

◆ 특집 ◆ 레일방식 철도차량의 고속화 기술

철도차량용 차륜 플레이트에서의 새로운 횡압 계측방법

New Lateral Force Measurement Method of the Wheel Plate for Railway Vehicles

함영삼^{1,✉}, 전현규², 서정원³, 이동형⁴, 권석진⁴
Young Sam Ham^{1,✉}, Hyun Kyu Jun², Jung Won Seo³, Dong Hyong Lee⁴, and Seok Jin Kwon⁴

1 한국철도기술연구원 시스템안전연구실 (Safety Research Division, Korea Railroad Research Institute)

2 한국철도기술연구원 기술전략실 (R&D Strategy Division, Korea Railroad Research Institute)

3 한국철도기술연구원 시험인증안전센터 (Testing and Certification Center, Korea Railroad Research Institute)

4 한국철도기술연구원 고속철도인터페이스연구실 (High-speed Railroad Interface Research Division, Korea Railroad Research Institute)

✉ Corresponding author: ysham@krii.re.kr, Tel: 02-460-5202

Manuscript received: 2012.4.23 / Accepted: 2012.4.27

Conventionally, to measure derailment coefficient of a railway wheel, strain gauges for lateral force measurement are attached to both side of the wheel. But narrow gap between railway wheel and traction motor makes it difficult to attach the strain gauges at the inner side of wheel. In this study, to overcome the hard accessibility to the strain gauge points by narrow gap, a new Wheatstone bridge connection method is presented by attaching all the strain gauges at the outer side of wheel with a new bridge connection. We evaluate the running safety of railway vehicles in accordance with railway safety regulations. The experimental results obtained shows higher sensitivity than conventional methods and the derailment coefficient measurement procedure becomes simpler.

Key Words: Lateral Force (횡압), Wheel Plate (차륜 플레이트), Contact Force (접촉력)

1. 서론

철도차량의 주행안전성을 떨어트리는 중요한 요인은 탈선이다. 철도에 있어서 탈선은 대형사고로 직결되기 때문에 결코 쉽게 간과할 수 없는 부분이며, 철도가 다른 교통수단에 비해 상대적으로 내세울 수 있는 안전성을 확보하기 위하여 반드시 차륜과 레일 사이에서 발생하는 상호 작용력을 측정하여 탈선계수를 평가하여야만 한다. 또한 주행에 따른 열차하중의 증가로 궤도를 구성하는 레일과 침목 등 궤도부재가 손상되거나 파괴되기도 하고 궤도틀림이 급격히 성장할 가능성이 생기기 때문에 궤도파괴가 발생하

지 않는 범위에서 원활한 열차주행을 위하여 차량의 주행안전성을 확인하여야 한다.

지금까지 주행안전성을 평가하기 위하여 횡압을 측정할 때에는 차륜 플레이트의 양쪽 면에 모두 스트레인 게이지를 부착하였다.¹⁻³ 그러나 새로운 횡압 계측방법에서는 차륜 플레이트의 한쪽 면에만 스트레인 게이지를 부착하였으며, 측정용 윤축을 제작하는 공정과 비용을 절반 정도로 단축하고도 기존 방법대로의 실험결과와 유사한 정확도를 도출할 수 있었다.

본 논문에서는 스트레인 게이지의 부착위치와 브릿지 결선방법을 변경하여 기존의 방법과 비교한 결과를 기술하였다.

2. 탈선계수 측정용 윤축

2.1 게이지 부착위치 결정 및 윤축 가공

측정용 윤축은 원칙적으로 차량의 최전부에 조립되어, 주행시 윤중과 횡압을 동시에 측정하게 된다. 윤중과 횡압을 계측하기 위한 시험용 윤축으로서 측정용 윤축의 제작은 주행안전성 측정시스템 구축의 첫 번째이자 가장 중요한 단계라 할 수 있다. 횡압은 차륜면에서 바로 측정이 가능하지만, 윤중은 차륜면이 곡면이므로 차륜의 절단면에서 측정하는 것이 더 정확하다. 따라서 차륜면에 구멍을 가공하여 그 단면에서 윤중을 측정하는 것이 일반적으로 널리 사용되고 있는 측정방법이다. 정하중 시험에 앞서 스트레인 게이지의 부착 위치를 선정하기 위해 윤축의 유한요소해석을 수행하였다. 게이지는 윤중과 횡압을 측정하기 위해 이용하는데, 각각 윤중과 횡압의 간섭이 최소인 지점에 부착한다.⁴ 즉, 수직하중 작용시 최대의 수직응력이 발생하고 수평하중 작용시 최소의 수직응력이 발생하는 지점에서 윤중을 측정하고, 수직하중 작용시 최소의 수평응력이 발생하고 수평하중 작용시 최대의 수평응력이 발생하는 지점에서 횡압을 측정하여야 한다. 따라서 해석을 통해 위의 두 지점을 선정하였다.

