

스트레인 게이지의 배치방법에 따른 윤중과 횡압의 연속측정법

*함영삼¹, 秋山宰², 오택열³

¹ 한국철도기술연구원 철도시스템안전연구본부, ²일본전자응용(주) 산업기기사업부, ³경희대학교 기계공학과

Continuous Measuring Method of Wheel Load/Lateral Force by Arrangement of Strain Gauge

*Y. S. Ham¹, S. Akiyama², T. Y. Oh³

¹ Korea Railroad Research Institute, ² Japan Electronic Application Ltd., ³ Kyung Hee Univ.

Key words : Derailment Coefficient, Wheel Unloading, Lateral Force, Running Safety

1. 서론

철도 차량은 어떤 상황에서건 차륜이 궤도를 탈선하게 되면 그 기본적인 안전성을 잃기 때문에 지상측에서는 궤도의 점검과 보수 작업이 매일 밤마다 이루어진다.

일본에서는 차량측에서의 탈선 가능성을 측정하는 전용 검측 차량을 통해 간헐식 윤중·횡압 측정장치를 이용하여 탈선계수를 구하는 데이터 처리가 실시되고 있다. 전용 검측 차량은 차축의 단부에 슬립링을 장착하여 곳곳에 부설된 궤도를 주행하면서 좌우의 차륜에 작용하는 윤중 및 횡압을 측정하는데, 슬립링의 내구성이 약하기 때문에 빈번한 수리를 필요로 하고 있다. 일본에서도 현재의 상황에서는 얻어진 데이터를 통한 탈선계수의 산출을 검측 차량 내에서 실시간으로 할 수는 없다. 따라서 전용 검측 차량에서의 윤중 및 횡압 측정 장치의 조속한 업그레이드가 필요한 상황이다.

우리나라에서는 탈선사고가 흔하지 않지만, 일본에서 최근의 탈선사고는 2004년 10월 23일에 발생한 니가타현 슈에츠 지진에 의한 JR 동일본 관내 쇼에츠 신칸센에서의 탈선 사고, 2005년 4월 25일에 발생한 JR 서일본 관내 후쿠치야마선에서의 탈선 사고, 2005년 12월 25일에 발생한 JR 우에즈선에서의 탈선 사고 등이 있다. 앞으로 이러한 사고가 다시 발생하지 않도록 하기 위해서는 영업 차량에 윤중 및 횡압 측정용 신호 전송 장치를 설치하여 궤도의 검측을 실시하면서 주행하여야 할 것이다. 이를 통하여 선로 이상의 조기 발견이 가능하게 될 것이며, 차량 탈선 사고가 발생하더라도 탈선 시의 윤중 및 횡압 데이터가 남아있기 때문에 상세한 사고 원인의 해명이 가능하여 재발 방지에도 도움이 될 것이다. 본 논문에서는 한일 양국의 엔지니어들이 고안하고 있는 센서의 배치방법에 의한 연속식 차륜/레일 접촉력의 연속측정법에 대하여 기술하고자 한다.

2. 차륜 플레이트의 홀에서 접촉력을 측정하는 방법

차륜은 플레이트가 편평한 형상을 사용한다. 스트레인 게이지의 부착위치는 횡압에 의한 간섭을 피하기 위해 8개의 구멍을 뚫어 그 안에 윤중용 스트레인 게이지를 부착한다. 8개 구멍에서의 윤중 출력을 브리지의 마주보는 변으로만 스트레인 게이지를 배치하는 구조로 개조하면 45° 피치에서 직선적인 윤중 신호를 내거나, 최악의 경우 그 사이의 22.5° 위치(1회전 당 8회 발생)에서 출력이 반 정도로 작아질 뿐이다.

윤중용 온도보상저항은 동일 로트의 스트레인 게이지를 사용하여 저항온도계수를 구하는 것이다. 온도보상 게이지는 플레이트 면에서 변형이 발생하지 않는 곳에 부착한다. 윤중 게이지의 근방에서 축 중심으로부터 61.7°(중심의 접선으로부터 28.3°) 기울인다. 단, 차륜 재료의 Poisson비 $\nu=0.29$ 로 한다. 부착 오차에 의한 스트레인이 들어가지 않도록 하기 위해, Poisson비의 오차를 고려하여 경사각은 $61.7^\circ + \alpha$ 로 한다.

