



# MUKAVEMET

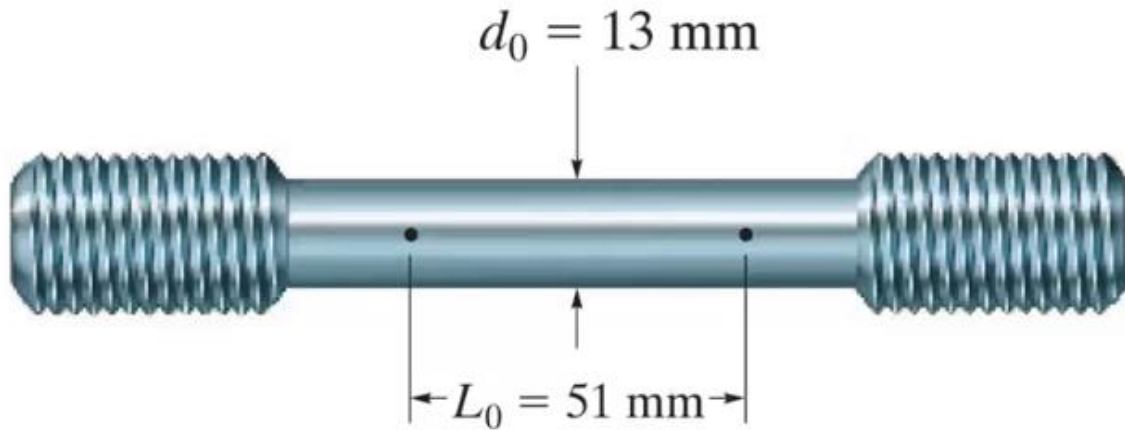
## 3.Malzemenin Mekanik Özellikleri

### 3.1 Çekme ve Basma Testi

#### Malzemenin Mekanik Özellikleri

##### Çekme ve Basma Testi

- Bir malzemenin dayanımı, çok büyük şekil değiştirme ve/veya hasara uğramadan taşıyabileceği kuvvetle ilişkilidir.
- Dayanım kullanılan malzemeye özeldir ve deneysel yolla belirlenir.
- Bu deneylerden en önemlileri **çekme** ve **basma** deneyleridir.
- Çekme ve basma deneyleriyle malzeme hakkında önemli bilgilere ulaşmak mümkündür; ancak bunlar genellikle **ortalama normal gerilme ve ortalama normal birim şekil değiştirme** arasındaki ilişkiyi bulmakta kullanılır.
- Bu testler için standart şekilde ve büyüklükte numune hazırlanır.



Test numunesi

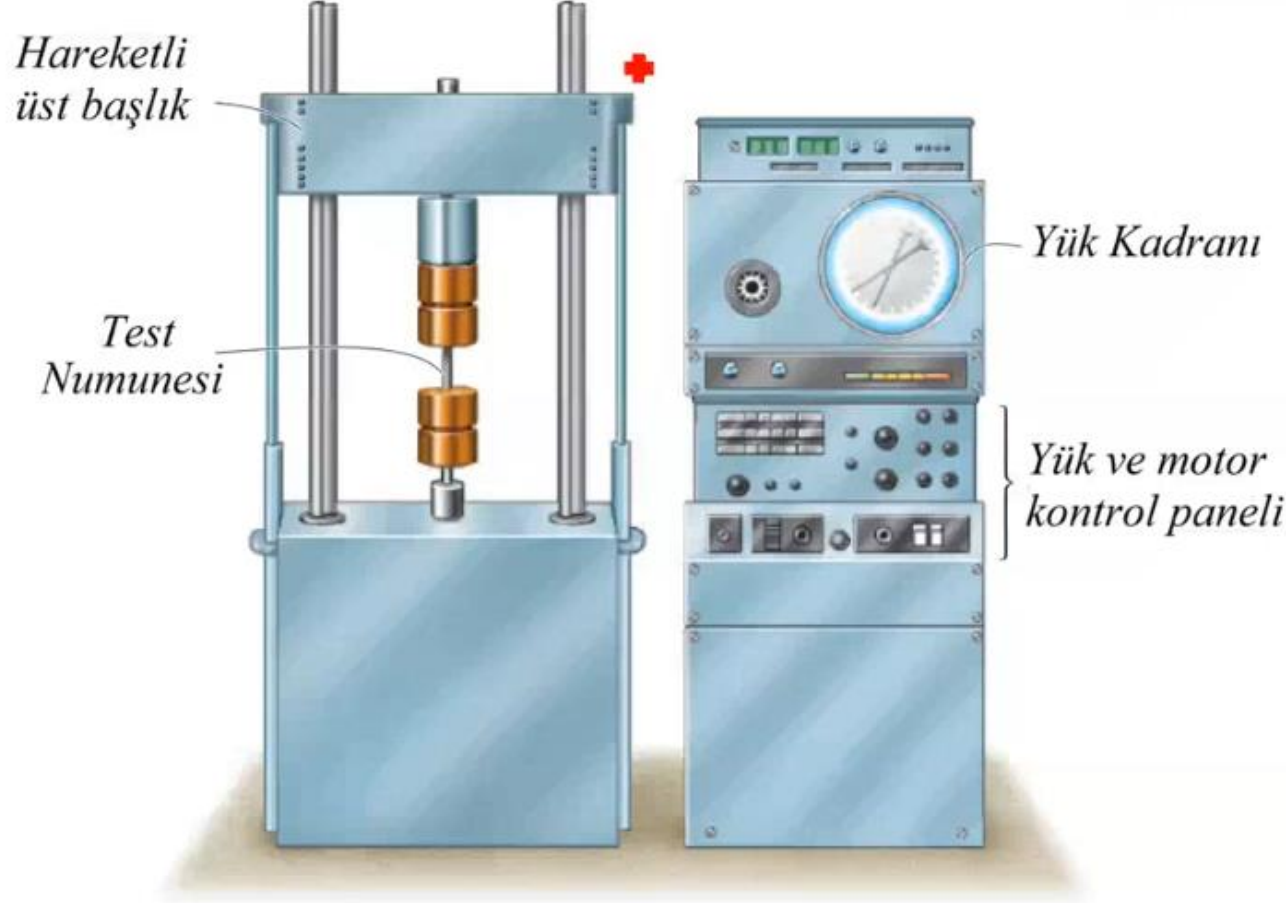


Strengeç (Strain-gauge) bağlanmış bir numune

## Malzemenin Mekanik Özellikleri

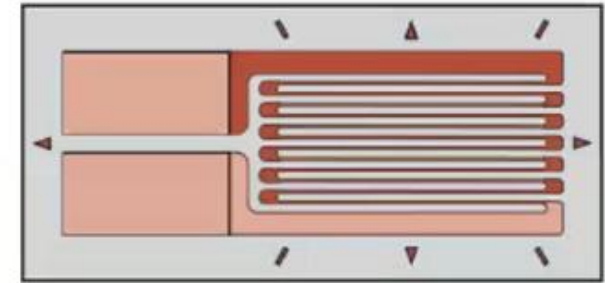
### Çekme ve Basma Testi

➤ Standart şekil ve büyüklükteki bu numune aşağıda gösterilen bir test makinesinde test edilir:



Çekme / Basma test makinesi

- Cihazda uygulanan  $P$  yükü sık aralıklarla kaydedilir.
- Numunedeki uzama, bir **kumpas** veya **ekstansometre** adı verilen mekanik veya optik bir cihaz kullanılarak yapılan ölçümler ile şekil değişimi hesaplanabilir.
- Ya da elektriksel direnç esasına dayanan gerinim ölçer (strengaç) kullanarak normal şekil değişimini doğrudan numune üzerinde okumak mümkündür.



Strengaç

Şekil değişimi ölçmek istediğimiz yön doğrultusunda, özel bir yapıştırıcı ile numuneye bağlanır.



