

# 터널 내 실외 소음 : 차량 편성의 영향 분석

## Exterior Noise in Tunnel Section : Influence of the train formation

김태민† · 김수영\* · 김정태\*\*

Kim Tae min, Kim Soo young and Kim Jeung Tae

### 1. 서 론

현재 고속철도 차량 연구는 최고 속도 400 KPH 를 목표로 하고 있으며 차량 성능뿐만 아니라 승객의 편의성 차원에서 많은 연구가 진행 중이다. 고속철도 차량이 시속 300km 이상으로 달리게 되면 소음이 크게 증가하게 되며 특히 공력기인 소음이 큰 비중을 차지하게 된다. 이는 고속철도 차량의 실내 소음을 증가시켜 승객의 편의성을 크게 떨어뜨리게 된다.

고속철도의 실내소음은 외부에서 들어오는 소음원에 큰 영향을 받게 되는데 개활지 구간 주행 보다 소음원이 외부로 흩어지지 못 하는 터널 구간에서 실내 소음이 크게 증가 하게 된다. 고속철도 차량의 소음은 크게 공력기인 소음과 차륜기인 소음 두 가지로 나눌 수 있으며, 이 중 공력기인 소음은 차량 보기 부분에서 발생하는 소음과 차량과 차량 사이 간극에서 발생하는 소음이 있다. 예외적으로 전두부 차량의 경우, 차량 상부에 위치한 판토틀레프 발생 소음까지 포함한다.

고속 주행 하는 철도 차량은 속도 뿐만 아니라 차량 편성에 따라 소음이 증가 될 것으로 예상된다. 따라서 본 연구에서는 고속철도 차량 편성에 대한 실외 소음을 분석하여 차량 편성에 대한 실외 소음도 영향을 분석하였다. 터널 구간의 경우가 소음원에 대한 영향을 개활지 보다 민감하게 작용할 것으로 판단하였으며 터널 구간에 대하여 해석을 수행하였다. 차량 편성은 2량, 4량, 8량으로 모델링 하였으며 판토틀레프를 기준으로 열차 주행 방향으로 0,

250, 400, 500 m에서 field point mesh를 구성하여 소음도를 해석하였다.

연구 결과 차량 편성이 많아질수록 고속철도의 터널 출구 구간에서 실외 소음은 약 2dB 증가하는 것으로 예측되었고, 터널 출구에서 250 m 지점은 차량 편성량과는 무관하게 소음도가 가장 큰 것으로 예측 되었다.

### 2. 본 론

#### 2.1 고속철도 차량 편성 모델링

본 연구에서는 광음향 기법을 이용하여 차량 편성 별 외부 소음도 영향을 해석적으로 도출 하였다. 그림 1은 본 연구에서 모델링 한 고속철도 차량을 보여준다. 그림은 8량 편성 고속철도 차량이며 2량, 4량, 8량으로 구성되는 고속철도 차량을 모델링하였다.

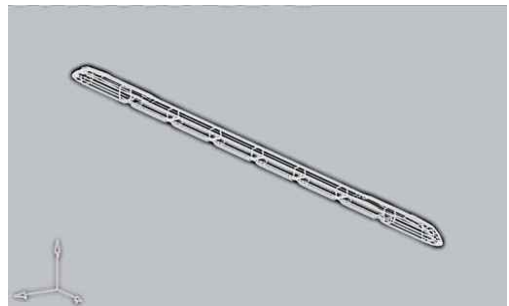


Fig. 1 Numerical Model of HST

광음향 기법이란, 소리를 빛으로 가정하여 소음을 해석하는 기법으로 주요 변수로는 흡음률이 있다. 고속철도 차량 해석 모델 구축 시 소스원은 보기와 간극의 공력 소음, 차륜-레일 소음이 있으며 각각을 점 음원으로 모델링하였다. 판토틀레프 소음은 열차 상단에 모델링하였다. 터널은 총 500 m로 가정하여

† 교신저자; 정회원, 홍익대학교 음향진동실험실  
E-mail : Hiuanv2@gmail.com

Tel : 02-320-1438, Fax : 02-320-1438

\* 홍익대학교 기계공학과

\*\* 홍익대학교 기계·시스템 디자인 공학과

모델링하였다. 그림 2는 광음향 기법 상용 소프트웨어인 RAY NOISE에서 해석한 터널 내부 단면을 보여준다.

