

## 특성이 다른 지게차 적재 중량 센서의 초기 값 오차 보정

# Error Calibration of Initial Value of Weight Measuring Sensors with Different Feature of Forklift

한치문<sup>1</sup> · 임춘식<sup>1</sup> · 이성렬<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>(주)알씨엔 연구소

<sup>2</sup>목포해양대학교 항해정보시스템 학부

Chi-moon Han<sup>1</sup> · Choon-Sik Yim<sup>1</sup> · Seong-Real Lee<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Head of Research center, RCN Co. Ltd., Daejeon, 34028, Korea

<sup>2</sup>Division of Navigational Information System, Mokpo National Maritime University, Jeollanam-do 58628, Korea

### [요 약]

산업현장에서의 안전사고 빈도가 높은 지게차 전복의 주요 원인인 과적을 방지하기 위해 개발된 앵커(anchor) 볼트 형태의 strain 게이지 센서의 초기 값 오차를 보정하는 방법을 제안하였다. Strain 게이지 센서의 초기 값 오차는 앵커 볼트의 물리적이고 기계적 오차와 환경적 문제에 기인하는 것을 확인하였다. 이러한 원인들을 제조 공정에서 제거하는 것은 본 연구의 범위를 벗어나는 것이기 때문에 제반 원인들을 고려한 보정 값을 찾고, 이 보정 값으로 strain 게이지 센서부를 구성하는 ADC 모듈의 초기 값을 보정하는 방법을 적용하였다. 보정 값 도출을 위하여 선형 보간법을 채택하였다. 도출한 보정 값을 4개의 strain 게이지 센서에 적용하여 시험한 결과 4개의 센서 모두 실제 중량 값과의 차이가 5% 이내가 되는 것을 확인하였다. 아울러 초기 값 보정 전에는 센서들의 ADC 값과 적재 중량 실제 값의 상관성이 없었던 점도 동시에 해결할 수 있었다.

### [Abstract]

The calibration method of the initial value error obtained in the weight measurement through anchor bolt type strain gage sensor is proposed. The strain gauge sensor is developed for preventing the overturning of forklift, which is the most frequent type of safety-accident in industry. It was confirmed that the initial value error is caused from the physical and mechanical error of anchor bolt, and the environmental problem. Since the elimination of these causes falls outside the realm of this research, we find out the calibrated values based on all the causes, and we adjust the initial values of analog-to-digital convertor (ADC) module consisted of strain gauge sensor block using the calibrated values. We use the linear interpolation method for our calibration. We confirm that four sensor modules have the different under 5% between the real weight and the measured value in the experiment applied with the calibration of initial values. The low correlation between the real weights and ADC values is also improved through the proposed calibration.

**Key word** : Error calibration, Linear interpolation, Anchor bolt type strain gauge, Forklift, Analog-to-digital convertor.

<https://doi.org/10.12673/jant.2019.23.2.214>



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Received 26 March 2019; Revised 5 April 2019

Accepted (Publication) 22 April 2019 (30 April 2019)

\*Corresponding Author; Seong-Real Lee

Tel: +82-61-240-7264

E-mail: reallee@mmu.ac.kr

## I. 서 론

현재 4차 산업혁명이 진행되면서 산업 전 분야에 걸쳐 정비 예측, 상태 예측 등 생산 및 업무 혁신과 관련한 다양한 서비스를 제공하기 위해 빅 데이터 (big data), 사물 인터넷 (IoT; internet of things)와 머신 러닝 (machine learning)이 융합된 연구가 활발히 진행 중이다 [1]. 이러한 기술 추세 중 스마트 팩토리는 생산 공정, 물류관리, 서비스를 통합 관리하는 지능형 공장으로서 ICT와 제조업이 융합되는 신산업의 핵심으로 대두되고 있다 [2]. 또한 IoT 디바이스는 다양한 환경에서 정보를 수집하고 분석하여 사용자에게 유용한 정보를 제공하는 역할을 수행하기 때문에 스마트 팩토리나 산업 안전 관리 분야에서 다양한 형태로 이용되고 있다 [3].

