

고속차량 소음 방사에 관한 연구

A Study on the pass-by noise emission of the high speed train

*#고효인, 유원희¹, 최성훈²
 *#H. I. koh(hikoh@krii.re.kr), W. H. You¹, S. H. Choi²,
¹ 한국철도기술연구원 철도시스템안전연구본부
² 한국철도기술연구원 고속철도사업단

Key words : High speed train, Noise, Microphone array

1. 서론

최고속도 300 km/h 로 운행중인 국내 고속철도의 운행으로 속도증가에 따른 추가적 현안들에 직면하였으며 그 중 승객에게 가장 밀접하게 관련되어 있는 문제 중 하나가 승차감 향상과 철도환경 과제이다. 국내외로 400km/h 이상의 운행을 이미 눈앞에 둔 현시점에서는 속도 증감과 시험, 분석, 예측 기술적 향상이 반드시 병행되어야 한다.

고속철도의 고속 운행 시 방사 소음원은 그 위치가 종류별로 다양하게 산재해 있을 뿐 아니라 복잡하게 중첩되어 나타나 측정과 분석, 예측을 위한 현상학적 원리와 기술적 향상 연구가 시급하다고 본다. 이미 선행적으로 고속철도를 운행하고 있는 국가들로부터 고속철도 운행에 관한 소음 예측식과 측정 기준, 속도에 따른 소음원의 기여도에 대한 일반적인 원리들이 보고된 상황이지만 최근 300 km/h 이상의 기술을 보유한 국가들로부터는 다양하고 향상된 차체 디자인과 차체 구조, 차륜 및 제동기술 특성에 따라서 기존의 예측 및 시험 원리들의 보완이 요구되고 있다 [1][2]. 철도차량 유형의 다양화와 속도증감 정책에 따라서 소음 저감 기술이 효율적으로 병행되려면 속도 증감에 의해서 가장 주도적으로 작용하는 소음원의 대상과 역학, 타 소음원에의 영향 등을 운행 조건에 상응하여 예측, 규명할 수 있어야 하며 저감 대상과 차량 전체가 운행할 경우에 나타나는 저감 예측치를 도출할 수 있어야 한다. 앞에서 언급한 다양한 소음원으로 인해 하나의 방안으로 고속철도 운행 소음은 단일 센서가 아닌 마이크로폰 어레이로 측정하여 분석되고 있다.

본 논문에서는 고속 운행시 가장 두드러지게 방사되는 소음원의 위치와 특성을 규명하고자 하며, 이를 위해 한 방안으로 마이크로폰 어레이를 사용하였다. 마이크로폰 어레이 및 빔형성 방법으로 소음원의 위치와 특성을 알고자 하는 것이 주요 목표이나 속도와 어레이 규모 등 몇몇 요소들에 의한 기술적 제한으로 인해 300 Hz 이하에서는 흔히 분석되지 않은 비교적 저주파수 영역까지의 소음원을 측정하고자 하였다.

2. 시험 개요



Fig. 1 Microphone array system with 48 sensors

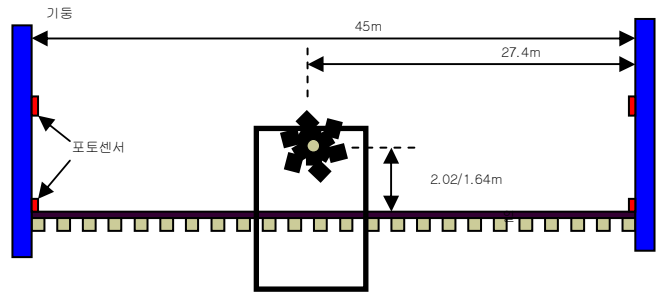


Fig. 2 Microphone array system setup at the high speed line

Figure 1 은 48 개의 마이크로폰이 장착된 방사형 마이크로폰 어레이(Microphone Array)를 나타내며, Figure 2 는 300km/h 운행구간에 설치한 위치에 관한 정보이다. 마이크로폰은 일정한 간격(10cm~20cm)으로 배치되었고 어레이는 선로로부터 5m 떨어진 곳에 설치되었다. 높이는 객차의 높이 약 2.8m 와 전동차의 높이 약 3.5m 를 고려하여 선로로부터 약 2m 와 1.6m 높이 두 종류에 비계를 이용하여 설치되었다.

측정용 프로그램은 실시간으로 48 개의 마이크로폰의 신호와 2 개의 포토 센서의 신호를 저장하게 된다. 후처리용 프로그램은 저장한 신호를 파일로부터 읽어서 선택한 평면(Mesh-grid)의 음원을 계산하게 된다.

3. 고속운행 방사 소음원 위치 규명

계산된 음원의 위치는 Figure 3 과 같이 나타낼 수 있으며 70Hz~90Hz (a) 소음원은 동력차 전두부와 객차간 연결부의 대차 영역을 중심으로 방사하는 것을 볼 수 있다. 어레이 시스템 특성상의 제약으로 인해 공간상의 소음원 분해능이 대략 4m~5m 이므로 더욱 정확한 위치상 위치 해석은 본 시험으로는 어렵다. 또한 그림에 나타나는 최고 레벨과 최소 레벨의 차이는 10 dB 로서 그 이상 차이가 나는 소음 위치는 표시가 되지 않았다. 2.5 kHz~ 4.5kHz 대역의 소음원은 이에 반해 상대적으로 구체적으로 나타나며 집전계와 차체 불연속 부분(하부 및 객차간 연결부 상부)을 중심으로 아래 위로 넓게 퍼져서 방사하는 것을 볼 수 있다.

