

[Üç Nokta Eğme Testi Deneyi]

[Deney Yapılışı] 24.03.2017

[Deney Rapor ve Grafik Teslim Tarihi] 03.04.2017

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. Bu deneyin temel prensibi, deneyde kullanılacak malzemeyi basit kiriş modeli olarak kabul etmeye dayanmaktadır. Kiriş denklemi ideal moment durumuna göre çıkarıldığından dolayı, kirişte oluşan kayma gerilmesinin normal gerilmelere göre ihmal edilebilir düzeyde kalması istenmektedir. Bu sebeple malzemenin sabit kesit alanlı olması ve uzunluk değerinin en geniş değerine oranla en az 16 katı olması gerekmektedir. Kirişin her bölgesinde eğilme momentleri meydana gelir. Klasik eğilme denklemlerinin geçerli olabilmesi için malzemenin homojen veya Hooke Kanunlarına uyması gerekir.

Eğme testi deneyinde TS EN ISO 7438 standardını incelediğimizde, iki desteğe serbest olarak oturtulan, genellikle daire veya dikdörtgen kesitli düz bir deney parçasının yön değiştirmeksizin ortasına bir kuvvet uygulandığında oluşan biçim değiştirmesi olarak tanımlanmaktadır.

Deney numunesine bir kuvvet etkelediğinde, numune kesitinin bir kısmında basma gerilmesi, kesitin geri kalan kısmında çekme gerilmesi meydana geliyorsa numune eğilme halindedir. Eğilme halindeki numunelerin kesitinde, iç yüzeye yakın bölgede basma gerilmeleri, dış yüzeye yakın bölgede ise çekme gerilmeleri meydana gelmektedir. Silindirik mesnetler üzerinde numuneyi bir mandrel yardımıyla eğme yöntemiştir.

Katlama ise; eğmenin özel bir durumu olup daire veya dikdörtgen kesitli deney parçasının iki kolunun birbirine paralel duruma (180° eğme) getirilmesidir. Katlama deneyinde süneklığı iyi olan malzemeler 180° katlanmalarına rağmen çatlama göstermezler.

İleri-geri [alternatif] eğme deneyinde ise: numune cihaza sağlam bir şekilde bağlanır ve yarıçağı belirtilmiş mandreller etrafında ileri-geri bükülür. Bu sırada numunenin kesiti alternatif olarak çekme ve basma gerilimine uğramaktadır. Bu deneyde ama çatlama göstermesi için tatbik edilen eğme sayısı kriter olarak alınır.

Eğme deneyi sonucunda;

