

풍하중 저감용 개방형 터널형 방음벽 설계 및 효과 분석

A Study on the Sound Enclosure Design for Railway Noise Protection

김태민*[†], 김정태*, 박광현**, 김현무**

Tae-Min Kim*[†], Jeung-Tae Kim*, Gwang-Hyun Park**, Hyun-Moo Kim**

Abstract. High-rise building apartments located near at a bridge type of railway lines become a social issue due to a noise nuisance to residents. The problem is that existing conventional noise barriers are no more effective to high-rise residents. In order to reduce noise propagation to residential areas near to a track, a sound enclosure design has been proposed while the structural safety and construction cost are considered. The proposed design has a partial opening on the side panel of the enclosure so that a wind or a gust is allowed to flow freely that leads to less loading to a bridge structure.

In this paper, we evaluate the sound enclosure opening ratio and side panel materials for the structural and acoustic aspects. As a way to change the opening ratio, various types of an acoustic louver are examined. The result shows that the proposed design provides acceptable range of noise protection with reducing the wind loading to the bridge structure. The result also reveals that the apartment complex is effectively covered from the noise nuisance with the range of about 10 dB reduction to the whole stories of the building. The proposed sound enclosure seems to be the only applicable tool to protect high-rise building resident from the bridge type of railway lines.

Keywords : Sound Enclosure, Railway noise, Wind loading, Acoustic Louver, Sound Transmission Loss

초 록 본 연구에서는 교량 위에 설치되는 방음시설의 풍하중 저감 및 인근 거주지역의 고층부 소음 저감효과를 동시에 구현하기 위한 터널형 방음벽을 설계하였다. 인근 거주지역의 고층부 소음 저감을 위해 기존 방음벽의 천장부까지 방음재료로 구성하였으며, 풍하중 저감을 위해 방음벽 벽면부에 기존 방음벽과 음향효과가 유사할 수 있는 음향 루우버 개공을 설계하여 설치하였다. 설계된 방음시설의 풍하중 및 소음 저감 효과를 분석하기 위해, 광음향기법, 전산 유체 역학 및 구조 역학을 이용하여 방음 효과, 유동 효과 및 구조 경량화가 고려된 터널형 방음벽의 풍하중 및 소음 저감 효과를 예측하였다. 해석결과, 벽면부 개방에 따른 풍하중 저감 효과는 약 25 % 저감 되었으며 고층부에서 약 15 dB, 건물전체에서는 10dB 수준의 소음 저감 효과가 있는 것으로 분석되었다. 따라서 교량의 방음벽 설치 시 교량의 안전 설계 하중을 저감시킬 수 있을 것으로 기대한다.

주요어 : 방음터널, 철도소음, 풍하중, 음향루버, 차음성능

1. 서론

국내에서 철도 변 거주 인구는 약 450만 명이며, 60dB(A) 이상의 철도 소음 노출로 인한

† 교신저자: 홍익대학교 음향진동연구실(wowbranden@hotmail.com)

* 홍익대학교 음향진동연구실

** (주)유신 환경부

피해 인구는 170 여 만 명에 이르고 있다. 이는 전 인구수 대비 3 % 수준이며, 철도 변 거

주인구의 1/3 수준이라고 알려져 있다. 사회발전과 더불어 철도 소음 노출 피해에 대한 문제가 심각해 지고 있으며, 철도 소음 저감 대책의 수립이 시급한 실정이다. 철도 소음 저감 대책에 대한 가장 이상적이고 효과적인 대안은 소음원 자체를 저감시키는 기술을 개발하는 것이다. 그러나 이는 설계단계에서 수행되어야 하는 실질적인 제약이 존재하기 때문에 소음 전달 경로를 차단하거나 방해하는 대안인, 방음벽 또는 방음 터널 등과 같은 방음 시설을 설치하여 소음 저감 효과를 향상하고자 한다.