이러한 연구는 비행기에 화물을 적재하는 경우나 트레일러 화물을 적재하는 경우, 그리고 무거운 물건을 이동시키는 경우에도 적용이 가능하다. 산업현장에서 지게차가 실시간으로 적재 중량을 계산하고 데이터를 분석해 현재 상태나 향후 상황에 대한 예측 결과를 제공할 경우 보다 효율적인 적재 및 관리를 가능하게 하므로 전체적인 물류비 절감이 가능하게 된다. 이미 선진국에서는 지게차 등에 적재 중량 센서를 부착하여 물류 창고에서 지게차의 작업량을 파악하여 물류 및 작업자 관리의 효율화 제고를 추진하고 있는 추세이다.

이러한 기술적 추세에 맞추어 저자들은 앞선 연구를 통해 IoT 기술 기반으로 지게차 적재 중량 센서 모듈을 개발하였다. 적재 중량 측정 센서는 기존에 많이 사용하는 load cell 방식 [4]이 아닌 가격 면에서 경쟁력이 있는 strain 게이지(gauge) 방식으로 개발되었고, 센서 모듈의 내구성 강화와 측정 정밀도 개선을 위해 strain 게이지 센서들을 지게차의 앵커(anchor) 볼트에 내장시키는 형태로 개발되었다. 또한 앞선 연구를 통해 개발된 센서 모듈이 지게차에 실리는 부하의 무게에 의해 파괴 등 외형적 변화가 없이 내구성을 가지면서 적재 중량을 측정할 수 있는 가능성을 확인하였다.

그러나 개발된 여러 개의 strain 게이지 센서를 지게차 앵커 볼트에 내장하고 모니터링 장치와 하중 제어 프로세서 등을 추가로 구성하여 적재 중량에 대한 정밀도 시험을 수행한 결과 앵커 볼트 자체의 물리적 특성과 앵커 볼트에 개발된 strain 게이지 센서를 삽입하는 과정에서의 원인 등으로 초기 값 (무하중 측정값)이 서로 일치하지 않는 문제를 발생시켰다. 본 연구는 이 초기 값 오차를 해결하는 선형 보간법에 기초한 기술적 과정을 제안하고 제안된 방법을 적용한 시험 결과를 보이고자 한다. 본 연구에서 제안하고 시험으로 증명한 방법이 적용되면 앞선 연구에서 개발한 지게차용 strain 게이지 센서는 가격 경쟁력에서의 우수성과 측정 정밀도가 높기 때문에 빠른 시일 내에 상용화가 가능할 것으로 예상된다.

## II. Strain 게이지 Sensor 내장 앵커 볼트 형태의 지게차 적재 중량 측정 모듈

### 2-1 제안 기술 요약

산업 현장에서의 안전사고의 주요 원인 중 가장 빈도 수가 높은 것은 과적에 의한 지게차의 전복에 의한 것이다. 지게차의 전복의 원인인 과적 방지를 위해서는 적재 중량의 정확한 측정이 필요하다. 현재의 자동화 시스템을 구비하고 있는 대부분의 현장은 지게차에 짐을 싣는 과정에서 지게차에 장착된 다양한 센서를 통하여 화물의 중량을 측정하고 있다.

적재 중량을 실시간으로 측정하는 방식 가장 대표적 방식인 load cell 방식의 측정 정밀도는 높지만 고가라는 점 때문에 중소 산업현장이나 공정이 비교적 간단한 현장에서는 적용을 꺼려하고 있는 실정이다. 이의 대안으로 사용하고 있는 유압 센서 방식은 기압에 따른 오차가 심각하고 가격 역시 중저가라는 한계를 갖는다.

이들의 대체 기술로써 본 연구에서 제안하는 적재 중량 측정 방식은 strain 게이지 sensing에 바탕을 두고 있다. 그러나 이 방식은 가격 면에서 우수하지만, 내구성이 약하고 측정치가 외부 조건에 민감하다는 단점을 갖는다. 이를 해결하기 위해 strain 게이지 센서를 지게차 바닥 판이 아닌 화물의 하중에 직접적인 영향이 없고 동시에 적재 중량을 센싱할 수 있는 부분에 거치(또는 삽입)하는 방법을 적용하기로 하였다. 현대건설 기계 구조설계팀의 지원을 받아 시뮬레이션을 통하여 추정된 결과 지게차가 화물을 운반하는 경우 지게차의 fork와 chain을 연결하는 앵커 볼트에 가장 많은 부하가 집중되는 것을 확인하였다. 이를 바탕으로 strain 게이지 센서의 내구성을 높이기 위하여 센서를 앵커 볼트 내에 삽입하는 형태로 적재 중량 측정 센서 모듈을 개발하였다.

