

## 한국철도 환경소음예측을 위한 음향파워

### DB 구축에 관한 연구

○ 조준호\*, 이덕희\*, 정우성\*, 신민호\*

#### A Study on the Acoustic Power DB Building for Korean Railroad

#### in order to Predict Nearby Noise

Jun-Ho Cho, Duck-Hee Lee, Woo-Sung Jung, Min-Ho Shin

#### ABSTRACT

For the reduction and efficient management of railway noise, first of all prediction of railway noise is necessarily requested. At home and abroad, many studies for prediction of railway nearby noise have been accomplished. But it is impossible to predict exactly for the Korean Railroad, because the acoustic power DB for each rolling stock used in Korea has not been builded yet. So in this study, acoustic power DB for each Korean rolling stock such as Samaeul, Mugungwha was builded accoding to the speed and rail support systems. Predicted results using accumulated acoustic power DB are compared with measured results and it is known that accumulated acoustic power DB can be used for more precise prediction of railway nearby noise.

#### 1. 서론

건설교통부의 국가기간교통망 계획(2000-2019)에 따르면 효율적인 국가종합 교통체계를 구축하기 위해 고속철도와 일반철도의 건설 및 정비가 광범위하게 추진될 예정이다.<sup>1)</sup> 철도운행시 발생하는 소음은 선로연변 뿐만 아니라 차량에 승차한 승객에게 직접적인 영향을 주는 주요한 사안이므로 계획단계에서부터 고려하여 기본설계 및 실시설계에 착수해야만 비용 낭비 및 환경분쟁등의 문제를 일으키지 않고 사업이 수행될 수 있다.

이와같이 철도에서 발생하는 소음을 사전에 정확하게 예측하여 저감방안 등을 수립하는 것이 절실히 필요하다. 이를 위해 철도소음을 정확하게 예측하기 위한 노력이 국내 외적으로 이루어져 왔으며, 국내에서도 최근 철도소음을 포함한 환경소음을 예측하는 프로그램이 개발 출시단계에 있다.

국외에서는 오래전부터 많은 연구가 수행되어 왔다. 그 대표적인 연구로는 Makarewicz<sup>2)</sup>, 주진수<sup>3)</sup> 등의 연구가 있으며, 국내 철도 소음 예측에 관한 연구로는 국립환경연구원에서 수행한 연구로써 소음 측정 결과를 이용한 예측식의 제안이 있으며<sup>4)</sup>, 김정태 등에 의한 철도차량 음향특성에 관한 연구<sup>5)</sup> 등이 있다. 또한 최근 조준호 등에 의해 철

\* 한국철도기술연구원

도 소음 예측기술의 활용 및 철도통과구조에 따른 철도 소음 예측기술에 대한 연구<sup>6,7)</sup> 등이 수행된 바 있다.

그러나 이와같은 연구나 국내의 예측 프로그램의 경우 국내 철도 소음원의 음향 특성이 차종별, 속도별, 궤도지지 구조별로 체계적으로 구성되어 있지 않아 철도 소음 예측에 한계가 있었다.

따라서 본 연구에서는 한국철도 소음 예측을 위해 소음 측정과 예측 프로그램의 역추적 기법을 활용하여 국내 철도차량인 수도권 전기동차, 새마을, 무궁화 열차의 주요속도 구간에 대해 DB를 구축하였다. 그리고 구축된 DB를 활용하여 실제 측정된 결과와 비교 평가함으로써 그 타당성을 검증하였다.

