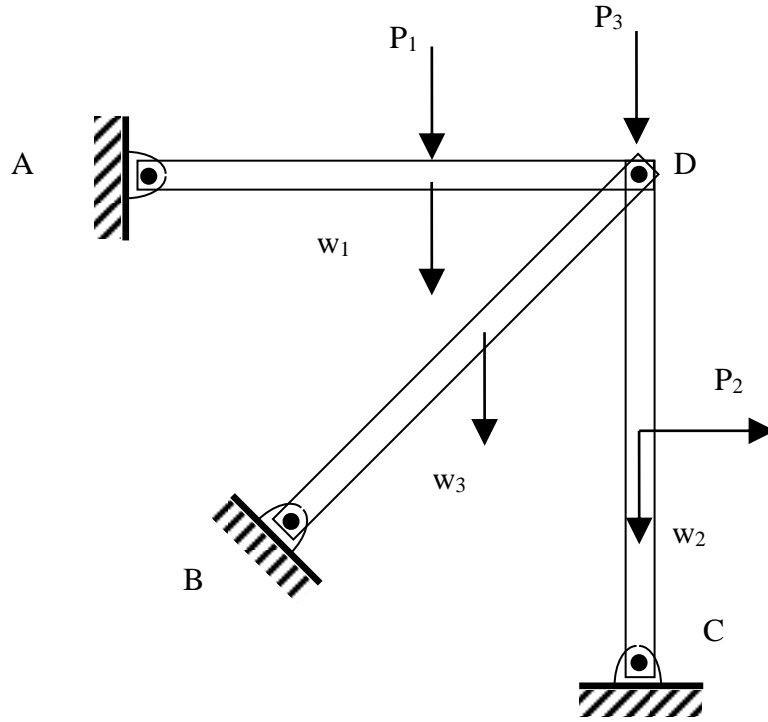
**ÖRNEK**

Şekil 4.11.

Serbest Cisim Diyagramını çiziniz

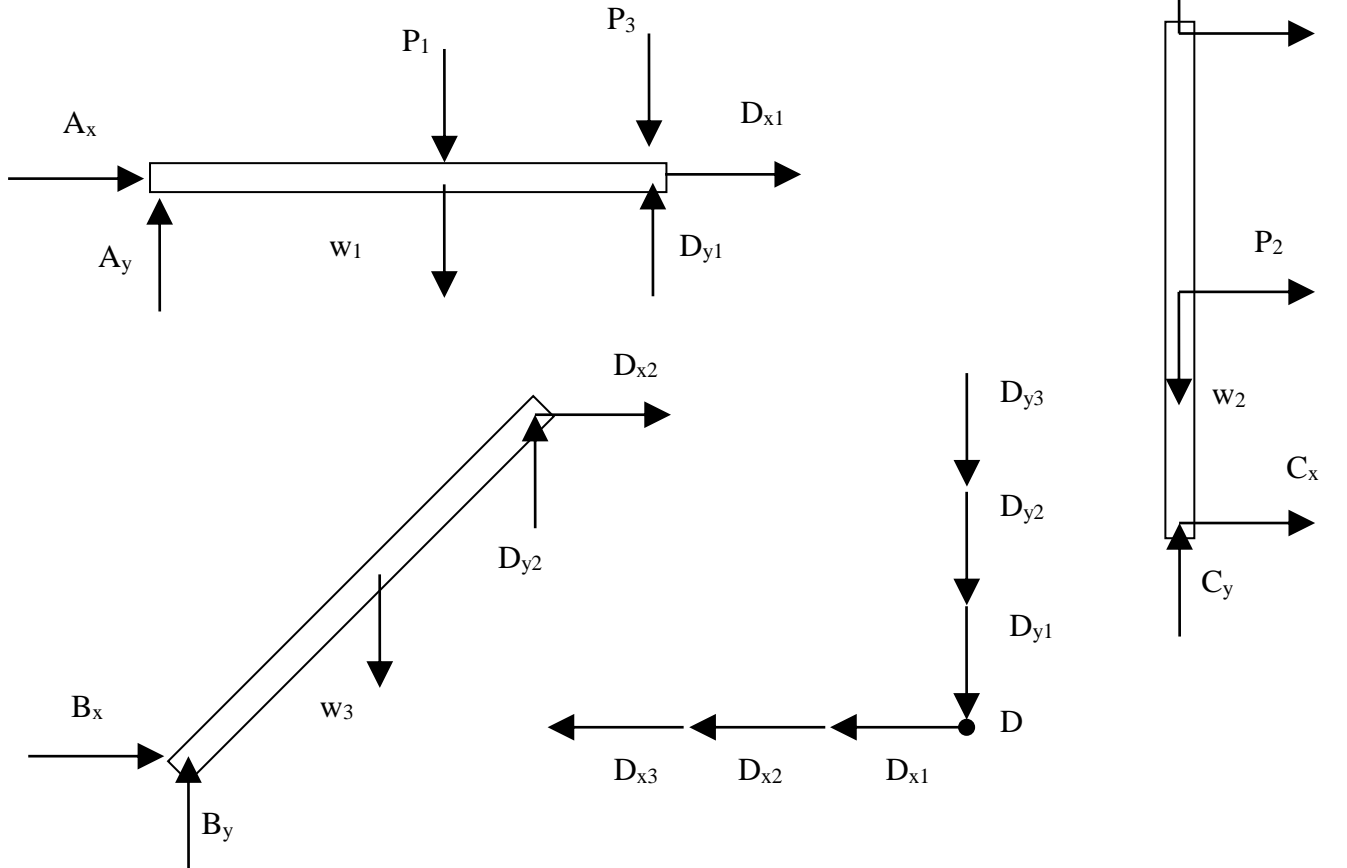


Şekil 4.12.

**ÖRNEK**

Şekil 4.13.

Bir mafsalda 3 tane ve daha çok eleman varsa SCD çiziniz



Şekil 4.14.

### 4.3. Denge Denklemleri

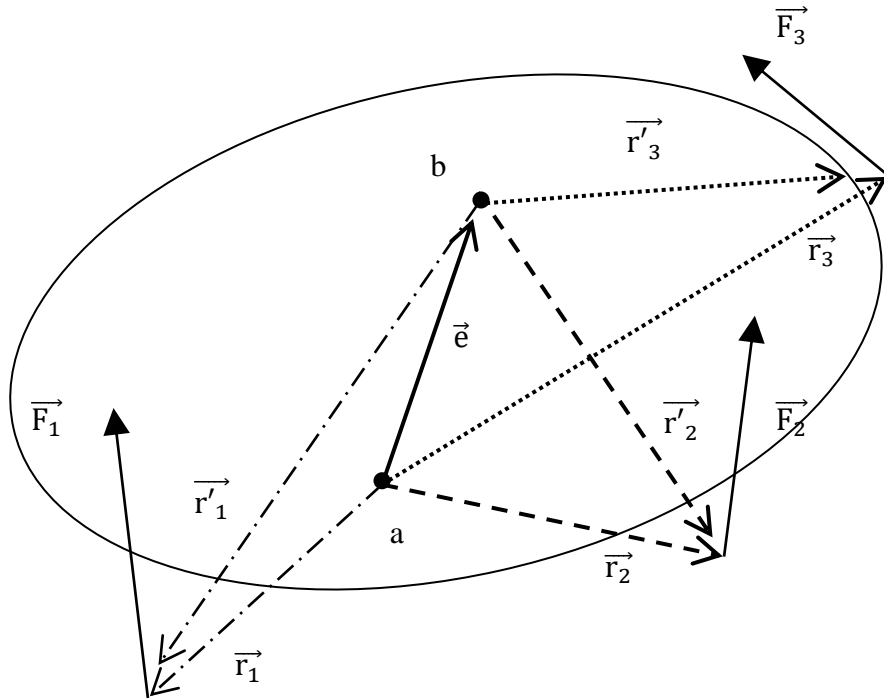
Bir rijit cismin dengede olması için gerekli ve yeterli koşullar bileşke kuvvet ve bir nokta etrafında momentin sıfır olmasıdır.

$$\vec{F}_R = \vec{0} \quad \vec{M}_R = \vec{0}$$

$\vec{F}_R$  tüm vektörlerin toplamıdır.  $\vec{M}_R$  kuvvet çifti momentleri ile kuvvetlerin taşınmasından doğan momentler toplamıdır.

$$\sum_{i=1}^n \vec{F}_i = \vec{0} \quad \sum_{i=1}^n (\vec{r}_i \times \vec{F}_i) + \sum_{i=1}^m \vec{M}_i = \vec{0}$$

$\vec{r}$  referans noktasından kuvvetlerin üzerindeki birer noktaya yer değiştirme vektörleridir. Şimdi bir referans noktası kullanılarak dengede olduğu gösterilen bir cismin başka bir noktaya göre de dengede olacağını gösterelim.



Şekil 4.15.

Diyelim ki cisim b noktasına göre dengededir. yani

$$\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots = \vec{0} \quad \vec{r}'_1 \times \vec{F}_1 + \vec{r}'_2 \times \vec{F}_2 + \dots = \vec{0}$$



Cisim a noktasına göre de dengededir.

$$\sum \vec{M}_a = \vec{0} \text{ olmalı}$$

$$\sum \vec{M}_a = \vec{r}_1 \times \vec{F}_1 + \vec{r}_2 \times \vec{F}_2 + \dots$$

$$\vec{r}_1 = \vec{e} + \vec{r}'_1 \quad \vec{r}_2 = \vec{e} + \vec{r}'_2$$

$$\sum \vec{M}_a = (\vec{e} + \vec{r}'_1) \times \vec{F}_1 + (\vec{e} + \vec{r}'_2) \times \vec{F}_2 + \dots = \vec{e} \times \vec{F}_1 + \vec{r}'_1 \times \vec{F}_1 + \vec{e} \times \vec{F}_2 + \vec{r}'_2 \times \vec{F}_2 + \dots$$

$$\sum \vec{M}_a = \vec{e} \times (\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots) + (\vec{r}'_1 \times \vec{F}_1 + \vec{r}'_2 \times \vec{F}_2 + \dots) = \vec{e} \times \vec{0} + \vec{0} = \vec{0}$$

$$\sum F_x = 0 \quad \sum M_x = 0$$

$$\sum F_y = 0 \quad \sum M_y = 0$$

$$\sum F_z = 0 \quad \sum M_z = 0$$

Bir rijit cisim için 6 bilinmeyen genellikle statik denge denklemleri ile bulunabilir. Düzlemsel problemlerde ise 3 adet denge denklemi

$$\sum F_x = 0 \quad \sum F_y = 0 \quad \sum M_z = 0$$

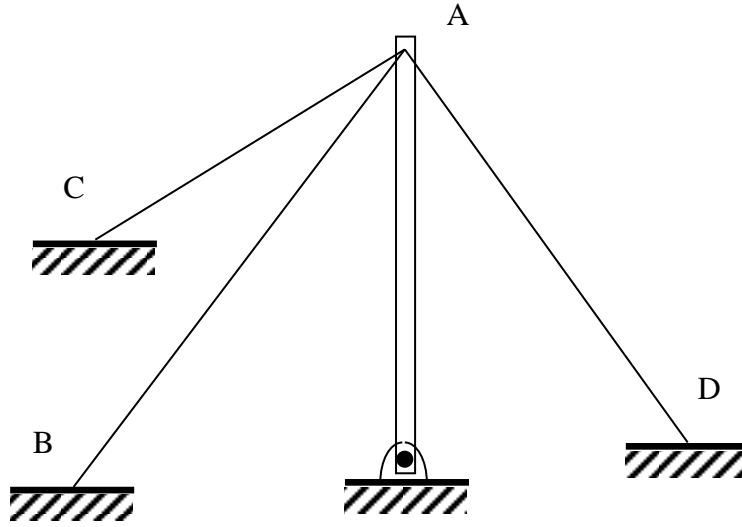
kullanılarak bilinmeyenler belirlenir.

#### 4.4. Özel Durumlarda Denge Denklemi

**Durum 1:** Aynı noktadan geçen kuvvetler.

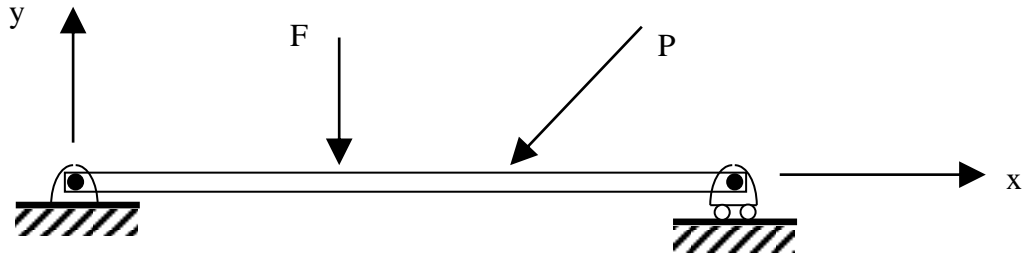
$$\sum F_x = 0 \quad \sum F_y = 0 \quad \sum F_z = 0$$

Bazı koşullar sağlanırsa bunların bir, iki veya üçünün yerine moment denklemi kullanılabilir.



Şekil 4.16.

**Durum 2:** Düzlemsel kuvvetler.



Şekil 4.17.

$$\sum F_x = 0 \quad \sum F_y = 0 \quad \sum M_z = 0$$

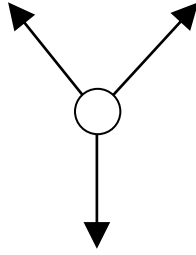
İki veya üç moment denklemi kullanılabilir.

**Durum 3:** Uzayda paralel kuvvetler.

$$\sum F_z = 0 \quad \sum M_x = 0 \quad \sum M_y = 0$$

yine üç moment denklemi yazılabilir.

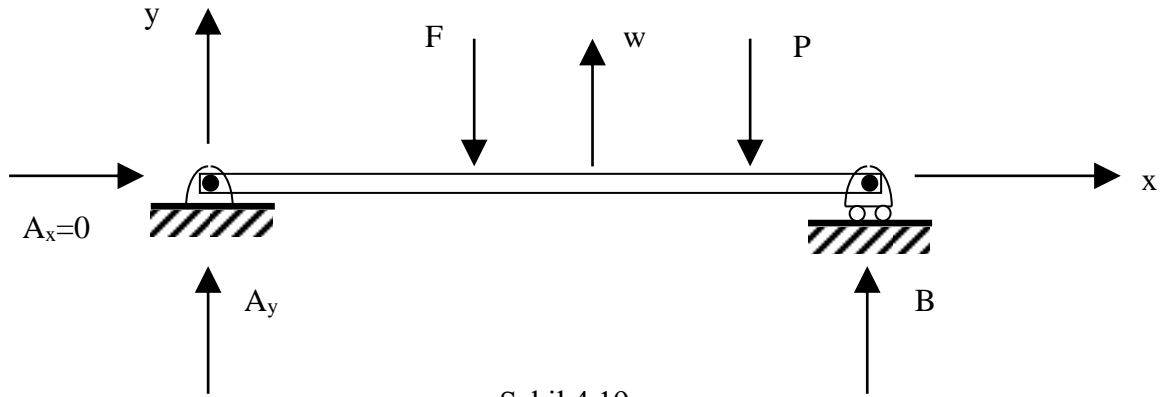
**Durum 4:** Aynı noktadan geçen düzlemsel kuvvetler.



