

# 광음향기법을 이용한 고속철도의 환경소음 예측

## HST environmental noise prediction by using ray tracing technique

홍윤혁†·김정태\*·김정수\*\*

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

### 1. 서 론

본 연구에서는 주행속도 350km/h의 고속철도 차량이 개활지 구간, 터널 구간을 주행할 때 차량 보기와 간극의 공력소음, 휠 레일에서 발생하는 차륜기인 소음을 소음원으로 하여 고속철도 객차 차량의 외부 소음 및 열차 주변 25m 지점의 환경소음을 예측 하였다. 또한 열차에서 발생하는 소음의 저감방안으로 보기 부분의 스킵트 장착을 제시하여 소음 저감 효과를 분석하였다. 이와 함께 차량 보기부분의 스킵트 장착 시 우려되는 유지보수 관련 문제를 해결하고자 공압을 이용한 개폐식 스킵트를 제안하였다.

### 2. 고속철도 차량의 모델링

#### 2.1 소음원 모델링

본 연구에서는 시속 350km로 주행하는 열차에 대한 실외 소음을 분석하였으며 이에 따라 열차 보기와 간극 사이의 공력기인 소음, 차륜-레일에서 발생하는 기계기인 소음의 소음원을 조사하여 적용하였다. 각 음원은 기존 연구자료를 바탕으로 350km/h의 속도에 맞추어 등가 하였다.

보기와 간극의 공력기인 소음원 모델은 각 파트에서 3점 음원으로 제시하였고 음원 위치별 Total acoustic power 데이터와 음원의 SPL 값을 이용하여 음원별 Acoustic power level을 산출하였다. 다음 표는 보기와 간극의 해외 자료와 위의 식을 토대로 하여 산출된 보기와 간극에서의 옥타브 별 PWL 값이다.

공력기인 소음과 함께 기계기인 소음인 차륜-레일 소음 또한 350km/h로 주행할 경우의 소음원을 계산하였다. 다음 표는 각각의 소음원에 대한 PWL 값이다.

Table 1. 1/1 octave PWL Level of sound source points

Octave 소음원	125	250	500	1000	2000	4000
S11	113.6	110.6	108.6	107.6	104.6	103.6
S12	113.6	110.6	108.6	107.6	104.6	103.6
S13	118.6	115.6	113.6	112.6	109.6	108.6
S21	100.6	97.6	95.6	94.6	91.6	90.6
S22	103.6	100.6	98.6	97.6	94.6	93.6
S23	97.6	94.6	92.6	91.6	88.6	87.6

Table 2. 1/1 octave PWL Level of wheel-rail noise

PWL	125	250	500	1000	2000	4000
차륜-레 일 소음	113.2	110.9	110.9	106.4	113.4	109.7

#### 2.2 차량 및 주행조건 모델링

본 연구에서는 350km/h급 차량의 일반실 객차로 모델링을 수행하였다. 해석 시에는 2량 1편성의 모델을 이용하여 해석하였다. 다음은 모델링된 차량에 대한 그림이다.

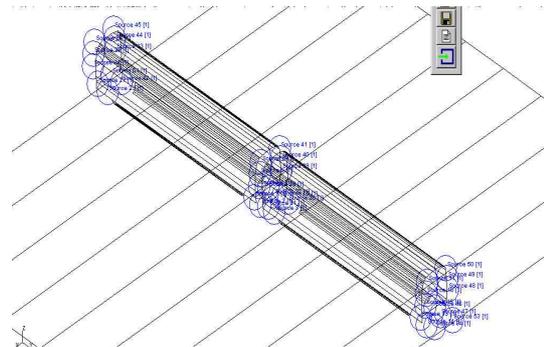


Fig. 1. A model of a 350km/h class passenger train and noise sources

각각의 모델은 광음향 기법 상용프로그램인 Raynoise 이 용을 위하여 유한요소 해석 프로그램을 이용하여 모델 표현에 대하여 2-D mesh를 수행하였으며 환경소음의 저감 연 구를 위하여 유한요소 해석 프로그램 이용 시 열차의 보기 부분에 스킵트를 0.4m 길이로 설정하여 모델링 하였다.

† 교신저자; 홍익대학교 대학원 기계공학과  
E-mail : stained81@naver.com  
Tel : (02) 320-1438, Fax : (02)320-1113

\* 홍익대학교 기계시스템디자인공학과

\*\* 홍익대학교 기계시스템디자인공학과

### 3. 실외소음, 환경소음 예측

차량의 환경 소음을 파악하기 위하여 광음향 기법을 이용하였으며 상용프로그램인 Raynoise를 이용하였다. 소음원에 대한 영향을 알아보기 위하여 Field point mesh를 구성하였고 공력기인 소음원과 차륜-레일 소음원의 좌표에 따라 음원을 설정하였다.

