

고체역학실험 2

외팔보의 처짐과 변형률 측정

Deflection and Strain Measurement of Cantilever Beam

담당교수 : 윤민호

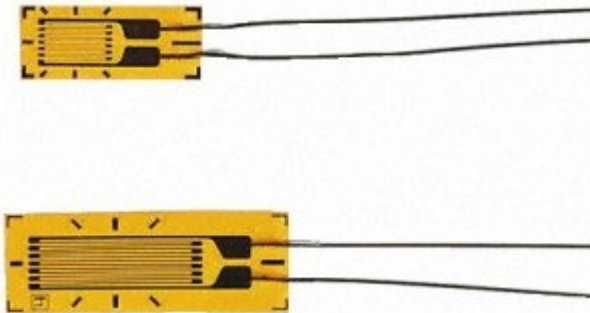
(mhyoon@kumoh.ac.kr T520)

- 외팔보에 집중하중이 작용할 경우 발생하는 처짐과 변형률을 측정한다.
 - 스트레인게이지 및 P3 인디케이터를 이용한 변형률 측정
- 실험결과보고서
 - 실험 결과를 정리한 보고서에 대하여 이해도를 평가한다.
 - 타인의 결과물을 인용한 것이 적발될 경우 모두 감점할 수 있다.
 - 보고서는 절대평가를 기본으로 한다.
 - 워드로 작성시 50% 감해서 채점하며 참고자료, 출처를 기재해야 한다.
 - 보고서는 5장 이내로 하여 한 개의 PDF 파일형태로 강의지원시스템에 업로드한다.
 - 참고도서 재료역학 책이 없는 경우에는 google에서 'mechanics of materials pdf' 를 검색
- 진행계획(동영상)
 - 이론 및 실습

1. 실험 목적
(실험을 통하여 측정하는 것과 이를 통하여 계산하여 얻어내고 확인하는 것이 무엇인지 기술)
2. 스트레인게이지 종류
(스트레인 게이지의 종류별 특징을 간단하게 기술)
3. 휘스톤 브릿지
(휘스톤 브릿지의 원리에 대해 설명)
4. 탄성굽힘 공식 유도
(최종식 $\sigma_x = -\frac{My}{I}$ 을 재료역학 책을 참고하여 유도)
5. 변위-변형률, 하중-변형률, 응력-변형률 선도 그래프
(주어진 실험값과 배경이론을 통하여, 표로 정리한 후 그래프를 그릴 것)
6. 측정된 데이터를 통해 계산된 탄성계수
(탄성계수를 구하고 이를 알려진 알루미늄의 탄성계수와 비교할 것)
7. 고찰
(6번 결과에 대한 해석 및 오차 분석)

- Strain Gauge

- 저항 소자의 길이 변화율과 저항의 변화율이 비례하는 특성을 응용하여 측정물체의 변형률을 측정하도록 고안된 장치.



$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L} = \frac{\Delta R / R}{K}$$

