

고속철도 용 소음저감장치의 성능 고도화 및 상용화

**Performance enhancement and Commercialization of noise reduction device
to reduce noise generated in high speed railway**장강석^{*†}, 김영찬^{*}, 윤제원^{*}, 서효선^{*}, 엄기영^{**}, 최찬용^{**}Kang Seok Jang ^{*†}, Young Chan Kim^{*}, Je Won Yoon ^{*}, Seo Hyo Sun^{*}, Eum Ki Young^{**},Chan Yong Choi^{**}

Abstract When the speed of the high-speed train increases from 300km/h to 400km/h, the environmental noise is increased about 7dB. Two types of noise reduction devices were developed from the first stage of research from 2010 to 2014 to economically and efficiently cope with the increased noise. One type is the noise reduction devices installed on the top of noise barrier or wall in the railway. The other one is a noise absorbing block that is installed on the concrete slab to reduce concrete reflection noise. The purpose of this study is to enhance the practical use of the noise reduction device developed in the first stage, and another object is to obtain data for initial design of environmental noise through long-term monitoring. This advanced research is being carried out over two years. In the first year, the economic efficiency and the application method of the developed noise reduction device are improved. Also, monitoring was performed at all seasons depending on train types and speed. In the second year, it will be installed directly on the high-speed railway section to verify economics, workability and performance.

Keywords : Noise reducing device, Environmental noise, High-speed railway.

초 록 300km/h 의 고속철도가 400km/h 로 증속 될 환경소음이 약 7dB 정도 증가합니다. 증가되는 소음에 대응하기 위한 일환으로, 4 차년의 1 단계 인프라연구를 통해 선로 변 벽체 상단에 설치하는 상단장치와 콘크리트 도상에 설치하여 반사소음을 줄여주는 흡음블럭 개발을 완료하였다. 본 연구에서는 1 단계에서 개발된 고속철도 용 방음장치의 고도화와 장기모니터링을 통해 환경소음저감을 위해 실시하는 초기설계에 반영을 하기 위한 자료를 취득하고 내구성을 검증하고자 한다. 또한 본 연구의 2 차년도에는 고도화 제품에 대한 고속철도 현장부설 시험을 통해 경제성, 시공성 및 성능 등을 검증할 예정이다.

주요어 : 소음저감장치, 환경소음, 고속철도

† 교신저자: 유니슨테크놀로지(주)(jks@unisontg.com)

* 유니슨테크놀로지(주)

** 한국철도기술연구원

1. 서 론

국내에서도 차세대 고속철도 차량(HEMU-430X)의 시험운행이 이루어졌고, 400km/h 이상의 속도로 고속철도가 달리기 위한 인프라기술 연구도 이루어졌다. 그리고 고속철도가 300km/h 에서 400km/h 로 증속 될 때 7dB 내외의 환경소음이 증가하는 것으로 현장실험을 통해 평가되었다. 철도에서 발생하는 주요 소음원은 차륜과 레일사이에서 발생하는 전동소음과 차체에서 발생하는 구동장치소음, 높은 운행속도로 인한 차체와 집전장치의 공력소음 및 구조물과 지반을 통하여 전달되는 저주파소음이 있다. 이 밖에도 판토그래프와 전차선사이의 집전소음이 있으나, 국내 운행환경에서는 다른 소음원에 비해 환경소음에 미치는 영향이 크지 않은 것으로 평가되고 있다. 이와 같은 환경소음을 저감하기 위한 방안으로는 Table 1 과 같이 여러 가지 방법들이 있으나 소음전파경로를 차단하거나 분산시키는 방법을 사용하는 것이 증속에 따른 소음을 줄이는데 효과적으로 적용할 수 있다. 한편 궤도분야나 구조물 분야에서 접근 가능한 소음저감방안은 콘크리트 슬라브도상의 흡음력을 높여 콘크리트 반사소음을 줄이는 방법과 선로 변 벽체에 회절소음을 줄일 수 있는 상단장치가 효과적이다. 본 연구 이전에 4 차년도 400km/h 인프라 연구를 통해 일반 고속철도는 물론이고 400km/h 고속철도의 소음까지 예측할 수 있는 설계기법과 두 가지 형태의 저감장치들이 개발되었다. 그러나 개발된 장치의 저감효과를 설계기법에 활용하기 위한 Database 및 저감장치의 시공성과 경제성을 갖추기 위한 추가 연구의 필요성이 제기되었다. 따라서 본 연구의 목적은 상단장치와 흡음블럭을 고도화하고 장기적인 모니터링을 통해 내구성검증 및 설계예측에 필요한 Database 를 확보하는데 있다.

