

차륜과 레일간의 상호 작용력에 의한 틸팅차량 윤축의 응력분포

함영삼*(한국철도기술연구원), 오택열(경희대학교)

Stress Distribution of Tilting Vehicles Wheel-set by Interaction Force Between Wheel and Rail

Y. S. Ham(Korea Railroad Research Institute), T. Y. Oh(Kyung-Hee Univ.)

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, when interaction force between wheel and rail happens to wheel-set of tilting vehicles, it analyzes stress distribution and verified safety.

Key Words : Interaction force between wheel and rail (차륜과 레일간의 작용력), Derailment coefficient (탈선계수), Stress distribution (응력분포)

1. 서론

철도차량의 주행안전성을 평가하는 중요한 항목은 차륜과 레일 사이에서 작용하는 수평방향하중과 수직방향하중의 비율인 탈선계수라고 할 수 있는데, 이는 탈선이 철도차량의 주행안전성을 저해하는 중요한 요인으로서 대형사고로 직결되기 때문이다. 차륜과 레일 사이에서 발생하는 작용력을 방향으로 구분하여 수평성분이 증가할수록 탈선의 위험이 커지는 것이다. 틸팅차량은 고속철도의 개통 이후 기존선의 속도향상방안으로 가장 유력하게 떠오른 열차 시스템이다.

틸팅차량에서도 차륜과 레일의 작용력이 가장 크게 발생하는 위치는 진행방향으로 볼 때 최전부 차륜의 전부대차에서 전부축이라 할 수 있다. 이 축은 주행중 궤도나 차량의 특성에 의한 영향이 가장 크기 때문에 탈선계수를 측정할 때 측정용 윤축을 투입하는 위치이다. 그러나 틸팅차량의 최전부 축은 구동축으로서 Driving Gear를 탑재하여야 하기 때문에 차축에 브레이크 디스크를 설치하지 못하고 차륜 브레이크 디스크를 사용하도록 설계되었다. 차륜 디스크를 설치하기 위하여 차륜에 크고 작은 홈들이 18개나 뚫려져 있는 상태에서 탈선계수 측정용 센서를 설치 홈을 추가로 가공하게 되면 구조적인 취약부가 발생하게 되는데, 본 연구에서는 Fig. 1과 같은 윤축에서 차륜과 레일 상호 작용에 의한 접촉력이 발생할 때의 응력분포를 해석하고 안전성을 검증하고자 하였다.

2. 해석모델의 하중 및 경계조건

윤축의 형상이 대칭형이라서 하프(half) 모델링을 하여 해석하였다. 109,257개의 절점과 105,792개의 8 절점 Brick 요소를 사용하였고, 해석 Software는 Patran을 이용하였다. 윤축의 해석에 이용된 물성치는 Table 1과 같다.

하중과 경계조건으로서 수직하중은 레일과 접촉하는 차륜의 답면에 수직방향의 변위를 구속하였고, 수직방향 하중을 좌우 축상의 중심에 각각 10 ton씩 부가하였다. 수평하중은 좌우 축상의 베어링 장착 부위에 수직방향의 변위를 구속하였고, 수평하중은 횡압 작용시 좌우 차륜의 플랜지와 레일이 접촉하는 부위에 차륜 바깥쪽에서 안쪽방향으로 각각 5 ton씩 부가하였다.

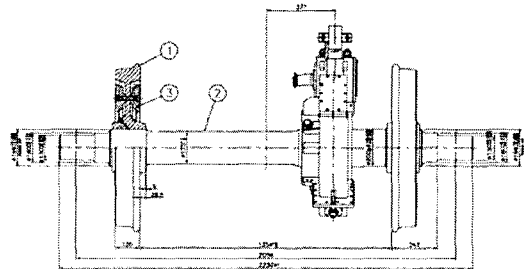


Fig. 1 Wheel-set of tilting motor car

Table 1 Material properties of the wheel-set

Materials	Young's Modulus (kg/mm ²)	Poisson's ratio	Yield Strength (kg/mm ²)	Part
RSA1	2.1×10 ⁴	0.3	29.5	Axle
RSW1	2.1×10 ⁴	0.3	42.0	Wheel

3. 해석결과

3.1 수직방향하중 작용시의 응력분포

수직방향 하중이 작용하면 차륜의 담면과 레일이 접촉하게 되는데 이 때 상호 작용력에 의한 응력분포는 Fig. 2 ~ Fig. 3과 같다.