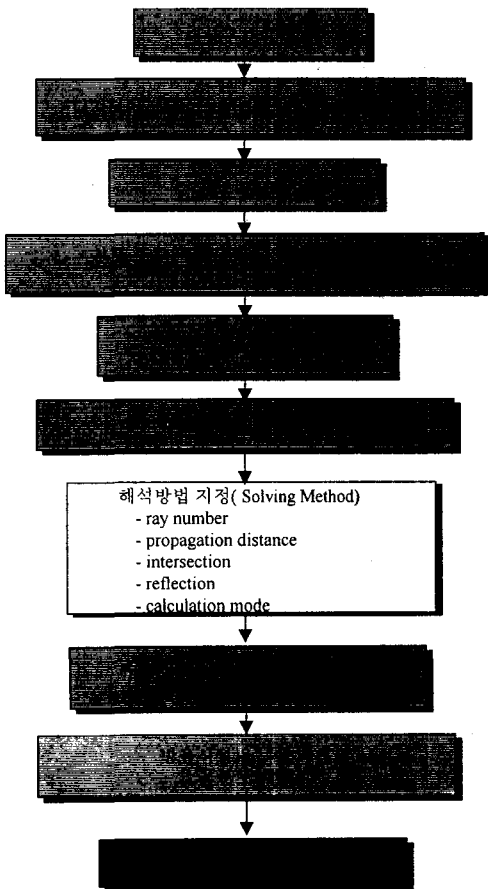


Fig. 1 Study flow for railway noise prediction

## 2. 한국철도 음향파워 DB 구축을 위한 측정

본 연구에서는 철도소음 예측시 필요한 소음원 입력라이브러리로서의 한국철도 음향파워 구축을 위해서 프랑스 CSTB 사에서 개발한 프로그램인 Mithra<sup>®</sup>를 이용하였다. Mithra를 이용하여 철도소음 예측 해석하는 흐름도를 Fig. 1에 나타내었다. 본 연구에서 구축한 DB는 Fig. 1의 단계에서 철도 소음원의 지정을 위한 입력라이브러리로 사용된다. 이와같은 한국철도 음향파워 DB 구축을 위해서는 우선 대상구간에서 소음을 측정하고 그 측정결과를 Mithra 프로그램의 Source Identification 모듈을 이용하여 Source의 음향파워 DB를 추적하는 과정을 거친다. DB 구축을 위해 선택된 대상구간을 Table 1에 나타내었다.

Table 1. The sites of railway noise measurement

열차구분	지형구분	측정위치	측정일시
수도권 전기동차	토공구간	화서-수원	2000. 5. 30 2000. 11. 21
		반월-대야미	2000. 11. 18
	고가구간	상록수-한대앞	2000. 10. 12
새마을 무궁화	토공구간	화서-수원	2000. 11. 21
		오산-송탄	2000. 9. 5
		평택-성환	2000. 10. 20 2000. 11. 9
	고가구간	성환-직산	2000. 9. 7
		동운-순천	2000. 9. 27-28
		동운-순천	1999. 4. 6-8 1999. 11.16-17

Table 1에 나타낸 소음측정 구간중 대표적인 결과를 나타내면 다음과 같다. 오산-송탄 구간에서 기존선 열차의 소음을 측정하기 위한 측정위치의 단면도를 Fig. 2에 나타내었으며, Fig. 3에는 당해지역에서 소음을 측정하는 장면을 나타내었다.

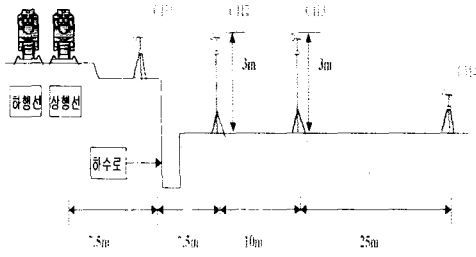


Fig. 2 Measurement position for railway noise  
(Osan ~ Songtan)



Fig. 3 The scene of railway noise measurement

철도 소음측정은 다음의 조건에서 수행되었다.

- 측정위치 : 상행선 레일중심으로부터 7.5m 거리 지면에서 1.5m 높이 / 15m 거리, 1.5m 높이
- 측정장비 : 01dB Symphonie, LD 2900B (2CH Signal Analyzer), LD 824 (SPL Recorder)
- 소음원의 방향으로 마이크폰 설치
- 바람의 영향을 고려하여 방풍망 부착
- 소음계의 동특성 : 빠름(Fast)
- 소음계의 청감보정회로 : A특성

이와같은 조건에서 측정을 통하여 얻어진 소음도값을 Table 2와 Table 3에 나타내었다. 무궁화 열차의 경우 속도가 10km/h 증가함에 따라 대략 1dB의 소음도 증가를 나타내고 있음을 알 수 있다.