Şekil 4.18.

$$\sum F_x = 0 \quad \sum F_y = 0$$

**Durum 5:** Paralel düzlemsel kuvvetler.



Şekil 4.19.

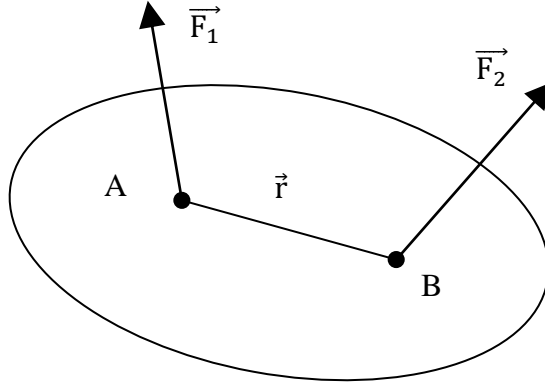
$$\sum F_y = 0 \quad \sum M_z = 0$$

#### 4.5. Denge Problemleri

Denge problemlerini çözmek için önce bilinmeyenleri saptar ve isimlendiririz. Sonra denge denklemlerini vektörel veya skaler olarak yazarız. **Bilinmeyenlere istediğimiz yönü veririz. Sonuç pozitif ise seçilen yön doğru negatif ise tersidir.**

#### 4.6. Dengeden Çıkan Bazı Sonuçlar

**Durum 1:** İki kuvvetle dengede olan cisim.

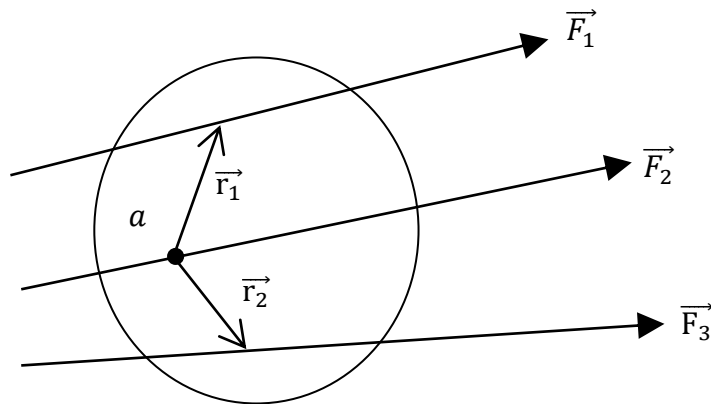


Şekil 4.20.

$$\vec{F}_1 + \vec{F}_2 = \vec{0} \quad \vec{F}_1 = -\vec{F}_2 \quad \sum M_A \neq 0$$

Bu durumda A noktasına göre momentin sıfır olması için ya  $\vec{F}_2$  sıfır olacak (mümkün değil çünkü  $\vec{F}_2 = 0$  olursa  $\vec{F}_1 = 0$  olur. Bu durumda kuvvet kalmaz) yada  $\vec{r}/\vec{F}_2$  veya  $\vec{r} = 0$  olmalı.

**Durum 2:** Üç kuvvetle dengede olan cisim.



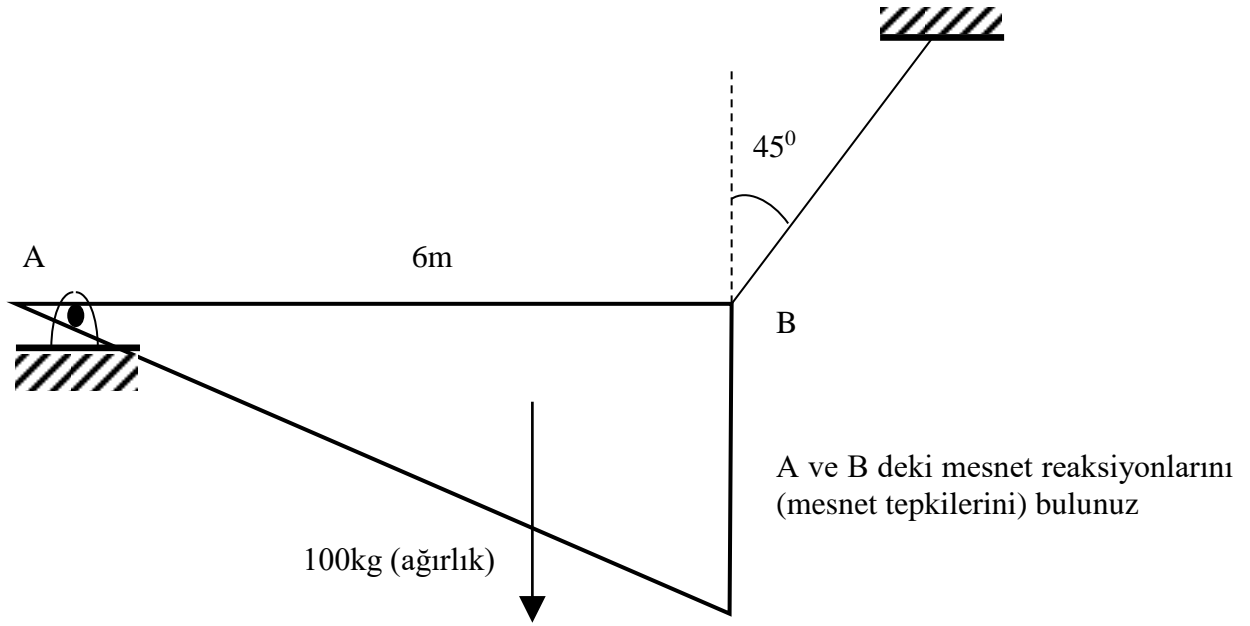
Şekil 4.21.

Dengede üç kuvvet aynı düzlemde olmalı ve tesir çizgileri ya paralel olmalı veya aynı noktadan geçmelidir.

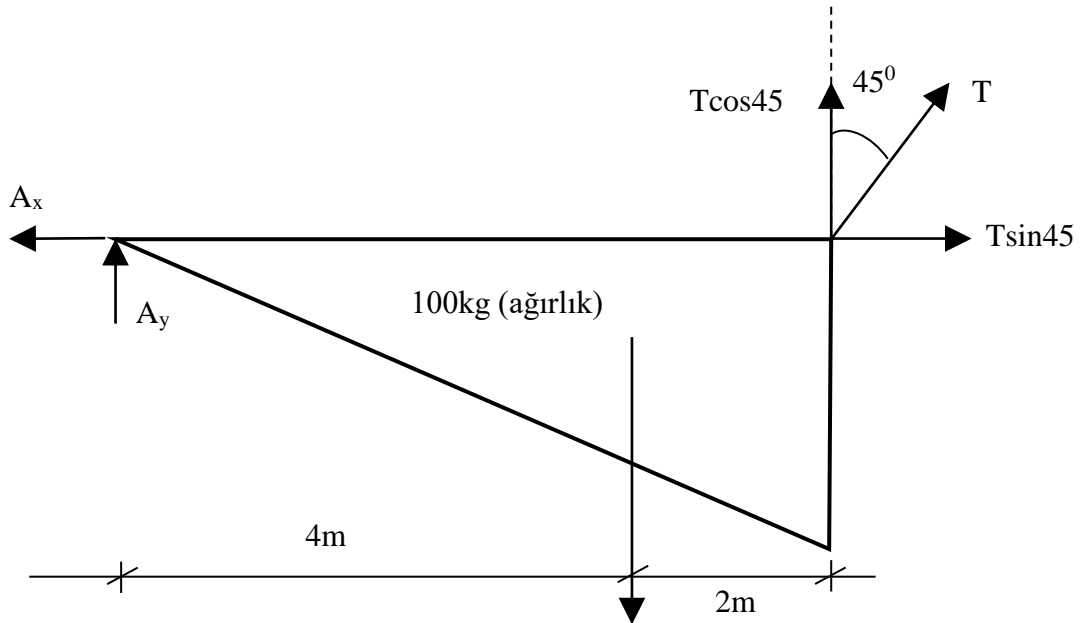
$$\vec{r}_1 \times \vec{F}_1 + \vec{r}_2 \times \vec{F}_2 = \vec{0} \quad \vec{r}_1 \times \vec{F}_1 = -\vec{r}_2 \times \vec{F}_2$$

Vektörel çarpım sonucu elde edilen dik vektörlerin doğrultu ve şiddetleri aynı yönleri terstir. Dik doğrultular paralel olmalıdır. Yani  $(a-F_1)$  ile  $(a-F_2)$  düzlemleri aynıdır.

### ÖRNEK



Şekil 4.22.



Şekil 4.23.

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

$$A_y \cdot 6 - 100 \cdot 2 = 0 \quad A_y = 33,3 \text{ kg}$$

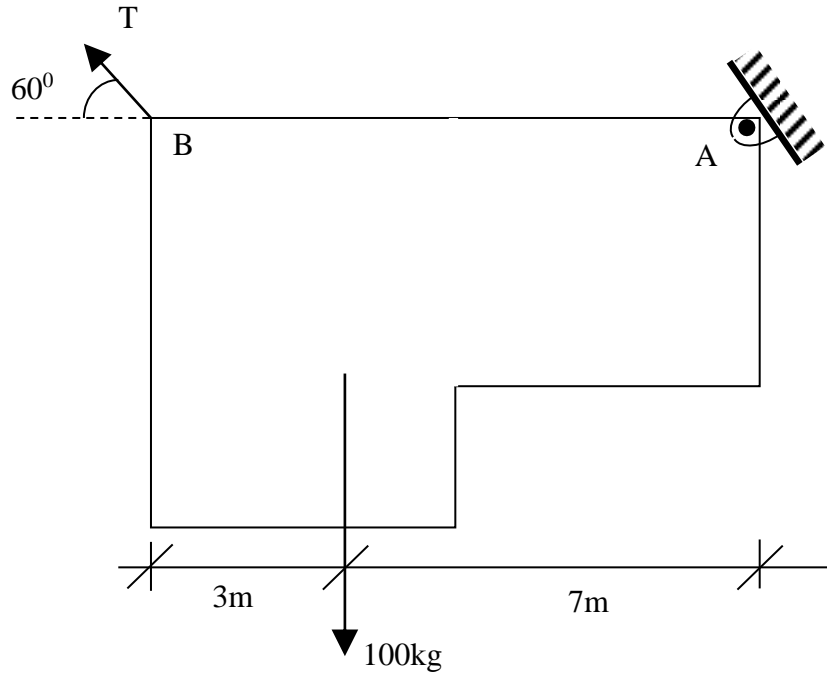
$$\uparrow + \quad \Sigma F_y = 0 \text{ (Yukarı Yön Pozitif)}$$

$$A_y + T \cos 45 - 100 = 0 \quad T = 94,28 \text{ kg}$$

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

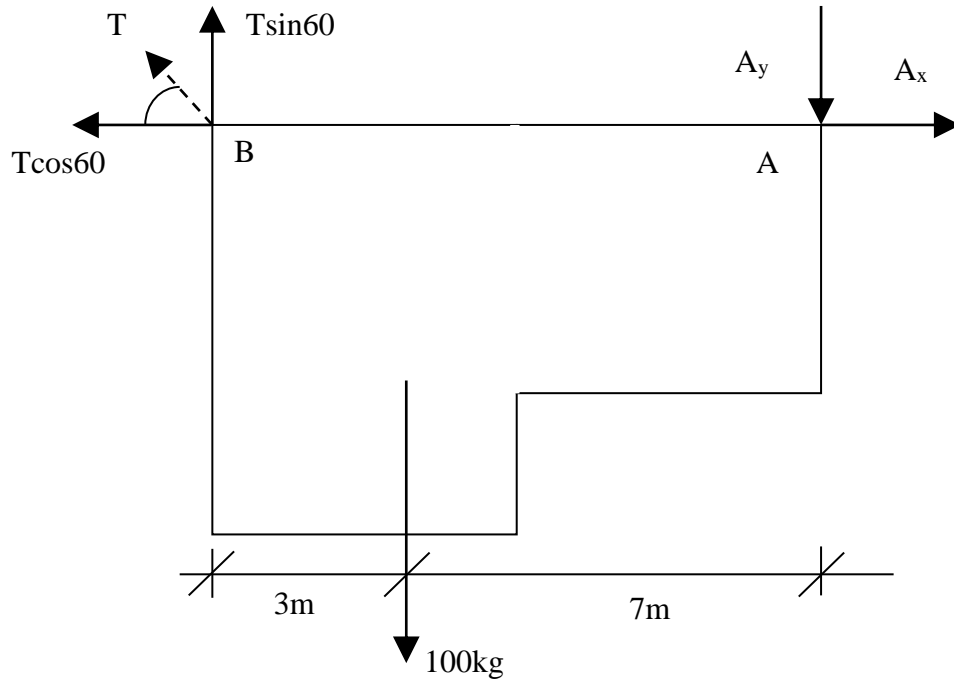
$$-A_x + T \sin 45 = 0 \quad A_x = 66,67 \text{ kg} \quad A = \sqrt{33,3^2 + 66,67^2} = 74,52 \text{ kg}$$

### ÖRNEK



Şekil 4.24.

A'daki ve B'deki kuvvetleri bulunuz



Şekil 4.25.

