

고속열차의 운행에 따른 차간공간의 공력소음 발생 특성 변화에 관한 연구

A Study on the Change of the Aero-acoustic Noise Generated from the Inter-coach Spacing a High-speed Train

양원석* · 김준종* · 고효인** · 박준홍*†

Wonseok Yang, Junejong Kim, Hyoin Koh and Junhong Park

1. 서 론

열차가 고속주행 시 발생하는 환경 소음에서 공력소음의 영향이 크다. 환경 소음 저감을 위해서는 발생 메커니즘의 분석 및 측정이 필요하나, 실제 운영환경에서는 여러 소음원이 공존하는 등의 문제점이 있다. 본 연구에서는 주요 공력소음원인 차간공간을 이용하여 시뮬레이션 해석을 진행하였다. 이를 통해 차간공간 공력소음의 특성 변화를 관찰하고, 고속열차 운행시 발생하는 소음의 특성 분석을 수행하였다. 또한, 실제 측정 데이터를 이용하여 고속운행으로 달라지는 차간공간 공력소음이 환경소음에 미치는 영향에 대해 알아본다.

2. 본 론

2.1 시뮬레이션을 통한 소음 분석

(1) 단순 모델 구성

시뮬레이션을 통해 차간공간 공력소음을 해석하기 위해서 Lattice Boltzmann Method(이하 LBM)를 기반으로 한 상용코드 Powerflow를 이용하였다. 차간공간의 크기는 현재 운행되고 있는 KTX를 기준으로 단순 모델을 구성하였다. Figure 1처럼 열차의 길이방향에 따라 차간공간의 공력소음 변화를 관찰하기 위해 객차의 두배 크기(40[m])마다 차간공간 단순 모델을 가정하였다. 차간공간마다 달라지는 공

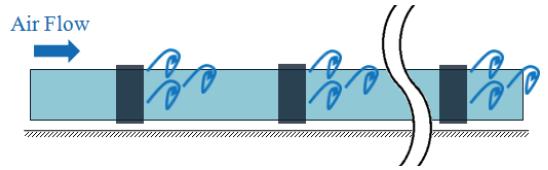


Figure 1 Modeling for the inter-coach spacing of a high-speed train

력소음을 측정하기 위해서는 각각 차간공간 안쪽에서 음압을 계산하였다. 또한, 운행 중인 고속열차를 모사하기 위해서 자유유동 속도를 400[km/h]로 주었고, 각각의 차간공간 소음을 단극원으로 가정하여 소음해석을 진행하였다. 운행으로 인한 차간공간의 주파수 특성 변화를 보기 위해서 단순모델로부터 25[m] 떨어진 지점에서 far-field 소음해석을 진행하였다.

(2) 해석 결과 및 분석

Figure 2처럼 열차 길이에 따라 속도분포를 확인한 결과, 첫 번째 차간공간에서는 자유유동 속도의 90%, 두 번째는 82.5%로 뒤쪽으로 갈수록 공기의 유입속도가 감소하는 것을 확인하였다. 또한, 소음해석을 진행한 결과, 차간공간의 소음레벨 순음성분 주파수가 열차의 후방으로 갈수록 저주파수로 이동하는 것을 Figure 3을 통해 알 수 있다. 이는 운행으로 인해 열차의 주변에서 발생하는 후류역이 차간공간으로 유입되는 공기의 속도를 감소시켜 소음의 순음성분 주파수에 영향을 주었음을 말한다. 마지막으로 열차의 운행과 측정지점의 상대속도에 따라 발생하는 도플러 효과가 차간공간 순음성분 주파수를 변화시켰음을 Figure 4를 통해 알 수 있었다.

