

철도 소음 민원 집중 지역의 소음 발생원을 고려한 철도 소음진동 데이터베이스 설계

Design of railway noise and vibration Database considering noise source of railway noise complaints focused area

이홍기¹⁾* · 이현준[‡] · 손성완^{*}

Hong-gi Lee, Hyun-jun Lee, Sung-wan Son

Key Words : Railway Noise and vibration(철도진동소음), Database(데이터베이스)

ABSTRACT

Recently, there is an increasing interest on railway noise and vibration. Accordingly, the importance of technology that can assess the vibration and structural noise caused due to the railway operation is increasing. Additionally, the need to construct a railway noise and vibration database which is a basic data for a reliable railway noise and vibration assessment as well is increasing. However, the problem is that the currently constructed database fails to include the factors influencing the occurrence of noise and vibration sufficiently. Therefore, In this paper, design a railway noise and vibration database that includes those factors sufficiently and which enables the continuous data management and accumulation.

1. 서 론

현재 대한민국 국민 중 주간시간대(06시~22시)에 65 dB(A)이상의 철도소음에 노출된 인구는 140만 명, 야간시간대(22시~06시)에 55 dB(A) 이상의 철도소음에 노출된 인구는 190만 명이다⁽¹⁾. 철도건설 이후 철도변에 들어선 고층 및 공동주택 증가로 지속적인 민원이 제기되고 있다. 또한, 철도의 도심 통과 구간이나 선하역사 건설이 증가하고 있으며 철도 노선 주변에 진동에 민감한 초정밀 산업단지 등이 위치하고 있다. 이에 따라, 궤도 주변 구조물의 민원 방지와 초정밀장비의 정상적인 운영 등을 위해 철도 운행으로 인해 발생하는 주변 구조물에서의 진동 및 구조소음을 정량적으로 평가할 수 있는 기술

의 중요성이 증대되고 있다⁽¹⁾. 더불어, 신뢰성 있는 철도 진동 소음 평가에 기초적인 자료인 철도차량 종류, 궤도 종류, 지반 특성에 따른 진동소음 실측 데이터베이스 구축 및 검색엔진 개발의 필요성 또한 중요하게 고려되고 있다. 따라서 본 논문에서는 이러한 필요성에 의해 해석적인 방법에만 의존하지 않고, 실제 필드에서 소음발생원을 고려한 측정 데이터와 엔지니어의 경험적 해석이 포함된 데이터간의 관계를 고려한 철도 소음진동 데이터베이스를 설계하고자 한다.

2. 철도 진동소음 데이터베이스 설계

2.1 최근연구

국민생활의 안정 및 생활수준이 높아짐에 따라 보다 쾌적한 주거 및 생활환경에 대한 국민적 관심은 증대되고 있다. 이에 따라, 철도 민원 지역에 대

† 교신저자; 정회원, 알엠에스테크놀로지(주)
E-mail : rmstech@rmstech.co.kr
Tel : 041-556-7600 , Fax : 041-556-7603
‡ 발표자; 알엠에스테크놀로지(주)
* (주)온지시스템

한 주기적인 모니터링이 이루어지고 있으며 그 결과는 2국가 소음정보 시스템을 통해 공개되고 있다. 하지만, 현재는 레일조도상태 또는 방진재 사양 등 철도 진동 소음진동에 영향을 주는 소음원에 대한 인자를 충분히 반영하지 못하고 있으며, 지속적인 관리, 축적 구조를 갖지 못하고 있다. 또한, 실제 엔지니어링 현장에서는 사용하기 어려운 기술적 한계가 있어 상용적인 측면에서 공학적 정보들이 부족하고, 일반적으로 폐쇄적인 성격을 갖는다. 이에 본 논문에서는 관련인자를 충분히 포함한 계통적 실측 관계형 데이터베이스를 설계하고자 한다. 이는 전체 시스템 개발 후에도 지속적인 관리 및 축적이 가능한 데이터베이스 구조를 지향하며, 사용자 편의성이 증대된 GUI를 고려하여 구성한다.

