도로교통 소음지도 제작시 데이터 오차의 유효범위에 대한 연구

A Study on the Acceptable Range of Data Error in Road Traffic Noise Mapping

박수진†·고준희*·장서일*·이병찬**·송귀석***·김재선***

S. J. Park, J. H. Ko, S. I. Chang, B. C. Lee, K. S. Song, J. S. Kim

Key Words : noise map(소음지도), acceptable range(유효범위), data error(데이터 오차)

ABSTRACT

The purpose of study is to confirm a acceptable range of data errors in data collecting. To examine a acceptable range of data errors, emission level is calculated for a vehicle flow and heavy vehicle percentage as a function of small-sized velocity. According to road selected, noise level of detail influence road noise calculations. It can be concluded that a vehicle flow raised an error less than 5000(veh/h) for a maximum error in emission level of 3.01dB, and the more a heavy vehicle percentage have a low value, the more emission level is a slight difference. This analysis gives insight regarding the accuracy of traffic flow data that is needed to reach a certain level of accuracy for the resulting noise level.

1. 서 론

소음평가는 특정지점에 대한 소음도 평가가 이루어지기 때문에 주변에 미치는 영향을 알기 힘들며 이에 따른 결과도 수치적으로만 제시되어 일반인이 그 정도를 이해하는 것 또한 쉽지 않다. 이러한 문제점에 대하여 해결책을 제시해 줄 수 있는 것이 소음지도이다.

소음지도 제작에 필요한 인자는 건물(용도, 층수, 위치), 지형(등고선, 표고점), 행정구역 경계, 도로배치, 도로 폭, 시간당 교통량(소형, 대형), 속도, 대형비율 등이다. 이 인자들을 이용하여 도로교통 소음지도를 제작하고 소음지도를 이용하여 소음피해 예상지역을 선정하거나 초과소음도, 층별 소음도를 분석하여 대도시의 소음현황을 파악하여 정량적인 소음정책의 한 부분으로 이용하게 된다.

현재 소음지도를 제작하는데 필요한 인자들을 얻기 위해서는 관공서에서 공개된 자료를 사용하거나 필요에 따라 논문자료에서 습득하거나 교통영향평가에서 제공된 자료를 사용한다. 그러나 건설교통부에서 매년 조사하고 있는 통계연보에는 전국의 고속국도, 일반국도, 국가 지원 지방도, 지방도의 교통량만을 제시하고 있기 때문에 도시내 교통량을 알기에는 부족하다. 또한 현장조사를 실시하여 얻은 자료도 24시간 내내 측정이 불가능하기 때문에 소음을 예측하는 과정에서 실측소음도와 예측소음도간에 오차가 발생하게 된다.

본 연구에서는 교통량과 속도, 대형비율과 소형속도에 대한 오차, 도로 선정에 따른 오차, 시간대별 교통량에 대한 오차가 발생하게 되는 부분에 대하여 데이터 오차의 유효범위에 대하여 연구하였다.

2. 연구방법

데이터 수집시 시간별 교통량, 속도, 대형비율, 도로 선정에 따라 소음예측 결과는 달라지게 된다. 현재 도로교통 소음예측식에는 독일의 RLS90, 영국 수송국의 CRTN, 일본 음향학회의 ASJ등이 있다. 그 중 청주시 소음지도 제작시 소음예측을 위해 사용된 독일의 RLS90식과 실측 비교를 하였다. 시간별 교통량과 속도의 관계, 대형비율과 속도의 관계를 추정하여 유효범위를 산정하였다. 또 도시 내의 도로 선정시 교통량이 다른 도로가 혼재해 있을 경우 두 도로간 이격거리가 몇 m 이상 떨어져 있을 때 간과할 수 있는지 여부를 알아보기 위해 「도시계획시설 기준에 관한 규칙」 도시계획가로의 기능별 구분지침에 제시되어 있는 도로를 이용하여 각 이격거리별 소음도의 분포양상을 연구하였다. 소음지도 제작프로그램은 SoundPlan ver 6.4를 사용하였다.