## 3.2 Gerilme – Şekil Değişirme Diyagramları

### Malzemenin Mekanik Özellikleri

#### Gerilme – Şekil Değişirme Diyagramları

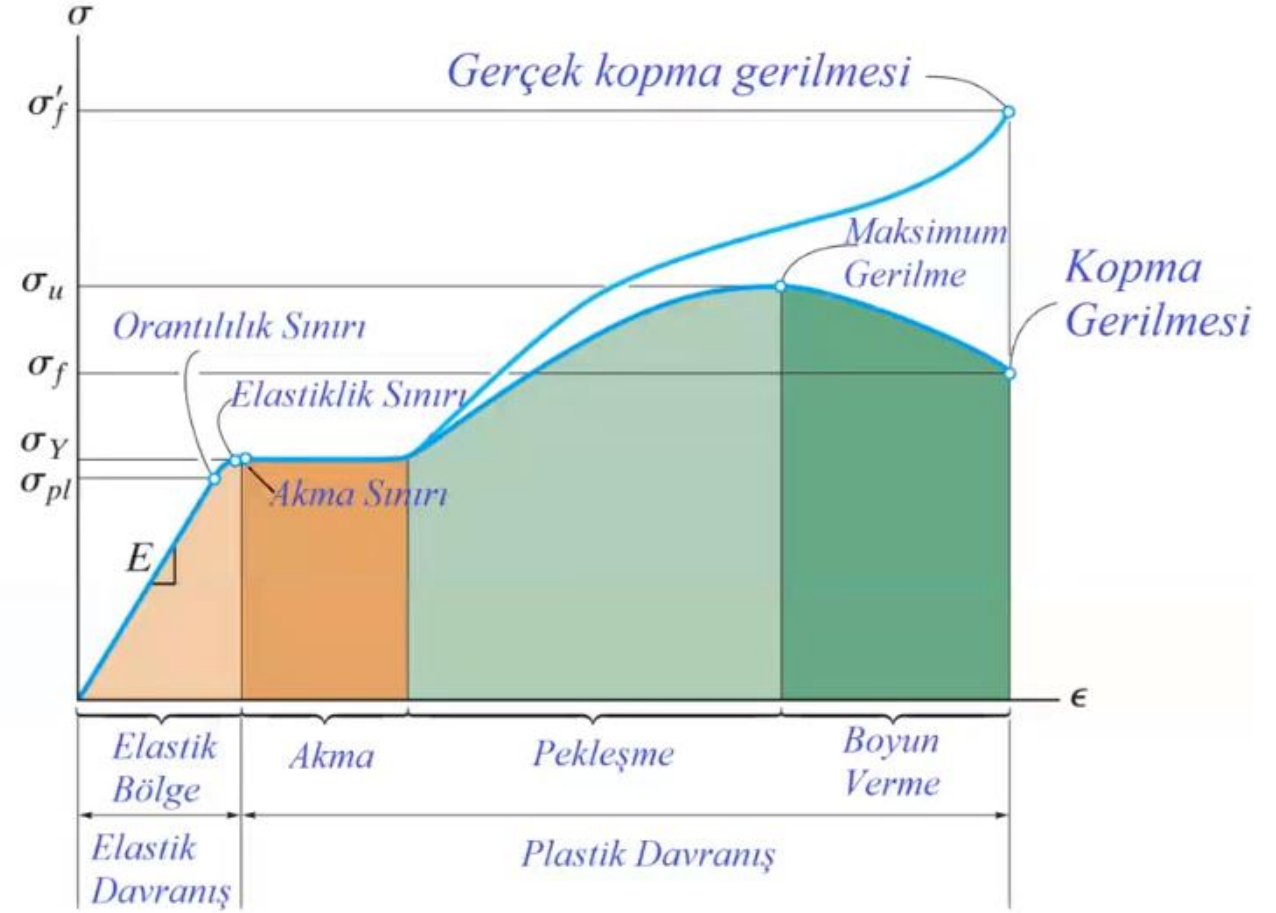
- Elde edilen çekme veya basma değerlerinden, **gerilme-şekil değişirme diyagramını** çizmek mümkündür.
- Bu diyagrama gerilme-şekil değişirme diyagramı denir.
- Kaydedilen veriler kullanılarak **nominal** veya **mühendislik gerilmesi** denilen gerilme aşağıdaki gibi hesaplanır:

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

- Benzer şekilde, **nominal** veya **mühendislik şekil değişimi** de aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$\varepsilon = \frac{\delta}{L_0}$$

- Burada,  $\delta$  ölçülen boy değişimi ve  $L_0$  ise orijinal boydur.
- Dikkat edilirse normal birim şekil değişimi  $L_0$  boyunca sabit olduğu kabul edilmiştir.



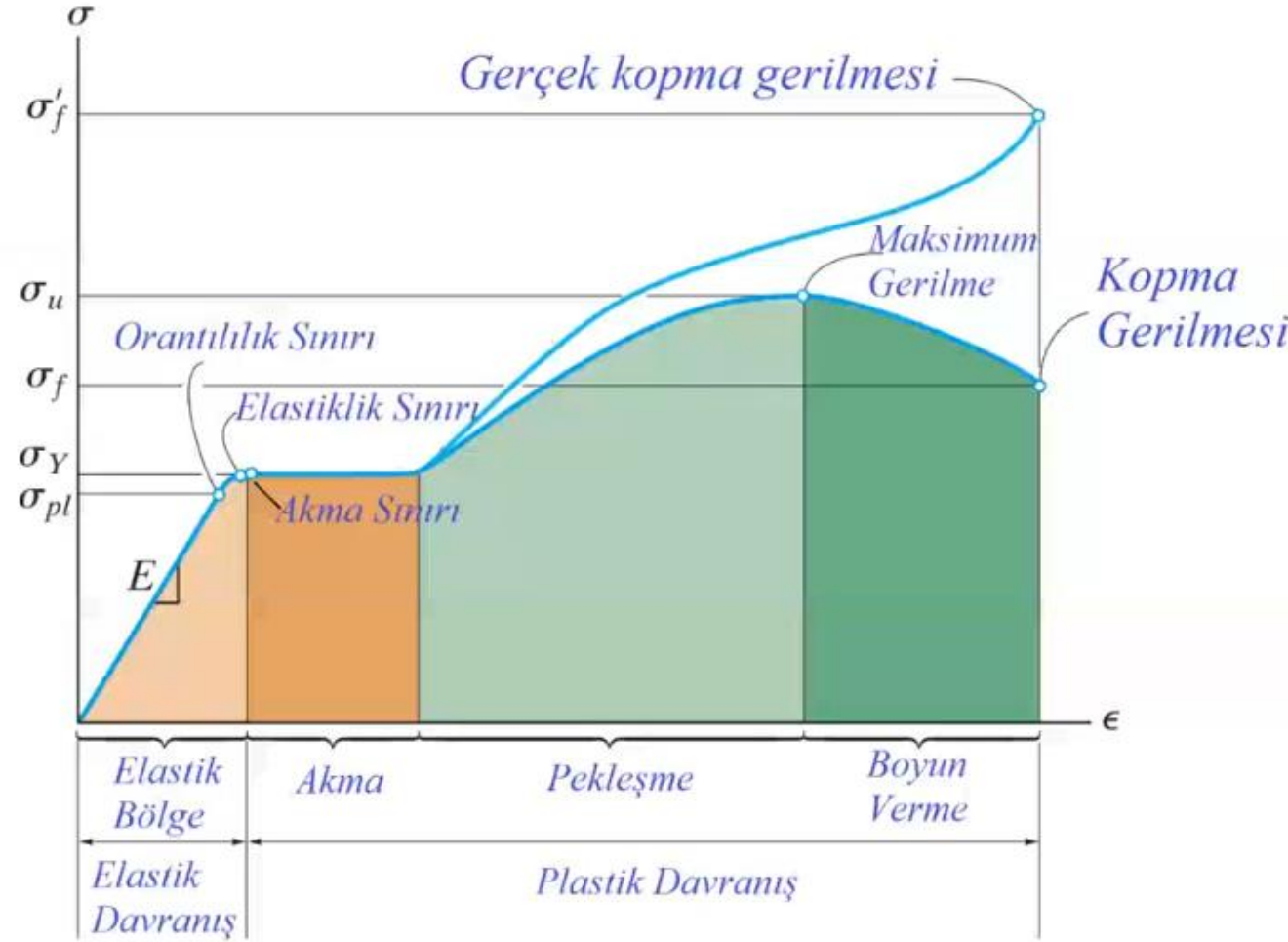
Nominal ve gerçek gerilme-şekil değişirme diyagramı

Sünek bir malzeme için gerilme-şekil değişirme diyagramı

# Malzemenin Mekanik Özellikleri

## Gerilme – Şekil Değiştirme Diyagramları

- Gerilme-şekil değiştirme diyagramı mühendislikte son derece önemlidir, çünkü malzemenin boyutlarından bağımsız olarak malzemenin çekme veya basınç dayanımı ile ilgili önemli bilgiler verir. ✓ +
- Bu eğriden, malzemenin şekil değiştirme miktarına göre dört farklı şekilde davrandığı görülebilir:
  - elastik davranış,
  - akma davranışı,
  - pekleşme davranışı ve
  - boyun verme (necking) davranışı.
- Şimdi bu dört farklı durumu inceleyelim.



