

## 대차 하부 소음 측정을 통한 휠 레일 음향파워레벨 산정

### Computation of sound power level for wheel and rail with noise measurement under bogie

장형석\*<sup>†</sup>, 김종환\*, 김재환\*, 임효석\*, 김병희\*

Hyung Suk Jang\*<sup>†</sup>, Jonghwan Kim\*, Jaehwan Kim\*, Hyosuk Lim\*, Byunghee Kim\*

**초 록** 철도차량의 휠과 레일에 의한 소음을 예측하기 위하여 주행 중 철도차량의 대차 하부에 마이크로폰을 설치하여 음압레벨을 측정하고, 소음 해석 모델을 구축하여 동일 위치에서 예측된 음압레벨을 비교함으로써 음향파워레벨을 산정하였다. 대차 하부 소음 측정은 개활지 자갈도상에서 80km/h와 110km/h의 속도에서 진행하였으며, 해석 모델상에서 궤도 바닥 조건을 고려하여 음향파워레벨을 예측하였다. 그 결과 80km/h 주행 시 음향파워레벨은 휠 한 개당 103 dBA, 110km/h 주행 시 음향파워레벨은 109dBA로 산정되었다. 또한 소음해석 모델상 도상의 흡음특성을 자갈도상과 콘크리트 도상으로 변경하여 휠 레일 음향파워레벨이 2dBA 차이가 발생하는 것을 확인하였다. 간접적으로 산정된 음향파워레벨은 유사 신조차량의 실내 외 소음해석에 활용 가능하다.

**주요어** : 소음, 휠, 레일, 음향파워레벨, 소음해석

## 1. 서 론

철도차량의 휠 레일 소음은 실내 외 소음레벨을 결정짓는 가장 큰 소음원 중의 하나이며, 차량 이외에 선로 조건의 영향을 많이 받는다. 또한 휠 레일 소음의 음향파워레벨을 단독으로 측정하기 어렵기 때문에 TWINS (Track-Wheel interaction Noise Software) [1] 등의 휠 레일 소음 예측 프로그램을 통하여 음향파워레벨을 산정한다. 그러나 TWINS의 경우에도 레일 거칠기와 레일 패드 강성 등 다양한 파라미터가 있어야 예측이 가능하다. 따라서 본 연구에서는 실차에서 대차 하부 소음을 측정함으로써 간접적으로 음향파워레벨을 산정하는 과정을 기술하고자 한다.

## 2. 휠 레일 음향파워레벨

### 2.1 대차 하부 소음 측정

시운전 중인 도시철도차량의 대차 하부 휠 측면에 마이크로폰을 설치하여 주행 중 소음레벨을 측정하였다. 휠 레일 소음만 수음하기 위하여 모터 등의 구동장치가 없는 부수 대차(Trailer bogie)에서 계측을 진행하였다.

### 2.2 소음 해석 모델 구축

#### 2.2.1 기하학적 음향 모델링

소음해석은 Ray tracing과 Image source method를 통합한 알고리즘을 사용하는 Odeon V. 15[2]를 사용하였으며, 차량 바닥과 휠 형상을 단순화하여 모델링하였다. 음원은 휠과 레일의 접촉의 위치인 궤도 바닥으로부터 0.1m 위치에 점음원으로 모델링하였다. 수음점의 위치는 측정 위치와 동일하게 대차 측면 상단에 배치하였다. 추가적으로 해석 모델 상에서 도상을 콘크리트와 자갈에 해당하는 흡음계수로

<sup>†</sup> 교신저자: 현대로템 기술연구소 응용기술연구팀 (janghs@hyundai-rotem.co.kr)