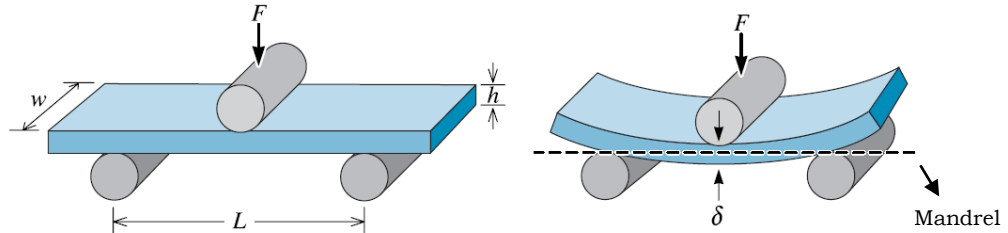
* Eğme momenti [M_e],

* Eğilme gerilmesi [σ_e],

* Elastisite modülü [E_e],

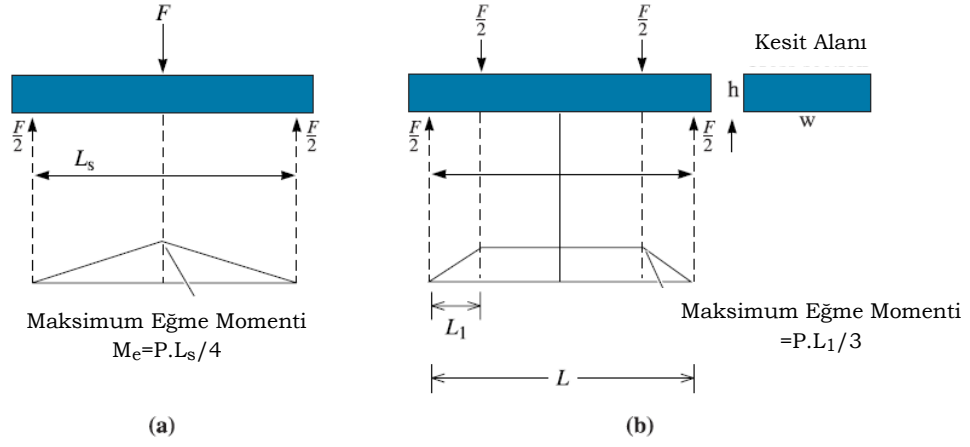
* Sehim miktarı [δ] değerleri hesaplanabilmektedir. [Sehim; basit eğilme etkisi altındaki bir yapı elemanının eğilme göstermeden önceki çubuk eksenli durumu ile elastik eğri durumu arasındaki deformasyon miktarıdır. Anılan kuvvet altında yapı elemanın yaptığı deplasman 'sehim' olarak anılır.]

Metalik malzemelerin katlama deneyi, malzemelerin şekil değiştirme özellikleri hakkında genellikle kalitatif [nitel] bir bilgi edinme amacıyla yapılır. İmalat esnasında eğerek veya katlayarak form verilen malzemelerin şekil değiştirme kapasitesinin tayininde [örneğin: kazan sacı, gemi sacı, kaynaklı dikişlerin şekil değiştirme kapasitesi, kaynak dikişi ile esas malzeme arasındaki bağlantı durumlarında] çoğu kez bu deneyden faydalanılır. Kantitatif [nicel] deneyler genellikle kırılğan ve gevrek malzemeler [dökme demirler, yüksek mukavemetli çelikler, çelik döküm parçaları vb.] için yapılmaktadır.

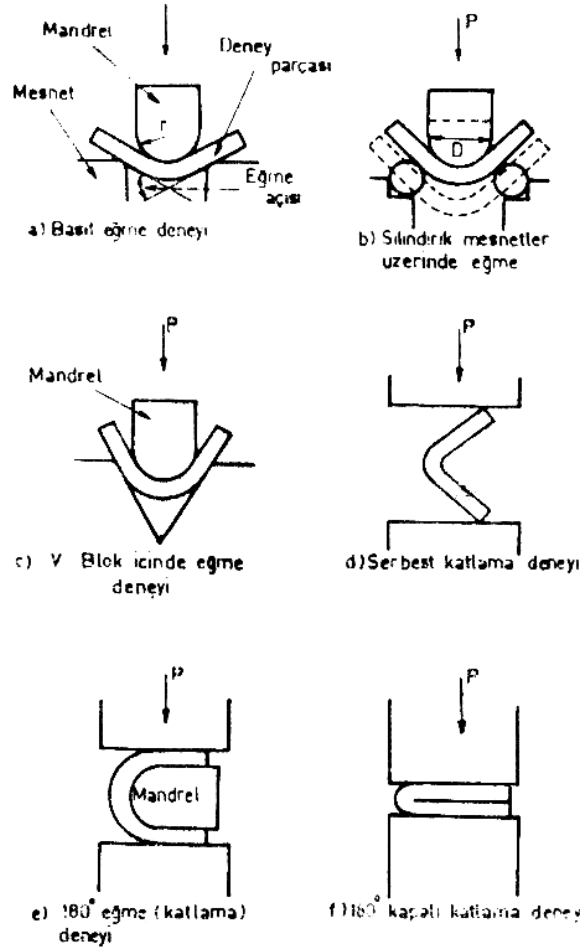


Üç nokta eğme test düzeneği

F [Kuvvet] - h [Kalınlık] - w [Genişlik] - L [Mesnetler arası mesafe] - δ [Sehim]



[a] Üç nokta [b] Dört nokta eğme test düzenegi



[Değişik Eğme Denevi Düzenleri]

Deney sonucunda verileri hesaplamak amacıyla uygulanan yük miktarı P veya F yükü ile δ eğilme miktarının duyarlılıkla ölçülmesi ve mesnet merkezleri arasındaki uzaklığın bilinmesi gerekmektedir.

