

UZAY KAFES SİSTEMLER

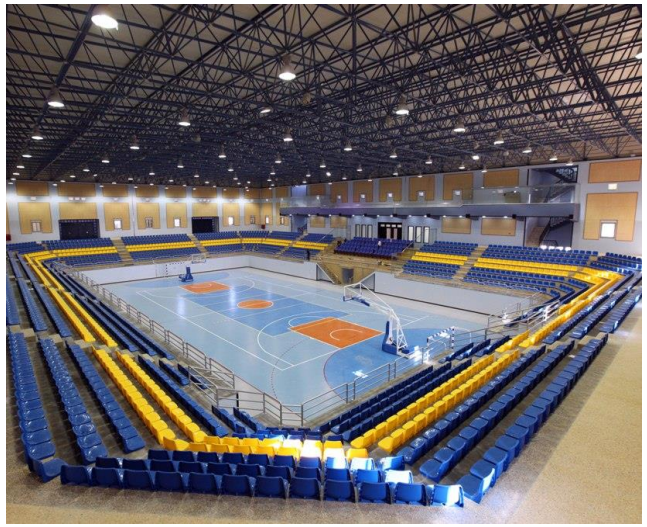
Hazırlayan: Araş. Gör. Sedat Kömürcü

UZAY KAFES SİSTEMLER

- Uzay kafes sistemler doğru eksenli çubukların rijit bir sistem teşkil edecek şekilde sürtünmesiz mafsallarla uçlarından birbirlerine bağlanmasıyla oluşurlar.

- Uzay kafes sistemlerin temel prensipleri, düzlem kafes sistemlerin temel prensipleri ile aynıdır. Fark kafes sistemin uzayda kurulmuş olmasıdır.

Hazırlayan: Araş. Gör. Sedat Kömürcü



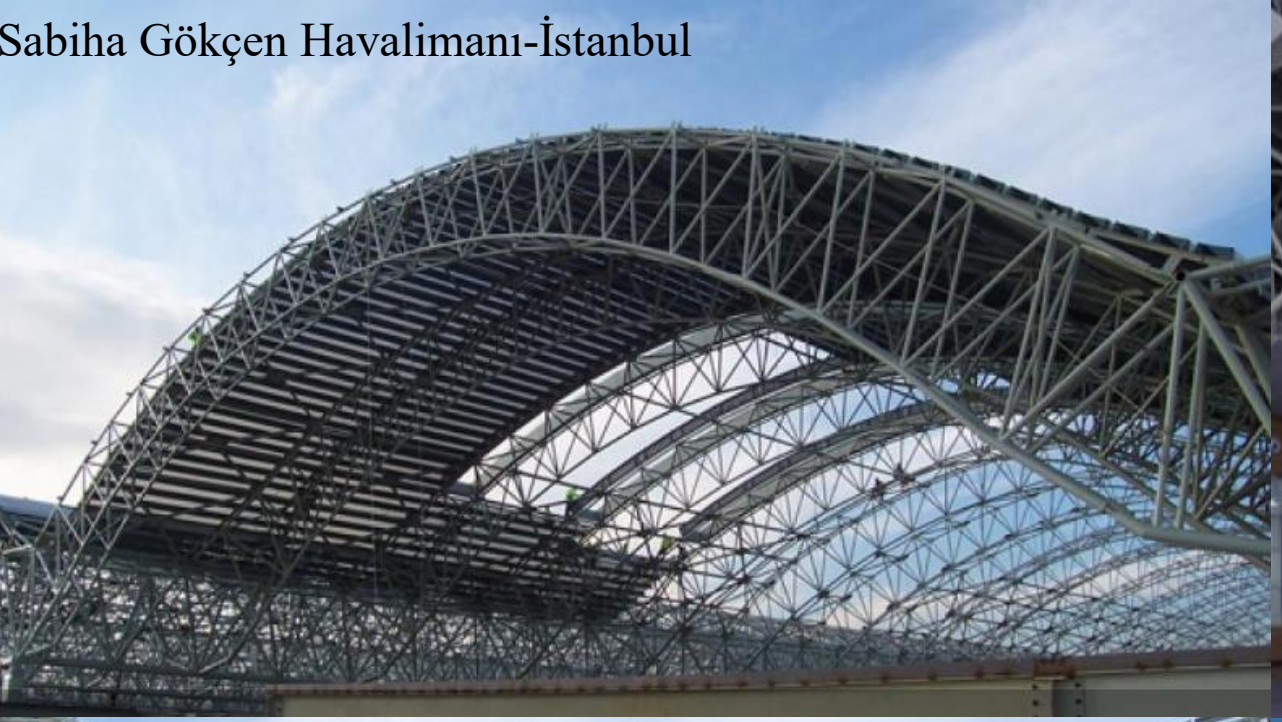


UZAY KAFES SİSTEMLERİN KULLANIM ALANLARI

- Fabrika ve depo binaları,
- Uçak hangarı, terminal binaları, otopark ve benzinlik istasyonu
- Alışveriş merkezleri,
- Spor salonu, kapalı yüzme havuzu, tenis kortu
- Stadyum
- Sinema, tiyatro, konferans salonları, gösteri merkezleri,
- Üst ve tüp geçitler,köprüler…

Hazırlayan: Araş. Gör. Sedat Kömürcü

Sabiha Gökçen Havalimanı-İstanbul









Hazırlayan: Araş. Gör. Sedat Kömürcü

UZAY KAFES SİSTEMLER

- Kafes sistemlerdeki çubuk elemanları uçları mafsallı ve mafsallar arasında herhangi bir kuvvet etkimediğinden, bu elemanlarda sadece eksenel normal kuvvet oluşur, moment etkisi oluşmaz.
- Çubuklarda eksenel normal kuvvet oluşması çubuklara gelen kuvvetlerin hesaplanmasında kolaylık sağlar.
- Uygulamada, kafes sistemler için yapılan kabullerden saplamalar olur düğüm noktaları tam olarak mafsal şeklinde imal edilmez ve veya kuvvetler tam olarak düğüm noktalarına etkiyemez, Bu durumlarda çubuklarda eksenel kuvvetlerin yanında, ikinci derece etkiler adı verilen, moment etkileri de oluşur. Bu etkileri mümkün olduğunca küçük tutabilmek için düğüm noktalarında birleşen elemanların eksenlerinin bir noktada kesişmeleri sağlanır.

