# 음향 루우버의 삽입손실 예측연구: 광음향해석

## The Study of Estimation of Acoustic Louver by Ray-Tracing Method

유왕선*†, 김태민*, 김정태**,

Wang Seon Yu*†, Tae-Min Kim*, Jeung-Tae Kim*

**Abstract** : In this study, an acoustics performance for a louver was predicted and analyzed by using a ray tracing method. As a part of the study on the partial opening type of the soundproof tunnel, the proposed aperture ratio of acoustic louver was specified as 36% opening area ratio. Since an insertion loss of the acoustic louver was measured in the reverberation chamber, the same reverberation room was modelled in the simulation. The sound source and the receiving points were constructed according to the ISO standard. The result shows that the estimation of the insertion loss based on the ray tracing method was be similar to the measured data. Extra insertion loss effect due to the sound absorbing material attachment is planning to be studied.

***Keywords*** **:** Ray Tracing Method, Acoustic Louver, Insertion Loss, Reverberation Room, Open Sound Insulation Tunnel,

**초 록** 본 연구는 음향 루우버가 설치되어 있는 개방형 방음터널의 음향효과를 예측하기 위하여, 광음향기법을 이용하였다. 음향 루우버의 개구율이 36 %인 조건에서, 음향 루우버의 삽입손실을 잔향실에서 측정된 결과와 비교 분석하였다. 본 연구에서는 해석 모델 구성 시 동일한 잔향실을 모델링 하였으며, 소음원과 수음점의 위치를 ISO 규격에 따라 동일하게 구성하였다. 해석 결과 광음향기법을 이용한 삽입손실 예측 방법이 측정 결과 대비 유사한 것으로 분석되었으며, 추후 흡음재 종류에 따른 삽입손실 영향을 분석할 예정이다.

**주요어** : 광음향기법, 음향 루우버, 삽입손실, 잔향실, 개방형 방음터널

## 1. 서 론

고속 철도 기술이 발전하면서 철도를 주행하는 고속철도의 소음으로 인해 철도 인근 주민들의 피해가 증가하고 있다. 철도 소음 노출에 대한 문제가 심각해 지고 있으며, 이에 따라 철도에서 발생되는 소음을 차단하기 위한 대책이 마련되어야 한다. 철도소음을 저감하기 위한 방법으로는 소음 전달 경로를 차단하거나 방해하는 방음시설을 설치하는 방법이 있으며, 방음시설은 방음벽, 방음터널, 방음둑 등이 있다[1].

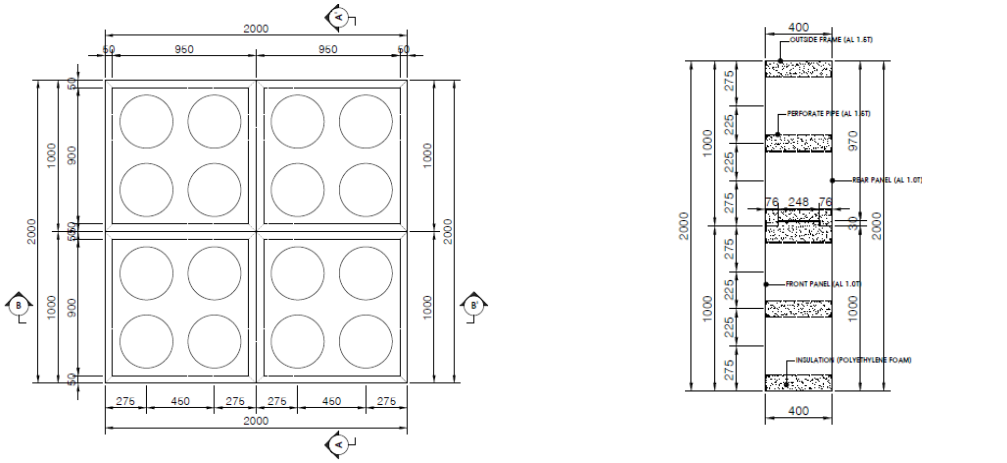
본 연구에서는 방음시설 중 하나인 개방형 방음터널에 설치되는 음향 루우버의 삽입손실을 광음향기법을 통한 해석방법으로 예측 하였다. 해석모델은 선행연구를 통해 설계된 음향 루우버를 선정하였고, 상용소프트웨어를 이용하여 모델링하였다. 해석결과는 선행연구에서의 측정값과 이론값을 바탕으로 분석하였다. 결론적으로 개방형 방음터널의 음향 루우버의 음향특성을 분석하기 위해 삽입손실을 사용하였으며, 광음향기법을 통한 음향 루우버의 삽입손실 예측이 가능할 것으로 판단되었다.

† 교신저자: 홍익대학교 음향진동실험실(poiu1908@naver.com)
* 홍익대학교 음향진동실험실
** 홍익대학교 기계시스템디자인공학과

## 2. 음향 루우버의 삽입손실

### 2.1 음향 루우버

본 연구에서는, 방음벽 또는 방음 터널과 같은 방음 시설에 음향 루우버를 적용하였다. 음향 루우버를 방음벽과 같은 다른 방음시설과 비교 하였을 때, 소음저감효과는 낮지만 소음 저감효과와 풍하중 저감효과를 동시에 발생 시킬 수 있다는 장점이 있다. Fig. 1에서는 음향 루우버의 형상을 나타낸 도면이다.




