

2009 Kasım

[www.guven-kutay.ch](http://www.guven-kutay.ch)

# MUKAVEMET DEĞERLERİ

## ÖRNEKLERİN ÇÖZÜMÜ

05-5b

M. Güven KUTAY

## İÇİNDEKİLER

6. ÖRNEKLERİN ÇÖZÜMÜ.....	6.3
6.1. 1. Grup örnekler.....	6.3
6.1.1. 1. Grup, örnek 1, Faturalı mil ucu.....	6.3
6.1.2. 1. Grup, örnek 2, Faturalı mil.....	6.14
6.1.3. 1. Grup, örnek 3, Çevresel çentikli mil.....	6.18
6.1.4. 1. Grup, örnek 4, Uçtan yüklü giriş.....	6.21
6.1.5. 1. Grup, örnek 5, Cıvatalı lama.....	6.24
6.2. 2. Grup örnekler.....	6.26
6.2.1. 2. Grup, örnek 1, Bağlama kolu.....	6.26
6.2.2. 2. Grup, örnek 2, Kısa konsol.....	6.28
6.2.3. 2. Grup, örnek 3, Birleştirme levhası.....	6.30
6.2.4. 2. Grup, örnek 4, Askı sistemi.....	6.32
6.2.5. 2. Grup, örnek 5, Maksimum yüzey basıncı $p_{max}$ .....	6.33
6.2.6. 2. Grup, örnek 6, Karşılaştırma gerilmesi $\sigma_{kar}$ .....	6.34
6.3. 3. Grup örnekler.....	6.35
6.3.1. 3. Grup, örnek 1, Yük kancası.....	6.35
6.3.2. 3. Grup, örnek 2, Asılı redüktör mili.....	6.36
6.3.3. 3. Grup, örnek 3, Tahriksiz vagon tekerlek yataklanması.....	6.37
6.3.4. 3. Grup, örnek 4, Aks ucu yataklanması.....	6.38
6.3.5. 3. Grup, örnek 5, Yuvarlak testere ana mili.....	6.39
7. Konu İndeksi.....	7.40

## 6. ÖRNEKLERİN ÇÖZÜMÜ

### 6.1. 1. Grup örnekler

#### 6.1.1. 1. Grup, örnek 1, Faturalı mil ucu

Problemi anlamak için faturalı milin taslağını çizmek gereklidir.

#### VARİYANT A

Malzeme:

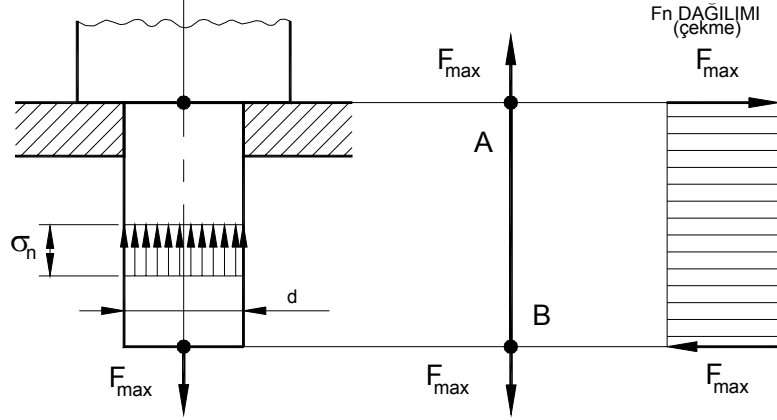
St50-2,  
W.Nr.: 1.0050

Yüzey pürüzlüğü:

N7 = R<sub>z</sub> = 6 µm

Değerler:

d = 25 mm



Şek. 6.1, Faturalı mil

ARANAN NEDİR ? Çekme veya basma zorlamasında sakin, yani statik kuvvet  $F = F_{\max}$  ne kadardır ?

Bu bir değer bulma işlemidir. Formül ve tabelalar ekinden:

$$\sigma_{\zeta} = \frac{F}{A} \leq \sigma_{\zeta EM}$$

Değer bulma işlemi için:

$$\frac{F}{A} = \sigma_{\zeta EM}$$

Böylece aranan kuvvetin çözümü genel olarak yapılmış olur :  $F = A \cdot \sigma_{\zeta EM}$

Sayısal değerleri bulmak için verilen ve bilinen değerlerle hesabın yapılması gereklidir.

$$A = \pi \cdot d^2 / 4, \quad \text{burada } d = 25 \text{ mm olduğundan}$$

$$A = \pi \cdot 25^2 / 4 = 490,87385\dots$$

$$\underline{\underline{A = 490,9 \text{ mm}^2}}$$

#### A 1.1. Sakin veya statik zorlamada kuvvetin bulunması

Burada kuvvetin bulunması için hangi hesap yolunun ve yönteminin izleneceğine karar vermek gereklidir.

**A 1.1.a Hesabın malzemenin devamlı mukavemet değerleriyle yapılması**

Emniyetli çekme mukavemet değerinin devamlı mukavemet değerleri ile bulunması:

$$\sigma_{\zeta EM} = \frac{\sigma_{\zeta D} \cdot b_1 \cdot b_2}{\beta_{\zeta t} \cdot S_{DGER}}$$

$\sigma_{\zeta D}$	N/mm <sup>2</sup>	Malzemenin devamlı çekme mukavemet değeri
$b_1$	1	Yüzey pürüzlüğü katsayısı
$b_2$	1	büyüklik katsayısı
$\beta_{\zeta t}$	1	Çentik katsayısı
$S_{DGER}$	1	Gerekli emniyet katsayısı

Buradaki değerleri sırasıyla belirlemek gereklidir, şöyleki:

**Malzemenin devamlı çekme mukavemeti "  $\sigma_{DC}$  "**

Bu değer ya tabelalar ekinde okunur veya hesaplanır.

Burada St50 nin devamlı mukavemet değerini bulmak için sınır değerler oranını bilmemiz gereklidir.

$$\kappa = \sigma_A / \sigma_{\bar{U}} = F_{\min} / F_{\max}$$

Burada zorlama statik yani sakin olduğundan:  $F_{\min} = F_{\max}$   
ve böylece sınır değerler oranı :  $\kappa = F_{\min} / F_{\max} = F_{\max} / F_{\max} = + 1$   $\kappa = + 1$

Devamlı mukavemet değeri tabelalar ekinde okunur:  $\sigma_{DC} = 295 \text{ N/mm}^2$

Hesaplama:

Malzemenin devamlı mukavemeti: 
$$\sigma_O(\tau_O) = \sigma_D(\tau_D) = \frac{\sigma_{DG}(\tau_{DG})}{1 - \frac{(1 + \kappa) \cdot (1 - K_1)}{2 - K_1}} \leq \sigma_{AK}(\tau_{AK})$$

Malzemenin tam değişken mukavemeti: 
$$\sigma_{DG}(\tau_{DG}) \approx K_1 \cdot R_m$$

Malzemenin akma mukavemeti: 
$$\sigma_{AK}(\tau_{AK}) \approx K_2 \cdot R_e(R_{p0,2})$$

Tabelalar ekinde:  $R_m = 470 \text{ N/mm}^2$  ve  $R_e = 295 \text{ N/mm}^2$   
 $K_1 = 0,44$   $K_2 = 1,0$

$$\sigma_{DG} = 0,44 \cdot 470 = 206,8 \text{ N/mm}^2 \quad \sigma_{AK} = 1,0 \cdot 295 = 295 \text{ N/mm}^2$$

$\sigma_{DC}$  yukarıdaki formülden hesaplanır.

Malzemenin hesaplanan devamlı mukavemeti:  $\sigma_{DC} = 295 \text{ N/mm}^2$

**Malzemenin devamlı mukavemeti:  $\sigma_{DC} = 295 \text{ N/mm}^2$**

**Yüzey pürüzlüğü katsayısı " b<sub>1</sub> "**

Yüzey pürüzlüğü katsayısı " b<sub>1</sub> " ya tabelalar ekinde okunur veya hesaplanır. Burada yüzey pürüzlüğü katsayısını bulabilmek için malzemenin kopma mukavemet değeri R<sub>m</sub> nin yanısıra yüzey pürüzlük kalitesi R<sub>z</sub> nin bilinmesi gereklidir.

R<sub>z</sub> = 6 µm Problemin sunuluşundan bilinmektedir

bu bilgilere göre tabelalar ekinde şu değer okunur:

$$\underline{b_1 = 0,94 [-]}$$

Hesaplama: Normal gerilmeler için

$$b_{1\sigma} = 1 - 0,22 \cdot \lg R_z \cdot \left( \lg \frac{R_m}{20} - 1 \right)$$

Çapraz gerilme için:

$$b_{1\tau} = 0,575 \cdot b_{1\sigma} + 0,425$$

bu bilgilere göre hesaplanan değer şudur:

$$\underline{b_1 = 0,94 [-]}$$

**Büyüklik katsayısı " b<sub>2</sub> "**

Büyüklik katsayısı " b<sub>2</sub> " şu şekilde bulunur:

Problemin sunuluşundan bilindiğine göre parçaya çekme zorlaması etkilidir.

$$b_2 = k_g \cdot k_t \cdot k_\alpha$$

geometri katsayısı tabelalar ekinde veya hesapsal

$$k_g \approx 1 - 0,2 \cdot \frac{\lg(d/7,5)}{\lg 20}$$

Çekme zorlaması etkisinde değer 1 alınır:

$$\underline{k_g = 1,0 [-]}$$

teknoloji katsayısı tabelalar ekinde veya hesapsal

$$k_t \approx 1 - 0,25 \cdot \frac{\lg(d/7,5)}{\lg 20}$$

İmalat çeliği olarak değer 1 alınır:

$$\underline{k_t = 1,0 [-]}$$

şekil katsayısı tabelalar ekinde veya hesapsal

$$k_\alpha \approx 1 - 0,2 \cdot \lg \alpha_k \cdot \frac{\lg(d/7,5)}{\lg 20}$$

Çentik katsayısı " β<sub>çt</sub> " 1 olduğundan

$$\underline{k_\alpha = 1,0 [-]}$$

$$b_2 = k_g \cdot k_t \cdot k_\alpha = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0$$

$$\underline{b_2 = 1,0 [-]}$$

**Çentik katsayısı " β<sub>çt</sub> "**

Kesit değişikliği olmadığından çentik katsayısı bir olarak alınır.

$$\underline{\beta_{çt} = 1 [-]}$$

**Gerekli emniyet katsayısı " S<sub>DGER</sub> "**

Günlük çalışmalarda önerilen emniyet katsayısı " S<sub>DGER</sub> " ele alınır. Burada sınır değerler oranının ve En yüksek yük yüklenme yüzdesinin " EEY " bilinmesi gereklidir.

$\kappa = + 1$             Sakin, statik zorlanma  
EEY % 50            En yüksek yük yüklenme yüzdesi

ve tabelalar ekinde şu değer okunur:

$$\underline{S_{DGER} = 1,2 [-]}$$

Böylece bulunan değerleri malzemenin emniyetli çekme mukavemet değeri formülünde yerleştirirsek:

$$\sigma_{\text{CEM}} = \frac{\sigma_{\text{CD}} \cdot b_1 \cdot b_2}{\beta_{\text{Ct}} \cdot S_{\text{DGER}}} = \frac{295 \cdot 0,94 \cdot 1}{1 \cdot 1,2} = 230,2...$$

Emniyetli çekme mukavemeti:

$$\underline{\sigma_{\text{CEM}} = 230 \text{ N/mm}^2}$$

Kuvvet F :     $F = A \cdot \sigma_{\text{CEM}} = 490,9 \cdot 230,2 = 113 \ 007 \text{ N}$

**Sonuç:**    Çekme veya basma zorlamasında sakın, yani statik kuvvet devamlı mukavemet değerlerine göre şu büyüklüktedir:

$$\underline{\underline{F = 113 \ 000 \text{ N}}}$$

**A 1.1.b Malzemenin emniyetli statik değeriyle hesabın yapılması**

Malzemenin statik zorlanma etkisinde emniyetli statik çekme mukavemet değeri kaba hesap yöntemi için aşağıdaki gibi bulunur:

Genel çözüm:

$$\sigma_{\text{CEM}} = \frac{R_m}{S_{\text{GER}}}$$

Tabelalar ekinde kopmaya karşı gerekli emniyet katsayısı S<sub>KO</sub> alınır. Bazen bu değer deformasyona karşı emniyet katsayısı da olabilir.

İşletme ısı > çevre ısı S<sub>KO</sub> = 1,2 bis 2, burada max. değeri seçelim:     $\underline{S_B = 2 [-]}$

Malzemenin emniyetli çekme mukavemet değerini statik değerlerle hesaplamak istersek :

$$\sigma_{\text{CEM}} = \frac{R_m}{S_{\text{GER}}} = \frac{470}{2} = 235$$

$$\underline{\sigma_{\text{CEM}} = 235 \text{ N/mm}^2}$$

$$\text{Kuvvet } F: \quad F = A \cdot \sigma_{\text{CEM}} = 490,9 \cdot 235 = 115\,362$$

**Sonuç :** Çekme veya basma zorlamasında sakın, yani statik kuvvet kaba hesapla malzemenin statik değerlerine göre şu büyüklüktedir:

$$\underline{\underline{F = 115\,360 \text{ N}}}$$

### A 1.2. Değişken zorlanmada kuvvetin hesabı

Burada hesap malzemenin devamlı mukavemet değerine göre yapılır. Verilen koşula göre dinamik zorlama  $\sigma_{\text{Ü}} = -2 \cdot \sigma_{\text{A}}$  ile hesabın devamlı mukavemet değeri ile yapılması gereklidir.

Malzemenin devamlı çekme mukavemeti devamlı mukavemet değerlerine göre:

$$\sigma_{\text{CEM}} = \frac{\sigma_{\text{CD}} \cdot b_1 \cdot b_2}{\beta_{\text{Çt}} \cdot S_{\text{DGER}}}$$

$\sigma_{\text{CD}}$	N/mm <sup>2</sup>	Malzemenin devamlı çekme mukavemeti
$b_1$	1	Yüzey pürüzlük katsayısı
$b_2$	1	Büyüklik katsayısı
$\beta_{\text{Çt}}$	1	Çentik katsayısı
$S_{\text{DGER}}$	1	Gerekli emniyet katsayısı

Burada değişken zorlanmada kuvvetin hesabı için yalnız malzemenin devamlı çekme mukavemeti  $\sigma_{\text{CD}}$  ile gerekli emniyet katsayısı  $S_{\text{DGER}}$  hesaplanması gerekir. Diğer büyüklükler daha önceki hesaplarda bulunmuştur.

