

# 단순모델을 이용한 열차 판토틀라프의 공력특성 및 소음발생 연구

## Study on Aerodynamic Characteristics of and Noise Generation from a Pantograph for Train Using Simple Model

박준홍† · 이석근\*  
Sukkeun Yi, Junhong Park

### 1. 서 론

열차의 기술이 발전함에 따라 열차의 소음에 관한 관심이 높아지고 있으며, 이를 줄이기 위한 많은 연구가 행해지고 있다. 열차의 소음에는 구름 소음, 스킨 소음, 공력 소음 등 많은 소음 발생 경로가 있으나 공력소음은 고속 운행 시 다른 소음에 비해 지배적으로 나타나기 때문에 열차가 고속화 됨에 따라 이 중 공력소음의 문제가 대두되고 있다. 공력소음의 문제는 중요도가 높지만, 복잡한 난류 거동을 수반하고 소음원도 다양하기 때문에 해결해야 할 과제가 많다. 본 연구에서는 이 공력소음원 중 주요한 소음원인 판토틀라프에서 발생하는 공력소음의 발생 특성을 분석하기 위한 해석기법을 수립하여 그 특성을 분석한다. 이를 위해 판토틀라프의 구조물 관련 단순 모델을 선정하여 전산 유동 해석 기법과 풍동 실험을 통해 공력소음 발생 메커니즘을 해석한다.

### 2. 단순 모델 해석

#### 2.1 CFD 해석

##### (1) 단순 모델 선정

판토틀라프 구조물에는 일련의 막대로 이루어진 형상들이 주를 이룬다. 이 중 팬헤드는 굴곡을 가진 막대 모양으로 판토틀라프 소음의 주요한 소음원이 되며, 또한 판토틀라프에 압상력을 가하며 판토틀라프를 지지하는 장치들도 모두 사각 단면 혹은 원형

단면의 기둥(cylinder)로 이루어진다. 이에 공력소음 발생 특성을 규명하기 위해 단순모델은 원형·정사각 단면의 실린더로 선정하였다.

##### (2) CFD 해석

해석용 단순 모델에 따라 CFD 해석을 수행하였으며, 정사각형 단면은 한 변의 길이 8 mm, 원형 단면은 직경 8 mm로 하였다. 길이에 관계 없이 2차원 해석을 수행하였으며, 이 때 물체 위쪽으로 센서를 설치하여 음압에 관한 주파수 분석을 하였다. 이때의 결과는 아래 그래프와 같다. 단일 주파수 성분의 피크(peak)가 전체적인 소음을 지배하고 있으며, 이는 물체 후류에서 발생하는 와(vortex)가 벽면 주위에서 분리되면서 나타나면서 vortex shedding에 의한 주파수 성분이다.

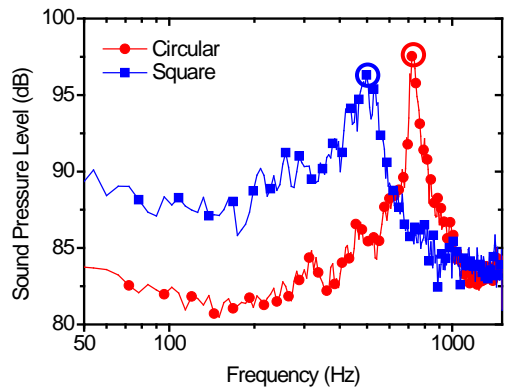


Fig. 1 Comparison of evaluated sound pressure level of 2 type cross-section for sensors 0.1 m above

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

## 2.2 풍동 실험

2.1에서 행한 전산 해석의 결과를 검증하기 위해 풍동실험을 진행하였으며 예상한 vortex shedding frequency에서 peak가 나타남으로써 전산해석의 결과를 검증하였으며, 속도에 따른 변화추이와 배경 소음간의 관계 또한 검증하였다. Fig. 2은 속도에 따른 vortex shedding frequency의 변화 추이이며, Fig. 3은 사각 단면의 회전각에 따른 변화 추이이다. Fig. 4는 풍동 실험 환경의 배경 소음과 물체가 야기하는 공력소음을 나타내는 비교 그래프이다.

