

2009 Kasım

www.guven-kutay.ch

MUKAVEMET DEĞERLERİ GENEL BİLGİLER

05-0c

M. Güven KUTAY

İÇİNDEKİLER

0. GENEL BİLGİLER	0.3
0.1. Mukavemet hesapları	0.4
0.1.1. İlk veya yeniden boyutlama	0.4
0.1.2. Ölçülendirme ve konstruksiyonun tamamlanması	0.4
0.1.3. Hazır boyutların veya konstruksiyonun kontrolü	0.5
0.2. Kesit yöntemi	0.6
0.2.1. Gidiş yolu	0.6
0.3. Hesaplama sistemi; Kesit sistemi.	0.8
0.3.1. İlk belirleme; Hesaplanacak kesitin tanımlanması.	0.8
0.3.2. Bütün dış kuvvetlerin ağırlık merkezi veya nötr eksenine getirilmesi.	0.8
0.3.3. Hesaplama	0.12
0.3.4. Adacıklar konstruksiyonu, örneğin: Civatalar, perçinler, nokta kaynağı v.s.	0.15
0.4. Karşılaştırma değerleri	0.16
0.5. Kuvvet	0.17
0.5.1. Kuvvetin sembolü	0.17
0.5.2. Kuvvetin yükleme durumlar	0.18
0.5.3. İşletme katsayısı c_B	0.22
0.6. Kesit alanı	0.22
0.7. Gerilme	0.23
0.7.1. Normal gerilme	0.23
0.7.2. Kayma gerilmesi	0.23
0.7.3. Hesaplama biçimleri	0.25
0.8. Hesap akışı	0.27

0. GENEL BİLGİLER

Bu kitabın amacı makina yapımında gerekli olan mukavemet hesaplarını kısa, basit ve herkesin anlayacağı biçimde sergilemektir. Burada verilen bilgiler makina elemanlarının hesaplarını rahat ve bilinçle yapma olanağını sağlayacaktır. Bu kitapta anlatılan bilgiler ve verilen değerler mekanikteki mukavemet biliminin tamamlayıcısı olarak kabul edilmelidir. Daha derin ve etraflı bilgi için literatürde belirtilen diğer mukavemet kitaplarına bakmak yararlıdır.

Makina yapımında aynı veya benzer şekillerle kullanılan parçalar makina elemanları diye adlandırılır.

Makina elemanlarının işletmede etkisi altında kaldıkları yüklere karşın, zararlı olacak kadar fazla deforme olmadan ve kırılıp kopmadan, üzerlerine düşen görevi, makinanın yaşamı boyunca yapmaları gereklidir. Makina elemanlarının üzerlerine düşen görevi yapabileceklerine emin ve bilinçli olarak karar verebilmek için, inanılan karşılaştırma değerlerine gereksinim vardır. En inandırıcı karşılaştırma değerleride, mukavemet hesaplarıyla elde edilen değerlerdir.

Konstrüktör bir problemle karşılaştığında bu problemi çözmek için bilinçli ve sistemli çalışmalıdır. Bir problemle karşılaştığınızda eğer kendinize özgü bir yönteminiz yoksa, aşağıda verilen yöntemi uygulamanız yararınıza olacaktır.

Makina elemanları hesaplarında herşeye rağmen, yani bütün teknik ve matematik hesapların verilerine rağmen, insanın kendi sağduyusu (aklıselimi) en önemli rolü oynar. Sağduyu işin ana temelidir (Şek. 0.1).

Bunun yanında kişinin

- Teknik bilgisi,
- Meslek bilgisi,
- Meslek deneyimleri (tecrübeleri)

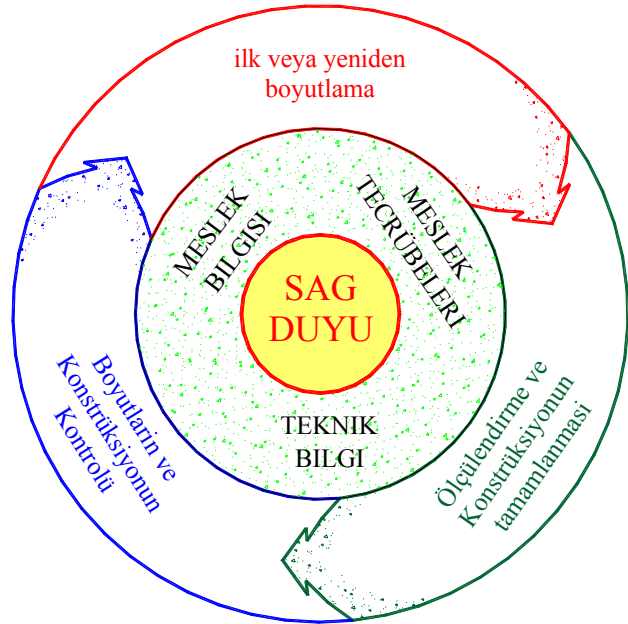
diğer önemli faktörlerdir.

Hesaplar kısır döngü oluşturur.

Makina elemanları probleminde kısır döngüyü oluşturan üç unsur vardır.

Bunları şu şekilde sıralıyabiliriz:

- İlk veya yeniden boyutlama,
- Ölçülendirme ve konstrüksiyonun tamamlanması,
- Hazır boyutların veya konstrüksiyonun kontrolü.



Şek. 0.1, Problem çözümündeki üç temel unsur

0.1. Mukavemet hesapları

Genel olarak mukavemet hesabı şu şekilde tanımlanabilir:

Belirli veya istenilen bir emniyet katsayısına göre, makina parçasında hesaplanan gerilme değeri ile parçanın yapıldığı malzemenin mukavemet değerinin karşılaştırılıp karar verilmesidir.

Hesaplara başlamadan önce problem tam olarak tanımlanmalıdır. şöyle ki:

- Yanıtı verilecek soru ne dir ?
- Sorunun çözüm sistemindeki yeri nerede dir ?

Mukavemet hesaplarına ayrıntılı bakmadan önce, problem çözümündeki ana unsurları daha ayrıntılı inceleyelim.

0.1.1. İlk veya yeniden boyutlama

Eğer problem ilk veya yeniden boyutlama kısmında ise bilinmesi gerekli bilgiler şunlardır:

- Soru nedir ve soruda ne isteniyor ?

Örneğin:

- Mukavemet değerleri	Formül = $\sigma_{SK} (\tau_{SK})/S_{GER}$ veya S_{ist}	*) I
- Burkulma (flambaj)	Formül = σ_{bk} / S_{GER} veya S_{ist}	*) I
- Deformasyon	Formül = S_{GER}	*) I
- Titreşim	Formül = S_{GER}	

*)I Bu değerler kuvvet veya ısı tarafından oluşabilirler.

- Makinanın veya parçanın görevi ve bu göreve ilişkin teknik ve mesleki bilgiler biliniyor mu?
- Fonksiyon için gerekli bütün koşullar açık ve belirgin olarak verilmiş mi ?
- Çözüme yardımcı olacak değerlere ilişkin hazırlanmış tabela ve standartlar var mı ?
- Probleme ilişkin bütün gerekli değerler verilmiş mi ?
- Eksik değerleri biz mi saptayacağız,yoksa sorulacak kişi veya kurum var mı?
- Çözüm sonucunda elde edilen değer konstruksiyon değeri olarak kullanılacak mı, yoksa:
 - Standartlarda verilen değerlere mi uyulacak ?
 - veya diğer parçalara uyum sağlanması için değer değiştirilecek mi ?

0.1.2. Ölçülendirme ve konstruksiyonun tamamlanması

Eğer problem ölçülendirme ve konstruksiyonun tamamlanması kısmında ise bilinmesi gerekli bilgiler şunlardır:

- Parçanın üstlendiği görev biliniyor mu ?
Bu göreve göre parçanın konstruksiyonu aşağıdaki durumlarda nasıl yapılmalı veya aşağıdaki istekler nasıl koşul olarak gösterilmeli ?

- Parçanın şekline ilişkin bilgiler var mı ?
 - Fonksiyona göre şekil uygun mu ?
 - Konstruksiyon kanunlarına ve koşullarına uyulmuş mu ?
 - Toleranslar koşullara uygun mu ?
- Parçanın malzemesine ilişkin bilgiler var mı ?
 - Malzemenin özellikleri belirlenmiş mi ?
 - Malzemeye üretim öncesi ve sonrası yapılan işlem belirtilmiş mi ?
- Teknik talimatlar ve tutanaklar var mı ?

Örneğin: - Malzemenin mekanik özelliklerini gösteren talimat/tutanak,

 - Malzemeye üretim öncesi yapılan işlem talimatı/tutanağı,
 - Malzemenin giriş kontrol talimatı/tutanağı,
 - Üretim yöntemi ve işlemler talimatı,
 - Ara depolama talimatı,
 - Montaj talimatı,
 - Üretim boyunca yapılacak kontroller talimatı/tutanağı,
 - Parçanın gönderilme talimatı,
 - Parçanın veya sistemin işletmeye alınma talimatı,
 - Servis ve bakım talimatı.
- Kontrol olanakları nasıl ?
- Üretim yeri ve şekli biliniyor mu ?
- Parçaya veya parçalar takımına ilişkin koşullar belli mi veya biliniyor mu ?