### 2-2 제작된 앵커 볼트 형태의 strain 게이지 센서

그림 1은 본 연구에서 설계 제작한 앵커 볼트를 나타낸 것이다. 그림 1에서 보는 바와 같이 지게차 화물의 중량을 측정하는 센서인 strain 게이지는 앵커 볼트 내부에 삽입된다. 또한 앞서 설명했듯이 센서가 매우 약하기 때문에 화물의 직접적인 영향을 받지 않고 정밀한 측정이 이루어지도록 그림 2의 지게차 fork와 chain을 연결하는 부위 네 곳에 앵커 볼트가 설치된다.

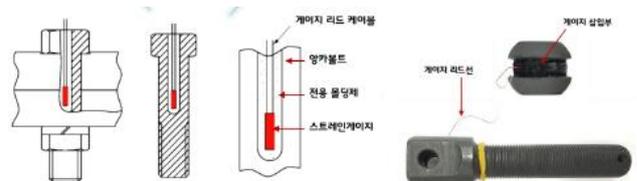


그림 1. Strain 게이지 센서가 내장되는 앵커 볼트  
Fig. 1. Anchor bolt embedded strain gauge sensor.

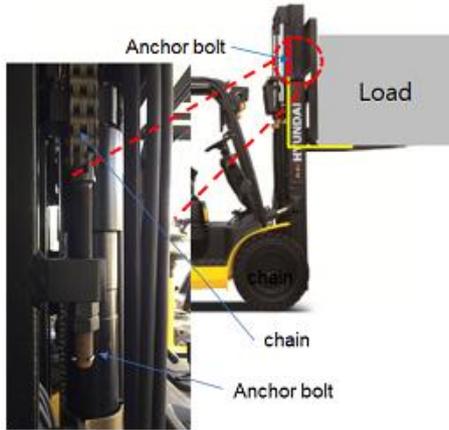


그림 2. 지게차의 앵커 볼트  
Fig. 2. Anchor bolt in forklift.

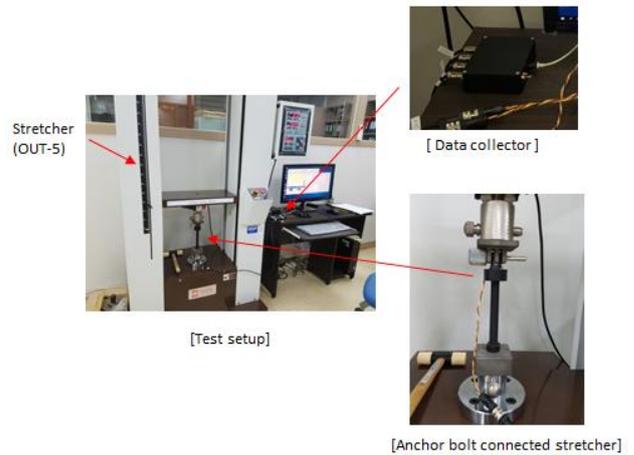


그림 5. 시험 구성  
Fig. 5. Setup for test.

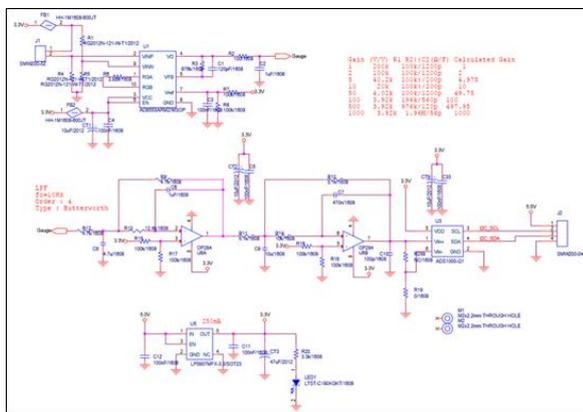


그림 3. Strain 게이지 센서의 회로도  
Fig. 3. Circuit diagram of strain gauge sensor.

그림 3은 strain 게이지 센서의 회로도이고, strain 게이지 센서 모듈은 센서 회로, 저잡음 증폭기 (LNA; low noise amplifier), 센싱된 신호 중 AC 신호를 제거하는 LPF (low pass filter)와 ADC(analog-to-digital convertor)로 구성하였다.

