

고속열차의 주요 공력소음 메커니즘과 소음 방사 예측

A Prediction of Mechanism of Important Source of Aerodynamic Noise and Sound Radiation from High-speed Train

양원석* · 김준종* · 고효인** · 박준홍*†

Wonseok Yang, Junejong Kim, Hyoin Koh and Junhong Park

1. 서 론

고속열차의 발전에 따라 환경소음에 대한 관심이 늘어나고 있다. 환경소음 중, 고속 주행시 지배적으로 발생하는 공력소음을 저감하기 위해서는 소음 발생 메커니즘과 소음 방사에 대한 이해가 필요하다. 고속열차의 주요 공력소음원으로는 전두부, 차간공간, 판토틀라프 등이 있다. 따라서, 본 연구에서는 시뮬레이션을 이용하여 이들에 대한 공력소음 메커니즘을 분석하였다. 또한, 차간공간 및 판토틀라프의 단순모델 해석을 통하여 환경소음으로의 방사를 지향성 인자로 표현하였다.

2. 본 론

2.1 시뮬레이션을 통한 소음 분석

유동해석을 수행하기 위해서 Lattice Boltzmann method (이하 LBM)를 기반으로 하는 상용코드 PowerFlow를 사용하였다. 열차 모델은 실제 고속철도의 제원을 참조하여 단순화된 모형으로 제작하였다. 실제 열차의 운행을 표현하기 위해서 열차 주변의 경계조건은 자유유동으로 주었고, input과 바닥의 조건은 열차의 속도와 같게 주었다. 해석은 열차의 속도(170, 240, 300, 350, 410[km/h])를 달리하면서 유동장의 변화를 관찰하였다.

유동해석 결과, 주요 공력소음원에서 박리역이 발생하는 것을 확인하였고, 속도가 증가할수록 박리역

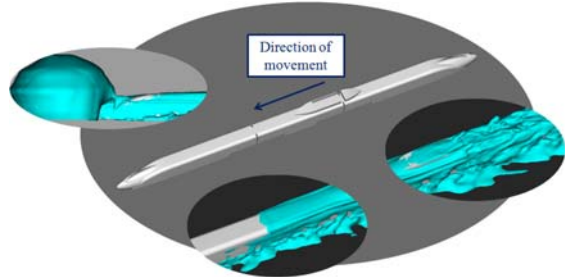


Figure 1 Separation about the important aerodynamic sound source of a simplified train at speed 410[km/h]

의 크기가 증가하는 것을 확인하였다.

Near-field의 소음 분석 결과, 열차의 전두부에서는 100[Hz] 미만에서 광역성분의 소음레벨이 관찰되었고, 차간공간과 판토틀라프에서는 각각의 순음 성분 주파수 소음레벨이 발견되었다. 이 주파수는 차간공간의 유동피드백 현상과 판토틀라프의 와류동 현상에서 발생하는 주파수와 일치했다.

Far-field의 공력소음은 열차로부터 25[m] 떨어진 지점에서 계산하였다. 측정된 결과, 차간공간과 판토틀라프에서 각각의 고유주파수에서 소음레벨 순음성분이 발견되었으며, 이는 near-field에서 발견된 주파수와 일치했다.

2.2 공력소음 지향성 인자 도출

차간공간과 판토틀라프의 단순모델을 이용하여 공력소음 지향성 인자를 측정하였다. 차간공간의 틈은 0.3[m]인 공동부의 형상으로 단순화하였으며, 판토틀라프는 지름이 0.01[m]인 실린더로 가정하였다. 이러한 단순화된 모델의 중심으로부터 25, 100[m] 정도 떨어진 거리에서 반원의 형태로 11.25[deg] 간격으로 음압을 측정하였다. 풍속은 410[km/h]로 설

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

* 한양대학교 기계공학과
** 한국철도기술연구원

후 기

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

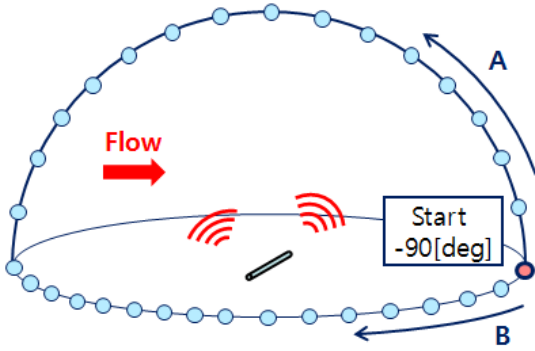


Figure 2 Measurement on directivity index of the simplified pantograph of a high-speed train

정하였다. 판토품의 경우, Figure 2와 같이 실린더의 형상에 따라 A와 B의 모든 경로에 대해 지향성 인자를 측정하였다.

소음 측정결과, 차간공간과 판토품에서는 측정 위치에 따라 각각의 지향성 인자들이 특징을 보였다. 차간공간의 경우는 형상과 다르게 지향성 인자의 크기가 비대칭적으로 나타났다. 특히, 기준 수음점으로부터 30[deg] 부근에서 가장 높은 지향성 인자가 계산되었다.

판토품의 경우는 모든 경로에서 지향성 인자가 쌍극원의 특징을 보였다. 또한, A 경로와 B 경로에서는 지향성 인자가 90도의 차이를 보이는 것을 확인할 수 있었다. 이론값에 의하면 쌍극원의 음압 스펙트럼은 삼각함수의 제곱형태로 나타나므로 이를 로그함수로 표현하면, 판토품의 지향성 인자를 식으로 도출할 수 있다.

3. 결 론

본 연구에서는 시뮬레이션을 이용하여 고속열차의 운행으로 인해 주요 공력소음원의 메커니즘을 파악하고, 단순형상의 차간공간과 판토품의 해석결과를 통해 지향성 인자를 확인하였다. 속도 변화를 통해 공력소음이 가장 큰 주파수 대역을 알 수 있었고, 지향성 인자를 통해 소음 방사를 예측할 수 있었다. 따라서, 이러한 결과를 통해 우리가 원하는 목표 주파수와 위치를 예측하여 소음저감의 해결책을 마련하여 소음을 차단하는 데에 도움이 될 수 있다.