

철도소음예측시 입력변수의 영향을 고려한 소음지도 작성 및 평가

The Study for the Assessment of the Noise Map for the Railway Noise Prediction Considering the Input Variables

이 재 원* · 구 진 회* · 이 우 석* · 서 충 열*

J. W. Lee, J. H. Gu, W. S. Lee and C. Y. Seo

(Received May 31, 2012 ; Revised March 18, 2013 ; Accepted March 22, 2013)

Key Words : Railway Noise(철도소음), Noise Map(소음지도), The Prediction Model(예측모델)

ABSTRACT

The noise map can be applied to predict the effect of noise and establish the noise reduction measure. But the predicted value in the noise map can vary depending on the input variables. Thus, we surveyed the several prediction models and analyzed the changes corresponding to the variables for obtaining the coherency and accuracy of prediction results. As a result, we know that the Schall03 and CRN model can be applied to predict the railway noise in Korea and the correction value, such as bridges correction, multiple reflection correction, curve correction must be used for reflecting the condition of the prediction site. Also, we know that the prediction guideline is an essential prerequisite in order to obtain the unified and accurate predicted value for railway noise.

1. 서 론

대규모 신도시 및 산업화 단지 등이 계속적으로 개발됨에 따라 도로와 철도가 함께 신설되고 있다. 그러나 도로와 철도는 소음을 지속적으로 발생시키는 주요 소음원이며 건설 전에 이에 대한 사전 영향 예측을 통하여 완공 후 발생될 수 있는 소음의 영향을 최소화하는 것이 필요하다. 정확한 소음 예측이 가능하다면 그에 따른 최적의 저감대책 수립이 가능해지고 소음의 영향을 최소화 할 수 있을 것이다. 이에 정확한 소음을 예측할 수 있는 여러 가지 예측식들이 연구되고 있다⁽¹⁾. 특히 최근에는 소음예측식

을 이용하여 현재 및 장래의 소음을 가시화할 수 있는 소음지도프로그램의 활용이 증가하고 있다. 이번 연구에서는 소음지도프로그램에서 활용되고 있는 철도소음예측식 중 외국의 국가 철도소음 예측식으로 개발되어 현재 소음지도 프로그램에서 활용할 수 있는 독일의 Schall03, 영국의 CRN, 네덜란드의 RMR 철도 예측모델⁽²⁾을 대상으로 측정값과 예측값의 비교를 통하여 국내 적용 가능한 예측식의 선정 및 철도소음 예측시 예측값에 변화를 줄 수 있는 주요 예측 변수들에 대하여 분석하였다. 철도소음 예측시 주요 예측변수는 무엇인지, 예측값의 변화 경향은 어떻게 나타나는지, 혹은 실제 현장 조건에 가장 부합되도록 하려면 어떠한 예측 변수들을 설정하

† Corresponding Author ; Member, Indoor Environment & Noise Research Division, National Institute of Environmental Research
E-mail : jlee933@korea.kr
Tel : +82-32-560-8308, Fax : +82-32-567-7097

* Indoor Environment & Noise Research Division, National Institute of Environmental Research

‡ Recommended by Editor Moon Kyu Kwak

© The Korean Society for Noise and Vibration Engineering

여야 하는지 등에 대하여 파악하고 있다면 좀 더 정확한 철도소음 예측이 가능할 것으로 판단된다^(3,4). 이를 위하여 주요 예측변수 변화에 따른 위의 예측 식별 예측값의 변화 경향을 살펴보고, 다양한 현장에서 측정된 철도소음 측정값과 예측인자 설정 변화에 따른 예측값을 비교해보았다.

2. 철도소음의 측정 및 예측

2.1 철도소음의 측정

측정 대상지점으로는 철도 주변의 공동주택을 대상으로 하였으며, 총별로 1시간 등가소음도를 측정하였다. 각 공동주택에서 철도의 이격거리 및 철도의 통행량 등 측정상황을 Table 1에 나타내고 있다.

측정대상 지역 주변 철도에는 고속열차, 새마을, 무궁화 등의 열차가 운행되었고, 1시간 통행량 및 속력을 각각 측정하였다.