2.2 철도진동 영향성 인자 분석

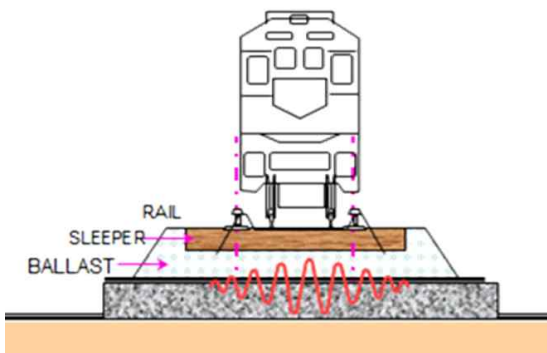


Figure 1 The structure of Railway

도심철도 대부분의 소음에 대한 민원은 진동에 의한 구조 소음 문제이다⁽³⁾. 철도진동에 영향을 미치는 인자들은 우선 Figure 1에서 보는 바와 같이, 철도 차량의 레일과 차륜의 마찰에 의해 발생하는 구동 진동이 SLEEPER를 통해 BALLAST로 전달되고 이후 지반을 통해 전달된다. 철도 진동에 대해 영향을 미치는 요소들을 파악하기 위해 복잡한 전달 구조를 간략화 하면 “차량 - 궤도 - 궤도지지구조 - 전파지반 - 수진구조물”로 나타낼 수 있다. Figure 2는 철도진동에 영향을 주는 인자들을 보여 준다. 이에 대한 자세한 설명은 Table 1에 나타낸다.

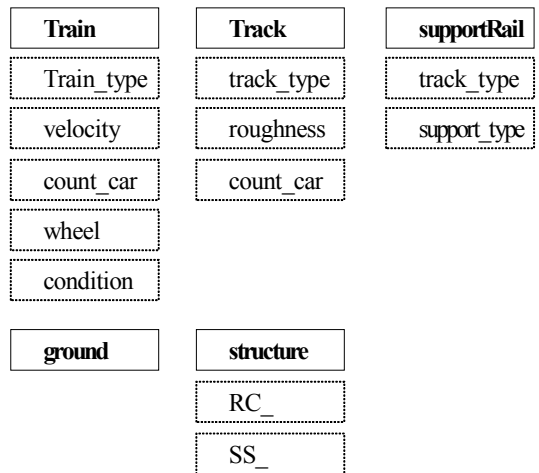


Figure 2 Various Factors in railway vibration

Table 1 Description of the Various Factors in railway vibration

분류 1	분류 2	설명
차량	차량종류	차량의 종류 : KTX, 새마을, 무궁화, 전철, 지하철, 경전철..
	차량속도	기본적으로 Km/h 로 표시, (Speed Gun 이용 측정값)
	차량갯수	기관차량을 포함한 총 객차 갯수
	차륜	철계, 탄성차륜 등..
	운행조건	편도, 교행
궤도	궤도종류	무진동궤도, 방진체궤도, 방진침목궤도, 방진슬라브궤도..
	레일조도량	레일조도 Data
	레일방식	일반레일, 장대레일..
레일지지구조	궤도방식	자갈벨러스트, 콘크리트..
	구조방식	토목구간-평지, 돌기, 깎기 교량구간-강교, 콘크리트교, 강합성교 터널구간-지상, 지하개착, 지하터널..
전파지반		지반 타입관리, 지반종류 - 매립토, 퇴적토, 퇴적암, 연암..
수진구조물	RC조	구조물의 구조 타입 기재
	SS조	

figure 3은 앞서 설명한 철도진동 영향성 인자들의 실제 위치를 나타내고 있다. 그림에서 나타내고 있는 상황을 철도진동 전파 분석을 위한 하나의 SITE로 가정하면, 측정 지점 M의 위치에 따라 영향을 주는 인자들이 변경됨을 유추할 수 있다. 차량 및 궤도, 레일지지 구조는 하나의 SITE에서 변하지 않는 정보. 즉, 환경 요소로 볼 수 있으며 측정 지점에 따라 전파지반과 가진원 으로부터 거리 및 수진 구조

2) <http://www.noiseinfo.or.kr/>

물의 데이터 형태가 변하게 된다⁽⁴⁾.

