



İNÖNÜ ÜNİVERSİTESİ

İnşaat Mühendisliği Bölümü

Yapı Statığı I Dersi

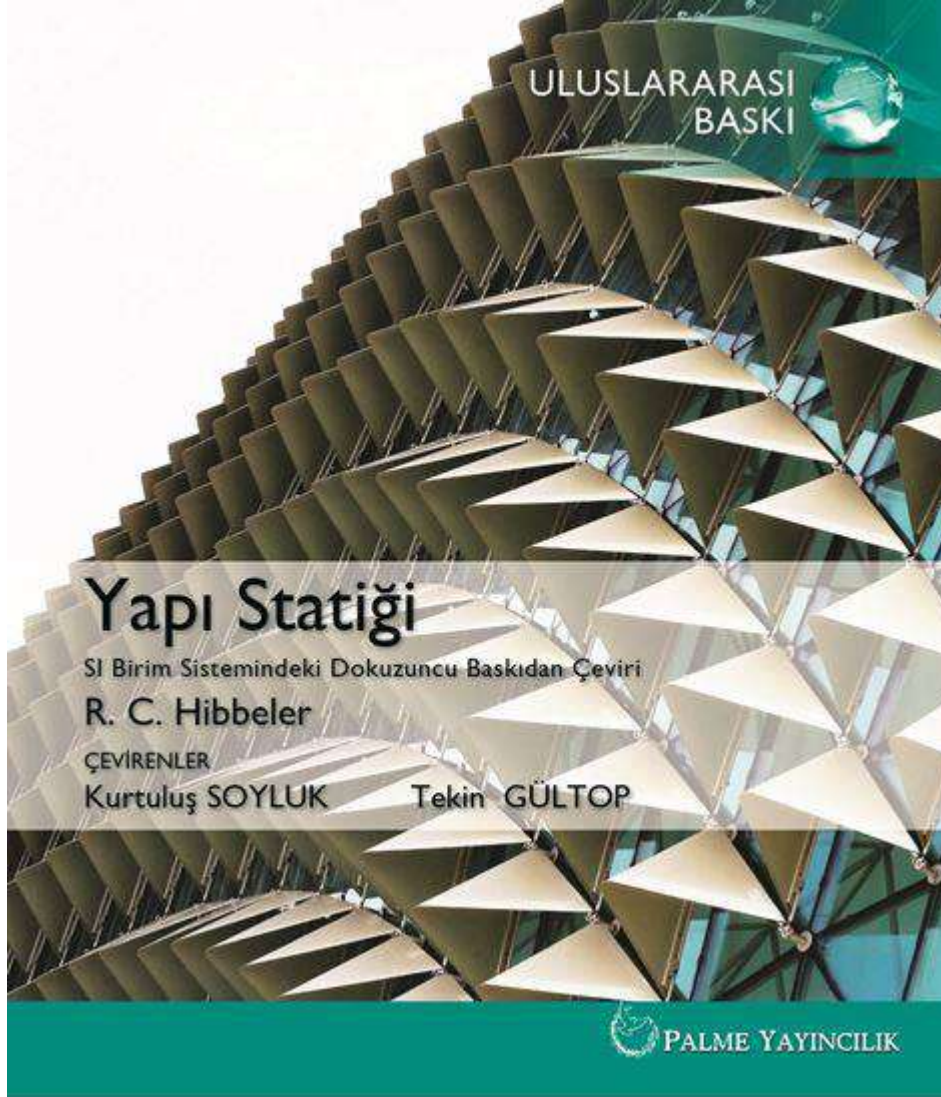
Kaynaklar



YAPI STATİĞİ I (İZOSTATİK SİSTEMLER)

Prof. Dr. İbrahim EKİZ

Kaynaklar



Yapı Tasarımı



Mimari tasarımda etkili
olan faktörler

- Yapının kullanma amacı
- Mimari sanat anlayışı

Taşıyıcı Sistem tasarımında
etkili olan faktörler

- Yapı malzemesinin nitelikleri
- Yapıya gelen dış kuvvetler
- Mimari tasarım

Yapı Tasarımı

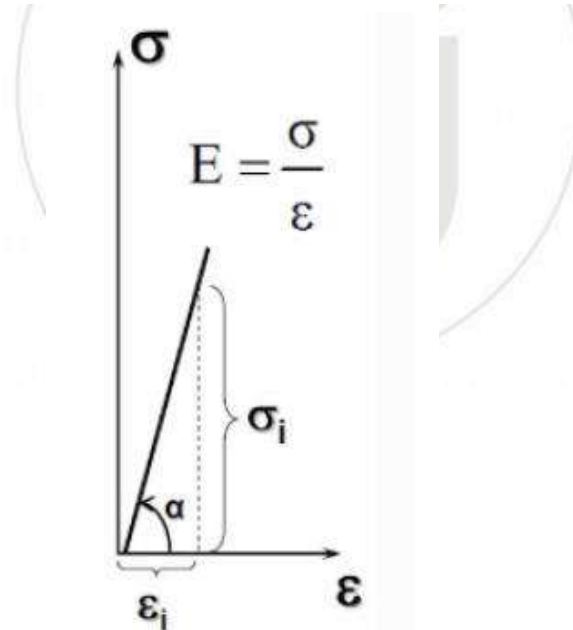
Bir yapının seçilen taşıyıcı elemanları ya da taşıyıcı sistemi öncelikle,

- Mimari tasarıma
 - Yapının kullanım amacına uygun olmalıdır.
- ✓
- Taşıyıcı elemanlar ne az kullanılmalı ne de yapıyı ağırlaştırmalıdır.
 - Sistem makine, elektrik tesisatlarına kolay kullanım imkanı vermelidir.
 - Sistem elemanları, ısı ve ses köprüsü oluşturmamalı, yangına karşı dayanıklı olmalıdır. Gerekiyorsa korunmalıdır.
 - Olası bir deprem dahil bütün yüklere karşı yapı yeterli dayanımı göstermelidir.

1. İzostatik Sistemlerde Şekil ve Yer Değiştirmeler

Elastisite Modülü; malzemeye uygulanan gerilmenin, uygulanan gerilmeden dolayı meydana gelen birim şekil değişimine oranıyla elde edilir. Bir malzemenin elastisite modülü ne kadar yüksek ise plastik yani kalıcı şekil değişimine uğramadan dayanabileceği kuvvet o kadar yüksek veya elastik uzama oranı o kadar düşüktür. ($E = \sigma / \epsilon$)

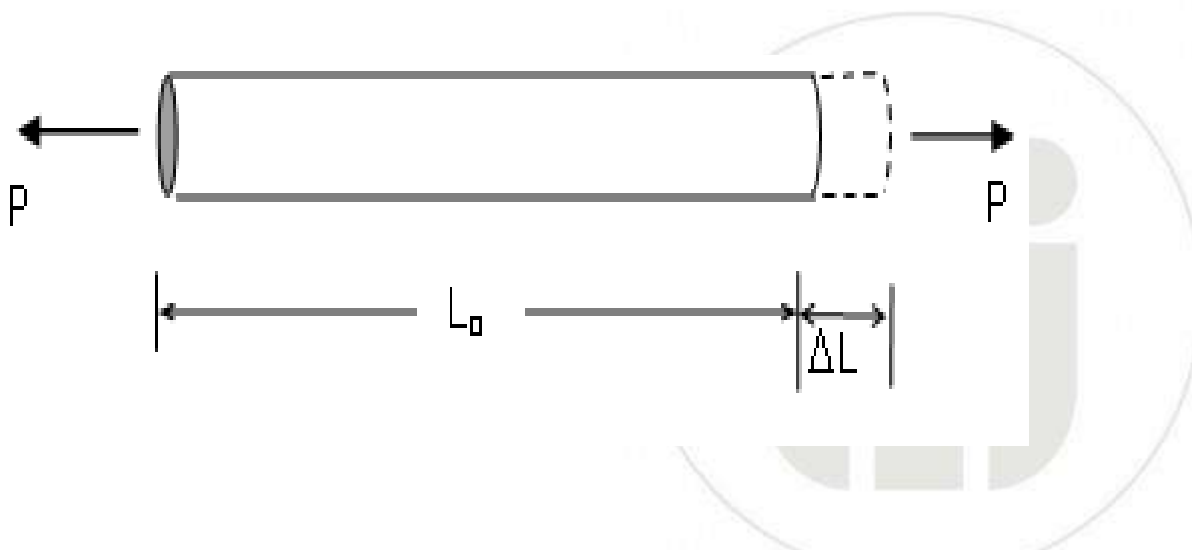
İşte elastik bölgede gerilme ve birim uzamanın doğru orantılı olduğu ve $\sigma = E \times \epsilon$ bağıntısıyla açıklanan bu kanuna **Hooke Kanunu** denir. Bağıntıda yer alan **E** sabiti ise “**Elastisite Modülü**” veya “**Young Modülü**” olarak adlandırılır. Hooke’a göre, **kuvvet ne kadarsa uzama da o kadardır**.



1. İzostatik Sistemlerde Şekil ve Yer Değiştirmeler

Gerilme (σ) = P/A (P =Kuvvet, A =Kesit Alanı)

Birim Şekil Değiştirme ($\epsilon = \Delta L / L_0$) ise; örnek verecek olursak, meydana gelen uzama miktarının, malzemenin ilk uzunluğuna oranıdır. (100 cm'lik bir malzeme, 1 cm. uzuyorsa $1/100=0,01$ 'dir.) (ΔL = Şekil Değiştirme Miktarı, L_0 = İlk Uzunluk)



$$\sigma = P / F_o$$

$$\epsilon = \Delta L / L_o$$

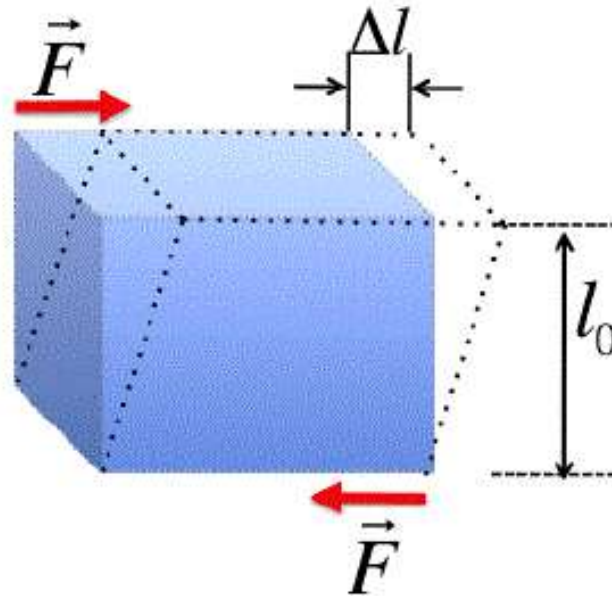
Elastisite modülü; malzemenin rijitliğini gösteren bir değerdir. **Elastisite modülü ne kadar büyükse** malzeme o kadar rijittir ve elastik birim şekil değiştirmesi ise o kadar küçüktür.

1. İzostatik Sistemlerde Şekil ve Yer Değiştirmeler

Bir malzemenin (elemanın) kesitine paralel şekilde uygulanan kuvvete veya kuvvet bileşenine **kesme kuvveti**; uygulanan kesme kuvvetinin birim alana etkisine ise **kayma gerilmesi** (**kesme gerilmesi** de denir) denir. Kuvvet " F " ile Kayma Gerilmesi " τ " ile ifade edilir. Formülü $\rightarrow \tau = F/A$

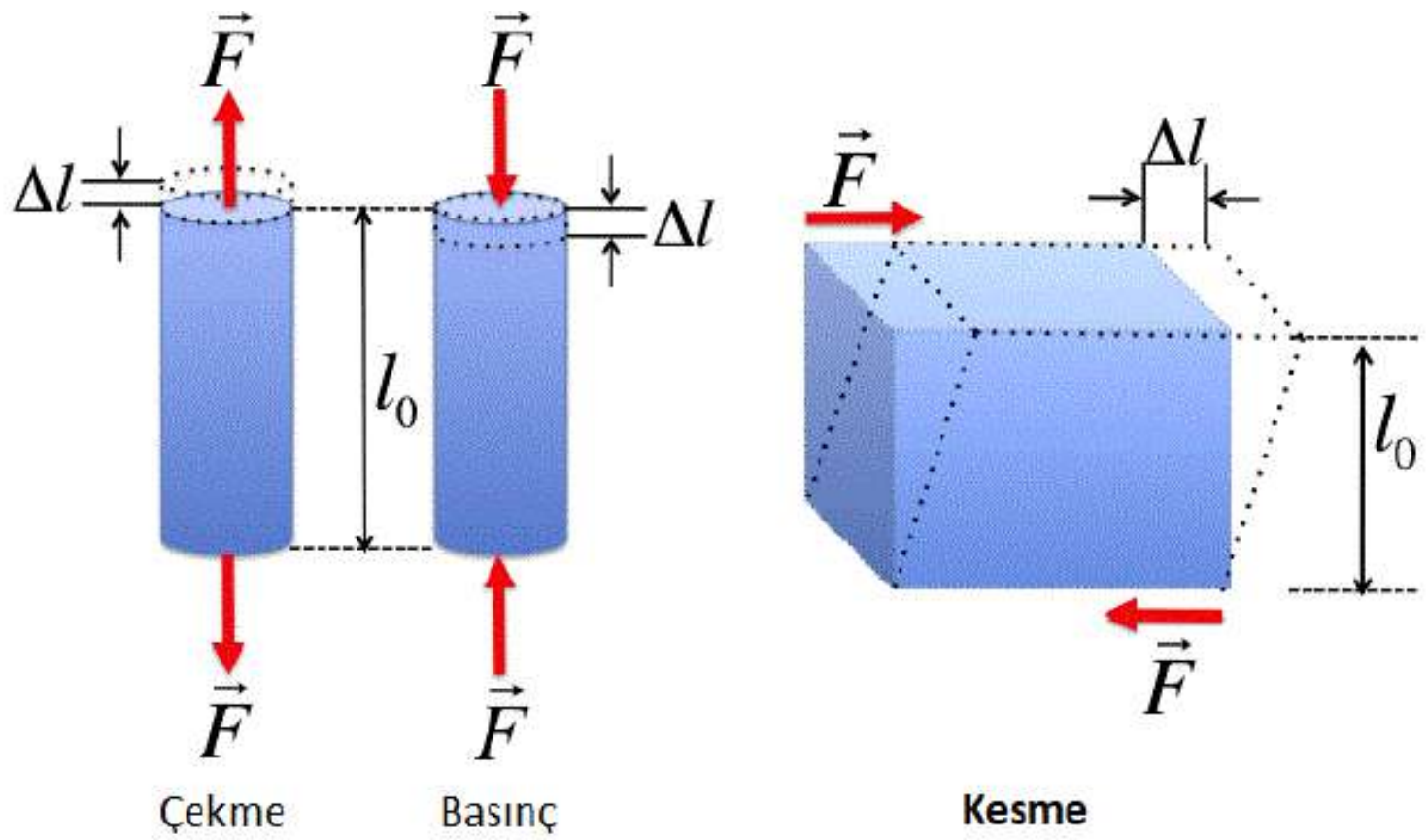
Kesme kuvveti, makaslama kuvveti veya teğetsel kuvvet olarak; kayma gerilmesi ise kesme gerilmesi veya teğetsel gerilme gibi çeşitli ifadeler şeklinde karşınıza çıkabilir.

Bir elemana **kesme kuvveti** uygulandığında, cismin iki zıt yüzeyinin, birbirlerine paralel ve zıt yönde kaymalarını sağlar; elemanda **açısal bir şekil değişimi** gözlenir.



1. İzostatik Sistemlerde Şekil ve Yer Değiştirmeler

Bir elemanın yüzeyine, **dik** olarak etki eden çekme veya basınç kuvvetlerine **normal kuvvet**(asal kuvvet), oluşturdukları gerilmeye ise **çekme gerilmesi** veya **basınç gerilmesi** adı verilir. Normal kuvvete dik yani yüzeye paralel olarak uygulanan kuvvetlere ise bahsettiğimiz gibi **kesme kuvveti**; bu kuvvetlerin oluşturduğu gerilmeye ise **kayma gerilmesi** adı verilir.



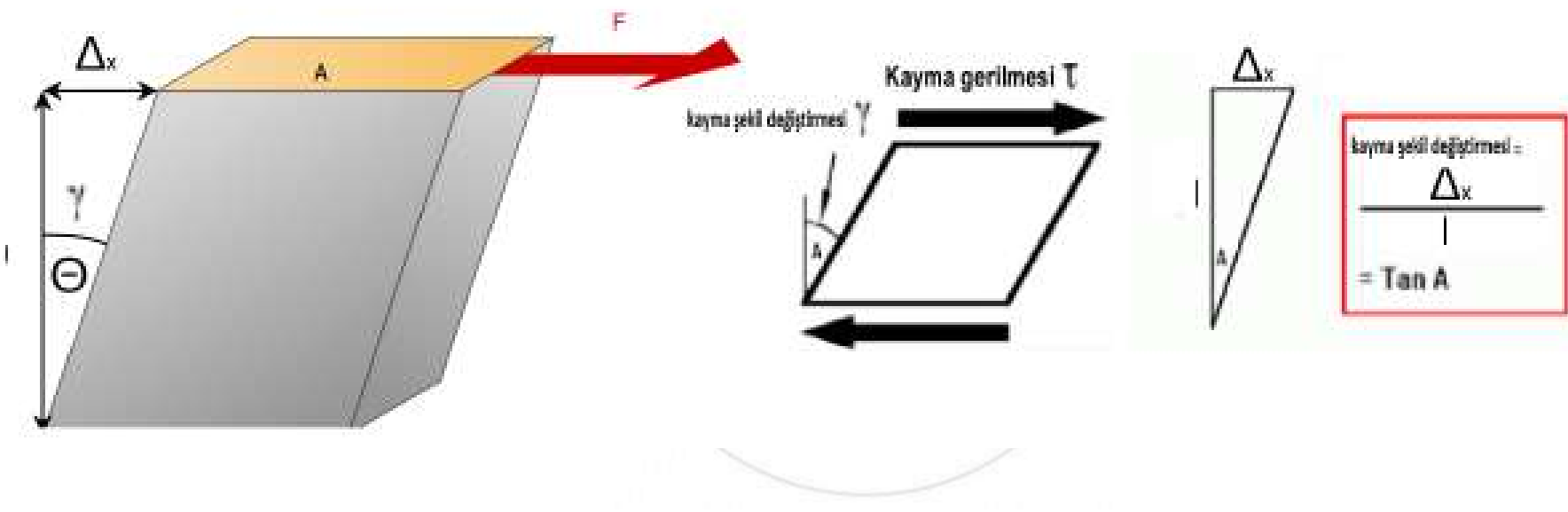
Kuvvet Çeşitleri, Gerilmeler ve Meydana Gelen Şekil Değişimleri

1. İzostatik Sistemlerde Şekil ve Yer Değiştirmeler

Uygulanan kuvvet elemanın yüzeyine(kesitine) **dik** ise; **kesme kuvveti** ve dolayısıyla **kayma gerilmesi sıfırdır**.

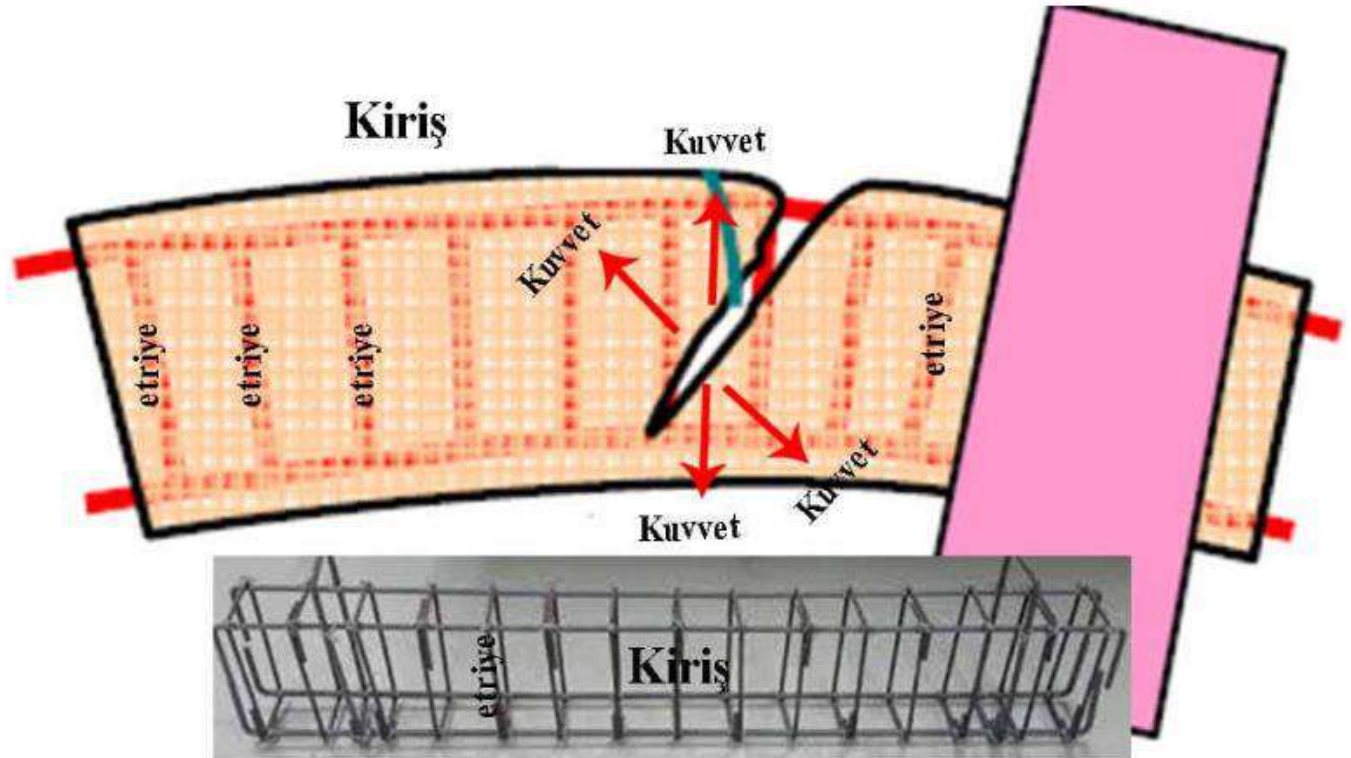
Uygulanan kuvvet elemanın yüzeyine **paralel** ise; asal gerilme **sıfırdır**.

Genel mühendislik malzemelerinin elastik deformasyonunda kayma gerilmesi kayma birim uzaması **doğru orantılıdır**.



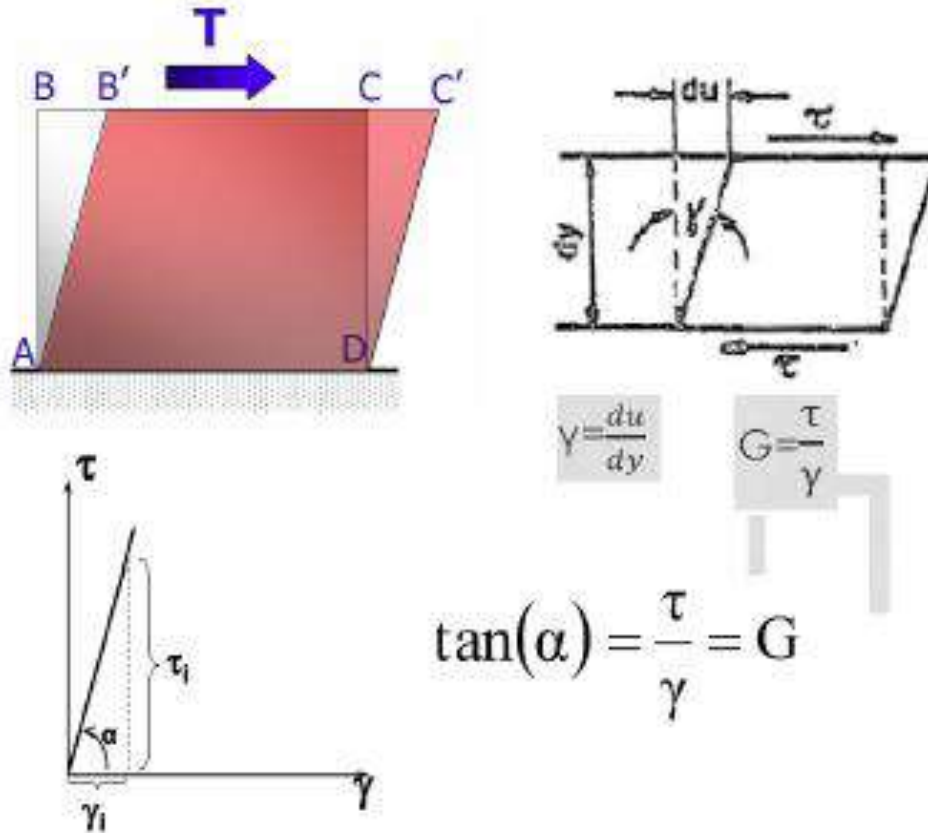
1. İzostatik Sistemlerde Şekil ve Yer Değiştirmeler

bir insan bacakları sayesinde kendi ağırlığının 6-7 katını taşıyabilmektedir ancak bu ağırlığın uyguladığı kuvvetten daha az bir kuvvet ile birisinin bacağına bir tekme attığınızda rahatça devirmeniz veya kemiklerini kırmanız bile mümkündür. İşte bu kadar güçlü olan bacaklarımızı da bir yapı olarak hayal edersek; bir yapı da, deprem esnasında meydana gelen kesme kuvvetinden dolayı bir tekme yemiş gibi olur. Yapının altındaki zemin aynı şekilde kesme kuvvetine maruz kalır ve kayma gerilmesi oluşur. Bu nedenle yapımızda ve zeminimizde **kesme kuvvetlerine** karşı gerekli çalışma ve hesaplamaları yapmak zorundayız.



1. İzostatik Sistemlerde Şekil ve Yer Değiştirmeler

Elastik bölgede; bir malzemenin maruz kaldığı **kayma gerilmesinin**, bu gerilmeden dolayı uğradığı **birim şekil değiştirmeye oranı** ile **kayma modülü** (rijitlik veya rijidite modülü) elde edilir. “**G**” ile ifade edilir.



G : Kayma modülü,
 τ : kayma gerilmesi,
 γ : Kayma gerilmesi birim deformasyonu

1. İzostatik Sistemlerde Şekil ve Yer Değiştirmeler

Bir malzemenin kayma modülü yani rijitlik modülü ne kadar yüksek ise, o malzemenin deformasyona uğraması, o kadar zordur yani daha rijittir ve ilk halini korumaya daha yatkındır. Deformasyona karşı fazla direnç gösterir. Sünek bir davranış sergilemez ve ani kırılmalar meydana gelebilir. Bizler yapıları tasarlarken rijit olmasını tabi ki isteriz ancak belirli bir sünekliğe sahip olması özellikle deprem bölgelerinde çok dikkat edilen bir durumdur.



Kayma modülü "0" ise, bu demektir ki; bu malzeme küçük bir kesme kuvveti ile şekil değiştirir ve kuvvet yönüne doğru çok rahat bir şekilde kaymaya başlar. İşte bu akışkanlıktır. Yani akışkanların(sıvıların) kayma modülü "0"(sıfır)' dır.

Yani katılar şekillerini korumaya çalışır iken, sıvılar ise şekillerini koruyamıyor. Demek ki, sıvılar ile katılar arasındaki farklardan bir tanesi; sıvıların **kayma modülü 0** iken katıların **kayma modülü** ise 0'dan farklıdır.

