

# 고속철도 소음저감을 위한 소음 영향 평가 전략

## Strategies of the Noise Impact Assessment for High-speed Railway Noise Abatement

이찬우\*  
Lee, Chan-Woo

김재철\*\*  
Kim, Jae-Chul

### ABSTRACT

THE THERE HAS BEEN AN INCREASING DEMAND FOR THE NOISE IMPACT ASSESMENT BY HIGH-SPEED TRAINS DUE TO THE EXPANSION OF HIGH-SPEED RAILWAY. THIS PAPER PROVIDES STRATEGIES FOR THE EVALUATION AND THE ASSESMENT OF THE POTENTIAL NOISE IMPACT RESULTING FROM PROPOSED HIGH-SPEED RAILWAY. FIRSTLY THE NOISE TECHNICAL SPECIFICATIONS FOR THE RAILWAY NOISE HAVE BEEN REVIEWED, AND THE STRATEGIES OF THE NOISE IMPACT ASSESMENT FOR HIGH-SPEED RAILWAY NOISE ABATEMENT HAVE BEEN DESCRIBED.

### 1. 서론

본 연구에서는 국내외 고속철도차량의 소음기준을 소음원 기준인 차량소음도와 수음자 측에서의 환경소음 기준으로 분류하였다. 우선 차량 소음도는 차량 설계 시 차량 운영자 주문에 의거하여 차량제작자가 만족해야 하는 부분이 강하다고 볼 수 있다. 이에 비해 환경소음은 철도연변 주민의 쾌적성 향상을 위하여 법적인 기준으로 제시하는 것이 일반적이다. 본 연구에서는 고속철도차량을 운영 또는 제작하고 있는 일본, 독일, 프랑스 및 한국에서의 차량 소음도 기준 및 환경소음 기준을 비교하고 최근 유럽에서의 고속철도 통합운행 계획에 의거한 유럽공동체에서 철도소음 기준을 함께 검토하여, 향후 국내에서의 고속철도차량 차량소음 및 환경소음 기준에 대한 기술정책 차원의 적정성을 간략하게 검토하였다.

### 2. 고속차량 차내 소음 및 소음기준 현황 분석

국내외 고속차량 소음도는 크게 두 가지로 분류되고 있다. 첫 번째로 법적 기준을 가지고 철도운영기관에 대한 국가적인 철도소음 한계치를 국민들의 삶의 질 측면에서 규정하고 있는 환경 소음 기준이다. 이는 철도 운영국가별로 약간씩 차이가 나지만 철도연변 주민들에 대한 삶의 질을 높이는 측면에서 고속차량 운행으로부터 발생하는 소음 값을 주변 환경에 따라 도심 또는 시끄러운 교외지역과 조용한 교외 또는 정숙이 요구되는 지역을 구별하여 기준을 소음영향 발생거리에서 시간대 영역별로 기준을 각각 다르게 가지고 있는 것이 일반적이다. 또한 국가별로 측정방법에 따라 소음 평가량을 평균치로 규정하는 것과 최대치로 소음 폭로 한계치를 규정하는 등 약간씩 차이가 있는데, 고속철도 운용 국가 중심으로 현황을 분석하였다. 두 번째로 고속철도 운영자 또는 고속철도 발주기관에서 고속차량 제작자 사이에서 차량 운용 구간별, 시험기준 속도별, 운용 환경별(교량, 평지, 터널, 도상이 자갈 또는 슬라브 등), 차량특성별(동력차, 객차, 특실, 일반실 등) 및 승무원 근로여건 등에 따른 운전실 소음 등과 같이 차내 소음이 있고, 정차 시 차량에서 발생하는 정차소음과 같이 차외 소음 등에 대한 기준이 있을 수 있다.

\* 한국철도기술연구원, 철도시스템안전연구본부, 정회원

E-mail : cwlee@krri.re.kr

TEL : (031)460-5204 FAX : (031)460-5279

\*\* 한국철도기술연구원, 철도시스템안전연구본부, 정회원

E-mail : jckim@krri.re.kr

TEL : (031)460-5206 FAX : (031)460-5279

국내에서의 고속철도 차량 기준은 철도안전법 「철도차량 안전기준에 관한 규칙(2005.7.8 건설교통부령 제455호 제정)」 제 2조 차량의 정의에서 고속철도차량이라 함은 선로를 시속 200킬로미터 이상의 최고운행속도로 주행할 수 있는 철도차량으로 규정하고 있으나 본 연구에서는 국내외 고속차량의 속도향상에 따른 250km/h 이상 고속차량 운행하는 국가의 철도차량 차내 소음도 기준을 우선적으로 비교하였다. 이에 대한 것이 표 1에 제시되어 있다.

