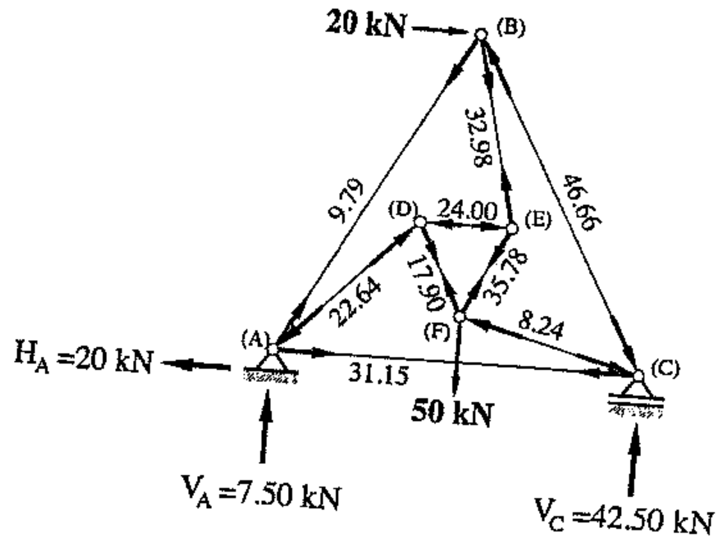
BÖLÜM 7

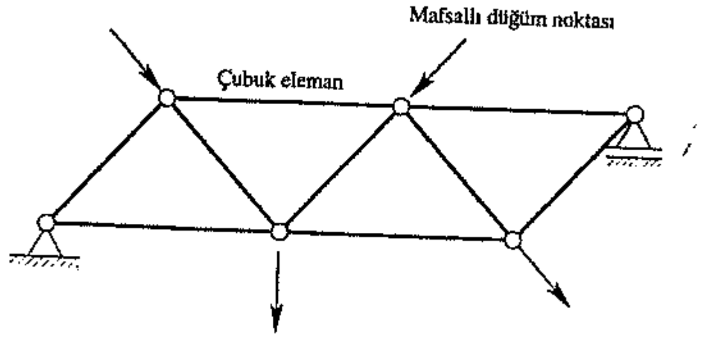
(İZOSTATİK SİSTEM
KAFES SİSTEML



BÖLÜM 7: KAFES SİSTEMLER

7.1 Tanım ve Genel Bilgiler

Doğru eksenli çubukların birbirlerine mafsallı olarak birleşmesinden oluşan taşıyıcı sistemlere Kafes Sistemler denir, Şekil 7.

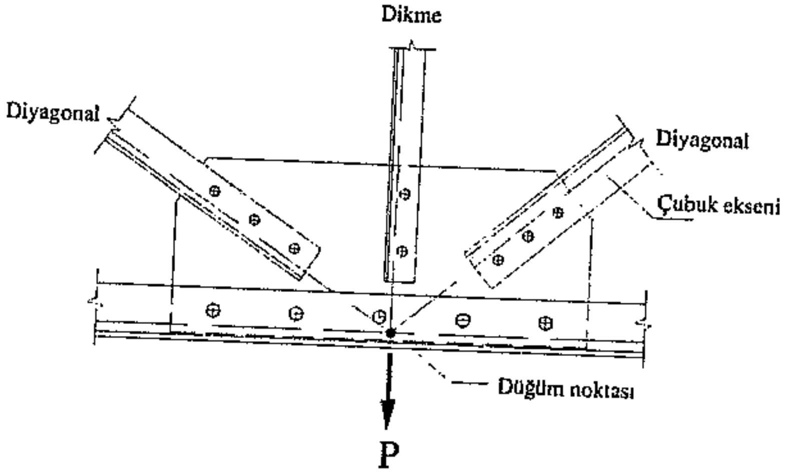


Şekil 7: Kafes sistem

Özellikle büyük açıklıklı yapılarda dolu gövdeli sistemler özağırlıklarının fazla olması nedeniyle ekonomik değildirler. Bu nedenle büyük açıklıkların aşılmasında (köprüler, büyük endüstri yapıları) kafes sistemlerden yararlanılır. Kafes sistemlerde çubukların mafsallı olarak birleştikleri noktalara düğüm noktaları denir, Şekil 7a.

Bu sistemlerde, genellikle yükler direkt olarak düğüm noktalarına etkidiklerinden kafes sistemin çubuklarında kesme kuvveti ve eğilme momenti sıfır olmakta ve sadece eksenel normal kuvvetler meydana gelmektedir. Kafes sistemlerde yüklerin düğüm noktalarına etkimelerini sağlamak için enlemelerden yararlanılır.

Pratikte düğüm noktaları tam mafsallı olarak yapılamadıklarından sistemde ikincil gerilmeler oluşur. İstenmeyen ikincil gerilmelerin en küçük olmasını sağlamak için düğüm noktaları oluşturulurken:



Şekil 7a: Kafes sisteme ait bir düğüm noktası

a) Çubuk eksenleri ve yükler aynı düşey düzlem (sistem düzlemi) içinde olmalıdır.

b) Çubuk eksenleri aynı noktada kesişmelidir.

c) Yükler düğüm noktasına etkimelidir.

d) Çubuklar arasındaki açı çok küçük olmamalıdır. ($\tan\alpha \geq \frac{1}{2} \Rightarrow \alpha \geq 26^0\ 57'$)

e) Birleşim elemanlarının ekseni mümkünse çubuk ekseni ile çakıştırılmalı veya eksantriklik hesapta gözönüne alınmalıdır.

