

# 음향카메라를 이용한 자기부상열차 모형의 공력소음 측정

## Measurement of aerodynamic noise of maglev vehicle models using sound camera

김상렬†·김현실\*·김재승\*·강현주\*·김봉기\*

SangRyul Kim, Hyun-Sil Kim, Jae-Seung Kim, Hyun-Ju Kang, and Bong-Ki Kim

**Key Words** : Maglev Car(자기부상열차), aerodynamic noise(공력소음), sound camera(음향카메라)

### ABSTRACT

Noise generated from maglev vehicles mainly consists of two components, one is due to mechanical noise and the other due to aerodynamic noise. The former is due to the vehicle-guideway interactions and the latter results from the unsteady air flow around the vehicle. Aerodynamic noise could become more predominant around 225 km/h for maglev vehicles. In this paper, the aerodynamic noise of maglev vehicles is investigated experimentally. The results of the wind tunnel experiments of maglev vehicle models are introduced and compared. The comparison shows that the position of the main noise is between the bottom of the vehicle model and the rail. It is also found that the emitted sound pressure level is related to the gap size between the vehicle bottom and the rail.

### 1. 서론

레일 위를 달리는 열차의 경우 열차소음은 크게 바퀴와 레일간의 상호작용에 의해 발생하는 기계소음과 차량주위의 비정상 유체유동에 의한 공력소음으로 구분될 수 있다. 일반적으로 300 km/h 이하의 일반/고속열차의 경우 열차소음은 바퀴와 레일간의 상호작용에 의해 발생하는 기계소음이 지배적이기 때문에[1] 공력소음의 영향은 크게 고려되지 않는다. 그러나 열차가 점차 고속으로 운행하게 됨에 따라 특히 기계소음이 낮은 자기부상열차의 경우 공력소음은 매우 민감한 문제로 대두되고 있다. 레일위를 바퀴로 달리는 열차의 경우 열차속도가 300 km/h 이상이 될 경우 공력소음이 주된 소음원이 되며, 자기부상열차의 경우는 225 km/h 이상에서 공력소음이 기계소음보다 커지게 된다.

본 논문에서는 자기부상열차의 공력소음에 대한 연구의 일환으로 진행된 자기부상열차 모형에 대한 저소음 풍동시험을 다룬다. 모형의 전두부 형상변화에 따라 방사되는 공력소음레벨을 비교하고, 음향카메라[2]를 이용하여 측정된 주된 공력소음원의 발생위치를 살펴보고 그 발생 원인에 대하여 고찰하고자 한다.

### 2. 측정시스템 및 자기부상열차 모형

#### 2.1 측정시스템

시험에 사용된 저소음 풍동은 400 mm \* 400 mm의 시험단면(Test section)을 가지고 있으며 최고 풍속 50 m/s (180 km/h)의 open type 풍동이다. 그림 1은 풍동시험에 사용된 측정시스템의 개략도를, 그림 2는 측정사진을 보여주고 있다.

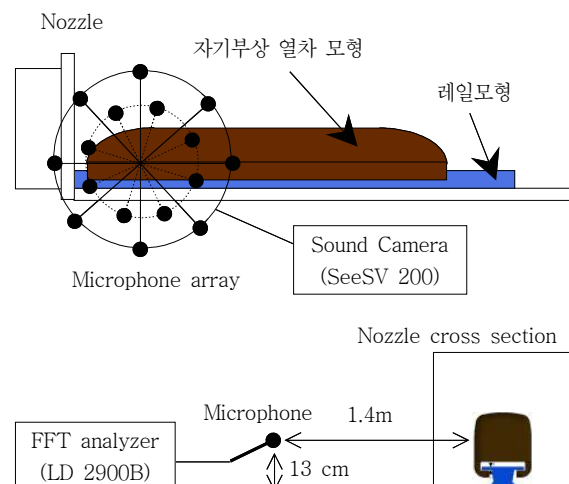


그림 1 자기부상열차 풍동시험 측정시스템 개략도

† 교신저자; 한국기계연구원 음향소음팀  
E-mail : srkim@kimm.re.kr  
Tel : (042) 868-7466, Fax : (042) 868-7440

\* 한국기계연구원 음향소음팀



그림 2 자기부상열차 모형 측정광경 사진



그림 5 30도 모형(전두부 nose 각도 30°)

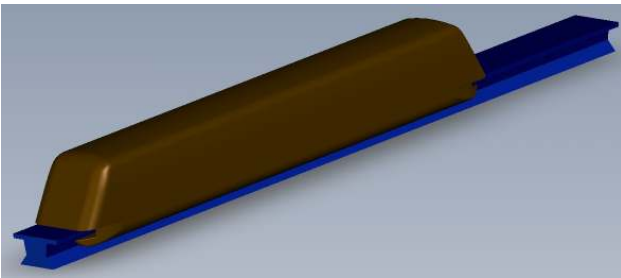


그림 3 자기부상열차 모형 외형 형상



그림 6 60도 모형(전두부 nose 각도 60°)