## Nominal ve gerçek gerilme-şekil değiştirme diyagramı

Sünek bir malzeme için gerilme-şekil değiştirme diyagramı

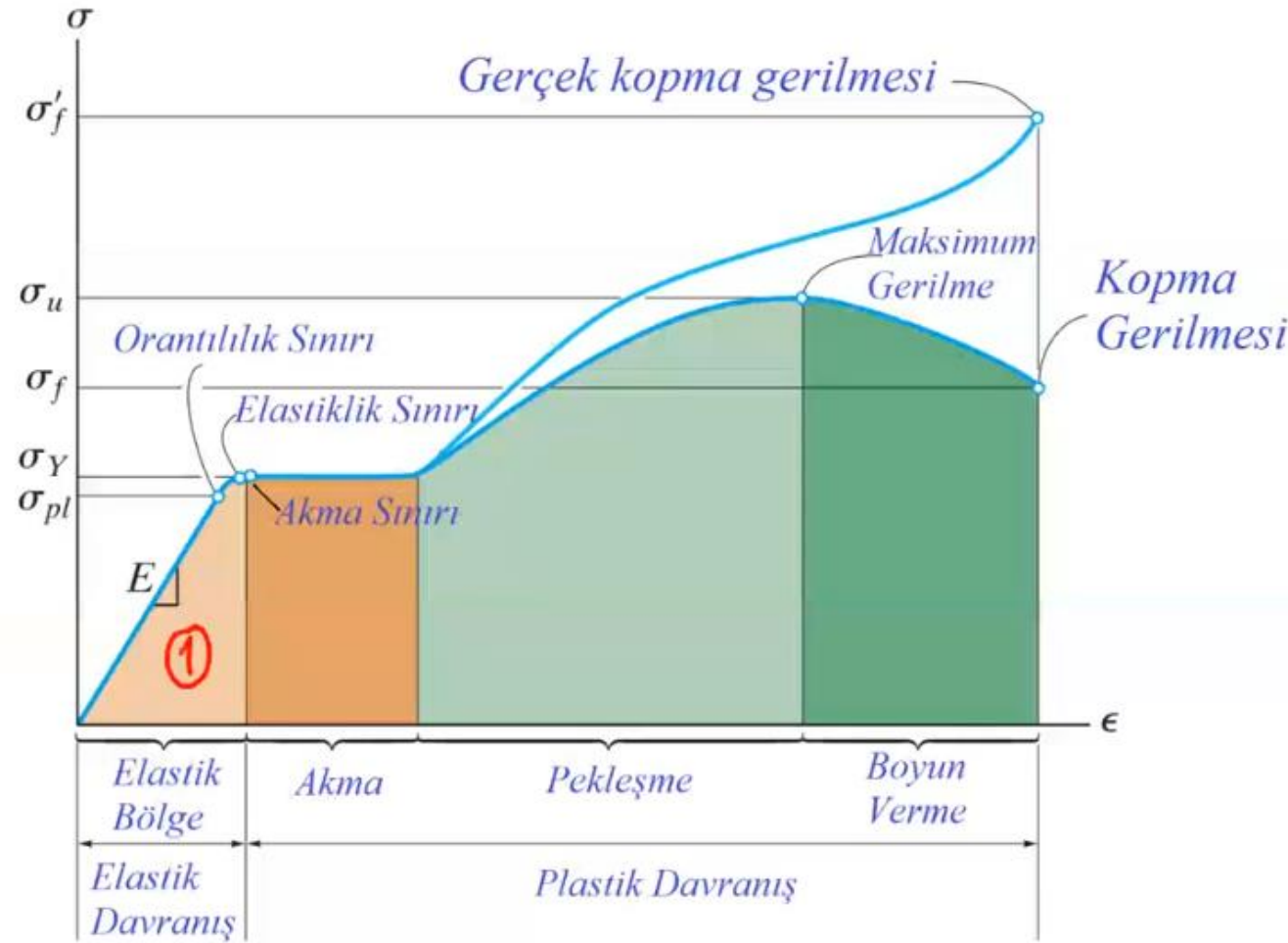


# Malzemenin Mekanik Özellikleri

## Gerilme – Şekil Değiştirme Diyagramları

### Elastik Davranış Bölgesi:

- Bu davranış, birim şekil değişimleri kavun-ıçı bölgede olduğu zaman oluşur.
- Burada eğri doğrusal çizgi **+** şeklindedir; yani şekil değiştirme gerilme ile orantılıdır.
- Bu bölgede malzeme lineer elastik davranıyor denir.
- Bölgenin üst gerilme limiti, **orantılılık limiti** olarak adlandırılır ( $\sigma_{pl}$ ).
- Malzeme, bu davranışı elastik limite kadar devam ettirir.
- Yük malzeme üzerinden kaldırıldığında şekil değiştirmeler sıfıra döner.



Nominal ve gerçek gerilme-şekil değiştirme diyagramı

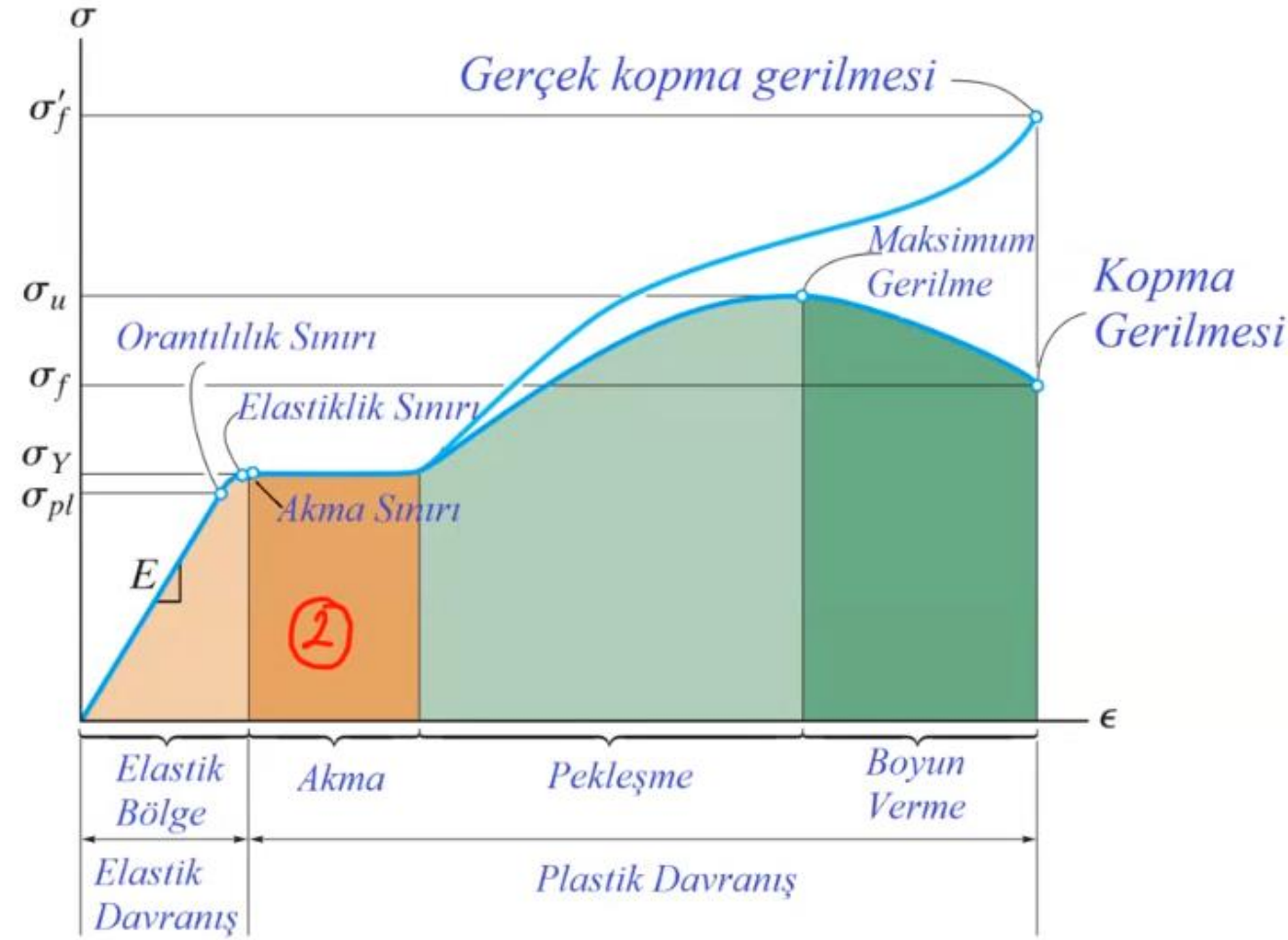
Sünek bir malzeme için gerilme-şekil değiştirme diyagramı

# Malzemenin Mekanik Özellikleri

## Gerilme – Şekil Değiştirme Diyagramları

### Akma Bölgesi: ?

- Gerilmeler elastik limiti biraz daha aştığında malzemede kırılmalar gerçekleşir ve kalıcı şekil değişimleri oluşur.
- Bu davranışa **akma davranışı** denir.
- Bu davranış, birim şekil değişimler turuncu bölgede olduğu zaman oluşur.
- Akmaya yol açan gerilmeye **akma gerilmesi** ( $\sigma_Y$ ) veya **akma noktası** denir.
- Akma noktasına ulaştıktan sonra, gerilmelerde bir artış olmadan şekil değiştirmelerde ciddi bir artış görülür.
- Bu nokta, bazı malzemeler için belirgin, bazıları için ise değildir.