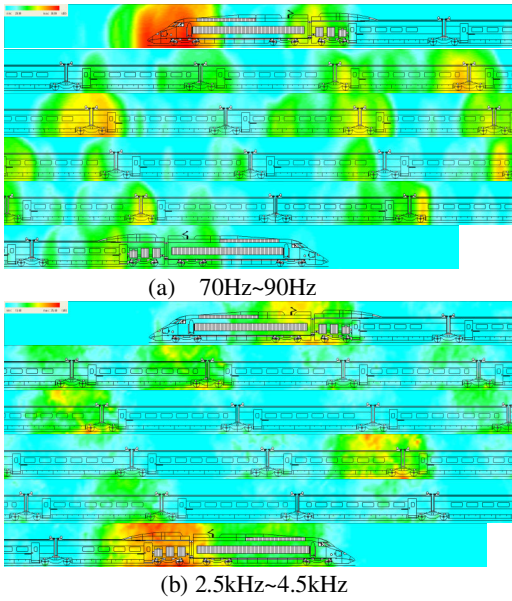


Fig. 3 Pass-by noise sources at speed of 290 km/h

4. 최고 소음원의 위치와 특성 규명

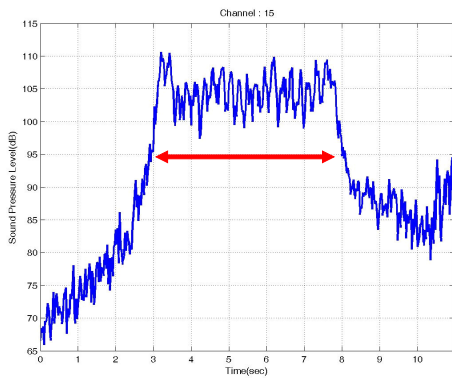


Fig. 4 Pass-by noise level at speed of 290km/h

Figure 4 에서 볼 수 있듯이 차량 통과 시 전두부 차량의 소음레벨이 가장 높으며 그 이후로는 객차의 개수와 동일한 피크가 나타나는 것을 볼 수 있다. 운행상의 최고 소음원 주파수 대역을 규명하기 위해 Figure 5 에서 이를 분석하였다.

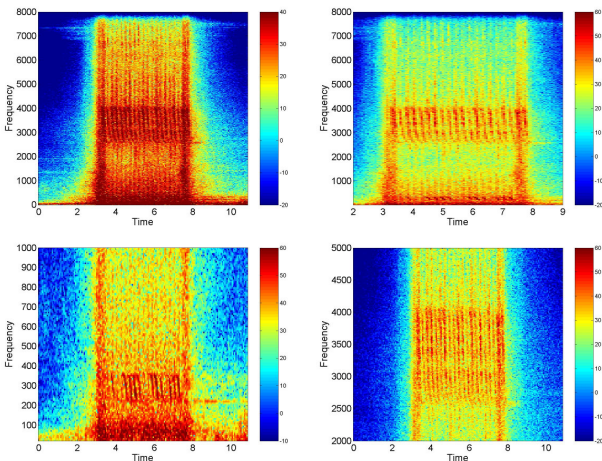


Fig. 5 Frequency characteristics of the pass-by noise at speed of 290km/h

전반적으로 최고 소음 대역은 100 Hz 이하로 전두부와 객차 연결부 및 대차부 그리고 3.5kHz~4kHz 영역으로 대차 영역과 집전계와 차체 상부등의 전동소음과 대차부 영역 방사소음, 공력소음으로 분석된다(Figure 3, Figure 5).

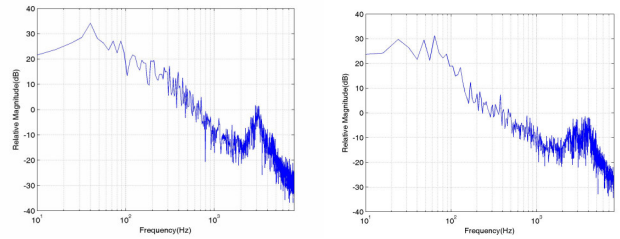


Fig. 6 Frequency characteristics of the pass-by noise at intercoach(left) and car body(right)

Figure 6 은 290km/h 운행 통과 시의 객차간 연결부 영역 소음의 주파수 특성과 차체 중앙부에서 방사하는 소음을 나타낸다. 이는 40 Hz~60Hz 가 주요 영역이며 Figure 3 에서도 찾아볼 수 있다.

5. 결론

고속운행 시의 차량 통과 방사 소음원의 위치는 마이크로폰 어레이를 통해 규명할 수 있었으며 주파수별 소음원의 상세 위치와 통과 시간에 상응하는 주파수 분석을 통해 좀 더 상세하게 최고 소음원의 위치와 주파수 대역을 규명할 수 있었다. 향후 이는 다양한 속도에 대해서 관심대상의 주파수 영역에 맞추어 측정 시스템의 규모와 구조를 고려하여 수행되어야 할 것이다. 또한 공력소음과 전동소음의 기여도 분리연구가 수행될 것이다.

후기

본 연구는 ㈜ 에스엠인스트루먼트 사의 협조로 수행되었으며 이에 관계자 여러분께 감사드립니다.

참고문헌

1. Federal railroad administration(1998), "High speed ground transportation Noise and vibration assessment"
2. C.Mellet, F.Letourneaux, F.Poisson, C.Talotte (2006), 'High speed train noise emission: latest investigation of the aerodynamic/rolling noise contribution', Journal of Sound and Vibration, 293(2006), 535-546 Vol 20 No1, pp.1-8