

철도소음 예측을 위한 보정치 산정

Correction factor calculation for railway noise prediction

조준호* 고효인** 김재철** 유원희**
Cho, Jun Ho Koh, Hyo In Kim, Jae Chul You, Won Hee

ABSTRACT

For prediction of railway noise, propagation characteristics must be identified as well as the source characteristics. During the railway noise in outdoor pass the air, various factors affect the propagation. In this study, to suggest more effective and convenient equation to predict railway noise, calculation method for correction factor was investigated.

1. 서론

우리나라 광역철도는 새마을, 무궁화 열차와 같은 기존선 열차와 더불어 2004년 4월 개통된 고속철도로 인해 이전보다 많은 사람들이 철도를 이용하고 있다. 이는 철도가 가지는 신속, 정시정확 안전성이 장점으로 작용하기 때문이다.

또한 철도교통은 대기 오염과 같은 환경문제에 있어서도 환경친화적임이 잘 알려져 있다. 그러나 철도 운행시 발생하는 소음은 많은 민원을 여전히 발생시키고 있어 그 대책이 시급한 형편이다.

철도소음의 평가 및 관리에 있어서 중요한 예측기술 및 음향방사특성 관련 연구는 철도 선진국인 프랑스, 독일, 일본 등을 중심으로 발전되어 왔다.[1-6]

철도소음 예측과 관련하여 국내에서는 국립환경과학원에서 최초로 연구를 수행하여 그 예측식을 제시한 바 있다.[7-8]

그러나 여기에서는 여러 가지 종류의 열차에 대해 주로 거리와 속도의 함수로 최대소음도 및 등가소음도를 예측하는 모델을 제시한 바 있다. 그러나 이 예측 모델의 경우 철도소음을 너무 단순화하여 모델을 구성하므로 그 실용성 및 정확도 측면에서 오차를 많이 내포하고 있다.

정확한 철도소음의 예측을 위해서는 소음원의 특성 규명뿐만 아니라 전파하는 동안의 특성 규명이 수행되어야 한다. 철도소음이 공기 중을 통하여 수음자의 귀에 도달하기 까지 여러 가지 영향인자에 따라 그 전파 양상이 달라진다.

본 연구에서는 철도환경소음을 예측하기 위해 필요한 보정치로써 철도레일 이음매 특성, 기상효과 및 지향특성에 의한 영향을 보정하는 방안을 제시하였다.

* 책임저자, 회원, 한국철도기술연구원

E-mail :jhcho@krri.re.kr

TEL : (031)460-5366 FAX : (031)460-5139

** 한국철도기술연구원

2. 철도 소음 보정치 산정

철도 소음의 발생 및 그에 따른 전파를 예측하기 위한 모델 구성에서 차종과 속도 그리고 거리에 따른 감쇠영향 외에도 실제 철도에서 발생된 소음이 수음점에 전달되는 것에 중요한 영향을 끼치는 요인으로 이음매에 의한 소음증가, 지표효과, 기상효과, 지향특성 그리고 방음벽 등을 포함한 지형효과를 들 수 있다. 본 연구에서는 국내 철도환경소음 예측식에서 주요 보정항을 산정하는 방안을 제시하기 위해 철도소음 측정 및 분석을 수행하였다.

2.1 이음매 특성

본 연구에서는 철도소음의 주요 성분을 동력소음과 전동소음으로 분리하여 검토하였다.[9] 전동소음의 경우는 차륜과 레일의 접촉에 의해 발생하는 소음으로 이음매나 분기기 또는 장대레일로 용접한 경우 라 할지라도 용접성능에 따라 발생소음에 차이가 있을 수 있음을 알 수 있다.