Nominal ve gerçek gerilme-şekil değiştirme diyagramı

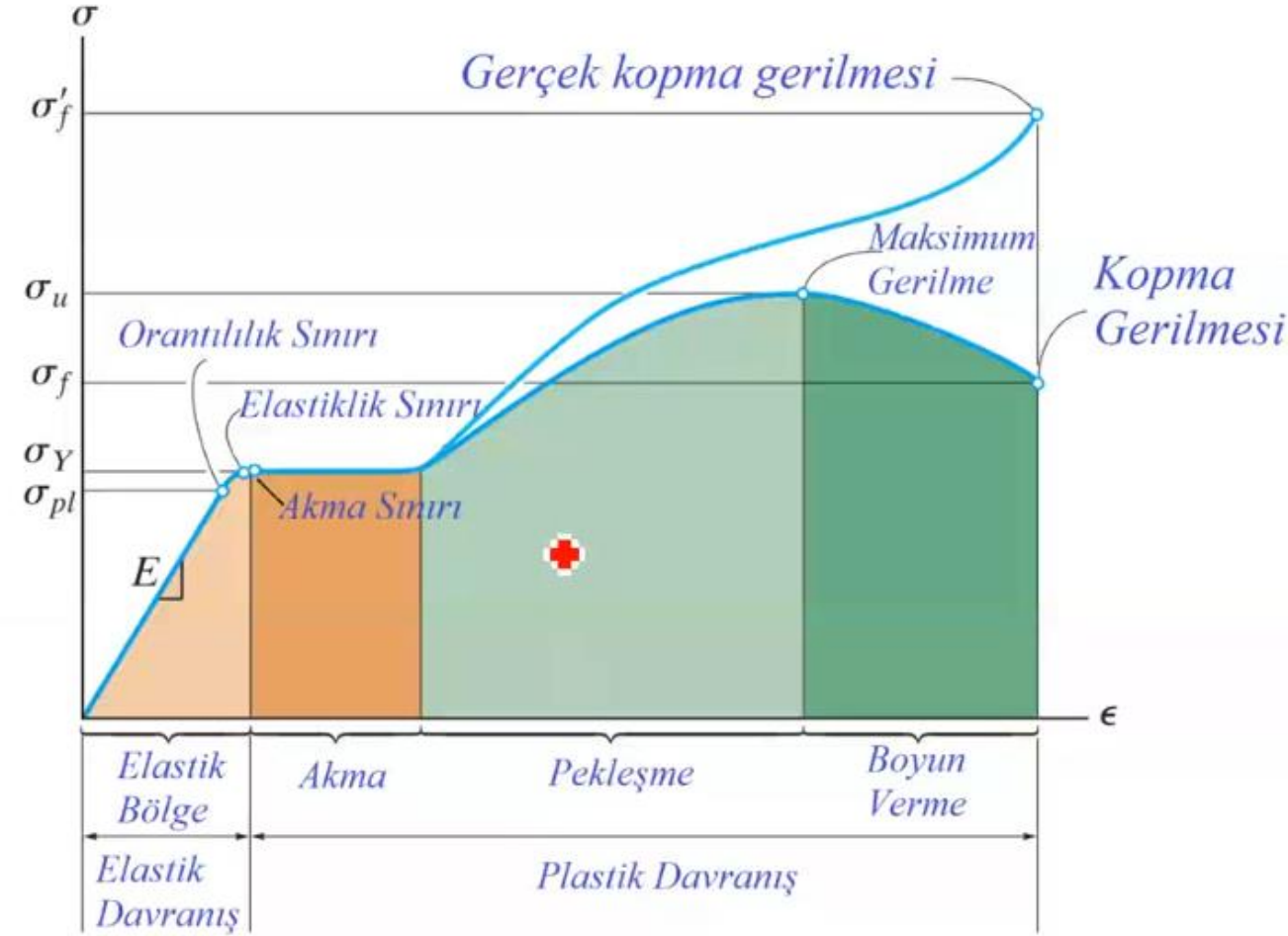
Sünek bir malzeme için gerilme-şekil değiştirme diyagramı

# Malzemenin Mekanik Özellikleri

## Gerilme – Şekil Değişirme Diyagramları

### Pekleşme Bölgesi:

- Pekleşme davranışı şekil değişimleri açık yeşil bölgede olduğu zaman gerçekleşir.
- Akma son bulduktan sonra gerilmeler tekrar artmaya başlar ve maksimum gerilmeye ( $\sigma_u$ ) kadar çıkar.
- Gerilmelerdeki bu yükselme eğilimine **pekleşme** denir.
- Test esnasında numune uzadıkça, en kesit alanı azalmaya başlar.



Nominal ve gerçek gerilme-şekil değiştirme diyagramı

Sünek bir malzeme için gerilme-şekil değiştirme diyagramı



# Malzemenin Mekanik Özellikleri

## Gerilme – Şekil Değişirme Diyagramları

### Boyun (Necking) Bölgesi:

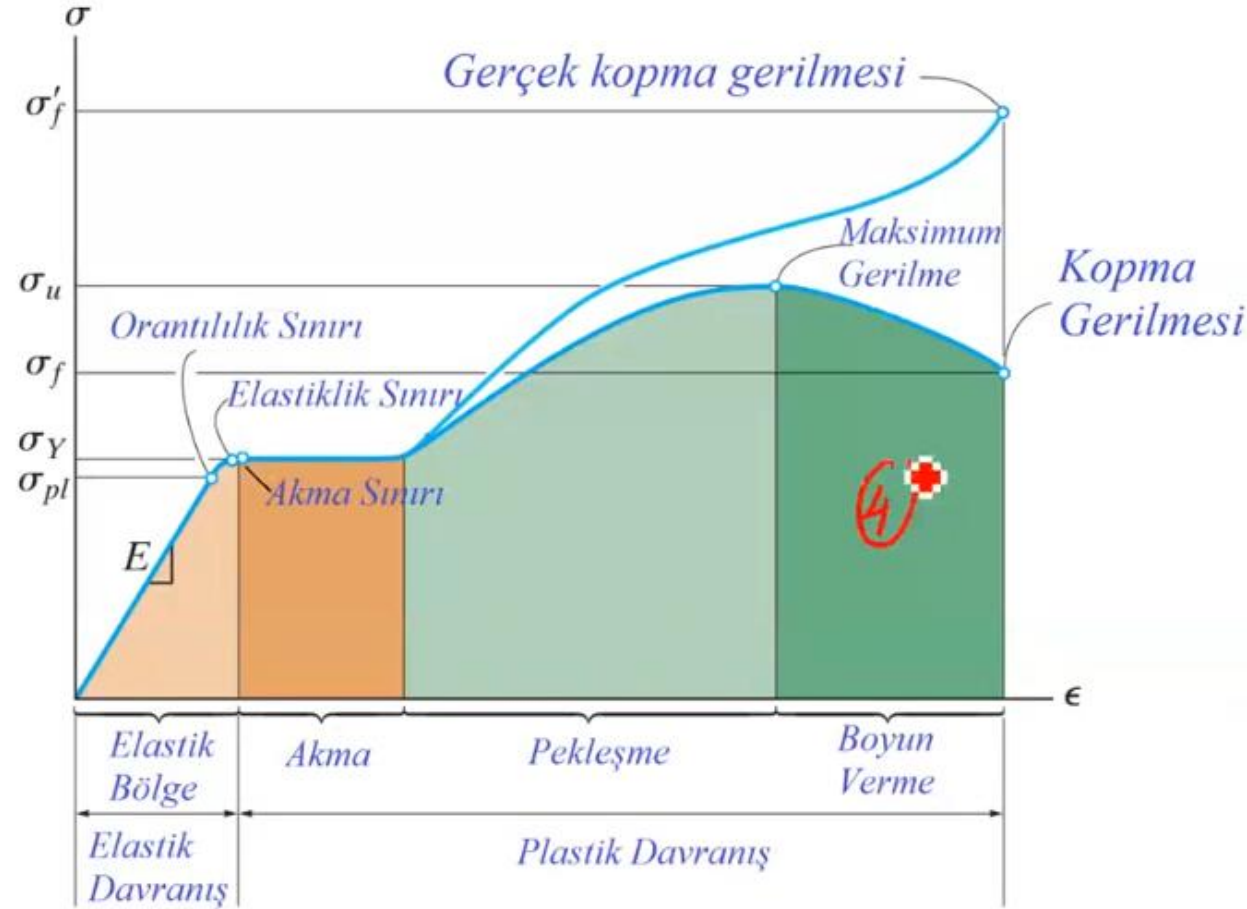
- Maksimum gerilmeye ( $\sigma_u$ ) ulaşıldıktan sonra malzemenin en kesit alanı lokal olarak azalmaya başlar.
- Uzama devam ettikçe yavaş yavaş **boyun bölgesi** oluşur.
- En kesit alanı sürekli azaldığı için, taşınacak kuvvet dolayısıyla da gerilme gitgide azalır.
- Böylece diyagram aşağıya doğru kıvrılır ve kopma gerilmesine ulaştığında koparak yük taşıyamaz hale gelir.