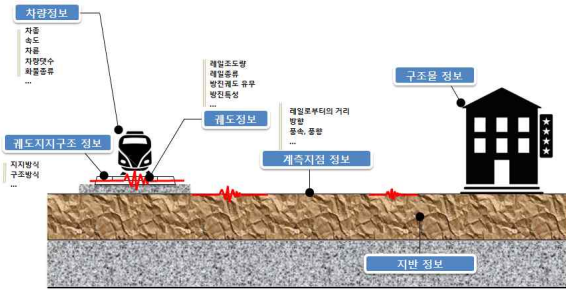


Figure 3 locations of Various Factors in railway vibration

즉, 측정 위치에 따라 진동이 전파되는 매체의 종류와 거리에 따른 진동 감쇄율이 변경되므로, 하나의 SITE내에서도 진동 전파 매질이 달라진다. 따라서 데이터베이스 설계에는 측정 지점과 측정 상황에 대한 인자 역시 반영하여 주어진 환경 인자를 기반으로 각 인자들을 추가 및 삭제 할 수 있도록 한다.

2.3 철도진동 데이터베이스 추상화

본 논문에서 개발하는 시스템은 철도 진동에 영향을 주는 인자들과 측정 데이터를 데이터베이스화할 것을 그 목적으로 한다. 따라서 데이터베이스 시스템은 개방성관 접근성을 고려하여 WEB을 통한 인터페이스 구조를 갖고 측정 데이터 및 진동 영향 인자들을 포괄적으로 포함하는 구조로 설계한다. figure 4는 데이터베이스 설계를 위한 전체 데이터를 추상화(抽象化)한 결과이다. 전체 데이터는 각각의 프로젝트를 기반으로 구성되며 환경정보, 차량정보, 계측 위치정보, 측정데이터로 구분하여 저장 및 이용된다.

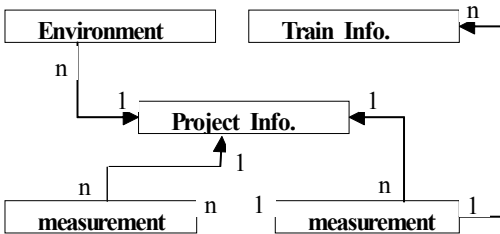


Figure 4 Database abstraction

전체 데이터 구조는 figure 5 에서 보는 바와 같이 Project를 기반으로 차량정보 등 하위 정보들이

종속되어 있는 형태로 구성된다. 각 데이터들은 프로젝트 ID를 Foreign Key로 하여 관계(Relation)를 설정한다.

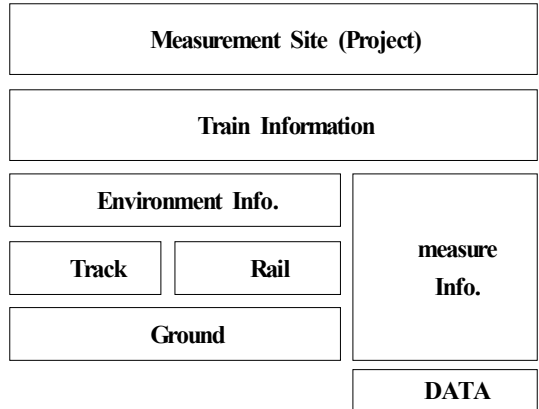


Figure 5 Data Structure

2.4 철도진동 데이터베이스 관계

본 논문에서는 전체 데이터베이스의 스키마를 표현하기에는 지면상 한계가 있으므로 각 객체간의 관계(Relation)만을 설명한다.

