

스트레인 게이지를 활용한 로드셀 하중 실험

기계과 B반 2조



21201048	김재원
21201052	박민환
21201056	원대한
21201060	이범희

목 차

1. 실험의 목적과 내용
2. 로드셀의 정의 및 특징
3. 로드셀의 종류 및 활용 사례
4. 로드셀 제작 과정
5. 휘스톤 브릿지 회로의 원리
6. 입력에 대한 출력 곡선
7. 직선성
8. 실험 후 감상
9. 그 외 조사 자료



실험 목적과 내용

목적 : 실무에 대한 이해를 높이기 위해 산업 전반에 이용되는 **로드셀**을 직접 제작하여 데이터를 산출하고, 이를 통해 **감도, 하한계, 분해능**을 이해하며 **직선성**을 평가하기 위함이다.

내용 : 가공된 I형 철골에 **스트레인 게이지** 4개를 부착하여 4개의 다리를 **휘스톤 브릿지**로 배선한다.
그 후, 시험편에 **하중을 가해 출력되는 전압** 데이터를 이용하여 **감도, 하한계, 분해능**의 데이터를 산출한다.
이를 통해, **양끝단 기준치 선도, 0점 기준치 선도, 최소 자승 직선도**를 이용해 세가지 방식의 **직선성을 평가**할 수 있다.

