

# Uzunluk Ölçmeleri

Prof. Dr. Bahadır AKTUĐ

# Yersel Ölçmeler

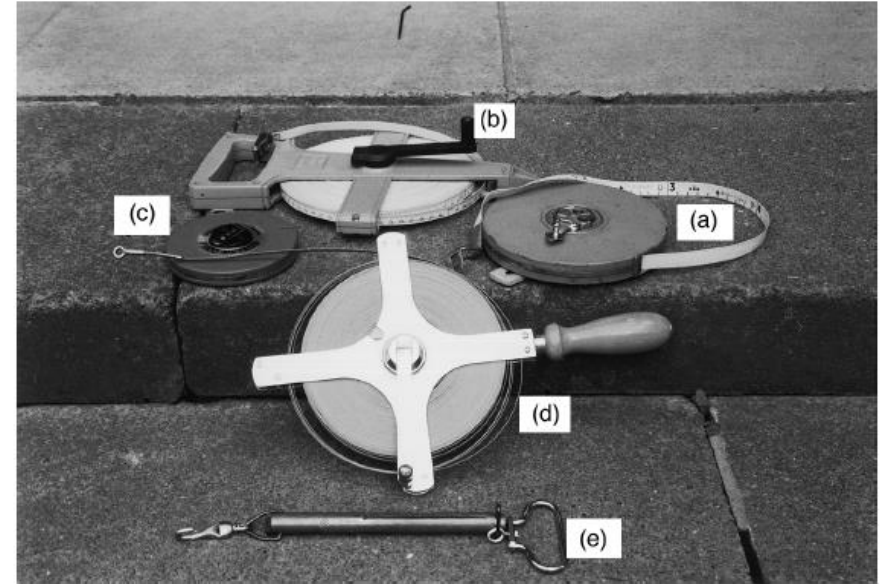
- Yersel Ölçme Sistemleri;
  - Uzunluk Ölçmeleri
  - Açı Ölçmeleri
  - Yükseklik Ölçmeleri
- Uzunluk ölçmeleri;
  - Çelik Şeritler
  - Takeometri
  - Telemetre
  - Baz lara
  - Elektronik Uzaklık Ölçerler (EDM)

# Uzunluk Ölçmeleri

- Uzunluk ölçmelerinde kullanılacak ölçme aleti, ölçülecek uzunluk ve istenilen duyarlığa göre seçilmektedir. Bazı latalar, elektronik uzaklık ölçerlerden önce uzun mesafeleri ölçmek için kullanılmış olup, günümüzde kullanılmamaktadır.

- Kısa mesafeleri için en hızlı ve en ekonomik uzunluk ölçme aleti Çelik Şerit'tir.

- Çelik Şerit'ler genel olarak 2-5-10-20 m lik uzunluklarla üretilmekte olup, daha uzun mesafelerin ölçümü birden fazla ölçüm gerektirir.



# Çelik Şerit

Uzunlukların ölçümünde ölçülerin mutlak hatası (ML)

$$M_L = f \left( L + 10\sqrt{L} \right) \text{mm}$$

eşitliği ile hesaplanır.

Burada;

L : Ölçülecek uzunluk (m), gerçek değeri bilinmediğinde ölçülen uzunluk alınabilir.

f : Arazinin cinsine bağlı olan ölçek katsayısı olup 0,0002 ; 0,0004 gibi değerler olur.

# Çelik Şerit

Kısa kenarların ölçümünde önceki eşitlik kısaltılarak uzunluk ölçümü mutlak hatası (ML)

$$M_L = \mu \cdot L$$

eşitliği ile hesaplanır.

Burada;

$\mu$  : 1/1000 veya 1/4000 olan ölçek katsayısıdır.