(A) Front View of Acoustic Louver (B) Section View of Acoustic Louver

**Fig. 1** Acoustic Louver Design

음향 루우버의 음향특성을 확인하기 위해 삽입손실을 분석하였다. 삽입손실은 소음원에 소음기를 부착하기 전과 후의 공간상의 어떤 특정위치에서 측정한 음압도의 차를 말한다. 음향 루우버에서의 삽입손실 이론식은 식(1)과 같다.

$$\mathrm{IL} = \mathrm{K} * \left(\frac{P}{S}\right) L \qquad K \equiv 4.34/N \tag{1}$$

식(1)에서, P는 개구부 둘레길이, S는 개구부 면적, L은 음향 루우버의 두께, N은 삽입손실 예측시 흡음율에 대한 변수를 나타낸다. 음향 루우버는 (P/S)비와 L값에 따라 삽입손실에 영향을 미치는 것을 확인 할 수 있었다[2].

### 2.2 광음향기법을 이용한 삽입손실 예측

#### 2.2.1 음향 루우버

삽입손실 예측을 위한 음향 루우버 해석모델은 선행연구를 통하여 개구율 36 %의 음향 루우버를 선정하였다. 구멍의 개수는 16 개, 각 개구부의 지름은 353 mm이며, 두께는 400 mm 로 선정하였다[2].

음향 루우버의 모델링을 위하여 Altair사의 Hypermesh를 이용 하였다. 음향 루우버의 벽면과 개구부 내부는 2D element로 구성 하였다. 개구부 내부는 선행연구를 통하여 Polyester 흡음율을 적용하였으며, Fig. 2는 해석에 사용되는 음향 루우버의 모델이다.

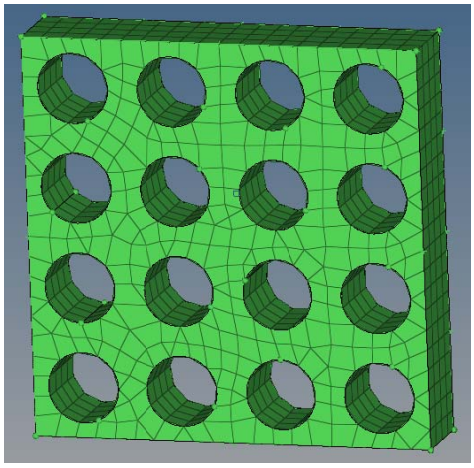
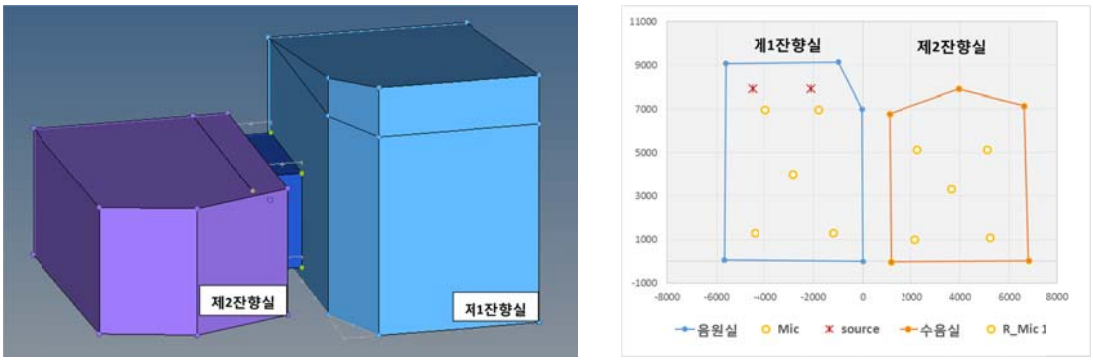


**Fig. 2** Acoustic Louver of Analysis Model

### 2.2.2 잔향실

음향 루우버의 삽입손실 예측을 위해 공인 시험인증기관의 잔향실을 해석모델로 선정 하였으며, 잔향실 구성은 제 1 잔향실과 제 2 잔향실로 구분된다. 제 1 잔향실은 소음원이 구성되어 있는 음원실로 지정하였고, 제 2 잔향실은 수음실로 지정하였다. Fig. 3(a)는 모델링한 잔향실이며, Fig. 3(b)는 소음원과 수음점의 위치와 잔향실의 형태를 확인할 수 있다[3].




(a) Reverberation Room Modeling (b) Composition of Reverberation Room

**Fig. 3** Reverberation Room of Analysis Model

해석 방법은 Siemens 사의 Virtual.Lab 상용소프트웨어를 사용하였으며, 광음향기법을 통하여 삽입손실을 예측하였다. 모델링한 잔향실과 음향 루우버를 적용시켰으며, ISO 354 규격에 따라 높이 1.5 m 지점에 수음점을 지정하였다. 소음원은 제 1 잔향실에서 두 지점을 지정하였으며, 음압 레벨은 94 dB로 지정하였다. 수음점은 5 지점을 지정하였으며, 소음원에 대한 음향 정보를 받을 수 있다. 소음원은 제 1 잔향실에서 두 지점을 지정하였으며, 음압 레벨은 94 dB로 지정하였다[4].