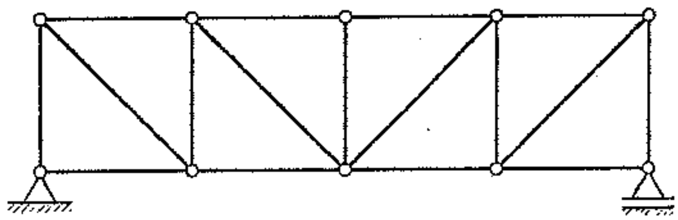
7.2 İzostatiklik Koşulu

Bir kafes sistemin izostatik olabilmesi için;

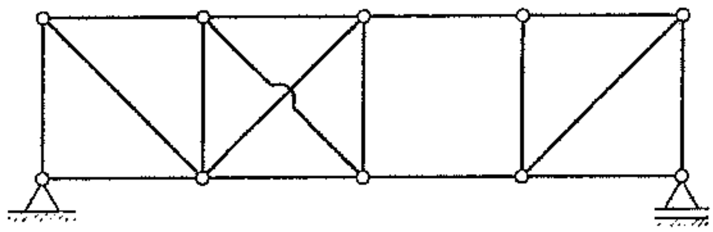
d : düğüm noktası sayısını,
r : mesnet tepkisi sayısını,
ç : çubuk sayısını göstermek üzere

r+ç=2d

koşulu sağlanmalı ve ayrıca sistem taşıyıcı olmalıdır.

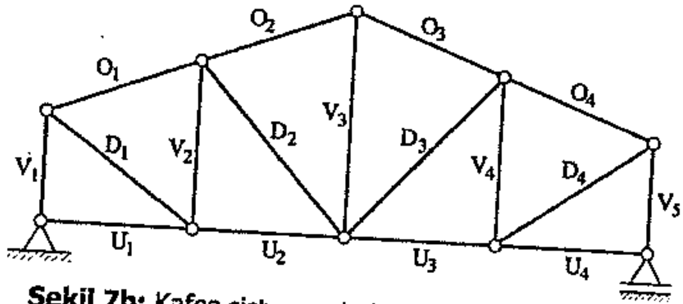


d=10 , r=3 , ç=17
3+17=2× 10
20=20
⇒ kafes sistem izostatik ve taşıyıcıdır.



d=10 , r=3 , ç=17
3+17=2× 10
20=20
⇒ fakat kafes sistem taşıyıcı değil, oynaktır.

7.3 Çubukların İsimlendirilmesi



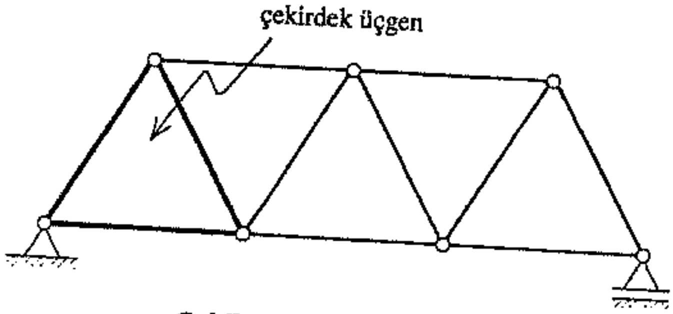
Şekil 7b: Kafes sistem çubuklarının isimlendirilmesi

Çubukların isimlendirilmesinde, üst başlık çubuklarına O_i, alt başlık çubuklarına diyagonal çubuklarına D_i ve dikme çubuklarına V_i adları verilir, Şekil 7b.

7.4 İzostatik Kafes Sistemlerin Sınıflandırılması

A) Kuruluş biçimlerine göre,

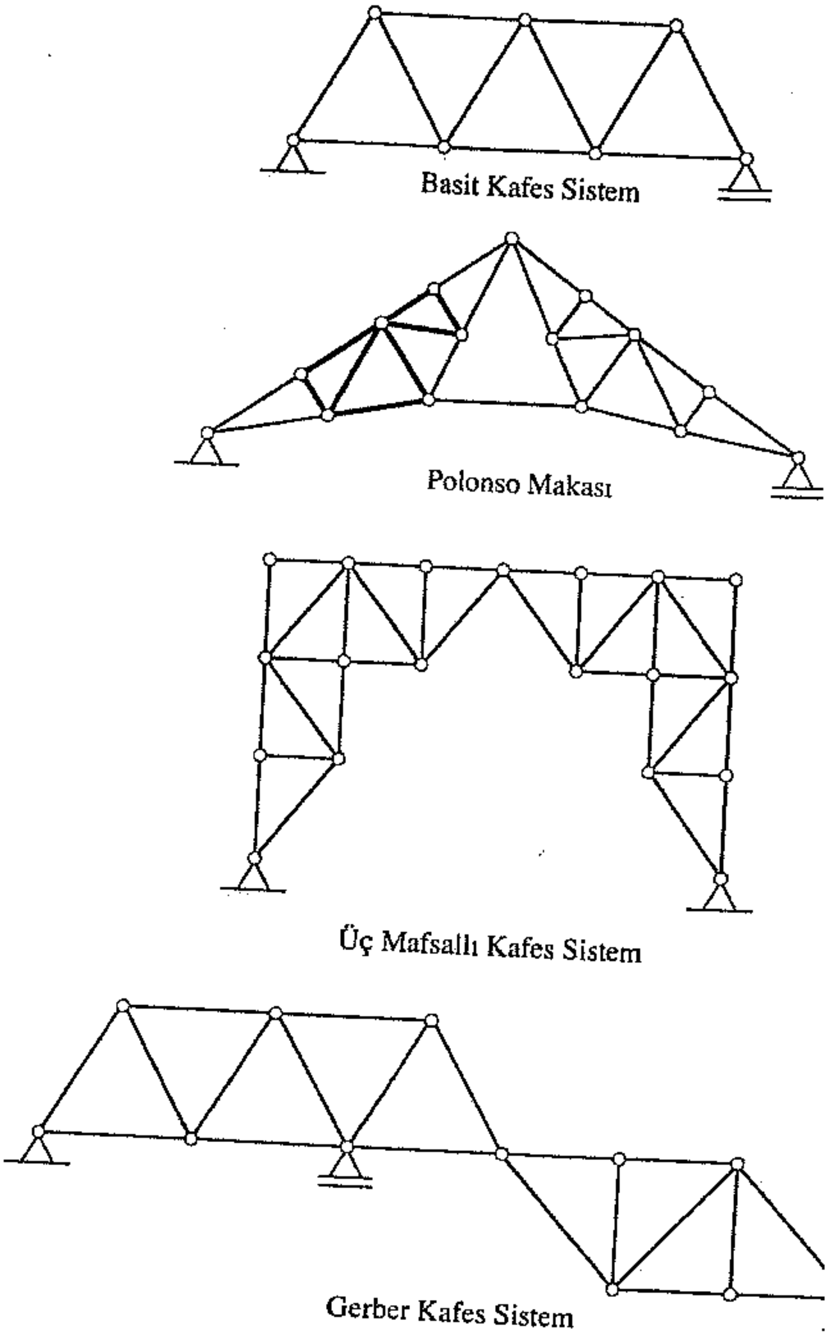
A.1 Basit Kafes Sistemler : Bir çekirdek üçgene her seferinde iki çubuk ve bir düğüm noktası eklenmesiyle elde edilen sistemlerdir, Şekil 7c.