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

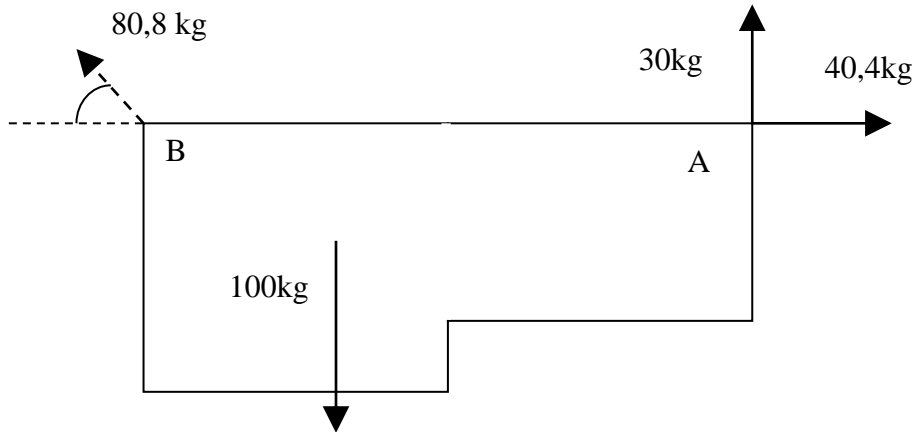
$$100 \cdot 3 + A_y \cdot 10 = 0 \quad A_y = -30 \text{ kg}$$

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

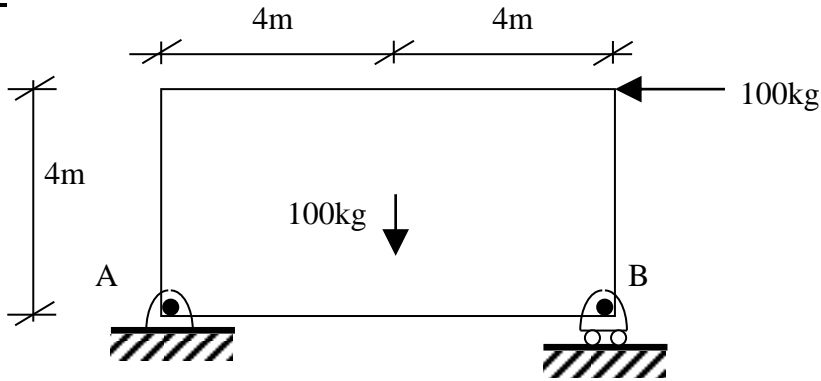
$$T \sin 60 - A_y - 100 = 0 \quad T \sin 60 + 30 - 100 = 0 \quad T = 80,8 \text{ kg}$$

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

$$-T \cos 60 + A_x = 0 \quad A_x = 40,4 \text{ kg} \quad A = \sqrt{40,4^2 + (-30)^2} = 50,33 \text{ kg}$$

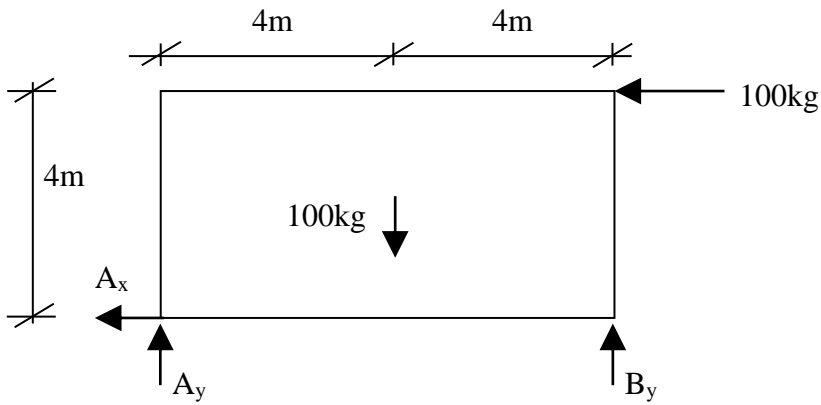


Şekil 4.26.

**ÖRNEK**

Şekil 4.27.

A ve B'deki mesnet tepkilerinin bulunuz



Şekil 4.28.

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

$$-100 \cdot 4 + 100 \cdot 4 + B_y \cdot 8 = 0 \quad B_y = 0 \text{ kg}$$

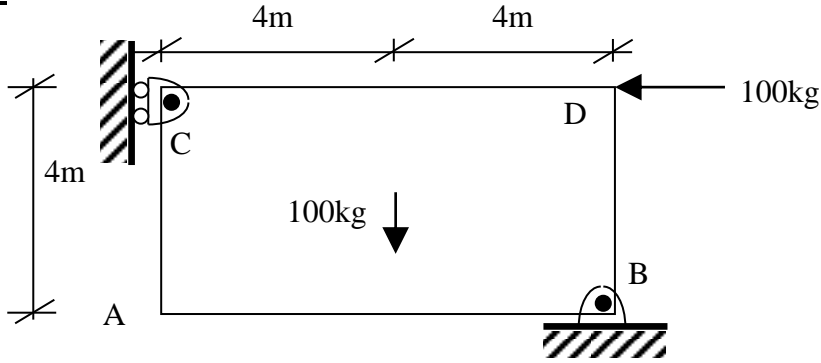
$$\rightarrow + \quad \sum F_x = 0 \text{ (Sağ Yön Pozitif)}$$

$$-100 - A_x = 0 \quad A_x = -100 \text{ kg}$$

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

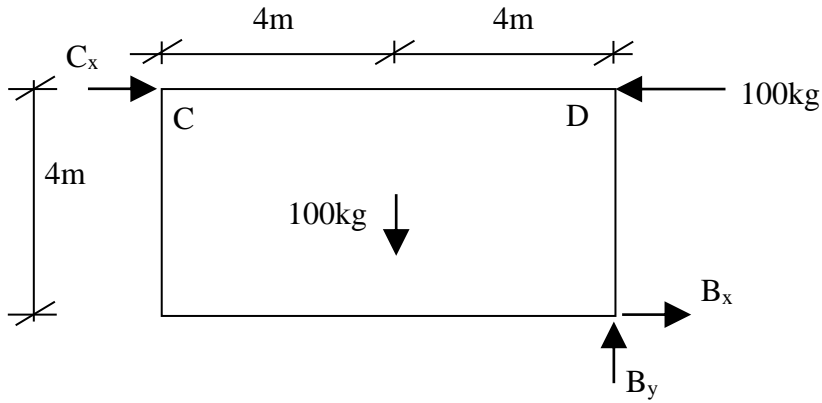
$$B_y + A_y - 100 = 0 \quad A_y = 100 \text{ kg}$$



**ÖRNEK**

Şekil 4.29.

B ve C'deki mesnet tepkilerinin bulunuz



Şekil 4.30.

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

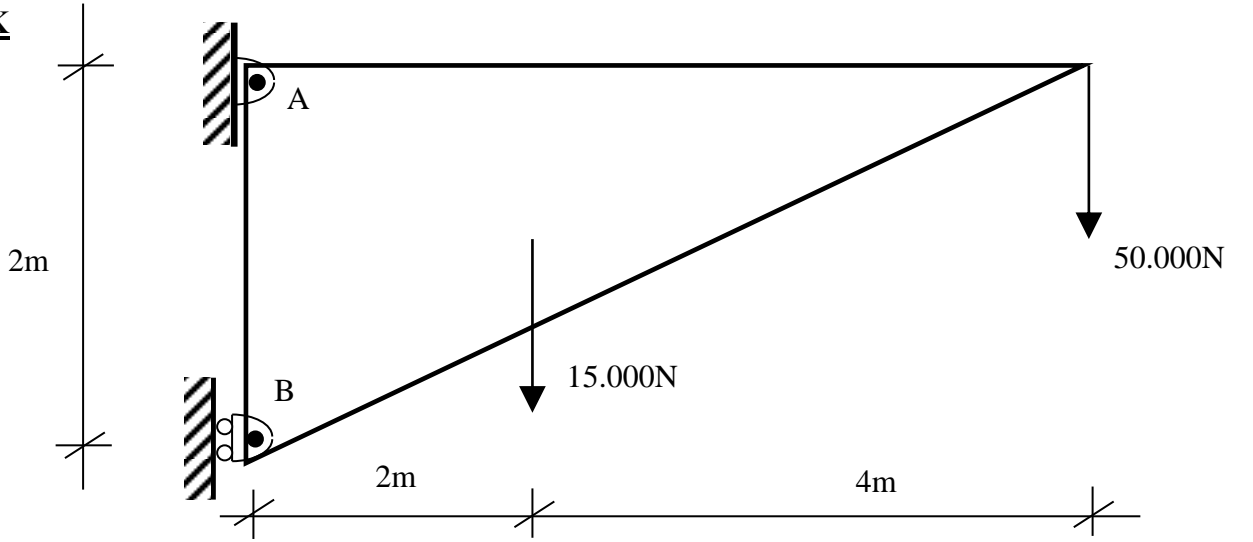
$$100 \cdot 4 + 100 \cdot 4 - C_x \cdot 4 = 0 \quad C_x = 200 \text{ kg}$$

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

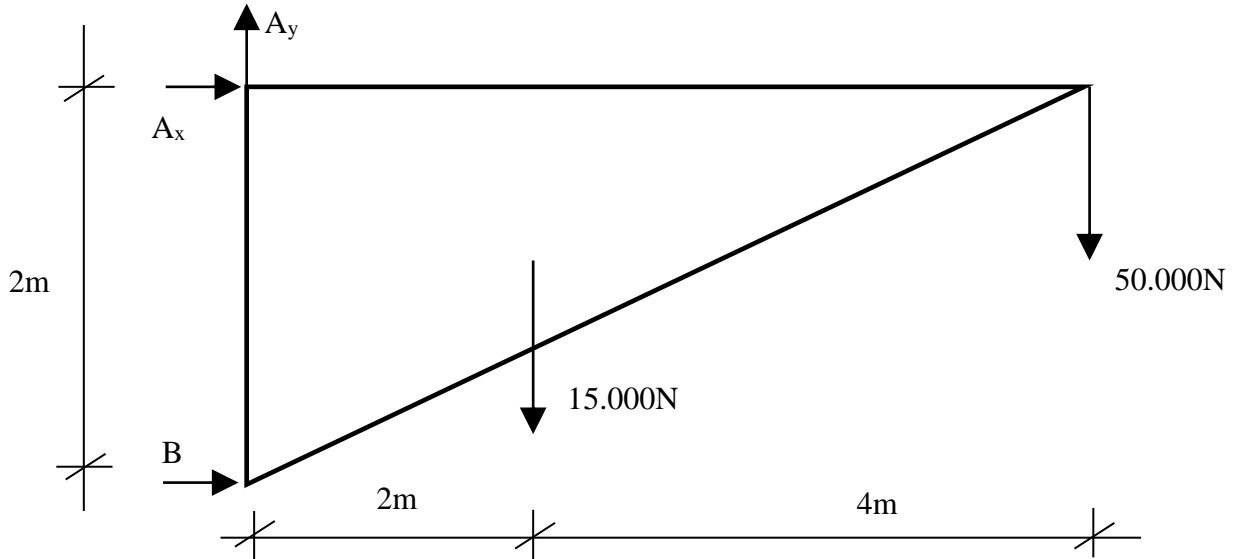
$$C_x - 100 + B_x = 0 \quad B_x = -100 \text{ kg}$$

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

$$B_y - 100 = 0 \quad B_y = 100 \text{ kg}$$

**ÖRNEK**

Şekil 4.31.



Şekil 4.32.

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

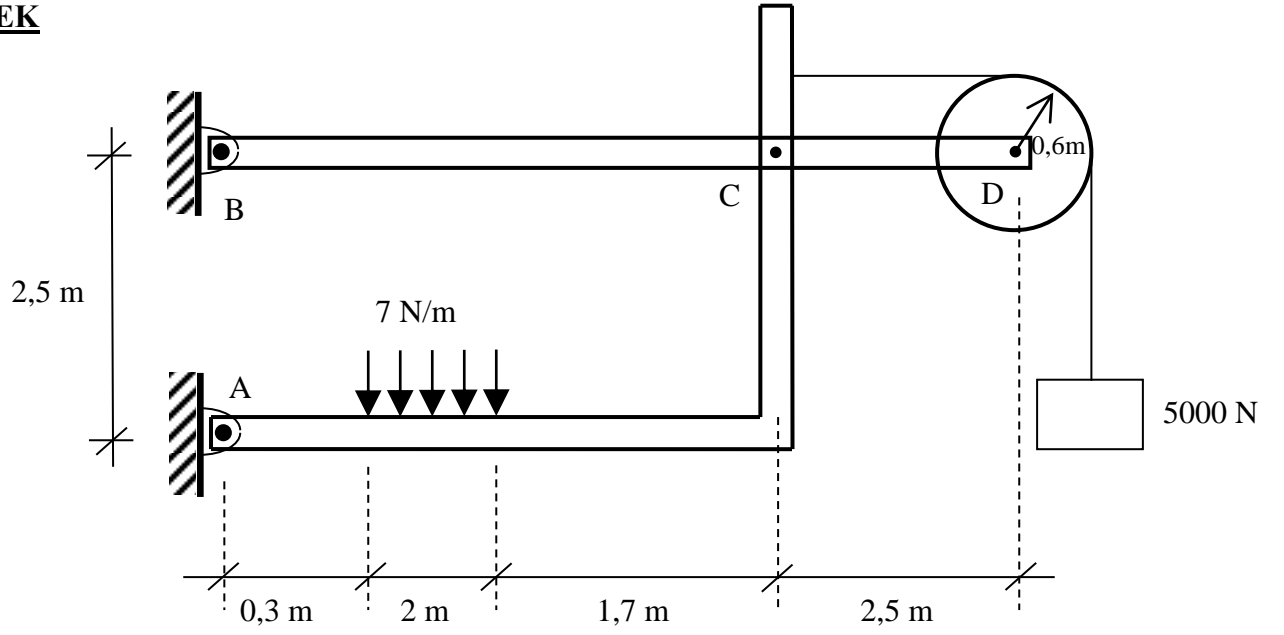
$$A_y - 15.000 - 50.000 = 0 \quad A_y = 65.000 \text{ N}$$

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

$$B \cdot 2 - 2 \cdot 15.000 - 6 \cdot 50.000 = 0 \quad B = 165.000 \text{ N}$$

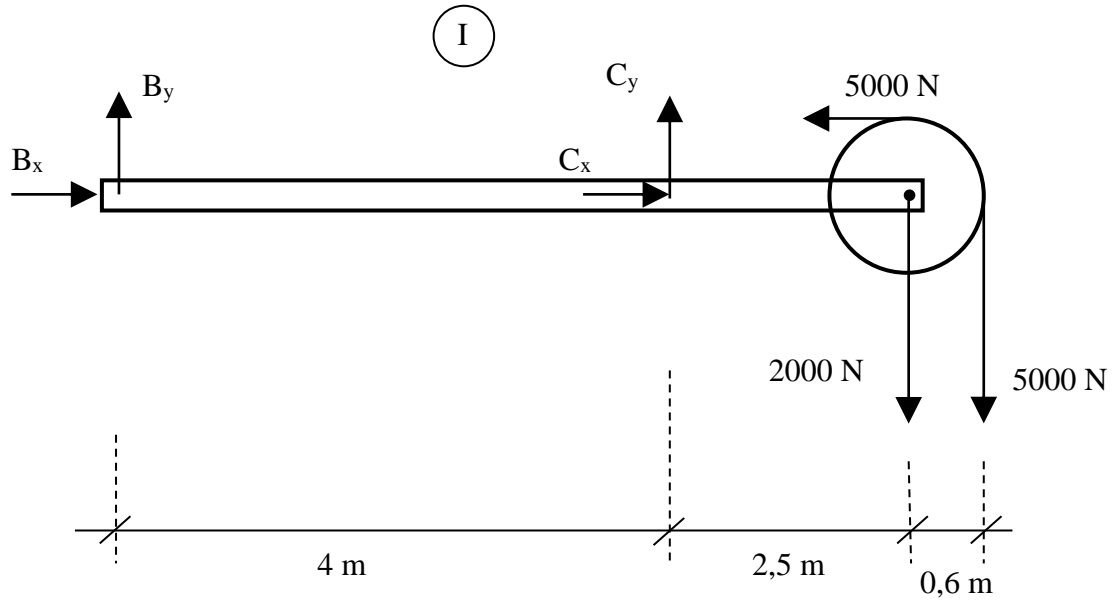
$$\rightarrow + \quad \sum F_x = 0 \text{ (Sağ Yön Pozitif)}$$

$$A_x + B = 0 \quad A_x = -165.000 \text{ N}$$

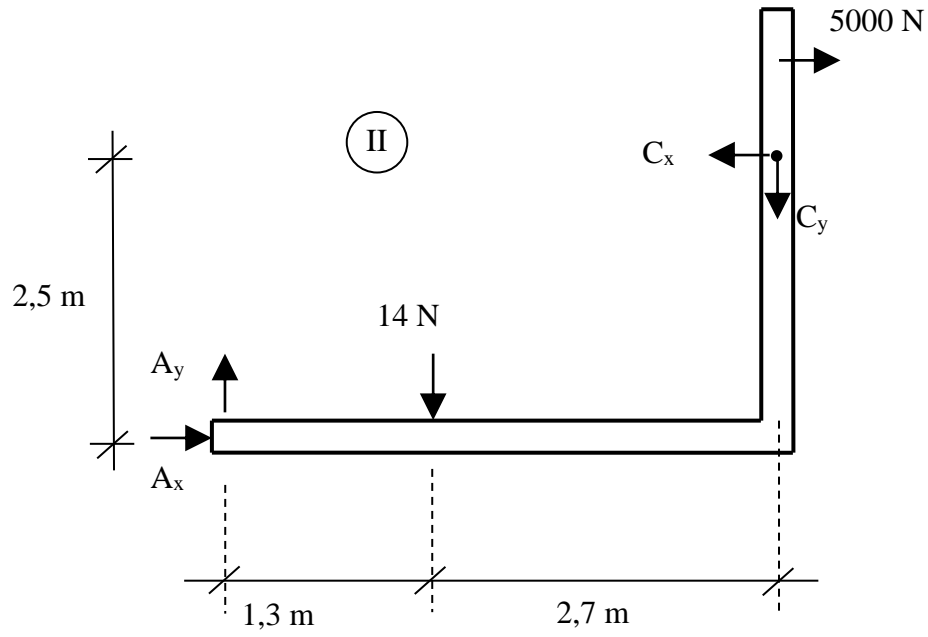
**ÖRNEK**

Şekil 4.33.