Hazırlayan: Araş. Gör. Sedat Kömürcü

UZAY KAFES SİSTEMLERİN KURULUŞ ŞEKİLLERİ

- **Kendi içinde tam bağlı kafes sistemler**

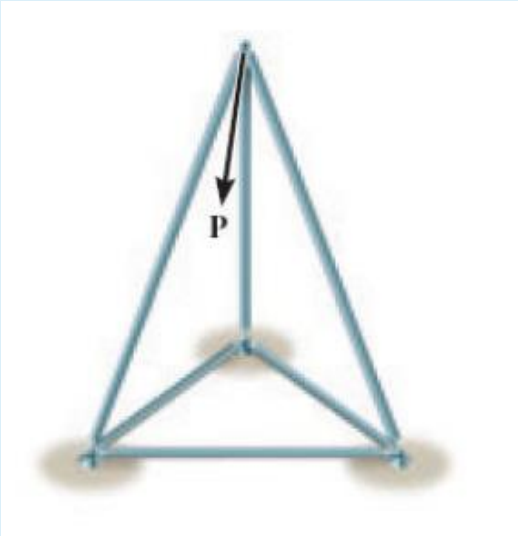
Bu tip kafes sistemler kendi içinde bağlı rijit cisim gibi işlem görür. Bu şekilde teşkil edilen sistemin serbestlik derecesi altıdır.

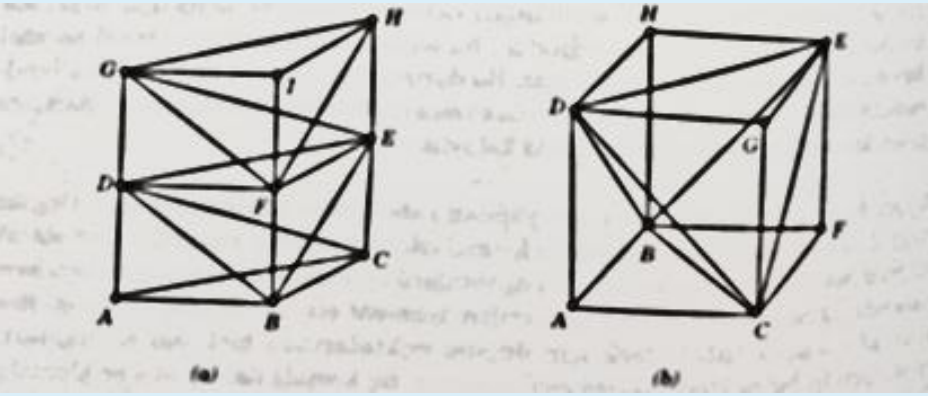
- **Mesnetleri ile tam bağlı sistemler**

Bu tip kafes sistemler ise kendi içinde tam bağlı olmayıp ancak bağlandığı zaman rijittirler.

- Uzay kafes sistemler yukarıda bahsedilen sınıflamanın dışında düzlem kafes sistemlerde olduğu **basit, bileşik** ve **karmaşık** olmak üzere üç gruba ayrılırlar.

BASİT KAFES SİSTEMLER





Basit kafes sistemler: Uzay kafes sistemlerinin en basit formu olan bu sistem rijittir. Bu dörtyüzlü düzlemdeki temel üçgenin karşılığıdır. Bu şekilde elde edilen sistem kendi içinde rijittir ve serbestlik derecesi altıdır. Bu sistemler uygun bağlar ile bağlanırlar. Bu bağların kafes sistem teorisine uygun olması için düğün noktalarında bulunması gerekir. Aksi halde sistem, kafes sistem kabul edilmez.