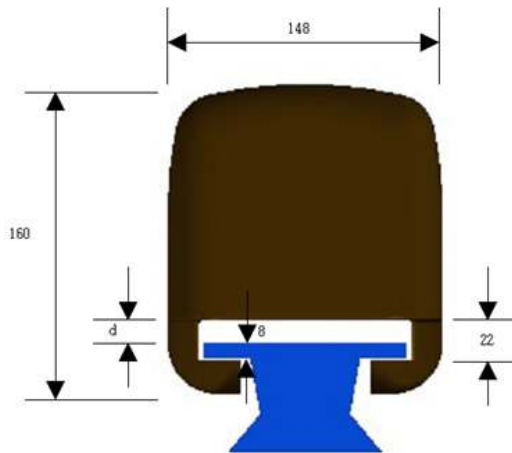


그림 4 자기부상열차 모형의 단면치수



그림 7 round 모형(실제 자기부상 전두부 축소모형)

## 2.2 자기부상열차 모형

자기부상열차 모형은 그림 3~4에서 보는 바와 같이 전후가 서로 대칭인 형태로, 실제 크기의 1/25 비율로 제작되었다. 모형은 전두부 nose 각도가 각각 30도, 45도, 60도인 단순 모형과 실제 자기부상열차의 nose 단면 형태인 모형 등 총 4가지 종류로 제작되었는데, 그림 5~7에 실제 제작된 모형의 nose 형상을 보여주고 있다.

## 3. 공력소음 측정결과

시험은 풍속 30, 40, 50 m/s에서 모형의 종류 및 레일과 모형바닥간의 간격(그림 4에서 d)을 변화시켜가며 공력소음원의 위치 및 방사소음레벨의 변화를 측정하였다. 다음은 측정된 결과를 정리한 것이다.

### 3.1 공력소음원 위치 측정

그림 8~9는 60도 모델과 30도 모델에 대하여 공력소음원 위치를 측정하는 결과를 보여주고 있다. 그림에서 알 수 있듯이 주된 공력소음원은 전두부 끝단면으로 자기부상열차의 바닥면과 레일 상부면 사이에서 발생함을 볼 수 있으며 이 발생위치는 모델의 형상이 변경되거나 레일과 모델바닥면사이의 간격이 존재하는 한 바뀌지 않음을 다른 동일한 시험을 통하여 확인하였다.

### 3.2 방사소음 측정결과

모형 측면으로 일정거리만큼 떨어진 마이크로폰을 이용하여 공력소음레벨을 측정하였다.(그림 1 참조) 측정 결과 중 일부를 그림 10~13에 나타내었다. 그림 10~11은 레일과 열차 바닥간의 간격  $d$ (그림 4참조)를 일정하게 하고 속도를 변화시켜 측정한 결과를 보여주고 있다. 그림에서 음압레벨이 전형적인 공력소음 특성을 보이고 있는데, 속도 증가에 따라 전체 주파수에서 고른 레벨 증가를 보이고 있다. 그림 12~13은 동일 유속에서 간극  $d$ 의 변화에 따른 공력소음변화를 보여주고 있다. 그림에서 간격  $d$ 가 작을수록 공력소음이 감소함을 볼 수 있다. 실제 overall level로 보