Table 1 분야별 철도소음 저감방안

분 야	소음저감방안
궤도 분야	<ul style="list-style-type: none"> - 레일의 주기적 연마와 레일표면 조도관리 - 탄성체결장치의 사용, 레일의 중량화, 장대화 및 레일 용접 시 품질확보 - 궤도 부설시의 품질확보 - 저진동 궤도 시스템의 채택(플로팅 슬래브 궤도, ERS) - 궤도의 진동 차단(교량 및 u-type 구간 발라스트 매트) - 도유기(레일이나 차륜의 마모를 방지하기 위한 시설) - 벽면흡음재(터널 측벽에 흡음재 설치) - 도상흡음재(궤도 바닥에 흡음재 설치) - 방음벽(흡음형, 반사형) 및 방음벽 상단장치(간섭형, 공명형, 흡음형)
구조물 분야	<ul style="list-style-type: none"> - 단선보다는 복선 터널의 경우 터널 단면적이 커서 철도소음이 작다 - 터널벽체에 인공 요철 설치 - 구조물에 의한 진동 차단 - 구조물 흡음(방음벽의 내측이나 터널벽체, 고가면 상면에 흡음재 부착)
차량 분야	<ul style="list-style-type: none"> - 차량의 이중 흡음형 차체 채택이나 창문 유리의 두께 조정 및 패킹재의 개량 - 방음차륜 및 차륜 답면의 구배 변경 - 집전장치의 개량 - 차륜 단면의 관리 - 모터, 냉방기 등 기기의 소음저감


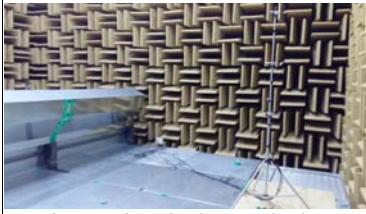
2. 본 론

2.1 소음저감장치 고도화

2.1.1 상단장치 고도화

1 단계 성과품이 갖는 단점은 중량이 크게 제작되어 경제성이 떨어지고 단위 셀로 되어 있어 시공이 불편하다는데 있다. 본 1 차년도 연구를 통해 Table 2 와 같이 벽체 길이에 맞게 4m 및 2m 로 제작되는 형태로 변경하여 한 경간을 한번에 시공하도록 고도화 하였다. 또한 회절되는 소음을 줄여주는 상단장치의 내부격자 배치 및 두께에 대해서도 시뮬레이션 및 무향실 시험 등을 통해 기존 성과품 보다 성능개선 되도록 하였다. 현재 진행되고 있는 2 차년도에는 고속철도 현장에 부설하여 평가를 할 수 있는 시작품제작 및 현장부설을 통한 시험평가를 진행할 예정이다.


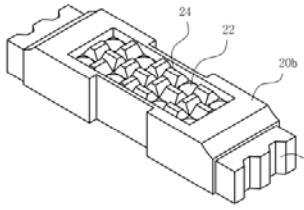
Table 2 상단장치의 고도화 방향 및 내용

1단계 개발제품	고도화 항목	고도화 모델	고도화 방향
 <ul style="list-style-type: none"> - 500mm 단위 셀로 되어 있어 무게 및 시공이 불편 	형상/시공성	 <ul style="list-style-type: none"> - 선로 변 벽체 길이에 맞게 적용가능하게 변경 	단위 셀을 벽체길이에 따른 일체형으로 고도화
<ul style="list-style-type: none"> - 3dB 이상 저감 	소음저감성능	<ul style="list-style-type: none"> - 3dB 이상 저감 	무게와 기능을 개선하면서도 성능은 유지
<ul style="list-style-type: none"> - 4M당 216 kg 	무게	<ul style="list-style-type: none"> - 4M당 110kg 	형상 및 시공방법에 대한 고도화를 통해 무게절감

2.1.2 흡음블럭 고도화

흡음블럭의 경우 1 단계 성과품의 가장 큰 단점이 흡음블럭이 시공된 후에는 흡음블럭이 시공된 곳의 콘크리트 슬라브의 균열을 확인 할 수 없다는데 있었다. 그러나 고도화 연구를 통해 균열을 확인하면서도 성능을 유지할 수 있는 흡음블럭 형상을 개발하였다. 한편 형상고도화에 따라 저감되는 성능을 기존 성과품과 동등하게 유지하기 위해 적용소재에 대한 연구를 수행하여 무게를 낮추면서도 1 단계 성과품에 비해 동일한 성능 및 기능을 유지하는 흡음블럭 개발을 완료하였다. 현재 진행되고 있는 2 차년도에는 흡음블럭도 상단장치와 마찬가지로 고속철도 현장적용을 위한 시작품을 제작하고 현장부설 후 시험평가를 통해 성능을 검증할 계획에 있다.



