

MUKAVEMET

TEMEL İLKELER

Mukavemet, yük etkisi altındaki cisimlerin gerilme ve şekil değiştirme durumunun-iç davranışın-incelendiği uygulamalı mekaniğin bir dalıdır.

Buradaki cisim kelimesiyle çubuklar, plak ve kabuklar, kolon ve milleri ve bu elemanların birleştirilmesiyle oluşan yapı ve makineler kastedilmektedir. Cisimlerin dayanımı veya şekil değiştiren cisimler mekaniği olarak da adlandırılan malzeme mekaniğinde öncelikle gerilme analizi ve cisimlerin mekanik özellikleri incelenir.

Malzeme mekaniği çalışmaları, kuvvet etkisindeki cisimlerde denge kavramının anlaşılmasıyla başlar. Statik dersinde dengedeki katı cisimlerin dış davranışı incelenirken mukavemette dış yüklerden oluşacak iç kuvvetler ve şekil değiştirme araştırılır.

Katı cisimlerin yük etkisindeki davranışlarının incelenmesi Galileo Galilei(1564-1642) ile başlayıp kuvvet etkisindeki cisimlerin şekil değiştireceğini ilk defa ifade eden Robert Hooke(1635-1703) la devam eder. O zamandan buyana pek çok mühendis, bilim adamı ve matematikçi gerilme analizine katkıda bulunarak bugün kullandığımız yeni yöntemlerin gelişiminde önemli rol oynamıştır.

AMAÇ

Mukavemette temel amaç, cisimlerin yük taşıma kapasitelerinin dayanım, rijitlik ve stabilite bakımlarından araştırılmasıdır. Sözü edilen kavramlarla bir cismin sırasıyla sürekli şekil değiştirme veya kırılmaya karşı direnci, şekil değiştirme direnci ve cismin denge konumunun kararlılığı kastedilmektedir. Gerçek yapılardaki karmaşık gerilme durumunu deneysel olarak tespit edilen eksenel gerilmeye bağlayan kırılma teorilerinin vereceği gerilme düzeyi, bazen dayanım için bir ölçü olarak kullanılır. Göçme veya kırılma en genel anlamıyla yapının herhangi bir parçasının kendisinden beklenen işlevi yerine getirememesi olarak tanımlanacaktır.

TANIMLAR

Şekil Değiştiren Cisim: Sıcaklık değişimi veya uygulanan kuvvetler nedeniyle boyutunu ve/veya şeklini değiştiren bir katı cisimdir.

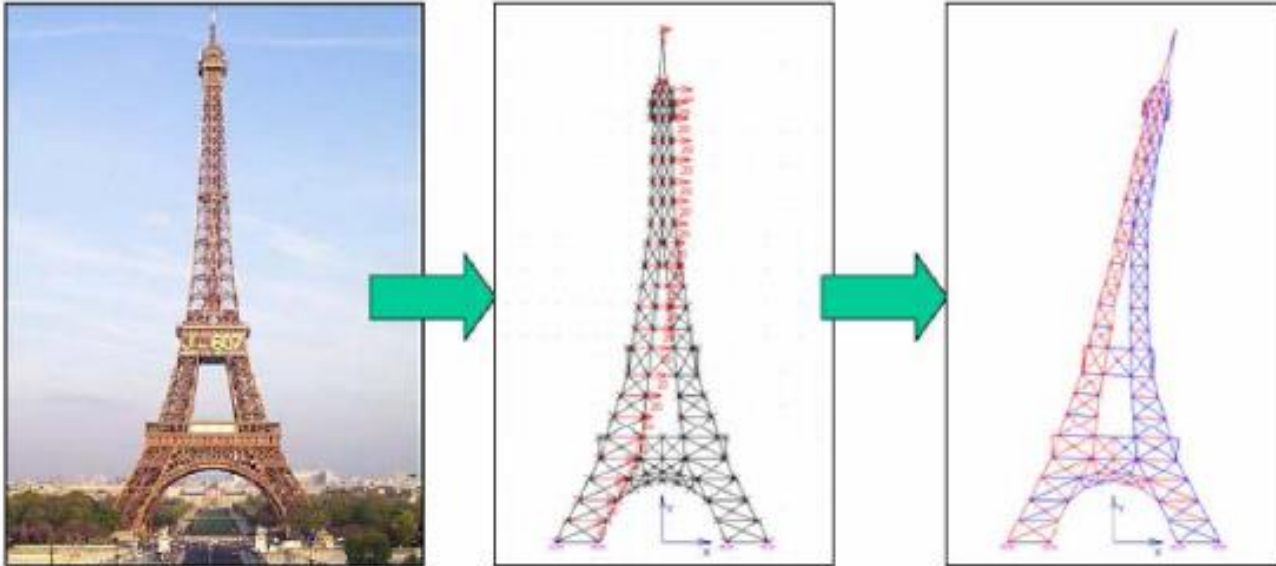
Rijid Cisim : Dış kuvvetler etkisinde şeklini ve boyutunu değiştirmeyen cisim. (ideal bir cisimdir, gerçekte böyle bir cisim yoktur.)

Boyuttaki ve/veya şekildeki değişikliğe

deformasyon

(*şekil değiştirme*)

denir..





