

# 바이모달 트램 차체 이상소음 분석

## The Analysis of Car Body Abnormal Noise for the Bimodal Tram

\*\*문경호<sup>1</sup>, 장세기<sup>1</sup>, 목재균<sup>1</sup>

\*#K. H. Moon<sup>1</sup>(khmoon@krri.re.kr), S. Chang<sup>1</sup>, J. K. Mok<sup>1</sup>

<sup>1</sup>한국철도기술연구원 광역도시교통연구본부

Key words : Noise, Gear box, Bimodal tram

### 1. 서론

바이모달 트램은 자석마커가 설치된 전용선에서는 자동운전이 가능하고, 일반도로에서 운전자가 수동운전으로 운행하는 2량 1편성의 굴절차량이다. Fig. 1과 같이 3축으로 구성된 바이모달 트램은 2축과 3축에 모터로 구동되는 형식으로 엔진소음의 영향에 의하여 3축쪽의 소음이 일반적으로 크게 나타난다. 그러나 장기간 운행에 따라 속도가 높아지면서 2축쪽의 소음이 크게 나타나는 현상이 발생하여 이를 해결하고자 바이모달 트램의 소음 및 진동을 측정하여 분석하였다.

### 2. 바이모달 트램 소음 진동 시험

바이모달 트램의 이상소음은 속도가 높아지면서 발생하고 있었으며, 차체의 휠하우스에서도 진동을 느낄 수 있어서 감속구동장치에 문제가 있을 것으로 추정하였다. 이러한 추정을 바탕으로 2축 실내에 마이크로폰을 부착하여 소음을 측정하였으며, 2축 구동장치에 부착된 좌측 및 우측 감속기 케이스에 3방향 가속도계를 설치하여 진동을 측정하였다. 또한 실내소음과 차체진동과의 연관성을 알아보기 위하여 2축에 가까운 차량 실내 바닥의 가속도계를 설치하여 진동을 측정하였다.

바이모달 트램의 모터는 고속으로 회전하며 이를 감속구동장치에서 2단으로 감속을 하여 바퀴에 동력을 전달하게 된다. 바이모달 트램의 감속구동장치는 Fig. 2와 같으며, 헬리컬기어로 구성되어



Fig. 1 Bimodal tram

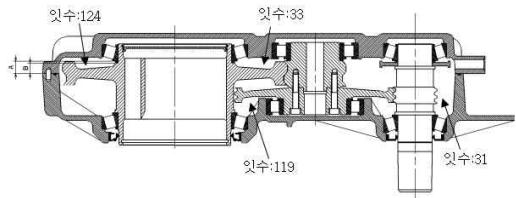


Fig. 2 Reduction gear box of the bimodal tram

있고 감속비는 14.42이다.

### 3. 소음 진동 시험 결과

운행시험은 세종터미널에서 오송역을 왕복 운행하며 측정하였다. 운행속도가 60km/h 미만보다 60km/h 이상의 속도에서 이상소음을 크게 느낄 수 있다고 하여 65km/h의 속도로 정속운행하면서 측정하였다. 65km/h로 운행하였을 때 바이모달 트램의 2축 출입문 근처에서의 실내소음을 측정한 결과는 약 75dB(A)로 이상소음으로 인하여 예전보다 약간 시끄럽게 느껴지는 수준이었다.

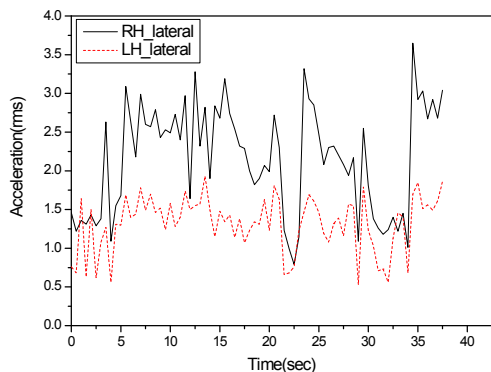


Fig. 3 Lateral vibration of Reduction gear box

Table 1 Frequencies of gears at the speed of 65km/h

Frequencies of gears	Input revolution of first gear	Output revolution of Second gear
$f_m$	2395.1	664.2
$f_f$	77.3	20.1
$f_{fo}$	20.1	5.4

우측 감속기와 좌측 감속기의 진동을 비교한 결과, 상하진동은 비슷했으나, 좌우진동은 Fig. 3과 같이 우측감속기가 크게 나타났다.

