

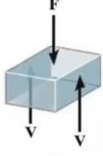
1. Gerilme

1.4 Eksenel Olarak Yüklendi Bir Çubukta Ortalama Normal Gerilme

$$\sigma = \frac{P}{A}$$

σ : Kesitte herhangi bir noktadaki ortalama normal gerilme
 P : Bileşke iç kuvvet (Çubuk kesitinin orta noktası boyunca etki eden)
 A : Çubuğun kesit alanı

1.5 Ortalama Kayma Gerilmesi



Kesilen parçanın dengesi göz önüne alınırsa *kesme kuvveti*;

$$\sum F_y = 0 \quad F - 2V = 0 \quad V = \frac{F}{2} \quad \text{olarak bulunur.}$$



Bu kesme kuvvetleri tarafından her bir alanda oluşturulan ortalama kayma gerilmesi;

$$\tau_{ort} = \frac{V}{A}$$

τ_{ort} : Ortalama kayma gerilmesi (kesit boyunca her noktada aynı olduğu varsayılır)
 V : Kesme kuvveti
 A : Kesit alanı

1.6 Müsaade Edilebilir Gerilme

Emniyet katsayısı hasar yükünün izin verilen yüke oranıdır.

$$E. K. = \frac{F_h}{F_m}$$

F_h : Hasar yükü
 F_m : Müsaade edilebilir yük

Yüklemeye ile ortalama gerilme (normal ve kayma gerilmesi) lineer ilişkili olduğundan, emniyet katsayısı hasar gerilmesinin müsaade edilebilir gerilmeye oranı şeklinde ifade edilebilir.

$$E. K. = \frac{\sigma_h}{\sigma_m} \quad \sigma_h: \text{Hasar gerilmesi} \quad \text{ya da} \quad E. K. = \frac{\tau_h}{\tau_m}$$

σ_m : Müsaade edilebilir gerilme
 τ_m : Müsaade edilebilir kayma gerilmesi

1.7 Basit Bağlantılarının Tasarımı

Emniyet gerilmesi σ_m veya τ_m değeri bilinen bir elemanda, ilgili çekme-basma kuvvetlerini veya kesme kuvvetini emniyetle taşıyabilecek alanın değeri;

$$A = \frac{P}{\sigma_m} \quad \text{ya da} \quad A = \frac{V}{\tau_m} \quad \text{bağıntıları ile bulunabilir.}$$

σ_m : Müsaade edilebilir normal gerilme

τ_m : Müsaade edilebilir kayma gerilmesi

2. Şekil Değiştirme

2.2 Gerinim

ortalama normal şekil değişimi

$$\epsilon_{ort} = \frac{\Delta s' - \Delta s}{\Delta s}$$

kayma şekil değişimi

$$\gamma_{nt} = \frac{\pi}{2} - \lim_{\substack{B \rightarrow A \\ C \rightarrow A}} \theta'$$

açı değişimi γ (gama) radyan cinsinden ölçülür.

4. Eksenel Yükleme

4.2 Eksenel Yüklü Elemanlarda Elastik Deformasyon

Sabit yük ve kesit alanı durumunda;

$$\delta = \frac{P L}{A E}$$

$$\delta = \sum \frac{P L}{A E}$$

Eşitliği uygularken belirli bir işaret kabulu kullanılmalıdır.

Eğer kuvvet ve yer değiştirme çekme ve uzama meydana getiriyorsa pozitif, basma ve kısalma meydana getiriyorsa negatif olarak kabul edilecektir.



5.Burulma

5.2 Burulma Formülü

Kesitteki burulma reaksiyon kuvveti

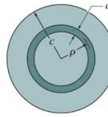
$$\tau_{maks} = \frac{Tc}{J}$$

Kesitte oluşan maksimum kayma gerilmesi

Kesitin dış yarıçapı

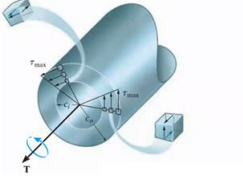
Kesitin polar atalet momenti

Milin içi dolu dairesel bir kesite sahip bir eleman olması durumunda,



$$J = \frac{\pi}{2} c^4$$

Milin içi belirli bir çapta boşaltılmış dairesel bir kesite sahip bir eleman olması durumunda,



