

# 새마을 열차의 소음 측정, 분석과 DB 구축을 위한 인터페이스 프로그램의 개발

## Measurement, Analysis on the Noise of the "Semaui" Train And Development of Interface Program for Database

신민철† · 김대성\* · 왕세명\* · 조준호\*\*

Mincheol Shin, Daesung Kim, Semyung Wang and Junho Cho

Key Words : Train Noise (열차 소음), Semaui Train (새마을 열차), Database (데이터 베이스)

### ABSTRACT

It is widely recognized that train is one of the most efficient and convenient ways for passenger and freight transportation. However, the environmental noise problem is occurred with the construction and service of train. The noise problems caused by train prevent people from living in a silent environment. Furthermore, this problem is related with the right to preserve one's environment. The objectives of this research are train noise measurement and analysis which might be a base-study for prediction of train noise. This paper mainly deals with the noise of the 'Semaui' train. The train noise shows distinct characteristics according to the variation of height and distance. Furthermore, the database and its interface program are developed for systematic analysis and future research.

### 기호설명

$L_{eq}$  : 동가소음도 (Equivalent Sound Pressure Level)

SEL : 소음노출레벨 (Sound Exposal Level)

## 1. 서론

승객과 화물의 효율적인 육상 운송 수단인 열차는 우리나라뿐만 아니라 전세계적으로 가장 많이 이용되는 교통수단 중 하나이다. 하지만 철도의 건설 및 열차의 운행과 더불어 필연적으로 야기되는 기차로 인한 환경 소음 문제는 최근 국민의 삶의 질 향상과 이에 대한 관심의 증가로 더욱 커다란 문제로 대두되고 있다. 특히 철도 인근 지역 주민들의 환경권 보호와 새로운 철도의 건설로 인한 미래의 민원 발생 소지를 최소화하기 위해서 철도 환경 소음을 효과적으로 예측할 수 있는 방법에 대한 연구가 이루어져야 한다.

본 논문에서는 철도 소음 예측을 위한 선행 단계로 철도 소음, 특히 새마을 열차 소음의 측정 및 분석을 목표로 하였다. 소음 측정은 거리와 높이에 따른 소음 신호의 양상을 분석하기 위해 거리별, 높이별로 일정한 간격을 두고 여러 개의 마이크로폰을 설치하여 실시하였다.

유럽과 일본과 같은 철도 선진국에서는 오래

전부터 다양한 조건의 환경으로부터 철도 소음의 특성을 측정하여 축적된 경험과 기술 그리고 데이터베이스가 이미 구축되어 있지만 현재 우리나라에서는 산발적인 데이터만 있을 뿐 체계적이고 구체화된 측정 및 데이터베이스는 없는 실정이었다.

본 논문에서는 GUI (Graphic User Interface)를 이용하여 효율적인 데이터 베이스 프로그램(TNDB, Train Noise DataBase - KRRI&GIST)을 개발하였고 측정된 데이터를 이 프로그램을 통해 체계적으로 데이터 베이스화 하였다.

## 2. 새마을 열차의 소음 측정 및 분석 방법

### 2.1 새마을 열차의 소음 측정 방법

현장 정밀 조사를 통해 여러 장소를 선정하여 측정하였는데 본 논문에서는 소음 분석에 바람직한 구간인 경부선 지천-대구 구간의 거리와 높이에 따른 측정 및 분석에 대해 고찰하였다. 이 구간은 직선, 용접레일구간이었다.

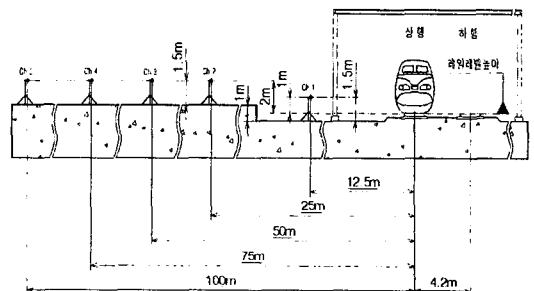


그림 1. 거리별 열차 소음 측정 방법

† 광주과학기술원 (GIST)  
E-mail : mcshin@gist.ac.kr  
Tel : (062) 970-2409, Fax : (062) 970-2384