# Çelik Şerit

Çelik Şeritle yapılan Uzunluk Ölçümündeki Hatalar genel olarak aşağıdaki şekilde gruplandırılabilir:

- Doğrultuya girme hatası
- Sıcaklık hatası
- Germe kuvveti hatası
- Arazi eğim hatası
- Sarkma hatası
- Çelik şerit tutma ve okuma hatası
- Çelik şerit kontrol hatası

# Çelik Şerit

## Doğrultuya Girme Hatası



$d$  : sapma miktarı

$L_0$  : Çelik şerit ile ölçülen ölçülen uzunluk

$L$  : Ölçülen  $L_0$  uzunluğunun gerçek doğru üzerindeki projeksiyonu

Bu hata ne tür bir hatadır? Uzunluk ölçümüne nasıl etki eder?

# Çelik Şerit

## Doğrultuya Girme Hatası



$d$  : sapma miktarı

$L_0$  : Çelik şerit ile ölçülen ölçülen uzunluk

$k$  : Doğrultudan kaçış miktarı olmak üzere

Doğrultuya iyi giremeden doğan hata  $d$  :

$$d = L_0 - L = \frac{k^2}{2L_0^2} \quad ; \quad L = L_0 - \frac{k^2}{2L_0^2}$$



# Çelik Şerit

Sıcaklığa Bağlı Hata:

Uzunluk ölçümündeki sıcaklık etkisi aşağıdaki şekilde ifade edilir:

$$L_0 - Lt = \alpha L_0 (t_0 - t)$$

eşitliği ile yapılır. Burada ;

$\alpha$  : çelik şerit genleşme katsayısı ( 0.0000115 m/1c<sup>0</sup> )

$t_0$  : çelik şerit ayar sıcaklığı

$t$  : ölçü sırasındaki hava sıcaklığıdır.

# Çelik Şerit

Germe Hatası:

Germe hatası, karşılıklı tutulan çelik şerit'in farklı germe kuvvetleriyle çekilmesi sonucu oluşur.

$$\frac{L_0 - L}{L_0} = (P_0 - P) \frac{1}{W.E}$$

eşitliği ile hesaplanır. Burada

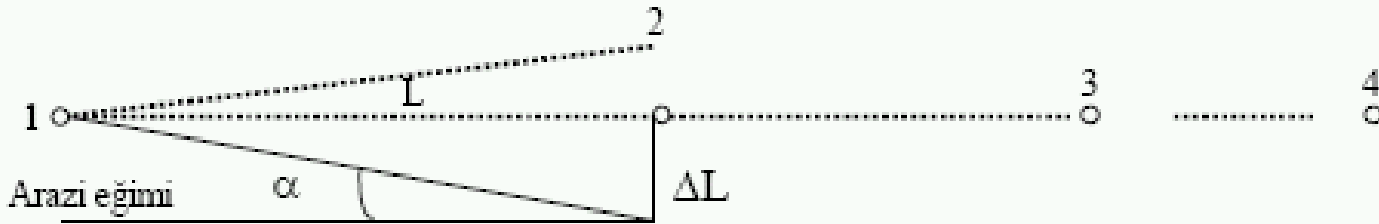
- P : Ölçü sırasındaki germe kuvveti (kg)
- P<sub>0</sub> : Komparatorda (ayar) germe kuvveti (kg)
- W : Çelik şerit enine kesit alanı mm<sup>2</sup>
- E : Çelik şerit elastikiyet modülü (kg/mm<sup>2</sup>)

# Çelik Şerit

Arazi Eğimine Bağlı Hata:

Eğimli arazide uzunluk ölçülmesi sırasında oluşur.

$$\Delta L = L_0 - L = 2L_0 \sin^2 \frac{\alpha}{2}$$



Rölatif Hata :

$$\frac{L_0 - L}{L_0} = 2 \sin^2 \frac{\alpha}{2}$$

**Yokuş yukarı veya aşağı  
olması farkeder mi?**

# Çelik Şerit

## Arazi Eğimine Bağlı Hata:

Eğer noktaların yükseklikleri biliniyor ve kot farkı ( h ) ise ve  $1,5 < h \leq 2$  m ise

$$L - L_0 = \frac{h^2}{2L_0} \quad (\text{DÜZELTME})$$

Eğer  $h > 2$  m ise DÜZELTME.