Boyun verme



Sünek malzemenin kopması



Nominal ve gerçek gerilme-şekil değiştirme diyagramı

Sünek bir malzeme için gerilme-şekil değiştirme diyagramı

### 3.3 Sünek ve Gevrek malzemeler

#### Malzemenin Mekanik Özellikleri

##### Sünek ve Gevrek Malzemeler;

$\sigma$ - $\epsilon$  eğrilerinin karakteristiklerine bağlı olarak, malzemeler **sünek** veya **gevrek malzemeler** olarak sınıflandırılabilir.

##### Sünek Malzemeler:

- Kopmadan önce büyük deformasyonlar (şekil değişimleri) gösteren malzemelere **sünek malzemeler** denir.
- Yumuşak çelik bu malzemeye iyi bir örnektir.
- Mühendisler sünek malzeme kullanmayı tercih ederler çünkü bu malzemeler şok veya enerji yutma kapasitesine sahiptir ve kopmadan önce büyük deformasyonlar gösterirler.
- Bir malzemenin sünekliğini tanımlarken uzama miktarından yararlanılabilir:

$$Uzama[\%] = \frac{L_f - L_0}{L_0} \times 100$$

- Yüzde kesit daralması da sünekliği belirlemede kullanılan başka bir yoldur.

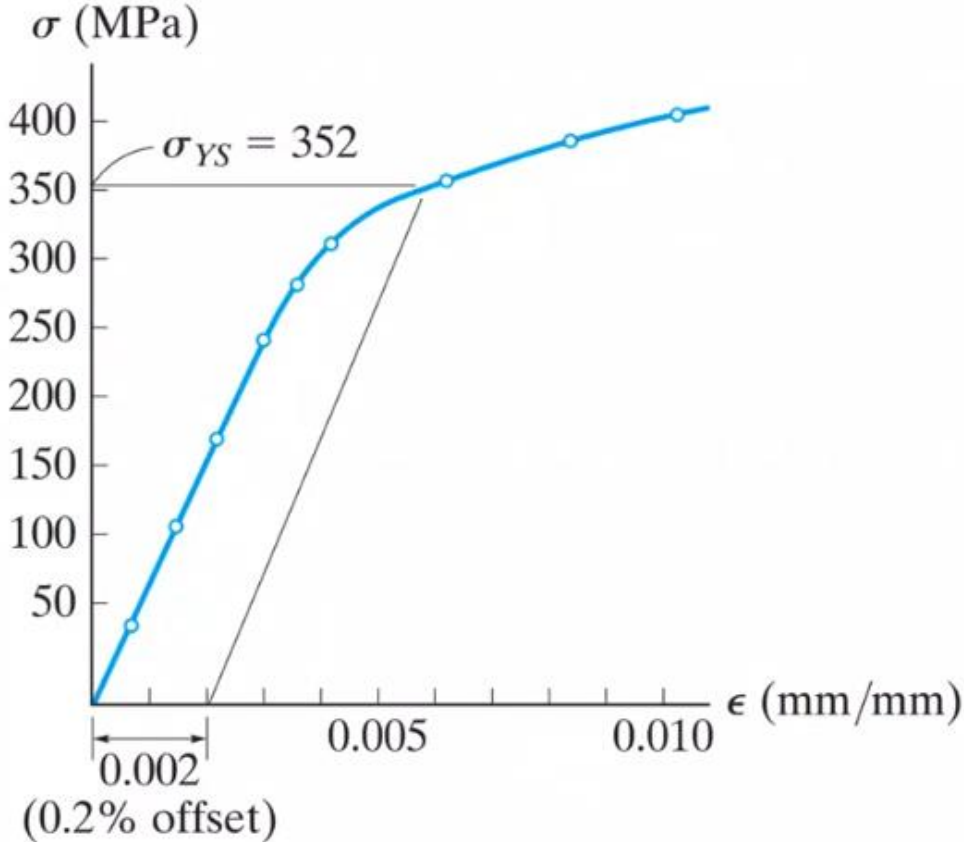
$$KD[\%] = \frac{A_0 - A_f}{A_0} \times 100$$

# Malzemenin Mekanik Özellikleri

## Sünek ve Gevrek Malzemeler;

### Sünek Malzemeler:

- Çelik dışında başka birçok sünek malzeme vardır. (Örneğin pirinç, çinko veya alüminyum alaşımlı malzemeler.)
- Birçok metal malzemede sabit akma bölgesi yumuşak çelikteki kadar belirgin değildir.
- Buna örnek alüminyum verilebilir. Bu malzemede belirgin bir akma noktası yoktur:



- Alüminyumun akma dayanımı ( $\sigma_Y$ ) offset metodu ile bulunur.
- Bu ders kapsamında, özellikle belirtilmediği sürece, akma dayanımı, akma noktası, elastik limit ve orantılılık limiti aynı nokta olarak alınacaktır.
- Çünkü pratikte, bunları deneysel yöntemlerle ayırt etmek kolay olmamaktadır.

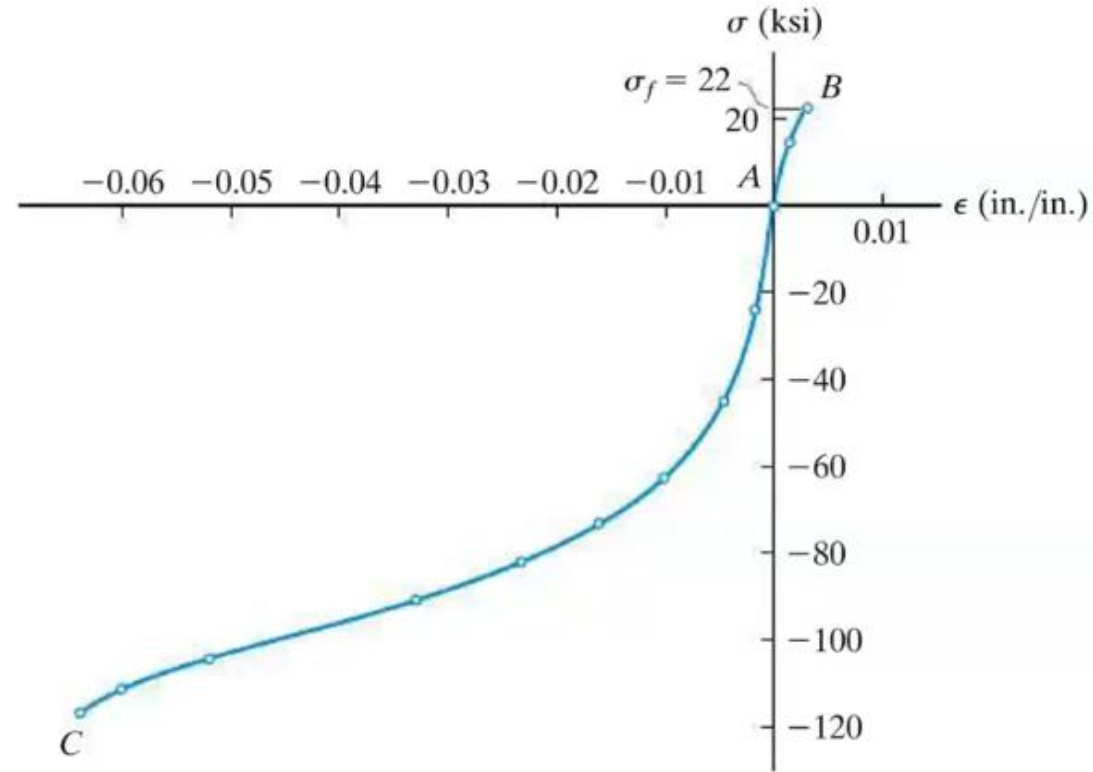


# Malzemenin Mekanik Özellikleri

## Sünek ve Gevrek Malzemeler;

### Gevrek Malzemeler: ✓

- Kopmadan önce herhangi bir belirgin akma belirtisi göstermeyen malzemeye **gevrek malzeme** denir.
- Dökme demir bu malzemeye iyi bir örnektir.
- Gevrek malzemeler ani kırılma gösterirler, bu nedenle dikkatli kullanılmalıdırlar.



