

BASİT MESNETLİ KİRİŞTE SEHİM DENEYİ

1. DENEYİN AMACI

- Farklı malzeme ve kalınlığa sahip kirişler için uygulanan yükün kirişin çökme miktarına oranı olan rijitlik değerinin değişiminin gösterilmesi.
- Kiriş kalınlığının rijitlikle orantılı olduğunun ispatlanması
- Rijitlik, malzeme özellikleri ve kiriş boyutları arasındaki ilişkinin ortaya konması

2. TANIMLAMALAR ve TEORİK BİLGİLER

Basit eğilme teorisine göre, şekildeki gibi basit eğilmeye maruz bir kiriş sadece uygulanan moment düzleminde eğildiği takdirde, gerilme dağılımı ve kirişin eğriliği arasındaki ilişki şu şekildedir

$$\frac{\sigma}{c} = \frac{M}{I} = \frac{E}{\rho}$$

M : Kiriş kesitinde oluşan eğilme momenti

I : Kiriş kesitinin tarafsız eksene göre atalet momenti

E : Kiriş malzemesinin elastisite modülü

ρ : Kirişin eğrilik yarıçapı

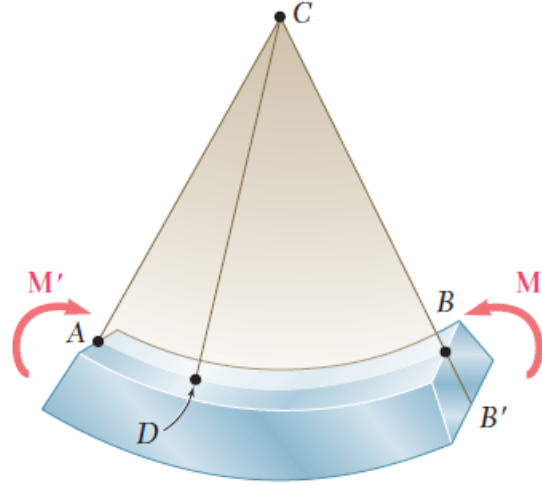
σ : Eğilme momentinden dolayı tarafsız eksenden c uzaklığında oluşan eğilme gerilmesi

c : Tarafsız eksenden dikey mesafe

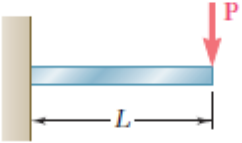
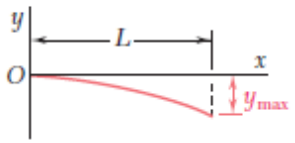
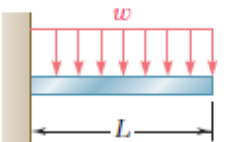
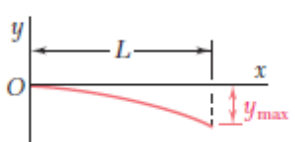
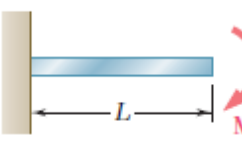
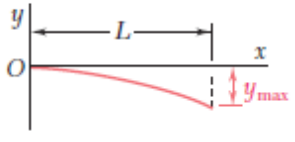
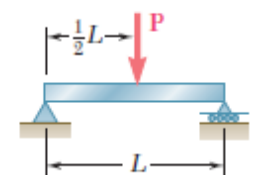
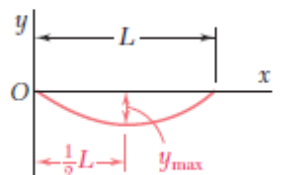
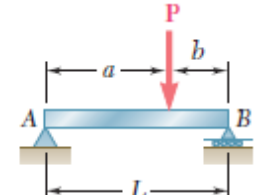
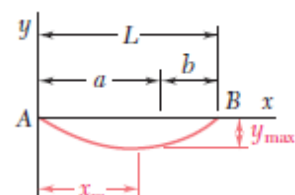
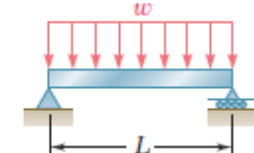
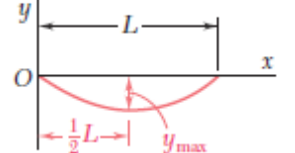
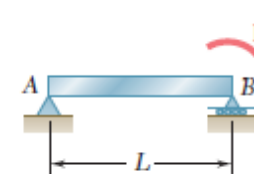
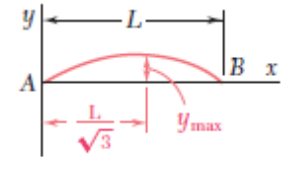
Basit eğilme durumunda kirişin eğriliği ($1/\rho$) sehimin ikinci türevine eşittir.