Şekil 7c: Basit kafes sistem

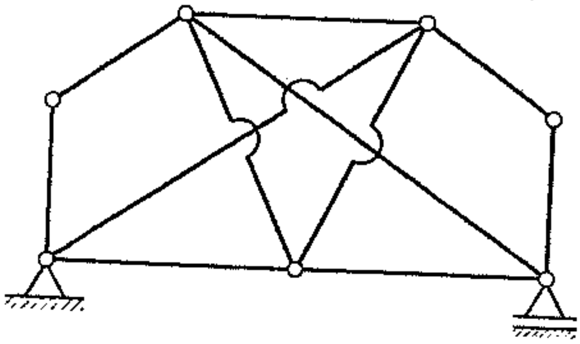
Bu sistemler mesnet tepkileri bakımından taşıyıcı ve izostatik oldukları sürece, daim taşıyıcı ve izostatiktirler.

A.2) Bileşik (kompoze) Kafes Sistemler : Basit kafes sistemlerin birbirlerine mafsalla ve/veya çubuklar ile birleştirilmesinden oluşan kafes sistemlerdir. Bunlara örnek olarak, Polonso makası, üç mafsallı kafes sistem, gerber kafes sistemler verilebilir, Şekil 7d.



Şekil 7d: Bileşik kafes sistemler

A.3) Kompleks (karışık) Kafes Sistemler : Bu tür sistemlerin taşıyıcılıkla kontrol edilmelidir.

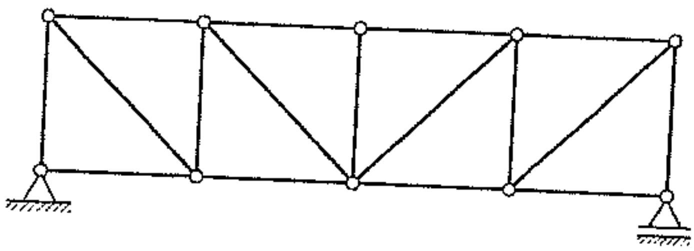


d=7 , r=3 , ç=11
3+11=2×7
14=14
⇒ kafes sistem izostatiktir.

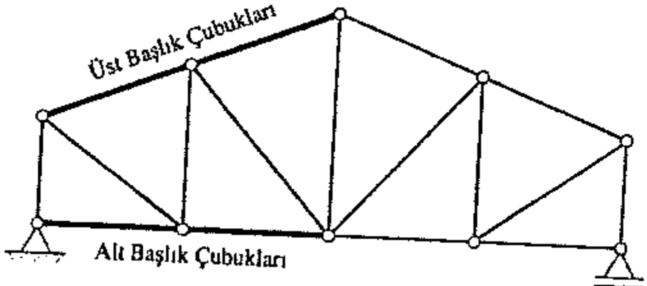
Kompleks kafes sistemler genel olarak düğüm noktaları denge yöntemi ve ke yöntemiyle hesaplanamaz.

