

DENEY 2

ANKASTRE KİRİŞLERDE GERİNİM ÖLÇÜMLERİ

1. AMAÇ

Ankastre olarak mesnetlenmiş bir kiriş üzerine yapıştırılan gerinim ölçerlerle (strain gauge) kiriş üzerinde belirli bir noktada gerinim değerinin ölçülmesidir.

2. TEORİ VE CİHAZLAR

Strain Gauge: Üç boyutlu bir malzemede şekil değiştirme her üç boyutta birden meydana gelir. Böyle bir malzemenin direncinin değişimi incelendiğinde hangi ekseninde ne büyüklükte deformasyon olduğunu anlamak imkansızdır. Ayrıca malzemenin boyutları büyükse parça üzerinden doğrudan ölçüm de imkansızlaşmaktadır. Bu nedenlerden dolayı istediğimiz bir ekseninde ölçüm yapabileceğimiz yardımcı bir alete ihtiyacımız vardır. Bu amaçla gerinim ölçerler kullanılmaktadır.

Gerinim ölçerler ilk olarak 1856 yılında Lord Kelvin'in yapmış olduğu bir gözleme dayanırlar. Lord Kelvin bakır ve demir tellerin, çekme yüklerinin etkisi altında, dirençlerinin arttığını gözlemlemiştir. Ayrıca aynı yük altında demir telin direncindeki artışın, bakır teldeki artıştan daha büyük olduğunu tespit etmiştir. Daha sonra Lord Kelvin Wheatstone köprüsü kullanarak direnç değişikliğini ölçmüştür. Bir dizi ölçümden sonra da, gerinim ile direnç arasındaki ilişkiyi bulmuş ve her malzemenin farklı hassasiyete sahip olduğunu tespit etmiştir.

Gerinim ölçer elastik bir taşıyıcı üzerinde bulunan birbirine paralel bağlantılı ince tellerden oluşur. Gerinim ölçer gerinimi ölçülecek olan malzemenin üzerine yapıştırılır. Malzemeye uygulanacak yüklerle doğru orantılı olarak gerinim ölçer uzayacak ya da kısılacaktır. Dolayısıyla gerinim ölçer üzerindeki tellerin de aynı şekilde uzunluğu değişecek ve direnci orantılı olarak azalıp artacaktır.

Gerinim ölçerlerin dirençleri gerinimle doğrusal olarak değişir. Gerinim ölçerler genellikle 120Ω ve 350Ω gibi standart değerlerde üretilir. Her bir gerinim ölçer üretici firma tarafından belirlenmiş olan şekil değiştirme ile direnç arasında uygunluğu sağlayan ve kalibrasyon faktörü, GF (gauge factor) adı verilen hassasiyet faktörüne sahiptir.

$$GF = \frac{\Delta R / R}{\Delta L / L}$$

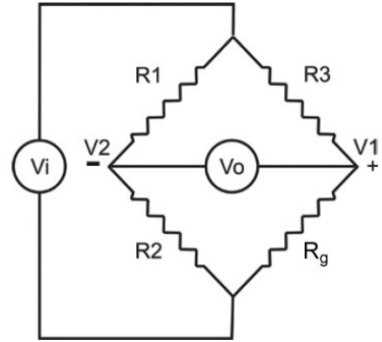
Burada;

R : Gerinim ölçer'in deforme olmadan önceki direnci

ΔR : Şekil değiştirme nedeniyle gerinim ölçer'deki direnç değişimi

$\Delta L/L$: Şekil değiştirme (ϵ)

Wheatstone Köprüsü: Gerinim ölçer indikatörleri genellikle, Wheatstone köprü devresi formunda elektriksel olarak bağlı dört gerinim ölçer elemanı şeklinde kullanılır. Wheatstone köprüsü, statik veya dinamik elektriksel direnç ölçmek için kullanılan bir köprü devresidir. Şekil 1.'deki devrede, R_g ölçülmek istenen dirençtir; R_1 , R_2 , ve R_3 direnci bilinen rezistanslardır ve R_2 direnci ayarlanabilir. Eğer bilinen iki koldaki iki direncin oranı (R_2/R_1) bilinmeyen iki koldaki direncin oranına (R_g/R_3) eşitse, o zaman iki orta nokta ($V1$ ve $V2$) arasındaki voltaj sıfır olacaktır ve V_o galvanometresinden hiç akım geçmeyecektir. Bu koşula ulaşana kadar R_2 değişir. Bu noktaya ulaşıldığında, kesinlik en üst seviyeye ulaşır. Bu yüzden, eğer R_1 , R_2 , ve R_3 yüksek kesinlikli olarak biliniyorsa, o zaman R_g 'de yüksek kesinlikle ölçülebilir. R_g direncindeki çok küçük değişiklikler bile dengeyi bozar ve kolaylıkla saptanır.



Şekil 1. Wheatstone Köprüsü

Gerinim ölçer Wheatstone köprüsü genellikle, sabit rezistans sayısına karşılık aktif gerinim ölçer elemanı sayısına bakılarak tanımlanır. Yaygın köprü tipleri ve bunlar arasındaki ilişki Tablo 1.'de verilmiştir.