그림 1은 용접레일의 용접상태 예를 나타내고 있다. 일반 레일이나 용접이 아주 잘 이루어진 레일을 통과하는 곳과 그렇지 않은 곳을 열차가 통과할 때의 전형적인 소음도 시간 이력곡선을 그림 2와 그림 3에 나타내었다. 소음도 시간 이력곡선에서 알 수 있듯이 객차가 통과할 때의 주요 소음원인 전동소음부분에서 차륜이 마이크로폰 앞을 통과할 때의 피크가 상당히 두드러짐을 알 수 있으며, 이는 충격 등에 의한 소음의 증가분을 의미한다. 이와같이 이음매의 특성에 따라 전동소음 및 그에 따른 전체 소음도의 증가현상을 방사모델에 적용하여 분석하였다. 상관도가 향상되는 것을 알 수 있다.



그림 1 레일의 용접 상태

이제 레일 이음매에 의한 전동소음의 증가영향을 검토하기 위해 측정데이터를 방사소음 모델에 의해 성분분석한 결과를 이음매 보정전(그림 3)과 비교하여 보정 후에 대한 결과를 그림 4에 나타내었다. 이와같이 이음매에 의한 소음증가를 측정 위치별로 분석하여 표 1에 나타내었다.

측정위치별 이음매에 의한 소음 증가를 분석한 결과 단위 전동소음에 대한 보정치는 1.6dBA의 평균 값을 구할 수 있었다.

2.2 기상효과

본 연구에서는 기상효과에서 온습도에 의한 영향은 특별한 일관성을 찾기 어렵기 때문에 풍향과 풍속에 따른 영향을 검토하여 보정치로 제시하였다.

지형이 유사한 측정사이트 중 바람이 불 때 철도소음을 측정한 데이터와 바람의 영향이 없을 때 측정한 데이터를 비교하였다. 김제-감곡구간의 경우 바람이 소음전파를 보강하는 방향 즉 favourable

condition으로 0 ~ 2m/s(평균 1.2m/s)의 풍속이 작용하였고 전의-전동구간의 경우 바람이 거의 없었다.

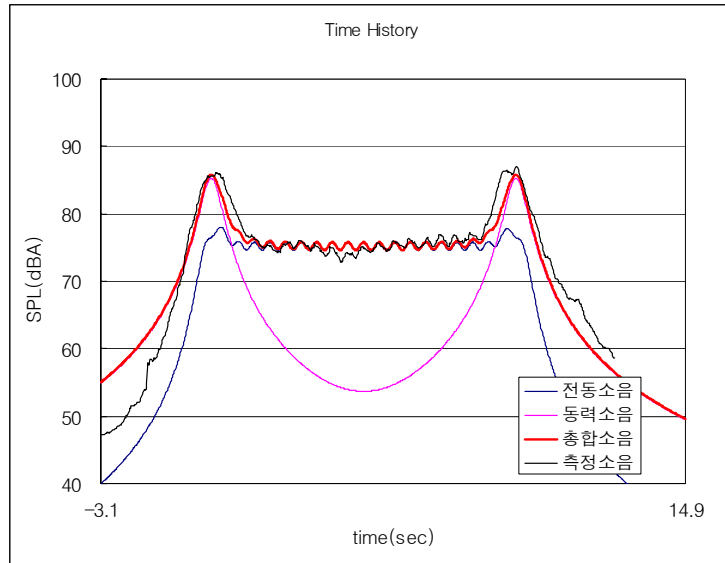


그림 2 이음매 양호구간 소음도 시간 이력곡선
(김제-감곡구간, KTX, 12.5m 위치)

