도로교통소음의 전파특성 및 영향

박준철[†] · 김윤신 · 강대준*

한양대학교 일반대학원 보건학과, *국립환경과학원
(2008. 7. 10. 접수/2008. 7. 24. 수정/2008. 8. 5. 채택)

Propagation Characteristics and Effects of Road Traffic Noise

Joon-Cheol Park[†] · Yoon-Shin Kim · Dae-Joon Kang*

Department of Public Health, Hanyang University

*National Institute of Environmental Research

(Received July 10, 2008/Revised July 24, 2008/Accepted August 5, 2008)

ABSTRACT

This study was performed to investigate propagation characteristics and effects of road traffic noise generated from vehicles. Noise levels of expressway and general road were measured at four points in a straight line based on distance from the road, and analyzed. The average noise level of expressway was 78.9 dBA at 5 m, 76.4 dBA at 10 m, 72.0 dBA at 20 m, 69.0 dBA at 30 m. That of general road was lower about 3.1~3.5 dBA than that of expressway. There was no significant difference in distance attenuation between expressway noise and general road noise. The farther the distance from source is, the more the attenuation is. The influence range of noise is assessed by noise environmental standards or road noise limits. Noise levels of the time zone were measured at a boundary line of apartment to grasp noise variation by time. The time zone of lowest noises was 3~4 a.m. and that of highest noise was 8~10 a.m. Data recorded on tapes were analyzed to understand the characteristics of frequency because these characteristics are important factors to plan the noise reduction measures, namely path measures.

Keywords: road traffic noise, distance attenuation, noise level, propagation characteristics

I. 서 론

급속한 인구의 도시집중 및 자동차의 증가 등으로 소음문제는 도시 생활환경에 악영향을 미치고 있다.¹⁻³⁾ 실제로 환경부 중앙환경분쟁조정위원회가 설립된 1991년부터 2007년까지 처리된 1,750건의 환경분쟁사건 중 소음·진동으로 인한 피해가 환경관련 피해 전체의 86%인 1,508건으로 대부분을 차지하고 있다.⁴⁾ 이러한 환경소음이 질병의 직접적인 원인으로 작용하지는 않지만 질병의 감수성을 높이고, 수면방해 등을 통하여 신체기능 저하를 초래하게 되어 도시민의 정신적, 신체적 영향을 해치는 중요한 인자로 대두되고 있는 실정이다.⁵⁻⁸⁾

자동차에 의하여 발생하는 도로교통소음은 교통량, 차

속, 수음점과 주행차선과의 거리, 대형차 혼입률, 도로구조 등 많은 변수에 의하여 영향을 받고 있으며,⁹⁾ 지속적이며 불규칙적 특성을 가지고 있다.¹⁰⁾ 교통소음이 1 dB 증가함에 따라 가옥가격이 0.5~1% 하락하며, OECD 국가의 경우 교통소음에 의한 경제적 손실이 GDP의 0.1~1.4%에 이르는 것으로 보고되고 있다.⁹⁾ 이러한 도로교통소음은 교통의 편의성으로 인하여 도로변에 거주하는 인구의 증가 및 자동차 증가로 인한 도로 확충 등으로 소음피해가 더욱 증가할 것으로 전망된다.^{11,12)}

따라서 이 연구는 도로교통소음의 전파특성 및 영향범위를 파악하고자 발생원 조사와 수음점 조사를 병행하여 실시하였다. 발생원 조사는 자동차 전용도로와 일반도로로 분류하여 거리별 소음도, 거리감쇠, 주파수 특성, 영향범위 등을 분석하였으며, 수음점 조사는 공동주택을 중심으로 시간대별 소음도 및 소음기준 비교 등을 조사하여 도로교통소음 저감을 위한 기초자료를 제시하고자 한다.

[†]Corresponding author : Department of Public Health, Hanyang University
Tel : 82-2-380-0682, Fax : 82-2-380-0680
E-mail : niersound@hanmail.net

II. 연구내용 및 방법

1. 조사지점

도로교통소음의 전파특성 및 영향범위를 파악하기 위하여 2가지 조사방법(발생원 조사 및 수음점 조사)으로 진행되었다.