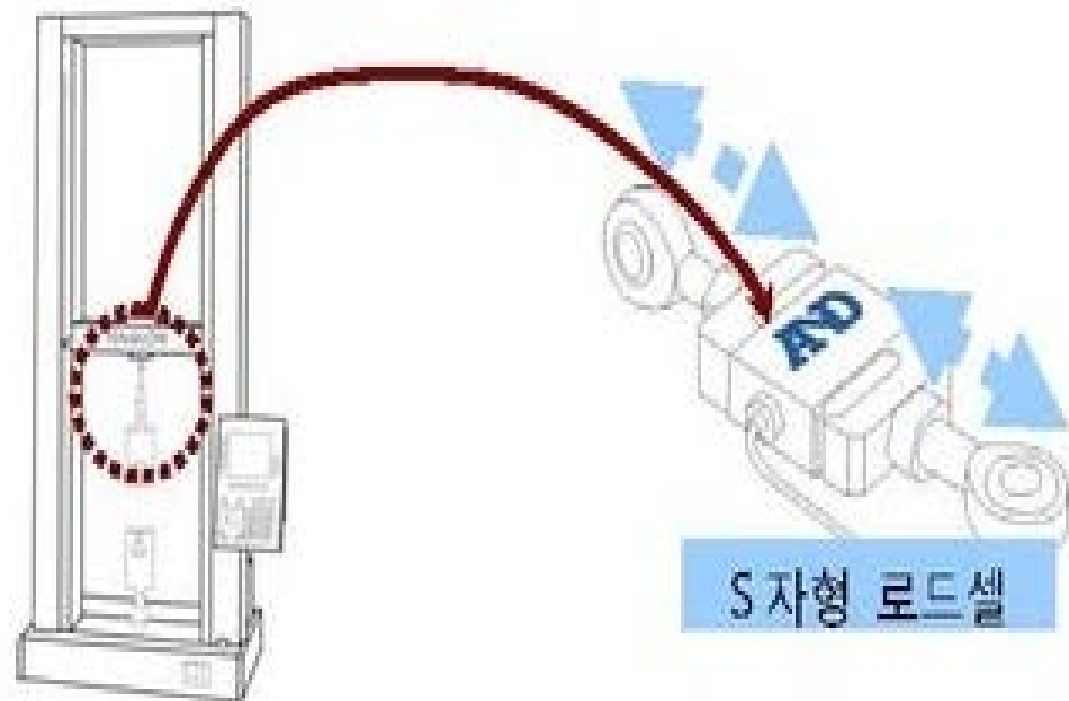
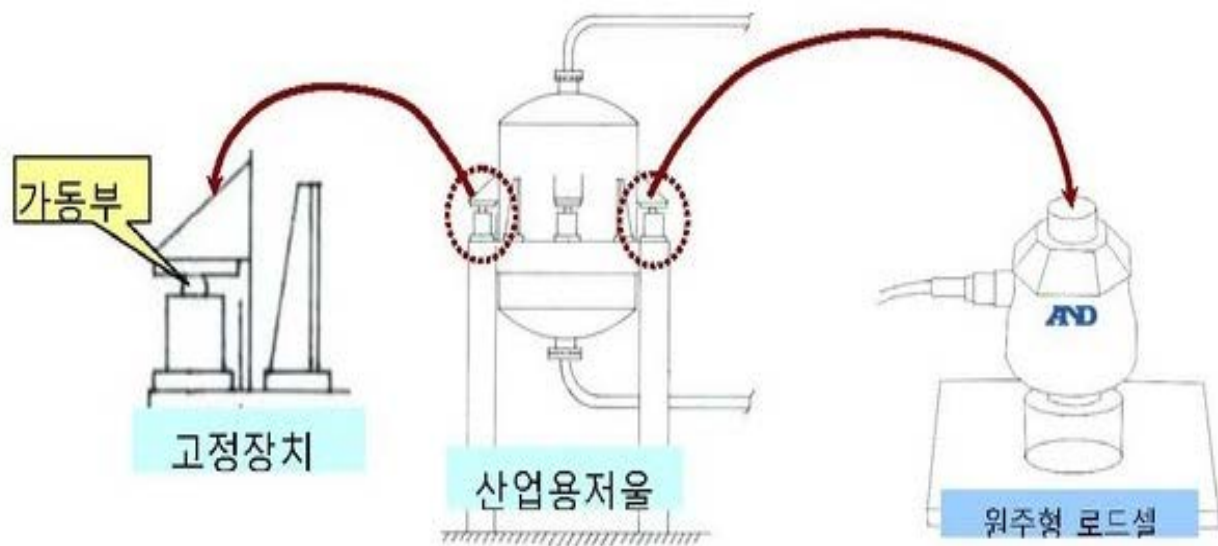
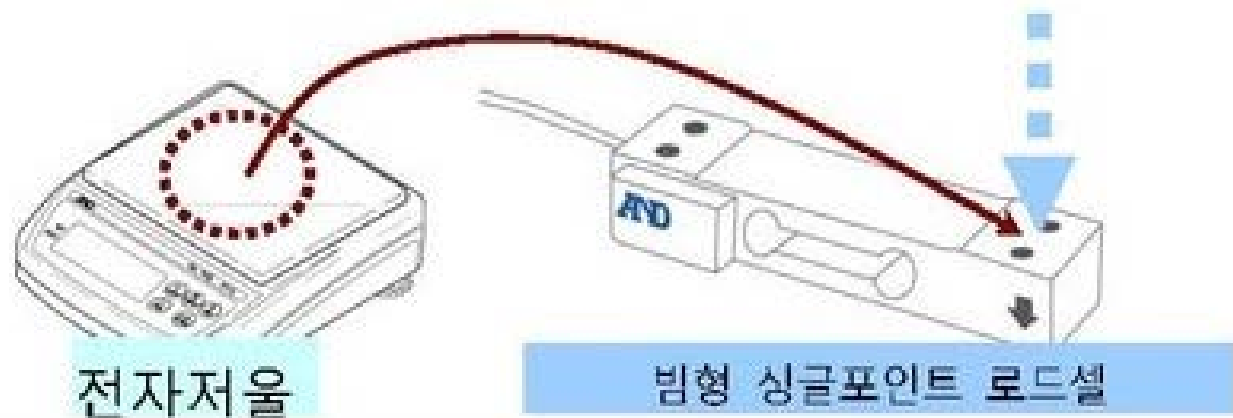
로드 셀의 정의 및 특징

로드 셀이란? : 하중을 가할 때, 시험편에 발생하는 변형량을 **스트레인 게이지**를 이용하여 전기 저항으로 변화시키고 이를 **휘스톤 브릿지**를 통해 전기 전압으로 출력하는 센서.