$$\frac{1}{\rho} = \frac{M}{EI} = \frac{d^2y}{dx^2}$$

Tabloda en yaygın kiriş tipleri ve bunlara ait çökme denklemleri verilmiştir.



Tablo 1

Kiriş ve Yükleme	Elastik Eğri	Maksimum Çökme
<p>1</p> 		$-\frac{PL^3}{3EI}$
<p>2</p> 		$-\frac{wL^4}{8EI}$
<p>3</p> 		$-\frac{ML^2}{2EI}$
<p>4</p> 		$-\frac{PL^3}{48EI}$
<p>5</p> 		<p>For $a > b$:</p> $-\frac{Pb(L^2 - b^2)^{3/2}}{9\sqrt{3}EIL}$ <p>at $x_m = \sqrt{\frac{L^2 - b^2}{3}}$</p>
<p>6</p> 		$-\frac{5wL^4}{384EI}$
<p>7</p> 		$\frac{ML^2}{9\sqrt{3}EI}$

Bir Kiriş İçin Kalınlık, Rijitlik ve Kiriş Sabiti

Rijitliği yüksek bir kiriş verilen bir yük altında rijitliği daha düşük olan kirişe göre daha az eğilir. Bu durum elastik birim Şekil değiştirmede elastisite modülünün etkisine benzer fakat bir farkla. Eğilmede sadece elastiklik modülü değil, kirişin boyutları da etkilidir. Kiriş elastik bölgede eğildiği sürece rijitlik uygulanan yükün sehime oranına eşittir.

$$S = \frac{F}{y} (N/mm)$$

Teorik olarak kirişin rijitliği yalnız malzeme yüksekliği değiştikçe malzeme yüksekliğinin küpüyle doğru orantılı olarak değişir. Rijitlik yüksekliğin küpüyle doğru orantılıdır, yani rijitliğin yüksekliğin küpüne oranı sabittir.

$$\frac{S}{h^3} = C$$

ARAÇLAR

Kadranlı gösterge 10/0.01 mm
Kadranlı gösterge için ayaklık
Kirişler
Ağırlık tutucu
Tripod gövdesi
Tripod gövdesi kare $l=250$ mm
Destek ubuğu kare, $l = 630$ mm
Girintili ağırlık, 10 g, siyah
Girintili ağırlık, 50 g, siyah
lm bandı, $l = 2$ m

Deney esnasında kullanılacak numunelere ait zelikler Tablo 2 de verilmiştir.

