

## 철도차량 차륜결함 예측을 위한 전산해석기법 적용 고찰

### A Study on Computational Analysis Technique for Prediction of Railway Vehicle Wheel Defects

김주원\*, 노진범\*\*, 박철웅\*\*, 이덕구\*\*\*

Ju Won Kim\*, Jin Byum Roo\*\*, Cheol Woong Park\*\*, Deok Goo Lee\*\*\*

**Abstract** Rail vehicle wheels are an important part of delivering vehicle loads to the rails. Damage and deformation of wheel. It causes the decline in ride comfort and repetitive shocks, which shortens the service life of axle bearings. If the wheel damage is severe, it may be caused by a wheel failure that causes the derailment. In order to perform more economical maintenance, it is necessary to install a wheel and the maintenance of the wheel at the appropriate time. In this study, we investigate the necessity to predict the wheel condition through computational analysis based on the wheel vibration signal measured at the rail.

**Keywords** : Railway, Wheel, Defect, Predict, Computational analysis

**초 록** 철도차량 차륜은 차량의 하중을 레일에 전달하는 중요한 부품이다. 차륜의 손상, 변형은 승차감 하락의 원인이 되며 반복적인 충격을 발생시켜 중요 부품인 차축베어링의 수명을 단축시킨다. 차륜 손상이 심각할 경우에는 탈선을 일으키는 차륜 과손으로 진전 될 수도 있다. 또한, 차륜 교환, 삭정에는 중정비 설비 및 많은 인공이 소요되므로 보다 경제적인 유지보수를 위해서는 차륜의 상태를 모니터링 하고 적절한 시기에 차륜정비를 실시해야 한다. 본 연구에서는 레일에서 측정된 차륜 진동신호를 바탕으로 전산해석기법을 통해 차륜상태를 예측하기 위해 필요한 사항들에 대해 고찰해 보고자 한다.

**주요어** : 철도차량, 차륜, 결함, 예측, 전산해석

## 1. 서 론

진동, 소음과 같은 물리적 신호를 바탕으로 부품의 수명을 예측하기 위해서는 부품 수명 주기 전체의 데이터를 확보하는 것이 중요하다. 이를 위해 통상적인 경우 테스트 벤치를 이용한 수명내구시험을 활용한다. 하지만 환경 변인이 많아 테스트 벤치 설계가 어렵거나 부품의 시험에 많은 시간과 비용이 소요되는 경우 수명 예측을 위한 데이터 수집이

어렵게 된다. 특히 철도차량과 같이 중량물인 부품이 많고 테스트 벤치 구축에 많은 비용이 소요되는 경우 수명주기 데이터 확보가 불가능한 경우가 많다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 철도차량 차륜을 대상으로 전산해석기법을 적용하여 차륜결함을 예측하는데 필요한 고려사항에 대해 고찰해 보고자 한다.

## 2. 본 론

### 2.1 환경조건

#### 2.1.1 측정 물리량 선정

차륜의 결함을 예측하기 위해 사용되는 방법은 크게 3가지로 나뉜다. 첫 번째는 차륜

\* 한국철도공사 연구원

\*\* 한국철도공사 수도권철도차량정비단

\*\*\* 한국철도공사 부산경남본부

답면 촬영 및 이미지 프로세싱 활용법, 두 번째는 초음파, 와전류를 통한 탐상법, 세 번째는 차륜과 레일 접촉시 발생하는 진동 또는 소음신호를 이용한 방법이다. 첫 번째, 두 번째 방법은 비교적 정확히 결함을 탐지할 수 있으나 운행선에 설치하여 사용하기 어렵다는 문제가 있다. 결함 예측을 위해서는 결함진전을 측정해야 하므로 측정 주기가 짧을수록 유리하다. 따라서 세 번째 소음, 진동 신호를 활용하는 방법이 적절하다 할 수 있다. 또한 소음 신호의 경우 날씨에 따른 감쇠와 여러 환경소음의 영향으로 양질의 데이터를 얻기 어려운 문제가 있어 차륜결함 예측을 위해서는 진동데이터 활용이 가장 적절한 방법이라 할 수 있다.

### 2.1.2 설치 위치 선정

차륜 진동을 측정하는 방법으로 차량에 센서를 부착하거나 선로에 센서를 부착하는 방법을 생각할 수 있다. 차량에 센서를 부착하면 양질의 데이터를 확보할 수 있으나 차륜마다 센서를 부착해야 하므로 장차, 관리비용이 증가하게 된다. 특히 화물차량의 경우 전원 공급과 배선처리 문제가 있어 적용이 어렵다.

선로에 센서를 부착하는 경우 연속데이터를 얻을 수 없고 측정하고자 하는 차륜 외에 다른 차륜의 진동신호가 레일을 따라 혼합될 수 있는 문제가 있다. 하지만 설치, 관리비용이 적게 든다는 장점이 있어 경제성과 범용성을 고려하면 선로 센서 설치방식이 보다 적합하다고 할 수 있다.

## 2.2 상사성 입증

### 2.2.1 해석기법

차륜-레일 진동을 해석하기 위해서는 다물체 동역학 해석이 필요할 것으로 생각된다. 다만 다물체 해석기법의 경우 일반적으로 구조물을 강체로 가정하여 해석하므로 차륜의 결함을 표현하기 위해 FEM모델을 제작하여 강체 요소와 함께 사용해야 할 것이다.

### 2.2.2 고려사항

차륜-레일 진동의 크기를 결정하는 가장 큰 요소는 차륜, 레일의 표면 결함과 더불어 차량의 속도와 중량이다. 같은 결함 크기라도 차량의 속도와 중량 차이에서 발생하는 에너지 크기가 바뀌므로 정확한 해석을 위해서는 차량속도와 중량에 대한 고려가 필요하다. 이를 위해 레일에는 진동센서외에 속도센서와 로드셀을 추가로 갖춰야 해석을 위한 기본적인 환경변수를 입력할 수 있을 것이다.

## 3. 결론

본 논문에서는 차륜결함 예측을 위한 측정 물리량과 센서 설치위치, 그 밖의 고려사항을 살펴보았다. 차륜결함은 다양한 형태로 나타날 수 있으며 전산역학해석 기법을 통해 결함을 재현하고 예측할 수 있다면 사고예방 및 유지보수 효율화에 응용할 수 있다. 향후 차륜-레일 접촉진동과 차륜결함과의 물리적 상사성 입증에 이력된다면 연구의 목표인 차륜 결함 예측을 실현할 수 있을 것이다.

## 후 기

본 연구는 국토교통부 국토교통과학기술진흥원 철도기술연구사업(과제번호18RTRP-B103987-05-000000)의 연구비지원에 의해 수행되었습니다.

## 참고문헌

- [1] W. Bin, Z. Sheng (2004) Study on mechanical characteristics of lead-rubber bearing and its application for shock reduction/isolation in bridge engineering, China railway science, U443.361