

# 철도용 고효율 친환경 경량방음터널 기술개발

## A Development of the Light Weight Noise Tunnel on a High Degree of Efficiency and Environmentally Friendly for Railway

† 손정곤 \*박광현 \*\* 류래언

**Key Words** : light weight noise tunnel(경량방음터널), railway noise(철도소음), noise abatement control (소음방지대책)

### ABSTRACT

These Days a lot of Noise Complaints in vicinity of Railway has been more increase than before. Almost 1/3 Residences who lives in Railway side are Exposure to Noise Pollution. Since the Apartment Buildings around Railway are getting more higher ,so those of the Noise Barrier are not best solution anymore. We are going to make a New Plane with the state of the art technology for Railway Noise Abatement Control. Our Goal are focus on a development of Light Weight Noise Tunnel designed by new absorption mat'l and tunnel Stucture on the Overbridge and Viaduct of existing Railway. New Noise Tunnel will be reducing their weight more than 30% against Road Traffic One and also 10dB(A) Noise Reduction against Noise Barrier.

### 1. 서 론

현재 국내 철도변에 있는 고층아파트의 환경소음 문제가 고속철도 도입이후 소음피해는 급증하여 심각한 사회문제로 대두되고 있으며, 철도소음으로 인한 피해인구는 약 170여만명 수준으로 증가추세에 있다.

특히 수도권지역의 철도변 고층아파트는 철도소음으로 인한 대표적인 피해지역이다.

현재 방음대책으로 활용되고 있는 방음벽은 저층 지역에 한해 부분적 효과가 있으나 고층아파트 소음 피해를 줄이지 못하는 실정으로, 도시철도 통과횟수가 많은 수도권지역 중·고층아파트 주민에 대한 소음대책이 시급한 실정이다.

따라서 지상, 고가철도 등에 설치 가능한 방음터널이 효과적인 대안이나 현재의 도로소음 방지용 방

음터널은 비용과 하중문제로 적용에 어려움이 있어, 철도전용 경량방음터널을 개발하여 최적화하므로써 철도변거주민의 소음공해 해소에 기여하고자 한다.

### 2. 연구개발 동향분석

#### 2.1 관련 분야의 국내외 연구동향 및 학술적 성과

(1) 국가 연구개발사업 유사연구 실적

**Table 1** The Preceding National P/J Associated with Railway Noise Tunnel

Gov'n't	P/J	Title	Cost (bW)	Remarks (yr)
교육 과학 기술부	일반 연구자 지원	철도소음 예측 및 평가를 위한 상사모델 실험기법 연구	0.96	2012년
교육 과학 기술부	일반 연구자 지원	철도차량 소음 저감을 위한 흡차음재 최적 배치방안 연구	1.74	2012년
교육 과학 기술부	일반 연구자 지원	소음특성을 고려한 고차음성 친환경 벽체 시스템 개발	0.59	2012년
국토 해양부	건설교통 연구기획	철도 소음진동 저감 원천 기술 개발 기획	0.95	2012년

† 교신저자; 정희원, (주)유신 환경부  
E-mail : dwhand@hanmail.net  
Tel : (02)2163-6585, Fax : (02)2163-6589

\* (주)유신 환경부  
\*\* (주)유신 환경부

철도소음 예측 및 평가를 위한 상사모델 실험기법 연구는 철도변 현장지형을 실물대비 1:50 규모로 축소하여 상사모델을 제작하고 이를 통한 음향 전파과정을 측정하는 연구이며, 철도차량 소음 저감을 위한 흡차음재 최적 배치방안 연구는 철도차량 차실 흡차음소재의 음향학적 특성을 연구 분석하여 흡음과 제진효과가 향상된 소재 활용 가능성 확대 목적의 연구이다.

소음특성을 고려한 고차음성 친환경 벽체 시스템 개발연구는 벽체 차음성능 향상을 위한 친환경 흡음재 개발 및 현장적용 성능평가 연구이며, 철도 소음 진동 저감 원천기술 개발 기획의 경우 철도 소음진동 저감 원천기술 개발 추진전략 및 추진체계 수립을 목표로 차륜, 레일, 차량동력장치, 차량, 궤도 등의 소음진동 저감기술과 철도환경소음평가 및 저감기술 등의 세부목표 및 후보과제 도출 기획연구와 연계되며, 본 연구와는 중복 되지 않는다.