먼저 발생원 조사의 경우 국립환경과학원¹³⁾에서 측정 분석한 데이터를 재분석하여 4곳의 자동차 전용도로 및 17곳의 일반도로로 분류하여 조사하였다. 자동차 전용도로는 서울특별시 올림픽대로 2곳, 강변북로 1곳, 동부간선도로 1곳을, 일반도로는 서울특별시 및 강원도 각 1곳, 경기도 9곳, 대전시 6곳을 대상으로 하였다. 각 지점은 평평하고 장애물이 없으며 배경소음이 10 dB 이상 낮은 곳 등 대상소음 측정에 영향이 없는 지역을 조사지점으로 선정하였다.

수음점 조사는 서울특별시, 부산광역시, 인천광역시 등 인구가 많이 거주하는 공동주택 단지를 중심으로 측정환경이 양호한 36곳을 대상으로 하여 조사하였다.

2. 소음측정

소음측정 및 분석은 소음·진동공정시험방법을 준용하였으며, 교통량으로 인한 소음변동이 적은 평일(월요일부터 금요일사이)에 실시하였다. 발생원 조사는 지면으로부터 1.5 m 높이에서 소음측정기(NL-14, RION)

및 연장선(Extension cable)를 이용하여 도로로부터 5, 10, 20, 30 m 떨어진 4개 지점에서 1시간의 등가소음도($L_{eq,1h}$)를 동시에 측정하였으며, 교통 통행량 및 속도 측정도 병행하였다. 각 조사지점에서 여건에 따라 1~4 회 도로교통소음도를 조사하였다. 5 m 지점에서의 소음도는 녹음(PC-204, SONY)하여 주파수 분석(SA-27, RION)을 하고, 5 m, 10 m 및 20 m 지점에서의 소음도는 거리감쇠 분석에, 30 m 지점에서의 소음도는 영향 범위 분석에 활용하였다.

수음점 조사는 공동주택 건물에서 도로 방향으로 지면으로부터 1.5 m 높이에서 소음측정기를 설치한 후, 24시간 동안 매시간별 등가소음도($L_{eq,1h}$)를 측정하여 소음·진동규제법¹⁴⁾ 상의 교통소음·진동한도에 명시된 시간대와 동일한 주간시간대(06:00~22:00), 야간시간대(22:00~06:00) 및 24시간 동안의 등가소음도($L_{eq,d(16h)}$, $L_{eq,n(8h)}$, $L_{eq,24h}$)를 산출하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 발생원 조사

1) 거리별 전파특성

자동차 전용도로(4곳, 14회) 및 일반도로(17곳, 20회)에서 발생하는 소음도를 도로로부터 5, 10, 20, 30 m에서 측정한 평균과 거리감쇠는 Table 1 및 Fig. 1과 같다.

Table 1. Noise level (dBA) and attenuation of expressway and general road by distance

Road type	Classification	Noise Level by Distance (dBA)				Traffic volume (veh./h)	Vehicle speed (km/h)
		5 m	10 m	20 m	30 m		
Expressway	Averg.	78.9	76.4	72.0	69.0	7,095	62.5
	Attenuation		-2.5	-4.4	-		
General road	Averg.	75.7	72.9	68.7	65.9	3,129	64.8
	Attenuation		-2.8	-4.2	-

Fig. 1. Noise level attenuation by distance.

자동차 전용도로의 소음도는 일반도로의 소음도 보다 3.1~3.5 dBA 가량 높게 나타났으며, 평균차속은 교통정체 등으로 인하여 자동차 전용도로와 일반도로가 비슷하였으나, 교통량에서는 큰 차이를 보였다.

자동차 전용도로의 1시간 등가소음도($L_{eq,1h}$)는 도로로부터 5 m 떨어진 지점에서 78.9 dBA, 10 m 지점에서 76.4 dBA, 20 m 지점에서 72.0 dBA, 30 m 지점에서 69.0 dBA이었다. 도로로부터 이격거리가 배거리로 멀어질 경우 소음도는 5 m에서 10 m로 증가시 2.5 dBA, 10 m에서 20 m로 증가시 4.4 dBA의 거리감쇠를 보였다.