Table 3 흡음블럭의 고도화방향 및 내용

1단계 개발제품	고도화 항목	고도화 모델	고도화 방향
 <p>- 제품 설치 후 도상점검이 어려움</p>	유지보수성	 <p>- 도상점검이 가능하도록 개선(특허출원)</p>	형상 및 시공방법개선으로 도상점검이 원활하도록 고도화함
<p>- 3dB 이상 저감 - 최대감음주파수 범위 (800~3,150Hz)</p>	소음저감성능	<p>- 3dB 이상 저감 - 최대감음주파수 범위 (800~3,150Hz)</p>	무게와 기능을 개선하면서도 성능은 유지
<p>- M당 560 kg</p>	무게	<p>- M당 476 kg(15% 경량화)</p>	소재 및 형상고도화를 통해 무게절감

2.2 장기모니터링 및 내구성검증

철도소음을 측정하고 평가하는 방법은 국외의 경우 대표적으로 ISO 3095가 활용되고 있으며, 국내에서는 소음진동공정시험기준(환경부, 2010)가 주로 활용되고 있다. 국내의 경우 측정점으로 건축물로부터 철도방향으로 1m 떨어진 지점의 지면 위 1.2~1.5m를 제시하고 있으며, ISO 3095의 경우 이격거리 7.5m 높이 1.2m를 제시하고 있다. 상단장치의 경우, 설계자료 확보를 위해 12.5m, 25m 그리고 민가 위치에서 높이를 1.2m와 3.5m 로 격자망을 형성하여 평가를 수행하였다(Table 4 참조). 한편 모니터링 기간 중에 육안점검을 통해 소음저감장치에 대한 오염, 변형 그리고 이물질 발생여부 등을 확인하여, 초기상태에서 변화가 없음을 확인하였다.

Table 4 소음저감장치의 모니터링 전경사진

상단장치 시험전경	흡음블럭 시험전경
	

3. 결 론

철도교통의 경우 방음시설 증설에 대한 민원이 나날이 증가하고 있고, 최근 철도소음 관련 민원 중 대부분이 방음벽 높이 증설 및 방음벽 추가 설치에 대한 민원이다. 이러한 민원 개소 중 기존 방음벽의 높이 증가를 요구하는 개소는 20%로 예상되며, 이와 같은 민원개소에는 별도의 기초공사나 보완 없이 개발되는 소음저감장치를 적용하여 대응할 수 있다. 한편 고속철도의 효율적인 운영을 위하여 현재 영업노선의 최고 운행속도를 300km/h를 350km/h로 증속하는 연구가 진행되고 있으며, 속도 증속 시 소음증가로 인하여 기존 방음시설의 보완 및 추가 설치가 반드시 필요하게 된다. 본 연구가 완료되면 개발되는 소음저감장치 적용에 따른 고속철도 환경소음예측이 가능 해 초기에 민원에 대비할 수 있고 방음벽을 높이지 않고서도 추가적인 소음저감이 가능해 진다. 무엇보다도 400km/h 이상의 고속철도에서도 공력 및 전동음원에 대한 특성분석 및 슬라브 도상과 방음벽상단 회절되는 부분에 대해 소음을 줄일 수 있는 기술의 상용화가 가능해 소음예측 및 문제해결에 대한 국내독자기술을 보유할 수 있다.

후 기

본 연구는 국토교통부에서 시행한 “호남고속철도 테스트베드를 활용한 인프라 통합모니터링 시스템구축 및 소음저감장치 고도화연구(1 차년도)” 에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

- [1] Jun-Ho Cho(2014), Suggestion of assessment height for noise measurement according to the vertical radiation characteristics of railway noise, Korea Society of Environmental Impact Assessment, Vol. 23, No. 1, pp.29~37
- [2] Kaoru Murata(2006), Noise reduction effect of noise barrier for Shinkansen based on Y-shaped structure, *QR of RTRI*, Vol. 47, No. 3.
- [3] Takashi Tahara(2010), Shinkansen noise reduction by new wayside equipment development, *JR East technical review*, No. 16, pp. 60~62.
- [4] Chulhwan Kim(2011), Performance evaluation of noise reducing devices installed on the top of highway noise barriers, *Inter-noise 2011*
- [5] C. Mellet(2006), High speed train noise emission : Latest investigation of the aerodynamic / rolling noise contribution, *Journal of Sound and Vibration*, 293, pp. 535~546
- [6] C. Talotte(2000), Aerodynamic noise : a critical survey, *Journal of Sound and Vibration*, 231, pp. 549~562