\* 광주과학기술원 (GIST)

\*\* 한국철도기술연구원 (KRRI)

그림 1 은 거리별 열차 소음 측정 단면을 나타낸 그림이다. 상행선 기준으로 12.5m 떨어진 곳에 ch1, 25, 50, 75, 100m 떨어진 곳에 각각 ch2 ~ ch5의 마이크로폰을 설치한 뒤 측정하였다. 그리고 상행과 하행의 열차 선로는 4.2m의 거리 차이가 있었다. 측정 조건은 온도 14~15℃, 상대습도 33~34%, 풍속 0.5~1m/s였다.

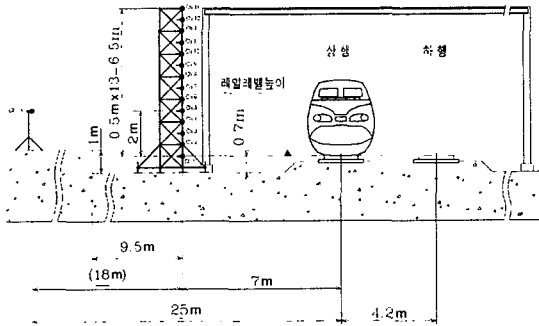


그림 2. 높이별 열차 소음 측정 방법

그림 2 는 높이별 열차 소음 측정 단면을 나타낸 그림이다. 상행선 기준으로 7m 떨어진 곳 레일레벨 높이에 ch1을 설치한 후 수직 상향 0.5m 간격으로 ch2 ~ ch14의 마이크로폰을 설치하여 측정을 실시하였다. 또한 ch15를 ch5 마이크로폰 높이와 동일하게 18m 떨어진 위치에 설치하여 측정을 실시하였다. 측정 조건은 온도 23~24℃, 상대습도 39~40%, 풍속 0.0~1.2m/s였다.

## 2.2 새마을 열차의 소음 분석 방법

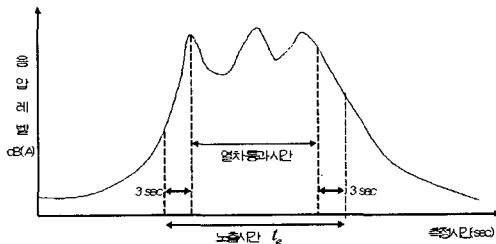


그림 3. 노출시간의 정의

### (1) 노출시간 및 최대 소음도 ( $L_{max}$ )

그림 3은 시간영역에서의 새마을 열차 소음 패턴과 노출시간을 정의하는 방법을 나타내고 있다. 새마을 열차의 경우 앞과 뒤에 각각 기관차가 있기 때문에 그림 3과 같이 기관차와 기관차, 그리고

그 사이에 피크를 형성하는 소음패턴을 가진다. 시간영역에서 데이터의 패턴으로부터 첫 번째 피크가 나타날 때 열차가 마이크로폰을 통과한 시점이라고 가정하고, 이 시점에서 열차의 본체가 빠져나가는 시간을 적용한 후 이에 3 초를 양단에 더한 부분을 노출시간  $t_e$ 로 정의했다. 모든 분석은 노출시간 범위에서 실시되었고 이 범위내의 시간영역 최대 음압을  $L_{max}$ 라 정의하였다.

### (2) 등가소음도 ( $L_{eq}$ )와 소음노출레벨(SEL)

측정시간  $T$  동안의 등가소음도  $L_{eq}$ 는 다음과 같은 식에 의해 계산된다 [1].

$$L_{eq,T} = 10 \log \left[ \frac{1}{T} \int_{t_1}^{t_2} \frac{p^2(t)}{p_0^2} dt \right] \text{ [dB]}$$

여기서  $t_1$ ,  $t_2$ 는 측정시간이며  $T = t_2 - t_1$ 라고 정의된다.  $p(t)$ 는 측정음압 그리고  $p_0$ 는 기준음압 ( $20 \mu Pa$ )이다.

