

Seventh Edition

VECTOR MECHANICS FOR ENGINEERS: STATICS

Ferdinand P. Beer
E. Russell Johnston, Jr.

Ders Notu:
Hayri ACAR
İstanbul Teknik Üniveristesi

Tel: 285 31 46 / 116
E-mail: acarh@itu.edu.tr
Web: <http://atlas.cc.itu.edu.tr/~acarh>

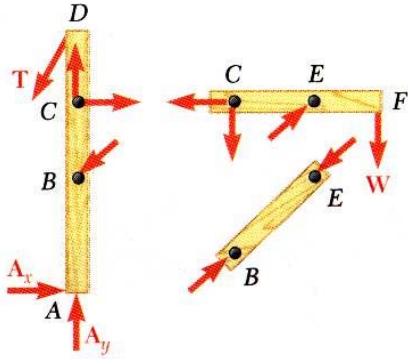
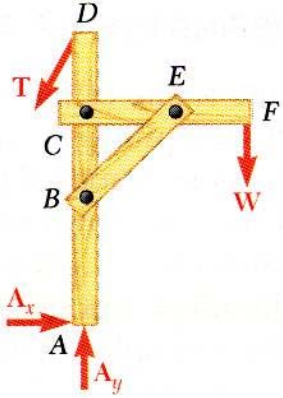
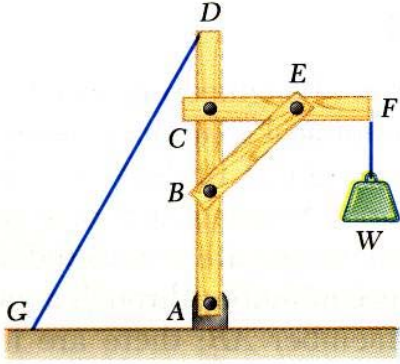
6. Taşıyıcı Sistemlerin Analizi



© 2002 The McGraw-Hill Companies, Inc. All rights reserved.

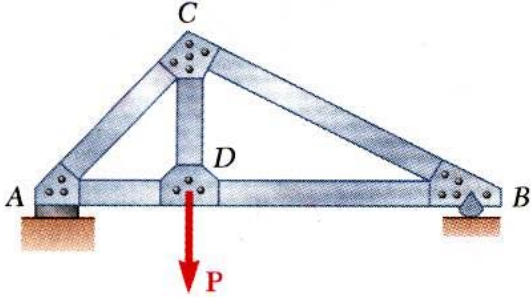
- Giriş
- Kafes Sistemlerin Tanımı
- Basit Kafes Sistemler
- Kafes Sistemlerin Düğüm Noktaları Metodu ile Analizi
- Özel Yükleme Durumlarındaki Düğüm Noktaları
- Uzak Kafes Sistemleri
- Kafes Sistemlerin Kesit Alma Metodu ile Analizi
- Bileşik Kafes Sistemler
- Çerçevelerin Analizi
- Mesnetlerinden Ayrıldığında Rijit Olmayan Çerçeveler
- Makinalar

Giriş

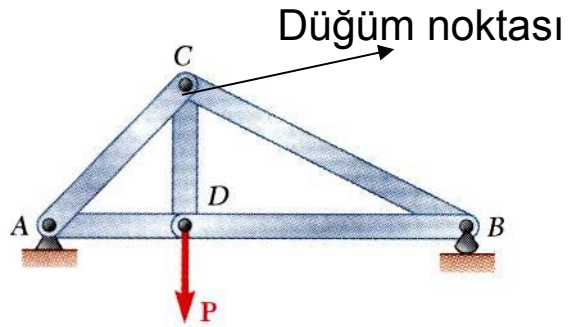


- Bir kaç elemandan oluşan yapıların dengesi için, dış kuvvetler gibi iç kuvvetlerin de düşünülmesi gerekir.
- Birleştirilmiş parçalar arasındaki etkileşim, Newton'un 3. yasası ile bulunur: birbirine temas eden cisimlerde etki ve tepki kuvvetleri eş şiddet ve tesir çizgili fakat zıt yönlüdür.
- Mühendislik yapıları üç kategoride sınıflandırılır:
 - a) *Çerçeveler*: En azından bir tane çok-kuvvet (3 veya daha fazla) içeren elemana sahip yapılar.
 - b) *Kafes Sistemler*: İki kuvvet elemanlarından oluşturulmuş yapılar
 - c) *Makinalar*: kuvvet aktarımı ve kuvvet değişimi için tasarlanmış, hareketli elemanlara sahip yapılar.

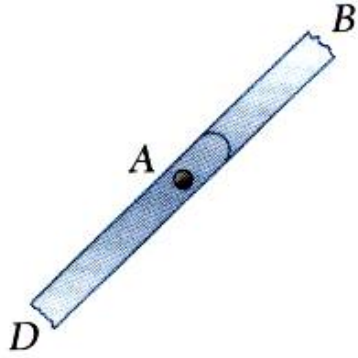
Kafes Sistemlerin Tanımı



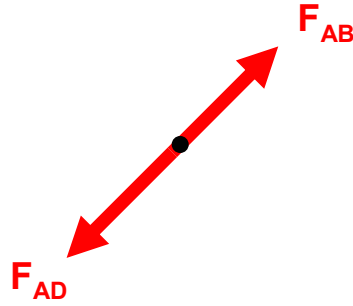
- Kafes sistemi dik elmanların birleştirilmesinden oluşur. Çubuklardan hiç biri düğüm noktasından ileri geçmez.



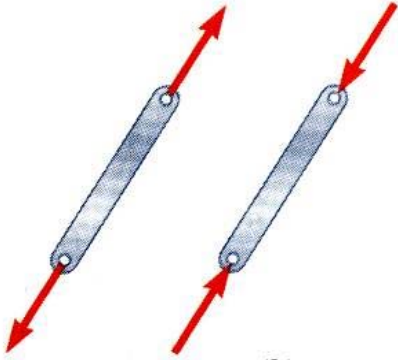
- Civatalanmış veya kaynaklanmış bağlantılar pim ile bağlanmış gibi düşünülür. Elemana etkiyen kuvvetler tek bir kuvvete indirgenebilir ve kuvvet çifti oluşturmaz. Bunun için iki kuvvetli elemanlar olarak düşünülebilir.



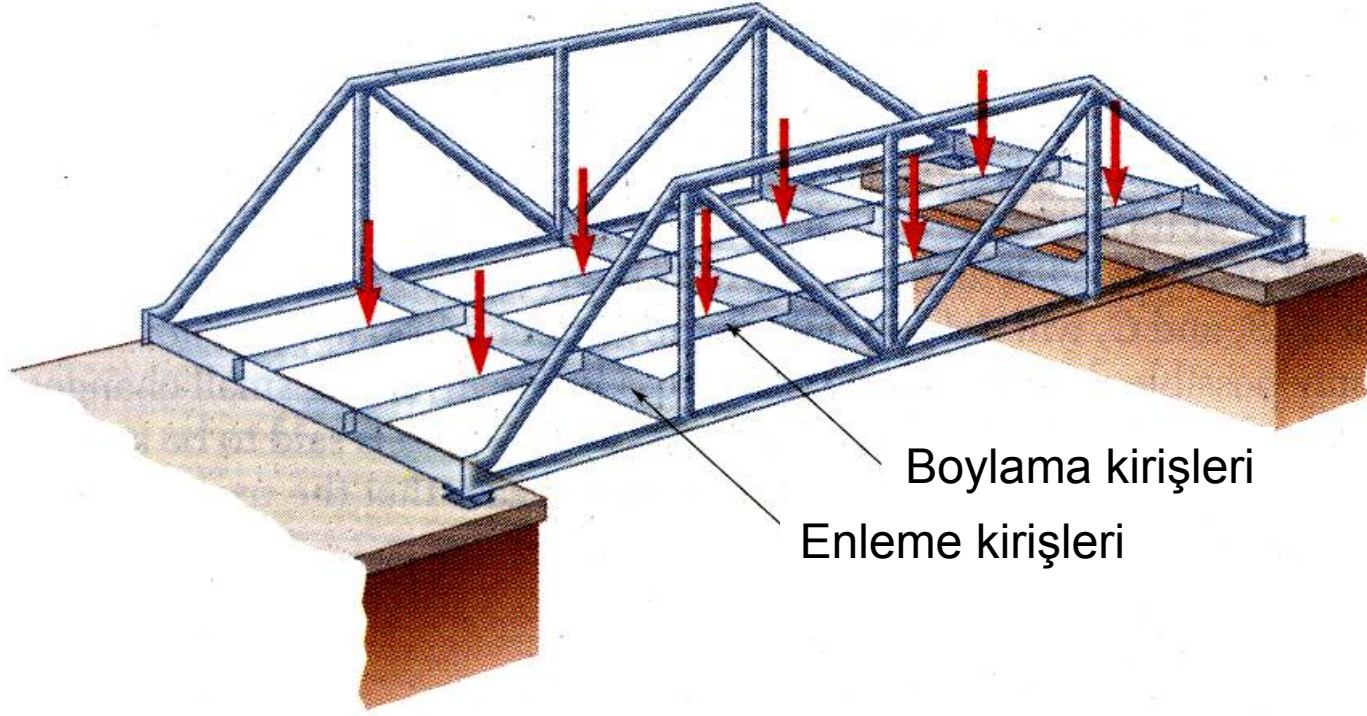
Aynı doğrultuda iki
çubuğun birleştiği
düğüm noktası göz
önüne alınsın



İki kuvvet etkisi altındaki
eleman, ancak kuvvetler
aynı şiddete ve tesir
çizgisine sahip zıt yönlü
olduğu durumda
dengededir.



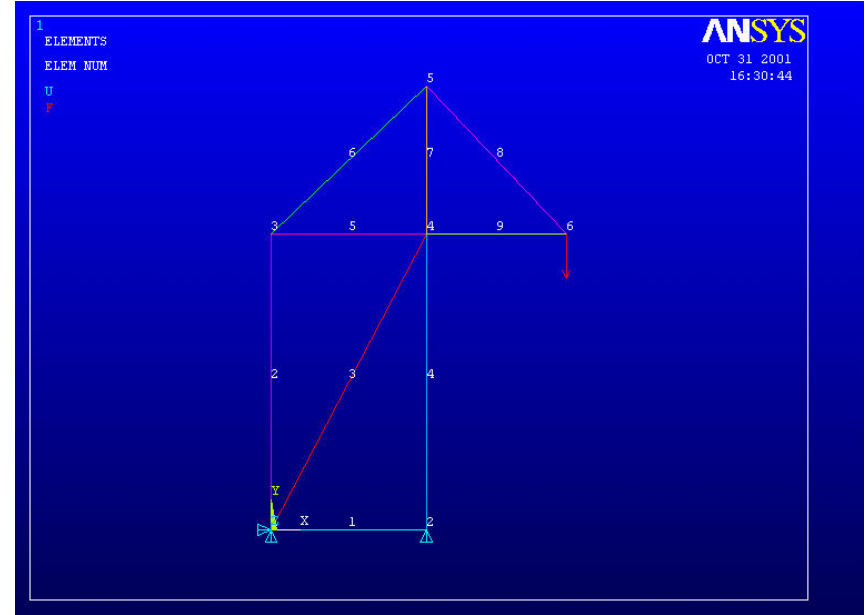
- Kuvvetler çubuktan dışarı doğru ise çubuk 'çekme' etkisindedir.
- Kuvvetler çubuğa doğru ise çubuk 'basma' etkisindedir.



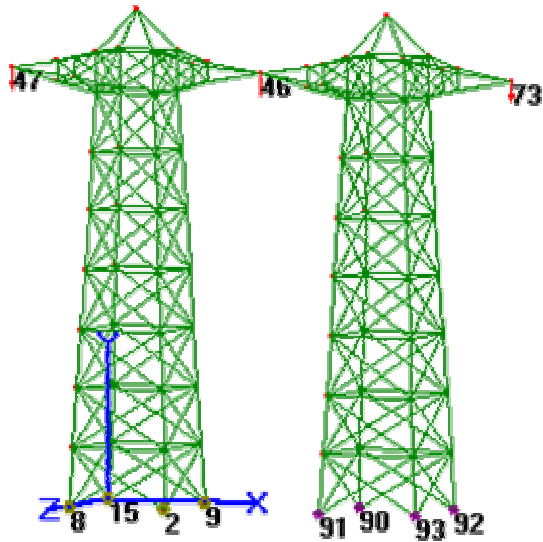
Kafes sistemlerin elemanları narindir ve fazla yanal kuvvet taşıyamazlar. Bu nedenle, yükler bağlantı noktalarına uygulanmalıdır.