### Malzemenin devamlı çekme mukavemeti " $\sigma_{\text{DÇ}}$ "

St50 nin devamlı mukavemet değerini tabeladan okumak veza analitik olarak hesaplamak için sınır değerler oranını  $\kappa$  yı bilmemiz gereklidir.

Verilere göre :  $\kappa = \sigma_{\text{A}} / \sigma_{\text{Ü}}$  diğer taraftan:  $\sigma_{\text{Ü}} = -2 \cdot \sigma_{\text{A}}$

ve bu yerleştirilip hesaplanırsa:  $\kappa = \sigma_{\text{A}} / \sigma_{\text{Ü}} = \sigma_{\text{A}} / (-2 \cdot \sigma_{\text{A}}) = -0,5$   $\underline{\underline{\kappa = -0,5}}$

ve tabelalar ekinde şu değer okunur:

$$\underline{\underline{\sigma_{\text{DÇ}} = 250 \text{ N/mm}^2}}$$

$\sigma_{\text{DÇ}}$  yukarıdaki formülden hesaplanır.

Malzemenin hesaplanan devamlı mukavemeti:

$$\underline{\underline{\sigma_{\text{DÇ}} = 252 \text{ N/mm}^2}}$$

**Malzemenin devamlı mukavemeti:  $\underline{\underline{\sigma_{\text{DÇ}} = 250 \text{ N/mm}^2}}$**

Gerekli emniyet katsayısı "  $S_{DGER}$  "

$\kappa = -0,5$  Değişken zorlanma  
EEY % 50 En yüksek yük yüklenme yüzdesi

ve tabelalar ekinde şu değer okunur:

$$\underline{S_{DGER} = 1,45 [-]}$$

Böylece bulunan değerleri malzemenin emniyetli çekme mukavemet değeri formülünde yerleştirirsek:

$$\sigma_{\text{CEM}} = \frac{\sigma_{\text{CD}} \cdot b_1 \cdot b_2}{\beta_{\text{Ct}} \cdot S_{DGER}} = \frac{250 \cdot 0,94 \cdot 1}{1 \cdot 1,45} = 162,8...$$

$$\underline{\sigma_{\text{CEM}} = 165 \text{ N/mm}^2}$$

Kuvvet  $F$  :  $F_{\text{ç}} = A \cdot \sigma_{\text{CEM}} = 490,9 \cdot 165 = 79\ 903$

$$F_{\text{b}} = F_{\text{ç}} / (-2) = 79\ 903 / (-2) = -39\ 952$$

**Sonuç :** Parçanın değişken zorlanma etkisinde devamlı mukavemet değerleriyle hesaplanan çekme ve basma kuvvetleri, sınır değerler oranı  $\sigma_{\text{ü}} = -2 \cdot \sigma_{\text{A}}$  olursa, şu büyüklüktedir:

$$\underline{F_{\text{ç}} = 79\ 900 \text{ N}}$$

$$\underline{F_{\text{ç}} = -39\ 950 \text{ N}}$$



**Örnek 1, VARIYANT B**

Problemi anlamak için segman faturalı milin taslağını çizmek gereklidir.

Malzeme:

St50-2,

W.Nr.: 1.0050

Yüzey pürüzlüğü:

N7 =  $R_z = 6 \mu\text{m}$

Değerler:

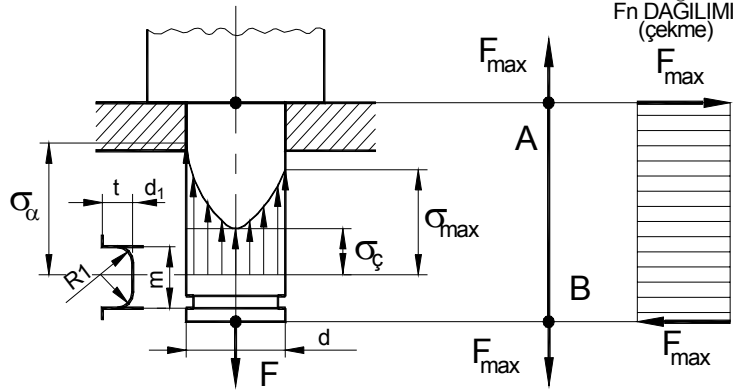
$d = 25 \text{ mm}$

$m = 1,3 \text{ H13}$

$t = 0,55 \text{ mm}$

$R = 0,1 \text{ mm}$

$d_i = 23,9 \text{ mm}$



Şek. 6.2, Segman faturalı mil

**ARANAN NEDİR ?** Çekme veya basma zorlamasında sakin, yani statik kuvvet  $F = F_{\text{max}}$  ne kadardır ?

Bu bir değer bulma işlemidir. Formül ve tabelalar ekinden:  $\sigma_{\text{ç}} = \frac{F}{A} \leq \sigma_{\text{ÇEM}}$

Değer bulma işlemi için:

$$\frac{F}{A} = \sigma_{\text{ÇEM}}$$

**Böylece aranan kuvvetin çözümü genel olarak yapılmış olur :**

$$F = A \cdot \sigma_{\text{ÇEM}}$$

Sayısal değerleri bulmak için verilen ve bilinen değerlerle hesabın yapılması gereklidir.

$A = \pi \cdot d^2 / 4$ , burada  $d = 23,9 \text{ mm}$  olduğundan

$$A = \pi \cdot 23,9^2 / 4 = 448,627...$$

$$\underline{\underline{A = 448 \text{ mm}^2}}$$

B 1.1. Sakin veya statik zorlamada kuvvetin bulunması

B 1.1.a Malzemenin devamlı mukavemet değerleriyle hesabın yapılması

Emniyetli çekme mukavemet değerinin devamlı mukavemet değerleri ile bulunması:

$$\sigma_{\text{ÇEM}} = \frac{\sigma_{\text{ÇD}} \cdot b_1 \cdot b_2}{\beta_{\text{Çt}} \cdot S_{\text{DGER}}}$$

$\sigma_{\text{ÇD}}$	N/mm <sup>2</sup>	Malzemenin devamlı çekme mukavemeti
$b_1$	1	Yüzey pürüzlük katsayısı
$b_2$	1	Büyükölçüm katsayısı
$\beta_{\text{Çt}}$	1	Çentik katsayısı
$S_{\text{DGER}}$	1	Gerekli emniyet katsayısı

Buradaki değerleri sırasıyla belirlemek gereklidir, şöyleki:

Malzemenin devamlı çekme mukavemet değeri "  $\sigma_{DC}$  "

St50 çeliğinin değerlerini bulalım. A.1.1.a daki bağıntılar buradada geçerlidir.

$$\underline{\sigma_{DC} = 295 \text{ N/mm}^2}$$

Yüzey pürüzlüğü katsayısı "  $b_1$  "

Tabelalar ekinden yüzey pürüzlüğü katsayısı "  $b_1$  " alınır. A.1.1.a daki bağıntılar buradada geçerlidir.

$$\underline{b_1 = 0,94 [-]}$$

**Büyüklik katsayısı "  $b_2$  "**

Tabelalar ekinden büyüklik katsayısı "  $b_2$  " alınır. A.1.1.a daki bağıntılar buradada geçerlidir.

$$b_2 = k_g \cdot k_t \cdot k_{\square} = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0$$

$$\underline{b_2 = 1,0 [-]}$$

**Çentik katsayısı "  $\beta_{Çt}$  "**

Statik yani sakin zorlamada yalnız çentik şekil sayısı geçerlidir.

$$\sigma_{\max} = \alpha_{Çt} \cdot \sigma_n$$

Çentik şekil sayısı  $\alpha_{Çt}$  G.Pahl ( *Pağl* ) ve J.Heinrich 'e ( *Haynrh* ) göre, tabelalar ekinden okunur:

Geçerlilik kontrolü: Çentik şekil sayısının geçerliliği şu şekilde kontrol edilir:

$$D/(2t) = 25/(2 \cdot 0,55) = 22,7... > 15 \quad \text{vede}$$

$$m/t = 1,3/0,55 = 2,36 > 1,4 \quad \text{olduğundan tam geçerlidir.}$$

$$\alpha_{Çt} = 1,27 + 1,17 \cdot \sqrt{\frac{t}{R}}$$

$$\alpha_{Çt} = 1,27 + 1,17 \cdot \sqrt{\frac{0,55}{0,1}} = 4,013...$$

$\alpha_{Çt} = \beta_{Çt}$  alınacağından

$$\underline{\beta_{Çt} = 4 [-]}$$

**Emniyet katsayısı " S<sub>DGER</sub> "**

A.1.1.a daki bağıntılar buradada geçerlidir.

$$\underline{S_{DGER} = 1,2 [-]}$$

Böylece bulunan değerleri malzemenin emniyetli çekme mukavemet değeri formülünde yerleştirirsek:

$$\sigma_{\text{Çt}} = \frac{\sigma_{\text{ÇD}} \cdot b_1 \cdot b_2}{\beta_{\text{Çt}} \cdot S_{DGER}} = \frac{295 \cdot 0,94 \cdot 1}{4 \cdot 1,2} = 55,927...$$

$$\underline{\sigma_{\text{ÇEM}} = 55 \text{ N/mm}^2}$$

Kuvvet F :  $F_{\text{ç}} = A \cdot \sigma_{\text{ÇEM}} = 448 \cdot 55 = 24\ 640$

**Burada zorlanma statik olduğundan vede malzemedeki molüküller arası destek özelliğinden dolayı hesap çentik şekil sayısı göz önüne alınmadan yapılır.**

**Şöyleki:**  $F_{\text{ç}} = A \cdot \sigma_{\text{ÇEM}} \cdot \alpha_{\text{çt}} = 448 \cdot 55 \cdot 4 = 98\ 560$

**Sonuç :** **Sakin yani statik zorlanma etkisinde parça malzemenin devamlı mukavemet değerleri ile şu kuvveti emniyetle taşır:**

$$\underline{\underline{F_{\text{ç}} = 98\ 600 \text{ N}}}$$

## B 1.2. Değişken zorlanmada kuvvetin hesabı

Emniyetli çekme mukavemet değerinin devamlı mukavemet değerleri ile bulunması:

$$\sigma_{\text{CEM}} = \frac{\sigma_{\text{CD}} \cdot b_1 \cdot b_2}{\beta_{\text{Çt}} \cdot S_{\text{DGER}}}$$

$\sigma_{\text{CD}}$	N/mm <sup>2</sup>	Malzemenin devamlı çekme mukavemeti
$b_1$	1	Yüzey pürüzlük katsayısı
$b_2$	1	Büyüklik katsayısı
$\beta_{\text{Çt}}$	1	Çentik katsayısı
$S_{\text{DGER}}$	1	Gerekli emniyet katsayısı

Buradaki değerleri sırasıyla belirlemek gereklidir, şöyleki:

St50 çeliğinin devamlı çekme mukavemet değeri " $\sigma_{\text{DÇ}}$ ". A.1.2 deki bağıntılar buradada geçerlidir.

$$\sigma_{\text{DÇ}} = 270 \text{ N/mm}^2$$

Yüzey pürüzlüğü katsayısı " $b_1$ ". A.1.1.a daki bağıntılar buradada geçerlidir.

$$b_1 = 0,94 \text{ [-]}$$

Çentik katsayısı " $\beta_{\text{Çt}}$ "

Çentik katsayısını Thum'a göre hesaplarız:  $\beta_{\text{Çt}} = 1 + \eta_{\text{Çt}} \cdot (\alpha_{\text{Çt}} - 1)$   $R_1 = 0,1 \text{ mm}$

$$\eta_k = 1 / \left[ 1 + 8 / R_1 \cdot (1 - R_e / R_m)^3 \right] \quad \eta_k = 0,19$$

$$\text{Çentik şekil sayısı, B 1.1 deki gibi} \quad \alpha_{\text{Çt}} = 4$$

$$\beta_{\text{Çt}} = 1 + 0,19 (4 - 1) = 1,5875...$$

$$\beta_{\text{Çt}} = 1,59 \text{ [-]}$$

Büyüklik katsayısı " $b_2$ ". A.1.1.a daki bağıntılar buradada geçerlidir.

$$\text{geometri katsayısı} \quad k_g \approx 1 - 0,2 \cdot [\lg(d/7,5) / \lg 20] \quad \text{çekme} \quad k_g = 1$$

$$\text{teknoloji katsayısı} \quad k_t \approx 1 - 0,25 \cdot [\lg(d/7,5) / \lg 20] \quad \text{imalat çeliği} \quad k_t = 1$$

$$\text{şekil katsayısı} \quad k_\alpha \approx 1 - 0,2 \cdot \lg \alpha_k \cdot [\lg(d/7,5) / \lg 20] \quad \beta_{\text{Çt}} = 1,57 \quad k_\alpha = 0,98$$

$$\text{Büyüklik katsayısı:} \quad b_2 = k_g \cdot k_t \cdot k_\alpha = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,98$$

$$b_2 = 0,98 \text{ [-]}$$

Gerekli emniyet katsayısı " $S_{\text{DGER}}$ "

A.1.2 deki bağıntılar buradada geçerlidir.

$$S_{\text{DGER}} = 1,45 \text{ [-]}$$

Böylece bulunan değerleri malzemenin emniyetli çekme mukavemet değeri formülünde yerleştirirsek:

$$\sigma_{\text{Çt}} = \frac{\sigma_{\text{ÇD}} \cdot b_1 \cdot b_2}{\beta_{\text{Çt}} \cdot S_{\text{DGER}}} = \frac{270 \cdot 0,91 \cdot 1}{3 \cdot 1,45} = 56,482\dots$$

$$\underline{\underline{\sigma_{\text{CEM}} = 55 \text{ N/mm}^2}}$$

Çekme ve basma kuvvetleri  $F_{\text{ç}}$  ve  $F_{\text{b}}$ :

$$F_{\text{ç}} = A \cdot \sigma_{\text{CEM}} = 448 \cdot 55 = 24\ 640$$

$$F_{\text{b}} = F_{\text{ç}} / (-2) = 24\ 640 / (-2) = -12\ 320$$

**Sonuç :** Sınır değerleri oranı  $\sigma_{\text{Ü}} = -2 \cdot \sigma_{\text{A}}$  şartıyla dinamik çekme ve basma kuvveti şu büyüklüktedir:

$$\underline{\underline{F_{\text{ç}} = 24\ 640 \text{ N}}}$$

$$\underline{\underline{F_{\text{b}} = -12\ 320 \text{ N}}}$$

### 6.1.2. 1. Grup, örnek 2, Faturalı mil

Problemi anlamak için faturalı milin taslağını çizmek gereklidir.