Örneğin: - Standartlar,

 - Talimatlar,
 - Resmi ve mesleki kuruluşların talimat ve kanunları.

0.1.3. Hazır boyutların veya konstruksiyonun kontrolü

Eğer problem hazır boyutların veya konstruksiyonun kontrolü kısmında ise bilinmesi gerekli bilgiler şunlardır:

- Makina veya parçayı etkileyen bütün kuvvet ve momentler biliniyor mu ?
 - İşletme faktörünü seçmek gerekli mi ?
 - Titreşimler nasıl ?
 - Darbeler var mı ?
- Makina veya parçaya ayrıca etki eden faktörler biliniyor mu ?
 - Isının etkisi,
 - Aşınmanın (erozyon) etkisi,
 - Yenmenin (korozyonun) etkisi.
- Koordinat sistemine göre kuvvet hesapları yapılmış mı?
- Koordinat sistemine göre moment hesapları yapılmış mı?
- Mesleki teknik kanunların hepsini biliyor muyuz?
- Sonuçlar istenilen koşullara uygun mu?
 - $S_{he} \geq S_{ist}$, - Teknik talimatlar, - Standartlar,
 - Kamusal ve meslek kuruluşlarının talimat, koşul ve kanunları.

Hesap yöntemi

Mukavemet hesaplarında en önemli karşılaştırma değeri, makina veya parçanın etkisi altında kaldığı kuvvetlere karşın, dayanma zamanıdır. Bu devamlı dayanmaya "**malzemenin yorulması**" denir. Bu değer malzemenin çeşitli yük altında bozulma-dan, çalıştığı yerde ödevini sürekli yapmasıdır. Devamlı mukavemette, yani malzeme-nin yorulmasında "**dayanma zamanını**" etkileyen asıl unsurlar, üçüncü kısımda, mal-zemenin mukavemet değerinde göz önüne alınacaktır. Örneğin; parçanın çentik boyutları, işlenmiş üst yüzeylerin kabalık derecesi, v.s.

Şimdi biz burada mukavemet hesaplarının nasıl yapılacağını inceliyelim. Mukavemet hesaplarının nasıl yapılacağı hakkında herhangi bir reçete mevcut değildir vede veri-lemez. Kişi kendi deneyimi ve bilgisine göre bir hesap yolu saptar. Genelde "**kesit yöntemi**" salık verilir. Bu yöntemle parçaya etki eden kuvvetler ve bu kuvvetlerin doğurduğu gerilimler hesaplanır.

0.2. Kesit yöntemi

Bu yöntemde parçaya etki eden bütün kuvvet ve momentlerin tamamı, hesabın yapıl-ması istenilen kesite getirilir. Aynı zamanda o kesitte malzemeye ait olan malzemenin mukavemet değerleri bulunur. Bu iki değer arasında karşılaştırma yapıp karar verilir.

0.2.1. Gidiş yolu

Hesaplamalarda kullanılan kesit yöntemi üç aşamada uygulanır:

- I. Problemin taslağını çizmek,
- II. Kuvvet ve momentlerin durum taslağını çizmek,
- III. Çözümü gerçekleştirmek.

1. Problemin taslağını çizmek

Teknikte yaptığımız bütün hesaplar belirli teorik kalıplara göredir. Fakat pratikte akla gelen her türlü şekil ve kalıp mevcuttur. Ne yazık ki, bu kalıplar teorik kalıpların aynısı değildir. Bunun için pratikte görülen problem, mümkün olduğu kadar, benzeri bir teorik kalıba uyarlanır. Yapılan hesabın doğruluğu bu uyarlamayla orantılıdır.

Hedef: Problemi tam olarak anlamak ve soruyu bulmak.
Şöyle ki: soru nedir ?
Problemi çözmeden başka bir kişiye bütün verileri ile devir edip çözümü isteyebilir misiniz?

- Yapılacak iş: Temiz ve anlaşılır şekilde taslak çizimi.
- Bütün etken büyüklüklerin saptanması.
 - Bütün bilinen bilgilerin ve büyüklüklerin taslağa yazılması.
 - Verilen değerlerin yerleştirilmesi, verilmemiş değerlerin hesaplanması veya bazı hallerde bir standarttan veya talimattan alınarak kabulü.

2. Kuvvet ve momentlerin durum taslağını çizmek

- Hedef: - Çözümü bilinçli ve eksiksiz gerçekleştirmek.

- Yapılacak iş: - Koordinat sistemini seçmek.
- Olanaklar ölçüsünde güzel, temiz ve ölçekli durum taslağını çizmek, kuvvet ve moment alanlarını taslakta belirtmek.
 - Kritik ve tehlikeli kesitleri saptamak.
 - Hesap yöntemi ve yolunu vede soruyu tam belirleyip aranılan büyüklüğü veya büyüklükleri saptamak.

Örneğin:

- Kuvveti her üç eksen yönünde hesaplamak F_x , F_y ve F_z .
- Momenti her üç eksen yönünde hesaplamak M_x , M_y ve M_z .

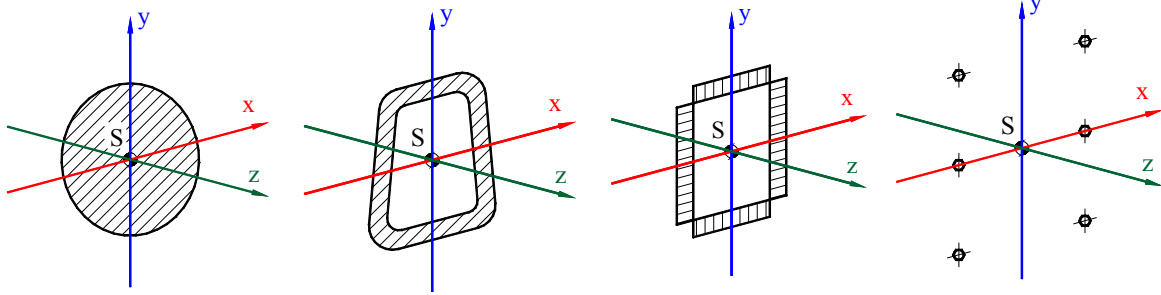
3. Çözümü gerçekleştirmek

- Hedef: - Asıl ve inanılır değerlere dayanarak karar vermek.
- Sonuçta bulunan değer, elde olan bilgilere ve koşullara göre risk sınırları içinde ise doğru karar verilmiş olur.

- Yapılacak iş: - Denge koşullarını veya çözüm için geçerli hesap formüllerini yazıp, aranılan büyüklüğü bilinen büyüklüklerle belirtmek.
- Kabullerin sonuca etkisini saptamak, açıklamak vede kıymetlendirmek.
 - Var olan büyüklük değerlerini hesaplayıp, emniyetli büyüklük değerleri ile karşılaştırıp karar vermek.

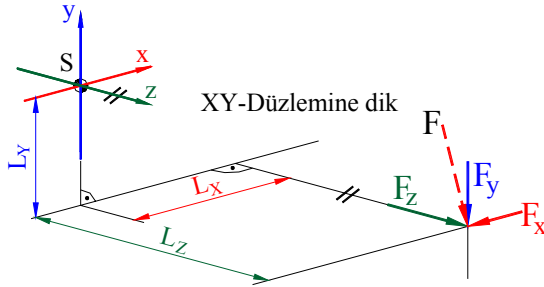
0.3. Hesaplama sistemi; Kesit sistemi.

0.3.1. İlk belirleme; Hesaplanacak kesitin tanımlanması.



Dolu kesit; Örneğin: Mil Kaval kesit; Örneğin: Döküm veya kaynak Adacıklar, örneğin; Cıvatalar, Perçinler

Hesaplama kesitini XY-Düzlemi ve konstruksiyonun koordinat sistemi X,Y ve Z eksenleri vede konstruksiyonun ağırlık merkezi S yukarıda gösterildiği gibi belirlenmiş olsun. Yer ve yön için eksenlerin eksi (-) yönünden artı (+) yönüne doğru bakıldığını kabul edilip, saat yelkovanı hareket yönüne göre belirleyelim. Momentler bir düzlemde, kuvvetler etki doğrultularında değerleri değişmeden kaydırılırlar.



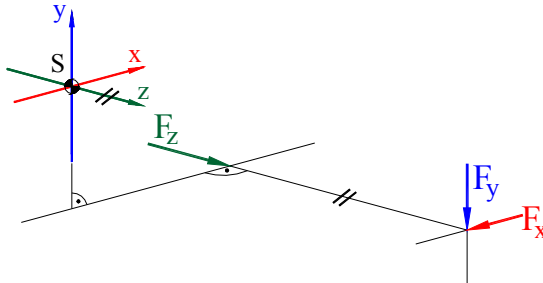
Burada “ S “ konstruksiyonun ağırlık merkezi vede X,Y ve Z eksenleride koordinat sistemi olarak alınmıştır.