2.2 철도소음의 예측

이 연구에서 비교한 철도소음 예측식은 국립환경과학원식(NIER), CRN(영국), Schall03(독일), 그리고 RMR(네덜란드)이며, 예측프로그램으로는 SoundPLAN을 사용하였다. 외국의 열차구분을 국내 열차에 적용하기위하여 실측 통과소음도와 국외 구분 열차의 예측 통과소음도를 비교하여 선정하였으며, 예측시 입력값으로 Table 1에서 조사된 열차의 시간당 통행량, 속력, 열차종류별 실제 길이(고속전철: 388 m, 새마을: 212 m, 무궁화 212 m, 화물열차: 400 m)를 동일하게 적용하였다. 그리고, 브레이크 흡수율은 0, 자갈도상, 그리고 콘크리트 침목을 적용하였다. 실제 국내 개별 열차의 통과소음도 측정값과 위와 같이 적용된 국외 열차의 구분은 시행착오법을 사용하여 외국 예측식의 열차 종류별 예측 통과소음도를 비교하여 Table 2와 같이 선정하였다.

예측시 입력값으로 Table 1에서 조사된 열차의 시간당 통행량, 속력, 열차종류별 실제 길이(고속전철: 388 m, 새마을: 212 m, 무궁화 212 m, 화물열차: 400 m), 브레이크 흡수율은 0, 자갈도상, 그리고 콘크리트 침목을 적용하였다.

2.3 철도소음 측정값과 예측값의 비교

소음지도 프로그램을 이용하여 측정 지역을 모델

Table 1 Condition of railways at sites

Classification	Distance (m)	High-speed train (KTX)		Conventional train					
				Mugung-wha		Saemaul		Freight train	
		No. (No./h)	Speed (km/h)	No. (No./h)	Speed (km/h)	No. (No./h)	Speed (km/h)	No. (No./h)	Speed (km/h)
A	Up	3	160	2	120	1	120	1	40
	Down	4	160	1	120	1	120	1	40
B	Up	3	140	3	90	1	120	1	40
	Down	3	140	4	90	2	120	0	40
C	Up	3	120	2	120	3	120	1	40
	Down	3	120	2	120	2	120	1	40

Table 2 Selection of the category of railway vehicles

NIER	Schall03	RMR	CRN
KTX	ICE	Category 9a	Eurostar
Saemaul train	Nahverkenhr szug(2002)	Category 3b	Class466EMU
Mugung-wha train	Nahverkenhr szug(1998)	Category 3a	Class465EMU
Freight train	Erzug(Nahv)	Category 4	Merry go coal hopper HA
Subway	U-bahn	Category 7	Underground stock

화(건물높이, 지형정보 설정)하고 Table 1 및 Table 2의 예측조건을 입력하여 Fig. 1과 같이 평면소음지도(grid noise map)과 높이별소음지도(facade noise map)을 계산하였다. 한 지점에서 위의 예측식 중 Schall03, CRN, RMR을 각각 선택하여 철도소음을 예측하였다. 단, 국립환경과학원식(NIER)은 소음지도프로그램에서 사용할 수 없으므로 별도로 계산하였다.

각 예측식으로 계산된 공동주택의 층별소음도를 측정소음도와 비교하여 Table 3에 나타내고 있다.

Schall03 및 CRN을 사용한 예측값은 A, B, C지점 모두에서 실측값과 3 dB 이내의 유사한 결과를

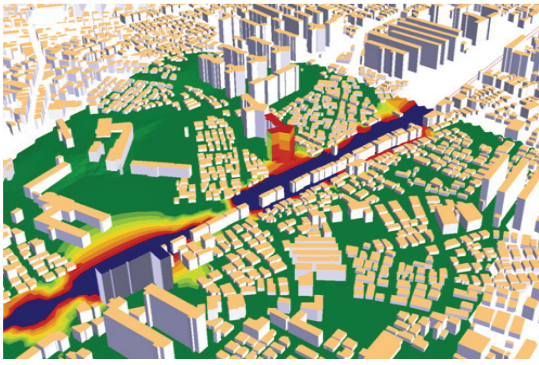


Fig. 1 Grid & facade noise map

Table 3 Comparison of predicted with measured noise level at sites (unit : $L_{eq,1h}$ dBA)

Floor	Measured data	Predicted data				
		NIER	Schall03	CRN	RMR	
A	1st	50.7	47.0	48.4	49.1	47.0
	6th	59.8	56.3	59.7	60.8	50.5
	12th	63.1	55.6	60.2	60.8	50.7
	15th	63.2	55.1	61.2	61.8	50.5
B	1st	60.4	57.5	61.5	62.9	53.4
	5th	64.6	63.0	64.5	67.5	55.7
C	5th	67.6	62.0	67.6	69.6	56.6
	10th	69.3	60.0	69.2	70.4	58.2
	15th	69.1	58.2	68.2	70.6	57.6
	20th	68.4	57.1	66.4	71.4	53.7

보이고 있다. 그러나, RMR을 사용한 예측값은 6층 이상으로 갈수록 실측값과의 차이가 약 10 dB 내외로 나타남을 알 수 있다. 또한 국립환경과학원에서 제시한 식을 사용한 예측값의 경우 1층이나 5층 이하에서는 실측값과 유사한 경향을 보이나 6층이상의 값은 실측값과 큰 차이가 나타남을 알 수 있다.

