T.C.

BURSA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

MÜHENDİSLİK VE DOĞA BİLİMLERİ FAKÜLTESİ

MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ

3 NOKTA EĞME
DENEY FÖYÜ

© Makine Mühendisliği Bölüm Başkanlığı, BURSA

1. DENEYİN AMACI

Eğilme deneyi malzemenin mukavemeti hakkında tasarım bilgilerini belirlemek ve malzemenin eğilmeye karşı mekanik özelliklerini tespit etmek amacı ile yapılır. Enine yük taşıyan kiriş gibi elemanlar eğilmeye maruz kalırlar. Kirişin her bir bölgesinde eğilme momentleri meydana gelir. Bu da eğilme gerilmesi ile alakalıdır. Klasik eğilme denklemlerinin geçerli olabilmesi için malzemenin homojen ve Hooke Kanunlarına uyması gerekir.

Eğme deneyi TSE'nin TS 205 tanımlarına bakılacak olursa, iki desteğe serbest olarak oturtulan, genellikle daire veya dikdörtgen kesitli düz bir deney parçasının yön değiştirmeksizin ortasına bir kuvvet uygulandığında oluşan şekil değiştirmesi olarak tanımlanır.

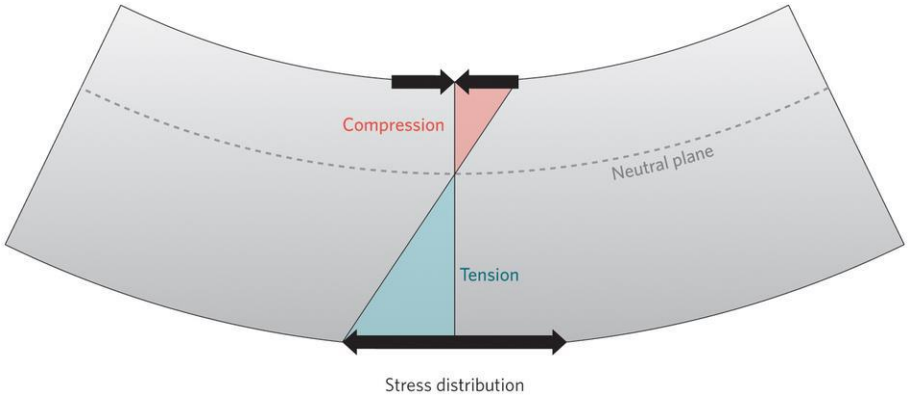
Eğme deneyi sonucunda eğme momenti (M_e), eğilme gerilmesi (σ_e), elastisite modülü (E_e) ve sehim miktarı (δ) gibi değerler hesaplanır. Bu deney genellikle kırılgan ve gevrek malzemeler için yapılır. Örneğin; dökme demirler, yüksek mukavemetli çelikler, çelik dökümler, seramikler vb.

2. DENEYİN ÖĞRENME ÇIKTILARI

- Eğme momenti ile eğilme gerilmesi kavramlarının öğrenilmesi
- Eğilme elastisite modülü ve sehim kavramlarının öğrenilmesi
- Maksimum şekil değiştirmenin hesaplanması
- Deney sonucunda ortaya çıkan verileri analiz etme ve yorumlama becerisinin kazanılması

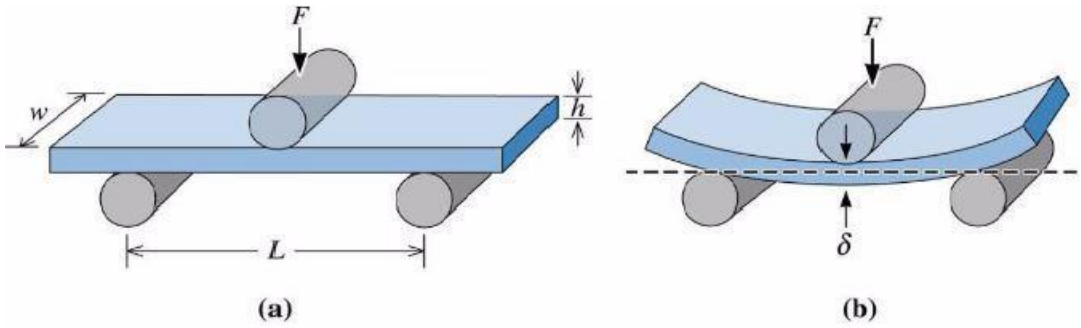
3. TEORİK BİLGİLER VE TANIMLAR

Deney numunesine bir kuvvet etki ettiğinde, numune kesitinin bir kısmında basma gerilmesi, kesitin geri kalan kısmında çekme gerilmesi meydana geliyorsa numune eğilme halindedir. Eğilme halindeki numunelerin kesitinde, Şekil 1'de görüldüğü gibi iç yüzeye yakın bölgede basma gerilmeleri, dış yüzeye yakın bölgede ise çekme gerilmeleri meydana gelmektedir.