지게차에는 최소 4개의 strain 게이지 센서가 내장된 앵커 볼트가 설치되기 때문에 각 센서와 통신하면서 이들로부터 얻어지는 적재 중량 데이터를 확인하고 처리하는 프로세서가 필요하다. 이를 위한 센서 제어기 (sensor controller)를 제작하였고, 모니터링 장치를 통해 지게차의 적재 중량을 실시간으로 확인하도록 하였다.

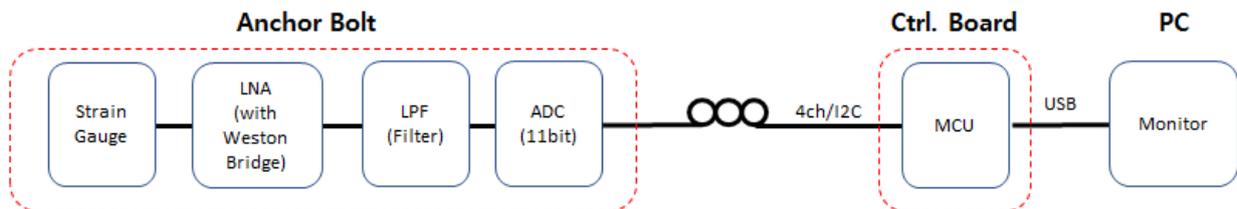


그림 4. 시험을 위한 시스템 구성  
Fig. 4. System configuration for test.

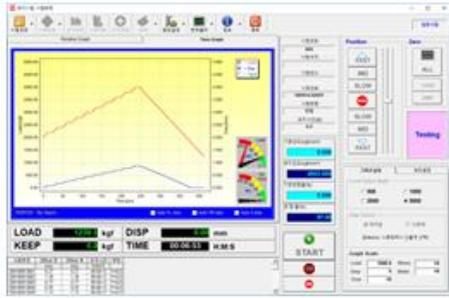
### III. 지게차 적재 중량 측정 시험

앵커 볼트에 내장되는 strain 게이지 센서가 지게차의 적재 중량을 정확히 측정하는지를 확인하기 위하여 그림 4와 같이 하드웨어를 구성하여 반복 시험을 수행하였다.

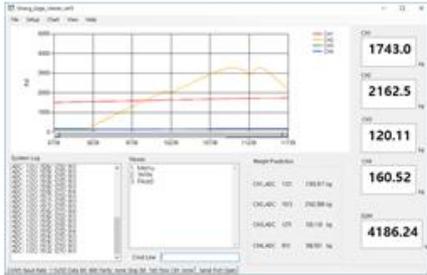
Strain 게이지는 휘스톤 브리지 구조를 사용하였고, 각 3개의 arm의 저항은 120 Ω (±10 ppm)을 사용하였다. 사용한 인가 전압은 3.3 V이다. LNA는 AD8553을 사용하였으며, 증폭율은 500배로 설정하였다. 또한 ADC는 12 bit (ADS1000-Q1) IC를 사용하였다.

그림 5는 인장기(stretcher)를 이용한 중량 반복 측정을 위한 시험 장치 구성을 나타낸 것이다. 지게차에 화물 중량을 반복 측정하기 위해서는 실제로 화물을 싣고 내리기를 반복해야 하는 번거로움이 있기 때문에 인장기를 사용하였다. 시험 방법은 아래와 같다.

- 0~4000 kgf까지 200 kgf 간격으로 하중을 증가시키면서 strain 게이지의 ADC값을 측정.
- 하중의 증가 속도는 분당 1,000 kg 이며, 각 단계 (200 kgf 증가마다)는 12초간 유지하면서 진행.
- 하중의 제거는 증가 속도와 동일한 분당 1,000 kg 속도 하강함.
- 하중이 등속도로 일정하게 증가하는 실험을 통하여 앵커 볼트의 하중에 따른 볼트 및 strain 게이지의 변동성을 관찰.



(a) Control program of stretcher



(b) Measurement program of weight on board

그림 6. 시험에 사용된 소프트웨어들  
Fig. 6. Softwares used for test.

본 시험을 위해 그림 6과 같은 소프트웨어들이 사용되었다. 이 중 그림 6(a)의 인장기 제어 프로그램은 현대건설의 도움을 받았고, 그림 6(b)의 적재 중량 측정용 프로그램을 직접 개발한 것이다.