차륜의 외측 표면을 모델링한 모습은 Fig. 1 과 같고, 차륜의 내측 표면을 나타낸 모습은 Fig. 2 와 같다. 홀을 가공하는 위치는 축의 중심으로부터 424.5 mm 가 최적이라는 결과를 해석을 통해서 얻었음을 Fig. 3 에서 나타내고 있다. 차륜 플레이트의 내측에서는 홀에서부터 165 mm 가 적당하다는 결과는 Fig. 4 를 통해서 알 수 있고, 차륜의 내측에서는 홀에서부터 150 mm 가 적당하다는 결과는 Fig. 5 를 통해서 파악할 수 있었다. 이렇게 하여 가공된 차륜의 형상은 Fig. 6 과 같다.

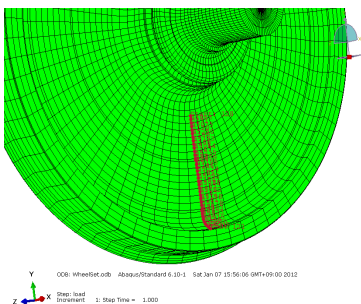


Fig. 1 Outside of wheel

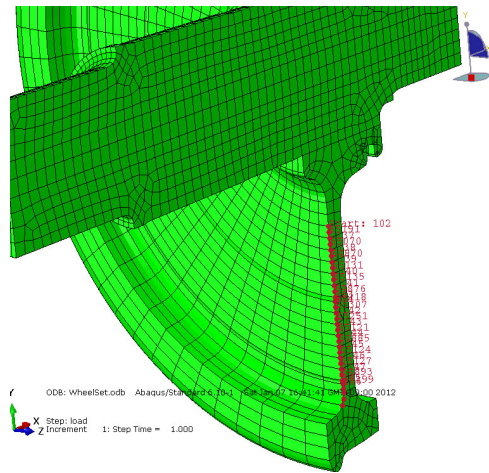


Fig. 2 Inside of wheel

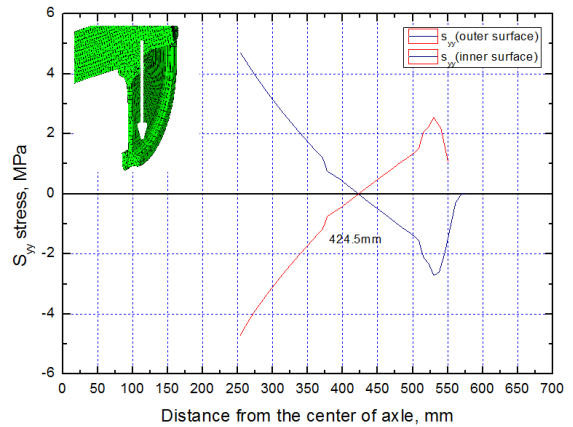


Fig. 3 Position of hole

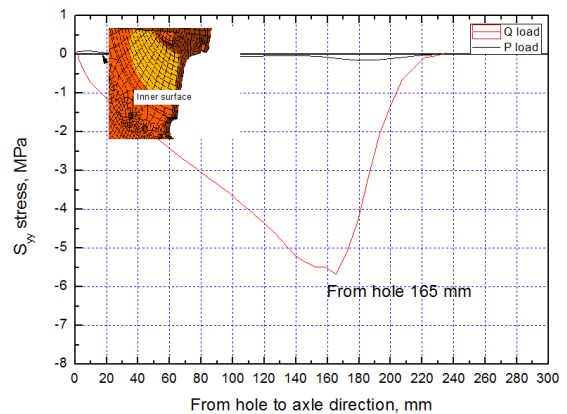


Fig. 4 The gauge position of wheel inside

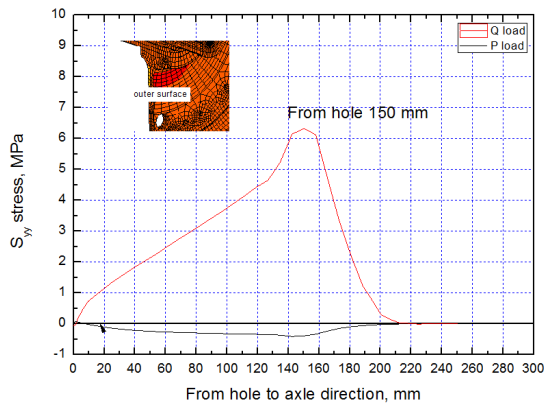


Fig. 5 The gauge position of wheel outside

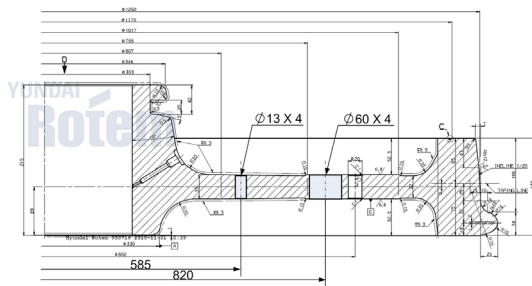


Fig. 6 Processed wheel

2.2 기존의 횡압 측정용 브릿지 결선방법

