T.C.

BURSA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

MÜHENDİSLİK VE DOĞA BİLİMLERİ FAKÜLTESİ

MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ

BURULMA
DENEY FÖYÜ

© Makine Mühendisliği Bölüm Başkanlığı, BURSA

1. DENEYİN AMACI

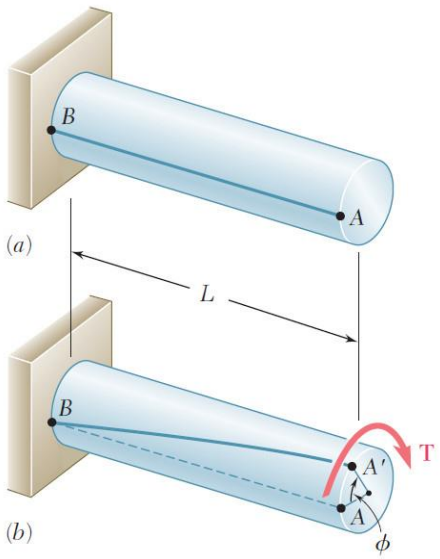
Burulma deneyinin amacı, burulma momenti etkisi altındaki içi dolu metalik bir çubuk malzemede, burulma açısı ile ilişkili olan kayma gerilmelerini ve kayma birim şekil değişimlerini deneysel olarak belirlemektir. Ayrıca deneyde, test edilecek malzemeye ait kayma modülünün hesaplanması amaçlanmaktadır.

2. DENEYİN ÖĞRENME ÇIKTILARI

- Burulma momenti ve burulma açısının öğrenilmesi
- Kayma gerilmesi ve kayma birim şekil değişiminin öğrenilmesi
- Kayma modülünün öğrenilmesi
- Bireysel çalışma yürütme becerisinin geliştirilmesi

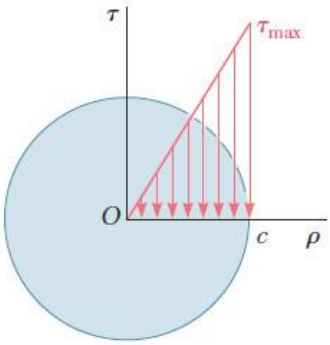
3. TEORİK BİLGİLER VE TANIMLAR

Burulma deneyi, iki ucundan bağlanan numunenin, bir ucu sabit kalması şartıyla diğer ucundan burulma momenti (tork) uygulanmasıyla yapılır (Şekil 1). Tork etkisi altındaki numunede kayma gerilmeleri meydana gelir.



Şekil 1. Ankastre mesnetli mil. **a)** Başlangıçtaki durum. **b)** Burulma momenti etkisi altındaki durum

Silindirik içi dolu bir numunede görüldüğü gibi (Şekil 2), çubuğun deformasyonu esnasında yüzey üzerinde maksimum kayma gerilmeleri (τ_{max}) oluşur. Kayma gerilmeleri, çubuğun merkezine doğru gidildikçe azalır ve çubuk merkezinde sıfır olur.



Şekil 2. Silindirik içi dolu bir numunede kayma gerilmeleri

3.1. Kayma Gerilmesinin Hesaplanması

Silindirik içi dolu bir numunede herhangi bir "ρ" yarıçapında meydana gelen kayma gerilmesi "τ" simgesi ile ifade edilir. Kayma gerilmesi aşağıdaki gibi ifade edilir;

$$\tau = \frac{T\rho}{J}$$

Burada;

τ: Kayma gerilmesi $[N/m^2]$

T: Burulma momenti $[Nm]$

ρ: Kayma gerilmesinin hesaplanacağı yarıçap $[m]$

J: Kesit alanının polar atalet momenti $[m^4]$

İçi dolu miller için polar atalet momenti aşağıdaki şekilde ifade edilir.

$$J = \frac{1}{2}\pi c^4$$

J: Polar atalet momenti $[m^4]$

c: Mil kesitinin yarıçapı $[m]$

İçi boş şaftlar için polar atalet momenti;

$$J = \frac{1}{2}\pi(c_2^4 - c_1^4)$$

c_2: şaftın dış yarıçapı $[m]$

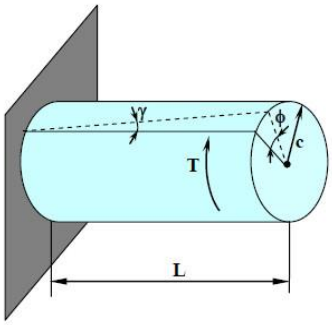
c_1: şaftın iç yarıçapı $[m]$

Maksimum kayma gerilmesi numunenin yüzeyinde oluşacağı için, "ρ" ifadesi numune yüzeyindeki durumu ifade eden "c" yarıçapı olur ve maksimum kayma gerilmesi aşağıdaki şekilde ifade edilebilir.

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

3.2. Kayma Birim Şekil Değişiminin Hesaplanması

Kayma gerilmeleri etkisi ile numunede meydana gelen deformasyon, kayma birim şekil değişimi ile (γ) ile ifade edilir (Şekil 3). Bu tanımdan yola çıkarak kayma birim şekil değişimi;



Şekil 3. Burulma momenti etkisindeki milin deformasyonu

$$\gamma = \frac{\emptyset c}{L}$$

Denklemdeki diğer terimler ifade edilirse;

$\emptyset$: Burulma açısı $[rad]$

c: Numunenin yarıçapı $[m]$

L: Numunenin boyu $[m]$

3.3. Kayma Modülünün Hesaplanması

Kayma modülü veya rijitlik modülü (G), burulma diyagramının doğrusal kısmından (elastik bölgesinden) hesaplanır. Burulma-kayma birim şekil değiştirme grafiğinin elastik bölgesinde, kayma gerilmesinin, kayma birim şekil değişimine oranı kayma modülünü verir.