Kafes sistemler birçok mühendislik probleminde pratik ve ekenomik çözüm saęlar:
Köprülerde, atı sistemlerinde sıkça kullanılır.

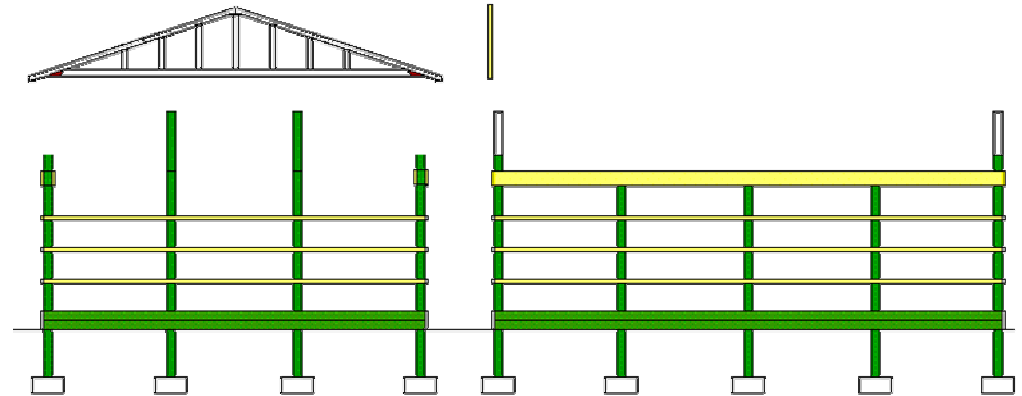




Çelik kafes sistemler

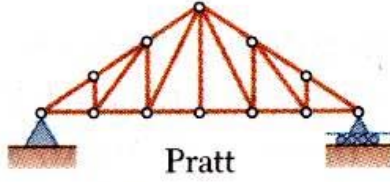


Yüksek gerilim hatları

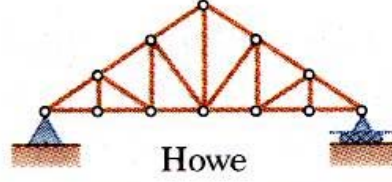




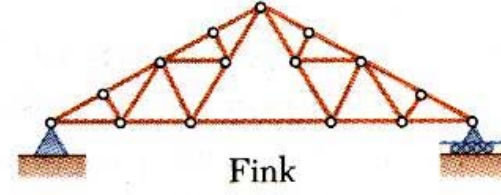
Kafes kiriş türleri



Pratt

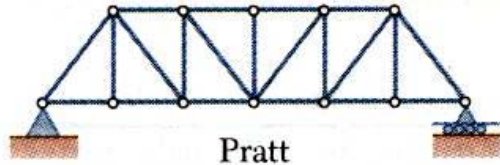


Howe

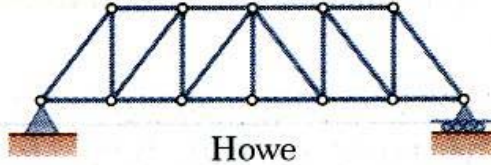


Fink

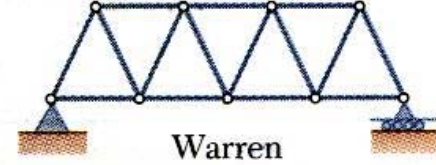
Tipik çatı kafes kirişleri



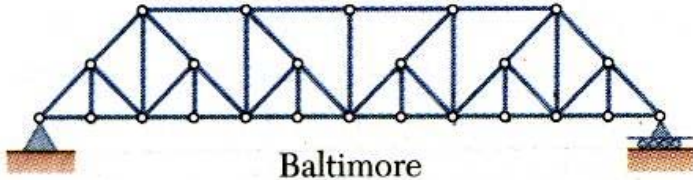
Pratt



Howe



Warren

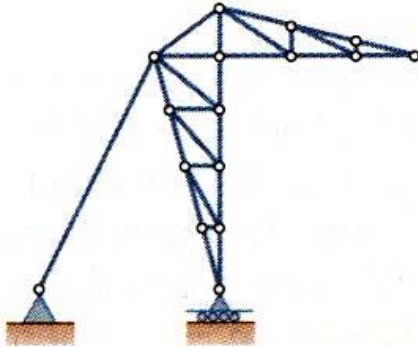


Baltimore

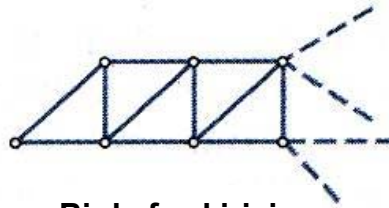


K kafes kirişi

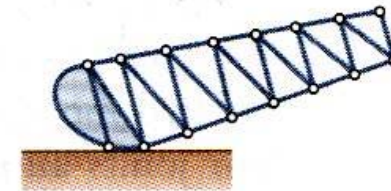
Tipik köprü kafes kirişleri



Stadyum kafes kirişi



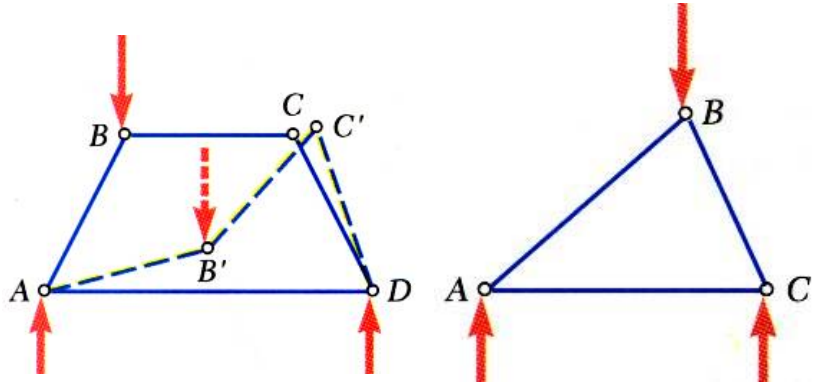
Bir kafes kirişin
konsol kısmı



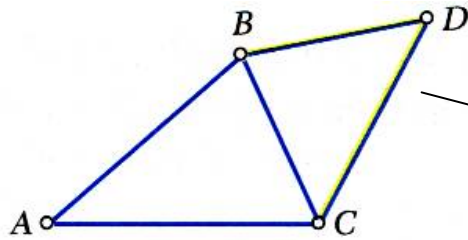
Baskül

Diğer kafes kirişler

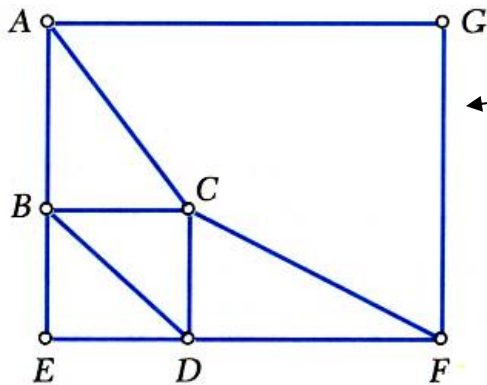
Basit Kafes Sistemler



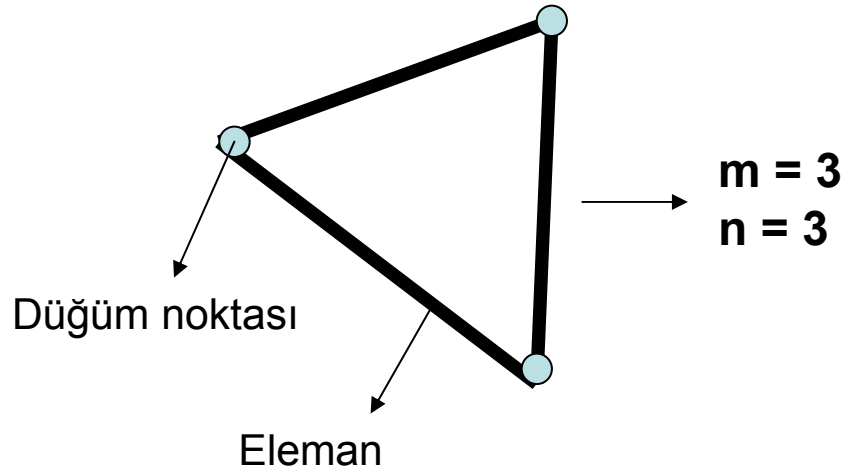
- “Rijit Kafes Sistem” yük uygulaması sonucunda göçmeyen sistemdir. Şekil değişimi çok azdır.



- “Basit kafes sistem” temel üçgen kafes sisteme, iki eleman ve bir düğüm noktası ilave ederek oluşturulur. Yalnız üçgenlerden olması şart değildir.



Üçgen kafes sistem

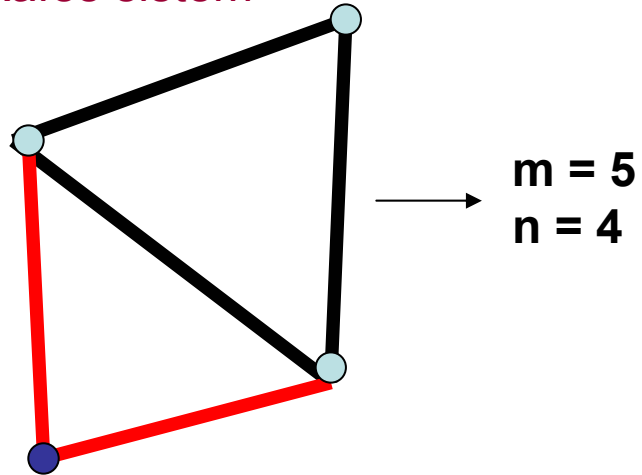


eleman sayısı

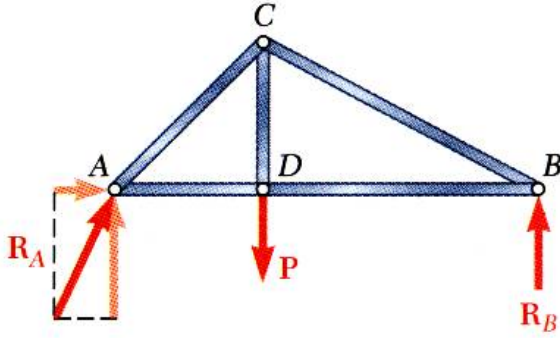
$$m = 2n - 3$$

düğüm noktası sayısı

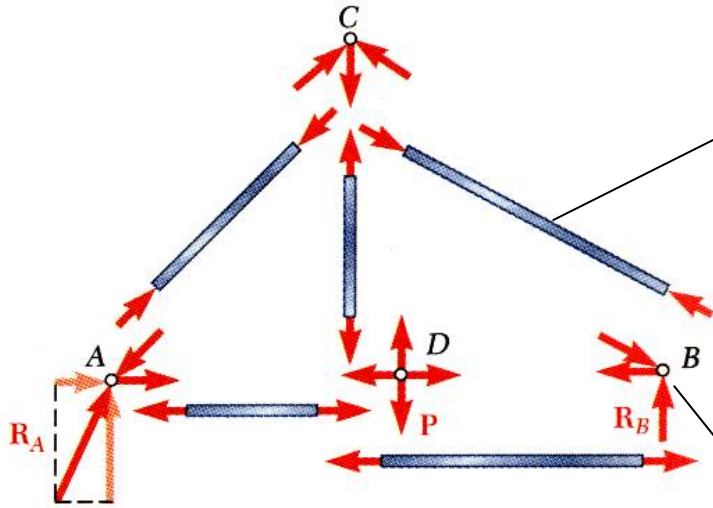
Basit kafes sistem



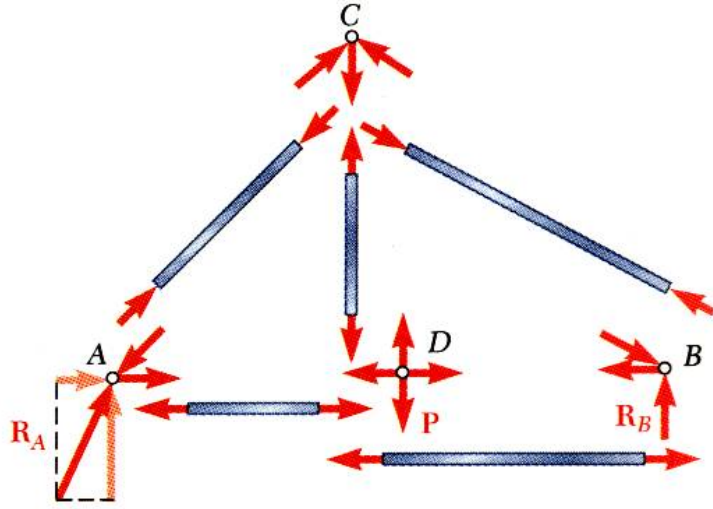
Kafes Sistemlerin Düğüm Noktaları Metodu ile Analizi



- Kafes elemanları çözülerek her bir eleman ve pim için serbest cisim diyagramı çizilir.