Sistemi etkileyen “ F “ kuvvetini eksenlere göre bileşenlerine F_x , F_y und F_z ayırılım

0.3.2. Bütün dış kuvvetlerin ağırlık merkezi veya nötr eksenine getirilmesi.

Kuvvet bileşkenleri tek tek koordinat eksenlerine paralel olarak ağırlık merkezine kaydırılır.

a) Kuvvetin etki doğrultusunda ve paralel olduğu eksene göre kaydırılması.

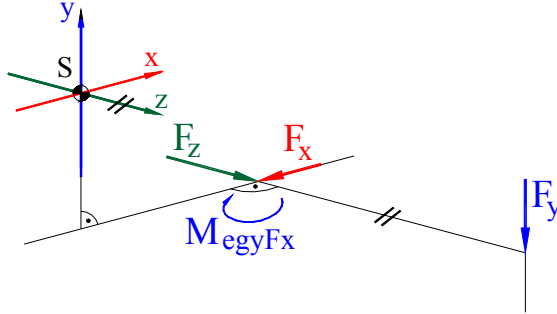


Burada F_z kuvveti Z-eksenine paralel olarak kaydırılır.

Bu durumda hiçbirsey değişmez. Kuvvet istenilen noktaya kadar kaydırılır.

b) Kuvvetin etki doğrultusunun dışında kaydırılması:

- Kuvvetin hesaplama kesitine dik olarak kaydırılması,
Yön: Z-eksenine paralel.



Burada F_x ve F_y kuvvetleri Z-eksenine paralel kaydırılıyor.

Burada kuvvetin kaydırılmasından bir eğilme momenti doğar, şöyleki:

$$M_{eg} = F_{x,y,z} \cdot L_{F_{x,y,z}}$$

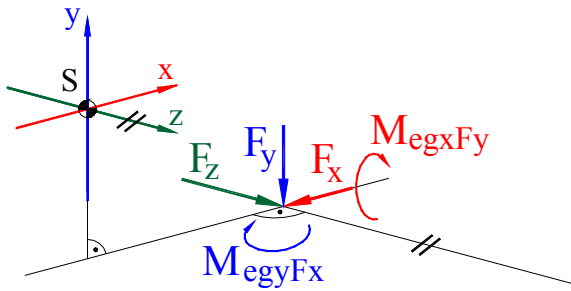
M_{eg} Eğilme momenti

$F_{x,y,z}$ Kuvvet bileşkenleri

$L_{F_{x,y,z}}$ Kuvvetin ilk bulunduğu

yeni kaydırıldığı yer ile

arasındaki mesafe yer



Momentler:

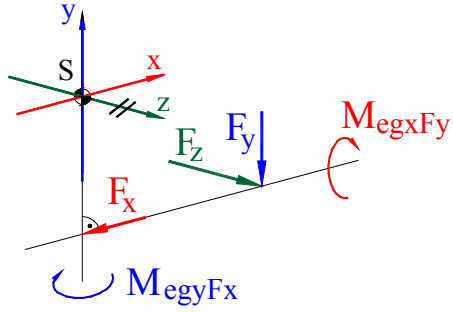
$$L_z \quad F_x \Rightarrow M_{egyFx} = F_x \cdot L_z$$

Yelkovan karşı

$$L_z \quad F_y \Rightarrow M_{egxFy} = F_y \cdot L_z$$

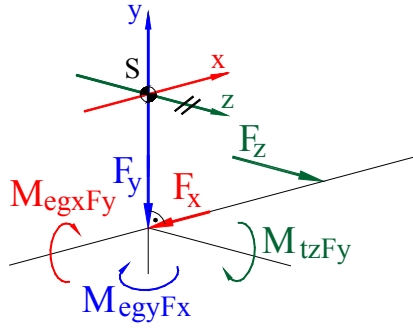
Yelkovan yönünde

- Hesaplanan kesit içindeki kuvvetlerin kesit düzleminde kaydırılmaları;
Yön: Kuvvetin etki doğrultusunda ve paralel olduğu eksene göre kaydırılması:



Burada F_x kuvveti ve M_{egyFx} momenti kuvvetin etki doğrultusu olan X-eksenine boyunca kaydırılır.

Değişen bir şey olmaz. Kuvvet ve moment X-ekseni boyunca istenilen noktaya kadar kaydırılır.



Burada F_y kuvveti ve M_{egxFy} momenti X-eksenine paralel kaydırılır.

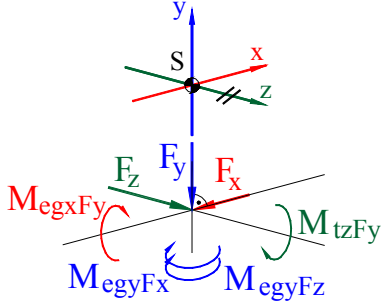
F_y kuvvetinin kaydırılmasından torsiyon momenti doğar:

$$M_{tzFy} = F_y \cdot L_x$$

Yelkovana karşı

- Hesap yapılan kesitin düzleminde kuvvetlerin kaydırılması:

Yön: X-eksenine paralel:



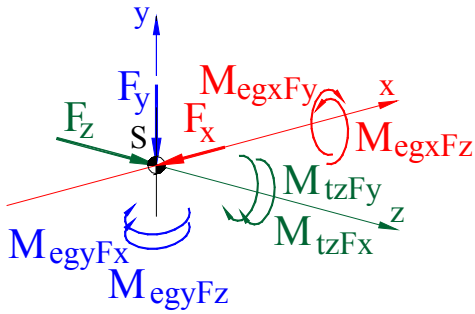
Burada F_z kuvveti X-eksenine paralel kaydırılıyor.

F_z kuvvetinin kaydırılmasından eğilme momenti doğar:

$$M_{egyFz} = F_y \cdot L_x$$

Yelkovana karşı

- Yön: Y-eksenine paralel:



- F_x kuvvetinin kaydırılmasından bir yeni torsiyon momenti doğar:

$$M_{tzFx} = F_x \cdot L_y$$

Yelkovana karşı

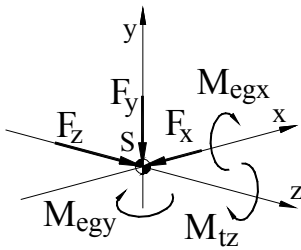
- F_y kuvvetinin ve M_{egzFy} , M_{egxFy} momentlerinin kaydırılmasından yeni bir şey doğmaz. Her şey olduğu gibi kalır.

- F_z kuvvetinin kaydırılmasından bir yeni eğilme momenti doğar:

$$M_{egxFz} = F_z \cdot L_y$$

Yelkovana karşı

- Böylece bütün hesaplanacak kesiti etkileyen dış kuvvetleri kesitin aynı zamanda konstruksiyonun ağırlık merkezine getirmiş oluyoruz. Şimdi tek tek getirilen kuvvet ve momentleri toplayınca sistemi basite indiririz.



F_x ve F_y kuvvetleri hesaplanan kesit çapraz kuvvet ve F_z kuvvetide normal kuvvet olarak etkilerler.

M_{egx} ve M_{egy} kesiti etkileyen eğilme ve M_{tz} de kesiti etkileyen torsiyon (burma) momentleridir.

0.3.3. Hesaplama

Sırasıyla olasılıklı konstruksiyon çeşitlerini ele alalım:

a) Dolu kesit, örneğin: Mil veya buna benzer konstruksiyon elemanları.

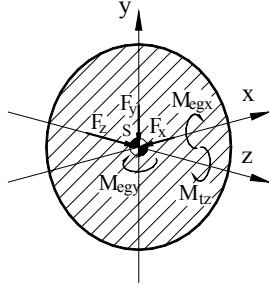
Bu parçalarda bileşik gerilim **Biçim değiştirme Enerjisi Hipotezine** göre BEH:

$$\sigma_v = \sqrt{\sigma^2 + 3 \cdot (\alpha_0 \cdot \tau)^2}$$

Normalgerilimler: Kayma gerilimleri:

$$\sigma = \sigma_{eg} + \sigma_{\zeta, b}$$

$$\tau = \tau_t + \tau_k$$

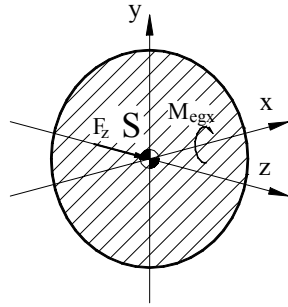


xy-kesit düzlemi

Zorlanma katsayısı " α_0 ", pratikte:

$\alpha_0 = 0,7$ torsiyon statik veya dalgalı, eğilme değişken
 $\alpha_0 = 1,0$ torsiyon ve eğilme aynı cinsten.

