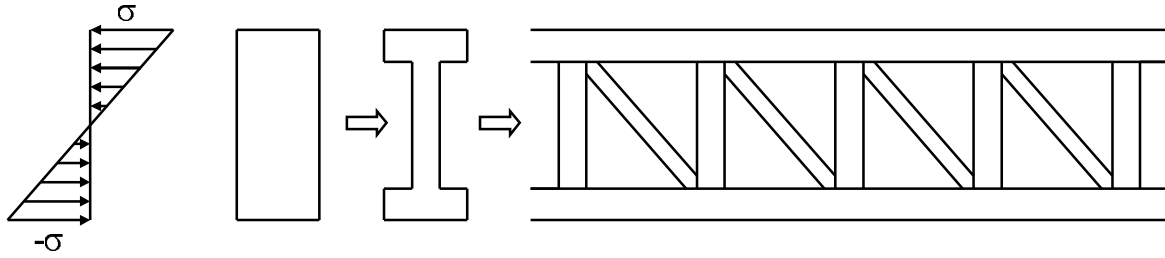


2.1.4. Kafes Sistemler

2.1.4.1. Genel Bilgiler

Taşıyıcı sistemlerin açıklıkları büyüyünce dolu gövdeli sistemler kendi ağırlıklarının artması sebebiyle ekonomik olmamaya başlar ve yerlerini kafes sistemlere bırakırlar.



Şekilde dolu gövdeli bir sistemin en kesitinde basit eğilme halindeki normal gerilme dağılımı görülmektedir. Normal gerilme dağılımından da anlaşılabacağı üzere, alt ve üst kenarlardaki liflere göre orta kısımdaki liflerin kesitin taşıyıcılığına etkisinin daha az olduğu açıktır. Yapı ağırlığını azaltmak için orta bölgenin bir kısmı sistemden çıkarılarak I kesitli dolu sistemler elde edilir. Daha büyük açıklıklarda ise orta kısım tamamıyla kaldırılıp, bunun yerine kesme kuvvetlerini karşılamak üzere çubuklar konarak “*kafes sistemler*” elde edilir. Kafes sistemler, sadece normal kuvvet taşıyan doğru eksenli çubukların birleşmesinden meydana gelirler. Çubukların birleşim yerlerine “*düğüm noktaları*” denir.

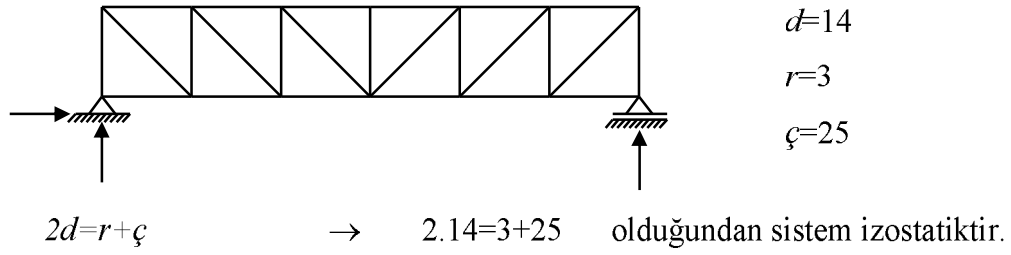
2.1.4.2. Kafes Sistemlerin İzostatik Olma Koşulu

Kafes sistemlerin çubuklarında kesme kuvveti ve eğilme momenti olmayıp; sadece normal kuvvet bulunmaktadır. Bu normal kuvvetlere de “çubuk kuvvetleri” adı verilmektedir. Bir kafes sistemde; d düğüm noktası sayısını, r mesnet tepkisi sayısını, ζ çubuk sayısını göstermek üzere izostatik olma koşulu;

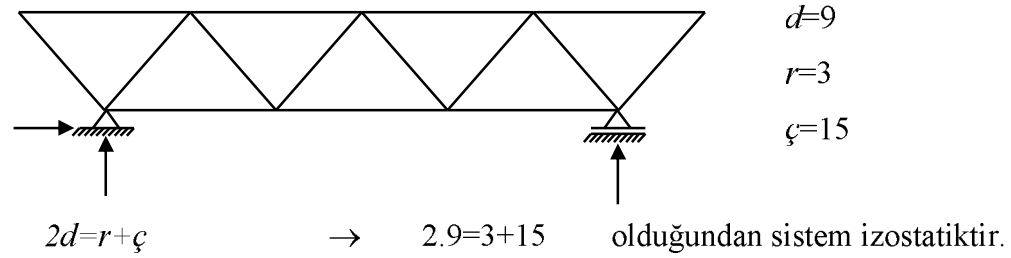
$$2d = r + \zeta$$

şeklindedir.

