

윤축에 로드셀을 설치하기 위한 하중간의 연성 해석

함영삼*(한국철도기술연구원 철도시스템안전연구본부), 서정원(한국철도기술연구원),
김승득(한국철도기술연구원), 홍재성(한국철도기술연구원)

Analysis of Coupling Term Between Vertical Load and Lateral Load for Install Load Cell to Wheel-set

Y. S. Ham(Korea Railroad Research Institute), J. W. Seo(KRRI), S. R. Kim(KRRI), J. S. Hong(KRRI)

ABSTRACT

The important factor to evaluate the running safety of a railway vehicle would be the interaction force between wheel and rail(derailment coefficient), for which is one of important factors to check the running safety of a railway vehicle that may cause a tragic accident. In this paper, analysis of coupling term between vertical load and lateral load for install load cell to wheel-set. This result is going to be utilized in formality that verify running safety of tilting vehicles.

Key Words : Interaction force between wheel and rail (차륜과 레일간의 작용력), Derailment coefficient (탈선계수), Running Safety (주행안전성)

1. 서론

탈선계수란 차륜과 레일의 접촉점에서 발생하는 수직하중과 수평하중의 비율을 의미하는 것으로서 수평하중이 증가할수록 탈선의 위험성이 높아진다고 할 수 있다. 본 연구에서는 탈선계수 측정용 윤축에 로드셀을 설치하기 위하여 수직방향 하중과 수평방향 하중간의 연성을 해석한 결과에 대하여 기술하고자 한다. 주행안전성을 평가하기 위한 측정용 윤축은 차량의 최전부에 조립되어, 주행시 횡압을 동시에 측정하는 것으로서 측정용 윤축의 제작은 주행안전성 측정시스템 구축의 첫 번째이자 가장 중요한 단계라 할 수 있다. 횡압은 차륜면에서 바로 측정이 가능하지만, 윤중은 차륜의 절단면에서 측정하는 것이 더 정확하다. 따라서 차륜면에 구멍을 가공하여 그 단면에서 윤중을 측정하는 것이 일반적으로 널리 사용되고 있는 측정방법이다. 윤중의 측정 위치는 횡압의 간섭이 최소이면서 수직압이 크게 발생하여야 하므로 가공되는 구멍의 위치가 이 위치를 포함하도록 하여야 한다. 이를 위해 탈팅차량용 윤축을 대상으로 유한요소해석을 실시하여 그 위치를 결정하였다. 특히 탈팅차량의 최전부 축은 구동축으로서 Driving Gear를 탑재하여야 하기 때문에 차축에 브레이크 디스크를 설치하지 못하고 차륜 플레이트에 브레이크 디스크를 설치하도록 설계되었다. 탈팅차량용 윤축에서 차륜과 레일 상호 작용에 의한 접촉력이 발생할 때의 응력분포 해석결과를 근거로 차륜 디스크 설치용 홀들과 중복되지 않도록 로드셀

설치위치를 결정하였다.

2. 해석모델

윤축은 좌우 대칭 형상으로 모델링을 하였으며, 해석소프트웨어는 Hyper-mesh와 Patran을 이용하였다. 윤축의 물성치와 하중조건은 작용력에 의한 응력분포에서와 동일하며, Boundary condition은 아래와 같이 적용하여 Fig. 1과 같이 홀 가공 모델을 수립하였다.¹

- Symmetric B.C. : $U_x = R_y = R_z =$ 구속
- 수직하중에 대한 Constraint B.C.(차륜담면)
: $U_z = R_y = R_z =$ 구속
- 수평하중에 대한 Constraint B.C.(축상)
: $U_x = R_y = R_z =$ 구속

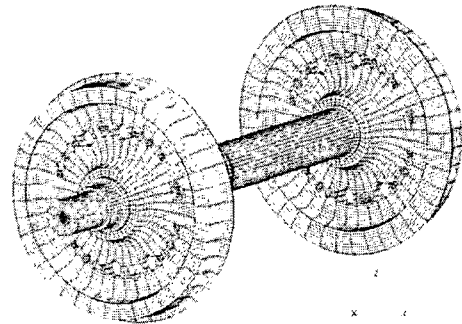


Fig. 1 FE model of the processed wheel-set

3. 해석결과

응력분포해석결과에서 윤증을 측정하기 위한 구멍은 지름이 60 mm로 차륜중심으로부터 253 mm 떨어진 위치에 차륜 양쪽이 좌우대칭이 되도록 가공하도록 결정하였다. 아울러 리드선 인출을 위한 구멍을 차륜의 보스에서부터 차축 중심을 거쳐 차축 끝단까지 $\Phi 20$ mm로 가공하도록 하였다. 이때 60° 각도로 시행하는 $\Phi 20$ 드릴작업은 $\Phi 60$ 홀로부터 60° 떨어진 지점에 가공하도록 하였다.

10톤의 수직방향하중이 가해질 때 홀 주위에서는 최대 3.17 kg/mm^2 의 등가응력(Von-mises stress)이 발생하였으며, 5톤의 수평방향하중이 가해질 때는 Fig. 2와 같이 홀 주위에서 최대 6.8 kg/mm^2 의 등가응력이 발생하였다.