- Her elemana etki eden iki kuvvetin eşit şiddetli ve tesir çizgili ve zıt yönlü olması gerekir.
- Mafsala eleman tarafından uygulanan kuvvet eş şiddet ve tesir çizgili ve zıt yönlüdür.



- Her düğüm noktası için iki denge denklemi vardır.

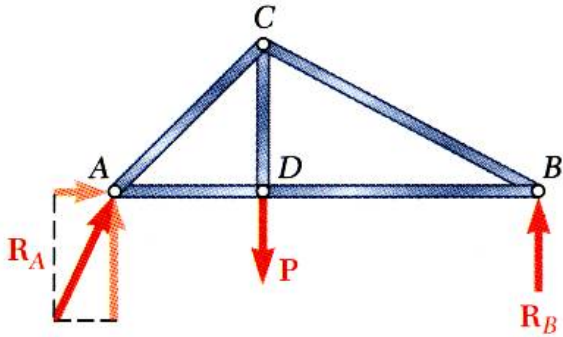
Denklem sayısı: $2n$

$2n$ kadar bilinmeyen çözülebilir.

Basit kafes sistem için: $m = 2n - 3$ idi.

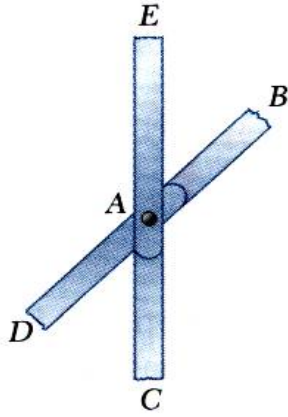
$$2n = m + 3 \text{ tür.}$$

$m + 3$ kadar bilinmeyen çözülebilir.



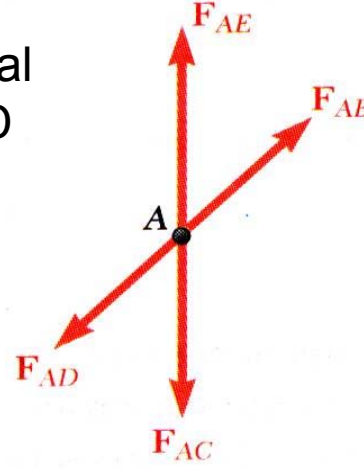
- Mafsal denge denklemlerine ilave olarak, tüm sistemin denge şartlarından elde edilen 3 denklem daha vardır. Fakat bu denklemler düğüm noktasından bağımsız değildir.
- Mesnetlerdeki tepki kuvvetlerinin kısa yoldan çözümü için kullanılabilir.

Özel Yükleme Durumlarındaki Düğüm Noktaları

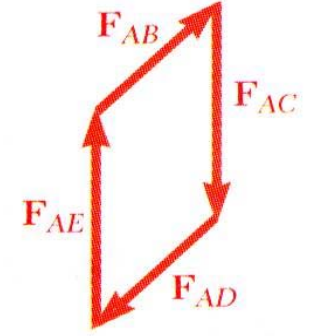


İkişer ikişer aynı doğrultuda
bulunan dört çubuğu
birleştiren düğüm noktası
göz önüne alınsın

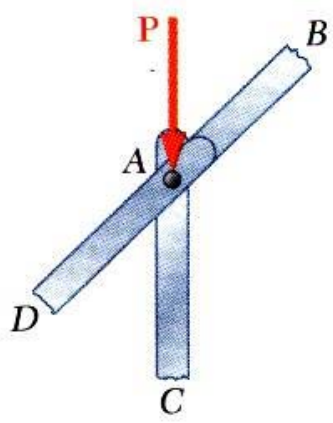
Mafsal
SCD



Mafsal iki çift zıt
yönlü kuvvet
etkisindedir

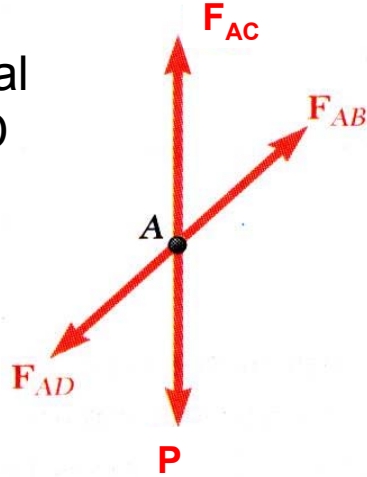


Aynı doğrultudaki
karşıt çubuklarda
kuvvetler eşittir.

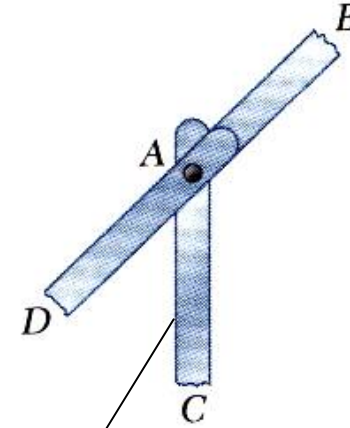


İkisi aynı doğrultuda olan üç çubuğu birleştiren ve bir P yükünü taşıyan düğüm noktası göz önüne alınsın

Mafsal
SCD

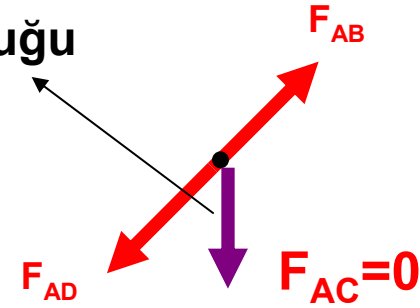


Aynı doğrultudaki iki karşıt çubukta kuvvetler birbirine eşit ve diğer elemandaki kuvvet P'ye eşittir.



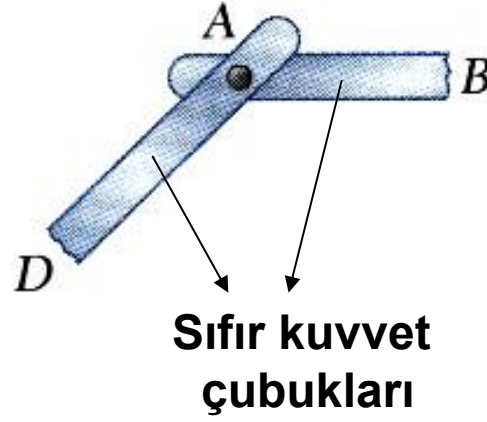
İkisi aynı doğrultuda olan üç çubuğu birleştiren düğüm noktası göz önüne alınsın

Sıfır kuvvet
çubuğu



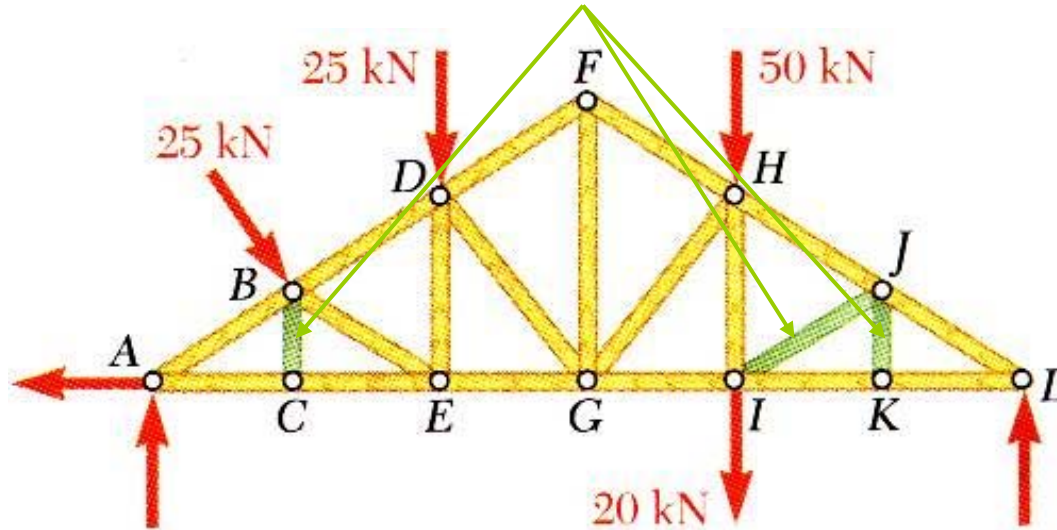
Aynı doğrultudaki iki karşıt çubukta kuvvetler birbirine eşit ve diğer elemandaki kuvvet sıfıra eşittir.

Farklı doğrultuda
iki çubuğun
birleştiği düğüm
noktası göz önüne
alınsın

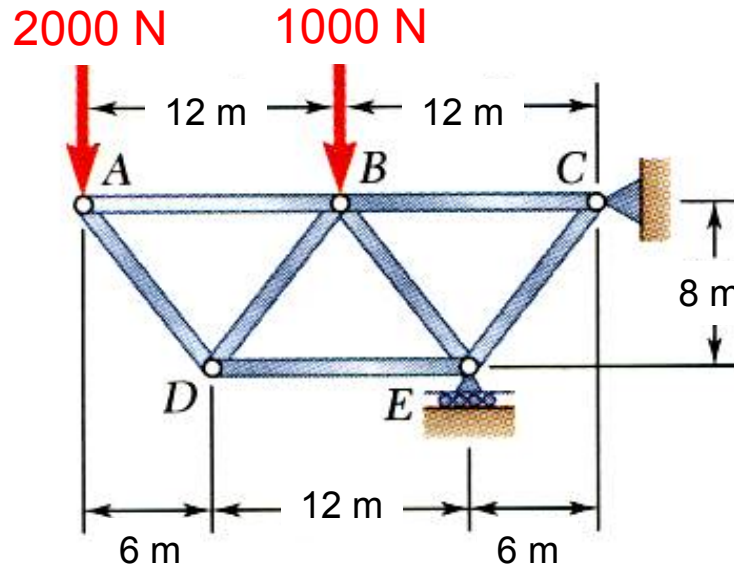


İki kuvvet etkisi altındaki
eleman, ancak kuvvetler
sıfır olduğu durumda
dengededir.

Sıfır kuvvet çubukları



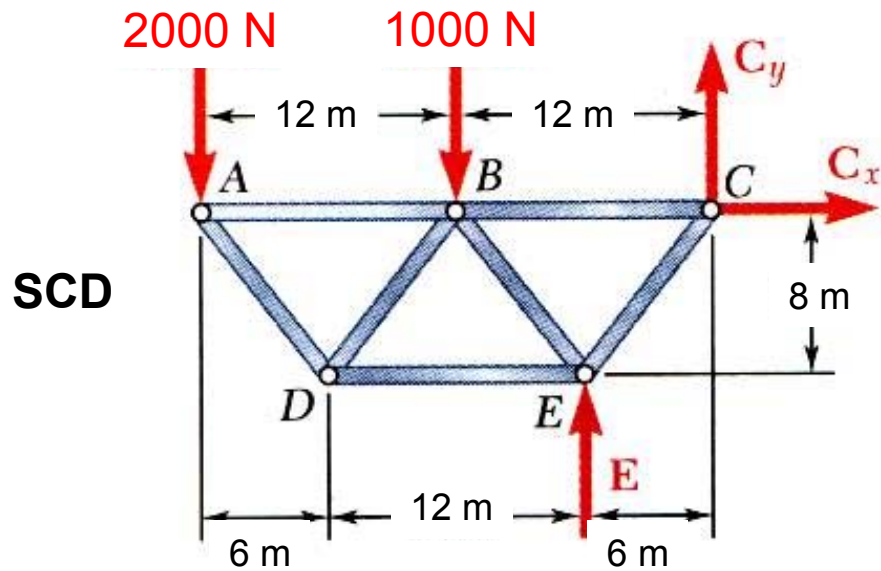
Örnek 6.1



Verilen kafes sistemde düğüm noktaları metodunu kullanarak her bir çubuktaki kuvvetleri bulunuz.

