

광음향기법을 이용한 분산형 고속철도의 실외/환경소음 예측

High speed EMU exterior and environmental noise prediction by using ray tracing technique

홍윤혁† · 김정태* · 김정수** · 손정곤***

Yun H. Hong, Jeung T. Kim and Jung-Soo Kim, Jung-Gon Son

1. 서 론

본 연구에서는 주행속도 350km/h의 동력 분산식 고속철도 차량 주행 시 차량 보기와 간극의 공력소음, 휠 레일에서 발생하는 차륜기인 소음을 소음원으로 하여 고속철도 객차 2량의 외부 소음 및 환경소음을 예측 하였다. 특히 환경소음 저감을 위해 열차 보기부분에 스키투를 모델링하여 예측하였으며 판토품그래프에 대한 소음원을 적용하여 적용 전 후의 열차 상부의 소음 및 환경소음에 대한 효과를 비교 분석하였다.

2. 분산형 고속철도 차량의 모델링

2.1 분산형 고속철도 차량 모델링

분산형 고속철도 차량에 대한 차량 외부 소음 및 환경소음에 대한 해석을 위하여 분산형 고속철도 차량의 객차를 상용프로그램을 이용하여 모델링 하였다. 분산형 차량은 두 개의 대차 위에 하나의 객차가 위치하는 형태로 기존의 동력 집중식 모델에 비하여 차체의 길이와 높이, 폭이 늘어난 점이 특징이며 현재 연구 수행 단계에서는 현재 개발 중인 분산형 차량과 제원이 유사한 일본의 JR 모델을 바탕으로 하여 객차를 모델링하였다. 다음 그림은 CAD 프로그램인 UG NX를 이용하여 작성된 모델이다.

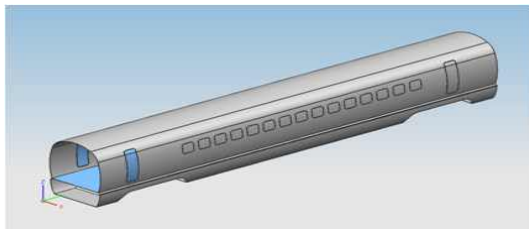


Fig. 1. CAD model of high speed EMU

2.2 소음원 모델링

본 연구에서는 기존 연구 진행된 고속철도 소음원 데이터를 이용하였으며 350km/h로 주행할 경우의 보기와 간극의 공력기인 소음원에 대하여 3점 음원, 차륜-레일 소음은 각 대차에 대해 점 음원으로 모델링하여 옥타브 별 PWL 값을 제시하였다. 분산형 고속철도 차량이므로 각 차량 당 2개의 대차를 가지는 점을 고려하여 음원의 음향과위를 산출하였다. 또한 기존 연구에서는 고려하지 않은 판토품그래프의 소음원을 차량의 상부에 추가하였다. 단 판토품그래프의 공력 기인 소음원은 예측이 어렵고 다양한 설계변수가 존재하므로 데이터 확보에 어려움이 있어 차량의 공력기인 소음원 중 가장 높은 PWL 값과 동일한 음향과위를 갖는 것으로 가정하여 적용하였다.

다음 표는 각각의 소음원에 대한 PWL 값이다.

Table 1. 1/1 octave PWL Level of pantograph noise

PWL 판토품그래프 소음	125Hz	250Hz	500Hz	1kHz	2kHz	4kHz
	115.6	112.6	110.6	109.6	106.6	105.6

Table 2. 1/1 각 소음원 별 octave PWL Level

단위 Acoustic power dB(lin)

	지점	125Hz	250Hz	500Hz	1kHz	2kHz	4kHz
보기 공력기인 소음	S11	110.6	107.6	105.6	104.6	101.6	100.6
	S12	110.6	107.6	105.6	104.6	101.6	100.6
	S13	115.6	112.6	110.6	109.6	106.6	105.6
간극 공력기인 소음	S21	97.6	94.6	93.6	91.6	88.6	87.6
	S22	100.6	97.6	95.6	94.6	91.6	90.6
	S23	94.6	91.6	89.6	88.6	85.6	84.6
차륜-레일 일소음	대차 중앙	110.2	107.9	107.9	103.4	110.4	106.7

† 교신저자; 홍익대학교 대학원 기계공학과

E-mail : stained81@naver.com

Tel: (02) 320-1438, Fax: (02)320-1113

* 홍익대학교 기계시스템디자인공학과

** 홍익대학교 기계시스템디자인공학과

*** 유신 코퍼레이션

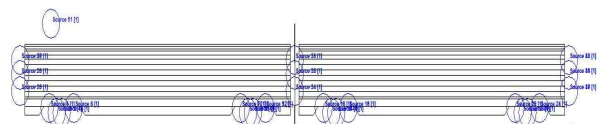


Fig. 2. A model of a 350km/h class high speed EMU and noise sources

3. 분산형 고속철도 차량의 실외, 환경소음 예측

3.1 실외, 환경소음 예측

본 연구에서는 기존에 수행된 연구와 같은 방법으로 소음의 측정지점은 레일 중앙에서 수평으로 25m 떨어진 지점에서 높이 1.5m 지점을 설정하였고 보기에 0.6m 길이의 스킨트 장착 여부에 따른 측정지점에서의 소음 변화를 관찰하였다. 환경 소음을 예측한 결과 발생하는 측정 지점에서의 소음 예측 결과는 90.8dB(A)의 overall 값을 얻을 수 있었다. 또한 스킨트 장착 시 측정 지점에서의 소음은 87.2dB(A)의 overall 값으로 스킨트가 없는 경우 대비하여 약 3.6dB의 소음 저감 효과가 있는 것으로 판단되었다.