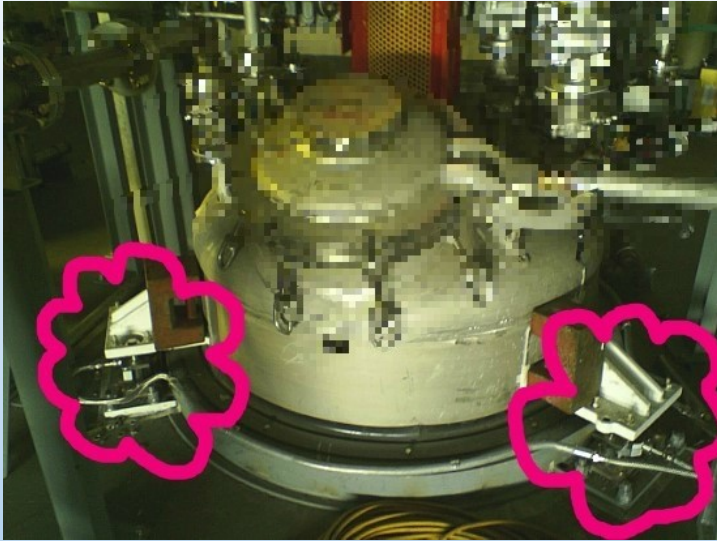
로드셀의 특징

변위형 (1차 변환요소)	변형형 (1,2차 변환요소)
응답주파수가 낮다. (최대 100Hz)	응답 주파수가 높다. (수KHz~수백 KHz)
구조가 복잡하여 소형화 부적합.	구조가 간단하고, 소형화 쉽다.
진동에 약함.	진동에 강하고 안정.
감도가 높다.	변형의 검출량이 작다.
저하중, 저압의 계측에 사용.	고하중, 고압에 적당.

로드 셀의 종류와 활용 사례



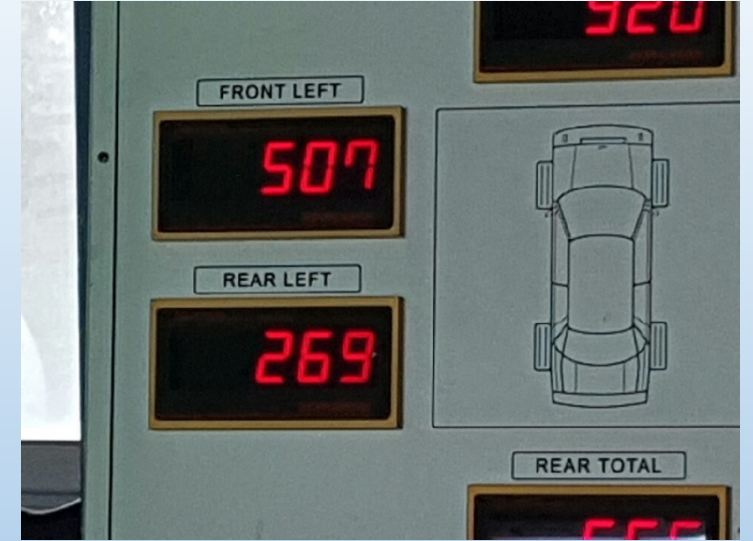
로드 셀의 종류와 활용 사례



방폭 로드셀



원료 저장소용 로드셀



자동차 측정 로드셀



의료용 측정 로드셀



건축 현장 로드셀



스프링 측정 로드셀

로드 셀 제작 과정



표면 거칠기 작업



표면정화 작업
(Degreaser)



화학적 표면 처리
(약산성)



화학적 표면 처리
(약염기)