Çözüm:

- Tüm kafes sisteminin SCD ile E ve C bağlantılarındaki tepki kuvvetleri bulunur.
- Şekil incelendiğinde A düğüm noktasında sadece 2 bilinmeyen kuvvet olduğu görülür. Çözüme bu düğüm noktasından başlanabilir.
- Daha sonra sırasıyla *D*, *B* ve *E* düğüm noktaları kullanılarak çözüm tamamlanır.
- Yapılan hesaplamanın doğru olup olmadığı C düğüm noktasındaki çözüm ile karşılaştırılabilir.



Çözüm:

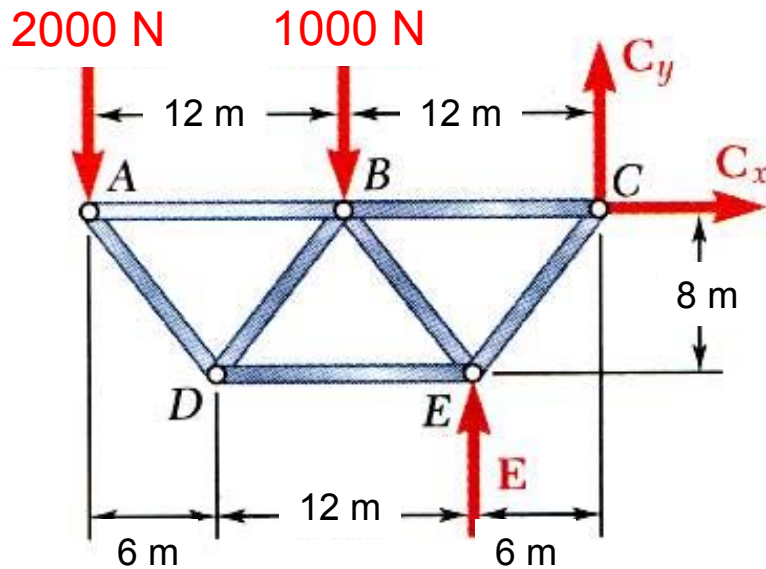
- Tüm kafes sisteminin SCD ile E ve C bağlantılarındaki tepki kuvvetleri bulunur.

$$\sum M_C = 0$$

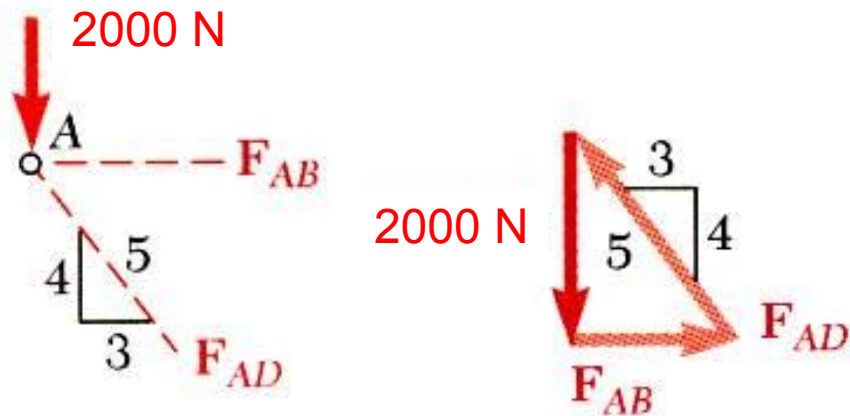
$$= (2000 \text{ N})(24 \text{ m}) + (1000 \text{ N})(12 \text{ m}) - E(6 \text{ m}) \Rightarrow \boxed{E = 10000 \text{ N} \uparrow}$$

$$\sum F_x = 0 = C_x \Rightarrow \boxed{C_x = 0}$$

$$\sum F_y = 0 = -2000 \text{ N} - 1000 \text{ N} + 10,000 \text{ N} + C_y \Rightarrow \boxed{C_y = 7000 \text{ N} \downarrow}$$



- Şekil incelendiğinde A düğüm noktasında sadece 2 bilinmeyen kuvvet olduğu görülür. Çözüme bu düğüm noktasından başlanabilir.

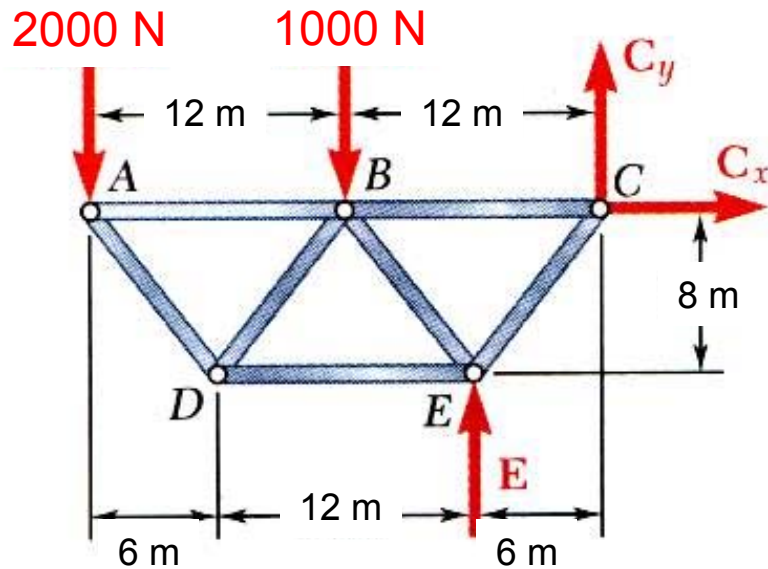


$$\frac{2000 \text{ N}}{4} = \frac{F_{AB}}{3} = \frac{F_{AD}}{5}$$



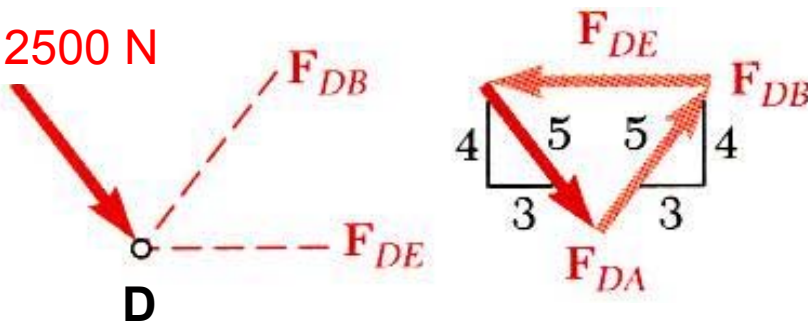
$$F_{AB} = 1500 \text{ N Çekme}$$

$$F_{AD} = 2500 \text{ N Basma}$$



- A düğüm noktasından sonra komşu düğüm noktalarına geçilecektir. Şekil incelenirse B düğüm noktasına geçilirse 3 bilinmeyen kuvvet, D düğüm noktasına geçilirse 2 bilinmeyen kuvvet olduğu görülür. Bunun için D düğüm noktası seçilir.

$$F_{DA} = 2500 \text{ N}$$



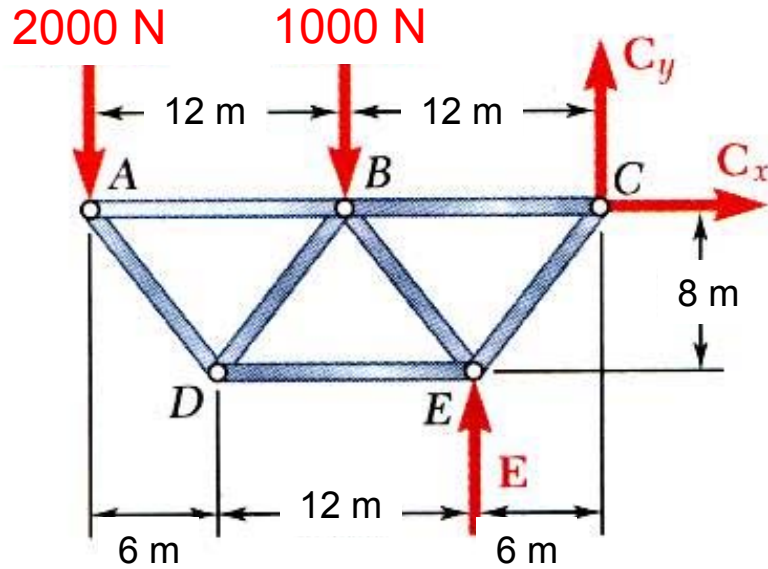
$$F_{DB} = F_{DA}$$

$$F_{DE} = 2\left(\frac{3}{5}\right)F_{DA}$$



$$F_{DB} = 2500 \text{ N Çekme}$$

$$F_{DE} = 3000 \text{ N Basma}$$



- D düğüm noktasından sonra komşu düğüm noktalarına geçilecektir. Şekil incelenirse E düğüm noktasına geçilirse 3 bilinmeyen kuvvet, B düğüm noktasına geçilirse 2 bilinmeyen kuvvet olduğu görülür. Bunun için B düğüm noktası seçilir.

$$\sum F_y = 0 = -1000 - \frac{4}{5}(2500) - \frac{4}{5}F_{BE}$$

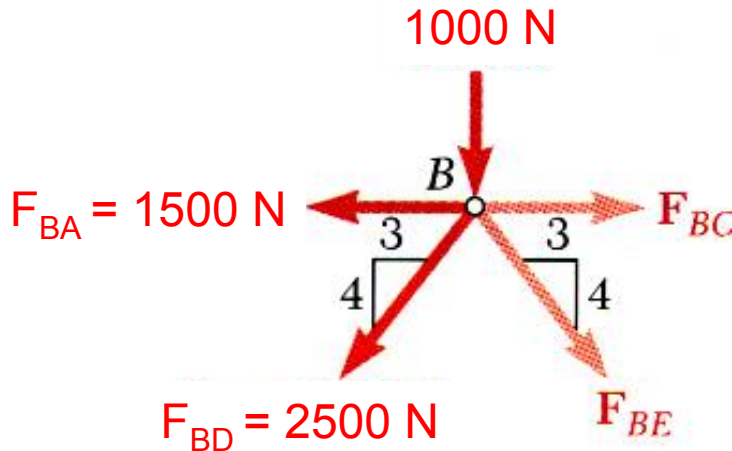
$$\Rightarrow F_{BE} = -3750 \text{ N}$$