3. 철도소음의 주요 예측인자

3.1 철도소음 예측식별 예측 특성

위의 철도소음 예측식을 살펴보면 열차의 종류별로 통과소음도를 기초로 예측시간 동안의 통행량, 열차의 속도 그리고, 열차의 길이에 따른 소음방출

Table 4 Characteristics of prediction model for attenuation by distance of railway noise (unit : $L_{eq,1h}$ dBA)

Classification	NIER	Schall03	CRN	RMR
7.5 m	69.1	67.6	68.2	47.6
15 m	66.0	64.6	66.6	43.8
Attn.(dB)	-3.1	-3.0	-2.0	-3.8
30 m	62.9	61.4	63.1	39.9
Attn.(dB)	-3.1	-3.2	-3.5	-3.9
60 m	59.8	58.2	58.9	35.9
Attn.(dB)	-3.1	-3.2	-4.2	-4.0
120 m	56.7	54.7	54.5	31.7
Attn.(dB)	-3.1	-3.5	-4.4	-4.2

* Attn. denotes attenuation dB when the distance doubles.

Table 5 Result of variation of prediction factors (unit : dB)

Classification	NIER	Schall03	CRN	RMR
No. of train during 1 hour(no./h), 20→14	-1.4	-1.4	-1.4	-1.4
Train speed(km/h), 120→94	-2.4	-3.1	-3.1	-3.2
Length of train(m), 212→106	-	-3.0	-3.0	-3.0
Absorption rate of brake(%), 0→100	-	-7	-7	-
Condition of ballast and railway	-	-2~+5	-2~+4	-4~+4
Radius of rail(m) >500→<500	-	+3~+8	+3~+8	+3~+8

량을 계산하고, 그 외에 브레이크의 종류, 궤도의 종류, 도상 및 침목에 따른 보정량을 산정하게 된다. 예측식별 특성 및 주요 인자 변화에 따른 예측값의 변화경향을 Table 4와 Table 5에 나타내고 있다.

Table 4는 거리감쇠 경향으로 과학원식(NIER)은 거리가 멀어짐에 따라 소음도가 일정하게 3 dB 정도 감소하는데 반하여, 외국의 식에서는 거리가 멀어짐에 따라 소음도의 감소량이 더 커지는 것을 알 수 있다. 또한 각 예측식별로 예측인자 변화에 따른 예측값의 변화량에 대하여 비교해 보았다. 기본 예측

Table 6 Condition of railways at sites

Classification		High-speed train (KTX)		Conventional train						Subway	
		No. (No./h)	Speed (km/h)	Mugung-waha		Saemaul		Cargo train		No.	Speed
				No.	Speed	No.	Speed	No.	Speed		
A	Up	3	160	2	120	1	120	1	40		
	Down	4	160	1	120	1	120	1	40		
D	Up	0	-	0	-	0	-	2	40	4	80
	Down	0	-	0	-	0	-	2	40	4	80
E	Up	3	280								
	Down	4	280								
F	Up	-	-	4	90	0	-	2	40	5	80
	Down	-	-	5	90	1	120	1	40	5	80
G	Up	0	-	2	120	0	-	1	40	10	80
	Down	0	-	4	120	3	120	1	40	4	80