Örnek: Şekildeki kafes sistemin izostatik olup olmadığını kontrol ediniz.

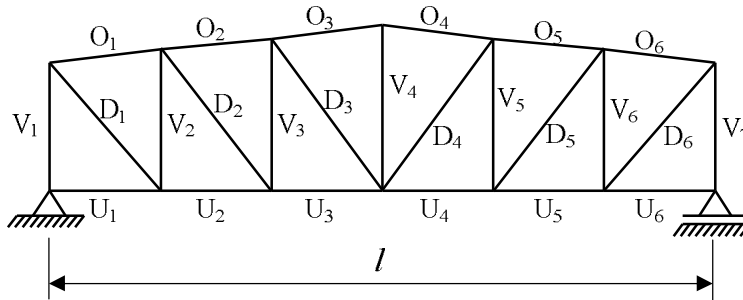


Örnek: Şekildeki kafes sistemin izostatik olup olmadığını kontrol ediniz.



2.1.4.3. Kafes Sistemlerde Çubukların Adlandırılması

Kafes kirişlerin üst başlık çubukları O ile, alt başlık çubukları U ile gösterilir. Alt ve üst başlık çubuklarını birleştiren düşey çubuklara dikme denir ve V ile gösterilir. Eğik olan çubuklara ise köşegen denir ve D ile gösterilir.

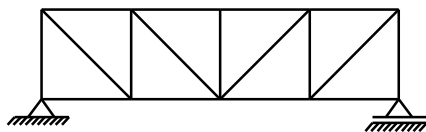


2.1.4.4. Kafes Sistemlerin Sınıflandırılması

1. Başlıkların Şekline Göre Sınıflandırma:

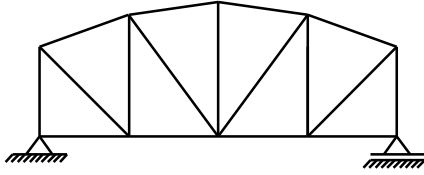
a) Paralel başlıklı kafes kirişler

Alt ve üst başlıkları birbirine paralel olan kafes kirişlerdir.



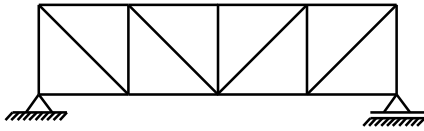
b) Paralel olmayan başlıklı kafes kirişler

Alt ve üst başlıkları birbirine paralel olmayan kafes kirişlerdir. Büyük açıklıkların geçilmesi durumunda kullanılırlar.

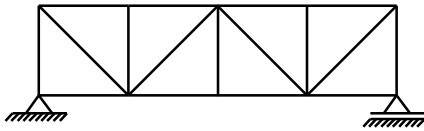


2. Çubukların Şekline Göre Sınıflandırma:

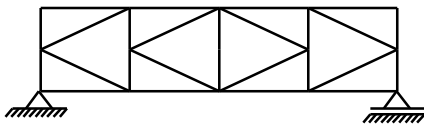
a) N sistemli kafes kirişler



b) V sistemli kafes kirişler

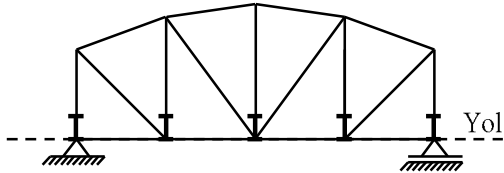


c) K sistemli kafes kirişler

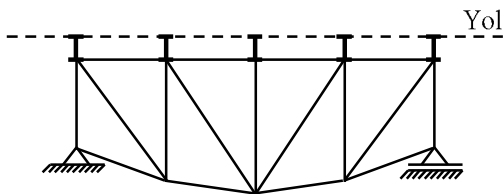


3. Yol Durumuna Göre Sınıflandırma:

a) Yolu alt başlıkta olan kafes kirişler



b) Yolu üst başlıkta olan kafes kirişler



2.1.4.5. Kafes Sistemlerin Hesap Yöntemleri

İzostatik kafes sistemlerin düğüm noktalarına etkiyen sabit yüklerden meydana gelen mesnet tepkileri ve çubuk kuvvetleri denge denklemleriyle elde edilir. Çubuk kuvvetleri çekme ise pozitif, basınç ise negatif kabul edilir. Çubuk kuvvetlerini elde etmek için iki yöntem kullanılmaktadır.

