# 로드셀 중량센서의 온도보상에 관한 연구

박 찬원*, 최 규석, 안 광희
강원대학교 전기공학과

# A Study on the Temperature Compensation of Load Cell Weighing Sensor

C. W. Park, G. S. Choi, K. H. An
Dept. of Electrical Engineering, Kang Won National University

**Abstract**

Compensation of temperature is very important to make high precision Load Cell.

In this study, we developed a new type of load cell.

The structure of the load cell has four strain gauges on single surface of the load cell. Also a new temperature compensation method is proposed and these, characteristics are better than previous one.

This study will offer application to other type of load cell and another sensors.

## 1. 서론

변환기 위에 놓여진 물체의 무게에 의하여 변환기에 일어나는 역학적 변화에 비례하여 전기적인 신호를 내는 기구를 기본 원리로 하는 변환기중 접착저항 스트레인 게이지(strain gauge)[1]를 쓴 로드셀(load cell)[2,3]은 약 십여년 전부터 전자저울용 변환기로 쓰여지기 시작했으며 작은 크기로서 폭넓은 질량측정을 가능케 하고 내구성이 강하고 정밀도가 좋으며 저항변화를 감지하는 방식이므로 지시방법을 디지탈 형태로 할 수 있고 마이크로프로세서와 컴퓨터에 인터페이스 시킬 수 있는 등 응용이 쉬운 장점이 있어 지금에 이르서는 일상생활 및유통, 공업용, 실험실용에 이르기까지 다양한 전자적 질량측정기는 거의 모두 로드셀을 사용하고 있다.

로드셀은 금속 탄성 구조물에 스트레인 게이지를 부착하여 브릿지저항 센싱방식을 이용한 중량트랜스듀서로서, 온도가 변화하면 스트레인 게이지의 게이지율이 온도의 함수이고 감지부의 재질의 탄성계수가 또한 온도의 함수여서 두가지의 복합효과에 의해 로드셀의 제로점과 출력 스팬이 변하게 되는데 이에대한 보상은 필수적이다.[4]

본 연구에서는 기존의 beam형 로드셀이 양면 스트레인 게이지 부착구조여서 공정수와 제조단가가 상승하는 단점을 제거하기 위해 단면 스트레인 게이지 부착구조의 로드셀을 설계 제작하였는데 이로인한 스트레인 게이지의 발열이 증가되어 기존의 방법에 의한 온도보상법으로는 넓은 범위의 직선성과 온도에 대한 안정성이 보장되지 않아 기존방법인 브릿지내의 보상저항 삽입방법이 아닌 신호 증폭회로의 게인저항을 온도보상 피드백으로 하는 방식을 고안하여 Cu계의 감온저항과 메탈필름계의 금속박막 정밀저항치를 조합하는 방법으로 기존의 로드셀보다 온도 보상범위와 특성을 향상시켰다.

## 2. 로드셀의 기본구조 및 온도보상

본 실험에서 사용한 beam형 로드셀은 그림.1(a)와 같이 4각의 beam구조의 금속 탄성체에 4개의 notch 부분을 만들고 하중에 대한 응력이 가장 민감한 부분에 4개($G_1$~$G_4$)의 스트레인 게이지를 그림.1(b)와 같이 브릿지 형태로 연결하여 그림과 같은 방향의 압축하중에 대하여 $G_1$과 $G_4$는 인장, $G_2$와 $G_3$는 압축되어 각각 그에 따른 저항의 변화로 질량의 측정을 전기적 신호로 변환시키는 구조이다. 이때, 각 스트레인 게이지의 초기저항을 R이라하고 하중에 대하여 변화한 저항성분을 각각 $\pm\Delta r$이라 할 때 4개의 스트레인 게이지의 저항치가 모두 같다고 하면 R1=R2=R3=R4=R로 되고 이때 각 미소저항변화분들은 $\Delta r1=\Delta r3=+\Delta r$은 인장, $\Delta r2=\Delta r4=-\Delta r$로 압축력을 각각 받아 변화하므로 이를 계산하여 로드셀의 출력전압을 나타내면

$$Vout = \frac{\Delta r}{R} Vin \qquad (1)$$

으로 된다.