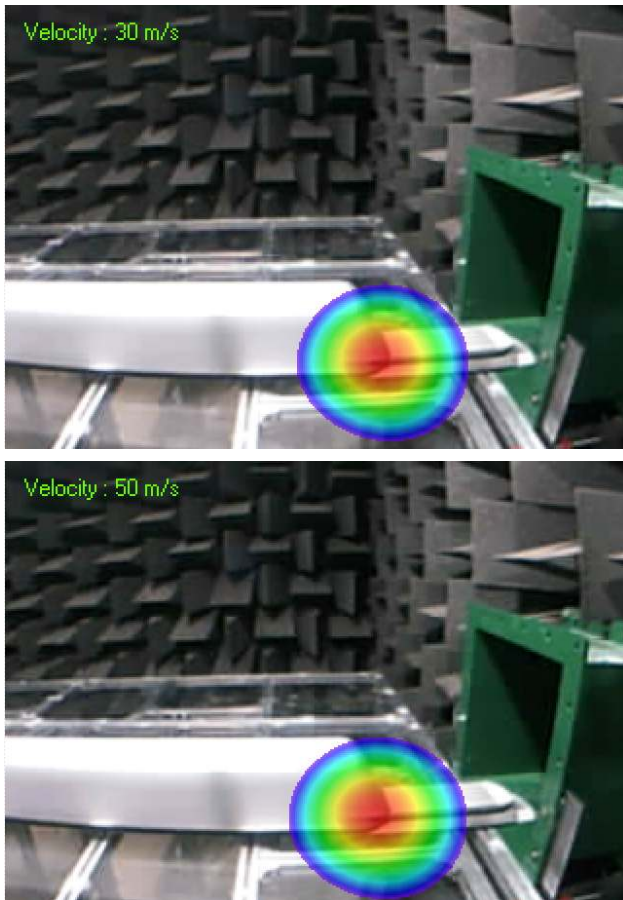


그림 8 공력소음원 위치 측정 결과(60도 모형)

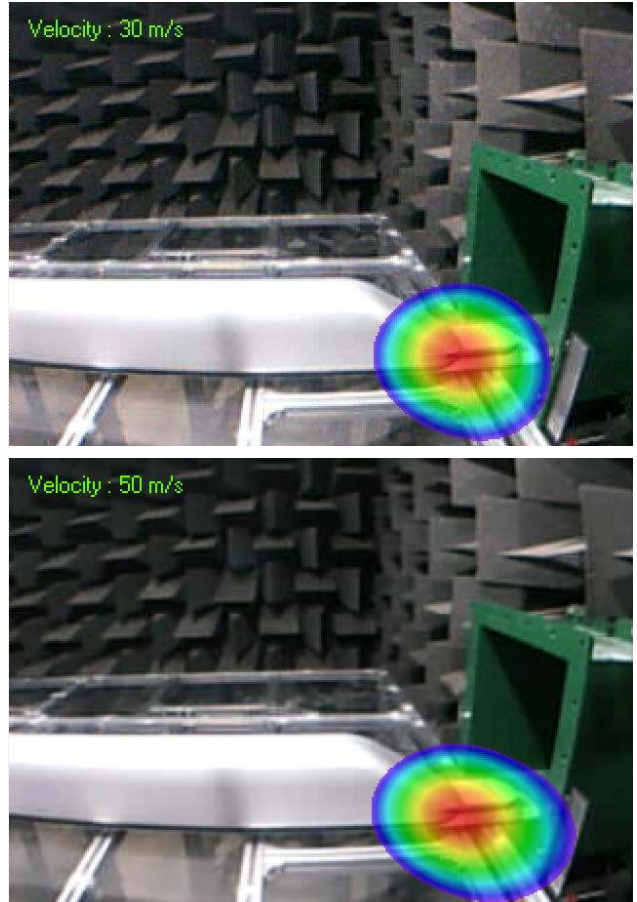


그림 9 공력소음원 위치 측정 결과(30도 모형)

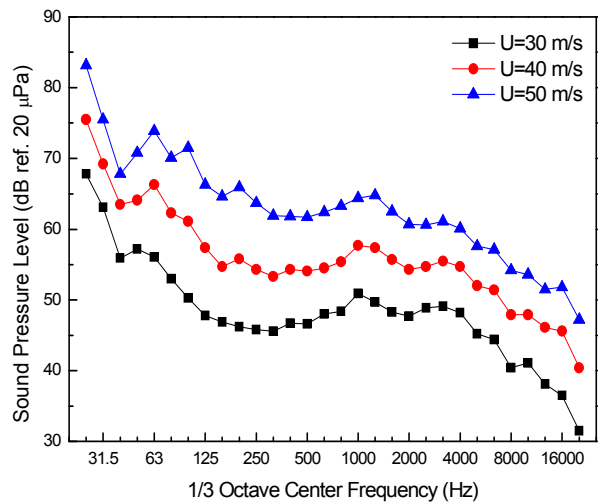


그림 10 방사소음 측정결과(30도 모델, 간격  $d=12\text{mm}$ )

면 그림 12의 30도 모델의 경우  $d=2\text{mm}$ 인 경우에 비하여  $d=12\text{mm}$ 인 경우 3 dB(A)가 낮으며 그림 13의 60도 모델의 경우는 그 차이가 5 dB(A)로 증가한다. 간격  $d$ 가 클수록 전체 소음레벨이 감소하는 경향은 전두부 형상의 변경되