D'deki makara 2000 Newton dur. Çubukların ağırlıklarını ihmal ederek C'de iletilen kuvveti bulunuz.



Şekil 4.34.



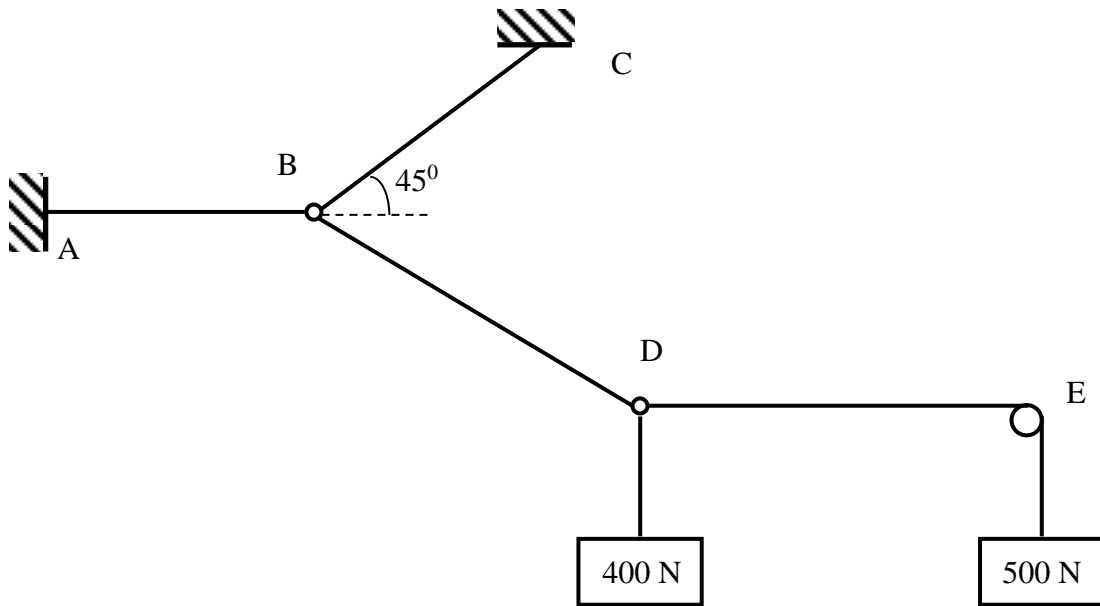
Şekil 4.35.

I  $\sum M_B = 0$  (Saat Yönü Ters Pozitif)

$$\curvearrowleft + \quad C_y \cdot 4 + 5000 \cdot 0,6 - 5000 \cdot 7,1 - 2000 \cdot 6,5 = 0 \quad C_y = 11380 \text{ N}$$

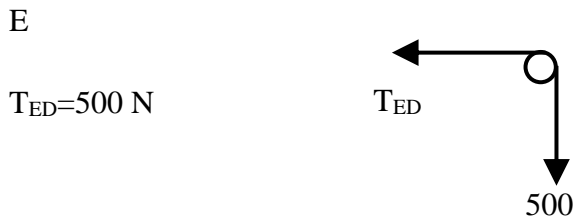
II  $\sum M_A = 0$  (Saat Yönü Pozitif)

$$\curvearrowright + \quad 1,3 \cdot 14 + 4 \cdot 11380 - 2,5 \cdot C_x + 3,1 \cdot 5000 = 0 \quad C_x = 24400 \text{ N}$$

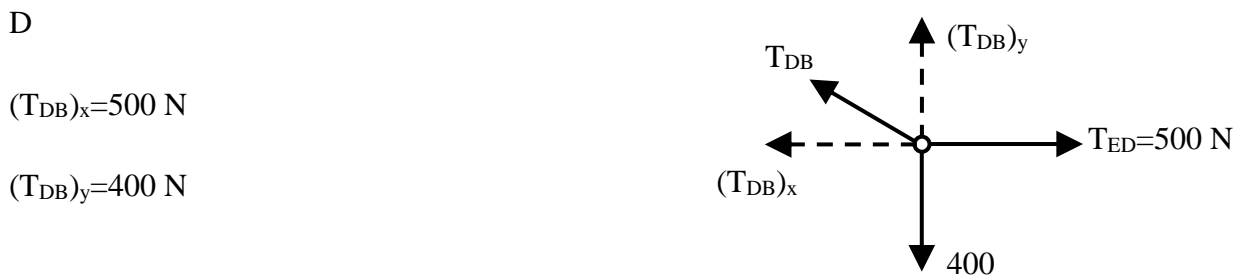
**ÖRNEK**

Şekil 4.36.

Şekildeki taşıyıcı sistem iplerden oluşmuştur. BC ipindeki kuvvet nedir?



Şekil 4.37.



Şekil 4.38.

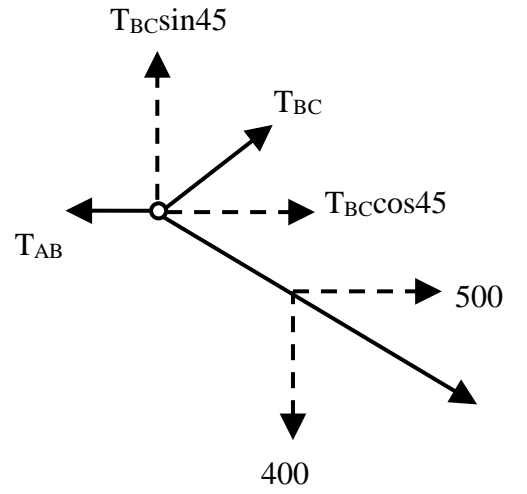
B

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

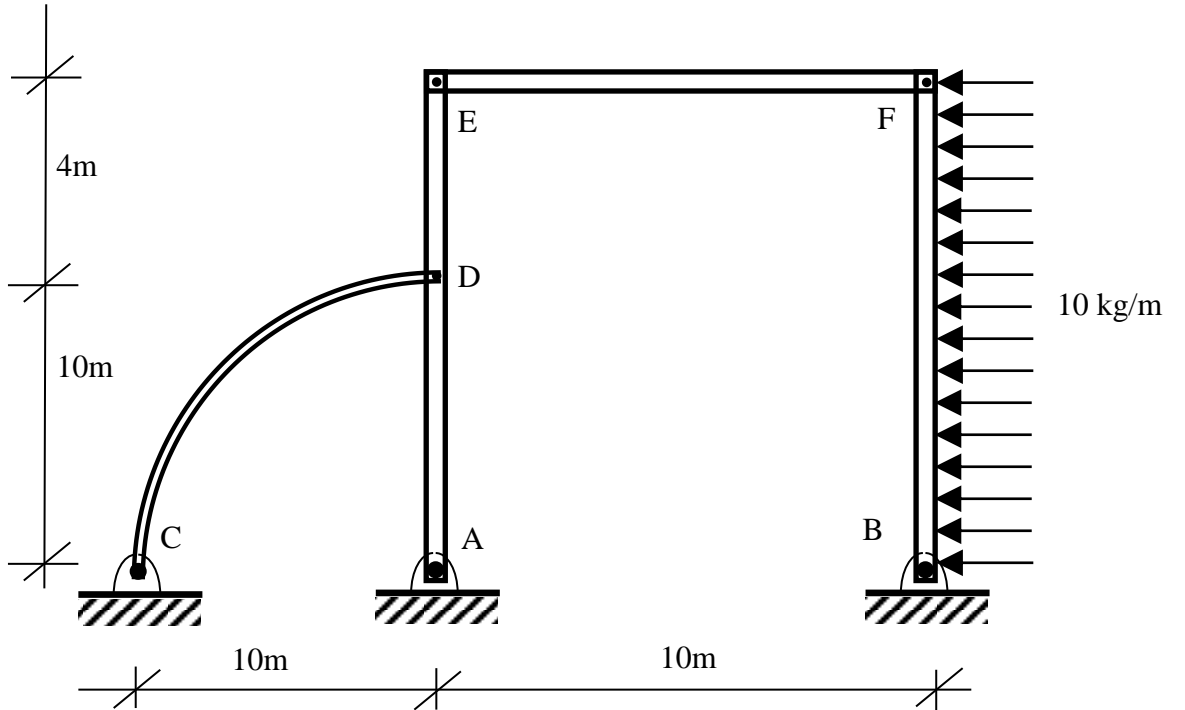
$$T_{BC}\sin 45 - 400 = 0 \quad T_{BC} = 566 \text{ N}$$

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

$$T_{BC}\cos 45 + 500 - T_{AB} = 0 \quad T_{AB} = 900 \text{ N}$$

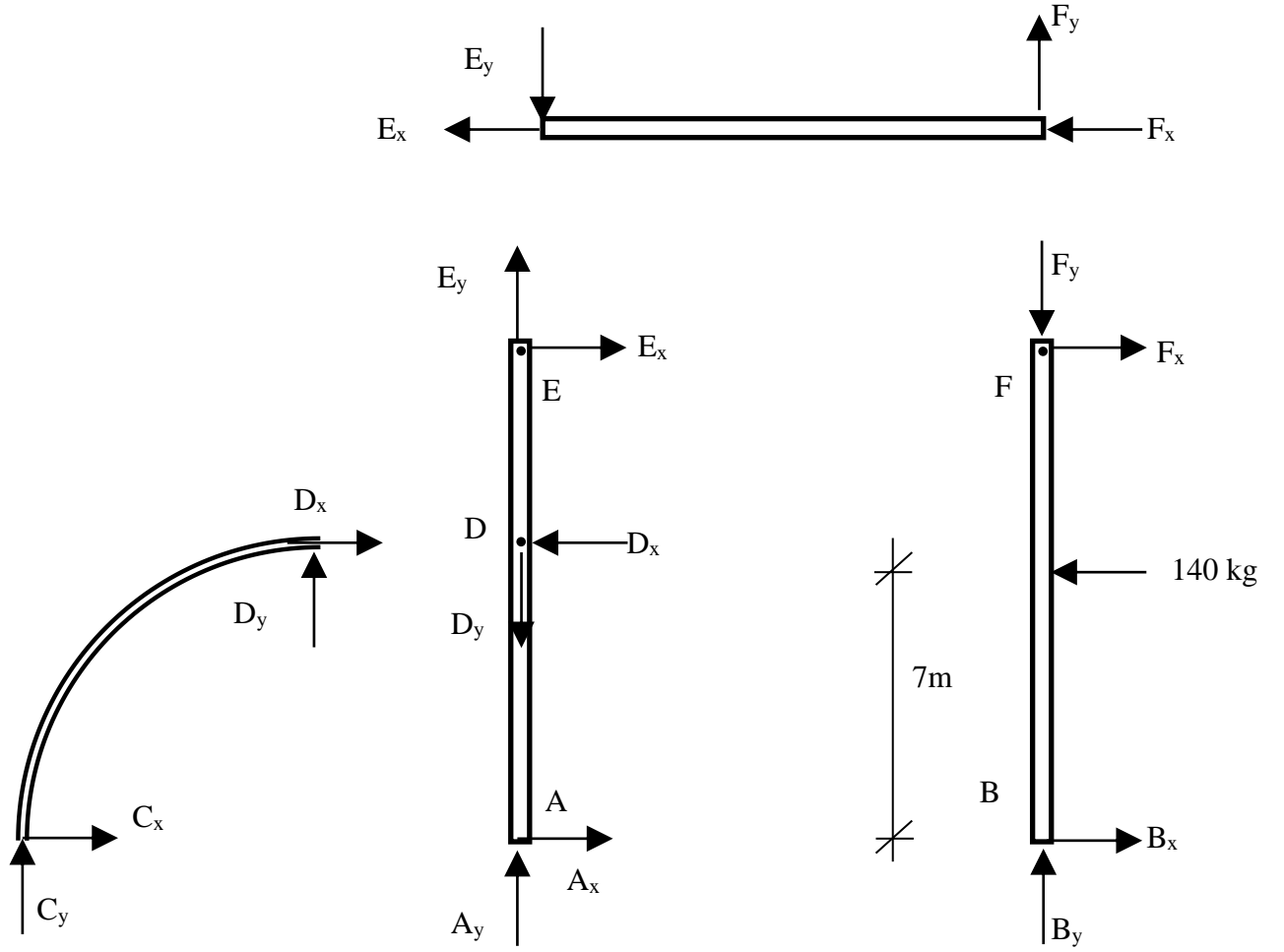


Şekil 4.39.

**ÖRNEK**

Şekil 4.40.