Malzeme :

St50-2, W.Nr.: 1.0050

Yüzey pürüzlüğü :

N7 =  $R_z = 6 \mu\text{m}$

Değerler :

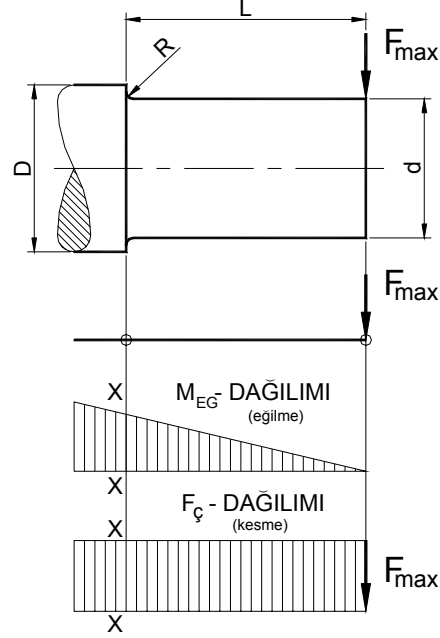
$d = 25 \text{ mm}$  ;  $D = 30 \text{ mm}$

$R = 1,25 \text{ mm}$  ;  $L_F = 50 \text{ mm}$

#### ARANAN NEDİR ?

Değişken eğilme momenti ve eğilme kuvveti  $F = F_{\text{max}}$  nekadardır ?

Bu bir değer bulma işlemidir.



Şek. 6.3, Faturalı mil

- Değer bulma işleminde yalnız eğilme etkisi dikkate alınır, kesme etkisi bilinçli olarak dikkate alınmaz.
- Kontrol hesabında kesme etkisinde dikkate alınır.

Formül ve tabelalar ekinden:

$$\sigma_{\text{eg}} = \frac{M_{\text{eg}}}{W_{\text{eg}}} \leq \sigma_{\text{EGEM}}$$

Değer bulma işlemi:  $\frac{M_{\text{eg}}}{W_{\text{eg}}} = \sigma_{\text{EGEM}}$

$$\underline{M_{\text{eg}} = W_{\text{eg}} \cdot \sigma_{\text{EGEM}}}$$

Eğilme momenti  $M_{\text{eg}} = L_F \cdot F$

bu değer yerleştirilirse:  $L_F \cdot F / W_{\text{eg}} = \sigma_{\text{EGEM}}$

$$\underline{F = W_{\text{eg}} \cdot \sigma_{\text{EGEM}} / L_F}$$

Böylece aranan momentin  $M_{\text{eg}}$  ve kuvvetin  $F$  çözümü genel olarak yapılmış olur.

Sayısal değerleri bulmak için verilen ve bilinen değerlerle hesabın yapılması gereklidir.

Kesit alanı daire için eğilme mukavemet momentinin değeri Formül ve tabelalar ekinde

$$W_{eg} = \pi d^3 / 32 \quad , \quad \text{burada} \quad d = 25 \text{ mm olduğundan}$$

$$W_{eg} = \pi 25^3 / 32 = 1533,980... \quad \text{buradanda} \implies \quad \underline{W_{eg} = 1530 \text{ mm}^3}$$

## 2.1. Değişken zorlanmada kuvvetin hesabı

Emniyetli eğilme mukavemet değerinin devamlı mukavemet değerleri ile bulunması:

$$\sigma_{\zeta EM} = \frac{\sigma_{\zeta D} \cdot b_1 \cdot b_2}{\beta_{\zeta t} \cdot S_{DGER}}$$

$\sigma_{\zeta D}$	N/mm <sup>2</sup>	Malzemenin devamlı çekme mukavemeti
$b_1$	1	Yüzey pürüzlük katsayısı
$b_2$	1	Büyüklik katsayısı
$\beta_{\zeta t}$	1	Çentik katsayısı
$S_{DGER}$	1	Gerekli emniyet katsayısı

Buradaki değerleri sırasıyla belirlemek gereklidir, şöyleki:

Malzemenin devamlı St50 çeliğinin değeri tabelalar ekinde alınır.

eğilme mukavemeti

"  $\sigma_{DEG}$  "

Sınır değerler oranı

$$\kappa = \sigma_A / \sigma_{\bar{U}}$$

$$\text{Problemin sunuluşundan} \quad -\sigma_A = 0,5 \sigma_{\bar{U}} \implies \sigma_A = -0,5 \sigma_{\bar{U}}$$

böylece sınır değerler oranı:

$$\kappa = \sigma_A / \sigma_{\bar{U}} = -0,5 \sigma_{\bar{U}} / \sigma_{\bar{U}} = -0,5$$

$$\underline{\kappa = -0,5}$$

ve tabelalar ekinde şu değer okunur

$$\underline{\sigma_{EGD} = 300 \text{ N/mm}^2}$$

Yüzey pürüzlüğü katsayısı "  $b_{1\sigma}$  "

Burada yüzey pürüzlüğü katsayısını bulabilmek için malzemenin kopma mukavemet değeri  $R_m$  nin ve yüzey pürüzlük kalitesi  $R_z$  nin bilinmesi gereklidir.

$$\text{tabelalar ekinde} \quad \text{çap değeri } d \leq 16 \text{ mm} \quad R_m = 470 \text{ N/mm}^2$$

için

Problemin sunuluşundan bilinen

$$R_z = 6 \mu\text{m}$$

$$\underline{b_1 = 0,94[-]}$$

Çentik katsayısı " $\beta_{Çt}$ "	Bunu biz Thum'a göre hesaplarız: $\beta_{Çt} = 1 + \eta_{Çt} \cdot (\alpha_{Çt} - 1)$ Problemin sunuluşundan: $\eta_k = 1 / \left[ 1 + 8 / R_1 \cdot (1 - R_e / R_m)^3 \right]$ Çentik şekil sayısı, B 1.1 deki gibi $\beta_{Çt} = 1 + 0,19 (4 - 1) = 1,5875...$	$R_1 = 1,75 \text{ mm}$ $\eta_k = 0,75$ $\alpha_{Çt} = 1,95$ <b><math>\beta_{Çt} = 1,7 [-]</math></b>
Büyüklik katsayısı " $b_2$ "	Büyüklik katsayısı " $b_2$ " ya tabelalar ekinde okunur veya hesaplanır. Problemin sunuluşundan	$d = 25 \text{ mm}$ dir,
geometri katsayısı	$k_g \approx 1 - 0,2 \cdot [\lg(d/7,5) / \lg 20]$	$k_g = 0,921$
teknoloji katsayısı	$k_t \approx 1 - 0,25 \cdot [\lg(d/7,5) / \lg 20]$	imalat çeliği $k_t = 1$
şekil katsayısı	$k_\alpha \approx 1 - 0,2 \cdot \lg \alpha_k \cdot [\lg(d/7,5) / \lg 20]$ $b_2 = k_g \cdot k_t \cdot k_\alpha = 1,921 \cdot 1,0 \cdot 0,98$	$\beta_{Çt} = 1,7$ $k_\alpha = 0,98$ <b><math>b_2 = 0,9 [-]</math></b>
Gerekli emniyet katsayısı " $S_{DGER}$ "	tabelalar ekinde Günlük çalışmalarda önerilen emniyet katsayısı " $S_{DGER}$ " ele alınır. Burada sınır değer oranının ve En yüksek yük yüklenme yüzdesinin " EEY " bilinmesi gereklidir. Değişken zorlanma En yüksek yük yüklenme yüzdesi	$\kappa = - 0,5$ EEY % 50 <b><math>S_{DGER} = 1,45 [-]</math></b>
Malzemenin emniyetli mukavemeti " $\sigma_{EM}$ "	Böylece bulunan değerleri malzemenin emniyetli çekme mukavemet değeri formülünde yerleştirirsek: $\sigma_{EGEM} = \frac{\sigma_{EGD} \cdot b_1 \cdot b_2}{\beta_{Çt} \cdot S_{DGER}} = \frac{300 \cdot 0,91 \cdot 0,9}{1,6 \cdot 1,45} = 105,905...$	<b><math>\sigma_{EGEM} = 105 \text{ N/mm}^2</math></b>
Eğilme momenti : Eğilme kuvveti :	$M_{eg} = W_{eg} \cdot \sigma_{EGEM} = 1\ 530 \cdot 105 = 160\ 650$ $F = M_{eg} / L_F = 160\ 650 / 50 = 3\ 213$	
<b>Sonuç :</b>	<b>Sınır değerleri oranı - <math>\sigma_A = 0,5 \cdot \sigma_{\dot{U}}</math> şartıyla dinamik kuvvet ve eğilme momenti şu büyüklüktedir:</b> Eğilme momenti Eğilme kuvveti	<b><math>M_{eg} = 160\ 650 \text{ Nmm}</math></b> <b><math>F = 3\ 215 \text{ N}</math></b>



**2.2 Kontrol hesabı**

ARANAN NEDİR ? İşletmede elde edilen emniyet sayısı ne kadardır ?

$$S_{Dhe} = \frac{\sigma_{EGSK}}{\sigma_{kar}}$$

$\sigma_{EGSK}$	N/mm <sup>2</sup>	malzemenin eğilme-şekillenme mukavemei
$\sigma_{kar}$	N/mm <sup>2</sup>	karşılaştırma gerilmesi

Buradaki değerleri sırasıyla belirlemek gereklidir, şöyleki:

Malzemenin devamlı eğilme-şekillenme mukavemeti " $\sigma_{EGSK}$ "

$$\sigma_{EGSK} = \frac{\sigma_{EGD} \cdot b_1 \cdot b_2}{\beta_{\zeta t}}$$

$\sigma_{EGD} = 300$	N/mm <sup>2</sup>	örnek 2.1 den
$b_1 = 0,91$	[-]	örnek 2.1 den
$b_2 = 0,90$	[-]	örnek 2.1 den
$\beta_{\zeta t} = 1,6$	[-]	örnek 2.1 den

$$\sigma_{EGSK} = \frac{\sigma_{EGD} \cdot b_1 \cdot b_2}{\beta_{\zeta t}} = \frac{282 \cdot 0,94 \cdot 0,9}{1,7} = 139,19..$$

$$\underline{\sigma_{EGSK} = 140 \text{ N/mm}^2}$$

Elde edilen karşılaştırma gerilmesi " $\sigma_{kar}$ " BEH ne göre:

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

Normal gerilme " $\sigma$ "

$$\sigma = \sigma_{eg} = M_{eg} / W_{eg}$$

$$\text{wobei } M_{eg} = 160 \text{ 650 Nmm} ; W_{eg} = 1 \text{ 530 mm}^3$$

$$\sigma_{eg} = 160650 / 1530 = 105$$

$$\underline{\sigma_{eg} = 105 \text{ N/mm}^2}$$

Zorlanma katsayısı " $\alpha_0$ "

eğilme ve kayma zorlamaları aynı yükleme hali olduğundan,

$$\underline{\alpha_0 = 1}$$

Kayma gerilmesi " $\tau$ "

$$\tau = F/A \text{ burada } F = 3 \text{ 215 N } A = \pi \cdot d^2 / 4$$

$$d = 25 \text{ mm } A = \pi \cdot 25^2 / 4 = 490,87..$$

$$\tau = 3215 / 490 = 6,56..$$

$$\underline{\tau = 7 \text{ N/mm}^2}$$

Elde edilen karşılaştırma gerilmesi " $\sigma_{kar}$ "

$$\sigma_{kar} = \sqrt{\sigma^2 + 3 (\alpha_0 \tau)^2} = \sqrt{105^2 + 3 \cdot 7^2} = 105,69..$$

$$\underline{\sigma_{kar} = 105 \text{ N/mm}^2}$$

Hesaplanan veya elde edilen emniyet katsayısı " $S_{Dhe}$ "

$$S_{Dhe} = \sigma_{EGSK} / \sigma_{kar} = 155 / 105 = 1,476..$$

Sonuç :

Devamlı mukavemet değerleriyle hesaplanan veya elde edilen devamlı emniyet katsayısı " $S_{Dhe}$ " gerekli emniyet katsayısından " $S_{DGER}$ " büyüktür. Buda hesabın sonucunun kabul edilen bir değer olduğunu gösterir.

$$\underline{S_{Dhe} = 1,44[-]}$$

$$\underline{S_{DGER} = 1,45[-]}$$

**6.1.3. 1. Grup, örnek 3, Çevresel çentikli mil**

Problemi anlamak için çevresel çentikli milin taslağını çizmek gereklidir.

Malzeme :

St50-2 W.Nr.: 1.0050

Yüzey pürüzlüğü :

N7 =  $R_z = 6 \mu\text{m}$

Değerler :

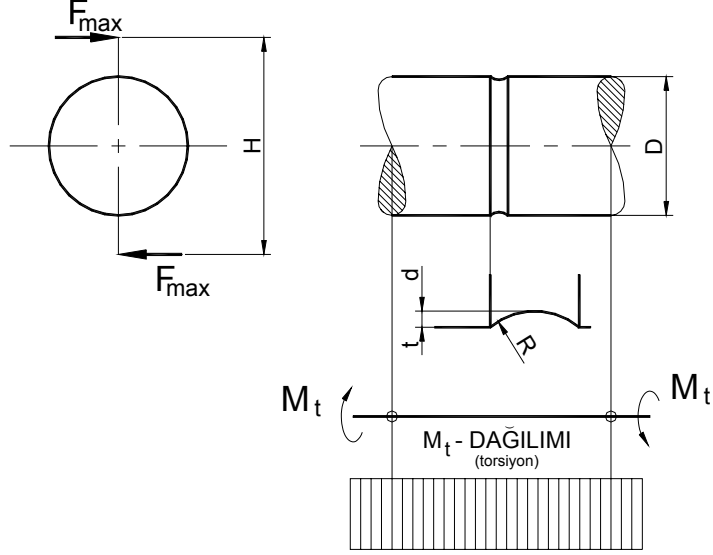
$d = 24 \text{ mm}$

$D = 25 \text{ mm}$

$R = 1 \text{ mm}$

$t = 0,5 \text{ mm}$

$H = 100 \text{ mm}$



Şek. 6.4, Çevresel çentikli mil

**ARANAN NEDİR ?**

Değişken torsiyon momenti ve torsiyon kuvveti  $F = F_{\text{max}}$  ne kadardır ?

Bu bir değer bulma işlemidir.

Formül ve tabelalar ekinden:  $\tau_{\text{tkar}} = \frac{M_t}{W_t} \leq \tau_{\text{TEM}}$

Değer bulma işlemi için:  $M_t / W_t = \tau_{\text{TEM}} \Rightarrow \underline{\underline{M_t = W_t \cdot \tau_{\text{TEM}}}}$

Torsiyonmomenti  $M_t = H \cdot F$

ve bu değer torsiyon momentinde yerleştirilince:

$H F / W_t = \tau_{\text{TEM}} \Rightarrow \underline{\underline{F = W_t \cdot \tau_{\text{TEM}} / H}}$

Böylece aranan torsiyonmomenti  $M_t$  ve torsiyon kuvveti  $F$ 'in çözümü genel olarak yapılmış olur.