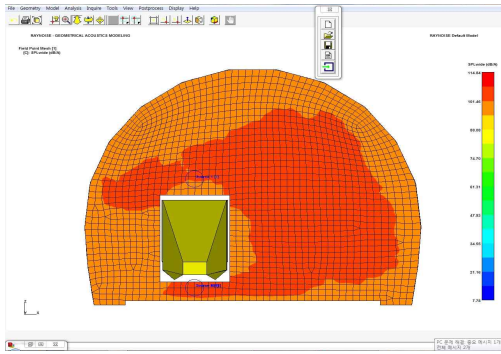


Fig. 2 Result of Noise in Tunnel

터널 구간에서의 편성 별 터널 내부 소음도 측정은 총 4 구간을 선정하여 해석하였다. 그림 3은 열차 주행 방향으로 분리된 field point 구간을 나타낸다. 터널 구간 출구에 해당하는 구간을 중심으로 250 m, 400 m 떨어진 지점에 field point mesh를 구성하였다.

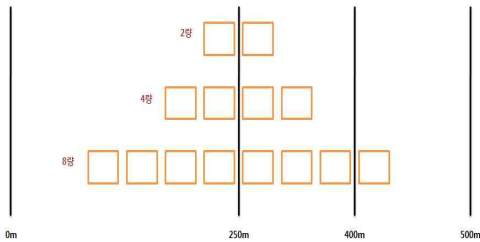


Fig. 3 Field Point Mesh in RAY NOISE

## 2.2 차량 편성에 따른 실외 소음

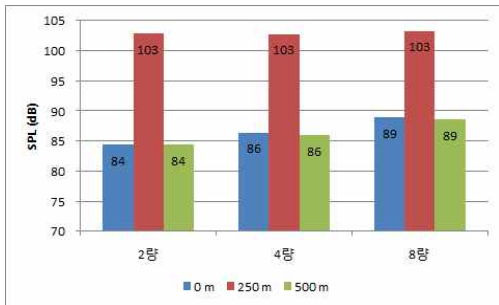


Fig. 4 Comparison of Simulation Result

그림 4는 광음향 기법을 이용한 차량 편성 별 해석 결과를 보여준다. 해석 결과 차량 편성이 2배 증가할수록 터널 입구와 출구 구역에서는 약 2 dB 증가하는 것으로 해석되었다. 이는 터널 입구와 출구의 경우 차량이 2배 늘어나면 소음원 자체가 2배 증가하게 되므로 터널 구간과 같이 소음이 터널 내부에 갇혀 있는 닫힌 공간에서는 출구에서 측정 시 2 dB 증가하는 것으로 판단된다. 하지만 열차 편성 가운데인 250 m 구간에서는 소음도가 큰 차이가 없는 것으로 예측되었다. 그림 5와 같이 250m의 경우 판토텐그래프 공력 소음원이 직접적으로 영향을 받는 구역으로 차량 편성에 영향을 받지 않고 유사한 것으로 판단된다. 즉 차량 편성이 증가하더라도 승객이 탑승하는 가운데 차량의 경우 판토텐그래프의 공력소음의 영향이 지배적인 것으로 판단된다.

