

소음지도를 이용한 철도소음 예측 시 국내 철도차량 적용 방안 연구

A Study on a Method to Apply to Domestic Railway Vehicles in Prediction of Railway Noise Using a Noise Map

박찬연*,박인선**,오종화*,박상규†

Chan-youn Park, In-sun Park, Jong-hwa Oh, and Sang-kyu Park

Key Words : Noise Map(소음지도), Railway noise(철도소음), Prediction(예측)

ABSTRACT

The increase in logistics and the emergence of high speed vehicles are aggravating the noise problem, and disturbing large numbers of people. Therefore, growing attention is being paid to the creation and utilization of a noise map in order to grasp and predict the influence of noise, and to establish a policy that effectively reduces noise. However, so far there has been little progress in developing a predictive formula for railway noise, and a noise prediction program suitable for the domestic environment. Therefore, there is a need for a method to apply the overseas prediction formula to domestic railway vehicles. This study evaluated the prediction method, the result of which is similar to that of a real measurement, using a noise map. It also employed a commercial software program, SoundPlan, to predict noise.

1. 서론

물류량의 증가와 교통수단의 고속화는 소음의 증가와 불쾌감을 유발하고 있으며 전국토의 효율적 활용을 목적으로 도시 간 또는 도심 내 철도건설 및 운행이 증가하고 있는 실정이다. 또한 기존 열차의 고속화 및 고속철도의 도입으로 인해서 철도교통 소음이 증가하고 있다.

따라서 이러한 소음이 국민들에게 미치는 영향을 파악하고 건설 사업 추진 등으로 인해 예상되는 소음의 영향을 예측하여 효과적인 소음 저감대책을 수

립하기 위하여 환경부 및 지방자치단체에서는 많은 관심과 노력을 기울이고 있다. 그러나 국내의 현실에 알맞은 예측 S/W의 개발이 미비하고 국내·외 예측식에 대한 검증이 부족한 상황이다. 철도소음 예측의 경우 해외 예측식에 국내의 철도차량이 적용되지 않은 관계로 우선적으로 국내 차량과 비슷한 제원을 가지는 철도차량을 선택해야한다. 본 연구에서는 소음지도를 이용한 예측을 통해 차량을 선정하는 방법을 사용하였으며 소음 예측은 상용소프트웨어인 SoundPlan을 사용하였다.

2. 철도소음 예측식별 소음분류

2.1 RMR2002

RMR2002는 철도차량의 범주를 9가지로 나누어 철도차량을 선택하도록 하고 있다.

† 중신회원, 연세대학교 환경공학부

E-mail : tankpark@yonsei.ac.kr

Tel : (033) 760-2442, Fax : (033) 760-2194

* 정회원, 연세대학교 환경공학부 대학원

** 정회원, 연세대학교 환경과학기술연구소

Table 2.1 Category of railway vehicles on RMR2002

	Type of trains
Category 1	Brake-padded passenger train
Category 2	Disk-braked and break-padded passenger train
Category 3	Disk-braked passenger trains
Category 4	Brake-padded freight trains
Category 5	Brake-padded diesel trains
Category 6	Diesel trains with disk-brakes
Category 7	Disk-braked urban subway and rapid tram trains
Category 8	Disk-braked InterCity and slow train
Category 9	Disk-brake-padded high speed trains (TGV)

2.2 Schall-03

독일의 철도소음 예측식인 Schall-03은 철도차량의 평균 소음레벨을 산출하여 여러 가지 보정을 하여 철도소음을 예측한다. 철도차량의 종류를 5가지로 분류하고 있으며 제동장치 중 Disk-brake의 사용 빈도에 따라 분류하고 있다.