촉매제 도포



스트레인 게이지
부착

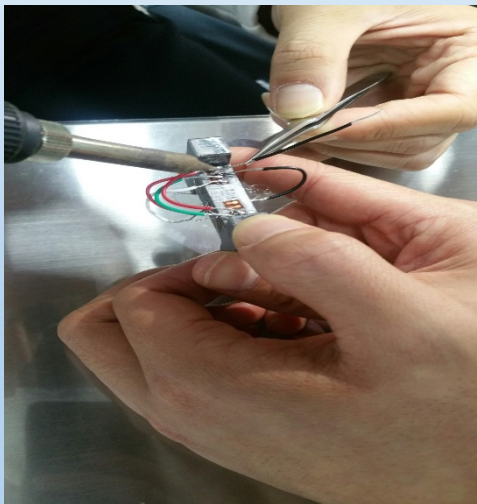


터미널 부착

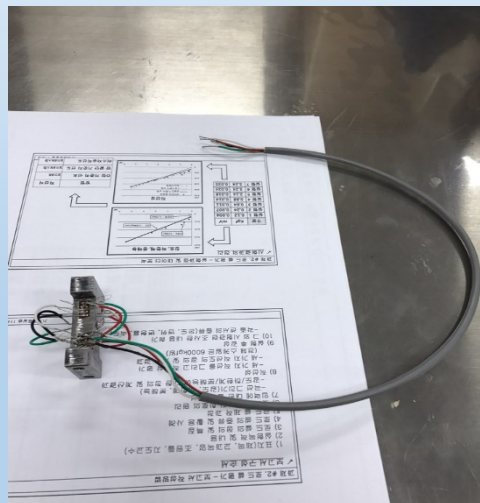


코팅제 도포

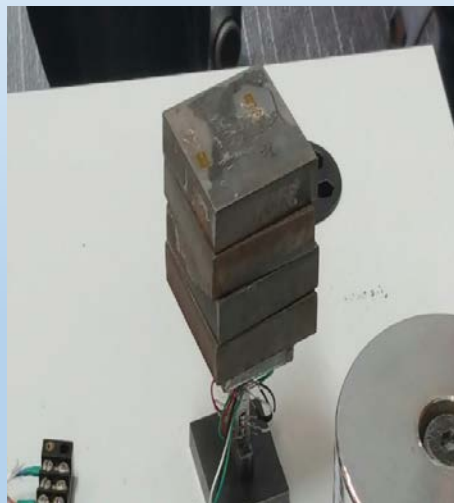
로드 셀 제작 과정



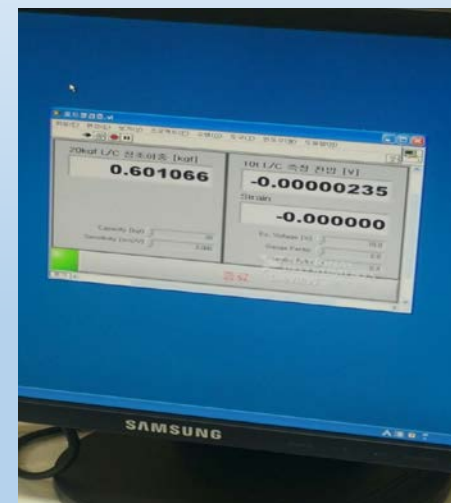
