

## DENEY 2

### MALZEMELERDE ELASTİSİTE VE KAYMA ELASTİSİTE MODÜLLERİNİN EĞME VE BURULMA TESTLERİ İLE BELİRLENMESİ

#### 1. AMAÇ

Eğme deneyinde amaç bir kirişte kiriş ile uygulanan yük, kiriş kalınlığı, kiriş genişliği ve kiriş uzunluğu ile sehim arasındaki bağıntıların incelenmesi ve çelik malzemenin elastisite modülünün bulunmasıdır.

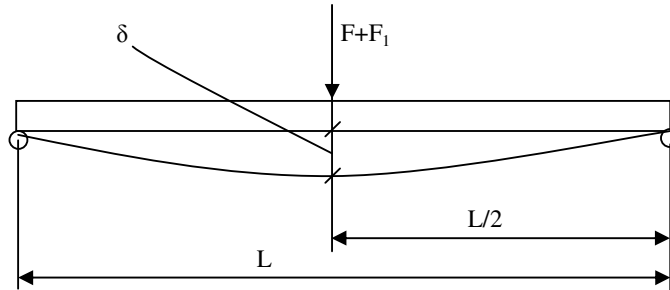
Burulma deneyinde ise amaç bir milde burulma açısının burulma momenti ve mil uzunluğu ile değişimi incelenerek çelik, pirinç ve alüminyum numunelerin kayma modüllerinin bulunmasıdır.

#### 2. TEORİ

##### 2.1 Eğme Deneyi

Bir veya daha fazla noktadan desteklenmiş ve çubuk eksenine dik olarak yüklenmiş elemanlara kiriş denir. Kirişler eğme yüküne maruzdurlar. Eğme deneyi sonucunda malzemelerin şekil değiştirme özellikleri hakkında edinilen genel bilginin yanında eğilme momenti, eğilme gerilmesi, elastisite modülü ve eğilme miktarı (sehim) gibi değerler hesaplanır. Elastisite modülü çekme deneyi ile saptanabileceği gibi eğme deneyi ile de belirlenebilir.

Bu deneyde malzemenin akma sınırından düşük gerilmeler uygulanarak elastik bölge aşılmadan malzemenin elastisite modülü hesaplanacaktır.



**Şekil 1.** Eğme Deneyi

Orta noktasından F kuvveti uygulanan basit mesnetli kiriş (Şekil 1) için sehim formülü:

$$\delta = \frac{FL^3}{48EI} \quad (1)$$

şeklindedir. Eğilme gerilmesi  $\sigma_b$  ise

$$\sigma_b = \frac{M_b c}{I} \quad (2)$$

olarak ifade edilir.

Burada:

$\delta$  = Sehim (mm)

L = Kiriş boyu (mm)

$M_b$  = Eğilme Momenti (Nmm)

$\sigma_b$  = Eğilme Gerilmesi (N/mm<sup>2</sup>)

E = Elastisite Modülü (N/mm<sup>2</sup>)

I = Atalet Momenti (mm<sup>4</sup>)

$F_1$  = Yük kolunun ağırlığı (N)

F = Eklenen ağırlık (N)

C = h/2 (mm)

Dikdörtgen kesit için  $I = \frac{bh^3}{12}$ , dairesel kesit için  $I = \frac{\pi d^4}{64}$  tür.

## 2.2 Burulma Deneyi

Burulma deneyi genel olarak malzemelerin kayma elastisite modülü, kayma akma gerilmesi gibi özelliklerinin belirlenmesi için yapılır. Burulma deneyinde, bir mil bir ucundan sabitlenir ve serbest uçtan döndürülerek burulma açısı ve burulma momentini kaydedilir. Elde edilen değerlerden burulma diyagramı olarak adlandırılan burulma momentini-burulma açısı eğrisi çizilir.

Daha çok dairesel kesitli numuneler (miller) burulma gerilmesine maruzdurlar. Deney sırasında uygulanan burulma momentini etkisiyle numunede kayma gerilmeleri oluşur. Bu gerilmeler numunenin merkezinden yüzeyine doğru doğrusal olarak artar. Kayma gerilmesi numunenin merkezinde sıfır iken yüzeyde maksimum değerdedir.

Burulma deneyinde dairesel kesitli numunenin yüzeyinde oluşan kayma gerilmesi

$$\tau = \frac{Tr}{J} \quad (3)$$

olarak yazılabilir. (3) Denkleminde J polar atalet momentini yerine konursa

$$\tau = \frac{16T}{\pi d^3} \quad (4)$$

bağıntısı elde edilir. Burulma açısının genel formülü

$$\phi = \int_0^L \frac{T(x)dx}{J(x)G} \quad (5)$$

şeklinde. Sabit burulma momentini ve sabit kesit için (5) ifadesi integre edilirse

$$\phi = \frac{TL}{JG} \quad (6)$$

elde edilir. Burada  $\phi$  radyandır.

### 3. DENEY ALET VE CİHAZLARI

#### 3.1. Deney Cihazı

Deney düzeneği olarak Burulma ve Eğme Test Cihazı MT 210 kullanılacaktır.

#### 3.2. Deney Numuneleri

Kirişler 650 mm uzunluğunda çelik malzemeden yapılmıştır. Kirişteki her bir çizginin arası 100 mm'dir. Kiriş kesitleri şu şekildedir: 3x25 mm, 4x25 mm, 6x25 mm, 8x25 mm, 4x15 mm, 4x20 mm ve 4x30 mm.