[a] Eğilme Momenti [M_e] Hesabı:

Kuvvet iki mesnete serbestçe oturmuş deney numunesinin tam ortasına etkilediğinden, eğme momenti aşağıdaki formül ile hesaplanmaktadır.

$$M_e = F \cdot L_s / 4$$

M_e [Eğilme Momenti] [kg.mm] [N.m]

F [Uygulanan Kuvvet, Yük P] [kg] [N]

L_s [Mesnet merkezleri arasındaki uzaklık] [mm] [m]

[b] Eğilme Dayanımı [σ_e] veya Kırılma Modülü Hesabı:

$$\sigma_e = M \cdot y / I$$

σ_e [Eğilme Dayanımı] [N/m²]

M [Eğilme Momenti] [N.m]

Y [Numunenin en dış yüzeyinden uzaklık] [m]

I [Nötr eksene göre eylemsizlik momenti]

Numune Şekli	M	y	I	σ_e
Dikdörtgen	F.L/4	h/2	w.h ³ /12	(3F.L)/(2.w.h ²)
Dairesel	F.L/4	r	$\pi \cdot r^4 / 4$	(F.L)/ $\pi \cdot r^3$

$$\sigma_e = (3F \cdot L) / (2 \cdot w \cdot h^2) \text{ [Üç Nokta Eğme Testi için] [Dikdörtgen Numune]}$$

$$\sigma_e = (3F \cdot L_1) / (4 \cdot w \cdot h^2) \text{ [Dört Nokta Eğme Testi için] [Dikdörtgen Numune]}$$

$$\sigma_e = \text{[Eğilme Dayanımı] [kgf/mm}^2, \text{ N/cm}^2, \text{ MPa]}$$

F [Uygulanan Kuvvet, Yük P] [kg, N]

L [Mesnet merkezleri arasındaki uzaklık] [mm]

w [Numune genişliği] [mm]

h [Numune kalınlığı/yüksekliği] [mm]

r [Yarıçap] [mm]

Özellikle dökme demir ve bazı plastic malzemeler gibi gevrek malzemelerde tayin edilen kırılma modülünden uygulamada oldukça fazla yararlanılmaktadır.

[c] Elastisite Modülü [E_e] Hesabı:

Elastisite modülü [E_e], gerilmenin deformasyonla doğru orantılı olduğu bölgede [elastik bölgede], σ_e eğme gerilmesinin onunla ilgili δ eğilme miktarına ilişkin ϵ deformasyon oranı aşağıdaki formülle hesaplanır:

$$\epsilon = (6 \cdot \delta \cdot h) / L^2 \text{ [Dikdörtgen kesitli numunelerde]}$$

ϵ [Elastik birim şekil değişimi] [mm/mm] [m/m]

h [Numune kalınlığı/yüksekliği] [mm] [m]

w [Numune genişliği] [mm] [m]

L [Mesnet merkezleri arasındaki uzaklık] [mm] [m]

$$\epsilon = (6 \cdot \delta \cdot R) / L^2 \text{ [Dairesel kesitli numunelerde]}$$

R [Numune çapı] [mm] [m]

Bu durumda elastisite modülü $E_e = \sigma_e / \epsilon$ [Hooke Kanunundan];

$$E_e = F \cdot L^3 / (4 \cdot \delta \cdot w \cdot h^3) \text{ [Dikdörtgen kesitli numunelerde]}$$

$$E_e = 4 \cdot F \cdot L^3 / (3 \cdot \pi \cdot \delta \cdot R^4) \text{ [Dairesel kesitli numunelerde]}$$

Ayrıca elastik bölgede: $M/I = E/r^*$ [M=Eğilme momenti, I=Nötr eksene göre eylemsizlik momenti, E=Elastisite modülü, r^* =Numunenin eğilme esnasındaki eğrilik yarıçapı] formülünden yararlanılabilir.

