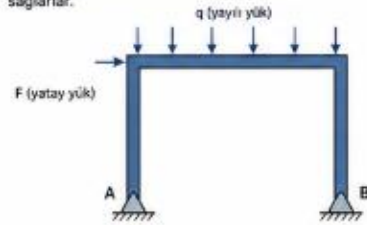


# BÖLÜM 9

## ÇERÇEVELER VE MAKİNELER

### 1. ÇERÇEVELER

Çerçeveler, kiriş ve kolon elemanlarının rijit veya mafsallı birleşimleriyle oluşturulan düzlem veya uzay sistemleridir. Düşey ve yatay yükleri taşıyarak stabilite sağlarlar.



#### 1.1 ÇERÇEVE ELEMANLARI

- Kolon (düşey eleman)
- Kiriş (yatay eleman)
- Mesnetler (sabit, mafsallı, hareketli)
- Yükler (düşey, yatay, moment)

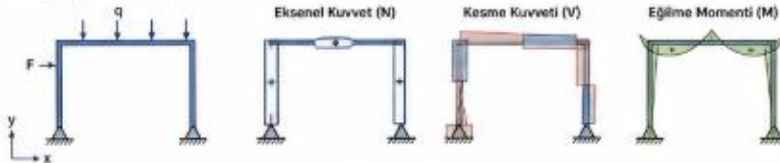
#### MESNET TİPLERİ



#### 1.2 ÇERÇEVE ÇEŞİTLERİ



#### 1.3 ÇERÇEVELERDE İÇ KUVVETLER



#### 1.4 ÇERÇEVENİN ANALİZ YÖNTEMLERİ

- Süperpozisyon Yöntemi
- Moment Dağılım Yöntemi
- Cross (Çapraz) Yöntemi
- Matris Rijitlik Yöntemi
- Sonlu Elemanlar Yöntemi

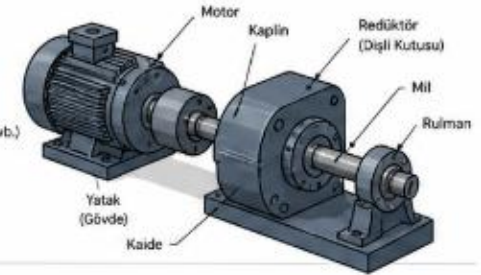
**Not:**  
Çerçeve analizinde temel amaç; mesnet tepkelerini ve elemanlardaki iç kuvvetleri (N, V, M) belirlemektir. Tasarımda dayanım, rijitlik ve stabilite kontrolleri yapılır.

### 2. MAKİNELER

Makine, kuvvet ve hareketi iletmek veya dönüştürmek için kullanılan mekanik sistemlerdir. Elemanların göreceli hareketleri ile iş yaparlar.

#### 2.1 MAKİNE ELEMANLARI

- Gövde (taşıyıcı eleman)
- Hareket İletim Elemanları (dişli, kayış-kasnak, zincir, mil vb.)
- Bağlantı Elemanları (cıvata, kama, perno, segman vb.)
- Yataklama Elemanları (rulman, yatak vb.)



#### 2.2 HAREKET İLETİM MEKANİZMALARI



$n$ : Devir (rpm)  
 $T$ : Tork (N-m)

$i$ : Tahvil oranı ( $i = n_1/n_2$ )  
 $P$ : Aktarılan güç ( $P = T \cdot \omega$ )

Verimlilik ( $\eta$ )

$$\eta = \frac{P_{\text{çıkış}}}{P_{\text{giris}}} \times 100\%$$

Güç İletimi

$$P = T \cdot \omega$$

$$\omega = \frac{2\pi n}{60} \text{ (rad/s)}$$

#### 2.3 MAKİNE ANALİZİNDE TEMEL AMAÇLAR



#### ÖZET

- Çerçeveler yapısal sistemlerdir ve yükleri taşıy.
- Makineler hareket ve gücü iletmek veya dönüştürür.

Çerçeve → Statik denge, iç kuvvet, deplasman  
Amaç: Güvenli ve ekonomik taşıyıcı sistem tasarımı

Makine → Hareket, güç, tork, verimlilik  
Amaç: Verimli, dayanıklı ve güvenilir makine tasarımı

Unutmayın!  
Doğru analiz = Güvenli ve verimli tasarım

## **Kafes sistemi;**

- a. Sürtünmesiz mafsallarla bağlanmışlardır.
- b. Doğru eksenli çubuklardan meydana gelmiştir.
- c. Kuvvet çubuk eksenini doğrultusunda etki eder.

## **Çerçeveseler;**

- a. Çubuklara 3 veya daha fazla kuvvet etki eder.
- b. Kuvvetler çubuk eksenini doğrultusunda olmak zorunda değildir.

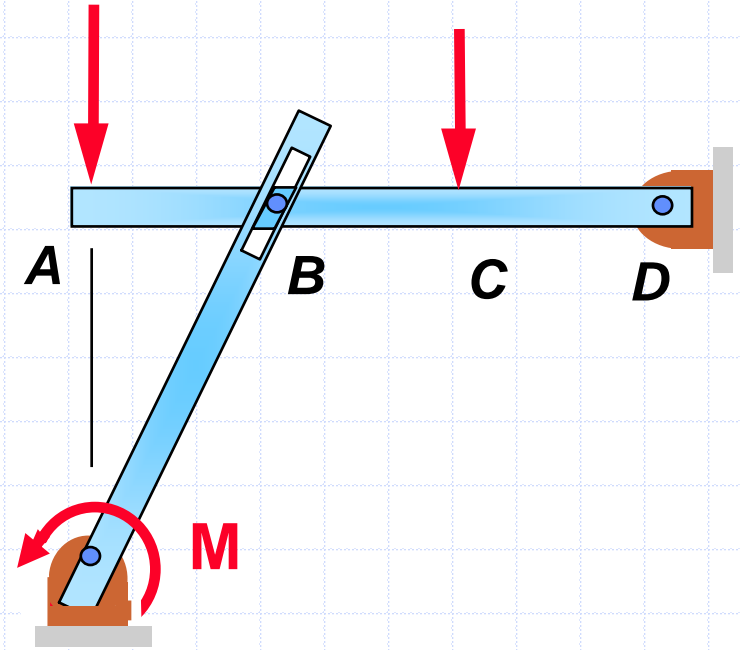
## **Makineler;**

1. Kuvvet iletir veya kuvveti deęiřtirerek aktarırlar.
2. Hareketli veya hareketsiz olabilirler.
3. Her zaman hareketli parçalardan oluřurlar.

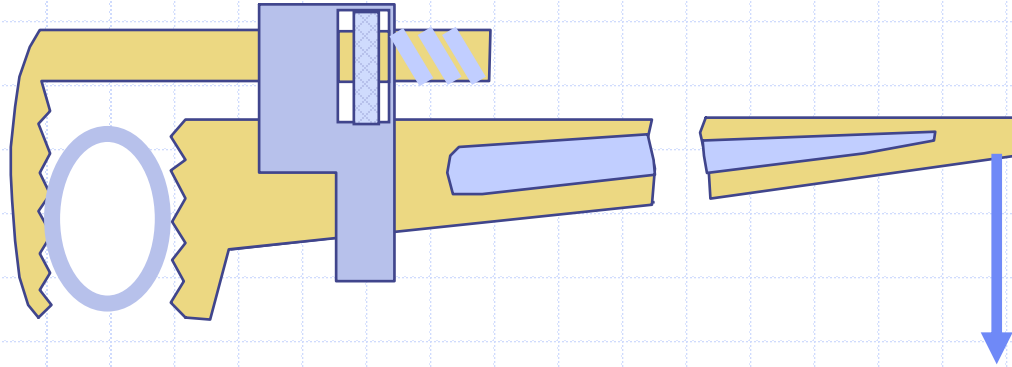
**Çerçeveler ve Makineler** çoklu kuvvet elemanı içeren yapılardır.

Elemanlar üzerine üç veya daha fazla kuvvet etki eder.

Çerçeveler yükleri taşımak için dizayn edilmişlerdir ve genellikle hareketsiz, tamamen tutulu yapılardır.

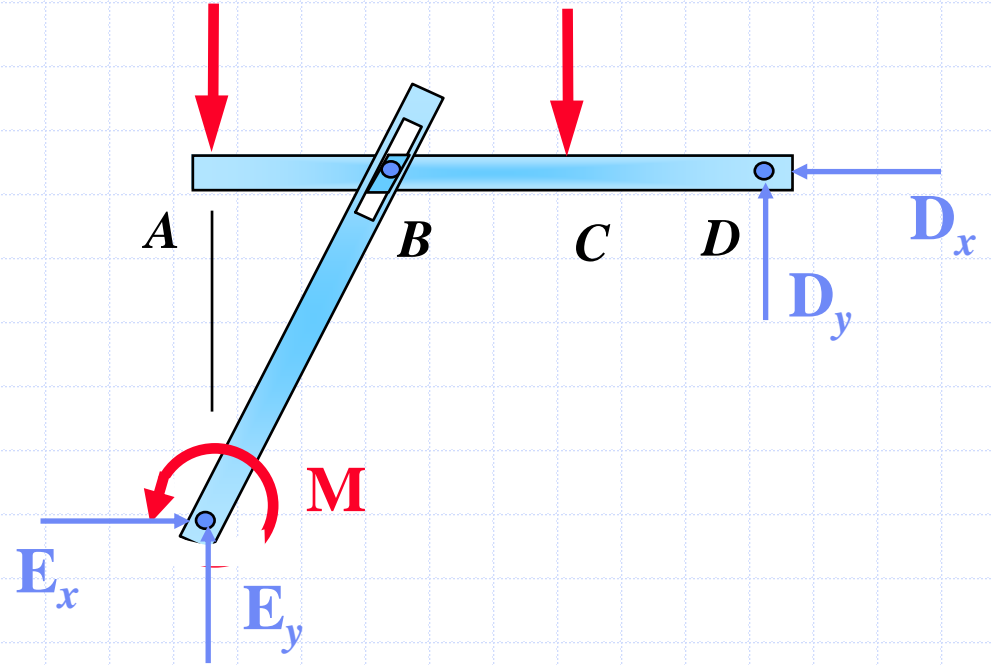


Makineler kuvvetleri iletmek veya kuvveti deęiřtirerek aktarmak üzere dizayn edilmişlerdir ve her zaman hareketli parçalardan oluřurlar.

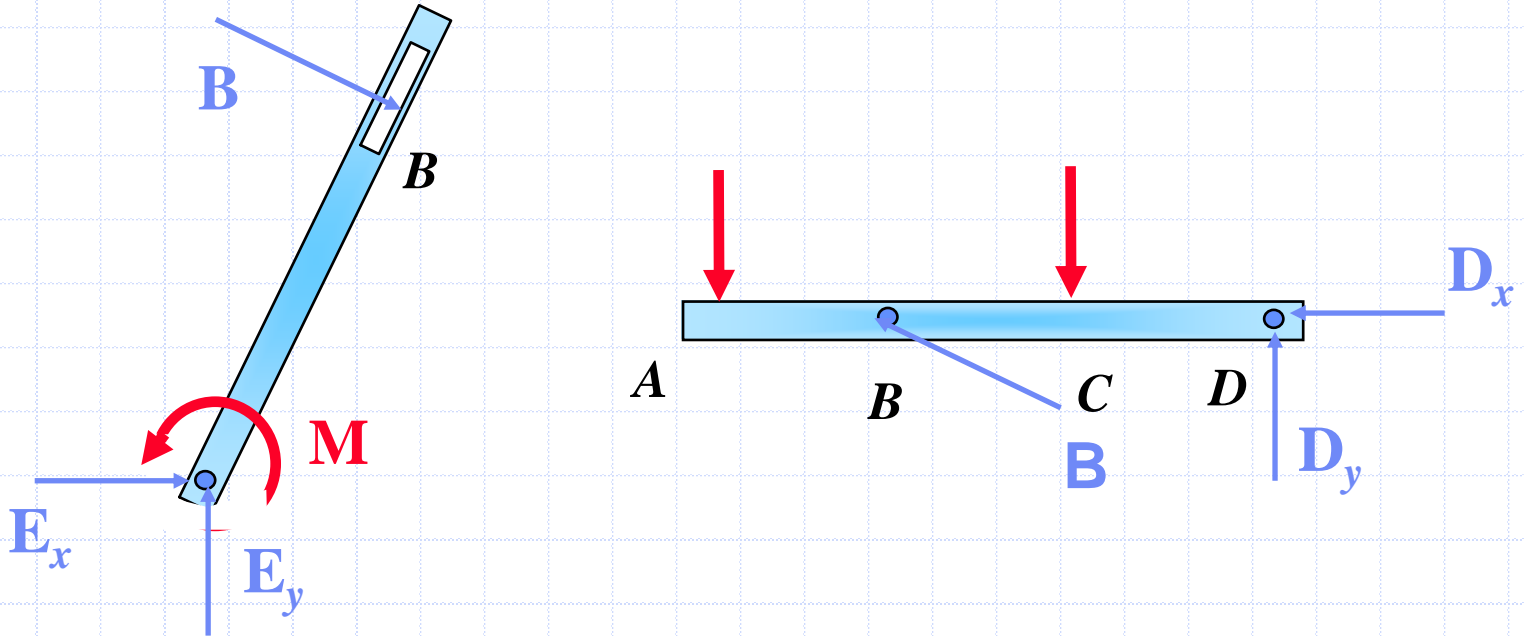


Bir çerçevenin analizi için ilk olarak, serbest bir cisim olarak çerçevenin tümü düşünülür ve üç denge denklemi yazılır.