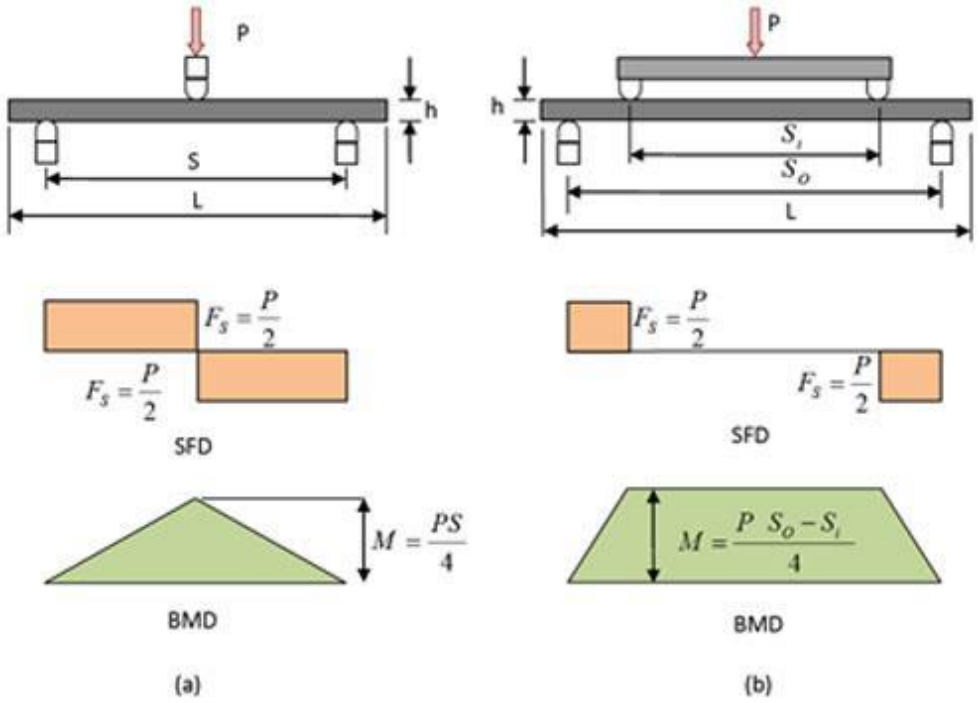
Şekil 1. Eğilme Halindeki Çubuk Üzerindeki Gerilme Dağılımı

Deneyin temel prensibi, deneyde kullanılacak malzemeyi "basit kiriş" modeli olarak kabul etmeye dayanmaktadır. Kiriş denklemi ideal moment durumuna göre çıkarıldığından, kirişte oluşan kayma gerilmesinin normal gerilmelere göre ihmal edilebilir düzeyde kalması istenmektedir. Bu sebeple malzemenin sabit kesit alanlı uzunluk değerinin en geniş değere oranla en az 16 katı büyük olması gerekmektedir. Deneyin sınır koşulları "basit kiriş" modellemesi ile aynıdır. Test numunesi uzunlamasına yatay bir pozisyonda destekler üzerine konurken, numunenin tam ortasından kuvvet uygulanır (Şekil 2).



Şekil 2. 3 Nokta Eğme Deneyi Düzeneği

Deney süresince, F kuvveti arttırılırken numunenin tam ortasında oluşan sehim değeri ölçülür. Ölçülen değerler sonucu kuvvete karşılık gelen sehim grafiği elde edilir. Bu ölçümler, tüm numune için en yüksek sehim ve momentin oluştuğu orta noktadan yapılır. Mukavemet bilgilerini kullanarak, üç ve dört nokta eğilme deneyleri için gerekli hesaplamalar Şekil 3'te belirtilen parametreler kullanılarak elde edilir.



Şekil 3. 3 Nokta ve 4 Nokta Eğme Deneyi İçin Serbest Cisim Diyagramı

3.1. Maksimum Eğilme Gerilmesi Hesabı

Test edilen malzeme homojen, elastik bir kirişse ve üç noktadan eğilme testi yapılıyorsa maksimum gerilme kirişin dış yüzeyinde orta noktada meydana gelir. Dış yüzeydeki bu gerilme yük sehim eğrisinin herhangi bir noktası için aşağıdaki formülle hesaplanır.

$$\sigma = \frac{3PL}{2dh^2}$$

Burada;

σ: Orta noktada kiriş yüzeyindeki gerilme $[N/mm^2]$

P: Yük-sehim eğrisinin herhangi bir noktasındaki kuvvet $[N]$

L: İki destek arası mesafe $[mm]$

d: Kirişin genişliği $[mm]$

h: Kirişin yüksekliği $[mm]$

3.2. Eğilme Mukavemeti Hesabı

Eğilme mukavemeti kiriş yüzeyinde orta noktasındaki kırılma momenti maksimum gerilmeye eşittir. Kuvvet, kırılma momentindeki yüke çıktığı anda yukarıdaki denklemden hesaplanır. Eğer malzeme kırılmaz ise veya tamamen hasar görmez ise eğilme momenti bulunamaz.

