

방음벽 및 방음장치 특허 동향 분석

Patent Analysis for Noise Barrier and Noise Reducing Device

조준호† 고효인* 김홍섭*
Jun-Ho Cho Hyo-In Koh Heung-Sup Kim

ABSTRACT

In this study, the patent trends for noise barrier and noise reducing device have been analyzed, for the development of adaptive noise barrier according to the transmission characteristics of railway noise. Using patent search engine, keyword searching for patents after 1980 in Korea was performed. The first 667 patents details were reviewed for the extraction core(ie, key) patents. From this review, finally 70 patents were built as DB. From this analysis of core patents, system requirements for development of noise reducing device were obtained.

1. 서론

국내 철도 연변에 시공된 방음벽은 경부고속철도에 이르기까지 전반적으로 수직형과 말단절곡형으로 제한되어 있다. 도로변에 비하여 방음판 자체의 적용기술도 획일적이며, 높이상승 효과를 위하여 방음벽 상단의 음향에너지의 회절현상을 저감하고자 개발된 상단 소음저감장치의 활용이나 적용 사례도 많이 상용화 설치된 도로에 비하면 거의 찾아볼 수 없는 실정이다.

국내 철도소음 저감시설에 대한 연구는 1990년대 이후에 환경에 대한 국민의 의식향상에 따른 민원 제기 등으로 관심의 대상이 되었고, 몇 가지 유형에 대한 해석연구나 모형실험 연구, 기 개발된 상단장치의 철도변 성능효과 검증을 위한 현장평가 시험 등이 수행된 바 있다. 그러나 철도의 고속화와 화물 열차의 증대, 철도변에 근접한 고층아파트의 증가 등의 추세와 잇따라 제기되는 민원의 해소를 하기에는 기존의 방음벽 이외의 대안이나 적용계획이 매우 부진한 상황이다.

철도는 도로와는 달리 계획된 운행시각에 짧은 시간 통과하여 예측 가능한 소음현상이라 할 수 있고, 운행 지역의 소음환경과 성가심도의 주요 원인이 분석되면 차량의 유형에 따라서 운행소음 특성이 다양하지 않기 때문에 좀 더 효율적으로 그 취약점을 분석하여 향상을 위한 신기술과 대안을 개발, 설계할 수 있다고 본다.

따라서 본 연구에서는 이러한 관점에서 주로 도로변에 상용화 되어 활용되고 있지만 국내 철도변에도 시험된 바 있거나 적용가능한 방음벽 상단장치에 대한 특성을 분석하였고, 그 외 방음벽 상단장치에 대한 국내외 기술동향을 조사하였으며, 철도소음 전파 특성에 따른 방음장치 개발을 위해 철도 및 도로교 통용 방음벽의 특허 동향을 조사하고 분석하였다. 특허검색 엔진에서 검색식을 이용 1980년 이후 국내에서 출원된 총667개의 특허 원문을 분석하여 최종적으로 70개의 핵심특허를 선정하고 상세 분석하여 DB로 구축하였다, 또한 상세분석 결과를 토대로 요구되는 조건을 정리하여 방음장치 개발의 기초 자료로 삼았다.

† 정회원, 한국철도기술연구원, 철도환경, 책임연구원
E-mail : jhcho@krii.re.kr
TEL : (031)460-5366 FAX : (031)460-5279
* 정회원, 한국철도기술연구원
** 비회원, 한국철도기술연구원

2. 방음벽 및 방음장치 기술 동향

국내 철도변에 적용된 방음벽 상단장치로는 극히 소수의 사례이지만 간섭형 상단장치를 들 수 있다. 이는 현재 방음벽의 설계높이를 20%~30% 낮추는 효과를 보기 위한 목적으로 시공비 또한 20% 저감을 목표로 설계되었다. 기술의 개요는 방음벽 상단에 입사하는 음의 소멸간섭을 이용하기 위하여 약 60cm 크기의 간섭장치를 통하여 상단 표면에 입사하는 음파의 위상을 변화시켜 수음지점 5m 거리의 가시선 영역의 4.5m 높이에서 2~3dB 효과를 ISO 10847 방법 및 소음진동공정시험방법에 의하여 검증하였다. 일반적으로 2~3 dB의 추가적인 소음감소를 위해서는 방음벽의 높이를 2~3m 높여야 하고, 이를 감안하여 시공비의 절감수준을 분석하였다. 그림 1 과 같이 격자구조를 이용하여 상쇄간섭을 활용하였으며, 내부 격자배치에 따른 특정소음 제어를 가능하게 하였다[1].

