

도로와 철도의 통합소음지도 작성에 따른 환경소음 예측결과 분석

An Analysis on the Result of Prediction of Environmental Noise for the Creation of an Integrated Noise Map of Road Traffic and Railway Noise

박찬연* · 박인선** · 송민호* · 박상규†

Chan-youn Park, In-sun Park, Min-ho Song, Sang-kyu Park

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

ABSTRACT

Residents in an area where both trains and cars pass through are exposed to not only road traffic noise but also railway noise. Nevertheless, the degree of annoyance the caused to the residents is being under evaluated as the noises have been evaluated separately. Therefore, this study aimed at evaluating the integrated noise of road traffic and railway, and proving the accuracy of the evaluation result.

1. 서론

철도와 일반 도로가 같이 존재하는 지역 주민의 경우 도로교통소음과 철도교통소음에 동시에 노출되게 된다. 특히 서울역, 용산역, 영등포역, 수원역 등과 같은 구 도심지역의 경우, 도로와 철도가 근접하여 있어 소음 문제가 심각한 상황이다. 그러나 이전 연구에서는 이를 각각의 소음원으로 평가하였기 때문에 이 지역에서 생활하는 주민들이 일상생활에서 겪는 소음 노출 정도가 저평가되고 있다. 따라서 여러 소음을 복합 소음원으로 평가하는 통합소음지도 작성의 연구가 필요하다.

또한 국내·외에서 발표된 대부분의 논문에서는 도로교통소음, 철도교통소음, 항공기 소음 등에 대한

소음지도가 각각 독립적으로 연구되어 있으며 통합소음지도 관련 연구와 그 결과의 검증에 관한 연구가 부족한 실정이다. 따라서 이 연구에서는 우선적으로 도로교통소음과 철도소음을 통합하여 평가하고 그 결과의 정확성을 검증하고자 한다. 모든 소음 예측은 상용소프트웨어인 SoundPlan을 사용하였다.

2. 소음 예측식

2.1 도로교통소음 예측식

(1) RLS90

독일의 도로교통소음 예측식인 RLS90은 점음원 예측방법을 사용하며 음의 확산, 지표감쇠, 차음, 반사등을 고려하여 음원모델과 전달모델로 나누어 계산을 한다.

1) 음원모델

$$L_{Me} = L_M(25, basic) + C_{Sp} + C_{Rs} + C_G + C_{Ref}$$

† 종신회원, 연세대학교 환경공학부

E-mail : tankpark@yonsei.ac.kr

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

* 정회원, 연세대학교 환경공학부 대학원

** 정회원, 연세대학교 환경과학기술연구소

$L_M(25, basic)$ 는 소형차 100 km/h, 대형차 80 km/h의 속력으로 직선의 아스팔트 도로를 달릴 때의 소음도이며 다음과 같이 구한다.

$$L_m(25, basic) = 37.3 + 10 \log(M \times (1 + 0.082 \times P))$$

M : 평균교통량(veh/h) 또는 일평균교통량

P : 2.8 t 초과차량 비율

C_{Sp} : 차량속력

C_{Rb} : 노면의 종류

C_G : 노면의 경사

C_{Ref} : 다중반사의 효과에 의한 보정치

2) 전달모델

$$L_M = L_{Me} + C_{Sl} + C_c + C_{Ga} + C_{Sc}$$

L_{Me} : 음원의 방사레벨

C_{Sl} : 도로구간의 길이

C_c : 음의 확산

C_{Ga} : 지표흡음과 기상 영향

C_{Sc} : 장애물에 의한 영향에 의한 보정치

2.2 철도소음 예측식

(1) CRN (영국)

영국에서 철도소음의 예측 시 사용되는 CRN은 철도차량이 운행되면서 발생하는 소음을 수음측에서 예측하는 방법이다. 철도소음도 계산은 6단계로 구성되어 있으며 각 단계에서 필요한 입력데이터는 철도차량의 종류, 속력, 철로의 지지구조, 거리, 지표면 상태, 교통량이 있다. 입력된 데이터와 보정을 통해 계산된 소음노출레벨은 철도차량의 종류에 따라 $L_{Aeq,18h}$ 과 $L_{Aeq,6h}$ 값으로 나타낸다.