Eğer çerçeve rijit ise destek yerlerinden ayrıldığında reaksiyonlar sadece üç bilinmeyendir ve bunlar bu denklemler yardımıyla elde edilebilir.



Diğer taraftan, eğer rijit çerçeve kesilecek olursa, destek yerlerinden ayrıldığında reaksiyon kuvvetleri üç bilinmeyenden fazla olabilir ve denge denklemlerinden hepsi bulunamayabilir.



Çerçeve elemanlara ayrılır ve her eleman kuvvet çifti elemanı olarak veya çoklu kuvvet elemanı olarak tanımlanır. Mafsallar ise birbirine bağlanmış her bir elemanın bağlandıkları parçanın adıdır.

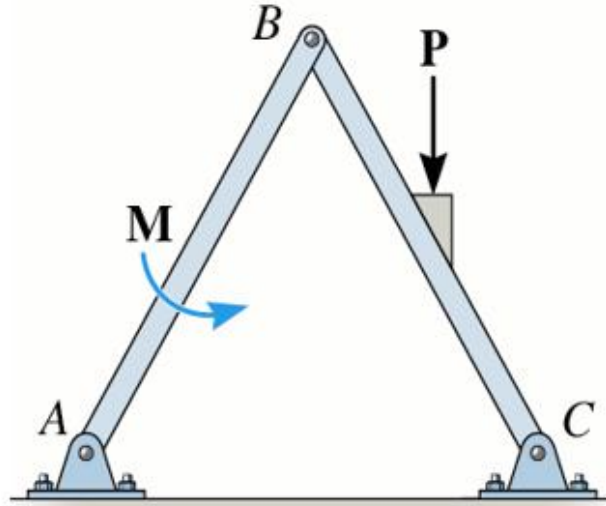
Çoklu kuvvet elemanlarının her birinin serbest cisim diyagramı çizilir. İki çoklu kuvvet elemanı aynı kuvvet çifti elemanına bağlandığında doğrultusu belli olan fakat büyüklüğü belli olmayan eşit ve zıt yönlü kuvvetler ile eleman üzerine etkiler.

İki çoklu kuvvet elemanı bir mafsal ile bağlıysa, birbirlerini belli olmayan doğrultuda eşit ve zıt yöndeki kuvvetler ile zorlarlar, ki bunlar iki bilinmeyen bileşen ile tanımlanmalıdır.

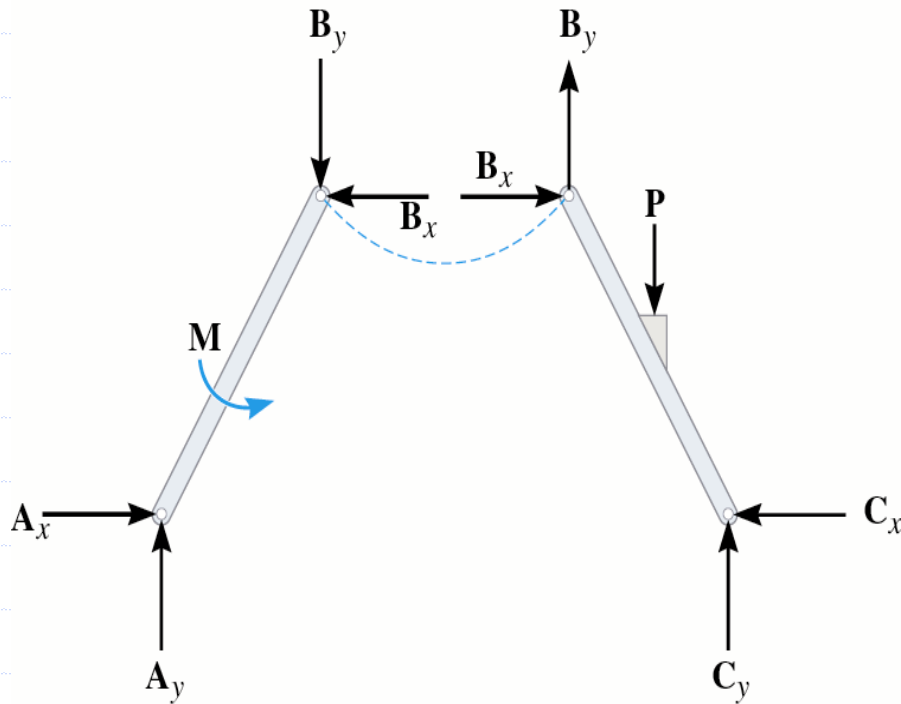
Çoklu kuvvet elemanlarının serbest cisim diyagramlarından elde edilen denge denklemleri ile çeşitli iç kuvvetler çözülebilir. Denge denklemleri aynı zamanda mesnet reaksiyonlarının belirlenmesinde de kullanılır. Aslında çerçeve statikçe belirli ve rijit ise, çoklu kuvvet elemanlarının serbest cisim diyagramları, bilinmeyen kuvvetlerin bulunduğu birçok denklemler olarak elde edilir.

Yukarıdaki tavsiyelerin yanında tavsiye edilen ilk olarak çerçevenin tamamıyla serbest cisim diyagramını göz önüne alıp en az sayıda eşzamanlı olarak çözüm yapılmasıdır.

Çerçeve ve makineler, sık sık çoklu kuvvet elemanlarının mafsallı ile bağlanmasından oluşturulur. Elemanlar iki veya daha fazla kuvvete maruz kalmaktadırlar.



AB ve BC çoklu kuvvet elemanlarıdır.

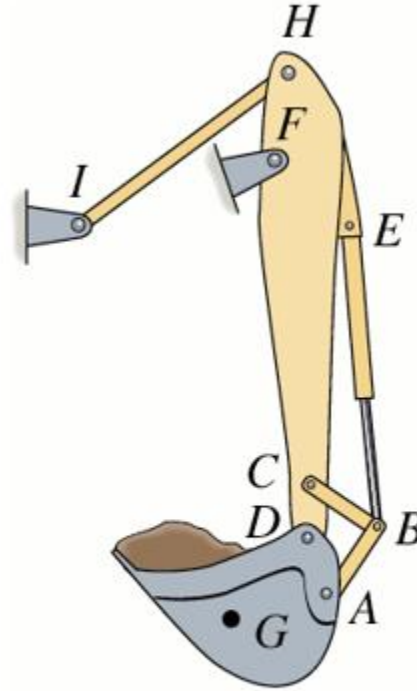


AB elemanı 3 kuvvete maruzdur:

- Meydana gelen kuvvetlerden biri B mafsasında
- Meydana gelen kuvvetlerden biri A mafsasında
- Kuvvet çifti (Moment) ise M

Benzer olarak BC elemanı da 3 kuvvete maruzdur: :

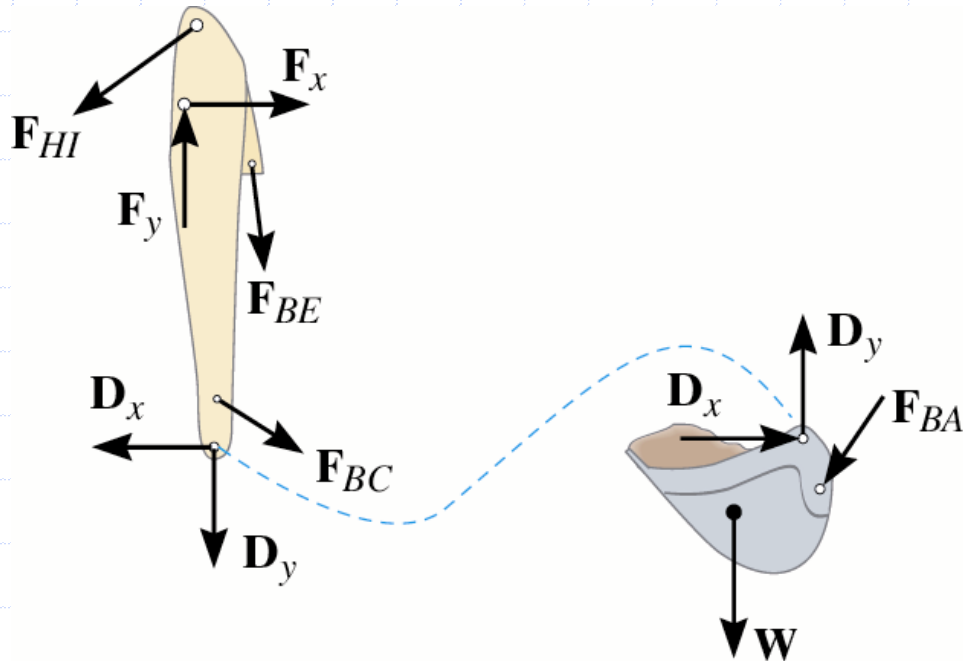
- Meydana gelen kuvvetlerden biri B mafsasında
- Meydana gelen kuvvetlerden biri C mafsasında
- Dış kuvvet P



İki kuvvet  
elemanı:

- AB
- BC
- BE
- HI

DH elemanı bir çoklu kuvvet elemanıdır.

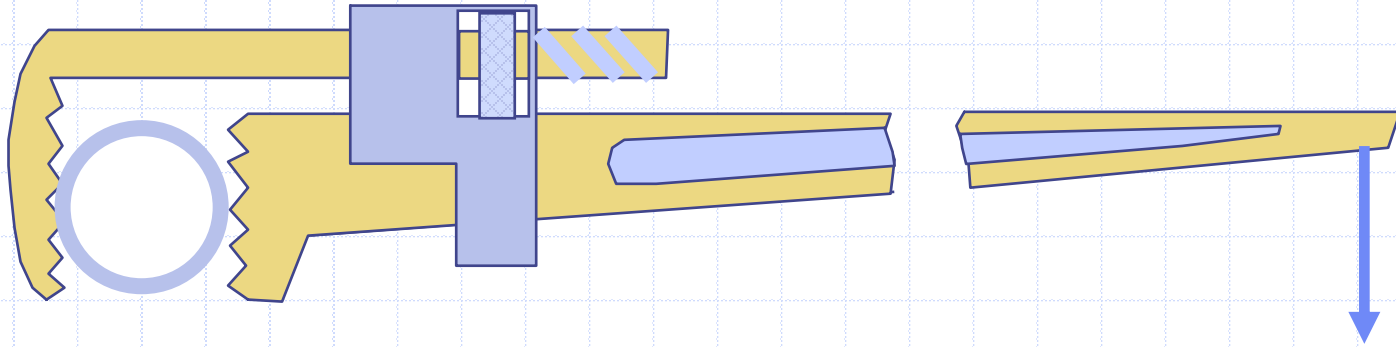


DH elemanı 5 kuvvete maruzdur:

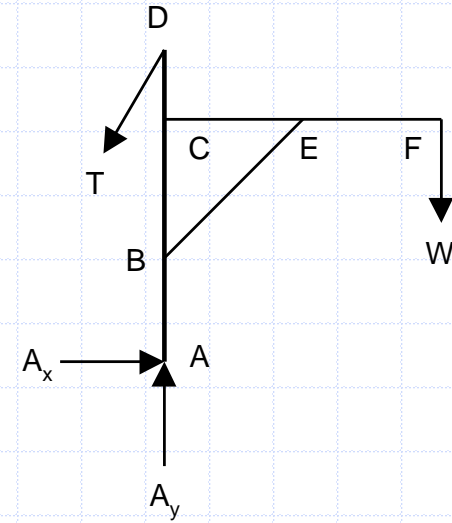
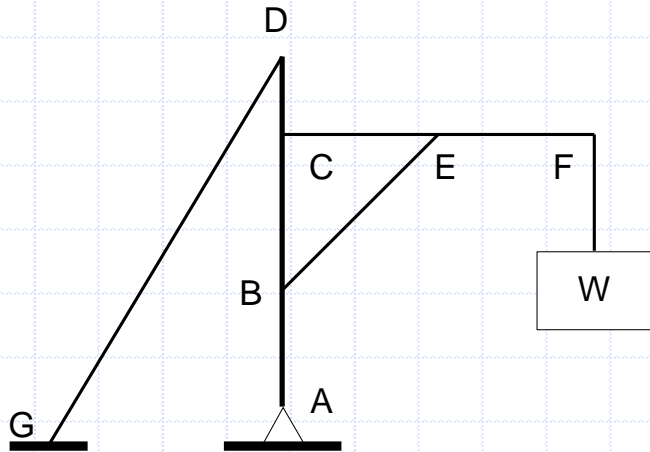
- Meydana gelen kuvvetlerden biri  $D$  mafsasında
- Meydana gelen kuvvetlerden biri  $F$  mafsasında;

- $F_{BE}$
- $F_{HI}$
- $F_{BC}$

Bir makinenin analizinde ise, makine önce elemanlarına ayrılır. Yukarıda anlatılan aynı yöntemler izlenir. Çoklu kuvvet elemanlarının her birinin serbest cisim diyagramları çizilir. Uygun denge denklemleri iç kuvvetler ve dış kuvvetler eşitliği olarak oluşturularak çözüm yapılır.



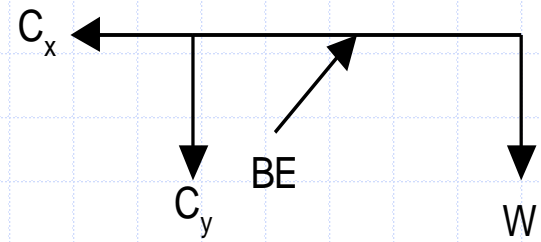
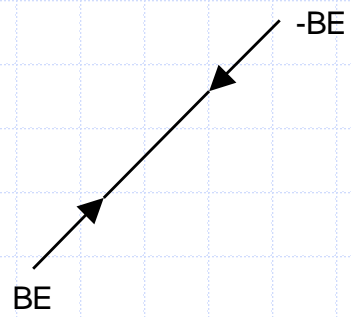
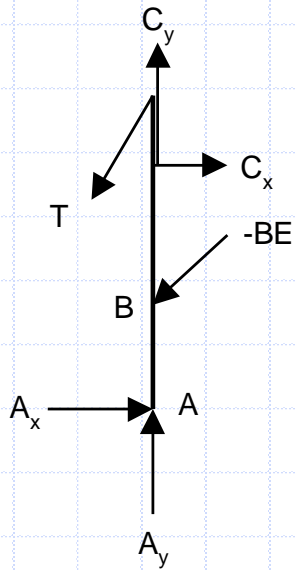
\* Bir vinç'in analizi aşağıdaki gibi yapılır.



$$\Sigma M_A = 0 \Rightarrow T$$

$$\Sigma F_x = 0 \Rightarrow A_x$$

$$\Sigma F_y = 0 \Rightarrow A_y$$

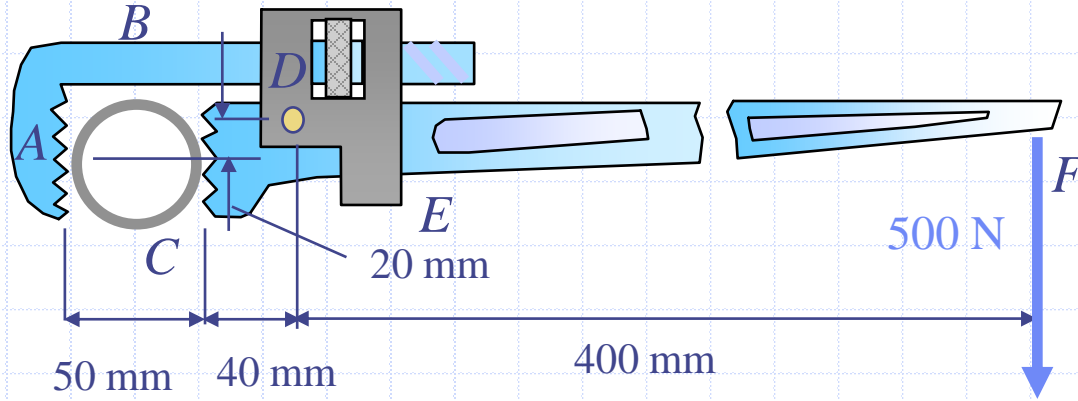


$$\Sigma M_C = 0 \Rightarrow BE$$

$$\Sigma M_E = 0 \Rightarrow C_y$$

$$\Sigma F_x = 0 \Rightarrow C_x$$

## Örnek



Çapı 50 mm olan bir boru, boru anahtarı ile şekilde gösterildiği gibi sıkılmıştır.

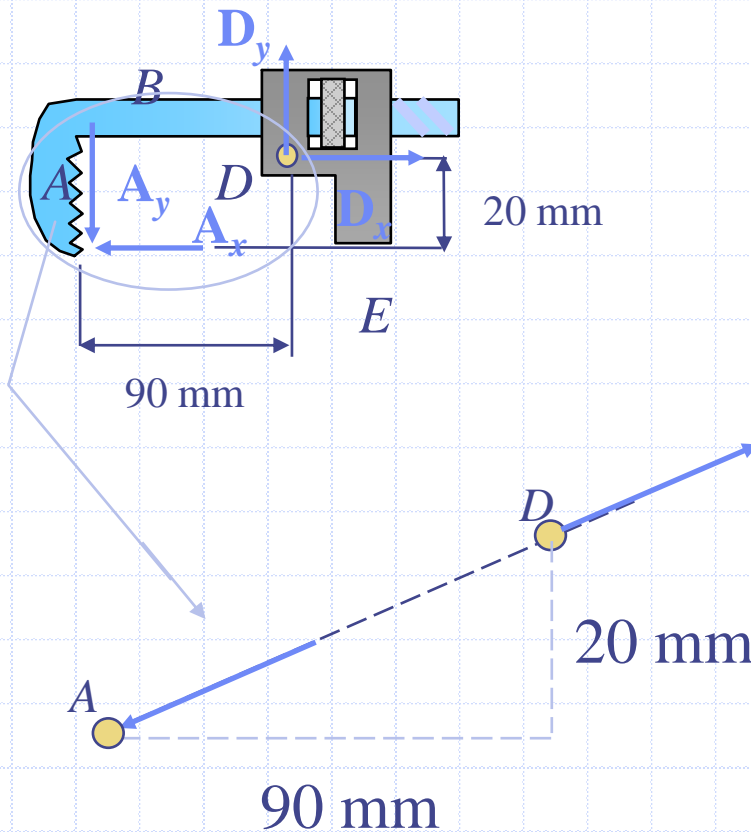
AB ve DE elemanları rijit olup, CF parçası ise D noktasındaki bir mafsal ile bu elemanlara bağlanmıştır. Borunun sıkılarak çevrilmesi durumunda (boru ve sıkma elemanları arasında herhangi bir kaymanın olmadığını kabul ederek) boruya A ve C noktalarından etkiyen kuvvet bileşenlerini bulunuz.

## Çözüm

- 1) Makine elemanlarına ayrılır ve her bir elemanın serbest cisim diyagramı çizilir.
- 2) İlk önce her bir eleman üzerine etkiyen kuvvetler yazılır ve bağlantı noktalarında da eşit ve zıt yönlü etkiyen kuvvetler yazılır.
- 3) Diğer çoklu kuvvet elemanları da göz önüne alınır.
- 4) Her bir eleman için denge denklemleri yazılır.

## Çözüm

ABDE parçası için serbest cisim diyagramı:



$$\frac{A_y}{20 \text{ mm}} = \frac{A_x}{90 \text{ mm}} ;$$

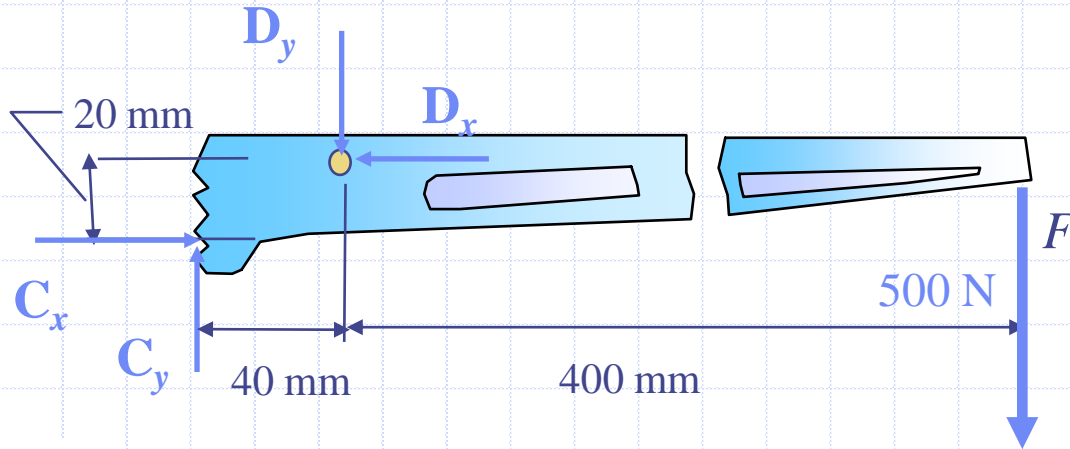
$$A_x = 4.5 A_y$$

$$D_y = A_y ;$$

$$D_x = A_x = 4.5 D_y \quad (1)$$

## Çözüm

CF parçası için serbest cisim diyagramı:



$$+ \left( \sum M_C = 0: D_x(20 \text{ mm}) - D_y(40 \text{ mm}) - (500 \text{ N})(440 \text{ mm}) = 0 \right.$$

$$(1)'de \text{ yerine konulursa; } 4.5D_y(20) - D_y(40) - 220 \times 10^3 = 0$$

$$D_y = 4400 \text{ N} = 4.4 \text{ kN} \quad D_x = 4.5 D_y = 19.8 \text{ kN}$$

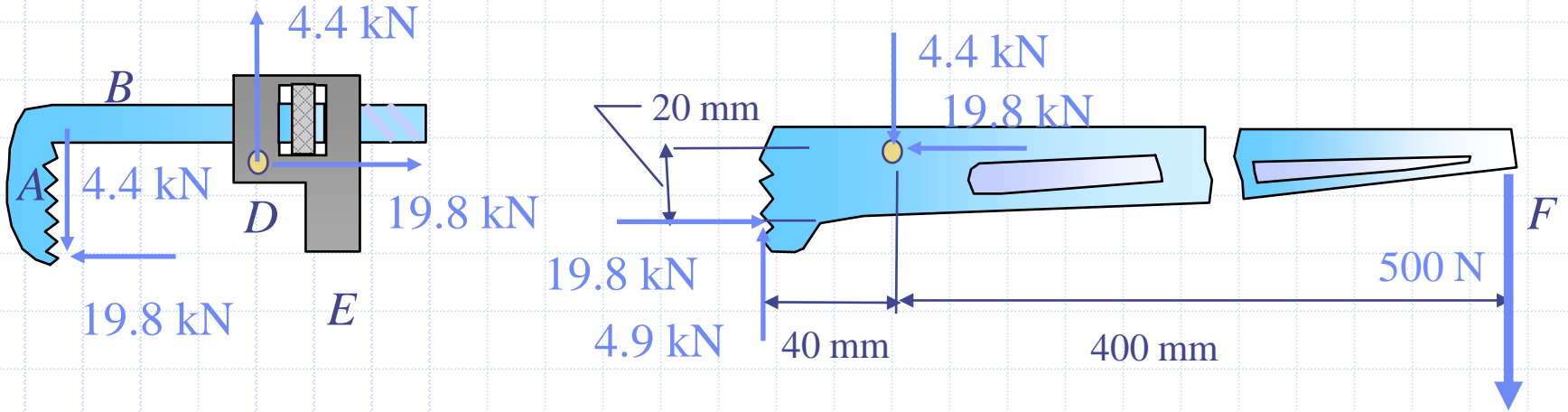
## Çözüm

$$\begin{aligned} \xrightarrow{+} \Sigma F_x = 0: C_x - 19.8 \text{ kN} &= 0 & C_x &= 19.8 \text{ kN} \\ + \uparrow \Sigma F_y = 0: C_y - 4.4 \text{ kN} - 0.5 \text{ kN} &= 0 & C_y &= 4.9 \text{ kN} \end{aligned}$$