소음노출레벨 (SEL, Sound Exposal Level)은 다음과 같이 정의된다.

$$SEL = L_{eq} + 10 \log T$$

## 3. 새마을 열차의 소음 분석

### 3.1 거리별 열차 소음의 분석

그림 4와 그림 5는 지천 대구 구간에서 측정된 새마을 열차의 전형적인 소음 특성을 가지고 있는 소음 데이터를 시간 영역과 주파수 영역에서 나타낸 그래프이다. 그림 4는 시간 영역에서의 음압 레벨 (Sound Pressure Level)을 나타내었고 그림 5는 주파수 영역에서 1/3 옥타브 밴드 분석을 한 결과를 나타내었다.

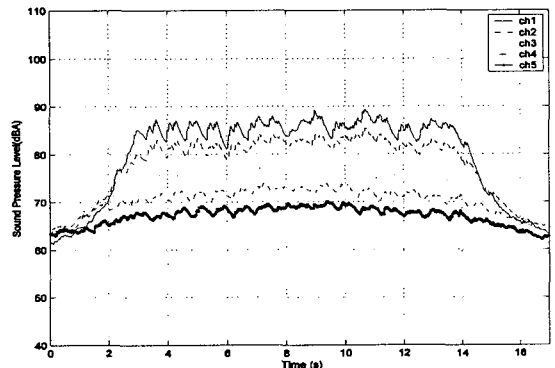


그림 4. 거리별 시간 영역 음압 레벨 (ID31)

그림 4의 시간영역 그래프에서는 거리별 음압 레벨이 뚜렷한 경향을 나타내었으며 거리에 따른 음향 방사 특성을 대략적으로 살펴볼 수 있었다. 특히 2번 채널의 마이크로폰까지는 새마을 열차 소음 경향을 잘 나타내었지만 그 이상 떨어진 3, 4, 5번 채널의 마이크로폰은 약간 무더진 특성을 나타내며 이는 방사되는 열차 소음이 25~50m 사이에서 많이 줄어드는 현상을 반영하고 있다.

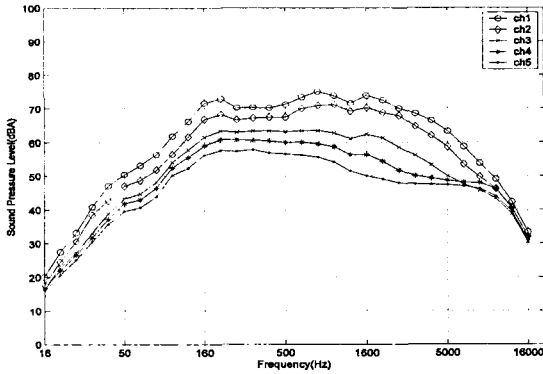


그림 5. 거리별 주파수 영역 음압 레벨 (ID31)

그림 5에 나타난 것과 같이 주파수 영역 분석 결과에서도 거리별 음향 레벨의 변화는 전 주파수 범위에서 시간 영역의 경우와 매우 유사한 양상을 나타내었다. 두드러지는 주파수 대역은 없었고 전반적으로 부드러운 주파수 영역 음압 특성을 나타내었다.

### 3.2 높이별 열차 소음의 분석

높이별 소음 측정은 그림 2와 같이 ch1을 기준으로 하여 0.5m 씩 위쪽으로 마이크로폰 (ch1~ch14)을 배열하여 측정하였다.

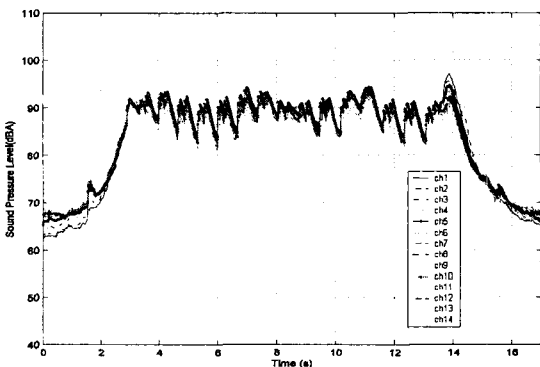


그림 6. 높이별 시간 영역 음압 레벨 (ID68 상행)

그래프로 표현할 때 높이별로 구별하기 쉽게 ch1~ch5의 데이터는 검정색으로 ch6~ch10의 데이터는 파란색으로 ch11~ch14의 데이터는 빨간색으로 표시하였다.

