

탈선계수의 연속측정법 개발

Development of a continuous measuring system for derailment coefficient

함영삼*
Ham, Young-Sam

ABSTRACT

Is confirming safety of derailment when wish to develop new vehicles or upgrade running speed of vehicles. This means the measure of wheel load and lateral force that act between wheel and rail. So far, problem in continuous measuring method of derailment coefficient was sensitivity decline and noise growth. This research supplemented these problems by composition of new bridge circuit.

1. 서론

새로운 차량을 개발하거나 차량의 주행속도를 향상시키고자 할 때에는 차륜과 레일 사이에서 작용하는 윤중과 횡압을 측정하여 탈선의 안전성을 확인하고 있다. 지금까지 시도하였던 탈선계수의 연속측정에서 문제는 감도 저하와 노이즈 문제로 인하여 정확도가 떨어진다는 것이었는데, 본 연구에서는 새로운 브릿지 회로의 구성으로 이를 보완하였다.

철도차량의 윤중과 횡압은 주행안전성을 파악하는데 있어서 중요한 지표이다. 종래 윤중과 횡압의 측정에는 간헐법과 연속법이라고 불리는 2가지의 방법이 이용되어 왔었다. 그러나 간헐법은 차륜 1회전에 최대 4회의 측정치밖에 얻을 수 없었고, 연속법은 횡압에 대하여 연속된 출력을 얻을 수 있기는 하나 차륜의 열변형에 의하여 원점이 이동하여 출력된 윤중의 음과 양이 반전되는 경우도 있다는 결점을 가지고 있었다.

근래 차량의 속도향상과 함께 윤중의 변동이 증대하고 이에 의해 윤중감소와 횡압 발생이 중복되기 때문에 이것들의 현상을 정확히 파악하기 위해서는 종래의 측정 방법으로는 불충분하고, 윤중과 횡압이 더불어 완전히 연속적으로 출력될 수 있는 측정법이 필요해지고 있다.

윤중과 횡압의 연속 측정은 이미 외국에서 실용화되어 있지만 이것은 차축의 굽힘응력을 기초로 정현파발생기를 이용하여 연산하는 방법으로, 윤축의 굽힘고유진동수 제약에 의해 약 30Hz까지의 현상밖에 얻을 수 없었다.¹⁾

본 논문에서는 지금까지의 실패경험을 바탕으로 새롭게 시도한 연속측정법의 원리, 장치의 구성, 실제 차량에서의 측정 결과에 관하여 기술하고자 한다.

*한국철도기술연구원 차량기계연구본부 책임연구원, 정희원

2. 측정법의 원리

레일 위를 주행하는 차륜에는 Fig. 1과 같은 삼분력이 작용한다. 이 분력을 측정하기 위해 차륜에 strain gauge를 부착하고, 차륜 상의 직교하는 위치에 대응한 두개의 브릿지 출력에 각각 하중 작용 위치에 대응한 하중을 가산하여 양자의 조합에 따라 연속된 출력을 얻을 수 있도록 한 것이 연속 측정법이다. Fig. 2에 일정한 힘이 작용하는 상태에서 차륜이 1회전할 때, 음과 양이 반전되는 브릿지 출력으로부터 윤중, 횡압의 평탄한 연속출력을 얻는 원리를 표시하였다.