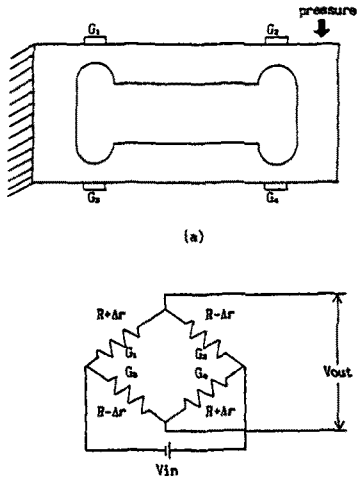


Fig 1. Load Cell Structure and Brige Circuit

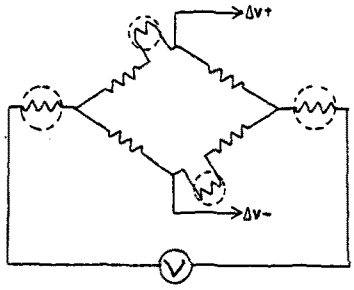


Fig 2. Typical Temperature Compensation of Load Cell

로드셀의 온도에 의한 영향에는 영점에 관한 것과, 출력신호의 span에 대한 것이 있다.

영점의 온도에 의한 변화는 주로 탄성체의 열팽창이나 열수축에 기인한다.

이 영향을 적게하기 위해, 스트레인 게이지에 자기온도보상 게이지를 사용하는데, 스트레인 게이지의 저항온도 특성은 약간의 불균일성을 지니고 있으므로, 그림.2와 같이 휘스톤브릿지 회로내에 감온저항체를 삽입하고, 이것을 보정한다.

온도에 의한 출력신호의 span에의 영향은 주로 탄성체 young율의 온도변화(Al합금계재료는 -0.07%/℃정도)와 스트레인게이지의 게이지율의 온도변화에 기인하고 있다.

이것은 hook법칙을 적용하면

$\varepsilon = \frac{\sigma}{E}$ 여기서, $\sigma$:응력, E:young율, $\varepsilon$:변 형 율.

으로 온도가 높게되면 E의 값이 적게되어 일정부하를 가하면 $\varepsilon$가 증가된다.

따라서 정(+)의 온도특성을 갖는 저항체(순 니켈등)를 그림.2와 같이 삽입하고, 브릿지에 인가되는 전압을 제어하는 방법을 쓴다.

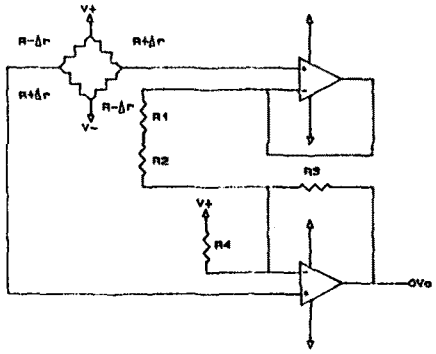


Fig 3. Proposed Temperature Compensation Method

## 3. 실험 및 고찰

본 실험에 사용한 탄성체 모재는 영율 7500kg/㎟의 A2024계 알루미늄이고 스트레인게이지는 게이지율이 2.0인 NMB48BM-41를 사용하였으며 게이지의 접착에는 EPY-500 에폭시 본드를 사용하였다.

본 연구에서는 기존의 로드셀이 그림1과 같이 beam의 아래윗면에 스트레인게이지를 부착하는 구조인데 비해 제조원가와 공정수를 절감하고자 하는 목적으로 한쪽면에 스트레인 게이지 4개를 모두 부착하여 같은 성능을 얻고자 하였는데, 이를 실제로 제작해 본 결과 다른 기계적 특성은 문제가 없었으나 스트레인 게이지의 발열량의 증가로 인하여 기존의 온도보상 방법으로는 만족할 만한 온도보상이 어려웠다. 또한 기존방법인 브릿지 저항에 보상저항을 연결하는 그림.2과 같은 방식은 로드셀의 테브난 등가저항을 증폭기의 1차 저항으로 이용하는 방식에서는 보상저항에 따른 로드셀의 등가저항의 불균일의 문제가 야기되므로 본 연구에서는 그림.3과 같은 로드셀 신호 증폭회로의 궤인저항을 온도보상 피드백으로 하는 방식을 고안하였다.