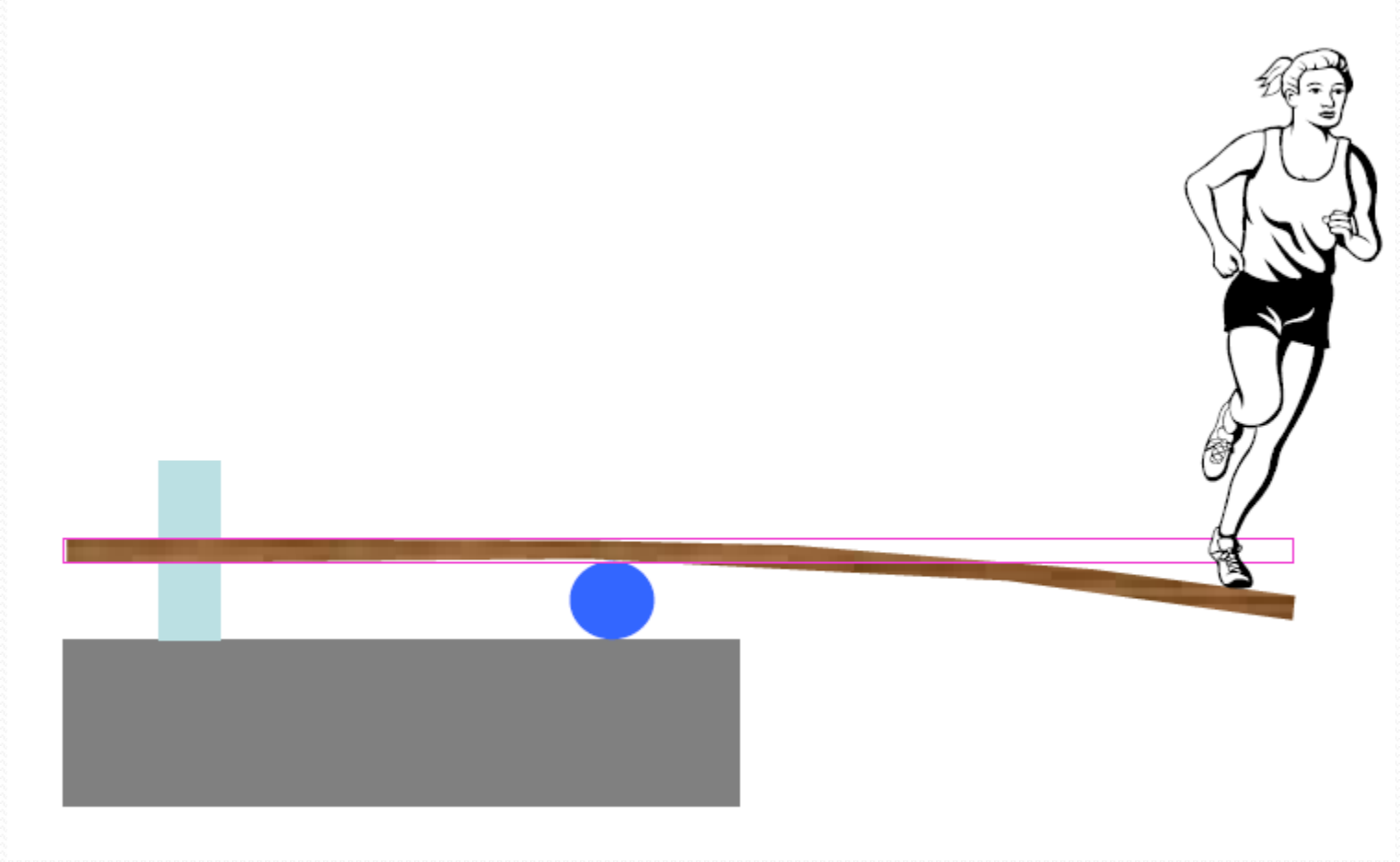
Eğilme

Basma yada çekme

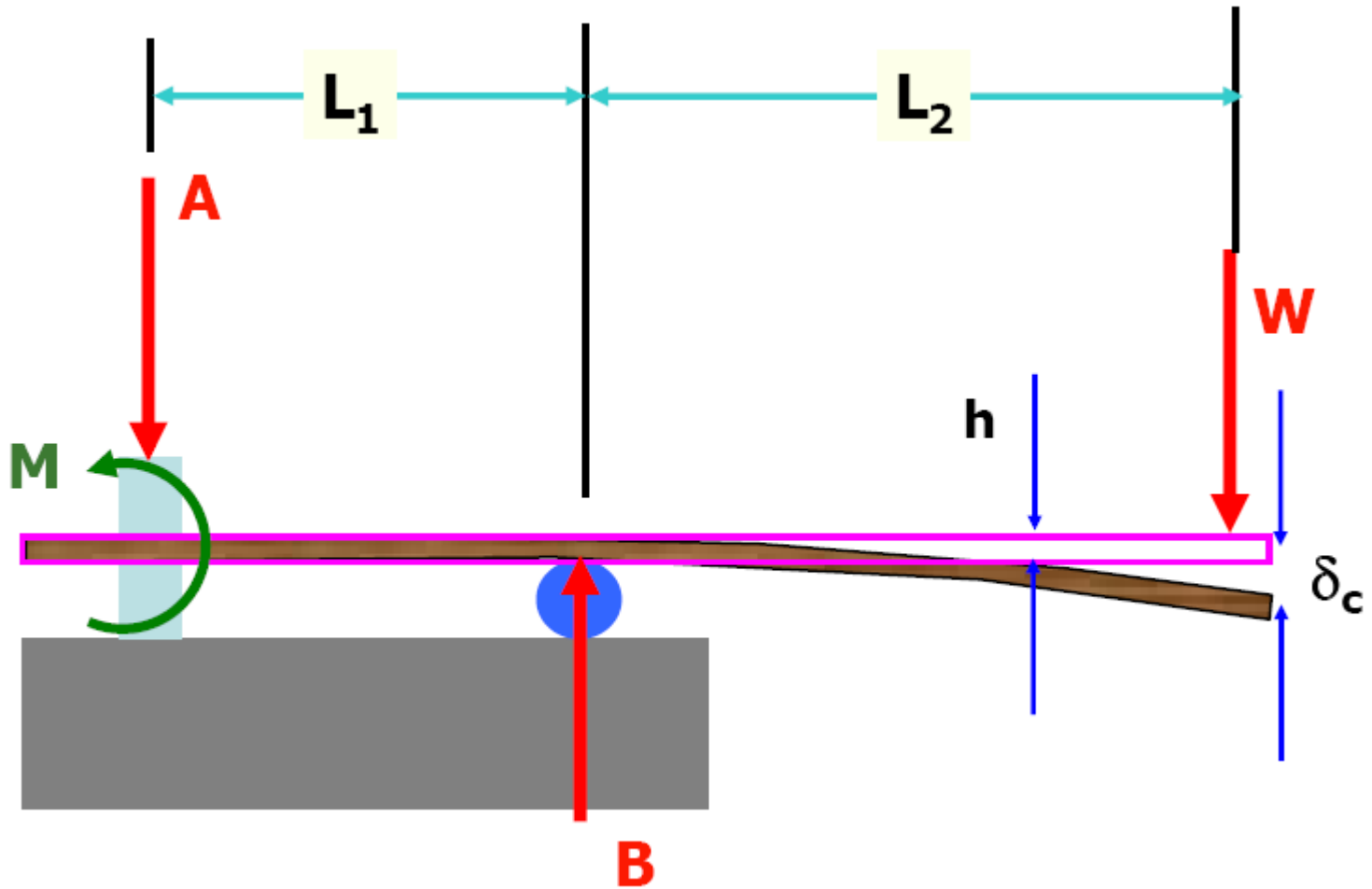
Burulma

Eğilme





Örnek olarak bir trampren tahtasını inceleyelim.



Öncelikle statik olarak problem incelenerek bilinmeyenler (A ve B' deki reaksiyon kuvvetleri gibi) bulunarak sonra mukavemet hesaplamaları yapılır.

İÇ VE DIŞ KUVVET

DIŞ KUVVET

Bir cisme diğer cisimler tarafından yapılan etkiye dış kuvvet denir.

- a) Doğrudan doğruya belli olanlar; (Kendi ağırlığı, üzerine yüklenmiş ağırlıklar, diğer kuvvetler)
- b) İrtibatlardan gelenler (mesnet tepkileri) Cisimlerin diğer cisimlere bağlanmasından meydana gelen
 - Döşemenin kirişe
 - Kirişin kolona
 - Kolonun temele
 - Temelin zemine
 - Balkonun döşemeye

İÇ VE DIŞ KUVVET

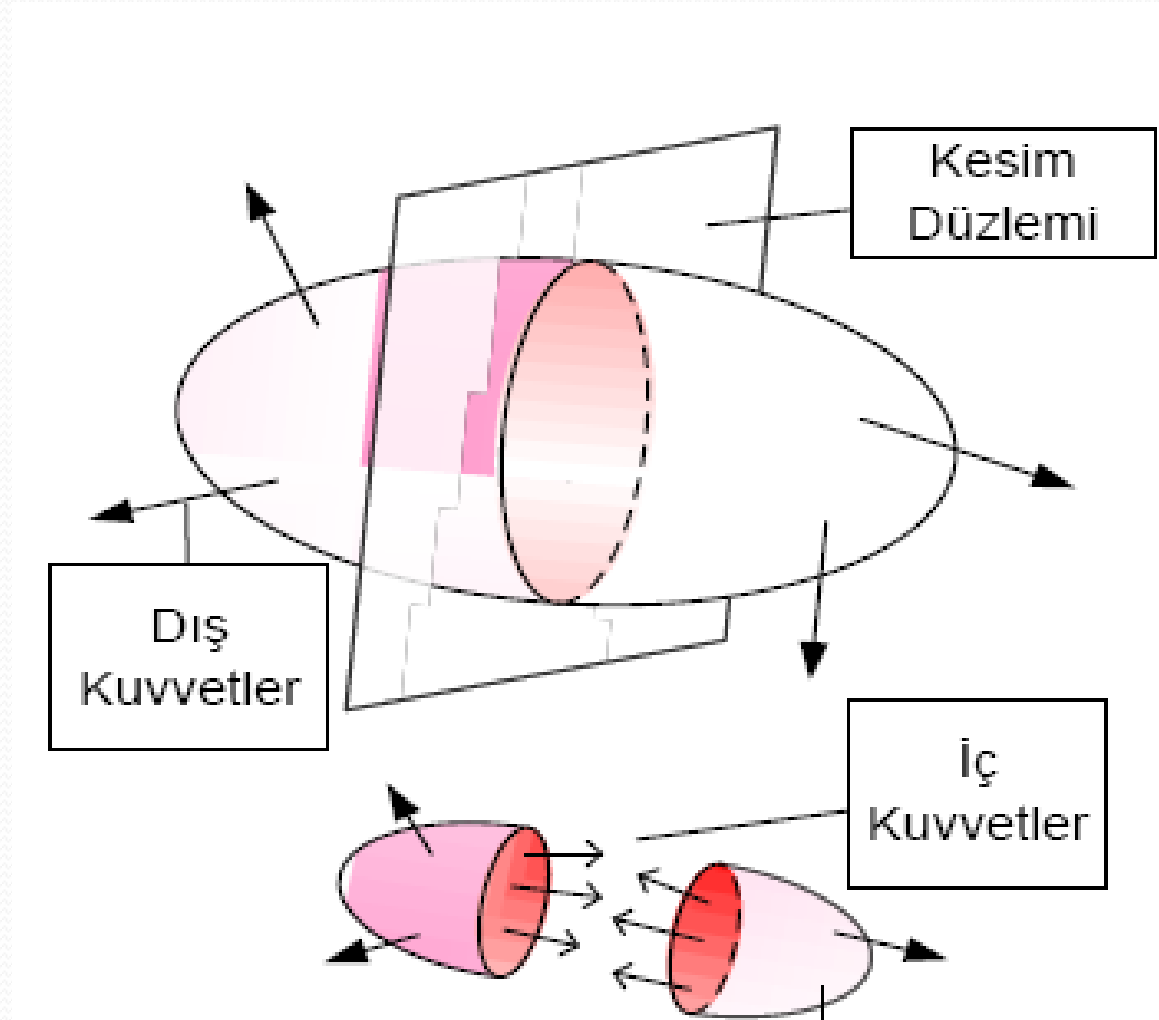
İÇ KUVVET

Bir cismin iki parçasının birbirine yaptığı etkiye de iç kuvvet denir.

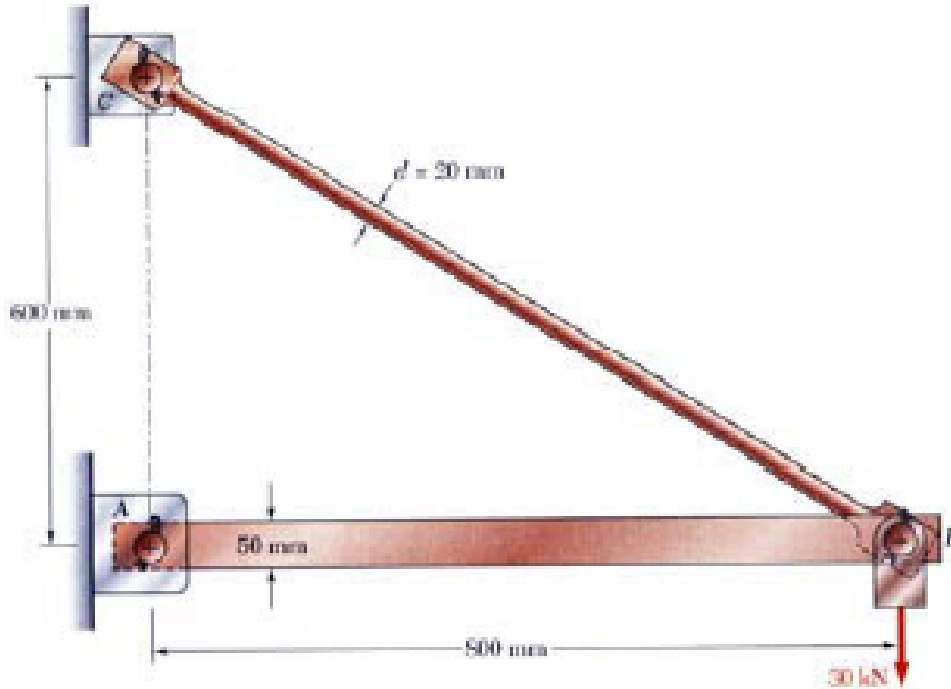
Dış kuvvetlerin tesiri altındaki bir cisim şu zorlamalarla karşı karşıya kalmaktadır.