Table 2.2 Portion of railway vehicles using disk brake on Schall-03

Type of train	Portion of cars using disk brake
Fast/Long distance express train	100%
Local/Short distance express train	30%
Freight train	0%
All remaining types of train	100%

Table 2.3 Average of speed and train length on Schall-03

Type of train	max. speed (km/h)	train length(m)
ICE	250	420
EC/IC	200	340
IR	200	205
Fast/Long distance express train	160	340
Express train	140	205
Local/Short distance train	120	150
Regional express train	120	130
Regional express train Berlin	100	70
Regional express train Hamburg	100	130
Regional express train Rhine-Ruhr	120	120
Freight train(long distance)	100	500
Freight train(short distance)	90	200
Subway	80	80
Street Railway	60	25

2.3 CRN

철도차량의 종류를 9가지로 분류하고 있으며 영국에서 통행하고 있는 모든 철도차량에 따라 보정치를 달리하고 있다.

Table 2.4 Category of railway vehicles on CRN

	Category	Vehicle description
1	Tread braked passenger coaches	British Rail Mk1, Mk2 Gatwick Express Class 421(422) EMU London Underground
2	Disk braked passenger coaches(4 axles)	British Rail Mk3, Mk4 Class 319 EMU Class 465(466) EMU Class 165(166) EMU
2a	Disk braked light railway passenger coaches(6 axles)	Manchester Metrolink LRV
2b	Disk braked light railway passenger coaches(8 axles)	South Yorkshire supertram LRV
3	Tread braked freight vehicles 2 axles	2 axle tank wagons
4	Tread braked freight vehicles 4 axles	4 axle tank wagons
5	Disk braked freight vehicles 2 axles	Merry go round coal Hopper HA
6	Disk braked freight vehicles 4 axles	Freightliner
7	Locomotive (Diesel)	Class 20, 31, 33, 37, 43, 47, 56, 59, 60
	Locomotive (Electric)	Class 73, 86, 87, 90, 91
8	Diesel locomotives under full power	Class 20, 31, 33, 37, 43, 47, 56, 59, 60
9	High speed train	Eurostar

3. 기초조사

(1) 대상지역 선정

소음지도 제작을 위한 대상지역은 무궁화열차와 화물열차가 통행하는 원주지역 2지점, 고속열차가 통행하는 천안지역 2지점 그리고 지하철이 통행하는 의정부지역 3지점을 선정하였다.

(2) 소음도 조사

소음도 조사는 철도 소음 이외의 소음원의 영향이 적은 지점을 선정하여 측정하였다. 측정은 1시간 측정하였고, 장비는 NL-18(Rion社)과 Symphone(01dB社)를 사용하였다.

Table 3.1 Measured noise level and receiver information

point	LAeq	LAmx	Hight(m)	Dis.(m)
원주1	60.5	95.2	5.5	25
원주2	56.4	84.2	15.5	58
천안1	65.4	93.8	1.5	16
천안2	58.7	88.9	1.5	25
의정부1	64.8	98.4	1.5	25
의정부2	61.6	89.7	1.5	16
의정부3	63.0	92.6	6.8	22

(3) 속도

철도의 평균 속도를 구하기 위하여 스피드건(Bushnell社)을 사용하였으며, 차량별 10회 측정된 결과를 산술평균한 값을 철도차량의 속도로 정하였다.

(4) 기타

각 예측모델에 필요한 영향인자(침묵의 종류, 차량종류, 차 열량의수, 차량 길이 등)를 조사하였다.

4. 결과 분석

4.1 무궁화 열차와 화물 열차의 적용

(1) RMR2002

네덜란드의 예측식인 RMR2002의 경우 열차의 선택은 Category별로 구분하고 있고 화물열차(1분류)와 승객열차(3분류)의 3가지 경우로 분류하여 실험을 하였다. Table 4.1은 각 경우에서 선택된 Category이다.

Table 4.1 Case of selecting vehicles on RMR2002

종류	무궁화열차	화물열차
Case 1	Category 2	Category 4
Case 2	Category 1	Category 4
Case 3	Category 3	Category 4

Figure 4.1은 측정값과 각 Case에서 예측한 결과를 비교한 것이다. 그 결과 Case 3이 가장 측정값과 비슷한 결과를 나타내고 있다. 따라서 이 논문에서는 RMR2002를 이용하여 소음 예측할 경우 무궁화호 열차와 화물열차는 각각 Category 3과 Category 4를 선택하는 것을 추천한다.

