

축척모형 실험에 의한 고속전철 방음벽용 소음저감 장치

특성 평가

⁰정성수*, 전병수*, 나희승**, 김준엽**, 양신추**

Noise reduction of noise barrier with noise reducer for high speed train by using scale down model test

Sung Soo Jung*, Byung Soo Jun*, Hee Seung Na**, Jun-Yup Kim**, Sin Chu Yang**

ABSTRACT

A noise reduction of noise barrier for high speed train was measured by using scale down model test. A selected types of noise barriers were simple vertical barrier, interference type barrier with plate, interference type barrier with cylindrical pipes. On experiment, in order to make similar present test lane condition, reduced train model and multiple noise sources were considered. As a result, interference type noise barrier with cylindrical pipes is most effective than other barriers. A present height of noise barrier which is established in a test lane is not high enough for reducing patograph noise.

1. 서론

현재 시험선 구간에서 한국형 고속전철인 KTX가 시운전 되고 있다. 차량은 동력차, 동력객차, 객차가 앞 뒤 대칭형으로 총 16량 혹은 20량으로 편성되어 운행되고 있다. 차량의 속력을 최대 300 km/h로 운행하면서 각종 시험을 하고 있으며, 차량의 종류도 증가하여 KTX-05까지 시운전하고 있다. 고속전철용 방음벽의 경우 CEN 10 기준을 만족하는 흡음률을 가진 흡음형 방음벽이 선로변에 설치되어 있으며 형상은 상단부가 경사진 형태도 설계 상에는 있지만 시험선 구간에는 수직 일자형이 설치되어 있다. 방음벽의 높이는 경우에 따

라 다르지만 많은 부분 레일 상단부로부터 2.4 m 높이로 설치되어 있다.

본 연구에서는 향후 차세대 한국형 고속전철이 350 km/h로 운행될 경우 속도 증가에 따른 소음저감 대책의 일환으로서 소음 저감 장치에 대한 성능을 1/10 축척모형실험으로서 검증하였다. 실제 상황과 비슷하게 하기 위해 차량 모형물을 설치하였으며, 음원은 바퀴/레일 부분에서의 소음과 판토티그래프 소음을 가정하여 각 바퀴 부분과 판토티그래프 부분에 확성기를 설치하였다. 방음벽은 반사형, 흡음형을 가정하였으며, 단순 수직형과 방음벽 상단부에 판형 혹은 원통형 간막이로 구성된 형상물을 설치한 간섭형으로 하였다. 축척은 시험선 구간의 도면에 기초하여 구성하였다.

* 한국표준과학연구원 음향·진동 그룹

** 한국철도기술연구원

2. 실험장치 및 방법

실험은 대형무향실에서 실시하였다. 무향실 바닥에 두께 0.015 m의 MDF 패널을 설치함으로써 지표면이 음향학적으로 딱딱한 상태로 가정하였다. 방음벽은 두께 0.02 m인 아크릴로 높이 0.24 m로 하였으며, 상단부의 형상물을 위한 판형과 원통형 간막이 역시 아크릴을 사용하였다. 흡음형 방음벽을 구성하기 위해 면사류로 된 인공수지 흡음재를 사용하였다. 이 경우 완전 흡음형을 가정하기 위해서는 두께 0.05 m인 흡음재를, 실제 상황과 비슷하게 할 경우는 두께 0.02 m인 흡음재를 사용하였다.

음원은 고주파수용 확성기 트위터를 사용하였으며, 차량 모형물은 등급 1호의 스티로폼으로 동력차, 동력객차, 객차를 만들었다. 방음벽, 차량과 음원의 기하학적 위치는 그림 1과 같이 시험선 구간의 설계 도면을 축소하여 설정하였다.