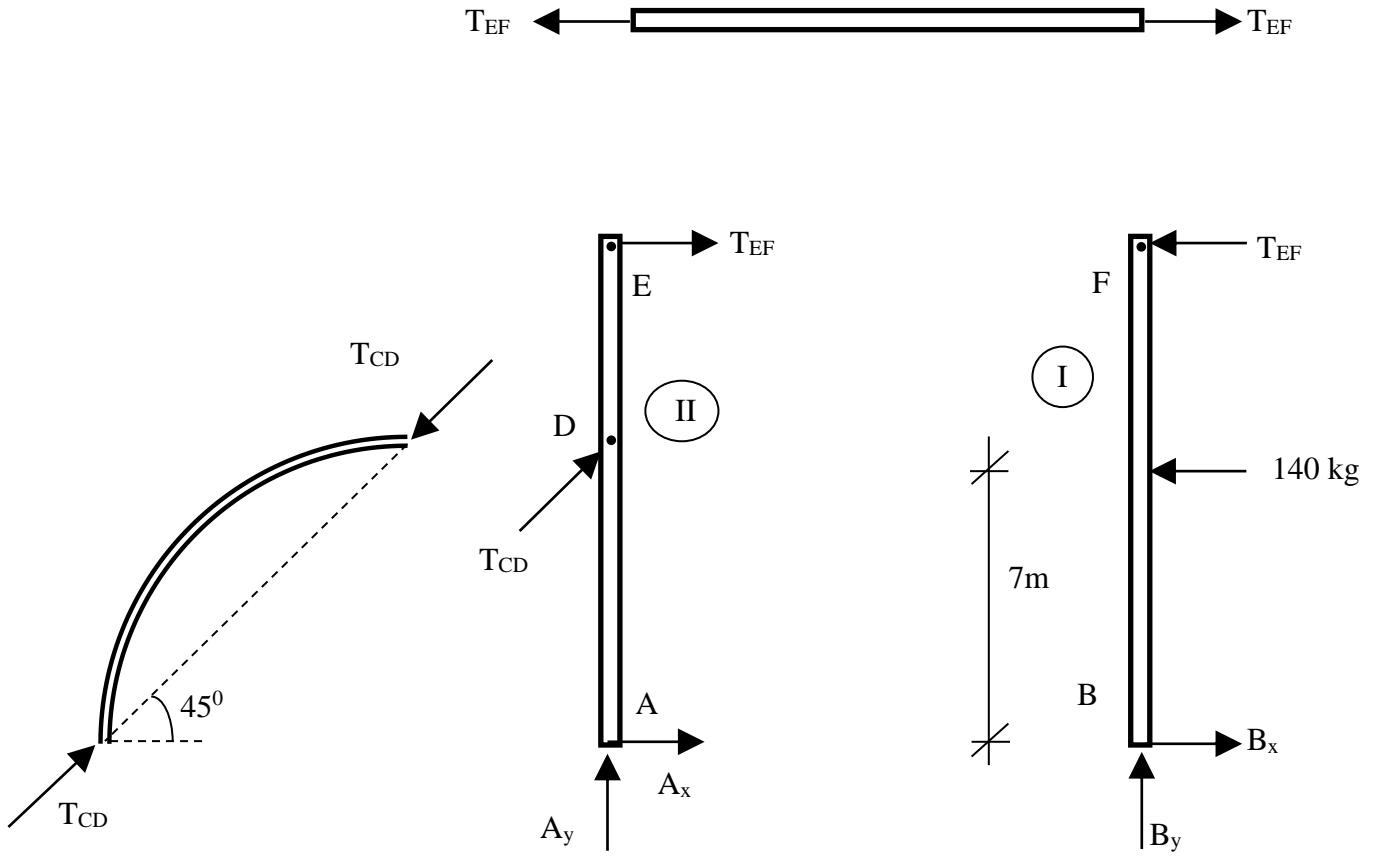
Bağlantı yerlerindeki rüm kuvvetleri bulunuz.



Şekil 4.41.

**12 BİLİNMEYEN 12 DENKLEM**

**İKİ KUVVET ÇUBUĞU** : Sadece uçlarında kuvvet olan arada kuvvet veya mesnet olmayan çubuklara iki kuvvet çubuğu denir. İki kuvvet çubuklarında çubuk içinde oluşacak kuvvet, çubuğun uçlarını birleştiren doğruya paraleldir.



Şekil 4.42.

### 6 BİLİNMEYEN 6 DENKLEM

I

$$\curvearrowright + \quad \sum M_F = 0 \text{ (Saat Yönü Pozitif)}$$

$$140 \cdot 7 - B_x \cdot 14 = 0 \quad B_x = 70 \text{ kg}$$

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

$$B_y = 0$$

$$\leftarrow + \quad \sum F_x = 0 \text{ (Sol Yön Pozitif)}$$

$$T_{EF} + 140 - B_x = 0 \quad T_{EF} = -70 \text{ kg}$$



II

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

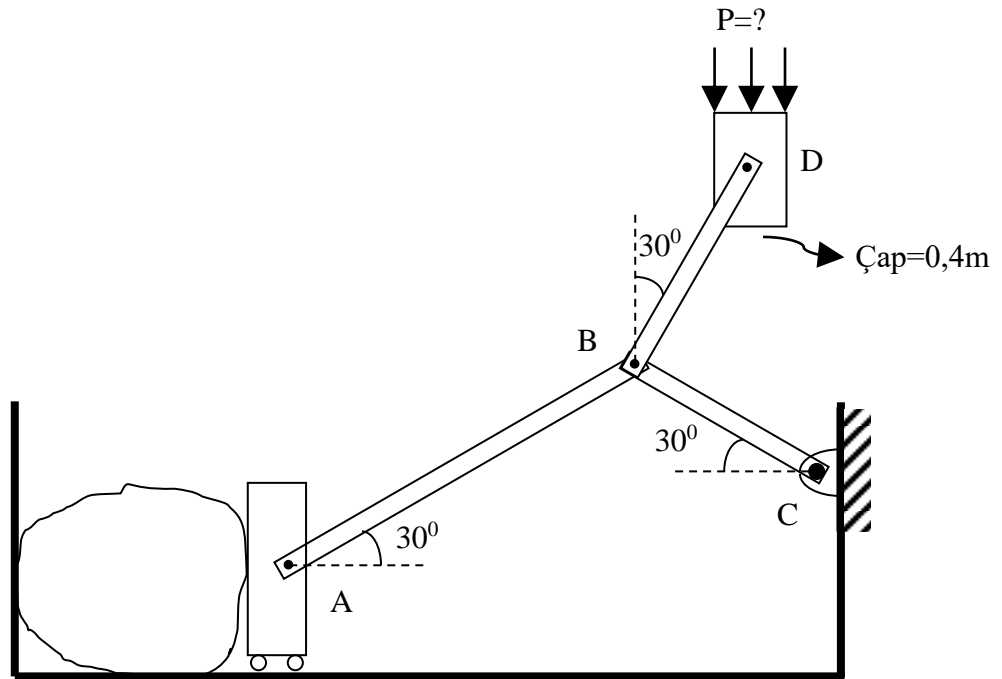
$$T_{EF} \cdot 4 - A_x \cdot 10 = 0 \quad A_x = -28 \text{ kg}$$

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

$$A_x + T_{EF} + T_{CD} \cos 45 = 0 \quad T_{CD} = 138,6 \text{ kg}$$

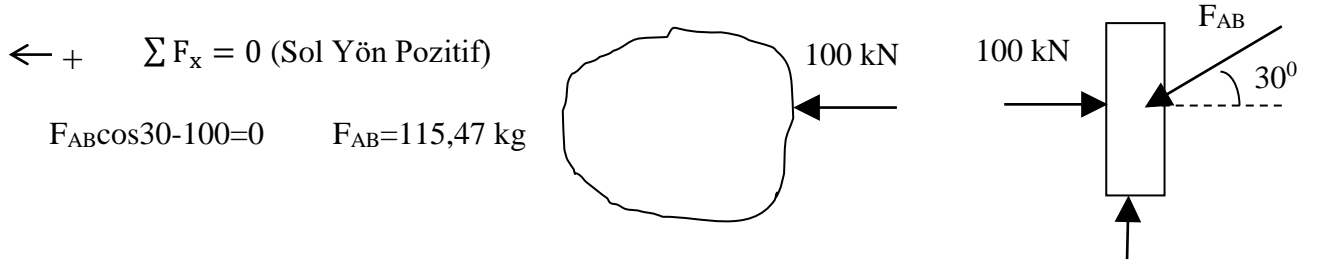
$$\uparrow + \quad \Sigma F_y = 0 \text{ (Yukarı Yön Pozitif)}$$

$$A_y + T_{CD} \sin 45 = 0 \quad A_y = -98 \text{ kg}$$

**ÖRNEK**

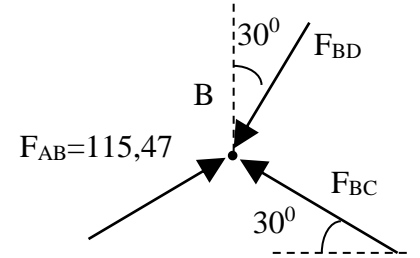
Şekil 4.43.

Bir kayayı kırmak için 100 kN kuvvet gerekiyor. Şekildeki pistona ne kadar basınç uygulanmalıdır ki bu kuvvet sağlansın



Şekil 4.44.

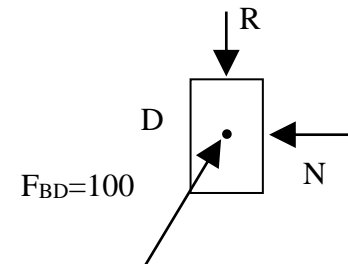
$\uparrow + \quad \sum F_y = 0$  (Yukarı Yön Pozitif)  
 $F_{BC}\sin 30 + 115,47\sin 30 - F_{BD}\cos 30 = 0 \dots\dots\dots(1)$   
 $\rightarrow + \quad \sum F_x = 0$  (Sağ Yön Pozitif)  
 $115,47\cos 30 - F_{BC}\cos 30 - F_{BD}\sin 30 = 0 \dots\dots\dots(2)$



Şekil 4.45.

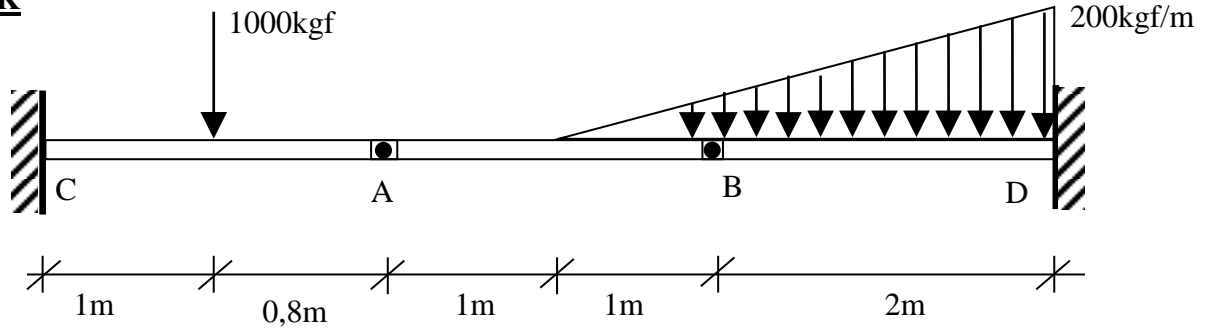
1 ve 2'nin ortak çözümünden  $F_{BD} = 100 \text{ kN}$

$\uparrow + \quad \sum F_y = 0$  (Yukarı Yön Pozitif)  
 $-R + 100\cos 30 = 0 \quad R = 100\cos 30 \text{ kN}$



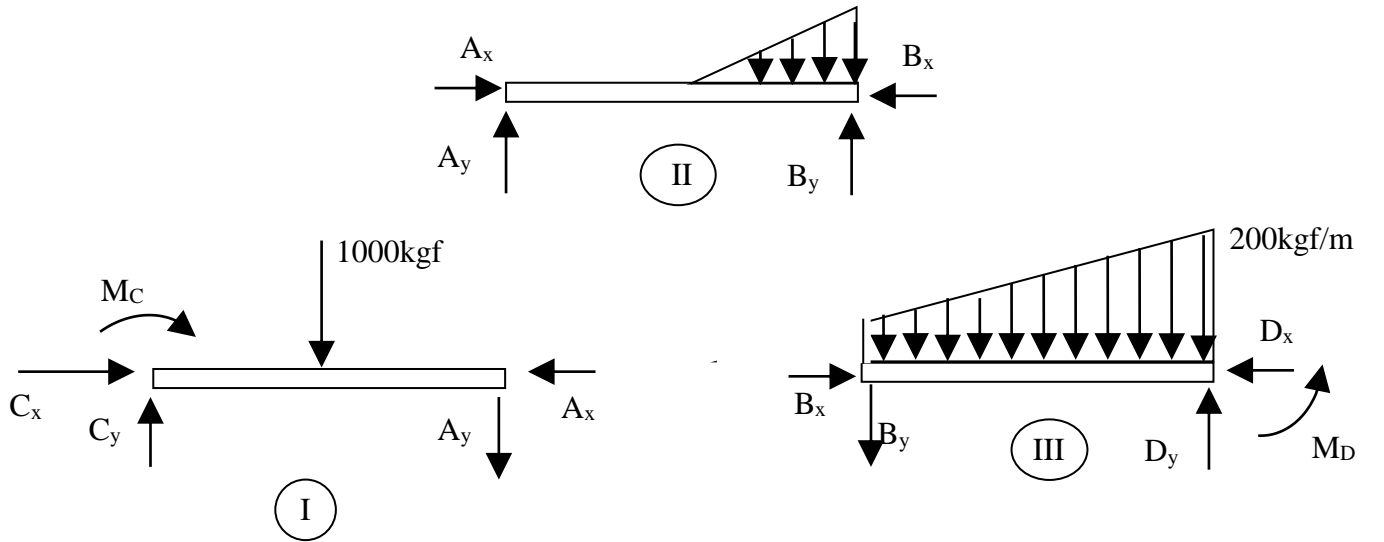
Şekil 4.46.

$P = R/\text{alan} \quad P = 100\cos 30 / (\pi * 0,2^2) = 689 \text{ kN/m}^2$

**ÖRNEK**

Şekil 4.47.

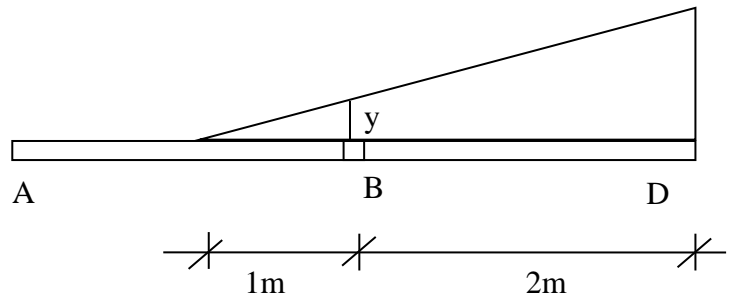
x doğrultusundaki mesnet reaksiyonlarını hesaba katmadan problemi çözünüz.