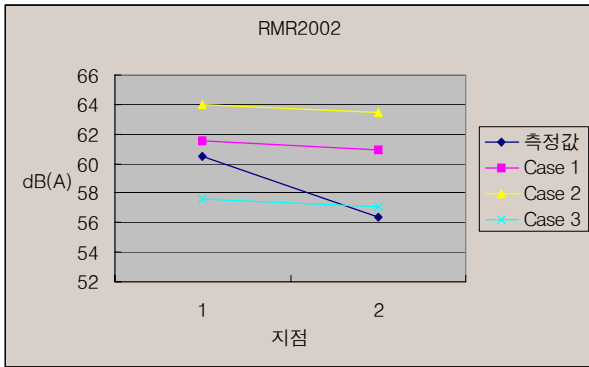


Figure 4.1 Comparison selecting vehicles on RMR2002

(2) Schall-03

예측식 Schall03에서 철도차량의 분류는 승객열차와 화물열차가 각각 6종과 4종이다. 모든 경우에서 예측한 결과 측정값과 가장 비슷한 5가지 경우를 비교하였고, 그 결과는 다음과 같다.

Table 4.2 Case of selecting vehicles on Schall-03

종류	무궁화열차	화물열차
Case 1	Nahverkehrszug	Guerzug (Nahv)
Case 2	Nahverkehrszug	Guerzug (Fernv)
Case 3	Inter ratio	Guerzug (Nahv)
Case 4	Nahverkehrszug	D/FD-zug(1988)
Case 5	EC/IC	Guerzug (Nahv)

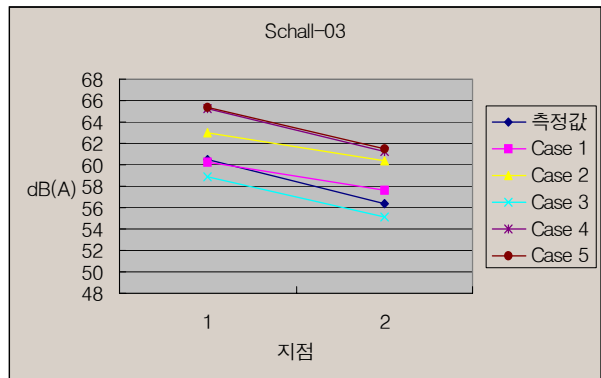


Figure 4.2 Comparison selecting vehicles on Schall-03

Figure 4.2는 각 경우에서 선정된 차량으로 측정값과 예측값을 비교한 것이다. 선정된 5가지 실험 결과 중 Case 1이 측정값과 가장 근사한 값을 가진다. 따라서 철도소음 예측식 중 Schall03을 이용하여 예측하는 경우 무궁화호 열차는 Nahverkehrszug (1988)을 선택하고, 화물열차는 Guerzug (Nahv)를 선택하는 것을 추천한다.

(3) CRN

CRN은 철도차량의 종류가 다른 식에 비해 보다 다양하고, 승객열차와 화물열차는 각각 16종과 4종으로 분류된다. 모든 경우에서 예측한 결과 측정값과 가장 비슷한 7가지로 압축하여 비교하였고, 그 결과는 다음과 같다.