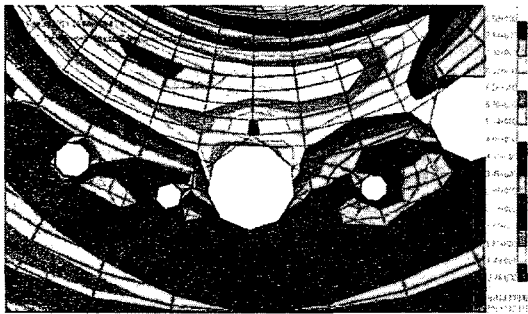


Fig. 2 Von Mises stress distribution

하중간의 연성 해석은 스트레인 게이지의 부착위치를 선정하기 위함이다. 스트레인 게이지는 윤증과 횡압을 측정하는데 있어 상호간에 간섭이 최소인 지점에 부착하여야 한다. 즉, 수직하중 작용시 최대의 수직응력이 발생하고 수평하중 작용시 최소의 수직응력이 발생하는 지점에서 윤증을 측정하고, 수직하중 작용시 최소의 수평응력이 발생하고 수평하중 작용시 최대의 수평응력이 발생하는 지점에서 횡압을 측정하여야 한다. 따라서 본 해석을 통해 위의 두 지점을 선정하였다. 차륜의 기하학적인 형태상 수직과 수평하중의 상호간섭이 전혀 없을 수 없으므로 해석결과, 간섭이 최소인 부위를 선정하였고, 그 위치와 응력분포를 Fig. 3과 Fig. 4에 나타내었다.

Fig. 3은 수직하중 작용시 구멍 안쪽(윤증 측정위치)의 σ_{zz} 분포와 게이지 부착위치를 나타내고 있다. 차륜의 두께에 따라 대략 -1.38 kg/mm^2 에서 -3.02 kg/mm^2 까지 응력이 변화하고 있으며, 바깥쪽에서 최대응력을 나타내고 있다. Fig. 4는 수평하중 작용시 구멍 주위의 σ_{zz} 분포와 게이지 부착위치를 나타내고 있다. 차륜의 두께에 따라 대략 -3.64 kg/mm^2 에서 3.5 kg/mm^2 까지 응력이 변화하고 있으며, 중앙 지점에서 간섭으로 발생하는 응력이 +에서 -로 바뀌면서 ZERO가 되고 있다. 따라서 윤증 측정용 게이지의 부착위치는 수직하중 작용시 최대응력이 발생하면서, 수평하중 작용시에는 최소응력이 발생하는 곳으

로서 대략 구멍의 가운데 지점이 이에 해당되는 것을 알 수 있다.

횡압 측정용 스트레인 게이지의 부착위치는 수직하중 작용시 최소의 σ_{yy} 가 발생하고 수평하중 작용시 최대의 σ_{yy} 가 발생하는 위치로서 차륜의 기하학적인 형상으로 인해 간섭이 전혀 없을 수 없으므로 최소의 간섭위치를 선택하여야 한다. 이러한 지점을 해석으로 찾아보면 Plate와 Hub가 만나는 지점의 곡면 중앙지점이 해당된다.

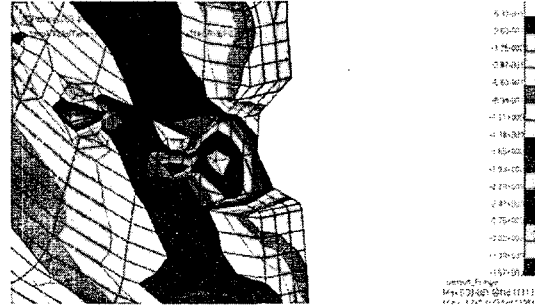


Fig. 3 Distribution of σ_{zz} when vertical load

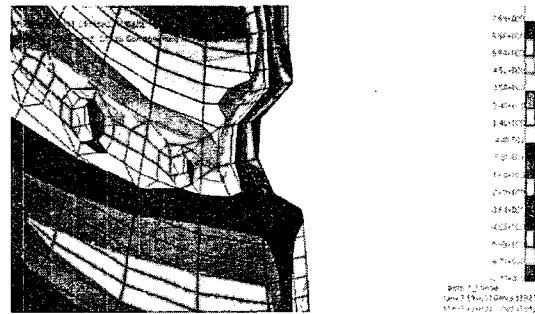


Fig. 4 Distribution of σ_{zz} when lateral load

4. 결론

윤측에 로드셀을 설치하기 위한 하중간의 연성 해석결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- 1) 차륜의 플레이트 부위에 6개의 홀을 가공하더라도 충분히 안전한 것을 확인하였다.
- 2) 탈선계수를 측정하기 위한 홀의 위치는 수평하중 작용시 S_{zz} 의 변화율이 작고 그 값이 최소이면서 수직하중 작용시 발생한 S_{zz} 의 감도가 상대적으로 큰 위치를 선택하였고, 수직하중 측정용 스트레인 게이지 부착위치는 구멍 내부의 중앙부가 가장 적절할 것으로 예측되었다.
- 3) 최대응력은 수평하중이 작용할 때로서 8.5 kg/mm^2 이 발생하여 항복강도 미만이었다.

참고문헌

1. 함영삼 외, 평면 플레이트 형상을 가진 탈선계수 측정용 윤측의 구조해석, 2004년도 한국정밀공학회 추계학술대회논문집, pp. 119~122, 2004. 10