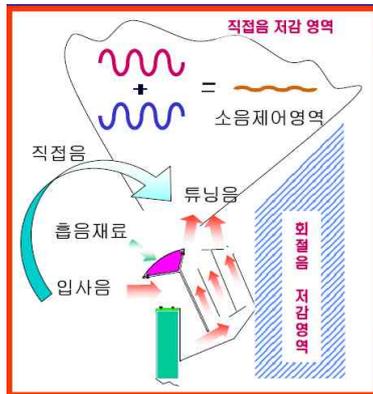


그림 1 국내 방음벽 상단의 간섭원리를 이용한 소음저감장치 기술 개요

철도변은 아니지만 국내에 시공되어 활용되고 있는 방음벽 상단 소음감소기로는 안쪽에 흡음재가 부착되어 있는 원통모양의 감소기, 상단을 양쪽으로 퍼지게 하여 끝을 원형으로 처리한 감소기, 버섯모양의 소음감소기, 내부에서 소음 간섭과 아울러 흡음을 함께 일으키는 형태 등이 있고, 일반적인 자동차 소음을 고려하여 도로변 높이에 소음원이 위치해 있다(그림 2). 이들의 현장시공 평가결과에 의하면 저주파수 영역인 100Hz~400Hz 에서는 어느 측정위치에서든 모두 4 dB 이하의 추가효과에 그쳤다. 2m 방음벽에서 5m 이격거리인 경우 5m 이상의 수음위치에서는 한 가지 유형을 제외하고는 전 주파수 영역에서 3dB 이하의 효과를 보이고 있고 총합소음도의 경우 향상도 없는 것으로 나타났다.[2]



그림 2 국내 방음벽 상단의 소음감소기 유형들

일본 JR East[3]에서는 신칸센 고속선의 방음벽을 향상하기 위하여 회절현상과 간섭현상을 활용하는 상단장치(그림 3)를 개발 중이며, 스피커 소음원을 통한 현장시공 시험결과를 발표하였다. 실제의 고가위의 고속열차의 소음원을 고려하여 차륜과 레일위치의 전동소음원, 차체상부 위치의 소음원, 판토그래프 위치의 소음원 등 세 가지의 소음원에 대하여 수치해석을 하였다. 소음저감 뿐 아니라 진동성능, 하중, 설빙환경에서의 강도 내구성 등의 시험을 수행하였고, 방음벽으로부터 25m 이격거리 1.2m 높이에서의 총합소음도 2 dB의 향상효과가 나타났다. 이는 기울어진 흡음판 등 흡음재의 효과까지 고려한 결과이다.

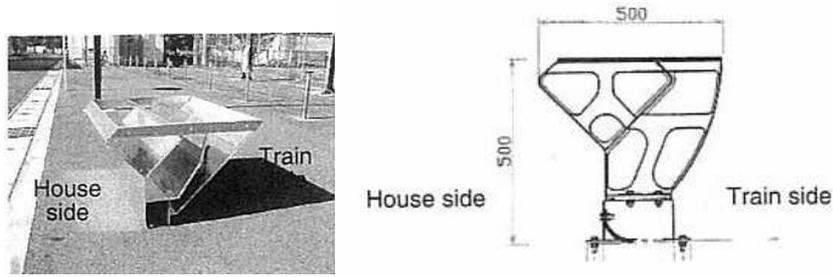


그림 3 일본 고속열차 구간 신칸센 방음벽 향상을 위한 간섭 및 회절형 상단소음감소기

방음벽 상단의 회절현상을 능동소음제어기술을 이용하여 차단, 전향하는 기술연구가 또한 1990년대 이후로 독일, 일본, 호주, 프랑스에서 진행되어 왔고, 모델실험 시 0-7 dB, 최고 26 dB 의 저감효과향상을 나타내었으며, 옥외 측정 시 6 dB 까지 저감향상 효과를 보였다. 일본의 경우 미츠비시 기술연구소와 국토성에서 도로변 방음벽에 시공하였다(그림 4). 능동제어 목표 주파수 영역은 도로소음 저주파수 영역인 200Hz~630Hz 이며 방음벽 뒤 1.2m 높이에서는 5.6 dB, 5m 높이에서는 1.8dB 의 현장시험 결과를 보였다. 그림 4는 2007년 일본에서 상용화된 능동소음제어 기술을 활용한 방음벽의 사례로 주거지역의 기계소음을 저감하는 목적으로 방음벽 상단에 설치된 예이다.