† 정회원, 서울시립대학교 대학원
E-mail : cy4554@hotmail.com
Tel:(02)2210-2986, Fax:(02)2210-2877

* 서울시립대학교 환경공학부

** 충주대학교 환경공학부

*** 청주시청 환경과

3.연구결과

3.1 청주시 소음지도 제작

청주시 소음지도 제작 및 검증을 위해 교통량 조사 및 소음도 측정을 실시하였다. 소음지도에 필요한 자료 중 교통량은 지방자치단체 및 유관기관에서 조사 및 관리하는 도로별 시간당 교통량을 이용하였고, 속도 데이터는 측정한 지점 외에는 따로 데이터가 없었기 때문에 건설교통부의 「도시계획시설기준에 관한 규칙」에 제시되어 있는 도시계획가로의 기능별 구분의 지침대로 주간선도로 50km/h, 보조간선도로 40km/h, 집산도로 30km/h, 국지가로 20km/h를 적용하여 소음지도를 제작하였다.(1) Fig 1.은 청주시 도로교통소음 측정지점을 표시한 지도이고 Table 1은 실측소음도와 예측소음도를 비교한 것이다. 주간선도로 및 보조간선도로를 중심으로 19지역의 소음 측정을 통한 실측소음도와 예측소음도를 검증한 결과 측정값과 5dB이내의 오차를 보였으며, 오차율은 5.6% 이내였다.

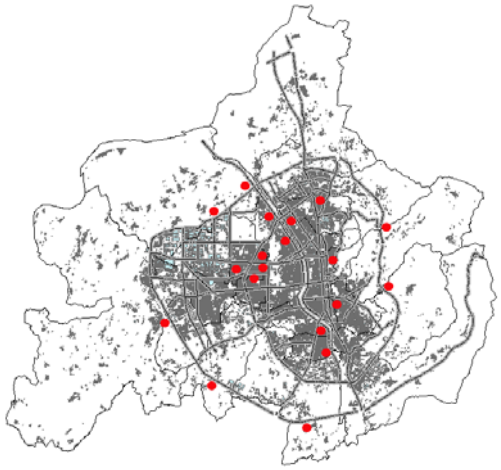

Fig 1. 청주시 소음측정 지점

Table 1. 실측소음도와 예측소음도 비교

측정 위치	도로명	실측소음도 LAeq dB(A)	예측소음도 LAeq dB(A)	오차	오차율 (%)
1	동부우회도로	75.5	78.3	2.8	3.71
2	동부우회도로	74.2	77.9	3.7	4.99
3	무심서로	68.5	70.7	2.2	3.21
4	무심서로	72.7	70.5	2.2	3.03
5	대 성 로	72.4	70.1	2.3	3.18
6	대 성 로	68.7	71.5	2.8	4.08
7	무심동로	70.2	67.1	3.1	4.42
8	무심서로	67.2	69.1	1.9	2.83
9	무심서로	69.5	68.9	0.6	0.86
10	상 당 로	77.2	72.9	4.3	5.57

Table 1. 실측소음도와 예측소음도 비교(계속)

측정 위치	도로명	실측소음도 LAeq dB(A)	예측소음도 LAeq dB(A)	오차	오차율 (%)
11	제2순환도로	80.1	80.1	0	0
12	제2순환도로	77.3	77.4	0.1	0.13
13	제2순환도로	75.1	78.3	3.2	4.26
14	제2순환도로	74.2	76.5	2.3	3.10
15	흥 덕 로	72.8	75.9	3.1	4.26
17	봉 명 로	66.4	68.4	2	3.01
18	봉 명 로	67.0	67.8	0.8	1.19
19	목 련 로	67.1	68.9	1.8	2.68

3.2 교통데이터의 유효범위

교통량과 속도 자료의 수집과정에는 한계가 있다. 서울시 교통국 홈페이지(http://www.seoul.go.kr)에서는 시간에 따른 교통량을 제공하고 있지만 지정된 몇 개 지점에 한하여 측정되고 있기 때문에 그 자료가 한정적 일 수 밖에 없다. 또한 교통영향평가를 통하여 얻을 수 있는 자료는 교통영향평가가 이루어진 지역에 한하며 조사시기가 평일(수요일, 목요일) 오후 시간대(오후 5시~6시)로 한정되어 있고 교통영향평가가 정기적으로 시행되는 것이 아니라 해당 지역에 시행되는 사업에 대한 영향평가의 수단으로 이루어지는 것으로써 수집자료의 날짜와 연도가 달라서 이를 같이 적용하여 해석하는데 있어서 하나의 오차 요인이 될 수 있다.(2) 따라서 이런 데이터를 부득이 하게 사용하였을 때 어느 정도 범위에서 데이터가 유효한지 알아보았다. 예측식은 RLS90의 “긴 직선” 차선의 방출레벨, 평균레벨, 속도 보정계수를 이용하였다.

