

철도차량 주행 시 방사되는 음향파워 추정방법 Estimation Method of Emitted Acoustic Power from Rolling Stock

*#김재철¹, 이영엽², 이치욱³

*#J. C. Kim(jckim@krri.re.kr)¹, Y. Y. Lee², C. W. Lee³

¹ 한국철도기술연구원, ² 한국철도공사, ³University of the Pacific

Key words : Railway noise, Acoustic power, Rolling noise

1. 서론

음향파워 레벨은 각종 기계류 등의 발생음의 크기를 나타내는 기본적인 양으로 소음전파의 예측 및 차음설계 등에 소음원의 기본적인 데이터로서 많이 이용되고 있다. 그러나 철도분야에서는 차량 주행 시 방사되는 음향파워를 직접추정하는 것이 현실적으로 매우 어렵기 때문에 소음레벨로부터 음향파워를 추정하는 간접적인 방법이 많은 연구자[1]에 의해서 연구되었다. 그러나 KTX 혹은 무궁화호와 같은 동력집중식에서 발생하는 동력소음과 전동음을 구분하여 음향파워를 계산 할 수 있는 방법은 아직 제안 되어있지 않았다. 따라서, 본 연구에서는 전동음과 동력소음의 방사특성을 파악하기 위해서 저자[2,3]가 제안한 소음원 모델방법을 이용하여 음향파워를 추정하는 방법을 제안하고자 한다.

2. 철도차량의 소음원 모델 및 음향파워 계산방법

철도차량에서 발생하는 주요 소음원을 차륜과 레일에 의한 전동음과 추진장치에 의한 동력소음으로 설정하고, 철도차량의 소음원 모델은 Fig. 1과 같이 저자가 제안한 점음원 모델을 이용하였으며, 동력차에 대해서는 전동음과 모터소음이 발생하고 객차에 대해서는 전동음만 발생하는 것으로 고려하였다.

이러한 철도차량의 소음원 모델을 이용하여 음향파워의 계산순서는 Fig. 1과 같다. 우선 차량의 길이와 속도, 차륜의 위치, 소음원과 수음점의 높이, 소음원과 수음점까지의 거리 등을 입력하고, 실제 주행하는 차량에서 측정된 소음의 등가소음레벨(L_{eq})로부터 K값을 구하였다. 그리고 이 K값을 이용하여 시간에 따른 소

음을 계산하고 측정결과와 비교하여 정도를 확인 한 후 음압폭로레벨 SEL(Sound Exposure Level)계산하여, 음향파워를 계산하였다.

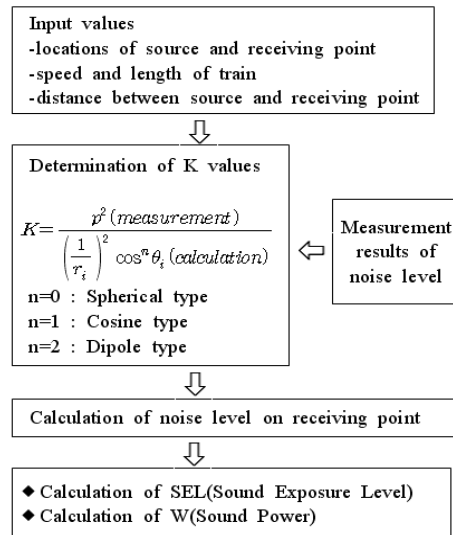


Fig. 1 Flow chart for calculation of noise radiation characteristics

3. 국내차량에 대한 음향파워의 추정결과

이 장에서는 국내에서 주행중인 철도차량(전동차, 무궁화호, KTX)에 대한 음향파워를 계산하기 위해서 각 차량에서 방사되는 음압을 계산하여 Fig.1의 음향파워 계산순서를 통해서 음압폭로레벨을 구한 후, 식(1)을 이용하여 음향파워를 계산하였다.

$$W = \frac{SEL \times 4\pi}{\rho c \sum_{i=1}^l \left(\frac{1}{r_i}\right)^2 \cos^n \theta_i} \quad (1)$$

Fig. 2는 속도에 따른 차량의 음향파워레벨에 대한 계산 결과이다. 이 결과로부터 동일한 속도로 주행한다면 무궁화, 전동차, KTX순으로 음향파워가 작은 것을 알 수 있다. 특히 차량의 속도증가에 따라 전동차와 무궁화호에 대한 음향파워의 증가형태가 KTX차량보다 크게 나타나고 있는 것을 알 수 있다.