$$L_{Aeq,18h} = SEL - 48.1 + 10 \log Q_{DAY}$$

$$L_{Aeq,6h} = SEL - 43.3 + 10 \log Q_{NIGHT}$$

Q_{DAY} : 주간 교통량(06:00~24:00), 대/18hr

Q_{NIGHT} : 야간 교통량(24:00~06:00), 대/6hr

(2) RMR 2002 (네덜란드)

RMR 2002는 RMR 1996의 철도차량의 범주에 포함되어 있지 않았던 철도차량 보정값의 추가 및 반사계수 계산법의 수정을 통해 ISO 9613에 더 알맞게 수정된 철도소음 예측식으로 소음원 높이와 관련된 각각의 옥타브 밴드 중심주파수의 소음도를 구하고, 소음원과 수음점의 거리, 전파특성, 소음원과 수음점 사이에 구조물이 있을 경우에 장애물의 영향과 소음도의 변화를 고려한다. 예측결과는 각각의 옥타브 밴드별 소음도를 합한 결과이다.

$$L_{Aeq} = 10 \log \sum_{i=1}^8 \sum_{j=1}^J \sum_{n=1}^N -10^{L_{\leq i,j,n}/10}$$

$$\Delta L_{eqi,j,n} = L_E + \Delta L_{GU} - \Delta L_{OD} - \Delta L_{SW} - \Delta L_R - 58.6$$

L_E : 소음원 높이와 옥타브밴드 별 소음도

ΔL_{GU} : 거리(Distance) 감쇠치

ΔL_{OD} : 전파(Propagation) 감쇠치

ΔL_{SW} : 스크린 효과로 인한 감쇠치

ΔL_R : 반사(Reflection)로 인한 감쇠치

(3) Schall-03 (독일)

독일의 철도소음 예측식 Schall-03은 철도차량의 주간 또는 야간의 평균 소음레벨을 산출하여 철도차량의 종류, 대기의 음의 흡수, 음의 전파높이 등을 고려한 보정을 하여 철도소음을 예측한다.

$$L_{Aeq} = L_m + D_{Fz} + D_{Sl} + D_{EM} + D_B + S$$

L_m : 주간 또는 야간의 평균소음레벨

D_{Fz} : 철도차량의 종류에 의한 보정값

D_{Sl} : 대기흡수에 의한 보정값

D_{EM} : 소음원과 수음점 사이의 소음전파경로와 지표면에서 높이에 대한 보정값

D_B : 방음벽, 건물, 제방, 도로 등에 의한 소음 감쇠치

S : 철도소음에 의한 소음피해가 도로교통소음에 비해 적은 것을 고려한 보정값, -5 dB

3. 기초조사

(1) 대상지역 선정

소음 예측을 위한 대상지역은 우리나라 철도를 대

표할 수 있는 지역을 선정하였다. 무궁화호와 화물 열차가 지나가는 원주지역, 그리고 여러 종류의 열차가 지나고 철도가 복잡한 서울 구로지역을 선정하였다.

(2) 소음도 조사

소음도 조사는 도로교통소음과 철도 소음이 혼재된 지점과 외부소음원의 영향이 적은 지점을 선정하여 측정하였다. 측정시간은 1시간으로 제한하여 측정하였고, 장비는 NL-18(Rion社)과 Symphone(01dB社)를 사용하였다.

(3) 속도

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



Figure 3.1 Area map of Wonju-si



Figure 3.2 Area map of Guro-gu

(4) 기타

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

Table 3.1 Measurement data in Wonju-si

No	지점	L_{eq}	L_{max}	높이	거리
1	관리사무소	66.2	85.9	7.2	33
2	현대아파트	64.3	98.6	34	35
3	봉산동성당	60.7	87.2	4.1	30
4	성당뒤편마을	60.5	95.2	5.5	25
5	초등학교옥상	56.4	84.2	15.5	58
6	배말타운 지면	66.7	82.8	1.8	1.5
7	현대아파트 지면	66.7	90.0	1.8	1.5

Table 3.2 Measurement data in Guro-gu

No.	지점	L_{eq}	L_{max}	높이	거리
1	구로 APT 103동	70.1	95.9	0	2
2	성광정밀	65.7	73.9	11.3	5
3	주택 계단	57.9	81.1	6.1	11
4	현대 APT 103동	64.1	81.6	50	55
5	현대 APT 101동	60.2	79.2	47	50

4. 결과 분석

4.1 원주구간

Figure 4.1에서 지점 별 특징을 보면 도로교통 소음으로 예측한 결과 1~3번 지점은 예측 시 소음이 다소 저평가 되고 있고, 4~5지점은 소음이 크게 저평가 되고 있으며, 6~7지점은 비교적 정확한 예측이 되고 있다. 결과를 보면 1~5지점은 측정 시 도로교통 소음 이외의 다른 소음의 영향이 큰 것으로 판단이 된다. 따라서 도로교통 소음원만으로 예측할 경우 이러한 지점에서 소음이 저평가되어 실제 주민들의 소음피해 정도를 평가하는 것이 어렵다.