기존의 횡압 측정용 결선방법은 차륜 1 회전에 1 개의 사인파를 얻는 방법으로서, 45° 또는 90° 의 위상차를 가지는 여러 채널을 모아서 합성하면 연속 출력이 얻어지는 방법이다.⁵ 일반적으로 Fig. 7~8 과 같이 대각 방향에 위치한 게이지 4 개를 결선하여 90° 의 위상차를 갖는 2 개의 채널이 출력 되도록 브릿지 회로를 구성한다.

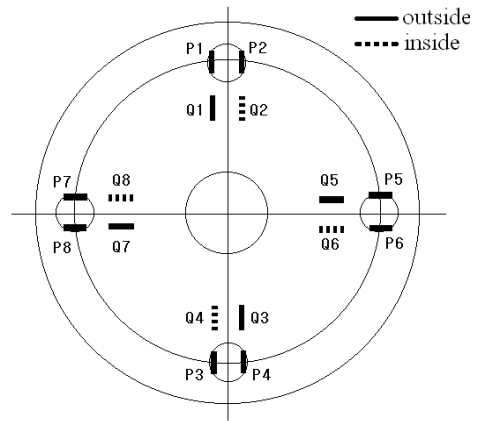


Fig. 7 Diagram of gauge attachment

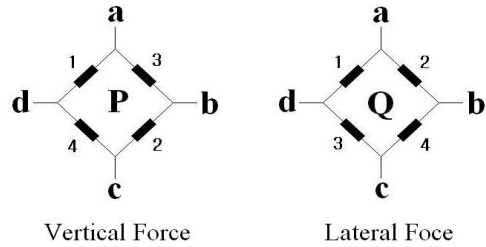


Fig. 8 Wheatstone bridge connection

2.3 새로운 횡압 측정용 브릿지 결선방법

구동축의 경우에는 Fig. 9 와 같이 차륜 플레이트의 안쪽 면에 Driving Gear 가 설치되고, 여기에 인접해서 Traction Motor 가 연결되기 때문에 차량의 종류에 따라 스트레인 게이지의 부착이 불가능한 경우가 발생한다. 본 연구에서도 이러한 난관에 봉착하여 새로운 방법을 찾던 중에 생각하게 된 것이 브릿지 회로를 변경하는 방법이었다. 차륜의 플랜지가 횡방향의 하중을 받게 되면 안쪽 면과 바깥쪽 면이 서로 반대의 변형이 발생하게 되는데, 지금까지는 인장과 압축의 변형을 브릿지 회로상에서 인접시켜 증폭되도록 회로를 구성하였다. 그러나 새로운 회로에서는 바깥쪽에만 2 장의 게이지를 동시에 부착하고 회로상에서 대각에 위치하도록 Fig. 10~11 과 같이 결선하였다.

새로운 브릿지 회로의 결선방법은 차륜 플레이트의 내측면과 외측면이 단면적이 크게 다르지 않다는 점에 착안하여, 차륜의 플랜지와 레일이 접촉할 때 발생하는 횡압은 내측과 외측에서 유사한 변형률을 가질 것이라는 가정에서 출발한 것이다.