그림 4 능동음장 제어를 활용한 방음벽 시공사례(일본)

그 외 다양한 기하학적 변형을 통해 간섭 혹은 산란의 효과를 이용하여 소음저감 목표지점에서의 그늘효과를 향상시키는 연구로 주로 유럽, 미국, 일본 등에서 1980-1994 에 이루어져 왔다. 상단 자체의 유형으로는 T 자형 상단이 공통적으로 효과를 보였으며, 다중모서리(multiple edge)는 2-3 dB, random edge 는 3-7 dB 의 효과를 보였으나 5kHz 이상이나 저주파에서는 역효과가 일어날 수 있는 것으로 발표되었다. 이에 흡음재를 첨가한 경우 최고 6 dBA 까지 저감향상효과가 나타났다. 그러나 대부분이 수치해석이나 모델측정 연구결과로써 현장시공 측정결과나 실용화에 대한 결과는 많지 않다.

최근에는 태양광을 이용한 발전형 투명방음벽으로 주로 독일과 스위스를 비롯한 아우토반에 실용화되어 있다. 독일의 경우 철도변에 시도한 파일릿 프로젝트로써 낙엽송목재와 짚을 상자모양으로 묶은 뭉치를 측면 흡음재료로 활용하였으나. 이 경우는 유지보수 문제가 용이하지 않다고 한다. 흡음재 내부에 사용된 짚을 이용한 재료는 흡음과 단열에 많이 사용되고, 10dB 의 소음저감 효과를 보였다.

또한 수목재를 활용하여 친환경적 지속가능성을 추구하는 것으로써 방음벽 내부에 가열장치를 설치하여 잔디와 같은 식물이 동절기에도 성장할 수 있도록 설계된 유형이다. 기존 방음벽 녹화의 경우 겨울철에 오히려 더욱 황량하게 보이는 단점을 해결할 수 있는 방안으로 현재 실험단계이다. 최근 들어 독일을 비롯한 유럽의 경우 기존의 방음벽 대신 친환경 녹색 방음벽의 설치로 대체하는 사례도 늘어가고 있어, 자연을 소재로 한 식재 방음벽 재료에 대한 검토가 매우 다양한 방향으로 활발히 진행되고 있다.

3. 방음벽 및 방음장치 특허 분석

본 장에서는 철도소음을 효과적으로 저감하기 위한 방음장치 개발을 위해 기존 특허로 출원되어 보호되거나 공개된 내용을 조사 분석하였다. 이를 위해 특허정보검색서비스[5]의 검색 도구를 활용하여 국내에 출원된 특허를 대상으로 하여 조사 분석하였고, 특허지도 작성 등의 프로세스[6]를 따라서 수행하였다.

특허검색은 검색식의 조합에 의해 매우 많은 수의 특허가 검색될 수 있고 또는 그 반대로 너무 적은 수의 특허가 검색되어 실제 찾고자 하는 특허를 조사하는 것이 불가능할 수 있으므로 전략적 검색이 필요하다.[7] 따라서 검색식의 변화를 통해 검색되는 특허수 그리고 개별 특허와 조사하고자 하는 특허의 상관성을 검토하여 검색 식을 선택하였다. 검색식에 따라 적게는 472개에서 9000여개까지 검색되었다. 그러나 소음이란 단어가 들어간 특허는 수천 개에 달해 이 중 본 연구와 관련 있는 유효특허를 통계적으로 조사한 바 그 수는 매우 적은 퍼센트를 차지하였다. 따라서 철도 환경소음 저감을 위한 의미에서 방음 또는 방음벽이란 단어가 들어간 특허(검색식 방음*방음벽)로 검색한 경우 667개의 특허가 검색되고 그중 유효특허가 420여개로 판별되었다. 이는 다른 검색식 ((방음*방음벽)*(철도+철로+도로+선로)), ((방음*방음벽)*(철도+철로+도로+선로+교통))로 검색하여 유효특허를 조사한 결과와 유사하였다. 따라서 본 연구에서는 667개의 초기 검색 특허의 원문을 내려 받아 본 연구와 관련이 깊은 420여개를 선별하여 추가 정밀 검토를 수행하였다. 이 중 정밀검토를 통해 304개의 관련특허를 재선정하였다. 이렇게 선정된 특허는 다음 표 1에 나타낸 바와 같이 그 유형을 분류하였다.