3.3. Eğilme Akma Mukavemeti

Bazı malzemeler kırılmazlarsa bunların akma mukavemetlerini bulmak gerekir. Yük sehim eğrisinde plastik bölgeye girilen yere (akma noktasına) karşılık yük yukarıda denklemde yerine konularak gerilme hesaplanır. Bu gerilme akma mukavemetidir.

3.4. Maksimum Şekil Değiştirme

Maksimum şekil değiştirme kirişin alt yüzeyinde, desteklerin orta noktasında meydana gelir. Buradaki şekil değiştirme aşağıdaki formülden hesaplanır.

$$\varepsilon = \frac{6Dh}{L^2}$$

ε: Kirişin dış yüzeyindeki birim şekil değiştirme

D: Kirişin maksimum sehimi $[mm]$

h: Kiriş kesitinin yüksekliği $[mm]$

L: Destekler arası mesafe $[mm]$

3.5. Eğilme Elastisite Modülü

Elastisite modülü, elastik sınırlar içerisinde gerilmenin şekil değiştirmeye karşılık oranıdır. Aşağıdaki formülden hesaplanır.

$$E_{eğ} = \frac{PL^3}{4Ddh^3}$$

Burada;

$E_{eğ}$: Eğilme Elastisite Modülü $[N/mm^2]$

P: Yük-sehim eğrisinin herhangi bir noktasındaki kuvvet $[N]$

L: İki destek arası mesafe $[mm]$

D: Kirişin sehimi $[mm]$

d: Kirişin genişliği $[mm]$

h: Kirişin yüksekliği $[mm]$

4. DENEYİN YAPILIŞI

3 nokta eğme deneyi, 1 kN kapasiteli Shimadzu AGS-X çekme cihazında 3 nokta eğme aparatı ile gerçekleştirilecektir. Şekil 4'te 3 nokta eğme deneyinin yapılacağı çekme cihazı görülmektedir.

Şekil 4. Shimadzu AGS-X 1 kN Çekme Cihazı

- 3 nokta eğme deneyinde plaka tipi numunelerin eğme davranışı inceleneceği için prizmatik numuneler hazırlanır.
- Deney öncesi üretilen numunelerin boyutları tekrar ölçülür
- Alt çenedeki mesnet aralığı kaydırılarak istenilen değere ayarlanır.
- Numune mesnetler üzerine ortalanacak şekilde yerleştirilir.

- Çekme cihazının üst çenesi, numune ile hafif temas sağlayana kadar aşağı doğru indirilir.
- Çekme cihazını kontrol eden program üzerinden kuvvet ve uzama bilgileri sıfırlanır.
- Deney başlatılır ve numuneye kırılıncaya kadar cihaz tarafından kuvvet uygulanır.
- Bilgisayardan gerekli hesaplamalarda kullanılmak üzere kuvvet-sehim verileri alınır.

5. RAPOR İÇİN İSTENENLER

5.1. Deneysel verilerden yararlanarak, kuvvet-sehim eğrisini oluşturunuz.

5.2. $\sigma - \varepsilon$ eğrisini oluşturunuz.

5.3. Eğilme elastisite modülünü hesaplayınız.

5.4. $\sigma - \varepsilon$ eğrisini oluştururken hesapladığınız σ_{maks}, ε_{maks} değerlerini elde ediniz. h yüksekliğinin 2 katına çıkması, d genişliğinin 3'te 1 azalması, P ile L'nin sabit kalması durumunda, yeni σ_{maks}, ε_{maks} değerlerini hesaplayınız. Çıkan sonuçları deney verisinden elde edilen maksimum değerler (σ_{maks}, ε_{maks}) ile karşılaştırarak % değişimini gösteriniz.

Notlar: 1. Her öğrenci, öğrenci numarasının son iki hanesini L boyunun ondalık kısmına ekleyerek işlem yapacaktır. Örneğin öğrencinin numarası 27 ile bitiyorsa ve L boyu 100.3 mm ise, o öğrencinin kullanması gereken L boyu 100.3+0.27 = 100.57 mm olacaktır.

2. Rapor için istenenler Excel'de hazırlanacaktır (.xls veya .xlsx formatında kaydedilecektir). Yapılan bütün işlemler erişilebilir olmalıdır (Excel formülasyonları, sütun işlemleri vs.). Sadece kapak sayfası 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] http://www2.bayar.edu.tr/muhendislik/malzeme/dersler/malzeme_lab/e%C4%9Fme.pdf

[2] Metalik Malzemenin Eğme ve Katlama Deneyleri TS 205

[3] http://www.nature.com/nphoton/journal/v8/n8/images/nphoton.2014.169-f1.jpg

[4]http://mim.bilecik.edu.tr/Dosya/Arsiv/deney_foyleri/bahar_donemi/3%20NOKTA%20EGME.pdf

[5] The Science and Engineering of Materials, 4 th ed Donald R. Askeland - Pradeep P. Phule Chapter 6 - Mechanical Properties and Behavior

[6] http://nptel.ac.in/courses/101104010/lecture39/images/figure6.jpg

[7] http://www.makina.selcuk.edu.tr/img/cekme_egilme.pdf