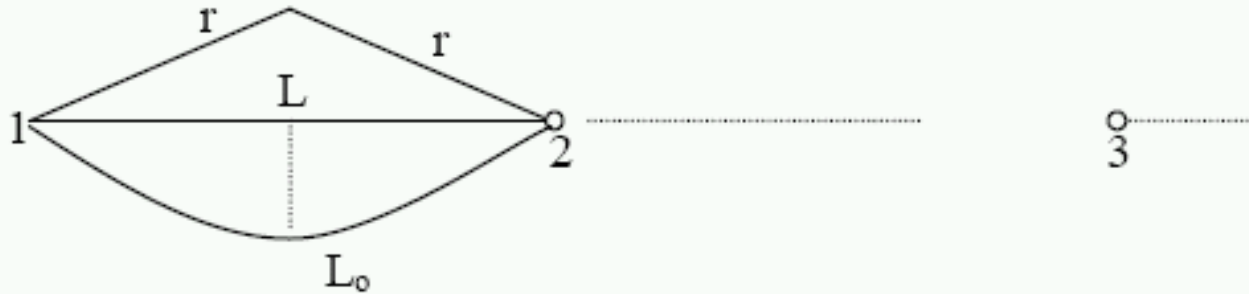
$$L - L_0 = \frac{h^2}{2L_0} + \frac{h^4}{8L_0^3}$$

Bu hata ne tür bir hatadır? Uzunluk ölçümüne nasıl etki eder?

# Çelik Şerit

Sarkma Hatası:

Şeritin uygun şekilde gerdirilmemesi sonucu oluşur.



$h$  : sarkma hatası

$$\text{hata} \rightarrow \Delta L = L_0 - L = + \frac{8}{3} \frac{h^2}{L_0} \quad (11) \quad \text{Düzeltilme her zaman (-) işaretlidir.}$$

# Çelik Şerit

## Okuma ve Tutma Hatası:

Bu hatalar şerit metrenin sabitlenmesi ile okumaya bağlı olarak meydana gelir.

Ölçülecek uzunluğun iki ucuna çivi çakılmış ise 3-5 mm hassasiyet ; çelik şeridin iki ucu önceden çakılan kazıklar üzerinde işaret ediliyorsa tespit hassasiyeti 0.5-1 mm ; iki uç toplu iğne ile tespit edilmiş ise tespit hassasiyeti 0.3-0.5 mm dir.

# Çelik Şerit

## Çelik Şerit Kontrol Hatası:

Çelik şeritin üzerinde gösterilen büyüklüklerin , kalibrasyon sonucu belirlenen daha uzun veya kısa olması sonucu oluşan hatadır.

$$\Delta L_k = J - 20.000 \text{ m}$$

Şeridin birisi uzunluktaki komparator hatası  $d_j \geq$

$$d_j = \frac{\Delta L_k}{J} = \frac{J - 20,000}{J} = \frac{J - 20,000}{20,000} = \frac{J}{20,000} - 1$$

olarak belirlenir. Ölçülen  $L_0$  uzunluğunun düzeltilmiş değeri  $L$

$$L = L_0 \mp \Delta L_k = L_0 \left( 1 \mp \frac{J - 20,000}{20,000} \right)$$

eşitliği ile hesaplanır.