Kemerler



Çelik Kemer Köprü



Kemer Köprü



4. Bölüm: Kafes Sistemler



4. Bölüm: Kafes Sistemler

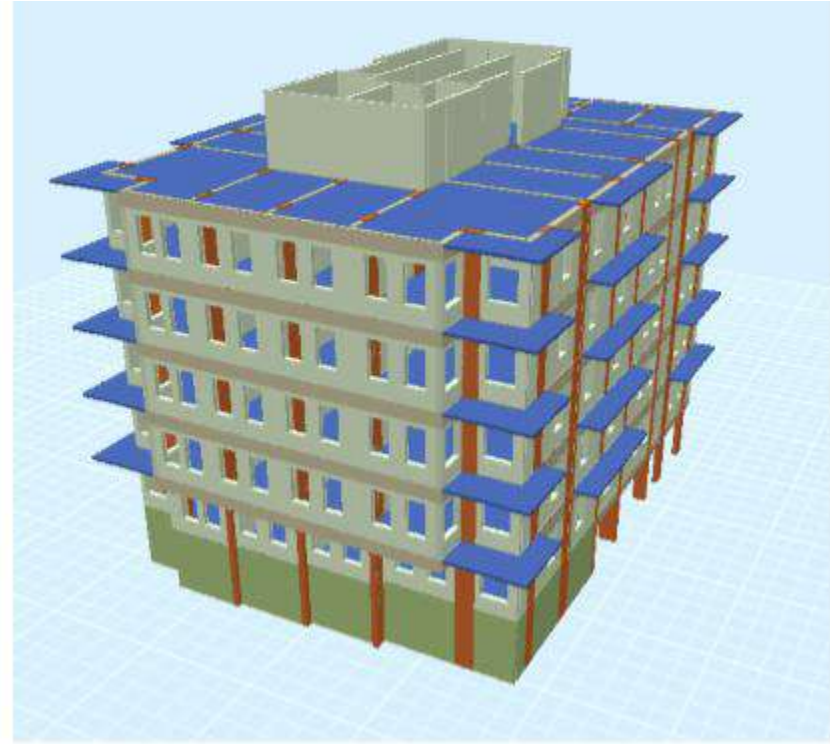
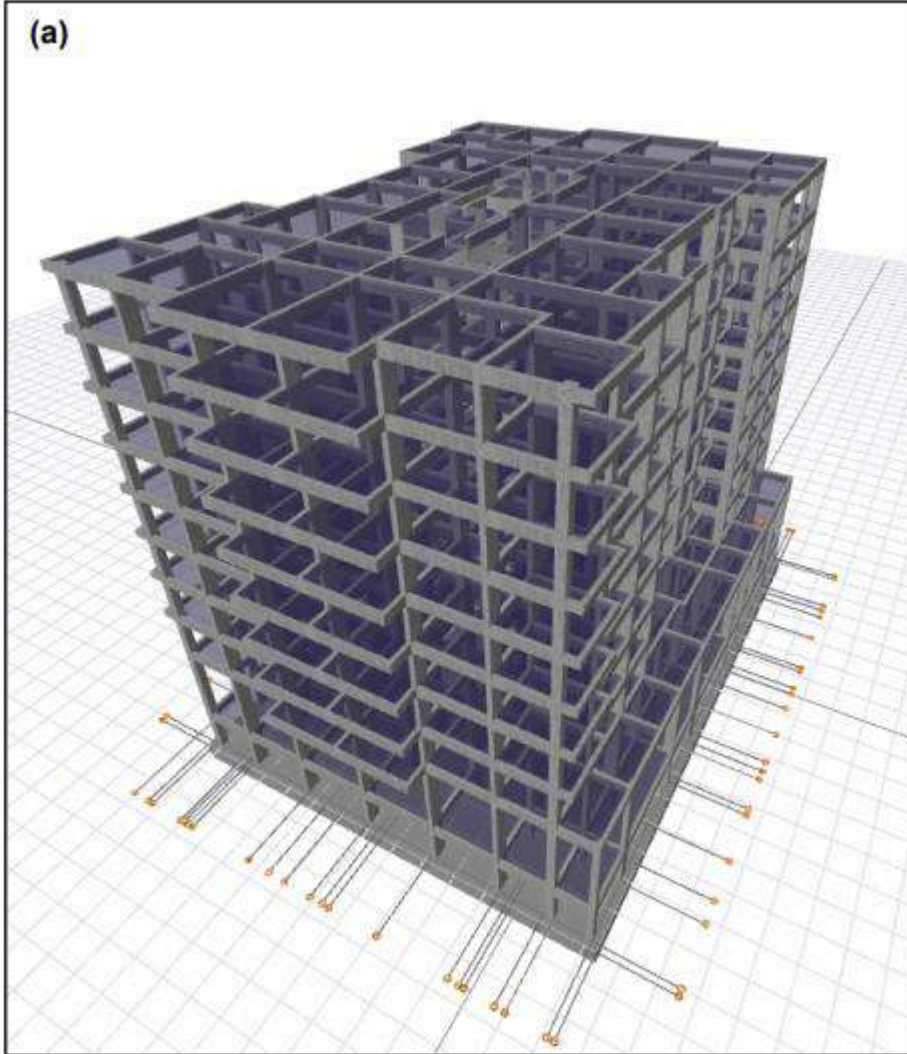


4. Bölüm: Kafes Sistemler



Çerçeve Sistemler

(a)

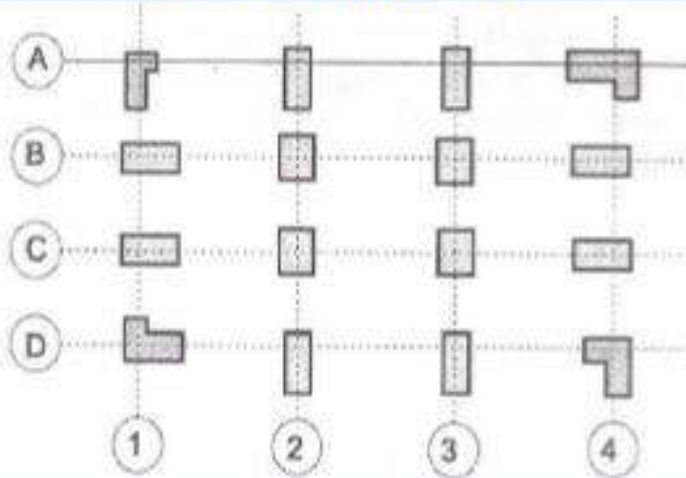


Yapı Tasarımı

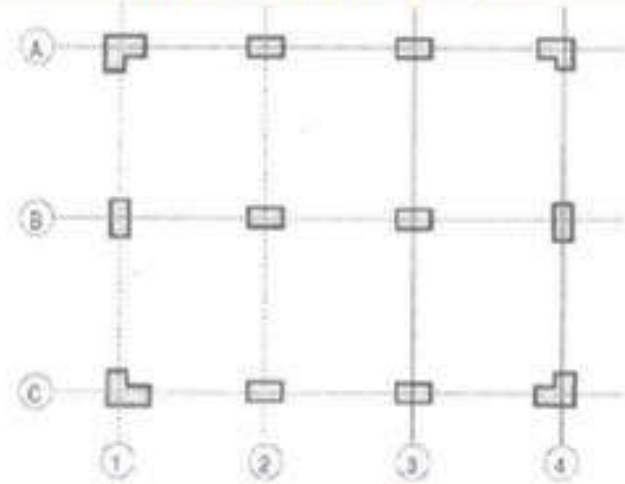
PLANDA ÇERÇEVELİ TAŞIYICI SİSTEMİN BELİRLENMESİNDE DİKKAT EDİLMESİ GEREKEN HUSUSLAR

- Cephelere dik yerleştirilmiş kolonlar yatay etkileri bir diğerine daha iyi ileteneğinden imalat hatalarında merkezi yükün önemli eksantrisiteye sebep olmayacak boyutta kalmasına yardım eder ve ikinci derece moment etkisi oluşumu nispeten önlenir.

DİK YERLEŞTİRİLMİŞ



DİK YERLEŞTİRİLMEMİŞ

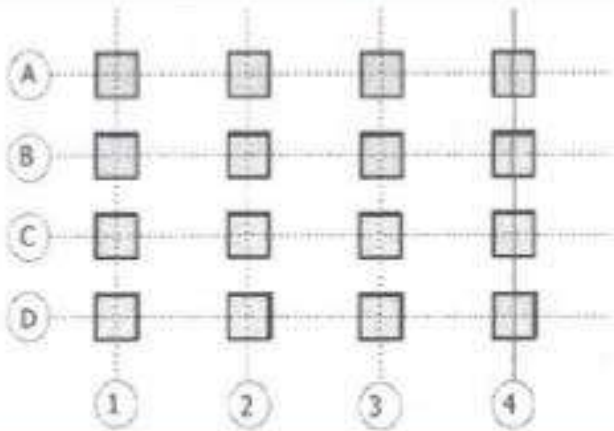


Yapı Tasarımı

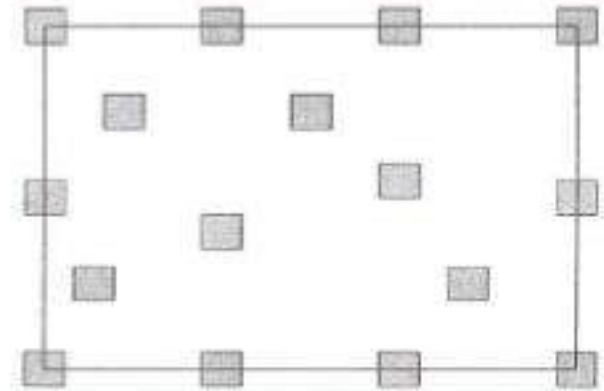
GENEL KOLON VE PERDE DÜZENLEMELERİ

Kolonların bir aks sistemine yerleştirilmesine özen gösterilmelidir. Rastgele yerleştirilen kolonlar, rasyonel bir biçimde etkileri bir diğerine aktaramayacağından zorlanmaya sebep olabilir. Aks sistemine yerleşmeyen düzensiz ve dağınık kolonlardan kaçınılmalıdır

DÜZENLİ



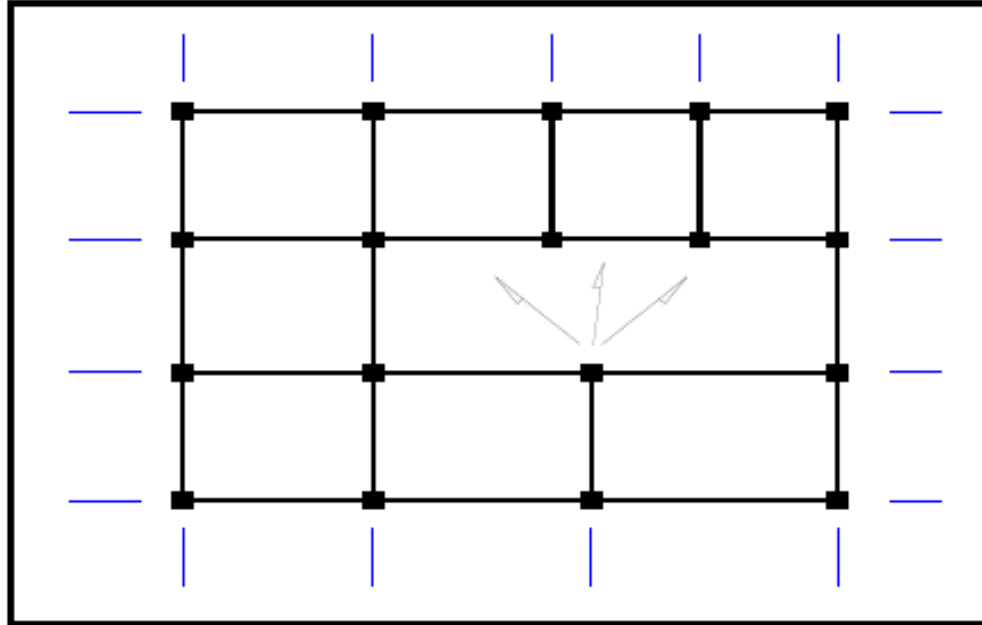
DÜZENSİZ



Yapı Tasarımı

KAT İÇİNDE SÜREKSİZ KİRİŞLERDEN KAÇINILMALI

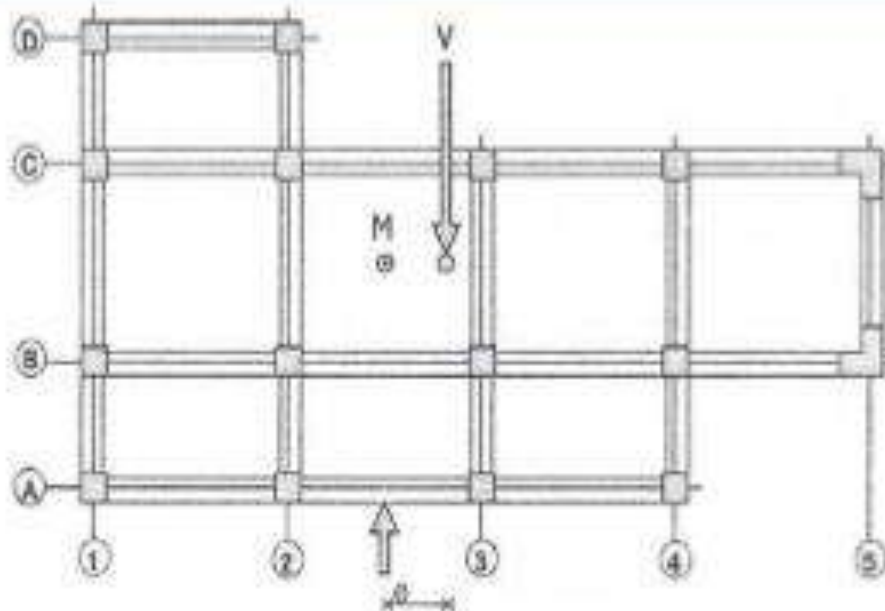
Kolonlar her iki doğrultuda birbirine etkileri aktaracak kirişlerle bağlanmalıdır. Plandada görüldüğü gibi kolonların birbirine kirişlerle bağlanmamasından ötürü yatay etkilerin rahat aktarılamaması halinde plaklarda çatlakların görünmesi kaçınılmaz olacaktır.



Yapı Tasarımı

KAT İÇİNDE KOLANLARIN EKSANTRİSİTE MESAFESİ

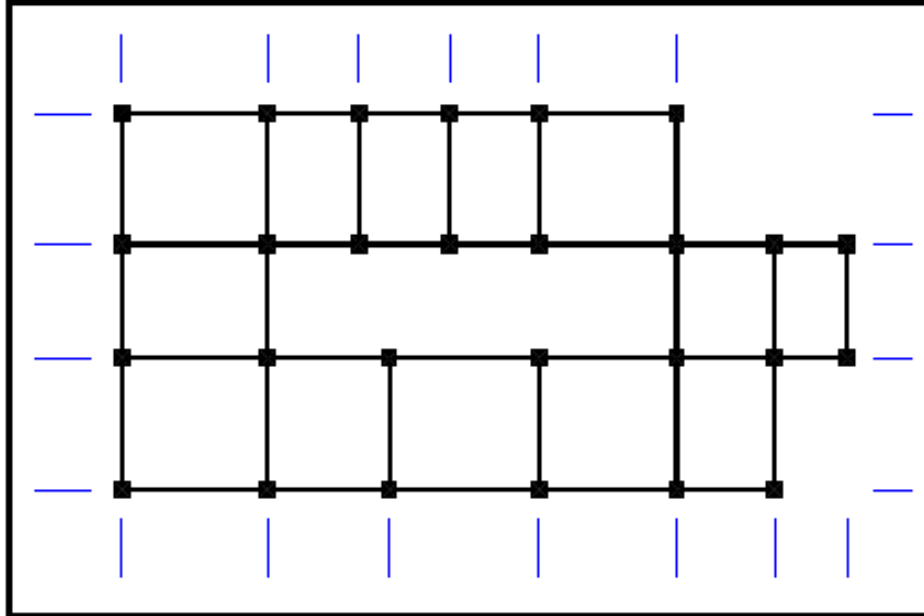
Kolonların planda düzgün dağılımının sağlanmasına özen gösterilmelidir. Rijitlik merkezi ile kütlemerkezi arasında eksantrisite varsa, bu minimum tutulmalıdır. Yapının kütle merkezi ile rijitlik merkezi çakışmalı ve en fazla eksantrisite, doğrultusundaki yapı boyutunun %5'inden fazla olmamalıdır.



Yapı Tasarımı

ÇOK UZUN TEK YÖNLÜ DÖŞEME SİSTEMLERİNDEN KAÇINILMALI

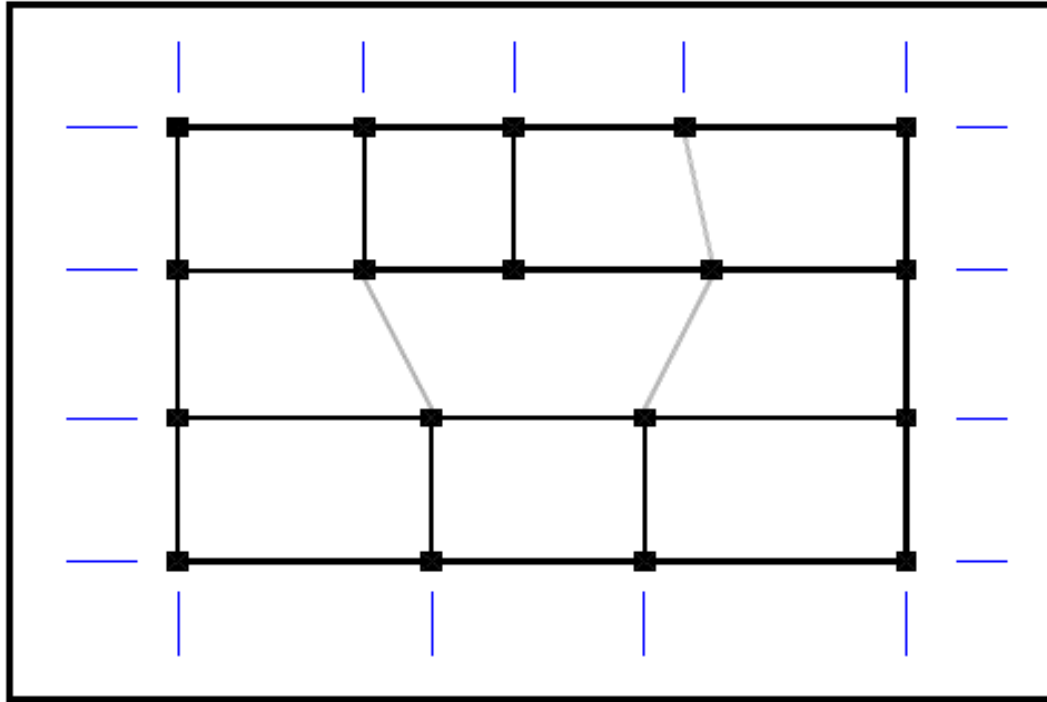
Yatay yükler, döşeme ve kirişler aracılığıyla kolonlara aktarılır. Çok uzun tek yönlü döşeme sistemlerinde, büyük şiddetli yatay yüklerin çevre kirişlere aktarılmasında deformasyonlar oluşturabileceği düşünülmelidir. Ayrıca boyut oranları çok büyük olan döşemelerde, donatı ekleme zorunluluğu doğabilmekte ve dik yönde kirişlerde süreksizlikler oluşmaktadır.



Yapı Tasarımı

KIRIK AKSLI ÇERÇEVE KİRİŞİ OLMAMALI

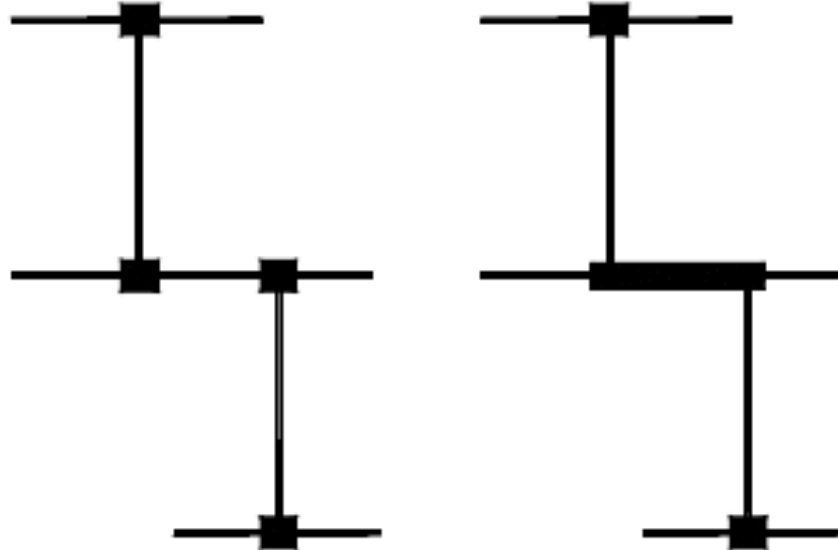
- Kirişler birbirleri ile **dikey kesişmeli**, **kırık aks** oluşmasına izin verilmemelidir.
- **Kırık** akslı kirişlerden oluşan ve aynı düşey düzlem içinde kalmayan çerçeveler **yatay** yüklere karşı **zayıftır**.
- **Düşey ve yatay** yükler altında, kuvvetlerin ani yön değişikliği kırık akslı kirişlerin düğüm noktalarında **ek zorlamaların** oluşmasına neden olacaktır.



Yapı Tasarımı

PLANDA KIRIK ÇERÇEVE OLMAMALI

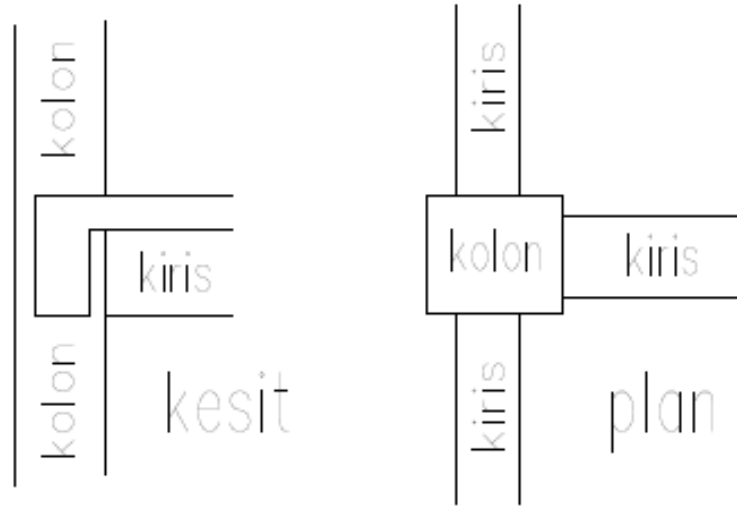
- Yatay yüklerin aktarılması bakımından birleşimin **yatay yük** aktarma özelliği son derece kısıtlıdır. Planda biraz olsun giderilmiş görünse de yatay yük etkisi altında **burulma** momentine maruz kalacaktır



Yapı Tasarımı

KOLON-KİRİŞ BİRLEŞİMİNDE MESNETLENME İYİ OLMALI

- Kolonlarda burulma etkisi yaratabilecek şekilde **kolon-kiriş** ek yeri bağlantısı oluşturulmamalıdır.
- Kirişler kolona mümkün olduğunca **orta akstan** bağlanmalı ve planda kolon boyutları kirişlerden daha büyük olmalıdır.
- Kolona bağlanan kirişler arasında **donatı sürekliliği** sağlanmalıdır.

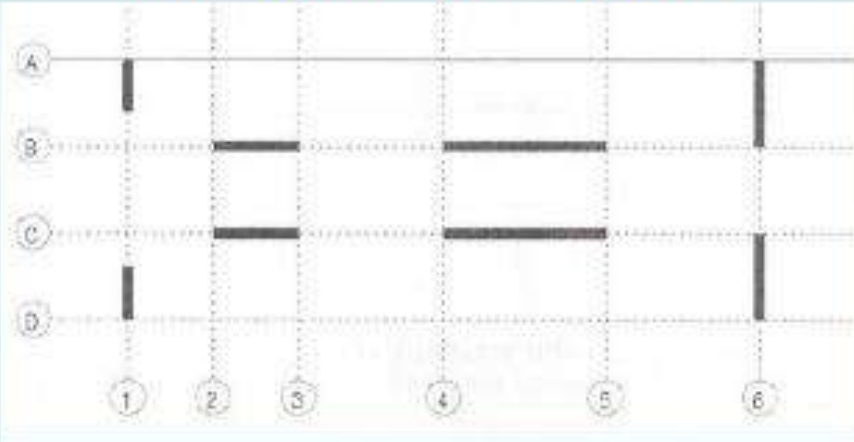


Yapı Tasarımı

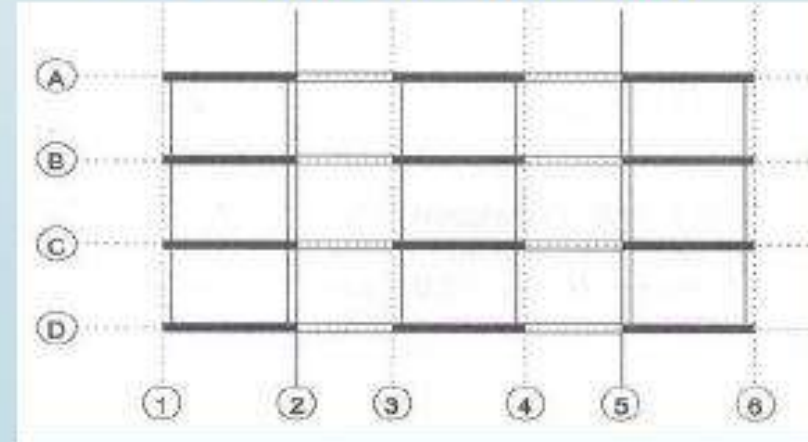
PERDELER SİMETRİK OLMALI

- Deprem kuvvetlerinin **her iki yönden** de etkidiği düşünülürse, sistemde oluşturulacak perdeler **iki yönde ve simetrik** olmalıdır. Böylece kat içinde ilave **burulma momentlerinin** oluşmasına izin verilmemiş olur.
- Yapıda perdeler mümkün olduğunca mimari kullanımı etkilemeyecek şekilde **dış cephelere** yerleştirilmelidir.

İki Doğrultuda Yerleştirilmiş



Tek Doğrultuda Yerleştirilmiş

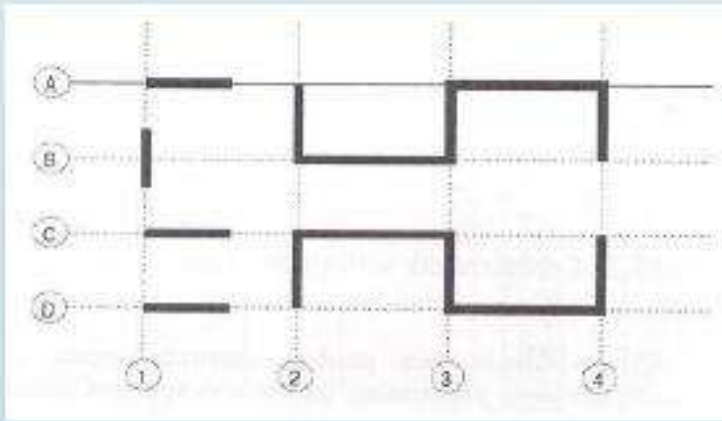


Yapı Tasarımı

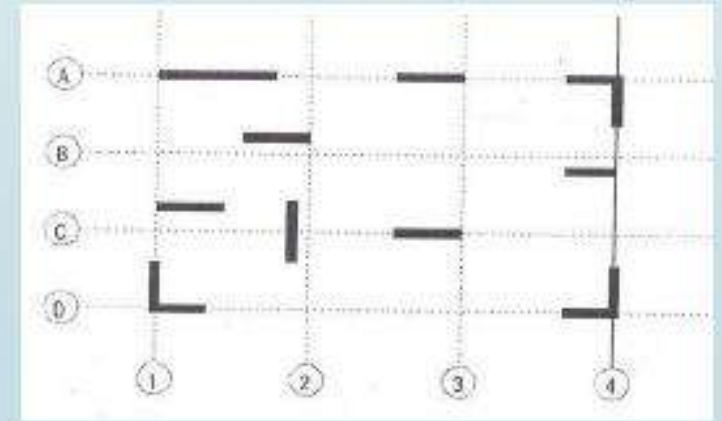
PERDELER AKSLARDA OLMALI

- Perdeli taşıyıcı sistemlerde de kolonlu sistemlerde olduğu gibi perdelerin bir aks sistemine göre yerleşmesine dikkat edilmelidir.
- Perdeli sistemlerde de aks aralığı birbirine eşit veya eşite yakın olmalıdır. Perdeler akslara oturtulmalıdır. Aksa oturmayan dağınık yerleştirilmiş perdelerden mümkün olduğu kadar kaçınılmalıdır.

Akslara oturmuş



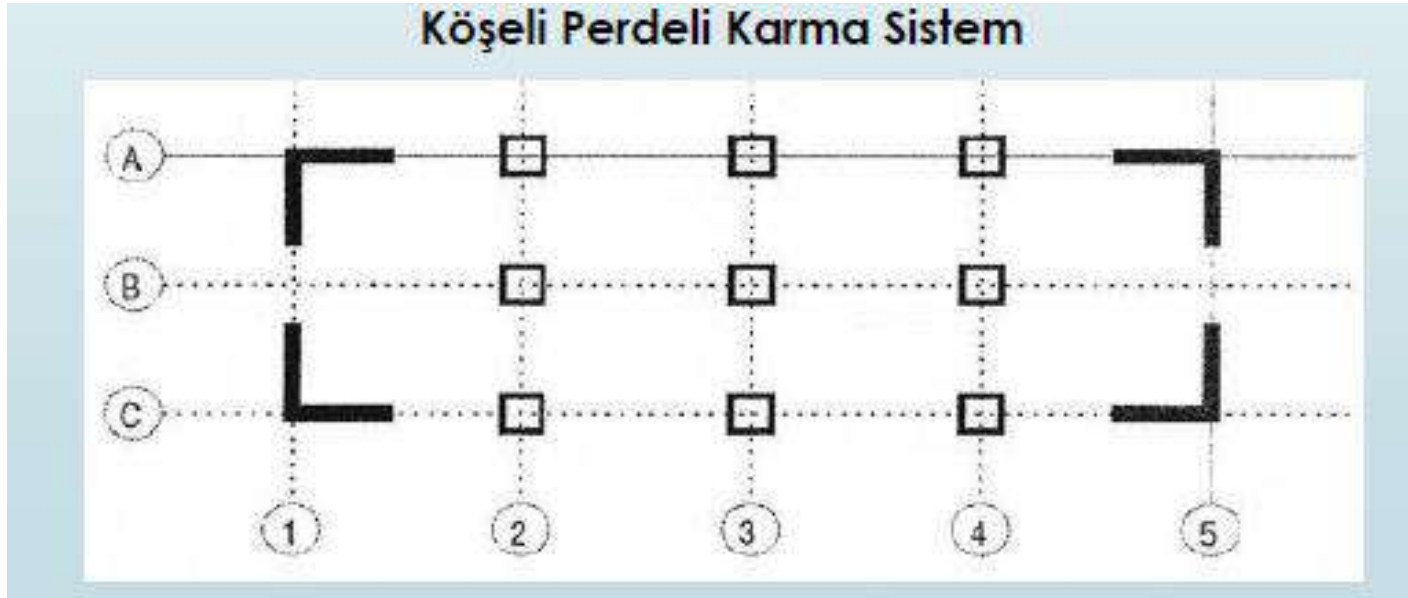
Akslara oturmamış



Yapı Tasarımı

PERDELERDE KÜTLE VE RİJİTLİK MERKEZLERİ

- Rijitlik ve kütle merkezi çakışmalıdır. Rijitlik ve kütle merkezinin çakışmaması halinde yapıda deprem burumla momenti deprem etkisi ile oluşacak gerekli hesaplamalar yapılmak kaydıyla %5 maksimum eksantrisiteye izin verilmektedir. Deprem yönetmeliğine göre %5 ilave eksantrisiteye göre hesap tahkiki istenmektedir.