Gri-dökme demirin gerilme-şekil değiştirme diyagramı.

- Gevrek malzemeler, çekmedeki davranışlarıyla karşılaştırıldığında, eksenel basmaya karşı çok daha yüksek bir direnç sergiler. (Grafikteki AC eğrisi)
- Numune, yük arttıkça (gerinimler arttıkça) şişer veya varil şeklini alır.



Gevrek malzemenin kopma davranışı



Basma yükü malzemenin dışarıya doğru şişmesine neden olur.

### 3.4 Hooke Yasası

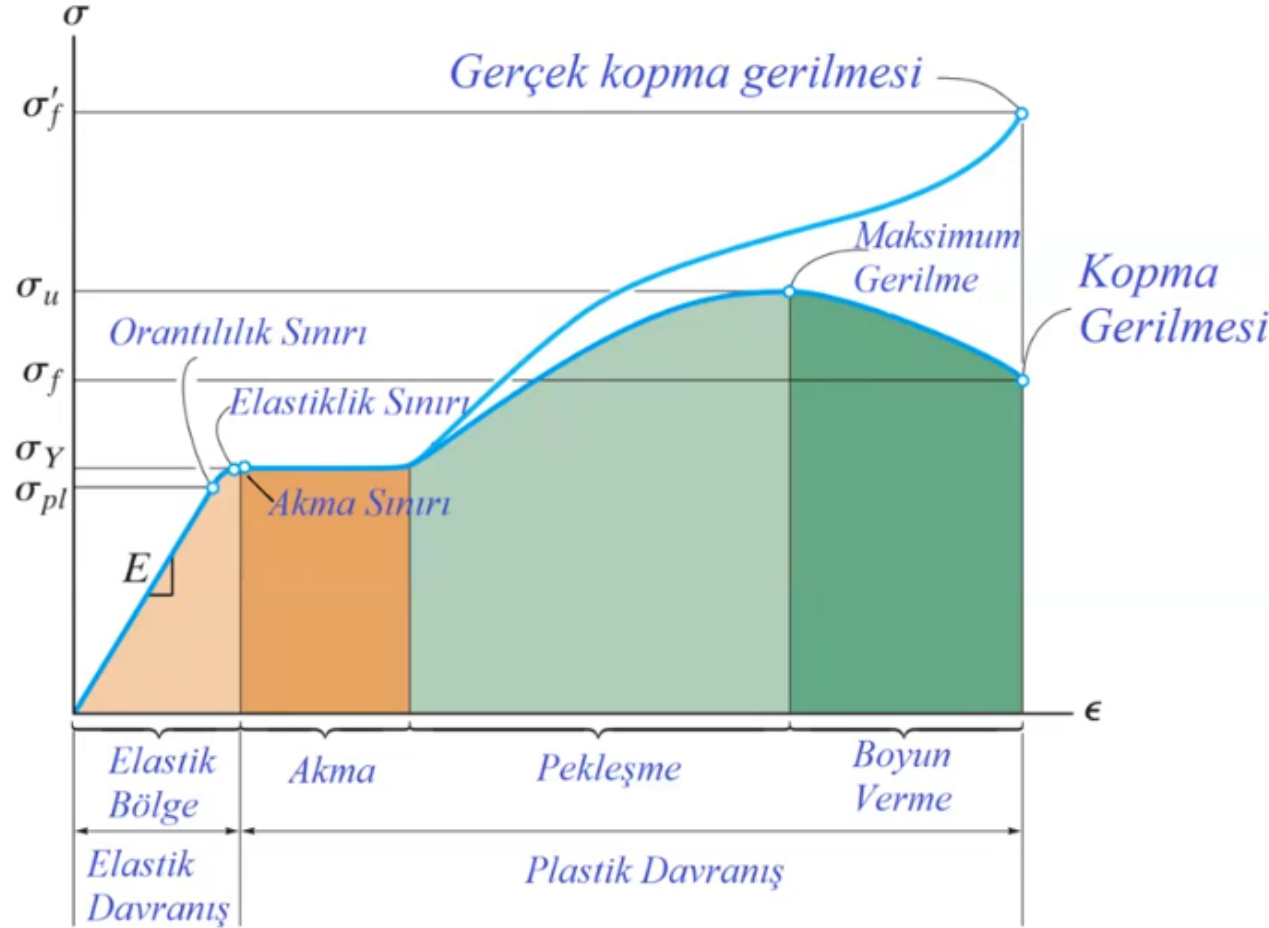
## Malzemenin Mekanik Özellikleri

#### Hooke Yasası; +

- Mühendislik malzemelerinin gerilme-şekil değiştirme diyagramları elastik bölgede lineer bir ilişki göstermektedir.
- Gerilmedeki artış, birim şekil değişimleri ile doğru orantılı bir artışa neden olmaktadır.
- Bu durum ilk defa 1676'da İngiliz bilim adamı Robert Hooke tarafından yaylar kullanılarak bulunmuştur. Matematiksel olarak aşağıdaki şekilde ifade edilir.

$$\sigma = E \varepsilon$$

- Burada **E elastisite modülü** veya **Young modülü** olarak bilinir (Thomas Young 1807).
- $\sigma$ - $\varepsilon$  grafiğindeki elastik bölgedeki **doğrunun eğimi E**'dir.
- Elastisite modülünün birimi gerilme ile aynıdır (Pascal).

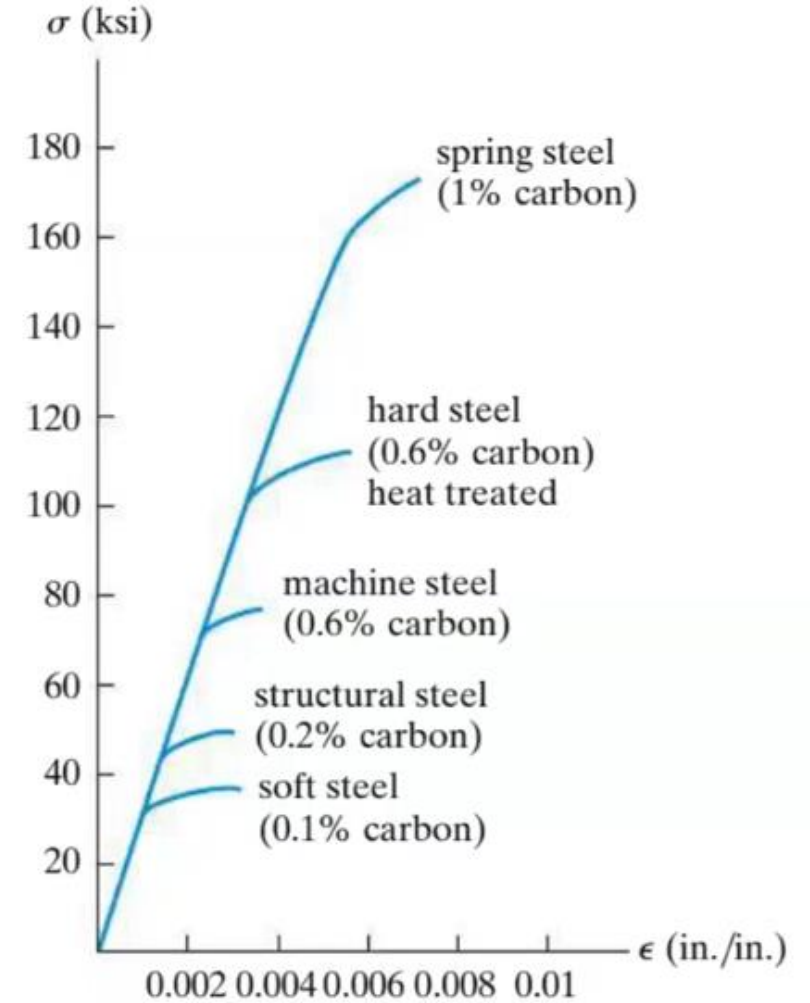


Nominal ve gerçek gerilme-şekil değiştirme diyagramı

# Malzemenin Mekanik Özellikleri

## Hooke Yasası;

- Elastisite modülü, malzemenin mekanik bir özelliğidir ve rijitlikle ilişkilidir. ✓
- Rijit malzemelerin (örnek: çelik) elastisite modülü yüksektir (200 GPa), yumuşak malzemelerin ise çok daha küçüktür (kauçuk malzemenin 0.70 MPa gibi).
- Elastisite modülü mukavemet dersinde kullanılan en önemli mekanik özelliktir.
- Dikkat edilmelidir ki, bu değer sadece ve sadece malzeme lineer bölgede kalıyorsa kullanılabilir.
- Lineer bölge dışında Hooke yasası geçerli değildir.