c: çubuk sayısı
d: düğüm noktası sayısı

Çubuk sayısı ve düğüm noktası arasındaki bağıntı

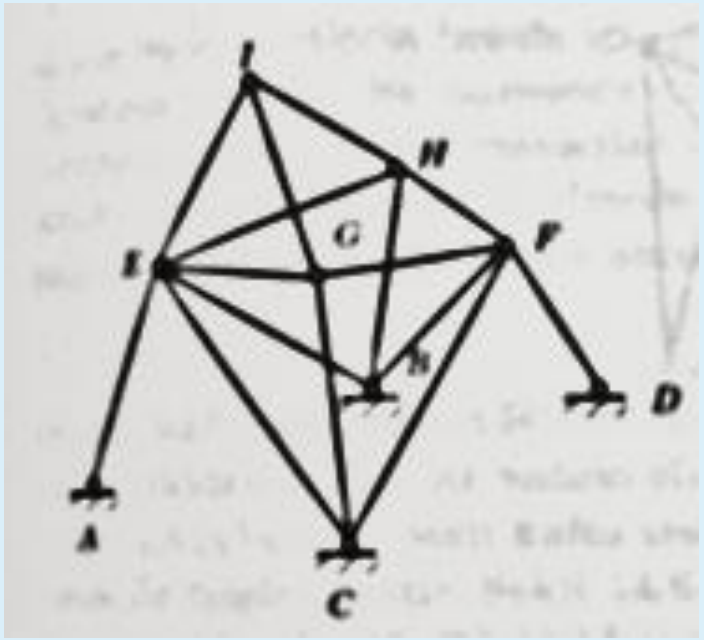
$c=3d-6$

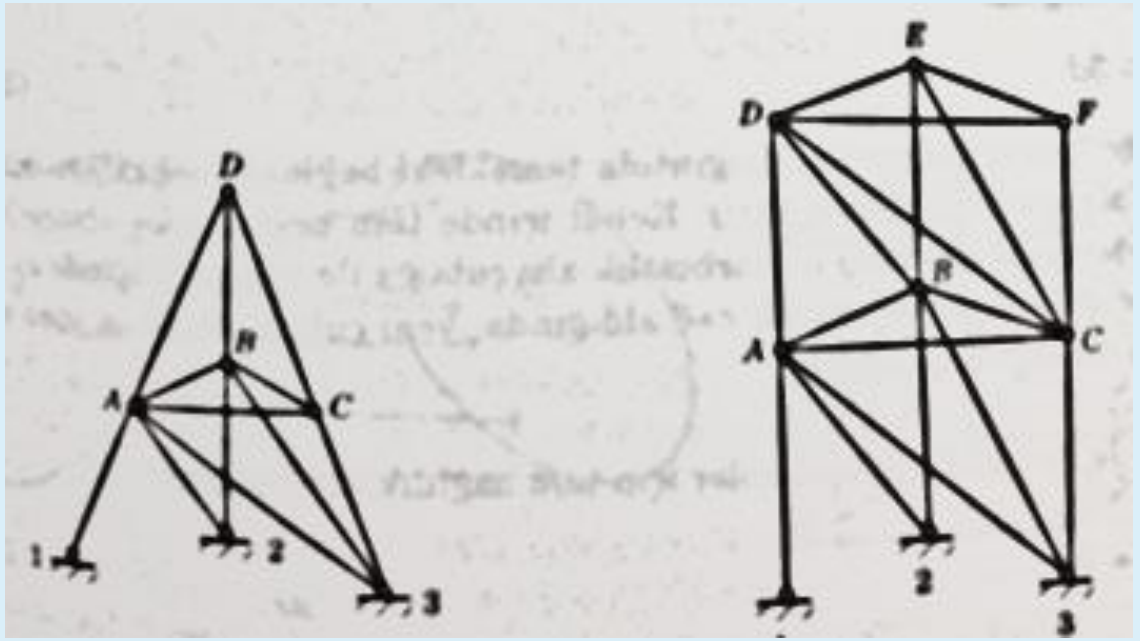
Hazırlayan: Araş. Gör. Sedat Kömürcü

BASİT KAFES SİSTEMLER

Basit kafes sistemler dörtyüzlüden başlamadan da kurulabilir. Dörtyüzlü yerine sabit bir temelden de başlanılabilir.

Bu şekilde kurulan kafes sistemler ancak mesnetleri ile rijittirler.





BASİT KAFES SİSTEMLER

Mesnetleri ile bağlı kafes sistemlerde, her düğüm noktası üç çubuk ile teşkil edilip bir başlangıç dörtyüzlüsü bulunmadığından, çubuk sayısı ile düğüm noktası arasındaki bağıntı:

$c=3d$

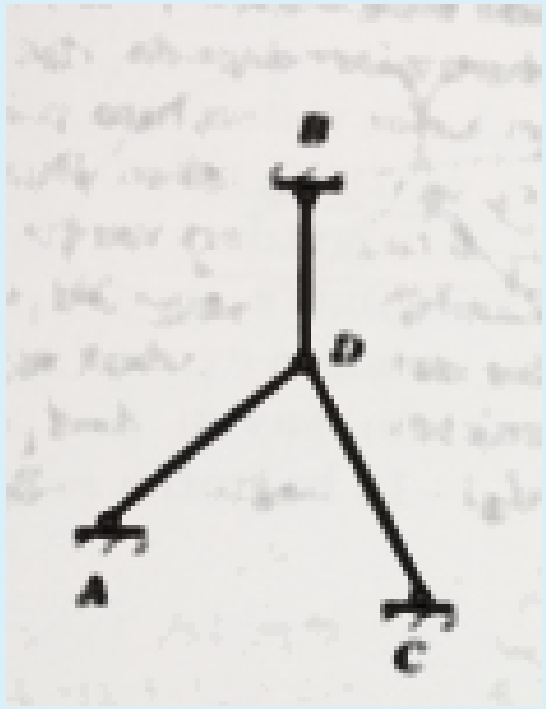
şeklindedir. Bağıntıda temeldeki bağlantı noktaları düğüm noktaları olarak sayılmayacaktır.

Kendi içinde tam bağlı kafes sistemler için aynı sonuç elde edilir.

Mesnetleri ile birlikte rijit sistemler için tam bağlılık şartı olarak
$s+c=3d$

bağıntısı da kullanılır. Burada; s, mesnetlerdeki bilinmeyenleri statik değerleri ve d'nin hesabında mesnet noktaları da göz önüne alınacaktır.

BASİT KAFES SİSTEMLER



Uzay kafes sistemlerde bir nokta oluşturulurken kullanılan üç çubuğun bir düzlemde bulunmaması gerekir.

D noktası ABC düzlemine dik şekilde az da olsa hareket eder. Dolayısıyla D noktasının uzayda bağlanması yetersizdir.

Üç çubuğun düzleminde olmayan bir kuvvet düğüm noktasına etki ettirildiğinde kuvvetin düzleme dik bileşenini karşılayacak çubuk yoktur.