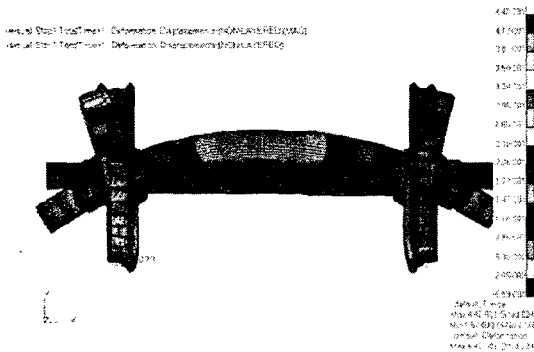


Fig. 2 FE model of the wheel-set

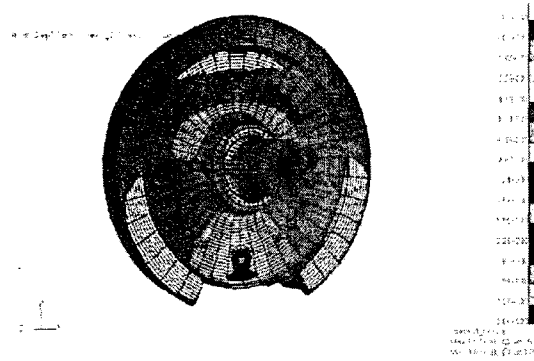


Fig. 3 Stress distribution of when vertical load interacts

3.2 수평방향하중 작용시의 응력분포

수평방향 하중이 작용하는 경우는 차륜의 플랜지와 레일이 접촉하는 경우인데 이 때 상호 작용력에 의한 응력분포는 Fig. 4 ~ Fig. 6과 같다.

4. 결론

차륜과 레일간의 상호 작용력에 의한 틸팅차량 윤축의 응력분포를 살펴본 결과는 다음과 같다.

1) 윤축의 저널 부위에 10톤의 수직방향하중이 작용할 때 홀 주위의 등가응력(Von-mises)은 최대 3.64 kg/mm² 이 발생하였으며, 이때 윤축의 최대변위는 0.442 mm 정도 발생하였다.

2) 좌우 차륜의 플랜지 부위에 5톤의 수평방향하중이 작용할 때 외측에는 8.29 kg/mm²의 인장응력과 내측에는 8.38 kg/mm²의 압축응력이 플레이트와 Hub가 연결되는 구부러진 지점에서 발생하였다.

3) 발생응력을 항복강도와 비교할 때 충분히 안전하므로 윤축에 회전체 로드셀 설치를 위한 추가 가공의 여유가 있는 것을 알 수 있다.

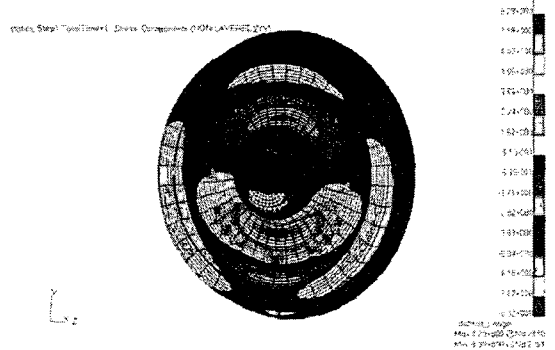


Fig. 4 Stress distribution of outside when lateral load interacts

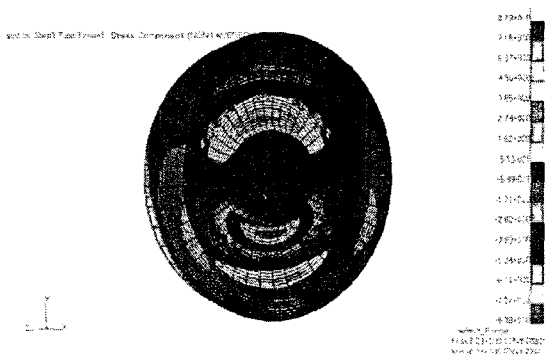


Fig. 5 Stress distribution of inside when lateral load interacts

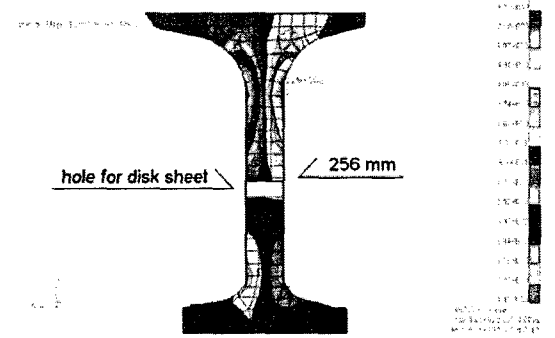


Fig. 6 Stress distribution of a cross section when load interacts

참고문헌

1. 함영삼 외, 한국형 고속철도차량의 차륜/레일 작용력 측정 및 주행안전성 평가, 한국정밀공학회 춘계학술대회논문집, pp. 507~512, 2003. 6
2. 함영삼 외, 평면 플레이트 형상을 가진 탈선계수 측정용 윤축의 구조해석, 2004년도 한국정밀공학회 추계학술대회논문집, pp. 119~122, 2004. 10