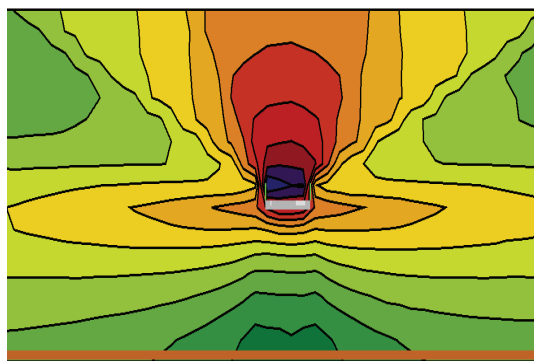


Fig. 4 Cross-section map of site E

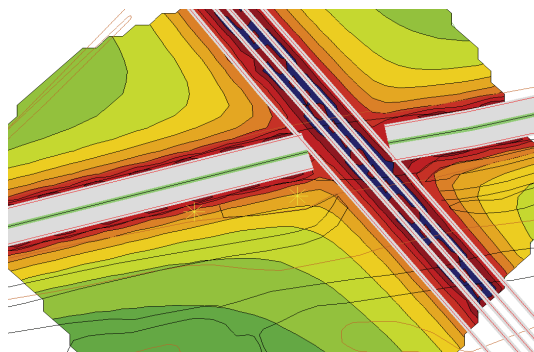


Fig. 5 Grid map of site F

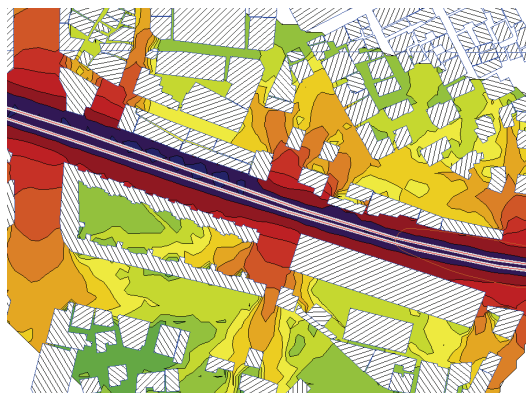


Fig. 2 Grid map of site A

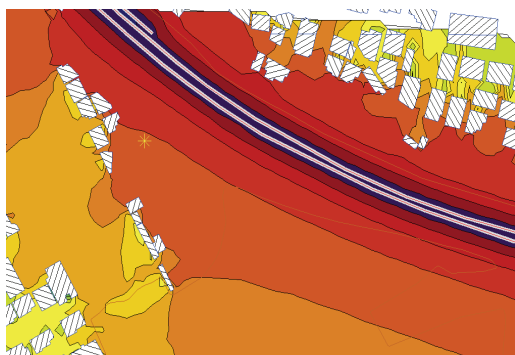


Fig. 6 Grid map of site G



Fig. 3 Grid map of site D

조건(무궁화호, 120 km/h, 20대/h)에서 통행량 30%, 속력 30%, 열차길이 50% 그리고, 브레이크 흡수율, 침목 종류, 곡률반경을 변화시키며 나타난 예측값의 변화는 Table 5와 같다.

3.2 예측 인자 변화에 따른 예측값의 변화
 예측 인자 변화에 따른 예측값의 변화 양상을 살펴

Table 7 Comparison of predicted with measured noise level at sites (unit : $L_{eq,1h}$ dBA)

Floor	Measured data	Predicted data					
		NIER	Schall03	Error	CRN	Error	
A	1st	50.7	47.0	48.4	41.4	49.1	-
	6th	59.8	56.3	59.7	52.7	60.8	-
	12th	63.1	55.6	60.2	53.2	60.8	-
	15th	63.2	55.1	61.2	56.2	61.8	-
D	1	70.2	63.5	69.2	66.5	70.4	66.2
	2	65.0	59.3	64.6	64.9	66.5	66.9
	3	66.0	59.3	65.4	65.7	68.0	68.4
E	1	57.2	64.8	56.7	-	58.2	-
	2	59.1	58.2	60.9	-	62.1	-
	3	58.7	54.7	60.8	-	59.2	-
	4	52.6	53.5	53.2	-	53.7	-
F	1	67.0	63.7	65.6	58.2	57.4	57.4
	2	68.4	60.9	68.1	54.4	54.3	54.3
G	1	55.6	53.6	56.0	53.0	56.3	53.3
	2	64.0	60.0	64.4	61.4	64.7	61.7

보기 위하여 실제 조건이 다양하게 나타나는 Table 6의 지점을 선정하여 열차 통행량 및 속도 등의 일반 조건을 나타내었다. 예측시 기본 입력값으로 열차종류별 실제 길이(고속전철: 388 m, 새마을: 212 m, 무궁화 212 m, 화물열차: 400 m), 브레이크 흡수율은 0, 자갈도상, 그리고 콘크리트 침목을 적용하였다.