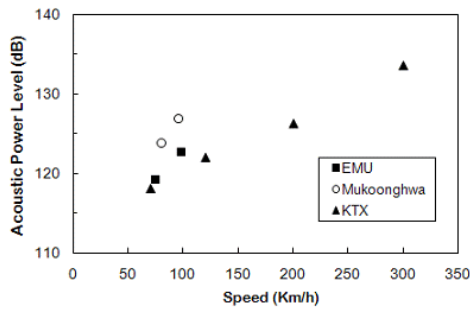


Fig. 2 Calculation results of sound power for each type of train

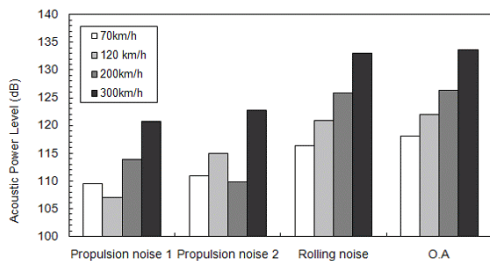


Fig. 3 Calculation results of sound power for Mukoonghwa train

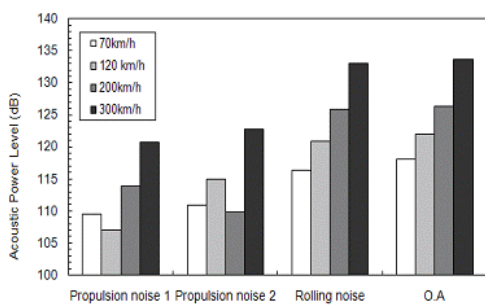


Fig. 4 Calculation results of sound power for KTX train

Fig. 3와 Fig.4는 무궁화호열차와 KTX열차에 대한 동력소음과 전동음의 음향파워를 분리하여 계산한 결과이다. 무궁화호열차는 전동음에 비해서 동력소음의 음향파워가 크지만, KTX열차의 경우 동력소음에 비해서 전동음의 음향파워가 크게 나타나고 있다. 그 이유는 전동음의 소음원 갯수가 많기 때문인 것으로 해석 되었다.

4. 결론

본 연구에서는 철도차량의 소음원별로 음향파워를 추정할 수 있는 방법을 제안하였으며, 현재 국내에서 운행 중인 철도차량에 대한 음향파워를 소음원 별로 계산하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

철도차량을 음원이 연속적으로 나열되어있는 점음원 형태로 모델링하여 전동음과 추진장치에 의한 동력소음을 분리하여 각각의 소음원에 대한 음향파워를 추정하는 방법을 제시하였다.

본 연구에서 제시한 음향파워 추정방법을 이용하여 국내차량(전동차, 무궁화호, KTX)에 대한 음향파워를 계산한 결과 동일한 속도영역에서는 무궁화, 전동차, KTX순으로 음향파워가 작은 것을 알 수 있었다. 또한, 무궁화호 열차는 전동음에 비해서 동력소음의 음향파워가 크지만, KTX열차의 경우 동력소음에 비해서 전동음의 소음원 갯수가 많기 때문에 동력소음보다 전동음의 음향파워가 크게 나타나고 있는 것을 알았다.

참고문헌

1. H.Tachibana, T.Kobayashi, S.Yokoyama, H.Yano (2007) Sound source models for conventional railway noise, Proceedings of INTER-NOISE 2007
2. 김재철, 문경호 (2003) 철도소음의 방사특성에 관한 연구, 대한기계학회논문집 A, 제 27 권, 제 4 호, pp. 531~536.
3. 김재철, 유충준 (2004) 한국형 고속철도의 소음 전파특성에 관한 연구, 한국소음진동공학회, 제 14 권, 제 3 호, pp. 224~229.