B) Başlıklarının durumuna göre,

B.1) Paralel başlıklı sistemler

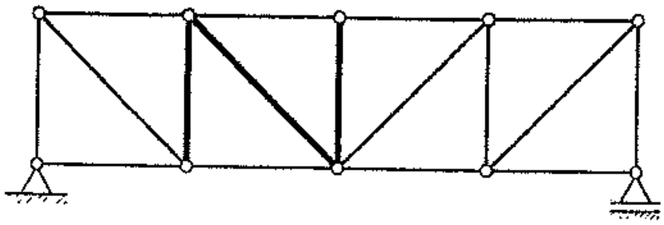


B.2) Paralel olmayan başlıklı sistemler

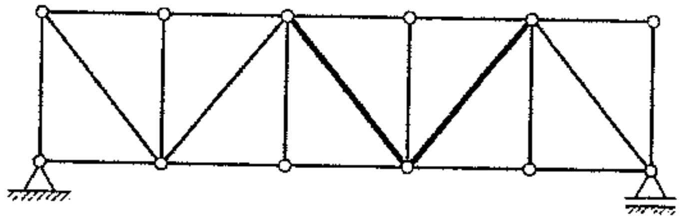


C) Dikme ve diyagonallerin şekline göre,

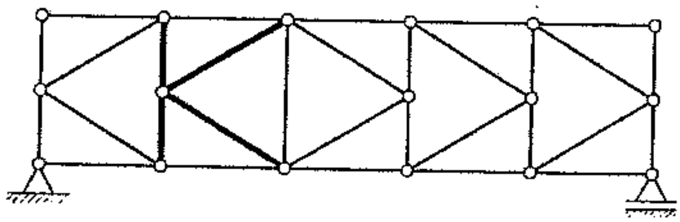
C.1) N tipi kafes sistemler



C.2) V tipi kafes sistemler

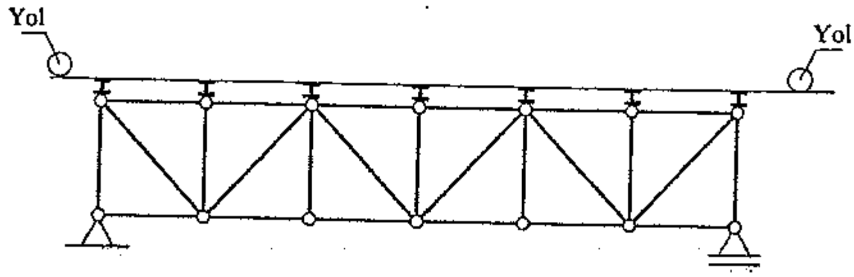


C.3) K tipi kafes sistemler

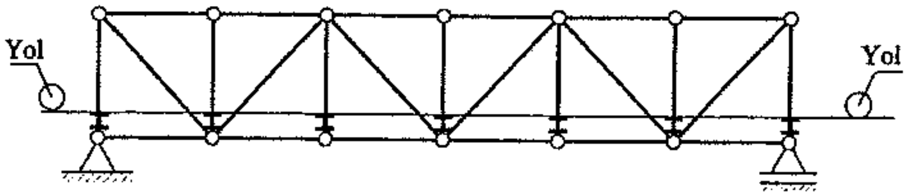


D) Yolun konumuna göre,

D.1) Yolu üst başlıkta olan kafes sistemler

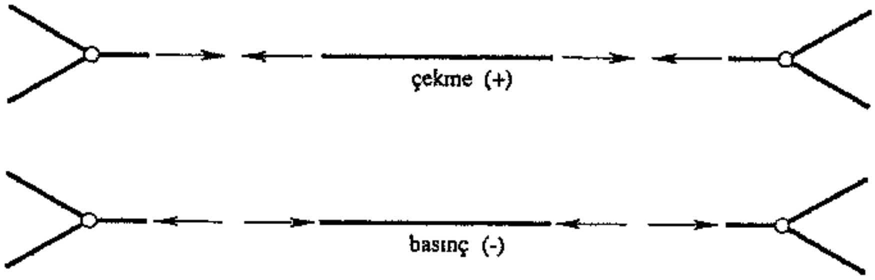


D.2) Yolu alt başlıkta olan kafes sistemler



7.5 Sabit Yüklere Göre Hesap

Dış yüklerin direkt olarak düğüm noktalarına etkidiği kafes sistemlerin çubuklar yalnız eksenel normal kuvvetler oluşur. Bu eksenel normal kuvvetler, çubuk kuvv olarak adlandırılır. Çubuk kuvvetinin çekme (+) veya basınç (-) olması duru Şekil 7e de gösterilmiştir. Hesabın başlangıcında kafes sistemdeki bütün ç kuvvetlerinin çekme olduğu varsayılır. Hesap sonucunda bir çubuk kuvve (-) olması halinde çubuğun çekmeye değil, basınca çalıştığı anlaşılır.



Şekil 7e: Çubuk kuvvetlerinin çekme veya basınç olması durumları

7.5.1 Hesap yöntemleri

1) Basit sistemler :

a) düğüm noktaları denge denklemi

b) Cremona yöntemi

c) Kesim (Ritter) yöntemi

2) Bileşik kafes sistemler :

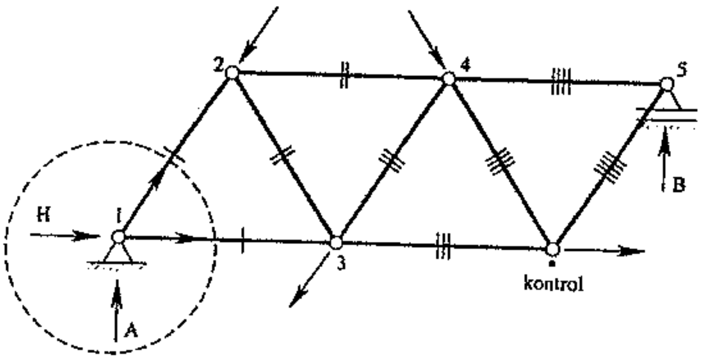
Sisteme ait denge koşulları yardımıyla bağ kuvvetleri ve mafsal kuvvetl bulunduktan sonra her parça bir basit kafes sistem gibi hesaplanabilir.

3) Kompleks sistemler :

Bu sistemlerin hesabı için özel yöntemler uygulanır. (Çubuk değiştirr (Henneberg) yöntemi v.b.)

7.5.1.1 Düğüm noktaları denge yöntemi

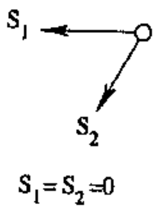
Kafes sistemin her düğüm noktasına etkiyen kuvvetler (dış yükler, mesnel çubuk kuvvetleri) düzlem sistemlerde $\Sigma X=0$, $\Sigma Y=0$ izdüşüm denge den sağladıklarından bu denklemler yardımıyla bilinmeyen çubuk kuvvetleri hesap düğüm noktalarında ise denge denklemi kontrol amacıyla kullanılır.

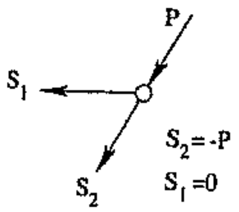


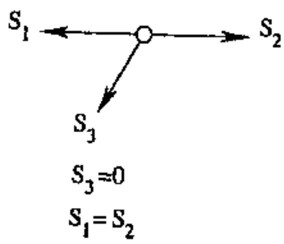
Öncelikle bilinmeyen iki çubuk kuvvetinin bulunduğu düğüm noktalarından başlanır. Bu durumda, her düğüm noktası için iki izdüşüm denge d yazılabildiğinden bilinmeyen çubuk kuvvetleri kolayca hesaplanabilir. Daha en çok bilinmeyen iki çubuk kuvvetinin bulunduğu düğüm noktaları gözönüne suretiyle hesaba devam edilir. Sıra ile bütün çubuk kuvvetleri bulunduktan sonı denge denklemleri kontrol için kullanılır.