표 1 고속철도 운영국가 별 고속차량 차내 소음도 기준<sup>1)</sup>

국가	차종	운행년도	소음 측정 기준속도(km/h)	차량소음도(dBA)			비고
				개활지	터널	운전실	
한국	KTX	2004	300	66	73	78	
	KHST	2003	300	66	73	78	신뢰성 시험 중
일본	신칸센 500계	1997	300	68	75 <sup>*</sup>	-	☆터널속도 270km/h
	신칸센 700계	1999	285	68	75	-	
	E2/E3	2004	300	65	70	-	시험 운행 중
프랑스	TGV-A	1989	300	76	73	-	
	TGV-SE	1993	270	66	73	78	
	TGV-R	1995	300	65	72	78	
독일	ICE2	1997	280	66	73	-	
	ICE3	2000	300	64	69	-	

표 1에서 보는 바와 같이 각국에서의 차량소음도는 개활지, 터널 및 운전실 조건으로 구분하여 나타내고 있다. 이는 차량-레일 사이에서 발생하는 전동소음의 경우 궤도노반 특성에 따라 발생 소음 크기가 달라지고 이로 인하여 차내 소음도가 크게 차이가 나게 되는데 이에 대한 구분이 세분화 되어 있지 않고 단순히 차량제작사와 차량발주자 상이의 협의에 의해 결정토록 되어 있는 문제점이 있는 상태이다. 특히 노반이 자갈도상인 경우에 비교하여 콘크리트 도상인 경우 동일한 운전 속도 조건하의 개활지에서(주행속도 ; 250km/h - 300km/h)는 전동 소음 발생 크기가 4-5dBA 정도 크게 나타나고 있는데 비해, 유지보수 측면에서 유리한 콘크리트 도상 장대 터널의 경우에는 자갈도상 터널에 비해 전동소음 발생 크기가 6-7dBA 정도 더 크므로 인하여 차내소음 크기가 2-3 dBA 정도 높게 나타나는 등 이용자의 쾌적성을 떨어뜨리는 주요인자로 나타나고 있다.<sup>2)</sup> 이와 같은 문제점을 근본적으로 해소하기 위해서는 고속차량제작사양에 대한 차내 소음 기준을 보다 세분화하여 운행 구간 선로 특성 및 터널 구조물 등을 고려하여 차내 소음 기준을 재설정 하여야 한다. 또한 차량 소음도 평가 시 차량제작사와 차량발주자 사이의 계약 협의 사항에서 제시하고 있는 시험평가 기준을 가능한 한 국제기준에서 제시하고 있는 규격 중심으로의 전환이 필요한 상태이다. 이에 관련한 사항이 표 2에 제시되어 있다.

표 2 철도차량 차내 소음 측정 및 평가에 따른 관련 규격

규격	제목	비고
prEN ISO 3381 - 2001	Railway applications - Acoustics - Measurement of noise inside railbound vehicles	트랙 조건, 차량초기조건 측정위치, 시험평가 횟수
ISO 3381-2005	Railway applications Acoustics Measurement of noise inside railbound vehicles-Second Edition	
IEC 651	Electroacoustics - Sound level meters - Part 1: Spec. : noise measurement equipment tolerance	EN 61672-1(2005) replaces
ISO 3095-2003	Railway applications Acoustics Measurement of noise emitted by railbound vehicles-Second Edition	차량-트랙과의 상관관계

### 3. 고속철도 환경소음 기준 비교분석

철도 환경소음은 차내 소음과는 달리 강제 기준으로 각국에서 규정하고 있다. 이는 철도연변 주민들에 대한 철도 소음으로부터의 보호를 위한 것이 일차적인 것이다. 본 연구에서는 고속전철을 운행하고 있는 일본, 독일, 프랑스 그리고 국내의 환경소음 기준을 비교 검토한 것이 표 3에 제시 되어있다.<sup>1)</sup> 다. 이에 대한 것이 표 3에서 고속철도 운용국가의 철도 환경 소음 기준을 제시해 주고 있다.