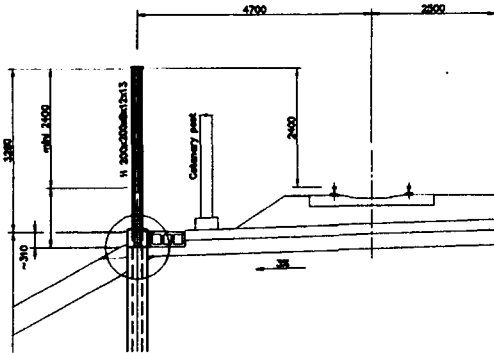


그림 1. 시험선 구간의 방음벽 설계 도면의 예

실험은 그림 2에서 나타난 것처럼 방음벽 뒤 수음점 지역에 대해 가로 세로 0.5 m 지점마다 음압 레벨을 측정함으로써 최종 결과는 방음벽 설치 유·무에 따른 음압레벨 차인 삽입손실을 구하였다. 이 경우 측정지점은 실제 상황에서는 매 5 m 지점에서의 음압레벨이 된다. 차량은 상대적으로 시끄러운 동력차와 동력객차를 중심으로 하였다.

실험은 차량의 유무에 따른 음압레벨 분포 변화, 반사형과 흡음형 방음벽의 설치효과 비교, 수직 일자형과 간섭형 방음벽 설치효과 비교, 간막이 높이 증가에 따른 효과 등에 대해 살펴보았다.

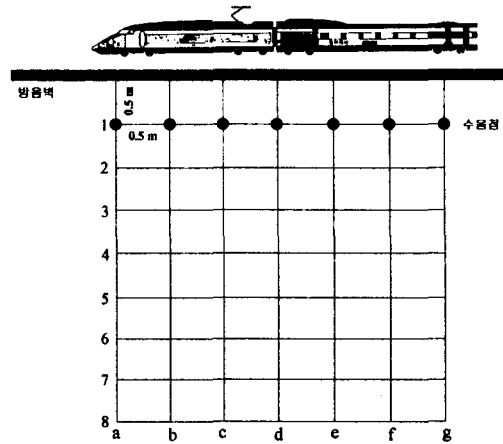


그림 2. 음압측정 지점

3. 실험결과 및 고찰

3.1 단순 수직형 방음벽 설치 효과

방음벽은 콘크리트 재질로 구성된 반사형과 다공판넬과 흡음재로서 구성된 흡음형으로 크게 구분할 수 있다. 고속전철용 방음벽에 대한 지금까지의 연구 결과들을 보면 흡음형이 반사형보다 효과적인데, 반사형인 경우는 차량에서 발생된 소음이 방음벽에서 반사된 후 다시 차량의 측면에서 재반사되는 과정을 거치면서 방음벽 상단부로 회절되기 때문에 흡음형에 비해 수음점에서의 소음 피해가 더 증가하는 것으로 알려져 있다. 따라서 이러한 현상에 대한 증명과 실제 얼마나 증가하는지에 대해 살펴보았다. 음원의 설정은 일반적으로 한 개의 마이크로폰을 사용하여 점 음원으로 가정하는 것과는 달리 본 연구에서는 차량의 바퀴 부분에 확성기를 설치함으로써 실제 상황과 비슷하게 하였다. 이 경우 각 확성기에서 발생하는 소음간의 간섭이 발생하게 된다. 그림 3에 시험 모습을

나타냈다. 여기서 그림 3(a)는 차량이 없다고 가정하고 바퀴 부분에 확성기를 설치한 모습을 보여준다. 이때 확성기는 동력차와 동력객차의 바퀴 부분에 설치하였는데 총 7개이다.

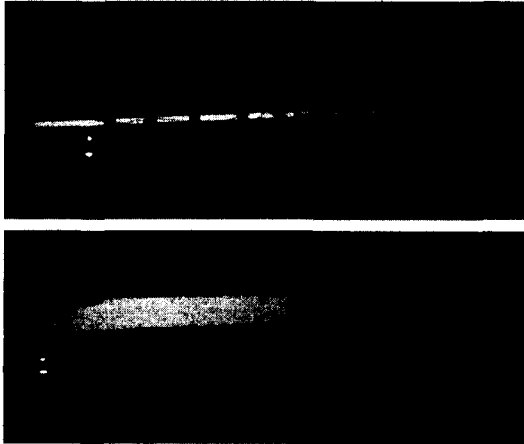


그림 3. 음원과 차량 설치 모습.