[1] Terim Bilgisi

- *Eğme
- *Eğilme dayanımı
- *Eğilme açısı
- *Sehim
- *Katlama
- *Esneklik modülü
- *Kantitatif eğme deneyi
- *Üç noktalı eğme deneyi
- *Eğilme momenti
- *Eğilme miktarı
- *Kalitatif eğme deneyi
- *Kantitatif eğme deneyi
- *Alternatif eğme deneyi
- *Dört noktalı eğme deneyi
- *TS EN ISO 7438 Metalik malzemelerin eğme deneyi sırasında maruz kaldığı plastik deformasyona uğrama kabiliyetini tayin etmek amacıyla uygulanır.
- *ASTM D5023-15 Polimer malzemelere uygulanan üç nokta eğme test standardı

[1] Deneyin Yapılışı

* Eğme düzeneği olarak mesnetler bir tabla üzerine, yükleme bloğu denilen mandrel ise cihazın üst kısmına yerleştirilir. Üç nokta eğme deneyi şematik olarak 1. sayfada gösterilmektedir. Bu düzenekte mandrel çapı ve mesnetlerin çapı önemlidir. Bu değerler, kullanılacak malzemeye göre ve bu malzemeye ait olan standarda uygun olarak deneye başlanmadan önce kumpasla ölçülür. Ayrıca mesnetler arası açıklıkta yine standarda uygun ayarlanır. Düzenek ayarlandıktan sonra mesnetler üzerine numune yerleştirilir ve numune bir yükün uygulandığı mandrel yardımıyla eğilir. Eğme deneyi sonucunda, malzemenin eğme momenti, eğilme dayanımı ve elastisite modülünün hesabı için numunenin kırıldığı andaki maksimum yükünü $[F_{max}]$ ve deney sırasında yükün uygulandığı noktada numunenin başlangıçtaki duruma göre düşey eksendeki değişme miktarı olan eğilme miktarı δ 'nın değerleri deney cihazına bağlı gösterge ve kayıt düzenlerinden faydalanılarak kaydedilir.

Eğme esnasında elastik gerilim dağılımının şematik görünümünü çiziniz.

S.1

Dairesel ve dikdörtgen numuneler için eğilme dayanımı formülü yazınız.

S.2

Eğme-katlama deney numuneleri için belirlenmiş olan dört adet standart vardır. Bu standartları yazınız.

S.3

Eylemsizlik momenti ile elastisite modülü arasındaki bağıntıyı yazınız ve birimleri tanımlayınız.

S.4

Dikdörtgen kesitli, mesnetleri arasındaki mesafe 45 mm, yüksekliği $d=6$ mm ve genişliği $b=2$ mm olan bir cam numune üzerinde üç noktadan eğme testi yapılmıştır;

[a] Kırılma yükü 290 N ise eğme dayanımını hesaplayınız.

[b] Numunenin orta noktasındaki maksimum yer değiştirme Δ_y ,

$$\Delta_y = \frac{FL^3}{48EI}$$

ile tanımlanmaktadır. Burada E elastiklik modülü ve I kesite bağlı atalet momentidir. 266 N'luk bir yük altında oluşacak Δ_y 'nin değerini hesaplayınız.

S.5

Cam fiberler ile güçlendirilmiş kompozit bir malzemenin eğme dayanımı 350 MPa, eğme modülü 124.1×10^{-3} MPa'dır. 1,25 cm genişliğinde, 0.938 cm yüksekliğinde ve 20 cm uzunluğunda olan numune iki mesnet arası uzaklığı 12,5 cm'dir. Plastik deformasyon göstermediğini varsayarak, kırılması için gerekli olan kuvveti ve meydana gelen sehim miktarını hesaplayınız.