1.BÖLÜM

1 GENEL BİLGİLER

1.1 İnşaat Mühendisliğinin Genel Amacı

1.2 Yapı Sistemleri

- 1- Çubuklar (Lineer veya bir boyutlu elemanlar):
- 2- Yüzeysel taşıyıcı elemanlar (iki boyutlu elemanlar):
- 3- Üç boyutlu elemanlar:

1.3 Yükler

1.3.1 Etkime Durumlarına Göre Yükler

- 1.3.1.1 Sabit yük (Zati ağırlık)
- 1.3.1.2 Hareketli yük
- 1.3.1.3 Rüzgar, deprem ve aerodinamik kuvvetler
- 1.3.1.4 Gaz, sıvı ve toprak basınçları
- 1.3.1.5 Sıcaklık değişmesi, rötre, sünme,
mesnet şartlarının değişmesi ve öngerme kuvveti

1.3.2 Etkime Biçimlerine Göre Yükler

1.3.2.1 Tekil (Noktasal) yük

1.3.2.2 Yayılı yükler

1.3.2.2.1 Düzenli yayılı yükler

1. Düzgün yayılı yük:

2. Trapez yayılı yük:

3. Üçgen yayılı yük:

4. İkinci derece parabol yayılı yük :

1.3.2.2.2 Düzensiz yayılı yükler

1.3.2.2.3 Yayılı yük şiddeti, bileşkesi ve bileşkesinin yeri

Yayılı yük bileşkesi

Yayılı yükün bileşkesinin yeri:

1.3.2.2.4 Yayılı yüklerin dönüşümleri

Düşey kuvvet

Yatay kuvvet

Düşey yükün eğri yüzey üzerindeki yayılışı

1.3.2.3 Katar Yükleri

1.3.3 Sistem Üzerinde Yerleşme Durumuna Göre Yükler

1.3.3.1 Simetrik yükler

1.3.3.2 Antimetrik yükler

1.4 Yapı Statığında İdealleştirme

1.4.1 Sistemin geometrisi ve birbirine etkisi

1.4.2 Mesnetler ve Düğüm Noktaları

1.4.2.1 Mesnetler

1.4.2.1.1 Ankastre mesnet

1.4.2.1.2 Mafsallı sabit mesnet

1.4.2.1.3 Mafsallı hareketli mesnet

1.4.2.1.4 Kılavuz mesnet

1.4.2.1.5 Elastik mesnetler

1.4.2.1.5.1 Elastik çöken mesnetler

1.4.2.1.5.2 Elastik dönen mesnet

1.4.2.1.5.3 Elastik dönen ve iki doğrultuda
elastik çöken mesnetler

1.4.2.1.6 Pandül mesnet

1.4.2.2 Düğüm noktaları

1.5 Yapı Statiğinde Yapılan Varsayımlar

1.5.1 Malzemenin davranışı

1.5.2 İncelenen sistemin şekli

1.5.3 Sistemin şekil değiştirmeden sonraki durumu

1.5.4 Sistemlerde meydana gelen yer değiştirmeler

1.5.6 Süperpozisyon kuralı

1.5.7 Sistemin Kararlılığı

1.6 Bir Yapının Projelendirilmesinde İzlenecek Yol



1. Bölüm: Genel Bilgiler

1.1 İnşaat Mühendisliğinin Genel Amacı

İnşaat Mühendisi yeteri kadar rijit ve emniyetli yapı projelendirmekle uğraşır. Bu rijitlik ve emniyet yapının esas fonksiyonunu bozmadan ve optimum maliyetle sağlanmalıdır. Diğer bir deyişle inşa edilecek yapı amaçlanan fonksiyonu yerine getirmeli, estetik ve ekonomik olmalıdır. Bunlar da ancak, iş sahipleri, yapıyı kullanacak olanlar, şehircilik uzmanları, mimarlar ve değişik ihtisastaki mühendislerin ortak çalışmaları ile gerçekleştirilebilir. Bu durumda mimar ve mühendislerin her an diyalog ve bilgi iletişimi içinde olmaları gerekir. Son zamanlarda bu amaçla, bu hizmetlerin tümünü veren büyük proje firmaları kurulmuştur.

Köprülerin, endüstri yapılarının, uzay sistemlerinin ve diğer benzeri yapıların planlanmasında da benzer organizasyonun yapılması gerekir. Herhangi bir durumda inşaat mühendisi çok sayıda ortaya çıkacak çözümlerden en uygununu seçecektir. Özetle seçeceği yapı emniyetli, rijit, estetik ve ekonomik olacaktır.

1. Bölüm: Genel Bilgiler

Ekonomiden amaç yapının yapım aşamasındaki maliyetler ile kullanım aşamasında gerekli olan bakım ve onarım maliyetlerinin optimum olmasıdır.

Emniyetten amaç, yapının genel olarak stabil olmasını, tümüyle birlikte devrilmemesini, kayma yapmamasını, her bir elemanda meydana gelen gerilmelerin elastik teori ile yapılan hesaplarda emniyet gerilmelerinden küçük ve yakın olmasını, taşıma gücüne göre yapılan hesaplarda hesap yüklerinden meydana gelen gerilmelerin hesap gerilmelerinden küçük olmasını sağlamaktır.

Rijitlikten amaç ise yapı elemanlarında meydana gelen yer değiştirmelerin sınır değerlerden küçük olmasını sağlamaktır. Bunun sebebi katılma prensibinin kabul edilmesini sağlamak, birinci mertebe teorisinin uygulanabilmesini temin etmek, büyük titreşimler ve göz emniyetsizliğini önlemek ve yapının kullanılabilirliğini sağlamaktır.

1. Bölüm: Genel Bilgiler

1.2 Yapı Sistemleri

Mühendisler çok değişik türde yapı ile karşılaşır. Bunlardan birkaç tipi aşağıda verilmiştir.

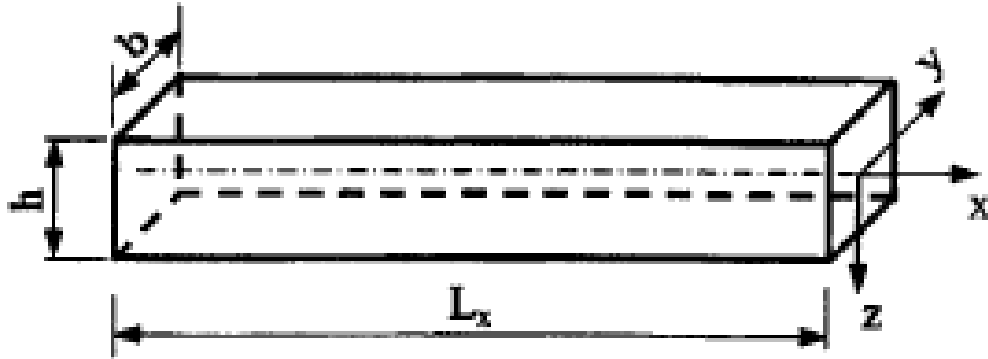
- 1- Binalar
- 2- Köprüler
- 3- Yeraltı sistemleri ve tüneller
- 4- Endüstri yapıları, basınç kapları, reaktörler
- 5- Uzay sistemleri (uçaklar, roketler)
- 6- Taşıtlar (otomobiller, vagonlar ve lokomotifler, gemiler)
- 7- Makineler, kreynler, v.b

Uygulamada bu yapı sistemleri üç ayrı tipteki yapı elemanlarının birleşiminden oluşmaktadır. Bu elemanlar aşağıda verilmiştir.



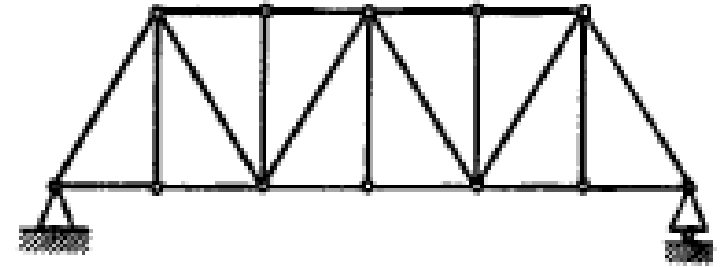
1. Bölüm: Genel Bilgiler

1) Çubuklar (Lineer veya bir boyutlu elemanlar): İki boyutu üçüncü boyutuna göre çok küçük olan elemanlara çubuk denir (Şekil 1.1a). Şekil 1.1b'de

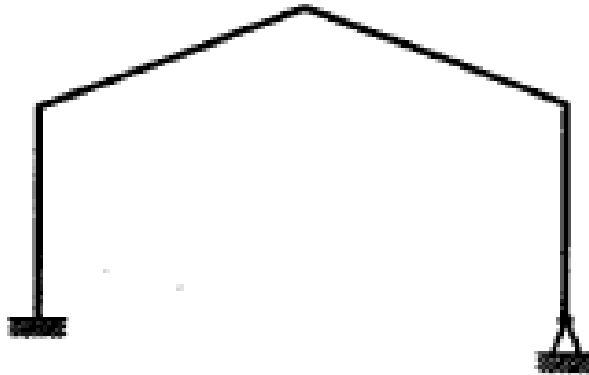


$$b, h \ll L_x$$

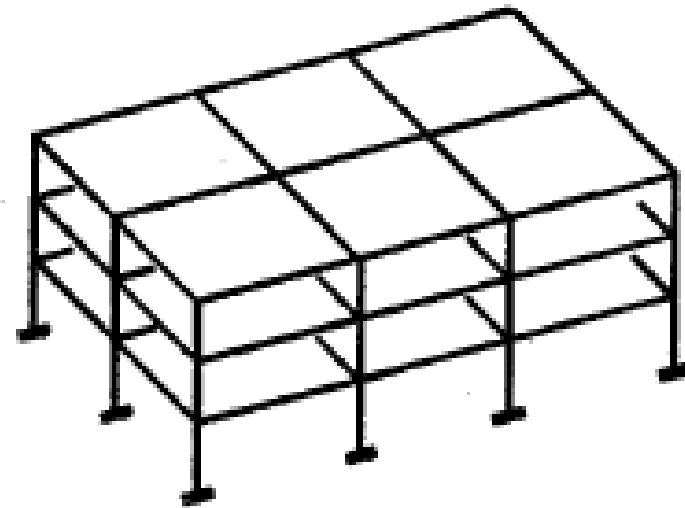
Şekil 1.1a Çubuk



Şekil 1.1b Kafes sistem



Şekil 1.1c Rijit çerçeve



Şekil 1.1d Kat çerçevesi

1. Bölüm: Genel Bilgiler

görüldüğü gibi kafes kiriş çubukları, Şekil 1.1c ve 1.1d'de görüldüğü gibi kirişler ve kolonlar ve Şekil 1.1e'de görüldüğü gibi kemerler, bunların birleşimlerinden meydana gelen elemanlardır. İleride de anlatılacağı gibi çok karmaşık sistemler, daha kolay çözümlenmek amacıyla çubuk elemanların birleşiminden oluşan bir sistem biçiminde idealleştirilebilir.

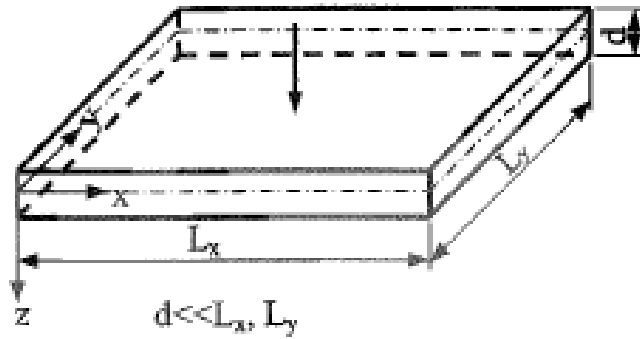


Şekil 1.1c Kemer köprü

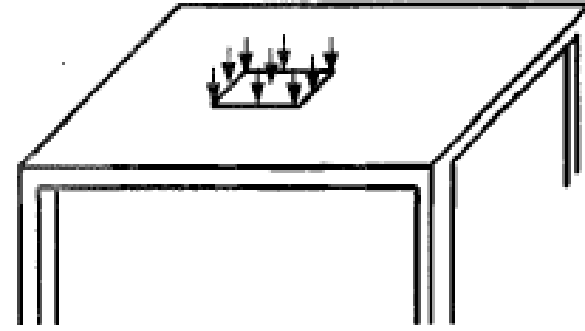


1. Bölüm: Genel Bilgiler

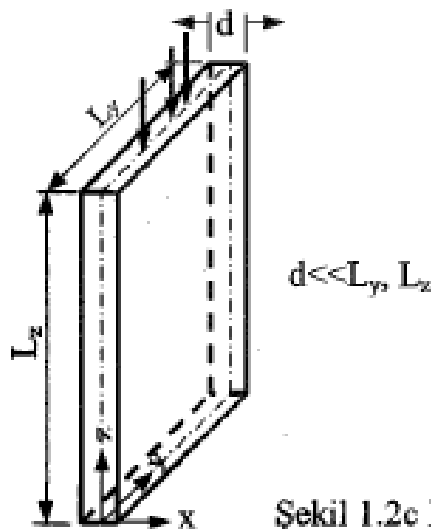
2) **Yüzeysel taşıyıcı elemanlar (iki boyutlu elemanlar):** Bu elemanların iki boyutu birbirine yakın üçüncü boyutu ise diğer iki boyutuna göre oldukça küçüktür. Şekil 1.2’de görüldüğü gibi bu elemanlar, elemanın yüzeyinin şekline ve kuvvetlerin yüzeye etkiye biçimlerine göre isimlendirilir. Elemanın yüzeyi düzlem ve kuvvetler bu düzleme dik olarak etkiyorsa **plak** (Şekil 1.2a ve b), yüzeyi düzlem ve kuvvetler düzlem içinde etkiyorsa **levha** (Şekil 1.2c ve d), yüzeyi eğri



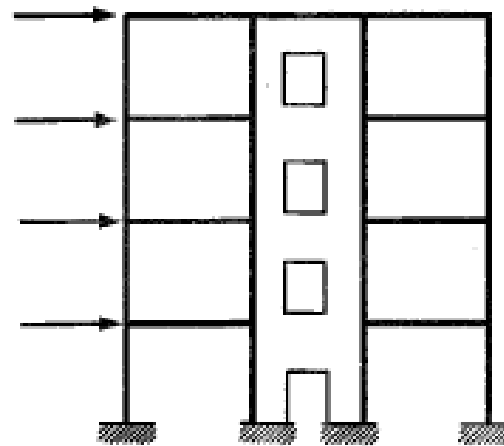
Şekil 1.2a Plak



Şekil 1.2b Döşeme plağı



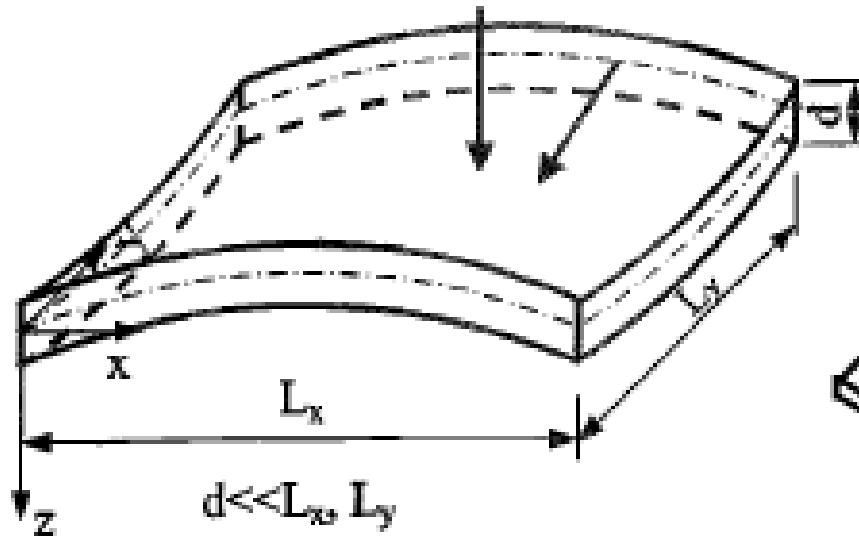
Şekil 1.2c Levha



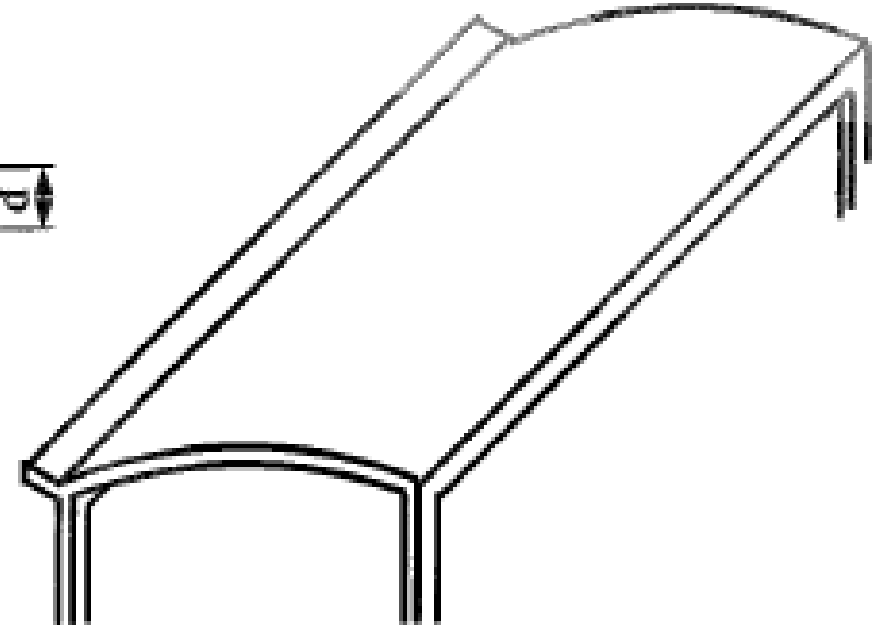
Şekil 1.2d Perde duvar

1. Bölüm: Genel Bilgiler

ve yükleri genel konumda olan elemanlara **kabuk** (Şekil 1.2e ve f) denir. Bu tür elemanların çözümü elastisite teorisinin bir dalı olan plak ve kabuk teorisi içerisinde yapılmaktadır.

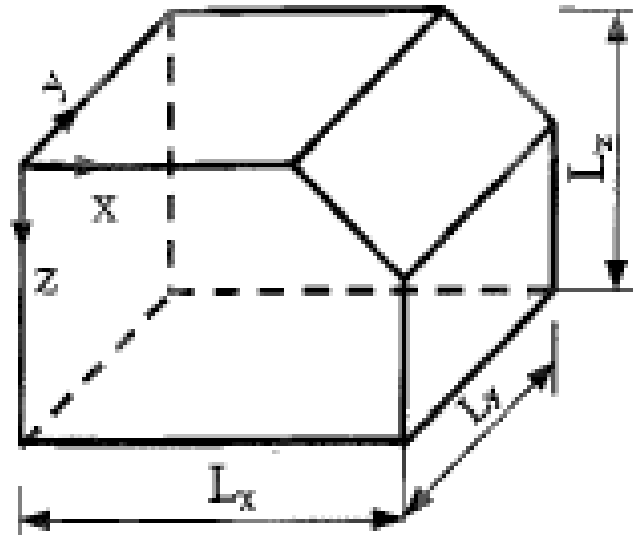


Şekil 1.2e Kabuk



Şekil 1.2f Çatı kabuğu (tonoz)

1. Bölüm: Genel Bilgiler



Şekil 1.3 Üç boyutlu eleman

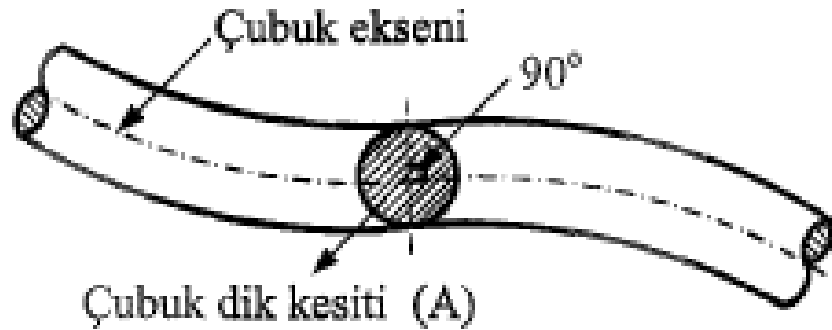
3) Üç boyutlu elemanlar: Bunların üç boyutu birbirine yakın değerdedir. Bunlar genel olarak makine elemanları, zemin, kaya ve temellerdir. Bunlar elastisite teorisinde üç boyutlu gerilme durumu göz önüne alınarak hesaplanabilir.

İnşaat mühendisliği kitaplarında ve uygulamalarında görülen sistemler genel olarak kafes kiriş, kiriş, kolon gibi çubuk elemanların birleşiminden oluşmakta veya o şekilde idealleştirilmektedir. Yapı statığı dersleri içerisinde bu çubuk elemanlar ve bunlardan oluşan sistemler incelene-

cektir. Bu bakımdan aşağıda çubuk elemanlar özet olarak incelenmiştir.

1. Bölüm: Genel Bilgiler

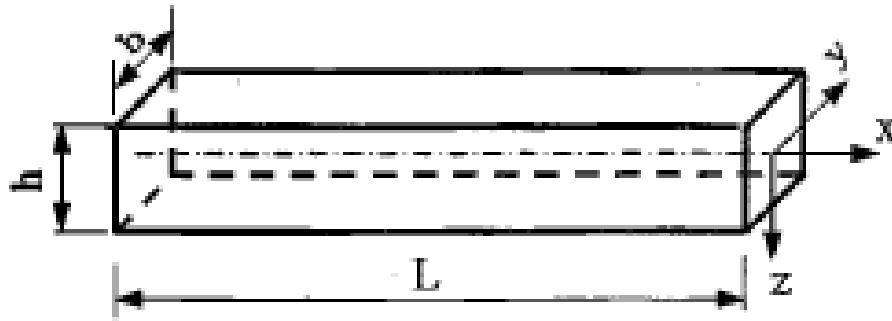
Çubuk sistemlerin tanımları: Bir çubuk esas itibariyle iki unsuru ile belli olur. Bunlar eksen ve dik kesittir.



Şekil 1.4 Çubuk eleman

Çubuk dik kesitinin (enkesitinin) ağırlık merkezlerinin birleşiminden meydana gelen eğriye çubuk eksen denir. Bu durumda çubuk eksen ile dik kesit düzlemi arasındaki açı 90° dir (Şekil 1.4).

Çubuklar dik kesitlerinin durumuna, eksenlerinin biçimine göre de adlandırılır. Uzunluğu boyunca eksen doğru olan çubuğa **doğru eksenli çubuk** (Şekil 1.5) denir. Uzunluğu boyunca eksen eğri olan çubuğa **eğri eksenli çubuk**



$$b, h \ll L_x$$

Şekil 1.5 Düzlem çubuk
Prizmatik çubuk
Sabit kesitli çubuk
Doğru eksenli çubuk

1. Bölüm: Genel Bilgiler



Şekil 1.6 Uzay çubuk
Eğri eksenli çubuk

denir. Uzunluğu boyunca dik kesiti sabit olan çubuğa **sabit kesitli çubuk** (Şekil 1.5) denir. Uzunluğu boyunca dik kesiti değişken olan çubuğa **değişken kesitli çubuk** denir. Sabit kesitli ve doğru eksenli çubuğa **prizmatik çubuk**, aynı durumda kesiti dairesel olan çubuğa **silindirik çubuk** denir. Eksenleri bir düzlem içinde bulunan çubuğa **düzlem çubuk** (Şekil 1.5) denir. Eksenleri genel konumda olan çubuklara **uzay çubuk** (Şekil 1.6) denir. Tüm çubukları aynı düzlem içinde bulunan düzlem çubuklardan oluşan ve dış kuvvetleri de aynı düzlem içinde etkileyen sisteme de **düzlem sistem** denir. Bu kitapta genel olarak düzlem sistemler incelenecektir.



1. Bölüm: Genel Bilgiler

1.3 Yükler

Yapı sistemlerinde iç kuvvetler ve şekil değiştirmeler meydana getiren sebeplerin tümüne **yük** denir. Sistemlerin hesabına başlamadan önce sisteme etkiyecek yüklerin doğal durumları ve şiddetlerinin bilinmesi gerekir. Bu yüklerin belirlenmesindeki varsayımlar çoğunlukla kaba yaklaşımlıdır. Yapılara etkiyen yükler ilgili yük yönetmeliklerinde verilmiştir. Ülkemizde bu yönetmeliklerden bazıları şunlardır:

- Binalar için TS498, Yapı elemanlarının boyutlandırılmasında gözönüne alınacak yükler hakkında yönetmelik
- Deprem bölgelerinde yapılacak binalar hakkında yönetmelik
- Yol köprülerine ait teknik şartname
- Çelik demiryolu köprüleri için hesap esasları

Yükler çok değişik durumlara göre sınıflandırılabilir. Aşağıda bazı yük tipleri ve özellikleri verilmiştir.

1. Bölüm: Genel Bilgiler

1.3.1 Etkime Durumlarına Göre Yükler

1.3.1.1 Sabit yük (Zati ağırlık)

Sabit yük, sistemi oluşturan elemanların kendi ağırlıklarından oluşan yükür. Bazı kaynaklarda ingilizce tercümesinin karşılığı ölü yük'te denilmektedir. Bu yükler sistem boyutlandırıldıktan sonra tam olarak hesaplanabilir. Yayılı yük için "g" ve tekil yükler için "G" ile gösterilir. Sabit yüklerin çok az bir kısmı kullanım amacından, çok büyük bir kısmı da sistemin kendisinden meydana gelir. Büyük açıklıklı köprüler gibi çok büyük sistemlerde kendi ağırlığından meydana gelen yükler hareketli yüklerden oldukça fazladır. Bu tür sistemlerde hafif malzeme kullanılmalı ve sistemin şekli ve kullanılacak malzeme, yükü azaltacak biçimde seçilmelidir.



1. Bölüm: Genel Bilgiler

1.3.1.2 Hareketli yük

Sistem tarafından taşınan ve o yapının amacı için gerekli olan yükür. İnsanların değişik tip kullanma amacı ve aktiviteleri nedeni ile bu yük olasılık teorileri kullanılarak tahmin edilmelidir. Binalarda değişik tip kullanma amaçları için hareketli yük genellikle yük yönetmeliklerinden alınır. Örneğin TS498. Binalarda hareketli yükler düzgün yayılı yük veya kısmi düzgün yayılı yük olarak gözönüne alınır. Köprülerde hareketli yük, trenlerin ve kamyonların öngörülen ağırlıklarını ve taşıyabilecekleri yükleri içerir.

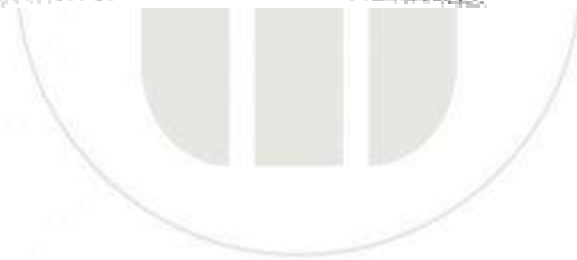
Standart köprü yükleri karayolu köprüleri için, karayoluna ait teknik şartnamede ve demiryolu köprüleri için çelik demiryolu köprülerine ait hesap esaslarında verilmiştir. Bunlar genel olarak yayılı yük için “q” ve tekil yükler için “Q” ile gösterilir.



1. Bölüm: Genel Bilgiler

1.3.1.3 Rüzgar, deprem ve aerodinamik kuvvetler

Bunlar sistemin atalet kuvvetleri nedeni ile çoğunlukla kısa veya periyodik değişimli yükler olduğundan dinamik olarak hesaplanmalıdır. Yalnız burada sistemlerin dinamik davranışı göz önüne alınmayacaktır. Zaten bu tip kuvvetlerin yapılara statik olarak uygulandığı da varsayılabilir. Ancak, yüksek, narin veya özel sistemlerde dinamik hesaplar uygulanır. Uzay sistemlerde ve asma köprüler gibi özel yapılarda aerodinamik yükler aerodinamik teori veya rüzgar tünellerindeki deneyler sonucu hesaplanır ve iç kuvvetler dinamik hesaplardan elde edilir. Bu tür dinamik hesapların sonuçları, sistem karakteristiklerini ve dinamik yükler arasındaki bir etkileşmenin varlığını gösterir. Bunlar çoğu zaman yayılı yükler için “w” ve tekil yükler için “W” ve “F” ile gösterilir.



1. Bölüm: Genel Bilgiler

1.3.1.4 Gaz, sıvı ve toprak basınçları

Gaz ve sıvı tankları genellikle belirli bir kapasite için projelendirilir. Vakum ve reaktör kapları çok büyük dayanımlara sahip olmalı, fakat uygulanacak basınçlar çok iyi belirlenmelidir. İstinat duvarlarına veya tünellere etkileyen zemin tesirleri çok net değildir. Çünkü pasif ve aktif ekstremler arasındaki değişim zemin yapı etkileşimine bağlıdır.



1. Bölüm: Genel Bilgiler

1.3.1.5 Sıcaklık değişmesi, rötre, sünme, mesnet şartlarının değişmesi ve öngerme kuvveti

Sisteme yüklenen bu yükler sistemin elemanlarının boyutunun değişmesine neden olur. Bu boyut değişimleri mesnet şartları ile önlenirse iç kuvvetler doğar. Bu durumda mesnetlerin beklenen hareketleri, en büyük sıcaklık değişimi, rötre tesiri v.s gibi etkiler yük yönetmeliklerinde verilir.

Yukarıda belirtilen yükler, hepsinin aynı anda yapıya etkiye durumlarının olup olmadığı göz önünde tutularak uygun şekilde birleştirilir. Meydana gelebilecek en büyük tesirleri verecek durumlar ve yükler araştırılmalıdır. Örneğin TS 500'e göre sadece sabit ve hareketli yük etkisinde $1,4G+1,6Q$, bunlarla beraber deprem etkisi de olursa $G+Q\pm E$ ve $\pm E+0,9G$ gibi durumlar araştırılıp elverişsiz tesir bulunmalıdır.



1. Bölüm: Genel Bilgiler

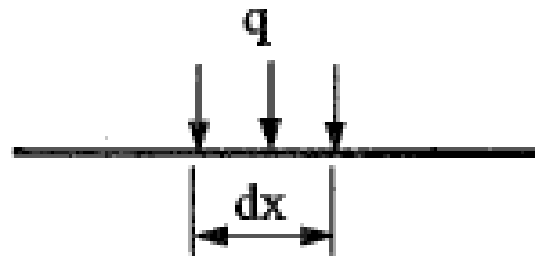
1.3.2 Etkime Biçimlerine Göre Yükler

Yükler, sistemlere etkiye biçimlerine göre aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir.