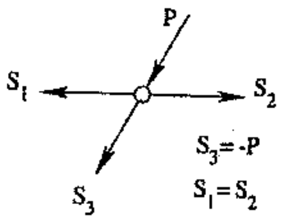
Not : Düğüm noktalarının denge denklemleri yazılırken bilinen çubuk kuvvetleri yön ve değerleri ile, bilinmeyen çubuk kuvvetleri pozitif yönleri ile işaretler

Pratik sonuçlar









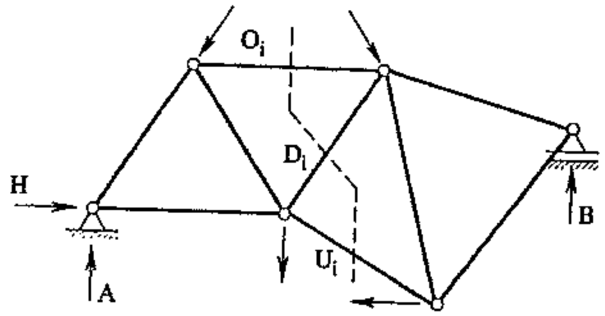
7.5.1.2 Cremona yöntemi

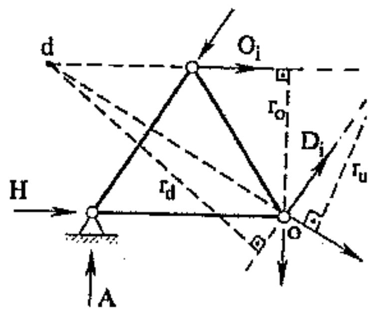
Düğüm noktaları denge yönteminin grafik gösterimidir.

7.5.1.3 Kesim (Ritter) yöntemi

Verilen dış yükler ve bunlardan oluşan mesnet tepkileri altında dengede olan bir sistem yapılan bir kesimle iki parçaya ayrılırsa bu parçalardan herbiri kendi üz etkiyen dış yükler, mesnet tepkileri ve kesim yapılan çubuklardaki çubuk kuvv altında dengededir. Yapılan kesimde en fazla üç çubuk kesilecek c bu çubuklardaki çubuk kuvvetleri parçalardan birine ait $\rightarrow \Sigma X=0$, $\uparrow \Sigma Y=0$, $\circlearrowleft \Sigma$ denge denklemleri yardımıyla hesaplanabilir.

Denge denklemleri, her denklemde bir bilinmeyen bulunacak şekilde yazılabilirler.





$(\circlearrowleft +)\ \Sigma M_o=0 \qquad (M_o)_0 + O_i \times r_o = 0 \qquad \Rightarrow O_i = -\dfrac{(M_o)_0}{r_o}$

$(\circlearrowleft +)\ \Sigma M_u=0 \qquad (M_u)_0 - U_i \times r_u = 0 \qquad \Rightarrow U_i = \dfrac{(M_u)_0}{r_u}$

$(\circlearrowleft +)\ \Sigma M_d=0 \qquad (M_d)_0 - D_i \times r_d = 0 \qquad \Rightarrow D_i = \dfrac{(M_d)_0}{r_d}$