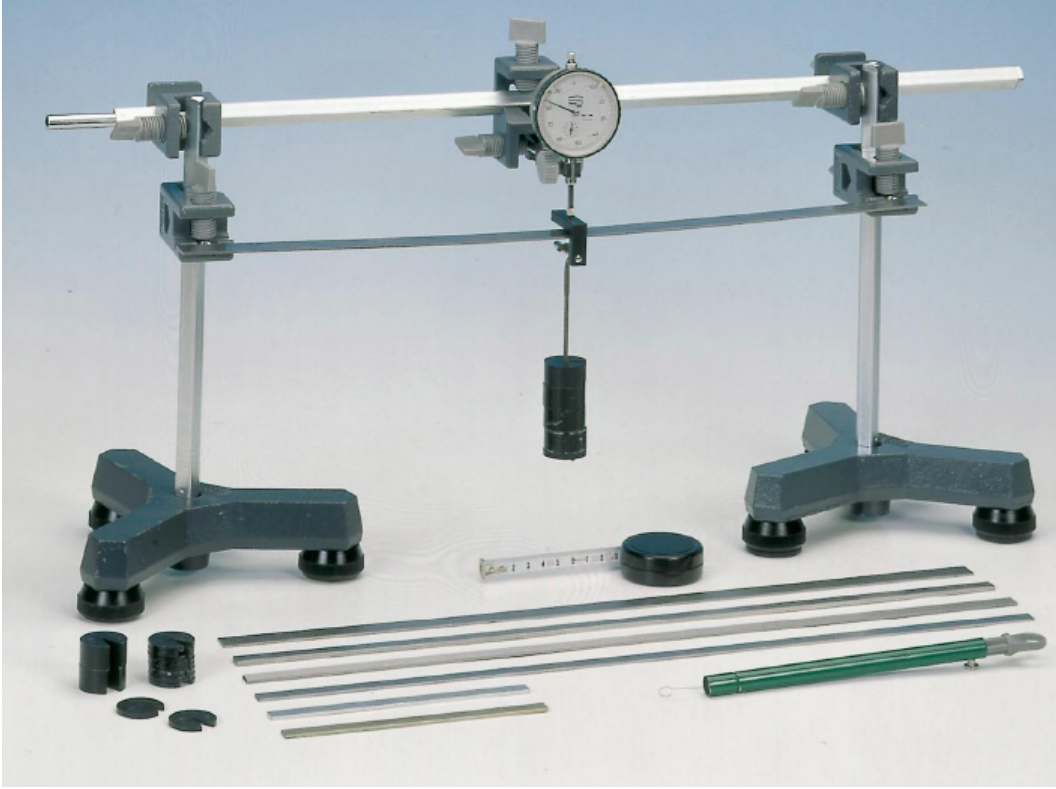
Tablo 2

Malzeme	Boyutlar (mm)	Elastisite Modülü (GPa)
elik	10x1,5	205,9
elik	10x2	206,3
elik	10x3	217,1
elik	15x1,5	220,4
elik	20x1,5	211,1
Alüminyum	10x2	67,02
Pirinç	10x2	92,22

3. DENEYİN YAPILIŞI

- Deney aparatı, Şekil de görüldüğü gibi kurulur.
- Yük askısı kirişin orta noktasında olacak şekilde takılır.
- Komparatör kirişin orta noktasına getirilir ve sıfır olacak şekilde komparatör ayarlanır.
- Yük askısına yük takılır ve kirişin orta noktasındaki sehim değeri okunur (Komparatör üzerindeki 1 aralık 0.1 mm ye karşılık gelmektedir).
- Yük artırılır ve komparatörden yeni sehim değeri okunur.
- Yük artırma ve sehim ölçme işlemi en az beş defa tekrar edilir

Buraya kadar yapılan işlemler tek kiriş içindir. Aynı işlemler diğer kirişler için de tekrar edilir. Ölçülen değerler Tablo 3 e kaydedilir.



4. DENEY SONRASI İŞLEMLER:

- Her bir kiriş için yük-sehim değişimini tek bir grafik üzerinde çiziniz. Ayrıca her bir grafiğin eğimini belirleyiniz. Burada eğim rijitliğin tersidir (1/S). Sehim ile yük arasındaki ilişkileri veren tüm grafikler lineer olmalıdır. Bu durum, kirişlerin lineer elastik bölgede deforme olduklarını ve yükse sehimin doğru orantılı olduğunu gösterir.
- Tablo 1 de verilen sehim denklemini kullanarak rijitliği teorik olarak hesaplayınız
- Tablo 4'e (1/S) ve S değerlerini giriniz ve yüzde hatayı hesaplayınız.

$$\% \text{ Hata} = 100 \times (S_{\text{ölç}} - S_{\text{teo}}) / S_{\text{ölç}}$$

DENEY RAPORU

Tablo 3

Kuvvet (N)	Sehim (mm)						
	Çelik 10x1,5	Çelik 10x2	Çelik 10x2,5	Çelik 15x1,5	Çelik 20x1,5	Alüminyum 10x2	Pirinç 10x2