Figure 4.2는 철도소음으로 예측한 결과이다. 6~7번 지점에서 소음도가 상당히 저평가되는 것을 보여준다. 이 지점에서도 철도소음원 이외의 주 소음원의 영향으로 측정소음도와 예측소음도의 오차가

발생하고 있다.

Figure 4.3는 복합소음원으로 예측한 소음도 결과이다. 앞서 개별 소음원으로 예측한 소음도와 비교하면 전 지역에서 비교적 큰 오차가 없는 예측을 하고 있다. 결과를 보면 환경소음을 예측할 때 대상지역의 주 소음원이 하나 이상일 경우 복합소음원으로 소음을 예측하는 것이 필요함을 보여준다.

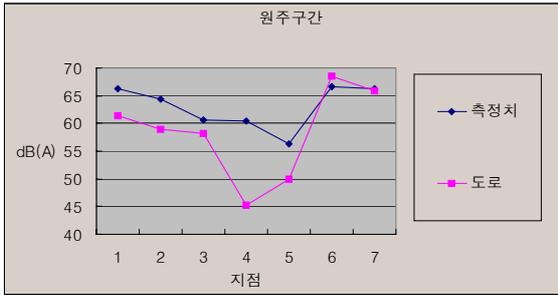


Figure 4.1 Comparison of road traffic noise at Wonju

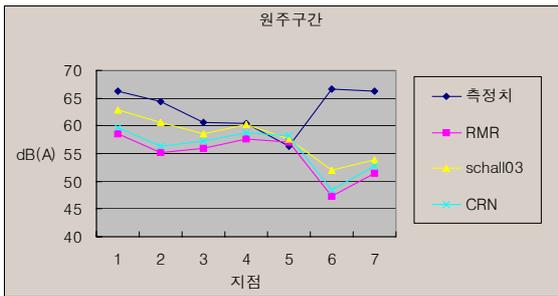


Figure 4.2 Comparison of railway noise at Wonju



Figure 4.3 Comparison of railway noise at Wonju

4.2 구로구간

구로지점은 가장 교통량이 많은 구간으로 여러 종류의 열차가 운행하고 철로도 상대적으로 넓게 분포하고 있으며, 도로의 교통량도 많아 소음도가 가장 높은 구간이다. 또한 인구 밀집 지역으로 상대적으

로 소음노출 인구가 많은 지역이다. 1번 지점은 철도소음의 영향이 클 것이라 예상되는 지점이고 2,4번 지점은 복합소음이 예상되는 지점, 3번지점은 도로교통소음의 영향이 클 것이라 예상된 지점이다.

결과를 보면 도로교통 소음만으로 예측한 경우 1번, 2번 4번 지점이 측정값과 비교하였을 때 소음이 저평가 되고 있다. 철도 소음만으로 예측한 경우 5번 지점에서 소음이 10~20dB정도 저평가 되고 있다. 하지만 통합소음지도로 예측한 결과 비교적 신뢰할 수 있는 결과를 보여준다. 철도소음 예측식은 Schall-03을 이용하였을 때 가장 정확한 예측이 되었다.