신호선 납땜



시험편 완성

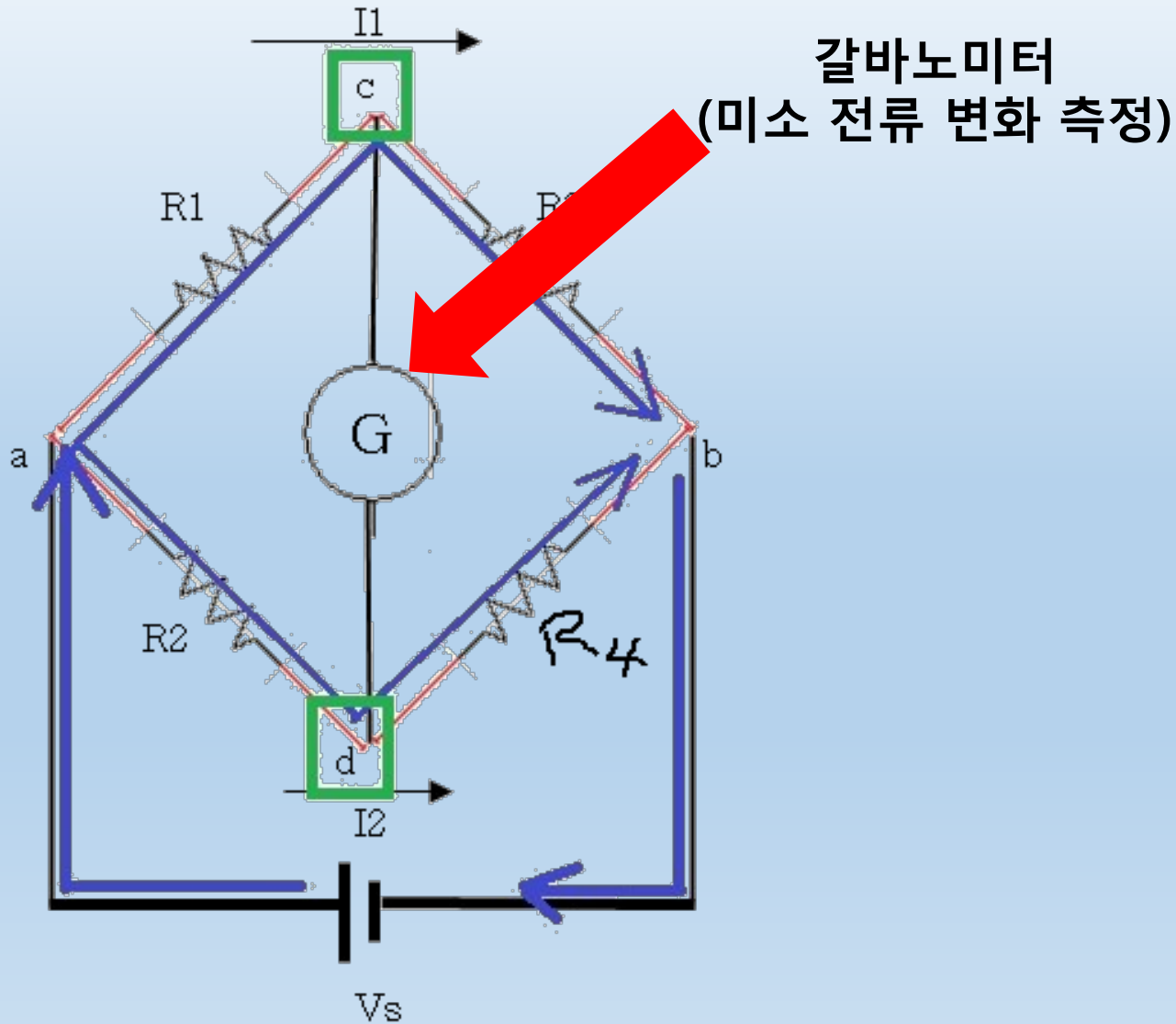


로드셀 실험



결과 도출

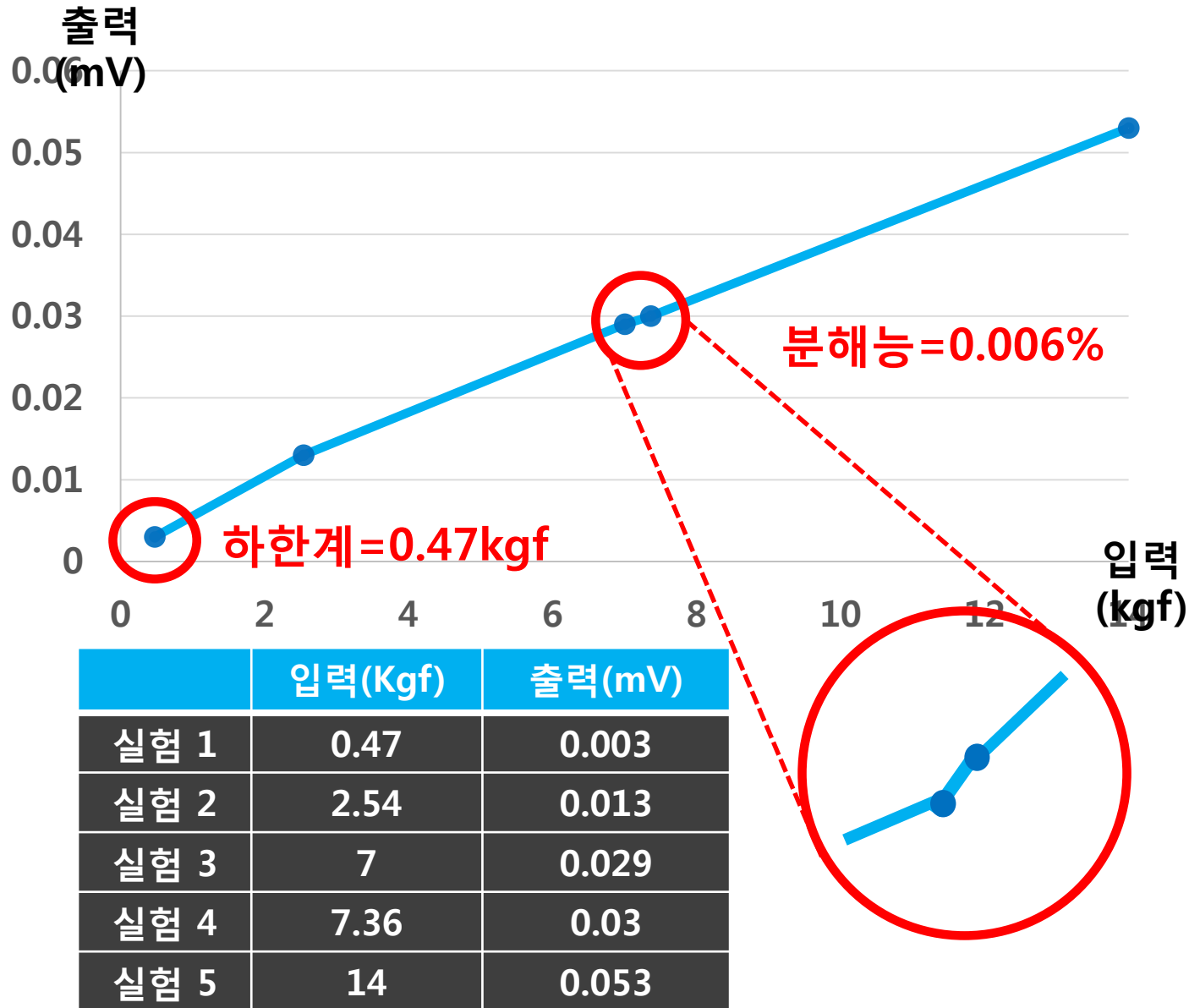
휘스톤 브릿지 회로의 원리



휘스톤 브릿지 회로란?

- 물리학자 **키르히호프의 법칙**을 만족하는 회로로써 임의의 한 접속점에서 **유입되는 전류의 합은 유출 전류의 합과 같다**는 법칙을 만족한다. 이는 전하 보존의 법칙에 근거를 둔다.
- 이를 이용하여 옴의 법칙을 활용하면 서로 **마주보는 저항의 곱은 항상 같다**는 결론이 나온다. 또한, 각 저항에서 유도되는 **기전력의 방향이 서로 상쇄**되어 폐회로의 **중앙**에서는 기전력의 영향을 받지 않는다.