Sayısal değerleri bulmak için verilen ve bilinen değerlerle hesabın yapılması gereklidir. Daire kesiti için torsiyon mukavemet momenti formül ve tabelalar ekinden:

$$W_t = \pi d^3 / 16 \text{ burada}$$

$$W_t = \pi 24^3 / 16 = 2714,336..$$

$$d = 24 \text{ mm}$$

$$\underline{\underline{W_t = 2715 \text{ mm}^3}}$$

## 3.1. Dinamik torsiyon momenti ve torsiyon kuvveti

Emniyetli torsiyon mukavemet değerinin devamlı mukavemet değerleri ile bulunması:

$$\tau_{TEM} = \frac{\tau_{TD} \cdot b_1 \cdot b_2}{\beta_{Çt} \cdot S_{DGER}}$$

$\tau_{TD}$	N/mm <sup>2</sup>	Malzemenin devamlı torsiyon mukavemeti
$b_1$	1	Yüzey pürüzlük katsayısı
$b_2$	1	Büyüklik katsayısı
$\beta_{Çt}$	1	Çentik katsayısı
$S_{DGER}$	1	Gerekli emniyet katsayısı

Buradaki değerleri sırasıyla belirlemek gereklidir, şöyleki:

Devamlı torsiyon mukavemeti " $\tau_{TD}$ "	St 50 çeliğinin değerleri tabelalar ekinden bulunur. Sınır değerler oranı $\kappa = \tau_A / \tau_{\bar{U}}$ diğer taraftan şart $-\tau_A = \tau_{\bar{U}}$ buradan $\tau_A = -\tau_{\bar{U}}$ bu değer yerleştirilip hesaplanırsa: $\kappa = \tau_A / \tau_{\bar{U}} = -\tau_{\bar{U}} / \tau_{\bar{U}}$ ve tabelalar ekinden şu değer okunur:	$\kappa = -1$ <b><math>\tau_{TD} = 140 \text{ N/mm}^2</math></b>
Yüzey pürüzlüğü katsayısı " $b_{1\tau}$ "	Burada yüzey pürüzlüğü katsayısını bulabilmek için malzemenin kopma mukavemet değeri $R_m$ nin ve yüzey pürüzlük kalitesi $R_z$ nin bilinmesi gereklidir. tabelalar ekinden den çap değeri $d \leq 16 \text{ mm}$ için $R_m = 470 \text{ N/mm}^2$ Problemin sunulduğundan bilinen: $R_z = 6 \mu\text{m}$ bu bilgilere göre tabelalar ekinden şu değer okunur veya hesaplanır: $b_{1\sigma} = 1 - 0,22 \cdot \lg(R_z) \cdot [\lg(R_m / 20) - 1]$ $b_{1\tau} = 0,575 \cdot b_{1\sigma} + 0,425$	$b_{1\sigma} = 0,94 [-]$ <b><math>b_{1\tau} = 0,96 [-]</math></b>
Çentik katsayısı " $\beta_{Çt}$ "	Bunu biz Thum'a göre hesaplarız: $\beta_{Çt} = 1 + \eta_{Çt} \cdot (\alpha_{Çt} - 1)$ Problemin sunulduğundan: $R_1 = 1,0 \text{ mm}$ $\eta_k = 1 / [1 + 8 / R_1 \cdot (1 - R_e / R_m)^3]$ $\eta_k = 0,71$ Çentik şekil sayısı, $D/d = 25/24 = 1,04$ $R/d = 0,041$ $\alpha_{Çt} = 1,52$ $\beta_{Çt} = 1 + 0,71 (1,52 - 1) = 1,368...$	<b><math>\beta_{Çt} = 1,37 [-]</math></b>

Büyüklik katsayısı " b <sub>2</sub> "	Büyüklik katsayısı " b <sub>2</sub> " ya tabelalar ekinde okunur veya hesaplanır. Problemin sunuluşundan: d = 25 mm dir,		
geometri katsayısı	$k_g \approx 1 - 0,2 \cdot [\lg(d/7,5)/\lg 20]$		$k_g = 0,921$
teknoloji katsayısı	$k_t \approx 1 - 0,25 \cdot [\lg(d/7,5)/\lg 20]$	imalat çeliği	$k_t = 1$
şekil katsayısı	$k_\alpha \approx 1 - 0,2 \cdot \lg \alpha_k \cdot [\lg(d/7,5)/\lg 20]$	$\beta_{\text{Çt}} = 1,37$	$k_\alpha = 0,99$
	$b_2 = k_g \cdot k_t \cdot k_\alpha = 1,921 \cdot 1,0 \cdot 0,98$		<b><u><u>b<sub>2</sub> = 0,91[-]</u></u></b>

Gerekli emniyet katsayısı " S <sub>DGER</sub> "	Burada sınır değerler oranının ve En yüksek yük yüklenme yüzdesinin " EEY " bilinmesi gereklidir.		
	Değişken zorlanma		$\kappa = - 1$
	En yüksek yük yüklenme yüzdesi		EEY % 50

Tabelalar ekinde şu değer okunur: **S<sub>DGER</sub> = 1,5 [-]**

Böylece bulunan değerleri malzemenin emniyetli torsiyon mukavemet değeri formülünde yerleştirirsek:

$$\tau_{\text{TEM}} = \frac{\tau_{\text{TD}} \cdot b_1 \cdot b_2}{\beta_{\text{Çt}} \cdot S_{\text{DGER}}} = \frac{140 \cdot 0,96 \cdot 0,91}{1,35 \cdot 1,5} = 60,416...$$

$$\tau_{\text{TEM}} = 60 \text{ N/mm}^2$$

Torsiyon momenti:  $M_t = W_t \cdot \tau_{\text{TEM}} = 2715 \cdot 55 = 149\,325$

Torsiyon kuvveti:  $F = M_t / H = 149\,325 / 100 = 1\,493,25$

**Sonuç:** Sınır değerleri oranı -  $\tau_A = \tau_{\text{Ü}}$  şartıyla dinamik torsiyon kuvveti ve torsiyon momenti şu büyüklüktedir:

**Torsiyon kuvveti F = 1 640 N**

**Torsiyon momenti M<sub>t</sub> = 183 990 N**

**6.1.4. 1. Grup, örnek 4, Uçtan yüklü kiriş**

Problemi anlamak için uçtan yüklü kirişin taslağını çizmek gereklidir.

Malzeme : St37-2

W.Nr.: 1.0037

Yüzey kalitesi :

Hadde plakası, ham, tufallı malzeme.

Değerler :

$F_{nomax} = + 25 \text{ kN}$

$F_{nomin} = - 12,5 \text{ kN}$

$L_F = 500 \text{ mm}$   $h = 300 \text{ mm}$

Elektrik motoru için kiriş.

Zor işletme şartları.

**ARANAN NEDİR ?**

Kalınlık " b " ne kadardır ?

Bu bir değer bulma işlemidir.

- Değer bulma işleminde yalnız eğilme etkisi dikkate alınır, kesme etkisi bilinçli olarak dikkate alınmaz.
- Kontrol hesabında kesme etkisinde dikkate alınır.

Formül ve tabelalar ekinden:  $\sigma_{eg} = \frac{M_{eg}}{W_{eg}} \leq \sigma_{EGEM}$

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

$$W_{eg} = b h^2 / 6$$

bu değer formülde yerleştirilirse :

$$6 M_{eg} / b h^2 = \sigma_{EGEM}$$

**Böylece aranan kalınlık "b" nin çözümü genel olarak yapılmış olur**

$$\underline{\underline{b = 6.M_b / (h^2 . \sigma_{bzul})}}$$

Sayısal değerleri bulmak için verilen ve bilinen değerlerle hesabın yapılması gereklidir.

$$M_{eg} = L_F \cdot F \quad F = F_{max} = c_B \cdot F_{nomax}$$

burada tabelalar ekinden

$$c_B = 1,1$$

Problemin sunuluşundan:

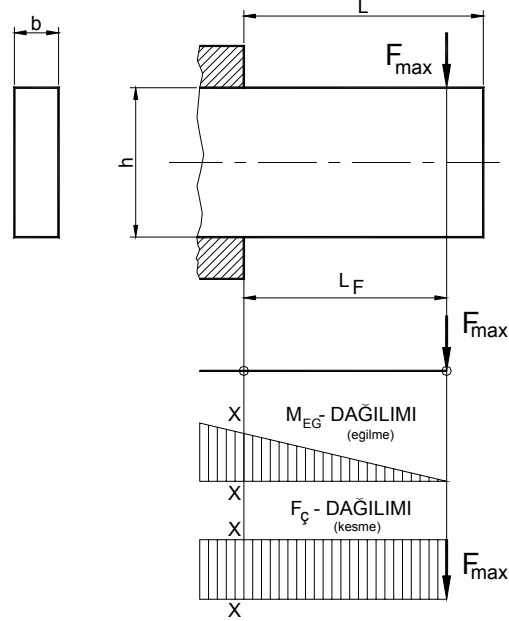
$$L_F = 500 \text{ mm}$$

$$F = 1,1 \cdot 25000 = 27\,500 \text{ N}$$

$$\underline{\underline{F = 27\,500 \text{ N}}}$$

$$M_{eg} = 500 \cdot 27500 = 13\,750\,000$$

$$\underline{\underline{M_b = 13,75 \cdot 10^6 \text{ Nmm}}}$$



Şek. 6.5, Kiriş

Emniyetli eğilme mukavemet değerinin devamlı mukavemet değerleri ile bulunması:

$$\sigma_{EGEM} = \frac{\sigma_{EGD} \cdot b_1 \cdot b_2}{\beta_{\text{Çt}} \cdot S_{DGER}}$$

$\sigma_{EGD}$	N/mm <sup>2</sup>	Malzemenin devamlı çekme mukavemeti
$b_1$	1	Yüzey pürüzlük katsayısı
$b_2$	1	Büyüklik katsayısı
$\beta_{\text{Çt}}$	1	Çentik katsayısı
$S_{DGER}$	1	Gerekli emniyet katsayısı

Buradaki değerleri sırasıyla belirlemek gereklidir, şöyleki:

Malzemenin devamlı eğilme mukavemeti St50 çeliğinin değerleri tabelalar ekinde bulunur.

"  $\sigma_{DEG}$  "

Sınır değerler oranı  $\kappa = \sigma_A / \sigma_{\bar{U}} = F_{\min} / F_{\max}$   
 Problemin sunuluşundan  $F_{\max} = 27,5 \text{ kN}$  ve  $F_{\min} = F_{\text{nomin. CB}}$   
 $F_{\max} = -12,5 \cdot 1,1 = -13,75 \text{ kN}$

böylece sınır değerler oranı:

$$\kappa = F_{\min} / F_{\max} = 27,5 / (-13,75) = -0,5$$

$$\kappa = -0,5$$

ve tabelalar ekinde şu değer okunur

$$\sigma_{EGD} = 215 \text{ N/mm}^2$$

Yüzey pürüzlüğü katsayısı "  $b_{1\sigma}$  "

Burada yüzey pürüzlüğü katsayısını bulabilmek için malzemenin kopma mukavemet değeri  $R_m$  nin ve yüzey pürüzlük kalitesi  $R_z$  nin bilinmesi gereklidir.

tabelalar ekinde çap değeri  $d \leq 16 \text{ mm}$  için  $R_m = 340 \text{ N/mm}^2$

için

Problemin sunuluşundan bilinen, Tufallı  $R_z = 200 \mu\text{m}$

$$b_1 = 0,77 [-]$$

Çentik katsayısı "  $\beta_{\text{Çt}}$  "

Burada kesit değişikliği olmadığından çentik etkisi yoktur ve çentik şekil sayısı bir olarak alınır.

$$\beta_{\text{Çt}} = 1,0 [-]$$

Büyüklik katsayısı "  $b_2$  "

Büyüklik katsayısı "  $b_2$  " ya tabelalar ekinde okunur veya hesaplanır. Problemin sunuluşundan  $d \approx h = 300 \text{ mm}$  dir,

geometri katsayısı

$$k_g \approx 1 - 0,2 \cdot [\lg(d/7,5) / \lg 20] \quad h > 150 \quad k_g = 0,75$$

teknoloji katsayısı

$$k_t \approx 1 - 0,25 \cdot [\lg(d/7,5) / \lg 20] \quad \text{imalat çeliği} \quad k_t = 1$$

şekil katsayısı

$$k_{\alpha} \approx 1 - 0,2 \cdot \lg \alpha_k \cdot [\lg(d/7,5) / \lg 20] \quad \beta_{\text{Çt}} = 1 \quad k_{\alpha} = 1$$

$$b_2 = k_g \cdot k_t \cdot k_{\alpha} = 1,921 \cdot 1,0 \cdot 0,98$$

$$b_2 = 0,75 [-]$$

Gerekli emniyet katsayısı " $S_{DGER}$ "	Günlük çalışmalarda önerilen emniyet katsayısı " $S_{DGER}$ " tabelalar ekinden alınır. Burada sınır değerler oranının ve En yüksek yük yüklenme yüzdesinin " EEY " bilinmesi gereklidir. Değişken zorlanma $\kappa = - 0,5$ En yüksek yük yüklenme yüzdesi EEY % 100
	<b><u><math>S_{DGER} = 1,9 [-]</math></u></b>

Malzemenin emniyet-li mukavemeti "  $\sigma_{EM}$  "

Böylece bulunan değerleri malzemenin emniyetli çekme mukavemet değeri formülünde yerleştirirsek:

$$\sigma_{EGEM} = \frac{\sigma_{EGD} \cdot b_1 \cdot b_2}{\beta_{Çt} \cdot S_{DGER}} = \frac{204 \cdot 0,88 \cdot 0,75}{1,0 \cdot 1,9} = 71,485...$$

$$\underline{\underline{\sigma_{EGEM} = 70 \text{ N/mm}^2}}$$

**Kalınlık " b "**

$$b = 6 \cdot M_{eg} / (h^2 \cdot \sigma_{EGEM})$$

$$b = 6 \cdot 13,75 \cdot 10^6 / (300^2 \cdot 7) = 12,82..$$

Piyasada bulunan kalınlık seçilirse

$$\underline{\underline{b = 12,5 \text{ mm}}}$$

Burada seçilen boyut hesaplanan boyuttan küçük olduğu için şu şekilde düşünülür:

Hesaplanan emniyet katsayısı (  $S_{he}$  ) gerekli emniyet katsayısından (  $S_{DGER}$  ) seçilen kalınlığın hesaplanan kalınlığa oranı kadar farklıdır.

$$S_{he} = \frac{b_{seç}}{b_{he}} S_{DGER}$$

Gerekli emniyet katsayısı "  $S_{DGER}$  " seçilebilir, şart olarak verilmiştir veya kabul edilmiştir.

$$S_{he} = \frac{b_{seç}}{b_{he}} S_{DGER} = \frac{12,5}{12,82...} \cdot 1,9 = 1,85..$$

$$\Delta S = \frac{S_{DGER} - S_{he}}{S_{DGER}} \cdot 100 = \frac{1,9 - 1,85..}{1,9} \cdot 100 = 2,52...$$

Burada hesaplanan emniyet katsayısı "  $S_{he}$  " gerekli emniyet katsayısından "  $S_{DGER}$  " yüzde 2,52 küçüktür.