표 3 주거지역에 대한 고속철도 운용국가들의 철도소음 기준

국가	소음지수	대상	시간	기준치(dBA)	비고	
프랑스	Leq =50m	신선 TGV 포함	08-20	주거지 <65 중간지역 65-70 도심지역 <70	권고	
독일	Leq =50m	신선 및 변경선	06-22 22-06	병원/학교 57, 주거지 59, 도심 64 상공지역 69 47 49 54 59	기준	
일본	Lmax =50m	신선(신간선)	-	주거지 <70 상공/공업지역 <75	기준	
한국	Leq =50m	비 시험 선	개통 시	06-22 22-06	주거지, 휴양지 <63 상공·공업지역 <68	기준
			개통 15년 이후	06-22 22-06	주거지, 휴양지 <60 상공·공업지역 <65	
		시험 선	개통 시	06-22 22-06	주거지, 휴양지 <65 상공·공업지역 <70	
			개통 15년 이후	06-22 22-06	주거지, 휴양지 <60 상공·공업지역 <65	

표 3에서 보는 바와 같이 일본은 최대값 Lmax 기준으로 하고 한국 프랑스 독일 등은 평균소음 기준으로 하고 있다. 또한 사람이 잠자는 시간대와 활동하는 시간대 구분 및 주거지 상공업지대를 구분하여 소음 지수를 다르게 규정하고 있음을 알 수 있다. 특이한 것은 바로 우리나라에서의 환경소음 기준인데, 고속철도 개통 시 시험선 구간과 비시험선 구간을 설정하여 시험선 구간을 비시험선 구간보다 높게 책정한 후 고속철도 개통 15년 이후에는 비시험선 시험선 구분 없이 3-5dBA 낮추는 것을 목표로 하고 있는데, 실제 이를 달성하기 위해서는 차량-레일 진동 소음 저감 기술개발 및 방음벽 차음효과 향상기술개발이 이루어 져야 하는데, 실제적으로는 매우 어려운 문제임을 쉽게 알 수 있다.

### 4. 고속철도 소음 저감을 위한 전략적 소음영향 평가 개선방향

고속철도 소음 저감을 위한 노력을 가장 먼저 시작한 국가는 유럽연합(EU) 국가들이다. 이들 유럽연합 국가들은 유럽고속철도 통합운행을 위하여 기술 정책적인 측면에서 철도소음 부문을 포함시켰다. 유럽 EU 국가에서는 1996년 "미래소음 정책" 이라는 환경논문을 발표하면서 소음부문을 포함하여 진행해왔다. 이때에 철도교통의 소음 레벨이 너무 크다는데 인식을 같이하고 고속철도가 점차 확산되고 있는 상태에서 철도소음 저감을 위한 연구위하여 EU 및 UIC 기술위원회에서 당시 철도소음 기준 보다 8-12dBA 낮추는 것을 목표로 제안하였다.<sup>3)</sup> 이후 EC에서는 1996년 7월 유럽고속철도 통합운행을 위한 기술사양인 TSIs(Technical Specifications for the Interoperability ; 96/48/EC)을 기초로 하여 2001년 3월 통합 유럽 철도네트워크(TEN-T ;trans-European network)에서 철도소음 문제를 함께 다루게 되었다. EC에서는 2001년 4월 TSI에 고속철도 소음관련 두 가지 제한을 하였는데, 첫 번째 정차 소음은 연속적으로 65dBA를 초과해서는 안 되고 순간적으로 70dBA를 넘으면 안 된다는 것이다. 이때의 측정조건 및 방법은 궤도 중심으로부터 7.5m 떨어진 곳, 측정높이 1.2 - 1.5 m , 측정시간 30초 이상으로 되어있다. 두 번째로 고속철도 상업운행 시 궤도 중심부로부터 25m 거리에서 속도별로 소음 한계치를 제안하였다. 즉, 운행속도 250km/h에서는 <88dBA, 300km/h에서는 <91dBA, 350km/h에서는 94dBA(초기)로 되어 있다가, 향후 5년 후에는 운행속도 250km/h에서는 <84dBA, 300km/h에서는 <87dBA, 350km/h에서는 91dBA로 현재보다 3dBA 낮추는 것으로 되어있다. 또한 이들 소음 측정 기