Tablo 4

Malzeme	Boyutlar (mm)	1/S	$S_{ölç}$	S_{teo}	% hata
Çelik	10x1,5				
Çelik	10x2				
Çelik	10x3				
Çelik	15x1,5				
Çelik	20x1,5				
Alüminyum	10x2				
Pirinç	10x2				

BURULMA DENEYİ

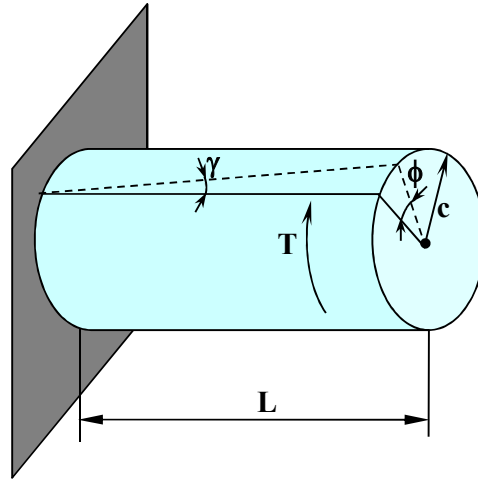
1. DENEYİN AMACI: Burulma deneyi, malzemelerin kayma modülü (G) ve kayma akma gerilmesi (τ_A) gibi özelliklerinin belirlenmesi amacıyla uygulanır.

Metalik malzemelerin burulma deneyi, genelde malzemelerin büyük plastik gerilmelerde akma karakteristiklerinin belirlenmesinde kullanılır. Burulma deneyinin çekme deneyi gibi çok geniş kullanım alanı yoktur ve tamamen standartlaştırılmamıştır. Uygulamada malzemelerin genel mekanik özelliklerinin saptanmasında seyrek olarak kullanılır. Bununla beraber plastik deformasyonla ilgili teorik çalışmalarda ve metallerin çekilebilme (tel ve çubuk) dövülebilme özelliklerinin belirlenmesi gibi mühendislik uygulamalarında ihtiyaç duyulan bir deneydir. Burulma deneyi, özellikle takım çelikleri gibi gevrek malzemelerin dövülebilme özelliğinin belirlenmesinde yüksek sıcaklarda da yapılır. Aynı zamanda kullanım yerlerinde burulma momentinin önemli olduğu şaft, dingil, matkap ucu gibi parçalara direk olarak uygulanabilen bir deneydir

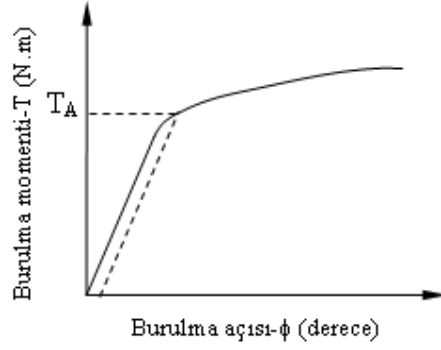
2. TANIMLAMALAR ve TEORİK BİLGİ:

Burulmada Mekanik Özellikler

Burulma deneyi, iki ucundan sıkıştırılmış numuneye, bir ucu sabit olmak şartıyla diğer ucundan burulma momenti uygulanarak yapılır (Şekil1). Buruma momenti etkisiyle numunede kayma gerilmeleri oluşur. Deney sırasında uygulanan burulma momenti (T) – burulma açısı (ϕ) diyagramı elde edilir,



Şekil 1 Burulma deneyinin şematik görünüşü



Şekil 2 Burulma momenti (T) – burulma açısı (φ) diyagramı.