Table 2. Measured Railway noise spectrum  
(Osan ~ Songtan, up-direction, Samaeul, Unit:dBA)

중심주파수	속도	130-140km/h	
		7.5m (1.5m)	15m (3.0m)
31.5		48.0	45.2
63		58.2	53.9
125		68.9	64.6
250		75.8	73.4
500		84.3	77.1
1k		85.3	78.2
2k		83.4	78.1
4k		79.1	73.7
8k		70.0	64.1
16k		58.3	51.0
OA		89.9	83.7

- 압소음 : 43 ~ 48 dBA

Table 3. Measured Railway noise spectrum  
(Osan ~ Songtan, up-direction, Mugungwha, Unit:dBA)

중심주파수	속도	100-110km/h		110-120km/h		120-130km/h	
		7.5m (1.5m)	15m (3.0m)	7.5m (1.5m)	15m (3.0m)	7.5m (1.5m)	15m (3.0m)
31.5		47.6	45.3	47.4	45.1	49.8	46.1
63		65.0	63.1	67.9	66.6	61.7	59.7
125		66.4	64.9	70.1	68.9	66.1	62.7
250		71.8	69.3	73.5	70.9	73.3	71.6
500		85.2	77.5	85.5	78.5	85.7	78.2
1k		84.7	77.6	86.2	79.5	87.9	80.4
2k		83.6	78.1	85.5	80.1	86.4	80.5
4k		79.0	73.6	80.2	75.1	81.2	75.5
8k		69.7	64.1	71.3	66.1	71.8	65.6
16k		58.7	51.0	58.9	51.8	60.5	52.1
OA		89.9	83.4	91.1	85.3	92.1	85.4

- 압소음 : 43 ~ 48 dBA

고가구조물로부터 방사되는 소음의 음향 파워를 구축하기 위해서 측정된 구간중 대표적으로 상록수-대야미 구간의 측정 위치도를 Fig. 3, 측정 결과를 Table 4에 나타내었다.

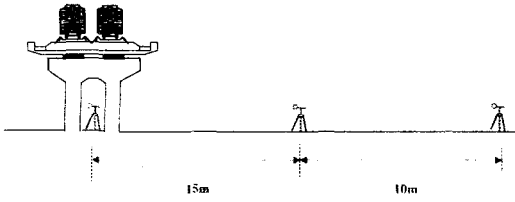


Fig. 3 Measurement position for railway noise  
(Sangroksu~Handaeap)

Table 4. Measured Railway noise spectrum

(Sangroksu-Handaeap, up-direction, Subway, Unit:dBA)

속도 (km/h)	고가중심 직하부 지면에서 1.5m 높이			
	중심 주파수	50-60	60-70	70-80
31.5		45.9	45.8	46.0
63		55.5	56.8	60.5
125		63.5	64.5	64.6
250		63.5	65.9	67.7
500		61.4	63.6	66.3
1k		58.6	61.0	64.6
2k		52.9	54.1	57.0
4k		48.0	48.5	51.4
8k		46.1	46.0	46.7
16k		45.8	45.7	45.7
OA		68.5	70.5	72.5

- 암소음 : 57 ~ 59 dBA

### 3. 한국철도 음향파워 DB 구축

2장에서 나타낸 바와 같이 측정된 주파수 스펙트럼과 당해지역 지형을 모델링한 후 Mithra 프로그램의 Source Identification 모듈을 이용하여 열차종류별(수도권 전기동차, 새마을, 무궁화) 주요 속도구간별(전기동차: 40-80km/h, 기존선 50-140km/h), 지형별(토공구간, 고가구간)에 대하여 음향 파워 DB를 구축하였다. 구축된 DB 중 몇가지를 그래

프로 Fig. 4 - 6에 나타내었다.