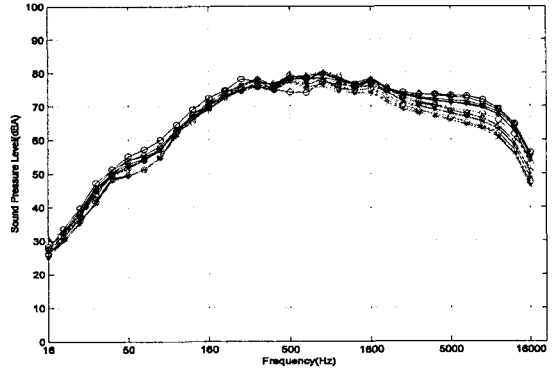


그림 7. 높이별 주파수 영역 음압 레벨 (ID68 상행)

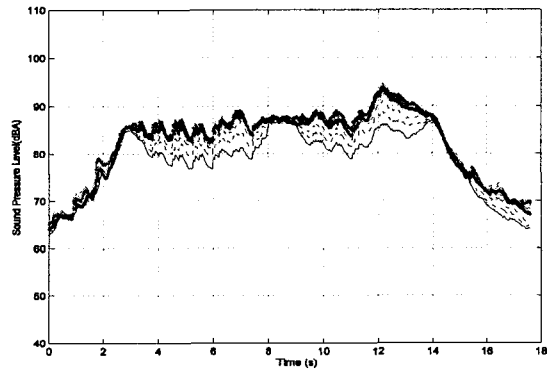


그림 8. 높이별 시간 영역 음압 레벨 (ID32 하행)

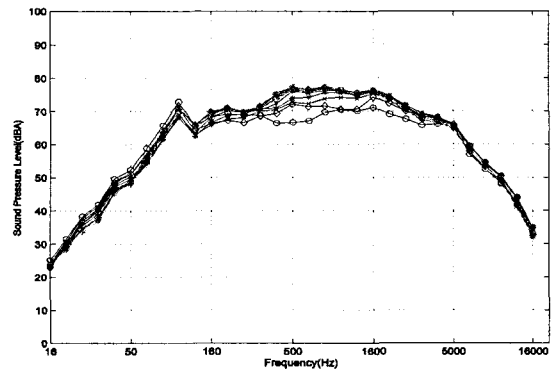


그림 9. 높이별 주파수 영역 음압 레벨 (ID32 하행)

본 절의 높이별 분석은 그림 2의 측정 단면도에서 나타냈듯이 상행과 하행 철로 사이에 거리인 4.2m를 고려하였다. 그림 6과 그림 7은 상행 열차, 그림 8과 그림 9는 하행 열차의 시간 영역과

주파수 영역의 음압 레벨을 나타내었다. 분석 결과 높이별 특징으로는 상행 열차의 경우 공통적으로 검정색이 제일 높은 음압 레벨을 나타내고 파란색, 빨간색 순으로 레벨이 높았는데 이는 열차의 하단에서 상단으로 갈수록 소음이 감소되는 현상을 나타낸다. 또한 하행 열차의 경우 공통적으로 파란색, 빨간색, 검정색 순으로 음압 레벨이 높았는데 이는 열차의 중단에서 가장 높은 소음이 아랫부분에서 가장 작은 소음이 발생한다는 것을 나타낸다. 결론적으로 거리가 가까울 경우와 거리가 떨어질 경우 높이에 따른 소음의 분포가 달라진다는 것을 알 수 있었다. 이는 모든 측정 소음 데이터에서 공통적으로 나타났다.