S.6

MgO dairesel bir numuneye, üç noktadan eğme testi uygulanacaktır. Uygulanan yük 425 N olduğunda, eğme dayanımı 105 MPa ve mesnet arası mesafe 60 mm olduğuna göre, kırılma oluşmaması için mümkün olan en küçük numune yarıçapını hesaplayınız. ($R=4.26$ mm)

S.7

Yarıçapı 3,5 mm olan dairesel kesitli olan bir Al_2O_3 numuneye üç noktadan eğme testi uygulanmıştır, mesnetler arası mesafe 60 mm iken numune 950 N'luk bir yük altında kırılmıştır. Aynı malzemeden kenar uzunluğu 12 mm olan kare kesitli bir numuneye de eğme testi uygulanmıştır. Bu numunenin mesnetler arası mesafesi 40 mm olduğuna göre, kırılmanın oluşmasını bekler misiniz? ($F_k=9533$ N)

S.8

Cihaz
Bilgisi

Deneyde Kullanılacak Cihaz Bilgisi
SCHİMADZU AUTOGRAPH AG-100 kN
Test Cihazı Bileşenleri [Test Cihazı] [Yük Hücresi] [Güç Kaynağı] [Kaydedici]
Lütfen üretici firmaların sayfalarını ziyaret ediniz. Schimadzu, Instron, Zwick vb.

Okuma

[Okuma]
*Metalik Malzemelerin Mekanik Deneyleri [E. Sabri KAYALI-Cahit ENSARİ-Feridun DİKEÇ]
*Metallere Plastik Şekil Verme [Levon ÇAPAN]
*Malzeme Bilimi ve Mühendisliği [William D. CALLİSTER-David G. RETHWISCH]

Raporlama

*Sayfa sınırlaması yoktur.
*Raporunuzu el yazısı ile yazılmış bir şekilde zımbalayarak teslim ediniz.
*Lütfen plastik/kâğıt dosya içerisine koymayınız.
*Rapor içeriğiniz;
[I.Bölüm] [deney föyünde bulunan soruların cevaplandırılması] ve
[II.Bölüm] [numune bilgisi, kullanılan cihaz ve donanım bilgisi, deney ortamı ve yapılışı, deney sonuçları, yorum ve kaynakça] olmak üzere özgünlük bakımından değerlendirilecektir.
*Deney sonuçlarınızdan elde ettiğiniz grafikleri teslim tarihine kadar bulentalkan@hitit.edu.tr adresine göndermeniz gerekmektedir.

Devam Kriteri

[Uygulamalı Derse Devam Kriterleri]

T.C. Hitit Üniversitesi Önlisans- Lisans Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği
4. Bölüm Madde 22 – (1) Öğrencilerin teorik derslere % 70, uygulamalı derslere % 80 oranında devamları zorunludur. Derslere ve diğer öğretim faaliyetlerine devam durumunun tespiti ilgili öğretim elemanının sorumluluğundadır. Dersin öğretim elemanı öğrencilerin derslere devam durumlarını yarıyıl/yıl sonunda derslerin tamamlandığı haftada ilgili birime bildirir ve bunlar ilgili birim yönetimi tarafından aynı hafta ilan edilir. Derse devam koşulunu yerine getirmeyen öğrenci, yarıyıl/yıl sonu sınavına giremez.

Görsel
Doküman

Çekme Testi [<https://www.youtube.com/watch?v=D8U4G5kcpcM>]
Üç Nokta Eğme Testi [<https://www.youtube.com/watch?v=zeyqcPiUFPs>]

Ek Bilgi

[Kuvvet Birimleri]
(i) Kgf/mm².
(ii) psi ve ksi. İngiliz ve Amerikan birimleridir.
psi = pound square inch [pound/inç²]. Bizde pound'a, Libre de denmektedir.
[1 Pound = 454 gram]
[1 inç = 2.54 cm = 25.4 mm]
ksi = Kilo pound/inç = 1000 pound/inç² = 1000 psi.
(iii) Pascal = Newton/metre² . (N/m²). 1 kg = 9.8 Newton' dur.
Mega Pascal (MPa)= 10⁶ Pa.
Giga Pascal (GPa)= 10⁹ Pa.
(1GPa=10⁹ N/m²=10³ MPa) (1kgf/mm²=9.807 MPa) (1 MPa=1 N/mm²) (1 Pa=1N/m²)