



# TEKNOLOJİ FAKÜLTESİ MEKATRONİK MÜHENDİSLİĞİ

## (MAM2004 ) Mukavemet

### Bileşik Yükleme (Combine Loading)

**Ders Kitabı :** Mekanik Tasarım Temelleri, Prof. Dr. Nihat AKKUŞ

**Yardımcı Kaynaklar:**

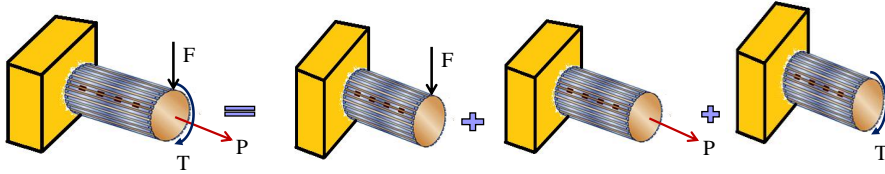
Mechanics of Materials, (6th Ed) F. P. Beer E. R. Johnston, Jr. J. T. DeWolf  
Mechanics of Materials (10th Ed.), R. C. HIBBELER  
Mukavemet - Ders Notları – Prof. Dr. Mehmet ZOR

Yrd. Doç. Dr. Garip GENÇ

Page 1

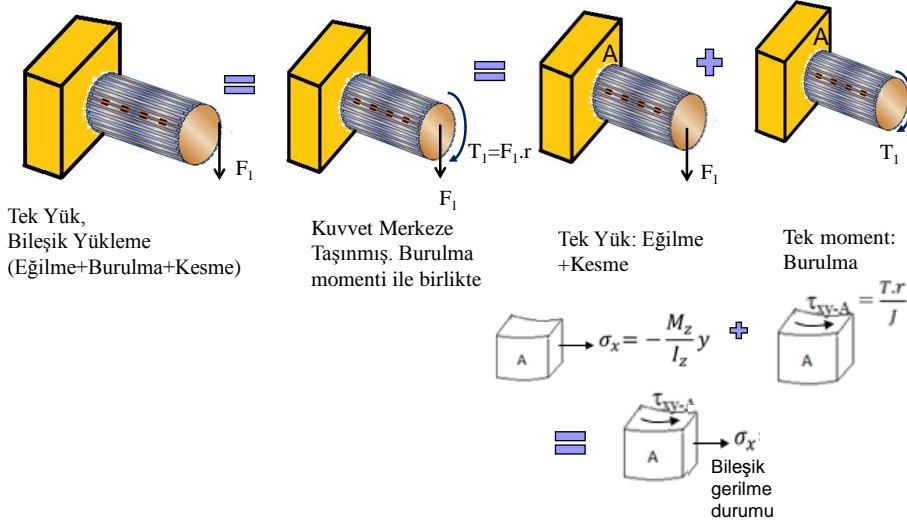
#### ➤ Bileşik Yükleme Nedir?

- Bir elemana, burulma, eğilme, çekme, kesme gibi farklı yükleme tiplerinden iki veya daha fazlası aynı anda uygulanabilir. Bu yükleme tipine bileşik yükleme denir.
- Gerilme veya Şekil Değiştirme hesapları için elastik sınırlar içinde kalmak şartıyla süperpozisyon yöntemi uygulanabilir.



Page 2

- Bazı durumlarda tek bir yük bileşik yükleme durumu oluşturabilir.

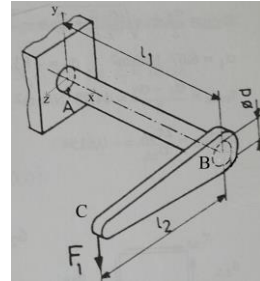


Page 3

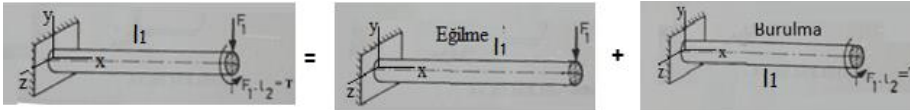
### Örnek:

A ucundan ankastre olan alaşımlı çelikten imal edilmiş AB miline, BC kolunun C noktasından düşey  $F_1$  uygulanacaktır. Buna göre milde akma olup olmayacağını belirleyiniz.

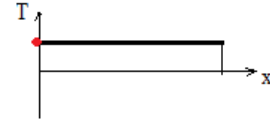
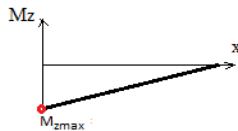
( $\sigma_{akma} = 400\text{MPa}$ ,  $\tau_{akma} = 200\text{MPa}$ ,  $F_1 = 2.5\text{kN}$ ,  $l_1 = 50\text{cm}$ ,  $l_2 = 40\text{cm}$ ,  $d = 6\text{cm}$ )



$F_1$  kuvvetini B noktasına momenti ile birlikte taşırsak:



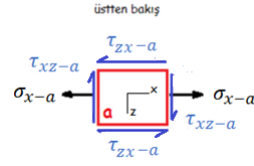
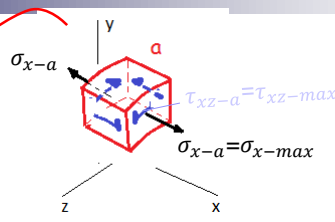
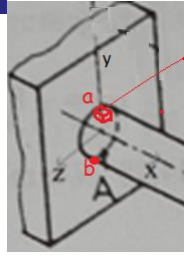
Moment diyagramlarını inceleyerek en tehlikeli kesit ankastr kesit olacağını görürüz.