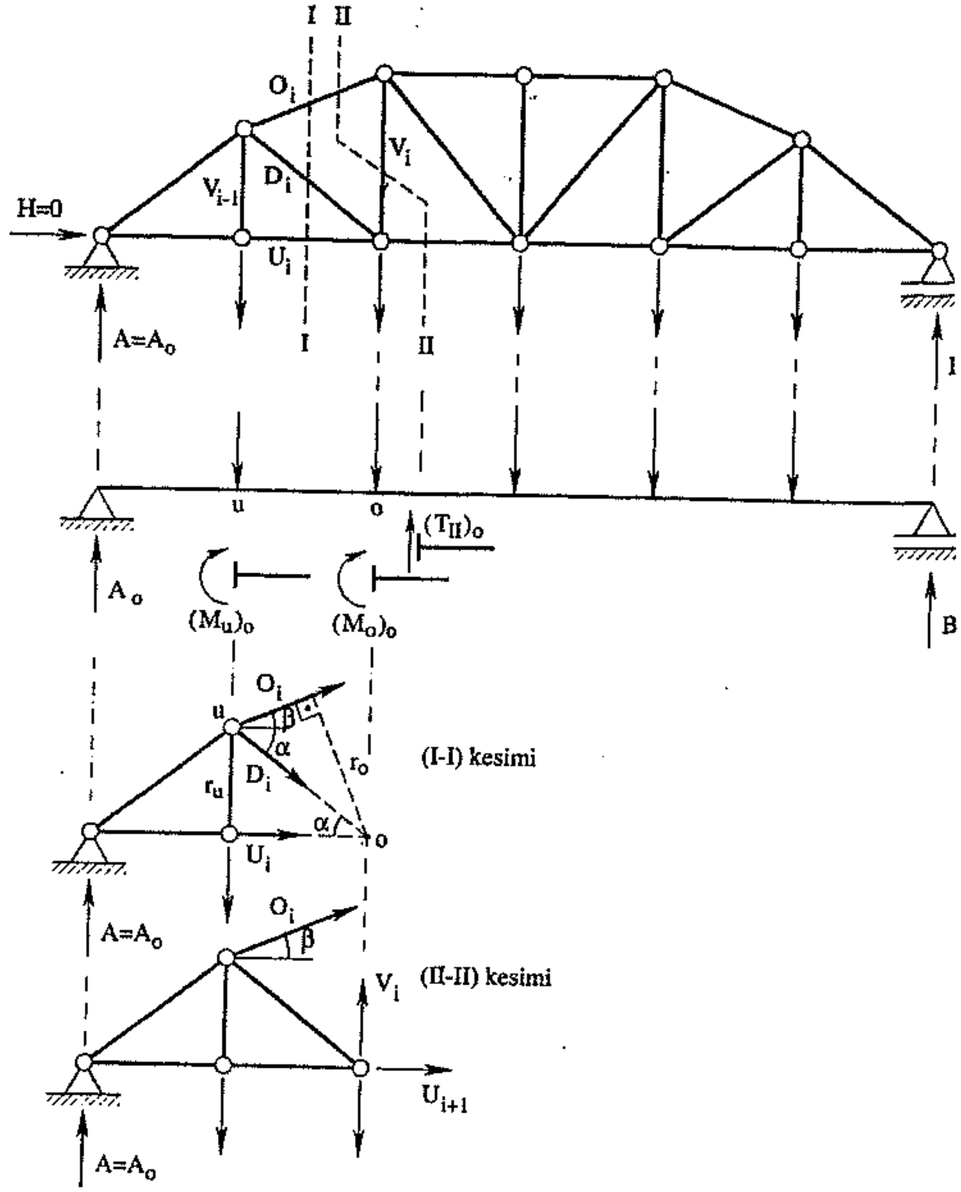
Bu ifadelerde

$(M_o)_0$, $(M_u)_0$, $(M_d)_0$: dış yüklerin ve mesnet tepkilerinin sırasıyla o, u, d noktalarına göre statik momentlerinin toplamını göstermektedir.

Çubuk kuvvetlerinden bazıları bulunduktan sonar, diğerleri onlara bağlı olar. $\rightarrow \Sigma X=0$, $\uparrow \Sigma Y=0$, $\circlearrowleft \Sigma M=0$ denge denklemleri yardımıyla da hesaplanabilir.

7.5.2 Sabit Yüklerin Düşey Olması Özel Hali

Sisteme etkiyen sabit yüklerin düşey olması özel halinde kafes sisteme ait çubu kuvvetlerinin önemli bir bölümü aynı açıklıklı dolu gövdeli sistemin (basit kiriş, çıkma kiriş, gerber kirişi, üç mafsallı sistem) kesit zorlarına bağlı olarak hesaplanabilir.



Şekil 7f: Çubuk kuvvetleri hesaplanacak kafes sistem

Şekil 7f de görülen kafes sistemin bazı çubukları için, çubuk kuvvetlerinin nasıl hesaplanacağı aşağıda anlatılmaktadır.

a) Kesim Yöntemi ile,

(I-I) kesiminden,

(↺+) $\Sigma M_o=0$ $\quad (M_o)_0 + O_i \times r_o = 0 \quad \Rightarrow O_i = -\dfrac{(M_o)_0}{r_o}$

$(M_o)_0$: Aynı açıklıklı dolu gövdeli sistemin o kesitindeki eğilme momenti

(↺+) $\Sigma M_u=0$ $\qquad (M_u)_0 - U_i \times r_u = 0 \qquad \Rightarrow U_i = \dfrac{(M_u)_0}{r_u}$

$(M_u)_0$: Aynı açıklıklı dolu gövdeli sistemin *u* kesitindeki eğilme momenti

(↑+) $\Sigma Y_I=0$ $\qquad (T_I)_0 + O_i \times \mathrm{Sin}\beta - D_i \times \mathrm{Sin}\alpha = 0 \qquad \Rightarrow D_i = \dfrac{1}{\mathrm{Sin}\alpha}\left[(T_I)_0 + O_i\mathrm{Si}\right.$

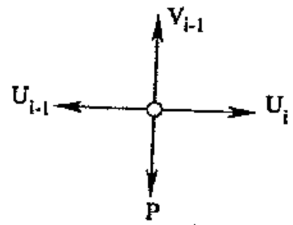
$(T_I)_0$: Aynı açıklıklı dolu gövdeli sistemin I kesitindeki kesme kuvveti

(II-II) kesiminden,

(↑+) $\Sigma Y_{II}=0$ $\qquad (T_{II})_0 + O_i \times \mathrm{Sin}\beta + V_i = 0 \qquad \Rightarrow V_i = -\left[(T_{II})_0 + O_i\mathrm{Sin}\beta\right]$

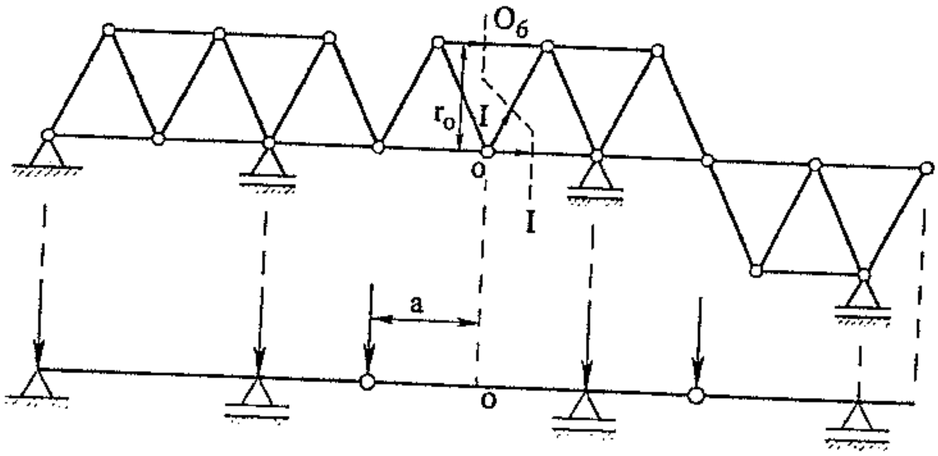
$(T_{II})_0$: Aynı açıklıklı basit kirişin II kesitindeki kesme kuvveti