## 2.3 해석결과

광음향기법을 통한 음향 루우버의 삽입손실의 예측결과 Fig. 4와 같은 결과를 확인하였다. 광음향기법을 이용한 해석결과, 측정값과 이론값이 유사한 결과를 가지는 것을 확인할 수 있었다. 주파수 영역은 1/1 octave band로 설정 하였으며, 125 Hz에서 2000 Hz까지 측정하였다. 삽입손실 예측결과 9 dB에서 16 dB가 되는 것을 확인 하였다. 측정값과 비교하였을 때 중심 주파수 별로 약 1 dB에서 3 dB의 오차를 보여주고 있다. 따라서 광

음향기법을 통한 음향 루우버의 삽입손실 예측은 측정값과 유사한 경향을 보여주고 있으며, 음향 루우버의 삽입손실 예측을 위하여 광음향기법을 이용하는 방법이 유용한 접근 방법이라고 판단된다.

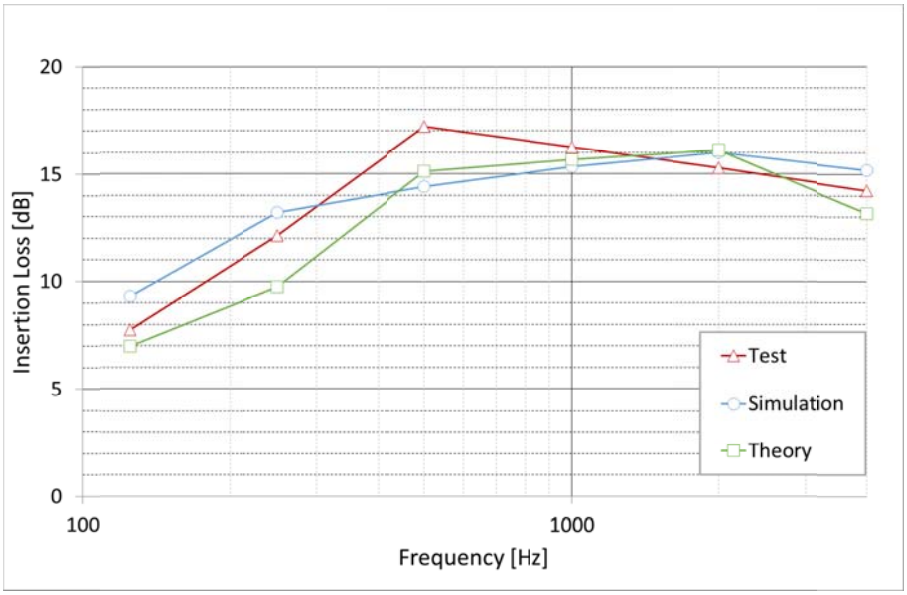



**Fig. 4** Analysis Result Graph

## 결 론

고속 철도 차량이 주행 중 발생하는 소음으로 인해 철도 인근 지역의 소음피해가 증가하고 있다. 본 연구에서는 음향 루우버가 설치되어 있는 개방형 방음터널에 대한 연구의 일환으로서, 광음향기법을 이용한 음향 루우버의 삽입손실을 예측 및 분석하였다. 해석 모델 구성 시 동일한 잔향실을 모델링 하였으며, 소음원과 수음점의 위치를 ISO 규격에 따라 동일하게 구성하였다. 음향 루우버의 해석 모델은 개구율 36 %의 음향 루우버를 대상으로 하였으며, 광음향기법을 통하여 음향 루우버의 삽입손실을 해석 하였다. 본 연구에서는 해석 결과 광음향기법을 이용한 삽입손실 예측 방법이 측정 결과 대비 유사한 것으로 분석되었으며, 추후 흡음재 종류에 따른 삽입손실 영향을 분석할 예정이다.

## 후 기

이 논문은 철도 선로면 지속가능 저소음화 기술개발 연구와 2016년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업(NRF-2014R1A2A1A11052733)연구 결과의 일부입니다.

## 참고문헌

[1] T.M. Kim, J.T. Kim, G.H. Park, J.G. Son, et al (2015), A study on noise reduction effect by opening side part of sound proof walls, Journal of the Korean Society for Railway, pp. 1295~1300.

[2] (주)유신 (2016) 철도 선로변 지속가능 저소음화 기술개발, 철도기술연구원, 철도 선로변 지속가능 저소음화 기술개발 최종 보고서.

[3] G.C. Kim , I.P. Hong (1990), A study on noise reduction effect by opening side part of sound proof walls, The Journal of the Acoustical Society of Korea, pp. 9(3) 72~82.

[4] ISO-354 (2003), Acoustics - Measurement of sound absorption in a reverberation room.