(2) 기존 연구개발과제의 차별화 방안

본 연구는 철도 소음진동 저감 원천기술 개발 기획 연구로, 철도변 고층건물의 7층 이상 환경소음 7~10 dB(A) 저감을 목표로 고효율 친환경 경량(30% 절감)방음터널 흡차음구조 개발(축소모형시험)로 소음저감 뿐만 아니라 방음터널의 경량화, 고효율화, 친환경화로 기존연구와 차별화된 방음기술 개발하고자 한다.

(3) 관련분야의 국내외 연구동향 및 학술적 흐름 분석

국내 차륜레일 진동음, 스킨소음, 레일파상마모에 대한 연구는 시작단계에 불과해, 발생 매커니즘에 대한 이해와 효과적인 저감방안 설정이 어려운 실정이며, 또한 철도 구조물(고가교와 철교) 소음의 경우 국내에서는 현황소음을 파악하는 연구가 진행 중에 있다.

반면, 유럽 및 일본 등에서는 진동음에 대한 예측 프로그램이 개발되어 저감방안에 활용되고 있으며, 스킨소음 및 레일파상마모에 대한 저감방안 연구가 진행 중으로, 철도 구조물 소음의 경우 유럽에서는 철교예측 프로그램을 개발 후 저감 방안에 활용중이며, 일본에서는 신간선 고가교 소음 저감연구가 수행되었다.

이와 같이, 철도소음 발생원 및 영향예측에 대한 연구와 더불어 철도 방음터널에 대한 연구가 일부 이뤄지고 있으나, 대부분 도로 방음터널에 대한 연구이며, 철도소음 구조물상의 경량 방음터널에 대한 연구는 이제 시작단계에 있다.

**Table 2** The Preceding National R&D Output Associated with Railway and Road Noise Tunnel

P/J Name	Remarks
방음터널의 소음저감효과에 관한 연구	공통
방음터널의 풍하중 산정 및 감음성능 예측	공통
전라선 고가교 방음터널 효과검증	철도
고가철교 방음터널 효과검증	철도
방음터널의 길이와 단부처리에 관한 실험적 연구	도로
방음터널 단면형상에 따른 소음저감 특성 평가	도로
도심지 방음터널의 공동주택 소음저감 효과에 관한 연구	도로
고층주택의 소음저감을 위한 방음터널 개발	도로
풍하중을 고려한 방음터널의 설계	도로

**2.1.4** 국내의 관련 기술 특허 동향

국내 방음터널 관련 특허실용 중 현재 등록되어 있는 건수는 총231건이며, 관련 디자인은 24건이며, 일본의 방음터널 특허는 약 264건으로 조사되었다 (특허청, 2013년 10월 기준)

**2.2** 국내의 시장분석 및 산업동향

(1) 국내 시장분석 및 산업동향

철도 주변 고층건물 거주자들의 지속적인 소음민원 제기에 따라 방음벽을 통한 저감효과 한계에 부딪혀 방음터널을 설치하는 사례가 증가하고 있는데, 예를들면 ;

- 2012.9 : 인천 논현역 방음터널 설치
- 2013.9 : 영동고속도로 광교터널~동수원 IC 확장구간 방음터널 설치
- 2013.8 : 분당~수서간 도시고속화도로 공원형 방음터널 조성

철도 방음벽 설치 및 사업비 현황 (철도시설공단, 2012년 11월 기준)

따라서 국내의 철도 소음원 및 저감기술에 대한 연구는 국외에 비해 부족한 것이 사실이나, 국내 철도기술 수준은 결코 낮지 않으며, 또한 국내 철도 주변 고층건물에 대한 소음 민원이 꾸준히 제기되고 있는 상황에서 국내 철도 방음터널 시장은 확대될

것으로 예상된다.

**Table 3** The Noise Barrier Status on Railway Side of General and High Speed Railway (unit : mW)

yr	General Railway			High Speed Railway			Total		
	Q'ty	L (m)	Cost	Q'ty	L (m)	Cost	Q'ty	Length (m)	Cost
2009	35	4,841	8,315	1	300	200	36	5,141	85,15
2010	14	3,741	5,297	2	520	367	16	4,261	5,664
2011	13	3,089	4,728	5	800	570	18	3,889	5,298
Total	62	11,671	18,340	8	1,620	1,137	70	13,291	19,477

이에 유럽, 일본 및 홍콩 등의 철도 방음터널을 벤치마킹하여 국내에 적합한 고효율 친환경 경량 방음터널을 개발함으로써, 쾌적한 철도소음환경을 조성하고, 나아가 해외시장진출을 도모하고자 한다.