$$J = \frac{\pi}{2} (c_o^4 - c_i^4)$$

N/m ²	Pa
1	1

1 Paskal = 1.0×10^{-6} Megapaskal

1 Gigapascal [GPa] = 1×10^9 N/m²

1 Newtons = 0.001 Kilonewtons

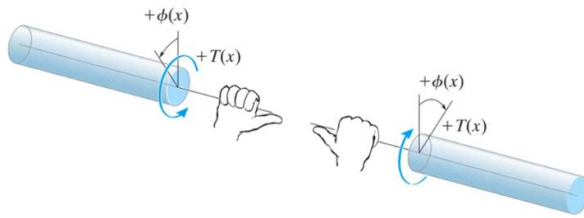
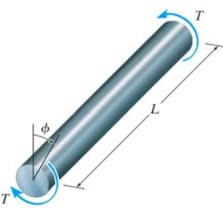
5.4 Burulma Açısı

Şaftın kesit alanının ve burulma momentinin sabit olması durumunda;

$$\phi = \frac{TL}{JG}$$

Şafta birden fazla noktada burulma momentini etkidiğinde toplam burulma açısı;

$$\phi = \sum \frac{TL}{JG}$$



5.5 Statikçe Belirsiz Tork Yüklü Elemanlar

Şaftın serbest cisim diyagramından;

$$\sum M_x = 0;$$

$$T - T_A - T_B = 0$$

$$\phi_{A/B} = 0$$

$$\frac{T_A L_{AC}}{JG} - \frac{T_B L_{BC}}{JG} = 0 \quad (2)$$

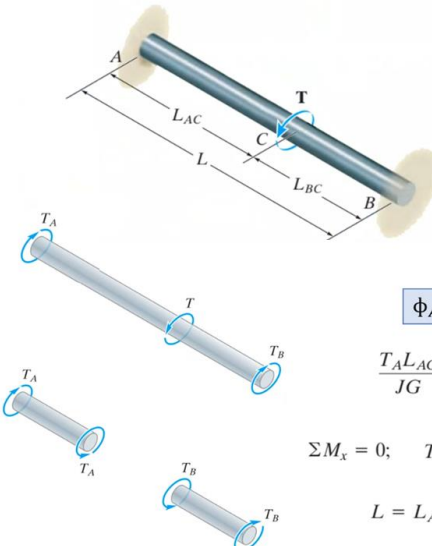
$$\sum M_x = 0; \quad T - T_A - T_B = 0 \quad (1)$$

$$L = L_{AC} + L_{BC}$$

(1) ve (2) denklemlerinden;

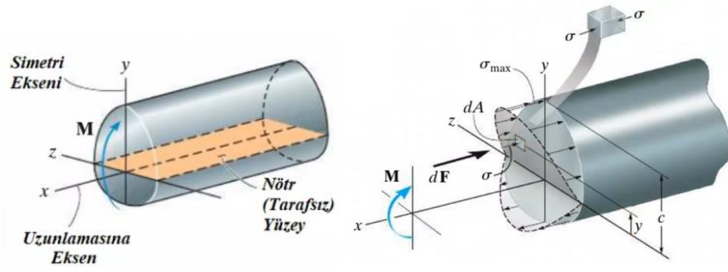
$$T_A = T \left(\frac{L_{BC}}{L} \right)$$

$$T_B = T \left(\frac{L_{AC}}{L} \right)$$



6.Eğilme

6.4 Eğilme Formülü



$$\sigma_{maks} = \frac{Mc}{I}$$

$$\sigma = -\frac{My}{I}$$

Herhangi bir noktanın gerilmesi için kullanılır.