Çubuk kuvvetlerinin hesabı için çubuklardaki şekil değiştirmelerin göz önüne alınması gerekir. Sadece denge denklemleriyle çözülemez.



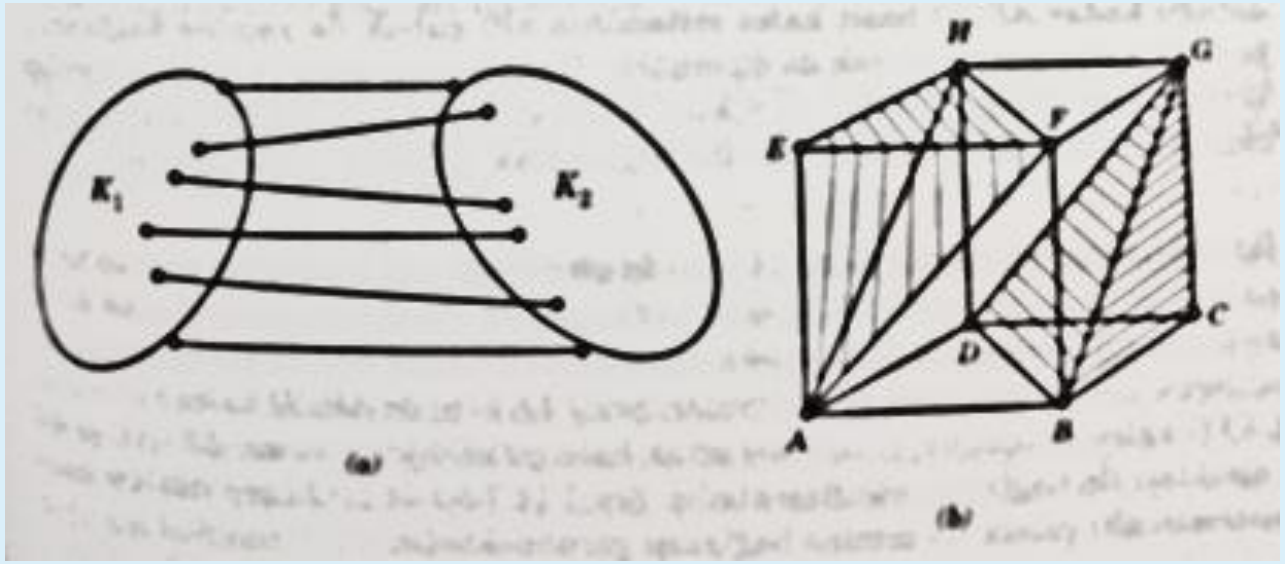


Hazırlayan: Araş. Gör. Sedat Kömürcü

BİLEŞİK KAFES SİSTEMLER

- Bileşik kafes sistemler, birden fazla basit kafes sistemin çeşitli şekillerde rijit bir sistem oluşturacak şekilde bağlanması ile elde edilir.

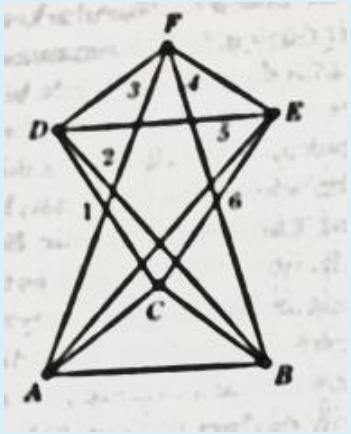
- Kafes sistemlerden birinin diğerine göre serbestlik derecesi altı olduğundan altı serbestlik derecesini yok etme yollarından biri altı çubuk kullanmaktır.

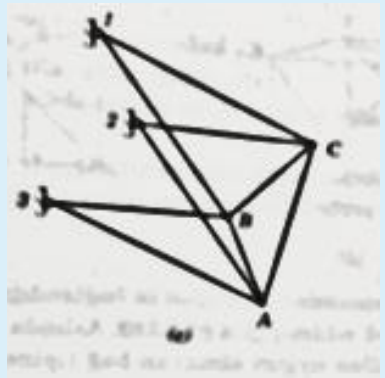


BİLEŞİK KAFES SİSTEMLER

- İki kafes sistem altı çubuk ile birleştirilirken altı çubuk bir eksine kesmemeli veya bir kısmı kesip diğerleri paralel olmamalıdır.

- iki üçgen düzlem kafes sistem uzayda altı çubuk ile birleştirilerek birleşik uzay sistemi elde edilebilir.