ε : Strain

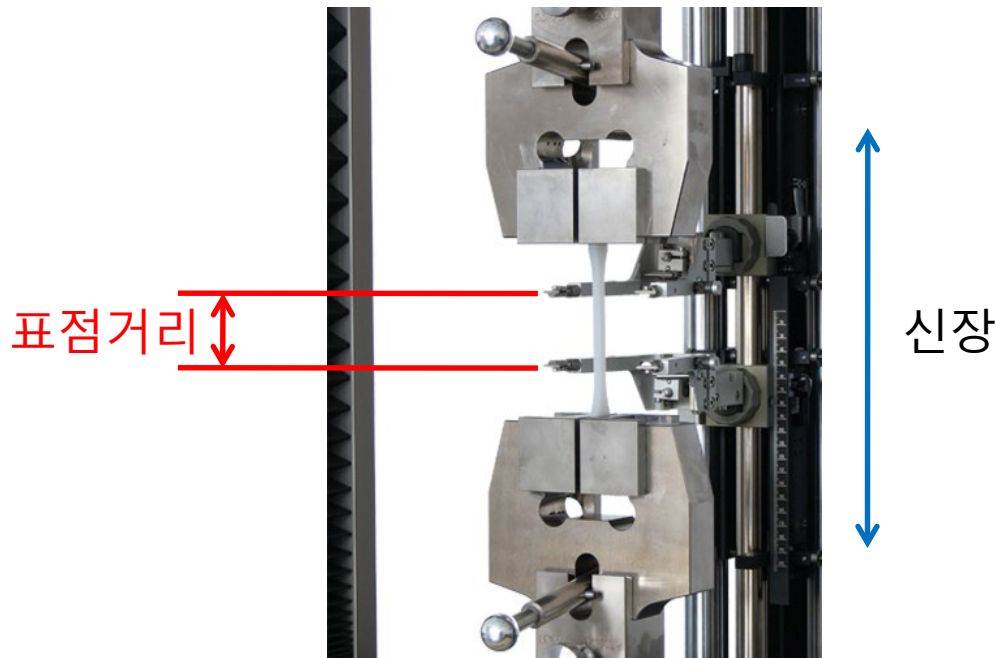
L : Length

R : Resistance

K : Gauge factor

- Extensometer

- 인장시험편의 평행부의 표점 거리(초기길이)에 생긴 길이의 변화, 즉 신장(伸張)을 정밀하게 측정하는 장치

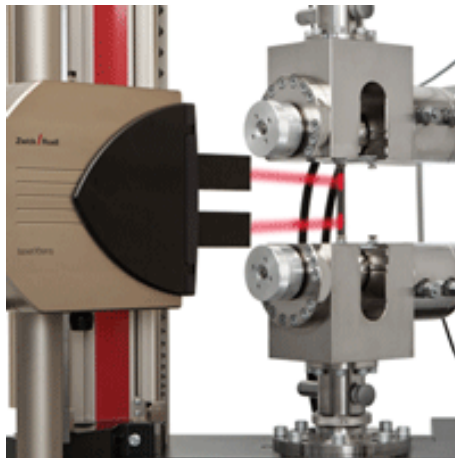


$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L}$$

ε : Strain
 L : Initial Length
 ΔL : Deformation

- Laser & Vision Sensor

- 표점 거리(초기길이)에 생긴 길이의 변화, 즉 신장(伸張)을 레이저와 영상처리기를 이용하여 측정하는 장치

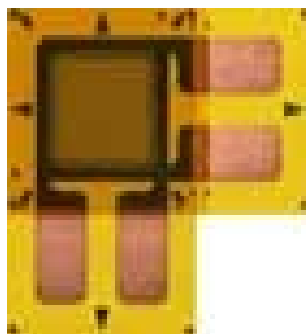


- **Pattern에 따른 분류**

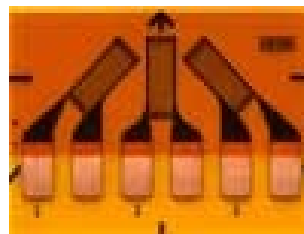
- 1개의 Strain gage만을 가지는 경우 : Single Pattern (Single gage)
- 2개 이상의 Strain gage로 구성되어 있는 경우 : Rosette Pattern (Rosette gage)



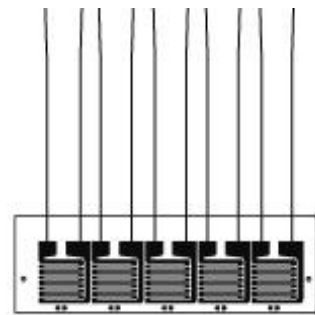
Single linear



Tee



Rectangular



Multi-axis

- **Strain gage 저항에 따른 분류**

- Strain gage에는 120, 350, 1000 Ω 의 저항이 사용된다.

- **시료의 재질에 따른 분류**

- Strain gage는 Strain 측정 재질에 따라 열팽창 계수가 다르다. 따라서 Strain gage를 선정할 경우 S-T-C number를 확인하여야 한다.

- **사용 목적에 따른 분류**

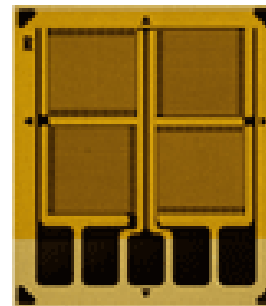
- 사용 목적에 따라 Shear stress용, diaphragm용, 온도 측정용으로 분류된다.