감속기의 진동주파수를 관찰하기 위하여 65km/h로 주행시 바이모달 트램의 회전주파수와 맞물림 주파수는 Table 1에 나타났다. 여기서  $f_m$ 은 기어의 맞물림 주파수,  $f_f$ 은 기어의 입력축 회전주파수,  $f_{fo}$ 는 기어의 출력축 회전주파수를 나타낸다.

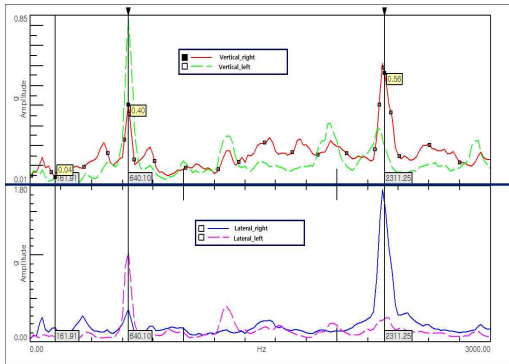


Fig. 4 Frequency analysis of gear box vibration

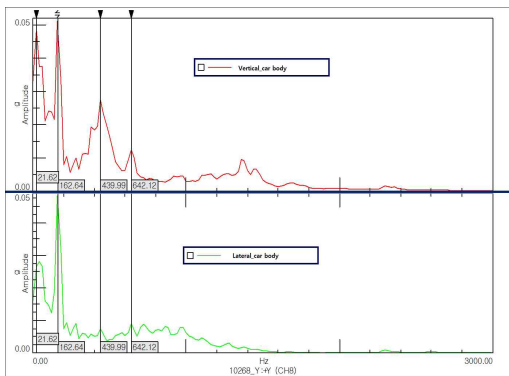


Fig. 5 Frequency analysis of car body vibration

Fig. 4의 감속기의 진동 주파수를 분석한 결과를 보면, 640Hz와 2,311Hz 성분이 크게 나타나고 있으나 Table 1의 65km/h의 맞물림 주파수보다는 약간 작게 나오고 있다. 이는 속도계의 오차로 추정할 수 있으며, 실제 주행속도는 65km/h가 아닌 약 62.5km/h로 주행된 것으로 판단된다. 차체의 진동 및 소음에서도 맞물림 주파수 성분이 나타났으며, Fig. 5는 차체 진동에 대한 주파수 분석 결과로서 중간기어의 회전주파수(19.4Hz)와 2차감속기의 맞물림 주파수(639Hz)와 일치하는 성분이 나타나고 있다.

#### 4. 결론

바이모달 트램 소음 및 진동시험에 대한 분석결과, 감속기 중간기어의 회전주파수 성분인 19.7Hz와 2차감속기의 맞물림 주파수 성분인 639Hz가 크게 나타났다. 이는 바이모달 트램 차체의 이상소음은 감속기 진동이 차체로 전달되어 나타난 현상으로 판단할 수 있다.

발생 원인을 추적조사한 결과, 감속기 강도보강을 위하여 분해조립 과정에서 고무부싱이 파손되어 감속기가 차체와 닿았고 이 감속기 진동이 차체를 진동시켜서 이상소음이 발생한 것으로 파악되었다. 고무부싱을 새로 바꾸고 감속기를 차체와 간섭되지 않게 조립한 후, 차체의 소음은 줄어든 것으로 확인되었다.

#### 후기

본 연구는 국토교통부 및 국토교통과학기술진흥원의 지원을 받은 ‘신에너지 바이모달 수송시스템 개발’ 과제의 일환으로서 수행되었으며 이에 감사드립니다.

#### 참고문헌

1. KS B ISO 10816-1 "기계진동-비회전부의 측정에 의한 기계진동의 평가-제1부:일반지침", 2011.12.30 개정.