Bu durum pratikte fark olarak kabul edilmez ve parça 12,5 mm kalınlıkta kullanılır. Eğer bu seçim herhangi bir sebepten ötürü kabul edilmezse, parça daha kalın olarak seçilmelidir.

**Sonuç :** Kabul edilen % 2,5 hata ile kirişin kalınlığı şu değer olarak seçilir:

$$\underline{\underline{b = 12,5 \text{ mm}}}$$

**6.1.5. 1. Grup, örnek 5, Cıvatalı lama**

Problemi anlamak için cıvatalı lamanın taslağını çizmek gereklidir.

Malzeme :

St37-2 W.Nr.: 1.0037

Yüzey pürüzlüğü :

Tufallı ham lama.

Değerler:

$a = 6 \text{ mm}$ ,  $b = 20 \text{ mm}$

$h = 10 \text{ mm}$

Kullanılma yeri genel.

**ARANAN NEDİR ?**

İşletmedeki maksimum kuvvet ne kadardır ?

Bu bir değer bulma işlemidir.

Formül ve tabelalar ekinden:  $\sigma_{\check{c}} = F/A_1 \leq \sigma_{\check{c}EM}$

$$F/A_1 = \sigma_{\check{c}EM}$$

buradan:  $F = A_1 \cdot \sigma_{\check{c}EM}$  ve  $A_1 = 2 \cdot (b - a) \cdot h$

yerleştirilince:

$$\underline{\underline{A_1 = 2 \cdot (b - a) \cdot h}}$$

Böylece aranılan maksimum kuvvetin çözümü genel olarak yapılmış olur.

Sayısal değerleri bulmak için verilen ve bilinen değerlerle hesabın yapılması gereklidir.

Problemin

$b = 20 \text{ mm}$  ;  $a = 6 \text{ mm}$  ;  $h = 10 \text{ mm}$

sunuluşundan:

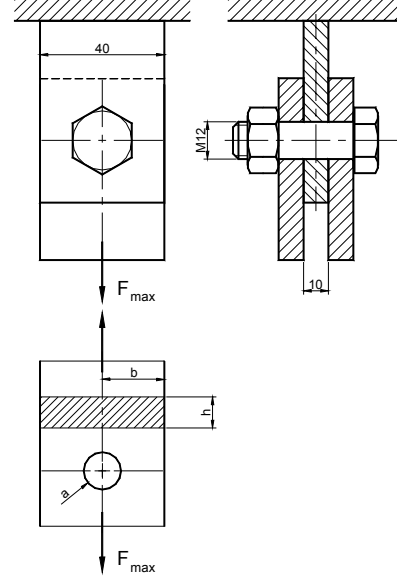
$$A_1 = 2 \cdot (20 - 6) \cdot 10 = 280$$

$$\underline{\underline{A_1 = 280 \text{ mm}^2}}$$

Emniyetli çekme mukavemetinin devamlı mukavemet değerleri ile bulunması:

$$\sigma_{\check{c}EM} = \frac{\sigma_{\check{c}D} \cdot b_1 \cdot b_2}{\beta_{\check{c}t} \cdot S_{DGER}}$$

$\sigma_{\check{c}D}$	N/mm <sup>2</sup>	Malzemenin devamlı çekme mukavemeti
$b_1$	1	Yüzey pürüzlük katsayısı
$b_2$	1	Büyükölçüm katsayısı
$\beta_{\check{c}t}$	1	Çentik katsayısı
$S_{DGER}$	1	Gerekli emniyet katsayısı



Şek. 6.6, Cıvatalı lama



Buradaki değerleri sırasıyla belirlemek gereklidir, şöyleki:

Malzemenin devamlı çekme mukavemeti " $\sigma_{\text{CD}}$ "	St37 çeliğinin değerleri tabelalar ekinde alınır. Sınır değerler oranı $\kappa = \sigma_A / \sigma_U = F_{\min} / F_{\max}$ Problemin sunuluşundan $F_{\min} = 0$ $\kappa = F_{\min} / F_{\max} = 0 / F_{\max} = 0$	<b><math>\kappa = 0</math></b>
	tabelalar ekinde şu değer okunur	<b><math>\sigma_{\text{EGD}} = 233 \text{ N/mm}^2</math></b>
Yüzey pürüzlüğü katsayısı " $b_{1\sigma}$ "	Burada yü-zey pürüzlüğü katsayısını bulabilmek için malzemenin kopma mukavemet değeri $R_m$ nin ve yüzey pürüzlük kalitesi $R_z$ nin bilinmesi gereklidir. tabelalar ekinde çap değeri $d \leq 16 \text{ mm}$ için $R_m = 340 \text{ N/mm}^2$ Problemin sunuluşundan bilinen, Tufallı $R_z = 200 \mu\text{m}$	<b><math>b_1 = 0,88 [-]</math></b>
Çentik katsayısı " $\beta_{\text{Çt}}$ "	Bunu biz Thum'a göre hesaplarız: Problemin sunuluşundan: $R_1 = 6 \text{ mm}$ ; $a = 6 \text{ mm}$ ; $b = 20 \text{ mm}$	$\beta_{\text{Çt}} = 1 + \eta_{\text{Çt}} \cdot (\alpha_{\text{Çt}} - 1)$
Şekil katsayısı	tabelalar ekinde	$\alpha_{\text{Çt}} = \left[ 3 + \left( \frac{a}{b} \right)^2 \right] / \left[ 1 + \left( \frac{a}{b} \right) \right]$
	$\alpha_{\text{Çt}} = [3 + (6/20)^2] / [1 + (6/20)]$	$\alpha_{\text{Çt}} = 2,376$
	$\beta_{\text{Çt}} = 1 + 0,96 \cdot (2,376 - 1)$	<b><math>\beta_{\text{Çt}} = 2,32 [-]</math></b>
Büyüklik katsayısı " $b_2$ "	Büyüklik katsayısı " $b_2$ " ya tabelalar ekinde okunur veya hesaplanır. Problemin sunuluşundan $d \approx h = 300 \text{ mm}$ dir,	
geometri katsayısı	$k_g \approx 1 - 0,2 \cdot [\lg(d/7,5) / \lg 20]$	Çekme $k_g = 1$
teknoloji katsayısı	$k_t \approx 1 - 0,25 \cdot [\lg(d/7,5) / \lg 20]$	imalat çeliği $k_t = 1$
şekil katsayısı	$k_\alpha \approx 1 - 0,2 \cdot \lg \alpha_k \cdot [\lg(d/7,5) / \lg 20]$	$\beta_{\text{Çt}} = 2,32$ ; $k_\alpha = 0,96$
	$b_2 = k_g \cdot k_t \cdot k_\alpha = 1,921 \cdot 1,0 \cdot 0,98$	<b><math>b_2 = 0,96 [-]</math></b>
Gerekli emniyet katsayısı " $S_{\text{DGER}}$ "	Problemin sunuluşunda verilmiş olan değer	<b><math>S_{\text{DGER}} = 1,8 [-]</math></b>

Böylece bulunan değerleri malzemenin emniyetli çekme mukavemet değeri formülünde yerleştirirsek:

$$\sigma_{\text{CEM}} = \frac{\sigma_{\text{CD}} \cdot b_1 \cdot b_2}{\beta_{\text{Çt}} \cdot S_{\text{Def}}} = \frac{233 \cdot 0,88 \cdot 0,96}{2,32 \cdot 1,9} = 47,244... \quad \sigma_{\text{CEM}} = 47/\text{mm}^2$$

$$\text{Kuvvet } F : \quad F = A_1 \cdot \sigma_{\text{CEM}} = 280 \cdot 47 = 13\,228$$

**Sonuç: Maksimum çekme kuvveti şu büyüklüktedir:  $F = 13\,200 \text{ N}$**

## 6.2. 2. Grup örnekler

### 6.2.1. 2. Grup, örnek 1, Bağlama kolu

Problemin analizi. Problemin taslağı, Bağlama kolu.

Değerler:

$$F_y = 300 \text{ N} ; F_z = 400 \text{ N}$$

$$b = 20 \text{ mm} ; h = 10 \text{ mm}$$

$$H = 50 \text{ mm} ; L_1 = 100$$

mm

ARANAN NEDİR ?

Kontrol ve malzeme seçimi.

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

Kontrol:

$$S_{he} = \frac{\sigma_{EGSK}}{\sigma_{he}}$$

Basma gerilmesi:

$$\sigma_b = \frac{F_y}{A} = \frac{F_y}{h \cdot b}$$

Kesme gerilmesi:

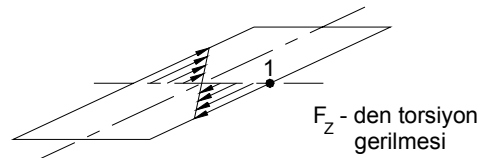
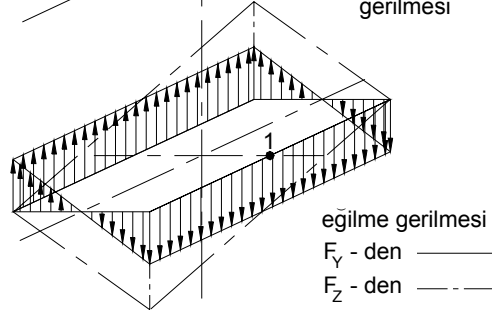
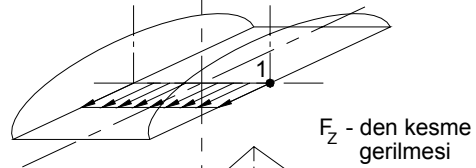
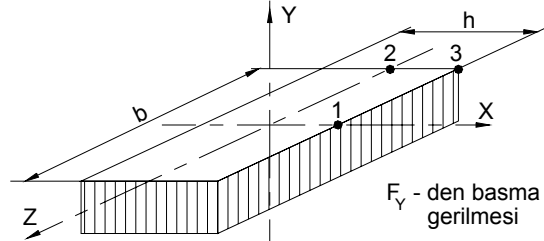
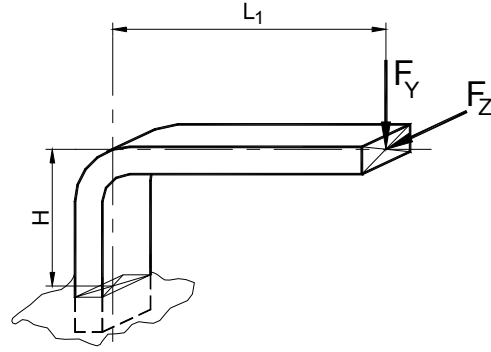
$$\tau_k = \frac{F_z}{A} = \frac{F_z}{h \cdot b}$$

Eğilme gerilmesi:

Torsiyon gerilmesi:

$$\sigma_{eg} = \frac{M_{eg}}{W_{eg}} = \frac{6 \cdot L_1 \cdot F_y}{b \cdot h^2}$$

$$\tau_t = \frac{M_t}{W_t} = \frac{L_1 \cdot F_z}{20,246 \cdot h^3}$$



Şek. 6.7, Bağlama kolu

Normal gerilme:

$$\sigma = \sigma_b + \sigma_{eg}$$

1. Nuktada

Kayma gerilmesi:

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

1. Nuktada

Zorlanma katsayısı:

$$\alpha_0 = 1$$

eğilme ve torsiyon aynı yüklenme halı.

$$\sigma_b = \frac{F_y}{h \cdot b} = \frac{300}{10 \cdot 20} = 1,5 \quad \sigma_b = 1,5 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{eg} = \frac{6 \cdot L_1 \cdot F_y}{b \cdot h^2} = \frac{6 \cdot 100 \cdot 300}{20 \cdot 10^2} = 90 \quad \sigma_{eg} = 90 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_k = \frac{F_z}{h \cdot b} = \frac{400}{10 \cdot 20} = 2 \quad \tau_k = 2 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_t = \frac{L_1 \cdot F_z}{2 \cdot 0,246 \cdot h^3} = \frac{100 \cdot 400}{2 \cdot 0,246 \cdot 10^3} = 81,3... \quad \tau_t = 81,3 \text{ N/mm}^2$$

Normal gerilmeler:  $\sigma = \sigma_b + \sigma_{eg} = 1,5 + 90 = 91,5$

$$\sigma = 91,5 \text{ N/mm}^2$$

Kayma gerilmeleri:  $\tau = \tau_k + \tau_t = 2 + 81,3 = 83,3$

$$\tau = 83,3 \text{ N/mm}^2$$

**Karşılaştırma gerilmesi :**

**KGH göre:**  $\sigma_{kar} = \sqrt{\sigma^2 + 4 \tau^2} = \sqrt{91,5^2 + 4 \cdot 83,3^2} = 190,..$

$$\sigma_{kar} = 190 \text{ N/mm}^2$$

**NGH göre**  $\sigma_{kar} = 0,5 \left( \sigma + \sqrt{\sigma^2 + 4 \tau^2} \right) = 0,5 \left( 91,5 + \sqrt{91,5^2 + 4 \cdot 83,3^2} \right) = 140,78...$

$$\sigma_{kar} = 140 \text{ N/mm}^2$$

**BEH göre**  $\sigma_{kar} = \sqrt{\sigma^2 + 3 \tau^2} = \sqrt{91,5^2 + 3 \cdot 83,3^2} = 170,847...$

$$\sigma_{kar} = 170 \text{ N/mm}^2$$

Tecrübelerde ve buradada görüldüğü gibi kayma gerilmesi hipotezi en büyük karşılaştırma gerilmesini verir.

**Sonuç : Maksimum karşılaştırma gerilmesi kayma gerilmesi hipotezine göre:**

**Sonuç: Maksimum çekme kuvveti şu büyüklüktedir:**

$$\sigma_{kar} = 190 \text{ N/mm}^2$$

### 6.2.2. 2. Grup, örnek 2, Kısa konsol

Problemin analizi. Problemin taslağı, Kısa konsol.

