

전산 해석을 통한 고속철도 차량의 실내 소음 해석

Numerical Analysis on Interior Noise of High-Speed Train

김태민† · 김정태* · 김정수**

Kim tae-min, Kim jueng-tae and Kim jung-soo

1. 서론

현재 국내에는 시속 300km 급 KTX 열차가 운행 중에 있으며 시속 400km 급 열차를 개발하기 위하여 많은 연구가 진행 중에 있다. 고속 철도의 실내 소음은 주행 속도가 증가 될수록 급격하게 증가될 것으로 예상된다. 따라서 고속철도 차량의 실내소음에 대한 연구가 진행되고 있다.

본 연구에서는 크게 공력소음, 공기기인소음, 구조기인 소음으로 세가지로 분류 되는 소음원 중에서 차륜/레일의 접촉 시 발생하는 구조기인소음은 저주파 대역에서 영향이 크고 상대적으로 전체 소음도에 미치는 영향이 작기 때문에 생략하고 상대적으로 영향이 큰 공기기인소음과 공력소음에 대한 영향만을 고려하기로 하였다.

그림 1 은 고속철도 차량의 실내 소음을 예측 하기 위하여 진행된 본 연구의 진행 방법을 나타내고 있다. 실내소음 해석을 위한 터널 구간과 개활지 구간의 열차 주위의 소음도를 파악하기 위하여 광 음향기법을 사용하는 상용 소음 예측 프로그램인 RAYNOISE 를 통하여 공력 소음과 공기기인 소음을 넣어 해석 한 뒤 그 결과를 SEA 상용 프로그램인 VA one 의 외부 cavity 에 입력하여 실내소음을 해석 하도록 함으로써 개활지 구간과 터널 구간에서의 실내 소음도를 예측 하였다.

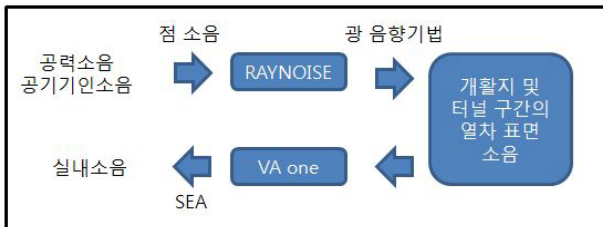


Fig 1. Flow chart of numerical analysis for predicting interior noise of high-speed train

† 교신저자; 홍익대학교 대학원 기계공학과
E-mail : wowbranden@hotmail.com
Tel : (02) 320-1113, Fax : (02) 320-1113
* 홍익대학교 기계시스템 디자인 공학과
** 홍익대학교 기계시스템 디자인 공학과

2. 열차 외부소음 모델링

2.1 소음원 모델링

본 연구에서 사용되는 소음원은 프랑스의 TGV 열차를 바탕으로 연구 된 보고서의 시속 300km 주행 시 공력 소음 실측 데이터와 G7 열차의 시속 300km 주행 시 실측 공기기인소음 데이터를 시속 350km 로 변환 하여 사용하였다. RAYNOISE 에서는 공력소음을 보기 부근과 간극에 점 소음원으로 모델링 하고 공기기인 소음을 휠 위치에 점 소음원으로 모델링 하여 소음도 해석을 수행 하였다. 그림 2 는 열차 보기와 간극 내 점 소음원의 모델링 하는 위치를 보여준다.

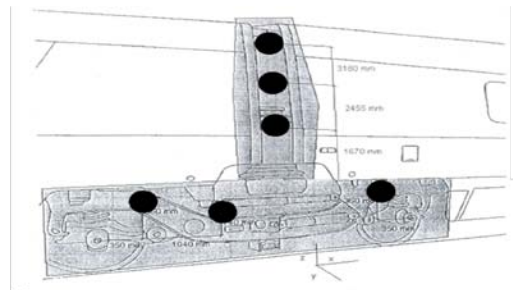


Fig 2. Aerodynamic noise modeling of the train gap and bogie part

2.2 광 음향기법을 통한 열차 표면 소음 해석

개활지 구간 주행 시 차량 외부 단면의 소음 분포는 대차 바닥에서 최대 117dB O/A, 대차 상부에서 최대 76dB O/A 로 예측되었고 대차 좌우측 상단에서 최대 100dB O/A, 대차 좌우측 하단에서 최대 107dB O/A 의 분포를 갖는 것으로 해석되었다.

터널 구간 주행 시 차량 외부 단면의 소음분포는 대차 바닥에서 최대 118dB O/A, 대차 상부에서 최대 106dB O/A 로 예측되었고 대차 좌측 상단에서 최대 108dB O/A, 대차 좌측 하단에서 최대 110dB O/A, 대차 우측 상단에서 최대 105dB O/A, 대차 우측 하단에서 최대 110dB O/A 의 소음을 갖는 것으로 해석되었다.