(1). Denklemden;

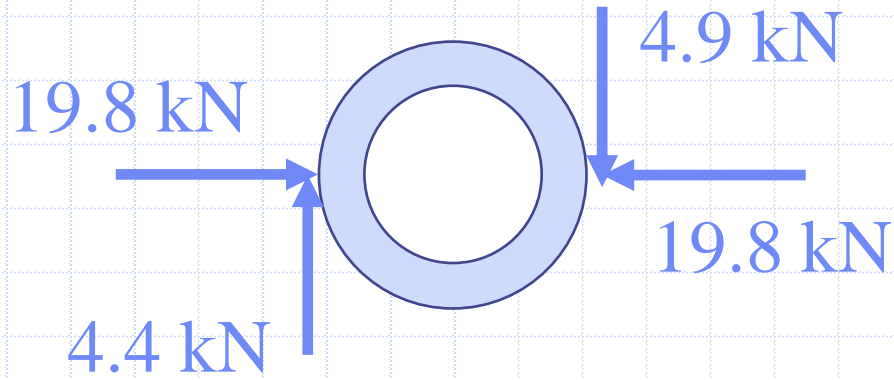
$$A_x = D_x = 19.8 \text{ kN} \quad A_y = D_y = 4.4 \text{ kN}$$

## Çözüm



Bütün kuvvet bileşenleri şekilde görüldüğü yönlerde etki etmektedir. Boru üzerindeki bileşenler eşit ve zıt yönlüdür.

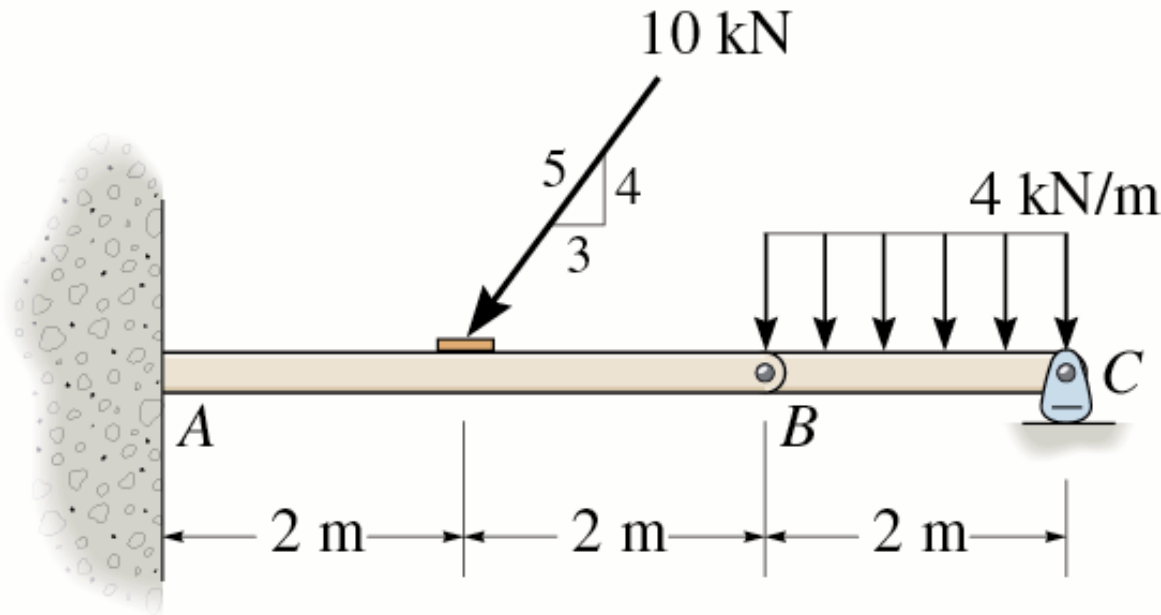
## Çözüm



$$\begin{aligned} \mathbf{A}_x &= 19.8 \text{ kN} \longrightarrow \\ \mathbf{A}_y &= 4.4 \text{ kN} \longrightarrow \\ \mathbf{C}_x &= 19.8 \text{ kN} \longleftarrow \\ \mathbf{C}_y &= 4.9 \text{ kN} \longdownarrow \end{aligned}$$

## Örnek

Birleşik bir kiriş şekilde gösterildiği üzere B noktasındaki bir mafsal ile bağlanmıştır. Mesnetlerdeki reaksiyonları hesaplayınız. (Kirişin ağırlığını ve kalınlığını ihmal ediniz.)



# Çözüm

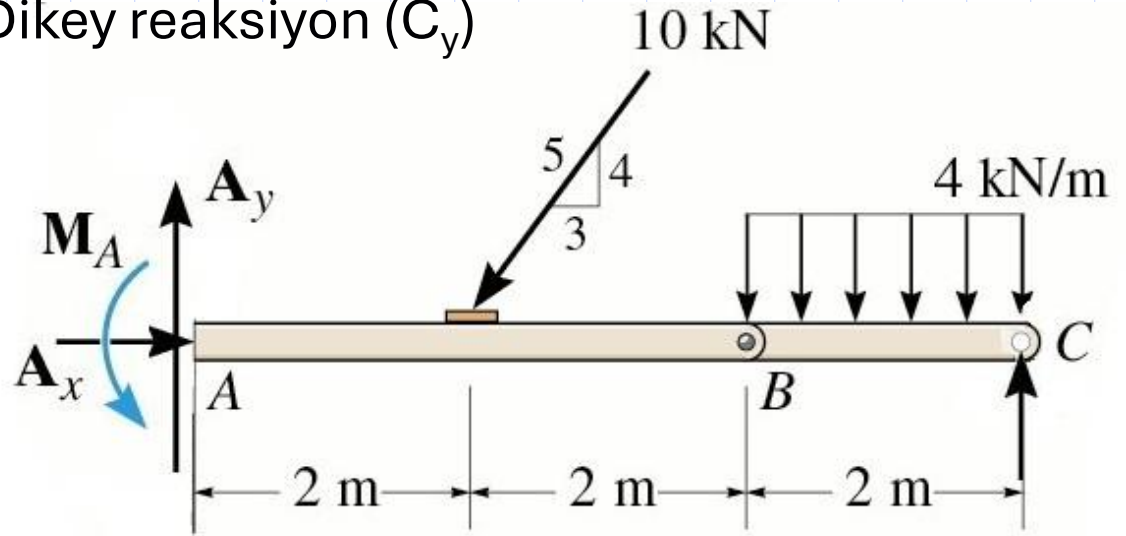
## Serbest Cisim Diyagramı:

Tüm kiriş için  $\Rightarrow$  4 unknowns

A'da ankastre  $\Rightarrow$

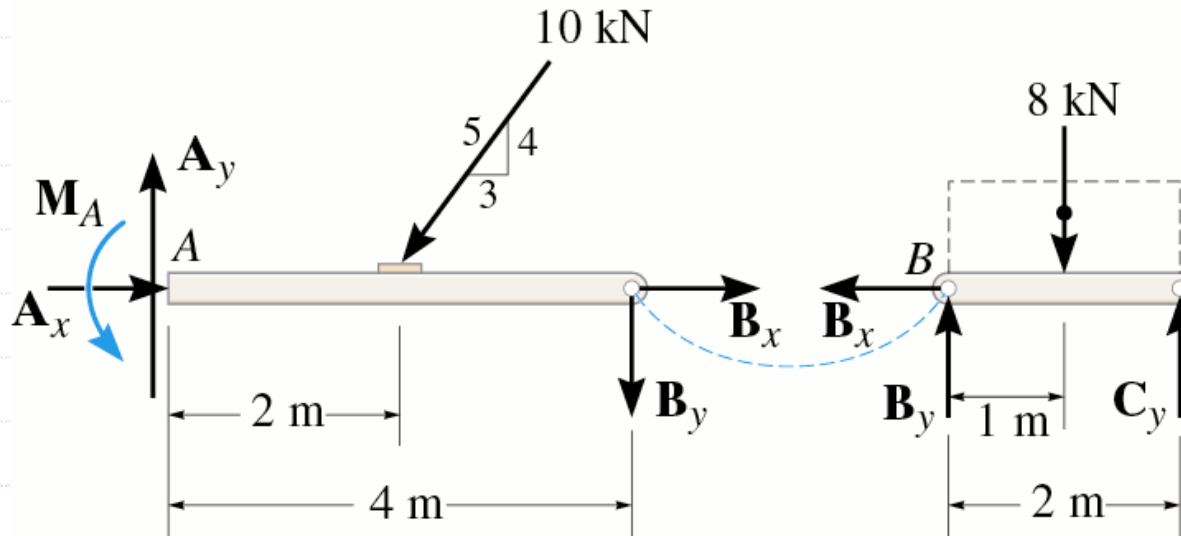
1. Yatay reaksiyon ( $A_x$ )
2. Dikey reaksiyon ( $A_y$ )
3. Moment ( $M_A$ )

C'deki mesnet  $\Rightarrow$  4. Dikey reaksiyon ( $C_y$ )



## Çözüm

- ◆ 4 bilinmeyen var;  $A_x$ ,  $A_y$ ,  $M_A$ , ve  $C_y$
- ◆ 3 Denge denklemi var:
- ◆  $\Sigma F_x = 0$ ,  $\Sigma F_y = 0$ , ve  $\Sigma M = 0$
- ◆ Kiriş AB ve BC olmak üzere iki parçaya ayrılır.



◆ BC kısmındaki denge denklemleri:

$$\xrightarrow{+} \sum F_x = 0$$

$$\Rightarrow -B_x = 0 \Rightarrow B_x = 0$$

$$(+M_B = 0$$

$$\Rightarrow -8kN(1m) + C_y(2m) = 0$$

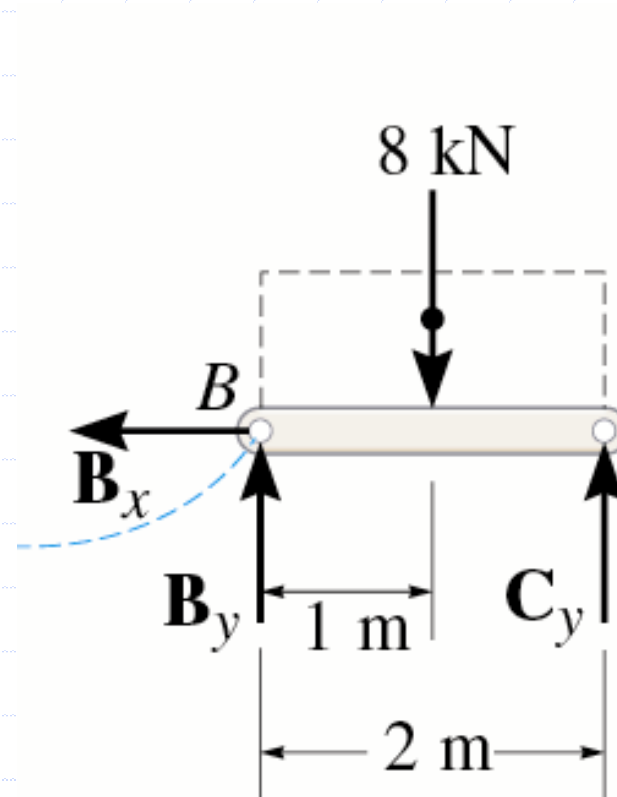
$$\Rightarrow C_y = 4kN$$

$$+\uparrow \sum F_y = 0$$

$$\Rightarrow B_y - 8kN + C_y = 0$$

$$\Rightarrow B_y - 8kN + 4kN = 0$$

$$\Rightarrow B_y = 4kN$$



◆ AB kısmındaki denge denklemleri:

$$\rightarrow \sum F_x = 0 \Rightarrow A_x - (10\text{kN})\left(\frac{3}{5}\right) + B_x = 0$$