Değerler :

$$L = 150 \text{ mm} \quad L_F = 125 \text{ mm}$$

$$a = 50 \text{ mm} \quad b = 50 \text{ mm}$$

$$h = 100 \text{ mm} \quad s = 8 \text{ mm}$$

Malzeme : St37-2 W.Nr.: 1.0037

tufallı, ham

#### ARANAN NEDİR ?

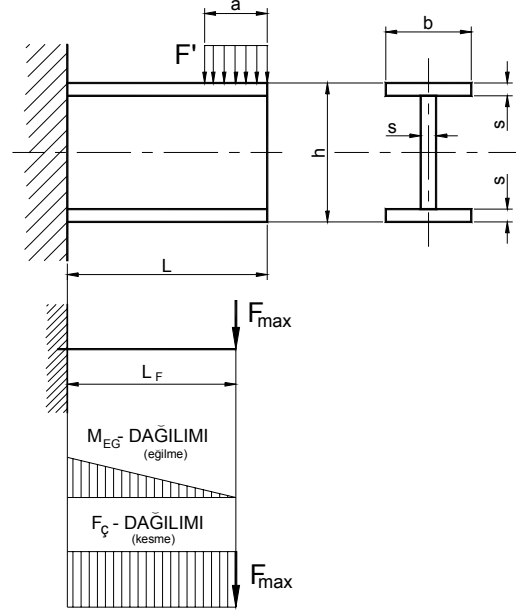
Statik yani sakin kuvvet  $F'$  birim kuvvet N/mm olarak ne kadardır ?

Eğer  $S_{DGER} = 1,5$  ve normal gerilmeler hipotezine göre hesaplanırsa.

Bu bir değer bulma işlemidir.

Formül ve tabelalar ekinden

$$\sigma_{eg} = \frac{M_{eg}}{W_{eg}} \leq \sigma_{EGEM}$$



Şek. 6.8, kısa konsol

Eğilme momenti

$M_{eg} = L_F \cdot a \cdot F'$  ve yerleştirilirse:

$$F' = \frac{W_{eg} \cdot \sigma_{EGEM}}{L_F \cdot a}$$

Böylece aranan birim kuvvetin çözümü genel olarak yapılmış olur.

Sayısal değerleri bulmak için verilen ve bilinen değerlerle hesabın yapılması gereklidir. Çeşitli kesitler için mukavemet momenti Formül ve tabelalar ekinden alınırç

$$W_{eg} = b \cdot h^2 / 6 = 50 \cdot 100^2 / 6 = 83333,33..$$

$$W_{egl} = (BH^3 - bh^3) / (6H) = (50 \cdot 100^3 - 42.84^3) / 600 = 41844$$

$$W_{eg} = 83\,300 \text{ mm}^3$$

$$W_{egl} = 41\,800 \text{ mm}^3$$

Emniyetli eğilme mukavemetinin devamlı mukavemet değerleri ile bulunması:

$$\sigma_{EGEM} = \frac{\sigma_{EGD} \cdot b_1 \cdot b_2}{\beta_{Çt} \cdot S_{DGER}}$$

$$\sigma_{EGD} = 330 \text{ N/mm}^2$$

$$b_1 = 0,77 \text{ [-]}$$

$$b_2 = 0,72 \text{ [-]}$$

$$\beta_{Çt} = 1 \text{ [-]}$$

$$S_{DGER} = 1,5 \text{ [-]}$$

Devamlı mukavemet değeri tabelalar ekinden

Yüzey pürüzlük katsayısı tabelalar ekinden

Büyüklik katsayısı tabelalar ekinden

Çentik katsayısı, kesit değişikliği yok

Gerekli emniyet katsayısı tabelalar ekinden

$$\sigma_{EGEM} = \frac{\sigma_{EGD} \cdot b_1 \cdot b_2}{\beta_{Ct} \cdot S_{DGER}} = \frac{330 \cdot 0,77 \cdot 0,72}{1,1,5} = 121,968$$

$$F' = W_{eg} \cdot \sigma_{EGEM} / (L_F \cdot a)$$

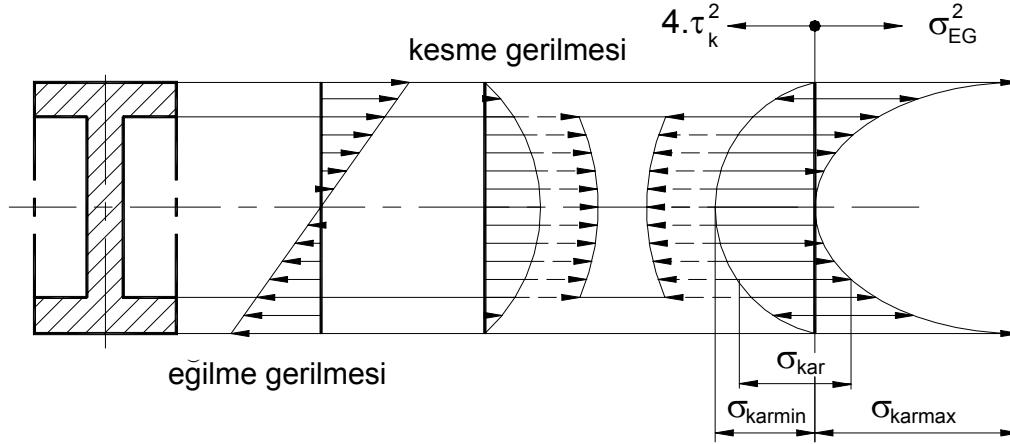
$$F'_I = 41800 \cdot 120 / (125 \cdot 50) = 802,56$$

$$F'_{II} = 83300 \cdot 120 / (125 \cdot 50) = 1599,36$$

$$\sigma_{EGEM} = 120 \text{ N/mm}^2$$

$$F'_I = 800 \text{ N/mm}$$

$$F'_{II} = 1600 \text{ N/mm}$$



Şek. 6.9, Gerilmelerin dağılımı

2.2 Kontrol  $R_e / \sigma_{kar} > 1$

$$\sigma_{kar} = \sqrt{\sigma_{eg}^2 + 4 \tau_k^2} \leq R_e$$

$$\tau_{k\equiv} = \frac{F_{max}}{b h} ; \quad \sigma_{eg\equiv} = \frac{6 L_F F_{max}}{b h^2} = \left( \frac{6 L_F}{h} \right) \frac{F_{max}}{b h} ; \quad \frac{6 L_F}{h} = \frac{6125}{100} = 7,5$$

$$\sigma_{eg\equiv} = \frac{6 L_F F_{max}}{b h^2} = \left( \frac{6 L_F}{h} \right) \frac{F_{max}}{b h} = 7,5 \tau_{k\equiv} \rightarrow \tau_{k\equiv} = \frac{\sigma_{eg\equiv}}{7,5}$$

Bu değer yerleştirilirse 
$$\sigma_{kar} = \sqrt{\sigma_{eg\equiv}^2 + 4 \left( \frac{\sigma_{eg\equiv}}{7,5} \right)^2} = 1,035 \sigma_{eg\equiv}$$

Değer bulme işleminde  $\sigma_{EGEM} = \sigma_{eg_{II}}$  alınır ve:  
 $R_e = 205 \text{ N/mm}^2$  tabelalar ekinde  $h=100$  için, böylece  
 $R_e / \sigma_{kar} = (1,71 \cdot \sigma_{EGEM}) / (1,035 \cdot \sigma_{EGEM}) = 1,65.. > 1$

$$\sigma_{kar} = 1,035 \sigma_{EGEM}$$

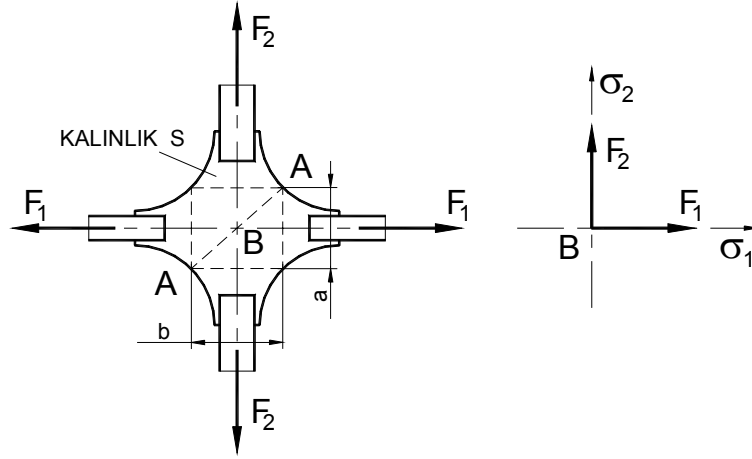
$$R_e = 1,71 \cdot \sigma_{EGEM}$$

**Sonuç :** Böylece akma sınırı mukavemet değeri  $R_e$  ile karşılaştırma gerilmesi  $\sigma_{kar}$  oranının birden büyük olduğu görülür.

$$\underline{R_e / \sigma_{kar} = 1,65.. > 1}$$

### 6.2.3. 2. Grup, örnek 3, Birleştirme levhası

Problemin analizi. Problemin taslağı, birleştirme levhası veya bağlantı pilakası.



Şek. 6.10, Bağlantı pilakası

$$F_1 = 10 \text{ kN} ; F_2 = 20 \text{ kN} ; s = 5 \text{ mm} ; a = 150 \text{ mm} ; b = 200 \text{ mm}$$

$$\varphi = \arctan(a/b)$$

$$\underline{\underline{\varphi = 36,869..^\circ}}$$

#### 3.1 B noktasındaki asal normal gerilmeler

$$\sigma_1 = F_1/A_1 ; A_1 = s \cdot a \implies A_1 = 5 \cdot 150 = 750 \text{ mm}^2$$

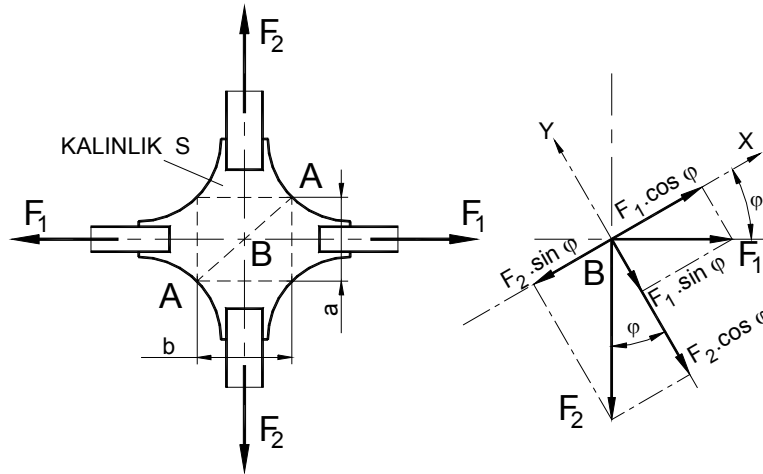
$$\sigma_2 = F_2/A_2 ; A_2 = s \cdot b \implies A_2 = 5 \cdot 200 = 1000 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_1 = 10000 / 750 = 13,333..$$

$$\underline{\underline{\sigma_1 = 13,3 \text{ N/mm}^2}}$$

$$\sigma_2 = 20000 / 1000 = 20$$

$$\underline{\underline{\sigma_2 = 20,0 \text{ N/mm}^2}}$$



Şek. 6.11, Bağlantı pilakası

## 3.2. A-A kesitindeki normal ve kayma gerilmeler

$$F_{\zeta} = F_x = F_1 \cdot \cos\varphi - F_2 \cdot \sin\varphi$$

$$F_x = 4 \text{ kN}$$

$$F_n = F_y = F_2 \cdot \cos\varphi + F_1 \cdot \sin\varphi$$

$$F_y = 22 \text{ kN}$$

$$A_{\phi} = s \sqrt{a^2 + b^2} = 1250 \text{ mm}^2$$

$$\sigma = \sigma_{zhe} = F_n / A = F_y / A_{\phi}$$

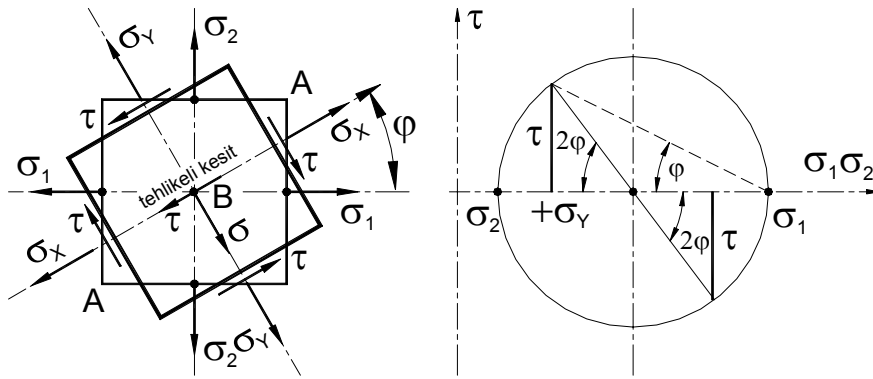
$$\tau = \tau_k = F_{\zeta} / A = F_x / A_{\phi}$$

$$\sigma_{zhe} = 22000/1250 = 17,6$$

$$\sigma_{zhe} = 17,6 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_k = 4000/1250 = 3,2$$

$$\tau_k = 3,2 \text{ N/mm}^2$$



Şek. 6.12, Bağlantı pilakası

3.3. Karşılaştırma gerilmesi  $\sigma_{kar}$ 

$$\sigma_x = [(\sigma_1 + \sigma_2)/2] + [(\sigma_1 - \sigma_2)/2] \cdot \cos 2\varphi = 17,6$$

$$\sigma_x = 17,6 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_y = [(\sigma_1 + \sigma_2)/2] - [(\sigma_1 - \sigma_2)/2] \cdot \cos 2\varphi = 15,73..$$

$$\sigma_y = 15,7 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau = [(\sigma_1 - \sigma_2)/2] \cdot \sin 2\varphi = 3,1999...$$

$$\tau = 3,2 \text{ N/mm}^2$$

Normal gerilmeler hipotezine NGH göre :

$$\underline{\underline{\sigma_{kar} = 20 \text{ N/mm}^2}}$$

$$\sigma_{kar} = 0,5 \left[ (\sigma_x + \sigma_y) + \sqrt{(\sigma_x - \sigma_y)^2 + 4\tau^2} \right] = 0,5 \left[ (17,6 + 15,7) + \sqrt{(17,6 - 15,7)^2 + 4 \cdot 3,2^2} \right] = 19,988...$$

Kayma gerilmesi hipotezine KGH göre :

$$\underline{\underline{\sigma_{kar} = 6,7 \text{ N/mm}^2}}$$

$$\sigma_k = \sqrt{(\sigma_x - \sigma_y)^2 + 4\tau^2} = \sqrt{(17,6 - 15,7)^2 + 4 \cdot 3,2^2} = 6,676...$$

Biçim değiştieme enerjisi hipotezine BEH göre :

$$\underline{\underline{\sigma_{kar} = 17,6 \text{ N/mm}^2}}$$

$$\sigma_{kar} = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 - \sigma_x \sigma_y + 3\tau^2} = \sqrt{17,6^2 + 15,7^2 - 17,6 \cdot 15,7 + 3 \cdot 3,2^2} = 17,625$$

**6.2.4. 2. Grup, örnek 4, Askı sistemi**

Problemin analizi. Problemin taslağı, askı konstruksiyon.