측정지역을 달리하며 예측인자가 변화됨에 따라 예측값은 측정값과 어떠한 차이를 나타내는지 비교하였다. A지점은 철도주변 공동주택의 층별소음도를 측정하여 비교한 것이고, D지점은 도심시 철도로 철도 양쪽에 방음벽이 둘러져있는 지점, E지점은 교량구간, F지점은 도로와 철도가 함께 영향을 주는 지점, 그리고 G지점은 곡선반경이 300이하인 지점이다. 각 지점의 도면을 Figs. 2~6에 나타내었다.

A지점은 예측조건 중 열차의 구분, 통행량, 속력은 같게 적용하고, 브레이크의 흡수율을 0%에서 100%로, 열차의 길이는 70% 작게, 건물에서의 반사음을 계산에 포함시키지 않도록 변화시켜 적용하였을때의 오차를 살펴보았다. D지점은 방음벽으로

둘러싸여 다중반사 보정값이 필요한 경우인데 다중반사 보정값을 적용하였을 때와 적용하지 않았을 때의 차이를 살펴보았다. E지점은 교량의 영향을 받는 지점으로 교량 보정값을 적용한 경우와 적용하지 않은 경우의 오차를 비교하여 보았다. F지점은 도로와 철도가 함께 영향을 주는 지점^(5,6)으로 도로를 소음원으로 설정하여 함께 계산한 경우와 그렇지 않은 경우를 비교하여 보았다. 마지막으로 G지점은 레일의 곡선반경이 300이하인 지점으로 곡선 보정값의 적용에 따른 오차를 비교하여 보았다. 그 결과는 Table 7과 같다.

4. 결 론

소음지도 프로그램에서 선택하여 사용할 수 있는 철도소음예측식 중 Schall03, CRN, RMR 및 과학원 식을 사용한 예측값을 측정값과 비교·분석한 결과는 아래와 같다.

- Schall03 및 CRN은 철도주변 공동주택의 층별 소음도를 측정값과 유사하게 예측하여 국내 철도소음지도 제작시 활용이 가능할 것으로 보인다.

- RMR은 실측값과의 차이가 크게 나타나 국내에 적용을 위해서 예측인자 설정 등에 대한 추가 연구가 필요할 것으로 판단된다.

- 과학원 식의 경우 지면위 1.5 m에서의 거리별 철도소음 영향 정도를 비교적 간편하게 파악하는데는 활용이 가능하나 공동주택의 층별 소음도를 예측하는 것에는 한계를 보이는 것을 알 수 있다.

소음지도 프로그램에서 선택하여 사용할 수 있는 철도소음예측식 중 Schall03, CRN, RMR 및 과학원 식의 예측 특성과 예측인자 변화 및 적용에 대하여 분석한 결과는 아래와 같다.

- 철도소음예측의 주요인자로 열차 종류별 통과소음도, 통행량, 속력과 브레이크의 종류, 궤도의 종류, 도상 및 침목에 따른 보정량 등이 있다.

- 열차의 통과소음도값을 기초로 국외 예측식별 열차 구분에 상응하는 국내 열차구분을 선정 할 수 있었다.

- 현장조건에 맞는 교량 보정값, 다중반사 보정값, 곡선 보정값 등은 반드시 적용하여야 측정값과 유사한 예측결과를 얻을 수 있다.

참 고 문 헌

(1) A Study for Establishing of the Noise Map – on Road Traffic Noise, 2007, Report of National Institute of Environmental Research, Seoul, Korea.

(2) European Commission Working Group Assessment of Exposure to Noise, 2006, Good Practice Guide for Strategic Noise Mapping and the Production of Associated Data on Noise Exposure, Ver. 2, Final Draft.

(3) Oh, J.-W., et al., 2004, Study on the Noise-mapping Procedure in Korea and Application of Noise map, Proceedings of the KSNVE Annual Autumn Conference, pp. 778~781.

(4) Lee, S.-W., et al., 2008, Utilizing Noise Mapping for Environmental Impact Assessment in a Downtown

Redevelopment Area of Seoul, Korea, Applied Acoustics, Vol. 69, No. 8, pp. 704~714.

(5) Manvell, D., 2004, SADMAM Combining Measurements & Calculations to Map Noise in Madrid.

(6) Ramos Pinto, 2005, Case-Study for the Development of Noise Map at Different Scales, ICSV12 2005.



Jaewon Lee received a master's degree in environmental engineering at University of Seoul in 2002. He is a senior researcher in National Institute of Environment Research.