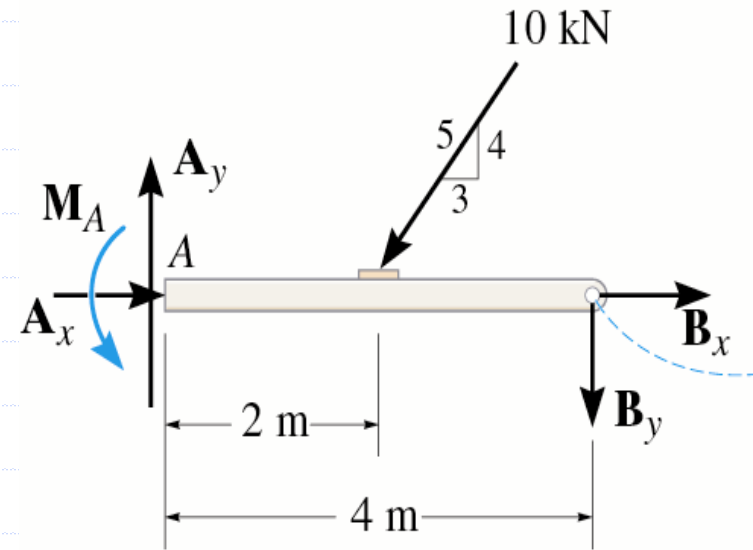
$$B_x = 0 \Rightarrow A_x = 6\text{kN}$$

$$(+M_A = 0 \Rightarrow M_A - (10\text{kN})\left(\frac{4}{5}\right)(2\text{m}) - B_y(4\text{m}) = 0$$

$$B_y = 4\text{kN} \Rightarrow M_A = 16 + (4)(4) = 32\text{kN.m}$$

$$+\uparrow \sum F_y = 0 \Rightarrow A_y - (10\text{kN})\left(\frac{4}{5}\right) - B_y = 0$$

$$B_y = 4\text{kN} \Rightarrow A_y = 8 + 4 = 12\text{kN}$$



## Sonuçlar:

$$A_x = 6kN$$

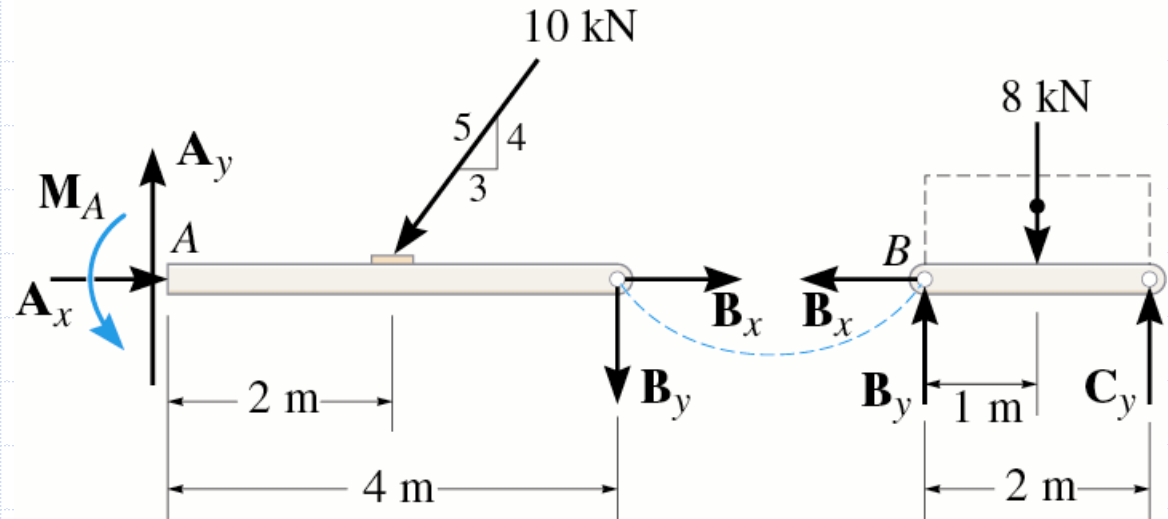
$$A_y = 12kN$$

$$M_A = 32kN.m$$

$$B_x = 0kN$$

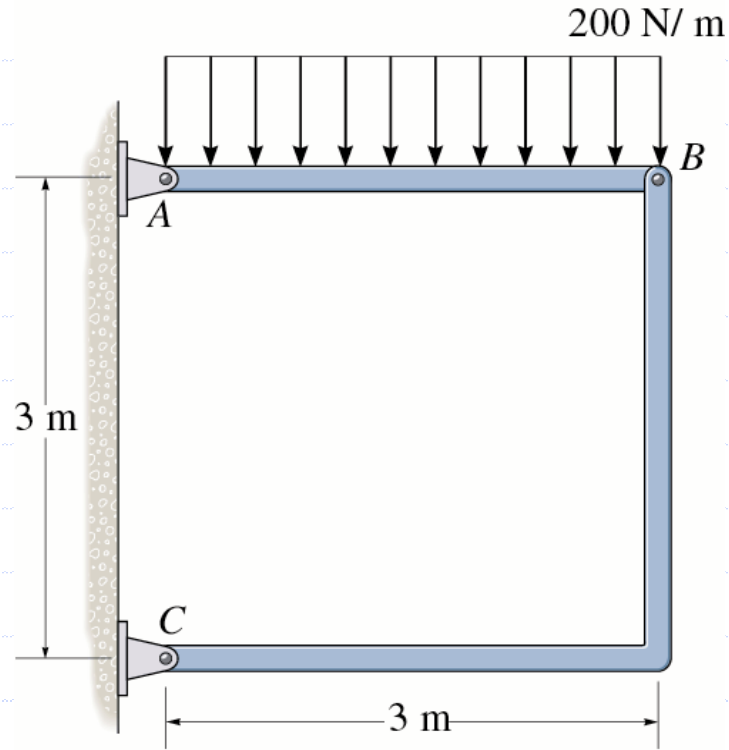
$$B_y = 4kN$$

$$C_y = 4kN$$

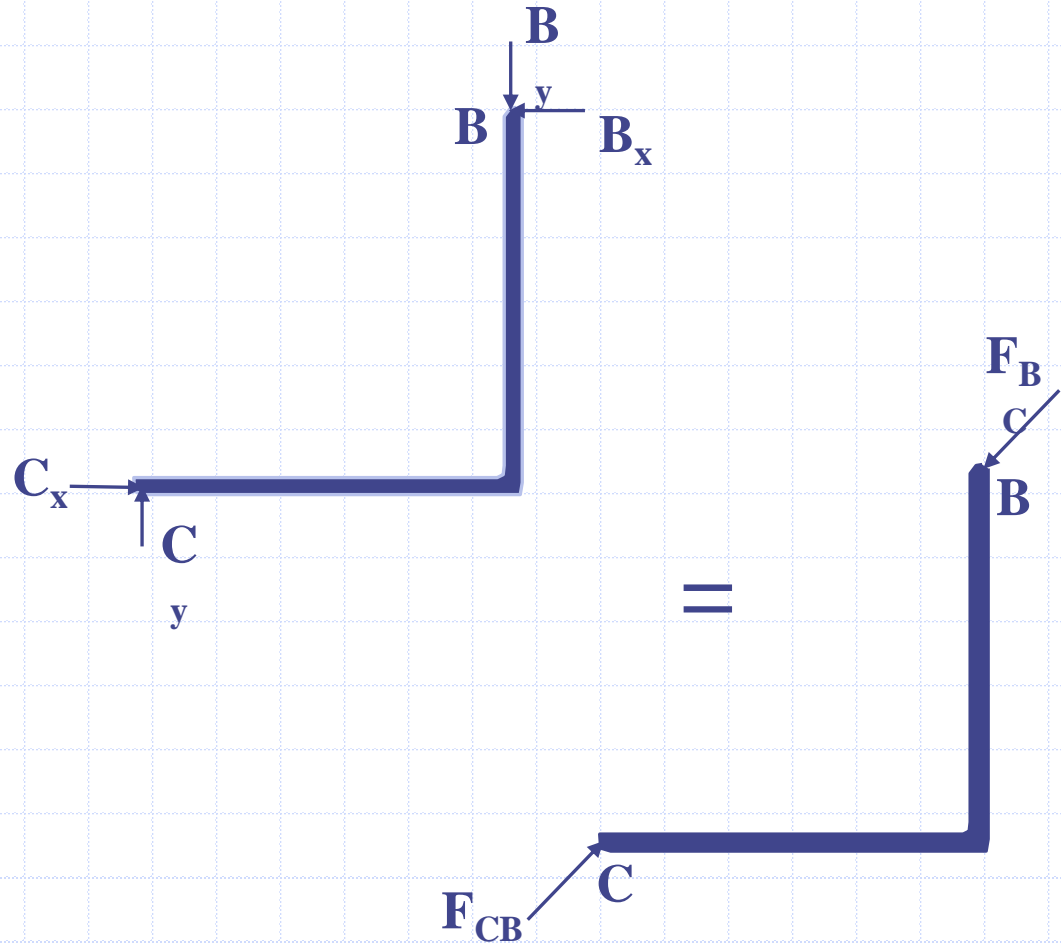
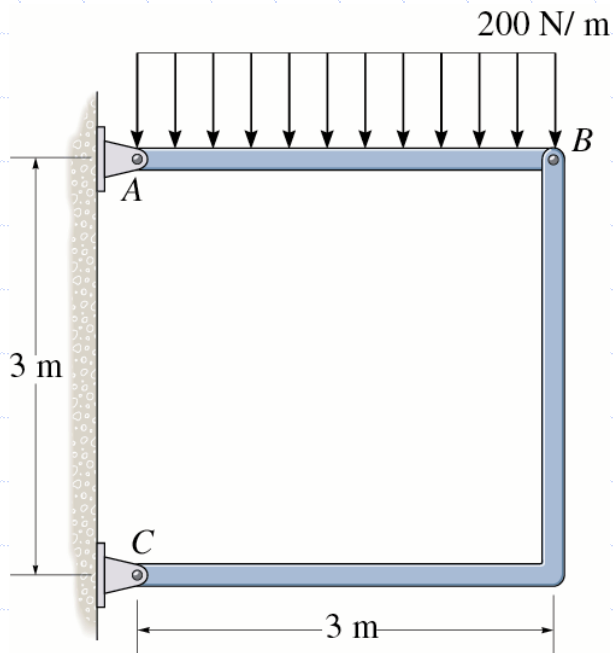