# Elektronik Uzunluk Ölçerler

- ✓ Işık hızı belirleme amaçlı çalışmalar
- ✓ Fizeau'nun 1849 yılındaki çalışması
- ✓ 1862 yılında Foucault,
- ✓ 1927 yılında Michelson
- ✓ 1936 yılında S.S.C.B.
- ✓ AGA Firması, 1950 yılında Geodimeter
- ✓ 1960'ların sonlarında ticari ürünler



# Elektronik Uzunluk Ölçerler

## Ölçme Yöntemleri:

Elektronik uzaklık belirlemede aletler farklı yöntemler ile uzaklık belirleyebilirler:

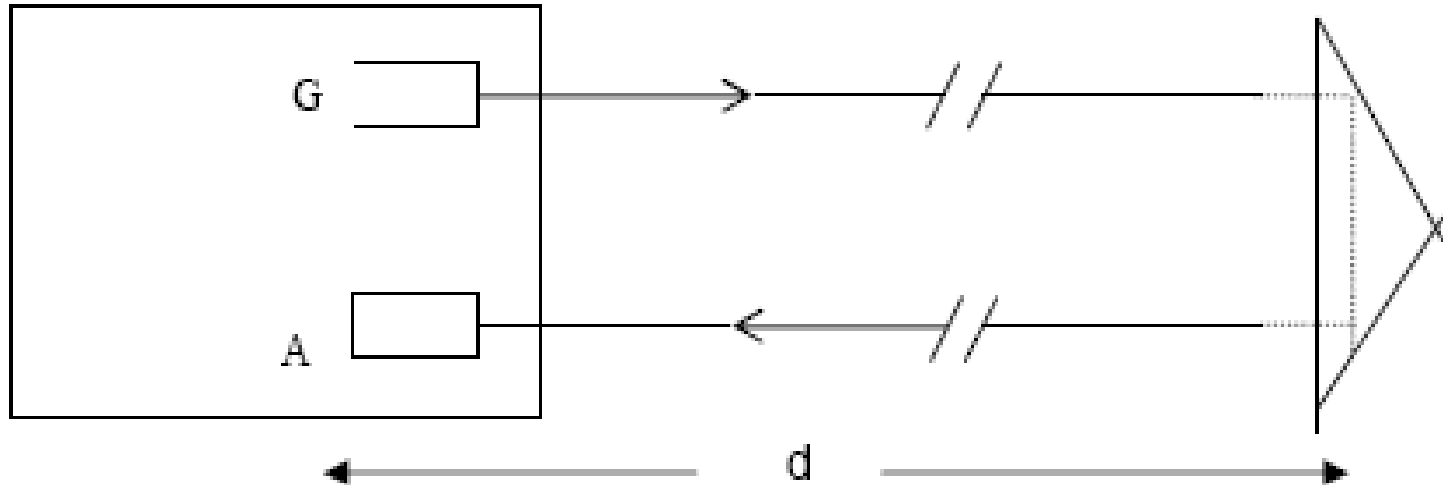
- Pulse Yöntemi
- Faz Farkı Yöntemi
- Doppler
- Enterferometri



# Elektronik Uzunluk Ölçerler

## Pulse Yöntemi:

Bu yöntemde, EDM aletinden gönderilen dalga, yansıtıcı hedefe gider ve geri döner, böylece aradaki  $d$  mesafesinin iki katı kadar yol kat eder.



# Elektronik Uzunluk Ölçerler

## Pulse Yöntemi:

## Elektromanyetik dalganın gidiş-dönüş seyir zamanının ölçülmesiyle;

$$2d = c \cdot \Delta t'$$

$$= c(t_G - t_A)$$

eşitliği ile bulunur. Burada

$d$  = Alet ve hedef arasındaki uzunluk

$c$  = Ortamdaki ışık hızı

$\Delta t'$  = Dalganın gidiş-geliş (seyir) süresi

$t_G$  = Dalganın,  $G$  kapısından çıkış zamanı

$t_A$  = Dalganın,  $A$  kapısından giriş zamanı

Dalganın ortamdaki hızının doğru olarak belirlenmesi ölçüm duyarlığının artırılması için zorunludur. Bu amaçla;

Kuru sıcaklık,

Islak sıcaklık,

Basınç,

Nem vb. bilgilere ihtiyaç duyulur.