반사형 방음벽인 경우 그림 3(a)와 그림 3(b)에 대해 삽입손실을 그림 4와 5에 각각 나타냈다. 두 결과를 비교하면 차량이 설치된 경우가 그렇지 않은 경우에 비해 최대 5 dB(A)의 삽입손실이 감소함을 볼 수 있다. 이것은 결국 다중 반사 효과가 실제 발생되고 있음을 입증해 주는 것이다.

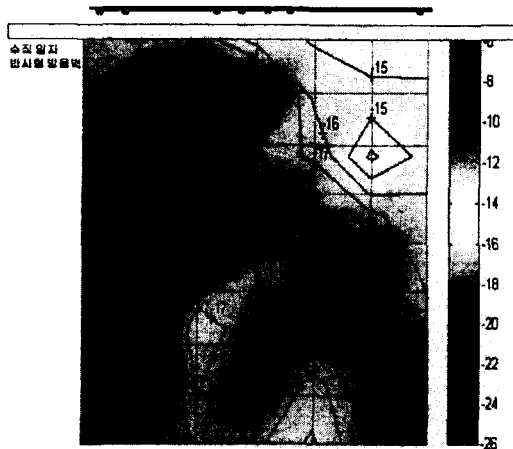


그림 4. 차량이 없을 때 방음벽의 삽입손실.

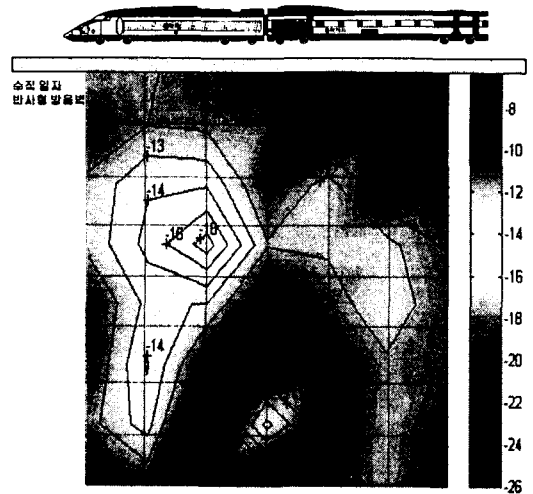


그림 5. 차량이 있을 때 반사형 방음벽의 삽입손실

다음은 완전 흡음형 방음벽을 가정하여 두께 0.05 m인 흡음재를 설치한 경우에 대한 결과를 그림 6에 나타냈는데 그림 5의 반사형에 비해 평균 7 dB(A) 이상의 삽입손실 증가를 보이고 있다. 또 하나 주목할 것은 방음벽 바로 뒤 지점에서 삽입손실이 가장 크지 않고 어느 정도 떨어진 지점에서 발생되는 것으로 보아 역시 간섭효과가 큰 것으로 판단된다.

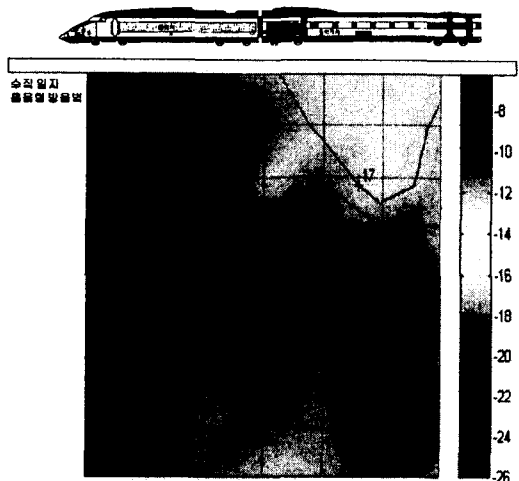


그림 6. 단순 수직 흡음형 방음벽의 삽입손실.