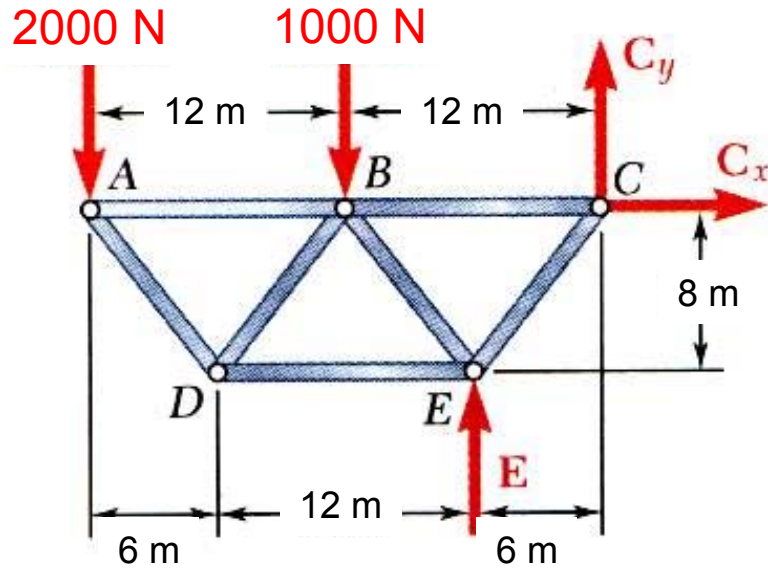
$$F_{BE} = 3750 \text{ N Basma}$$

$$\sum F_x = 0 = F_{BC} - 1500 - \frac{3}{5}(2500) - \frac{3}{5}(3750)$$

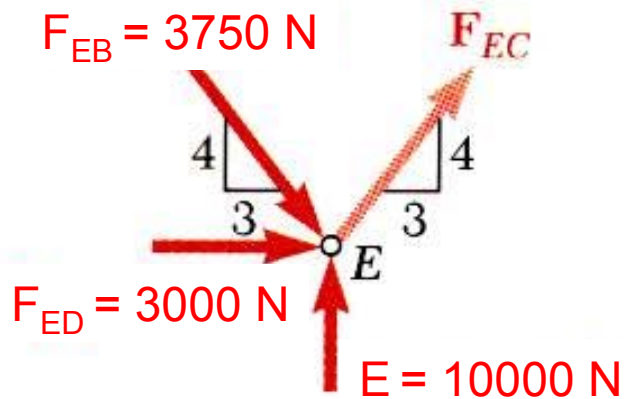
$$\Rightarrow F_{BC} = +5250 \text{ N}$$

$$F_{BC} = 5250 \text{ N Çekme}$$





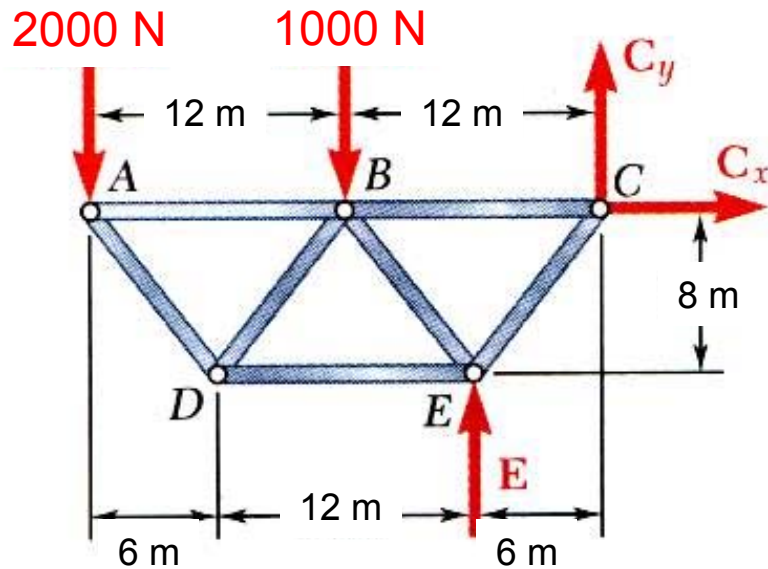
- B düğüm noktasından sonra komşu düğüm noktalarına geçilecektir. Şekil incelenirse E düğüm noktasına geçilirse 2 bilinmeyen kuvvet olduğu görülür. B düğüm noktasına geçilebilir. C düğüm noktasında 1 bilinmeyen kuvvet vardır. Bu düğüm noktası da seçilebilir.



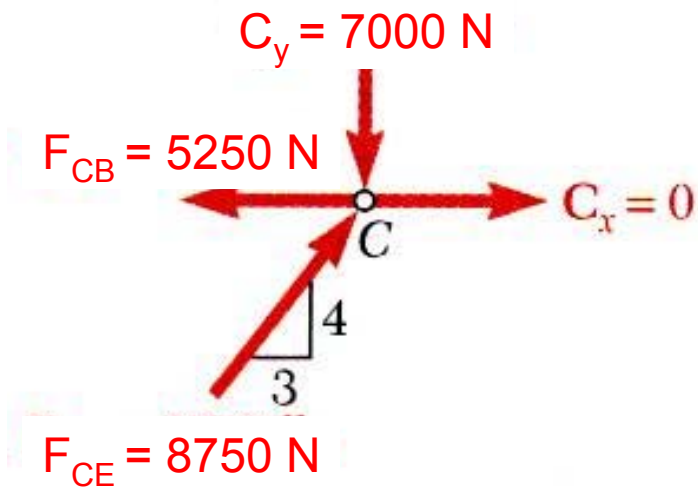
$$\sum F_x = 0 = \frac{3}{5} F_{EC} + 3000 + \frac{3}{5} (3750)$$

$$\Rightarrow F_{EC} = -8750 \text{ N}$$

$$F_{EC} = 8750 \text{ N Basma}$$



- Kafes sistemdeki tüm bilinmeyen kuvvetler bulundu. Çözüm yapılmayan C düğüm noktası var. Bu düğüm noktasındaki çözümü yaparak yaptığımız hesaplamamanın doğru olup olmadığını belirleyebiliriz.

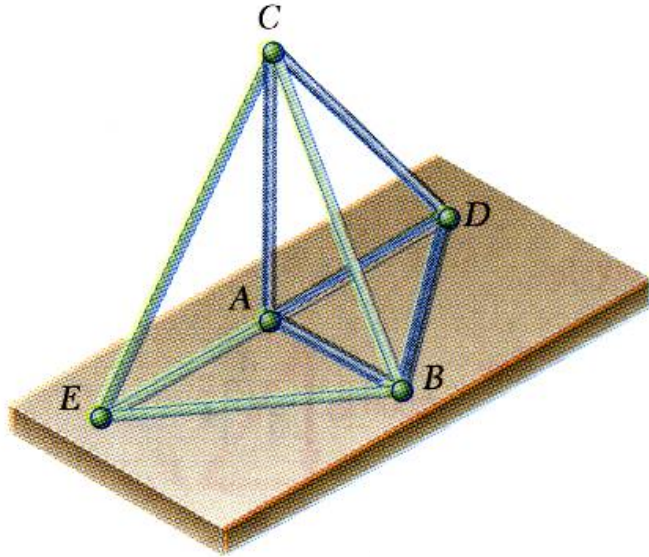
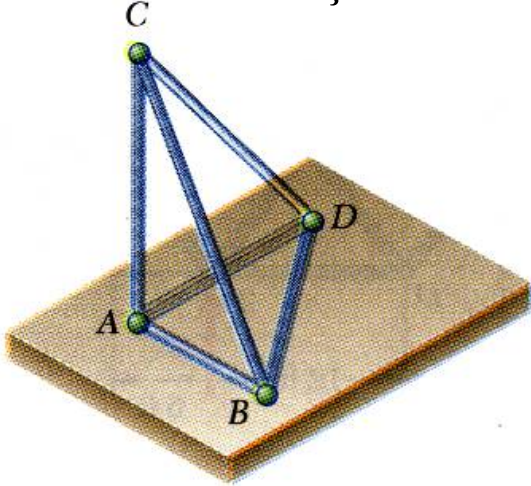


$$\sum F_x = -5250 + \frac{3}{5}(8750) = 0 \quad (\text{dogru})$$

$$\sum F_y = -7000 + \frac{4}{5}(8750) = 0 \quad (\text{dogru})$$

Uzay Kafes Sistemleri

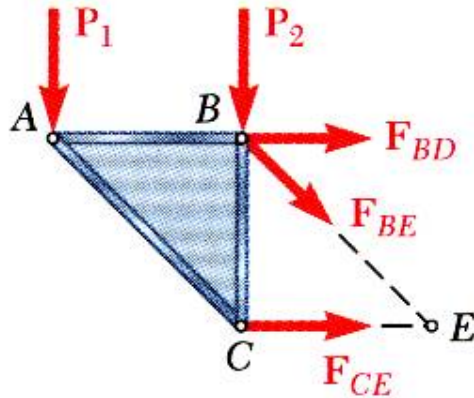
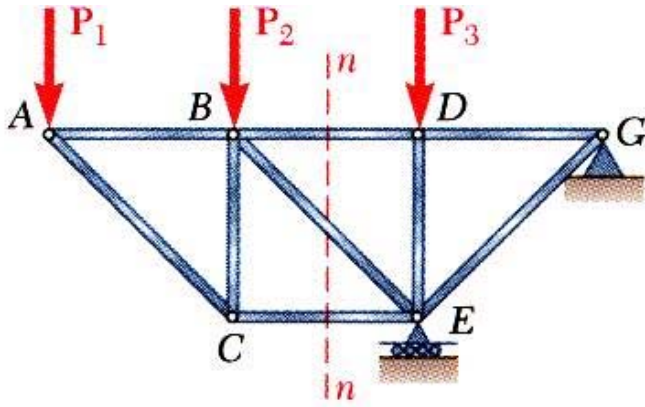
Doğrusal elemanlar 3 boyutlu şekil oluşturacak şekilde birleştirilirse uzay kafes sistemi oluştururlar.



- En küçük uzay kafes sistemi 6 elemana ve 4 düğüm noktasına sahiptir. (tetrahedron yapı)
- Basit uzay kafes sistemi bu yapıya yeni 3 eleman ve 1 düğüm noktası ilavesiyle yapılır.
- Basit kafes sistemde: $m = 3n - 6$
 m : eleman sayısı, n : düğüm noktası sayısı
- Her düğüm noktası için 3 denklem vardır.
Denklem sayısı: $3n$. $3n = m + 6$
Bu denklemler m eleman ve 6 bağlantı kuvveti için kullanılır.
- Tüm sistemin serbest cisim diyagramı ile 6 denklem daha kullanılabilir fakat bu denklemler düğüm noktasından elde edilenlerle ilişkilidir.

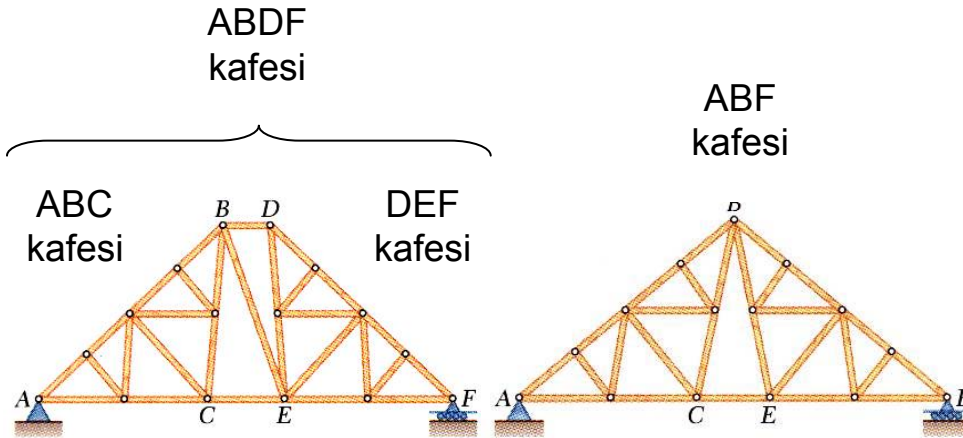
Kafes Sistemleri

Kesit Alma Yöntemi ile Analizi



- Kafes sistemde tüm elemanlardaki kuvvetlerin hesaplanması gerekmiyorsa ve bir veya daha fazla elemandaki kuvvet araştırılıyorsa '*Kesit alma yöntemi*' kullanılır.
- BD elemanındaki kuvvet araştırılıyorsa, bu elemanı kapsayacak ve en az çubuk kesecek şekilde kesme işlemi yapılarak SCD çizilmelidir.
- Bu örnekte 3 eleman kesilmiştir. Kuvvet ve moment denge denklemleri kullanılarak F_{BD} elemanındaki kuvvet dahil olmak üzere bilinmeyen eleman kuvvetleri hesaplanır.