Tablo 1. Wheatstone Köprü Tipleri

| Köprü Tipi | Aktif Rezistans Elemanları | Hassasiyet Sabitleme Rezistansları | Genel Uygulamalar |
|-------------------------------|----------------------------|------------------------------------|--|
| Çeyrek Köprü (Quarter Bridge) | R_1 | R_2, R_3 , ve R_4 | Kullanımı daha kolaydır. Malzeme karşılaştırması gerektirir. |
| Yarım Köprü (Half Bridge) | R_1, R_3 | R_2, R_4 | İstenmeyen ısı etkilerinin veya eğilme etkilerinin iptal edileceği durumlar. |
| Tam Köprü (Full Bridge) | R_1, R_2, R_3 ve R_4 | - | Arttırılmış hassasiyet. |

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.

Poisson Oranı (ν): Malzemedeki enine birim deformasyonun boyuna birim deformasyona oranı “Poisson oranı” olarak ifade edilmektedir.

$$\nu = -\frac{\epsilon_2}{\epsilon_1}$$

olup burada;

ϵ_2 : enine birim deformasyon

ϵ_1 : boyuna birim deformasyon olarak adlandırılmaktadır.

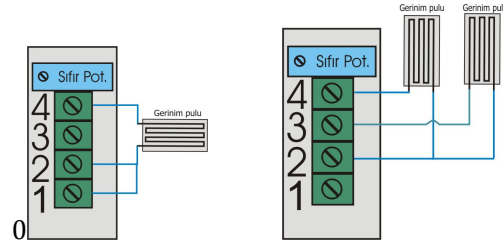
Veri Toplama ve Bağlantı Elemanları: Deneyde, Şekil 2.’de gösterilen TDG marka Ai8b Veri Toplama Sistemi kullanılmaktadır. Ai8b, temel olarak masa üstü Volt ölçüm cihazıdır. Bu cihaz ile değerleri zamana göre çok hızlı değişmeyen (Statik) sensörlerin çıkış gerilimlerini ölçülerek bilgisayara aktarabilmektedir. Örnek olarak Yük Hücreleri (Loadcell) üzerlerine uygulanan yük doğrultusunda voltaj üretirler aynı şekilde potansiyometrik cetvel yada LVDT lerde ölçtükleri deplasman kadar çıkışlarında voltaj okunur. Bu sayede yük, deplasman, sıcaklık, gerinim, basınç gibi fiziksel parametreler ölçülerek dijital ortama aktarılmış olur.

TDG Ai8b Veri Toplama Sistemi üzerine bağlanan sensörlerden yaptığı ölçümleri TDG USB aygıt geçidi yardımı ile bilgisayara aktarır. Bilgisayarda USB port üzerinden gelen veriler TDG CODA veri toplama yazılımı sayesinde gerçek zamanlı olarak grafiklenir ve kayıt edilir.



Şekil 2. Veri Toplama Cihazı

Gerinim ölçerler, bu veri toplama cihazına Q-kablo adı verilen bir ara kablo ile bağlanmaktadır. Kablo üzerinde bulunan bağlantı terminalleri yarım ya da çeyrek köprü bağlantısı için uygundur. Kablo üstünde gerinimi sıfırlamayı sağlayan ayar trimpotu, köprü tamamlama dirençleri ve vidalı bağlantı terminalleri bulunur. Q-kablo üzerindeki bağlantı terminallerine gerinim ölçerlerin çeyrek ve tam köprü bağlantıları Şekil 3.’de gösterilmiştir.



Şekil 3. Çeyrek Köprü ve Yarım Köprü Bağlantı Şekilleri

Veri toplama cihazı ile yapılan ölçümlerden gerinim değerlerini hesaplayabilmek için aşağıdaki formül kullanılır:

$$V_0 = -\frac{GF \times \varepsilon}{4} \left(\frac{1}{1 + GF \times \frac{\varepsilon}{2}} \right) \times V_i \times GAIN$$

V_0 : Bilgisayardan okunan voltaj değeri

V_i : Köprü ikaz gerilimi (5 ya da 10 volt)