다음은 판토그래프 지점에 음원을 하나 더 추가적으로 설치했을 경우의 삽입손실을 그림 7에 나타냈다. 결과에서 보면 방음벽의 높이에 비해 판토그래프 소음이 높기 때문에 방음벽 설치효과가 크게 감소함을 볼 수 있다. 판토그래프에 소음을 설치하는 경우는 반사형 방음벽도 역시 흡음형과 큰 차이가 없음을 확인하였다.

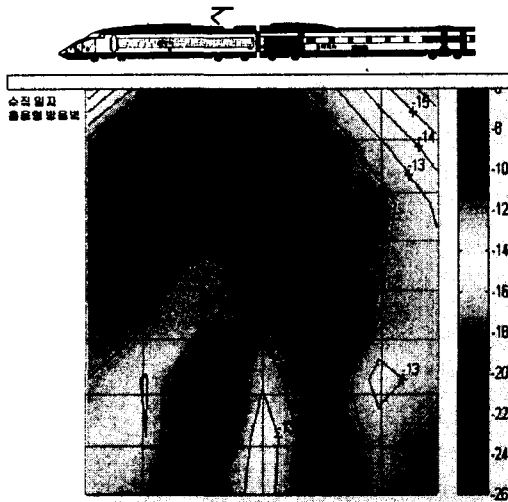


그림 7. 바퀴와 판토그래프에 음원을 설정한 경우 흡음형 방음벽의 삽입손실.

비해 크게 할 수 있기 때문에 좀더 좋은 효과를 기대하고 있다. 물론 비용 대 효율 그리고 설치의 수월성, 유지 보수라는 측면을 고려해서 좀더 효과적인 형상을 선택하는 것이 필요하다.

높이 0.01 m의 판형과 원통형 간막이를 부착한 흡음형 방음벽의 설치효과를 그림 8과 9에 각각 나타냈다.

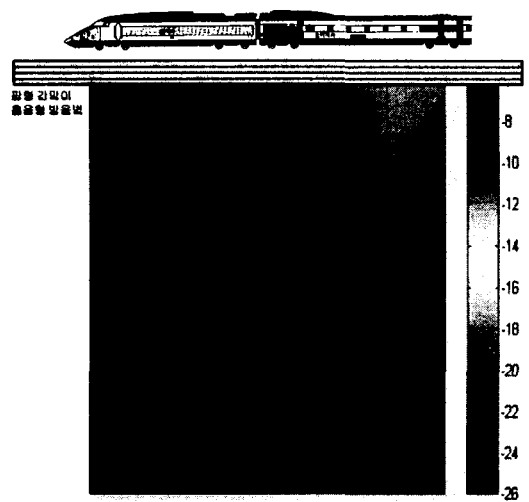


그림 8. 판형 간막이를 부착한 흡음형 방음벽의 삽입손실.

3.2 간섭형 방음벽 설치 효과

판형 혹은 원통형 모형물을 간막이 형태로 만들어 방음벽 상단부에 설치하는 간섭형 방음벽의 설치 효과를 삽입손실로서 살펴보았다. 이러한 간막이 형상물을 설치하는 이유는 앞으로 환경기준의 강화와 차량 속력의 증가에 따라 추가적인 감음장치가 필요한데 기존의 단순 수직형 방음벽을 그대로 활용하고 상단부에 간단한 소음 저감용 장치를 부착함으로써 기대효과를 극대화하기 위해서이다. 여기서는 판형 간막이와 원통형 간막이를 고려하였는데 기본적으로 일정한 간격으로 설치함으로써 간막이 상단부에 음향학적으로 무른 표면을 만들고⁽¹⁾, 특히 원통형의 경우는 회절 경로를 판형에

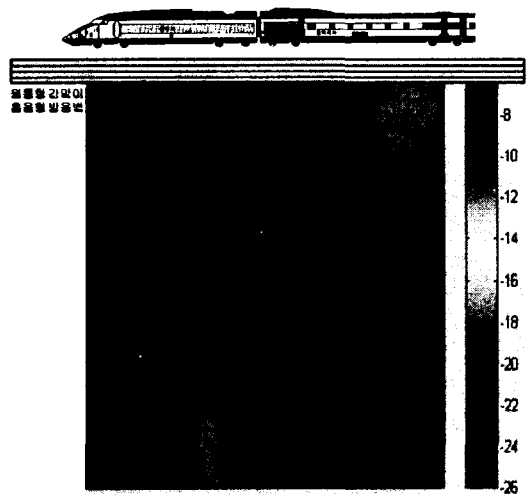


그림 9. 원통형 간막이를 부착한 흡음형 방음벽의 삽입손실.