2.4.1 레일정보 관계

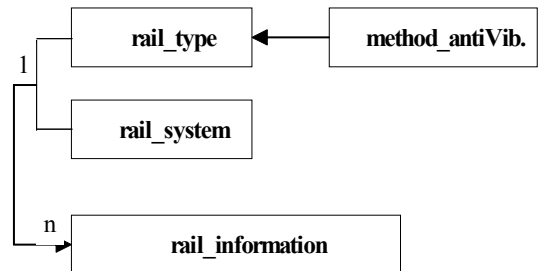


Figure 6 relationship of rail information

레일정보는 figure 6에서 보는 바와 같이, 레일의 종류와 함께 레일에 적용된 방진방식의 특성을 포함한다. 레일종류의 경우 방진이 적용된 경우 [antivib] Column에 'Bit' Data를 주어 구분한다.

2.4.2 레일지지정보 관계

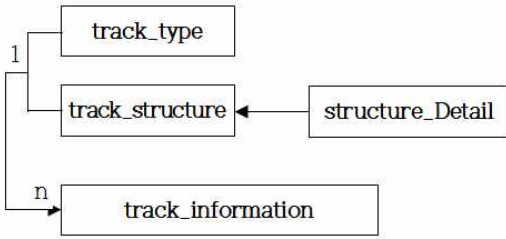


Figure 7 relationship of rail supporting structure information

레일지지정보는 figure 7과 같이, 레일의 아래에 위치한 궤도와 궤도를 구성하는 구조에 대한 정보로써 궤도와 구조에 대한 관계는 레일 지지정보에 대해 종속적인 관계를 갖는다.

2.4.3 지반정보 관계

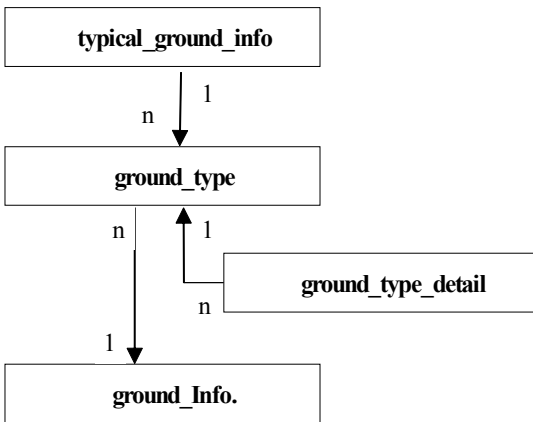


Figure 8 relationship of ground information

figure 8은 철도 진동의 전파 매질인 지반에 대한 정보를 나타낸다. 지반의 경우, 깊이에 따라 지반 종류가 달라지므로 지반 타입을 지정하고 지반정보에서 대부분의 정보를 처리하여 지반타입에 대한 데이터 중복성을 회피하였다. Table 2는 지반 정보에 대한 스키마로써 지반 타입과 종류를 Foreign Key로 하여 관계를 설정한다.

Table 2 ground information schema

Column Name	Data Type	NN	remarks
num	int	1	PK(Auto Increment)

groundTypeNum	int	1	FK-[groundInfo:num]
groundKindNum	int	1	FK-[groundkind:num]
sequenceNum	tinyint	1	sequence
S_Point	float	1	
E_Point	float	1	
isUse	bit	1	Default(1)

2.4.4 데이터베이스 관계

figure 9는 설계된 전체 데이터베이스 구조를 나타내고 있다. 그림에서 보는 바와 같이, 추상화를 통해 유도한 각각의 모듈은 프로젝트의 기본키 [Primary Key]를 통해 각각의 관계 [Relation]을 맺고 있으며, 데이터 구조의 유연성을 위해 현재는 각 테이블에 정의한 Foreign Key 만으로 그 관계를 유지한다. 각 모듈을 나타내는 데이터들은 기본 데이터들과의 관계로 나타내며, 이를 위해 데이터베이스 입력 플랫폼 작성 시, 기본 데이터 관리 모듈을 구축한다.