Burulma deneyinde kullanılan numuneler 8 mm çapındaki çelik, alüminyum ve pirinç malzemelerden imal edilmiş olup 650 mm uzunluğundadırlar. Kirişlerde olduğu gibi her bir çizginin arası 100 mm'dir. Ağırlıkların asılacağı ağırlık kolunun ağırlığı 2.5 N'dur. Ayrıca herbiri 5'er N olan 4 adet ağırlık bulunmaktadır. Ölçü aleti olarak 0.01 mm hassasiyetinde komparator kullanılacaktır.

### 4. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

#### 4.1.Eğme Deneyinin Yapılışı

- **Yük ile Sehim Arasındaki Bağıntının İncelenmesi:**

600 mm uzunluğundaki kirişin iki ucuna mesnetler yerleştirilir. Kirişin üzerinde işaretli her iki çizgi arası 100 mm'dir. Kesit uzunlukları 6x25 mm olan test numunesi mesnetlere yerleştirilir. Test numunesinin tam merkezine ağırlık düzeneği asılır. Ağırlık düzeneğinin üst yüzeyine ölçü aleti yerleştirilir ve sıfırlanır. Böylece test düzeneği kurulur. Daha sonra ağırlıklar tek tek konularak sehim miktarları ölçülür.

- **Kiriş Uzunluğu ile Sehim Arasındaki Bağıntının İncelenmesi:**

Yük 10 N'da sabit tutularak 6x25 mm kesitindeki test numunesinin değişik mesnet mesafelerindeki (300 mm, 400 mm, 500 mm, 600 mm) sehimler ölçülür.

- **Kiriş Genişliği ile Sehim Arasındaki Bağıntının İncelenmesi:**

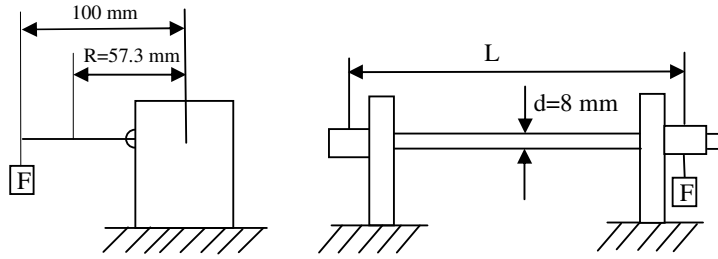
Kiriş uzunluğu 600 mm, kalınlık 4 mm, yük ise 5 N'da tutularak farklı genişlikteki (15 mm, 20 mm, 25 mm, 30 mm) kirişlerde oluşan sehimler ölçülür.

- **Kiriş Kalınlığı ile Sehim Arasındaki Bağıntının İncelenmesi:**

Kiriş uzunluğu 600 mm, genişlik 25 mm, yük ise 5 N'da tutularak farklı kalınlıktaki (3 mm, 4 mm, 6 mm, 8 mm) kirişlerde oluşan sehimler ölçülür.

**Not:** Elastisite Modülü E hesaplanırken ilk ağırlığın (ağırlık kolu) sebep olduğu sehim için ölçü aleti sıfırlanmalıdır. Fakat eğilme gerilmesi hesaplanırken ilk ağırlık da hesaba katılmalıdır.

#### 4.2. Burulma Deneyinin Yapılışı



**Şekil 2.** Burulma Deney Düzeneği

- **Burulma Momenti ile Burulma Açısı Arasındaki Bağıntının Bulunması:**

Deney numunesinin bir ucu sabitlenerek diğer ucu serbest bırakılır. Numune uzunluğu 600 mm'ye ayarlanır. Serbest ucuna bağlanmış kolun üzerindeki çentiğe ölçü aleti yerleştirilir ve sıfırlanır. Burma kolu üzerindeki çentik ile mil eksenini 57.3 mm olarak ayarlanmıştır. Bu mesafede ölçü aletindeki 1mm'lik sapma 1 dereceye karşılık gelir. 2.5 N, 7.5 N, 12.5 N ve 17.5 N'luk yükler dairesel kesitli çubuğun ekseninden 100 mm'lik mesafeden uygulanarak burulma açıları bulunur.

- **Numune Uzunluğu ile Burulma Açısı Arasındaki Bağıntının Bulunması:**

Yük 12.5 N'da sabit tutulup numune uzunlukları 300 mm, 400 mm, 500 mm ve 600 mm'ye ayarlanarak burulma açıları bulunur.

#### 5. HESAPLAMALAR VE İSTENİLENLER

- Sehim yükün fonksiyonu olarak gösteren diyagramı çiziniz.
- Sehim kiriş uzunluğunun fonksiyonu olarak gösteren diyagramı çiziniz.
- Sehim kiriş genişliğinin fonksiyonu olarak gösteren diyagramı çiziniz.
- Sehim kiriş kalınlığının fonksiyonu olarak gösteren diyagramı çiziniz.

- Her bir yük için eğilme momenti, eğilme gerilmesi, sehim ve elastisite modülünü hesaplayarak tablo halinde gösteriniz ve ortalama elastisite modülünü hesaplayınız.
- Her bir yük için burulma momenti, burulma açısı, burulma kayma gerilmesi ve kayma elastisite modülünü hesaplayarak tablo halinde gösteriniz ve ortalama kayma elastisite modülünü hesaplayınız.
- Burulma açısını burulma momentinin fonksiyonu olarak gösteren diyagram çizin.
- Her bir numune uzunluğu için burulma açısını hesaplayarak burulma açısını numune uzunluğunun fonksiyonu olarak gösteren diyagramı çizin.
- Teori ile deneysel sonuçları karşılaştırınız.
- Hata analizi yapınız.
- Hataların sebeplerini açıklayınız.