Strain Gauge 1

실험조교 : 이현성
(제 1 공학관 111 호 hyeonsung11087@gmail.com)

1. 실험목적

어떤 물체이든지 외력을 받게 되면 그 내부에서는 응력이 발생함과 동시에 강체가 아닌 이상 그 물체를 구성하는 각 분자와 분자 상호간의 운동으로 인하여 물체의 상태가 변하게 되어 신장, 수축, 굽힘, 비틀림 등이 변형된다. 이 변형은 각 부에서 똑같지 않은 것이 일반적이지만 물체중의 임의의 한 점을 포함한 미소 부분을 생각하면 그곳에서의 변형은 똑같다고 볼 수가 있다. 이와 같이 그 물체의 어느 한 점에서의 변형의 크기를 나타내는 양을 변형률 (Strain)이라 한다. 스트레인을 측정하는 실험기기를 다루는 요령습득 및 스트레인게이지의 작동원리를 이해하려고 한다.

2. 실험이론

2.1 응력(stress)의 정의

어느 물체에 외력이 작용하면 그 물체의 내부는 서로 힘이 작용하여 이 외력과 힘의 평형을 취한다. 물체의 내부에 서로 힘이 작용하고 있는 상태를 응력을 받고 있는 상태라고 한다. 외력에 대해서 이것은 내력이라고 한다. 이 응력의 크기는 다음과 같이 정의한다. 물체 속에서 1 개의 면을 생각하고 이 면을 경계로 하여 물체는 서로 같은 크기의 힘이 작용하고 있다. 그 경계면의 극소면적 △A 를 취해서 보면 이것을 통해서 서로 어느 방향으로 크기 △ F 의 힘이 작용하고 있다. 응력 의 크기는 그 면적당의 힘을 말한다.

$$\sigma = \frac{\Delta F}{\Delta A}$$

응력이 균등하게 분포되어 있지 않을 경우에는 위의 식의 극한값을 취한다. 응력의 방향은 힘이 작용하고 있는 방향으로써 정한다. 일반적으로 경계면과 어느 각도로써 기울어져 있다. 그래서 이것을 계면에 수직한 것과 평행된 것으로 분해해서 수직 성분을 수직응력, 평행성분을 전단응력이라 한다.

2.2 스트레인(Strain)의 정의

구조물에 하중을 가하면 응력이 생겨서 이로 인해 변형이 생긴다. 구조물내부에 나타나는 변형을 스트레인이라 하며, 또 스트레인의 크기도 스트레인이라고 한다. 길이 L_0의 선분이 변형하여 L이 되었다 하면 그 늘어난 비율을 스트레인이라 하고 기호를 ϵ으로 사용하고 있다.

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

ϵ이 (+)일 때 인장스트레인, (−)일 때 압축스트레인이라고 한다.

2.3 Stress-Strain relations

막대에 가해진 응력 σ와 막대의 축방향의 스트레인 ϵ과의 관계를 아래그림과 같이 표시한 다. 이것은 응력-스트레인관계를 표시한 것이며 이를 응력-스트레인선도라 한다.

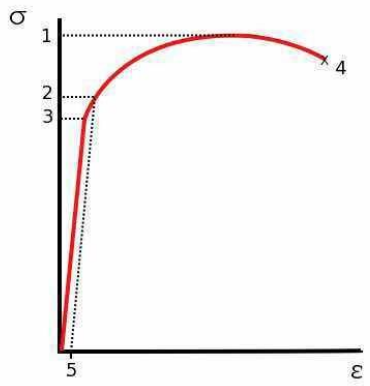


그림 1 Stress strain relation

$$\epsilon = \frac{1}{E}\sigma \text{ 또는 } \sigma = E\epsilon$$

위의 식을 후크의 법칙이라고 한다. 비례상수 E 는 응력-스트레인선도의 직선부의 경사를 표시하며, 종탄성계수, 영계수 또는 영률이라고 한다.

2.4 Strain Gauge 란?

물체에 외부로부터의 힘을 가하면 내부에서는 이에 저항하는 응력이 발생하는 동시에 물체를 구성하고 있는 분자 상태가 변화하여 물체의 형상, 또는 치수적인 것이 변화를 일으킨 다. 이러한 물리적인 변형을 스트레인 또는 변형률이라고 하며 이를 메카니즘을 통하여 전 기적인 시호로 변화시켜 피 측정물의 변형량을 측정하는 저항 센서이다.

스트레인 게이지는 금속 또는 반도체라고 하는 저항체에 일그러짐이 가해지면 그 저항값이 변화한다는 압저항 효과를 이용하고 있으며 공업계측기 등에 널리 응용되고 있다. 스트레인 게이지의 감도는 기계적 일그러짐에 의한 저항값 변화인 게이지율로 표시된다. 압저항 효과의 원인으로서는 길이나 단면적 등의 외형 변화에 의한 저항 변화와 응력에 의한 전기 전도도 자체의 변화가 있다. 금속에서는 비저항의 변화는 거의 없고 주로 외형변화에 의해서 압저항 효과가 나타난다.