표 1 육상교통 소음 저감장치의 유형 분류

대분류	중분류	소분류
반사형	건축재	콘크리트, 목재, 자갈재
	화학재	폴리에틸렌
	폐기물재	석회분
	재활용재	페플라스틱, 폐수지
흡음형	섬유재	글라스울, 암면
	건축재	기포콘크리트
	폐기물재	석회분
특수형	혼합형	반사 및 흡음, 흡음 및 공명
	간섭형	가지형, 유도공간형
	회절형	원형, 버섯형
	공명형	폐공간형, 막진동형
	능동형	
	특수형	특수형, 창문형
	방음림	
	역L형	
	터널형	
다기능형	집열, 집광, 도로분리, 식재	

정밀분석을 통해 선정된 304개 특허를 특허 년도 별로 조사하였으며, 1980년에서 1990년 중반까지는 미미한 출원수가 1990년 중반이후에는 가파르게 상승하고 있으며 2006년에는 년50편까지 출원되고 있음을 알 수 있다. 이유는 밝혀지지 않았지만 2007년 이후 감소하는 현상을 보이고 있는 것은 가파르게 특허 출원이 이루어져 어느 정도 현재 기술수준에서 제출할 수 있는 특허가 포화된 것이 아닌가 판단된다.

기술분류별, 연도별 추이

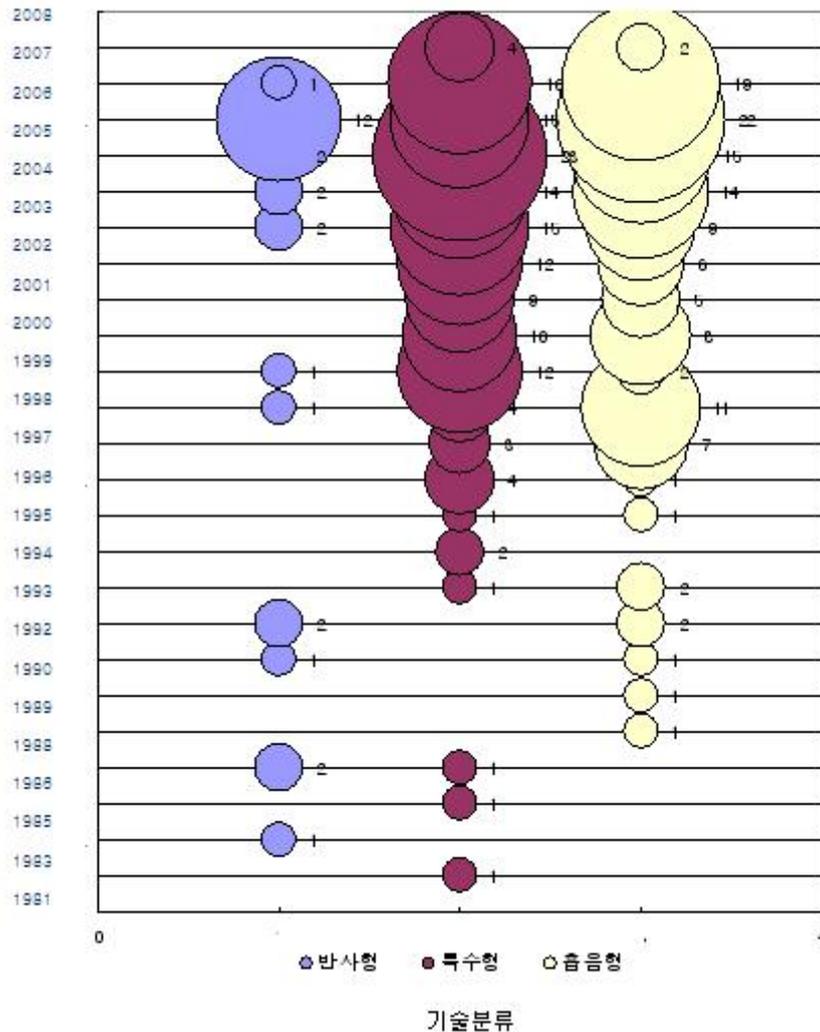


그림 5 대분류별 특허의 연도별 출원 경향

그림 5에는 대분류 유형별 출원건수를 연도별로 나타내었다. 반사형 방음벽은 10%이내를 차지하고 있고, 주로 특수형과 흡음형 방음장치가 대부분을 차지하고 있음을 알 수 있다. 여기에서 반사형 방음벽은 주로 재료로써 재활용재를 사용하거나 방음벽 재료의 제조법 등에 대한 특허가 대부분이었다.