- Grafikte dikkat edilirse, çelikteki karbon oranına bağlı olarak orantılılık limiti değişmekteyken, hepsi hemen hemen aynı elastisite modülüne sahiptir.

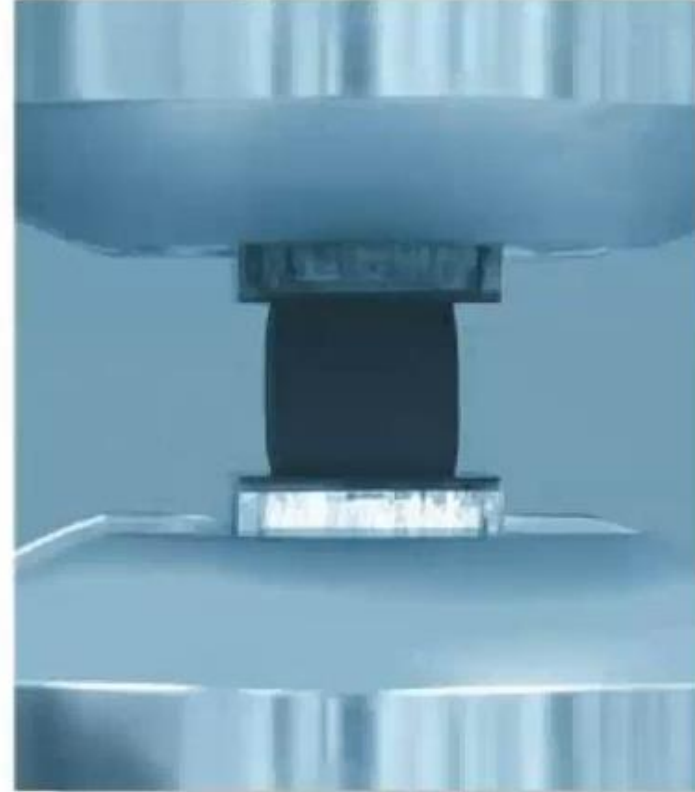
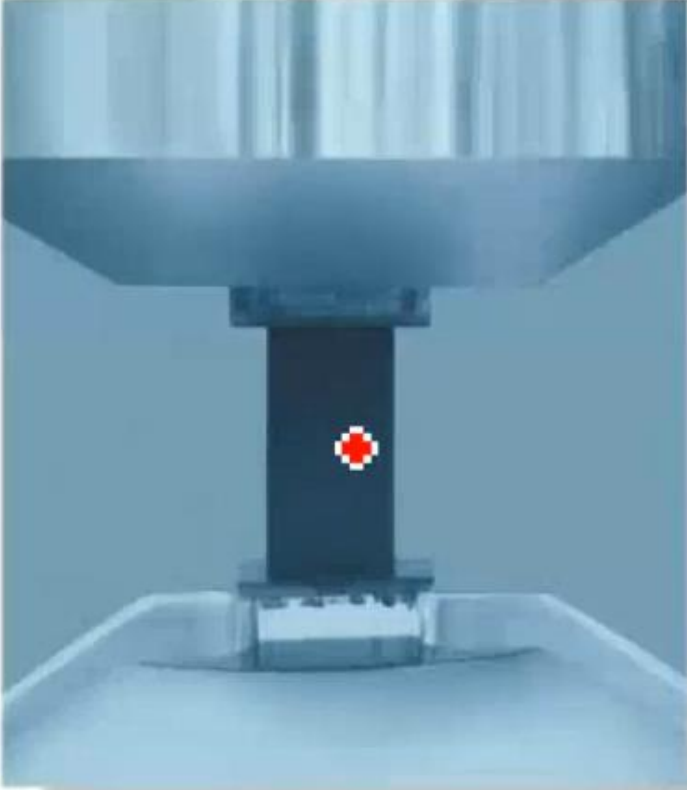


### 3.6 Poisson Oranı

## Malzemenin Mekanik Özellikleri

### Poisson Oranı;

- Bir malzeme eksenel yükleme altında, sadece boy değişimi göstermez ayrıca enine şekil değişimi de gösterir.

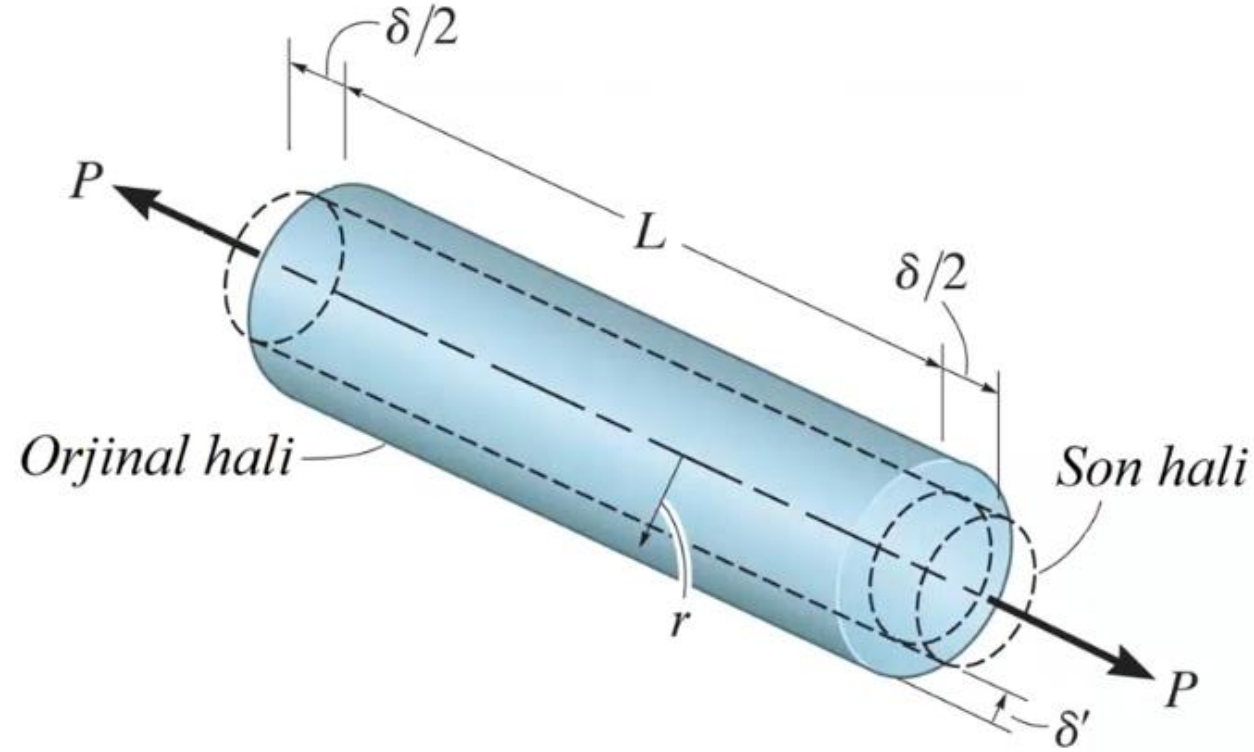


- Örneğin yukarıda gösterilen kauçuk blok basma yüküne tabi tutulduğunda bloğun boyu kısalırken aynı zamanda yanlara doğru genişlemeye başlar.