스트레인 게이지의 저항은 350Ω로 한다. 길고 폭넓은 그리드로 게이지 전류 용량이 큰 스트레인 게이지를 사용한다. 통상보다 4배 이상 큰 브리지 전원(40V)을 이용한다. 윤중용 브리지 회로는 4액티브 1게이지법을 기본 구성 회로로 하고, 마주보는 변은 2액티브 2터미 게이지법으로 구성한다(Fig. 1~2). 횡압용 브리지는 4액티브 게이지법으로 구성한다(Fig. 3).

홀을 가공하여 접촉력을 측정할 때의 문제점으로서 횡압 측정용 브리지 회로에서는 차륜의 외면과 내면에 온도차가 발생하면 온도 드리프트가 발생한다는 것이다.

2.1 1매 2게이지법 윤중측정

스트레인 게이지는 단축 게이지를 구멍 안에 대향으로 2매씩 부착한다. 회전 방향의 굽힘 스트레인을 배제하고 압축 하중에 의한 스트레인만을 검출한다. 마주보는 변을 2게이지법에 의해 스트레인에 대한 저항 변화가 두 배가 되지만, 브리지 회로 저항도 두 배가 되기 때문에 결국 1매 게이지와 같다. 브리지 회로의 배선은 매우 복잡하며 각종 중계용 리드선을 길게 할 필요가 있다. 때문에 리드선 저항에 의한 온도 드리프트가 발생하기 쉽다. 판면 방향의 굽힘 스트레인을 배제하는 데는 스트레인 게이지 부착위치의 정밀검토가 필요하다. 스트레인 게이지는 32매를 사용한다(Fig. 1).

2.2 2매 2게이지법 윤중측정

스트레인 게이지를 대량으로 사용하기 때문에, 게이지 부착작업의 효율을 높이기 위해 단축 게이지 두 매를 평행하게 나란히 사용하여 구멍 안에 대향으로 4매를 부착한다. 회전 방향의 굽힘 스트레인을 배제하여 압축하중에 의한 스트레인만을 검출한다. 브리지 회로의 리드선 배선을 약간 절약할 수 있다. 게이지를 여분으로 부착하기 때문에 불필요한 작업이 있을 수 있다. 판면 방향의 굽힘 스트레인을 배제하기 위해서는 스트레인 게이지 부착위치의 정밀검토가 필요하다. 스트레인 게이지는 32+8 = 40매를 사용한다(Fig. 2).

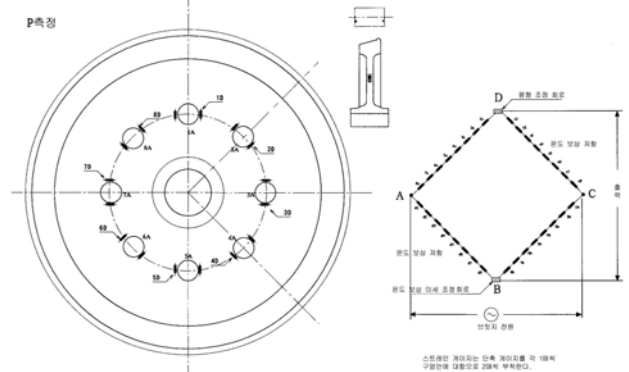
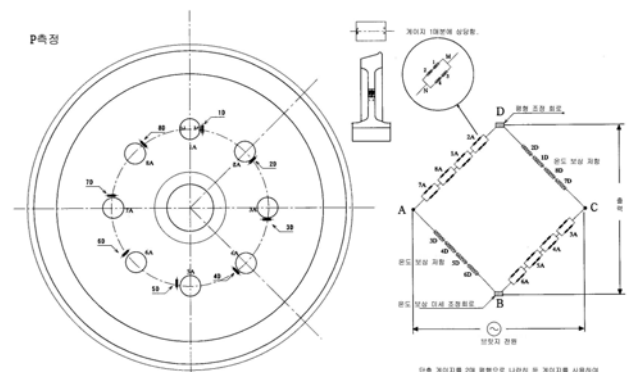