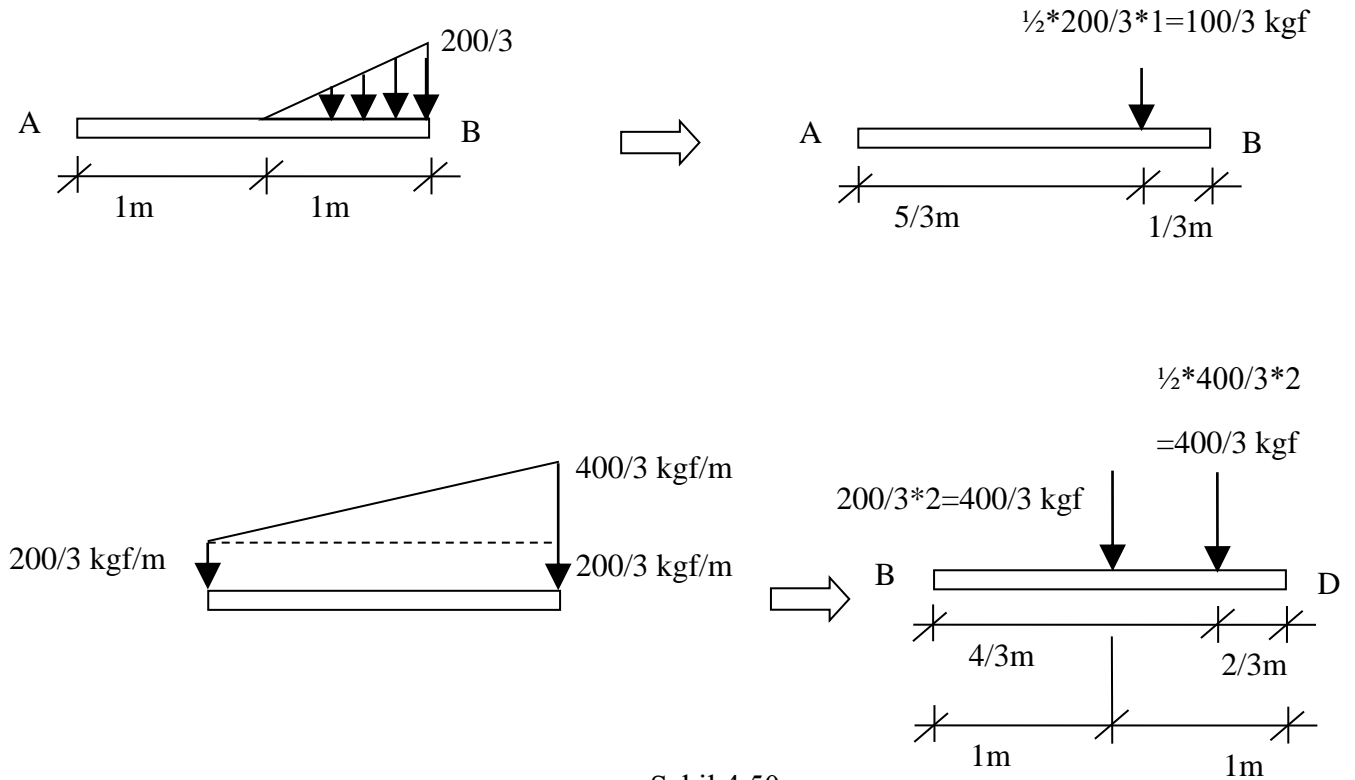
Şekil 4.48.

$$1/y = 3/200$$

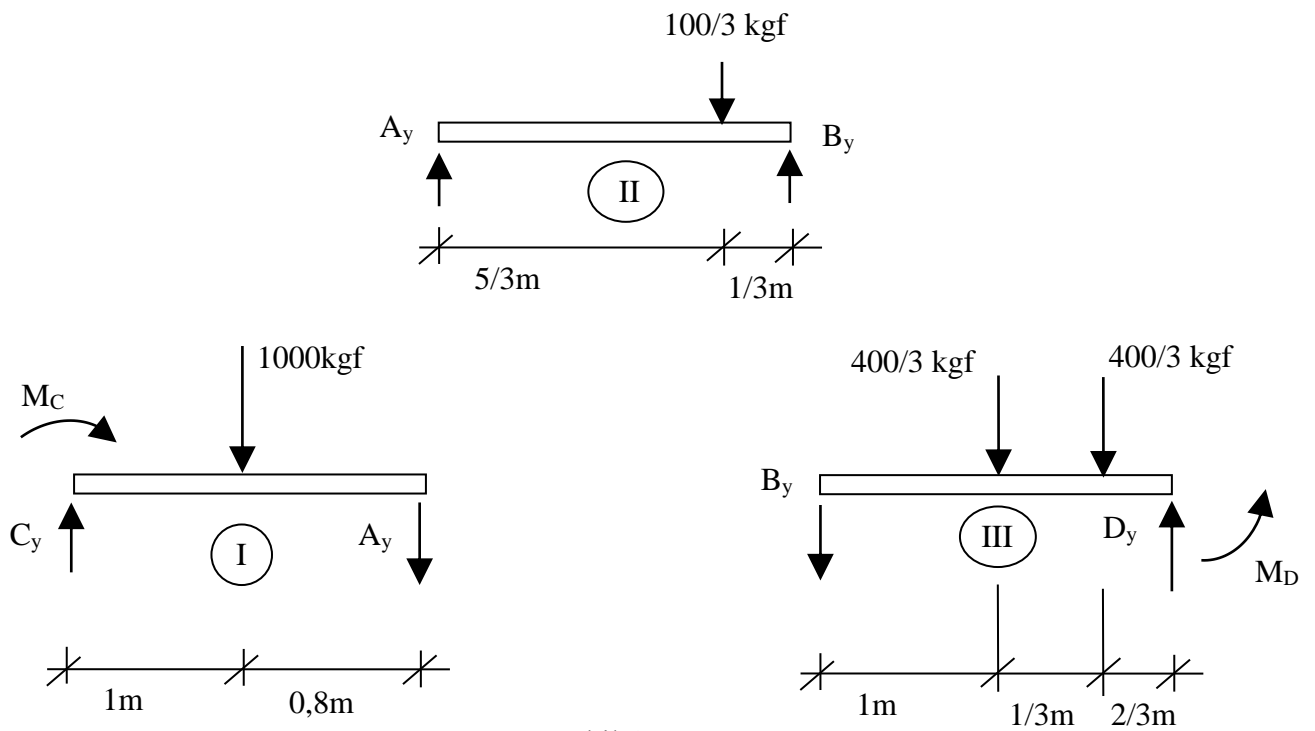
$$y = 200/3$$



Şekil 4.49.



Şekil 4.50.



Şekil 4.51.

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

$$A_y \cdot 2 - 100/3 \cdot (1/3) = 0$$

$$A_y = 50/9 \text{ kgf}$$

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

$$A_y + B_y - 100/3 = 0$$

$$B_y = 250/9 \text{ kgf}$$

$$\text{I} \quad \curvearrowright + \quad \Sigma M_C = 0 \text{ (Saat Yönü Pozitif)}$$

$$M_C + 1000 \cdot 1 + 50/9 \cdot 1,8 = 0$$

$$M_C = -1010 \text{ kgf-m}$$

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

$$C_y - 1000 - 50/9 = 0$$

$$C_y = 9050/9 \text{ kgf}$$

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

$$M_D + 250/9 \cdot 2 + 400/3 \cdot 1 + 400/3 \cdot (2/3) = 0$$

$$M_D = -2500/9 \text{ kgf-m}$$

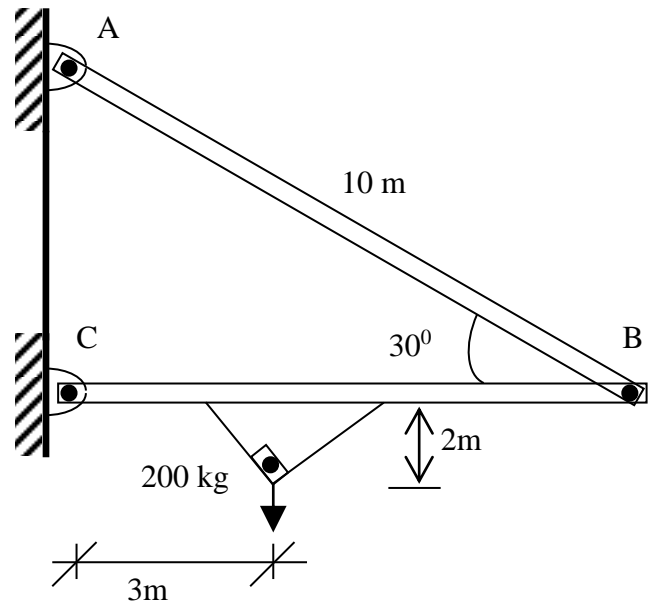
$$\downarrow + \quad \Sigma F_y = 0 \text{ (Aşağı Yön Pozitif)}$$

$$250/9 + 400/3 + 400/3 - D_y = 0$$

$$D_y = 2650/9 \text{ kgf}$$

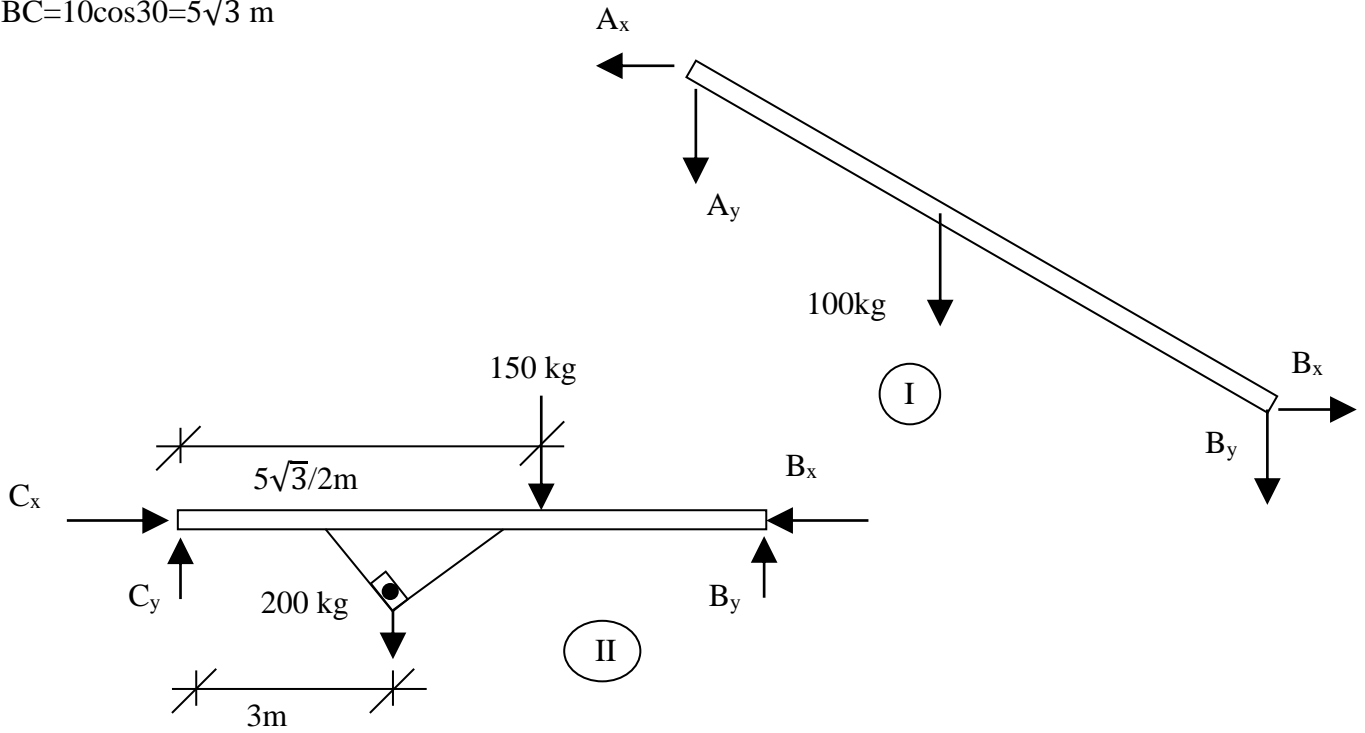
### ÖRNEK

AB çubuğu 100 kg BC çubuğu 150 kg ise  
mesnetlerdeki kuvvetleri bulunuz



Şekil 4.52.

$$BC=10\cos 30=5\sqrt{3} \text{ m}$$



Şekil 4.53.

I    $\downarrow +$     $\sum F_y = 0$  (Aşağı Yön Pozitif)

$$A_y + B_y + 100 = 0 \dots \dots \dots (1)$$

$\leftarrow +$     $\sum F_x = 0$  (Sol Yön Pozitif)

$$A_x - B_x = 0 \dots \dots \dots (2)$$

$\curvearrowright +$     $\sum M_A = 0$  (Saat Yönü Pozitif)

$$100 \cdot 5\sqrt{3}/2 + 5\sqrt{3} \cdot B_y - 10 \sin 30 B_x = 0 \dots \dots \dots (3)$$

II    $\uparrow +$     $\sum F_y = 0$  (Yukarı Yön Pozitif)

$$C_y + B_y - 200 - 150 = 0 \dots \dots \dots (4)$$

$\rightarrow +$     $\sum F_x = 0$  (Sağ Yön Pozitif)

$$C_x - B_x = 0 \dots \dots \dots (5)$$

$\curvearrowleft +$     $\sum M_C = 0$  (Saat Yönü Ters Pozitif)

$$B_y \cdot 5\sqrt{3} - 150 \cdot 5\sqrt{3}/2 - 200 \cdot 3 = 0 \dots \dots \dots (6)$$

6 adet bilinmeyen 6 denklemin ortak çözümünden bulunur.

$$A_x = 336,50 \text{ kg}$$

$$B_x = 336,50 \text{ kg}$$

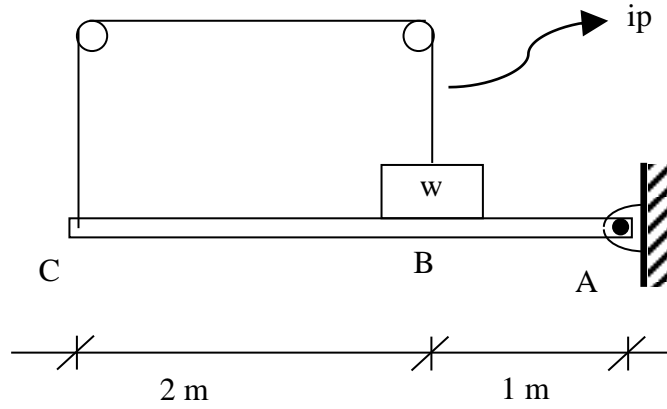
$$C_x = 336,50 \text{ kg}$$

$$A_y = -244,28 \text{ kg}$$

$$B_y = 144,28 \text{ kg}$$

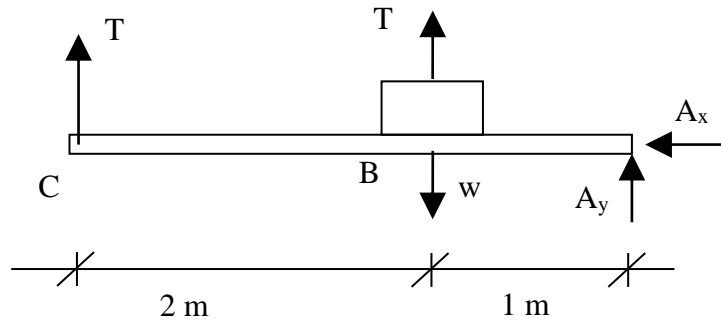
$$C_y = 205,72 \text{ kg}$$

### ÖRNEK



Şekil 4.54.