Basit Kafes Sistemlerden Oluşan Kafesler

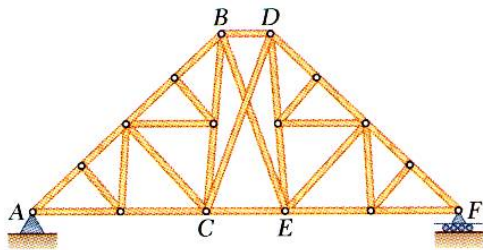


- *Bileşik kafes sistem* statikçe belirli ve rijit ise:

$$m = 2n - 3$$

eleman sayısı düğüm sayısı

Basit kafes değil çünkü
İki eleman eklemesi ile oluşturulamazlar

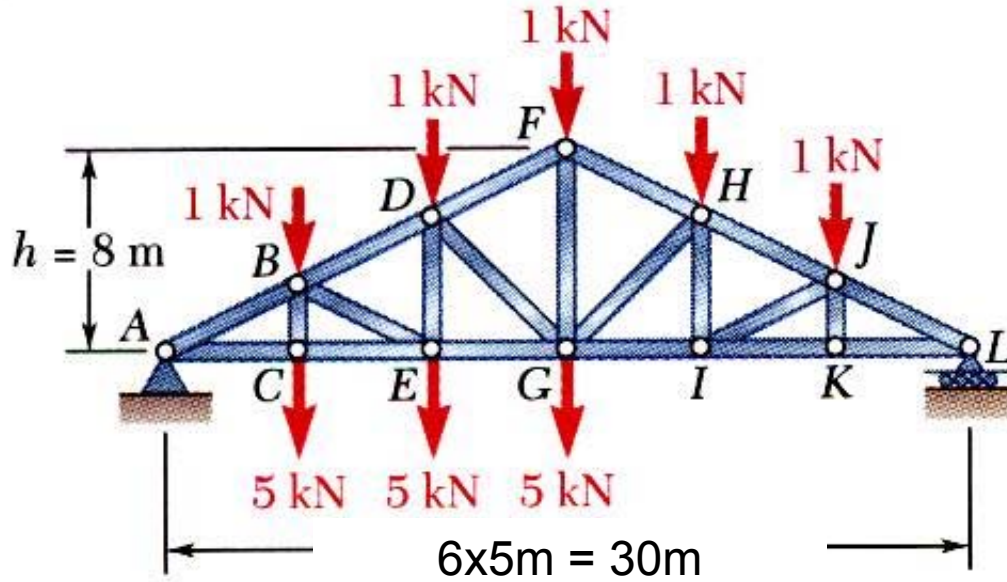


- Kafes sistem gereksiz bir elemana sahipse, statikçe belirsizdir:

$$m > 2n - 3$$

BD, BE, CD veya CE elemanlarından biri fazladır

Örnek 6.3



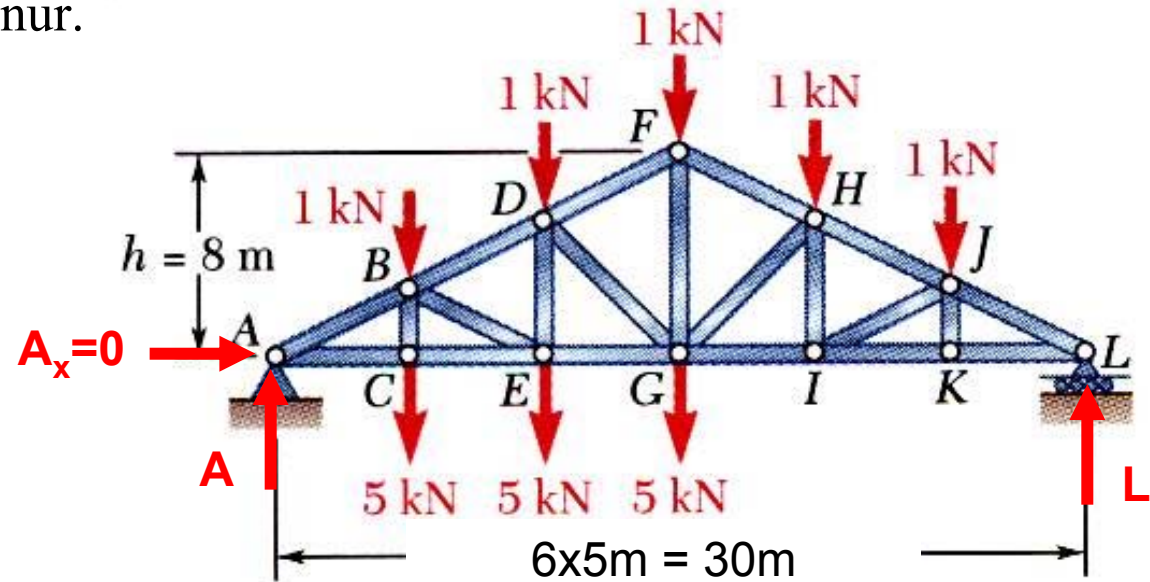
Çözüm

- Tüm kafes yapı için SCD oluşturulur. A ve L noktalarındaki tepki kuvvetleri denge denklemleri ile bulunur.
- FH , GH ve GI elemanlarını kapsayacak şekilde kesme işlemi yapılır ve daha az kuvvet içerdiği için sağ taraftaki grup için SCD çizilir.
- Denge denklemleri kullanılarak elemanlardaki kuvvetler bulunur.

Şekildeki kafes sistemde FH , GH ve GI elemanlarındaki kuvvetleri bulunuz.

Çözüm

- Tüm kafes yapı için SCD oluşturulur. A ve L noktalarındaki tepki kuvvetleri denge denklemleri ile bulunur.



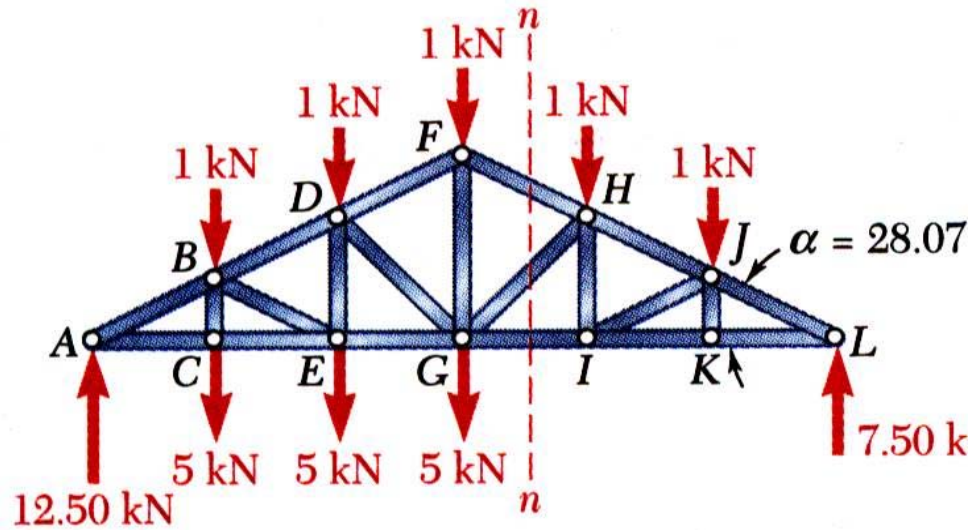
$$\sum M_A = 0 = -(5\text{ m})(6\text{ kN}) - (10\text{ m})(6\text{ kN}) - (15\text{ m})(6\text{ kN}) \\ - (20\text{ m})(1\text{ kN}) - (25\text{ m})(1\text{ kN}) + (25\text{ m})L$$

$$L = 7.5\text{ kN} \uparrow$$

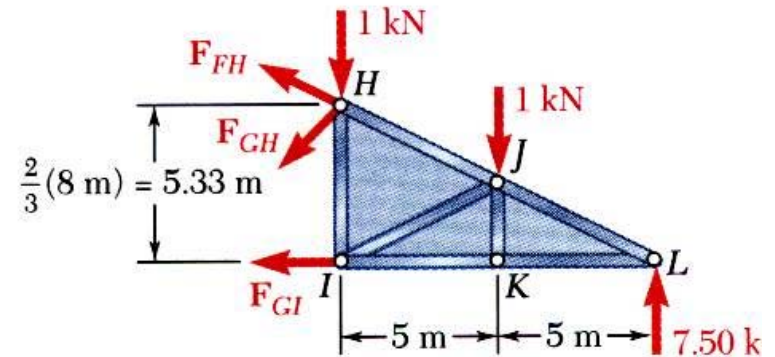
$$\sum F_y = 0 = -20\text{ kN} + L + A$$

$$A = 12.5\text{ kN} \uparrow$$

- FH , GH ve GI elemanlarını kapsayacak şekilde kesme işlemi yapılır ve daha az kuvvet içerdiği için sağ taraftaki grup için SCD çizilir.



- Denge denklemleri kullanılarak elemanlardaki kuvvetler bulunur.

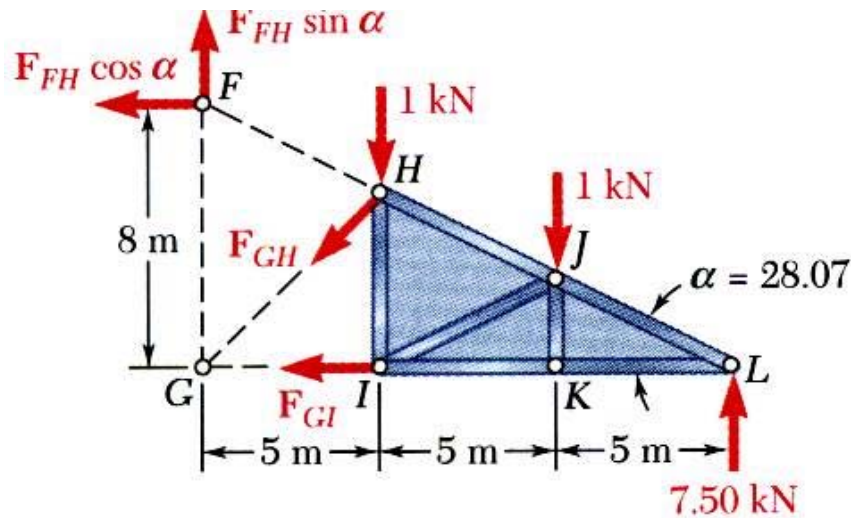


$$\sum M_H = 0$$

$$(7.50\text{ kN})(10\text{ m}) - (1\text{ kN})(5\text{ m}) - F_{GI}(5.33\text{ m}) = 0$$

$$\Rightarrow F_{GI} = +13.13\text{ kN}$$

$$F_{GI} = 13.13\text{ kN} \quad \text{Çekme}$$



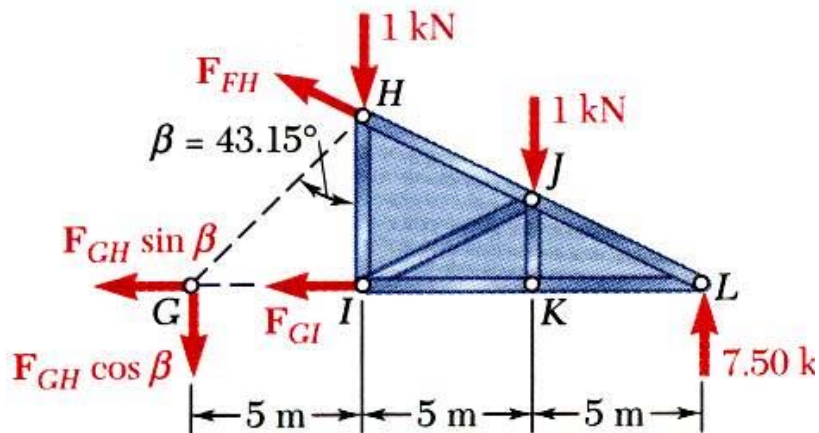
$$\tan \alpha = \frac{FG}{GL} = \frac{8 \text{ m}}{15 \text{ m}} = 0.5333 \quad \alpha = 28.07^\circ$$

$$\sum M_G = 0$$

$$(7.5 \text{ kN})(15 \text{ m}) - (1 \text{ kN})(10 \text{ m}) - (1 \text{ kN})(5 \text{ m}) + (F_{FH} \cos \alpha)(8 \text{ m}) = 0$$

$$F_{FH} = -13.82 \text{ kN}$$

$$F_{FH} = 13.82 \text{ kN } C$$



$$\tan \beta = \frac{GI}{HI} = \frac{5 \text{ m}}{\frac{2}{3}(8 \text{ m})} = 0.9375 \quad \beta = 43.15^\circ$$