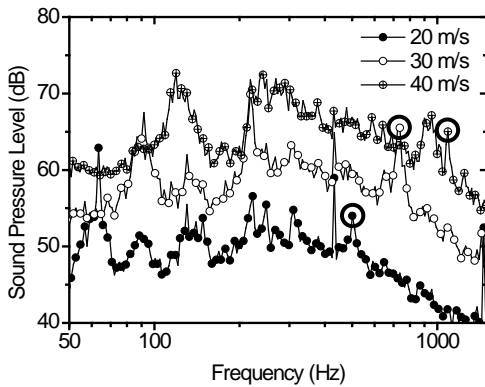


Fig. 2 Comparison of evaluated sound pressure level with respect to different velocities of circular cross-section

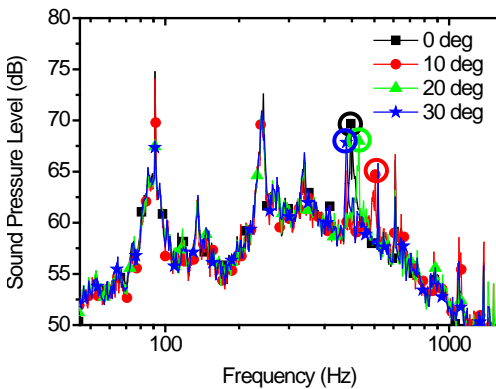


Fig. 3 Comparison of experimental data for different attack angles of square cylinder

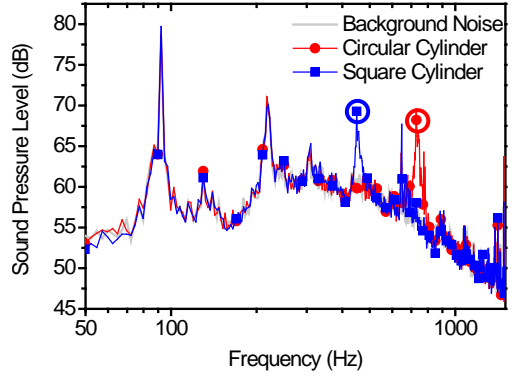


Fig. 4 Comparison of experimental data for 2 type cross-section and background noise

## 3. 결 론

본 연구에서는 판토티그래프에서 발생하는 공력소음의 특성의 분석을 위해 단순모델을 대상으로 Lattice Boltzmann Method를 기반으로 하는 CFD 해석을 수행하고, 풍동실험을 통한 검증을 하였다. 판토티그래프 구조물에 관한 단순모델을 선정하여 음압 방식의 형태와 vortex shedding frequency의 변화 추이를 살폈으며, 양력계수와와의 관계를 비교한다. 이 결과는 모두 풍동 실험을 통하여 실제 현상과 일치하는 것을 검증하였고, 해석 기법의 실효성을 나타냈다. 판토티그래프의 단순모델을 통해 공력소음에 지배적인 영향을 주는 것은 후류에서 발생하는 vortex에 의한 유체의 진동이 vortex shedding frequency에 해당하는 지배적인 소음 성분을 나타내는 것을 확인할 수 있었고, 이는 단면의 형상에 따라 다른 주파수 특성을 나타냄을 확인하였다. 최종적으로 정립한 알고리즘을 바탕으로 기존에 연구가 이루어진 판토티그래프 팬헤드 소음 저감 형상에 관해 해석해 봄으로써 토널 성분의 저감과 전체적인 음압레벨 감소를 확인하여 해석기법의 적용 가능성을 확인한다.

## 후 기

본 연구는 지식경제부와 한국철도기술연구원의 지원으로 수행되었습니다.