그림의 온도보상회로에서 출력전압을 식(1)을 참고로 계산하면,

$$V_0 = \left(1 + \frac{R4}{R1+R2}\right)\frac{\Delta r}{R} Vin \qquad (2)$$

이 되고, 이때 R1은 온도계수 0 ppm의 메탈필름계의 금속박막정밀저항이고 R2는 Cu계의 감온저항으로 온도계수 $\alpha$ = 3917.05ppm/℃의 것을 사용하였다.

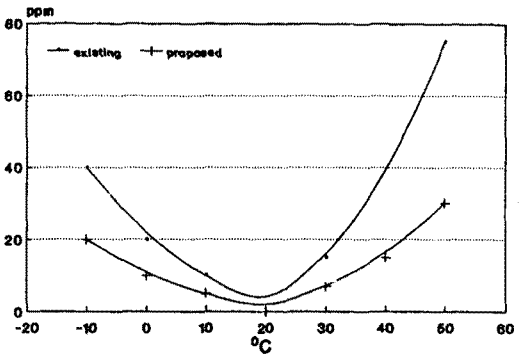


Fig 4. Temperature Compensation Characteristics of Load Cell

따라서 R20를 기준온도에서의 저항값이라 할때,

$$R2=(1+\alpha t)R20 \qquad (3)$$

이고, 로드셀의 온도계수를 $\beta$ =650ppm/℃라 하고 기준온도에 있어서 로드셀의 출력전압을 V′ 라 할때

$$\frac{\Delta r}{R}Vin=(1+\beta t)V' \qquad (4)$$

로 된다. 이때 t는 기준온도와의 온도차이다.

식(3)과 식(4)를 식(2)에 대입하여

$$V_o=[1+R4/(R1+(1+\alpha t)R20)]\ (1+\beta t)V' \qquad (5)$$

로부터 출력전압의 온도계수를 0에 근사하게하는 저항값 R20을 구할 수 있다.

계산식으로 구한값은 R4=20kΩ이고 R1+R20=200Ω으로 한 조건에서 R20=32.88Ω으로 계산되었고 이를 SPICE 시뮬레이션에서 구한값도 근사적으로 증명되었다.

그림.4는 R1=180Ω R20=36.6Ω일때의 로드셀의 온도보상 특성을 나타내고 있다. 아울러 비교를 위하여 기존의 방법에 의한 온도보상에 의한 결과도 보여주고 있다.

실험의 결과 -10℃에서 50℃의 온도범위에서 영점온도특성은 ±60μV이내 출력스팬의 경우 ±0.02%load/10℃이내로 상당히 양호한 결과를 얻었다.

## 4. 결론

단면 스트레인게이지 부착구조의 간단한 beam형 로드셀 방식을 실현시키고 새로운 온도보상방식을 고안하였다.

실험의 결과 온도보상특성은 기존의 방식보다 우수하게 나타났으며 이는 다른 형태의 로드셀에의 적용 뿐만 아니라 각종 센서의 온도보상에도 응용 가능하다.

향후의 과제로써 신호증폭 OP AMP의 SMD형의 소자를 로드셀에 표면실장시키는 방식을 연구중에 있다.

<참고 문헌>

1. 高橋 清, センサエレワトロニクス p.241, 昭晃堂 1984

2. 韓應教, straingauge 理論과 應用, 普成文化社, p.18, 1988

3. 渡邊 理, ひずみ ゲージとその應用, 日刊工業社, 1987

4. David M. Auslander & Paul Sagues, Microprocessor for Measurement and control, p.53, 1981