Fig. 1 Strain Gauge Arrangement and Bridge Circuit 1(for Wheel Load)



573 Fig. 2 Strain Gauge Arrangement and Bridge Circuit 2(for Wheel Load)

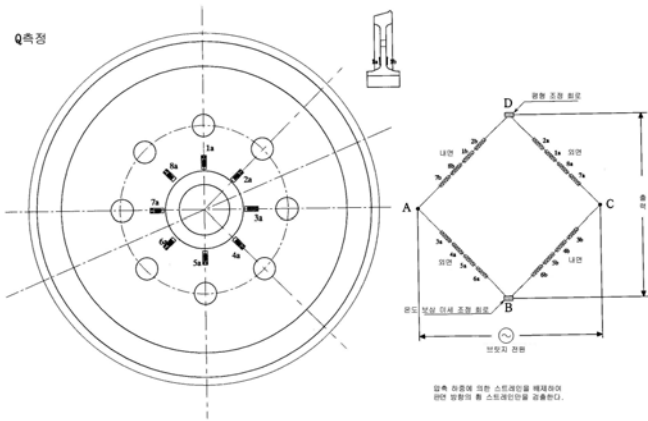


Fig. 3 Strain Gauge Arrangement and Bridge Circuit(for Lateral Force)

2.3 1점 집중 더미 게이지 방식

온도 보상 저항은 더미 게이지판으로 한군데 모아서 부착한다. 더미 게이지판은 외면용과 내면용으로 두 개를 제작한다. 더미 게이지판은 외력이 작용하지 않도록 차륜의 플레이트면에 부착한다. 이러한 더미 게이지 방식의 특징은 접속 리드선을 짧게 하여 리드선 저항에 의한 영점 드리프트를 저감시키지만, 플레이트 면에서 발생하는 국부적인 온도 변화에 의한 온도 보상을 실시할 수는 없다.

3. 차륜 플레이트 면에서 접촉력을 측정하는 방법

이것은 앞뒷면 각각 24매씩 48매의 스트레인 게이지를 연속해서 부착하고 액티브 게이지로만 사용하여 Fig. 4-5와 같이 2가지 방법으로 활용하는 방법이다.

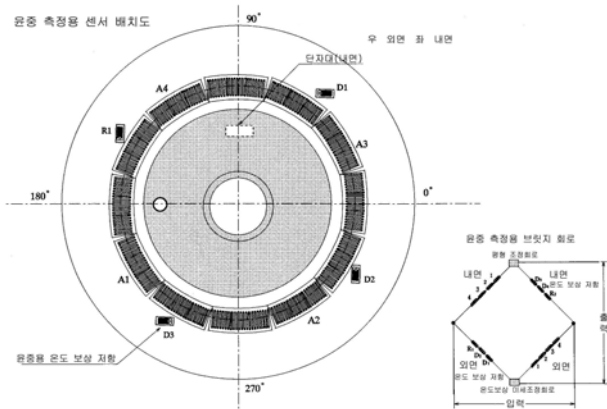


Fig. 4 Arrangement Drawing of Sensor for Measure the Wheel Load

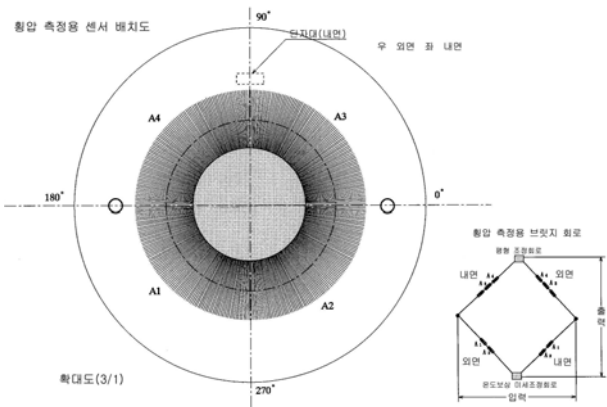


Fig. 5 Arrangement Drawing of Sensor for Measure the Lateral Force

4. 주행 중의 계측 데이터

4.1 주행 전의 확인

출발 전에 승객이 타고 있지 않더라도 차량의 정지 상태에서의 윤중값과 횡압값이 0으로 안정되어 있는가를 확인한다. 이것을 확인함으로써 윤중용, 횡압용 브리지 회로가 정상인가 여부를 진단한다.