1. Normal kuvvet (çekme, basınç)
2. Kesme kuvveti
3. Eğilme momenti
4. Burulma momenti → Burkulma momenti
5. Döndürme momenti

İÇ VE DIŞ KUVVET

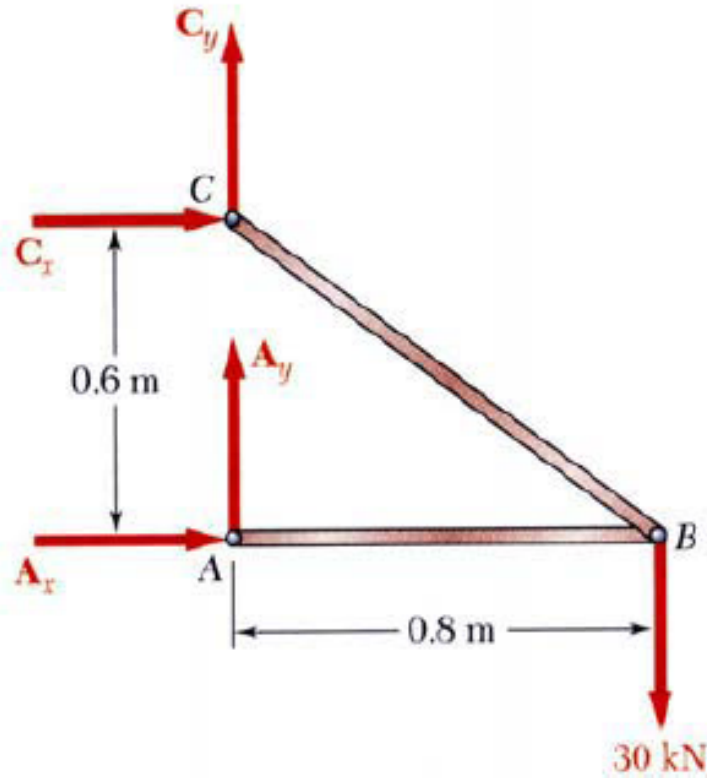


Statiğin Tekrarı



- Şekildeki yapı 30 kN yükü taşıması için tasarlanmıştır.
- Yapı, mesnetlerinde ve bağlantılarında pimler kullanılarak birleştirilmiş (sıfır moment bağlantıları) bir boom ve çubuktan oluşmaktadır.
- Her bir yapı elemanında meydana gelen iç kuvveti ve mesnetlerde meydana gelen tepki kuvvetlerini belirlemek için statik analiz yöntemini kullanınız.

Yapının Serbest Cisim Diyagramı



- Yapı öncelikle bağlı olduğu mesnetlerden ayrılır ve yapı üzerindeki yüklerle tepkisel kuvvetler gösterilir (SCD).

- Statik Denge için Gereken Şartlar:

$$\sum M_C = 0 = A_x(0.6\text{ m}) - (30\text{ kN})(0.8\text{ m})$$

$$A_x = 40\text{ kN}$$

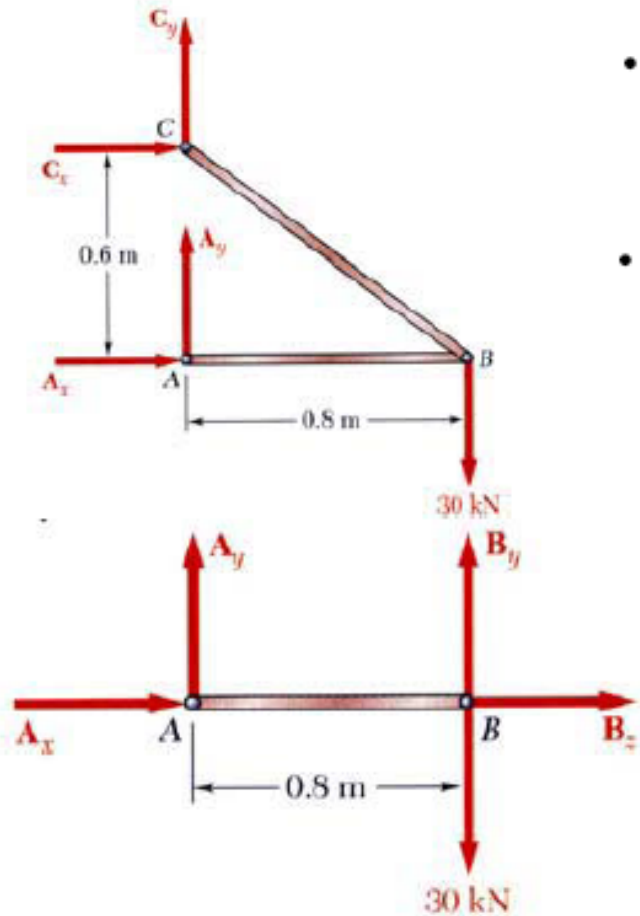
$$\sum F_x = 0 = A_x + C_x \quad C_x = -A_x = -40\text{ kN}$$

$$\sum F_y = 0 = A_y + C_y - 30\text{ kN} = 0$$

$$A_y + C_y = 30\text{ kN}$$

- A_y ve C_y tepkisel kuvvetlerin sadece statik denge denklemleri kullanılarak belirlenmesi mümkün görünmemektedir.

Elemanların Serbest Cisim Diyagramı



- Tüm yapıya ilaveten yapıyı oluşturan her bir elemanın da statik denge şartlarını sağlaması zorunludur.
- Boom için Serbest Cisim Diyagramını düşününüz ve B noktasına göre moment denklemini yazınız:

$$\sum M_B = 0 = -A_y(0.8 \text{ m})$$

$$A_y = 0$$

Bu sonucu yapının denge denkleminde yerine yazarsak

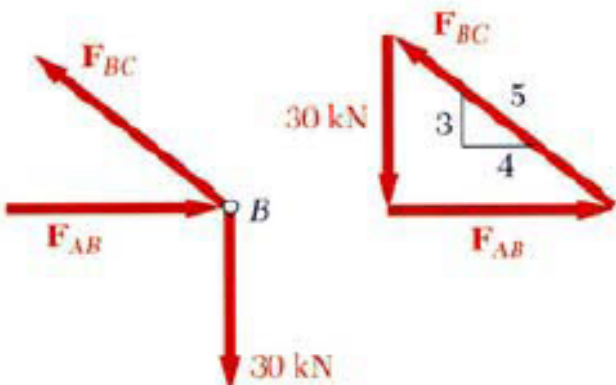
$$C_y = 30 \text{ kN}$$

- Sonuçlar:

$$A = 40 \text{ kN} \rightarrow \quad C_x = 40 \text{ kN} \leftarrow \quad C_y = 30 \text{ kN} \uparrow$$

Tepkisel mesnet kuvvetleri boom ve çubuk doğrultusunda etki etmektedir.

Düğüm Metodu



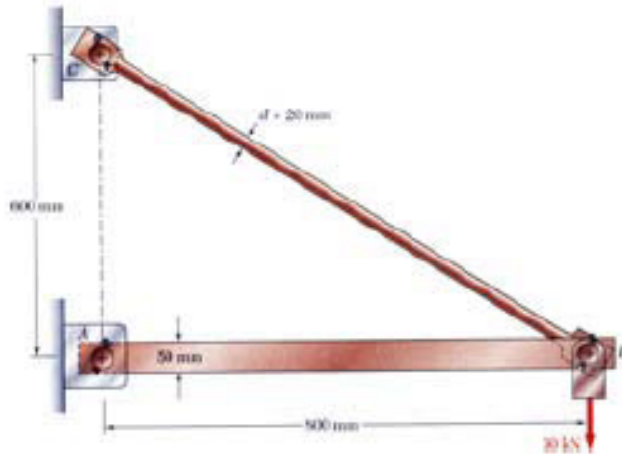
- Boom ve çubuk, çift-kuvvet elemanlarıdır. Yani sadece uçlarından etki eden iki kuvvetin etkisi altındadırlar.
- Denge için, bu kuvvetler uygulandıkları noktaları birleştiren çizgiye paralel olmalıdır. Aynı zamanda bu kuvvetler eşit büyüklükte ve ters yönlüdürler.
- Düğümler statik denge şartlarını sağlamalıdır. Bunun için kuvvet üçgeni oluşturulabilir:

$$\sum \vec{F}_B = 0$$

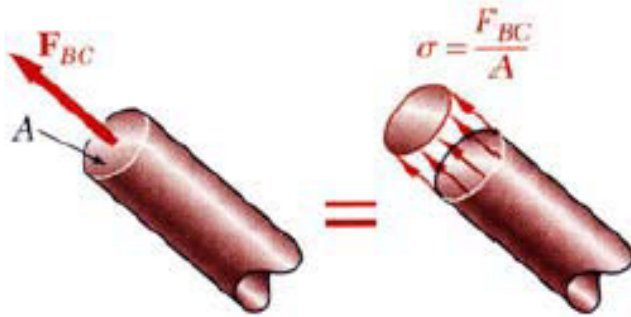
$$\frac{F_{AB}}{4} = \frac{F_{BC}}{5} = \frac{30 \text{ kN}}{3}$$

$$F_{AB} = 40 \text{ kN} \quad F_{BC} = 50 \text{ kN}$$

Gerilme Analizi



$$d_{BC} = 20 \text{ mm}$$



- Yapının elemanları 30 kN'luk yükü emniyet içinde taşıyabilirler mi?

- Statik analizden şu değerler elde edilmişti:

$$F_{AB} = 40 \text{ kN (basma)}$$

$$F_{BC} = 50 \text{ kN (çekme)}$$

- BC elemanı boyunca herhangi bir kesitte iç kuvvet 50 kN olduğundan o kesitte kuvvetin şiddeti ya da diğer bir deyişle gerilme değeri

$$\sigma_{BC} = \frac{P}{A} = \frac{50 \times 10^3 \text{ N}}{314 \times 10^{-6} \text{ m}^2} = 159 \text{ MPa}$$

- Çeliğin malzeme özelliklerine göre izin verilen gerilme değeri

$$\sigma_{\text{all}} = 165 \text{ MPa}$$

- Sonuç: BC elemanının mukavemeti yeterlidir.

Mukavemet şartı ;

$$\sigma \leq \sigma_s$$

σ (σ_{all}) : dış yüklerin etkisinde elemanda oluşan gerilme (hesaplanan)
(müsaade edilen çalışma gerilmesi veya tasarım gerilmesi)

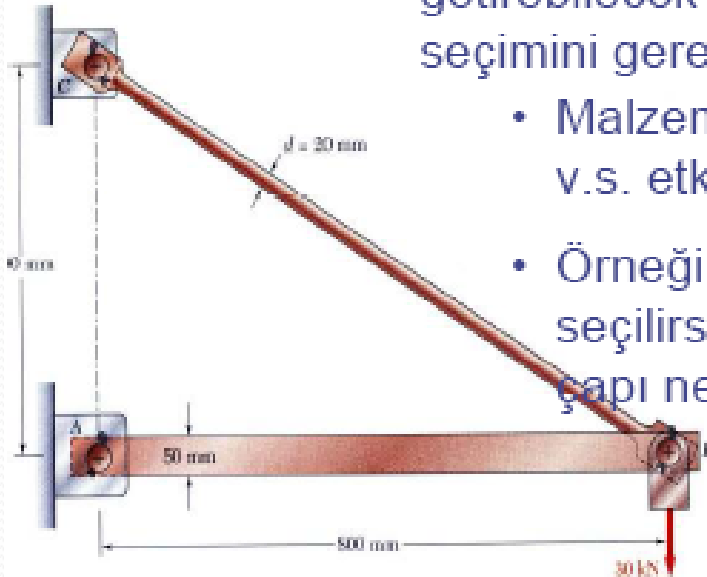
σ_s (σ_u) : Sınır gerilme, malzemenin hasarlanmadan taşıyabileceği
en büyük gerilme (standart deneylerle saptanır).