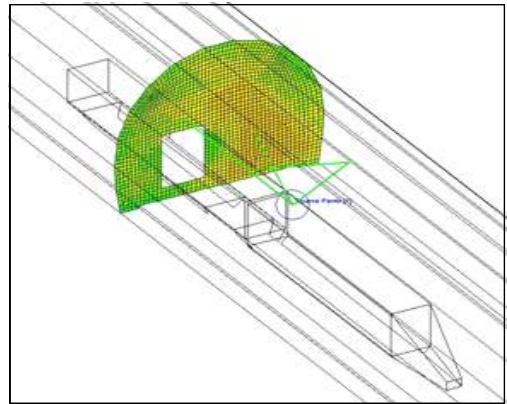


Fig. 5 Effect of pantograph noise source

## 2.3 측정 위치에 따른 실외 소음

그림 6은 차량 편성 별, 해석 구역에 따른 광음향 기법 해석 결과를 보여준다. 그림과 같이 차량 편성이 2배 증가할수록 0 m, 400 m, 와 500 m 구역에서는 소음도가 약 2 dB 증가하지만 250 m 구역에서는 편성에 무관하게 소음도가 유사한 것으로 해석되었다.

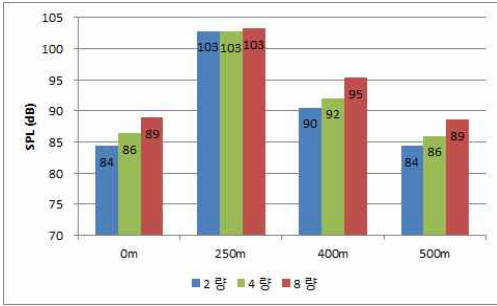


Fig. 6 Comparison of Simulation Result

그림과 같이 터널 입구와 출구는 2량 편성일 경우 84 dB로 예측 되었으며 차량 중간에 해당되는 250 m 구역에서 103 dB로 가장 높게 예측되었다. 이는 판토티그래프가 위치한 차량과 근접한 차량일 경우 보기와 차량 간극의 공력소음 및 차륜-레일 소음보다 판토티그래프의 공력소음이 가장 큰 것으로 판단 하였다. 반면, 400 m 구역에서는 판토티그래프 공력 소음의 영향이 줄어들며 판토 외의 소음이 지배적으로 작용하는 것으로 예측되었다. 따라서 판토티그래프에 근접한 객차의 경우 판토티그래프 공력소음에 의해 차량 편성에 무관하게 실내 소음도가 크며 판토티그래프와 멀리 떨어진 객차의 경우 판토티그래프와 근접한 객차보다는 실내 소음도는 적지만 차량 편성에 민감하게 작용하는 것으로 판단된다.

소음 해석 결과 필드포인트가 열차의 마지막 소음원 바깥쪽에 위치한 경우를 제외하고, 소음원과 소음원의 사이에 필드포인트가 위치한 경우, 전반적으로 약 102dB 정도의 소음도가 나타나는 것으로 예측되었다. 그러나, 선두차량을 기준으로 3량째 차량의  $\frac{1}{4}$  지점까지는 102dB이상의 소음도가 측정되었다. 따라서, 판토티그래프 소음이 선두차량 기준 3량째 차량의  $\frac{1}{4}$ 의 지점까지 지배적인 영향을 미치는 것으로 예측된다.

### 3. 결 론

본 연구에서는 차량 편성에 대한 터널 구간 실외 소음도를 예측하였고 차량 위치 별 소음도를 해석 하였다. 연구 결과 차량 편성이 증가 하게 되면 터널 출구에서 소음원 증가로 인해 비례적으로 소음도

가 증가하게 되지만 판토티그래프에 근접한 객차의 경우에는 판토티그래프의 공력소음의 영향이 지배적으로 차량 편성과 무관하게 유사하게 예측 되었다. 또한 판토티그래프에 근접한 객차에서 상대적으로 큰 소음도를 갖는 것으로 예측되었다. 해석 결과를 통해 판토티그래프 기인 소음이 지배적인 영향을 미치는 범위를 예측할 수 있다.

### 후 기

본 연구는 한국연구재단 과제(철도 소음 예측 및 평가를 위한 상사모델 시험 기법 연구)로 수행된 연구 결과의 일부입니다.