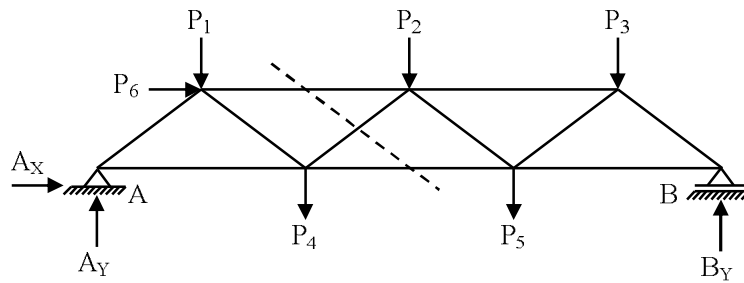
1. Düğüm Noktaları Denge Yöntemi:

Her düğüm noktası için, yatay ve düşey olmak üzere, yazılacak iki adet denge denkleminde meydana gelen denklem takımı çözülerek mesnet tepkileri ve çubuk kuvvetleri bulunabilir.

2. Kesim (Ritter) Yöntemi:

Bu yöntemde, önce mesnet tepkileri denge denklemleriyle bulunur. Daha sonra düğüm noktalarının izdüşüm denge denklemleri yerine, bazı sistemlerde öyle denge denklemleri yazılabilir ki her denklemde sadece bir çubuk kuvveti bilinmeyen olarak bulunabilir. Bu yöntemde izlenen yol aşağıdaki gibi özetlenebilir:

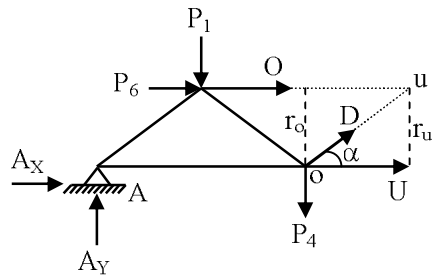
- Sistemin tümüne ait $\sum \vec{F}_X=0$, $\uparrow \sum F_Y=0$, $\curvearrowright \sum M=0$ üç denge denkleminde mesnet tepkileri elde edilir.
- Sistemde öyle kesimler yapılır ki, bu kesimlerde en çok üç tane bilinmeyen çubuk kuvveti bulunur. Bu çubuk kuvvetleri, kesimin bir tarafındaki parçaya ait $\sum M_o=0$, $\sum M_u=0$ ve $\sum M_d=0$ gibi üç tane moment denge denklemleriyle bulunur. Moment alınan o, u, d noktaları üç çubuk kuvvetinin ikişer ikişer kesiştiği noktalardır.



$$\sum \vec{F}_X=0 \rightarrow A_X \text{ hesaplanır.}$$

$$\sum M_B=0 \rightarrow A_Y \text{ hesaplanır.}$$

$$\sum M_A=0 \rightarrow B_Y \text{ hesaplanır.}$$



$$\sum M_o=0 \rightarrow M_o + O \cdot r_o = 0 \rightarrow O = -\frac{M_o}{r_o}$$

$$\sum M_u=0 \rightarrow M_u - U \cdot r_u = 0 \rightarrow U = \frac{M_u}{r_u}$$

$$\sum \vec{F}_X=0 \rightarrow P_X + O + U + D \cdot \cos \alpha = 0$$

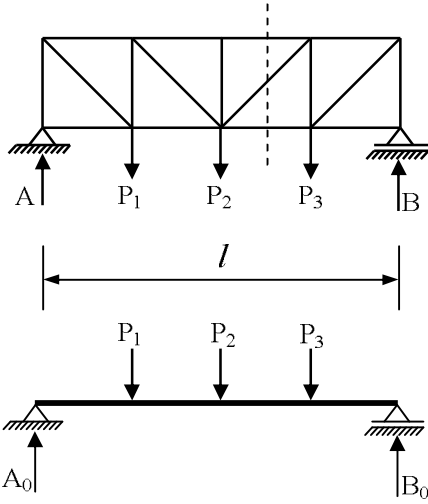
$$\rightarrow D = -\frac{1}{\cos \alpha} [P_X + O + U]$$

$$\rightarrow D = -\frac{1}{\cos \alpha} \left[P_X - \frac{M_o}{r_o} + \frac{M_u}{r_u} \right]$$

$$\uparrow \sum F_Y=0 \rightarrow P_Y + D \cdot \sin \alpha = 0 \rightarrow D = -\frac{P_Y}{\sin \alpha}$$