Tasarım (Design)

- Yeni bir yapının tasarımı, ondan beklenen işlevi yerine getirebilecek şekilde bileşen boyutları ve uygun malzeme seçimini gerektirir.

- Malzeme seçiminde fiyat, ağırlık, elde edilebilirlik, v.s. etkindir.

- Örneğin; BC çubuğu için alüminyum malzeme seçilirse ($\sigma_{all.} = 100 \text{ MPa}$). Bu durumda çubuğun çapı ne olmalı?

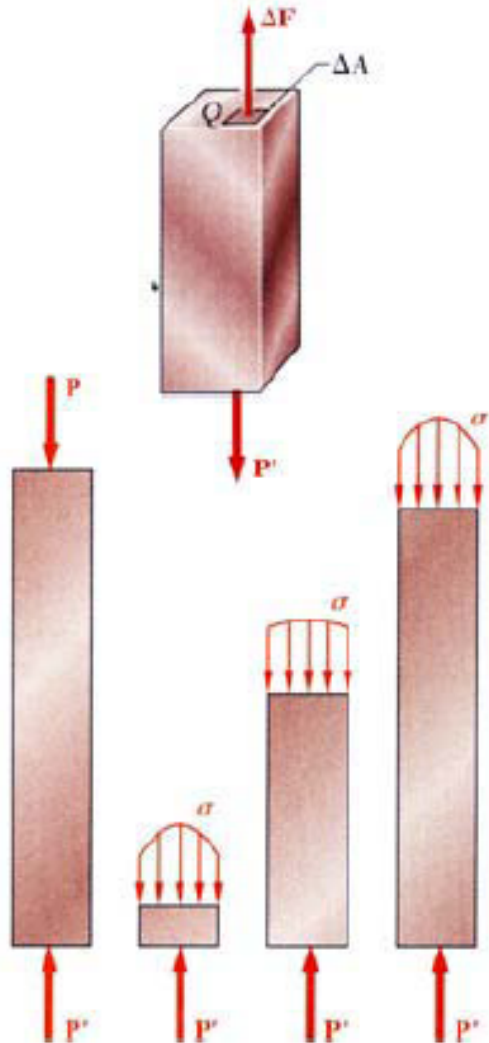


$$\sigma_{all.} = \frac{P}{A} \quad A = \frac{P}{\sigma_{all.}} = \frac{50 \times 10^3 \text{ N}}{100 \times 10^6 \text{ Pa}} = 500 \times 10^{-6} \text{ m}^2 \quad , \quad A = \pi \frac{d^2}{4}$$

$$d = \sqrt{\frac{4A}{\pi}} = \sqrt{\frac{4(500 \times 10^{-6} \text{ m}^2)}{\pi}} = 2.52 \times 10^{-2} \text{ m} = 25.2 \text{ mm}$$

- BC çubuğu alüminyum olursa çapı en az $\geq 25.2 \text{ mm}$ olmalıdır.

Eksenel Yükleme: Normal Gerilme



- Eksenel yüklenmiş eleman için bileşke iç kuvvet elemanın boyuna eksenine dik alınan kesite dik yani normal yöndedir.
- O kesitte var olan iç kuvvetlerin şiddeti normal gerilme olarak adlandırılır.

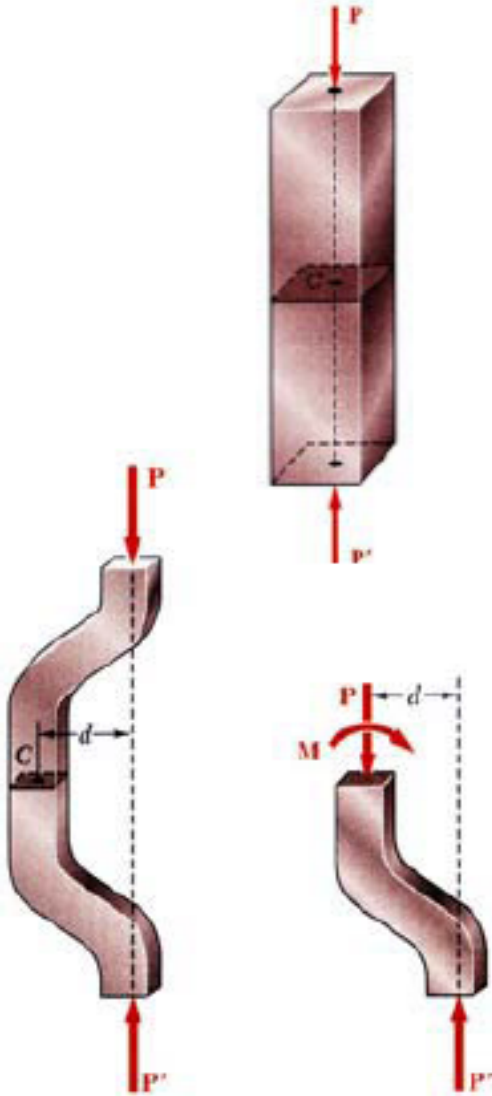
$$\sigma = \lim_{\Delta A \rightarrow 0} \frac{\Delta F}{\Delta A} \quad \sigma_{ort} = \frac{P}{A}$$

- Kesitin belli bir noktasındaki normal gerilme ortalama gerilmeye eşit olmayabilir ama gerilme dağılımının bileşkesi şu eşitliği sağlamalıdır:

$$P = \sigma_{ave} A = \int_A dF = \int_A \sigma dA \quad \text{Kuvvetler Dengesi}$$

- Gerilme dağılımı statikçe belirsizdir yani sadece statik denge denklemleri ile bulunamaz.

Merkezzel & Eksantrik (Merkezden Kaçık) Yükleme



- Bir kesitte gerilmenin düzgün dağılımından anlaşılması gereken iç kuvvetlerin bileşkesinin etki çizgisinin kesitin geometrik merkezinden geçmesidir.
- Düzgün gerilme dağılımı sadece çift-kuvvet elemanlarının uç kesitlerindeki konsantre yüklerin kesitin geometrik merkezine uygulanması ile mümkün olur. Buna merkezi yükleme denir.
- Eğer çift-kuvvet elemanı eksantrik olarak yüklenirse kesitteki gerilme dağılımı eksenel kuvvete ilaveten bir momente de yol açar.
- Eksantrik olarak yüklenen elemanlarda gerilme dağılımları düzgün veya simetrik olamazlar.

GERİLME BİRİMİ (*Units of Stress*)

SI birim systeminde (*International System of Units*) gerilmenin birimi **Pascal**,dır. (i.e. : **1 Pa = 1 N/m²**)

Mühendislik açısından **Pa** ' ı kullanmak çoğu zaman çok küçük skaler değerler vermekte bu nedenle de genellikle çarpım katsayıları kullanılır:

σ (Normal or shear stress) = force/unit area = Newtons/m²

1 Pa (Pascal) = 1 Newton/m²

1kPa (*kilo Pascal*) = 10³ Newton/m²

1MPa (*Mega Pascal*) = 10⁶ Newton/m²

1GPa (*Giga Pascal*) = 10⁹ Newton/m²

Kullanılan Birim Sistemi		
Kuvvet	F	N, kN
Uzunluk	L	mm, m
Zaman	t	sn
Alan	A	mm^2, m^2
Hacim	V	mm^3, m^3
Atalet Momenti	I	mm^4, m^4
Mukavemet Momenti	W	mm^3, m^3
Moment	M	Nm, kNm
Gerilme	σ, τ	$N/m^2, N/mm^2$
Elastisite Modülü	E	GPa
İvme	a	m/sn^2

Faktör	Hece	İşaret
10^{12}	Terra	T
10^9	Giga	G
10^6	Mega	M
10^3	Kilo	k
10^2	Hekto	h
10	Deka	da

Faktör	Hece	İşaret
10^{-1}	Desi	d
10^{-2}	Santi	c
10^{-3}	Mili	m
10^{-6}	Mikro	μ
10^{-9}	Nano	n
10^{-12}	Piko	p
10^{-15}	Femto	f
10^{-18}	Atto	a

Pascal

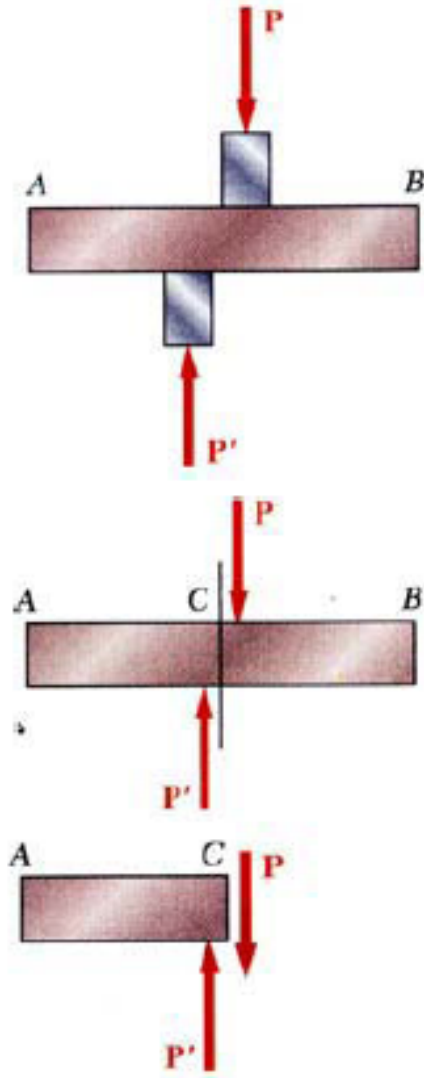
$$1 Pa = N / m^2$$

$$MPa \rightarrow MN / m^2$$

$$1 MPa = 10^6 N / m^2$$

$$N / mm^2 = 10^6 N / m^2 = MPa$$

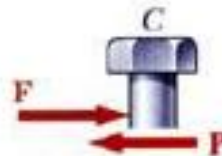
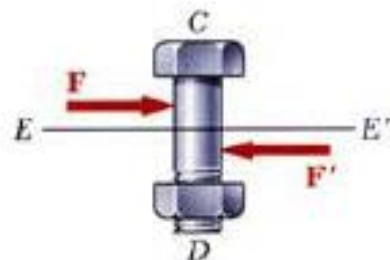
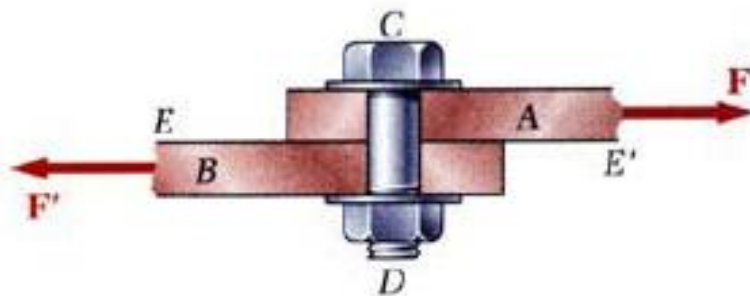
Kesme Gerilmesi