# Elektronik Uzunluk Ölçerler

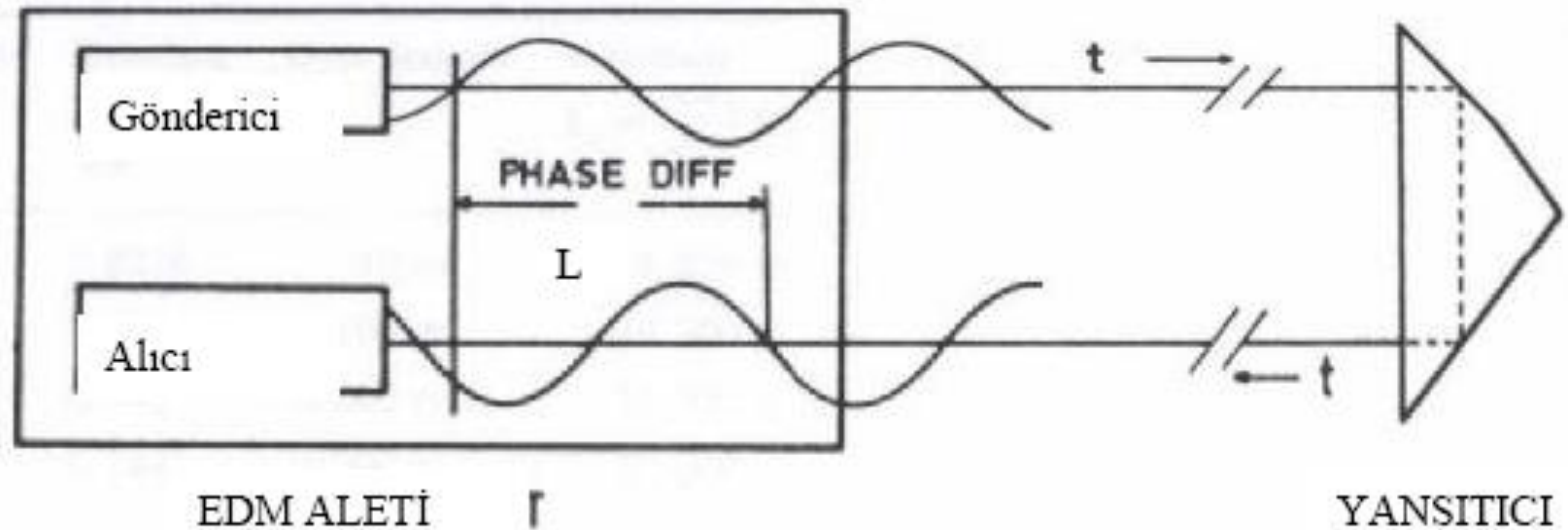
## Faz Farkı Yöntemi:

Elektro-optik ve mikrodalgalı uzaklık ölçerlerin büyük bir kısmı faz farkı yöntemiyle çalışmaktadır.

Faz farkı yönteminde, taşıyıcı dalga üzerine modüle edilen ölçme dalgası yansıtıcıya gider (elektro-optik sistemlerde) ve EDM aletine geri döner.

# Elektronik Uzunluk Ölçerler

## Faz Farkı Yöntemi:



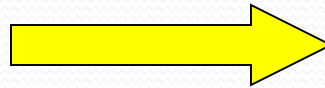
Gönderilen ve alınan dalgaların fazları EDM aleti içindeki alıcıda karşılaştırılır ve faz farkı ölçülür.