#### 4. DB 구축과 인터페이스 프로그램 개발

본 논문에서는 MATLAB의 GUI (Graphic User Interface)를 이용한 철도소음분석 모듈과 데이터 베이스 구축 프로그램을 개발하였다. (TNDB, Train Noise DataBase - KRRI&GIST)

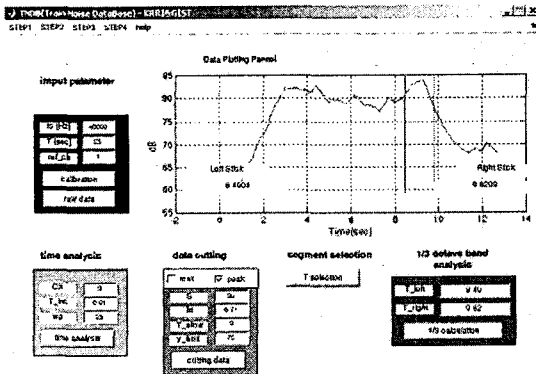


그림 10. TNDB 철도소음분석 모듈

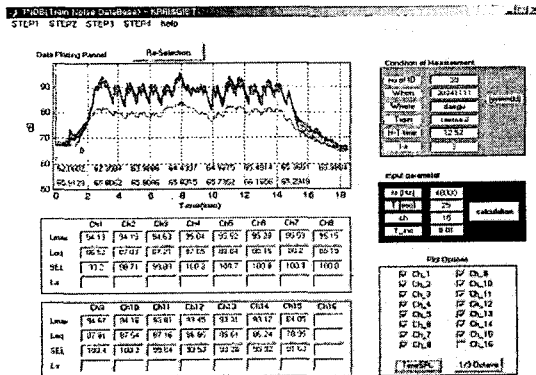


그림 11. TNDB 철도소음 데이터베이스

철도소음분석의 전 과정을 GUI 환경에서 분석 가능한 모듈과 분석된 데이터의 그래프나 다른 정보들을 쉽게 확인 할 수 있도록 프로그램을 개발하였으며 데이터의 신뢰성은 다른 여타의 계측기와의 결과 비교를 통해 검증을 하였다. 아울러 원하는 데이터만을 가능한 포맷으로 저장하여 데이터베이스 구축을 할 수 있게 하였다.

#### 5. 결론

새마을 열차의 소음 특성은 거리에 따라 측정점이 소음원에서 멀어짐에 반비례한 소음도를 나타내며 어느 거리 이상에서는 소음이 급격히 감소하였고 높이에 따른 소음도의 분포는 측정 위치가 열차에서 멀어짐에 따라 하단>중단>상단 순에서 중단>상단>하단 순으로 변화한다. 본 측정에서는 측정 조건의 제약으로 마이크로폰 어레이를 하나 밖에 사용하지 못해 더 이상의 거리에 따른 높이별 소음도의 분포 변화를 측정하지 못하였다. 또한 GUI (Graphic User Interface)를 이용한 사용자 편의의 철도소음분석 모듈과 데이터 베이스 구축 프로그램을 개발하여 측정된 데이터를 이 프로그램을 통해 데이터 베이스화 하였다.

#### 후기

본 연구는 한국 철도 기술 연구원(KRRI)에서 수행하고 있는 환경기술개발사업(2003-11001-0004-1)의 위탁 연구임.

#### 참고문헌

- [1] 심상덕, 2000, “철도연변 방음시설의 소음측정 사례보고”, 소음진동학술대회논문집, pp. 1350~1354,
- [2] ANSI S1.1-1986 (ASA 65-1986): Specifications for Octave-Band and Fractional-Octave-Band Analog and Digital Filters, 1993.
- [3] 신민철, 왕세명, 조준호, 김대성, 2004, “무궁화 열차의 소음 측정 및 분석”, 한국소음진동공학회 춘계학술대회논문집 pp. 394~399
- [4] MATLAB Version 6, 2000, “Using MATLAB Graphics”, MathWorks, Inc.
- [5] MATLAB Version 6, 2000, “Creating Graphical User Interfaces”, MathWorks, Inc.