- P ve P' yükleri AB elemanına dik etki etmektedirler.
- Bu yüklerin karşılığında C kesit düzleminde iç kuvvetler meydana gelir ve kesme kuvvetleri olarak adlandırılır.
- İç kesme kuvvetinin dağılımının bileşkesi kesitin kesme kuvveti olarak tanımlanır ve P kuvvetine eşittir.
- Buna karşı gelen ortalama kesme gerilmesi,
$$\tau_{\text{ort}} = \frac{P}{A}$$
- Kesme gerilmesi dağılımı eleman yüzeylerindeki sıfır değerinden ortalama değerden daha büyük olabilen maksimum değerlere kadar değişim gösterir.
- Kesme gerilmesi dağılımı düzgün olarak kabul edilemez.

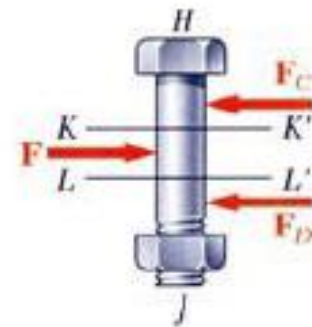
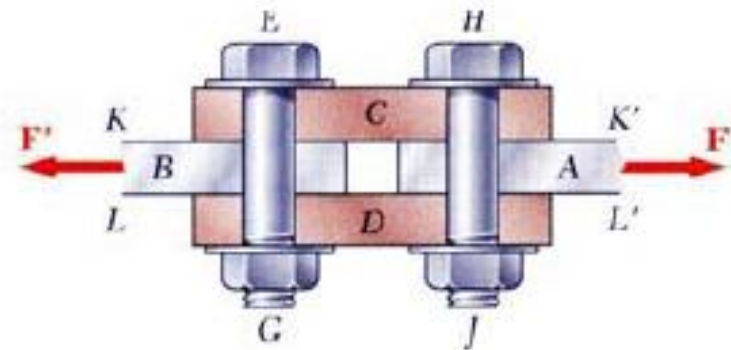
Kesme Gerilmesi Örnekleri

Tek Kesme



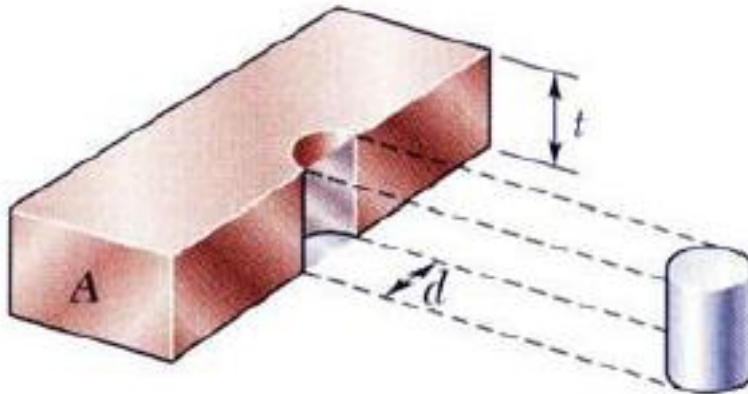
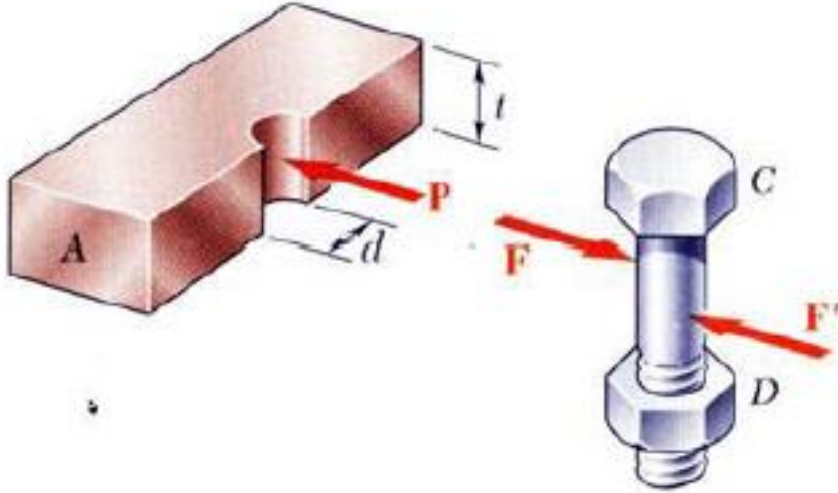
$$\tau_{\text{ort}} = \frac{P}{A} = \frac{F}{A}$$

Çift Kesme



$$\tau_{\text{ort}} = \frac{P}{A} = \frac{F}{2A}$$

Bağlantılarda Ezilme Gerilmesi



- Civatalar, perçinler ve pimler bağladıkları elemanların temas noktalarında veya diğer bir ifadeyle ezilme yüzeylerinde gerilme meydana getirirler.
- Yüzeydeki kuvvet dağılımının bileşkesi pime uygulanan kuvvete eşit büyüklükte ve ters yönlüdür.
- Bu kuvvetin karşılığında meydana gelen ortalama kuvvet şiddeti ezilme gerilmesi olarak adlandırılır,

$$\sigma_{yt} = \frac{P}{A} = \frac{P}{td}$$

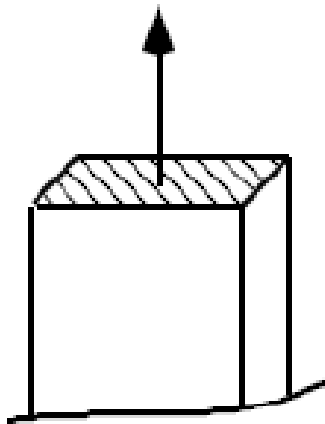
NORMAL ve KESME KUVVETİ

- *Normal kuvvet yüzeye dik olarak etki eder,*
- *Kesme kuvveti yüzeye paralel (teğet) olarak etki eder.*

$$\sigma = P/A$$



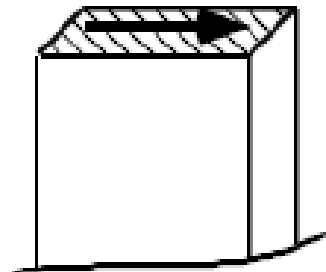
P = Normal Force



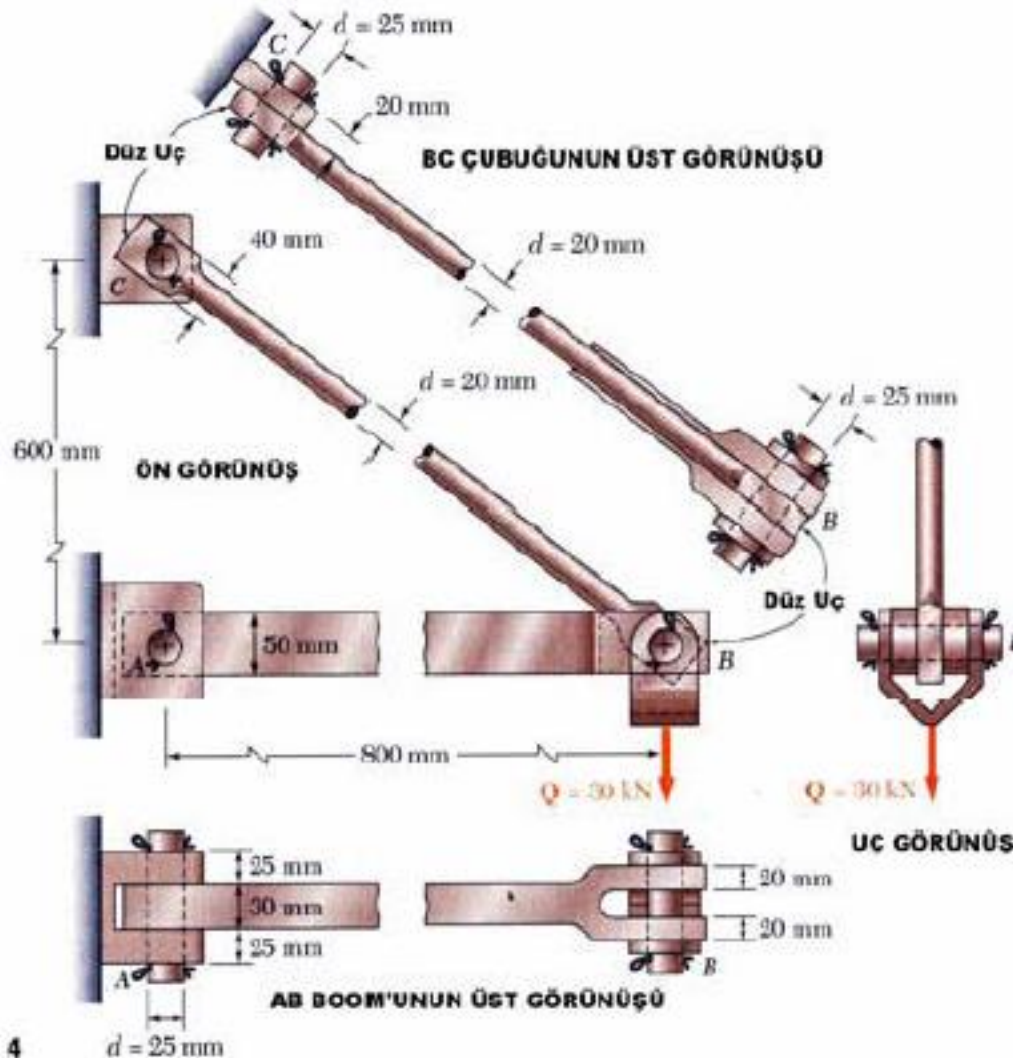
$$\tau = V/A$$



V = Shear Force

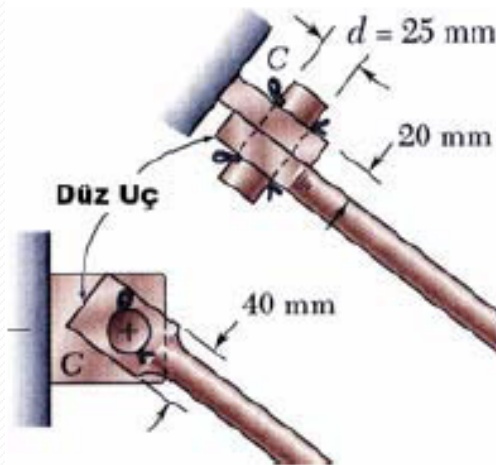


Gerilme Analizi & Tasarım Örneği



- Şekilde verilen yapının bağlantılarındaki ve elemanlarındaki gerilmeleri bulunuz.
- Statik Analizden:
 $F_{AB} = 40 \text{ kN}$ (basma)
 $F_{BC} = 50 \text{ kN}$ (çekme)
- AB ve BC deki maksimum normal gerilmeler ile her bir pimli bağlantıdaki kesme gerilmelerini ve ezilme gerilmelerini düşünmelisiniz.