철도소음을 효과적으로 저감하기 위한 방음장치 개발 시 기존 특허를 침해하지 않기 위해 회피해야 할 사항 및 검토해서 개발방향으로 삼아야 할 내용을 분석하였다. 표 2는 이렇게 주요 핵심특허에 대해 상세 분석한 결과를 DB로 구축한 사례를 나타내었다.

이와같이 핵심특허 상세 분석과 철도운영기관 소음민원 내역 조사 등을 통해 얻어진 방음장치 요구조건을 요구사항 도출한 후 시스템 엔지니어링 기법 중 요구사항 검토(System Requirement Review, SRR)를 통해 요구조건을 종류별로 분류하여 표 3에 나타내었다.

표 2 핵심특허 분석 사례

출원번호	10-1981-0005280
최종처분내용	등록결정(일반)
등록상태	소멸특허 (존속기간만료)
출원인	브리지스톤타이어
발명의 명칭	소음제어장치
대분류	특수형
중분류	간접형
소분류	유도공간형
대표그림	
주요내용	<ul style="list-style-type: none"> *간접형 상단장치 표시 *실험장치 및 실험결과 포함 *비교로 하는 방음벽 높이차이로 저감효과7-8dB는 검증필요 *소음차단판 필요 여부 검토 필요

표 3 요구사항 검토(System Requirement Review, SRR) 결과

요구조건 종류	요구조건 내용
기능	- 국내 철도소음을 효율적으로 저감해야 한다.
성능	- 강한바람의 경우에도 구조적으로 안전해야한다.
설계	<ul style="list-style-type: none"> - 소음 저감의 목표(Target) 주파수는 500-3000Hz 대역이어야 한다. -> 주파수대역은 연구를 통해 재검토 후 확정 필요 - 충분한 내구성과 강도를 가져야한다.
기타품질	<ul style="list-style-type: none"> - 일조를 가능한 방해하지 않아야 한다. - 경관(조망)을 가능한 방해하지 않아야 한다. - 유지보수가 용이해야 한다. <ul style="list-style-type: none"> · 강우 시 배수가 용이하게 이루어져야 한다. - 복합기능(예 집열기능)으로 방음장치의 가치를 부가시키면 좋다. - 필요에 따라 높이(또는 형상)가 변화되는 구조일 수 있다. - 시간의 경과에 따라 방음 성능 저하가 없어야 한다. - 물청소 등 청소가 용이해야하며 시간의 경과에 따라 부식되거나 퇴색되지 않아야 한다. - 가능한 친환경재료를 사용해야한다.
외부인터페이스	- 상단장치의 경우 기존 방음벽에 설치가 용이해야한다.

4. 결론

본 연구에서는 철도변에서 시험된 바 있거나 적용가능한 방음벽 상단장치에 대한 특성을 분석하였고, 그 외 방음벽 상단장치에 대한 국내외 기술동향을 조사하였으며, 철도소음 전파 특성에 따른 방음장치 개발을 위해 철도 및 도로교통용 방음벽의 특허 동향을 조사 분석하였다.

특허검색 엔진에서 검색식을 이용 1980년 이후 국내에서 출원된 총667개의 특허 원문을 분석하여 최종적으로 70개의 핵심특허를 선정하고 상세 분석하여 DB로 구축하였다,

본 연구를 통해 얻어진 특허분석 및 핵심특허 상세분석 결과를 토대로 신규 방음장치 개발에 요구되는 조건을 정리할 수 있었고, 향후 방음장치 개발의 기초 자료로 유용하게 활용 가능하리라 판단된다.

참고문헌

1. “방음벽 상단 소음저감장치 개발을 통한 교통소음 저감에 관한 연구”, 유니슨 주식회사 자료
2. 강대준, 이재원, 구진희, “방음벽 상단의 소음감소기 성능평가”, 한국소음진동공학회 논문집 제17권. 제12호, pp.1139-1144, 2007
3. Sakurai K., Mori K., Masuda T., “Development of a noise reduction device for shinkansen sound barriers”, JR East Technical Review-No.12, pp.52-57
4. Takashi Ishizuka, Kyoji Fujiwara, “Performance of noise barriers with various edge shapes and acoustical conditions”, Applied Acoustics 65, pp.125-141, 2004
5. www.kipris.or.kr
6. 특허MAP전문가 양성 교육자료, 2009, 한국과학기술정보연구원
7. 특허정보핸드북, 2008, 특허청/한국특허정보원, pp.84