A'daki mesnet tepkileri nedir.

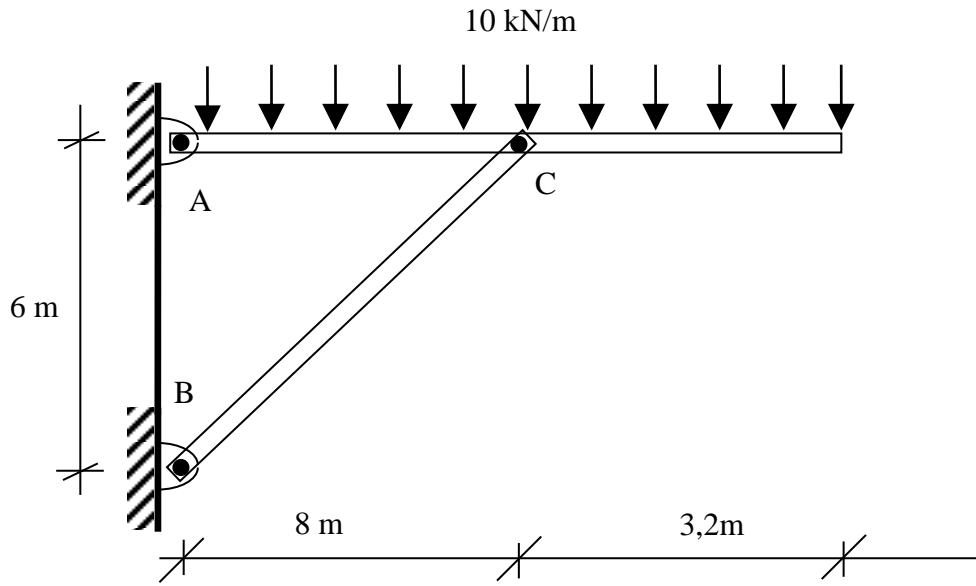


Şekil 4.55.

$$\curvearrowright + \quad \sum M_A = 0 \text{ (Saat Yönü Pozitif)} \quad T \cdot 3 + T \cdot 1 - w \cdot 1 = 0 \quad T = w/4$$

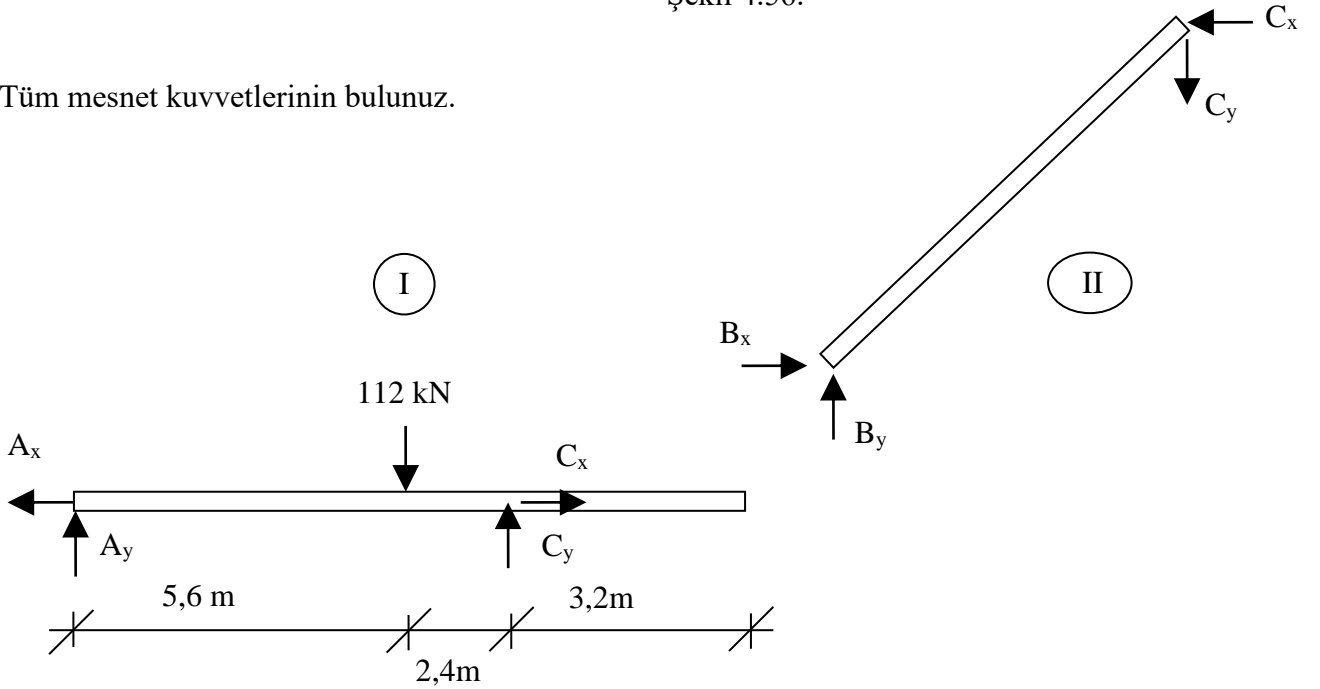
$$\leftarrow + \quad \sum F_x = 0 \text{ (Sol Yön Pozitif)} \quad A_x = 0$$

$$\uparrow + \quad \sum F_y = 0 \text{ (Yukarı Yön Pozitif)} \quad T + T - w + A_y = 0 \quad A_y = w/2$$

**ÖRNEK**

Şekil 4.56.

Tüm mesnet kuvvetlerinin bulunuz.



Şekil 4.57.

$$I \quad \curvearrowleft + \quad \sum M_A = 0 \text{ (Saat Yönü Ters Pozitif)}$$

$$C_y \cdot 8 - 112 \cdot 5,6 = 0$$

$$C_y = 78,4 \text{ kN}$$

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

$$78,4 - 112 + A_y = 0$$

$$A_y = 33,6 \text{ kN}$$



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

$$C_x * 6 - 8 * 78,4 = 0$$

$$C_x = 104,53 \text{ kN}$$

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

$$B_y - C_y = 0$$

$$B_y = 78,4 \text{ kN}$$

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

$$B_x - C_x = 0$$

$$B_x = 104,53 \text{ kN}$$

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

$$\rightarrow + \quad -A_x + C_x = 0$$

$$A_x = 104,53 \text{ kN}$$

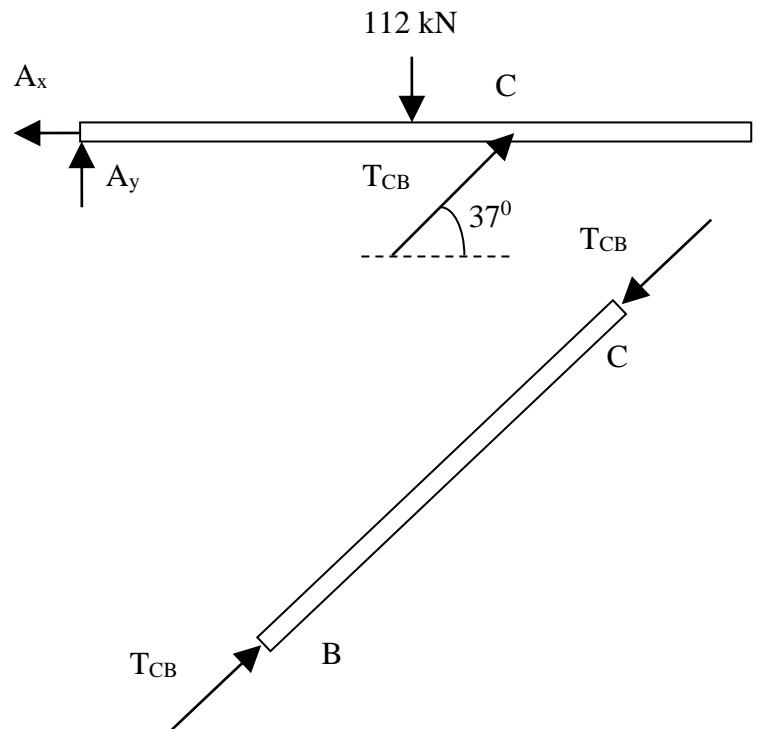
**2. yol: iki kuvvet çubuğu**

3 bilinmeyen 3 denklem

$$T_{CB} = 130,66 \text{ kN}$$

$$B_x = (T_{CB})_x = T_{CB} * \cos 37 = 104,53 \text{ kN}$$

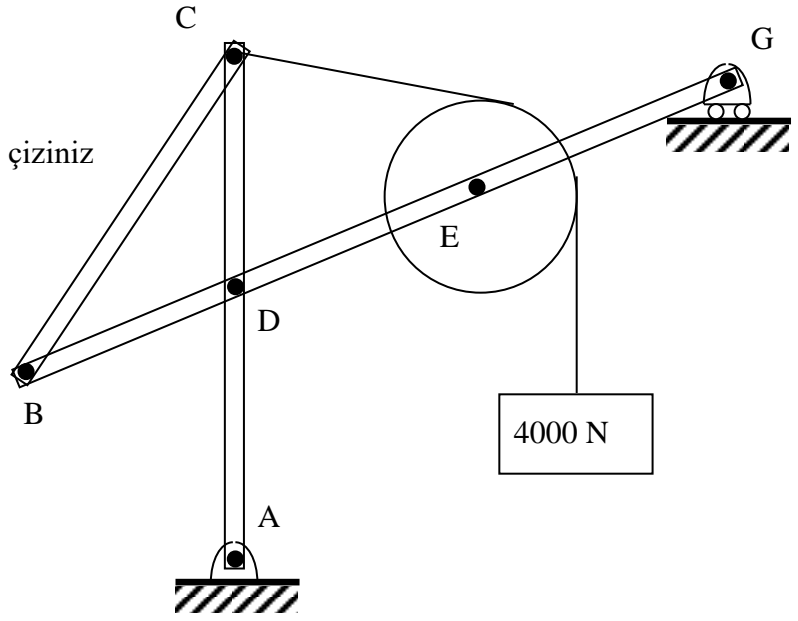
$$B_y = (T_{CB})_y = T_{CB} * \sin 37 = 78,4 \text{ kN}$$



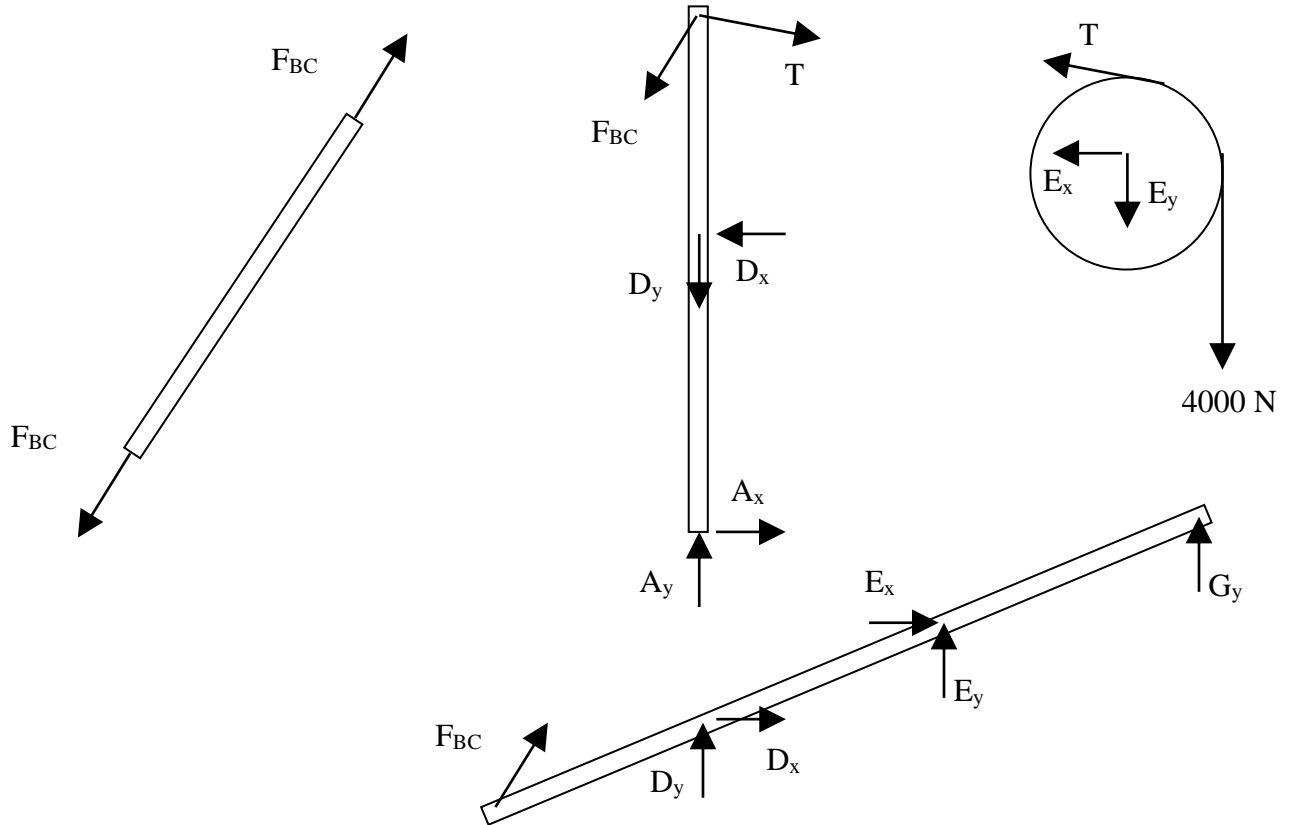
Şekil 4.58.