Dikdörtgen		$\bar{I}_{x'} = \frac{1}{12}bh^3$ $\bar{I}_{y'} = \frac{1}{12}b^3h$
Daire		$I_x = I_y = \frac{1}{4}\pi r^4$

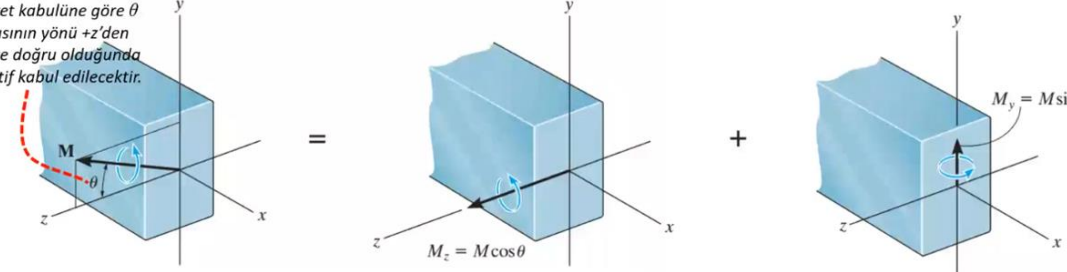
$$I_x = \bar{I}_x + Ad^2$$

$$I_y = \bar{I}_y + Ae^2$$

- d, e ve r uzunlukları kesitin merkezinden eksene olan uzaklığın ölçüleridir.

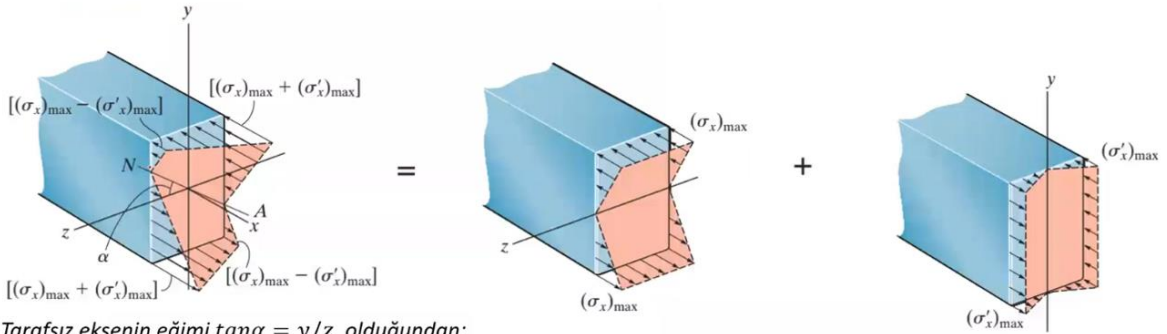
6.5 Simetrik Olmayan Eğilme (Eğik Eğilme)

İşaret kabulüne göre θ açısının yönü +z'den +y'ye doğru olduğunda pozitif kabul edilecektir.



Kesit üzerindeki herhangi bir noktadaki bileşke normal gerilme ;

$$\sigma = -\frac{M_z y}{I_z} + \frac{M_y z}{I_y}$$



Taraflı eksenin eğimi $\tan \alpha = y/z$ olduğundan;

$$\tan \alpha = \frac{I_z}{I_y} \tan \theta$$

7.Enine Kesme (Kayma Gerilmesi)

7.2 Kayma Formülü

$$\tau = \frac{VQ}{It}$$

τ : Kesitin tarafsız ekseninden y mesafedeki bir noktadaki **kayma gerilmesi**. Elemanın t genişliği boyunca ortalama değere sahip bu gerilme sabit kabul edilir.

V : Kesim metoduyla denge denklemlerinden hesaplanan **bileşke iç kesme kuvveti**.

I : Tarafsız eksen etrafında hesaplanan **tüm kesitin atalet momenti**.

t : kayma gerilmesinin hesaplandığı noktadaki eleman **kesit alanının genişliği**

$Q = t$ kalınlığının üstünde kalan alanın **alan merkezinden nötr eksene göre birinci alan momenti**

$$Q = \int_{A'} y dA' = \bar{y}' A'$$

A' : gerilmenin hesaplanacağı noktada t genişliğindeki kesitin üst (veya alt) kısmının alanı

\bar{y}' : tarafsız eksenden A' alan merkezine mesafedir.

7.3 Birkaç Elemanın Birleşiminde Kesme Akısı

$$q = \frac{VQ}{I}$$

q : kiriş boyunca birim uzunluk başına kuvvet olarak ölçülen **kayma akısı**

V : Kesim metoduyla denge denklemlerinden hesaplanan **bileşke iç kesme kuvveti**.