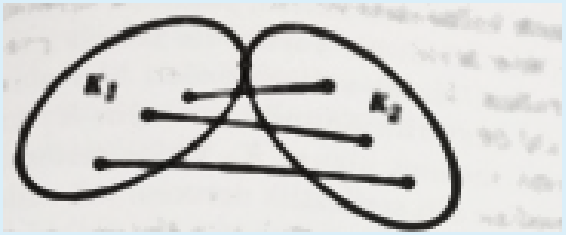


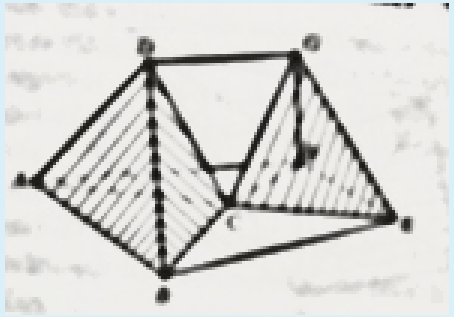


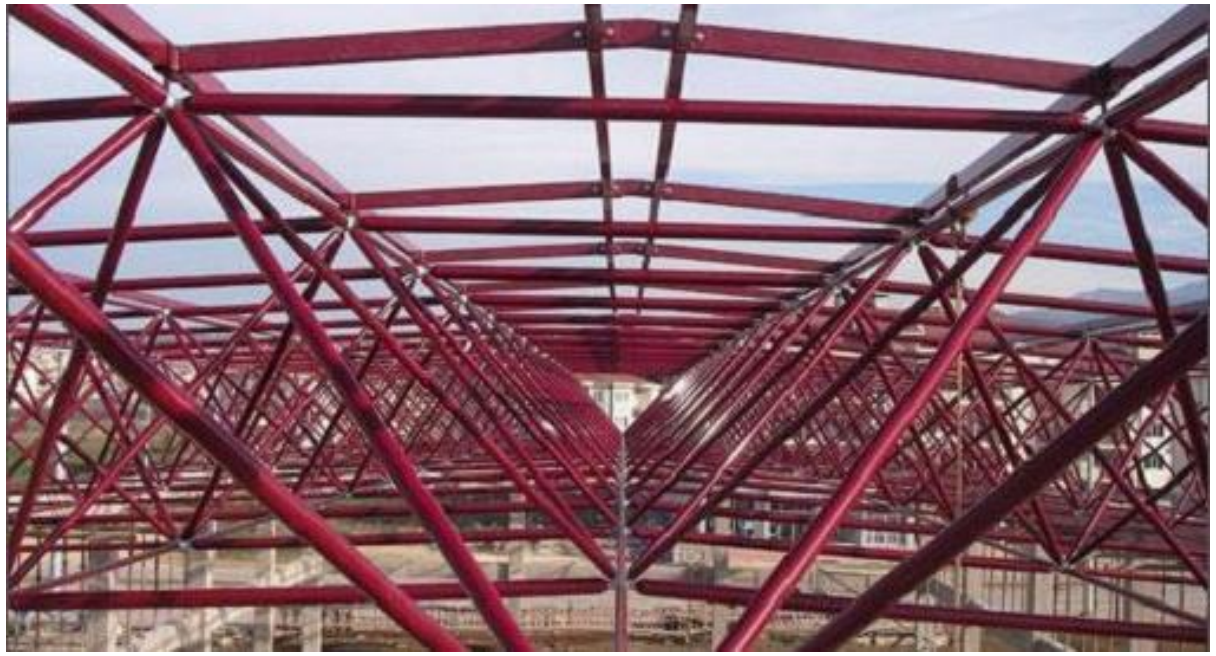
- Bir basit kafes sistem altı çubuk ile başka bir kafes sisteme bağlamak yerine zemine bağlayarak birleşik kafes sistem elde edilebilir.

- Mesnetleri ile bağlı basit kafes sistem aynı zamanda basit kafes sisteminin çubuklar İle bağlanmış birleşik kafes sistem olabilir.

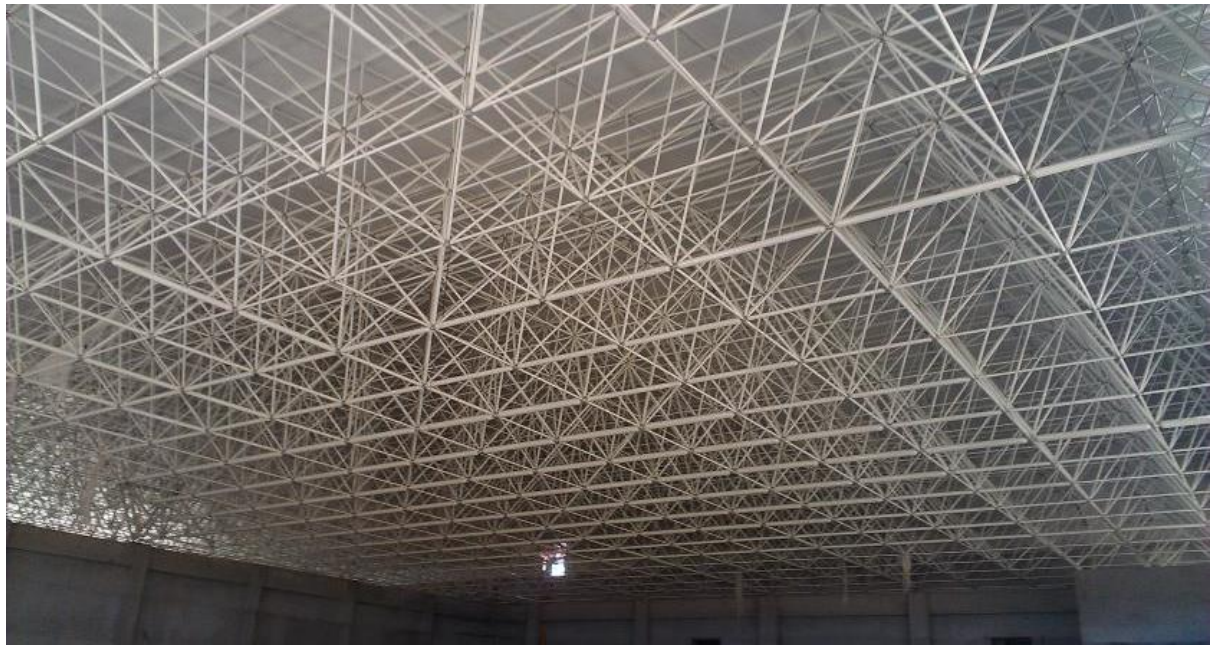
- İki kafes sistem birbirine bir düğüm noktası ortak hale getirip ve üç çubuk eklenerek bağlanabilir.