4.2 주행 중의 계측 데이터

주행 중의 윤중 데이터는 주행 중의 윤중 변동만이 출력된다. 승객이 타면 중량이 증가하기 때문에 +의 전압이 출력되고, 승객이 없는 공차상태가 되면 다시 영점으로 돌아온다(Fig. 6 주행 중의 연속식 윤중 출력 예상도 참조). 탈선 계수 연산 유닛에서 측정 데이터에 각 차륜마다 작용하는 정지 윤중값을 가산하면, 계기의 "0" 오프셋과 브리지 회로의 초기 불평형에 의한 오차 성분을 제거한 실제 윤중 데이터가 된다.

횡압은 계기의 "0" 오프셋과 브리지 회로의 초기 불평형에 의한 오차 성분을 제거한 ±의 횡압 절대값이 출력된다(Fig. 7 주행 중의 연속식 횡압 출력 예상도 참조). 이렇게 측정된 데이터는 Fig. 8과 같이 처리한다. 이때 공차 상태의 정지 윤중은 1년에 1회 정도 정기점검시에만 측정토록 한다.

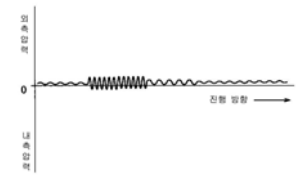
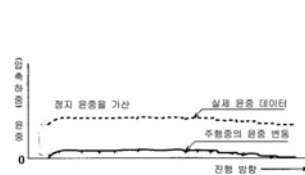


Fig. 6 Output of Wheel Load of Running Vehicle Fig. 7 Output of Lateral Force of Running Vehicle

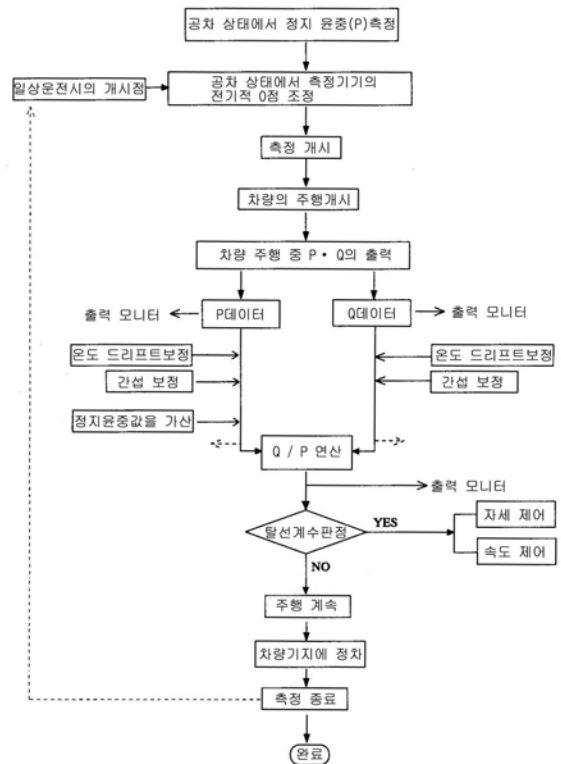


Fig. 8 Flow Chart of Data Processing

5. 결론

지금까지 스트레인 게이지의 새로운 배치방법으로 윤중과 횡압을 연속적으로 측정할 수 있는 방법을 제시하였다. 제시한 방법은 이론적으로만 가능할 뿐, 실제 적용시에는 또다른 문제점들이 도출될 수 있으리라 여겨지므로 본 저자를 비롯한 관심있는 연구자들의 지속적인 검증이 이루어져야 함을 밝히는 바이다.