1. Normal kuvvet ve eğilme momenti



xy-kesit düzlemi

F_z kuvvetinden çekme gerilimi doğar:

$$\sigma_{\zeta} = \frac{F_z}{A}$$

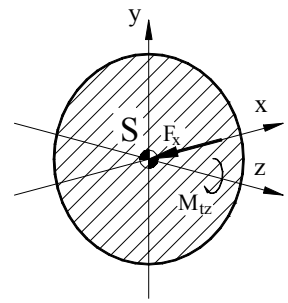
Burada alan $A = 0,25 \cdot \pi \cdot d^2$ dir.

M_{egx} momentinden eğilme gerilimi doğar:

$$\sigma_{eg} = \frac{M_{egx}}{W_{eg}} \quad \text{Eğilme karşı koyma momenti}$$

$$W_{eg} = \frac{\pi \cdot d^3}{32} \quad \text{dir.}$$

2. Çapraz kuvvet ve torsiyon momenti



xy-kesit düzlemi

F_x kuvvetinden kesme gerilimi doğar:

$$\tau_k = \frac{F_x}{A}$$

Burada alan $A = 0,25 \cdot \pi \cdot d^2$ dir.

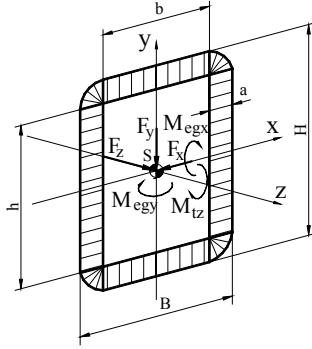
M_{tz} momentinden torsiyon (burulma) gerilimi doğar:

$$\tau_t = \frac{M_{tz}}{W_t} \quad \text{Torsiyon karşı koyma}$$

$$\text{momenti} \quad W_t = \frac{\pi \cdot d^3}{16} \quad \text{dır.}$$

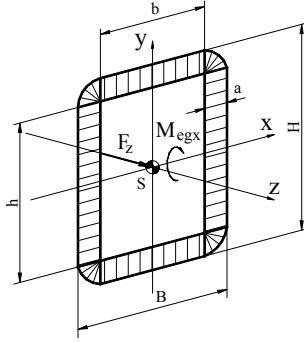
b) Kaval kesit, örneğin: Döküm veya kaynak konstruksiyonları.

Kapalı form:



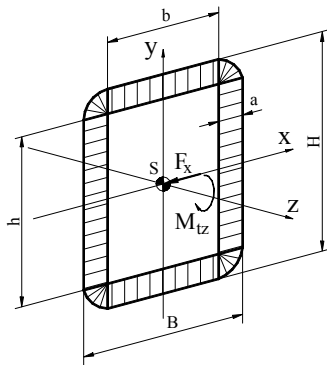
xy-kesit düzlemi

1. Normal kuvvet ve eğilme momenti



xy-kesit düzlemi

2. Çapraz kuvvet ve torsiyon momenti



xy-kesit düzlemi

Buradaki bileşik gerilim parçaya göre hesaplanır:

$$\sigma_v = \sqrt{\sigma^2 + 3 \cdot (\alpha_0 \cdot \tau)^2} \quad \text{BEH göre}$$

$$\sigma_v = 0,5 \cdot \left(\sigma^2 + \sqrt{\sigma^2 + 4 \cdot (\alpha_0 \cdot \tau)^2} \right) \quad \text{NGH}$$

“NGH” Normal Gerilme Hipotezi

Normalgerilimler: Kayma gerilimleri:

$$\sigma = \sigma_{eg} + \sigma_{\zeta, b}$$

$$\tau = \tau_t + \tau_k$$

Zorlanma katsayısı " α_0 ", yukarıda ki gibi.

F_z kuvvetinden çekme gerilimi doğar:

$$\sigma_{\zeta} = \frac{F_z}{A}$$

Burada alan $A = (H - h) \cdot (B - b)$ dir.

M_{egx} momentinden eğilme gerilimi doğar:

$$\sigma_{eg} = \frac{M_{egx}}{W_{eg}} \quad \text{Eğilmeye karşı koyma momenti}$$

$$W_{eg} = \frac{B \cdot H^3 - b \cdot h^3}{6 \cdot H} \quad \text{dır.}$$

F_x kuvvetinden kesme gerilimi doğar:

$$\tau_k = \frac{F_x}{A}$$

Burada alan olarak yalnız uzunlamasına etkilenen kaynak alanıdır $A = 2 \cdot b \cdot a$ dır.

M_{tx} momentinden torsiyon (burulma) gerilimi doğar:

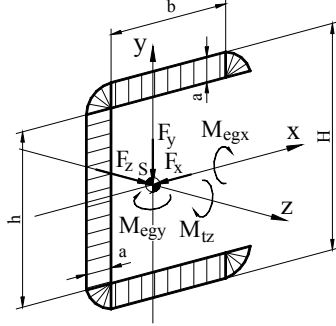
$$\tau_t = \frac{M_{tx}}{W_t} \quad \text{Torsiyon karşı koyma}$$

momenti Bredt' e göre

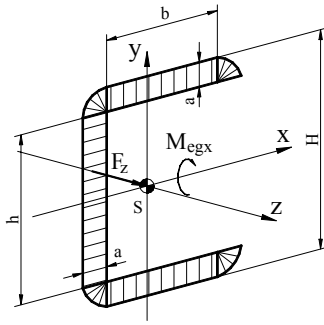
$$W_t \approx 2 \cdot A_{or} \cdot a \quad \text{dır ve}$$

ortalama alan $A_{or} = (b + a) \cdot (h + a)$ dır.

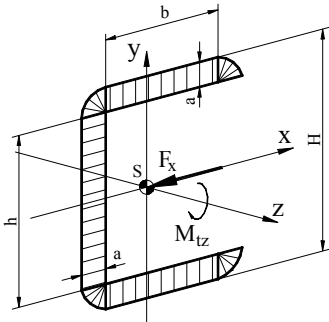
Açık form



1. Normal kuvvet ve eğilme momenti



2. Çapraz kuvvet ve torsiyon momenti



Buradaki bileşik gerilim parçaya göre hesaplanır:

$$\sigma_v = \sqrt{\sigma^2 + 3 \cdot (\alpha_0 \cdot \tau)^2} \quad \text{BEH göre}$$

$$\sigma_v = 0,5 \cdot \left(\sigma^2 + \sqrt{\sigma^2 + 4 \cdot (\alpha_0 \cdot \tau)^2} \right) \quad \text{NGH}$$

Normalgerilimler: Kayma gerilimleri:

$$\sigma = \sigma_{eg} + \sigma_{\zeta, b}$$

$$\tau = \tau_t + \tau_k$$

Zorlanma katsayısı " α_0 ", yukarıda ki gibi.

F_z kuvvetinden çekme gerilimi doğar:

$$\sigma_{\zeta} = \frac{F_z}{A}$$

Burada alan $A = 2 \cdot a \cdot b + a \cdot h$ dır.

M_{egx} momentinden eğilme gerilimi doğar:

$$\sigma_{eg} = \frac{M_{egx}}{W_{eg}}$$

Eğilme karşı koyma momenti Steiner e göre hesaplanır.

F_x kuvvetinden kesme gerilimi doğar:

$$\tau_k = \frac{F_x}{A}$$

Burada alan olarak yalnız uzunlamasına etkilenen kaynak dikişlerinin alanıdır

$$A = 2 \cdot b \cdot a \quad \text{dır.}$$

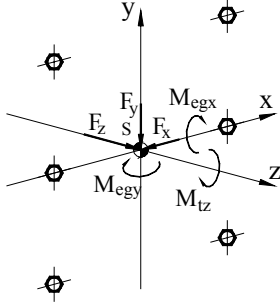
M_{tz} momentinden torsiyon (burulma) gerilimi doğar:

$$\tau_t = \frac{F_{Mt_z}}{A_{=}}$$

Kuvvet $F_{Mt_z} = \frac{M_{tz}}{h+a}$ dır ve

Alan $A_{=} = a \cdot b$ dir.

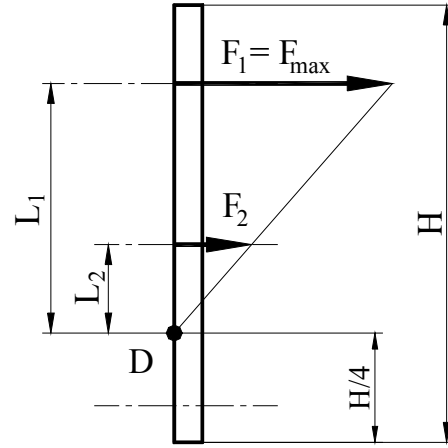
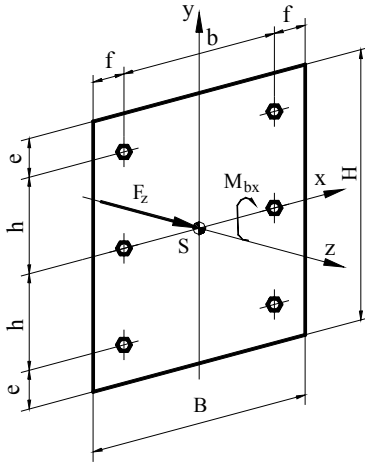
0.3.4. Adacıklar konstruksiyonu, örneğin: Civatalar, perçinler, nokta kaynağı v.s.