# Elektronik Uzunluk Ölçerler

## Faz Farkı Yöntemi:

Gönderilen ve alınan dalgalar için;

$$\begin{aligned} \text{Yayınlanan dalga } y_G &= A \sin(\omega t) \\ &= A \sin \theta \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} \text{Alınan dalga } y_A &= A \sin \omega(t + \Delta t) \\ &= A \sin(\theta + \Delta \theta) \end{aligned}$$

Faz farkı yönteminde sürekli dalga kullanıldığından gönderilen ve alınan dalga zamana bağlı olarak değişmekte, fakat faz farkı (aynı zamanda zaman farkı) sabit kalmaktadır.  $d$  mesafesi

$$d = \frac{c}{2} \Delta t'$$

# Elektronik Uzunluk Ölçerler

## Faz Farkı Yöntemi:

Faz farkı yönteminde dalganın seyir süresi doğrudan bulunamaz. Zira, tam dalga sayısı için belirsizlik söz konusudur.

Uzunluğun bulunabilmesi için farklı dalga boylarında faz farklarının ölçülmesi gerekir.

Bu şekilde, farklı uzunluktaki dalgalar ile elde edilen faz farkları yardımıyla yüksek duyarlıklı uzunluk elde edilebilir.

# Elektronik Uzunluk Ölçerler

## Faz Farkı Yöntemi:

Step $i$	Okuma $\frac{\Delta\phi}{2\pi}$	Birim Uzunluk $U_i$	Kesir $L_i = \frac{\Delta\phi_i}{2\pi} U_i$
1	0.8250	10 m	<u>8.250</u> m
2	0.382	100 m	<u>38.200</u> m
3	0.433	1 000 m	<u>433.000</u> m
4	0.244	10 000 m	<u>2.440.000</u> m

**Ekranda gözüken uzunluk  $d = 2.438.250$  m**

Bu örnekte altı çizgili rakamlar, aletin göstergesine mekanik olarak iletilmektedir.

**Olabilecek en uzun dalga boylu dalgayı kullanırsak belirsizlik giderilir.**

**Neden birden fazla dalga kullanmak gerekli?**



# Çözümlü Örnek

## **ÖRNEK:**

İki nokta arasındaki uzunluk 20 m'lik çelik şerit ile 140.780 olarak ölçülmüştür. Ölçümden sonra yapılan kalibrasyon testinde, çelik şeritin boyu 20.004 olarak bulunduğuna göre, ölçülen gerçek uzunluk ne kadardır?

## **Çözüm:**

Yapılan toplam hata

$$\frac{140.780}{20} \times (20.004 - 20.000) = 0.028 \text{ m}$$
 şeklinde bulunduktan sonra, doğru uzunluk,

$$140.780 + 0.028 = 140.808 \text{ m}$$
 olarak hesaplanır (Düzeltilmenin toplandığına dikkat ediniz)

# Çözümlü Örnek

## ÖRNEK:

Kalibrasyonu 6 kg'lık germe ile yapılan, elastikiyet modülü  $180 \times 10^3 \text{ N/mm}^2$  ve enine kesit alanı  $2 \text{ mm}^2$  olan bir çelik şerit ile 16 kgf kuvvet uygulayarak yapılan ölçümde uzunluk 96.432 m bulunmuştur. Buna göre ne kadarlık hata yapılmıştır? ( $g = 9.8 \text{ m/s}^2$ )

## Çözüm:

$$\text{Oransal Germe hatası: } \frac{P - P_0}{AE} = \frac{(16 - 6) \times 9.8}{2 \times 180 \times 10^3} = 0.00027$$

$$\text{Toplam Germe Hatası} = L \times \frac{P - P_0}{AE} = 96.432 \times 8.1 \times 10^{-5} = 0.026 \text{ m}$$

# Çözümlü Örnek

## **ÖRNEK:**

10°C sıcaklıkta kalibrasyonu yapılan ve genişleme katsayısı 0.000012 /°C olarak verilen çelik şerit ile 25°C sıcaklıkta bulunan 142.870 m'lik uzunluğun gerçek değeri nedir?

## **Çözüm:**

$$\text{Sıcaklık hatası} = L_0 \alpha (t - t_0) = 142.870 \times 0.000012 \times (25 - 10) = 0.026 \text{ m}$$

$$\text{Gerçek değer} = 142.870 - 0.026 = 142.844 \text{ m}$$