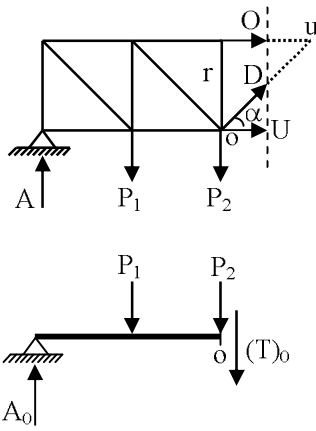
Yüklerin Düşey Olması Hali

Kafes sistemlerde, sisteme etkiyen yüklerin düşey olması durumunda, sistemin çubuk kuvvetlerini elde etmek için aynı açıklıklı basit kirişten yararlanılır.



Kafes kiriş

Aynı açıklıklılı basit kiriş



$$A=A_0 \rightarrow M_o=(M_o)_0$$

$$B=B_0 \rightarrow M_u=(M_u)_0$$

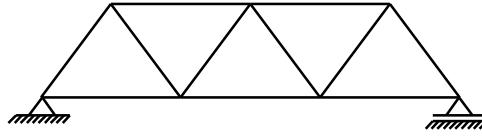
$$\sum M_o=0 \rightarrow (M_o)_0+O.r=0 \rightarrow O=-\frac{(M_o)_0}{r}$$

$$\sum M_u=0 \rightarrow (M_u)_0-U.r=0 \rightarrow U=\frac{(M_u)_0}{r}$$

$$\uparrow \sum F_Y=0 \rightarrow (T)_0+D.\sin\alpha=0 \rightarrow D=-\frac{(T)_0}{\sin\alpha}$$

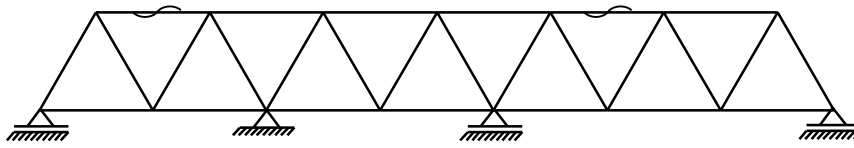
2.1.4.6. Basit Kafes Kirişler

Bir mesnedi sabit, diğer mesnedi hareketli olan izostatik kafes sistemlere basit kafes kirişler denir.

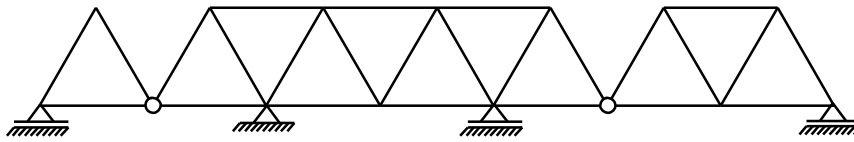


2.1.4.7. Gerber Kafes Kirişler

Sürekli kafes kirişlerin taşıyıcı ve izostatik olmasını sağlayacak şekilde bazı çubukların kaldırılmasıyla elde edilen sistemlere “gerber kafes kirişler” adı verilir.



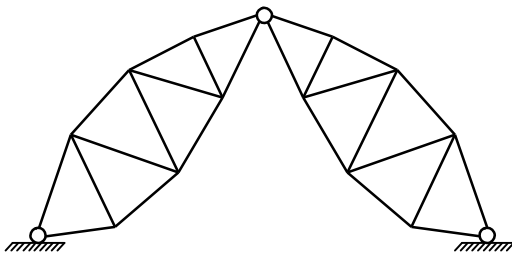
Sürekli kafes kiriş



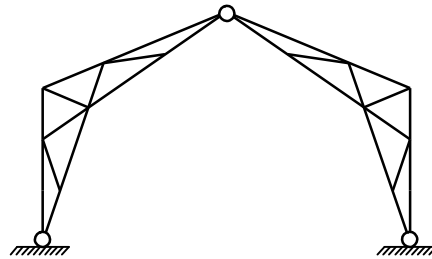
Gerber kafes kiriş

2.1.4.7. Üç Mafsallı Kafes Kemer ve Çerçeveler

Birer mesnetleri sabit olan, taşıyıcı izostatik iki kafes sistemin bir mafsal ile birleşmesinden meydana gelen kemer ve çerçevelere “üç mafsallı kafes kemer ve çerçeveler” denir.



Üç mafsallı kafes kemer



Üç mafsallı kafes çerçeve