Table 4.3 Case of selecting vehicles on CRN

종류	무궁화열차	화물열차
Case 1	British rail Mk3	Merry go coal Hopper HA
Case 2	British rail Mk1	2 axle tank wagons
Case 3	British rail Mk3	4 axle tank wagons
Case 4	British rail Mk3	Freightliner
Case 5	British rail Mk1	Merry go coal Hopper HA
Case 6	Gatwick Express	Merry go coal Hopper HA
Case 7	Class 465 EMU	Merry go coal Hopper HA

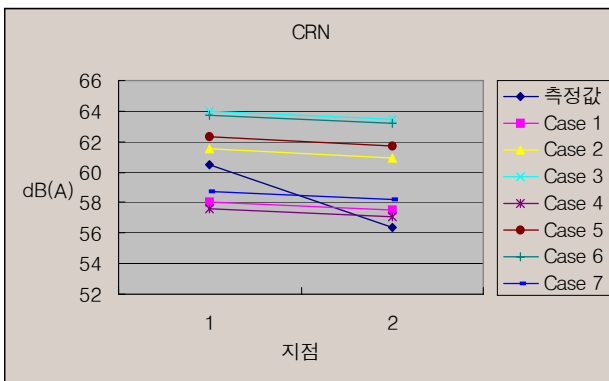


Figure 4.3 Comparison selecting vehicles on CRN

Figure 4.3은 각 경우에서 선정된 차량으로 측정값과 예측값을 비교한 것이다. 선정된 7가지 실험결과 중 Case 7이 가장 측정값과 근사한 값을 가진다. 따라서 철도소음 예측식 중 CRN을 이용하여 예측할 경우 무궁화호열차는 Class 465 EMU를 선택하고, 화물열차는 Merry go coal Hopper HA를 선택하는 것을 추천한다.

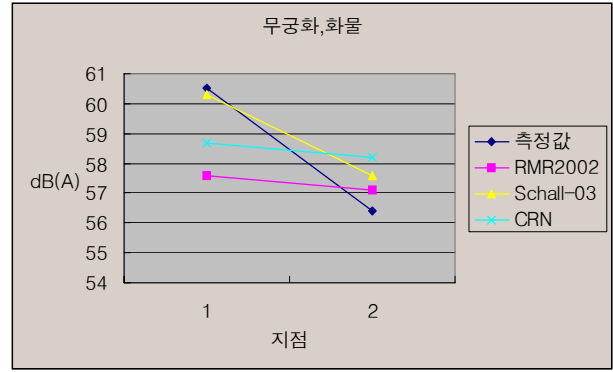


Figure 4.4 Comparison of railway noise at Wonju

Table 4.4 Comparison of railway noise at Wonju

지점	측정값	예측식	예측값	오차
원주1	60.5	RMR2002	57.6	2.9
		Schall-03	60.3	0.2
		CRN	58.7	1.8
원주2	56.4	RMR2002	57.1	0.7
		Schall-03	57.6	1.2
		CRN	58.2	1.8

각 예측식별로 선정된 차량분류방법을 이용하여 예측한 결과 오차는 0.2~2.9로 나타났다(Table 4.4).

4.2 고속 열차의 적용

대상지역중 천안구간에서 도로교통소음원이 존재하지 않는 천안구간에서 각 예측식별 차량정보에 국내 고속열차를 적용해 보았다. 대상지역에서 2개의 지점은 철도소음을 측정된 구간이다. 각 예측식에서 제공하는 고속열차 차량정보는 1개씩으로 RMR2002에서는 TGV를 그리고 Schall-03에서는 ICE를 그리고 CRN에서는 Eurostar를 각각 제공하고 있다. 따라서 Case별 예측은 필요하지 않았고 예측식별 예측값과 측정값을 비교하였다.

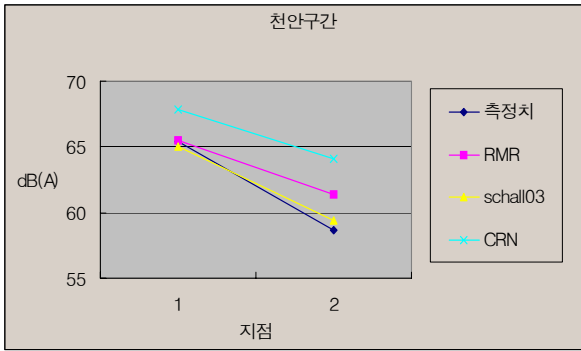


Figure 4.5 Comparison of railway noise at Cheonan

Table 4.5 Comparison of railway noise at Cheonan

지점	측정값	예측식	예측값	오차
천안1	65.4	RMR2002	65.5	0.1
		Schall-03	65.0	0.4
		CRN	67.8	2.4
천안2	58.7	RMR2002	61.4	2.7
		Schall-03	59.4	0.7
		CRN	64.1	5.4