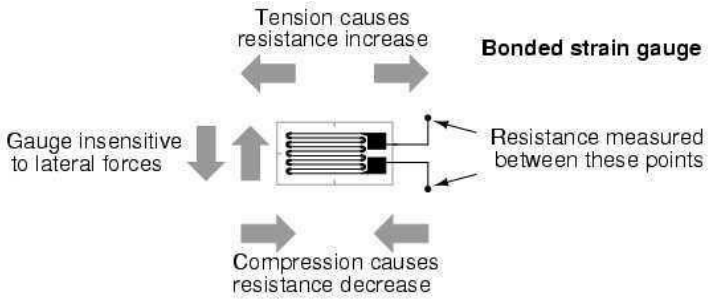


그림 2 Principle of strain gauge

2.5 Strain gauge 연결 방법

휘스톤 브리지는 일반적으로 스트레인 게이지 측정회로의 출력에 해당하는 저항의 미소변화를 검출하는 데 사용된다. 브리지에 스트레인 게이지를 적절히 배치하면 원하지 않는 스트레인 구성 요소나 주위의 영향을 제거할 수 있다. Quarter Bridge, Half Bridge, Full Bridge 로 분류되게 된다. 식 (1)은 Bridge 회로에 부착된 저항 값의 변화에 따른 측정 전압 과 고정부가 전압 사이의 관계를 나타내는 식이다. 이 식으로부터, 각 Bridge 회로의 적용 방법이 결정되게 된다.

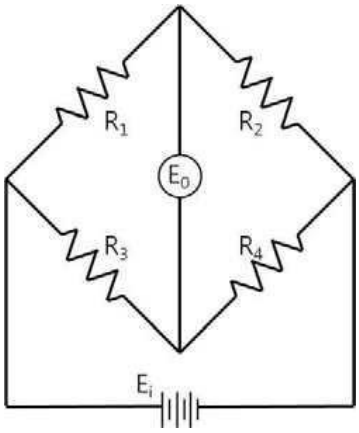


그림 3 wheatstone bridge

$$(1)\quad E_0 = E_i\left(\frac{R_1}{(R_1+R_2)} - \frac{R_3}{(R_3+R_4)}\right)$$

$$(2)\quad dE_0 = E_i\left[\frac{R_2 dR_1 - R_1 dR_2}{(R_1+R_2)^2} + \frac{R_3 dR_4 - R_4 dR_3}{(R_3+R_4)^2}\right]$$

$$(3)\quad \frac{\delta E_0}{E_i} = \frac{Gauge\ Factor}{4}(\epsilon_1 - \epsilon_2 + \epsilon_4 - \epsilon_3)$$

식 (1)은 브리지 회로에서 4 개 저항 모두가 스트레인 게이지인 경우를 나타낸다. 스트레인 게이지 R_1, R_2, R_3, R_4는 스트레인의 초기값이 제로인 상태를 가정한다. 이 게이지들이 스트 레인을 받아 저항이 $\delta R_i (i = 1,2,3,4)$만큼 변한다면 브리지에서 출력 전압의 변화는 식 (2)와 같이 표현할 수 있다. 만일 모든 게이지의 초기저항과 게이지율이 각각 같다면, 식 (3)과 같이 나타낼 수 있다.

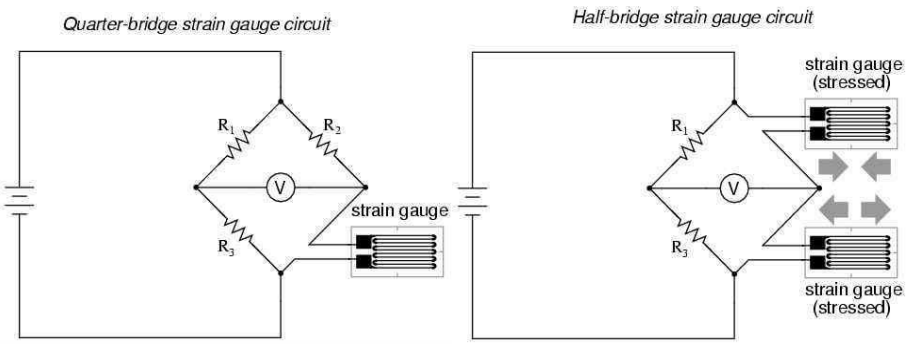


그림 4 Method of wheatstone bridge

Quarter-bridge 는 1 개의 gauge 측정에 적합한 방법이다. Half-bridge 는 2 개의 gauge 를 동시에 연결하는 방법으로 아래 그림과 같이 응용이 가능하다.