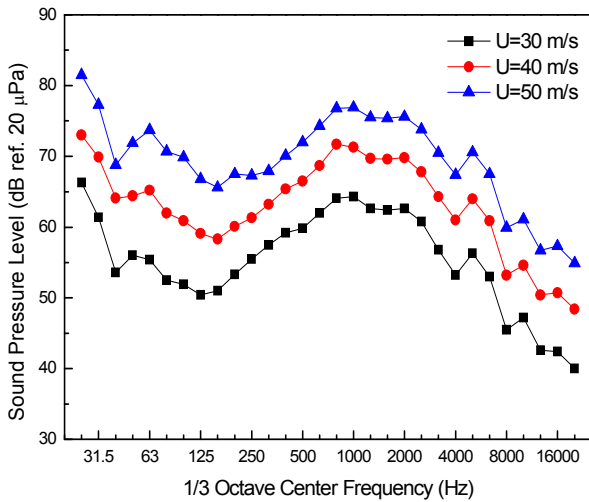


그림 11 방사소음 측정결과(60도 모델, 간격 d=2mm)

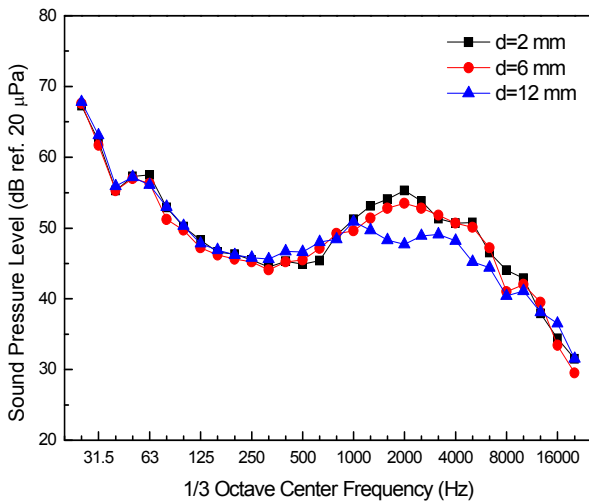


그림 13 방사소음 측정결과(30도 모델, 유속 30 m/s)

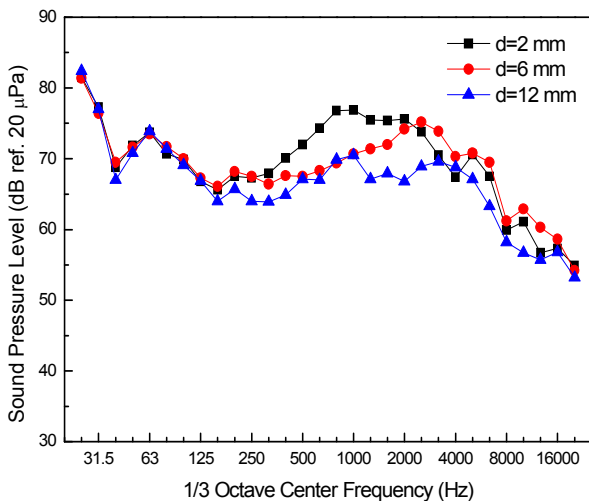


그림 12 방사소음 측정결과(60도 모델, 유속 50 m/s)

거나 속도가 변경되어도 대체적으로 동일하게 나타남을 다른 실험결과에서도 확인할 수 있다.

#### 4. 결 론

본 논문에서는 자기부상열차의 공력소음측정을 위하여 축소모형에 대하여 수행된 저소음풍동시험에 대하여 살펴보았다. 시험은 4개의 모형에 대하여 열차 바닥과 레일간의 간격 및 유속을 변화시켜가며 수행되었으며 각각의 경우에서의 공력소음원의 위치와 방사소음레벨을 측정하였다. 측정 결과 주된 공력소음원은 전두부 끝단에 열차바닥과 레일 사이에서 발생함을 관찰할 수 있었으며, 방사소음의 경우 속도가 증가에 따라 전 주파수 영역에서 소음레벨이 증가하였을 뿐만 아니라 열차 바닥과 레일간의 간격이 커짐에 따라 방사소음 레벨이 감소함을 확인할 수 있었다. 이 간격은 자기부상열차의 부상높이와 관계하는 것이므로 향후 부상높이를 결정시 본 측정자료가 유용하게 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

#### 후 기

본 연구는 한국기계연구원 기본사업인 “초고속 자기부상열차의 주행/소음성능 핵심요소기술 개발”과제 연구결과 의 일부임을 밝힙니다.

#### 참 고 문 헌

- (1) C. Talotte, " Aerodynamic noise: A critical survey," J. Sound and Vib., 231(3), pp.549-pp.562, 2000
- (2) Kiyoshi Nagakura, Yosio Moritoh, Yasuo Zenda, and Yahuhiro Shimizu, " Aerodynamic noise of maglev cars," Internoise94, pp.157-pp.162, 1994
- (3) [http://www.smims.co.kr/pro\\_01.html](http://www.smims.co.kr/pro_01.html), SeeSV 200