준은 ISO 3095을 적용하는 것으로 되어있다. 또한 일본의 경우에는 1975년부터 신칸센 열차 소음저감을 위하여 단계적인 소음 저감 기준을 제시하였는데, “주거지역에서는  $L_{max} \leq 70\text{dBA}$ ”, “상공업지역에서는  $L_{max} \leq 75\text{dBA}$ ”로 되어 있고, 기존 신칸센 철도의 경우 3년-10년 정도의 시간을 주어 달성토록 하였고, 공사 중인 신칸센 철도의 경우에는 3-5년 이내에 기준치를 달성토록 하였으며, 신설되고 있는 신칸센 철도에 대해서는 개업 즉시 달성토록 되어 있는 것이 특징이다.

그러나 현재 우리나라 고속철도차량 소음기준은 차량성능 기준으로는 유럽 기준을 따르고 있고, 환경 소음 기준으로는 유럽방식도 일본 방식도 아닌 독자적인 방법으로 제시되어있다. 더욱이 고속철도 차량 성능시험을 하는 시험선 구간은 엄격한 궤도부설 시험을 시행한 구간임에도 불구하고 환경 소음 기준이 비시험선 구간보다 완화되어 있는 등 차량제작자에게 유리하게 되어 있는 것이 사실이다.<sup>1)</sup> 또한 개통 이후 15년이 지나면 시험선 및 비시험선 구간의 소음기준이 동일하게 제시되어 있는데, 이 경우 기준은 개통 시보다 3-5dBA 낮추게 되어 있다. 그러나 우리나라의 고속철도는 현재 최고속도 300km/h인 KTX 차량이 운행되고 있지만, 개통이후 15년이 지난 후에는 350 km/h 열차인 KTXII 열차가 상업 운행될 것이므로 이에 대한 대비책이 있어야 할 것으로 판단된다.

더욱이 국내 KTX 열차는 프랑스가 원천 기술을 가진 유럽식 이고, 향후 개발되어지는 KTXII 열차도 소음측면서의 기술 분석은 거의 유사하므로 현재 고속철도 차내 소음 및 환경소음에 대한 소음 평가기준은 국제 규격인 ISO 3095, IEC 651 및 ISO 3381 로 변경하는 것이 필요하다. 또한 환경 소음에 대해서는 시험선 및 비시험선 구분에 대한 개념을 줄이고 EU 국가에서 유럽고속철도통합운행 TSIs에서 제시하고 있는 정차소음 및 상업 운행 속도별 소음 기준치를 가지고 고속철도 소음 관련 기술정책을 추진하는 것이 현재의 방식보단 보다 나은 소음정책이 될 것이다.

## 5. 결론

본 연구에서는 국내외 고속철도의 차내 소음과 환경 소음 기준을 비교분석하였다. 우선 차량 소음도는 차량 이용객 서비스 측면에서 결정되기 때문에 나라별도 다양성을 가지고 있다. 이에 비해 철도 환경 소음은 철도 연변 주거지 특성 및 차량운행시간대를 구분하여 자국기준에 맞게 대부분 국가에서 법적인 기준으로 제시하는 것이 일반임을 알 수 있었다. 마지막으로 고속철도차량을 운영하고 있는 국가 또는 지역에서의 철도차량 소음 저감을 위한 새로운 기술정책에 대한 것을 검토 해봄으로써 현재 국내에서 적용되고 있는 고속철도 차량소음 및 환경소음에 대한 많은 기술 정책 변화가 요구됨을 알 수 있었다. 또한 향후 국내 고속철도차량 차량소음 및 환경소음 저감을 위한 기술 정책적 차원의 개선방향을 간략하게 소개하였다.

## 참 고 문 헌

1. 이찬우,김재철,최성훈, “국내의 고속철도차량 소음기준분석”, 한국철도학회 추계학술대회논문집, 2004
2. 김재철,이찬우 외, “터널주행시 KTX차량의 실내소음 저감방안 도출을 위한 기초연구”, 철도청, 2004
3. A.Lundstöm, M.JäCKER-Cüppers, P.Hübner, "The new policy of the European Commission for the abatement of railway noise", Journal of sound and vibration 267(2003) 397-405

## 후기

본 내용은 한국철도기술연구원 기본연구사업으로 시행되고 있는 차량성능향상 핵심기술 연구의 일환으로 수행되었습니다.