• 방출 레벨($L_{m.E}$)(3)

$$L_{m.E} = L_m + D_v + D_{StrO} + D_{Stg} + D_E$$

L_m : 평균 레벨
D_v : 허용 최고 속도에 대한 보정 계수
D_{StrO} : 도로 표면에 대한 보정 계수
D_{Stg} : 오른 경사 및 내림 경사에 대한 보정 계수
D_E : 보정 계수(거울상 음원에만 적용)
음원의 경우 도로에서 25m 이격된 지점의 4m 높이에서 기준 소음도를 이용.

• 평균 레벨(L_m)

$$L_m = 37.3 + 10\cdot\log\,[M\cdot(1+0.082\cdot p)]$$

M : 일차선 도로에서 시간당 기준 교통량
p : % 단위의 화물차 기준 비율(허용 총중량이 2.8t을 초과하는 화물차)

• 속도 보정계수

$$D_v = L_{Pkw} - 37.3 + 10\cdot\log\left[\frac{100+(10^{0.1D}-1)\cdot p}{100+8.23\cdot p}\right]$$ 로그

$$L_{Pkw} = 27.7 + 10 \cdot \log[1 + (0.02 \cdot v_{Pkw})^3]$$

$$L_{Lkw} = 23.1 + 12.5 \cdot \log(v_{Lkw})$$

$$D = L_{Lkw} - L_{Pkw}$$

v_{Pkw} : 승용차에 대한 허용 최고 속도, 단 최소 30 km/h, 최고 130 km/h.

v_{Lkw} : 화물차에 대한 허용 최고 속도, 단 최소 30 km/h, 최고 80 km/h.

L_{Pkw}, L_{Lkw}: 시간당 1대의 승용차 또는 시간당 1대의화물차에 대한 평균 레벨 L_m

(1) 시간당교통량과 속도데이터에 대한 유효범위

Fig 2.는 시간당 교통량과 속도에 대한 그래프이다.

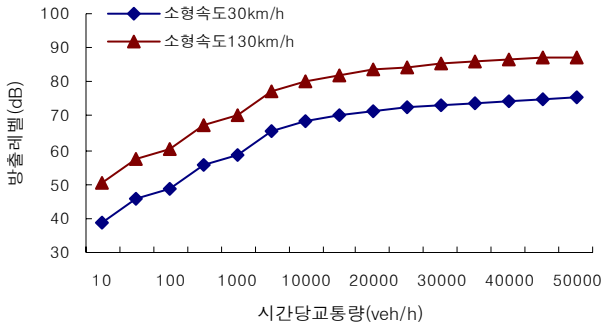

Fig 2. 시간당교통량에 따른 속도별 방출레벨

시간당 교통량이 5000대 이상일 경우 데이터간에 약 5000대 정도의 차이가 발생해도 방출레벨은 약 1.11dB의 오차를 보이고 있다. Fig 3.은 통행량이 500대~5000대 사이 일 때 속도에 따른 방출레벨을 나타낸 그림이고 Table 2는 500대~5000대 사이의 교통량에 따른 방출레벨과 통행량이 500대 증가했을 때 차이값을 산정한 것이다. 교통량이 적을 경우 최고 3.01dB의 차이값을 보였지만 교통량이 증가할 수록 차이값이 감소하는 것을 볼 수 있다.