Burada etki gösteren kuvvet ve momentler tek tek ele alınıp en fazla yüklenilen adanın bulunması gerekir.

En fazla yüklenilen adanın bulunması içinde aşağıda verilen sistemlerle hesaplar yapılır.

1. Normal kuvvet ve eğilme momenti



Normal kuvvet F_z den doğan çekme kuvveti :

$$F_{nç} = F_z / n$$

Eğilme momentinden doğan çekme kuvveti:

$$F_{çMeg} = \frac{M_{eg}}{z} \cdot \frac{L_1}{L_1^2 + L_2^2 + \dots + L_n^2}$$

n Adacıkların sayısı (burada 6)
z Sıranın sayısı (burada 2)

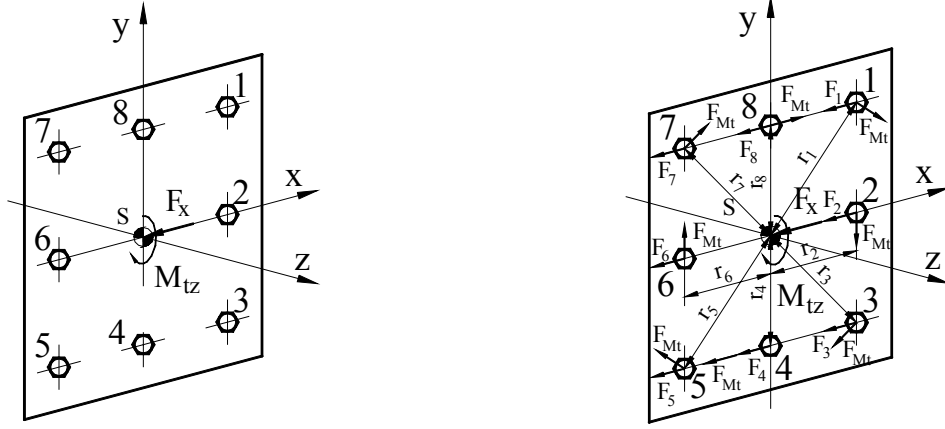
Böylece burada:

$$F_{çMeg} = \frac{M_{egx}}{2} \cdot \frac{L_1}{L_1^2 + L_2^2}$$

maksimum yüklenen bir adanın toplan zorlanması:

$$F_{max} = F_{nç} + F_{çMeg}$$

2. Çapraz kuvvet ve torsiyon momentini



Çapraz kuvvet F_x den doğan kesme kuvveti :

$$F_{\text{çk}} = F_x / n$$

Torsiyon momentinden doğan kesme kuvveti:

$$F_{\text{ç max Mt}} = \frac{M_{\text{tz}} \cdot r_{\text{max}}}{\sum r^2}$$

n

Adacıkların sayısı (burada 8)

r

Adacıkların ağırlık merkezine olan mesafeleri

Böylece burada:

$$F_{1Mt} = F_{3Mt} = F_{5Mt} = F_{7Mt} = \frac{M_{\text{tz}} \cdot r_1}{4 \cdot r_1^2 + 2 \cdot r_2^2 + 2 \cdot r_4^2}$$

$$F_{2Mt} = F_{6Mt} = F_{1Mt} \cdot \frac{r_2}{r_1} \quad F_{4Mt} = F_{8Mt} = F_{1Mt} \cdot \frac{r_4}{r_1}$$

Maksimum yüklenme için F_2, F_3 ve $F_4 = F_{\text{çk}} + F_{4t}$ hesaplanır, bu üç sonuçtan hangisi büyükse odur.

0.4. Karşılaştırma değerleri

Görüldüğü gibi karar verebilmek için karşılaştırma değerleri gereklidir. Karşılaştırma değerleride mukavemet değerleridir. Mukavemet değerine gerilme denir. Gerilme denince kesit alanına düşen kuvvet akla gelir. Böylece gerilmenin tanımını yapılır:

Gerilme birim alana düşen kuvvettir.

$$\text{gerilme} = \frac{\text{kuvvet}}{\text{kesit alanı}}$$

Bu tanımda kullanılan değerleri ayrıntılı ve sırasıyla inceliyelim.

1. Kuvvet
2. Kesit alanı
3. Gerilme

0.5. Kuvvet

Kuvvet genelde kütle çarpı ivme olarak tanımlanır.

F. 1

$$\begin{aligned} F &= m \cdot a \\ F &= m \cdot g \end{aligned}$$

m	kg	kütle
a	m/s ²	ivme
g	m/s ²	yer çekimi ivmesi

Kuvvet üç özelliğiyle belirlenir ve tanımlanır. Bu özellikler şunlardır: Kuvvetin yönü, Kuvvetin büyüklüğü ve Kuvvetin etkin olduğu nokta dır.

0.5.1. Kuvvetin sembolü

Uluslar arası standartlarda (ISO) kuvvetin sembolü için İngilizce kuvvet kelimesinin (Force) baş harfi F kabul edilmiştir. Bu sembol ISO-ya üye olan bütün endüstri ülkelerinin standartlarında ve hesaplarında kullanılmaktadır. Türkiyede bir ISO üyesidir. Kısaca kuvveti anlatacak olursak:

F Kuvvet, genel sembol. İndeksle daha belirgin kullanılır. Mukavemet hesaplarında kullanılan birimi : N [Newton (*Nevton*), $N = \text{kg m} / \text{s}^2$] veya kuraldışı : kN [kilo Newton] = 10^3 N

F_{max} Maksimum kuvvet. Bu işletmede parçayı etkileyen en büyük kuvvet değeri olup, hesaplar için temel oluşturur. **Hiçbir şekilde herhangi bir faktör ile mutlak değeri büyütülmez.** Büyütülecek olsa en büyük veya maksimum sıfatını almaması gerekirdi.

F_{min} Minimum kuvvet. Bu işletmede parçayı etkileyen en küçük kuvvet değeri olup, hesaplar için temel oluşturur. **Hiçbir şekilde herhangi bir faktör ile mutlak değeri büyütülmez.** Büyütülecek olsa en küçük veya minimum sıfatını almaması gerekirdi.

F_{nom} Nominal kuvvet. İşletmede bilinen ve bildirilen kuvvet. Bu kuvvetin dışında daha bilinmiyen kuvvetlerde etkili olabilir. Bunun için hesaplarda kullanılır-ken işletme faktörü c_B ile arttırılır.

F_{nomax} Maksimum nominal kuvvet. Bu bilinen en büyük kuvvettir. Hesaplarda kullanılırken işletme faktörü c_B ile arttırılır.

F_{nomin} Minimum nominal kuvvet. Bu bilinen en küçük kuvvettir. Bu kuvvet hesaplarda **F_{min}** olarak kullanılırken eğer sıfırdan küçük ise işletme faktörü c_B ile arttırılır, eğer sıfırdan büyük ise herhangi bir faktör ile arttırılmaz

$$F_{\min} = F_{\text{nomin}} \text{ alınır.}$$

F_n Normal kuvvet. Yüzeze, yani hesabın yapıldığı kesit yüzeyine dik olan kuvvet.

F_ç Çapraz kuvvet. Hesabın yapıldığı kesit yüzeyinin içinde olan kuvvet.

0.5.2. Kuvvetin yükleme durumları

Kuvvetin üç özelliğiyle belirlendiğini söylemiştik.

1. Kuvvetin yönü
2. Kuvvetin büyüklüğü
3. Kuvvetin etkin olduğu nokta

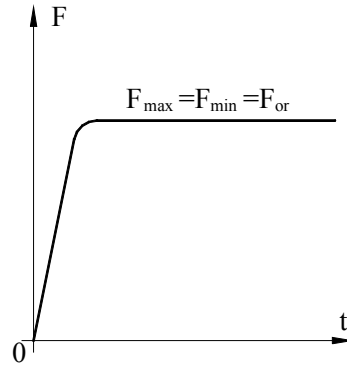
Kuvvetin bu özelliklerinin ikisinin değişmesiyle çeşitli kuvvet yükleme durumları veya parçanın yüklenme durumları elde edilir. Bu değişimleri bundan bir asır kadar önce Prof. Bach (*bah*) üç ayrı guruba ayırmış ve bu gruplama bugüne kadar değişmemiştir.

0.5.2.1. Statik veya durgun kuvvet, I. Durum

Burada kuvvetin yönü ve büyüklüğü işletmenin çalışma zamanı boyunca değişmez (Şek. 0.2). Kuvvetin iki özelliği de değişmeden kaldığından bu kuvvete değişmeyen kuvvet, yani "**statik kuvvet**" veya "**durgun kuvvet**" denir.