결과를 비교해 보면 비슷한 삽입손실을 보이고 있는데 그림 6의 경우에 비하면 평균 1.5 dB(A) 정도의 삽입손실의 증가를 보이고 있다. 이 경우도 판토그래프에 음원을 설정하는 경우는 앞서의 그림 7의 결과와 유사하게 나타나고 있다.

지금까지는 흡음형 방음벽을 완전 흡음형으로 가정하였다. 하지만 실제 현장에 설치된 방음벽의 두께는 0.02 m인 것이 있으며, 현재는 많은 기술 개발을 통해 이보다 더 얇은 두께의 방음벽이 설치되고 있다. 따라서 최대 두께를 0.02 m로 가정하여 흡음재의 두께를 0.02 m로 하였다. 판형과 원통형 간막이의 경우는 실제 원통형이 판형에 비해 약간 좋은 효과를 보이고 있는데 뒤에서 스펙트럼 분석 결과에서 살펴보기로 하고 여기서는 원통형에 대해 직경을 증가시키면서 그 효과를 살펴보겠다.

원통형 간막이의 직경을 0.01 m와 0.02 m로 한 경우 삽입손실을 그림 10과 11에 각각 나타냈다. 결과를 보면 원통의 직경이 증가함에 따라 삽입손실 역시 증가하고 있는데 직경이 0.005 m 증가함에 따라 1 dB(A)씩 증가하고 있다.

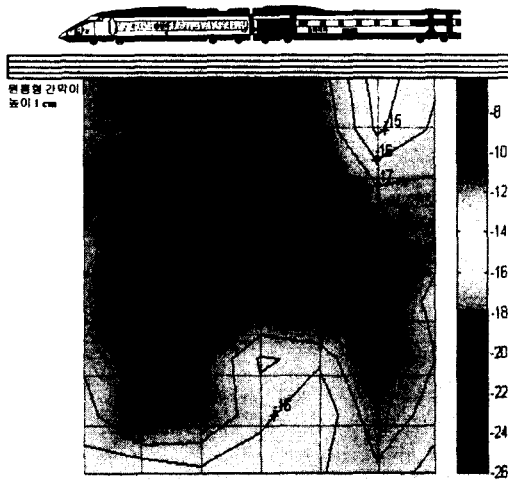


그림 10. 직경 0.01 m인 원통형 간막이를 부착한 흡음형 방음벽의 삽입손실.

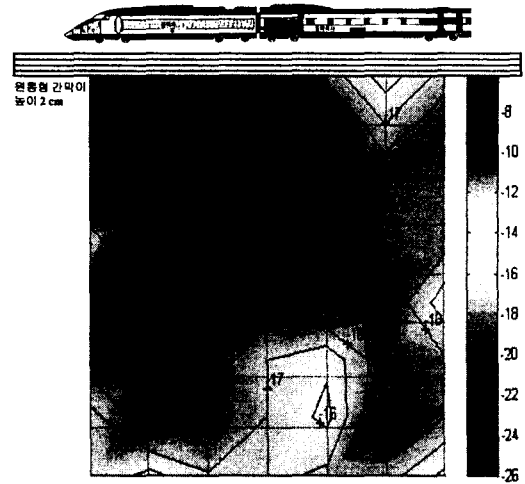


그림 11. 직경 0.02 m인 원통형 간막이를 부착한 흡음형 방음벽의 삽입손실.