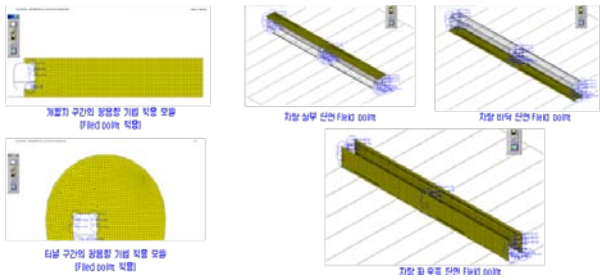


Fig 3. Exterior noise of high speed train

3. SEA 를 이용한 고속철도 차량의 실내 소음

3.1 SEA 를 위한 고속철도 차량 모델링

그림 4 는 SEA 상용해석 프로그램인 VA one 에서 모델링 한 고속철도 차량을 보여주고 있다. 열차 내부의 공간은 I-1 부터 I-5 까지 다섯 개의 cavity 로 나눠서 해석하였다.

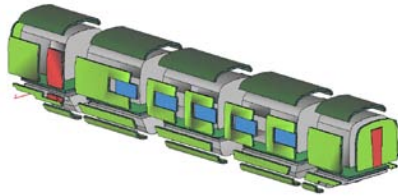


Fig 4. SEA analysis model of high speed train

RAYNOISE 를 이용하여 개활지 구간과 터널 구간의 고속철도 차량의 주위에 존재하는 외부 소음을 구한 후 VA one 에서 열차 둘레에 cavity 를 만들어 열차 외부 소음을 입력하였다. 그림 5 는 열차 둘레의 cavity 에 입력하는 외부 소음을 나타낸다.

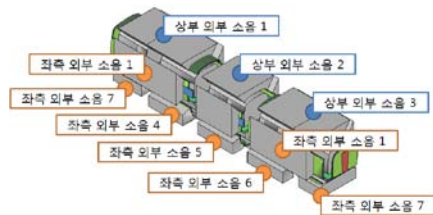


Fig 5. Exterior noise modeling of high speed train

3.2 개활지 및 터널 구간의 실내 소음

개활지 구간의 고속철도 차량의 실내 소음은 표 1 과 같다.

Table 1. Overall sound pressure level for open terrain

Unit	I-1	I-2	I-3	I-4	I-5
dB	84.13	81.57	79.58	79.71	81.36
dB(A)	74.04	71.03	68.76	69.05	71.10

통로 및 화장실이 위치하는 I-1 과 I-5 의 cavity 에서 최대 74.04 dB(A)로 해석되었고, 탑승자가 위치하게 되는 공간에서 최대 71.03 dB(A) 소음도를 나타내는 것으로 해석되었다. 터널 구간의 고속철도 차량의 실내 소음은 표 2 와 같다.

Table 2. Overall sound pressure level in tunnel

Unit	I-1	I-2	I-3	I-4	I-5
dB	86.62	85.28	84.48	84.67	85.10
dB(A)	75.87	74.03	73.06	73.47	73.96

개활지와 마찬가지로 통로 및 화장실이 위치하는 I-1 과 I-5 의 cavity 에서 높은 소음이 해석되고 최대 75.87 dB(A)로 해석되었고, 탑승자가 위치하게 되는 공간에서 최대 74.03 dB(A) 소음도 나타내는 것으로 해석되었다.

4. 결 론

본 연구는 주행 시 고속철도차량 주위의 외부 소음을 구하기 위하여 광 음향기법을 이용하여 열차 주위의 외부 소음을 구한 후 그 결과를 통계적 에너지 해석법을 통한 고속철도차량의 실내소음 예측에 소음원으로 사용하였다. 본 연구의 결론을 정리하면 다음과 같다.

1. 고속철도차량의 최대 내부 소음도는 개활지 구간 최대 71 dB(A), 터널 구간 최대 74 dB(A)로 해석되었다.
2. 터널구간 주행 시 개활지 구간보다 철도차량의 실내 소음도가 cavity 위치 최대 4.3 dB 높게 예측되었다.
3. 개활지 구간과 터널 구간에서 125 Hz 와 250 Hz 영역의 소음레벨이 다른 성분들보다 최소 15dB 높게 해석되었다. 이 성분들을 줄일 수 있는 구조 변경 및 재질 변경이 필요하다.
4. 고속철도 차량의 실내소음도 기여도는 창문이 가장 크다. 따라서 내부소음도 저감을 위해서는 우선적으로 창문의 투과손실을 증가시켜야 한다.

후 기

본 연구는 국토해양부 미래철도기술개발사업의 연구비 지원(차세대고속철도기술개발, 실내외 소음저감 기술 과제)에 의해 수행되었습니다.