Burada en büyük kuvvet F_{\max} ile en küçük kuvvet F_{\min} birbirlerine eşittirler.

$$F_{\max} = F_{\min}$$



Şek. 0.2, Durgun kuvvet-zaman diyagramı

Ortalama kuvvet (F_{or}) maksimum kuvvet ile minimum kuvvetin tam ortasında olan kuvvettir.

Bu bağlantıyı formül ile gösterirsek:

$$F_{or} = (F_{\max} + F_{\min}) / 2$$

Burada en büyük kuvvet F_{\max} ile en küçük kuvvet F_{\min} birbirlerine eşittir ve ortalama kuvvette bu kuvvetlere eşit olur. Böylece;

$$F_{or} = F_{\max} = F_{\min}$$

bağlantısı bulunur.

Kuvvet durumları sınır kuvvetler oranı veya **sınır değerler oranı** ile de tanımlanır. Sı-nır kuvvetler oranı, minimum kuvvetin maksimum kuvvete oranıdır. Sınır kuvvetler oranının sembolü eski Yunan alfabesinden alınma κ (kappa) harfidir. Bu tanımla formülle gösterecek olursak, aşağıdaki bağıntı bulunur:

$$\kappa = F_{\min} / F_{\max}$$

Burada I.Durumda, en büyük kuvvet F_{\max} ile en küçük kuvvet F_{\min} birbirlerine eşittir. Bu özelliği formülde yerleştirirsek, sonuç olarak sınır kuvvetler oranı kappanın artı bir olduğu bulunur.

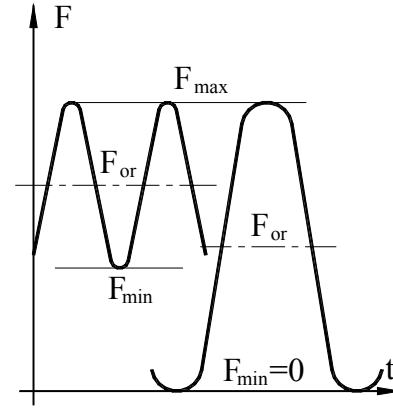
$$\kappa = +1$$

0.5.2.2. Dinamik dalgalı kuvvet, II. Durum

Bu halde kuvvetin yönü işletmenin çalışma zamanı boyunca değişmez kalır ve fakat kuvvetin büyüklüğü değişir (Şek. 0.3).

Kuvvetin iki özelliğinden biri değişkendir ve bundan dolayı değişen, yani dinamik bir durum vardır. Bu kuvvet haline "**dinamik dalgalı kuvvet**" veya kısaca "**dalgalı kuvvet**" denir. Kuvvetlerden biri az, fazla veya sıfır olur. Bu kuvvetin yönüne bağlıdır. Fakat karşıt işareti alamaz.

Burada en büyük kuvvet F_{max} ile en küçük kuvvet F_{min} birbirlerine eşit değildir, fakat aynı yöndedir. Eğer kuvvet yönünü artı olarak kabul edersek, durum şu şekilde belirlenir:



Şek. 0.3, Dinamik dalgalı kuvvet-zaman diyagramı

$$F_{max} > F_{min} > 0$$

Kuvvetlerden biri sıfır olduğunda bu özel haldir ve bu hale "**dinamik tam dalgalı kuvvet**" veya kısaca "**tam dalgalı kuvvet**" denir.

Ortalama kuvvet (F_{or}) maksimum kuvvet ile minimum kuvvetin tam ortasında olan kuvettir. Bu bağlantıyı formülle gösterirsek:

$$F_{or} = (F_{max} + F_{min}) / 2$$

En büyük kuvvet F_{max} ile en küçük kuvvet F_{min} birbirlerine eşit olmasalarda aynı yönde olduklarından, işaretleride aynıdır.

$$F_{max} > F_{or} > F_{min}$$

Maksimum ve minimum kuvvetin yönü bu halde aynı olduğundan ortalama kuvvetin yönü de maksimum ve minimum kuvvet yönü ile aynıdır. Yani, kuvvetler pozitif yönde iseler, ortalama kuvvetin yönü pozitif, negatif yönde iseler ortalama kuvvetin yönü negatif olur.

Sınır kuvvetler oranını hesaplayacak olursak:

$$\kappa = F_{min} / F_{max}$$

burada F_{min} ve F_{max} hep aynı işareti taşıyacaklarından aralarındaki orana göre sonuç olarak $+1 > \kappa \geq 0$ bağlantısı bulunur.

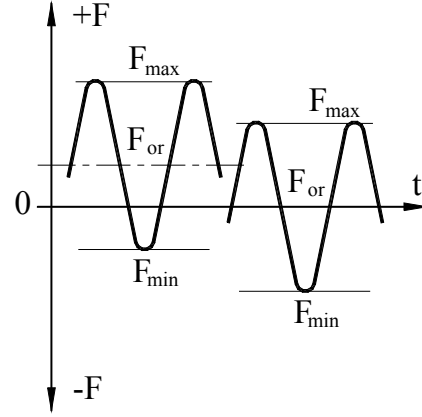
$\kappa = 0$ özel durumdur. Bu özel durumda F_{min} sıfırdır. Bu kuvvete yukarıdada belirttiğimiz gibi "**tam dalgalı kuvvet**" denir.

0.5.2.3. Dinamik değişken kuvvet, III. Durum

Bu durumda kuvvetin yönü ve kuvvetin büyüklüğü işletmenin çalışma zamanı boyunca periyodik olarak değişir (Şek. 0.4).

Bu durumda kuvvetin iki özelliğide değişkendir ve bundan dolayı değişen, yani dinamik bir durum vardır. Bu kuvvet durumuna "**dinamik değişken kuvvet**" veya kısaca "**değişken kuvvet**" denir. Kuvvet-lerden biri diğerine mutlak değer olarak az, fazla veya eşit olur. Kuvvetler sürekli karşıt işaretlidirler.

Burada genelde en büyük kuvvet F_{max} ile en küçük kuvvet F_{min} birbirlerine eşit değildir.



Şek. 0.4, Dinamik değişken kuvvet-zaman diyagramı

$$F_{max} > F_{min}$$

$$F_{max} = - F_{min}$$

Kuvvet büyüklüklerinin mutlak değer olarak birbirine eşit olması özel durumdur ve bu durumdaki kuvvete "**dinamik tam değişken kuvvet**" veya kısaca "**tam değişken kuvvet**" denir.

Ortalama kuvvet (F_{or}) maksimum kuvvet ile minimum kuvvetin tam ortasında olan kuvvettir.

$$F_{or} = (F_{max} + F_{min}) / 2$$

burada $F_{max} > F_{or} > F_{min}$ bağlantısı geçerlidir. Özel olarak $F_{max} = - F_{min}$ uygularsak

$$F_{or} = 0 \quad \text{bağlantısı bulunur.}$$

Maksimum ve minimum kuvvetin yönü değişik olduğundan ortalama kuvvetin yönü de belirli değildir.

Eğer $|F_{max}| > |F_{min}|$ ise ortalama kuvvet F_{or} maksimum kuvvet F_{max} ' in işaretini alır.

Bunun tersi olarak eğer $|F_{max}| < |F_{min}|$ ise ortalama kuvvet F_{or} minimum kuvvet F_{min} ' in işaretini alır.

Sınır kuvvetler oranını hesaplayacak olursak.

$$\kappa = F_{min} / F_{max}$$

burada F_{min} ve F_{max} hep değişik işaret taşıdıklarından sonuç olarak $-1 < \kappa < 0$ bulunur.

Eğer $F_{max} = - F_{min}$ ise özel durum olup $\kappa = -1$ olur. Buradaki kuvvete yukarıdada belirttiğimiz gibi "**tam değişken kuvvet**" denir.

0.5.2.4. Kuvvetlerin tanımlanması

Yukarıda tek kuvvetin özelliklerinin değişiminden kuvvet durumlarının oluştuğunu gördük. Pratikte kuvvet bir cisme tek başına etkilemez. Kuvvetlerin denge kanununa göre karşıt bir kuvvet, yani denge sağlayan ikinci bir kuvvet bulunur.

Böylece kuvvet çifti oluşur. Bu kuvvetlerden biri "**aksiyon**" öbürüde "**reaksiyon**" kuvvetidir.

Bu kuvvet çiftini oluşturan kuvvetlerin beraberce özelliklerini değiştirmelerinden kuvvet zorlamaları doğar ve kuvvetler bu zorlamalara göre adlandırılırlar.

1. Çekme kuvveti

İki kuvvet aynı doğruya her biri ayrı bir noktayı birbirlerinden uzaklaştırmak için ters yönlerde doğru etkiliyorlarsa, aralarındaki parçayı çekiyorlardır. Bu tür kuvvet çiftine "**çekmeye zorlayan kuvvet çifti**" veya kısaca "**çekme kuvveti**" denir.