Kayma Gerilmesi

Silindirik bir numunede c yarıçapından küçük herhangi bir ρ yarıçapında meydana gelen kayma gerilmesi (τ) şu şekilde ifade edilir:

$$\tau = \frac{T\rho}{J} \quad (1)$$

Burada

T: Burulma momenti

ρ: Kayma gerilmesinin istendiği yarıçap

J: Polar atalet momenti

İçi dolu millerde polar atalet momenti: $J = \frac{1}{2}\pi c^4$ (c mil kesitinin yarıçapıdır)

İçi boş şaftlarda ise: $J = \frac{1}{2}\pi(c_2^4 - c_1^4)$ (c_2 şaftın dış yarıçapı c_1 ise iç yarıçapıdır)

Maksimum kayma gerilmesi numunenin yüzeyinde oluşacağı için c olarak verilen değer numune yüzeyinde 1 nolu denklem aşağıdaki şekilde ifade edilebilir.

$$\tau = \frac{Tc}{J} \quad (2)$$

Burulma Açısı

Sisteme uygulana tork nedeniyle sistemin serbest ucunda meydana gelen dönme açısı (φ) olarak ifade (Şekil 1). Buna göre dönme açısı aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$= \frac{TL}{GJ} (\text{radyan}) \quad (3)$$

Kayma Birim Şekil Değişimi

Kayma gerilmeleri etkisi ile numunede meydana gelen deformasyon, kayma birim şekil değişimi (γ) olarak ifade edilir (Şekil 1). Buna göre kayma birim şekil değişimi γ :

$$\gamma = \frac{\phi c}{L} \quad (4)$$

ϕ : Burulma açısı (Radyan)

c: Numunenin yarıçapı (mm)

L: Numunenin boyu (mm)

Kayma Modülü

Kayma modülü (G), burulma diyagramının lineer kısmından (elastik bölgesinden) hesaplanır. Burulma diyagramının elastik bölgesinde kayma gerilmesi, kayma birim şekil değişimiyle orantılı olarak artar. Elastik bölgede, kayma gerilmesinin (τ), kayma birim şekil değişimine (γ) oranı kayma modülünü (G) verir.

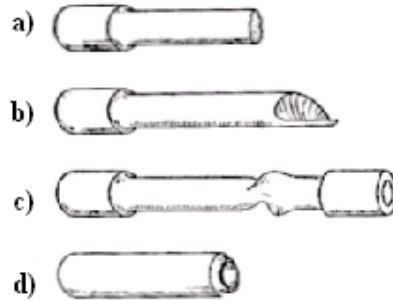
$$G = \frac{\tau}{\gamma} \quad (5)$$

Veya daha önce hesaplanan burulma açısı kullanılarak hesaplanabilir:

$$G = \frac{TL}{J} \cdot \frac{180}{\pi} \quad (6)$$

Burulmada Kırılma Şekilleri

Burulma deneyinde çeşitli malzemelerin kırılma şekilleri Şekil 4'te gösterilmiştir. Burulma deneyinde sünek bir malzemenin kırılması, maksimum kayma gerilmeleri yönünde, genellikle numunenin düşey eksenı boyunca olur (Şekil 3a). Gevrek bir malzemenin kırılması ise, maksimum çekme gerilmesi doğrultusuna dik bir düzlem boyunca yani numune boyuna 45° lik açılı düzlemde olur (Şekil 3b). Boru şeklindeki sünek bir malzemenin kırılması ise, numunenin boyu uzun ise numunenin bükülmesi sonucunda şeklinin bozulmasıyla (Şekil 3c), eğer numunenin boyu kısa ise yine maksimum kayma gerilmesi yönünde (Şekil 3d) olur.



Şekil 3 Burulmada kırılma şekilleri a) Yuvarlak numunenin sünek kırılma şekli, b) Yuvarlak numunenin gevrek kırılma şekli, c) Sünek bir malzemenin boru şeklindeki, uzun numunesinin burulması, d) Sünek bir malzemenin boru şeklindeki, kısa numunesinin kopma şekli.