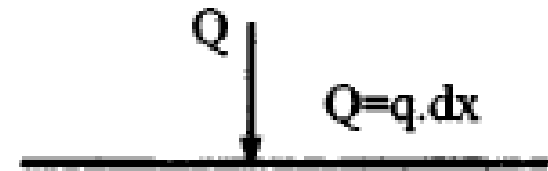
1.3.2.1 Tekil (Noktasal) yük

Sisteme bir noktada etkiyen yüklere **tekil yük** denir. Fakat uygulamada böyle bir yük bulunmamaktadır. Küçük bir alan veya uzunluk üzerine etkiyen kısmi yayılı yüklerin bulundukları kesitin civarı dışında bu kısmi yüklerin gerçek değerlerinden meydana gelen tesirler ile bunların bileşkesinden meydana gelen tesirler birbirine eşittir. Bu nedenle özellikle bu yükün yayılı uzunluğu elemanın uzunluğuna göre küçük olduğundan bu yayılı yük yerine (Şekil 1.7.a ve c) bir noktada etkiyen ve şiddeti yayılı yükün bileşkesine eşit tekil yük (Şekil 1.7.b ve d) göz önüne alınarak hesaplar yapılabilir. Mesnet tepkileri, tekerlek yükleri bu tür yüklerdendir. Tekil yükler uygulamada yükün cinsine göre “G”, “Q”, “P” harfleri ile gösterilir. Birimi kN’dur.

1. Bölüm: Genel Bilgiler



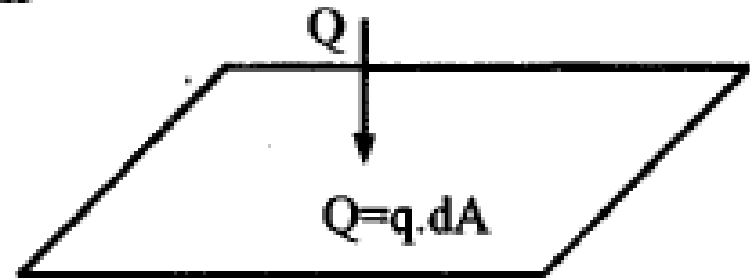
(a) Çizgisel kısmi yayılı yük



(b) Tekil yük



(c) Yüzeysel kısmi yayılı yük



(d) Tekil yük

Sekil 1.7 İdealleştirilmiş tekil yük

1. Bölüm: Genel Bilgiler

1.3.2.2 Yayılı yükler

Sistemde belirli bir alan ve uzunluk üzerine etkiyen yüklere **yayılı yük** denir. Belirli bir uzunluk üzerine etkiyen yüklere **çizgisel yayılı yük** denir ve birimi kN/m 'dir. Belirli bir alan üzerine etkiyen yüke de **yüzeysel yayılı yük** denir ve birimi kN/m^2 'dir. Bunlar genellikle tekil yüklerin tanımı için kullanılan harflerin küçük harfleri ile gösterilir. Örneğin sabit yükler “g”, hareketli yükler “q” ve rüzgar yükü “w” ile gösterilir. Yayılı yükler uygulama biçimlerine göre:

- 1- Düzenli yayılı yükler
- 2- Düzensiz yayılı yükler

olarak sınıflandırılabilir.

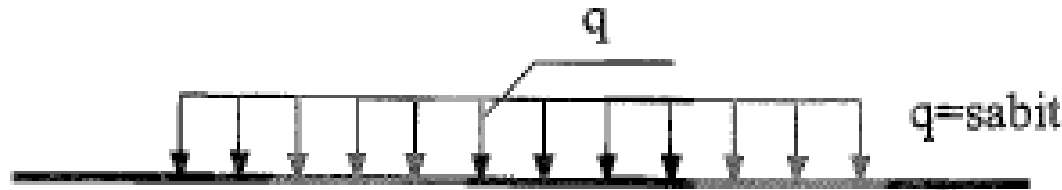


1. Bölüm: Genel Bilgiler

1.3.2.2.1 Düzenli yayılı yükler

Şiddetinin değişimi sabit olan veya bir fonksiyonla belirtilebilen yüklere düzenli yayılı yük denir. Aşağıda bu tür yüklere bazı örnekler verilmiştir.

1. Düzgün yayılı yük: Yayıldığı uzunluk boyunca şiddeti değişmeyen yüklere **düzgün yayılı yük** denir (Şekil 1.8). Bazı kaynaklarda **uniform yayılı yük** olarak da anılır. Bu yükler kesitleri sabit elemanların kendi ağırlıklarından, yükseklikleri elemanın uzunluğu boyunca sabit duvarların ağırlıklarından, hareketli yüklerden v.b.'den meydana gelir.



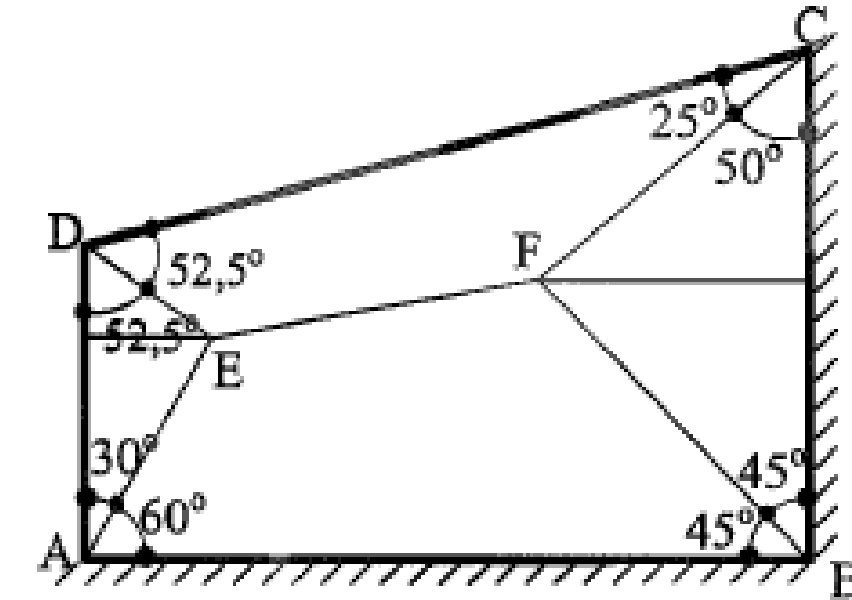
Şekil 1.8 Düzgün yayılı yük

1. Bölüm: Genel Bilgiler

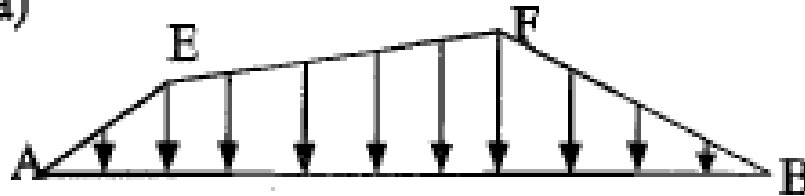
2. Trapez yayılı yük: Belirli bir uzunluk üzerinde şiddeti doğrusal olarak değişen yüklere trapez yayılı yük denir. Bu tür yükler değişken boyutlu elemanların kendi ağırlıklarından, döşemelerden kirişlere aktarılan yüklerden (Şekil 1.9), istinat duvarlarında toprak itkileri v.b'den meydana gelir. Şekil 1.9'da gösterilen A, B, C, D döşemesinde yük dağılımı teorik olarak iki sabit mesnetli kenarın birleştiği D ve iki ankastre kenarın birleştiği B köşelerinde açı ortayı ile ve bir basit mesnetli kenar ile bir ankastre kenarın birleştiği A ve C köşelerinde ankastre kenar tarafına $2/3$ ve sabit mesnetli kenar tarafına $1/3$ açı gelecek şekilde (Şekil 1.9(a)'da) A köşesinde basit mesnetli kenara 30° diğer kenara 60° ve C köşesinde DC Kenarına 25° ve BC kenarına 50° açı ile dağılır. Bu durumda AB kirişine döşemeden gelen yük görüldüğü gibi AE ve FB arasında üçgen yayılı, EF arasında trapez yayılı yük şeklindedir. AD ve BC kirişlerine de üçgen yayılı yükler gelir.



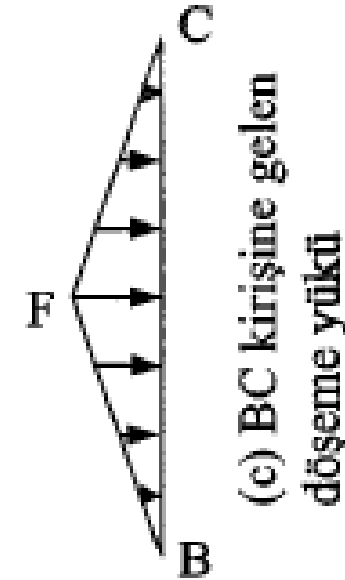
1. Bölüm: Genel Bilgiler



(a)



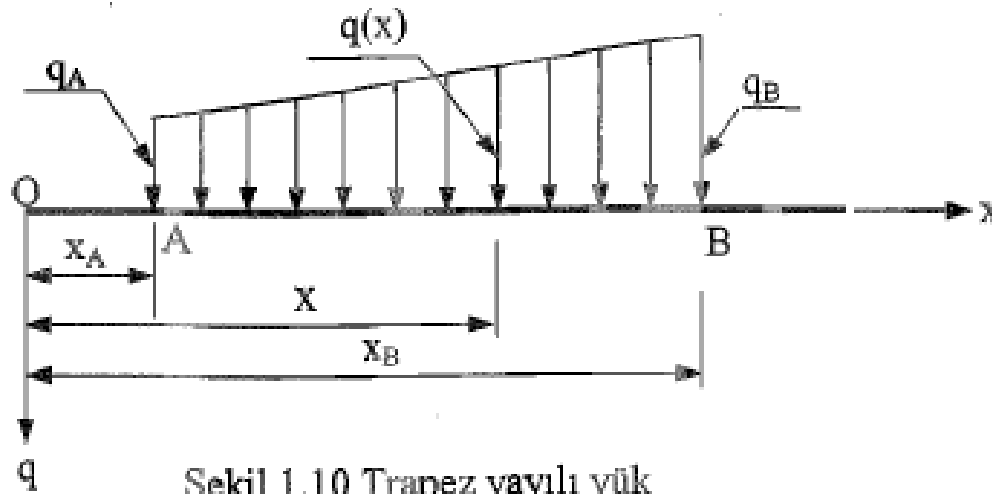
(b) AB kirişine gelen döşeme yükü



(c) BC kirişine gelen
döşeme yükü

Şekil 1.9 Döşemelerden kırışlere gelen yükler

1. Bölüm: Genel Bilgiler



Şekil 1.10 Trapez yayılı yük

Şekil 1.10'da görülen yük sisteminde A ve B noktalarında şiddetleri bilinen bir trapez yükün değişiminin denklemi şu şekilde bulunur.

Bir doğrunun denklemi

$$\mathbf{y} = \mathbf{a}\mathbf{x} + \mathbf{b} \tag{1.1}$$

şeklinde yazılır. Burada y yerine $q(x)$ konulursa yükün genel denklemi

1. Bölüm: Genel Bilgiler

$$q(x) = ax + b \quad (1.2)$$

şeklinde yazılır. Burada a ve b sabitleri sınır şartlarından belirlenir. Burada bu sınır şartları

$$x = x_A \text{ için } q(x) = q_A \quad \text{ve} \quad x = x_B \text{ için } q(x) = q_B$$

dir. Bunlara bağlı olarak (1.2) eşitliği

$$q_A = a \cdot x_A + b \quad (1.3a)$$

$$q_B = a \cdot x_B + b \quad (1.3b)$$

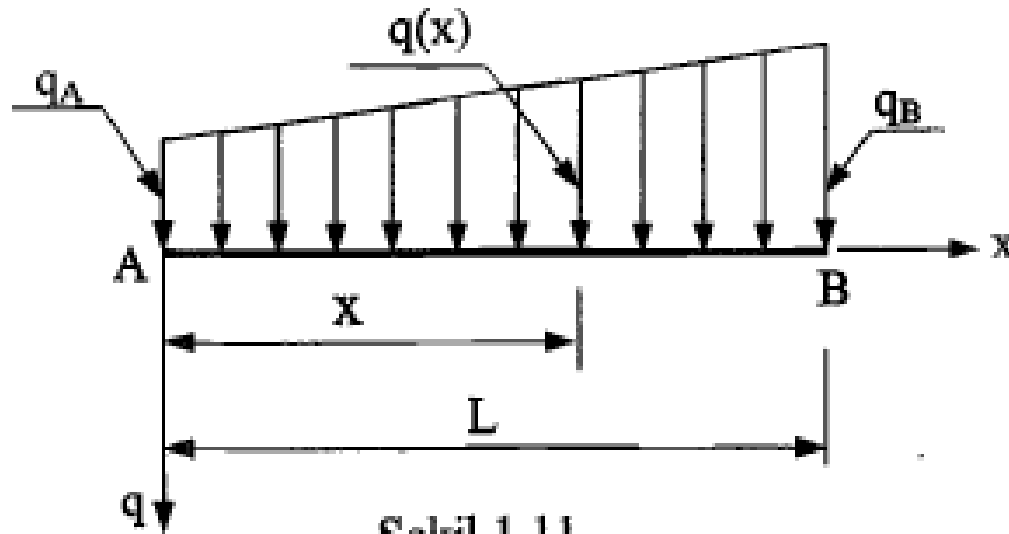
biçiminde yazılır. (1.3a) ve (1.3b) eşitliklerinin çözümünden

$$a = \frac{q_B - q_A}{x_B - x_A} \quad \text{ve} \quad b = \frac{q_A x_B - q_B x_A}{x_B - x_A} \quad (1.4) \text{ ve } (1.5)$$

bulunur ve a ve b 'nin değerleri (1.2) eşitliğinde yerine konularak

$$q(x) = \frac{q_B - q_A}{x_B - x_A} x + \frac{q_A x_B - q_B x_A}{x_B - x_A} \quad (1.6)$$

1. Bölüm: Genel Bilgiler



Şekil 1.11

elde edilir. Eğer Şekil 1.11'de görüldüğü gibi koordinat eksen takımı yükün başlangıç noktası olan A seçilirse ve yükün yayılı olduğu uzunlukta L ile götserilirse (1.6) eşitliğinde $x_A=0$, $x_B=L$ konularak

$$q(x) = \frac{q_B - q_A}{L} x + q_A \quad (1.7)$$

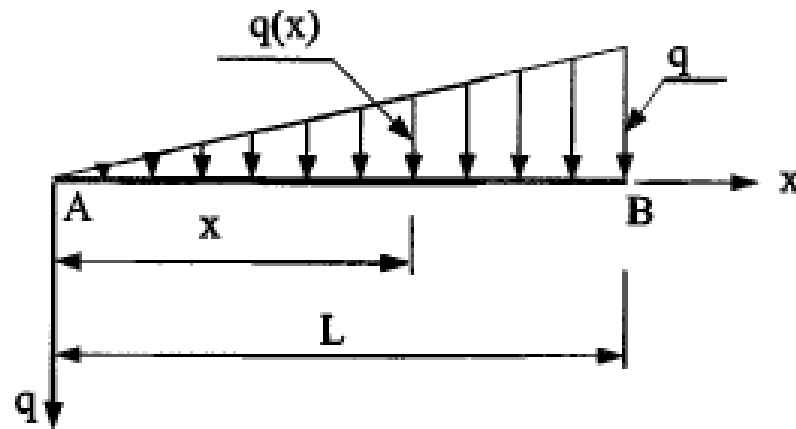
elde edilir.

1. Bölüm: Genel Bilgiler

3. Üçgen yayılı yük: Belirli bir uzunluk üzerinde üçgen biçiminde yayılı yüklerdir. Bu yüklerle, döşemelerden kirişlere gelen yüklerde (Şekil 1.9c), hidrostatik basınçta ve zemin etkilerinde karşılaşılır. Bu yükler uygulamada Şekil 1.12 (a) ve (b)'de görüldüğü biçimde karşımıza çıkar. Şekil 1.12a'da görülen üçgen yükün değişimi trapez yüke ait (1.7) eşitliğinde $q_A=0$ ve $q_B=q$ konularak veya doğrudan geometrik bağıntılardan

$$q(x) = q \frac{x}{L} \quad (1.8)$$

biçiminde elde edilir. Şekil 1.12(b)'deki yükü bir sürekli fonksiyonla ifade etmek mümkün değildir. Bu yükün değişimini AB ve BC aralıkları için ayrı ayrı yazmak gerekir.

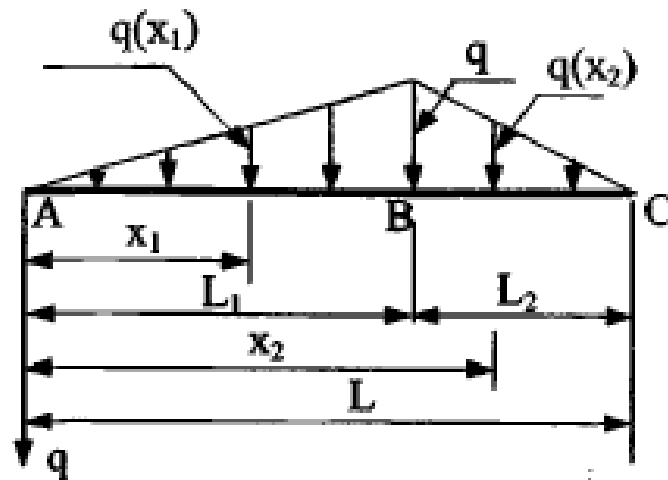


(a) Dik üçgen yayılı yük



Şekil 1.12 Üçgen yayılı yükler

1. Bölüm: Genel Bilgiler



(b) Genel üçgen yayılı yük

Şekil 1.12 Üçgen yayılı yükler

AB aralığında $0 < x_1 < L_1$ için

$$q(x_1) = q \frac{x_1}{L_1}$$

BC aralığında $L_1 < x_2 < L$ için

$$q(x_2) = q \frac{L - x_2}{L_2}$$

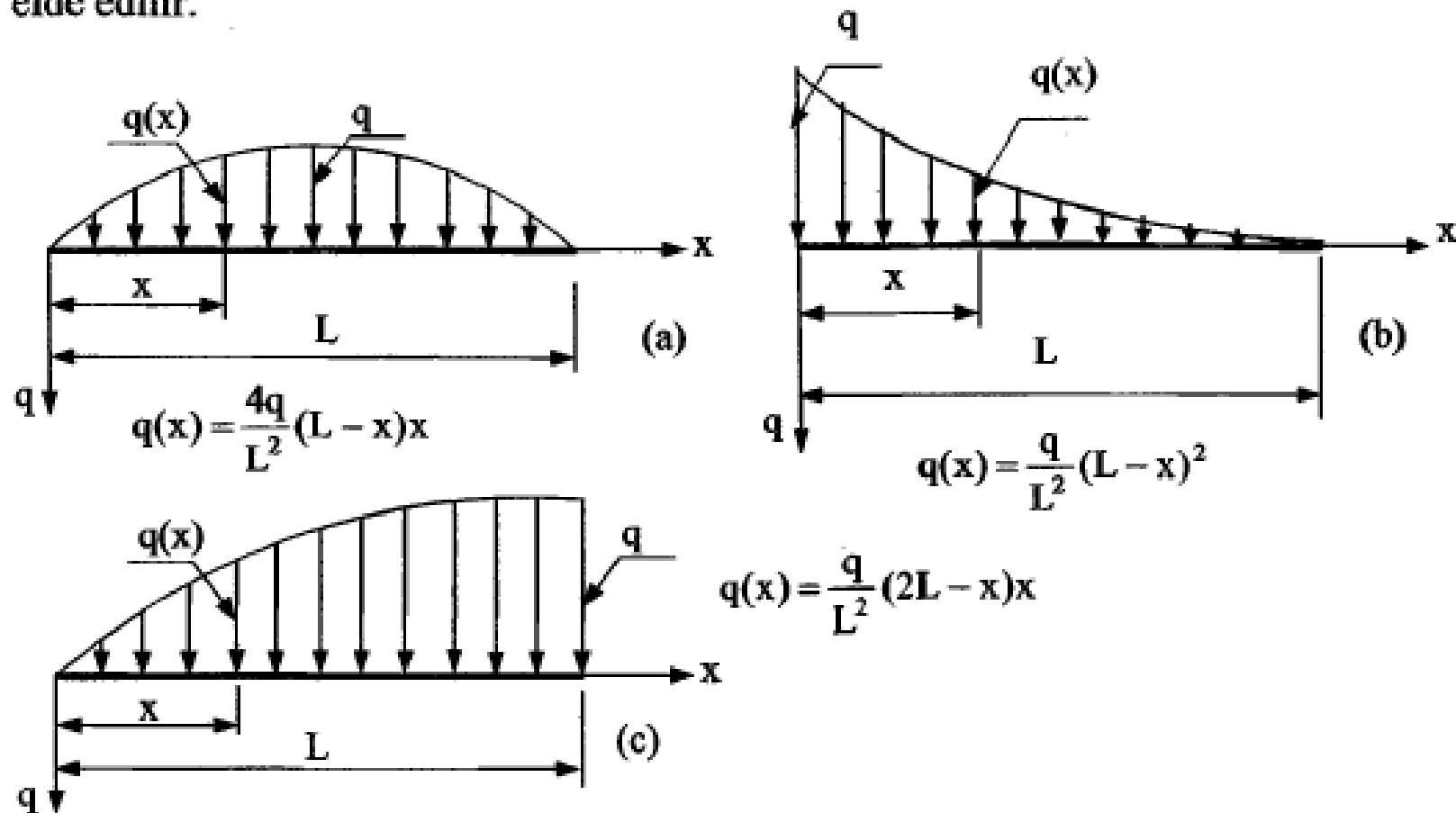
biçiminde elde edilir.

1. Bölüm: Genel Bilgiler

4. İkinci derece parabol yayılı yük: Şekil 1.13'de üç ayrı 2. derece parabol yayılı yük gösterilmiştir. Her üç yükün yayılışının değişimleri

$$q(x) = ax^2 + bx + c \quad (1.14)$$

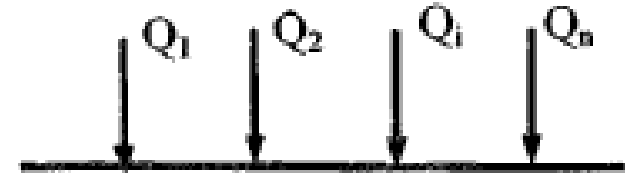
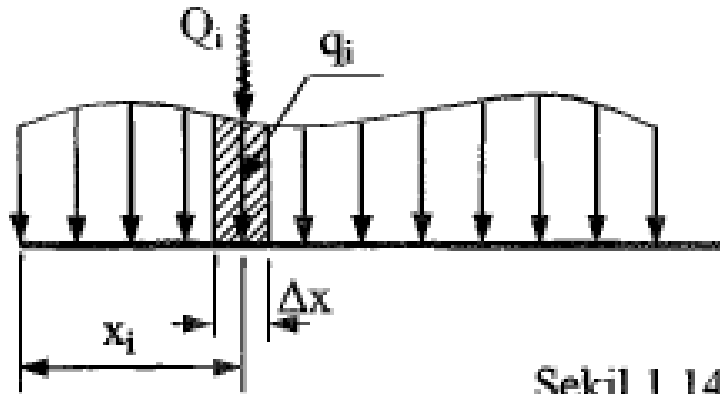
genel ikinci derece eşitliğinde her bir yük tipi için sınır şartları ayrı ayrı konularak elde edilir.



1. Bölüm: Genel Bilgiler

1.3.2.2.2 Düzensiz yayılı yükler

Belirli bir analitik fonksiyonla ifade edilemeyen yüke **düzensiz yayılı yük** denir (Şekil 1.14). Hesaplarda bu yükler Δx uzunluğunda çok sayıda yük dilimlerine ayrılarak her dilimde



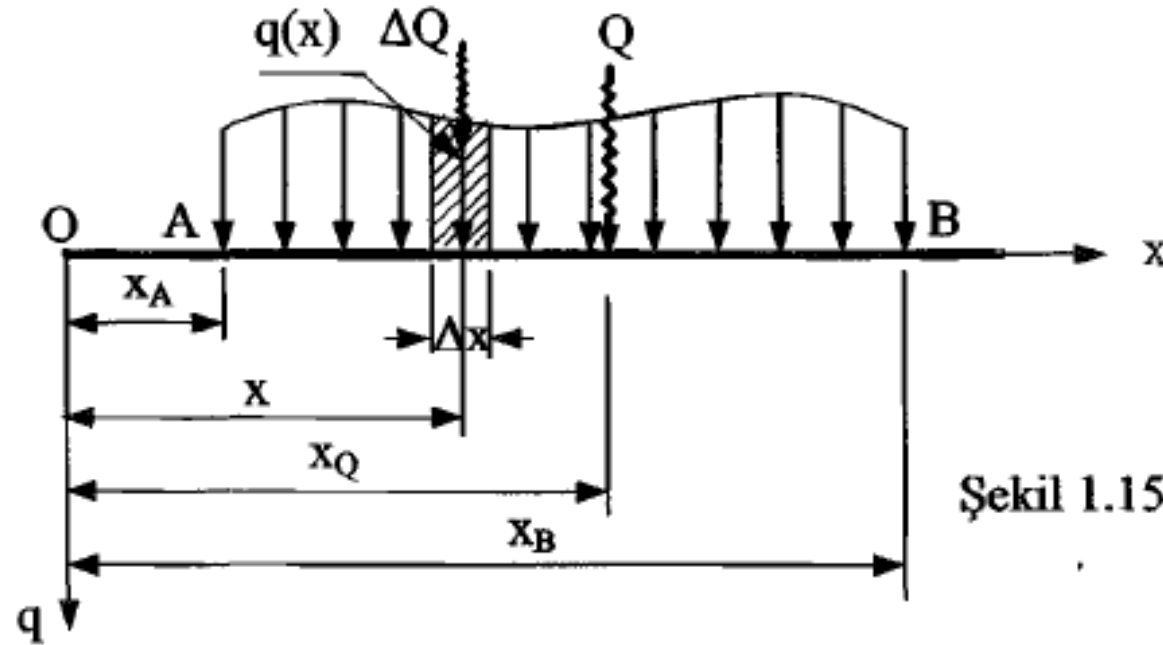
Şekil 1.14 Düzensiz yayılı yük

$$Q_i = q_i \Delta x$$

tekil yükü olarak göz önüne alınır. Burada q_i , Δx uzunluğundaki yükün ortalama şiddetidir.

1. Bölüm: Genel Bilgiler

1.3.2.2.3 Yayılı yük şiddeti, bileşkesi ve bileşkesinin yeri



Şekil 1.15 Yayılı yük diyagramı

Şekil 1.15’de görüldüğü gibi Δx üzerinde bulunan yüklerin toplamı ΔQ olduğuna göre

$$q(x) = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{\Delta Q}{\Delta x} \quad (1.21)$$

1. Bölüm: Genel Bilgiler

değerine bu yayılı yükün o kesitindeki şiddeti denir. Diğer bir anlatımla yükün birim uzunluk veya birim alan üzerindeki değerine **yükün şiddeti** denir. Yayılı yükün bu şiddetinin belirli bir uzunluk boyunca değişimini gösteren grafiğe **yayılı yük diyagramı** denir. Ok yükün yönünü ve ordinat yükün şiddetini gösterir.

Yayılı yük bileşkesi: Belirli bir uzunluk üzerindeki yayılı yük diyagramının alanı, o uzunluk üzerindeki yayılı yükün bileşkesini verir. Bu durumda bileşke:

- Düzensiz yayılı yük için

$$Q = \sum_{i=1}^n q(x_i) \cdot \Delta x \quad (1.22)$$

- Düzenli yayılı yük için

$$Q = \int_{x_A}^{x_B} q(x) dx \quad (1.23)$$

biçiminde bulunur. Burada Q yükün bileşkesidir.

1. Bölüm: Genel Bilgiler

Yayıllı yükün bileşkesinin yeri: Bir cisim üzerindeki statik denge için, herhangi bir noktaya göre yayılı yükün meydana getireceği moment, bileşke kuvvetin meydana getireceği momente eşit olmalıdır. Şekil 1.15'de O noktasına göre moment alınarak

Düzensiz yayılı yükler için

$$x_Q \cdot \sum \Delta Q_i = \sum (\Delta Q_i \cdot x)$$

yazılır ve buradan

$$x_Q = \frac{\sum (\Delta Q_i \cdot x)}{\sum \Delta Q_i} \quad (1.24)$$

elde edilir. Burada x_Q bileşkenin O noktasına olan uzaklığıdır.

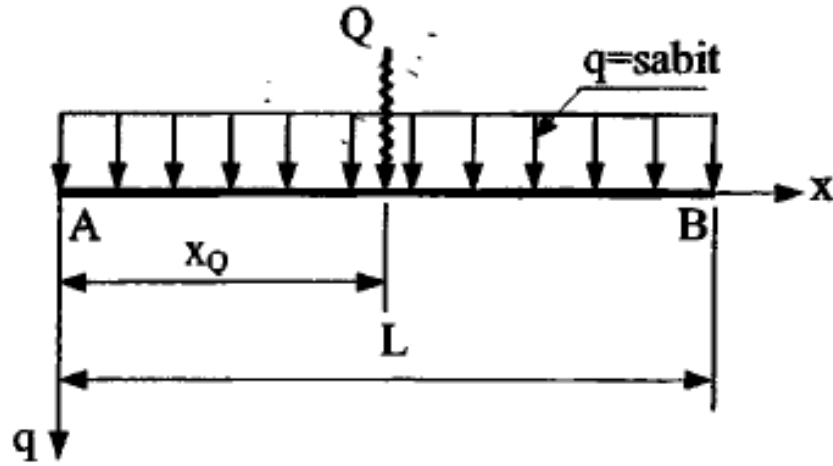
Düzenli yayılı yükler için

$$x_Q = \frac{\int_{x_A}^{x_B} q(x) \cdot x \cdot dx}{\int_{x_A}^{x_B} q(x) dx}$$

(1.25)

1. Bölüm: Genel Bilgiler

Örnek 1.1

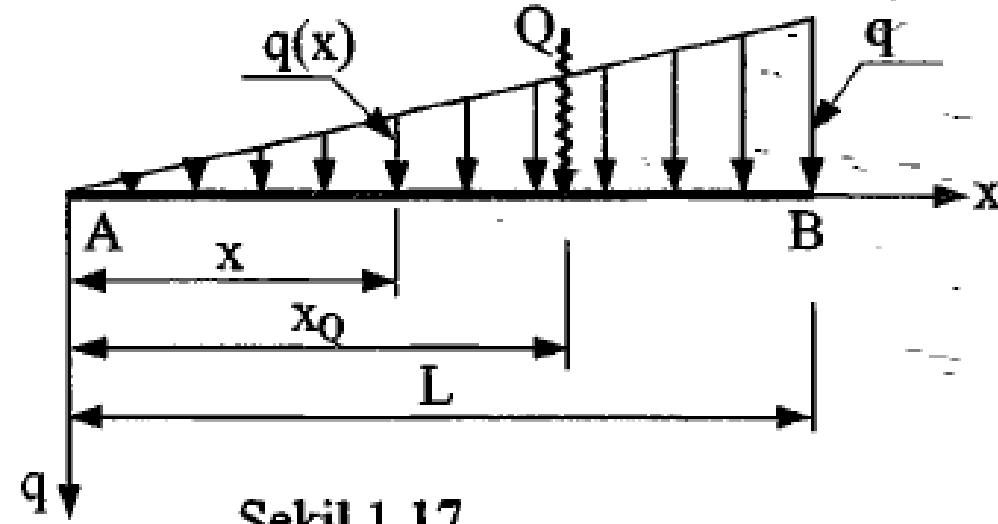


Şekil 1.16

Şekil 1.16'da verilen düzgün yayılı yükün bileşkesini ve bileşkenin yerini hesaplayınız.