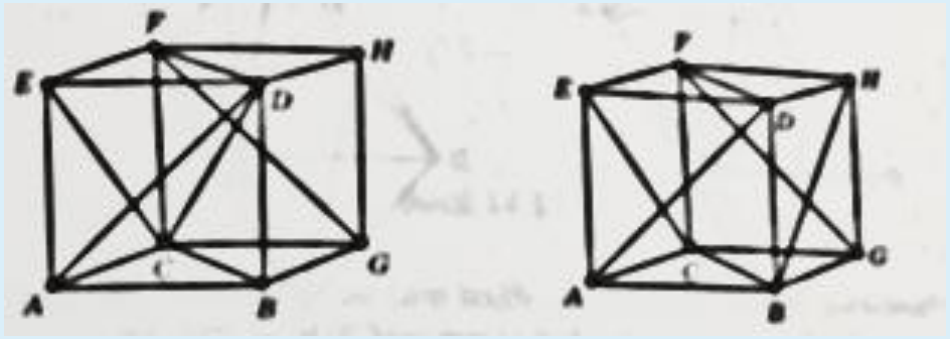


Hazırlayan: Araş. Gör. Sedat Kömürcü

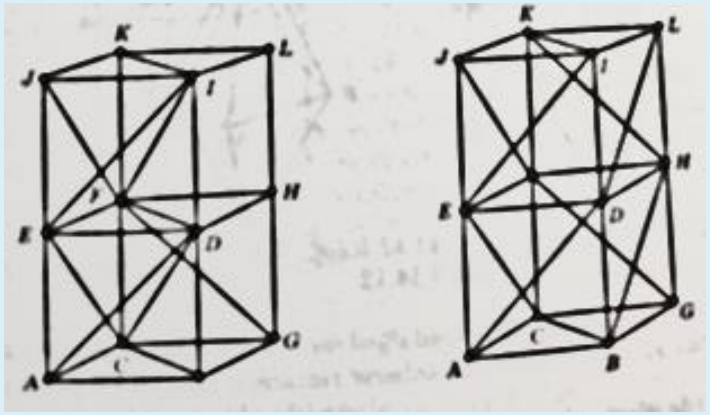
KARMAŞIK KAFES SİSTEMLER

- Karmaşık kafes sistemlerinin kuruluş biçimleri belirli bir kurala uymazlar. Genel olarak basit veya birleşik kafes sistemlerinde bazı çubukların yerleri değiştirilerek elde edilir.

- Uygulamada bütün çubukların kafes sistemin dış yüzeyinde toplandığı içinden hiçbir çubuk geçmeyen kafes sistemler çok kullanılır.

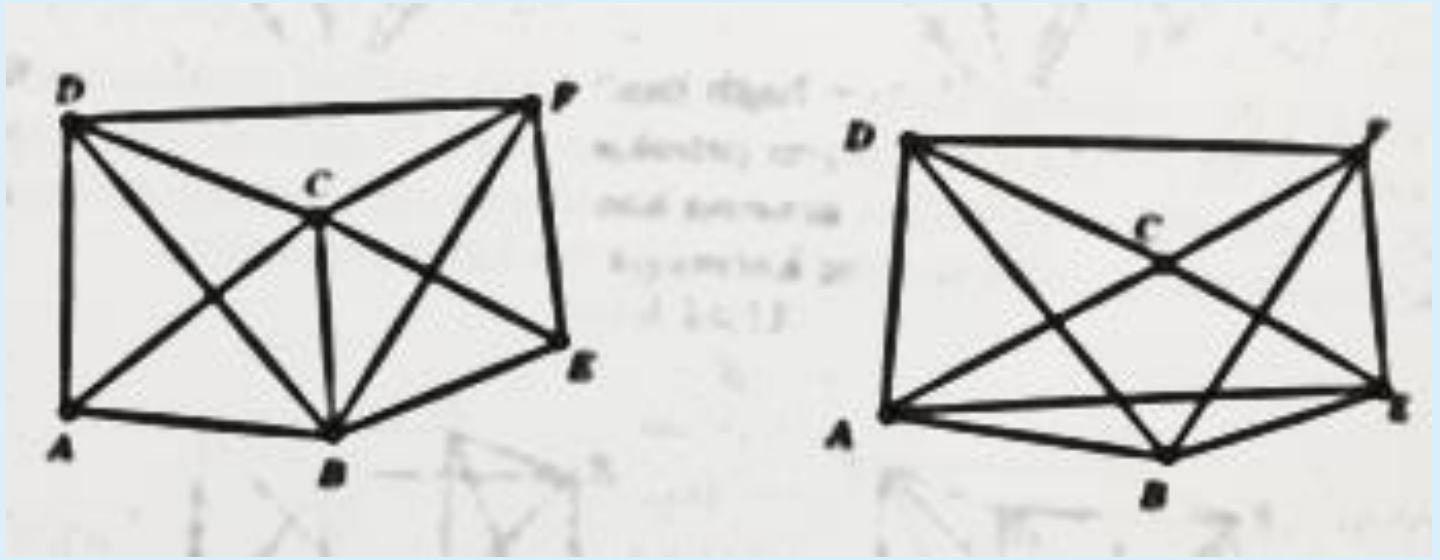


CD çubuğu kaldırılarak BH arasına konularak karmaşık kafes sitem elde edilmiştir.



İç kısımdaki çubuklar dış yüzeye yerleştirilmiştir.

KARMAŞIK KAFES SİSTEMLER



BC çubuğu kaldırılarak AE arasına konularak karmaşık kafes sitem elde edilmiştir.

Hazırlayan: Araş. Gör. Sedat Kömürcü

DIŞBÜKEY YÜZEY TEŞKİL EDEN KAFESLER

Uzay kafes sistemler teşkil edilirken kullanım kolaylığı bakımından iç hacimde engelleyici köşelerin bulunmamasına dikkat edilir.