## Örnek

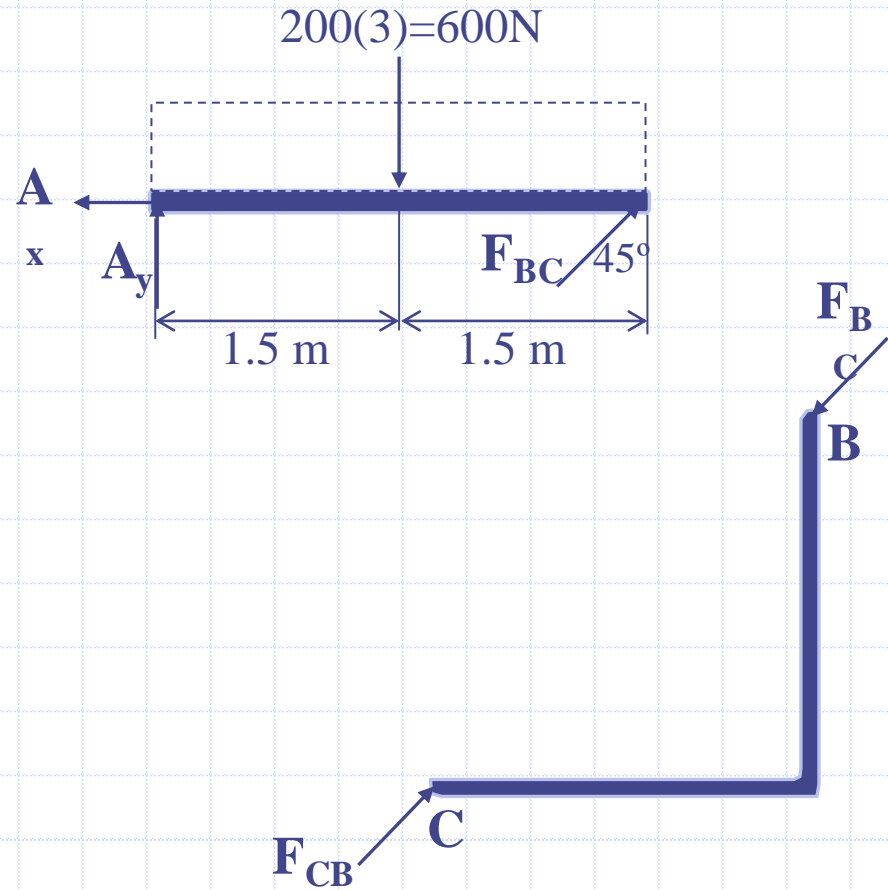
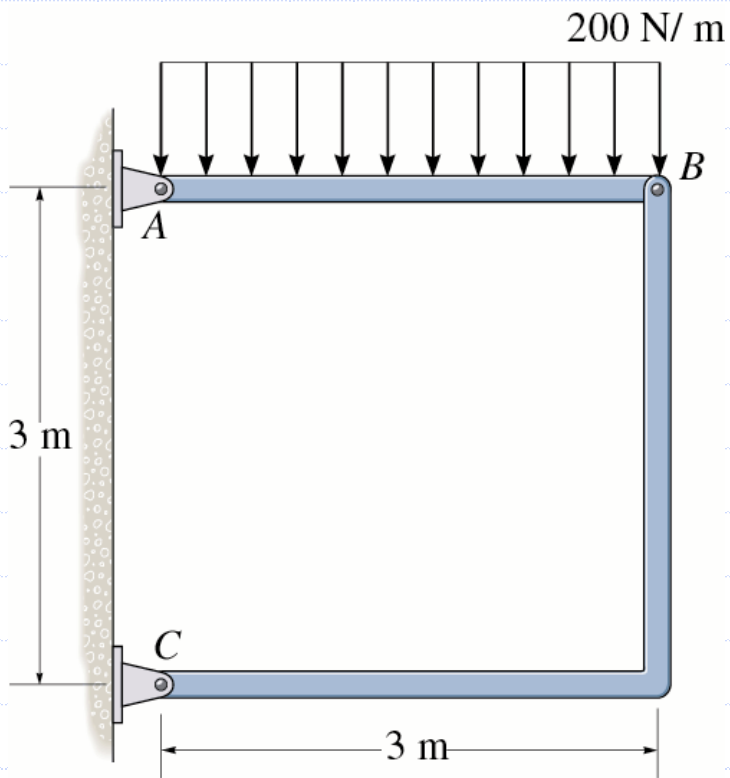
Şekilde görülen iki parçalı çerçevenin A ve C noktalarındaki yatay ve dikey kuvvet bileşenlerini hesaplayınız.



# Çözüm



# Serbest Cisim Diyagramı:



## Denge Denklemleri:

$$(+M_A = 0$$

$$\Rightarrow F_{BC} \cos 45^\circ(3) - 600(1.5) = 0$$

$$\Rightarrow F_{BC} = \frac{900}{3 \cos 45^\circ} = 424.26 N$$

$$+ \uparrow \sum F_y = 0$$

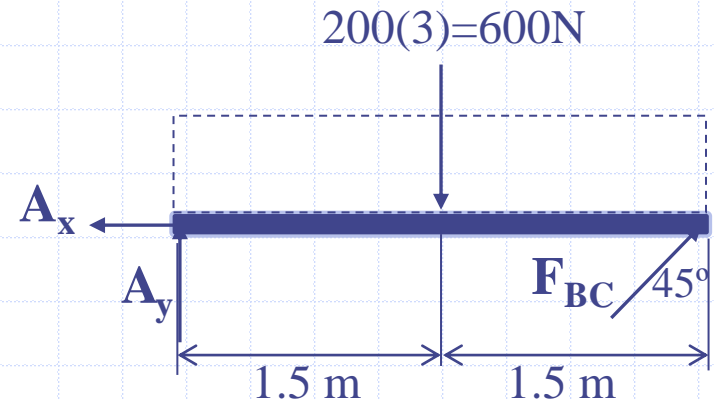
$$\Rightarrow A_y + F_{BC} \cos 45^\circ - 600 = 0$$

$$\Rightarrow A_y = 600 - (424.26)(\cos 45^\circ) = 300 N$$

$$\xrightarrow{+} \sum F_x = 0$$

$$\Rightarrow F_{BC} \sin 45^\circ - A_x = 0$$

$$\Rightarrow A_x = (424.26)(\sin 45^\circ) = 300 N$$



C noktası:

$$C_x = F_{BC} \sin 45^\circ$$

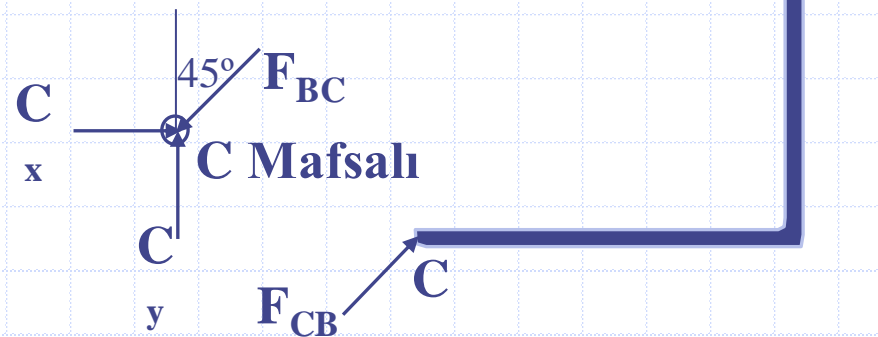
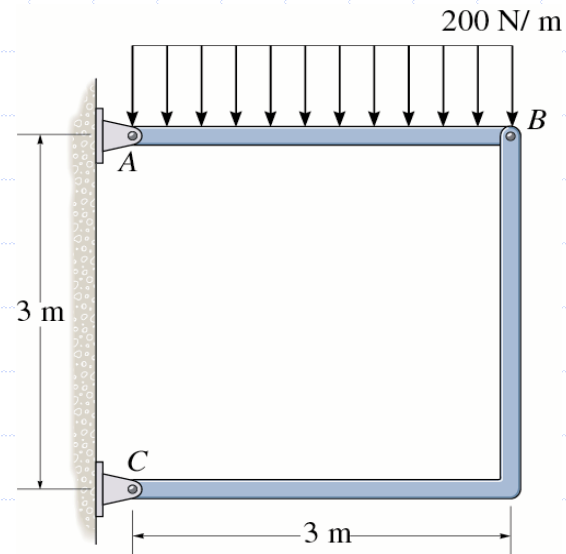
$$\Rightarrow C_x = (424.26)(\sin 45^\circ)$$

$$\Rightarrow C_x = 300N$$

$$C_y = F_{BC} \cos 45^\circ$$

$$\Rightarrow C_y = (424.26)(\cos 45^\circ)$$

$$\Rightarrow C_y = 300N$$



Sağlaması:

$$A_x = 300N$$

$$A_y = 300N$$

$$C_x = 300N$$

$$C_y = 300N$$

$$\xrightarrow{+} \sum F_x = 0$$

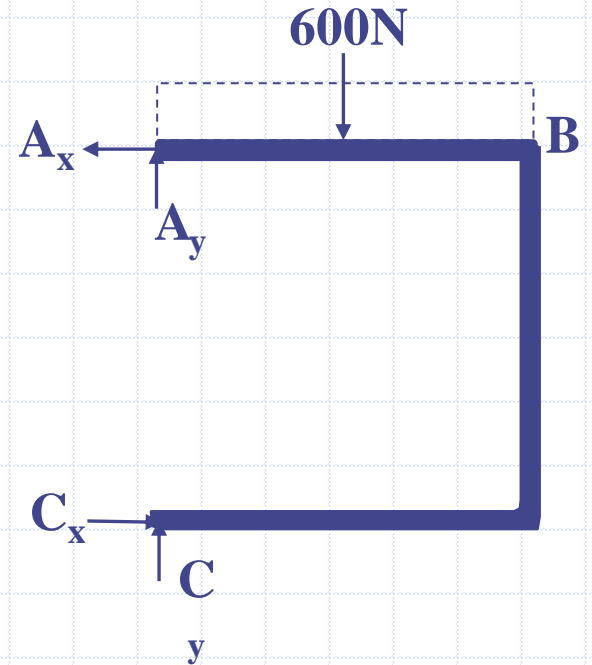
$$\Rightarrow C_x - A_x = 0$$

$$300 - 300 = 0 \Rightarrow \textit{saglandı}$$

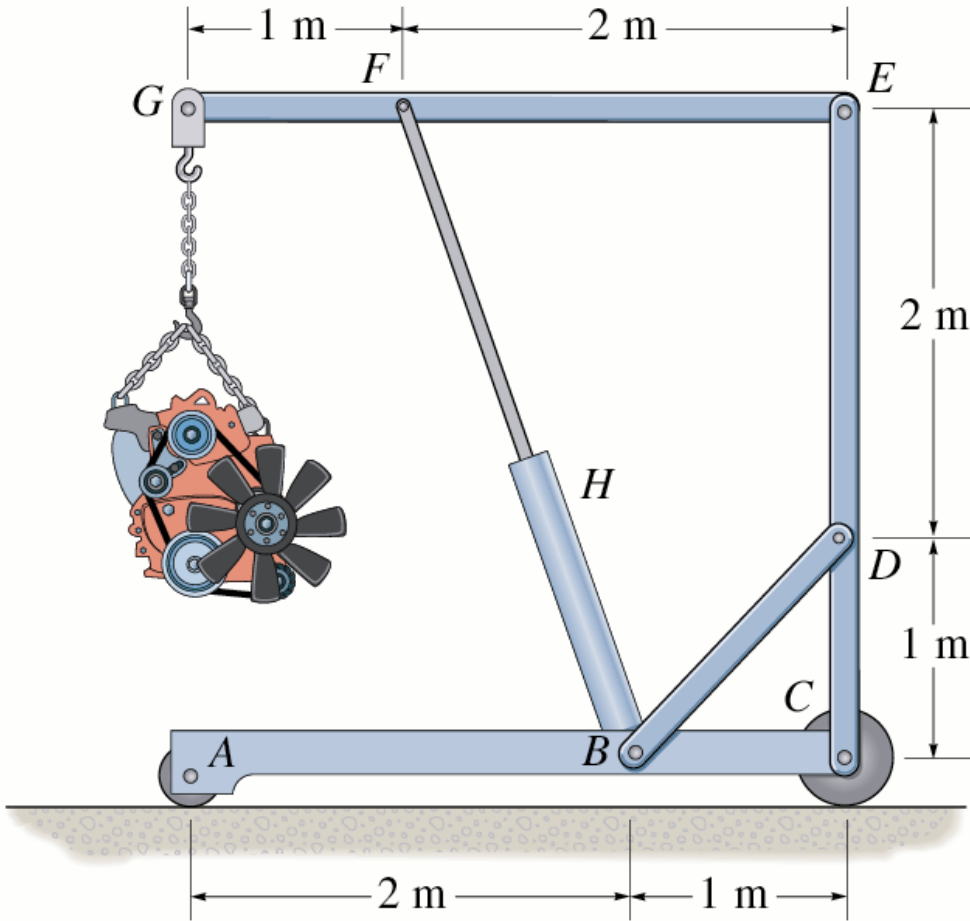
$$+ \uparrow \sum F_y = 0$$

$$\Rightarrow A_y + C_y - 600 = 0$$

$$300 + 300 - 600 = 0 \Rightarrow \textit{saglandı}$$

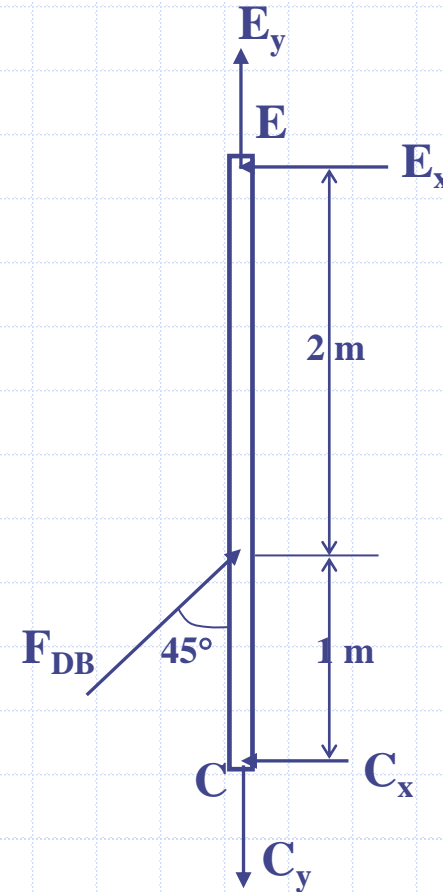
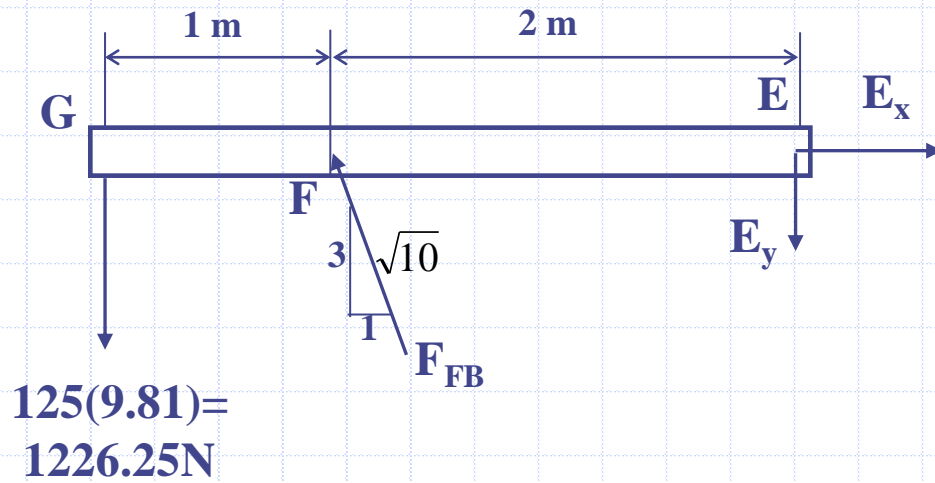


## Örnek



Şekildeki kriko ile 125 kg'lık bir motor kaldırılmaktadır. Krikonun  $DB$  ve  $FB$  elemanlarında meydana gelen kuvvetleri bulunuz.

# Çözüm



$$\sum M_E = 0$$

$$1226.25(3) - F_{FB} \left( \frac{3}{\sqrt{10}} \right) (2) = 0$$

$$\Rightarrow F_{FB} = 1938.87 \text{ N} = 1.94 \text{ kN}$$

$$+ \uparrow \sum F_y = 0$$

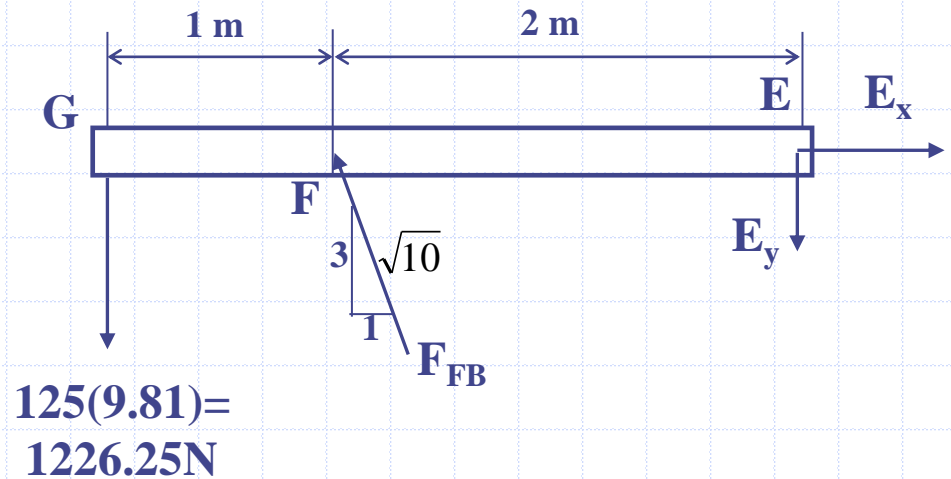
$$1938.87 \left( \frac{3}{\sqrt{10}} \right) - 1226.25 - E_y = 0$$

$$\Rightarrow E_y = 613.125 \text{ N}$$

$$\rightarrow \sum F_x = 0$$

$$E_x - 1938.87 \left( \frac{1}{\sqrt{10}} \right) = 0$$

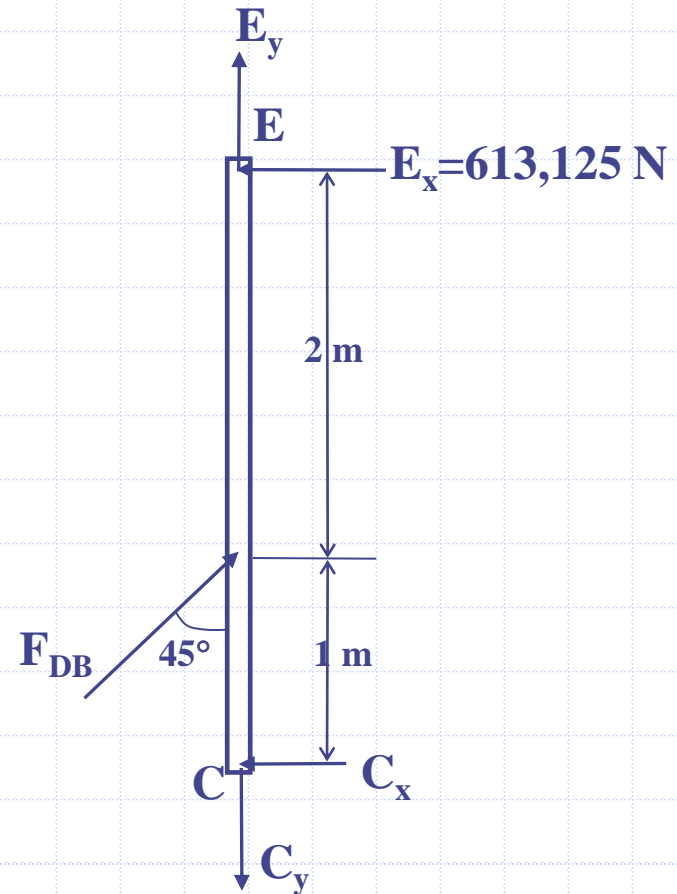
$$\Rightarrow E_x = 613.125 \text{ N}$$



$$\sum M_C = 0$$

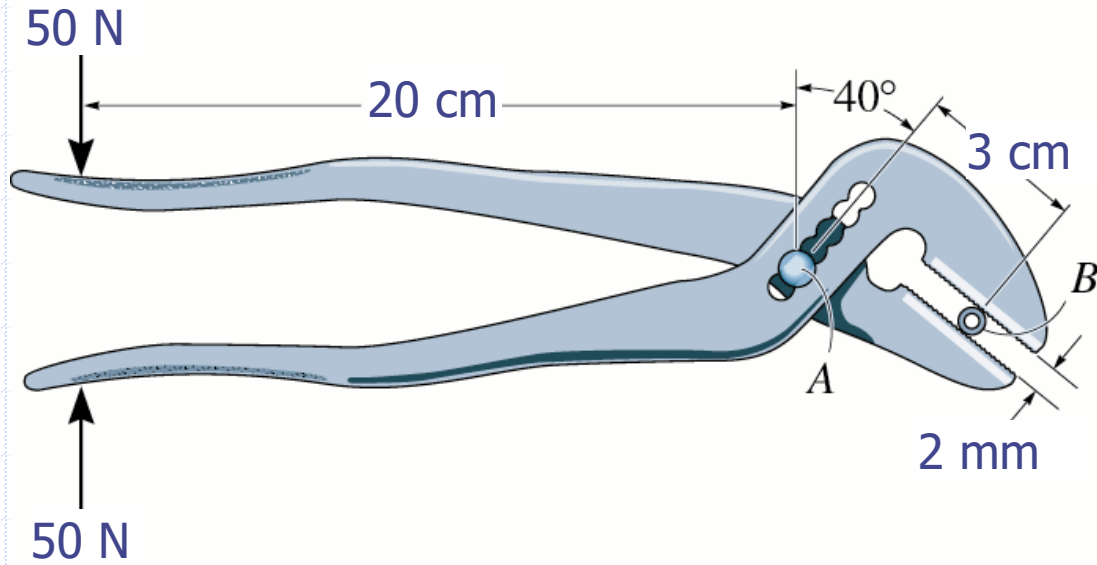
$$613.125(3) - F_{BD} \sin 45^\circ(1) = 0$$

$$\Rightarrow F_{DB} = 2601.27 \text{ N} = 2.60 \text{ kN}$$



## Örnek

Ayarlı bir pense ile B noktasındaki parçanın kesilmesi için 50 N'luk bir yük uygulanmaktadır. Bu durumda parçanın kesilmesi için uygulanmış olan kuvveti hesaplayınız.