#### IV. 시험 결과 및 분석

그림 7은 인장기에 의해 만들어진 중량을 strain 게이지 센서를 통해 ADC 값으로 측정된 결과를 나타낸 것으로 No의 의미

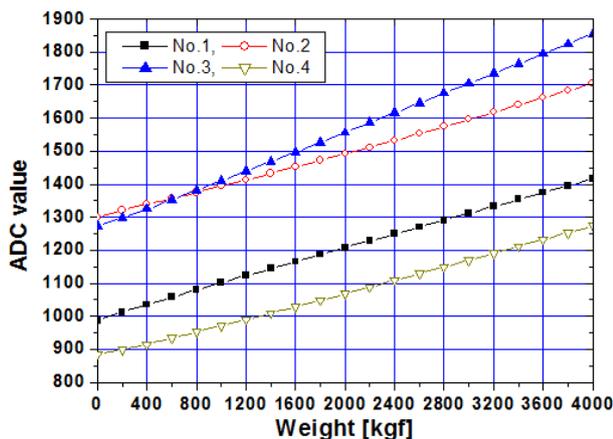


그림 7. Strain 게이지 센서로부터 얻은 중량 측정치  
Fig. 7. Measured weight values from each strain 게이지 sensor.

는 4개의 앵커 볼트에 삽입된 strain 게이지들의 번호이다. 그림 7의 결과는 동일한 조건에서 4번 반복 측정해 얻은 결과의 평균치이다.

그림 7의 세로축의 시작 값 (즉 0 kgf에서 얻은 값)이 각 센서마다 다르게 나타나는 것을 알 수 있다. 이러한 결과는 strain 게이지 센서의 오차 및 기준 전압 (3.3V)의 미세한 오차가 매우 크게 증폭된 것 (500배 증폭)으로부터 기인한다고 판단해 볼 수 있다.

또한 No. 3 센서의 측정 결과치의 기울기가 다른 센서에 비해 다르게 나타나는 원인을 분석한 결과 No. 3 볼트와 strain 게이지 센서 사이의 접합 상태가 다른 볼트들에 비해 느슨했기 때문이라는 것을 확인하였다. 즉 같은 힘을 가하더라도 접합 상태 및 앵커 볼트의 열처리 상태에 따라 볼트가 늘어나는 정도에 오차가 생기고 이것이 strain 게이지 센서에 받는 힘의 차이로 나타나게 된다는 것을 확인하였다.

그러나 초기 값 (무하중 측정값) 및 기울기는 달라도 모든 센서의 측정치가 선형적으로 변화한다는 결과는 개발된 strain 게이지 센서 모듈이 내구성을 가지면서 적재 중량 측정이 가능하다는 것을 의미하고, 위 2가지 오류를 보정하면 균일한 특성을 가지는 적재 중량 센서 모듈로써 사용될 수 있다는 것을 의미한다.

그림 8은 그림 7과 동일한 조건에서 중량에 따른 앵커 볼트의 변위 (볼트가 늘어나는 정도)를 측정된 것이다. 최대 4000 kgf의 인장력을 가한 경우 4개의 앵커 볼트는 최대 2 mm 전후로 변화하는 것을 알 수 있다. 그림 8의 결과 중 2000 kgf에서 2200 kgf 사이의 인장력에 대해 No. 2와 No. 3의 앵커 볼트의 변위가 갑자기 증가한 것은 시험을 2개의 구간 (200 kgf부터 2000 kgf와 2200 kgf부터 4000 kgf)으로 나누어 측정하는 과정에서 발생한 측정 시작시의 오류이다.

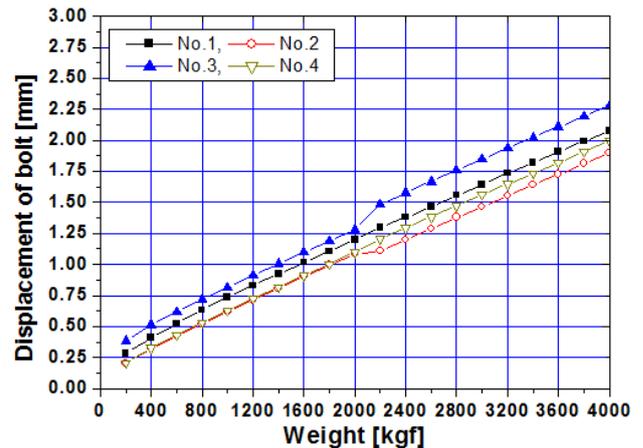


그림 8. 중량에 따른 앵커 볼트 변위 측정치  
Fig. 8. Displacement of anchor bolt as a function of weight.