GF : Kalibrasyon faktörü

$GAIN$: Kanal kazanç değeri

ε : Gerinim değeri

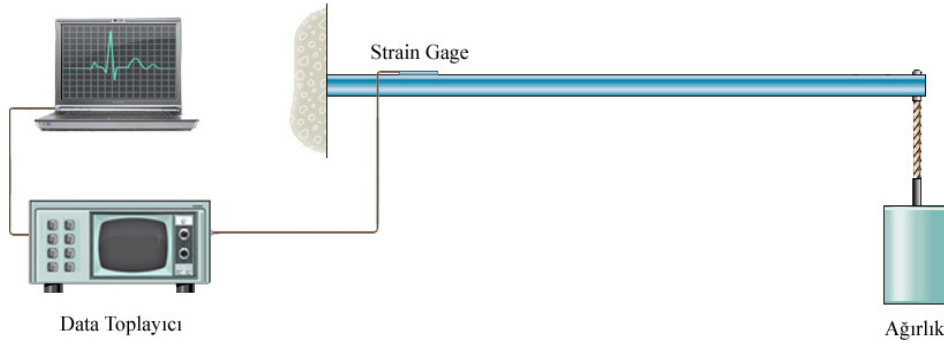
Bu denklemden elde edilen gerinim değerini $\mu\epsilon$ cinsinden elde etmek için sonucu 1×10^6 ile çarpmak gerekmektedir. Formülasyonda $GAIN$ olarak belirtilen kanal kazanç değeri Tablo 2.'den çekilmektedir.

Tablo 2. Kanal Kazanç Değer Tablosu

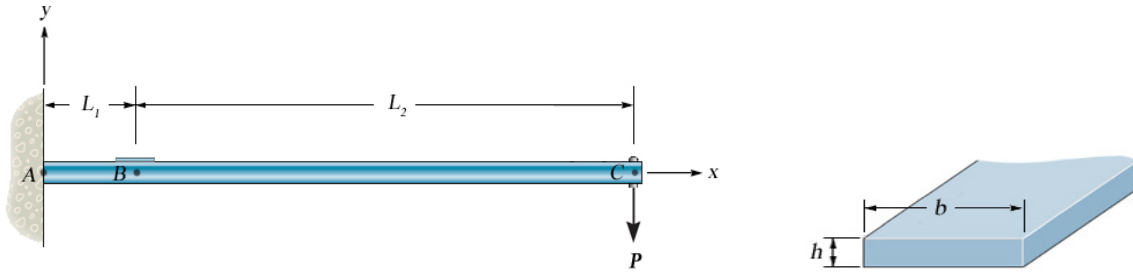
| | 1.Kanal | 2.Kanal | 3.Kanal | 4.Kanal | 5.Kanal | 6.Kanal | 7.Kanal | 8.Kanal |
|---------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| ON 1 2 3 4 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| ON 1 2 3 4 | 150,0 | 150,0 | 150,2 | 150,2 | 149,9 | 149,4 | 149,7 | 150,2 |
| ON 1 2 3 4 | 247,2 | 247,5 | 247,3 | 427,7 | 247,5 | 247,4 | 247,0 | 247,2 |
| ON 1 2 3 4 | 396,3 | 396,5 | 396,5 | 396,8 | 396,4 | 395,8 | 395,7 | 396,4 |
| ON 1 2 3 4 | 494,1 | 494,3 | 494,4 | 493,1 | 493,3 | 493,5 | 492,6 | 493,4 |
| ON 1 2 3 4 | 643,1 | 643,3 | 643,6 | 642,3 | 642,2 | 642,0 | 641,4 | 642,6 |
| ON 1 2 3 4 | 740,3 | 740,8 | 740,7 | 739,8 | 739,8 | 739,9 | 738,6 | 739,6 |
| ON 1 2 3 4 | 889,3 | 889,8 | 889,9 | 889,0 | 888,7 | 888,3 | 887,3 | 888,8 |

3. YÖNTEM

Deney düzeneği şematik olarak Şekil 4.' de, ankastre kirişe ait detaylar Şekil 5.' de gösterilmiştir.



Şekil.4. Ankastre Kiriş Deney Düzeneği



Şekil 5. Ankastre Kiriş ve Kesit Alanı

1. Deney yapılmadan önce ölçüm yapılacak kiriş üzerine yük asılmamalıdır.
2. Kiriş üzerindeki gerinim ölçerler Q-kablo üzerindeki terminallere çeyrek köprü şeklinde bağlanır.
3. Q-kablo'nun veri toplama cihazında bağlandığı kanal üzerinde köprü ikaz gerilimi ve kazanç değerleri ayarlanır.
4. Bilgisayardaki yazılımdan okunan voltajdeğeri yükleme yapılmadan önce sıfırlanır.
5. Yükleme yapılır ve bilgisayardan yeni voltaj değeri (V_0) okunur.

Not: Deney sırasında aşağıdaki veriler ölçülmeli ya da öğrenilmelidir.

- * Yük (P),
- * Kiriş boyutları (L_1 , L_2 , b , h),
- * Köprü ikaz gerilimi (V_i),
- * Kalibrasyon faktörü (GF),
- * Kanal kazanç değeri ($GAIN$),
- * Ankastre kirişin elastisite modülü (E)

4. HESAPLAMALAR VE DEĞERLENDİRMELER

1. Deneyde verilen ve ölçülen değerleri kullanarak teorik gerinim değerini hesaplayınız.
2. Deney sırasında veri toplayıcıdan alınan voltaj değerini kullanarak deneysel gerinim değerini

hesaplayınız.

3. Teorik ve deneysel gerinim değerlerini kullanarak hata analizini yapınız (% olarak).
4. Hataların sebeplerini yorumlayınız.