### 3. 년차별 연구목표 및 내용

#### 3.1 최종목표

본과제의 연구기간은 5년으로 이를 통해 다음과 같은 연구목표를 도출하고자 한다.

##### (1) 방음터널의 경량화 설계방안 연구

기존 도로적용 방음터널 대비 30% 이상 경량화 설계기법을 도출하고자 하며, 터널구조, 형상 및 재료의 혁신을 통해 경량화목표 달성하고, 철도 고가 및 교량 상부에 설치가능한 방음터널사양을 도출하고자 한다. 또한 기존 방음벽 대비 10dB 이상 소음을 저감하고자 한다.

소재(구조재 및 음향소재)의 적용을 통한 소음저감 달성과 단면형상 최적설계를 통해 흡차음 성능을 달성하여, 최종적으로 경제성있는 시공 및 유지보수 방안 도출하르로서, 도로터널 대비 시공비용 30%를 절감하고, 아울러 표준시방서(시공 절차, 유지보수 절차 등)를 제시하고자 한다.

#### 3.2 연구개발 추진단계

본 연구는 전체 5단계로 나누어 2013년 12월부터 2018년 12월까지로 단계적으로 추진하고자 한다.

#### 3.3 년도별 추진내용

다음 <Table 4>는 단계별 추진계획을 년도별로 세분하여 각 년도별로 달성해야할 연구목표와 수행

할 연구내용을 요약한 것이다.

**Table 4** The R&D Targets and Methods to be Performed 5 Years

Period	R&D Targets	R&D Contents and Methods
1st yr ('13.12 ~ 14.7)	<ul style="list-style-type: none"> <li>기술개발 기본계획 수립</li> <li>-선행연구사례 조사</li> <li>-목표 및 사양 성능확정</li> <li>-구조/음향</li> </ul>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 철도변 고층 주거지 피해현황 조사</li> <li>2. 철도방음시설 국내외 규정조사 및 사례검토</li> <li>3. 방음벽 대비 방음터널 음향효과 비교·분석(문헌)</li> <li>4. 철도변 교량 및 고가교 한계하중 검토</li> <li>5. 방음터널 요소/재료별 하중분포 및 민감도 검토</li> <li>6. 철도전용 방음터널 구조·음향 설계 기본방향 결정</li> </ol>
2nd yr ('14.7 ~ 15.7)	<ul style="list-style-type: none"> <li>경량방음터널 기본설계</li> <li>-경량소재 분석 및 개발</li> <li>-수치 모형 시험 실시</li> <li>-기본설계 도서 도출</li> </ul>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 다양한 경량소재의 특성 분석 및 개발(흡차음재, 구조재료, 경간구조 등 고려)</li> <li>2. 수치 모형시험 실시 (구조계산, 소음해석 등) -기하학적 최적형상 기본설계 (위치, 이격거리, 적정길이, 구조안정성, 단면형상) -소음 저감효과 극대화를 위한 기본설계(선로 및 수음지 유형, 흡차음재 등)</li> <li>3. 친환경 경량 방음터널 기본설계도서 작성 -구조한계, 풍압 등 안전도 검토 -방음터널 단면결정 -기본설계 도면 작성</li> </ol>
3rd yr ('15.7 ~ 16.7)	<ul style="list-style-type: none"> <li>표준설계 및 축소제품 제작</li> <li>-구조안전성 검증</li> <li>-소음 저감 효과 검증</li> <li>-설계지침서 제정</li> </ul>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 친환경 경량 방음터널 표준설계도서 작성 -고가 및 교량 적용 방음터널 구조설계 향상 기술 도출 -경제성과 효율성을 확보한 최적의 친환경 경량 방음 구조 도출</li> <li>2. 표준방음터널 단면형상·진출입부 축소제품 제작 및 성능·효과 검증 (풍동실험 및 음향실험) -표준설계 기초 데이터 생성 -구조한계, 풍압 등 안전도 검토 -소음 저감효과에 대한 확인 -수치 모형시험에 대한 정확도·신뢰도 검증</li> </ol>
4th yr ('16.7 ~ 17.7)	<ul style="list-style-type: none"> <li>표준시방서 작성</li> </ul>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 경제적인 시공방안, 유지보수 방안 도출</li> <li>2. 표준 시방서 작성 -시공 절차서 작성 -유지보수 절차서 작성</li> </ol>
5th yr ('17.7 ~ 18.12)	<ul style="list-style-type: none"> <li>시험선 구간 설치효과 분석</li> </ul>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 관계기관과 협의하여 시험선구간 또는 민원구간 설치계획 수립</li> <li>2. 관계기관이 설치한 경량방음터널 설치 효과 분석</li> </ol>