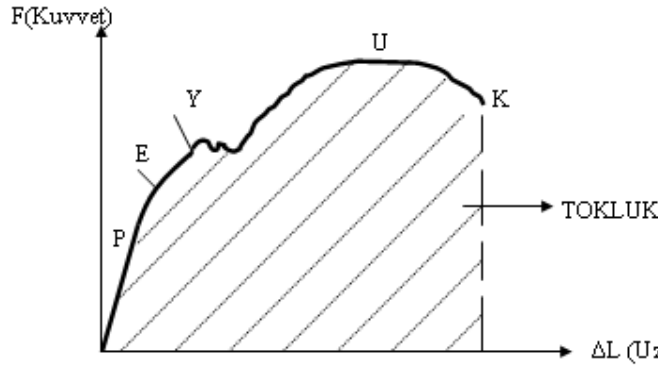
ÇEKME DENEYİ

1. DENEYİN AMACI

Mühendislik malzemeleri rijit olmadığından kuvvet altında deforme olup, şekil ve boyut değişiklikleri gösterirler. Malzeme özelliklerini anlamak üzere mekanik testler yapılır. Bunlardan en önemlisi “çekme deneyi”dir.

Çekme deneyinin amacı; malzemelerin statik yük altındaki elastik ve plastik davranışlarını belirlemektir. Bunun için boyutları standartlara uygun daire veya dikdörtgen kesitli deney parçası; çekme cihazına bağlanarak, aksenal ve değişken kuvvetler uygulanır.

Çekme cihazı esas olarak; birbirine göre aşağı ve yukarı hareket edebilen, deney parçasının bağlandığı iki çene ve bunlara hareket veya kuvvet veren, bu iki büyüklüğü ölçen ünitelerden oluşur. Çenelerden birisi sabit hızda hareket ettirilerek deney parçasına değişken miktarlarda çekme kuvveti uygulanır ve bu kuvvete karşılık gelen uzama kaydedilir.



Küçük kuvvet seviyelerinde uzama miktarı kuvvet ile doğru orantılıdır. Malzeme elastik davranış içindedir; yani kuvvet kaldırılınca uzama sıfırlanır. Bu karakter **P** noktasına kadar devam eder. Orantı limiti **P** den sonra lineer fonksiyon eğimini değiştirir. Ancak elastik davranış devam eder. Elastik davranış **E** “Elastik Limiti” noktasında sona erer. **E** den sonra kalıcı; yani plastik deformasyonlar başlar. Kuvvet azaltıldığında lineer fonksiyona paralel bir yol izler. Ancak kuvvetin sıfır olduğu yerde deformasyon artık sıfır olmaz, belirli bir plastik deformasyon kalır.

Malzeme yüklenmeye devam edilirse **Y** noktasında akar. Akma noktasında kuvvet aynı iken büyük miktarda plastik deformasyon oluşur. Akan malzeme “çalışma sertleşmesi”ne uğrar ve daha mukavim hale gelerek daha fazla kuvvet alabilir hale gelir.

Bu malzeme üzerindeki kuvvet daha da artırılarak **U** noktasına ulaşılır. **U** noktası “maksimum gerilme” noktası olup, burada malzeme kesitinde lokal daralmalar başlar. Buna malzemenin “ boyun vermesi ” denir. Boyun verme de malzemenin çalışma sertleşmesine uğramasına sebep olur ve malzeme daha fazla gerilimler alabilir; ancak boyun bölgesinde kesit alanı daraldığından taşıdığı net kuvvet azalır. Numune genellikle kontrolsüz bir şekilde **K** noktasına ilerler ve orada kopar.

Kuvvet-uzama eğrisinin altında kalan alan o numuneyi bozunuma uğratmak için gereken enerjisi eşit olup; tokluk adı verilir.

Kuvvet-uzama eğrisi daha sonra yeniden ölçeklendirilir. Uzamalar malzemenin ilk uzunluğuna bölünerek “birim-uzama” ‘ya çevrilir. Aynı şekilde kuvvet numunenin ilk kesit alanına bölünerek “gerilim” hesaplanır ve dikey eksen tekrar ölçeklendirilir.

Malzeme kopana kadar önemli miktarda deformasyona uğradıysa “sünek” , az deforme olmuşsa “gevrek” yapıya sahiptir.