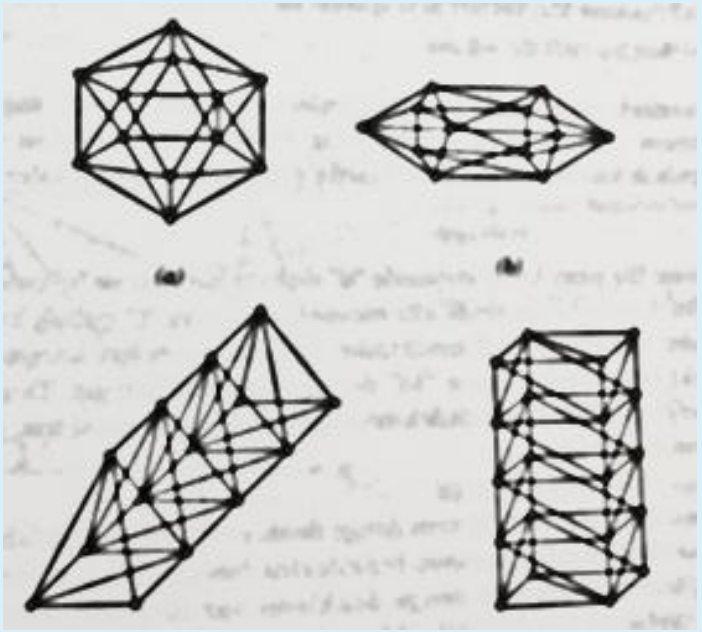


f: kenar sayısı

f+d-c=2

Bağıntısı vardır.
f=6
c=12
d=8

Kenarı kesilince
f=7
c=15
d=10
Yüzeyler üçgen ise;
c=3f/2 bağıntısı vardır. f yok edilirse c=3d-6 elde edilir.



Hazırlayan: Araş. Gör. Sedat Kömürcü







Hazırlayan: Araş. Gör. Sedat Kömürcü

UZAY KAFES SİSTEMLERİN HESAP YÖNTEMLERİ

- Uzay kafes sistemlerinin hesabında kullanılacak yöntemler düzlem kafes sistemlerin hesabında kullanılan yöntemlerin uzaya uyarlanmasıdır.

- Kafes sistemlerinin hesabi, kafes sistemde bulunan çubuklara etkiyen kuvvetlerin hesaplanması anlamındadır.

- Çubuk kuvvetleri çubuk ekseni doğrultusunda eksenel kuvvetlerdir. Bu kuvvetler çubuğa çekme veya basınç olarak etki eder.

Hazırlayan: Araş. Gör. Sedat Kömürcü

GENEL YÖNTEM

Bir uzay sistemde:

d düğüm noktası

c çubuk var ise

6 mesnet tepkisiyle c+6 bilinmeyen vardır.

Bu bilinmeyenlere karşılık düğüm noktalarında yazılabilecek 3d denge denklemi vardır.

Tam bağlı kafes sistemde c=3d-6 olduğuna göre

Çubuk kuvvetlerinin belirlenmesi için yeterli sayıda denklem vardır.

[Denge denklemlerinin katsayıları]*[Bilinmeyen çubuk kuvvetleri]=[Düğüm noktalarına etki eden yükler]

DÜĞÜM NOKTALARI YÖNTEMİ

Genel yöntemde denklem takımının mertebesi büyüktür

Bu yöntemde düğüm noktalarında en fazla üç bilinmeyenli denklem aranır.

Hesaplara başlama noktası son oluşturulan noktadır.

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

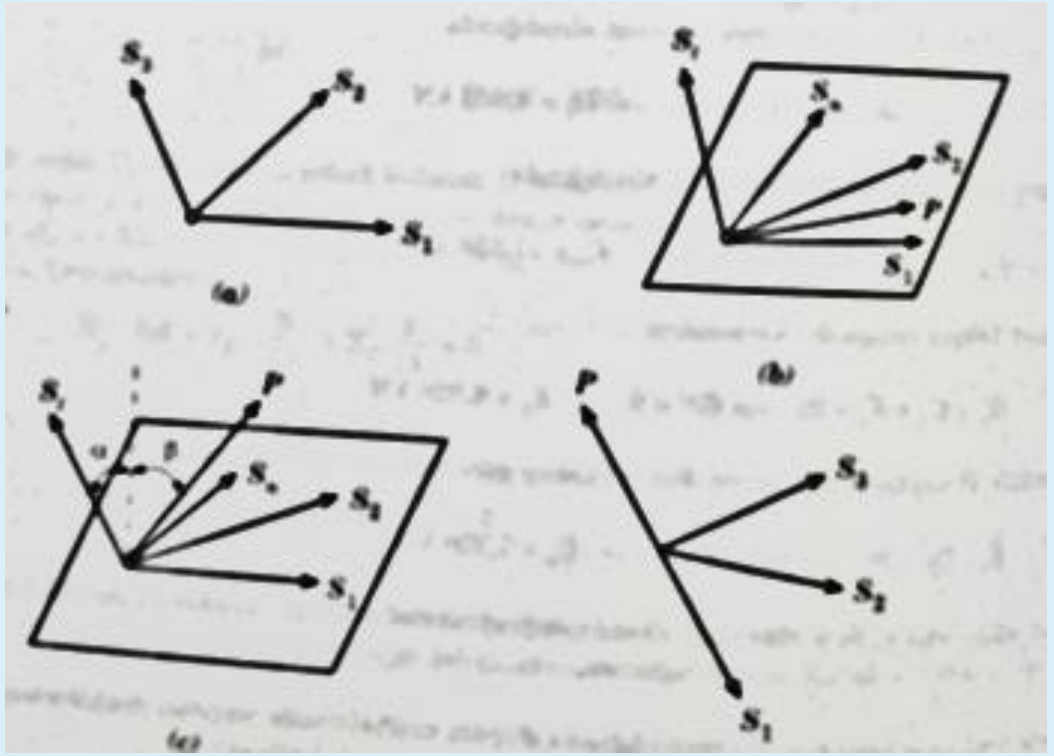
PRATİK OLARAK BULUNABİLEN KUVVETLER

- Bir düğüm noktasında aynı düzlemde olmayan üç çubuk var ve bu düğüm noktasında kuvvet yok ise çubuklardaki kuvvet sıfırdır.