### 4. 연구성과 및 활용방안

#### 4.1 핵심 연구성과

주요한 핵심 연구성과를 요약하면,

첫째 철도전용 친환경 경량방음터널 개발 및 시험 선구간 설치·효과분석을 통해,

둘째 경량 방음터널의 표준설계도서 작성 그리고 최종적으로 경제적인 시공방안, 유지보수 방안 과 표준시방서(시공 절차, 유지보수 절차 등) 작성을 완료하여,

셋째 실제 민원구간에 경량방음터널을 시공함으로써 철도변 고층아파트 주변의 민원해소는 물론, 나아가 도로변 방음터널에도 본 연구성과를 활용하여 그 적용범위를 확대할 수 있을 것이다.

## 4.2 향후 활용계획

### (1) 현장 적용

- 효율적 철도소음 예측기술 적용
- 표준 경량 방음터널 설계기법 적용
- 표준 경량 방음터널 설계사양 도출

### (2) 제품 실용화

- 표준 경량 방음터널 축소제품 제작
- 연구기간내 시범구간 선정 후 개발되는 연구성 과품 설치 병행 추진
- 수도권 고층아파트 주변 철도에 설치

### (3) 신산업 창출

- 효율적 방음시설 설계 및 자문 기술 확보 (표준설계 기술개발)
- 표준설계 기술개발 시 향후 수요발생 예상되며, 신규 사업으로 발전가능
- 확보된 기술 해외 이전 및 상업화 추진
- 사후 모니터링을 통한 후속연구 진행 (성능평가 및 개선)

## 5. 결 론

### 5.1 기술적 파급 효과

- (1) 철도변 고층건물 소음민원 및 근접지 진동민 원 등 구체적 대상을 중심으로 적용한 국민 체감형 연구개발 결과도출로 기술효과 극대화.
- (2) 자동차 전용도로변으로 연구성과 확산 가능
- (3) 도로변은 철도변 대비 2~3배 수요 예상

### 5.2 사회·경제적 파급 효과

- (1) 수도권 철도변 소음노출 인구를 획기적으로

줄일 수 있어 사회적 파급효과 기대

- (2) 소음원 차원의 철도주행 방사소음 저감기술 적용 실현을 통한 기존 방음벽 적용만의 저감방안 대비 비용편익 30% 이상 향상
- (3) 매년 철도변 방음터널 10개소 설치시 연간 약 6,000억원의 신규사업 발생될 것으로 예측됨
- (4) 환경관련 민원 등의 사유로 계획이 완료된 철도 공사 지연에 따른 시간 비용 및 운영비 증가와 승객 미확보로 얻는 손실 비용 절감
- (5) 개발 및 적용 저감기술의 비용편익, 유지보수성 분석을 통한 종합적 action plan 수립으로 민원 대안에 대한 운영처와 산업체의 실질적 가이드라인 지원

## 5.3 전략적 측면에서의 파급 효과

- (1) 국내 철도은행 실정과 특성에 상응하는 기술 개발로 국내 호남고속철도 적용 및 국외 고속철도 수출시 품질 경쟁 ⇒ 국가이미지 제고 효과 기대

## 참 고 문 헌

- (1) Korea Railway Network Authority, 2010 " A Report of Railway Construction Regulation"
- (2) Kim.B.S. Lee G. T ,2007,A Verification of Noise Tunnel Effects on the Overbridge of Geolla Lines
- (3) Oh.Y. G , 2004, Eestimation and Evaluation of Noise Reduction Association with a Shape of Noise Tunnel Section Noise
- (4) Korea Expressway Coperation,A Review of Design Wind Load for Noise Barrier
- (5) Ministry of Environment, ,2005,A Study on the Comprehensive Countermeasures of Life Noise Reduction, The Korean Society for Noise and Vibration Engineering Technical Report, pp. 74
- (6) V. V. Krylov, ,2001,Noise and vibration from high-speed train, Thomas Telford, Preface
- (7) T. Kitagawa, Nagakura,,2000 ,Aerodynamic noise generated by shinkansen car, Journal of sound and vibration, 231(3), pp.913~924
- (8) B. Hemdworth, ,1979.Recent developments in wheel /rail noise reserch, Journal of sound and vibration, 66, pp.297~310(1)