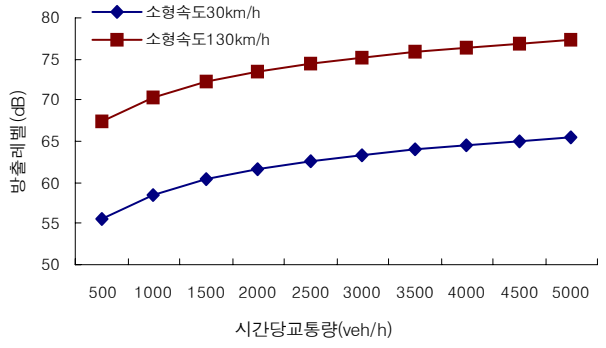

Fig 3. 시간당교통량에 따른 속도별 방출레벨

Table 2. 시간당교통량에 따른 방출레벨과 방출레벨 차

시간당교통량 (veh/h)	방출레벨(dB)	교통량 증가에 따른 레벨차(dB)
500	55.54	-
1000	58.55	3.01
1500	60.31	1.76
2000	61.56	1.25
2500	62.53	0.97
3000	63.32	0.79
3500	63.99	0.67
4000	64.57	0.58
4500	65.08	0.51
5000	65.54	0.46

또한 속도에 대한 방출레벨 차이는 시간당교통량이 같을 경우 소형속도차가 최대 10km/h이면 0.95dB의 오차를 보이게 된다.

(2) 대형차량 비율과 소형차량속도에 대한 유효범위

Fig 4는 대형차량 비율과 소형차량속도에 대한 그래프이다.(통행량 : 10000대/hr)

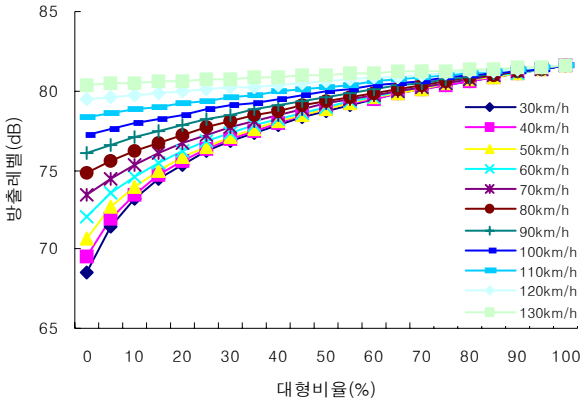

Fig 4. 대형비율에 따른 속도별 방출레벨

Table 3. 대형비율에 따른 속도별 방출레벨차 (dB)

속도 (km/h)	0%	10%	20%	30%	40%
40	0.946	0.316	0.173	0.109	0.073
50	1.215	0.476	0.270	0.174	0.118
60	1.348	0.625	0.374	0.247	0.170
70	1.375	0.745	0.474	0.323	0.227
80	1.339	0.827	0.560	0.340	0.285
90	1.273	0.873	0.627	0.460	0.340
100	1.197	0.890	0.674	0.514	0.390
110	1.120	0.886	0.702	0.555	0.433
120	1.047	0.868	0.716	0.584	0.469
130	0.980	0.842	0.717	0.601	0.495

Table 3. 대형비율에 따른 속도별 방출레벨차 (dB)

속도 (km/h)	50%	60%	70%	80%	90%
40	0.050	0.034	0.022	0.013	0.006
50	0.081	0.055	0.036	0.021	0.010
60	0.118	0.081	0.053	0.032	0.014
70	0.160	0.111	0.074	0.044	0.020
80	0.204	0.144	0.096	0.058	0.027
90	0.249	0.177	0.120	0.073	0.335
100	0.292	0.212	0.146	0.090	0.042
110	0.332	0.246	0.171	0.107	0.050
120	0.367	0.277	0.197	0.125	0.059
130	0.397	0.308	0.222	0.143	0.069

대형비율이 0%에서 100%로 증가될수록 속도별 방출레벨차는 감소하는 경향을 보이고 있다. 특히 대형비율 10%이상부터는 속도별 방출레벨이 1dB이하로 차이를 보인다. 따라서 대형비율이 낮을 때 속도에 따라 방출레벨에 영향을 주므로 속도데이터가 보다 중요하다고 볼 수 있다.

3.3 도로선정의 유효성 검토

END(European Commission Working Group Assessment of Exposure to Noise)는 소음지도를 제작할 때 첫째로 1년에 차량 통행이 6백만 이상이 되는 도로를 소음지도 제작시 선정하도록 권고하고 있다.[4] 그러나 통행량이 6백만 이내인 도로들은 어떻게 다루어져야 하는지 정확하게 제시되지 않고 있다.

도시 전체 소음지도를 제작할 때 도시에는 주간선도로에서 국지가로까지 다양하기 때문에 모든 도로를 선정하여 제작하는 것은 비용면에서나 작업면에서 낮은 효과를 나타내게 된다.