- Bir düğüm noktasında çubuklardan biri hariç diğerleri aynı düzlemde ise ve düğüm noktasına etki eden kuvvette aynı düzlemde ise, ortak düzlemde olmayan kuvvet sıfırdır.

- Bir düğüm noktasında çubuklardan biri hariç diğerleri aynı düzlemde ise, aynı düzlemde olmayan çubuk kuvveti izdüşüm denklemleriyle bulunabilir.

- Bir düğüm noktasında aynı düzlemde olmayan üç çubuk bulunduğunda, düğüm noktasına etkiyen kuvvet doğrultusundaki çubuk kuvveti etkiyen kuvvete eşit ve zıt yönlüdür. Diğerleri sıfırdır.



KESİM YÖNTEMİ

Bu yöntemin uygulanmasında, kafes sistemin bazı çubukları düşünsel olarak kesilerek veya kaldırılarak kafes sistem ikiye ayrılır. Kafes sistem ikiye ayrılınca çubuklar yerine çubuk kuvvetleri konularak herhangi bir parçanın dengesi yardımı ile kesilen veya kaldırılan çubuklardaki kuvvetler hesaplanır.

Kesim yöntemi genellikle birleşik kafes sistemlerine uygun bir yöntemdir.

$$\sum F_x = 0, \sum F_y = 0, \sum F_z = 0$$
$$\sum M_x = 0, \sum M_y = 0, \sum M_z = 0$$

Hazırlayan: Araş. Gör. Sedat Kömürcü









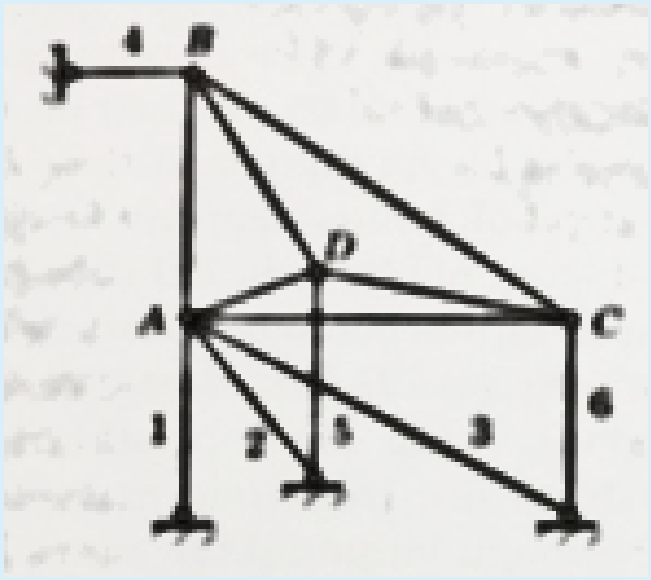
Hazırlayan: Araş. Gör. Sedat Kömürcü

KRİTİK KAFES SİSTEMLER

Bir uzay kafes sistemde bilinmeyenlerin hesaplandığı denklemler yazıldığında 3d adet denklem elde edilir. Denklem takımının çözümün tek olması için katsayılar matrisinin determinantı sıfırdan faklı olmalıdır. Katsayılar matrisinin determinantı sıfır olan sistemlere kritik kafes sistemi adı verilir.

Bir kafes sistemin her hangi bir düğüm noktası aynı düzlemde üç çubuk ile teşkil edilmiş ise bu kafes sistem kritik kafes sistemdir. Böyle bir düğüm noktasına çubuğun düzlemi içinde olmayan kuvvet etkidiğinde bu kuvveti taşıyacak çubuk kuvvetleri yoktur. Yükleme sonrası düğüm noktası düzlem dışına çıkarak yeni bir form alır ve kritiklikten kurtulur ancak bu sistem rijit değildir ve statikçe belirsizdir.

6 çubuk bir ekseni kesiyor veya bir kısmı kesiyor diğer kısmı eksene paralel ise sistem kritiktir.



1,2,3,4 ekseni kesmektedir ve 5,6 çubukları AB eksenine paraleldir

KRİTİK KAFES SİSTEMLER

- Kafes sistemin kritikliği sıfır yüklemesi ile belirlenir.
- Sıfır yüklemede dış yükler sıfır alınır ve homojen denklem takımı elde edilir.
- Sonra çubuk kuvvetlerinden bir tanesi biliniyor kabul edilir.
- Herhangi bir yöntem ile bütün çubuk kuvvetleri hesaplanmaya çalışılır.
- Bütün çubuk kuvvetleri bilinen çubuk kuvvetine bağlı olarak hesaplanabiliyorsa sistem kritiktir.
- Bunun anlamı homojen bir denklem takımında sıfırdan farklı çözümün elde edilmesidir.
- Çubuk kuvvetleri bulunamaz ise sistem kritik değildir.

TEŞEKKÜRLER

Hazırlayan: Araş. Gör. Sedat Kömürcü

Referanslar

- **Bakioğlu, M.** (2006). *Statik*. İstanbul: Birsen Yayınevi.

- http://www.emacelik.com
- http://www.mavipanel.com.tr
- https://www.masterbuilder.co.in