I : Tarafsız eksen etrafında hesaplanan **tüm kesitin atalet momenti**.

$Q = \bar{y}' A'$ kirişe bağlanan yan segmentin kesit alanı A' nün kirişin tarafsız eksenine göre birinci momentidir.

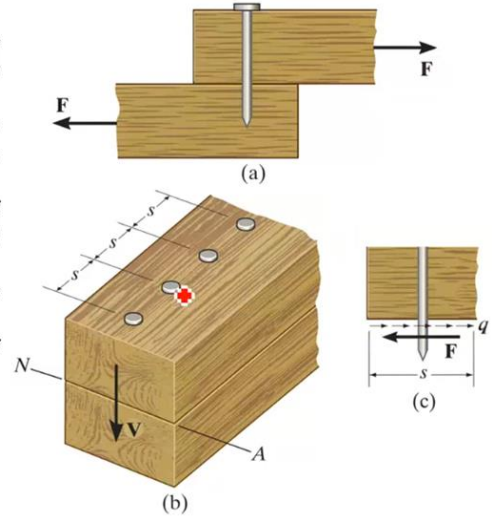
Bağlantı Elemanı Aralığı

Bir kirişin bölümleri çivi veya cıvata gibi bağlantı elemanları ile bağlandığında, bu elemanların kiriş boyunca gerekli aralıkları belirlenebilir.

- Örneğin, çivi gibi bir bağlantı elemanının, hasara uğramadan destekleyebileceği maksimum kuvvetin F (N) olduğunu varsayalım (Şekil A).
- Bu çiviler, Şekil B'de gösterildiği gibi iki levhadan yapılmış bir kirişi oluşturmak için kullanıldığında, çivilerin levhalar arasındaki q (N/m) kayma akısına direnmesi gerekir.
- Diğer bir ifade ile, çiviler, eğilme esnasında levhalar arasında kayma olmaması için üst levhayı alt levhaya "tutturmak" için kullanılır.
- Bu nedenle; Şekil C'de gösterildiği gibi, bu bağlantı için gerekli çivi aralığı ' s ';

$$F \text{ (N)} = q \text{ (N/m)} s \text{ (m)}$$

formülü ile bulunabilir.



8. Birleşik Yükleme

8.2 Birleşik Yüklemede Gerilmeye Sebep Olan Durumlar

Analizde izlenecek yöntem;

- Bu hesaplamalarda malzemenin homojen olması ve doğrusal elastik bir şekilde davranması gerekmektedir.

İç yüklemenin belirlenmesi;

- Gerilmenin belirleneceği noktada eksenine dik olarak elemanın kesiti alınır.
- Kesite etkiyen iç normal ve kesme kuvveti bileşenleri, eğilme ve burulma momenti bileşenleri denge denklemleri kullanılarak elde edilir.
- Kuvvet bileşenleri enine kesitin merkezinden geçmelidir ve moment bileşenleri enine kesitin asal atalet eksenlerini temsil eden merkez eksenlerine göre hesaplanmalıdır.

Gerilme Bileşenleri.

Her bir iç yükleme ile ilişkili gerilme bileşenlerini belirlenir.

Normal Kuvvet

- Normal kuvvet nedeniyle $\sigma = \frac{N}{A}$ formülü ile belirlenen düzgün dağılımlı bir normal gerilme vardır.

Kesme kuvveti

- Kesme kuvveti nedeniyle $\tau = \frac{VQ}{I_r}$ formülü ile belirlenen kayma gerilmesi dağılımı vardır.

Eğilme Momenti

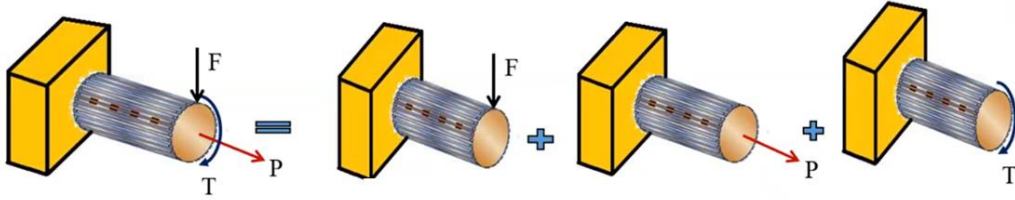
- Eğilme momenti düz elemanlarda, nötr eksende sıfırdan elemanın dış sınırında maksimuma değişen ve $\sigma = -\frac{My}{I}$ eğilme formülü ile belirlenen bir **normal gerilme dağılımı** meydana getirir.