1. Bölüm: Genel Bilgiler

Örnek 1.2



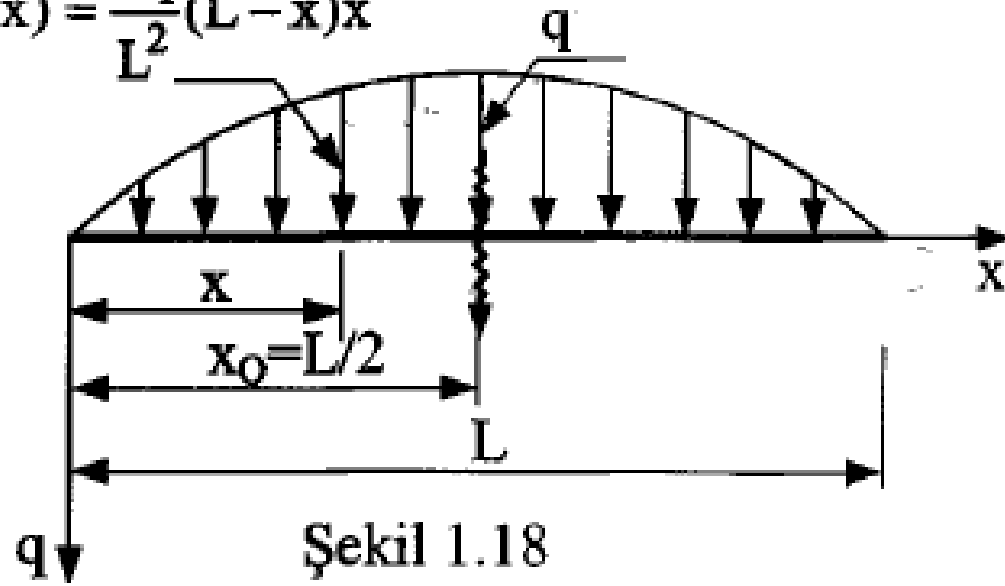
Şekil 1.17

Şekil 1.17’de verilen üçgen yayılı yükün bileşkesi ve bileşkesinin yerini hesaplayınız.

1. Bölüm: Genel Bilgiler

Örnek 1.3

$$q(x) = \frac{4q}{L^2}(L-x)x$$

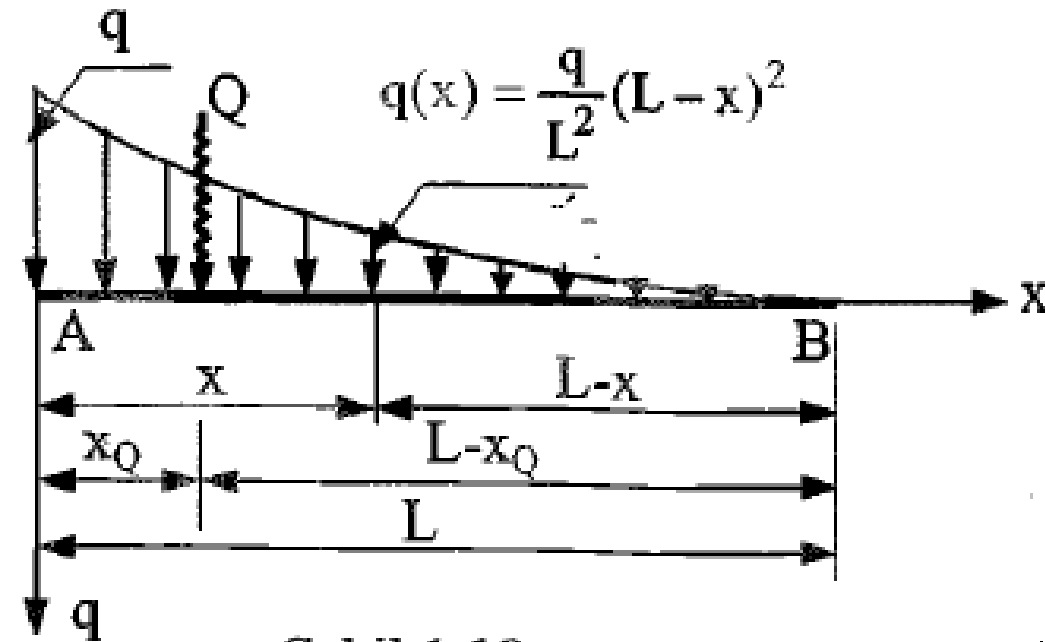


Şekil 1.18

Şekil 1.18’de verilen ve değişimi $q(x) = \frac{4q}{L^2}(L-x)x$ olan ikinci derece parabol yayılı yükün bileşkesi ve bileşkenin yerini hesaplayınız.

1. Bölüm: Genel Bilgiler

Örnek 1.4

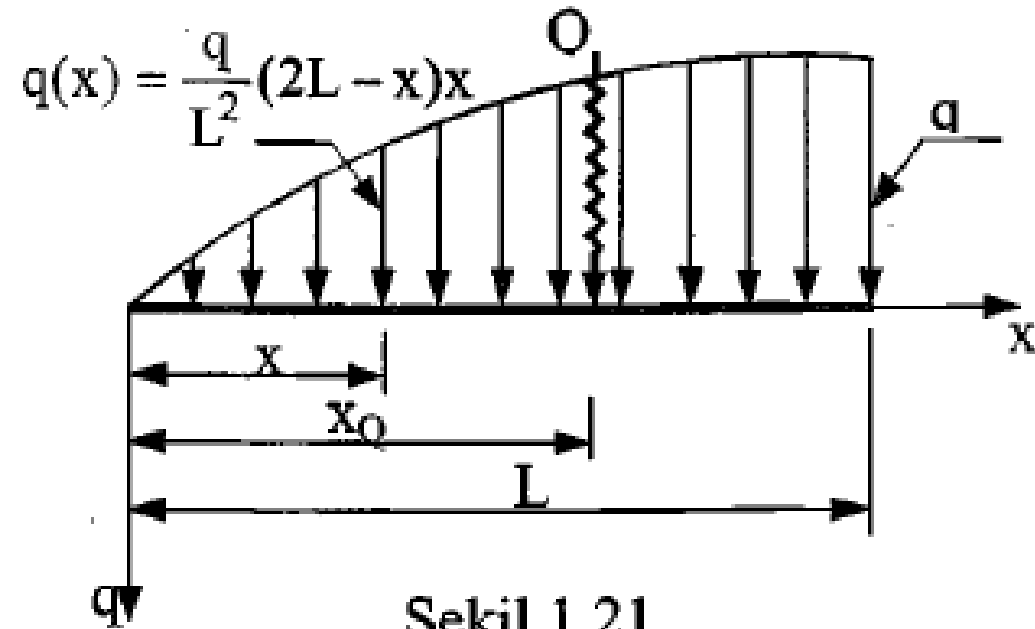


Şekil 1.19

Şekil 1.19’da verilen ve değişimi $q(x) = \frac{q}{L^2}(L-x)^2$ olan ikinci derece parabol yayılı yükün bileşkesi ve bileşkenin yerini hesaplayınız.

1. Bölüm: Genel Bilgiler

Örnek 1.5



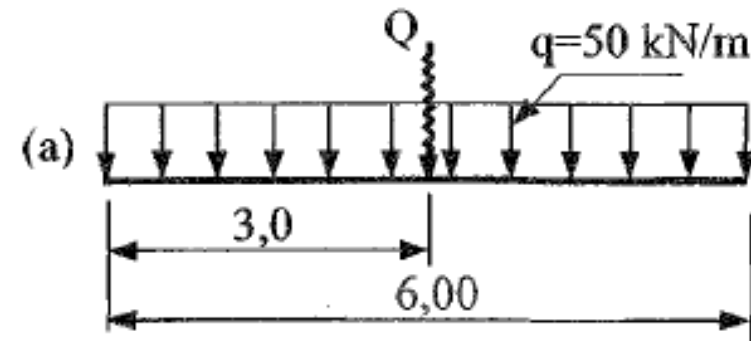
Şekil 1.21

Şekil 1.20'de verilen ve değişimi $q(x) = \frac{q}{L^2}(2L - x)x$ olan ikinci derece parabol yayılı yükün bileşkesi ve bileşkenin yerini hesaplayınız.

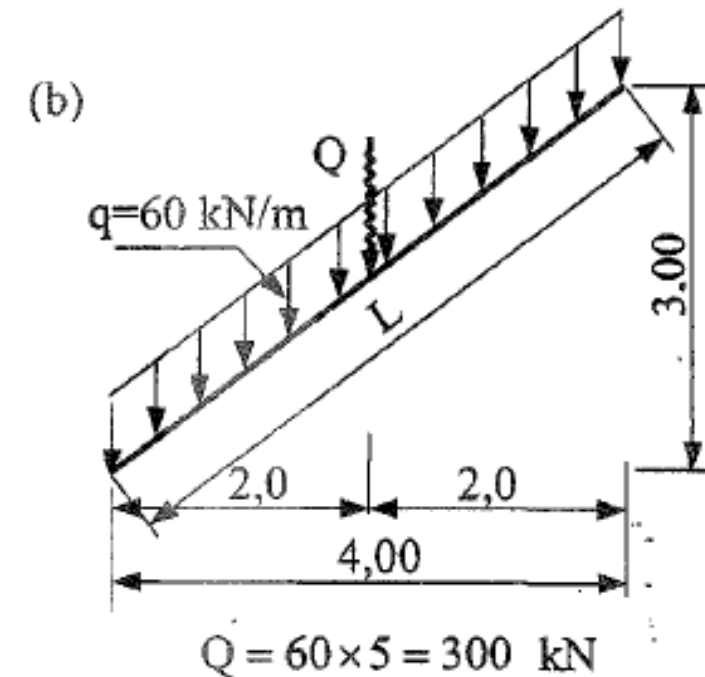
1. Bölüm: Genel Bilgiler

Örnek 1.6

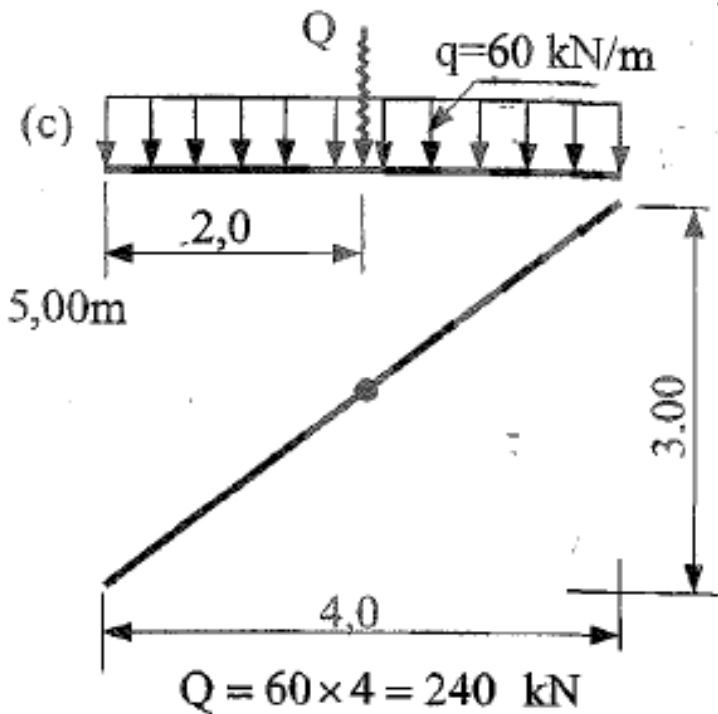
Şekil 1.21’de verilen yük sistemlerinin bileşkesini ve bileşkelerinin yerini hesaplayınız.



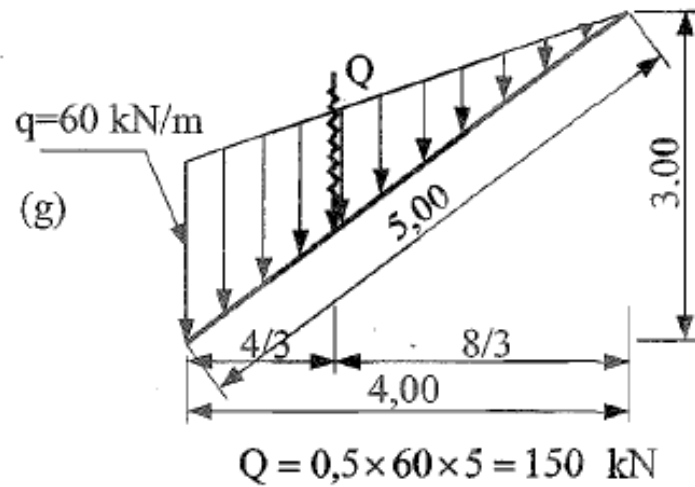
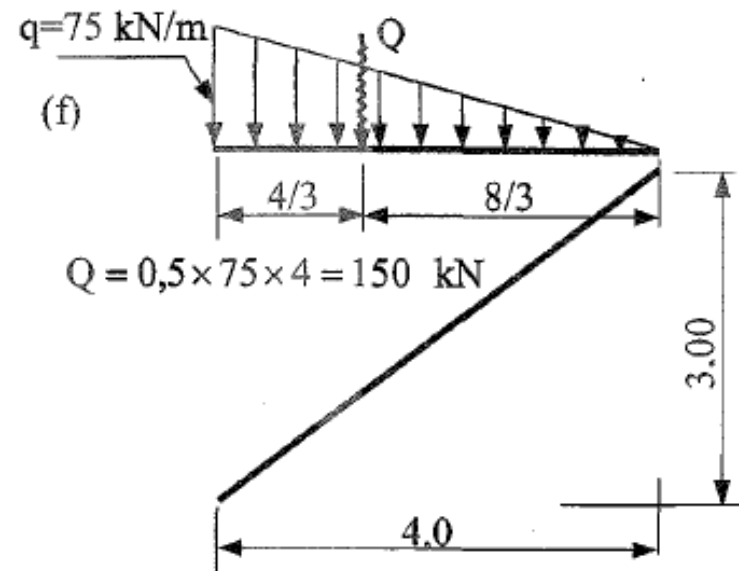
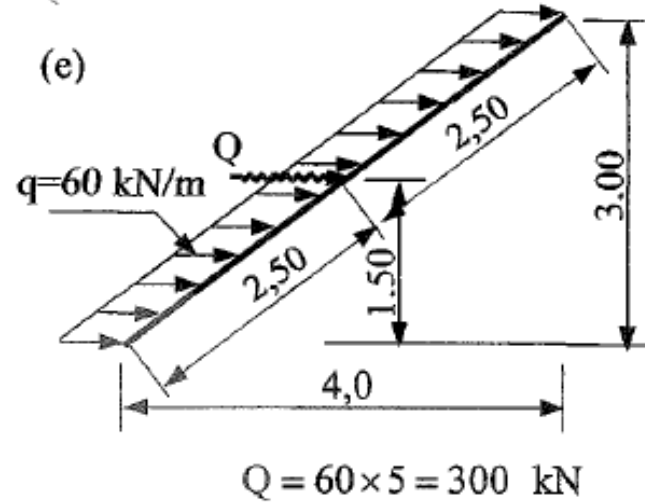
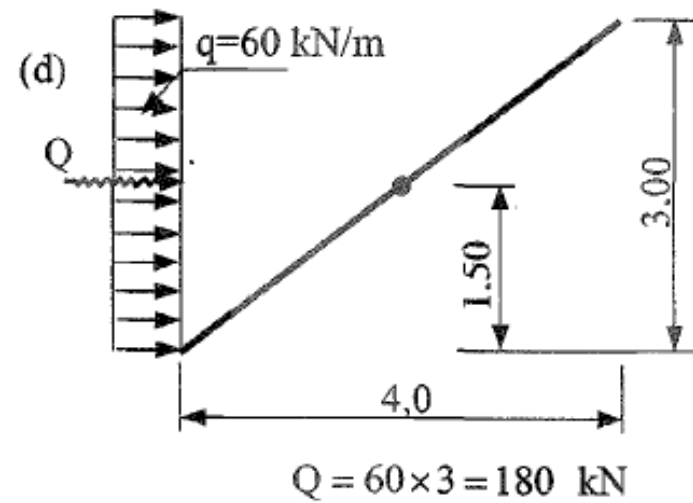
$$Q = 50 \times 6 = 300 \text{ kN}$$



$$L = \sqrt{16 + 9} = 5,00 \text{ m}$$



1. Bölüm: Genel Bilgiler

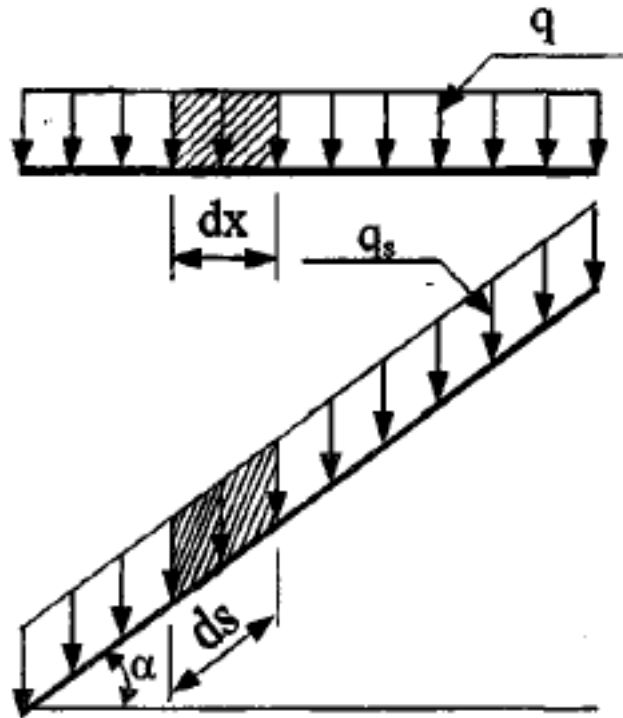


Şekil 1.20

1. Bölüm: Genel Bilgiler

1.3.2.2.4 Yayılı yüklerin dönüşümleri

Yatay veya düşey düzlemlere dik olarak etkiyen yüklerin, aynı bileşke kuvvetini verecek şekilde aynı doğrultularda eğik veya eğri elemanlar üzerine yayılması durumunda yüklerin şiddetleri aşağıdaki şekilde bulunur.



Şekil 1.22 Düşey kuvvet

Düşey kuvvet: Şekil 1.22’de görüldüğü gibi, yatay düzlemde dx uzunluğundaki eleman üzerindeki yükün bileşkesinin, eğik düzlemde ds uzunluğundaki eleman üzerindeki yükün bileşkesine eşit olması gerektiğinden

$$q \cdot dx = q_s \cdot ds \quad (1.34)$$

yazılır. Burada q yükün yatay düzlem üzerindeki şiddeti ve q_s eğik düzlemdeki şiddetidir. Buradan

1. Bölüm: Genel Bilgiler

$$q_s = q \frac{dx}{ds}$$

yazılır.

$\frac{dx}{ds} = \cos \alpha$ konularak yatay düzlemdeki yükün şiddeti ile eğik düzlemdeki yükün şiddeti arasında

$$q_s = q \cdot \cos \alpha \quad (1.35a)$$

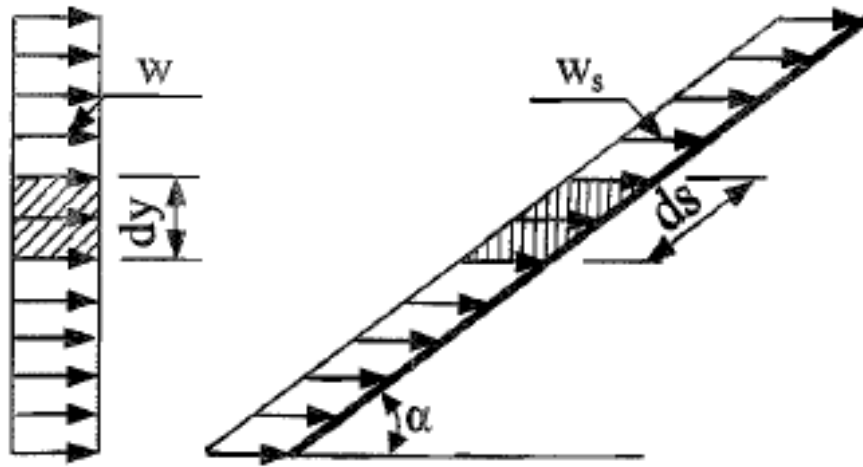
veya

$$q = q_s / \cos \alpha \quad (1.35.b)$$

bağıntıları elde edilir.

Yatay kuvvet: Şekil 1.23'de görüldüğü gibi, düşey düzlemde dy uzunluğundaki eleman üzerindeki yükün bileşkesinin, eğik düzlemdeki ds uzunluğundaki eleman üzerindeki yükün bileşkesine eşit olması gerektiğinden

1. Bölüm: Genel Bilgiler



Şekil 1.23 Yatay kuvvet

$$w \cdot dy = w_s \cdot ds$$

yazılır. Burada w yükün düşey düzlem üzerindeki şiddeti ve w_s eğik düzlemdeki şiddetidir. Buradan

$$w_s = w \frac{dy}{ds}$$

yazılır. $\frac{dy}{ds} = \sin \alpha$ konularak

düşey düzleme dik olarak etkiyen yükün şiddeti ile eğik düzlemindeki yükün

şiddeti arasında

$$w_s = w \cdot \sin \alpha$$

(1.36a)

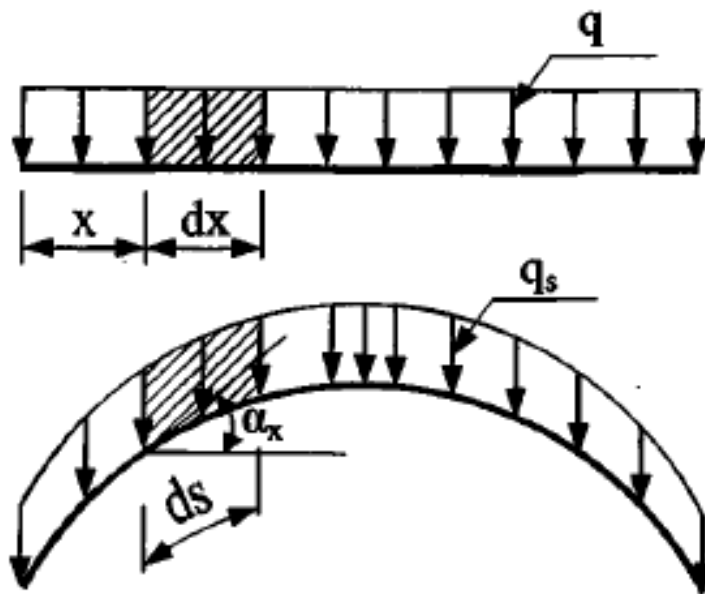
1. Bölüm: Genel Bilgiler

Düşey yükün eğri yüzey üzerindeki yayılışı: Burada da Şekil 1.24'de görüldüğü gibi yatayda dx uzunluğundaki $q \cdot dx$ bileşke yükü, ds uzunluğundaki eğri kısım üzerindeki $q_s \cdot ds$ bileşkesine eşit olmalıdır.

$$q \cdot dx = q_s \cdot ds$$

Buradan

$$q_s = q \frac{dx}{ds}$$



Şekil 1.24 Yatay yükün eğri üzerindeki yayılışı

bulunur. Burada dx/ds eğrinin o kesitindeki teğetinin yatayla yapmış olduğu açının cosinüsüdür. Bu durumda $dx/ds = \cos \alpha_x$ konularak

$$q_s = q \cdot \cos \alpha_x$$

(1.37a)

veya

$$q = q_s / \cos \alpha_x$$

(1.37b)

elde edilir.

1. Bölüm: Genel Bilgiler

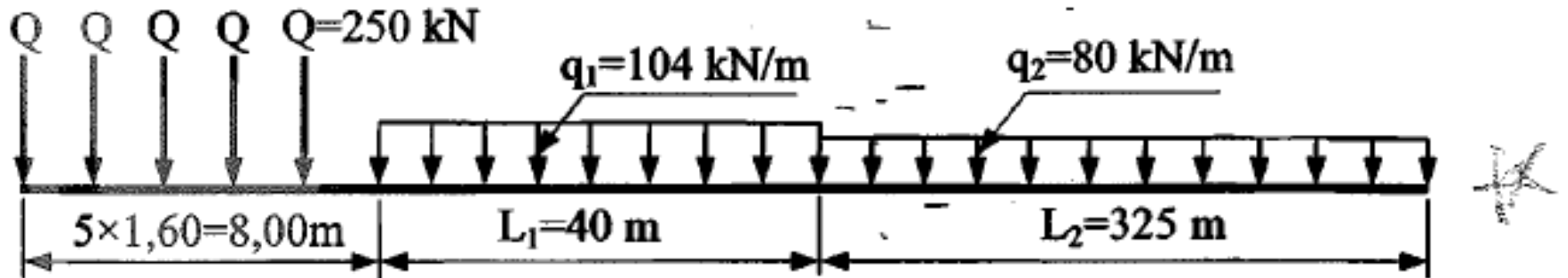
1.3.2.3 Katar Yükleri

Şiddetleri ve aralarındaki uzaklıklar sabit kalarak hareket eden yükler grubuna **katar yükleri** denir. Bu tür yükler daha çok karayolu taşıtları ve demiryolu araçları ile kreyn yükleridir. Örneğin karayolu taşıtları için Şekil 1.25'de ve demiryolu araçları için Şekil 1.26'da gösterilen katar yükleri göz önüne alınır.



H₂₀-S₁₆ Standart kamyon yükü için $W=200$ kN, $q=10$ kN/m ve $Q=90$ kN'dur

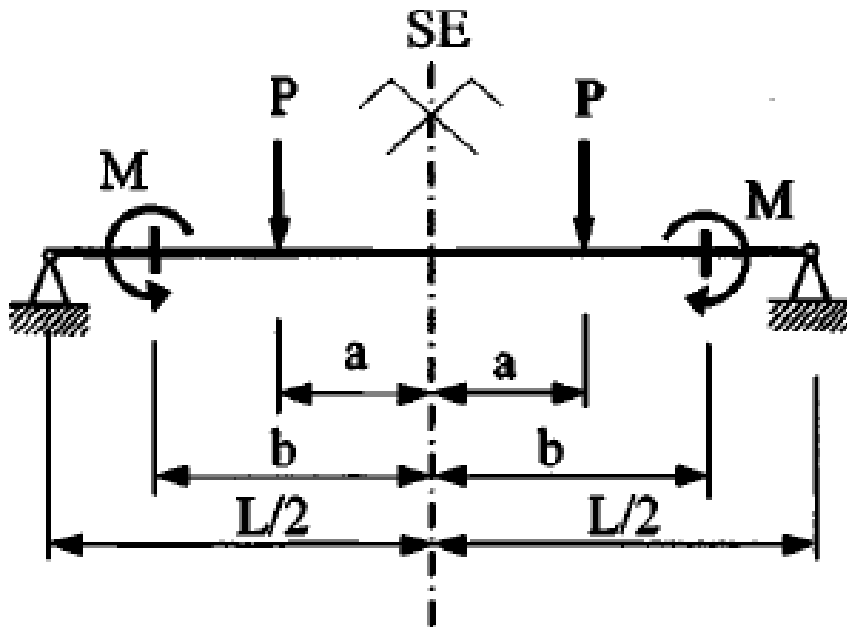
Şekil 1.25 Karayolları köprülerinde kullanılan yük



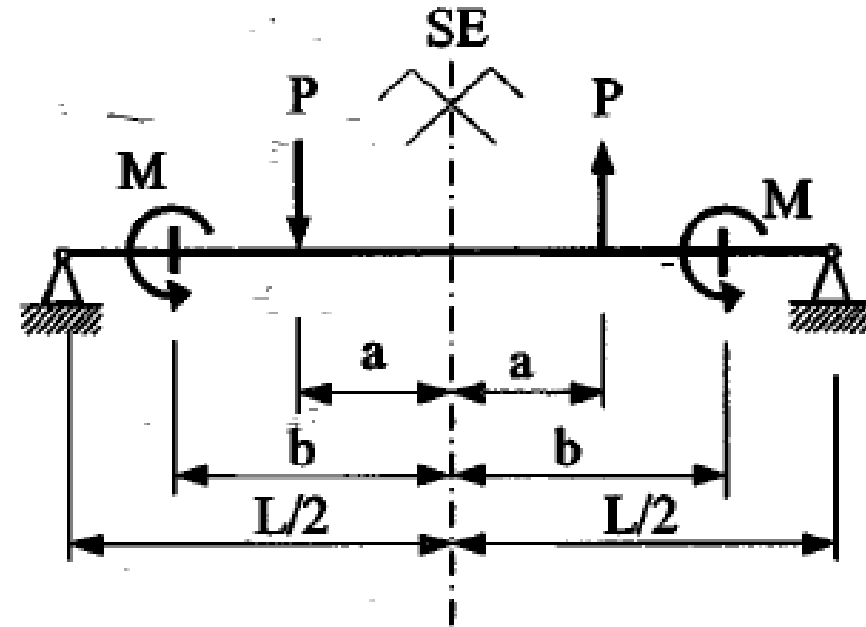
Şekil 1.26 Demiryolu köprülerinde kullanılan S(1950) yük katarı

1. Bölüm: Genel Bilgiler

1.3.3 Sistem Üzerinde Yerleşme Durumuna Göre Yükler



Şekil 1.27 Simetrik yükler



Şekil 1.28 Antimetrik yükler

1. Bölüm: Genel Bilgiler

1.3.3.1 Simetrik yükler

Şekil 1.27’de görüldüğü gibi geometrik ve mekanik olarak simetrik bir sistemde simetri ekseninin her iki tarafındaki kuvvetler aynı yönde ve bir birine eşit ve/veya momentler ters yönde (aynı yönde şekil değiştirir) ve birbirine eşit ve simetri ekseninden eşit uzaklıkta ise bu tür yüklere **simetrik yükler** denir.