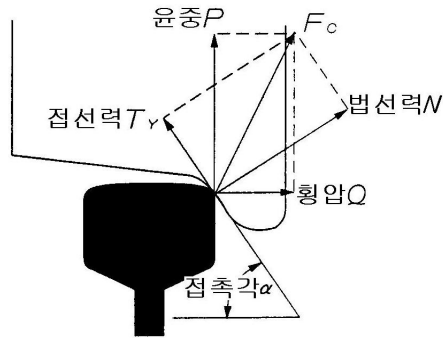


Fig. 1 차륜에 작용하는 힘

일정한 윤중, 횡압, 접선력이 작용한 상태에서 차륜이 1회전할 때의 브릿지 출력

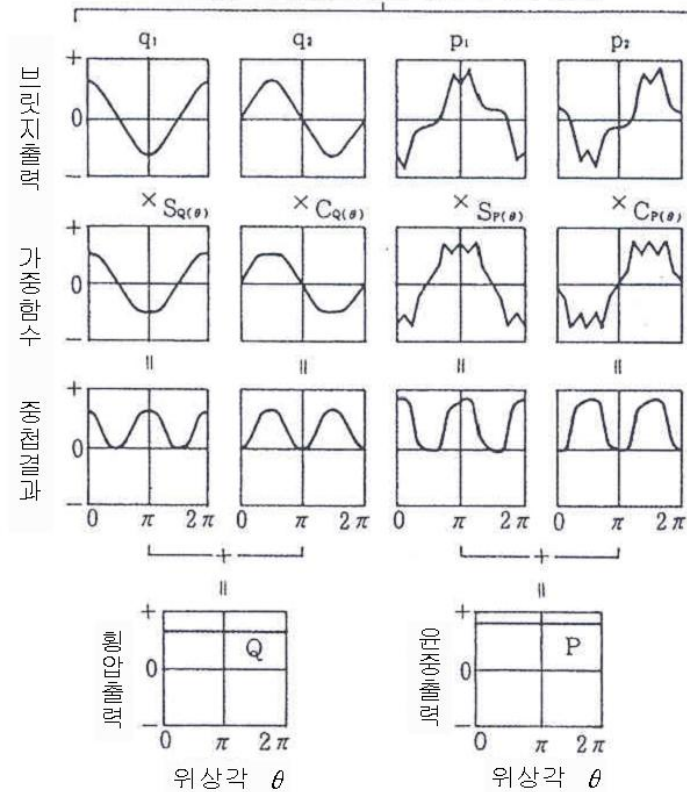


Fig. 2 연속측정법의 원리

윤중과 횡압의 균형식인 Nadal의 식에 대해서는 너무도 널리 알려진 식이기 때문에 부연설명을 생략하기로 하고, 새로운 브릿지 결선법에 대하여 소개하기로 한다.

신연속법은, 간헐식 브릿지 결선을 기초로 하고 있다. 종래의 연속식은 브릿지를 결선할 때 한 쪽 차륜의 윤중 또는 횡압의 모든 게이지를 연결함으로써 연속출력을 얻어왔지만, 신연속법은 브릿지 출력을 디지털 처리함으로써 연속 출력을 얻고 있다. 신연속법의 게이지 부착 위치와 브릿지 결선도를 Fig. 3에 나타내었다.