**ÖRNEK**

Problemin serbest cisim diyagramını çiziniz



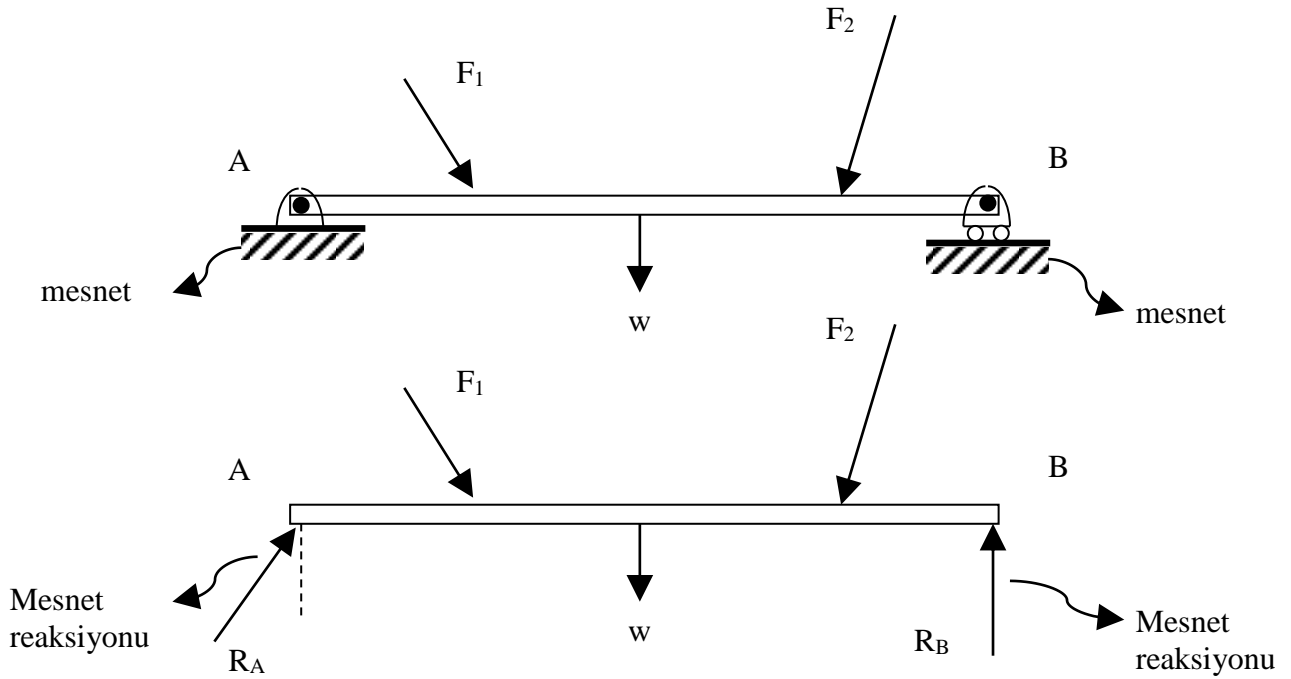
Şekil 4.59.



Şekil 4.60.

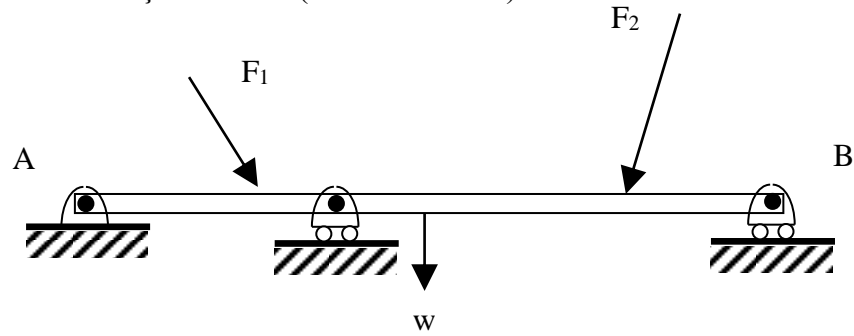
9 bilinmeyen 9 denklem (BC için denklem yazmaya gerek yoktur.)

#### 4.7. Statikçe Belirlilik



Şekil 4.61.

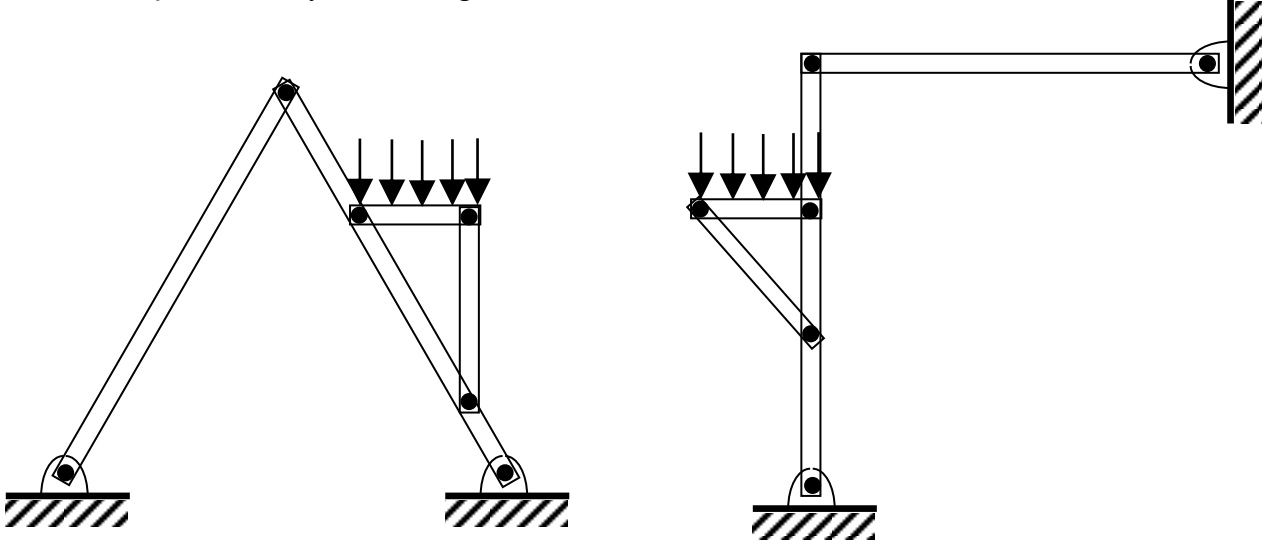
Şekil değiştirme denklemleri gerekmeden 3 adet statik denge denklemleri ile 3 adet bilinmeyen belirlenir. Bu tür sistemlere statikçe belirlidir (izostatik sistem) denir.



Şekil 4.62.

4 bilinmeyen şekil değiştirmeler hesaba katılmadan çözülemez. Bu tür sistemlere statikçe fazla bağlıdır, statikçe belirsizdir (hiper statik sistem) denir. Bir sistemin mesnet reaksiyonları yalnız statik denge denklemleri ile bulunabilirse dıştan tam bağlıdır denir. Mesnet kuvvetleri biliniyorken iç kuvvetler statik denge denklemleri ile bulunabiliyorsa içten tam bağlıdır denir.

Bazı sistemler ancak iç ve dıştan birlikte düşünüldüklerinde sınıflandırılabilirler. Aşağıdaki sistemler statikçe belirlidir yani tam bağlıdır.

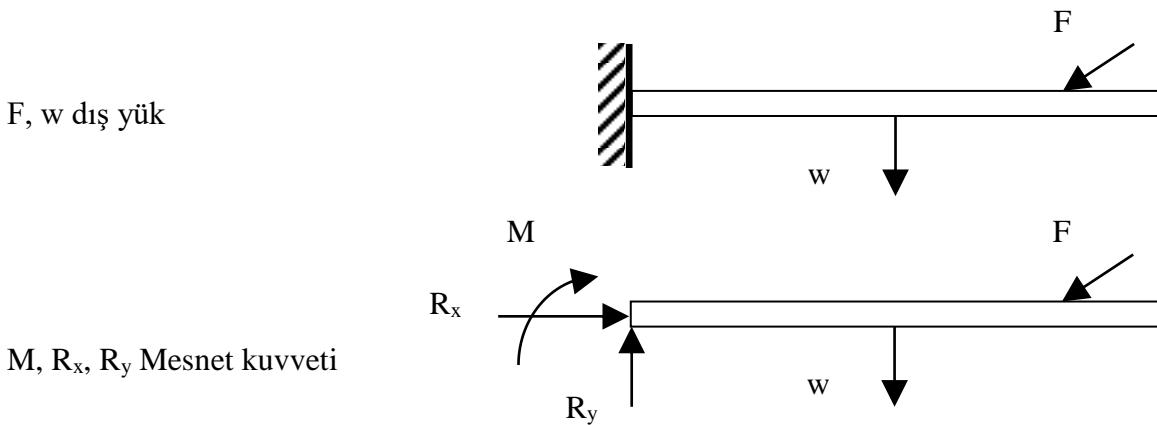


Şekil 4.63.

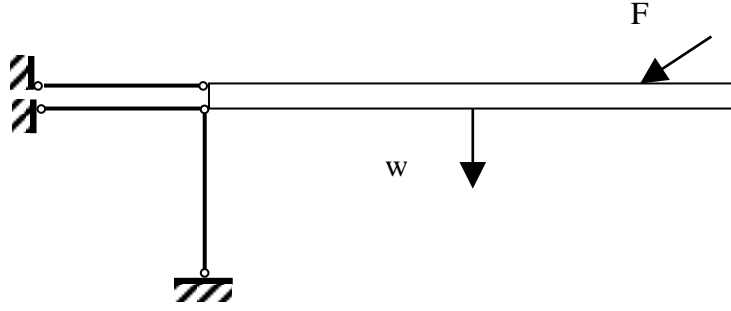
Dıştan fazla içten eksik bağlıdır. Tüm sistem tam bağlıdır.

#### 4.8. Tam Bağlılık Koşulları

Bir cismin yerinde durmasını sağlayan kuvvet ve momentlere sistemin reaksiyonu (mesnet reaksiyonu) denir. Diğer tüm kuvvetler dış kuvvetlerdir.

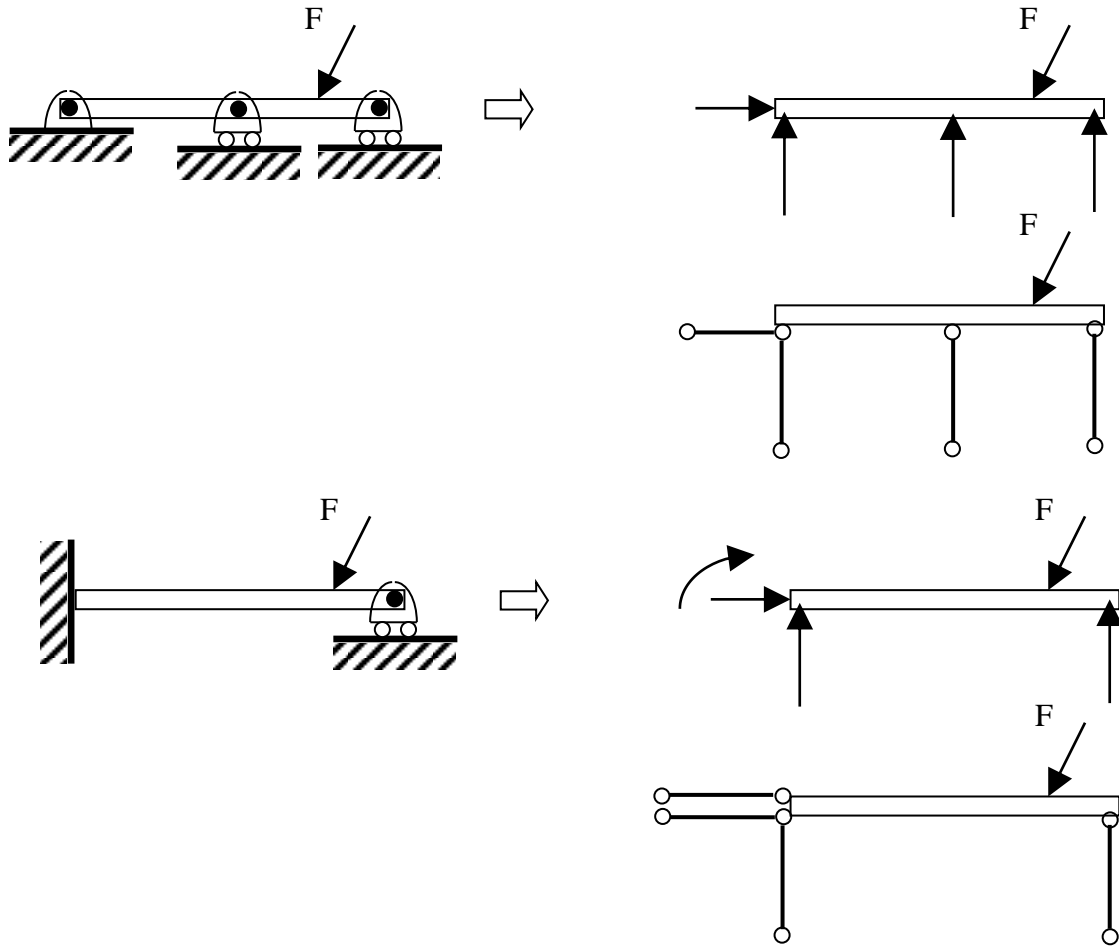


Şekil 4.64.



Şekil 4.65.

Şekildeki diyagrama Pandül ayak diyagramı veya bağ çubuk diyagramı denir. Sistemi dengede tutmak için 3 pandül ayak yeterlidir. Her bir pandül ayak eksenini doğrultusunda bir kuvvet ile sistemi dengede tutar.

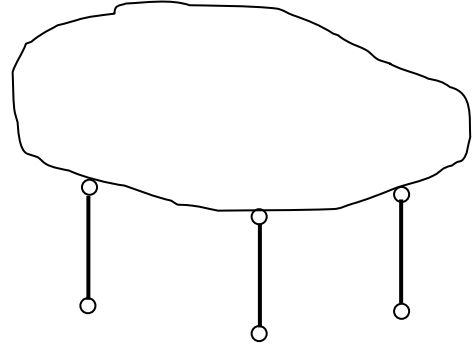
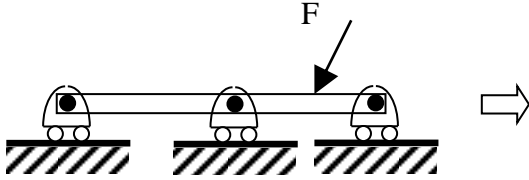


Şekil 4.66.

#### 4.8.1. Düzlemde Tam Bağlılık

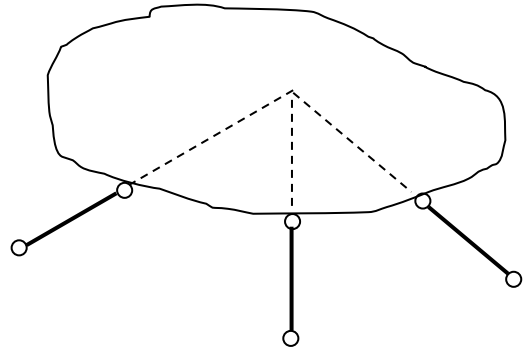
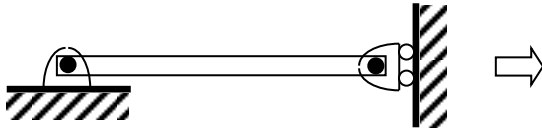
Düzlemde tam bağlılık için 3 bağ çubuğu gereklidir ancak yeterli değildir.

a- 3 çubuk paralel olmamalıdır.



Şekil 4.67.

b- 3 çubuk aynı noktada kesişmemelidir.



Şekil 4.68.