2. TANIMLAMALAR ve TEORİK BİLGİ

Gerilme (σ): Birim alana etkiyen yük anlamına gelir ve aşağıdaki formülle hesaplanır.

$$\sigma = \frac{P}{A_0}$$

Birim Şekil Değiştirme (ϵ): Malzemeye kuvvet uygulandığı zaman oluşan boy değişiminin kuvvet uygulanmadan önceki ilk boya oranı.

$$\epsilon = \frac{\Delta L}{L_0}$$

Elastisite Modülü (E): Malzemenin dayanımının (mukavemetinin) ölçüsüdür. Birim uzama ile normal gerilme (çekme ya da basma gerilmesi) arasındaki doğrusal ilişkinin bir sonucu olup birim uzama başına gerilme olarak tanımlanır. Birim uzama ile normal gerilme (çekme ya da basma gerilmesi) arasındaki doğrusal ilişki şöyle tanımlanabilir:

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon}$$

Malzemeye kuvvet uygulandığında, malzemede meydana gelen uzamalar elastik sınırlar içinde gerilmelerle orantılıdır. Buna “*Hooke Kanunu*” adı verilmektedir. Elastisite modülü malzemeye ait karakteristik bir özelliktir.

Akma dayanımı (σ_a): Uygulanan çekme kuvvetinin yaklaşık olarak sabit kalmasına karşın, plastik şekil değiştirmenin önemli ölçüde arttığı ve çekme diyagramının düzgünlük gösterdiği kısma karşı gelen gerilme değeridir, Şekil 1.

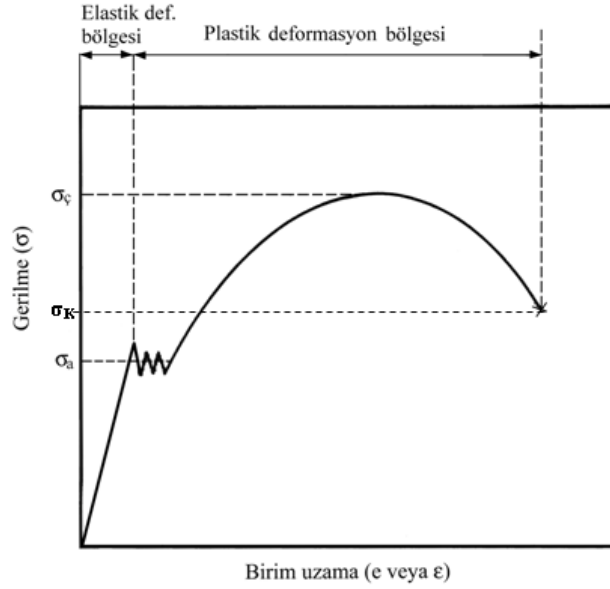
$$\sigma_a = \frac{P_a}{A_0}$$

Çekme dayanımı (σ_c): Bir malzemenin kopuncaya veya kırılıncaya kadar dayanabileceği en yüksek çekme gerilmesi olarak tanımlanır. Bu gerilme, çekme diyagramındaki en yüksek gerilme değeri olup, aşağıdaki formül ile bulunur.

$$\sigma_c = \frac{P_{\max}}{A_0}$$

Kopma Gerilmesi (σ_K): Numunenin koptuğu andaki gerilme değeridir.

$$\sigma_K = \frac{P_K}{A_0}$$



Şekil 1. Düşük karbonlu yumuşak bir çeliğin çekme diyagramı

Yüzde Kopma uzaması (KU): Çekme numunesinin boyunda meydana gelen en yüksek yüzde plastik uzama oranı olarak tanımlanır. Çekme deneyine tabi tutulan numunenin kopan kısımlarının bir araya getirilmesi ile son boy ölçülür ve boyda meydana gelen uzama

$$\Delta L = L_k - L_0$$

bağıntısı ile bulunur. Burada L_0 numunenin ilk ölçü uzunluğunu, L_k ise numunenin kırılma anındaki boyunu gösterir. Kopma uzaması ise;

$$KU(\%) = \frac{\Delta L}{L_0} \times 100$$

bağıntısı yardımıyla belirlenir. Bu değer malzemenin sünekliğini gösterir.