Shear/Torque



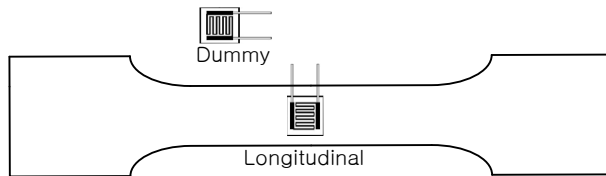
Diaphragm



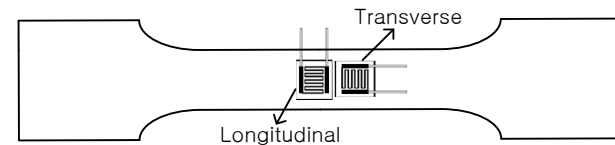
Full bridge



- Quarter-Bridge : 1개의 스트레인게이지를 사용하여 관심있는 한 점의 변위를 측정할 때 주로 사용되는 방법
- Half-Bridge : 2개의 스트레인게이지를 사용하며, 자체 온도보상을 위해 1개의 스트레인게이지를 건본으로 이용하거나, 스트레인 신호의 확대를 위해 사용함.

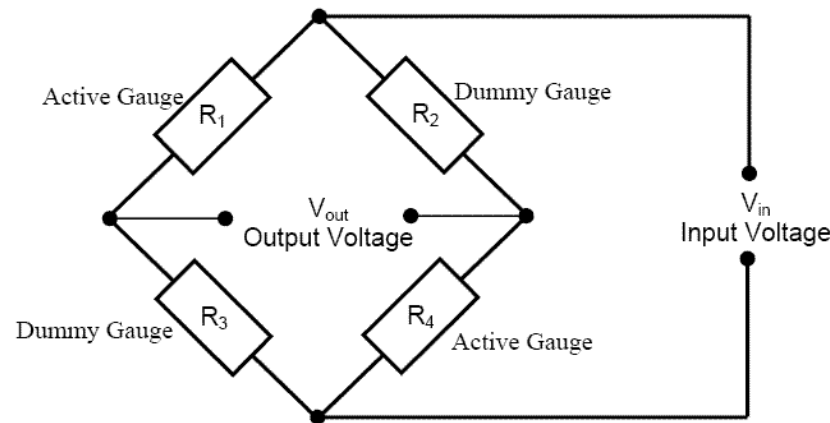


자체 온도보상



축방향 및 횡방향 변형률 측정

- Full-Bridge : Half-Bridge의 연장으로 4개의 스트레인 게이지를 사용하여 출력의 민감도를 향상시킬 때 사용.
 - 길이 및 폭 방향에 균일한 하중에 작용하지 않을 때 그 평균값을 구할 때 사용
 - 축의 토크 측정시 회전 방향의 하중에 따른 토크만을 측정 할 경우 사용
 - 길이에 의한 영향 외의 인자 들은 모든 저항에 공통되므로, 온도에 의한 변화 등은 자동적으로 보상된다



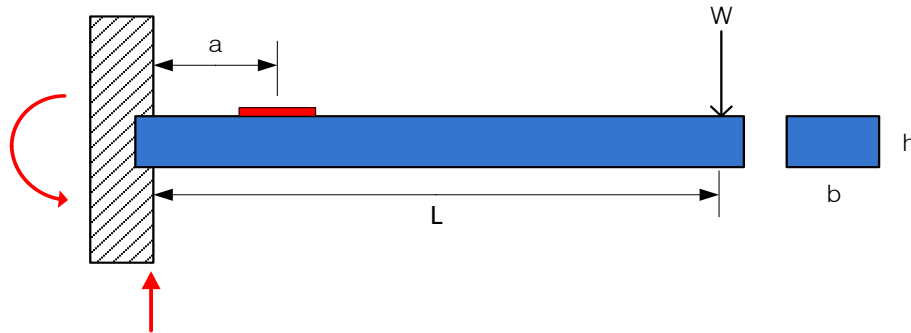
- 몇 개의 점에 주어진 함수값을 기초로 그 점들 사이의 함수값을 구하는 근사 계산법을 말하며, 내삽법이라고도 한다.
 - 선형 보간법
 - 주어진 두 점을 이은 직선의 방정식을 근사 함수로 사용하는 단순한 방법
 - 임의의 두점 $(x_i, f(x_i)), (x_{i+1}, f(x_{i+1}))$ 을 지나는 직선의 방정식으로 다음과 같으며,

$$g(x) = \frac{f(x_{i+1}) - f(x_i)}{x_{i+1} - x_i} (x - x_i) + f(x_i)$$

- 임의의 점에서의 선형 보간 값이 된다.