도시내 소음지도를 제작할 때 교통량이 어느 정도인 도로를 선정해야 하는지 교통량이 적어서 제외시켰을 경우 건물에 영향을 미치는지 현재 우리나라에는 정확하게 제시된 자료가 없기 때문에 도로선정에 있어서도 소음도에 오차가 날 수 있다. 도시계획가로는 기능별로 주간선도로, 보조간선도로, 집산도로, 국지가로로 구분이 되고 폭원별로는 광로, 대로, 중로, 소로로 구분되어 있다. 가로의 기능과 폭원이 모든 경우에 일치하지는 않지만 일반적인 경우 연계성이 높기 때문에 타당한 것으로 판단된다.[1]

따라서 도시계획가로에 따라서 도로선정에 따른 오차범위를 살펴보았다. 예측조건은 주간선도로를 중심으로 차선수는 4차선이상, 도로폭이 25m이상인 보조간선도로가 함께 존재할 때 영향이 어떻게 미치는가에 대해서 알아보기 위해 보조간선도로를 100m간격으로 이격시켜가며 소음을 예측하였다. Fig 5는 보조간선도로 이격거리별 방출레벨을 나타낸 그림이고 주간선도로에서부터 소음예측한 데이터는 Table 4와 같다.

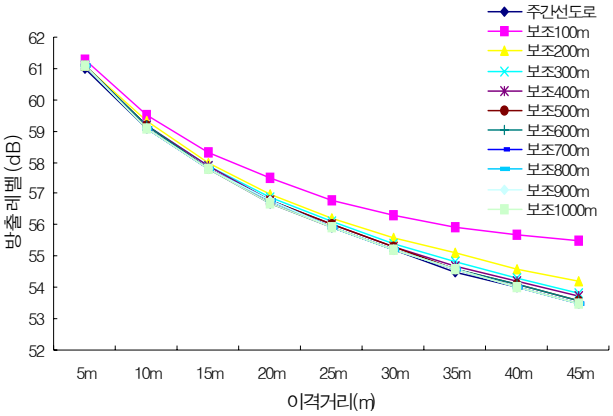

Fig 5. 보조간선도로 이격거리별 방출레벨

Table 4. 보조간선도로 이격거리별 방출레벨 (dB)

예측 지점	5m	10m	15m	20m	25m	30m	35m	40m	45m
주간선도로	61	59.1	57.8	56.7	55.9	55.2	54.5	54	53.5
100m	61.3	59.5	58.3	57.5	56.8	56.3	55.9	55.7	55.5
200m	61.1	59.3	58	57	56.2	55.6	55.1	54.6	54.2
300m	61.1	59.2	57.9	56.9	56.1	55.4	54.8	54.3	53.8
400m	61.1	59.2	57.9	56.8	56	55.3	54.7	54.2	53.7
500m	61.1	59.2	57.8	56.8	56	55.3	54.6	54.1	53.6
600m	61.1	59.2	57.8	56.8	55.9	55.2	54.6	54.1	53.6
700m	61.1	59.1	57.8	56.8	55.9	55.2	54.6	54	53.5
800m	61.1	59.1	57.8	56.8	55.9	55.2	54.6	54	53.5
900m	61.1	59.1	57.8	56.8	55.9	55.2	54.6	54	53.5
1000m	61.1	59.1	57.8	56.7	55.9	55.2	54.6	54	53.5

보조간선도로는 주간선도로에서부터 100m간격으로 1km까지 예측하였다. 주간선도로와 보조간선도로가 100m이격되었을 때 주간선도로만 있을 때 보다 최대 2dB까지 증가함을 확인할 수 있다. 그리고 예측된 방출레벨은 모두 주간선도로만 있을 때보다 모두 방출레벨을 초과하였다. 따라서 보조간선도로는 소음 예측시 반드시 고려해야 한다.

다음은 주간선도로와 집산도로가 혼재해 있을 때 2차선이상, 도로폭이 15m이상인 집산도로가 어떻게 영향을 미치는지 분석하였다. 주간선도로를 중심으로 집산도로를 50m에서 900m까지 이격시켜 예측한 결과는 Fig 6과 같고 예측소음도는 Table 5와 같다.