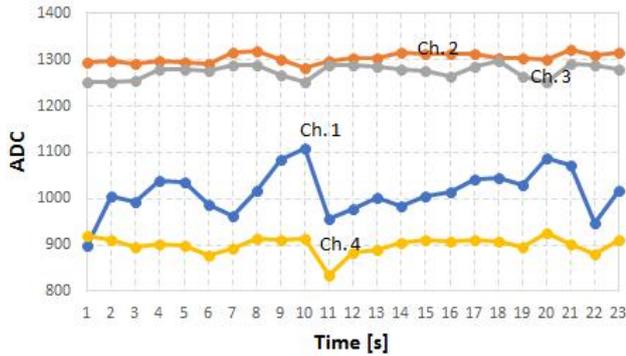


그림 9. 무하중 시 시간에 따른 초기 값 변동  
 Fig. 9. Variation of initial values in case of free-weight.

그림 8은 가해진 중량에 따라 볼트가 선형적으로 늘어나고 결과적으로 그림 7에서 보는 바와 같이 개발된 strain 게이지 센서는 선형적 특성을 갖는다는 것을 의미한다. 그러나 그림 7의 결과처럼 4개의 앵커 볼트의 초기 값들이 모두 다르게 나타난다는 특이점을 가지고 있다. 이러한 결과는 그림 7의 분석에서 언급했듯이 제작된 4개의 앵커 볼트의 물리적 특성이 각각 다소 차이가 나기 때문이라고 볼 수 있다. 따라서 본 연구에서 제작된 strain 게이지 센서를 통한 지게차 적재 중량의 측정 정밀도를 높이기 위해서는 앵커 볼트가 갖는 물리적 특성을 고려한 보정이 필요하다고 할 수 있다.

그림 9는 무하중 (0 kgf) 시의 측정값, 즉 초기 ADC 값을 측정한 것으로 시간이 지나면서 초기 값이 변동되는 것을 알 수 있다. 특히 채널 1 (볼트 No. 1)의 경우 최대 편차가 1873으로 매우 크게 나타난다. 지금까지의 결과는, 즉 그림 7부터 그림 9까지의 결과는 이러한 초기 값의 변동에 대한 하중 오차를 보정하기 위한 방안이 필요하다는 것을 보여준다. 하지만 그림 9를 통해 초기 값 오차는 strain 게이지 센서의 문제가 아닌 제작된 앵커 볼트의 기계적이고 환경적 특성에 기인한다는 것을 확인하였기 때문에 오차 보정은 strain 게이지 센서로부터 얻은 ADC 값의 보정을 통해 이루어져야 함을 파악할 수 있다.

V. 적재 중량 센서 모듈의 초기 값 보정

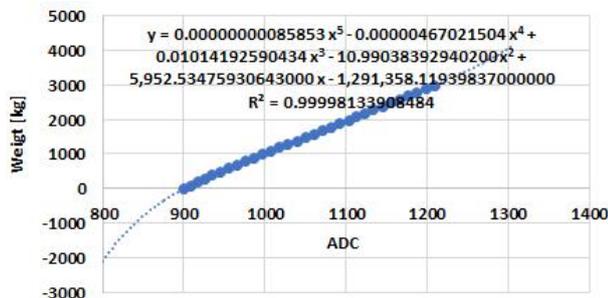


그림 10. 다항식 보간법을 이용한 초기 값 보정  
 Fig. 10. Calibration of initial value using polynomial interpolation.

제작된 strain 게이지 센서의 중량 측정 특성이 일관적이기 때문에 초기 값 오차 보정을 위한 방법으로 보간법 (interpolation method)을 적용하였다. 보간법은 구간 내 특정 점들을 지나는 함수 및 그에 따른 함수 값을 구하는 방법으로 다항식 보간법과 선형 보간법으로 나뉜다.

우선 초기 값 오차 보정을 위해 보정 상수로 중량을 사용하여 다항식 보간법을 적용해 보았다. 즉 얻어진 값으로 ADC 중량을 계산한 후 그림 10에 표현한 다항식을 사용하여 실 중량과의 차이를 보정해 보았다. 그 결과는 그림 10에 나타내었다.