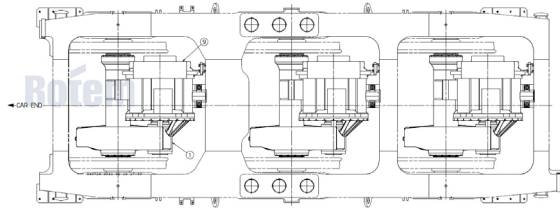


Fig. 9 Installation of driving gear & traction motor

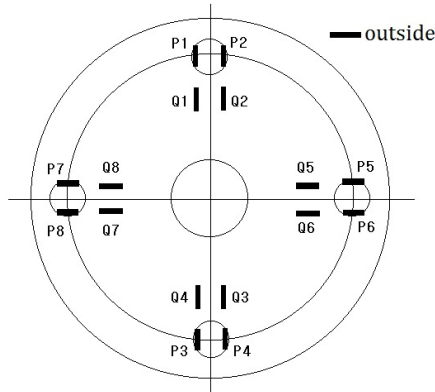


Fig. 10 New diagram of gauge attachment

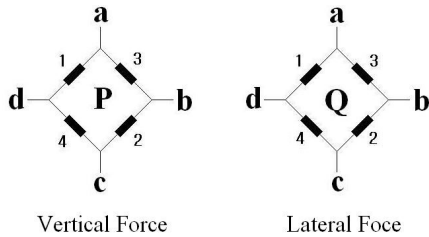


Fig. 11 New Wheatstone bridge

3. 시험결과

측정용 윤축을 차량에 조립하여 실제 선로를 주행하면서 시험을 실시하였다. 시험은 2012. 3. 19 일에 경전선에서 전기기관차를 이용하여 이루어졌다. 이때 측정용 윤축은 열차의 최전부에 위치하여 선로의 영향을 가장 많이 받도록 조치하였으며, 좌측 차륜은 새로운 방법으로 브릿지 회로를 구성하였고, 우측 차륜은 기존의 방법대로 회로를 구성하여 상호비교를 할 수 있도록 구성하였다.

좌우 차륜의 시험결과를 비교해 보면 Fig. 12 에서와 같이 좌측 차륜과 우측차륜이 곡선의 방향에 따라 윤중과 횡압이 증감되고 있어, 기존의 방법과 새로운 방법이 차이가 없음을 알 수 있다.

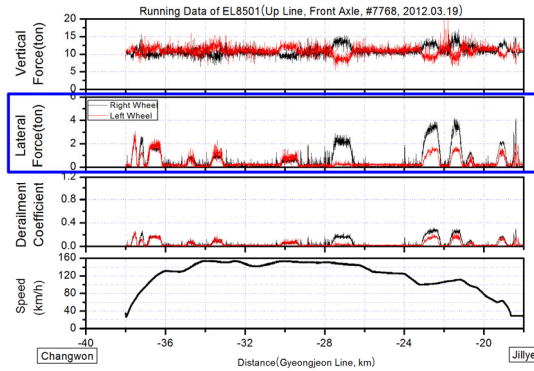


Fig. 12 Result of main line test

4. 결론

브릿지 회로의 결선방법을 변경함으로써 측정용 윤축의 제작 기간과 비용을 대폭 절감할 수 있는 방법을 구상하였고, 실차시험을 통하여 증명하였다. 시험결과, 새로운 방법은 구동축을 측정용 윤축으로 사용하는 모든 차종에 적용할 수 있는 획기적인 방법으로 평가되었다.

참고문헌

1. Ham, Y. S., Hong, J. S., and Oh, T. Y., "A study on the evaluation methods of running safety for railway vehicle," Key Engineering Materials, Trans. Tech. Publications, Vol. 321-323, pp. 1499-1502, 2006.
2. Ham, Y. S., Lee, D. H., Kwon, S. J., You, W. H., and Oh, T. Y., "Continuous Measurement of Interaction Forces between Wheel and Rail," International Journal of Precision Engineering and Manufacturing, Vol. 10, No. 1, pp. 35-39, 2009.
3. Ham, Y. S., "A study on calculation of contact forces between wheel and rail generated by bending load transmitted by axle of rolling stocks," Asian Symposium for Precision Engineering and Nanotechnology, 2009.
4. Ham, Y. S., Lee, D. H., Seo, J. W., Kwon, S. J., and Jun, H. K., "Evaluation of curving performance and running safety for KTX-Sancheon train by wheel-sets load cell," Asian Symposium for Precision Engineering and Nanotechnology, 2011.
5. Kanehara, H. and Ohno, K., "Development of a continuous measuring system for contact position

between wheel and rail toward clarification of
derailment mechanism,” JR EAST Technical Review,
No. 2, pp. 54-60, 2003.