2. Basma kuvveti

İki kuvvet aynı doğruya her biri ayrı bir noktayı birbirlerine yakınlaştırmak için karşıt yönlere etkiliyorlarsa, aralarındaki parçayı sıkıştırıyorlardır.

Yani parçayı bastırıyorlardır. Bu tür kuvvet çiftine "**basmaya zorlayan kuvvet çifti**" veya kısaca "**basma kuvveti**" denir.

3. Eğme kuvveti

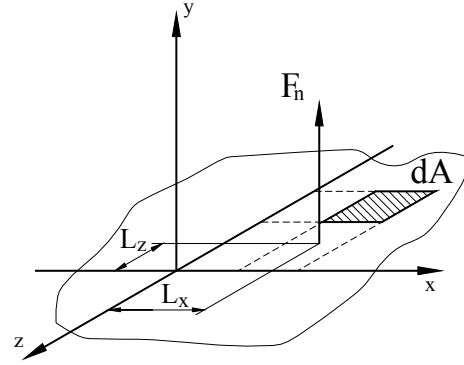
İki kuvvet bir birlerine paralel ve aynı eksenine karşıt yönlere dik olarak etkiliyseler, etkiledikleri parçayı büküyorlardır. Bu tür kuvvet çiftine "**eğmeye zorlayan kuvvet çifti**" veya kısaca "**eğme kuvveti**" denir.

4. Kesme kuvveti

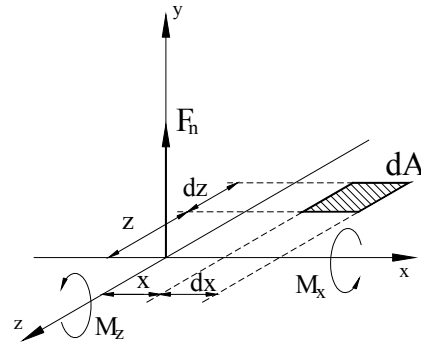
İki kuvvet bir doğruya birlerine karşı etkiliyseler, etkiledikleri parçayı kesmeye zorluyordur. Bu tür kuvvet çiftine "**kesmeye zorlayan kuvvet çifti**" kısaca "**kesme kuvveti**" denir.

5. Burma kuvveti

İki kuvvet bir noktadan aynı uzaklıkta o noktayı çevirmeye zorluyorsa vade bu noktadan geçen eksenin herhan-gi bir yerinde, aynı şekilde başka bir kuvvet çifti, ters yönde etki gösteriyorsa bu kuvvetler çifti parçayı burmaya zorluyordur.



Şek. 0.5, Genelde kuvvet



Şek. 0.6, Yüzeyde kuvvet

Bu tür kuvvet çiftine “**burmaya zorla-yan kuvvet çifti**” veya kısaca “**burma kuvveti**” denir.

6. Bileşik kuvvet Yukarıda beş kuvvet tanımında, kuvvetin hep seçilen eksene dik veya paralel olarak kabul ettik. Eğer kuvvet bu durumların arasında bir şekilde ise, kuvvet bileşkenlerine ayrılır ve böylece bir kuvvetten iki kuvvet meydana gelir. Bileşken kuvvetlerden biri bir eksene paralel öbürüde bu eksene diktir. Bunun sonucu olarakda parça aynı anda iki ayrı kuvvet çifti tarafından zorlanacaktır. Bu tür kuvvetler çiftine "**bileşik kuvvet çifti**" veya kısaca "**bileşik kuvvet**" denir.

0.5.3. İşletme katsayısı c_B

Hesaplarda, hesabı yapılan parçayı etkileyen en büyük kuvvet geçerlidir. Bu kuvvet dinamik yüklenmede nominal kuvvetin kolayca birkaç katına çıkabilir. Bu kuvvet artımı ivme, frenleme, çarpmalar, yaylanmalar ve benzeri etkilerle oluşur. Bu nedenlerden dolayı, etkileyen kuvvetler için bir katsayı bulmak oldukça zordur. Büyük deneyimler sonucu elde edilen değerlerden yararlanmak günlük hesaplar için yeterlidir. Deneyimler sonucu elde edilen bu değere "işletme katsayısı" denir ve sembol olarak c_B ile gösterilir. Hesaplarda eğer deneyim sonucu bilinen bir katsayı yoksa aşağıda verilen değerlerin kullanılmasında fayda vardır.

c_B	İşletmenin tanımı	Örnekler
1,0...1,1	Muntazam çalışan, elektrik motoru ile tahrik edilen, hafif çarpmalı makinalar.	Elektrikli makinalar, türbinler, körükler, emici vantilatörler, taş-lama makinaları, v.s.
1,2...1,5	İleri, geri hareketli, orta çarpma ile çalışan makinalar.	Isı makinaları, planyalar, pistonlu kompresörler, vurmali makinalar, v.s.
1,6...2,0	İleri, geri hareketli, kuvvetli çarpma ile çalışan makinalar.	Presler, profilmakasları, hizarlar, tomruk bıçkıları, v.s.
2,0...3,0	Darbeli vede çok kuvvetli çarpma ile çalışan makinalar.	Çekiçler, konkasörler, taş kırıcıları, dövme presleri, hadde makinaları, v.s.

Bu işletme katsayısının yardımı ile hesaplarda kullanılan maksimum kuvvet rahatca hesaplanır.

Şöyle ki:

$$F_{\max} = F_{\text{nom}} \text{ (veya } F_{\text{nomax}}) \cdot c_B$$

0.6. Kesit alanı

Hesabın yapılacağı yerde gerilimler için kesit alanı önemlidir. Genelde kesit alanının sembolü uluslar arası standartlarda İngilizce "area" alan kelimesinin baş harfi A alınmıştır.

- A Kesit alanı
Stamndartlarda kesit alanının birimi "m²" alınır.
Pratikte kesit alanının birimi mukavemet hesapları için "mm²" olarak alınır.
Kural dışı cm² = 10² mm², de kullanılır.
- A_g Gerilme alanı .
Bu ya gerilme hesapları için küçültülmüş veya hesaplar için eşdeğer alınmış
alandır.

0.7. Gerilme

Gerilmeler kuvvetin cinsine göre değişirler ve isimlendirilirler. Şöyleki:

1. Normal gerilme
2. Çapraz gerilme

0.7.1. Normal gerilme

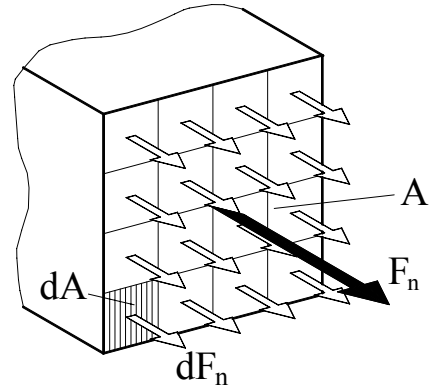
Normal kuvvet, yani kesit alanına dik kuvvet tarafından oluşan gerilmeye "**normal gerilme**" adı verilir (Şek. 0.7). Normal gerilmenin sembolü eski Yunan alfabesinden alınma "σ" (sigma) harfidir.

$$\text{normal gerilme} = \frac{\text{normal kuvvet}}{\text{kesit alanı}}$$

F. 3

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

σ	N/mm ²	normal gerilme
F _n	N	normal kuvvet
A	mm ²	kesit alan



Şek. 0.7, Normal gerilme

0.7.2. Kayma gerilmesi

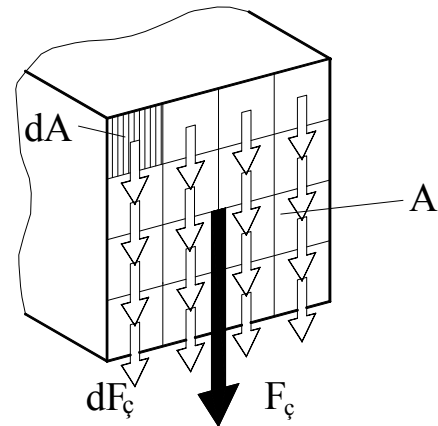
Çapraz kuvvet tarafından oluşan gerilmeye "**kayma gerilmesi**" adı verilir (Şek. 0.8). Kayma gerilmesinin sembolü eski Yunan alfabesinden alınma "τ" (tau) harfidir.

$$\text{kayma gerilmesi} = \frac{\text{çapraz kuvvet}}{\text{kesit alanı}}$$

F. 4

$$\tau = \frac{F_{\text{ç}}}{A}$$

τ	N/mm ²	kayma gerilmesi
F _ç	N	çapraz kuvvet
A	mm ²	kesit alanı



Şek. 0.8, Kayma gerilmesi

0.7.2.1. Anlam ve semboller

Aşağıda Tabela 0.1 de bu kitapta verilmiş ve verilecek bütün formüllerdeki parçadaki gerilme ve malzemenin mukavemetine ait sembol ve anlamlar genel olarak gösterilmiştir.