1.3.3.2 Antimetrik yükler

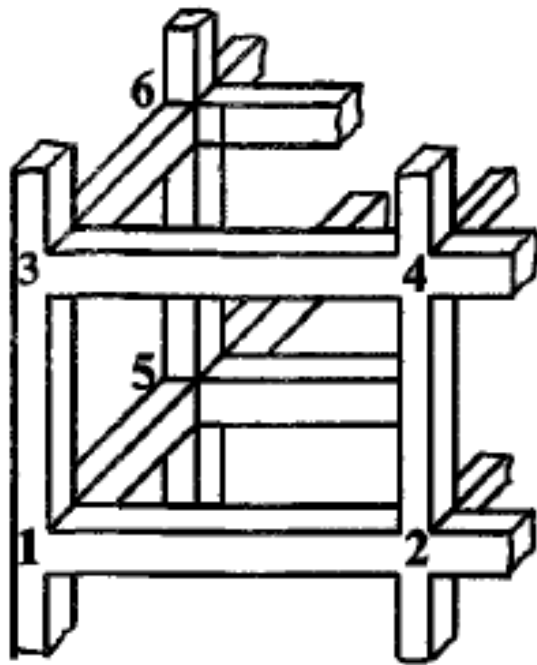
Şekil 1.28’de görüldüğü gibi geometrik ve mekanik olarak simetrik bir sistemde simetri ekseninin her iki tarafındaki kuvvetler ters yönde ve bir birine eşit ve/veya momentler aynı yönde (ters yönde şekil değiştirir) ve birbirine eşit ve simetri ekseninden eşit uzaklıkta ise bu tür yüklere **antimetrik yükler** denir.



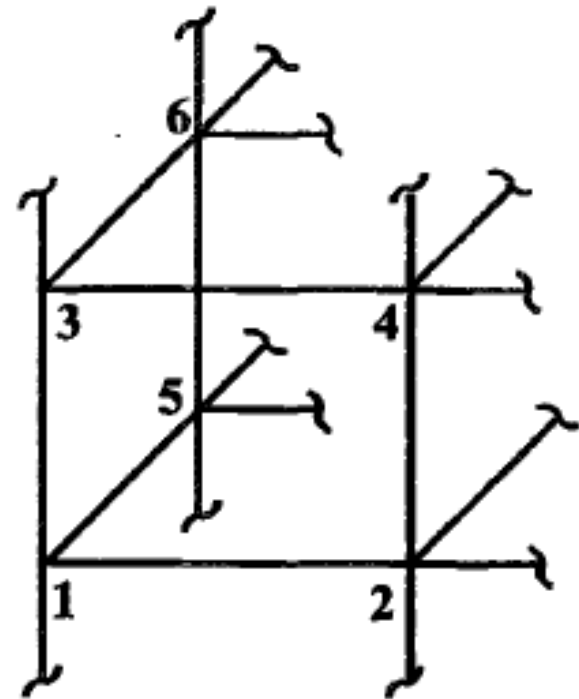
1. Bölüm: Genel Bilgiler

1.4 Yapı Statığında İdealleştirme

Gerçek sistemler genellikle çok karmaşıktır. Bu yüzden bunlar çoğunlukla daha kolay çözülebilecek şekilde basitleştirilirler. Mühendisin en önemli işlerinden biri bu basit sistemi seçmektir. Bunu seçerken gerçek ile basitlik arasında en uygun karara varılmalıdır. Doğaldır ki bu karar için deneyimin oldukça önemli bir rolü vardır. Sistemin uygun modeli değişik bakış açıları göz önünde tutularak seçilir.

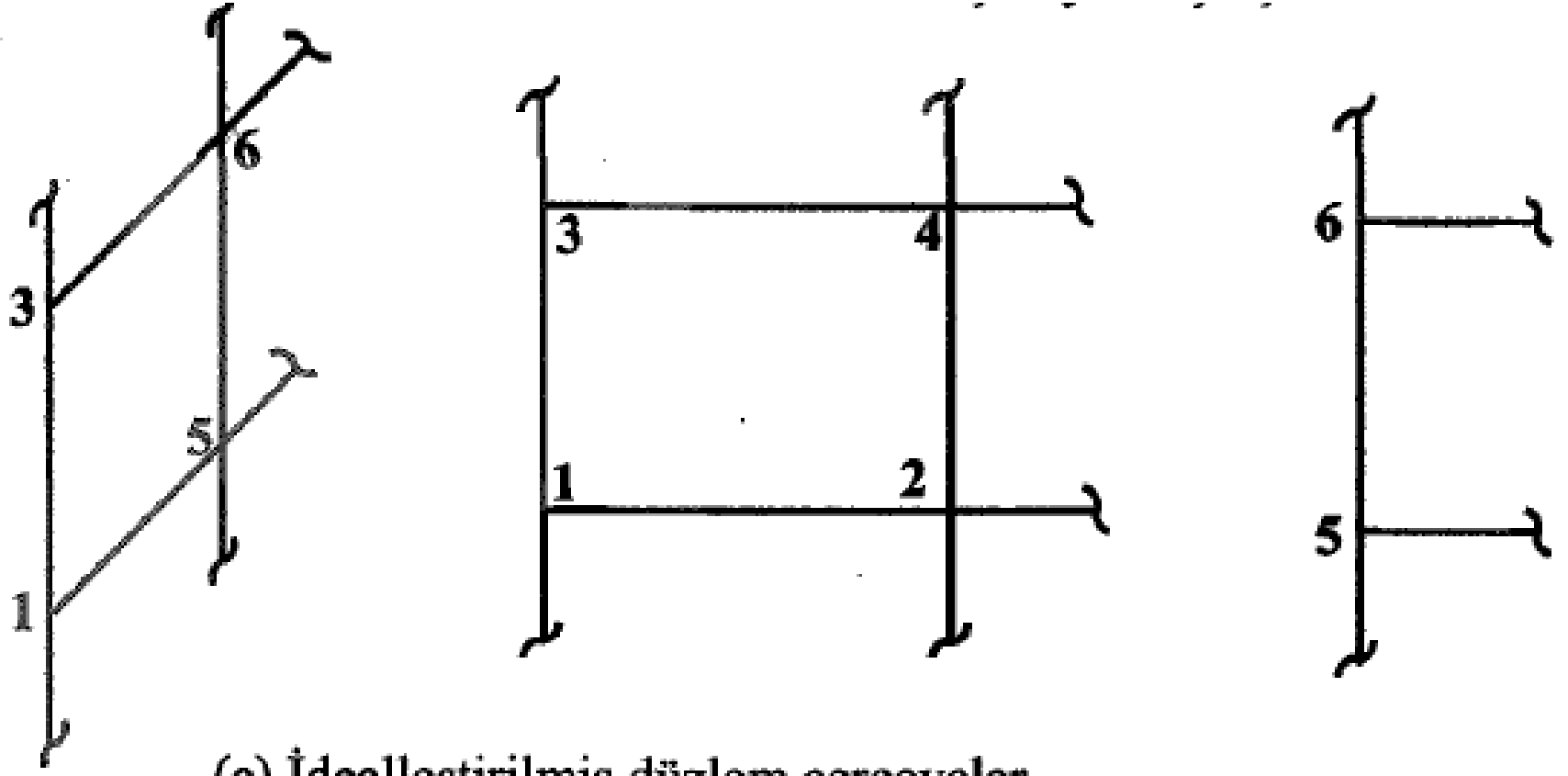


(a) Gerçek sistem



(b) İdealleştirilmiş iskelet sistem
üç boyutlu çerçeve

1. Bölüm: Genel Bilgiler



(c) İdealleştirilmiş düzlem çerçeveler

Şekil 1.29 Bina çerçeveleri modeli

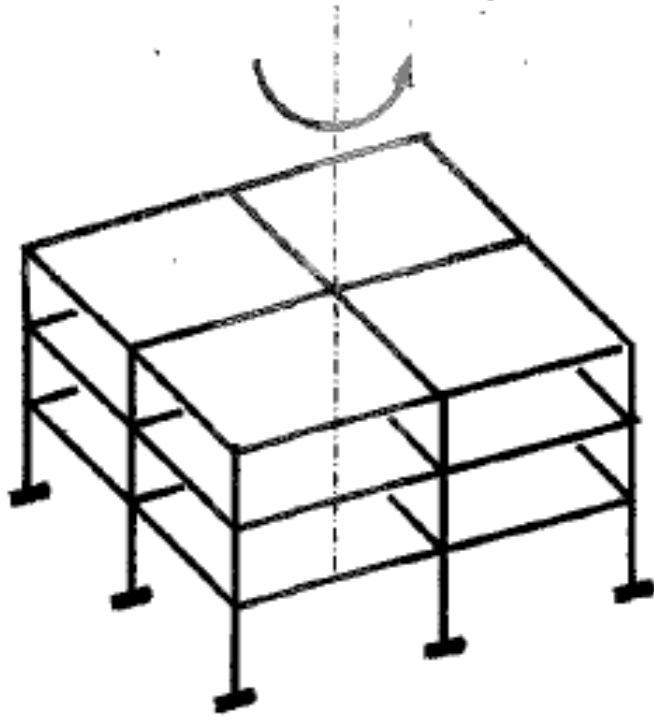
1. Bölüm: Genel Bilgiler

1.4.1 Sistemin geometrisi ve birbirine etkisi

Sistemler genellikle Şekil 1.29(a)'da da görüldüğü gibi üç boyutlu elemanların birleşiminden meydana gelen üç boyutlu cisimlerdir. Hesaplarda çoğu zaman onların enine boyutları göz ardı edilerek sadece eksenleri ile gösterilen kafes, kolon, kiriş gibi çubuk elemanların birleşiminden meydana gelen sistemler olarak göz önüne alınır. Bu durumda sistem Şekil 1.29(b)'de görüldüğü gibi üçboyutlu iskelet sistem olarak ortaya çıkar. Bu tür idealleştirilmiş sistemlere "çerçeve sistemler" denir. Üç boyutlu hesaplamalarda uzay çerçeve sistemleri gözönüne alınır. Uzay çerçevelerin hesabı da oldukça karmaşık ve zordur. Bu yüzden bu uzay çerçevelerde Şekil 1.29(c)'de görüldüğü gibi daha kolay hesapla-



1. Bölüm: Genel Bilgiler

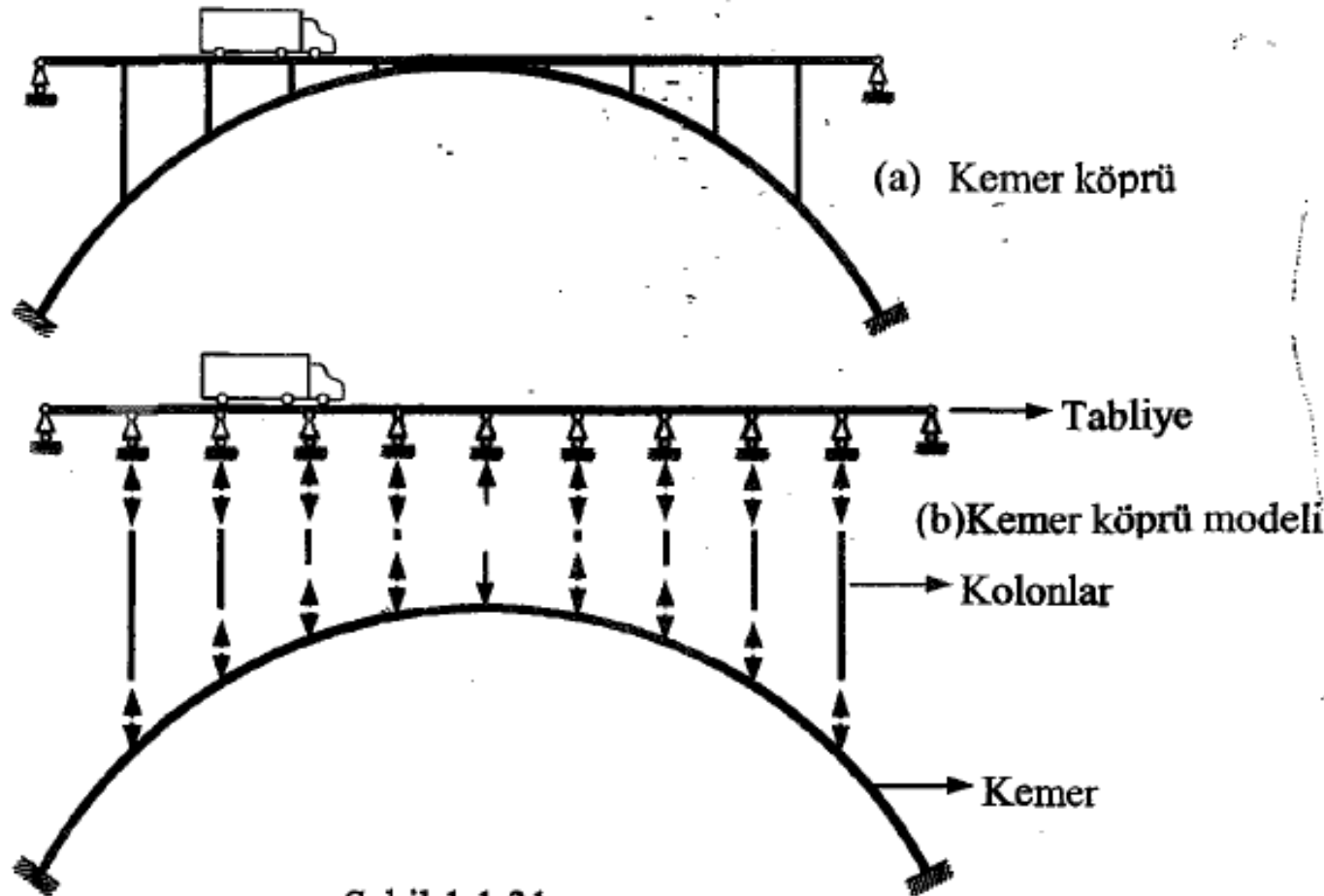


Şekil 1.30 Burulma etkisi
altındaki bina çerçevesi

nabilecek düzlem çerçevelere dönüştürülür. Bu varsayıma göre her bir düzlem çerçeve diğer çerçevelerin etkisi göz önüne alınmadan bağımsız olarak hesaplanabilir. Ancak her sistemi bu tür tekil düzlem çerçevelere ayırmak pek gerçekçi olmaz. Örneğin Şekil 1.30'da görülen burulma momenti etkisi altındaki bir sistem bu etki için tekil düzlem çerçevelere ayrılamaz. Bunların bir bütün halinde uzay çerçeve olarak hesaplanması gerekir.

1. Bölüm: Genel Bilgiler

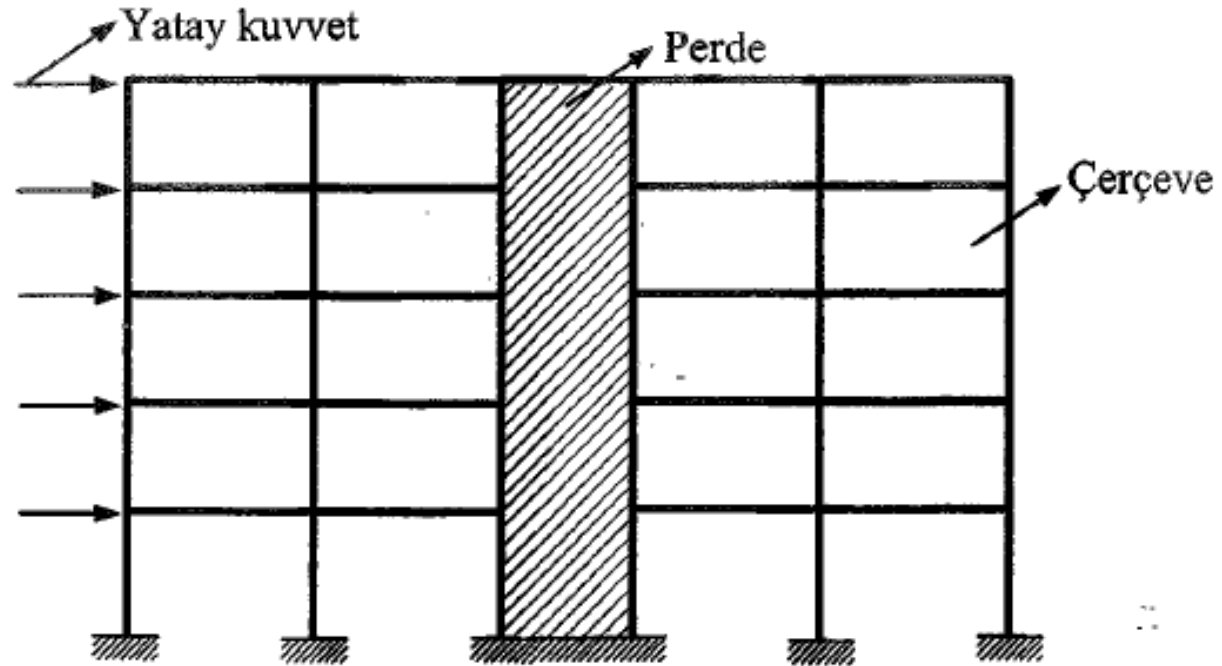
Şekil 1.31'de görülen betonarme kemer köprü, tabliye kirişleri, kolonlar ve kemerden oluşmaktadır. Bunlar ilk yaklaşıklık olarak birbirinden bağımsız olarak düşünülerek hesaplanabilir.



Şekil 1.1.31

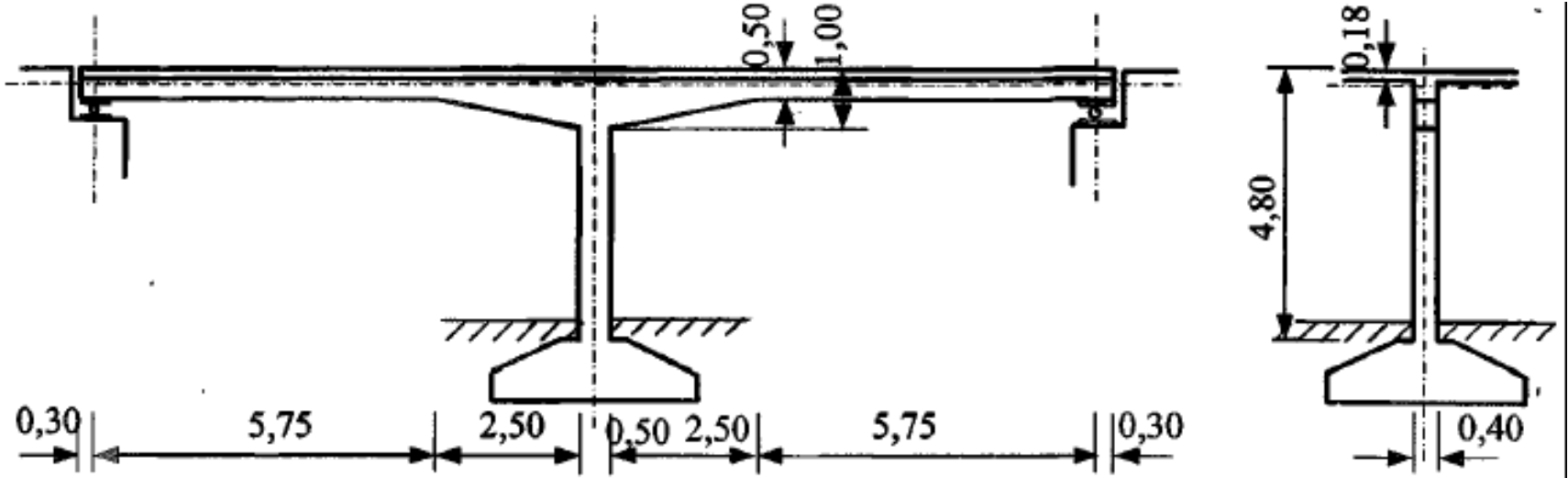
1. Bölüm: Genel Bilgiler

Şekil 1.32’de görülen yatay kuvvetlere maruz yüksek binalarda perde duvarlar da vardır. Bunlar genellikle merdiven ve asansör boşluğunun çevresinde ve yapının rijitlik merkezini bozmayacak şekilde tercihan, simetrik olarak yapının uygun yerlerine yerleştirilir. Bu tür perdeler hesaplarda çoğunlukla yatay kuvvetler için kiriş olarak göz önüne alınır. Doğaldır ki bu varsayım perde ve çerçevelerin yatay yük alabilme rijitliklerine ve yüklerin etkiye durumlarına ve teşkil edilme durumlarına bağlıdır.

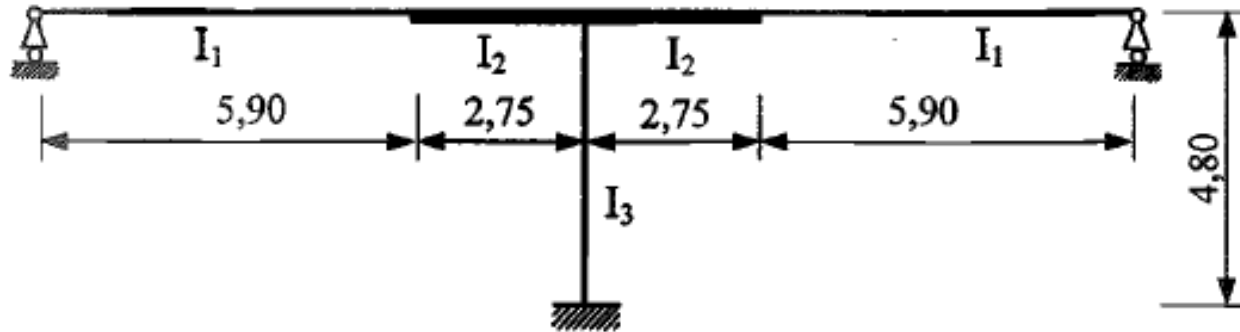


Şekil 1.32 Perdeli bina çerçevesi

1. Bölüm: Genel Bilgiler



Şekil 1.33a Bir köprü çerçevesi



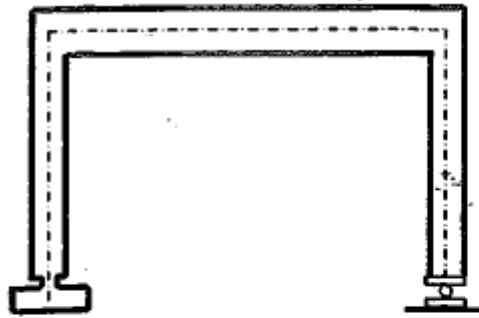
Şekil 1.33b Bir köprü çerçevesi statik şeması

Şekil 1.33a'da görülen iki açıklı bir köprü çerçevesinin statik şeması şekil 1.33b'de gösterildiği gibi idealleştirilebilir.

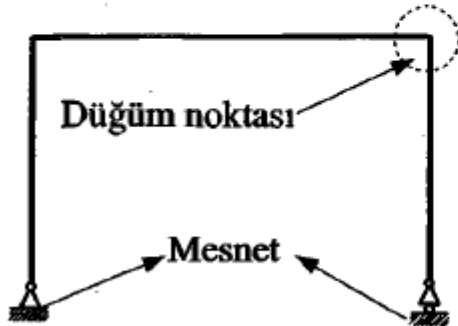
1. Bölüm: Genel Bilgiler

1.4.2 Mesnetler ve Düğüm Noktaları

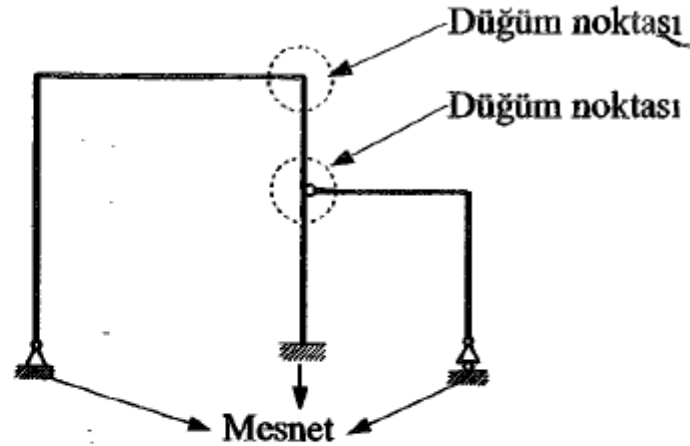
Bir taşıyıcı sistemdeki tepkileri, bir başka taşıyıcı sisteme ve zemine aktaran yapı elemanlarına **mesnet** denir. Taşıyıcı sistem çubuklarının birleştikleri noktalara da **düğüm noktası** denir. Şekil 1.34 ve 1.35’de değişik mesnet ve düğüm noktaları gösterilmiştir.



Şekil 1.34a Gerçek sistem



Şekil 1.34b İdealleştirilmiş sistem



Şekil 1.35 Mesnet ve düğüm noktaları

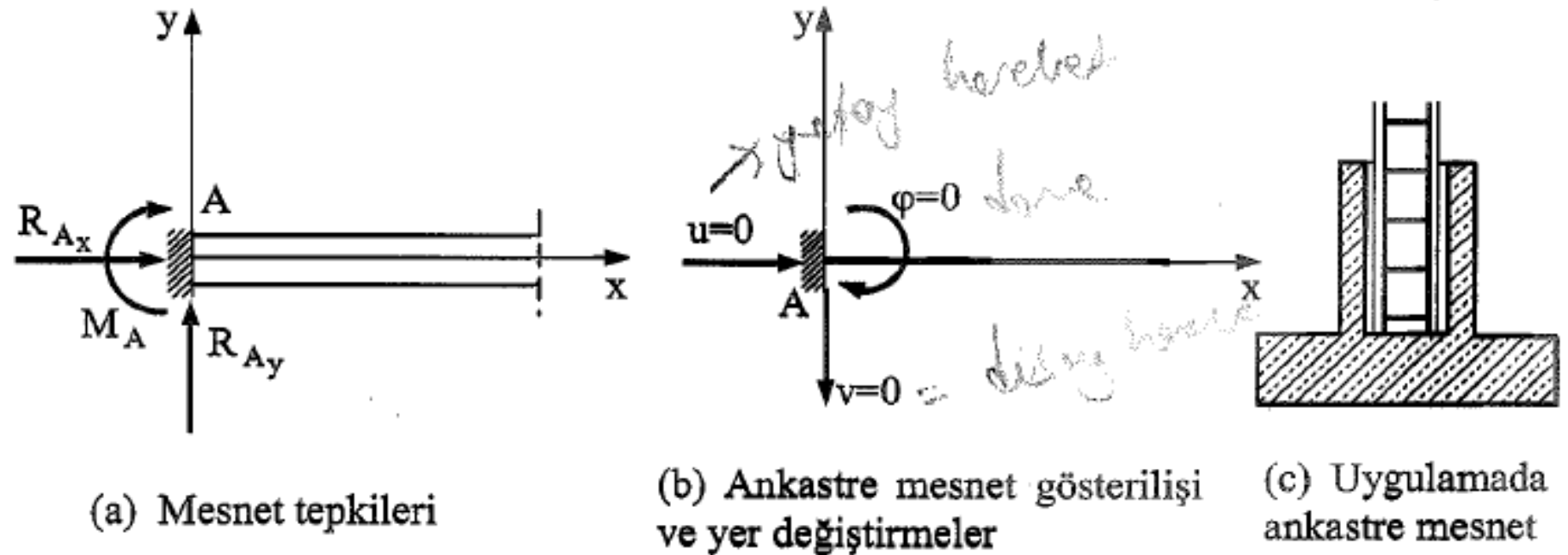
1. Bölüm: Genel Bilgiler

1.4.2.1 Mesnetler

Mesnetler aktardıkları kuvvetlere ve yaptıkları hareketlere göre sınıflandırılır. Aşağıdaki bölümlerde sık karşılaşılan bazı mesnet türleri verilmiştir.

1.4.2.1.1 Ankastre mesnet

Taşıyıcı bir elemanı sonsuz rijit bir ortama veya bir başka taşıyıcı sisteme hiç yer değiştirme yapmayacak şekilde bağlayan mesnetlere **ankastre mesnet** denir. Şekil 1.36(a)'da düzlem sistemlerdeki ankastre mesnet ve mesnet tepkileri gösterilmiştir.



