

# 차륜과 레일의 접촉위치 변화에 따른 윤축의 구조해석

## Structure Analysis of Wheel Set as Variation of Contact Position between Wheel and Rail

서병욱\*  
Seo, Byung-Wook

함영삼\*\*  
Ham, Young-Sam

홍재성\*\*\*  
Hong, Jai-Sung

---

### ABSTRACT

In this paper, we would like to explain about the structure analysis of wheel set as variation of contact position between wheel and rail. Measurement of interacted force between wheel and rail is necessary for running safety evaluation as important factor of derailment mechanism. It's necessary to running safety evaluation of rolling stock. Wheel unload and lateral force change as variation of contact position between wheel and rail. Interacted force between wheel and rail got as each contact position through computer simulation. This is necessary process as first research for evaluation of derailment phenomenon and running safety.

---

### 1. 서 론

철도차량의 주행안전성을 저해하는 중요한 요인은 탈선이다. 철도에 있어서 탈선은 대형 사고로 직결되기 때문에 결코 쉽게 간과할 수 없는 부분이며, 안정성을 확보하기 위하여 반드시 차륜과 레일 사이에서 발생하는 상호 작용력을 측정하여 탈선계수류 평가 하여야만 한다.

또한, 주행에 따른 열차하중(윤중, 횡압)의 증가로 궤도틀 구성하는 레일과 침목 등 궤도부재가 손상되기도 하고 궤도 틀림이 급격히 성장할 가능성이 생기기 때문에 궤도파괴가 발생하지 않는 범위에서 원활한 열차주행을 위하여 주행안전성을 확인하여야 한다. 주행안전성은 탈선계수, 윤중감소, 횡압 등을 측정하여 평가한다.

차륜과 레일이 접촉하는 위치가 일정하지 않고, 곡선을 선회하는 등의 여러 가지 요인들로 인하여 차륜과 레일의 접촉위치는 변하게 된다. 본 논문에서는, 수직하중이 작용하였을 때와 수평하중이 작용하였을 때 이 접촉 위치가 변화함에 따라서 차륜에 발생하는 응력이 어떠한 경향을 보이는지를 알아보고자한다.

### 2. 해석모델과 하중 및 경계조건

윤축 측정용 구멍이 가공된 윤축을 모델링하였고, 윤축의 형상이 대칭형이나 구조가 복잡하지 않아 전체를 모델링하여 해석하였다. 절점 요소 전, 후처리에는 Patran을 이용하였으며, 응력해

---

\* 한국철도기술연구원 차량기계연구본부 연구원, 비회원

\*\* 한국철도기술연구원 차량기계연구본부 책임연구원, 정회원

\*\*\* 한국철도기술연구원 차량기계연구본부 선임연구원, 정회원

석에는 Nastran을 이용하였다. 윤축의 유한요소해석에 이용된 물성치를 Table 1에 나타내었다.

Table 1 윤축 재료의 물성치

재 료	탄성계수 (kgf/mm <sup>2</sup> )	Poisson's ratio	항복강도 (kgf/mm <sup>2</sup> )	비 고
SF60A	2.1×10 <sup>4</sup>	0.3	29.5	차축
SSW2	2.1×10 <sup>4</sup>	0.3	42.0	차륜

### 2.1 수직하중

레일과 접촉하는 차륜의 담면에 수직방향의 변위를 구속하였고, 수직하중은 좌우 축상의 중심에 각각 10ton씩 부가하였다.

### 2.2 수평하중

좌우 축상의 베어링 장착부위에 수직방향의 변위를 구속하였고, 수평하중은 횡압 작용시 좌우 차륜의 플랜지와 레일이 접촉하는 부위에 차륜 바깥쪽에서 안쪽방향으로 각각 5ton씩 부가하였다. 하중조건별 하중의 위치를 Fig. 1에 나타내었다.



Fig. 1 하중조건별 적용위치

### 3. 접촉위치 변화에 따른 응력분포

정하중 시험을 하기위해서 스트레인 게이지의 부착위치를 선정해야한다. 수직하중 작용시 최대의 수직응력이 발생하고 수평하중 작용시 최소의 수직응력이 발생하는 지점에서 윤중은 측정하고, 수직하중 작용시 최소의 수평응력이 발생하고 수평하중 작용시 최대의 수평응력이 발생하는 지점에서 횡압을 측정해야한다. 횡압은 차륜면에서 바로 측정이 가능하지만, 윤중은 차륜면이 곡면이므로 차륜의 절단면에서 측정하는 것이 더 정확하다. 따라서 차륜면에 구멍을 가공하여 그 단면에

서 윤증을 측정하는 것이 일반적으로 널리 사용되고 있다. 이를 윤증의 유한요소해석을 통해 위치를 결정하였다. 본 논문에서는 수직하중이 작용하였을 때와 수평하중이 작용하였을 때 이 접촉 위치가 변화함에 따라서 차륜에 발생하는 응력이 어떠한 경향을 보이는 지를 알아보려고한다.