\* 현대로템 기술연구소 응용기술연구팀

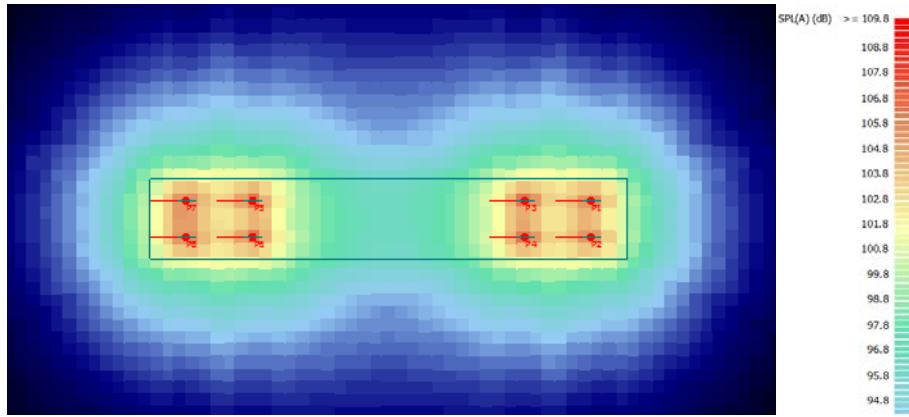


Fig. 1 Calculation of wheel rail noise in geometrical acoustic modeling

변경하여 소음해석 결과를 비교하였다.

### 2.1.2 소음 해석

소음해석 모델의 음원 특성은 음향파워레벨을 입력해야 하며, 수음점 위치의 소음해석결과가 대차 하부 측정된 소음레벨과 동일 값이 도출되도록 주파수 대역별로 입력 음향파워레벨 조정하였다. 이때 휠에 근접한 측면의 음압레벨 측정값과 동일한 음압레벨을 나타내는 입력 음향파워레벨을 산정된 휠 레일 음향파워레벨로 간주할 수 있다.

### 2.3 휠 레일 음향파워레벨 산정

개활지 자갈도상을 110km/h로 주행하는 도시철도차량 대차 측면에서 측정된 음압레벨이 104dBA일 때 휠 한 개에 대한 휠 레일 음향파워레벨은 109dBA로 산정하였다. 계측된 소음레벨은 위와 같으나, 동일 차량이 콘크리트 도상을 주행할 때로 해석모델의 트랙 바닥 흡음률을 변경한 결과 음향파워레벨이 2dBA 차이가 나타나는 것으로 이전연구결과[3]와 유사한 특성을 나타내었다.

동일 차량이 개활지 자갈도상을 80km/h로 주행할 때 계측된 음압레벨은 97 dBA로 휠 한 개 당 음향파워레벨은 103dBA로 산정되었다.

## 3. 결론

도시철도차량을 대상으로 대차 하부에서 측정된 주행중 소음레벨을 바탕으로 Ray tracing 기반의 기하학적 소음해석 모델링을 통하여 간접적으로 휠 레일의 음향파워레벨을 산정하는 방법을 제안하였다. 산정된 휠 레일의 음향파워레벨을 통하여 기존 차량과 유사한 형태의 신조차량에 대하여 실내 외 소음해석이 가능하다. 향후 다양한 종류의 차량과 선로조건에서의 대차 하부 소음 레벨 데이터베이스를 확보하여 휠 레일의 음향파워레벨을 산정할 예정이다. 또한 위와 같이 간접적으로 산정한 휠 레일의 음향파워레벨 결과는 레일 표면조도 등의 선로 특성치를 바탕으로 예측한 TWINS 해석 프로그램과 정합성도 비교 검토할 예정이다.

## 참고문헌

- [1] D.J. Thompson, P. Fodiman, H. Mahé (1996) Experimental validation of the TWINS prediction program, Part 2: results. *Journal of Sound and Vibration*, 193, pp. 137-147.
- [2] Odeon A/S (2018) ODEON Room Acoustics Software User's Manual Version 15, pp.1-238.
- [3] M. Butorina, N. Minina, P. Ivanov, A. Petryaev (2017) Reduction of vibroacoustic effect of high-speed trains. *Procedia engineering*, 189, pp. 352-359.