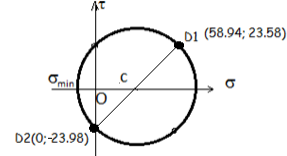
$$M_{zmax} = -F_1 \cdot l_1 = -2.5 \times 50 = -125 \text{ kNcm} = -125 \times 10^4 \text{ Nmm} \quad T = F_1 \cdot l_2 = 2.5 \times 40 = 100 \text{ kNcm} = 100 \times 10^4 \text{ Nmm}$$

www.garipgenc.com

Page 4



Mohr çemberi



En kritik kesit olan ankastre kesitte en kritik noktalar ise normal ve kayma gerilmelerinin şiddetçe en yüksek değerde olduğu en üst ve en alt (a ve b) noktalarıdır. Kesit z eksenine göre simetrik olduğu için  $\rho_a = \rho_b = d/2$  ve  $y_a = -y_b = d/2$  dir ve dolayısıyla her iki noktada da gerilmeler şiddet olarak eşit çıkar. Sünek malzemelerde çekme ve basmadaki akma mukavemeti eşit olduğundan noktalardan birisini incelemek yeterli olur. Biz burada a noktasını inceleyeceğiz.

$$\tau_{xz-a} = \frac{T \cdot \rho_a}{J} = \frac{100 \cdot 10^4 \cdot \frac{d}{2}}{\frac{\pi \cdot d^4}{32}} = \frac{100 \cdot 10^4}{\frac{\pi \cdot d^3}{16}} = \frac{100 \cdot 10^4}{\frac{\pi \cdot 60^3}{16}} = 23.58 \text{ MPa} = \tau_{xz-b}$$

$$\sigma_{x-a} = -\frac{M_z}{I_z} y_a = -\frac{-125 \cdot 10^4}{\frac{\pi \cdot d^4}{64}} \cdot \frac{d}{2} = -\frac{-125 \cdot 10^4}{\frac{\pi \cdot 60^3}{32}} = 58.94 \text{ MPa} = -\sigma_{x-b}$$

Daha önce mohr çemberini x-y düzleminde çizmiştik. Burada x-z düzleminde çiziyoruz. Dikkat edilirse değişen gerilme indislerinde y yerine z gelecek olmasıdır. ( $\tau_{xy}$  yerine  $\tau_{xz}$  ve  $\sigma_y$  yerine  $\sigma_z$  kullanılır.)

a noktasını incelemeye devam ediyoruz. Bu noktadaki mohr çemberinden;

$$R = CD1 = \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_z}{2}\right)^2 + \tau_{xz}^2} = \sqrt{\left(\frac{58.94 - 0}{2}\right)^2 + 23.58^2} = 37.74$$

Maksimum kayma gerilmesi:  $\tau_{\max} = R = 37.74 \text{ MPa}$

Asal gerilmeler

$$\sigma_{\max, \min} = \frac{\sigma_x + \sigma_z}{2} \pm R = \frac{58.94 + 0}{2} \pm 37.74$$

$$\sigma_{\max} = 67.21 \text{ MPa} = \sigma_1 \quad \sigma_{\min} = -8.27 \text{ MPa} = \sigma_3$$

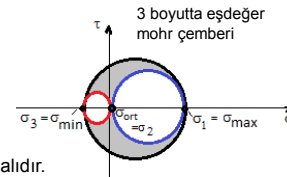
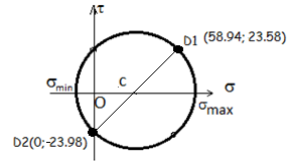
Alaşımli çelik sünek bir malzemedir ve akma kriterlerine göre kontrol yapılmalıdır.

Tresca kriterine göre kontrol:  $\tau_{\max} = 37.74 \text{ MPa}$ ,  $\tau_{akma} = 200 \text{ MPa} \rightarrow \tau_{\max} < \tau_{akma}$  (akma olmaz)

Von mises kriterine göre kontrol:  $\sigma_{es} = \sigma_{vm} = \sqrt{\frac{1}{2} \left[ (\sigma_y - \sigma_z)^2 + (\sigma_x - \sigma_z)^2 + (\sigma_x - \sigma_y)^2 + 6(\tau_{yz}^2 + \tau_{xz}^2 + \tau_{xy}^2) \right]}$

$$\sigma_{es} = \sigma_{vm} = \sqrt{\frac{1}{2} \left[ (0 - 0)^2 + (58.94 - 0)^2 + (58.94 - 0)^2 + 6(0^2 + 23.58^2 + 0^2) \right]} = 71.70 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{es} = 71.70 \text{ MPa}, \quad \sigma_{ak} = 400 \text{ MPa} \rightarrow \sigma_{es} < \sigma_{ak} \text{ (akma olmaz)}$$



▪ **Örnek:**

Bir önceki soruda ilaveten aksel yönde bir  $F_2=50\text{kN}$  luk bir basma kuvveti gelirse, AB kirişinde en kritik noktadaki normal ve kayma gerilmelerini belirleyiniz.

( $F_1 = 2.5\text{kN}$ ,  $l_1 = 50\text{cm}$ ,  $l_2 = 40\text{cm}$ ,  $d=6\text{cm}$ )

Cevap:  $\sigma_{x-\min} = -76.63\text{MPa}$ ,  $\tau_{xz-\max} = 23.58\text{MPa}$