Burulma Momenti

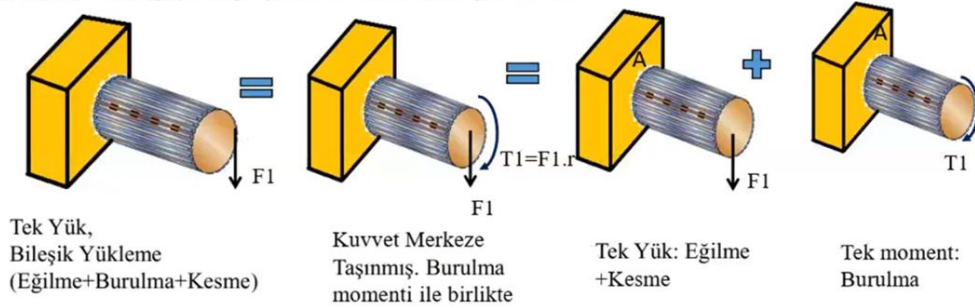
- Dairesel şaftlar ve borular için burulma momenti, şaftın ortasında sıfırdan şaftın dış sınırında maksimuma kadar değişen ve $\tau = \frac{Tc}{J}$ formülü ile belirlenen bir kayma gerilmesi dağılımı meydana getirir.

Süperpozisyon

- Her yükleme için gerilme bileşenleri hesaplandıktan sonra, süperpozisyon ilkesi kullanılarak oluşan normal ve kayma gerilmesi bileşenleri belirlenir.
- Sonuçlar bir noktada bulunan bir malzeme elemanı üzerinde temsil edilir veya elemanın kesit alanı üzerine etki eden gerilme dağılımı olarak gösterilir.



Bazı durumlarda tek bir yük bileşik yükleme durumu oluşturabilir.



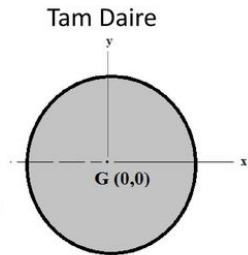
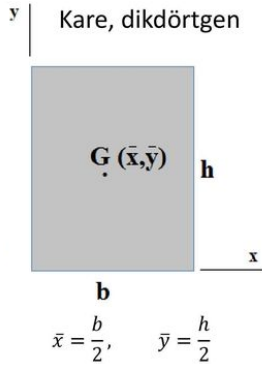
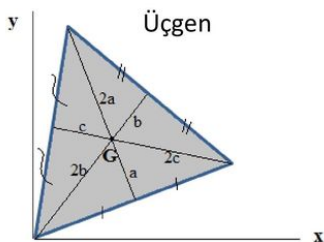
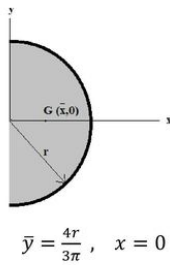
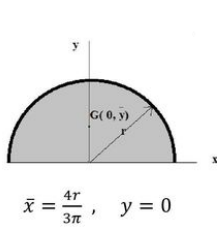
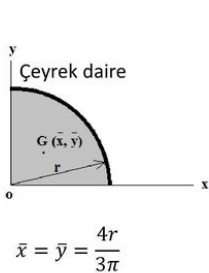
Tek Yük,
Bileşik Yükleme
(Eğilme+Burulma+Kesme)

Kuvvet Merkeze
Taşınmış. Burulma
momenti ile birlikte

Tek Yük: Eğilme
+Kesme

Tek moment:
Burulma

Geometrik Şekillerin Ağırlık Merkezleri



- Moment yönünün çıkışında çekme, girişinde basma kuvveti oluşturur.