# Malzemenin Mekanik Özellikleri

## Poisson Oranı;

➤ Boyuna ve enine şekil değişimlerini aşağıdaki gibi formüle edebiliriz:



Boyuna şekil değişimi;

$$\epsilon_{long} = \frac{\delta}{L}$$

Enine şekil değişimi;

$$\epsilon_{lat} = \frac{\delta'}{L}$$

- 1800'lerde Fransız bilim adamı S.D. Poisson **malzeme elastik bölgede ise** bu iki şekil değişimini oranlarının **sabit kaldığını** göstermiştir.
- Bu orana **Poisson oranı** denir.
- Poisson oranı değeri eğer malzeme homojen ve izotropikse o malzemeye özgüdür.

$$\nu = - \frac{\epsilon_{lat}}{\epsilon_{long}}$$

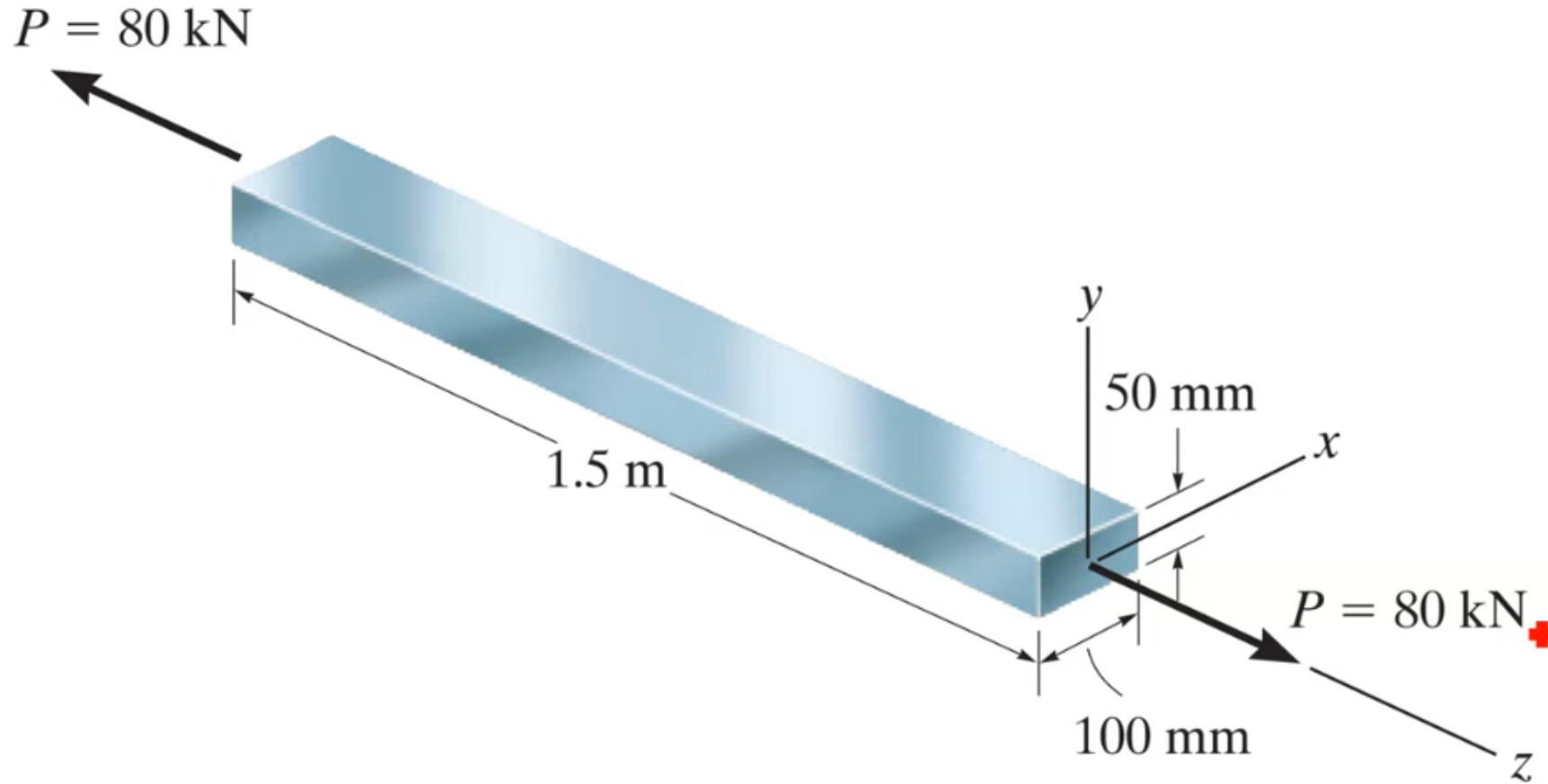
- Poisson oranı boyutsuz bir niceliktir ve mümkün olan maksimum değeri 0,5'dir. Böylece  $0 \leq \nu \leq 0,5$  olur.
- Gözeneksiz katıların çoğu için genellikle 0,25 ila 0,355 arasında bir değere sahiptir.

### Örnek 3.4

### Malzemenin Mekanik Özellikleri

#### Örnek;

Şekilde gösterilen çelik çubuk  $P = 80 \text{ kN}$ 'luk eksenel yük etkisi altındadır. Buna göre çubukta boyuna ve en kesit alanında meydana gelen şekil değişimlerini bulunuz. ( $E = 200 \text{ GPa}$  ve Poisson oranı  $\nu=0.32$ ).





## Malzemenin Mekanik Özellikleri

### Çözüm;

Çubukta meydana gelen normal gerilme;

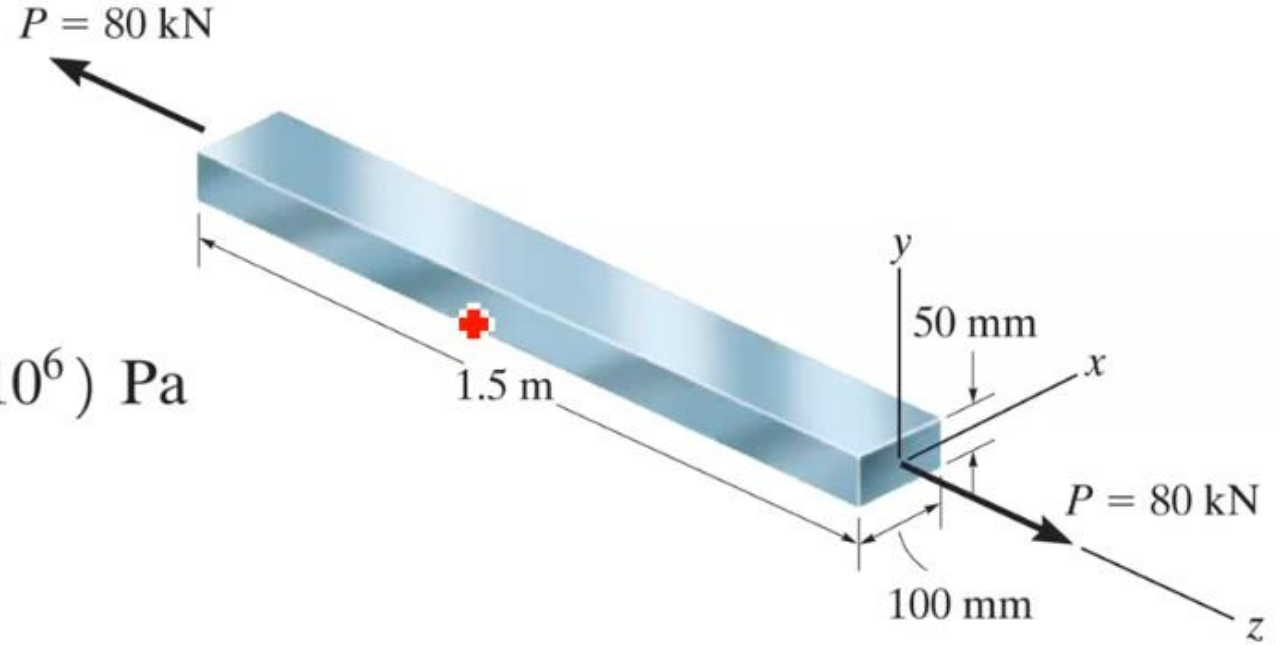
$$\sigma_z = \frac{N}{A} = \frac{80(10^3) \text{ N}}{(0.1 \text{ m})(0.05 \text{ m})} = 16.0(10^6) \text{ Pa}$$

Çubukta meydana gelen normal şekil değişimi;

$$\epsilon_z = \frac{\sigma_z}{E_\zeta} = \frac{16.0(10^6) \text{ Pa}}{200(10^9) \text{ Pa}} = 80(10^{-6}) \text{ mm/mm}$$

Çubukta meydana gelen eksenel boy değişimi;

$$\delta_z = \epsilon_z L_z = [80(10^{-6})](1.5 \text{ m}) = 120 \mu\text{m}$$



## Malzemenin Mekanik Özellikleri

Çözüm;



Malzemenin homojen ve izotropik kabulü altında:

$$\epsilon_x = \epsilon_y = -\nu_{\zeta} \epsilon_z = -0.32[80(10^{-6})] = -25.6 \mu\text{m/m}$$

Bu durumda çubuk en kesitinde meydana gelen değişimler;

$$\delta_x = \epsilon_x L_x = -[25.6(10^{-6})](0.1 \text{ m}) = -2.56 \mu\text{m}$$

$$\delta_y = \epsilon_y L_y = -[25.6(10^{-6})](0.05 \text{ m}) = -1.28 \mu\text{m}$$