그림 10를 통해 알 수 있듯이 다항식 보간법을 이용하여 보정한 결과 1000 kg 기준 (ADC 1000 = 1000 kg의 초기 조건으로 보정 수행함)으로 양 옆으로 갈수록 오차가 증가한다. 특히 500 kg 이하에서는 20% 이상의 오차를 보이는 경우가 많아 다항식 보간법은 효과가 없다고 판단하였다. 물론 보정에 사용한 다항식의 선택이 잘 못 되었다는 점도 고려해 보았으나, 본 시험에서 얻은 측정치를 제대로 보정할 수 있는 경우의 수를 모두 검토해 보아야 하고, 실험 환경 변화에 따른 다른 값의 측정치 모두를 포괄할 수 있는 보정 다항식을 최적화하는데 어려움이 있어 다른 보정 방법인 선형 보간법을 시도하였다.

선형 보간법을 적용하려면 측정치 곡선 범위를 벗어난 두 지점의 값을 선정하고 측정 곡선의 기울기를 이용하여 오류가 발생한 값에 대한 보정을 수행해야 한다. 그러나 본 시험에서 얻은 측정치 오류는 모두 초기 값 오류로부터 기인하기 때문에 실측된 데이터와 그 곡선의 기울기로부터 초기 값만을 보정해 4개의 strain 게이지 센서의 ADC 값이 중량과 동일한 기울기의 선형적인 관계를 갖도록 하였다.

표 1은 본 연구에서 사용한 4개의 strain 게이지 센서를 위한 선형 보간법의 ADC 초기 값의 보정 값들을 정리한 것이다. 표 1에서 각 strain 게이지 센서의 보정 값에 다른 이유는 측정 초기치가 각각 다르고 측정치에 의한 기울기가 다르기 때문이다.

그림 11은 표 1의 값으로 strain 게이지 센서의 ADC 값을 보정한 후 그림 7의 결과와 동일한 환경과 방법으로 측정된 중량에 따른 ADC 변화 값을 나타낸 것이다. 그림 11에서 알 수 있듯이 선형 보간법에 의해 ADC 초기 값을 보정하면 본 연구를 통해 개발된 4개의 strain 게이지 센서를 내장하는 앵커 볼트의 기구적이고 외형적인 차이에 의한 오류를 제거할 수 있으며, 결과적으로 4개의 strain 게이지 센서가 동일한 특성으로 지게차의 적재 중량을 측정할 수 있다는 것을 확인할 수 있다.

표 1. ADC의 초기 값과 보정 값

Table 1. Initial values and calibrated values of ACD.

	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4
Initial value	985	1304	1266	862
Calibrated value	30	1	12	-1

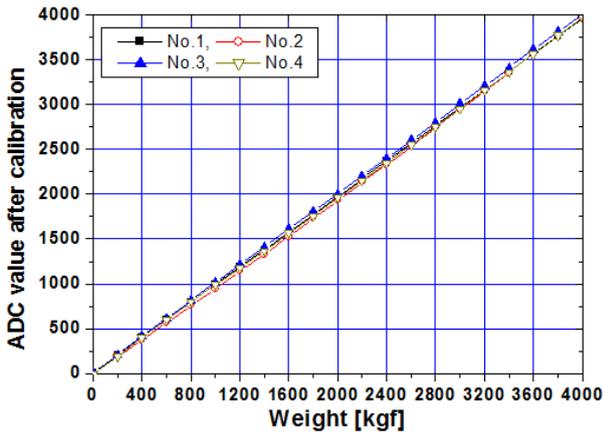


그림 11. 초기 값 보정 후의 중량에 따른 ADC 측정 값  
 Fig. 11. Measured ADC values after calibration of initial value.

더욱이 그림 7의 결과에서 알 수 있듯이 보정 전 strain 게이지 센서로부터 얻어지는 ADC 값이 어떤 중량 값인지를 정확히 판별할 수 없었던 것에 비해 보정을 거치고 나면 ADC 값이 그대로 중량이라는 것을 판단할 수 있어 모니터 장치의 인터페이스 설계에 매우 유리하다는 것을 확인할 수 있다.

## VI. 결 론

본 논문에서는 논문의 다른 지면에 게재된 지게차의 안전사고 방지의 근간이 되는 과적 방지를 위해 지게차 적재 중량을 실시간으로 측정하기 위한 앵커 볼트 형태의 strain 게이지 센서의 성능 시험 과정에서 도출된 초기 값 (무부하 측정값)에 대한 오류를 보정하는 기술적 방법과 과정을 보였다.