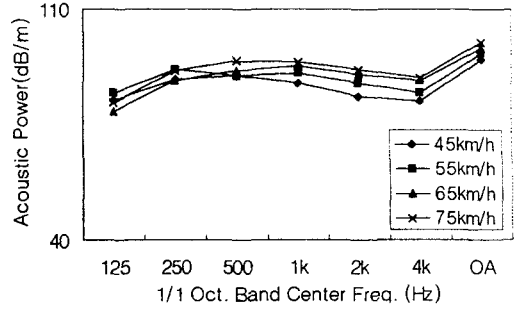


Fig. 4 Acoustic power for subway

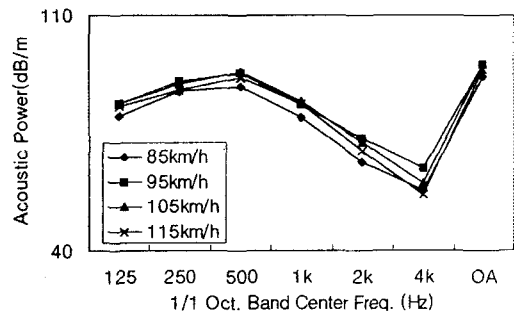


Fig. 5 Acoustic power for structure-borne noise of Samaeul passing above elevated bridge.

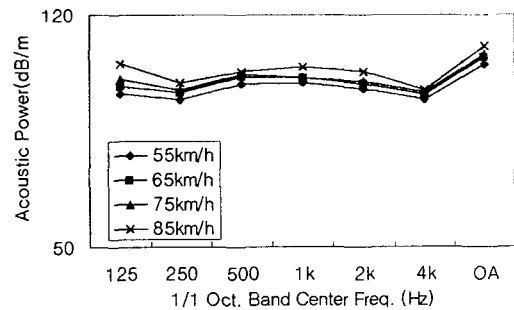


Fig. 6 Acoustic power for accelerating Mugungwha

### 4. 철도소음 예측 사례

본 연구에서 얻어진 한국철도의 음향파워를 이용하여 철도소음을 예측한 결과와 측정결과의 비교 평가를 수행한 사례를 통하여 그 타당성을 검증하였다. 비교평가는 전기동

차와 기존선이 동시에 운행되는 평지구간과 기존선만 운행되는 고가구간에 대해 수행하였다.

#### 4.1 평지구간(전기동차와 기존선 운행구간)

당해지역의 철도소음 예측을 위해 지형특성을 디지털타이저를 이용하여 Fig. 7과 같이 모델화하였다.

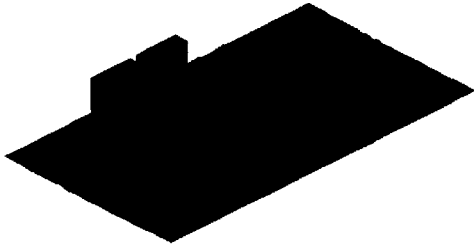


Fig. 7 Railway noise prediction model(Whaseo~Suwon)

당해지역에서의 1시간 동안 실측한 소음레벨과 구축된 열차의 음향파위를 입력하여 예측한 값을 비교하였다. 예측결과와 실측결과를 Table 5에 비교하였으며, 수평면과 수직면에서 소음등고선도를 Fig. 8과 9에 나타내었다. 위치에 따라 차이가 있으나 대체로 1dB 이내의 적은 오차 안에서 예측할 수 있었다.

Table 5 Comparison of measured and predicted Leq(1H)  
(Whaseo-Suwon, unit : dB(A))

위치(전철상행 중심기준)	예측치	실측치	비 고
거리 7.5m (지면 1.5m 높이)	73.8	-	· 새마을상행 1대 하행 2대 · 무궁화상행 6대 하행 6대 · 전동차상행 6대 하행 6대
거리 15m (지면 1.5m 높이)	71.3	-	
거리 25m (지면 1.5m 높이)	68.7	69.6	
거리 50m (지면 1.5m 높이)	65.0	65.9	

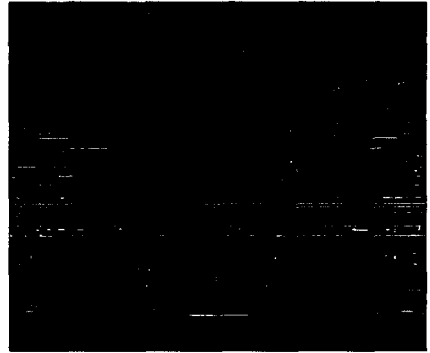


Fig. 8 Iso-Leq(1H) map for horizontal plane from 1.5m high from ground(Whaseo~Suwon)