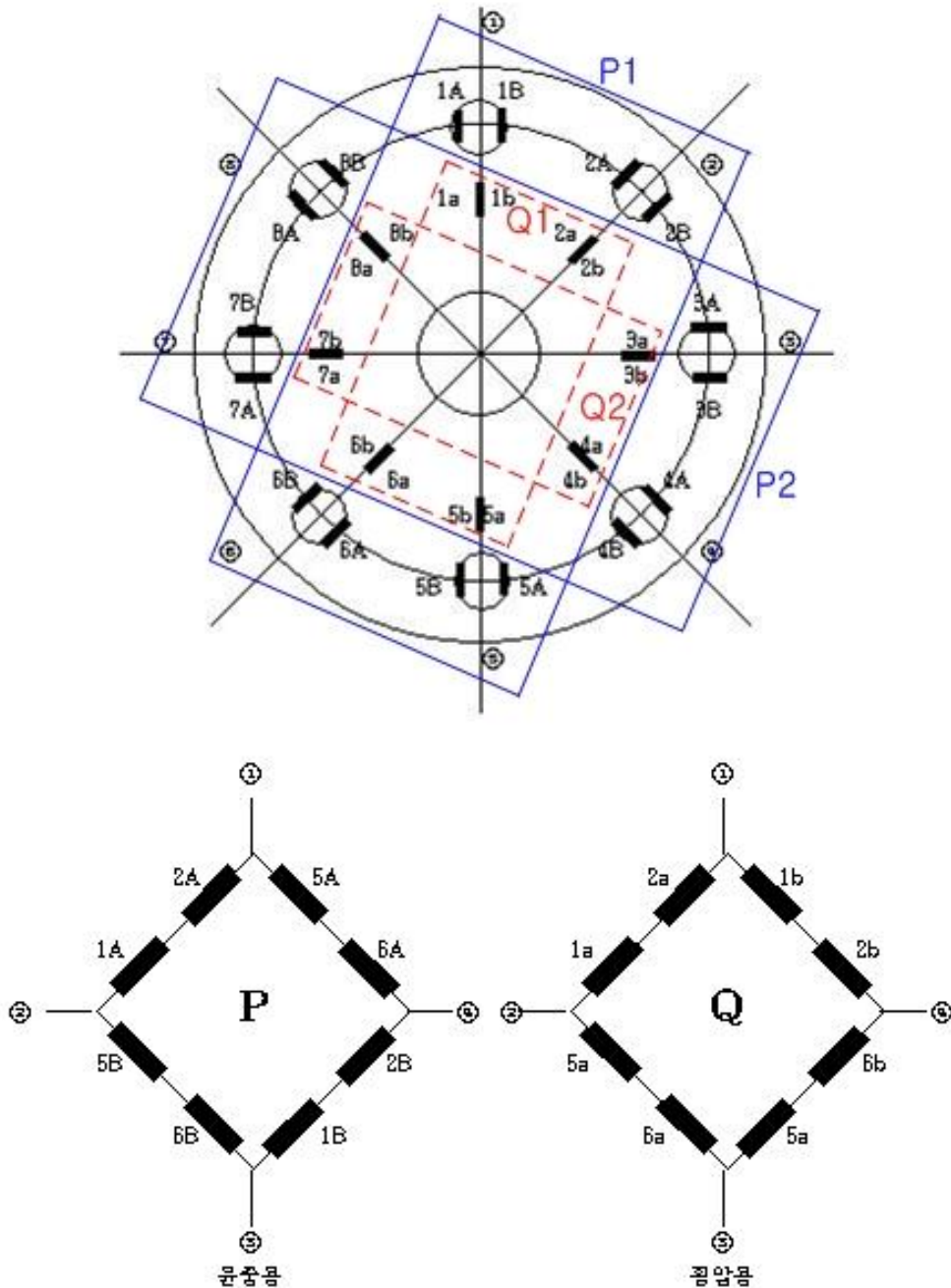


Fig. 3 스트레인 게이지 위치와 브릿지 결선도

2.1 횡압의 측정 원리

차륜상의 십자 위치에 게이지를 부착시키고, 180도에 대응하는 게이지로 브릿지를 편성하고, 1차륜에서 2개의 출력(q_1, q_2)을 얻는다. 차륜이 1회전하는 사이, 일정 횡압이 작용하고 있다고 하면 횡압 브릿지의 출력은 정현파와 같이 변화해 간다. 게다가, q_1 과 q_2 는 90도 어긋난 위치에 있기 때문에, 두 개의 브릿지 출력은 사인파와 코사인파의 관계에 있다. 이들 두 개의 출력에, “가중 함수”라 불리는 계수를 곱하고, 합을 구하면 횡압의 연속 출력이 얻어진다.

2.2 윤중의 측정 원리

횡압의 경우는 감도영역이 넓어, 차륜의 1/4 영역에서 출력을 얻을 수 있지만, 윤중의 경우는 감도 영역이 좁기 때문에, 차륜 전체에 걸친 출력을 얻으려면, 게이지의 배수를 증가시키지 않으면 안된다. 한편, 차륜과 같은 회전체에서 신호를 뽑아 낼 때는 슬립링이라 불리는 부품을 개입시켜 신호를 추려내고 있다. 철도차량의 윤축에 부착된 슬립링의 채널수에는 제한이 있다. 그 때문에 45도 어긋나 있는 옆 게이지와 각각 반대측에 있는 게이지, 합계 8개로 브릿지를 편성하고, 1차륜에서 2개 조합의 출력을 얻도록 하고 있다. 브릿지의 기준선은 간헐식과 같은 모양으로, 윤중 브릿지의 출력에 가중함수를 곱하고, 합을 구하면 윤중의 연속출력이 얻어진다.

윤중 브릿지의 출력에는 윤중 이외에 차량의 달리는 전후 방향의 힘인 접선력의 영향이 더해져 출력되지만 본 연구에서는 접선력의 영향을 무시하고 측정하였으며, 연속적으로 얻어진 윤중과 횡압의 비율로 연속된 탈선계수를 얻을 수 있었다.

2.3 가중 함수

윤중과 횡압 브릿지의 출력으로 윤중과 횡압값을 얻는데는, 사전에 스트레인 게이지 출력과 작용력의 관계를 알아 두어야 한다. 이 작업을 정하중 검정이라고 한다. 새로운 연속법에서는 차륜의 구멍 위치에서 일정한 윤중, 횡압을 가하고, 하중 부하 위치에서의 게이지 브릿지의 감도, 작용력과 스트레인 출력의 관계를 구한다. 하중 부하 위치는 위상각이 되고, 위상각의 함수로서 윤중, 횡압의 작용력과 각 게이지의 스트레인 출력의 관계를 통합한 것이 가중함수가 된다.

3. 시험결과

3.1 정하중 검정시험 결과

수직하중과 수평하중에 대한 윤축의 브릿지 출력은 Fig. 4 ~ Fig. 5와 같이 횡압의 검정결과가 보다 양호한 것을 볼 수 있다.