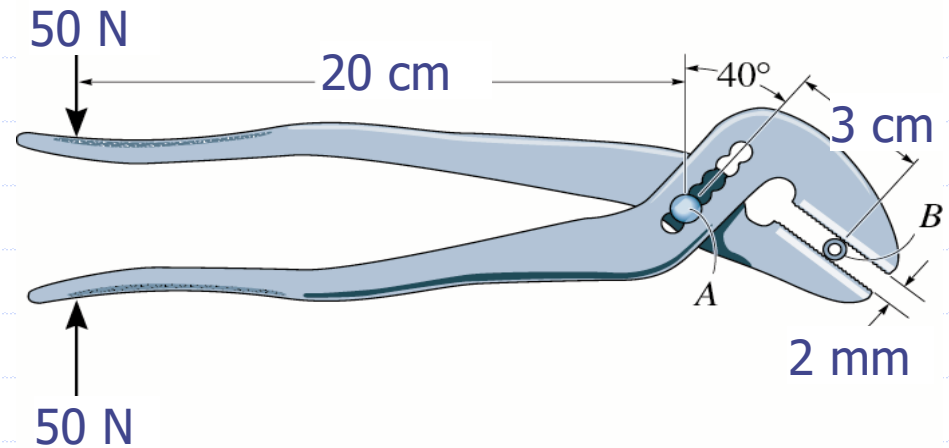


# Çözüm

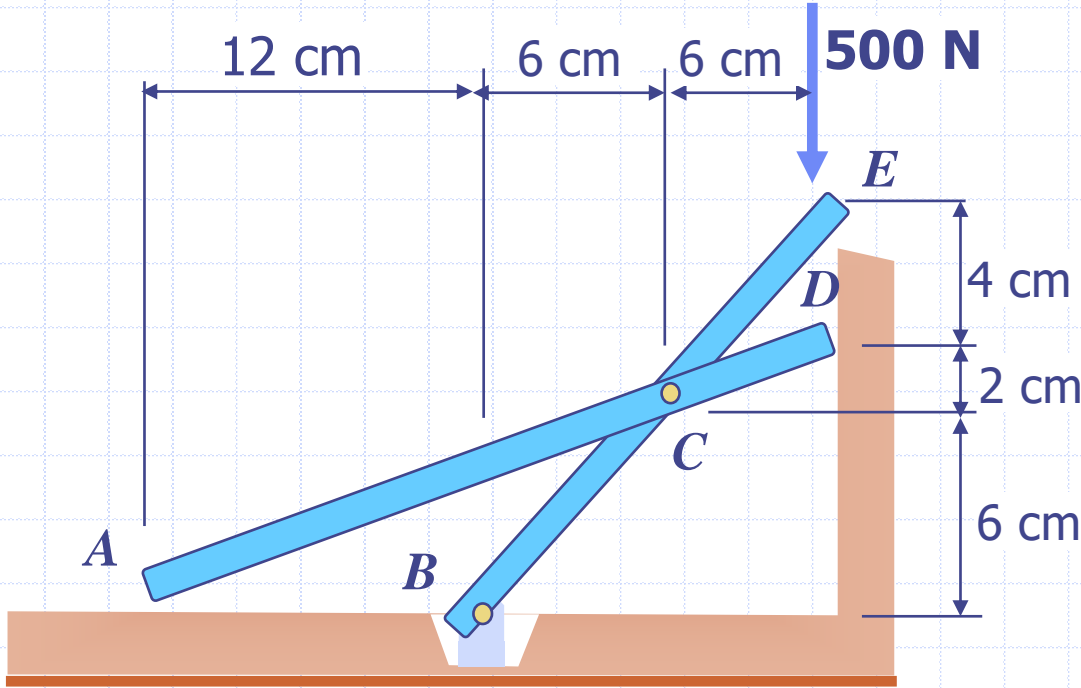
$$\sum M_A = 0$$

$$50(20) - 3(F_B) = 0$$

$$\Rightarrow F_B = 333,3 \text{ N}$$



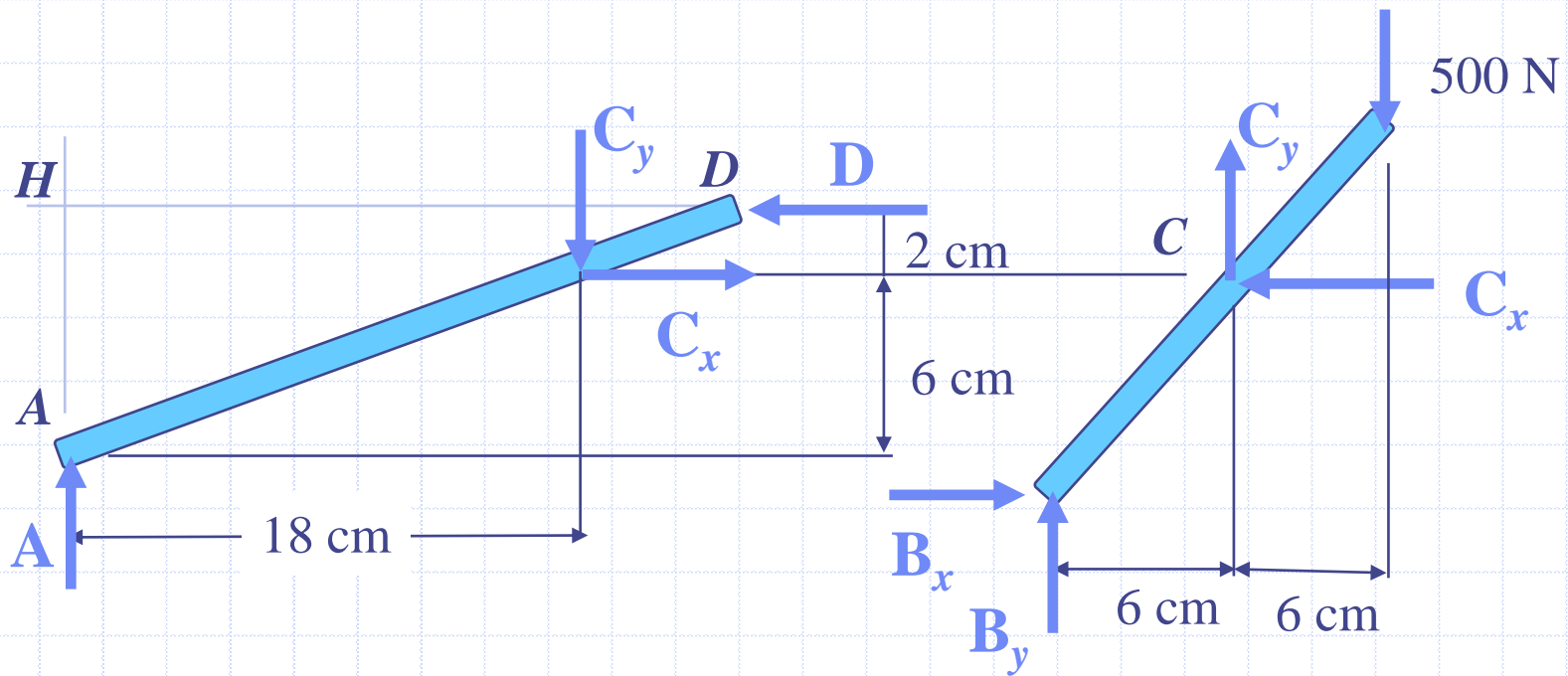
## Örnek



Şekildeki çerçeve için yatay ve dikey yüzeylerdeki sürtünmeyi ihmal ederek BCE elemanı üzerindeki B ve C noktalarına etkiyen kuvvetleri hesaplayınız.

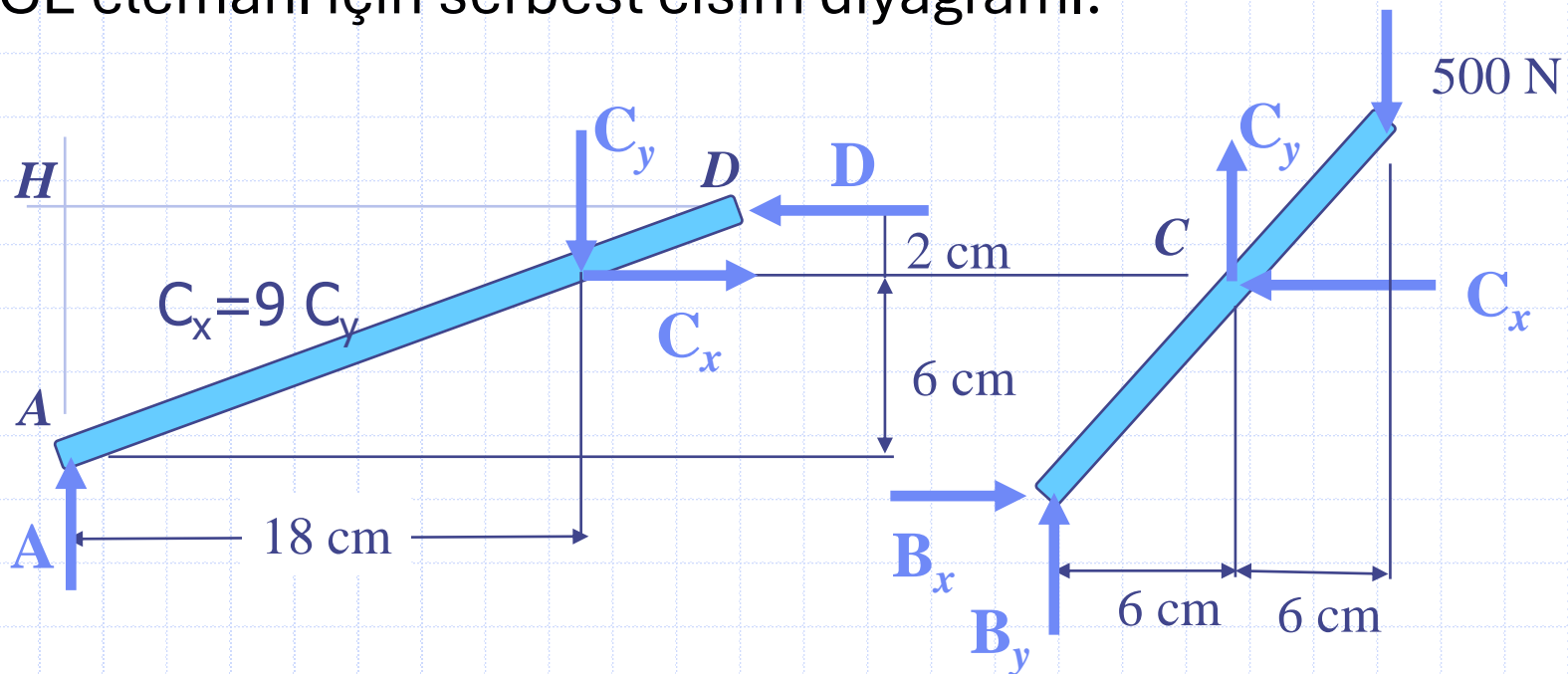
# Çözüm

ACD elemanı için serbest cisim diyagramı:



$$\Sigma M_H = 0: \quad C_x(2 \text{ cm}) - C_y(18 \text{ cm}) = 0 \quad C_x = 9C_y$$

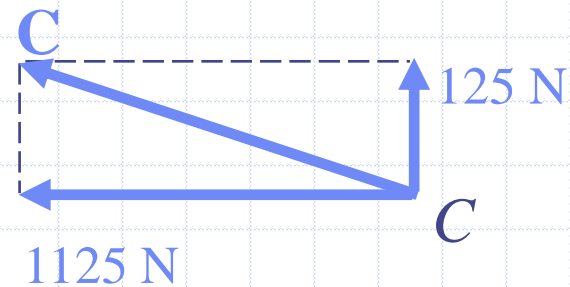
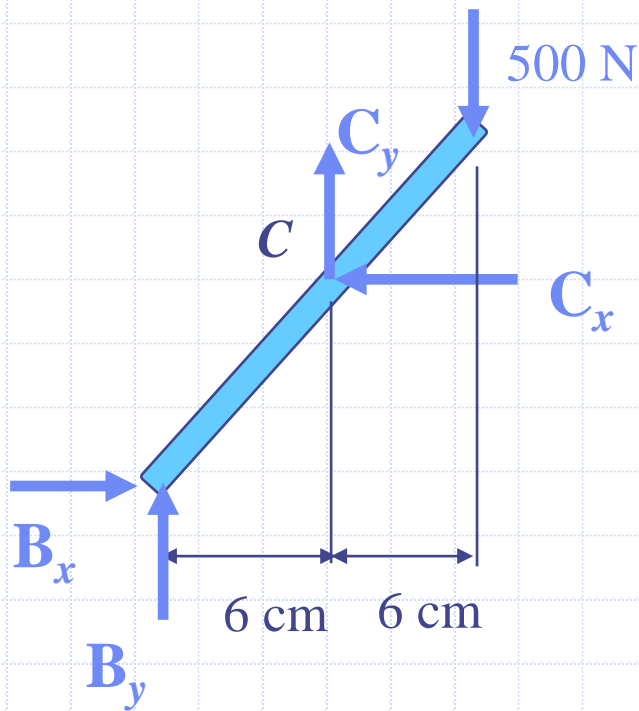
BCE elemanı için serbest cisim diyagramı:



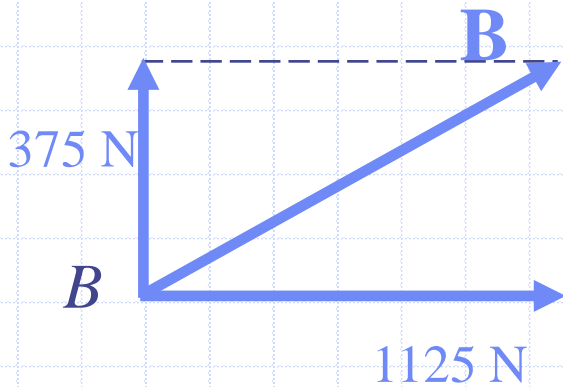
$$\Sigma M_B = 0: \quad C_x(6 \text{ cm}) + C_y(6 \text{ cm}) - (500 \text{ N})(12 \text{ cm}) = 0$$

$C_x = 9C_y$  yerine konulursa:  $9C_y(6 \text{ cm}) + C_y(6 \text{ cm}) - 6000 = 0$

$C_y = +125 \text{ N}; \quad C_x = 9C_y = 9(125) = 1125 \text{ N}$



$C = 1131,9 \text{ N}$   $\leftarrow$   
 $6.3^\circ$



$$\mathbf{B} = 1185,85 \text{ N} \angle 18.4^\circ$$

$$\begin{aligned} +\rightarrow \Sigma F_x = 0: & \quad B_x - 1125 \text{ N} = 0 \\ & \quad B_x = 1125 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} +\uparrow \Sigma F_y = 0: & \quad B_y + 125 \text{ N} - 500 \text{ N} = 0 \\ & \quad B_y = 375 \text{ N} \end{aligned}$$