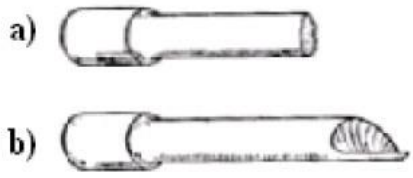
$$G = \frac{\tau}{\gamma}$$

G: Kayma modülü [Pa]

τ: Elastik bölgede herhangi bir noktadaki kayma gerilmesi [Pa]

γ: Elastik bölgede kayma gerilmesine karşılık gelen kayma birim şekil değişimi

Burulma deneyi sonucunda meydana gelen çeşitli malzemelerin kırılma şekilleri Şekil 4'te gösterilmiştir. Burulma deneyinde sünek bir malzemenin kırılması, maksimum kayma gerilmeleri yönünde olur (Şekil 4a). Gevrek bir malzemenin kırılması ise numune boyuna 45°'lik açılı düzlemde olur (Şekil 4b).



Şekil 4. Malzemelerin kırılma şekilleri. **a)** Sünek numunenin kırılma şekli. **b)** Gevrek numunenin kırılma şekli.

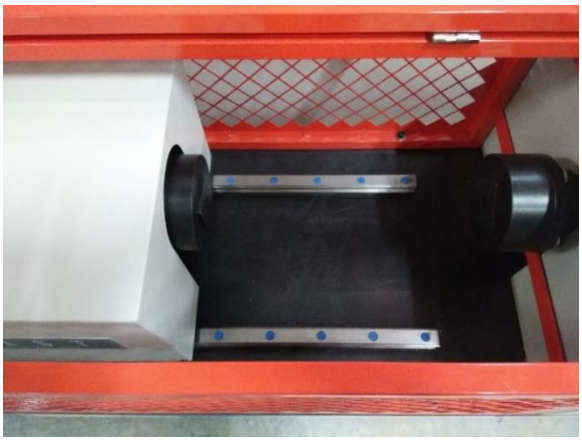
4. DENEYİN YAPILIŞI

Burulma deneyinde kullanılan numuneler, gerilmelerin hesaplanmasında en basit şekil olan yuvarlak kesitli olan numunelerdir. Burulma deneyinde uygulanan burulma momenti etkisiyle numunede kayma gerilmeleri oluşur. Kayma gerilmeleri numunenin merkezinden yüzeyine doğru doğrusal olarak artar. Kayma gerilmeleri numunenin merkezinde sıfır, yüzeyinde ise maksimum değerdedir.

Burulma deneyi bilgisayar kontrollü bir deney olup, istenilen açı değeri bilgisayardaki programdan girilerek çenenin dönme hızı ayarlanır. Dönen çenenin karşısındaki sabit çeneden ise burulma momenti değerleri okunur ve cihazın programı tarafından bu değerler kaydedilir. Bu değerler kullanılanılarak rapor için istenenler kısmındaki değerler hesaplanır.

Şekil 5'te deney düzeneği ve Şekil 6'da numunenin bağlandığı çeneler görülmektedir.

Şekil 5. Deney düzeneği



Şekil 6. Açı değişimini ölçen çene (sağdaki) ve tork değerini ölçen çene (soldaki)

5. RAPOR İÇİN İSTENENLER

5.1. Deneysel verilerden yararlanarak, burulma momenti-burulma açısı grafiğini oluşturunuz.

5.2. Burulma momenti ve burulma açısı değerlerini kullanarak kayma gerilmeleri ve kayma açılarını hesaplayınız.

5.3. Kayma gerilmesi-kayma birim şekil değişimi (5.2'de hesaplanan değerleri kullanarak) grafiğini çiziniz. Bu grafikte elastik bölgedeki iki noktayı seçerek ve noktaları göstererek kayma modülünü hesaplayınız.

5.4. Burulma momentinin gerçek hayatta karşımıza çıktığı üç örneği, birer şekil-görsel ve birer cümle ile açıklayınız.

Notlar: 1. Her öğrenci, öğrenci numarasının son iki hanesini numune çapının ondalık kısmına ekleyerek işlem yapacaktır. Örneğin öğrencinin numarası 16 ile bitiyorsa ve numune çapı 9.87 mm ise, o öğrencinin kullanması gereken numune çapı 9.87+0.16 = 10.03 mm olacaktır.

2. Rapor için istenenler (5.4 hariç ve kapak sayfası hariç) Excel'de hazırlanacaktır (.xls veya .xlsx formatında kaydedilecektir). Yapılan bütün işlemler erişilebilir olmalıdır (Excel formülasyonları, sütun işlemleri vs.). Sadece 5.4'te istenenler ve kapak sayfası ise Word'de hazırlanacaktır (.doc veya .docx formatında kaydedilecektir).

3. Excel dosyasını hazırlarken SI birim sisteminde çalışabilirsiniz. Rapora yazdığınız birim gerektiren her ifadenin birimini yazmayı unutmayınız.

6. KAYNAKLAR

[1] mak.muhendislik.omu.edu.tr/tr/belgeler/deney-foyleri/Burulma deneyi.pdf

[2] http://myaren.sakarya.edu.tr/sites/myaren.sakarya.edu.tr/file/burulma_deney_foy.pdf

[3] Beer, Ferdinand P., Johnston, E. Russell, DeWolf, John T. and Mazurek, David F. 2012. Mechanics of materials. New York: McGraw-Hill.

[4] http://makina.deu.edu.tr/wp-content/uploads/2017/09/1Burulma.pdf