Table 2: 윤증의 해석에 사용된 유한요소모델의 내역을 정리한 것이다. Fig. 2은 수직하중이 작용하였을 때의 Von Mises 응력분포를 보여주고 있다. Fig. 3 ~ 9는 수직하중 작용시 왼쪽 차륜의 플랜지와 레일이 접촉했을 때부터 오른쪽 차륜의 플랜지와 레일이 접촉했을 때까지 접촉 위치를 점차 이동시키면서 왼쪽 차륜의 구멍에 발생하는 응력분포를 보여주고 있다. 접촉점이 플랜지에서 멀어질수록 높은 응력 값을 보이고, 차륜의 내측보다 외측에서 높은 응력 값을 보임을 알 수 있다.

Table 2 윤증의 유한요소모델

항 목		값
요 소 수	8절점 Brick 요소	100032
	6절점 Brick 요소	14136
	합 계	114168
절 점 수		118679
최 소 Mesh 크 기		0.5601 mm

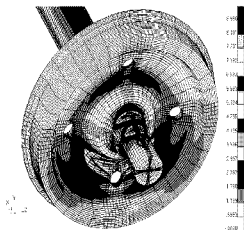


Fig. 2 수직하중 작용시 차륜의 Von Mises 응력분포

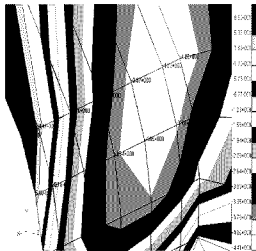


Fig. 3 플랜지와 레일 접촉시 응력분포

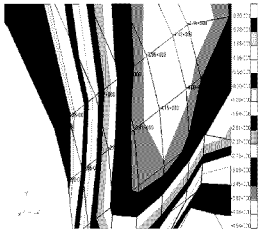


Fig. 4 플랜지에서 3mm 이동시 응력분포

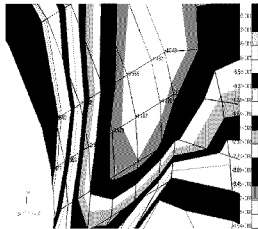


Fig. 5 플랜지에서 6mm 이동시 응력분포



Fig. 6 플랜지에서 9mm 이동시 응력분포

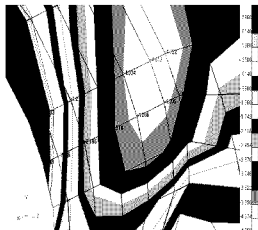


Fig. 7 플랜지에서 12mm 이동시  
응력분포

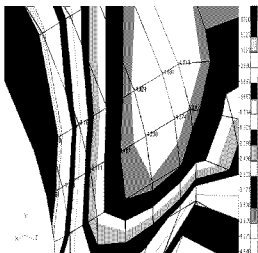


Fig. 8 플랜지에서 15mm 이동시  
응력분포

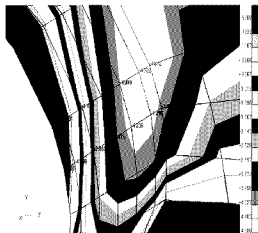


Fig. 9 오른쪽 플랜지와 레일 접촉시  
응력분포

Fig. 10은 수평하중이 작용하였을 때의 Von Mises 응력분포를 보여주고 있다. Fig. 11은 수평하중 작용시 구멍 주위의 수직방향 응력분포를 나타내고 있다. 바깥쪽 끝에서 안쪽으로 약 1/3 지점이 최소 수직응력(간섭률)을 나타내고 있다. 따라서, 이 지점에서 수직하중은 최대로 작용하면서, 수평하중은 최소가 되는 간섭이 가장 적은 지점이다.

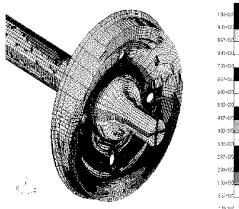


Fig. 10 수평하중 작용시 차륜의 Von Mises 응력분포

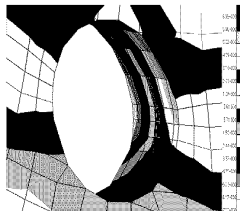


Fig. 11 수평하중 작용시 윤중 추정위치의 응력 분포

#### 4. 결 론

본 연구에서는 차륜과 레일의 접촉위치 변화에 따른 윤축의 구조해석을 수행하였다. 먼저 차륜 구멍위치를 결정하였고, 접촉위치 이동시 각 단계별로 차륜의 응력분포 해석을 유한요소해석 프로그램인 Patran / Nastran을 이용해서 수행하였다. 해석 결과 접촉위치의 변화에 따라 차륜에 발생하는 응력도 변하였으며, 접촉점이 플랜지에서 멀어질수록 구멍의 응력은 증가하였다. 또한, 수직방향 응력이 차륜의 두께에 따라 바깥쪽 끝에서 안쪽방향으로 응력이 감소하였다.

#### 참고문헌

1. 함영삼, 홍계성, 이관섭, 서병욱, "달선 메카니즘 해명을 위한 차륜/레일 접촉위치 측정", 한국철도학회, 춘계학술대회 논문집 CD, 2004.
2. 함영삼 외, "광주전동차 완성대차의 곡선 추종성 및 주행안전성 평가에 관한 연구보고서", 한국철도기술연구원, 2003.