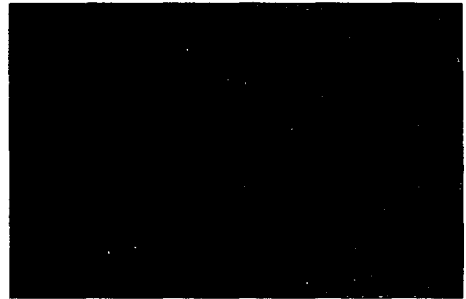


Fig. 9 Iso-Leq(1H) map for perpendicular plane to rail (Whaseo~Suwon)

#### 4.2 고가구간(기존선구간)

고가 구조물을 통과하는 철도소음 예측을 위해 순천 용당고가 지역의 지형데이터를 디지털타이저를 이용하여 Fig. 10과 같이 입력하였다.

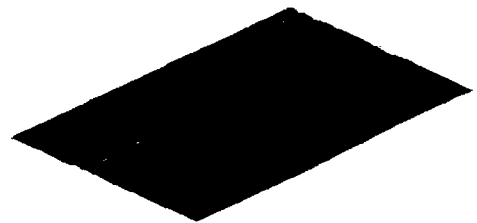


Fig. 10 Railway noise prediction model  
(Suncheon~Dongwoon)

고가지역에 대한 소음예측의 정확도를 위하여 구조물전달 소음을 전소음원으로 모델링하여 입력하고, 당해지역의 소음 실측값과 비교하였다. 고가하부 및 인근의 소음 예측치는 구조물 소음을 고려한 경우가 실측값에 근접함을 확인하였다.

(토공구간, 고가구간) 음향과위를 DB로 구축하였다.

구축된 음향과위를 토공구간과 고가구간에서 사용하여 예측한 값과 당해구간에서 측정된 값이 잘 일치함을 알았다.

따라서 향후 국내 기존선 철도 소음의 정확한 예측을 위한 음향 과위로 유용하게 활용할 수 있으리라 판단된다.

Table 6 Comparison of measured and predicted Leq (Suncheon-Dongwoon, unit : dB(A))

구 분	예측값	실측값	비 고
고가상부	82.4	-	새마을 상행 1대 하행 1대
25m 위치	59.3	-	
A동 13층	69.3	69.2	무궁화 상행 1대 하행 1대
A동 옥상	66.1	66.8	
B동 13층	68.6	-	화물차 상행 1대 하행 1대
B동 옥상	65.7	66.7	



Fig. 11 Iso-Leq(1H) map for perpendicular plane to rail (Suncheon-Dongwoon)

## 5. 결론

본 연구를 통해 얻은 결론은 다음과 같다.

한국철도 소음의 정확한 예측을 위해 측정데이터를 이용하여 차종별(수도권 전기동차, 새마을, 무궁화), 주요 속도별(전기동차: 40-80km/h, 기존선 50-140km/h), 운행구간별

## 참고문헌

- 1) 국가 기간 교통망 계획(2000~2019), 건설교통부, 1999. 12
- 2) R. Makarewicz, M. Yoshida, "Railroad noise in an open space", Applied Science, Vol. 49, No. 4, pp 291-306, 1996
- 3) 朱鎮洙, 在來鐵道の騒音傳播豫測に關する研究, 東京大博士學位論文, 1997
- 4) 사업장 소음의 방지대책에 관한 연구(II), 국립환경연구원, 1993
- 5) 김정태, 조성호, "국내 철도차량의 음향발생 특성에 대한 비교 연구", 한국철도학회지, 제 2권, 제1호, pp 28-37, 1999
- 6) 조준호 외 5인, "철도소음 예측기술의 활용에 관한 연구", 대한환경공학회 2000년 춘계학술연구발표회 논문집 (II), pp 121-122, 2000
- 7) 조준호, 이덕희, 정우성, 신민호, "철도통과구조에 따른 철도연변 소음 예측에 관한 연구", 한국소음진동공학회 창립 10주년 기념 소음진동학술대회 논문집, pp 1367-1372, 2000
- 8) Mithra V3.1, Technical Manual, 01dB, 1997