Çubuk & Boom Normal Gerilmeleri



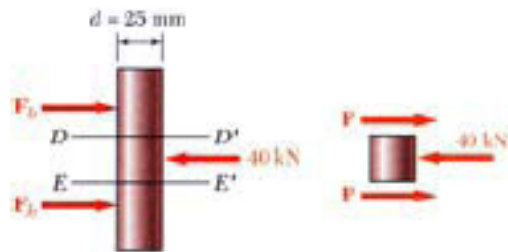
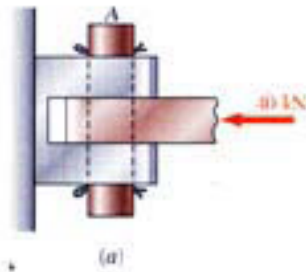
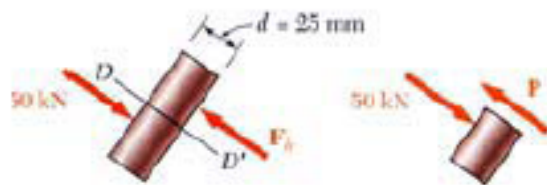
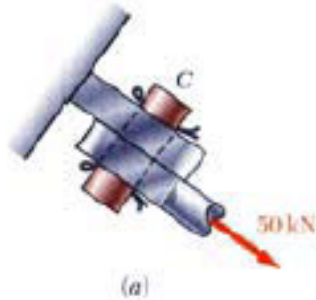
- 50 kN'luk eksenel kuvvet altında çubuk çekme etkisindedir.
- Çubuk merkezinde, dairesel kısımda ortalama normal gerilme değeri ($A = 314 \times 10^{-6} \text{ m}^2$) $\sigma_{BC} = +159 \text{ MPa}$ 'dır.
- Çubuğun düz olan uç kısımlarında, en küçük kesit alan pim merkez çizgisinde meydana gelir,

$$A = (20 \text{ mm})(40 \text{ mm} - 25 \text{ mm}) = 300 \times 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$\sigma_{BC, \text{uç}} = \frac{P}{A} = \frac{50 \times 10^3 \text{ N}}{300 \times 10^{-6} \text{ m}^2} = 167 \text{ MPa}$$

- Boom 40 kN'luk eksenel kuvvetten dolayı basma etkisindedir ve ortalama normal gerilme -26.7 MPa 'dır.
- Boom uçlarındaki minimum alan kesitleri boom basma etkisinde olduğundan gerilmesizdir.

Pim Kesme Gerilmeleri



- A, B ve C pimleri için kesit alanları,

$$A = \pi r^2 = \pi \left(\frac{25 \text{ mm}}{2} \right)^2 = 491 \times 10^{-6} \text{ m}^2$$

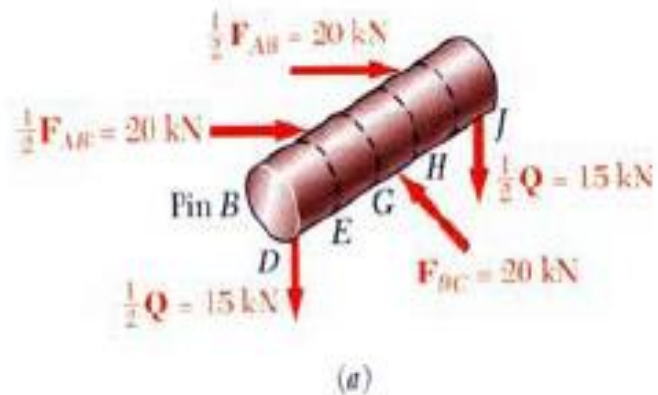
- C bağlantısında pimde meydana gelen kuvvet, BC çubuğu tarafından uygulanan kuvvete eşittir,

$$\tau_{C,ort} = \frac{P}{A} = \frac{50 \times 10^3 \text{ N}}{491 \times 10^{-6} \text{ m}^2} = 102 \text{ MPa}$$

- A bağlantısında pim çift kesmeye maruz olup üzerinde etkili olan toplam kuvvet, AB boomu tarafından uygulanan kuvvete eşittir.

$$\tau_{A,ort} = \frac{P}{A} = \frac{20 \text{ kN}}{491 \times 10^{-6} \text{ m}^2} = 40.7 \text{ MPa}$$

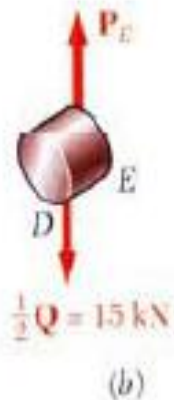
Pim Kesme Gerilmeleri



- En büyük kesme kuvvetine maruz kesiti belirlemek için B noktasındaki pimi kesitlere bölünüz.

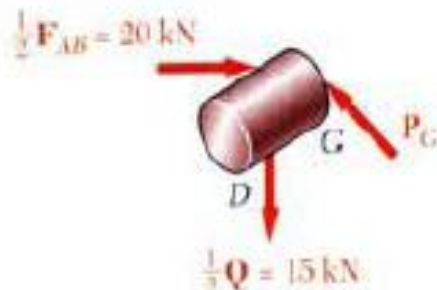
$$P_E = 15 \text{ kN}$$

$$P_G = 25 \text{ kN (en büyük)}$$



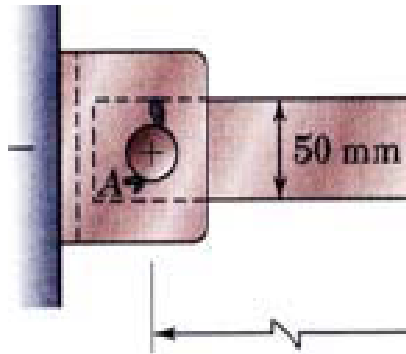
- En büyük kesme kuvvetine karşılık gelen ortalama kesme gerilmesini bulunuz.

$$\tau_{B,ort} = \frac{P_G}{A} = \frac{25 \text{ kN}}{491 \times 10^{-6} \text{ m}^2} = 50.9 \text{ MPa}$$



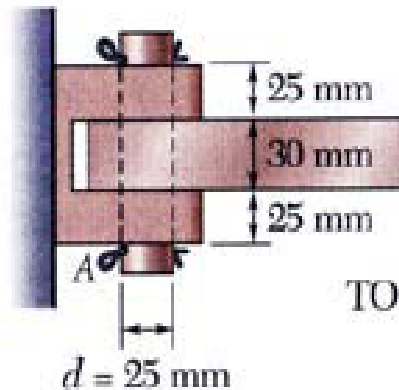
Pim Kesme Gerilmeleri

- AB boomunda A noktasında ezilme gerilmesini bulmak için kullanacağımız değerler $t = 30 \text{ mm}$ ve $d = 25 \text{ mm}$ ' dir.



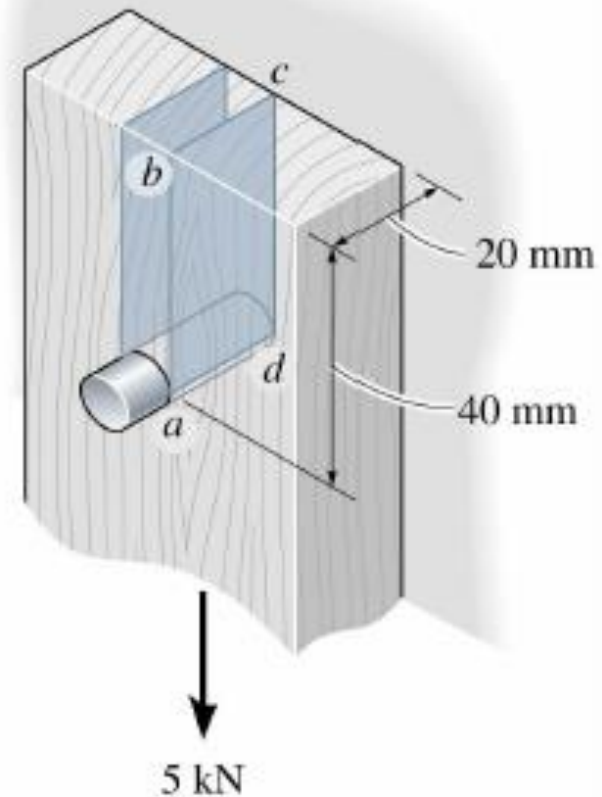
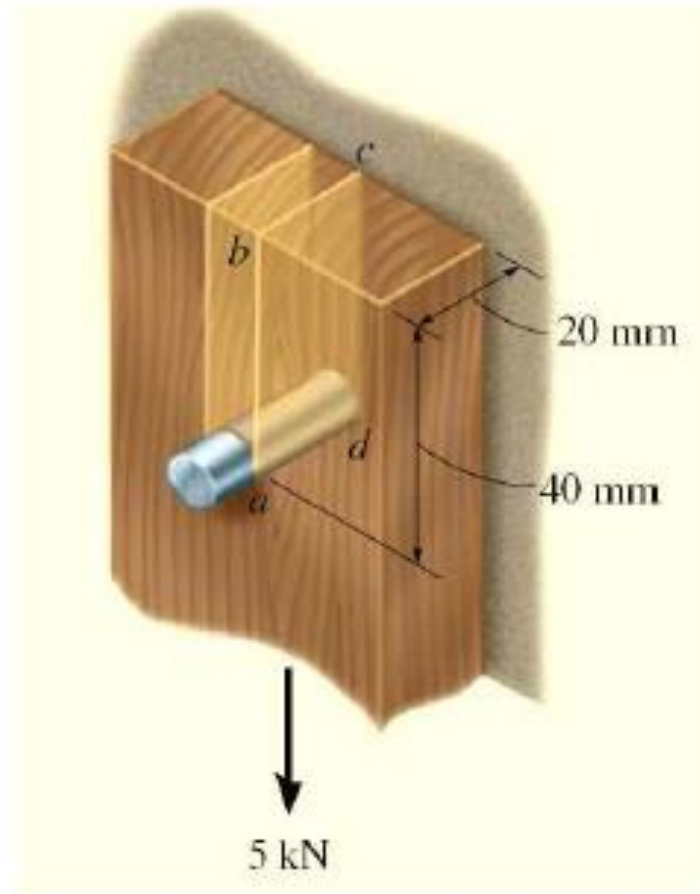
$$\sigma_{yt} = \frac{P}{td} = \frac{40 \text{ kN}}{(30 \text{ mm})(25 \text{ mm})} = 53.3 \text{ MPa}$$