Malzeme : St37-2 W.Nr.: 1.0037

**ARANAN NEDİR ?**

Kuvvet F ne kadardır ?

Eğer  $S_{DGER} = 2$  ise.

**4.1. Değer bulma işlemi**

Formül ve tabelalar ekinden

$$\sigma_{\zeta} = 2.F / A \leq \sigma_{\zeta_{CEM}}$$

$$2.F / A = \sigma_{\zeta_{CEM}}$$

$$F = A.\sigma_{\zeta_{CEM}}/2$$

$$\sigma_{\zeta_{CEM}} = R_e / S_{DGER}$$

$A = \pi.d^2 / 4$  bu yerleştirilirse:

$$\underline{\underline{F = \pi.d^2.R_e / (8.S_{DGER})}}$$

**Böylece aranan kuvvetin çözümü genel olarak yapılmış olur.**

$R_e = 235 \text{ N/mm}^2$  tabelalar ekinden

$$F = \pi.20^2.235/(8.2) = 18\ 456,85\dots$$

$$\underline{\underline{F = 18\ 460 \text{ N}}}$$

**4.2. Mesafe " x " ?**

$$\sigma_{kar} = \sigma_{eg} + \sigma_{\zeta} \leq R_e ,$$

Bu bir değerlendirme işlemidir, ve:

$$\sigma_{eg} + \sigma_{\zeta} = R_e$$

$$\sigma_{\zeta} = 2.F / A = 2 \cdot 15710 \cdot 4 / (\pi.20^2)$$

$$\sigma_{eg} = R_e - \sigma_{\zeta} = 200 - 100 = 100 \text{ N/mm}^2 \quad \text{burada}$$

$$M_{eg} = 250.F - (250-x) \cdot F = x.F$$

$$32.x.F/(\pi.d^3)=100 \implies x = 100.\pi.d^3/(32.F) \quad \text{buradan}$$

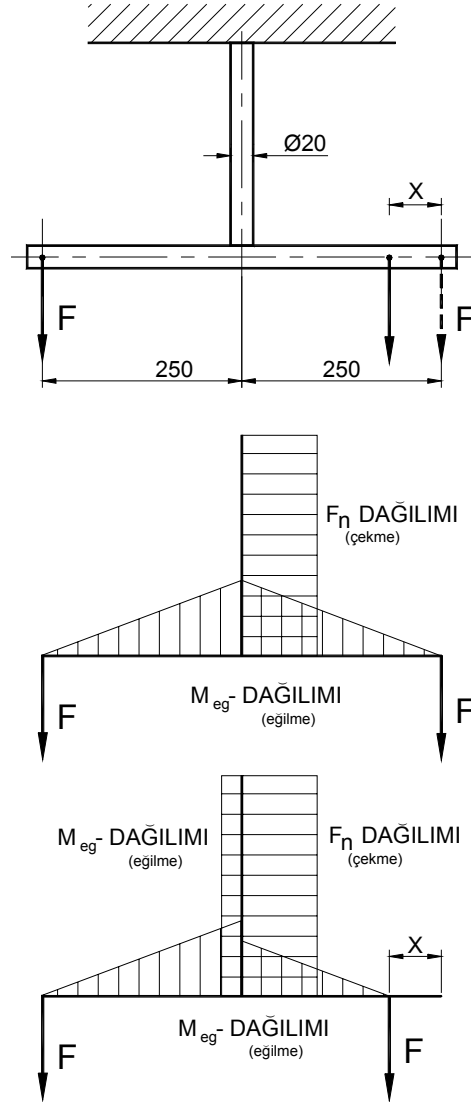
$$x = 100.\pi.20^3/(32.18460) = 4,25459\dots$$

$$\sigma_{\zeta} = 100 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{eg} = M_{eg}/W_{eg} = 100$$

$$W_{eg} = \pi.d^3/32$$

$$\underline{\underline{x = 4,25 \text{ mm}}}$$



Şek. 6.13, Askı konstruksiyonu



**6.2.5. 2. Grup, örnek 5, Maksimum yüzey basıncı  $p_{max}$** 

Problemin analizi. Problemin taslağı, destek.

Malzeme : St37-2 W.Nr.: 1.0037

**ARANAN NEDİR ?**

Eğer  $S_{DGER} = 2$  ise, maksimum yüzey basıncı  $p$  ne kadardır ?

**5.1. Değer bulma işlemi**

Formül ve tabelalar ekinden:

$$p = \sigma_b = F / A \leq \sigma_{BEM}$$

$$F = A \cdot \sigma_{BEM}$$

Malzeme : St37-2 W.Nr.: 1.0037

Böylece aranılan kuvvetin çözümü genel olarak yapılmış olur.

$R_e = 225 \text{ N/mm}^2$  tabelalar ekinden

$$\sigma_{BEM} = R_e / S_{DGER} = 225/2 = 112,5 \text{ N/mm}^2$$

$$A = a \cdot b = 12 \cdot 20 = 240 \text{ mm}^2$$

$$F = 240 \cdot 112,5 = 27\,000 \text{ N}$$

$$p = F / A_p$$

$$A_p = 60 \cdot 60 = 3600 \text{ mm}^2$$

$$p = 27\,000 / 3600 = 7,5$$

$$\underline{\underline{p = 7,5 \text{ N/mm}^2}}$$

**5.2. Mesafe " x "**

$$\sigma_{kar} = \sigma_{eg} + \sigma_b \leq R_e, \quad \text{Değerlendirme}$$

$$\sigma_b = F / A = 27000 / (12 \cdot 20) = 112,5 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{eg} = R_e - \sigma_b = 225 - 112,5 = 112,5 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{eg} = M_{eg} / W_{eg} = 112,5 \quad \text{burada } M_{eg} = x \cdot F \text{ ve}$$

$$x \cdot F \cdot 6 / (b \cdot h^2) = 112,5$$

$$x = 112,5 \cdot b \cdot h^2 / (6 \cdot F) = 112,5 \cdot 12 \cdot 20^2 / (6 \cdot 27000) = 3,33333$$

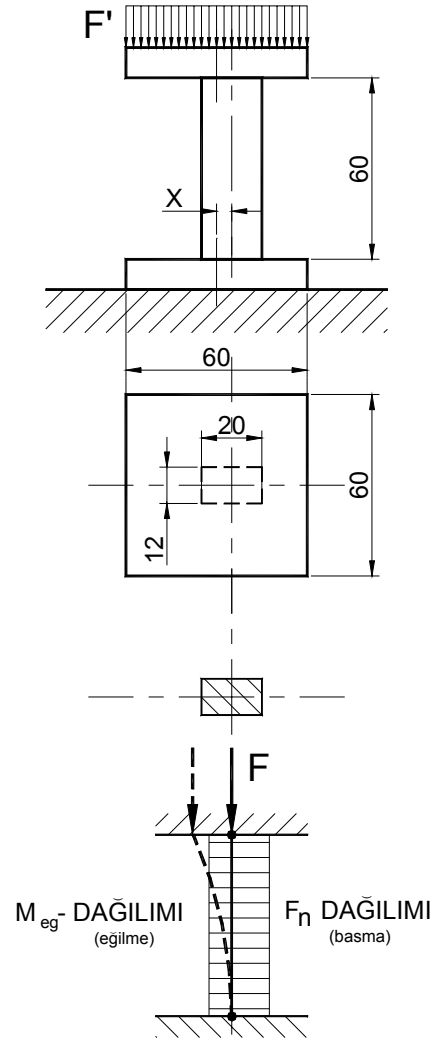
$$\sigma_{eg} + \sigma_d = R_e$$

$$\sigma_b = 112,5 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{eg} = 112,5 \text{ N/mm}^2$$

$$W_{eg} = b \cdot h^2 / 6$$

$$\underline{\underline{x = 3,33. \text{ mm}}}$$



Şek. 6.14, destek

**6.2.6. 2. Grup, örnek 6, Karşılaştırma gerilmesi  $\sigma_{kar}$** 

Problemin analizi. Problemin taslağı, yüzey gerilmeleri.

$$\sigma_x = 70 \text{ N/mm}^2 ;$$

$$\sigma_y = 10 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau = 20 \text{ N/mm}^2$$

**ARANAN NEDİR ?**

6.1. Karşılaştırma gerilmesi  $\sigma_v$  ne kadardır?

6.2.  $\phi$  açısındaki asal normal gerilmeler nekadardır ?

$$2\phi = \arctan\left(\frac{2\tau}{\sigma_x - \sigma_y}\right)$$

$$2\phi = \arctan\left(\frac{2 \cdot 20}{70 - 10}\right) = 33,690067\dots$$

$$\phi = \underline{\underline{16,845^\circ}}$$

Mohrun gerilmeler dairesinden:

$$\sigma_1 = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} + \frac{\sigma_x - \sigma_y}{2 \cos 2\phi}$$

$$\sigma_2 = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} - \frac{\sigma_x - \sigma_y}{2 \cos 2\phi}$$

$$\sigma_1 = \frac{70 + 10}{2} + \frac{70 - 10}{2 \cos 2\phi} = 76,055\dots$$

$$\underline{\underline{\sigma_1 = 76 \text{ N/mm}^2}}$$

$$\sigma_2 = \frac{70 + 10}{2} - \frac{70 - 10}{2 \cos 2\phi} = 3,944\dots$$

$$\underline{\underline{\sigma_2 = 4 \text{ N/mm}^2}}$$

Normal gerilmeler hipotezine NGH göre :

$$\sigma_v = 0,5 \left( 80 + \sqrt{60^2 + 4 \cdot 20^2} \right) = 76,055\dots$$

$$\underline{\underline{\sigma_{kar} = 76 \text{ N/mm}^2}}$$

Kayma gerilmesi hipotezine KGH göre :

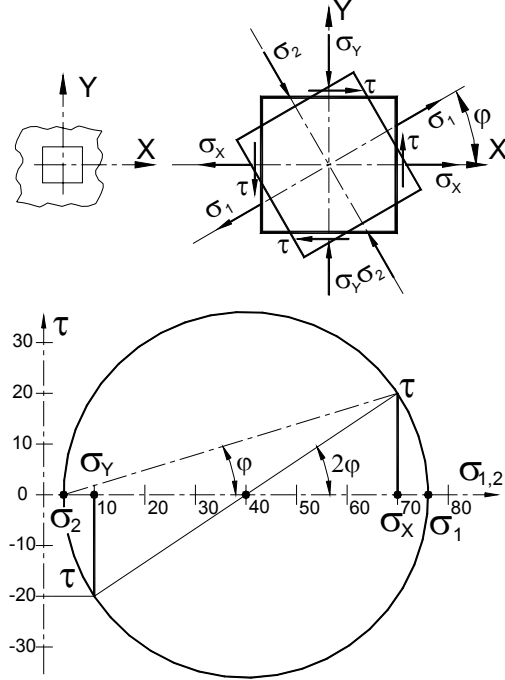
$$\sigma_v = \sqrt{60^2 + 4 \cdot 20^2} = 72,111\dots$$

$$\underline{\underline{\sigma_{kar} = 72 \text{ N/mm}^2}}$$

Biçim değiştieme enerjisi hipotezine BEH göre :

$$\sigma_{kar} = \sqrt{70^2 + 10^2 - 70 \cdot 10 + 3 \cdot 20^2} = 76,811$$

$$\underline{\underline{\sigma_{kar} = 77 \text{ N/mm}^2}}$$

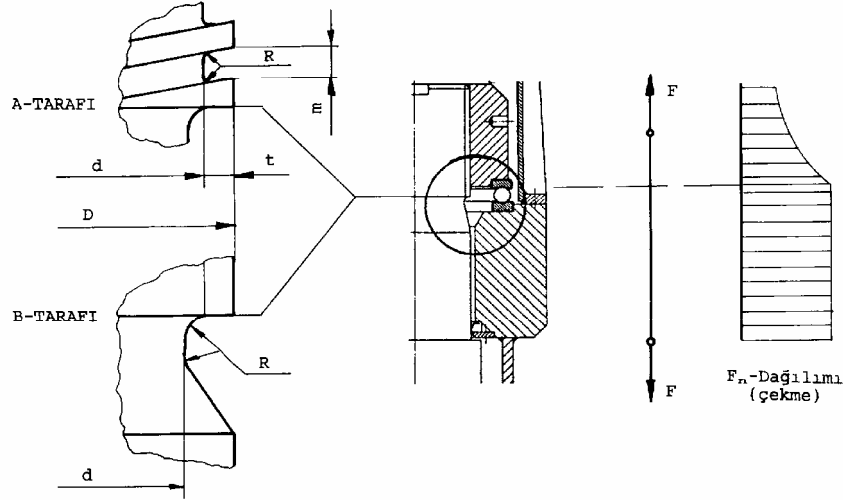


Şek. 6.15, Yüzey gerilmeleri

### 6.3. 3.Grup örnekler

#### 6.3.1. 3. Grup, örnek 1, Yük kancası

Problemin analizi. Problemin taslağı, yük kancası.



Şek. 6.16, Yük kancası

Halatların esnekliğinden ötürü tam dalgalı yüklenme.

Malzeme : St 50-2, W.Nr.:1.1050 Yüzey pürüzlüğü :  $R_z = 10 \mu\text{m}$

$F_{\max} = k \cdot Q$  : k - arttırma katsayısı Q - yük

$F_{\min} = 0$   $\kappa = \sigma_A / \sigma_{\bar{U}} = F_{\min} / F_{\max} = 0$

$$\sigma_{\dot{a}} = \frac{F_{\max}}{A} \leq \sigma_{\bar{A}} \text{ EM}$$

#### Çekme gerilmesi

Formül ve tabelalar ekinden  $A = \pi \cdot d^2 / 4$  burada d detaya göre yerleştirilir.

Emniyetli çekme mukavemet değerinin devamlı mukavemet değerleriyle bulunması:

$$\sigma_{\text{ÇEM}} = \frac{\sigma_{\text{ÇD}} \cdot b_1 \cdot b_2}{\beta_{\text{Çt}} \cdot S_{\text{DGER}}}$$

$\sigma_{\text{ÇD}}$	N/mm <sup>2</sup>	devamlı çekme mukavemet değeri tabelalar ekinden
$b_1$	1	Yüzey pürüzlüğü katsayısı tabelalar ekinden
$b_2$	1	Büyüklik katsayısı tabelalar ekinden
$S_{\text{Derf}}$	1	Gerekli emniyet katsayısı tabelalar ekinden
$\beta_{\text{Çt}}$	1	Detay A için, segman faturalı mil ve Detay B için, çevresel çentikli mil tabelalar ekinden.