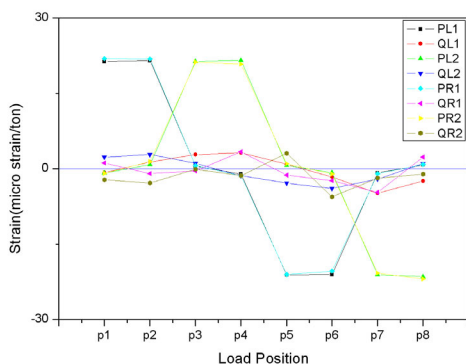


Fig. 4 수직하중에 대한 검정결과

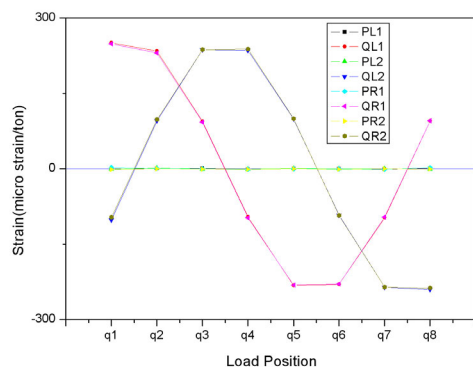


Fig. 5 수평하중에 대한 검정결과

3.2 본선주행시험 결과

측정용 윤축에 Fig. 6과 같이 브릿지 회로를 구성하고 Fig. 7과 같이 실제차량에 장착하여 경부선을 주행하면서 측정한 결과는 Fig. 8과 같다.



Fig. 6 브릿지 결선



그림 7 슬립링 연결

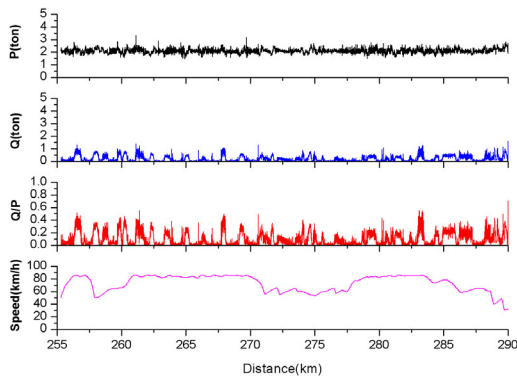


Fig. 8 실차주행시험에서의 측정파형(공차)

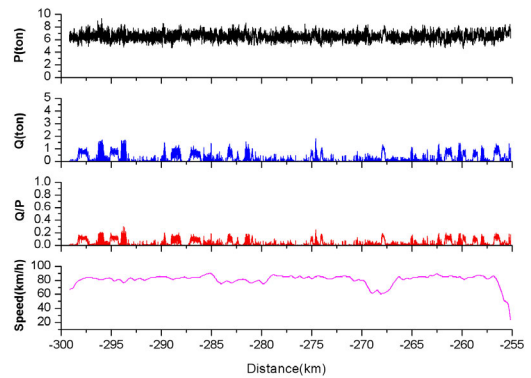


Fig. 9 실차주행시험에서의 측정파형(영차)

4. 결론

차륜의 대각 위치에 있는 두개의 브릿지에서의 출력이 각각의 하중작용위치에 대응하는 하중을 작용시키도록 하고 양측의 합을 구하여 윤중, 횡압, 탈선계수의 연속출력을 얻을 수 있는 측정법을 개발하였다. 또한 컨테이너화차에 대한 실차시험을 주행속도 90km/h까지 실시하여 윤중과 횡압의 연속측정에는 다음과 같은 장점을 확인하였다.

- (1) 윤중, 횡압의 변동현상을 연속적으로 관찰할 수 있다.
- (2) 측정오차가 없는 탈선계수의 값과 그 작용시간을 알 수 있다.
- (3) 시험중에 주행 안전성의 판단이 용이해졌다.
- (4) 데이터처리를 쉽게 자동화할 수 있다.

향후 추진방향으로, 실차시험결과를 근거로 측정방법의 유용성을 검증하여야 하고 400km/h 이상에서의 측정에 대한 시스템의 기능확인 및 측정용 차륜의 동적인 검정방법 등을 추진시킬 필요가 있다. 또한 이 시스템은 기초연구로 시도되었기 때문에 사용자 인터페이스 부분들이 개발되지

않아 누구나 사용할 수 있는 상태에 이르지 못하였으며, 계속 연구개발에 정진하여 체계화시켜 나가야 하는 분야임을 밝혀두는 바이다.

끝으로, 본 연구를 수행하는데 있어 실차시험 등에서 도움을 주신 철도청 관계자 여러분께 진심으로 감사의 뜻을 표합니다.

참고문헌

1. Hiroaki Ishida, Kenji Ueki, Katoshi Fukazawa, Kazuhiko Tezuka, Masaki Matsuo, Continuous Method of Measuring Forces between Wheel and Rail and Derailment Quotients, RTRI REPORT Vol. 7. No. 8, 1993. 8
2. Hiromichi Kanehara, Kiyoshi Ohno, Development of a Continuous Measuring System for Contact Position between Wheel and Rail toward Clarification of Derailment Mechanism, JR EAST Technical Review No.2, Summer. 2003