방음벽은 철로 변에 흡음 효과가 뛰어난 재료로 벽의 형태를 띠어 소음 방사를 차단해 주는 방음시설로, 일반적으로 평단구간의 방음벽 설치 시 약 7 층까지 효과가 있다. 방음터널은 공동주택 고층화에 따른 방음벽 설치 높이에 한계에 대한 대안 중 하나로, 방음벽의 구조에 지붕 형태가 추가된 구조로서 소음 차단 범위가 증가하는 이점이 있으나, 방음벽에 비해 추가적인 비용이 든다는 단점이 있다. 특히 교량 위에 설치되는 철로의 경우, 일반 지반의 철도 변보다 교량 진동에 의한 소음이 상대적으로 크게 발생되며, 기존에 건설된 교량에 방음시설로 인한 하중이 증가됨에 따라 교량에 대해 보강 비용이 필요하게 된다. 따라서, 본 연구에서는 자중 및 풍하중을 저감시켜 교량 보강을 용이하게 하며 고층부까지 소음저감이 가능토록 방음벽의 천정부를 밀폐형으로 변경하였다. 본 연구에서 설계한 터널형 방음벽의 풍하중 저감효과와 소음저감 효과를 분석하기 위해 전산해석을 이용하였으며 현재 축소 모형을 이용한 성능 시험을 준비 중에 있다.

2. 본 론

2.1 방음재료의 설계

터널형 방음벽 설계에 있어 방음벽을 구성하는 방음재료는 일반적으로 밀폐형 흡음재료로 구성되어 있다. 본 연구에서는 외부 유동의 흐름을 원활히 하여 교량에 작용하는 풍하중을 저감할 수 있도록 벽면의 일부를 개방하였다. 벽면부 개방에 따라 소음 차단이 원활히 이루어 지지 않기 때문에 기존의 방음벽에 비해 소음 차단 효과가 떨어진다. 이를 보완하기 위해 개구부를 소음기 형태인 음향 루우버를 삽입하였으며 최대한 기존 방음재료와 유사한 음향효과가 될 수 있도록 설계하였다. 그림 1은 본 연구에서 검토한 음향 루우버의 개념도를 나타내며 그림 2는 방음재료의 풍하중 저감량과 차음성능을 도시화 하였다.

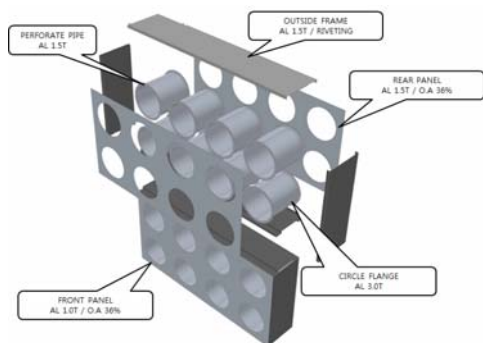


Fig. 1 Drawing of acoustic louver

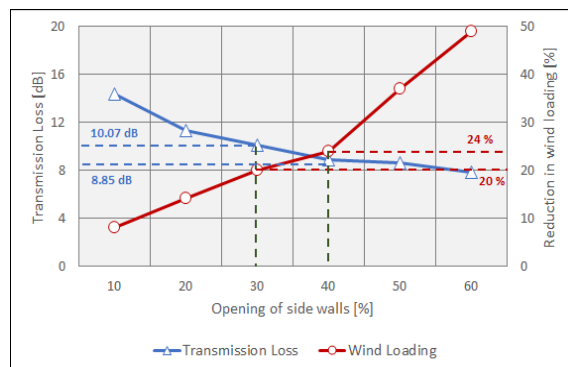


Fig. 2 Results of Wind Loading and Transmission Loss

2.2 터널형 방음벽의 환경소음 저감

방음재료를 기존의 흡음형 재료에서 음향 루우버로 교체하는 경우 풍하중은 약 20 % 저감된다. 하지만 차음성능의 경우 방음재료로서 약 10 dB의 효과가 있으므로 전체 터널 형상에서의 환경소음 예측이 요구된다. 그림 3은 광음향기법을 이용한 환경소음 해석 결과를 나타낸다. 기존 4 m 방음벽에서 터널형 방음벽으로 교체할 경우 직접음의 영향이 큰 15층 높이에서는 약 15 dB의 소음저감 효과가 있었으며 전체적으로 약 10 dB 소음저감효과가 있는 것으로 예측되었다. 따라서 방음벽의 재료를 음향 루우버로 교체하면서 천정부지까지 방음재료 사용 시 풍하중 20 % 저감 및 고층부 소음 저감이 10 dB 가능한 것으로 분석되었다.