로드셀 하중 -전압 곡선



• 감도

- 입력 변화량에 대한 출력 변화량의 크기

$$\frac{\Delta \text{출력}}{\Delta \text{입력}} = \frac{0.053 - 0.003}{14 - 0.47} = 0.00369 (\text{mV/kgf})$$

• 하한계

- 최초 출력이 검출 되는 최소 입력값
= 0.47 [kgf]

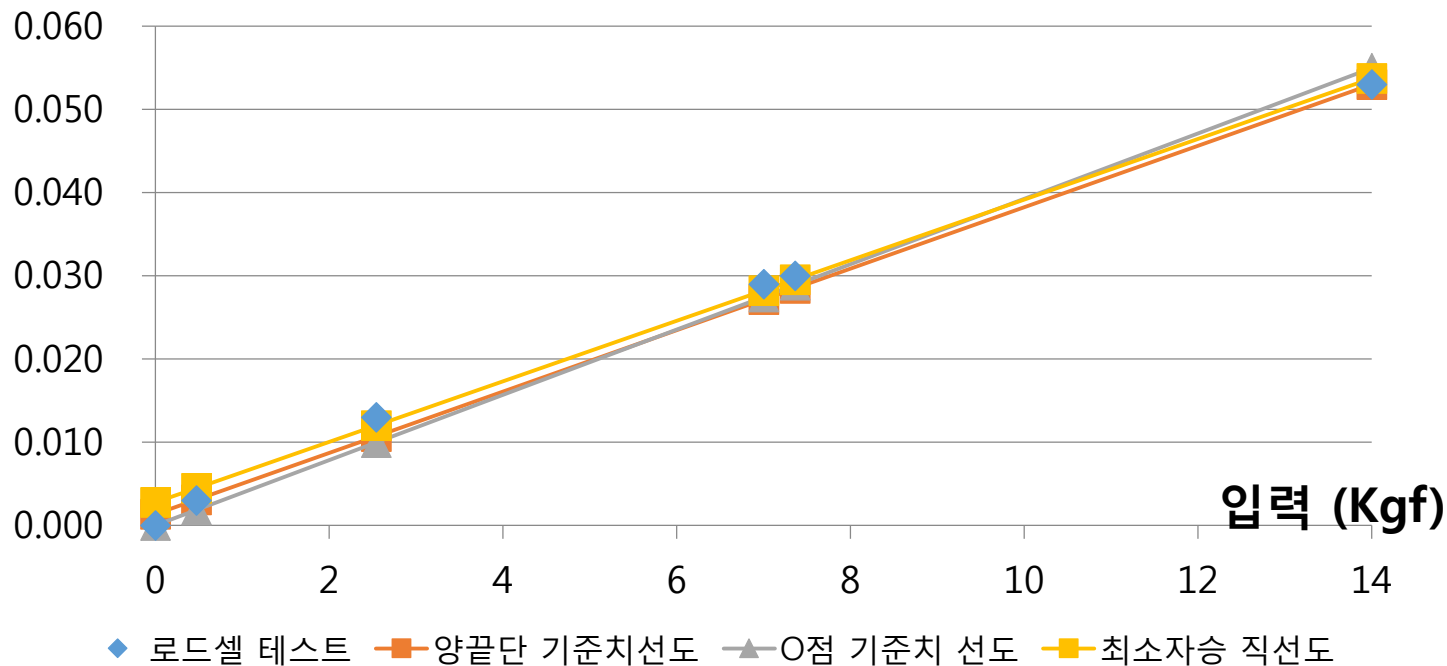
• 분해능

- 임의의 출력값에서 출력의 변화를 줄 수 있는 최소의 입력변화량

$$\frac{7.36 - 7}{6000} \times 100 = 0.006\%$$

로드셀 직선성 평가 (실험결과)

출력 (mV)



양끝 단 기준치 선도	O점 기준치 선도	최소 자승 직선도
0.0030743	0.001844515	0.004469962
0.0107126	0.00996823	0.012006004
0.02717	0.0274715	0.02824308
0.0284984	0.02888432	0.029553696
0.053	0.054943	0.05372728