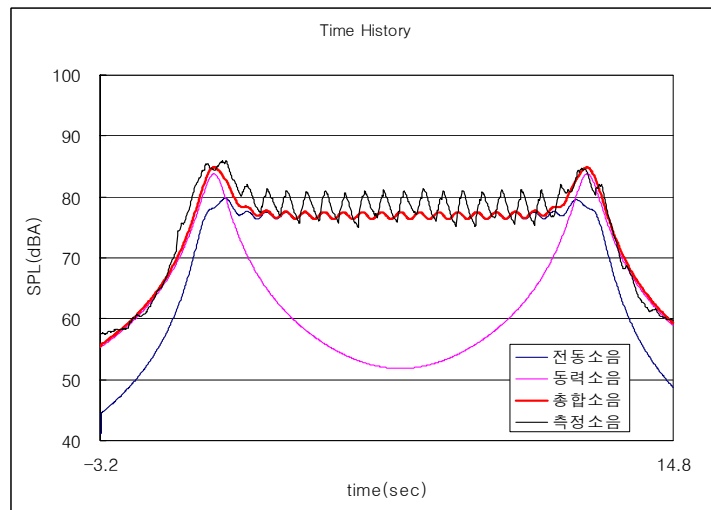


그림 3 이음매 불량구간 소음도 시간 이력곡선
(대구-지천구간, KTX, 12.5m 위치)

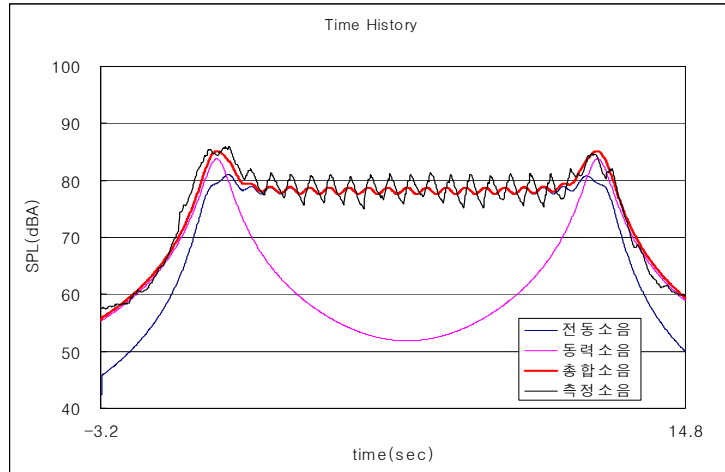


그림 4 이음매 특성 보정한 성분 분석
(대구-지천구간, KTX, 12.5m 위치)

표 1 측정위치별 이음매에 의한 단위 전동소음(SEL)증가

측정위치(m)	단위전동소음 SEL(dBA)	총소음 SEL(dBA)
12.5	1.3	0.8
15	1.9	1.1
25	1.6	0.8
50	1.6	0.7
75	1.3	0.7
100	1.8	0.6
평균	1.6	0.8

표 2에는 비교하는 두 구간에서 측정한 소음도 SEL 차이를 나타내었다. 표에서 알 수 있는 바와 같이 소음전과를 보강하는 순행조건의 경우가 총 75m 전과거리에서 바람없는 경우에 비해 3.6dBA 높은 것을 알 수 있다. 따라서 이 값으로부터 바람에 의한 조건은 전과에 순행방향의 경우 바람없는 조건에서의 소음도에 비해 +0.48 dBA/10m에 해당하는 보정치를 줄 수 있다. 반대로 역행조건 (unfavourable condition)의 경우는 반대로 -0.48 dBA/10m의 값을 이용하여 그 보정치를 계산한다.

2.3 지향특성에 의한 영향

열차가 통과하며 발생하는 소음은 어떤 이상적인 점음원처럼 수직단면에서 원형으로 동일한 파워로 방사하는 것이 아님은 잘 알려진 사실이다. 즉 이는 열차가 통과하는 인근에 아파트와 같이 수음점이 높이별로 차이가 나는 경우 그 위치에 따라 소음도가 다른 것을 의미한다. 본 절에서는 열차가 통과할 때 수음점과 레일레벨이 이루는 각도에 따른 보정치를 검토하였다. 그림 5에는 지향특성 측정을 위한 측정장면 사진을 나타낸다. 기존선을 통과하는 차종별 편성차량특성별 지향성 특성을 각도별로 평균하여 다음 표 3에 나타내었다.

표에서 알 수 있는 바와 같이 레일기준으로 낮은 각도로 보이는 수음점은 보정값이 0.5dBA 수준이

지만 12° - 43°의 각도에 위치한 수음점의 경우는 30° 근처에서 최대 1.6dBA를 보이고 대체로 다른 각도에서는 1.0dBA 이상의 보정을 해야 함을 알 수 있다. 즉 높은 각도의 수음점의 소음도가 높아지는 것을 알 수 있다. 참고로 43° 이상의 각도에서는 본 연구를 통해 확인할 수 없었지만 대체로 차체에 의한 차폐효과로 인해 다시 그 영향정도가 급격히 감소하리라 예상된다.