† 교신저자; 정회원, 한양대학교 기계공학과
E-mail : parkj@hanyang.ac.kr
Tel : (02)2220-0424 , Fax : (02)2298-4634
* 한양대학교 기계공학과
** 한국철도기술연구원

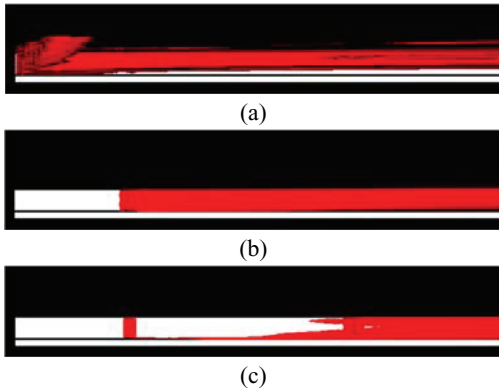


Figure 2 Velocity distribution near a high-speed train : (a) Free-stream speed same as train speed (b) Free-stream speed 90% (c) Free-stream speed 82.5%

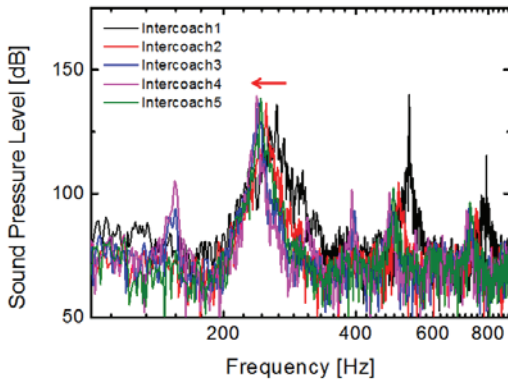


Figure 3 Shifting resonance frequency of the inter-coach spacing by wake region

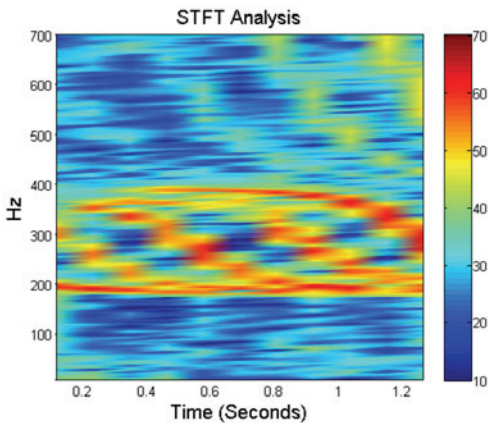


Figure 4 Doppler shifting by a motion of a high-speed train

2.2 실제 고속열차 측정을 통한 소음 분석

실제 고속열차 측정을 통해 차간공간의 공력소음 특성을 분석하였다. 실제 측정 데이터는 공력소음과 더불어 열차 바퀴의 진동소음까지 함께 측정된다. 따라서, 열차가 고속으로 주행했을 경우, 공력소음이 진동소음에 비해 지배적으로 크다는 점을 이용하여 시속 300[km/h]에서 소음을 측정하였다. 마이크로폰 위치는 시뮬레이션 해석과 거의 동일한 지점에서 측정하였다.

측정한 음압 데이터를 주파수 분석을 통해 나타낸 결과, 열차의 길이방향에 따라 차간공간 주파수가 이동하는 것을 볼 수 있었고, 도플러 효과 역시 관찰할 수 있었다. 이는 시뮬레이션 해석결과처럼 주파수의 변화 특성이 거의 유사함을 확인하였다.

3. 결론

본 연구에서는 고속열차 운행으로 인한 차간공간의 공력소음 발생 특성 변화를 관찰하기 위해 LBM을 이용하여 해석을 수행하였다. 속도분포를 통해 열차의 길이에 따라 차간공간으로 유입되는 공기의 속도변화를 관찰하였고, 이러한 속도변화로 인해 소음레벨 순음성분의 주파수가 변하는 것을 확인하였다. 또한, 열차의 고속주행으로 인해 공력소음 측정시 발생하는 도플러 효과로 인해 차간공간의 순음성분 주파수가 변하는 것을 확인하였다. 따라서, 고속열차의 차간공간 공력소음을 보다 정확하게 측정하기 위해서는 운행 조건을 면밀히 따질 필요가 있다.

후 기

이 논문은 국토해양부에서 지원한 “400[km/h]급 고속철도 인프라 시범적용 기술개발” 사업의 일환으로 수행되었습니다.