b) Düğüm Noktaları Denge Yöntemi ile,



$$P = 0 \Rightarrow V_{i-1} = 0$$
$$P \neq 0 \Rightarrow V_{i-1} = P$$

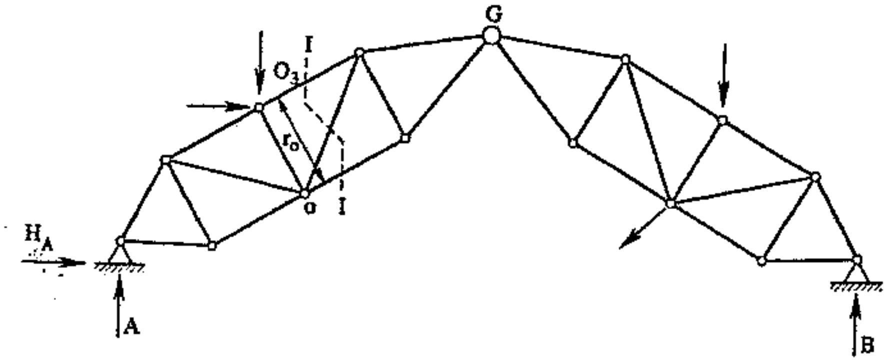
7.6 Gerber Kafes Sistemler



Sabit Yüklere Göre Hesap :

Sistemin taşıma şeması çizilir. Mafsal kuvvetleri ve mesnet tepkileri gerber kirişleri gibi hesaplanır. Sonra her parça teker teker ele alınarak çubuk kuvvetleri bulunur.

7.7 Üç Mafsallı Kafes Sistemler

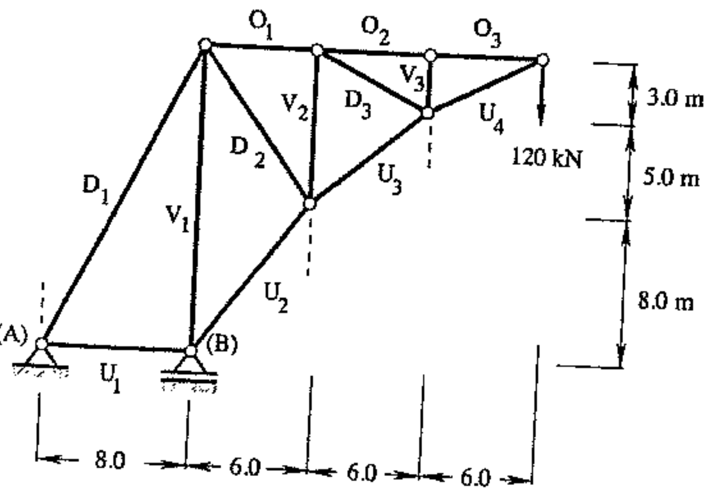


Sabit Yüklere Göre Hesap :

Denge denklemleri ve mafsal koşulu yardımıyla mesnet tepkileri aynen üç ma gövdeli sistemlerde olduğu gibi hesaplandıktan sonra, düğüm noktaları denge ve kesim yöntemi yardımıyla çubuk kuvvetleri bulunur.

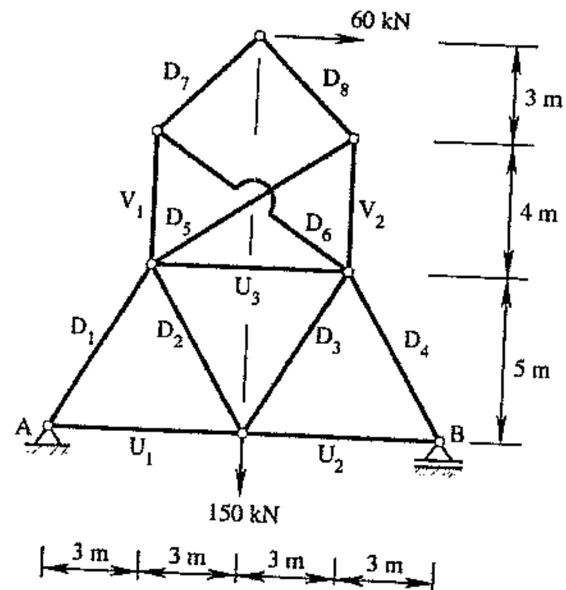
PROBLEM 7.1 SAP2000

Şekil 7.1 de verilen kafes sistemin çubuk kuvvetlerini hesaplayınız.



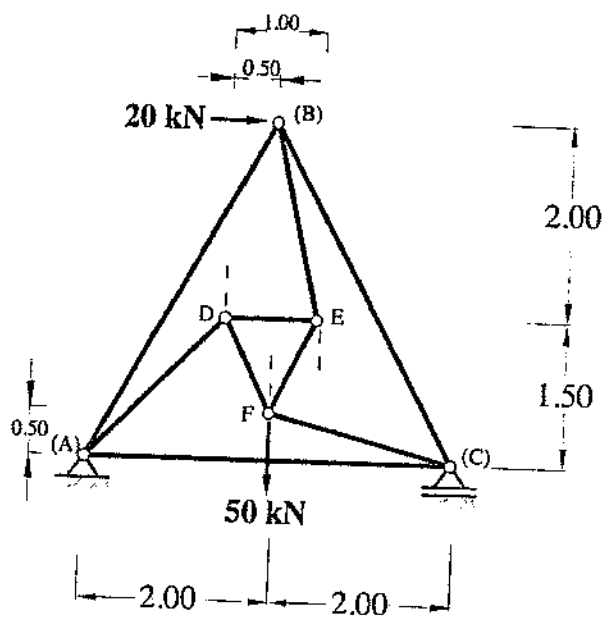
PROBLEM 7.2 SAP2000

Şekil 7.2 de verilen kafes sistemin çubuk kuvvetlerini hesaplayınız.



PROBLEM 7.3 SAP2000

Şekil 7.3 de verilen kafes sistemin çubuk kuvvetlerini hesaplayınız.