- Mesnetin A noktasında ezilme gerilmesini bulmak için kullanacağımız değerler $t = 2(25 \text{ mm}) = 50 \text{ mm}$ ve $d = 25 \text{ mm}$ ' dir.



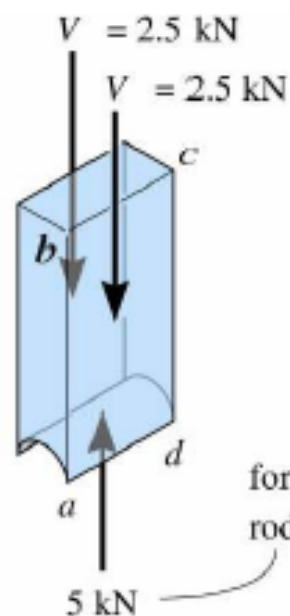
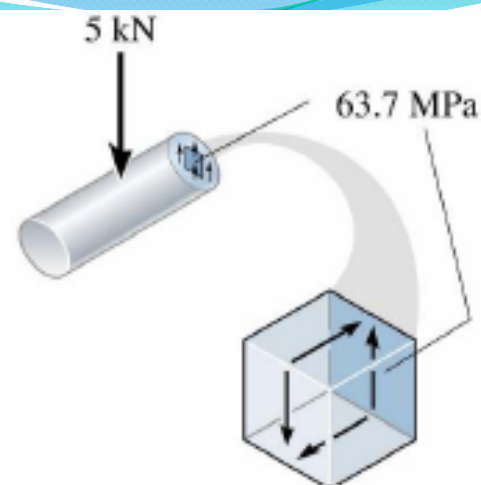
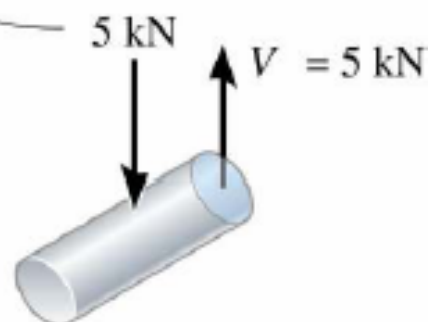
$$\sigma_{yt} = \frac{P}{td} = \frac{40 \text{ kN}}{(50 \text{ mm})(25 \text{ mm})} = 32.0 \text{ MPa}$$

ÖRNEK SORU : Şekilde görüldüğü gibi 5 kN yük taşıyan tahta takoz içine açılan delik yardımıyla duvara monte edilmiş $\phi 5$ mm çapında bir çelik çubuğa asılmıştır. Çubukta ve takozda meydana gelen kayma gerilmelerini hesap ediniz.



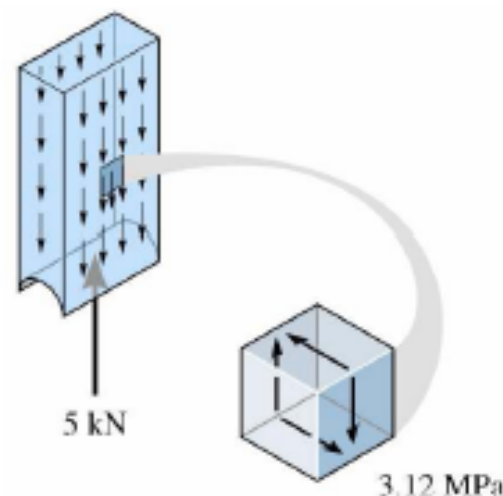
$$\tau_{avg} = \frac{V}{A} = \frac{5000 \text{ N}}{\pi(0.005 \text{ m})^2} = 63.66(10^6) \text{ Pa} = 63.7 \text{ MPa}$$

force of
strut on rod



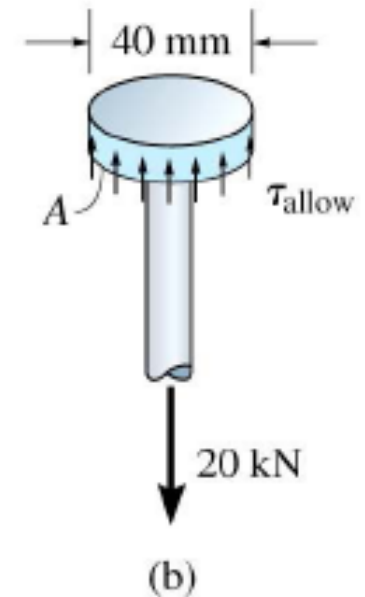
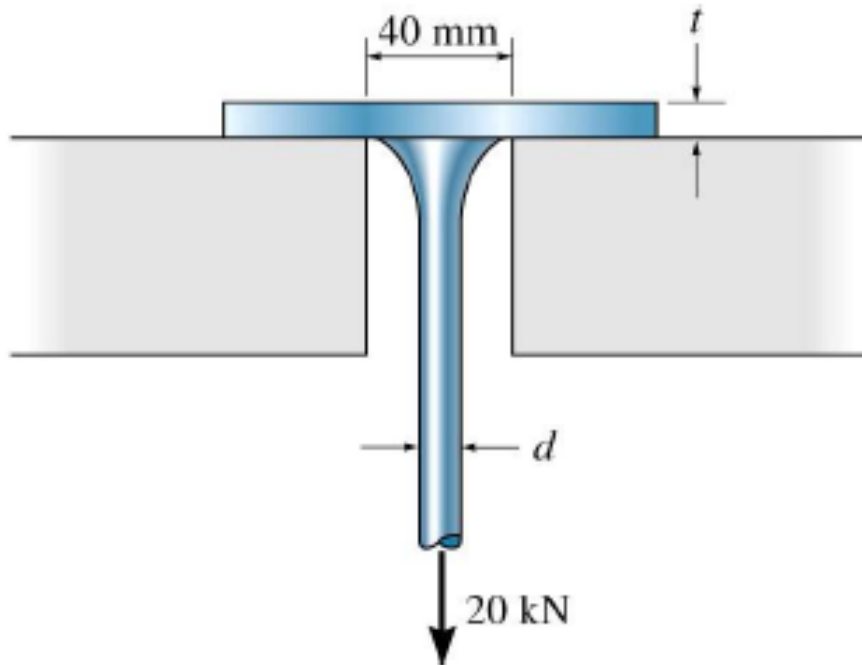
force of
rod on strut

$$\tau_{avg} = \frac{V}{A} = \frac{2500 \text{ N}}{(0.040 \text{ m})(0.020 \text{ m})} = 3.125(10^6) \text{ Pa} = 3.12 \text{ MPa}$$



ÖRNEK SORU :

Şekilde görüldüğü gibi 40 mm çapındaki deliğe asılı çubuk ve ucunda bağlı diske 20 kN yük etki ediyor; çubuk malzemesinin hasarlanmadan çalışabileceği normal gerilme $\sigma_i=60$ MPa ve disk malzemesinin hasarlanmadan çalışabileceği kayma gerilmesi $\tau_i=35$ MPa olduğuna göre çubuk için gerekli çapı ($d=?$) ve disk için gerekli kalınlığı bulunuz.



Gerekli çubuk çapı :

$$A = \frac{P}{\sigma_{\text{allow}}} = \frac{20(10^3) \text{ N}}{60(10^6) \text{ N/m}^2} = 0.3333(10^{-3}) \text{ m}^2$$

So that

$$A = \pi\left(\frac{d^2}{4}\right) = 0.3333(10^{-3}) \text{ m}^2$$

$$d = 0.0206 \text{ m} = 20.6 \text{ mm}$$

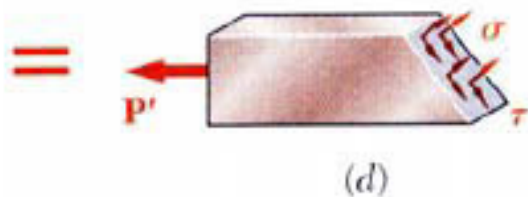
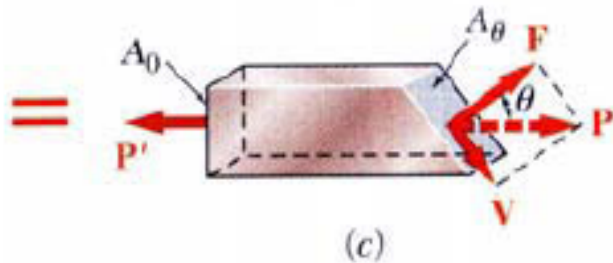
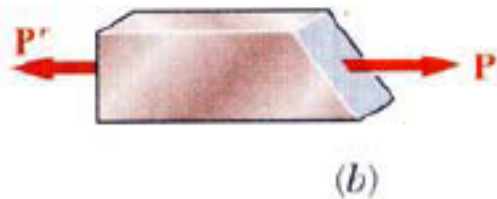
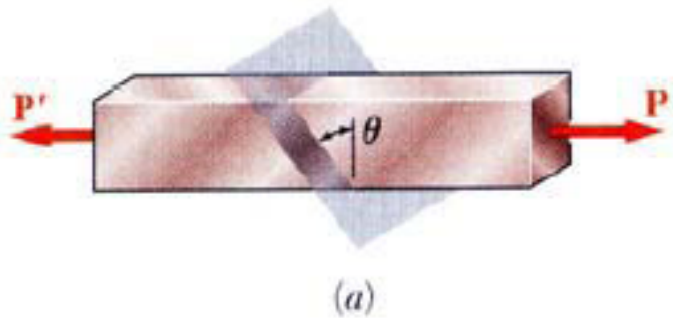
Gerekli disk kalınlığı : disk delik çapı kadar alanla belirli yüzeyden kalınlığı boyunca kesilmeye çalışarak yükü taşımaktadır. Kayma gerilmesinin belirli alanda düzgün yayıldığını kabul ederek, $V=20 \text{ kN}$ ile

$$A = \frac{V}{\tau_{\text{allow}}} = \frac{20(10^3) \text{ N}}{35(10^6) \text{ N/m}^2} = 0.5714(10^{-3}) \text{ m}^2$$