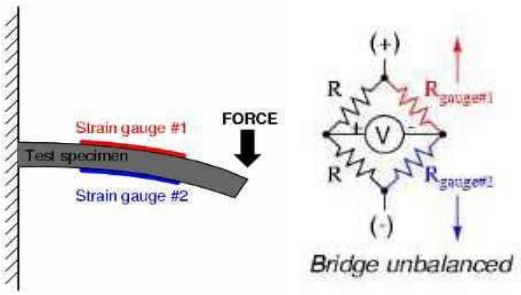


그림 5

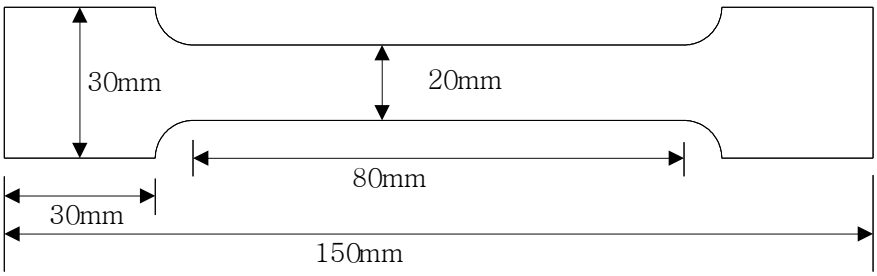
예를 들어 빔에 종방향과 횡방향의 두 가지 하중이 동시에 작용할 때, Quarter-bridge 를 사용하면 두 가지 복합 하중에 대한 시편의 strain 을 각각 구할 수 있다. 그러나 Half-bridge 를 사용하면 원하는 하중에 대한 strain 을 각각 구할 수 있다.

3. 실험방법 및 장치

3.1 실험방법

1. 임의의 각도로 Strain gage 를 부착 방법에 따라 측정하고자 하는 시편에 접착제를 이용해 부착한다.
2. Strain gage terminal 을 Strain gage 의 선과 연결시킨 후 Strain gages Switching and Balancing Box 와 각각 연결한다.
3. 1 개의 Strain gage 를 사용하므로 single type 으로 연결한다.
4. Strain gages Switching and Balancing Box 와 Strain indicator 를 연결한 후 각각의 Strain gage 에 대한 balance 를 맞춘다.
5. 하중을 가한 후 Strain 의 변화량을 측정한다.
6. 측정한 변화량을 가지고 최대 주변형률, 최소주변형률, 주변형률방향 최대 전단변형률, 최대 주응력, 최소주응력, 최대 전단 주응력을 계산한다.

3.2 실험 시편

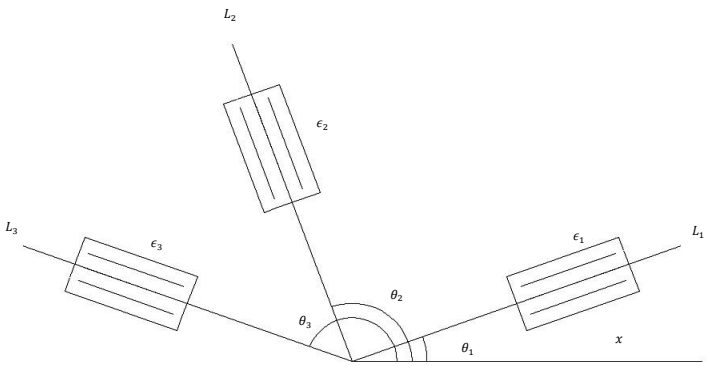


재질 : 알루미늄

3.3 실험 장치

- KYOWA STRAIN GAGES
- TYPE : KFG-5-120-D17-11
- TEMPERATURE COMPENSATION for STEEL
- GAGE LENGTH 5mm
- GAGE RESISTANCE (24℃, 50%RH) 20.4±0.4Ω
- GAGE FACTOR 2.11± 1.0%

	Available only with gage leads (silver-clad copper wires) 25mm long						
Models for 16, 23 and 27 can also be manufactured.	KFG-5-120-D17-11	5	1.4	ø11	120	2.1	10



$$\epsilon_1 = \epsilon_x cos^2\theta_1 + \epsilon_y sin^2\theta_1 + \gamma_{xy} sin\theta_1 cos\theta_1$$
$$\epsilon_2 = \epsilon_x cos^2\theta_2 + \epsilon_y sin^2\theta_2 + \gamma_{xy} sin\theta_2 cos\theta_2$$
$$\epsilon_3 = \epsilon_x cos^2\theta_3 + \epsilon_y sin^2\theta_3 + \gamma_{xy} sin\theta_3 cos\theta_3$$

4. 실험결과

	실험1			실험2		
θ						
하중	ϵ_1	ϵ_2	ϵ_3	ϵ_1	ϵ_2	ϵ_3
100N						
150N						

표 1 실험 결과

	100N	150N
최대 주 변형률		
최소 주 변형률		
최대 전단 변형률		
주 변형률 방향(rad)		

표 2 계산 결과

5. 실험그래프

각 하중에서의 이론값과 실험값 (σ, ϵ) 비교

6. 결과분석 및 고찰

◎ 주의사항

- Report 제출기한은 다음 주 이 시간까지 1 공학관 111 호 와 E-mail 둘 다 제출
- 표지에 실험 분반, 실험 조 반드시 표기
- E-mail 제출시 파일명과 E-mail 제목은 straingauge1_A 반 1 조_32000000_홍길동
- 대용량첨부 메일 금지
- 참고문헌