Table 3. Noise level of open section
(except pantograph noise)

단위 : dB(A)

	125Hz	250Hz	500Hz	1kHz	2kHz	4kHz	O/A
스킨트 장착 전	74.6	79.2	83.0	84.7	85.8	83.3	90.8
스킨트 장착 후	69.4	74.6	78.6	80.5	83.0	80.1	87.2
소음저감 효과	5.2	4.6	4.4	4.2	2.8	3.2	3.6

3.2 판토크래프 소음원을 적용한 실외 환경소음 예측

위와 같은 방법으로 개활지 구간을 주행하는 모델에 대하여 판토크래프 소음에 대한 음향 파워를 적용하여 차량 실외 및 환경소음에 대한 해석을 수행하였다. 차량 실외소음의 예측은 차량의 상, 하부 및 좌, 우 측면에 대하여 필드 포인트를 적용하여 예측하였으며 환경소음 예측은 동일한 조건으로 수행하였다. 차량 상부에 판토크래프 소음원을 적용하여 환경소음을 예측한 결과 스킨트가 없는 경우 91.2dB(A)의 overall 값을 얻을 수 있었으며 스킨트가 있는 경우 87.5dB(A)로 소음 저감 효과는 약 3.7dB로 예상되었다. 판토크래프의 소음 영향으로 측정지점에서의 소음도는 약 0.4dB 증가하였으나 스킨트의 환경소음 저감 효과는 기존 예측과 유사한 결과를 얻을 수 있었다. 다음은 판토크래프 소음원을 추가하여 해석한 개활지에서의 소음 예측 모델이다.

Table 4. Noise level of open section
(apply pantograph noise)

단위 : dB(A)

	125Hz	250Hz	500Hz	1kHz	2kHz	4kHz	O/A
스킨트 장착 전	75	79.6	83.4	85	86.3	83.7	91.2
스킨트 장착 후	69.9	75.1	79.1	81.1	83.1	80.3	87.5
소음저감 효과	5.1	4.5	4.3	3.9	3.2	3.4	3.7

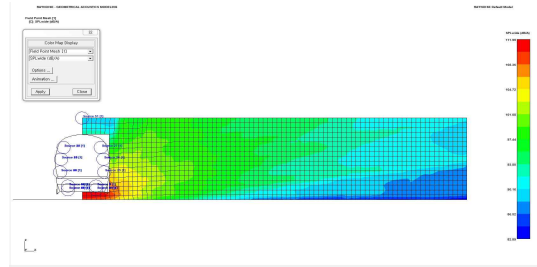


Fig. 3. Ray noise analysis model of open section

또한 차량 외부 소음을 예측한 결과 차량 상부에서는 판토크래프 부근에서 약 107dB(A)의 소음이 발생하여 78dB(A)까지의 분포를 보이고 있었으며 소음원이 집중되어 있는 차량 하부에서는 차량 중심에서 약 100dB(A)에서 보기부분으로 갈수록 약 120dB(A)의 소음 분포를 예측할 수 있었다. 또한 차량 좌, 우측면에서는 음원이 밀집되어 있는 차량 하부에서 약 100~110dB(A)의 소음 발생이 예측되었으며 전체적으로 70~110dB(A)의 소음 분포를 예측하였다. 다음은 차량의 상부 소음 분포의 예측 시뮬레이션이다.

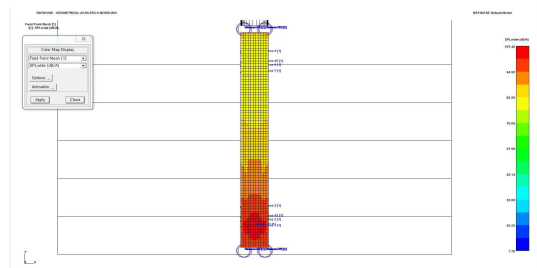


Fig. 4. Ray noise analysis model of exterior section

4. 결 론

본 연구에서는 기존의 연구를 바탕으로 분산형 고속철도 차량에 대한 실외, 환경소음을 예측하였다. 연구의 결론을 간단히 정리하면 다음과 같다.

- 환경소음 해석 결과 소음도는 90.8dB(A), 스킨트 적용 시 87.2dB(A), 소음저감 효과는 약 3.6dB로 예측되었다.
- 판토크래프 소음 적용 해석 결과 91.2dB(A), 스킨트 적용 시 87.5dB(A)로 미 적용 경우와 큰 차이는 없는 것으로 판단된다.
- 차량 실외소음은 차량 상부 약 78~107dB(A), 차량 하부 약 100~120dB(A), 차량 좌, 우측 약 70~110dB(A)로 해석되었다.

후 기

본 연구는 국토해양부 미래철도기술개발사업의 연구비지원(과제번호 07차세대고속철도A01)에 의해 수행되었습니다.