**6.3.2. 3. Grup, örnek 2, Asılı redüktör mili**

Problemin analizi. Problemin taslağı, Asılı redüktör mili.

Malzeme : 18CrNi8, W.Nr.:

1.5920 Yüzey pürüzlüğü :

$R_z = 10 \mu\text{m}$

**Torsiyon gerilmesi:**

Formül ve tabelalar ekinden

$$\tau_t = T / W_t$$

$$T = 9,55 \cdot 10^6 \cdot P/n$$

$$W_t = \pi \cdot d^3 / 16$$

Çekme gerilmesi:

Eğri dişlinin aksenal kuvveti etkisinden doğar.

$$\sigma_\zeta = F_n / A$$

$$F_a = F_n = 2 \cdot T \cdot \tan\beta / d_t ; A = \pi \cdot d^2 / 4$$

**Kesme gerilmesi:**

Tek kamanın doğurduğu çapraz kuvvetin etkisinden oluşur.

$$\tau_k = F_\zeta / A$$

$$F_\zeta = 2 \cdot T / D ; A = \pi \cdot d^2 / 4$$

**Eğilme gerilmesi:**

$$\sigma_{eg} = M_{eg} / W_{eg}$$

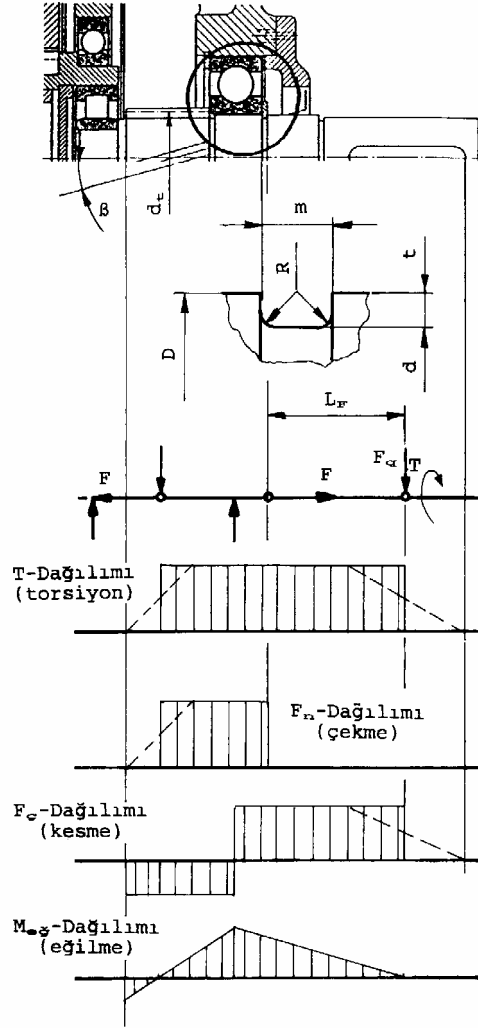
$$M_{eg} = F_\zeta \cdot L_F ; W_{eg} = \pi \cdot d^3 / 32$$

**Karşılaştırma gerilmesi BEH göre:**

$$\text{Burada } \sigma = \sigma_{eg} + \sigma_a ; \tau = \tau_t + \tau_k ; \sigma_{EGEM} = \frac{\sigma_{EGD} b_1 b_2}{\beta_A t S_{DGER}}$$

$$\sigma_{kar} = \sqrt{\sigma^2 + 3(\alpha_0 \tau)^2} \leq \sigma_{EGEM}$$

Bütün değerler  $\sigma_{EGD}$ ,  $b_1$ ,  $b_2$ ,  $S_{DGER}$  şartlara göre,  $\beta_{\zeta t}$  çentik şekil sayısı  $\alpha_{\zeta t}$  torsiyon, çekme ve eğilme için hangisi büyükse tabelalar ekinden alınır.



Şek. 6.17, asılı redüktör mili

**6.3.3. 3. Grup, örnek 3, Tahriksiz vagon tekerlek yataklanması**

Problemin analizi. Problemin taslağı, tahriksiz aks.

Malzeme:

St 50-2, W.Nr.: 1.1050

Yüzey pürüzlüğü :

$R_z = 10 \mu\text{m}$

Dalgalı yüklenme.

**Kesme gerilmesi:**

Tekerlekten doğan çapraz kuvvet tarafından oluşur.

$$\tau_k = F_\zeta / A$$

$$F_\zeta = F_r \quad ; \quad A = \pi \cdot d^2 / 4$$

**Eğilme gerilmesi:**

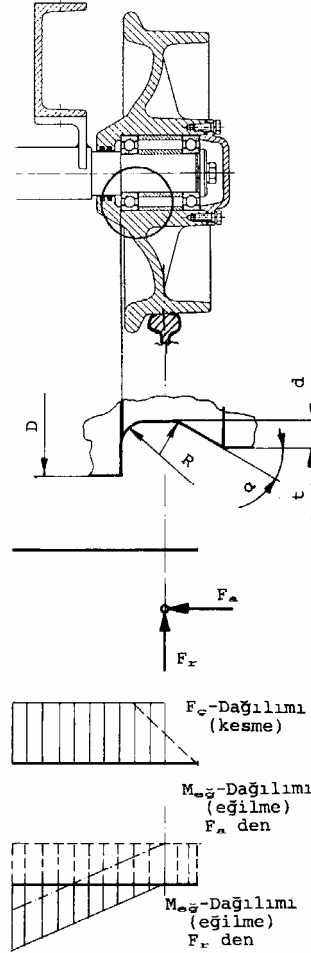
Tekerlek yükü olan kuvvetten oluşur.

$$\sigma_{eg} = M_{eg} / W_{eg}$$

$$M_{eg} = M_{egr} - M_{ega}$$

$M_{eg} \Rightarrow$  maksimum, eğer  $M_{ega} = 0$  ise.

$$M_{egr} = L_F \cdot F_r \quad W_{eg} = \pi \cdot d^3 / 32$$



Şek. 6.18, tahriksiz aks

**Karşılaştırma gerilmesi  $\sigma_v$  Biçim değiştirme enerjisi hipotezine BEH göre:**

$$\sigma_{kar} = \sqrt{\sigma^2 + 3(\alpha_0 \tau)^2} \leq \sigma_{EGEM}$$

$\sigma_{EGD}$	N/mm <sup>2</sup>	devamlı eğilme mukavemet değeri tabelalar ekinden
$b_1$	1	Yüzey pürüzlüğü katsayısı tabelalar ekinden
$b_2$	1	Büyüklik katsayısı tabelalar ekinden
$S_{DGER}$	1	Gerekli emniyet katsayısı tabelalar ekinden
$\beta_{Çt}$	1	Çentik katsayısı, çentik şekil sayısı
		$\alpha_{Çt}$ ye göre tabelalar ekinden.

**6.3.4. 3. Grup, örnek 4, Aks ucu yataklanması**

Problemin analizi. Problemin taslağı, aks.

Malzeme : St 60-2, W.Nr.: 1.1060

Yüzey pürüzlüğü :  $R_z = 6 \mu\text{m}$

Değişken yüklenme. Dönen aks.

**Kesme gerilmesi:**

Yatak yükünün doğurduğu kuvvetten oluşur.

$$\tau_k = F / A$$

$$F = F_\varphi = F_r ; A = \pi \cdot d^2 / 4$$

Eğilme gerilmesi:

Yatak yükünün doğurduğu kuvvetten oluşur.

$$\sigma_{eg} = M_{eg} / W_{eg}$$

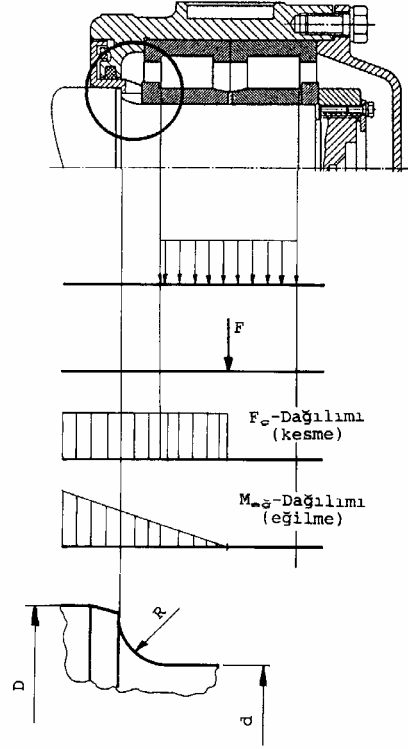
$$M_{eg} = L_F \cdot F ; W_{eg} = \pi \cdot d^3 / 32$$

Karşılaştırma gerilmesi  $\sigma_v$  Biçim değiştirme enerjisi hipotezine BEH göre:

$$\sigma_{kar} = \sqrt{\sigma^2 + 3(\alpha_0 \tau)^2} \leq \sigma_{EGEM}$$

$$\sigma = \sigma_{eg} + \sigma_a ; \tau = \tau_t + \tau_k ; \sigma_{EGEM} = \frac{\sigma_{EGD} \cdot b_1 \cdot b_2}{\beta_{\varphi t} \cdot S_{DGER}}$$

$\sigma_{EGD}$	N/mm <sup>2</sup>	devamlı eğilme mukavemet değeri tabelalar ekinden
$b_1$	1	Yüzey pürüzlüğü katsayısı tabelalar ekinden
$b_2$	1	Büyüklik katsayısı tabelalar ekinden
$S_{DGER}$	1	Gerekli emniyet katsayısı tabelalar ekinden
$\beta_{\varphi t}$	1	Çentik katsayısı, çentik şekil sayısı
		$\alpha_{\varphi t}$ ye göre tabelalar ekinden.



Şek. 6.19, aks

**6.3.5. 3. Grup, örnek 5, Yuvarlak testere ana mili**

Problemin analizi. Problemin taslağı, yuvarlak testere ana mili.

Malzeme : St 50-2, W.Nr.: 1.1050

Yüzey pürüzlüğü :  $R_z = 10 \mu\text{m}$

Değişken yüklenme, dönen mil.

**Kesme gerilmesi:**

Testerenin basma kuvvetinden oluşur.

$$\tau_k = F_\zeta / A$$

$$F_\zeta = F_r \quad ; \quad A = \pi \cdot d^2 / 4$$

**Eğilme gerilmesi:**

$$\sigma_{eg} = M_{eg} / W_{eg}$$

$$M_{eg} = M_{egFr} + M_{egFa} \quad M_{egFr} = F_r \cdot L_F$$

$$M_{egFa} = F_a \cdot \text{Testere} \varphi / 2 \quad W_{eg} = \pi \cdot d^3 / 32$$

**Basma veya çekme gerilmesi:**

Testerenin aksenal kuvvetinden oluşur.

$$\sigma_{\zeta,b} = F_n / A$$

$$F_a = F_n \quad ; \quad A = \pi \cdot d^2 / 4$$

**Torsiyon gerilmesi:** Torsiyon momentinden oluşur.

$$\tau_t = T / W_t$$

$$T = 9,55 \cdot 10^6 \cdot P / n \quad W_t = \pi \cdot d^3 / 16$$

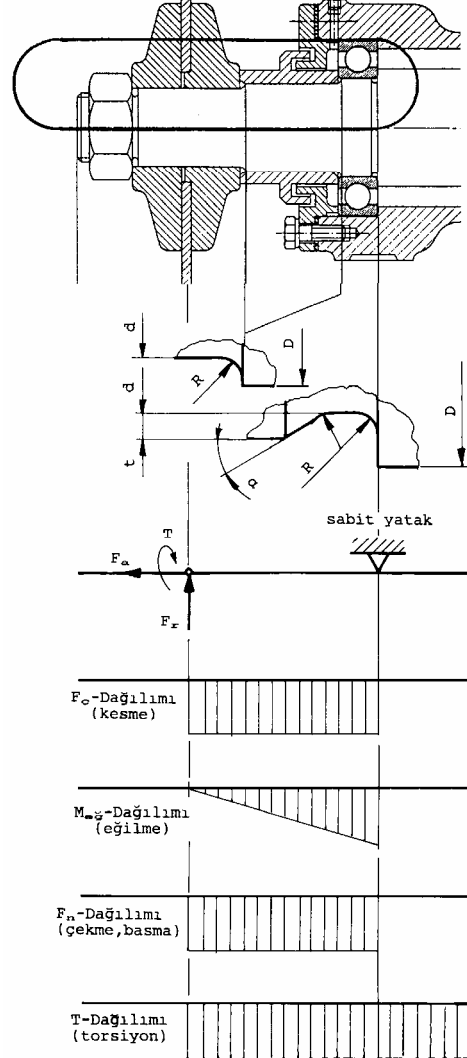
BEH göre karşılaştırma gerilmesi:

$$\sigma_{kar} = \sqrt{\sigma^2 + 3(\alpha_0 \tau)^2} \leq \sigma_{EGEM}$$

$$\sigma = \sigma_{eg} + \sigma_a \quad ; \quad \tau = \tau_t + \tau_k$$

$$\sigma_{EGEM} = \frac{\sigma_{EGD} \cdot b_1 \cdot b_2}{\beta_{\zeta t} \cdot S_{DGER}}$$

$\sigma_{EGD}$	tabelalar ekinden,
$b_1$	tabelalar ekinden,
$b_2$	tabelalar ekinden,
$S_{DGER}$	tabelalar ekinden,
$\beta_{\zeta t}$	tabelalar ekinden, Çentik katsayısı, çentik şekil sayısı $\alpha_{\zeta t}$ ye göre,.



Şek. 6.20, Testere mili

**7. Konu İndeksi****A**

Aks ucu yataklanması.....	6.38
Asılı redüktör mili .....	6.36
Askı sistemi.....	6.32

**B**

Bağlama kolu.....	6.26
Birleştirme levhası.....	6.30

**Ç**

Çevresel çentikli mil.....	6.18
----------------------------	------

**C**

Cıvatalı lama .....	6.24
---------------------	------

**F**

Faturalı mil .....	6.14
Faturalı mil ucu .....	6.3

**K**

Karşılaştırma gerilmesi $\sigma_{kar}$ .....	6.34
Kısa konsol.....	6.28

**M**

Maksimum yüzey basıncı $p_{max}$ .....	6.33
--	------

**T**

Tahriksiz vagon tekerlek yataklanması .....	6.37
---	------

**U**

Uçtan yüklü kiriş .....	6.21
-------------------------	------

**Y**

Yük kancası.....	6.35
Yuvarlak testere ana mili.....	6.39