Since the sectioned area $A = 2\pi(0.02 \text{ m})(t)$, the required thickness of the disk is

$$t = \frac{0.5714(10^{-3}) \text{ m}^2}{2\pi(0.02 \text{ m})} = 4.55(10^{-3}) \text{ m} = 4.55 \text{ mm} \quad \text{Ans.}$$

Açılı Bir Kesit Düzleminde Gerilme



- Bir elemanda dik kesit düzlemine θ açısı oluşturacak şekilde kesit alınız.
- Denge şartlarından, düzlem üzerindeki yayılı kuvvetler (gerilmeler) P kuvvetine eşit olmalıdırlar.
- P kuvvetini açılı kesit düzlemine normal ve teğet olacak şekilde bileşenlerine ayırınız.

$$F = P \cos \theta \quad V = P \sin \theta$$

- Açılı kesit düzlemindeki ortalama normal ve kesme gerilmeleri,

$$\sigma = \frac{F}{A_\theta} = \frac{P \cos \theta}{A_0 / \cos \theta} = \frac{P}{A_0} \cos^2 \theta$$

$$\tau = \frac{V}{A_\theta} = \frac{P \sin \theta}{A_0 / \cos \theta} = \frac{P}{A_0} \sin \theta \cos \theta$$

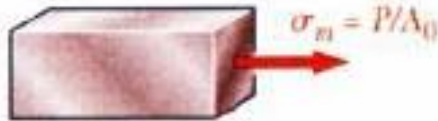
Maksimum Gerilmeler



(a) Eksenel Yükleme

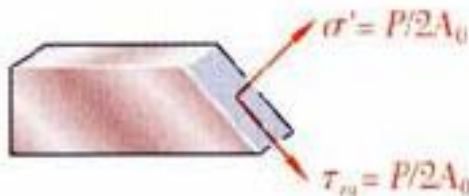
- Açılı düzlemde normal ve kesme gerilmeleri

$$\sigma = \frac{P}{A_0} \cos^2 \theta \quad \tau = \frac{P}{A_0} \sin \theta \cos \theta$$



(b) $\theta = 0$ için Gerilmeler

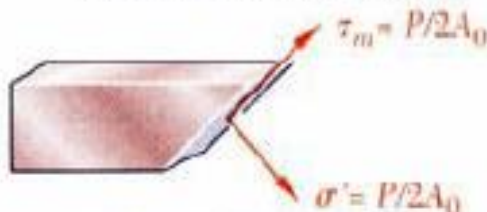
- Referans düzlemi eleman eksenine dik olduğunda maksimum normal gerilme meydana gelir.



(c) $\theta = 45^\circ$ için Gerilmeler

$$\sigma_m = \frac{P}{A_0} \quad \tau' = 0$$

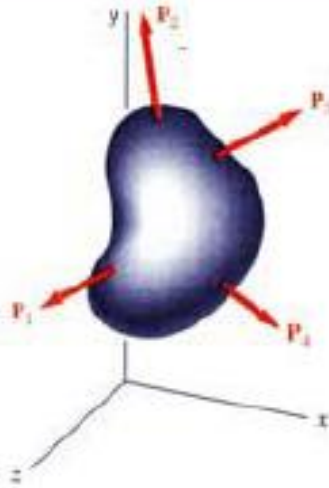
- Eleman eksenine göre $\pm 45^\circ$ lik bir düzlemde maksimum kesme gerilmesi meydana gelir.



(d) $\theta = -45^\circ$ için Gerilmeler

$$\tau_m = \frac{P}{A_0} \sin 45 \cos 45 = \frac{P}{2A_0} = \sigma'$$

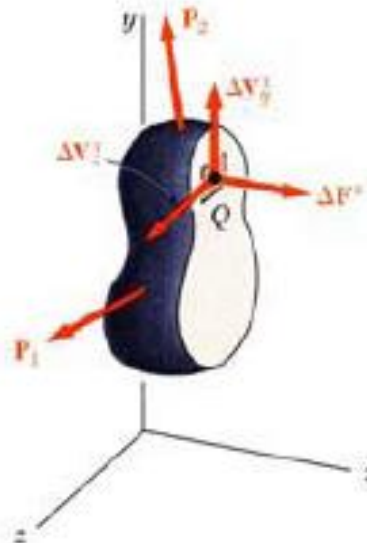
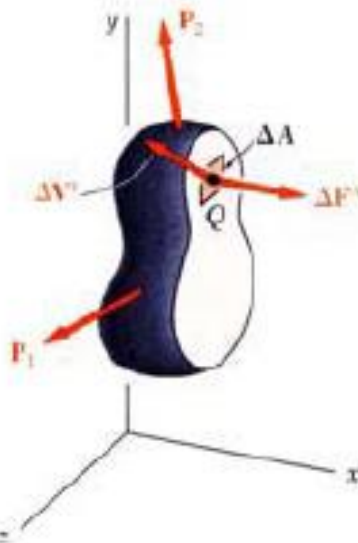
Genel Yükleme Halinde Gerilme



- Genel yükleme altındaki bir eleman O noktasından geçen bir kesit düzlemi ile ikiye ayrılır.
- İç gerilme bileşenlerinin dağılımı şu şekilde tanımlanabilir:

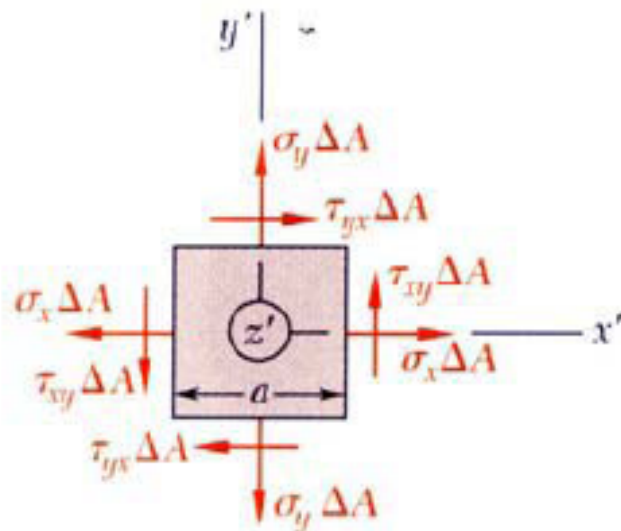
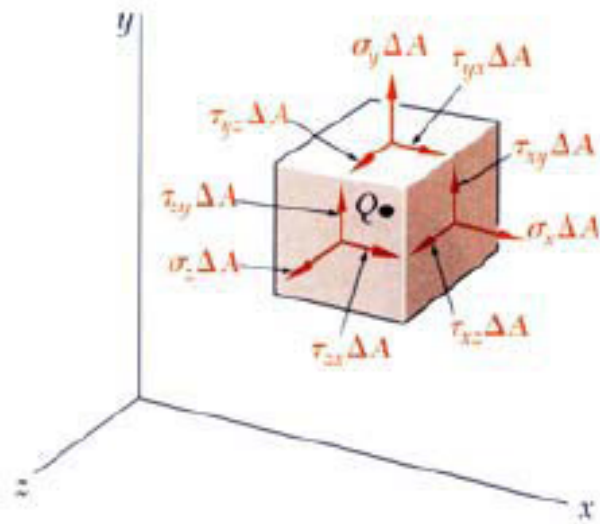
$$\sigma_x = \lim_{\Delta A \rightarrow 0} \frac{\Delta F^x}{\Delta A}$$

$$\tau_{xy} = \lim_{\Delta A \rightarrow 0} \frac{\Delta V_y^x}{\Delta A} \quad \tau_{xz} = \lim_{\Delta A \rightarrow 0} \frac{\Delta V_z^x}{\Delta A}$$



- Denge için, eşit ve ters yönlü iç kuvvet ve gerilme dağılımı elemanın her iki parçası üzerinde bulunmalıdır.

Gerilme Hali



- Gerilme bileşenleri x , y ve z eksenlerine paralel kesit düzlemleri için tanımlanır. Denge için, eşit ve ters yönlü gerilmeler görünmeyen düzlemlerde de uygulanır.
- Gerilmelerden meydana gelen kuvvetlerin birleşimi denge için şu şartları sağlamalıdır:

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

$$\sum M_x = \sum M_y = \sum M_z = 0$$

- z eksenine göre momentleri düşününüz:

$$\sum M_z = 0 = (\tau_{xy}\Delta A)a - (\tau_{yx}\Delta A)a$$

$$\tau_{xy} = \tau_{yx}$$

$$\text{benzer şekilde, } \tau_{yz} = \tau_{zy} \text{ and } \tau_{xz} = \tau_{zx}$$

- Tam gerilme halini tanımlamak için sadece 6 gerilme bileşeni gerekmektedir.

Emniyet Faktörü

Yapı elemanları veya makinalar kullanılan malzemelerin mukavemet edebileceği maksimum gerilme değerlerinden daha düşük gerilme değerleri altında çalışacak şekilde tasarlanmalıdır.

EF = Emniyet Faktörü

$$EF = \frac{\sigma_{\text{maks}}}{\sigma_{\text{izin}}} = \frac{\text{maksimum gerilme}}{\text{izin verilen gerilme}}$$

Emniyet Faktörü seçiminde göz önüne alınması gerekenler:

- Malzeme özelliklerinde belirsizlik
- Yüklemedeki belirsizlik
- Analizlerdeki belirsizlik
- Yükleme çevriminin sayısı
- Hasarın çeşitleri
- Bakım gereksinimleri ve aşınma etkileri
- Yapının bütünlüğünün devamında elemanın önemi
- Hayat riski ve özelliği
- Makine fonksiyonuna etkisi