Table 4.5에서 가장 적절한 예측식은 Schall-03이며 RMR2002의 경우 3dB 이내의 오차를 가진다. 그러나 CRN의 경우 2지점에서 오차가 5.4dB로 신뢰하기 힘든 결과를 보였다.

4.2 전철의 적용

대상지역 중 구로구간에서 통행하는 전철을 해외 예측식에 적용하기 위해 전철이 빈번히 운행하는 구간을 선정하여 예측을 하였다.

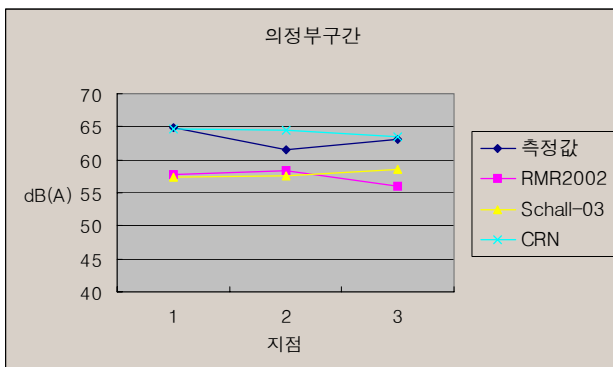


Figure 4.6 Comparison of railway noise at Uijeongbu

예측값과 측정값을 비교한 결과 전철의 예측식별 차량분류 선택은 RMR2002의 경우 Category 7, Schall-03의 경우 U-bahn, CRN의 경우 London Underground - A stock을 이용하는 것이 측정값과 비슷한 결과를 보였다. 이중 CRN으로 예측한 결과가 가장 정확했다.

Table 4.6 Comparison of railway noise at Cheonan

지점	측정값	예측식	예측값	오차
의정부1	64.8	RMR2002	57.7	7.1
		Schall-03	58.4	3.2
		CRN	56.0	7.0
의정부2	61.6	RMR2002	57.4	7.4
		Schall-03	57.5	4.1
		CRN	58.5	4.5
의정부3	63.0	RMR2002	64.6	0.2
		Schall-03	64.5	2.9
		CRN	63.4	0.4

Table 4.6에서 가장 적절한 예측식은 CRN으로 3dB이내의 오차를 가지며 RMR2002는 최대 7.1dB, Schall-03은 최대 7.4dB의 오차가 나타났다.

5. 결론

(1) 이 논문에서는 철도 소음지도 작성 시 상용 소음지도 S/W에 국내 철도 차량을 적용시키기 위한 방법을 제시하였다.

Table 5.1 Recommendation of category when using in Korea

	RMR2002	Schall-03	CRN
고속철	Category 9a(TGV)	ICE	Eurostar
무궁화	Category 3	Nahverkehrs- zug(1988)	Class 465 EMU
화물	Category 4	Güterzug (Nahv)	Merry go coal Hopper HA
전철	Category 7	U-bahn	London Underground - A stock

(2) 국내 철도차량 적용 시 국내 환경에서는 schall-03의 사용이 적합하다고 사료된다.

참 고 문 헌

- 1) Calculation and measerment guideline for rail transport noise - RMR2002
- 2) Guideline for the calculation of sound immisions of railroad track - Schall-03
- 3) Calculation of railway noise 1995 - CRN
- 4) 박찬연, 박인선, 오종화, 이재원, 박상규, 2007
소음지도를 이용한 철도소음 예측식의 연구,
소음진동공학회 춘계학술대회