• 외팔보(Cantilever beam)

- 한쪽 끝은 고정되고 다른 쪽 끝은 자유로운 보이다. 고정단에 발생하는 휨 모멘트와 전단력을 통해 하중을 지지한다



$\sigma = E\varepsilon$: Hooke's Law

E : Elastic modulus

$$\sigma_x = \frac{My}{I} = \frac{W(l-a)y}{I} = \frac{W(l-a)\frac{h}{2}}{\frac{bh^3}{12}} = \frac{6W(l-a)}{bh^2}$$

M : Moment
I : Second moment of inertia

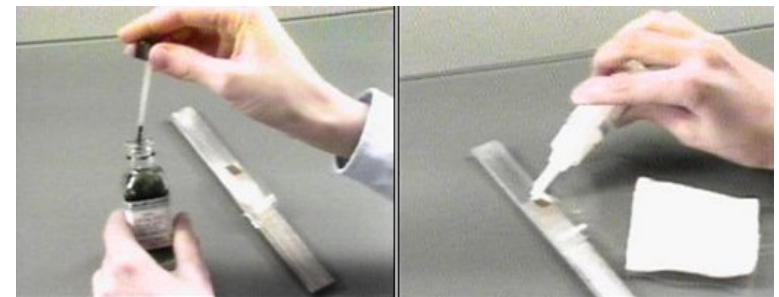
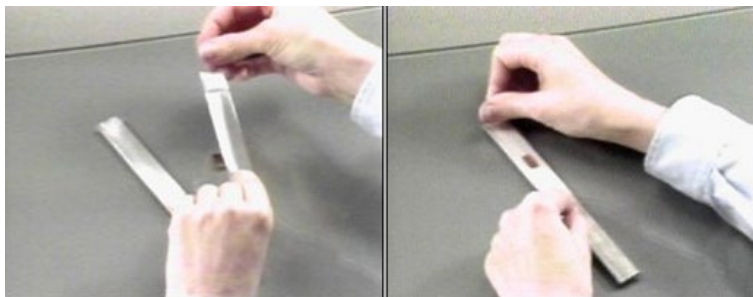
• 접착 위치의 표면 가공

- 1) 표면의 Degreaser를 이용하여 표면에 이물질을 제거
- 2) Conditioner를 도포 후 사포를 이용하여 표면 연마
- 3) Neutralizer를 도포 후 거즈를 이용하여 한 방향으로 연마



• 스트레인게이지 부착

- 1) 게이지 부착지점을 연필 등을 이용해 십자 모양으로 표시
- 2) 동봉된 필름위에 게이지를 올려 놓은 후 테이프로 부착
- 3) 필름에서 테이프를 제거 후 시편에 표시해 놓은 위치에 부착
- 4) 테이프의 한쪽을 들어 올려 테이프와 부착면 사이의 각도를 30° 정도로 유지하여 Catalyst를 바른다.
- 5) 육안상 수분이 없을 때 본드를 접착부에 도포 후 위에서 아래로 밀면서 본딩작업을 실시한다. 이때 접착재의 경화와 잔여 접착제 제거를 위해 손으로 2~5분간 눌러준다.
- 6) 테이프를 제거 하고 스트레인게이지의 전선부와 시편 사이에 공간을 만들어 고정



참고자료 : <https://www.youtube.com/watch?v=SjXpF61HRys>

알루미늄 시편		
두께(h)(mm)	폭(b)(mm)	길이(L)(mm)
1.96	26.9	300

게이지 부착위치(a)	고정단(마운트)로부터 100mm
-------------	-------------------

강제변위(mm)	변형률 (10^{-6})
1	30
2	60
3	90
4	120
5	149

추하중(kg)	변형률 (10^{-6})
0.1	152
0.2	304
0.5	755