Yüzde Kesit Daralması (KD): Çekme numunesinin kesit alanında meydana gelen en büyük yüzde daralma veya büzülme oranı olup;

$$KD(\%) = \frac{A_0 - A_K}{A_0} \times 100$$

bağıntısı ile hesaplanır. Burada A_0 deney numunesinin ilk kesit alanını, A_k ise kırılma anındaki kesit alanını veya kırılma yüzeyinin alanını gösterir. A_k nın hesaplanması için hacmin sabit kalacağı ifadesi kullanılır.

$$V_0 = V_K \Rightarrow A_0 L_0 = A_K L_K \Rightarrow A_K = A_0 \frac{L_0}{L_K}$$

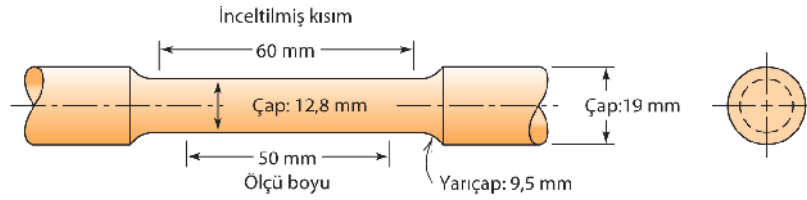
Kesit daralması, kopma uzaması gibi sünekliğin bir göstergesidir. Sünek malzemelerde belirgin bir büzülme veya boyun verme meydana gelirken, gevrek malzemeler büzülme göstermezler. Şekil 2'de gevrek ve sünek malzemelerin kırılma davranışları şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 2. (a) Gevrek malzemenin kırılma şekli (b) Sünek malzemenin kırılma şekli.

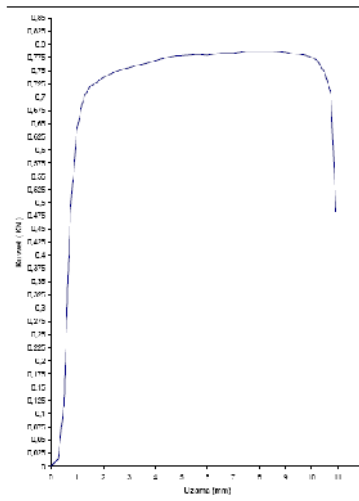
3. DENEYİN YAPILIŞI

Çekme deneyi için önce test edilecek malzemeden standartlara uygun bir çekme numunesi hazırlanır (Şekil 4). Çekme deney makinesinin çeneleri arasında düzgün ve ortalayacak bir şekilde sıkıştırılan bu numune gittikçe artan bir yük ile kopuncaya kadar çekilir. Bu esnada uygulanan F yükü ile buna karşı malzemenin gösterdiği uzamalar (ΔL) cihaz ile ölçülür. Deney sonucu elde edilen yük (F) ve uzama (ΔL) değerlerinden yararlanılarak ($F - \Delta L$) diyagramı elde edilir. Bu diyagrama çekme diyagramı da denir. Şekil 5’de de yumuşak çeliğin çekme deneyi sonucu elde edilecek çekme diyagramı görülmektedir.



Şekil 4. Standartlara uygun dairesel kesitli bir çekme numunesi

$F - \Delta L$ diyagramındaki değerlerden yararlanılarak her nokta için σ ve ϵ değerleri hesaplanır ve mühendislik açısından büyük önem taşıyan gerilme uzama diyagramı çizilir.



Şekil 5. Yumuşak çeliğe ait $F - \Delta L$ diyagramı

4. DENEY SONRASI İŞLEMLER

- Kuvvet ile cihaz uzama verileri kullanılarak gerilme – şekil değiştirme diyagramının elde edilmesi.
- Gerilme – şekil değiştirme diyagramlarından elastisite modüllerinin hesaplanması.
- Gerilme – şekil değiştirme diyagramlarından akma gerilmesi, çekme dayanımı ve kopma gerilmelerinin hesaplanması
- Yüzde kopma uzaması ve yüzde kesit daralmalarının hesaplanması.