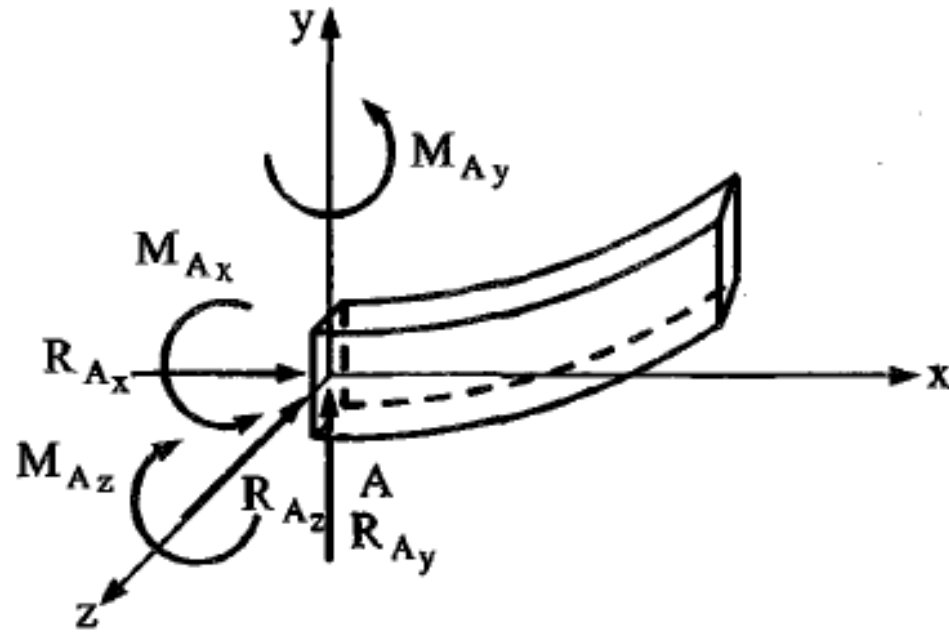
Şekil 1.36 Düzlem sistemlerde ankastre mesnetler

1. Bölüm: Genel Bilgiler

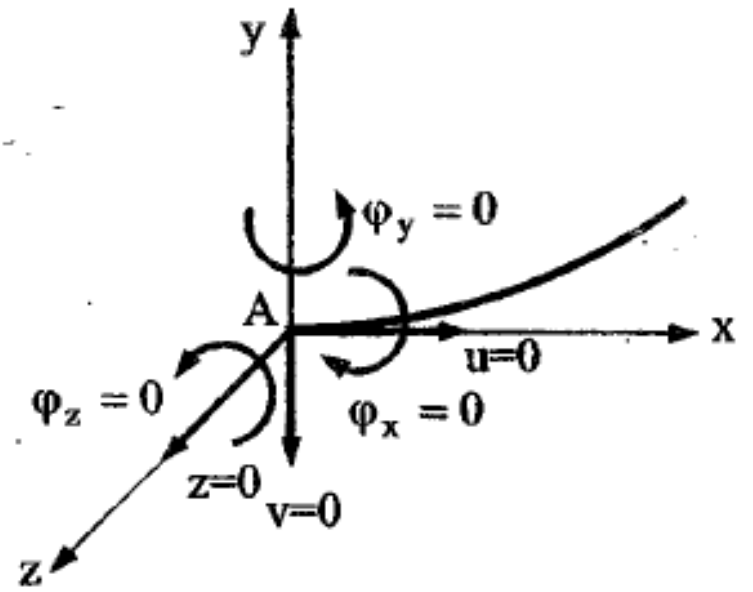
Şekil 1.36(b)'de düzlem sistemlerde ankastre mesnedin gösterilişi ve mesnet hareketleri ve Şekil 1.36(c)'de ankastre mesnet uygulaması gösterilmiştir. Şekil 1.36(a) ve (b)'den de görüldüğü gibi düzlem ankastre mesnette çubuk eksenini doğrultusundaki u , çubuk eksenine dik doğrultudaki v yer değiştirmeleri ve çubuğa dik z eksenine göre dönmesi (açısal yer değiştirmesi) ϕ sıfırdır ve bunlara karşılık R_{Ax} , R_{Ay} ve M_A mesnet tepkileri meydana gelmektedir. Bu mesnetlerde görüldüğü gibi üç mesnet tepkisi vardır ve serbestlik derecesi sıfırdır. Diğer bir anlatımla serbest kalan mesnet hareketi yoktur. Uygulamada Şekil 1.32'de görülen perdeye saplanan kirişlerin mesnetleri, kayaya ve sağlam zemine oturan kolon temellerinin mesnetleri ve Şekil 1.36(c)'de görülen temeller olarak düşünülebilir.



1. Bölüm: Genel Bilgiler



(a) Mesnet ve tepkiler



(b) Mesnet yer değiştirmeleri

Şekil 1.37 Üç boyutlu sistemlerde ankastre mesnetler

Şekil 1.37(a)'da üç boyutlu sistemlerdeki ankastre mesnedin mesnet tepkileri ve Şekil 1.37(b)'de de yer değiştirmeleri gösterilmiştir. Uzay ankastre mesnetlerde R_{Ax} , R_{Ay} , R_{Az} , M_{Ax} , M_{Ay} ve M_{Az} olmak üzere 6 mesnet tepkisi vardır. Şekil 1.37(b)'de görüldüğü gibi bu kuvvetler doğrultusundaki 6 yer değiştirme de sıfırdır. Bu durumda serbestlik derecesi de sıfır olmaktadır.

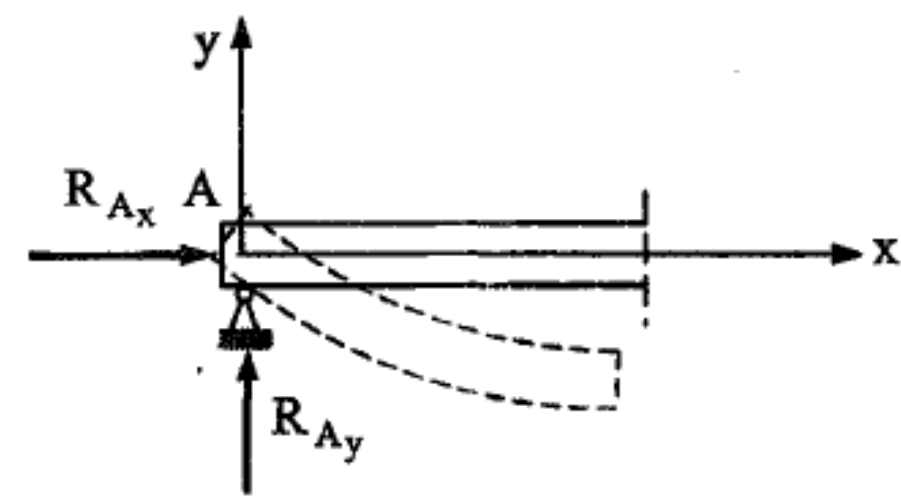
1. Bölüm: Genel Bilgiler

1.4.2.1.2 Mafsallı sabit mesnet

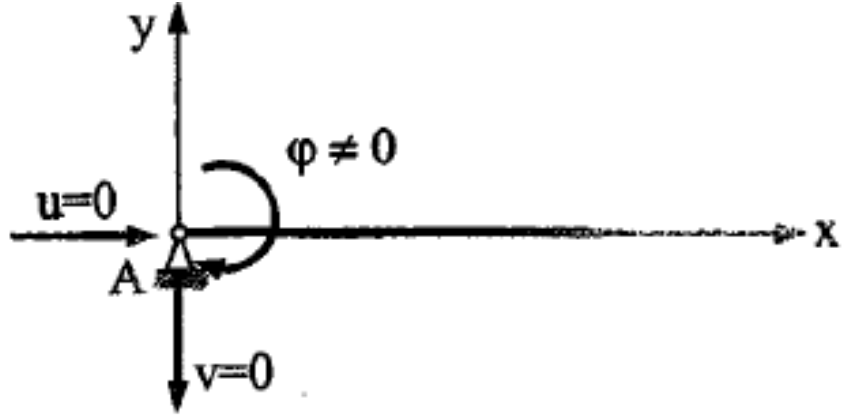
Taşıyıcı elemanı dış ortama serbestçe dönebilecek fakat diğer doğrultularda hareket etmeyecek (yer değiştirmeyecek) şekilde bağlayan mesnetlere **mafsallı sabit mesnet** denir. Şekil 1.38'de düzlem sistemlerde ve Şekil 1.39'da üç boyutlu sistemlerdeki mafsallı sabit mesnetler gösterilmiştir. Şekil 1.38(b)'de görüldüğü gibi düzlem sistemlerde mafsallı sabit mesnette, çubuk eksenini doğrultusundaki u ve çubuk eksenine dik doğrultudaki v yer değiştirmesi sıfır, çubuk eksenine dik doğrultudaki z eksenine göre dönme açısı sıfırdan farklıdır. Buna karşılık u ve v doğrultularında R_{Ax} ve R_{Ay} mesnet tepkileri meydana gelir. M_A mesnet tepkisi sıfırdır. Bu nedenle mafsallı sabit mesnedin serbestlik derecesi birdir.

✱ Bir kirise saplanan kirisin mesnetleri, özel olarak mafsallı teşkil edilmiş kolonların mesnetleri, Şekil 1.38(c)'de görüldüğü gibi köprü kirişlerinde özel olarak teşkil edilmiş mesnetler ve Şekil 1.38(d)'de görüldüğü gibi duvara saplanan kirişlerin uçları bu tür mesnetlere örnek gösterilebilir.

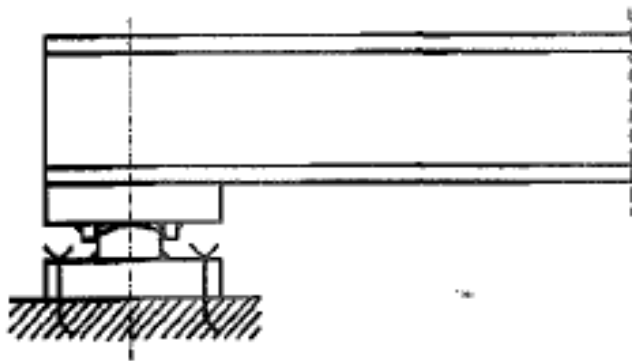
1. Bölüm: Genel Bilgiler



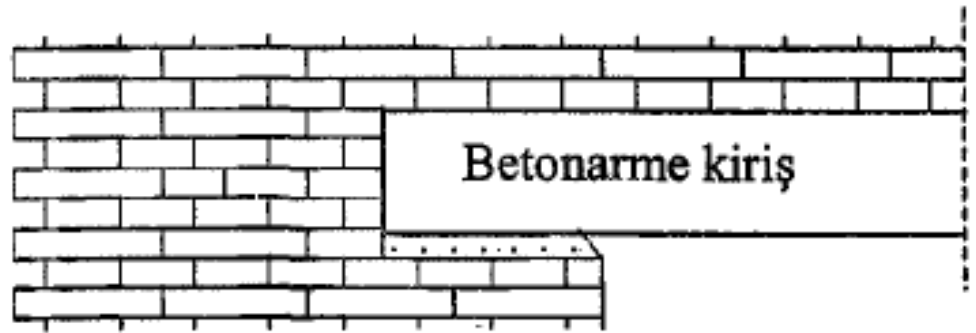
(a) Mesnet tepkileri



(b) Mafsallı sabit mesnet gösterilişi ve yer değiştirmeler



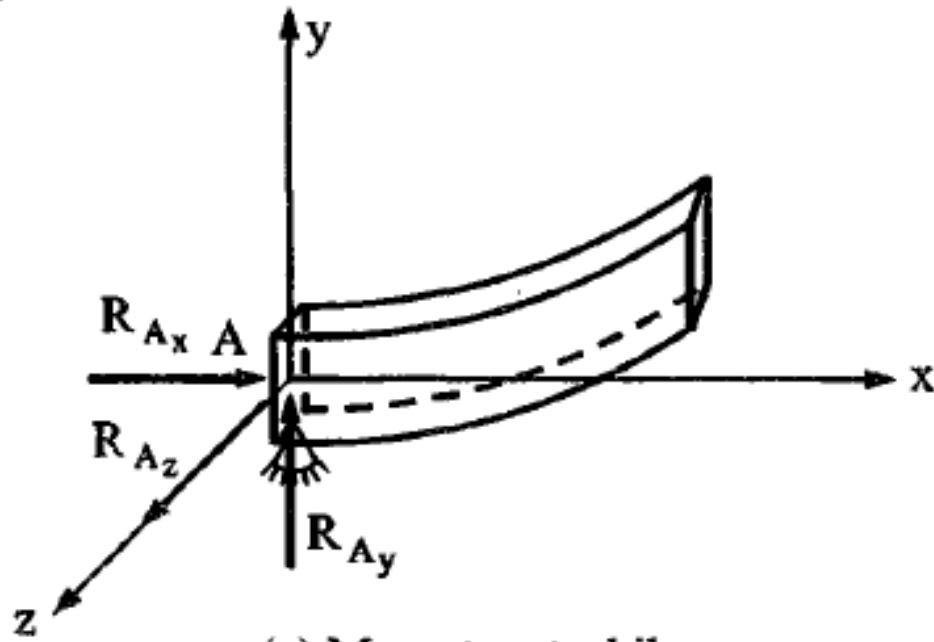
(c) Çelik mafsallı sabit mesnet



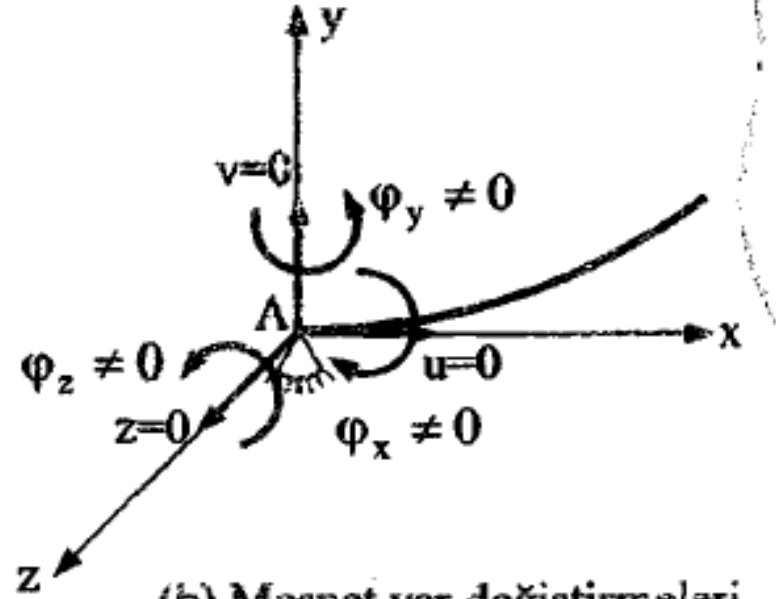
(d) Duvara saplanan kiriş mesnedi

Şekil 1.38 Düzlem sistemlerde mafsallı sabit mesnetler

1. Bölüm: Genel Bilgiler



(a) Mesnet ve tepkiler



(b) Mesnet yer değiştirmeleri

Şekil 1.39 Üç boyutlu sistemlerde mafsallı sabit mesnetler

Uzay sistemlerdeki mafsallı sabit mesnette, Şekil 1.39(b)'de de görüldüğü gibi üç doğrultudaki dönme açıları sıfırdan farklı ve eksenler doğrultusundaki yer değiştirmeler sıfırdır. Mesneden serbestlik derecesi üçtür. Açılar yönündeki M_{Ax} , M_{Ay} ve M_{Az} moment mesnet tepkileri sıfırdır. Bu mesnetlerde R_{Ax} , R_{Ay} ve R_{Az} , olmak üzere 3 mesnet tepkisi vardır.

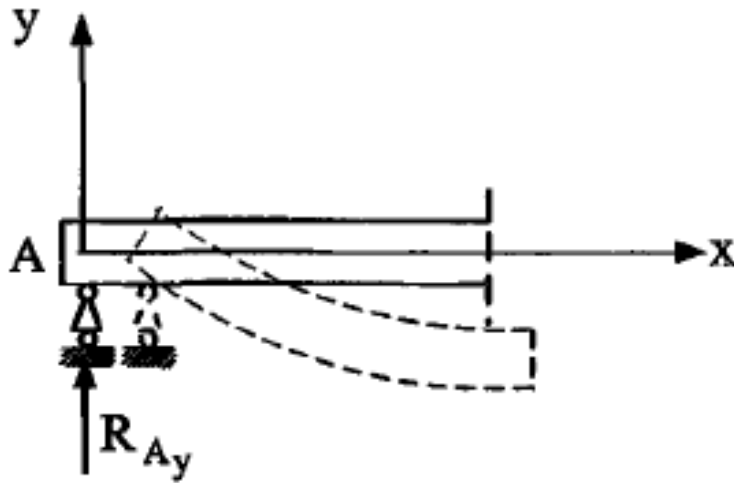
1. Bölüm: Genel Bilgiler

1.4.2.1.3 Mafsallı hareketli mesnet

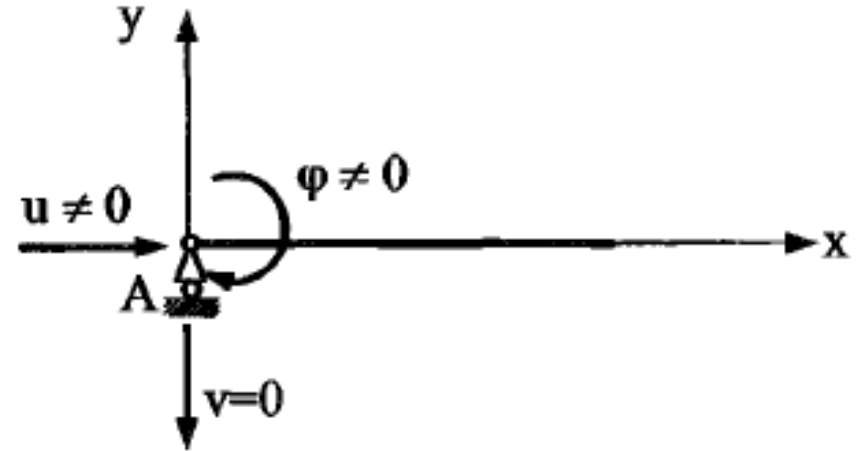
Taşıyıcı elemanı dış ortama, serbestçe dönebilecek ve düzlem sistemlerde bir uzay sistemlerde iki doğrultuda hareket edebilecek şekilde bağlayan mesnetlere **mafsallı hareketli mesnet** denir. Şekil 1.40'da düzlem sistemler ve Şekil 1.41'de de uzay sistemlerdeki mafsallı kayıcı mesnetler gösterilmiştir. Şekil 1.40(b)'de görüldüğü gibi düzlem sistemlerde mafsallı hareketli mesnette çubuk eksenine dik doğrultudaki v yer değiştirmesi sıfır, çubuk eksenini doğrultusundaki u ve çubuk ekseninin dönme açısı sıfırdan farklıdır. Buna karşılık v doğrultularında R_{Ay} mesnet tepkisi meydana gelir. R_{Ax} ve M_A mesnet tepkileri sıfırdır. Bu nedenle mafsallı hareketli mesnedin serbestlik derecesi ikidir.

Bu tür mesnetler düzlem sistemlerde özellikle köprü girişlerinde rulolu çelik mesnetler (Şekil 2.40(d)) ve elastomer (neopren) mesnet (Şekil 1.40 (c)) olarak düzenlenir.

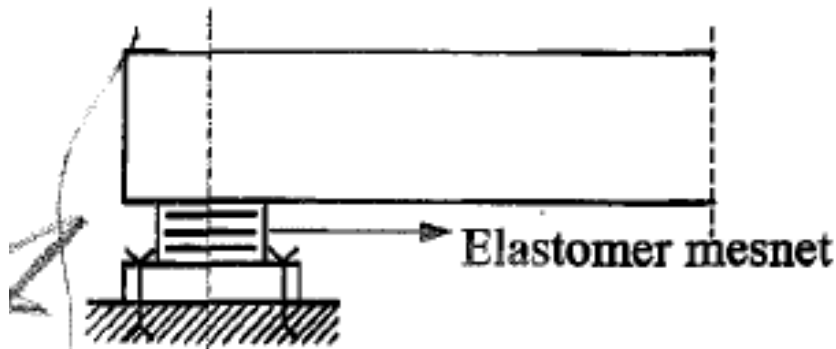
1. Bölüm: Genel Bilgiler



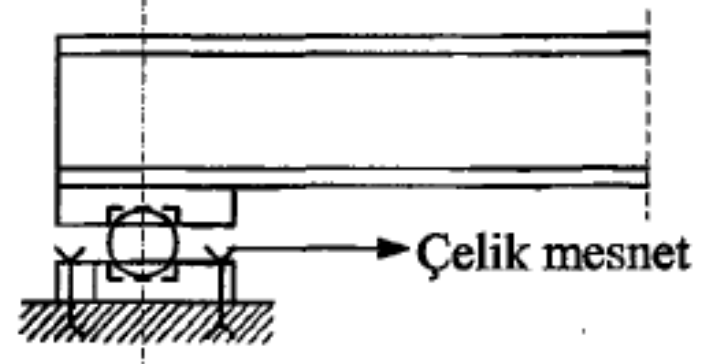
(a) Mesnet tepkileri



(b) Mafsallı hareketli mesnet gösterilişi ve yer değiştirmeler



(c) Elastomer mesnet

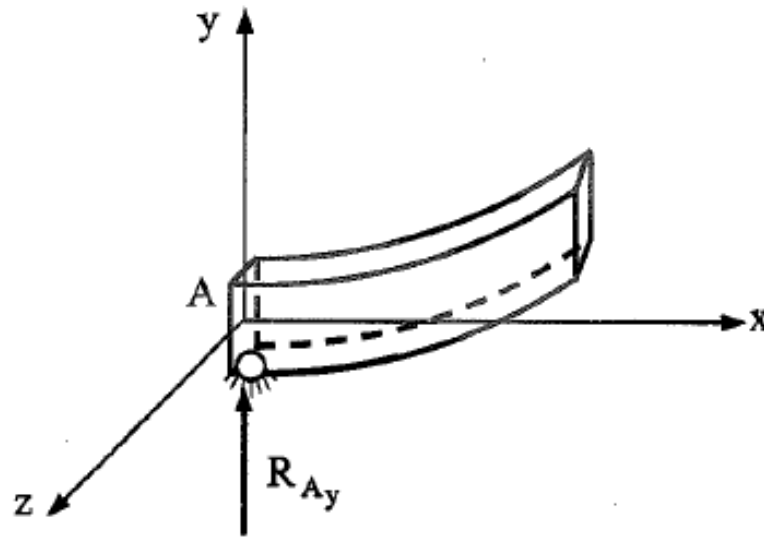


(d) Rulolu çelik mesnet

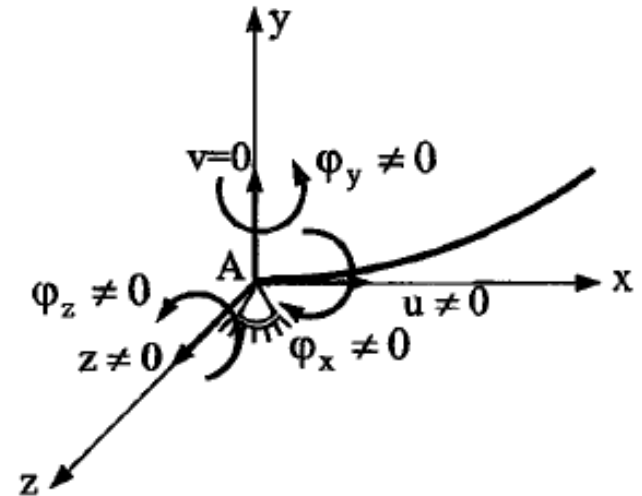
Şekil 1.40 Düzlem sistemlerde mafsallı hareketli mesnetler

1. Bölüm: Genel Bilgiler

Uzay sistemlerdeki mafsallı hareketli mesnette, Şekil 1.41(b)'de de görüldüğü gibi üç doğrultudaki dönme açıları ve iki doğrultudaki yer değiştirmeler sıfırdan farklı ve bir doğrultusundaki (y eksenine doğrultusundaki) yer değiştirme sıfırdır. Mesnedin serbestlik derecesi beştir. Açılar yönündeki M_{Ax} , M_{Ay} ve M_{Az} moment mesnet tepkileri, R_{Ax} ve R_{Az} mesnet tepkileri sıfırdır. Bu mesnetlerde R_{Ay} olmak üzere bir mesnet tepkisi vardır.



(a) Mesnet tepkileri

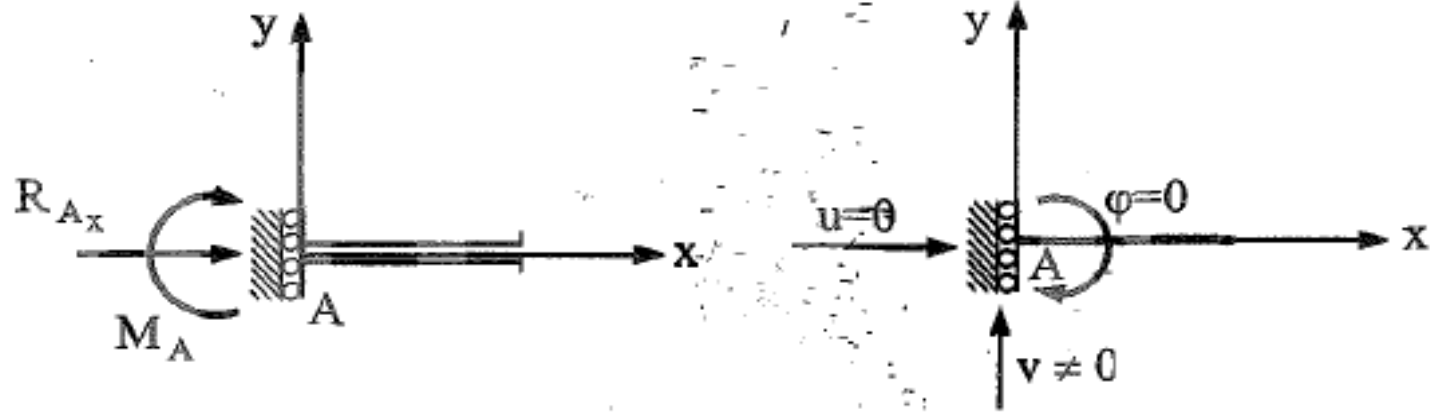


(b) Gösterilişi ve yer değiştirmeleri

Şekil 1.41 Uzay sistemlerde mafsallı hareketli mesnetler

1. Bölüm: Genel Bilgiler

1.4.2.1.4 Kılavuz mesnet



(a) Mesnet tepkileri

(b) Gösterilişi ve yer değiştirmeleri

Şekil 1.42 Kılavuz mesnet

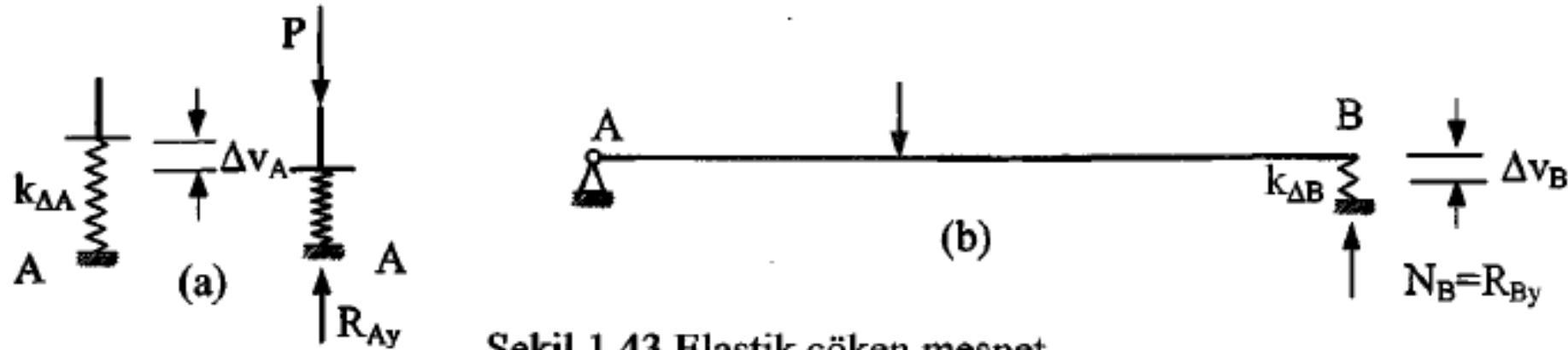
Taşıyıcı elemanı dış ortama, belirli bir doğrultuda hareket edebilecek fakat diğer doğrultuda hareket etmeyecek ve dönme yapmayacak şekilde bağlayan mesnetlere **kılavuz mesnet** denir. Şekil 1.42'de düzlem sistemlerde kılavuz mesnetler gösterilmiştir. Şekil 1.42(b)'de görüldüğü gibi düzlem sistemlerde kılavuz mesnette çubuk eksenine dik doğrultudaki v yer değiştirmesi sıfırdan farklı, çubuk eksenini doğrultusundaki u yer değiştirmesi ve çubuk ekseninin dönme açısı sıfırdır. Buna karşılık u yer değiştirmesi doğrultularında R_{Ax} mesnet tepkisi ve M_A mesnet momenti tepkisi meydana gelir. R_{Ay} mesnet tepkisi sıfırdır. Bu nedenle kılavuz mesnedin serbestlik derecesi birdir.

1. Bölüm: Genel Bilgiler

1.4.2.1.5 Elastik mesnetler

1.4.2.1.5.1 Elastik çöken mesnetler

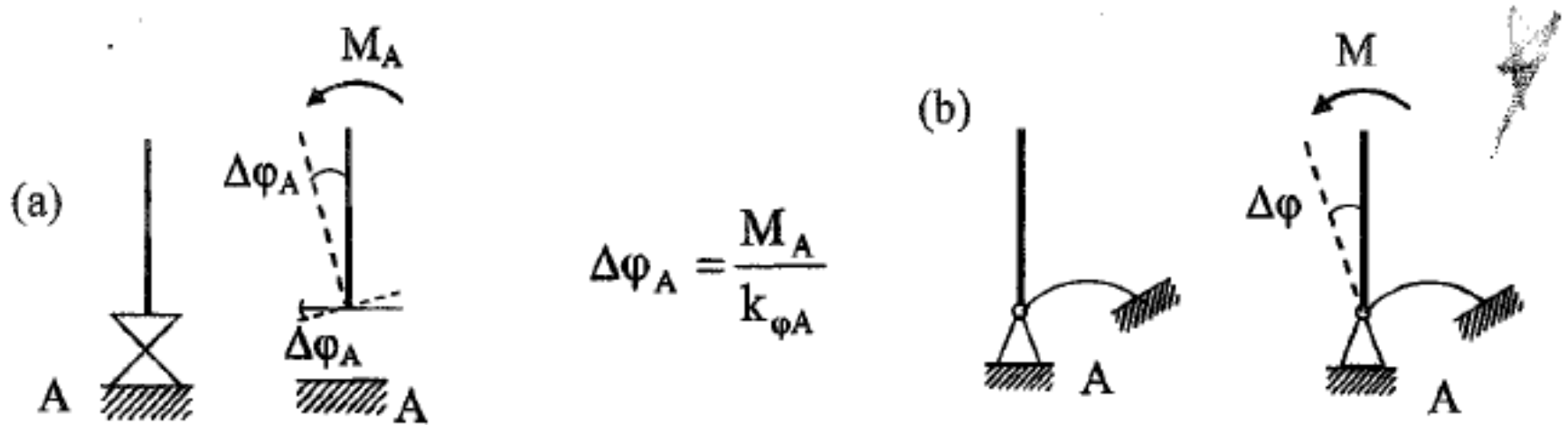
Taşıyıcı elemanı dış ortama belirli bir miktar çökebilecek şekilde, diğer doğrultuda hareket edemeyecek ve dönme yapamayacak şekilde bağlayan mesnetlerdir. Bu mesnette $u=0$, $\phi=0$ veya $\phi \neq 0$ 'dır. Bu mesnetler, yalnız çubuk eksenini doğrultusunda sınırlı reaksiyon kuvveti alabilen ve bu doğrultudaki kuvvet etkisiyle elastik olarak şekil değiştiren mesnetlerdir. Sağlam zemine oturmeyan temeller bu tür mesnetler olarak düşünülebilir. Temel yükü nedeni ile zeminde meydana gelen sıkışma temelin elastik olarak çökmesine neden olur. Zemin sıkışması statik olarak bir yayın sıkışması ile ifade edilir ve elastik şekil değiştirmeler (çökmeler) k_{Δ} yay katsayısı (mesnet redörü) yardımıyla hesaplanır.



