

Foil strain gage의 원리

(The theory of the foil strain gage)

1. Strain gage(박판 Strain gage)의 사전적 의미

스트레인게이지를 설명하기 위하여 먼저 스트레인을 설명하기로 합니다. 스트레인은 변형도(變形度) 또는 변형률(變形率)을 나타내며, 어느 물체가 인장 또는 압축을 받을 때 원래의 길이에 대하여 늘어나거나 줄어든 길이를 비율로 표시한 값을 일컫습니다. 따라서 스트레인은 단위를 갖지 않으며 굳이 단위를 표시하려면 cm/cm, mm/mm 등으로 표시할 수 있습니다. 이 스트레인은 주로 토목공학 · 기계공학 · 건축공학 · 항공공학 · 조선공학 등 구조물이나 기계요소의 해석과 설계를 다루는 분야에서 이들 구조요소가 외부의 힘을 받아 변형이 발생할 때에 사용되는 용어입니다.

스트레인게이지는 전기식으로 측정하는 전기식 스트레인게이지(electrical strain gage)와 기계식으로 측정하는 기계식 스트레인게이지(mechanical strain gage)의 2종류로 구분할 수 있습니다. 전기식 스트레인게이지는 구조체가 변형을 일으킬 때에 부착된 스트레인게이지의 전기적 저항이 변하여 이로부터 변형률을 측정하는 것이며, 기계식 스트레인게이지는 두 점 사이의 미소한 거리변화를 기계적으로 측정하여 구조체의 변형률을 측정하는 것입니다. 이 스트레인게이지의 개발로 인하여 구조체의 변형 상태를 정밀하게 측정할 수 있게 되었으며, 이 변형률에 의하여 응력을 알 수가 있습니다.

스트레인게이지는 구조체의 재질에 따라 그 모양과 길이가 다른 것이 사용됩니다. 금속이나 강재에는 주로 5mm 게이지가, 콘크리트에는 30~100mm 게이지가 자주 사용됩니다. 또한 이 스트레인게이지는 표면에 부착하는 부착게이지뿐만 아니라 물체나 구조체를 만들 때에 그 내부에 매몰시켜 설치하는 매몰형 스트레인게이지도 있습니다.

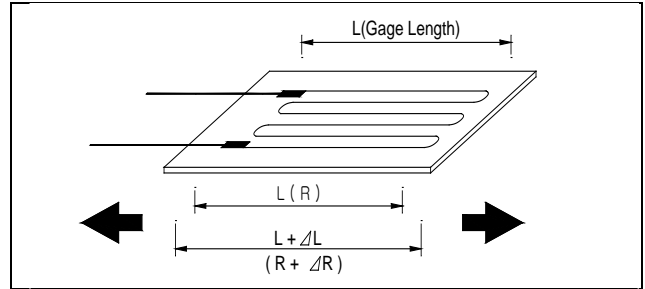
2. Strain gage의 원리

Strain gage는 기계적인 미세한 변화(strain)를 전기신호로 검출하는 sensor 입니다.

Strain gage는 기계나 구조물의 표면에 접착해 두면 그 표면에서 생기는 미세한 치수의 변화, 즉 strain을 측정하는 것이 가능하고, 그 크기로부터 강도나 안정성의 확인을 하는데 중요한 응력(Stress)을 알 수 있습니다.

Strain gage의 원리는 저항을 응용한 것입니다. 저항 소자는 길이 변화율(변형률: ϵ)과 저항의 변화율이 비례하는 특성을 갖는데 Strain gage는 바로 이 특성을 응용한 것입니다. 그리고 이 변형률과 저항 변화율의 비를 Gage factor라고 하며 Strain gage 제작사에서 제공되는 값을 사용합니다. 측정된 Strain은 브리지 회로의 출력전압으로 나타나지만 실제로는 저항의 변화를 측정하는 것이므로 Gage Factor만 있으면 저항 변화량으로부터 변형률을 바로 구해 낼 수 있는 것입니다.

3. Strain gage의 일반적 형태



게이지의 길이 변화율($\Delta L/L$), 곧 Strain(ϵ)과 저항변화율($\Delta R/R$)은 비례합니다.

그러므로 비례상수(Gage Factor)가 존재합니다.

$$G.F = \frac{\Delta R/R}{\Delta L/L} = \frac{\Delta R/R}{\epsilon} \therefore \Delta R/R = G \cdot F * \epsilon$$

4. Strain gage 교정에 서 용어 설명

■ 변형률

물체에 있어서 탄성을 보유하는 응력한계를 탄성한계라고 하고 가해진 외력을 제거할 때 없어지는 변형률을 탄성한계율(Elastic Strain)이라 하며, 변형량과 원래의 치수와의 비율로서, 즉 단위 길이에 대한 변형량으로 변형의 정도를 비교한 것을 변형률이라 하고 단위는 윌(Ratio) 개념으로 무차원수이지만 100을 곱하여 %로 나타낼 수 있음.

