

## 초기단계 철도차량 소음 예측방안 연구

### Study on noise prediction method of railway vehicle at early stage

임효석\*, 김병희\*, 양희주\*, 이장욱\*

Hyosuk Lim\*, Byunghye Kim\*, HeeJoo Yang\*, Jangwook Lee\*

**초 록** 철도차량 입찰 단계 및 설계 단계에서 소음 예측 효율성 개선 방안을 연구하였다. 일반적으로 철도차량 소음 해석에 많이 활용되고 있는 통계적에너지 방법을 기본으로 한다. 차량 해석 모델링시 표준화 형상 모델을 구축하고 해석 결과를 함수화하여 소음 검토 및 개선 업무의 효율성을 높이고자 한다. 검토가 필요한 주요 소음원 장치 및 주요 단품의 차음성능을 실험 계획법을 구성하여 소음을 해석하였다. 소음 예측 함수 구축을 위해 공간 구조 예측에 활용되는 크리깅 기법을 사용하였다. 본 연구를 통해 차륜/레일의 소음파워레벨의 직관적인 추론이 가능하며 인자별 민감도 분석을 통해 소음 검토시 주요 소음원과 단품성능의 영향을 파악한다. 또한 향후 장치 업체에 제시하는 소음 요구사항에도 활용될 수 있다.

**주요어** : 통계적에너지 방법, 실험계획법, 크리깅 기법, 민감도 분석

## 1. 서 론

철도차량의 주행중 실내소음 해석은 통계적 에너지 기법(Statistical Energy Analysis)이 많이 사용되며 해석에 필요한 정보는 다음과 같다.

- 1) 차량의 형상 정보
- 2) 주요장치 소음원 정보: 차륜/레일, 견인전동기 및 구동기어
- 3) 주요 단품의 차음성능: 바닥 구조, 측출입문, 측창문, 측벽, 천정 구조, 차량 연결막 등

철도차량 입찰 단계 및 설계 단계에서는 소음 검토를 통해 주요장치의 소음원 및 단품의 소음 요구사항을 정리하고 소음사항 만족 여부를 관리 하게 된다. 최종적으로 완성차량의 영업운전을 통해 주행중 실내소음 수준을 확인하고 소음해석 결과를 검증하게 된다. 본 논문은 이러한 소음해석 및 소음관리 효율성 개선 방안을 연구하였다

\* 현대로템 기술연구소

## 2. 본 론

### 2.1 소음해석 효율성 개선 방안

철도차량은 외관 형상에 따라 크게 경전철, 도시, 일반, 기관차, 고속 철도차량으로 구분할 수 있다. 각 형상에 따른 소음해석 모델의 함수화 구축을 통해 해석/개선안 검토/결과 검증 등의 업무 효율성을 개선하고자 한다.

#### 2.1.1 표준화 형상 모델 구축

통계적 에너지 기법을 기반으로 하는 상용 해석 툴인 VaOne을 이용하여 표준화 형상 모델을 구축하였다. 이때 각 서브시스템의 명칭에 대한 규칙을 적용하여 모델에 대한 이해를 높일 수 있다.

### 2.1.2 실험계획법 (Design of Experiment)

소음해석 모델의 함수화 구축을 위해 실험계획법을 수행하였다. 설계인자는 주요장치의 소음원과 주요 단품의 차음성능으로 총 11개를 선정하였다. 또한 설계인자의 수준은 직교 배열표를 사용하여 29개 단계로 구분하였다. 총 1,000회의 실험계획법에 대한 소음 해석은 VaOne Developer Kits의 Quick Script를 사용하여 수행하였다.

**Table 1** Design variable of DOE

구분	설계인자
소음원 파워레벨	차륜/레일 소음
	견인전동기 소음
	구동기어 소음
차음성능	출입문
	연결막
	바닥 구조
	천장 구조
	측창문
	측벽
흡음률	통로 출입문
	객실 내부

### 2.1.3 소음 해석 함수 구축

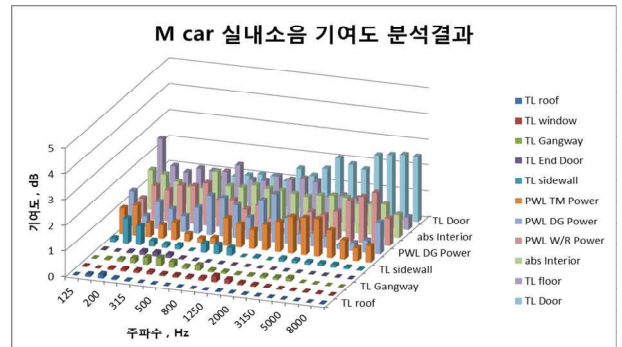
실험계획법 결과를 이용하여 소음해석 모델을 함수화 한다. 이때 공간 구조 예측에 활용되는 크리깅 기법(Kriging method)을 사용하였다. 크리깅 기법은 공간적인 상호관계(설계인자간의 거리)를 가지는 확률변수의 가중치 선형 조합으로 유추될 수 있다는 확률 함수 모델에 기반을 두고 있다.[1] 최종 산출물인 함수화된 소음 해석 모델 얻었고 이를 Excel 내부의 함수로 사용하여 설계인자 입력시 철도차량 주행중 실내소음을 직관적으로 해석할 수 있다.

### 2.1.4 민감도 분석

민감도 분석을 통해 소음 개선을 위한 효과적인 방안을 도출할 수 있다. 설계인자인 소음원 파워레벨과 차음성능 및 흡음률 값의 변화를 주었을 때 동력차량과

부수차량의 주행중 실내소음 값의 개선 정도를 통해 설계인자의 민감도 분석을 수행하였다.

**Fig 1** Sensitivity analysis at 80km/h



## 3. 결론

본 연구를 통해 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- 1) 철도차량 입찰 및 설계 초기단계에서 소음해석 및 소음관리 효율성을 개선하는 방안을 도출하였다.
- 2) 소음해석 모델을 함수화하여 보다 직관적인 소음 해석과 설계인자의 민감도 분석을 수행하였다.

## 참고문헌

- [1] Goovaerts, P (1997) Geostatistics for Natural Resources Evaluation, Oxford University Press, Oxford
- [2] 진성완 (2012) 철도차량 진동 개선을 위한 메타모델 기반 최적설계, 한국철도학회 학술발표대회논문집, Vol.2012 No.10
- [3] 박노옥 (2008) 수치표고모델과 다변량 크리깅을 이용한 기온 및 강수 분포도 작성, 대한지리학회 제43권 제 6호, pp.1002-1015
- [4] 임효석 (2009) SEA 방법을 이용한 Acoustic Package의 민감도 해석
- [5] ESI VA One 2012 Developer Kits User's Guide