표 2 바람에 의한 철도소음 SEL 차이

구분	바람 영향구간 소음 SEL(dBA)	바람 영향없는구간 소음 SEL(dBA)
측정위치 25m	95.3	93.3
측정위치 50m	92.2	88.8
측정위치 100m	89.1	83.5
측정위치 25m 측정위치 50m	3.1	4.5
측정위치 50m 측정위치 100m	3.2	5.3
측정위치 25m 측정위치 100m	6.3	9.8



그림 5 철도소음 지향특성 측정 시스템

3. 결론

본 연구에서는 철도소음 예측식에 있어서 고려하지 않으면 안 되는 이음매 특성, 기상효과 및 지향 특성을 고려하여 보정할 수 있도록 보정치 산정방안에 대해 나타내었다.

이음매에 의한 영향은 측정위치별 이음매에 의한 소음 증가를 분석한 결과 단위 전동소음에 대한 보정치는 1.6dBA의 평균값을 구할 수 있었다.

기상효과로써 바람에 의한 조건은 소음전파에 순행방향의 경우 바람없는 조건에서의 소음도에 비해 +0.48 dBA/10m에 해당하는 보정치를 줄 수 있음을 알았다.

지향특성에 의한 영향의 경우, 레일기준 정도의 낮은 각도로 보이는 수음점은 보정값이 0.5dBA 수준이지만 12° - 43°의 각도에 위치한 수음점의 경우는 30° 근처에서 최대 1.6dBA를 보이고 대체로 다른 각도에서는 1.0dBA 이상의 보정을 해야 함을 알 수 있었다.

이러한 보정치 산정방안은 측정데이터와 철도소음 방사 모델을 조합한 방법으로 향후 효율적으로 활

용할 수 있으리라 판단된다.

후기

본 연구는 환경부의 차세대핵심환경기술개발사업에 의해 수행된 연구결과임을 밝힙니다.

표 3 측정점 위치별 각도에 따른 보정값

측정점 각도(°)	보정값(dBA)	비 고
0.0	0.0	레일 상부면과 동일한 높이의 측정점을 기준으로 한다.
4.1	0.2	
8.1	0.4	
12.1	1.0	
15.9	1.4	
19.7	1.3	
23.2	1.5	
26.6	1.6	
29.7	1.6	
32.7	1.5	
35.5	1.4	
38.2	1.4	
40.6	1.3	
42.9	1.2	

참고문헌

- 1) H. J. A. Van Leeuwen, Railway noise prediction models: A comparison, Journal of Sound and Vibration 231, pp. 975~987(2000)
- 2) S. Peters, The predictions of railway noise profiles, Journal of Sound and Vibration 32, pp. 97~99(1976)
- 3) D. H. Cato, Predictions of environmental noise from fast electric trains, Journal of Sound and Vibration 32, pp. 483~500(1976)
- 4) E. J. Rathe, 1977, Railway noise propagation, Journal of Sound and Vibration 51, pp. 371~388
- 5) D. Hohenwarter, Railway noise propagation models, Journal of Sound and Vibration 141, pp. 17~41(1990)
- 6) J. D. Van Der Toorn, Hendriks, and R. C. Van Der Dool, 1996, Measuring TGV source strength with SYNTACAN, Journal of Sound and Vibration 193, pp. 131~121
- 7) 국립환경연구원 (1993), 사업장 소음의 방지대책에 관한 연구(II)
- 8) 국립환경연구원 (1994), 사업장 소음의 방지대책에 관한 연구(III)
- 9) 조준호 외 3인, 2005, 기존선통과 KTX 열차의 환경소음 예측식 제안, 2005년도 한국철도학회 추계학술대회 논문집, p 31