다음은 객차인 경우에 대해 바퀴 부분에 음원을 설치하여 2량 기준 총 4개의 음원을 설정하였다. 이에 대한 결과는 그림 12에 나타냈는데 역시 비교적 큰 삽입손실을 보이고 있다. 본 실험을 통해 방음벽의 설치효과가 20 dB(A) 이상 됨을 확인한 것은 방음벽 설치 효과가 얼마나 되는지를 검증했다는 점에서도 나름대로 중요한 의미를 가진다.

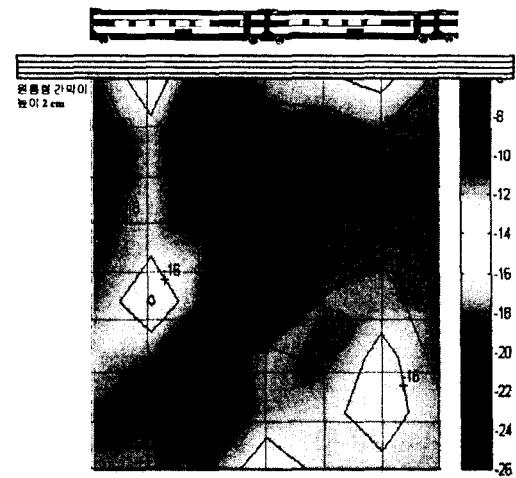


그림 12. 직경 0.02 m인 원통형 간막이를 부착한 흡음형 방음벽의 삽입손실.

마지막으로 앞서 판형과 원통형 간막이의 설치 효과가 비슷하여 잘 구분이 되지 않았는데 좀더 확실히 비교하기 위해 주파수별로 그 효과를 비교하였다. 그림 2의 3e 지점에서 단순 수직형 방음벽(V), 판형 간막이를 부착한 간섭형 방음벽(PC), 원통형 간막이를 부착한 간섭형 방음벽(CC)이 삽입 손실을 그림 13에 비교하여 나타냈다. 이때 방음벽은 모두 흡음형이다. 결과를 보면 단순 수직형 방음벽의 설치효과가 가장 낮으며, 원통형 간막이가 판형 간막이를 부착한 방음벽 보다 다소 좋은 효과를 확인할 수 있다.

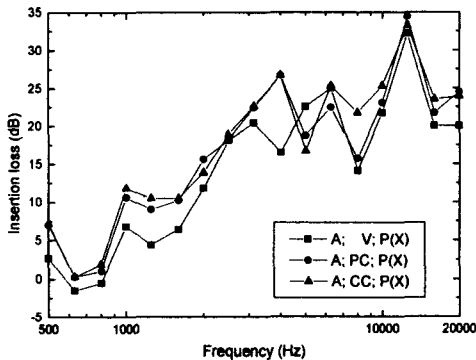


그림 13. 단순 수직형(V), 판형 간막이를 부착한 간섭형(PC), 원통형 간막이를 부착한 간섭형(CC) 방음벽의 주파수에 따른 삽입 손실 비교.

3. 결론

본 연구에서는 환경기준의 강화와 차량의 운행 속도 증가에 따른 소음 저감을 위하여 시험선 구간에 설치된 방음벽의 설치효과를 1/10 축척모형실험으로 살펴보았다. 실험결과 흡음형 방음벽이 반사형에 비해 평균 7 dB(A) 이상의 삽입손실의 증가를 가져올 수 있었고, 방음벽의 설치효과가 20 dB(A) 이상 됨을 확인하였다. 간섭형 방음벽의 경우 단순 수직형에 비해 설치효과가 약 2 dB(A) 정도 좋게 나왔으며, 상대적으로 원통형이 판형에 비해 다소 좋은 효과를 보였다. 향후 본 연구 결과를

토대로 실제 도로변 혹은 철로변에 방음벽을 설치함으로써 최종적으로 그 효과를 검증할 예정이다.

참고문헌

- (1) K. Fujiwara, D. C. Hothersall and C-H Kim, 1998, "Noise Barriers with Reactive Surfaces," Appl. Acoust. Vol. 53, pp. 255-272