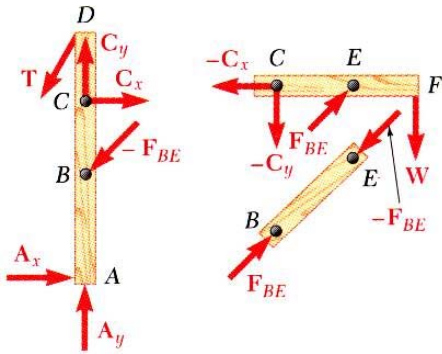
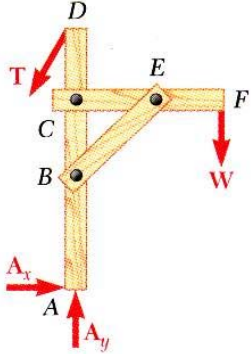
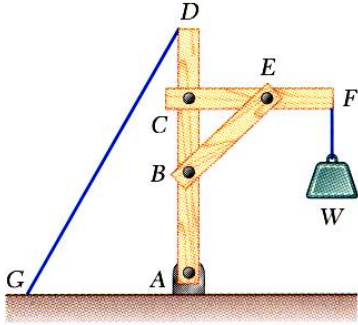
$$\sum M_L = 0$$

$$(1 \text{ kN})(10 \text{ m}) + (1 \text{ kN})(5 \text{ m}) + (F_{GH} \cos \beta)(10 \text{ m}) = 0$$

$$F_{GH} = -1.371 \text{ kN}$$

$$F_{GH} = 1.371 \text{ kN } C$$

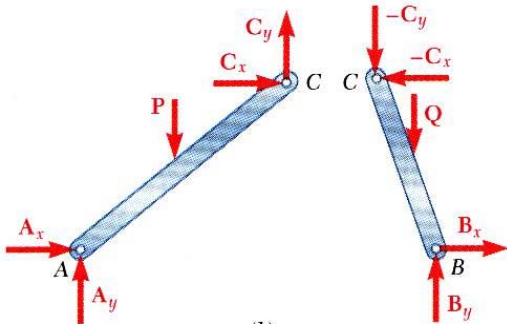
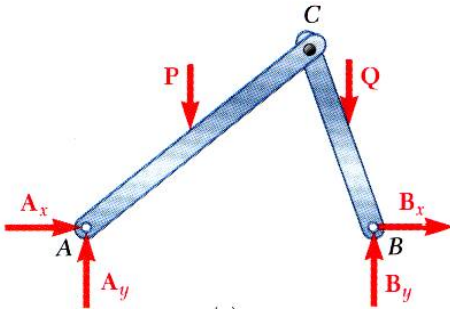
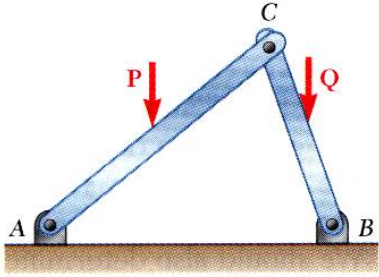
Yapıların Analizi



- Çerçeveler ve makinalar en azından bir tane çok kuvvetli eleman içeren yapılardır. Çerçeveler genellikle yüklemeleri desteklemek için kullanılır ve sabittirler. Makinalar hareketli parçalar içerirler ve kuvvet aktarımı veya dönüşümü için kullanılırlar.
- Tüm çerçevenin SCD çizilerek çerçeveye gelen dış kuvvetler bulunur.
- Çerçevenin her elemanı için ayrı ayrı SCD çizilir ve elemanlara gelen iç kuvvetler bulunur.
- İki kuvvet içeren elemanlarda kuvvetin tesir çizgisi biliniyor fakat şiddeti ve yönü bilinmiyor.
- Çok kuvvet içeren elemanlarda ise kuvvetlerin tesir çizgisi, yönü ve şiddeti bilinmiyor. Bu nedenle iki bileşenli kuvvet (eksen takımına göre yatay ve düşey) olarak gösterilirler.
- Birbirine bağlı olan elemanlarda temas noktalarındaki kuvvetler eş şiddetli fakat ters yönlüdürler.

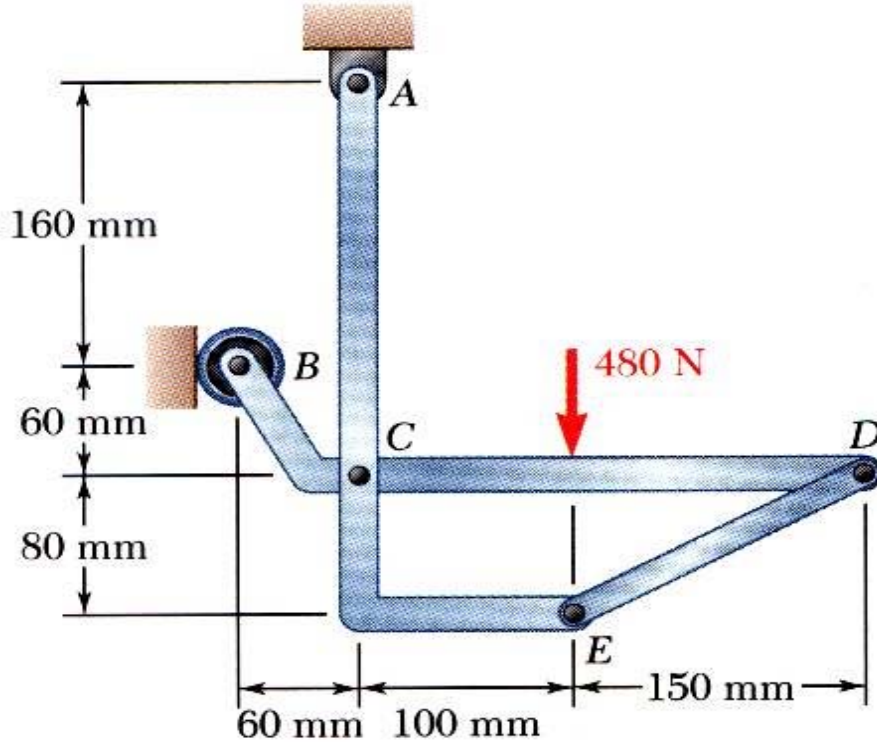
(Mesnetlerin yardımı olmadan da biçimini korumaktadır)

Mesnetlerinden Ayrıldığında Rijit Olmayan Yapılar



- Bazı yapılar mesnetlerinden ayrıldığında çökebilirler. Bu yapılar rijit olarak tanımlanamazlar.
- Tüm yapının SCD oluşturulduğunda 4 tane bilinmeyen tepki kuvvetine sahiptir ve 3 denge denklemi ile belirlenemezler.
- Bu nedenle yapı iki farklı fakat rijit cisim olarak düşünülebilir.
- Eş şiddetli fakat zıt yönlü olan tepki kuvvetleriyle birlikte 6 bilinmeyen kuvvet olacaktır. Bunun yanında denge denklemi sayısı da 6 olacaktır (her eleman için 3 denklem vardır).
- Böylece bilinmeyen kuvvetler bulunabilir.

Örnek 6.4



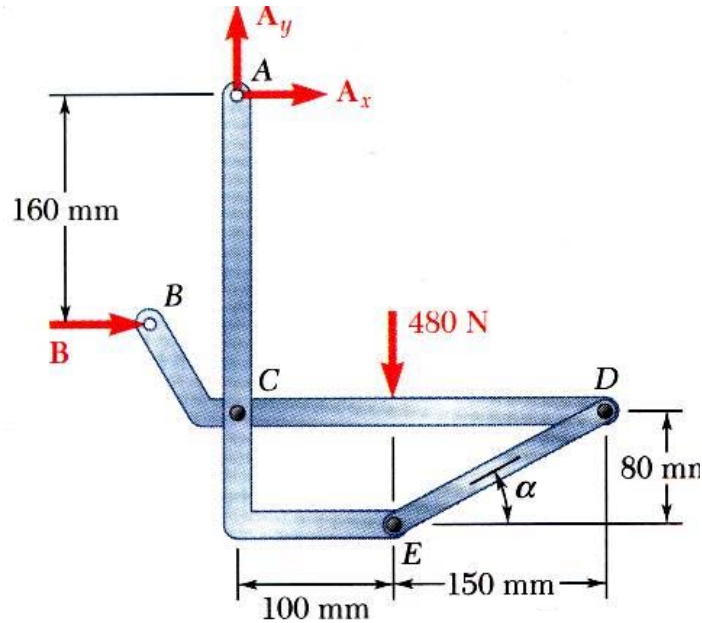
Şekildeki çerçevede ACE ile BCD elemanları C noktasından bir pimle, ayrıca DE çubuğuyala bağlıdır. Verilen yüklemeye göre, DE çubuğundaki kuvveti ve C noktasında BCD elemanına gelen kuvvetin bileşenlerini hesaplayınız.

Çözüm:

- Tüm yapı için SCD çizilir ve bilinmeyen tepki kuvvetleri hesaplanır.
- BCD elemanı için SCD çizilir. DE çubuğundan gelen kuvvetin tesir çizgisi bellidir ama şiddet ve yönü belli değildir. Bunun için C noktasına göre moment denge denklemi kullanılabilir.
- DE çubuğundan gelen kuvvet bilirse C noktasından BCD elemanına gelen kuvvet hesaplanabilir.
- ACE elemanı için SCD çizilirse yukarıda hesaplanan kuvvetlerin doğruluğu kontrol edilebilir.

Çözüm:

- Tüm yapı için SCD çizilir ve bilinmeyen tepki kuvvetleri hesaplanır.



$$\sum F_y = 0 = A_y - 480 \text{ N}$$

$$A_y = 480 \text{ N } \uparrow$$

$$\sum M_A = 0 = -(480 \text{ N})(100 \text{ mm}) + B(160 \text{ mm})$$

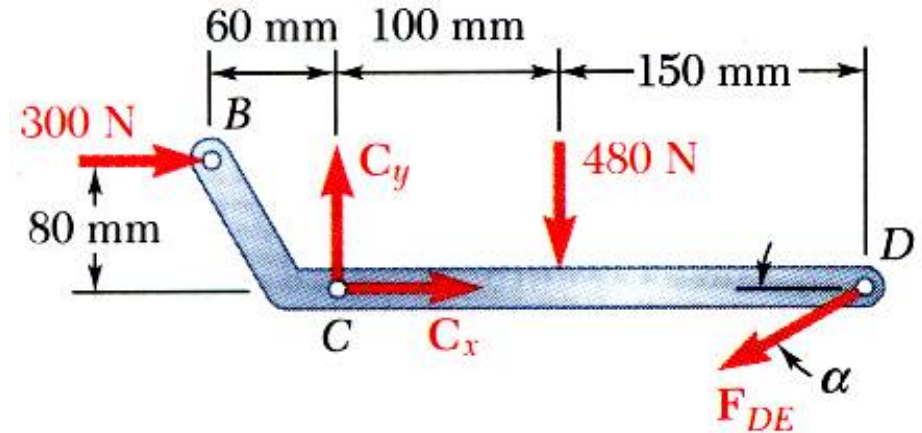
$$B = 300 \text{ N } \rightarrow$$

$$\sum F_x = 0 = B + A_x$$

$$A_x = -300 \text{ N } \leftarrow$$

$$\alpha = \tan^{-1} \frac{80}{150} = 28.07^\circ$$

- BCD elemanı için SCD çizilir. DE çubuğundan gelen kuvvetin tesir çizgisi bellidir ama şiddet ve yönü belli değildir. Bunun için C noktasına göre moment denge denklemi kullanılabilir.



$$\sum M_C = 0 = (F_{DE} \sin \alpha)(250 \text{ mm}) + (300 \text{ N})(60 \text{ mm}) + (480 \text{ N})(100 \text{ mm})$$

$$F_{DE} = -561 \text{ N}$$

$$F_{DE} = 561 \text{ N } C$$

$$\sum F_x = 0 = C_x - F_{DE} \cos \alpha + 300 \text{ N}$$

$$0 = C_x - (-561 \text{ N}) \cos \alpha + 300 \text{ N}$$

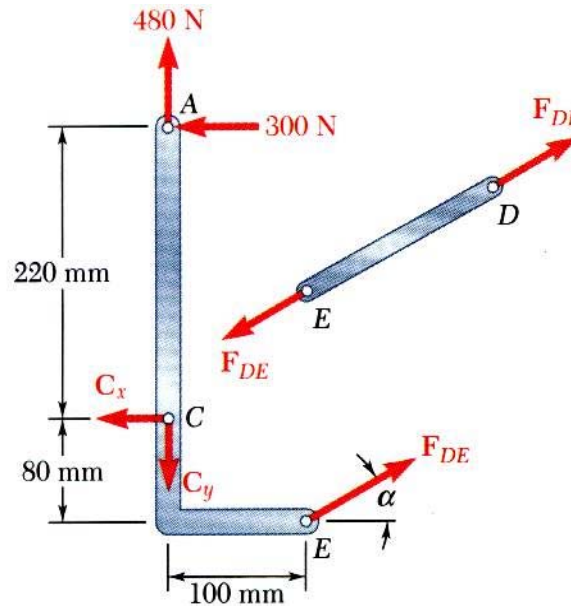
$$C_x = -795 \text{ N}$$

$$\sum F_y = 0 = C_y - F_{DE} \sin \alpha - 480 \text{ N}$$

$$0 = C_y - (-561 \text{ N}) \sin \alpha - 480 \text{ N}$$

$$C_y = 216 \text{ N}$$

- *ACE* elemanı için SCD çizilirse yukarıda hesaplanan kuvvetlerin doğruluğu kontrol edilebilir.