▶ 양끝 단 기준치 선도

$$y = ax + b \quad (0.47, 0.003), (14, 0.053)$$

$$0.047a + b = 0.003$$

$$14a + b = 0.053 \quad a = 0.00369$$

$$b = 0.00134$$

$$y = 0.00369x + 0.00134$$

▶ 직선성 평가

$$\frac{\sqrt{\sum(\text{출력 변화량})^2}}{\text{전체 스케일}} \times 100$$

$$\frac{\sqrt{0.00001078}}{6000} \times 100 = \boxed{0.00005742\%}$$

로드셀 직선성 평가 (실험결과)

▶ 0점 기준치 선도

$$\begin{array}{ll} y = ax & y = 0.0039245x \\ (0.47, 0.003) & (0.47, 0.47a) = (0.47, 0.001844515) \\ (2.54, 0.013) & (2.54, 2.54a) = (2.54, 0.00996823) \\ (7, 0.029) & (7, 7a) = (7, 0.0274715) \\ (7.36, 0.030) & (7.36, 7.36a) = (7.36, 0.02888432) \\ (14, 0.053) & (14, 14a) = (14, 0.054943) \end{array}$$

$$\begin{aligned} & (0.47a - 0.003)^2 + (2.54a - 0.013)^2 + (7a - 0.029)^2 + (7.36a - 0.030)^2 + (14a - 0.053)^2 \\ & = 305.8421^2 - 2.40046a + 0.004728 = 305.8421(a^2 - 0.007849a + 0.0000156) \\ & \therefore a = 0.0039245 \end{aligned}$$

▶ 직선성 평가

$$\frac{\sqrt{\Sigma(\text{출력변화량})^2}}{\text{전체스케일}} \times 100$$
$$\frac{\sqrt{0.000017883}}{6000} \times 100 = \boxed{0.0000705\%}$$

▶ 최소 자승 기준치 선도

$$y = ax + b$$

$$y = 0.0036406x + 0.00275888$$

$$a \sum x_i^2 + b \sum x_i = \sum x_i y_i$$

$$= (0.47^2 + 2.54^2 + 7^2 + 7.36^2 + 14^2)a + (0.47 + 2.54 + 7 + 7.36 + 14)b = 1.20$$

$$a \sum x_i + b \sum 1 = \sum y_i$$

$$= (0.47 + 2.54 + 7 + 7.36 + 14)a + (1 + 1 + 1 + 1 + 1)b = 0.128$$

$$\therefore a = 0.0036406, \quad b = 0.00275888$$

▶ 직선성 평가

$$\frac{\sqrt{\sum(\text{출력변화량})^2}}{\text{전체스케일}} \times 100$$

$$\frac{\sqrt{0.000004453865}}{6000} \times 100 = \mathbf{0.0000351736\%}$$

실험 후 감상

박민환 : 여러 산업분야에서 실제로 활용하고 있는 로드 셀을 직접 제작해보니 이론으로 배웠던 내용보다 훨씬 자세하게 이해할 수 있었다. 또한 분해능과 하한계에 대한 이해가 높아졌고, 스트레인 게이지의 활용 분야가 굉장히 다양하다는 것을 느꼈다.

김재원 : 로드셀을 직접 제작하고 보고서 작성을 위해 자료들을 찾아보며 로드셀의 가격과 원리 등에 대해 확실하게 이해 할 수 있게 되었고, 로드셀이 얼마나 정확한 측정으로 데이터를 산출해 내는지 알 수 있는 좋은 기회였다.

이범희 : 로드셀을 직접 접하고 제작하고나니 일상생활에서 로드셀 사용이 많은것을 알았고 조금 더 이해 할 수 있어서 좋은 경험이었다.

원대한 : 로드셀 작업을하면서 어려운점이 많았지만 만들고나서 뿌듯함이 생겨났고 여러가지에 사용하는 것을 조사를 하면서도 신기한점도 많았고 생각지도 못했던곳에도 들어가는것에대해 놀랐고 좋은 경험이었습니다.

로드 셀 가격



297,000원
(75Kgf~500Kgf)



3,300,000원
(3축 로드셀 50Kgf)



11,490,000원
(중환자용 침대 저울)



10,500,000원
(6축 로드셀 50Kgf)



22,000,000원
(1000Ton)