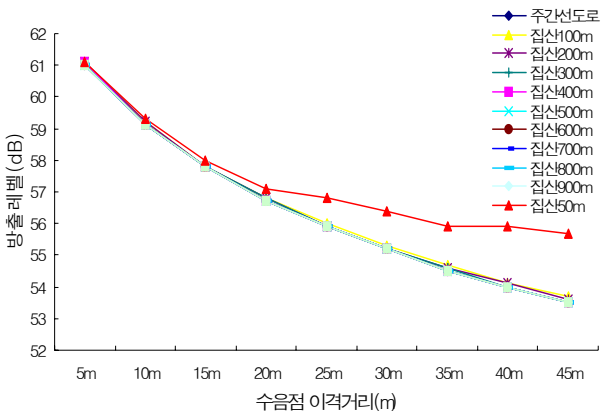

Fig 6. 집산도로 이격거리별 방출레벨

Table 5. 집산도로 이격거리별 방출레벨 (dB)

이격거리	5m	10m	15m	20m	25m	30m	35m	40m	45m
주간선도로	61	59.1	57.8	56.7	55.9	55.2	54.5	54	53.5
50m	61.1	59.3	58	57.1	56.8	56.4	55.9	55.9	55.7
100m	61.1	59.2	57.8	56.8	56	55.3	54.7	54.1	53.7
200m	61.1	59.2	57.8	56.8	55.9	55.2	54.6	54.1	53.6
300m	61.1	59.1	57.8	56.8	55.9	55.2	54.6	54	53.5
400m	61.1	59.1	57.8	56.7	55.9	55.2	54.5	54	53.5
500m	61	59.1	57.8	56.7	55.9	55.2	54.5	54	53.5
600m	61	59.1	57.8	56.7	55.9	55.2	54.5	54	53.5
700m	61	59.1	57.8	56.7	55.9	55.2	54.5	54	53.5
800m	61	59.1	57.8	56.7	55.9	55.2	54.5	54	53.5
900m	61	59.1	57.8	56.7	55.9	55.2	54.5	54	53.5

예측한 결과 주간선도로와 집산도로가 평행하게 50m떨어져 이격되어 있을 때 수음점에 영향을 미치지만 집산도로가 100m이상으로 이격되면 주간선도로만 있는 경우와 같게 된다.

4. 결론

도로교통소음지도 제작시 데이터는 수집에 한계가 있다. 지방자치단체나 유관기관에서 조사, 관리되지 않거나 측정을 통한 데이터 수집에서도 24시간 평균한 값을 사용할 수 없기 때문에 오차가 나게 된다.

본 연구에서는 RLS90식을 이용하여 각 인자들의 관계에 대하여 알아보고 데이터의 유효범위를 산정해 보았다. 시간당교통량이 5000대 이상일 경우 시간당 5000대의 오차가 있어도 방출레벨은 약 1.1dB의 차이를 보였고 500대~5000대 사이에 교통량은 500대의 데이터 오차가 있어도 최대 3.01dB~0.46dB의 오차를 보였다. 대형차량과 속도는 대형비율이 적을수록 속도에 영향을 많이 받게 되므로 조사나 측정시 특히 유의하여 조사하는 것이 필요하다. 도로선정시에도 발생하는 오차에 대하여 알아보기 위하여 도시계획가로에서 기능별로 구분된 주간선도로와 보조간선도로, 주간선도로와 집산도로를 비교하여 보았다. 보조간선도로는 주간선도로로부터 100m~1km까지 이격시켜도 보조간선도로에 의해 오차를 보였으며 집산도로는 50m까지는 집산도로에 영향이 나타났으나 100m 이상 영향을 받지 않는 것으로 나타났다.

후 기

본 연구는 2006년도 충북지역환경기술개발센터의 지원으로 연구 되었습니다.

참 고 문 헌

(1) 김대웅 등, 2005, “가로계획”, pp 31~32.

(2) 오진우, 2005, “국내의 소음지도 제작과 활용에 관한 연구”, 서울시립대학교 석사학위논문, pp 33.

(3) 독일 연방 교통부 도로건설 부서, 1990, “도로 방음에 관한 지침 RLS90".

(4) WG-AEN, 2006, "Good Practice Guide for Strategic Noise Mapping and the Production of Associated Data on Noise Exposure".