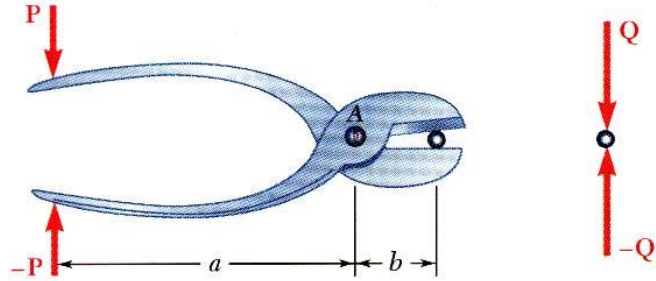


$$\begin{aligned}\sum M_A &= (F_{DE} \cos \alpha)(300 \text{ mm}) + (F_{DE} \sin \alpha)(100 \text{ mm}) - C_x(220 \text{ mm}) \\ &= (-561 \cos \alpha)(300 \text{ mm}) + (-561 \sin \alpha)(100 \text{ mm}) - (-795)(220 \text{ mm}) = 0\end{aligned}$$

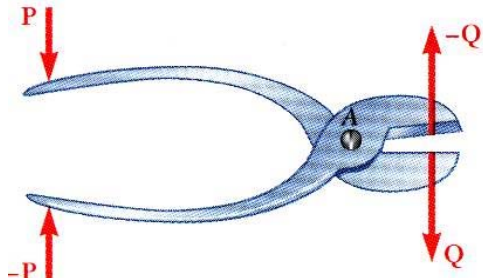
(kontrol edilecek)

Makinalar

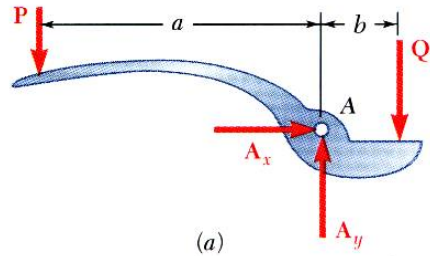
Makinalar kuvvet aktarımı ve değiştirilmesi için kullanılan yapılardır. Giriş kuvvetlerini çıkış kuvvetlerine çevirirler.



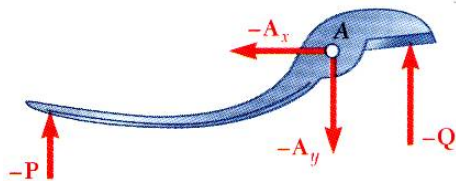
- Bir teli kesmek için kullanılan keski aletine P kuvveti uygulanmakta. P kuvvetinin şiddeti biliniyorsa, Q kuvvetinin şiddetini bulunuz.



- Tüm makinanın SCD'si çizilir. Telden gelen tepki kuvveti de ilave edilir.



- Makina rijit olmayan bir yapıdır. Elemanlardan biri serbest cisim olarak seçilir.



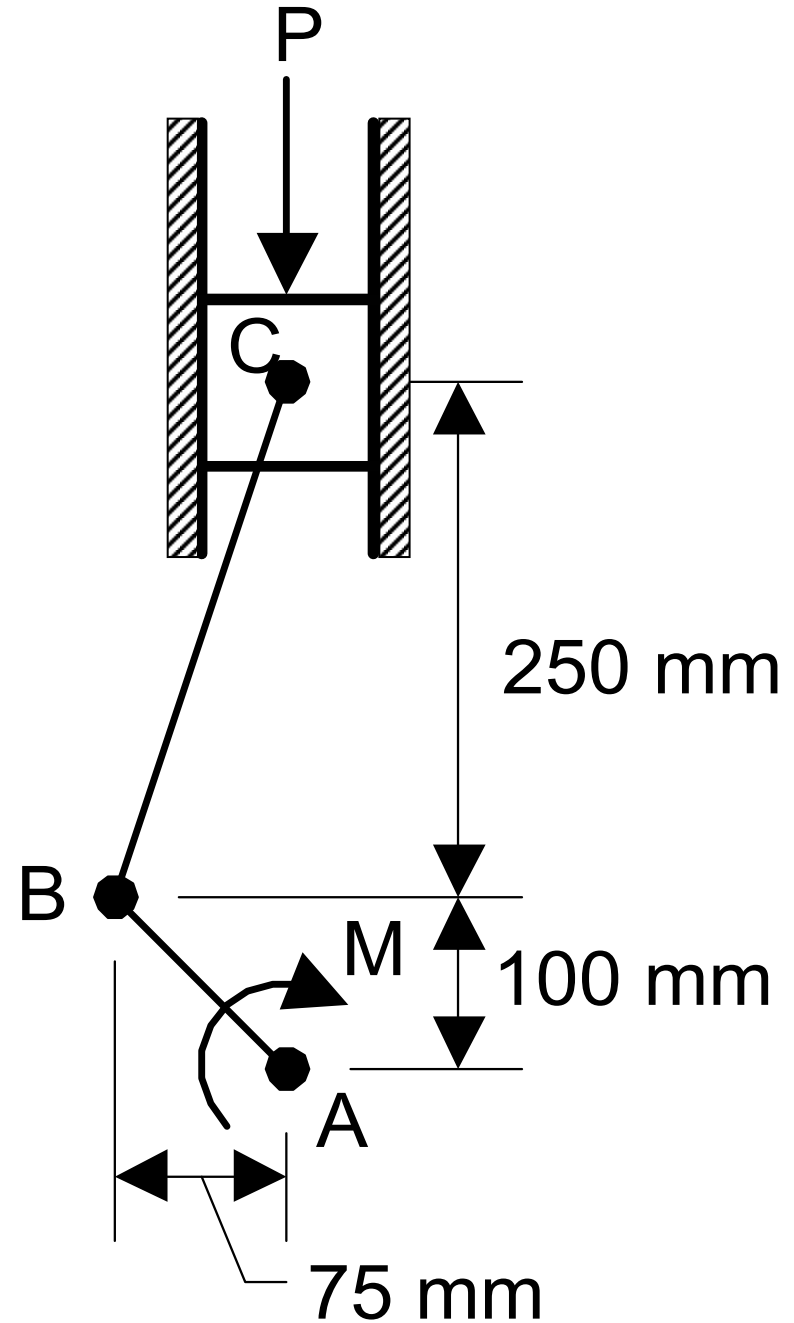
- A noktasına göre moment alınır:

$$\sum M_A = 0 = aP - bQ \quad Q = \frac{a}{b} P$$

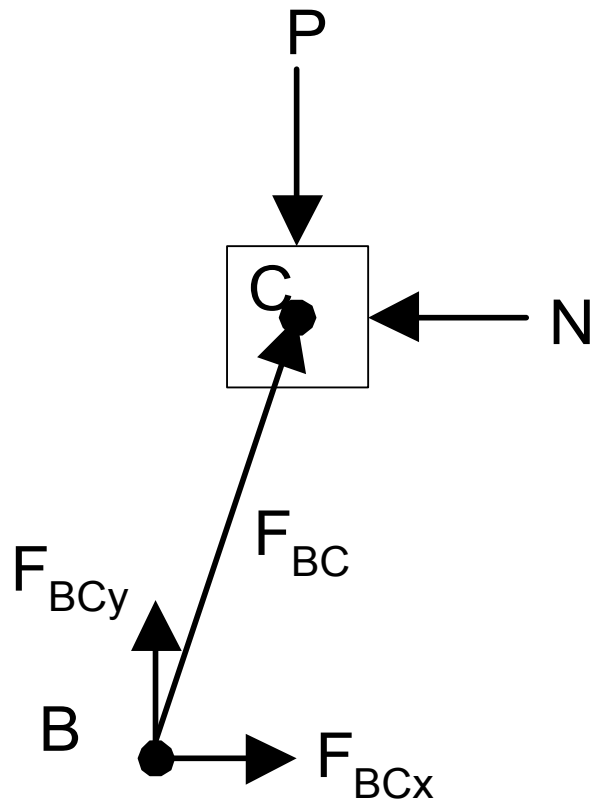
Örnek

2.4 kN şiddetinde bir P kuvveti, şekilde gösterilen motor sisteminin pistonuna etkimektedir.

Sistemi dengede tutacak olan M momentini bulunuz.



Piston SCD



$$\Sigma F_y = 0$$

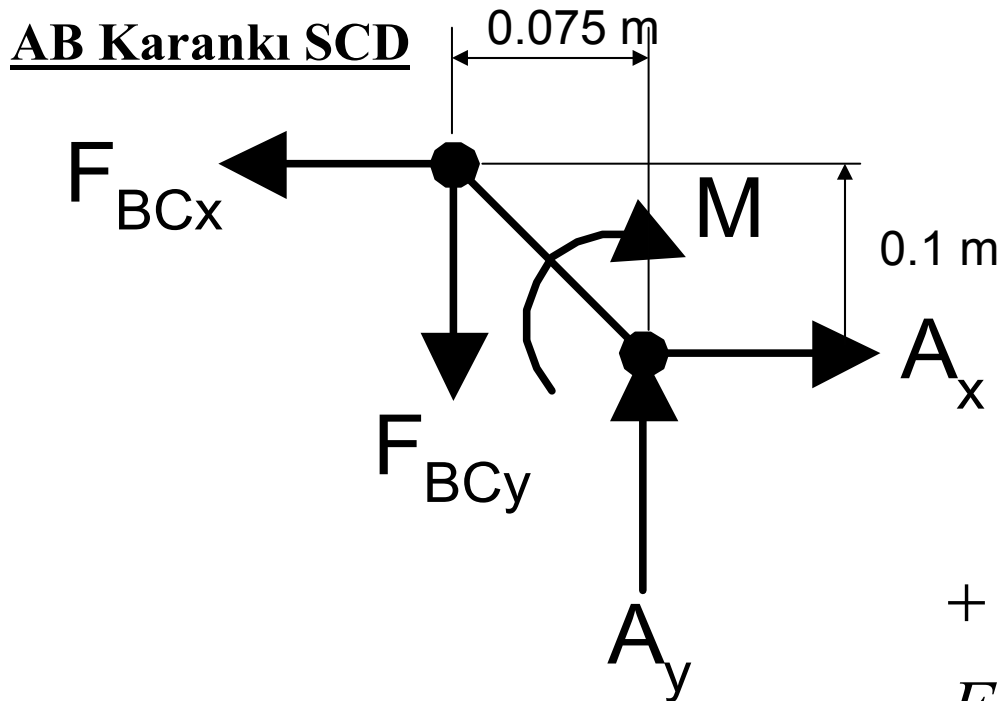
$$F_{BCy} - P = 0$$

$$F_{BCy} = P$$

$$BC = \sqrt{75^2 + 250^2} = 261$$

$$F_{BCy} = F_{BC} \left(\frac{250}{261} \right) \Rightarrow F_{BC} = F_{BCy} \left(\frac{261}{250} \right)$$

$$F_{BCx} = F_{BC} \left(\frac{75}{261} \right) = F_{BCy} \left(\frac{261}{250} \right) \left(\frac{75}{261} \right) = P \left(\frac{75}{250} \right) = 0.3P$$



$$+ \downarrow \Sigma M_A = 0$$

$$F_{BCx}(0.1) + F_{BCy}(0.075) - M = 0$$

$$M = 0.3P(0.1) + P(0.075)$$

$$M = 0.105P$$

$P = 2.4 \text{ kN}$ için

$$M = 0.105(2.4)$$

$$M = 252 \text{ Nm}$$

(saat ibreleri yönünde)