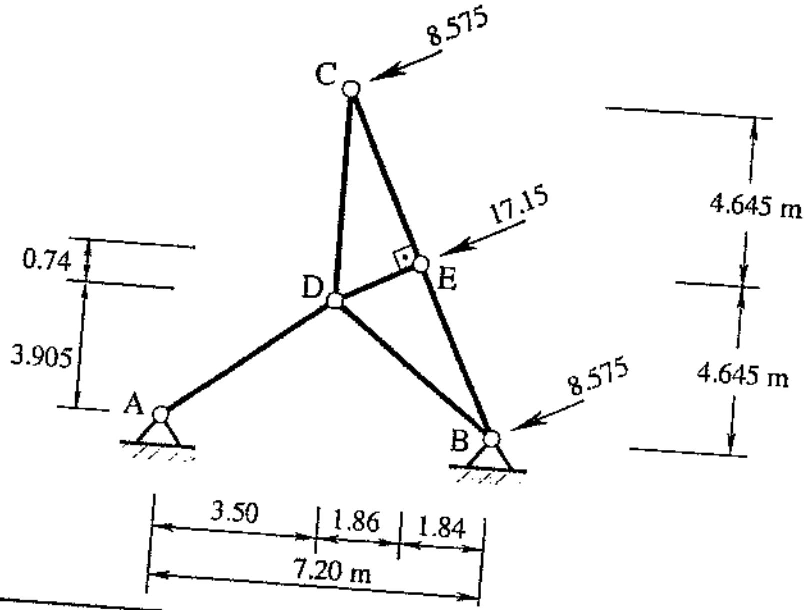


Şekil 7.3: Kafes sistem ve dış yükler

PROBLEM 7.4

SAP2000

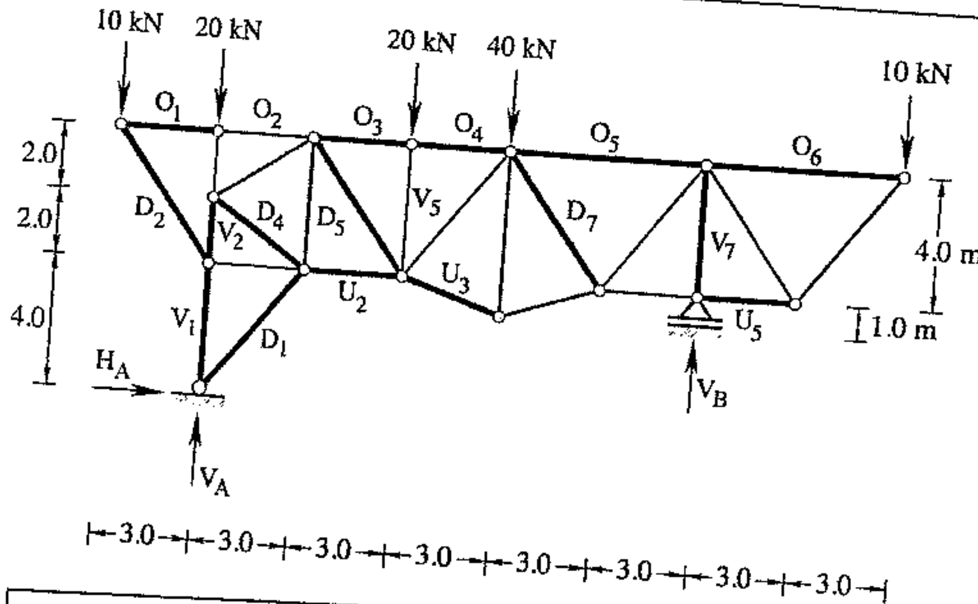
Şekil 7.4 de verilen kafes sistemin çubuk kuvvetlerini hesaplayınız.



PROBLEM 7.5

SAP2000

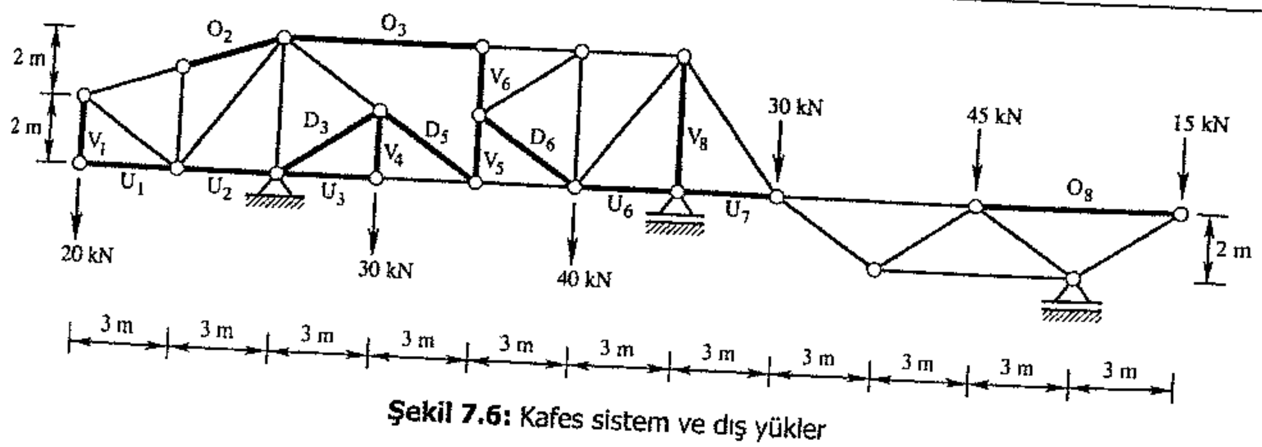
Şekil 7.5 de verilen kafes sistemin $O_1, O_2, O_3, O_4, O_5, O_6$, U_2, U_3, U_5, D_1, D_2, D_4, D_5, D_7, V_1, V_2, V_5 ve V_7 çubuk kuvvetlerini hesaplayınız.



PROBLEM 7.6

SAP2000

Şekil 7.6 da verilen kafes sistemin $U_1, U_2, U_3, U_6, U_7, O_2, O_3, O_8, D_3, D_5, D_6, V_1, V_4, V_5, V_6$ ve V_8 çubuk kuvvetlerini hesaplayınız.



Şekil 7.6: Kafes sistem ve dış yükler