#### 3.1 환경소음 예측

환경 소음은 개활지 구간을 주행하는 모델에 대한 소음 해석이 이루어 졌으며 차량에서 발생하는 소음의 측정지점은 차량 외부 25m 지점에서 높이 1.5m 지점을 측정지점으로 설정하였고 측정지점에서의 소음 변화를 관찰하였다. 다음은 개활지에서의 소음 예측 모델이다.

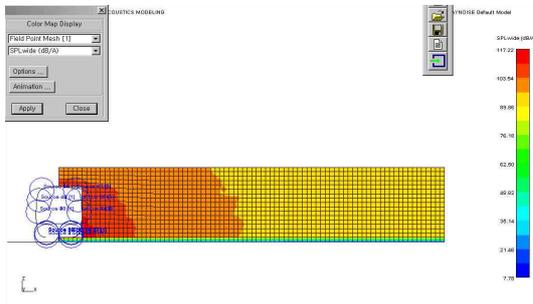


Fig. 2. Ray noise analysis model of open section (overall)

개활지에서 열차 주행 수직방향으로 25m 지점의 소음은 광음향 기법 프로그램을 이용하여 예측한 결과 측정지점에서의 소음은 91.3dB(A)의 overall 값으로 판단되었다.

Table 3. Noise level of open section

	125Hz	250Hz	500Hz	1kHz	2kHz	4kHz	O/A
dB	90.7	87.8	86.4	84.6	85.7	83	94.9
dB(A)	74.6	79.2	83.2	84.6	86.9	84	91.3

### 4. 스킨트를 적용한 소음 저감 방안

#### 4.1 스킨트 장착 효과

다음은 위와 같은 조건의 개활지에서 열차 주행 시 열차 보기 부분에 스킨트를 설치하였을 때의 결과이다. 보기가 위치하고 있는 열차 부분에 0.4m의 수직방향으로 스킨트를 모델링하여 광음향 기법 프로그램을 이용하여 예측한 결과 측정지점에서의 소음은 87.9dB(A)의 overall 값으로 판단되었다. 다음은 스킨트 장착 유, 무에 따른 각 주파수 별 비교표이다.

Table 4. Skirt apply effect at open section (Unit : dB(A))

	125	250	500	1	2	4	O/A
스킨트 장착 전 dB(A)	74.6	79.2	83.2	84.6	86.9	84	91.3
스킨트 장착 후 dB(A)	70.6	75.5	79.5	81.1	83.7	81.7	87.9
소음 저감 효과	4.0dB	3.7dB	3.7dB	3.5dB	3.2dB	2.3dB	3.4dB

열차 보기 부분에 스킨트를 장착하지 않은 경우 91.3dB(A, O/A), 열차 보기 부분에 스킨트를 장착한 경우 87.9dB(A, O/A)로 스킨트의 소음 저감 효과는 3.4dB로 판단되었다.

#### 4.2 제안하는 스킨트

차량의 보기에 장착되는 스킨트는 차량의 대차를 감싸고 있는 형상으로 인하여 점검 및 유지 보수 시 어려움이 있는 문제를 가지고 있다. 따라서 이러한 문제를 해결 할 수 있는 스킨트를 제안하고자 한다. 제안하는 스킨트는 열차 정차 시 육안 검사 및 유지보수에 용이할 수 있도록 그 소재를 투명 방음벽에 사용되는 엔지니어 플라스틱의 재료로 하며 객차의 문과 연결하여 슬라이딩 방식으로 문이 열림에 따라 스킨트 또한 대차 외부로 밀어 넣을 수 있는 방식을 제안한다. 다음은 제안하는 스킨트의 개략도 이다.

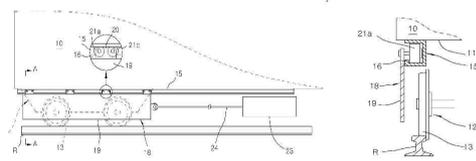


Fig. 3. Drawing of proposed new retractable skirt model

### 4. 결 론

본 연구에서는 350km/h의 고속으로 주행하는 열차에 대하여 환경소음 예측 모델을 구성하여 철로변의 환경소음에 대한 예측 및 분석을 수행하였고 소음 발생이 빈번한 차량 보기 부분에 대한 소음 저감 방안으로 열차 보기 부분의 스킨트 장착에 대한 소음 저감 효과를 분석하고 유지 보수를 위한 새로운 형태의 스킨트를 제안하였다. 스킨트를 장착한 열차의 환경소음 저감 효과는 약 3.4dB의 저감효과가 있는 것으로 판단되며 향후 심도 있는 연구를 진행한다면 고속철도 환경소음의 효율적인 소음 저감 방안을 제시할 것으로 판단된다.

### 후 기

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