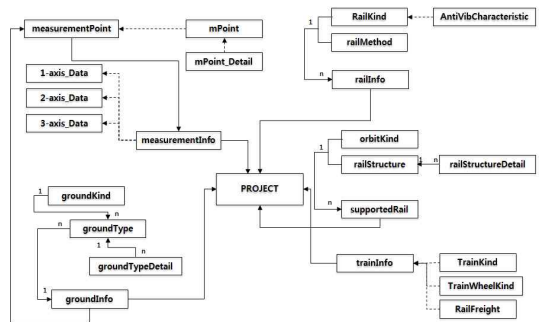


Figure 9 Table Relation Diagram

3. 실측 데이터 수집

실측 데이터 측정을 위해 민원 발생 지역 및 민원 발생 예상지역을 중심으로 실측을 진행하였으며 측정에 소요된 장비는 아래 table 3과 같으며 소음 계측 범위는 1/3-옥타브밴드 기준으로 31.5Hz ~ 8 kHz 이며, 진동 가속도 계측 범위는 1Hz ~ 1kHz 이고, Sampling Time은 0.1s 간격으로 하였다. 측정된 데이터는 figure 10과 같이 분석하여 데이터베이스에 입력한다.

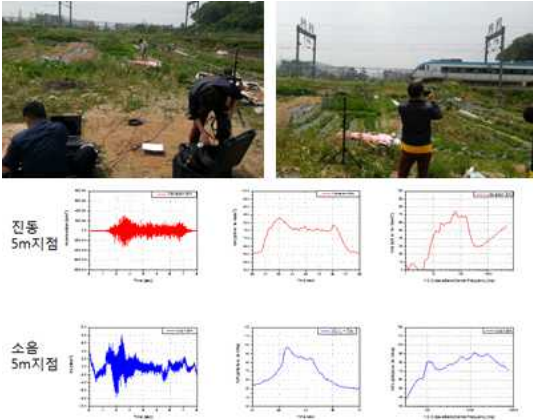


Figure 10 railway noise complaints focused area

Table 3 measuring equipment

ITEM	MODEL	MAKER
Accelerometer	393B31	PCB
MicroPhone	378B02	PCB
FFT Analyzer	Pulse 3560C	B&K
wind vane and anemometer	4500	Kestel

4. 결 론

본 논문에서는 철도진동소음 영향성 인자를 기준으로 분류된 통계적 데이터베이스 확보하였고 이로 말미암아 철도 소음진동 민원집중지역 실측 데이터 확보로 민원해결 방안을 마련할 수 있도록 지원할 것이며, 철도 진동 영향성 평가 기준에 대한 데이터를 확보할 수 있었다. 향후, 구축된 데이터베이스를 이용하여 철도 소음진동 관련자들의 이용을 활성화 하기 위해 GUI 기반검색엔진 및 데이터베이스 접근 시스템 구축을 계획하고 있으며 철도 역사 구조물 데이터베이스와의 통합으로 전문가 시스템 개발을 위한 기반을 마련한다.

후 기

본 논문은 국토해양부 철도기술연구사업의 “철도 선로변 지속가능 저소음화 기술개발” 과제의 일환으로 작성 되었습니다

참 고 문 헌

(1) In Sun Park, 2005, “A Study on the Assessment Method of Noise Exposure Population Using the Over-ride Value Noise Map”, Transactions of the Korean Society for Noise and Vibration Engineering. Vol. 15, No. 7, pp. 859~864.

(2) C. Y. Seo, 2010, “Analysis of Railway Noise Prediction Models”, Vol, 1, pp. 756-757

(3) Kuppelwieser, H., and A. Ziegler. 1996, "A tool for predicting vibration and structure-borne noise immissions caused by railways." Journal of Sound and Vibration 193.1 : 261-267.

(4) H.S. Kim, C.H. Lee, K.E. Kim, K.C. Lee, et al., 2008 A Study on Noise Characteristics in the Running Train of the Urban Railway, Journal of the Korean Society for Railway, pp. 93-99