Şekil 1.43 Elastik çöken mesnet

1. Bölüm: Genel Bilgiler

1.4.2.1.5.2 Elastik dönen mesnet

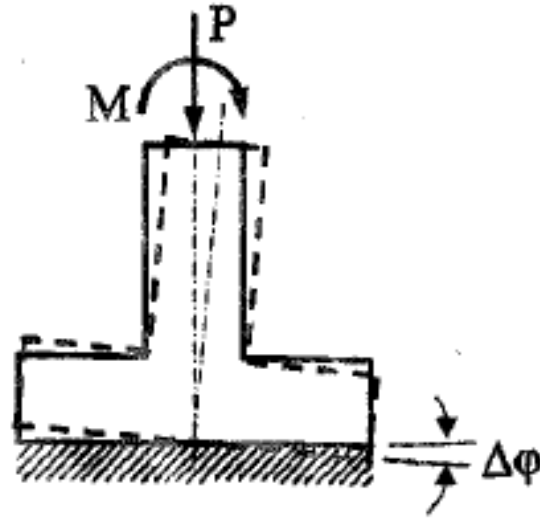


Şekil 1.44 Elastik dönen Mesnetler

Çubuk eksenine dik ve paralel doğrultularda tam bağlı ($v = u = 0$) olan fakat elastik olarak (momentle doğru orantılı olarak) dönebilen mesnetlere **elastik ankastre mesnetler** denir.

1. Bölüm: Genel Bilgiler

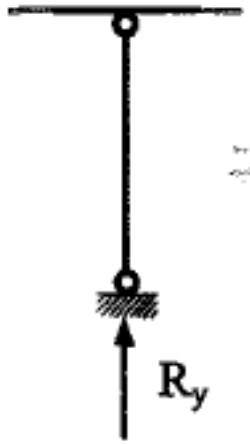
1.4.2.1.5.3 Elastik dönen ve iki doğrultuda elastik çöken mesnetler



Şekil 1.46 Kolon temelinin dönmesi

Genel olarak Şekil 1.46'da görülen tipik bir kolon temeli göz önüne alınır-sa, burada temelin dönmelere karşı mukavemet edip etmeyeceği sorunu ortaya çıkar. Büyük bir olasılıkla tam ankastrelik ile tam mafsallı sabit mesnetlik arasında bir durum meydana gelecektir. Çoğunlukla temelin projelendirme biçimine, zemin şartlarına ve özelliklerine ve temel boyutlarına bağlı olarak bu ekstrem durumlardan biri kabul edilebilir. Burada en doğrusu kolon mesnedini elastik ankastre meset olarak kabul etmektir.

1. Bölüm: Genel Bilgiler



Şekil 1.47 Pandül mesnet

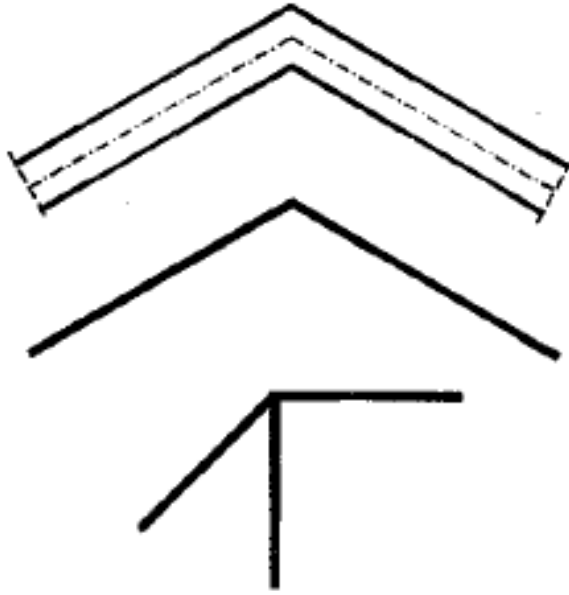
1.4.2.1.6 Pandül mesnet

Şekil 1.47'de görüldüğü gibi çubuk eksenine dik doğrultuda kuvvet etkimeyen iki ucu mafsallı çubuklara **pandül mesnet** (çubuk) denir. Pandül çubuk eksenine doğrultusunda bir mesnet tepkisi vardır. Pandül çubuk eksenine doğrultusundaki yer değiştirme sıfır diğer doğrultudaki yer değiştirme ve dönme açısı sıfırdan farklıdır. Serbestlik derecesi ikidir.

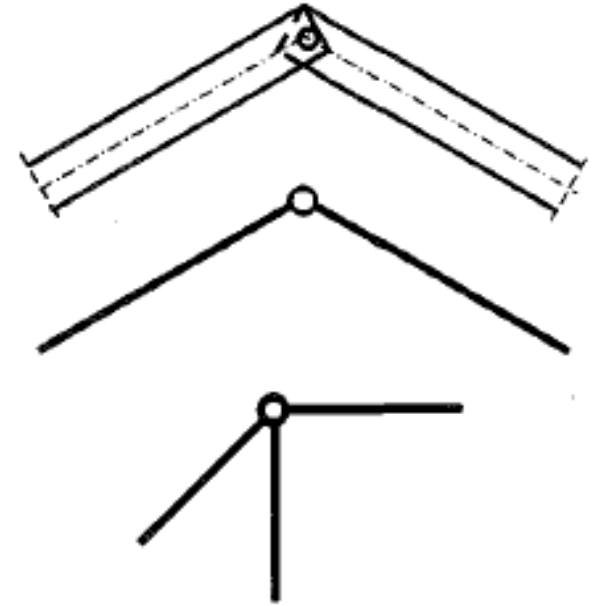


1. Bölüm: Genel Bilgiler

1.4.2.2 Düğüm noktaları



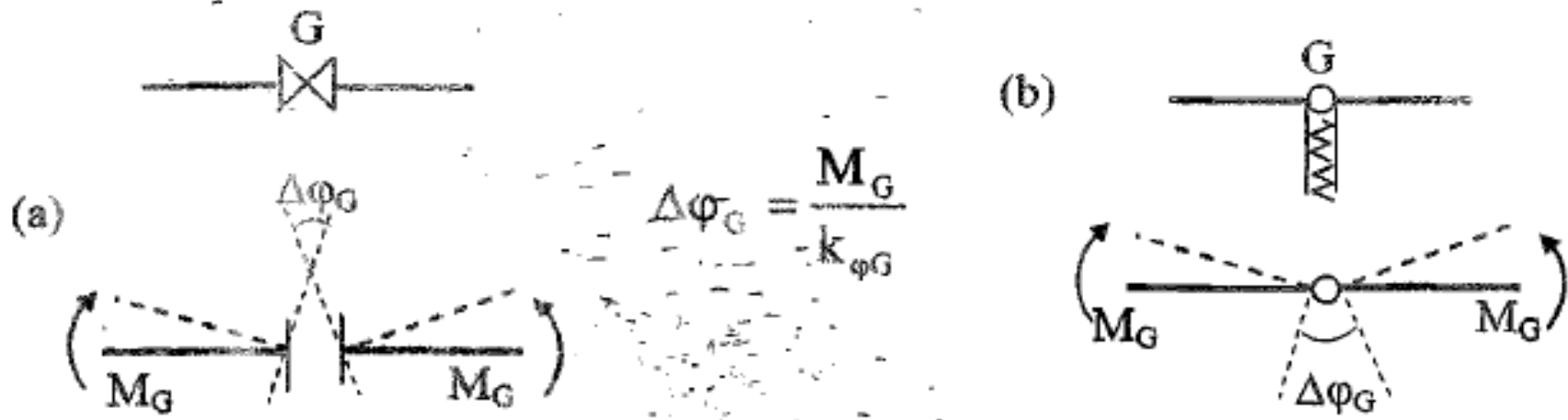
Şekil 1.48 Rijit düğüm noktaları



Şekil 1.49 Mafsallı düğüm noktaları

Çubukların birbirleri ile birleştiği noktalara **düğüm noktası** denir. Şekil 1.48'de görüldüğü gibi birbirlerine rijit bağlanan düğüm noktalarına **rijit düğüm noktası**, Şekil 1.49'da görüldüğü gibi çubukları her biri serbestçe dönebilecek şekilde bağlanan düğüm noktalarına **mafsallı düğüm noktası** denir. Şekil 1.45'de görüldüğü gibi belirli bir moment alan (sınırlı miktarda dönme yapabilecek şekilde birleşen) düğüm noktalarına da **elastik mafsallı düğüm noktası** denir.

1. Bölüm: Genel Bilgiler



Şekil 1.45 Elastik dönen düğüm noktaları

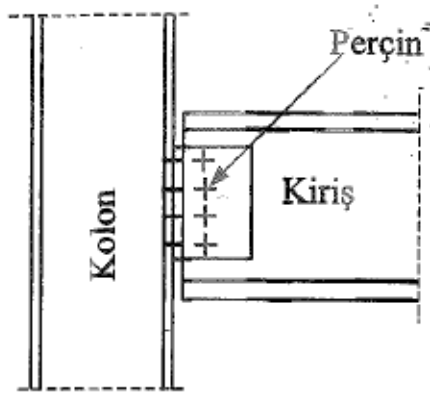


1. Bölüm: Genel Bilgiler

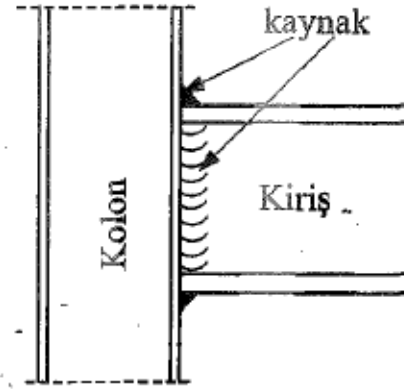
Basitleştirmelerde keza sistemin düğüm noktaları ve mesnet şartlarının idealleştirilmesi de oldukça etkindir. Bilindiği gibi kafes sistemlerde sistemi meydana getiren çubukların birbiri ile (perçin veya kaynakla birleşmesi durumunda) her türlü dönmeyi sağlayacak şekilde sürtünmesiz mafsallı varsayılır ve hesaplar bu varsayıma göre yapılır. Halbuki bunun sağlanabilmesi için tüm elemanların birleştiği noktada birbirlerine tek bir bulon veya perçinle birleşmiş olması gerekir.

Şekil 1.50(a)'da görülen perçinli birleşimde çelik kiriş kolona belirli bir moment aktarabilecek şekilde birleştirilmiş olmasına karşın Şekil 1.50(b)'de görüldüğü gibi çelik kiriş kolona mafsallı biçimde bağlandığı varsayılır. Gerçekte Şekil 1.50(c)'de görüldüğü gibi kiriş kolona düşük yay katsayılı elastik dönen mafsallı ile bağlanmış durumdadır. Şekil 1.51(a)'da görülen kaynaklı birleşimde çelik kiriş kolona bir moment aktarabilecek şekilde birleştirilmiş olduğundan Şekil 1.51(b)'de görüldüğü gibi çelik kirişin kolona rijit biçimde bağlandığı varsayılır. Gerçekte Şekil 1.51(c)'de görüldüğü gibi kiriş kolona yüksek yay katsayılı elastik dönen mafsallı ile bağlanmış durumdadır.

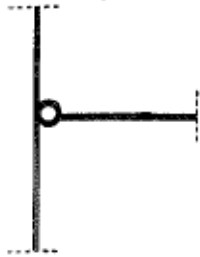
1. Bölüm: Genel Bilgiler



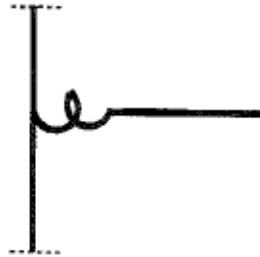
(a) Perçinli düğüm



(a) Kaynaklı düğüm noktası



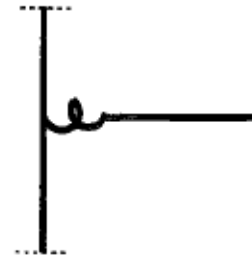
(b) Mafsallı birleşim



(c) Düşük yay katsayılı
elastik mafsallı birleşim



(b) Rijit birleşim



(c) Yüksek yay katsayılı
elastik mafsallı birleşim

Şekil 1.50 Perçinli birleşim

Şekil 1.51 Kaynaklı birleşim

Genel olarak kaynaklı birleşimlerde ve monolitik olarak imal edilen betonarme çerçevelerde realiteden uzak olsa da birleşim tam olarak rijit varsayılır. Gerçekte yukarıda da belirtildiği gibi özellikle kaynaklı ve perçinli birleşim noktalarını, belirli bir rijitliği olan, kısmen elastik düğüm noktaları olarak almak daha doğrudur.

1. Bölüm: Genel Bilgiler

1.5 Yapı Statiğinde Yapılan Varsayımlar

1.5.1 Malzemenin davranışı

Yapılarda kullanılan malzemeler lineer elastik, homojen ve izotrop varsayılır. Çoğu yapı malzemesi, sadece belirli bir gerilme limiti içerisinde Hooke Kanununa uygun olarak elastik davranır. Genel durumda servis yükleri altındaki hesap gerilmeleri yeteri kadar düşük olduğundan elastik davranış hakimdir. Bu bakımdan lineer elastik davranış varsayımı doğru sayılır.



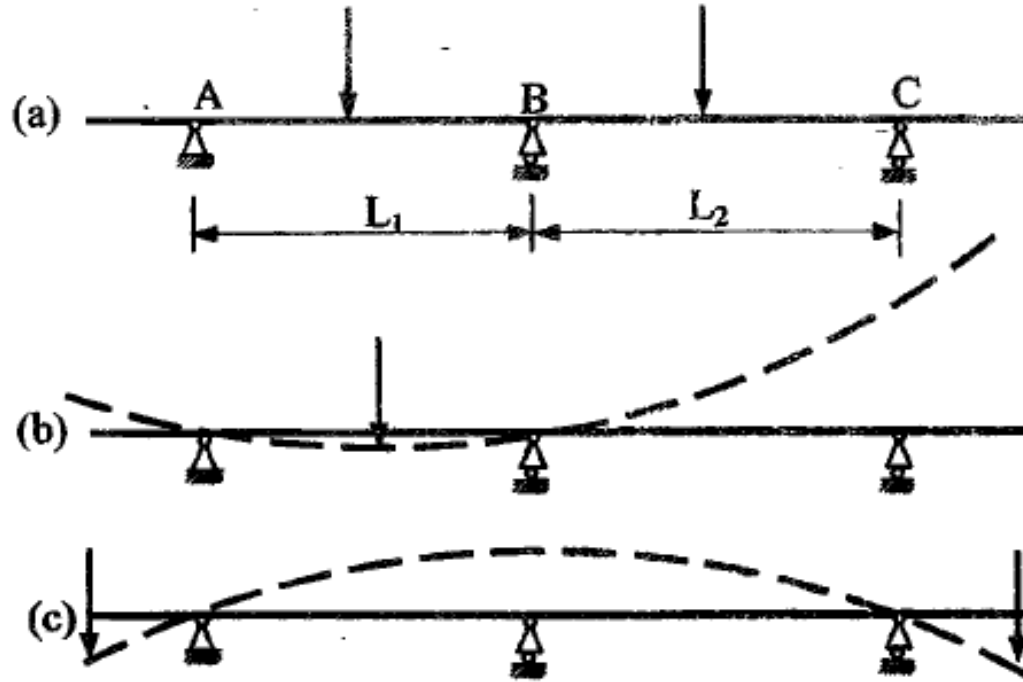
1. Bölüm: Genel Bilgiler

1.5.2 İncelenen sistemin şekli

Yapı statığında incelenen sistemler dış yüklerin şiddeti ve yerine bağlı değildir. Diğer bir anlatımla yüklerin yeri ve/veya şiddeti değiştikçe sistemin statik şeması değişiyorsa bu tür sistemler yapı statığı konuları içerisinde incelenmez. Şekil 1.52(a)'da görülen sistemde mesnetler üzerinde kirişin düşey hareketini önleyecek bir bağ bulunmamaktadır. Bu bakımdan Şekil 1.52(a)'da olduğu gibi yükler birinci ve ikinci açıklıklarda etkidiği zaman sistem iki açıklı çıkmalı sürekli kiriş olarak çalışır. Şekil 1.52(b)'de olduğu gibi yükler birinci açıklıkta iken sistem L_1 açıklıklı çıkmalı kiriş gibi çalışır. Yükler Şekil 1.52c'de olduğu gibi iki uca yüklenirse kiriş L_1+L_2 açıklıklı çıkmalı kiriş olarak çalışır. Bu bakımdan bu sistem yapı statığında incelenmez. Ancak bazı sistemler idealleştirilerek çözülebilir duruma getirilebilir.



1. Bölüm: Genel Bilgiler



1.5.3 Sistemin şekil değiştirmeden sonraki durumu

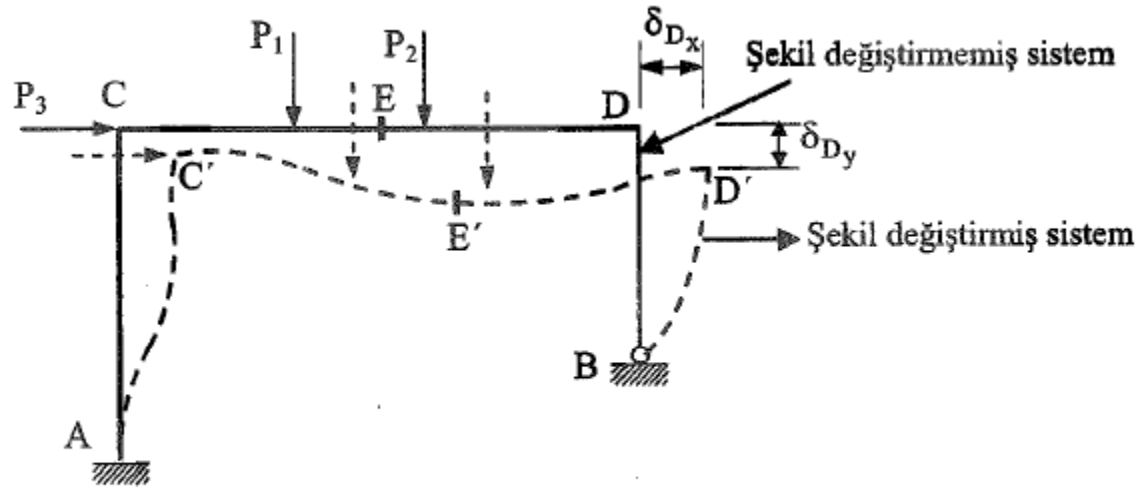
Yapı statığında incelenecek sistemlerde Bernoulli varsayımı geçerlidir. Diğer bir anlatımla, düzlem kesitler şekil değiştirmeden sonra da düzlem kalırlar ve bu düzlemler eğilmiş çubuk eksenine diktir. Ayrıca çubuk eksenine dik olan gerilmelerin yok sayılacak kadar küçük olduğu var sayılır.

1. Bölüm: Genel Bilgiler

1.5.4 Sistemlerde meydana gelen yer değiştirmeler

Sisteme etkiyen yüklerden meydana gelen yer değiştirmelerin, taşıyıcı sistemin elemanlarının uzunlukları yanında yok sayılabilecek kadar küçük olduğu, sistemin ilk geometrisini koruduğu ve buna dayalı olarakda şekil değiştirmemiş sistem üzerinde denge şartlarının yazılabileceği varsayılır. Bu nedenle denge denklemleri şekil değiştirmemiş sistem üzerinde yazılabilir. Şekil 1.53'de görülen sistem yüklenmeden önce dolu çizgi ile gösterilen biçimde iken, yüklendikten sonra şekil değiştirerek kesik çizgi ile gösterilen şekli almıştır. Görüldüğü gibi yüklendikten sonra sistemin bazı noktaları ve yüklerin yeri değişmiştir. Gerçekte şekil değişiminden sonra denge şartlarının kesik çizgi ile gösterilen şekil değiştirmiş sistem üzerinde yazılması gerekir. Ancak yukarıda da belirtildiği gibi yer değiştirmeler küçük varsayıldığından, denge, şekil değiştirmemiş sistem üzerindeki kuvvetler göz önünde tutularak yazılabilir. Şekil değiştirmemiş sistem üzerinde denge şartları yazılabilen teoriye **birinci mertebe teorisi** denir. Şekil değiştirmiş sistem üzerinde denge şartları yazılabilen teoriye ise **ikinci mertebe teorisi** denir. Buradan da anlaşıldığı gibi genel olarak yapı statiginde birinci mertebe teorisi geçerlidir.

1. Bölüm: Genel Bilgiler

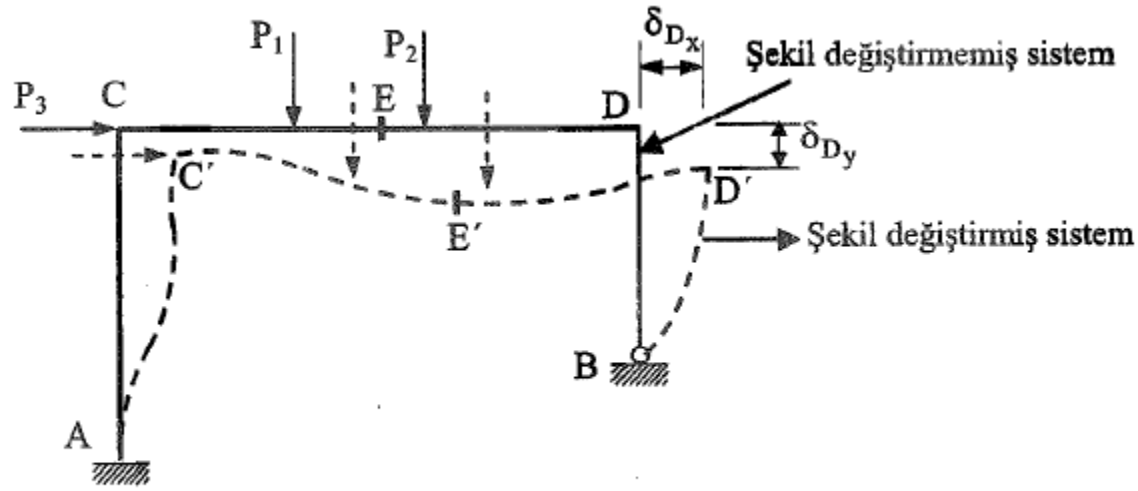


Şekil 1.53 Sistemin yüklenmeden önceki ve yüklendikten sonraki durumu

1.5.5 Süperpozisyon kuralı

Göz önüne alınan sistemlerde malzemenin elastik olması ve birinci mertebe teorisinin geçerli olması varsayımı sonucu süperpozisyon kuralı geçerlidir. Genelde yüklerin aşama aşama uygulandığı varsayılır. Süperpozisyon kuralı gereğince yüklerin sisteme ayrı ayrı yüklenmesi durumunda meydana gelecek statik büyüklükler (kesit tesirleri, mesnet tepkileri, yer değiştirmeler) ile yüklerin tümünün aynı anda yüklenmesi durumunda meydana gelecek statik büyüklükler birbirine eşittir.

1. Bölüm: Genel Bilgiler



Şekil 1.53 Sistemin yüklenmeden önceki ve yüklendikten sonraki durumu

Şekil 1.53'de E kesitinde P_1 kuvvetinden meydana gelen kesme kuvveti V_{E1} , P_2 kuvvetinden meydana gelen kesme kuvveti V_{E2} , P_3 kuvvetinden meydana gelen kesme kuvveti V_{E3} ise P_1 , P_2 ve P_3 kuvvetlerinin beraber etkimesi durumunda meydana gelen kesme kuvveti aşağıda verildiği gibi bulunur.

$$V_E = V_{E1} + V_{E2} + V_{E3}$$

1. Bölüm: Genel Bilgiler

1.5.6 Sistemin Kararlılığı

Yapı statığında göz önüne alınan sistemlerin statik denge durumunda, diğer bir deyişle kararlı denge durumunda olduğu varsayılır. Kararsız, oynak (labil) sistemler yapı statığında incelenemez.

1.6 Bir Yapının Projelendirilmesinde İzlenecek Yol

Önceki bölümlerden de açıkça anlaşılacağı gibi bir projenin yapımında aşağıda açıklanan yol izlenir.

1.Yapının fonksiyonu, inşa edileceği yer, kullanma amacı, kullanma süresi v.b gibi durumlar göz önüne alınarak yapının ve yapı elemanlarının biçimi ve kullanılacak malzemelerin cinsi belirlenir. Yapılarda kullanılan sistemler kendilerini oluşturan çubukların taşıma özelliklerine göre **dolu gövdeli sistemler** ve **kafes sistemler** olmak üzere genel olarak iki tiptedir.

1. Bölüm: Genel Bilgiler

Dolu gövdeli sistemler: Bu sistemlerde çubuklar eğilme momenti, kesme kuvveti ve eksenel kuvvet (normal kuvvet) etkisi altındadır. Bu elemanlar daha çok küçük açıklıklı yapı sistemlerinde kullanılır. Çünkü açıklık büyüdükçe yapının kendi ağırlığı önemli bir sorun haline gelir.

Kafes sistemler: Yalnız eksenel kuvvet etkisi altındaki çubuk elemanlardan oluşan sistemlerdir. Düğüm noktaları mafsallı varsayılır ve dış yükler genel olarak düğüm noktalarına etkiyecek biçimde projelendirilir. Sistemde mafsalların belirlenmesi gerekmez. Büyük açıklıklı sistemlerde ve çatılarda yaygın biçimde kullanılır. Sistemin kendi ağırlığının az oluşu dolu gövdeli sistemlere göre bir üstünlüktür.

Karma sistemler: Dolu gövdeli sistemlerle kafes sistemlerin beraber kullanılması ile elde edilen sistemlerdir. Örneğin büyük açıklı fabrika çerçevelerinde, kolonlar dolu gövdeli ve kirişler kafes kiriş biçiminde teşkil edilebilir.

Yapılarda malzeme olarak tarihsel kullanma sırasına göre taş, ahşap, yapay taşlar, (tuğla, biriket v.b) dökme demir, beton, çelik, betonarme, öngerilmeli beton, öngerilmeli çelik ve nadir olarak alüminyum alaşımları kullanılır.

1. Bölüm: Genel Bilgiler

2. Yapının biçimi, mesnetleri ve malzeme özellikleri için seçim yapılarak bir statik şema belirlenir. Önceki bölümlerde değinildiği gibi bu şemaya idealleştirilmiş sistem denir. Ancak yapılan hesapların sonucunda bu idealleştirmede yapılan varsayımların getirebileceği riskler göz önünde bulundurulmalıdır.

3. Yapıya tesir edecek yüklerin cinsleri, şiddetleri ve biçimleri tespit edilir.

4. Malzemenin limit gerilmeleri, elastisite modülü, kayma modülü, poisson oranı, ısı uzama katsayısı, sünme katsayısı, rötre katsayısı gibi özellikleri deneyler sonucu ve/veya ilgili yönetmelik kayıtlarından tespit edilir.



1. Bölüm: Genel Bilgiler

5. Seçilen sistemin elemanlarının boyutları bazı ampirik formüller, mimari gereksinimler, yönetmelik kayıtları ve daha önce yapılmış benzeri yapılar göz önüne alınarak belirlenir. Bu boyutlar genelde sisteme etkiyecek sabit yükler ve elastik rijitlikler için gerekli olan enkesitin alan, atalet momenti, mukavemet momenti v.b karakteristik değerlerinin bulunması için gereklidir. İzostatik sistemlerde eğer yapı yükü tahmini olarak seçilebilirse boyutunun önceden belirlenmesine gerek yoktur. Çünkü izostatik sistemlerin çözümünde elastik rijitliklerin bilinmesine gerek yoktur.



1. Bölüm: Genel Bilgiler

6. İdeal sistemde, yüklerden meydana gelen tepkiler, kesit tesirleri ve bunlara bağlı olarak yer değiştirmeler ve gerilmeler hesaplanır. Bulunan bu gerilmeler ilgili emniyet gerilmeleri veya hesap gerilmeleriyle karşılaştırılarak daha önce belirlenmiş boyutların yeterli olup olmadığı ve yapının yer değiştirmelerin izin verilebilecek değerleri aşıp aşmadığı kontrol edilir. Bunlar sağlanmadığı veya bulunan hesap değerlerinin sınır değerlerden ekonomik yönden etkileyebilecek ölçüde küçük olması durumunda boyutlar büyütülüp veya küçültülerek hesaplar tekrarlanır.

Yukarıda da belirtildiği gibi bir yapının projelendirilmesi oldukça geniş bilim dallarındaki bilgilere dayanmaktadır. Yapı statiği konuları içerisinde ise idealleştirilmiş sistemde yüklerden meydana gelen statik büyüklüklerin (mesnet tepkisi, kesit tesirleri, yer değiştirmeler v.b) hesaplanması incelenecektir.