Tabela 0.1, Gerilme ve mukavemet değerleri için anlam ve sembol tabelası

Anlamlar	Genel	Gerilme şekli				
		Çekme	Basma	Eğilme	Kesme	Torsion
Gerilme	σ, τ	$\sigma_{\check{c}}$	σ_b	σ_{eg}	τ_k	τ_t
Emniyetli mukavemet	σ_{EM} τ_{EM}	$\sigma_{\check{C}EM}$	σ_{BEM}	σ_{EGEM}	τ_{KEM}	τ_{TEM}
kopma mukavemeti	R_m τ_{KO}	R_m	Ezilmesınırı σ_{EZB}	σ_{KOEK}	τ_{KOK}	τ_{KOT}
akma sınırları	R_e τ_{AK}	R_e	σ_{AKB}	σ_{AKEK}	τ_{AKK}	τ_{AKT}
%0,2-akma sınırı	$R_{p0,2}$	$R_{p0,2}$	---	---	---	---
Devamlı mukavemet	σ_D τ_D	$\sigma_{\check{C}D}$	σ_{BD}	σ_{EGD}	τ_{KD}	τ_{TD}
Değişken mukavemet	σ_{DG} τ_{DG}	$\sigma_{\check{C}DG}$	σ_{BDG}	σ_{EGDG}	τ_{KDG}	τ_{TDG}
Dalgalı mukavemet	σ_{DL} τ_{DL}	$\sigma_{\check{C}DL}$	σ_{BDL}	σ_{EGDL}	τ_{KDL}	τ_{TDL}
Şekle göre mukavemet	σ_{SK} τ_{SK}	$\sigma_{\check{C}SK}$	σ_{BSK}	σ_{EGSK}	τ_{KSK}	τ_{TSK}

Açıklama : Genelde

indeks küçük harf ise, bu hesaplanan veya hesaplamak için verilen değeri gösterir,
indeks büyük harf ise, bu malzemenin değerini veya karşılaştırma için gerekli değeri gösterir.

İndeksli yazılan sembollerde indeksler sağdan başlanarak okunur.

Okunuş şekli aşağıda sıranumarası ile belirtilmiştir :

büyük harf

$\sigma_{\check{C}EM}$
malzemenin
1 EM emniyetli
2 Ç çekme
3 σ mukavemeti

malzemenin emniyetli çekme mukavemeti

küçük harf

$\sigma_{\check{c}}$
parçada hesaplanan
1
2 ç çekme
3 σ gerilmesi

parçada hesaplanan çekme gerilmesi

0.7.3. Hesaplama biçimleri

Makinanın konstruksiyonu yapılırken çeşitli zamanlarda mukavemet hesap kontrolleri yapılır. Genel olarak yapılan kontrollerde, kabul edilen değerler gözden geçirilir ve karşılaştırma değerleri ile karşılaştırılıp karar verilir. Kontrol hesapları genelde mukavemet değerleri ile yapıldığından, bu hesaplara "**mukavemet hesapları**" da denir.

Daha ilerideki kısımlarda hesaplama biçimi ayrıntılı olarak göreceğiz. Buna rağmen burada hesaplama biçiminin kısa bir özetini görmekte yarar vardır.

Hesaplarda, ya parçada hesaplanan gerilme ile malzemenin emniyetli mukavemet değeri, veya parçada hesaplanan emniyet katsayısı (S_{he}) ile işletme için kabul edilen gerekli emniyet katsayısı (S_{GER}) karşılaştırılıp karar verilir.

$$\sigma_{he} \text{ veya } \tau_{he} = \text{Hesap formülü} \leq \sigma_{EM} \text{ veya } \tau_{EM}$$

$$S_{he} = \frac{\sigma_{SK}(\tau_{SK})}{\sigma_{he}(\tau_{he})} \geq S_{GER}$$

$$S_{he} / S_{GER} > 1$$

$$S_{he} = \sigma_{SK} \text{ veya } \tau_{SK} / \sigma_{he} \text{ veya } \tau_{he}$$

Burada "**hesap formülü**" denilince akla gelen, yapılan hesaplarda seçilecek teori, hipotez, varsayım ve pratikte kabul edilen bağıntılardır.

Makina parçasındaki gerilmeler:

Makina parçasındaki gerilmelerin (σ_{he} veya τ_{he}) hesaplanmasında aşağıdaki etkenler rol oynar:

- Kuvvet.
- Kuvvetin zorlama şekli.
- Seçilen hesaplama hipotezi ile hesaplar için kabul edilen varsayımlar.
- Parçanın şekli.

Malzemenin mukavemet değerleri:

Parçanın malzemesinin emniyetli mukavemet değerinin (σ_{EM} veya τ_{EM}) hesaplanmasında aşağıdaki etkenler rol oynar:

- Malzeme.
- Kuvvetin zorlama durumu.
- Parçanın şekli.
 - Yüzey işleme kabalığı.
 - Parçanın büyüklüğü.
 - Çentik etkileri.
- Emniyetli mukavemet için: Emniyet katsayısı. Gerekli emniyet katsayısı (S_{GER}) işletme biçimi ve koşullarına göre seçilir.

Statik yüklenmede malzemenin emniyetli mukavemeti:

$$\sigma_{EM} = \sigma_{AK0,2} / S_{ST}$$

$$\tau_{EM} = \tau_{KKO} / S_{ST}$$

S_{ST} Statik yüklenme için ön görülen emniyet katsayısı.

Dinamik yüklenmede malzemenin emniyetli mukavemeti:

$$\sigma_{EM} = \sigma_{SK} / S_{DI}$$

$$\tau_{EM} = \tau_{SK} / S_{DI}$$

σ_{SK} veya τ_{SK} malzemenin şekillendirme mukavemet değeri
 S_{DI} dinamik yüklenme için ön görülen emniyet
katsayısı

Probleme göre hesaplama biçimi şöyle seçilir :

- Eğer istenilen hesap biçimi kontrol hesabı ise:

$$S_{he} / S_{GER} \geq 1$$

- veya istenilen hesap biçimi ölçülendirme hesabı ise:

$$\text{Aranılan değeri içeren formül} = \sigma_{EM} \text{ veya } \tau_{EM}$$

Böylece aranan değer hesaplanıp belirlenir.

Çoğu zaman bir denklem ve birden fazla bilinmiyen vardır. Bu durumda bir bilinmiyenin dışındaki bütün aranan değerler için birer değer kabul edilir ve bir bilinmiyen böylece matematiksel olarak hesaplanır.

Hesapların sonunda hesaplanan değerlerle emniyetli değerler veya istenilen emniyet katsayıları karşılaştırılıp karar verilir.

Bu karşılaştırmada eğer elde edilen değerler emniyet sınırları içinde değilse aşağıda gösterildiği gibi hareket etmek hesapların doğruluğu bakımından faydalıdır.

- hesap sonuçlarını değerlendirmek ve karar vermek,
- yardımcı düzeltmeler aramak ve bunları değerlendirmek,
- düzeltmeler yapmak,
- sonucu açık, belirgin ve anlaşılır şekilde bildirmek.

0.8. Hesap akışı

<u>Hesabın akış yolu</u>	<u>Gerekenler</u>
1 Başlangıç	
2 Problemin veya işin analizi ve pratikteki değerlerin, şekillerin tekniğe uyarlanması. <i>Problemin taslağını çizmek, bilgiler toplamak ve kabulleri yapmak.</i>	Burada iyi teknik bilgi, meslek bilgisi ile meslek deneyimleri gereklidir.
3 Boyutlandırmak <i>Bilinmiyen büyüklükleri ya kabuller yaparak veya seçilen teori, hipoteze göre hesaplamak.</i>	Burada iyi yardımcı araç ve gereçe gerek vardır.
4 Boyutların veya konstruksiyonun kontrolünü yapmak. <i>Parçadaki ve parçanın malzemesinin mukavemet değerlerini veya emniyet katsayısını belirlemek.</i>	- Hesap makinaları, <i>Örneğin: her boy ve türden Bilgi sayar</i> - - Laboratuvar, - - Deney atölyesi, v.s.
5 Karar vermek. <i>Hesapla bulunan değerleri verilen veya istenilen gerekli değerlerle karşılaştırmak.</i>	
Sonuç tatmin edici değilse duruma göre ya tekrar 2.kademeye veya 3. kademeye dönüp tekrar hesaplamak.	Burada çok iyi teknik ve meslek bilgisi ile çok iyi meslek deneyimi gereklidir.
6 Hesabı belgelemek. <i>Sonuç tatmin edici ise bütün hesapları, bilgileri ve kabulleri açık, belirgin vede herkesin anlayacağı biçimde belgelemek.</i>	
7 Sonucu uygulamak. <i>Ya üretilen veya üretilmiş parçayı, parçaları monte ettirmek, işletmeye almak veya kullanılması için serbest bırakmak.</i>	Burada özel meslek bilgisi ve özel meslek deneyimi gereklidir. <i>Örneğin: Vinç dalında, oto endüstrisinde, v.s.</i>
8 Son	