앵커 볼트의 각기 다른 물리적 특성, 환경적 영향과 strain 게이지 센서의 삽입 정도 차이에서 기인하는 초기 값 오차를 보정하기 위한 방법으로 선형 보간법을 사용하여 예측한 ADC 보정 값을 중량 측정 전 센서에 설정하면 시험에 사용된 4개의 센서 모두 5% 이내의 오차 범위 내에서 비교적 동일한 특성으

로 적재 중량을 측정하는 것을 확인하였다. 아울러 초기 값 보정 전에는 센서들의 ADC 값과 적재 중량 실제 값의 상관성이 없었던 점도 동시에 해결할 수 있었다.

따라서 이번 연구를 통해 개발된 앵커 볼트 형태의 strain 게이지 센서에 초기 값 보정 알고리즘을 추가 내장하는 방식으로 개발 과정이 수정되고 생산된다면 산업현장에서의 지게차 과적 방지, 궁극적으로 인명 피해 최소화와 생산성 향상을 할 수 있을 것으로 기대된다.

## Acknowledgement

이 논문은 2018년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원을 받아 수행된 연구임 (No.2018-0-01014, Anchor bolt type strain gauge 센서를 이용한 지게차 적재 중량 측정 시스템 개발)

## References

- [1] H. J. Cho and Y. K. Kim, "Technologies and industrial trends of smart factory," *Weekly Technical Trends*, Vol. 1849, pp. 15-25, 2018.
- [2] A. S. Oh, "Smart factory logistics management system using house interior position tracking technology based on Bluetooth beacon," *Journal of Korea Institute of Information and Communication Engineering*, Vol. 19, No. 11 pp. 2677-2682, Nov. 2015.
- [3] J. S. Roh and Y. J. Cho, "IoT platform and control App design for wireless data transmission," *Journal of Advanced Navigation Technology*, Vol. 21, No. 1, pp. 72-77, Feb. 2017.
- [4] C. Y. Yang, *Principal of load cell*, Control and Measurement, April 2002.



한 치 문 (Chi-Moon Han)

1977년 2월 : 경북대학교 전자공학과 (공학사), 1983년 8월 : 연세대학교 대학원 전자공학과 (공학석사)  
 1990년 9월 : 일본 The University of Tokyo, 전기공학 전공, 공학박사, 1977년 2월~1983년 3월 : 한국과학기술연구원(KIST) 연구원  
 1983년 4월~1997년 2월 : 한국전자통신연구원(ETRI)선임 및 책임연구원, 교환기술연구단 계통연구부장 역임  
 1997년 3월~2016년 8월 : 한국외국어대학교 전자공학과 교수, 2016년 9월~현재 : 한국외국어대학교 전자공학과 명예교수  
 2018년 1월~현재 : (주)알씨엔  
 ※관심분야 : 에너지 saving 네트워크, 차세대인터넷, 센서네트워크, 네트워크보안, 네트워크설계 및 성능분석 IoT 기술



**임 춘 식 (Choon-Sik Yim)**

1974년 2월 : 한국항공대학교 통신공학과 (공학사),  
1992년 3월 : 일본 요코하마국립대학교 전자정보공학과 (공학박사),  
1980년 6월 ~ 2014년 4월 : 한국전자통신연구원 책임연구원  
2014년 4월 ~ 현재 : ㈜알씨엔 대표이사

※관심분야: LPWA 전송 시스템, IoT 융합기술, 광대역 WAVE 시스템 및 차세대 무선랜 기술

1986년 2월 : 한국항공대학교 대학원 전자공학과 (공학석사)

1975년 6월 ~ 1980년 5월 : 국방과학연구소 연구원



**이 성 렬 (Seong-Real Lee)**

1990년 2월 : 한국항공대학교 항공통신정보공학과 (공학사), 1992년 8월 : 한국항공대학교 대학원 통신정보공학과 (공학석사)  
2002년 2월 : 한국항공대학교 대학원 통신정보공학과 (공학박사), 2002년 6월 ~ 2004년 2월 : (주)에이티엔 기술연구소장  
2004년 3월 ~ 현재 : 국립목포해양대학교 항해정보시스템학부 교수

※관심분야: WDM 전송 시스템, 광의 비선형 현상 분석, 광 솔리톤 전송, IoT 융합 기술