■ Gage Factor

계측기가 표현하는 측정값과 이에 대응하는 힘, 하중, 응력, 변위 및 각도 등과 같은 공학 단위와의 관계에서 산출해낸 비례상수(기울기)를 뜻하는 것으로 통용되는 계기 상수와 같은 의미로 사용하며 측정값을 공학단위로 환산할 때 Gage factor를 측정값에 곱하여 환산함.

■ 선형성

교정 곡선에서 무부하시 출력과 정격부하 출력을 잇는 직선과의 비율.

■ 히스테리시스

무부하에서 정격부하까지 증가, 감소시의 최대 출력차를 정격 출력으로 나눈 백분율.

■ 절연저항

절연체에 직류전압을 가하면 극히 작은 전류가 흐르며 이 경우의 전압과 전류의 비율로서 저항값이 클수록 성능이 우수하며 전기적 잡음의 영향이 작음.

■ 내전압

기기, 부품 등이 어느 정도의 전압까지 견디는 가를 나타내는 값으로 사용전압의 수배 이상의 고전압이 가해질 수 있으므로 이런 조건에서 견디는 능력을 평가 또는 보증하기 위한 시험.

■ 감도

측정기기의 출력신호를 감수하는 정도나 능력으로 계측기기를 표현할 수 있는 최소 단위를 말하며, 통상 분해능(Resolution)과 비슷한 개념으로 사용됨.

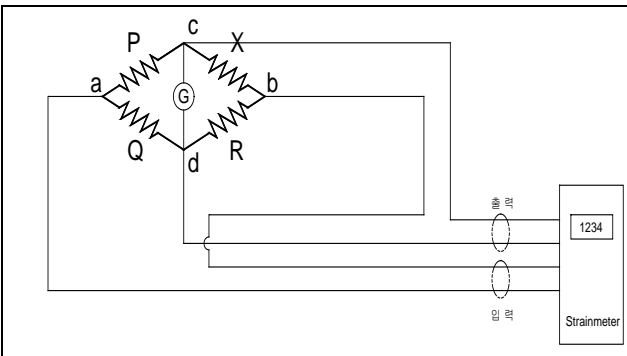
Foil strain gage의 원리

(The theory of the Foil strain gage)

5. 휘스톤 브리지 회로

4개의 저항을 대칭으로 접속하여 그림처럼 만들고 검류계를 설치하여 전압을 가하면 회로에 전류가 흘러 각 저항에 전압강하가 발생합니다. 검류계가 접속된 중간지점인 c-d에 전압이 같아지면 전위가 "0"이 되어 전류는 흐르지 않아 검류계는 중간을 지시합니다. 이때 전압차는 평형(갈아짐)이 되었다 합니다. 각 저항의 전압강하는 저항의 크기에 비례합니다. 저항의 전압강하는 저항에 비례하여 발생하므로 저항의 비례는 전압의 비례가 되므로 이를 이용하여 미지의 저항을 구합니다. 마주보는 저항을 서로 곱한 값은 같습니다. $PR = QX$ 를 이용합니다.

접착된 Strain gage가 Strain을 받은 경우에 발생하는 저항치 변화는 극히 작고, 예를 들면 Gage Factor가 2인 Strain gage에 1000×10^{-6} 의 Strain (1m 길이의 재료가 1mm 변화했을 때의 Strain)이 주어졌을 경우, 저항치가 120Ω의 Strain gage의 ΔR 은 0.24Ω에 지나지 않습니다. 이렇게 작은 저항치 변화를 효율적으로 전기신호로 전환시키기 위해 Strain gage는 통상 휘스톤 브리지 회로에 넣어서 사용합니다. 이 경우 브리지 회로(Wheatstone Bridge Circuit)를 꾸미기에 따라서 온도 등의 영점 이동을 제거하기도 하고 측정하고 싶은 신호만을 얻을 수도 있습니다. 이렇게 휘스톤 브릿지 회로를 만들어 셀에 부착하면 Gage 별 편심하중이 보정되어 정하중으로 출력되며 온도변화를 자동 보정할 수 있습니다.



6. Strain gage일 경우(Full bridge 회로)의 계산식

* 실제측정값 = (현재계측값 - 초기값) x Gage Factor

■ 초기값 - Strain gage를 이용한 센서의 출력을 나타내었을 경우 무부하 때의 출력을 말함.