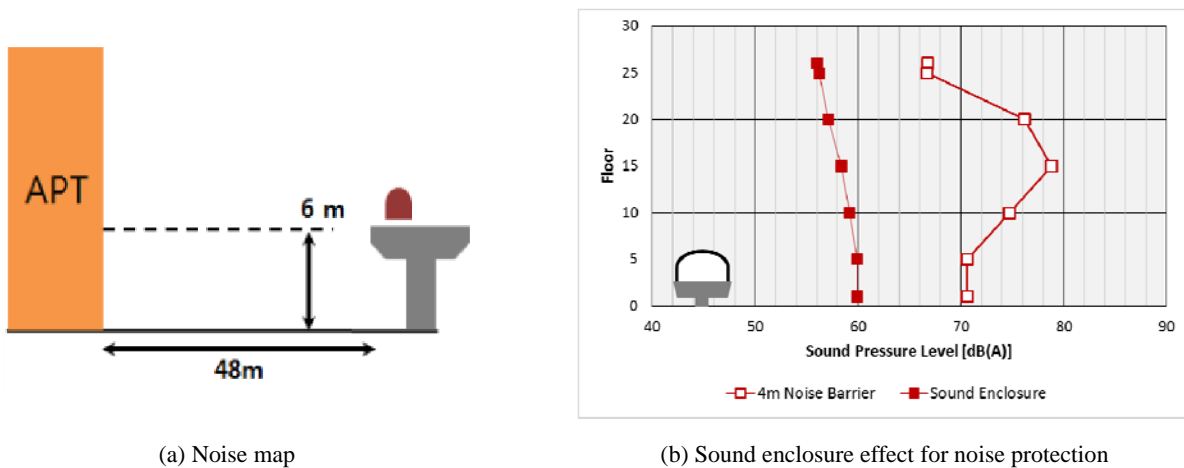


Fig. 3 Noise protection effect of sound enclosure

3. 결론

주행하는 철도 차량의 소음은 인근 지역의 심각한 소음 피해를 야기한다. 따라서 철도 소음 피해를 저감하기 위해 많은 연구가 진행 중이다. 본 연구에서는 방음시설로서의 터널형 방음벽 설계 시, 풍하중과 중량을 저감시키며, 고층까지 소음 피해를 저감할 수 있는 방음시설 설계 방향을 제시하였다. 터널형 방음벽은 방음벽에 비해 고층까지의 소음 저감이 가능하였으며, 이는 직접음형태의 소음 전파를 모든 방향으로 차단하기 때문에 방음벽에 비해 상부층 소음 저감에 유리한 것으로 판단된다.

방음시설 설치에 따른 비용 및 유지 보수 문제가 존재하기 때문에 이를 고려하여 터널형 방음벽 벽면의 일부를 개방하는 방법을 고려하였다. 벽면 개방에 따라 풍하중은 최대 30 % 저감이 가능하였으나 개구부를 통해 직접음 형태의 소음 피해 지역이 발생하였다.

직접음 형태의 소음피해 지역을 보완하기 위해 개방된 터널형 방음벽의 벽면부에 소음기 설치를 검토하였으며 검토된 소음기 형태는 음향루우버이다. 음향 루우버의 설계 시 개공율은 음향 루우버의 소음 저감과 밀접한 관련이 있으며 이에 따른 영향을 전산유동해석과 차음성능을 분석하였다. 해석 결과 개공율이 30 ~ 40 % 개방할 경우 기존 방음재료와 유사한 차음성능 10 dB를 만족하는 것으로 분석되었으며 풍하중은 약 25 % 저감되는 것으로 분석되었다. 결과적으로 터널형 방음벽의 벽면부 개방과 음향 루우버 설치는 경량화 및 풍하중에는 긍정적인

효과를 보여주며, 부분 개방과 함께 적절한 방음 재료와 방음설계가 동시에 적용될 경우, 거주민들이 요구하는 5~10 dB 수준의 소음저감 효과가 나타나는 것으로 분석되었다.

현재 축소모형 모델을 제작하여 풍하중 저감 및 소음저감 효과를 분석 중에 있으며 해석 결과와 비교 분석하여 터널형 방음벽의 효과를 검증 할 예정이다.

후 기

이 논문은 2015년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업(NRF-2014R1A2A1A11052733)과 국토교통부의 “철도 선로변 지속가능 저소음화 기술개발 중 터널형 방음벽 측면 및 상부소재 해석 및 성능실험”로 수행된 연구 결과의 일부입니다.