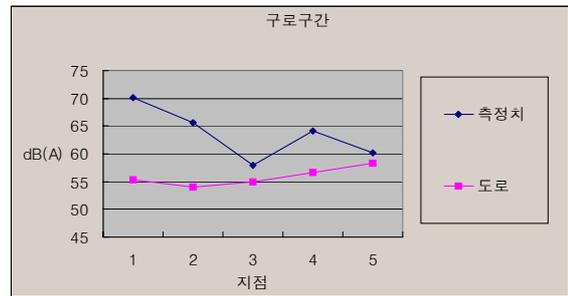


Figure 4.7 Comparison of road traffic noise at Guro

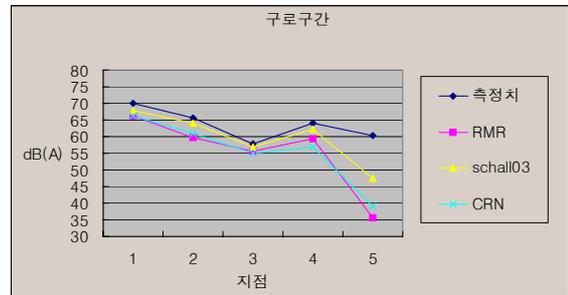


Figure 4.8 Comparison of railway noise at Guro

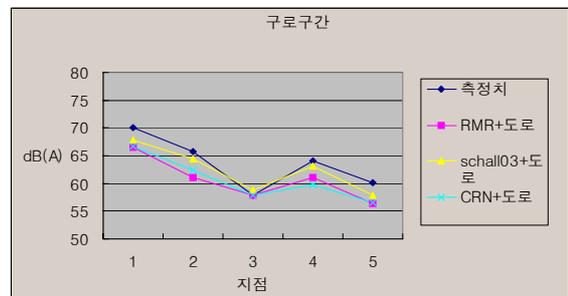


Figure 4.9 Comparison of railway noise at Guro

4.4 통합소음지도

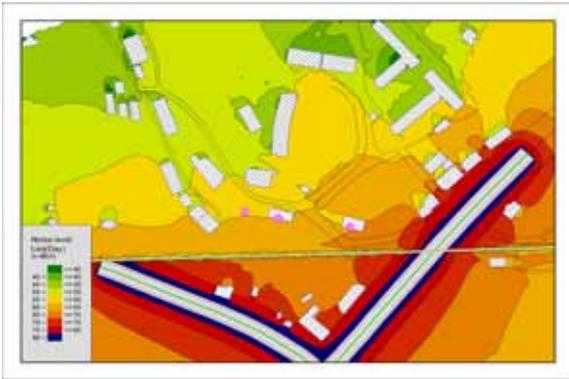


Figure 4.10 Combined noise map in Ahsan

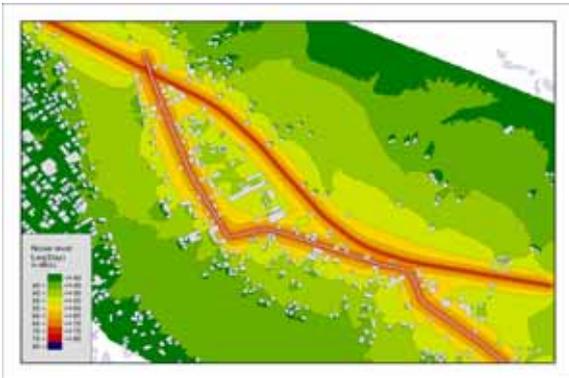


Figure 4.11 Combined noise map in Wonju

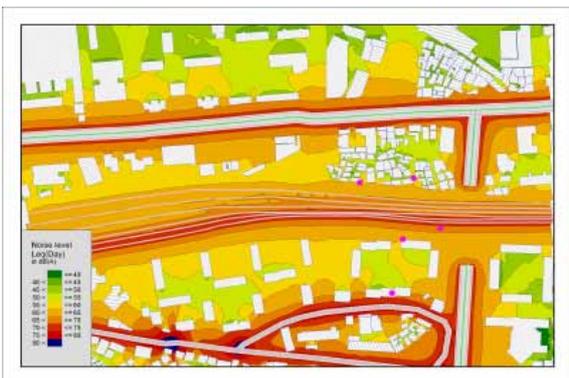


Figure 4.12 Combined noise map in Guro

Figure 4.10~12는 철도소음과 도로교통소음의 통합소음지도 작성 결과이다.

5. 결론

본 연구에서는 주거지역에서 발생하는 교통소음의

평가지 단일발생원에 대한 예측은 실제 주민이 느끼는 소음의 정도보다 낮게 평가됨을 알 수 있었다.

그러므로 도로교통소음과 철도소음이 혼재되어있는 경우 통합 소음지도를 이용하여 예측함이 보다 적절한 평가방법임을 확인하였다. 또한 앞으로 연구에서는 건설소음과 항공기소음 등의 발생에 따른 통합소음지도 작성방법 및 평가방법에 대한 연구가 필요하겠다.

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, 박상규, 2007 소음지도를 이용한 철도소음 예측식의 연구, 소음진동공학회 춘계학술대회