일반도로의 1시간 등가소음도($L_{eq,1h}$)는 도로로부터 5 m 떨어진 지점에서 75.7 dBA, 10 m 지점에서 72.9 dBA, 20 m 지점에서 68.7 dBA, 30 m 지점에서 65.9 dBA이었다. 도로로부터 이격거리가 배거리로 멀어질 경우 소음도는 5 m에서 10 m로 증가시 2.8 dBA, 10 m에서 20 m로 증가시 4.2 dBA로 감쇠되었다.

자동차 전용도로와 일반도로간의 거리감쇠 차이는 크게 없었으나, 10 m에서 20 m의 거리감쇠가 5 m에서 10 m의 거리감쇠보다 훨씬 큰 것으로 보아, 도로로부터 이격거리가 멀어질수록 소음도가 급격히 감소됨을 알 수 있었다.

2) 주파수 특성

도로로부터 5 m 떨어진 지점에서 도로 끝 차로를 주

행하는 승용차, 소형화물, 버스 및 대형트럭의 소음신호를 녹음하여 1/3 옥타브로 분석한 주파수 특성은 Fig. 2와 같다. 승용차는 32대의 평균, 소형화물은 15대, 버스는 8대, 대형트럭은 12대의 평균값을 나타낸 것이며, 약 70 km/h로 주행중인 차량만 선별적으로 분석한 결과 4개의 차종 모두 1 kHz에서 중심주파수를 보이는 것으로 나타났다. 소음도의 크기는 대형트럭, 버스, 소형화물, 승용차 순이었으나, 각 차종별 주파수 특성에 큰 차이를 보이지는 않았다.

3) 영향범위

대체로 선음원 거리감쇠 양상을 보인 측정값을 토대로, 도로변 주거지역에 대하여 환경정책기본법¹⁵⁾ 상의 소음환경기준 및 소음·진동규제법¹⁴⁾ 상의 도로소음한도를 충족시키는 영향범위를 예측한 결과는 Table 2와 같다. 주간·야간의 경우 소음환경기준은 L_{eq} 65 dBA, 도로소음한도는 L_{eq} 68 dBA이다. 이격거리에 따라 영향범위가 상이하여 도로로부터 가장 먼 30 m에서 측정된 소음도를 기준으로 선음원 거리감쇠식을 활용하였다.

자동차 전용도로의 경우 약 75 m는 떨어져야 주간 소음환경기준을, 약 38 m는 떨어져야 도로소음한도를 충족시키는 것으로 나타났다. 일반도로의 경우 각 기준을 충족시키기 위한 이격거리는 자동차 전용도로보다 짧은 약 37 m, 18 m를 보였으며, 야간의 경우는 상당히 먼 거리까지 영향을 미치는 것을 알 수 있다. 주간

Table 2. The effect range (m) of road traffic noise by noise environmental standards or road noise limits

Road type	30 m noise level (dBA)	Noise environmental standards		Road noise limits	
		Day (65 dBA)	Night (55 dBA)	Day (68 dBA)	Night (58 dBA)
Expressway	69.0	75 m	754 m	38 m	378 m
General road	65.9	37 m	369 m	18 m	185 m

Fig. 2. Frequency characteristics of noise level by vehicles.

의 도로소음한도를 기준으로 볼 때, 자동차 전용도로에서는 도로로부터 약 38 m, 일반도로에서는 약 18 m까지가 도로교통소음의 영향범위에 있다고 할 수 있겠다. 다만, 이격거리가 멀어질수록 소음도가 급격히 감소되는 것을 참고한다면 Table 2의 영향범위는 최대치이며, 실제 영향범위는 다소 축소될 수 있을 것이다.

4) 교통량

도로교통소음은 교통량, 대형차 혼입률, 평균차속, 도로구조 등 많은 변수에 의하여 영향을 미치며, 그 중 교통량 및 차속이 가장 큰 변수이다. 이 연구에서 교통량 및 평균차속이 소음도에 미치는 상관관계를 파악하기 위하여 도로로부터 거리별로 1시간의 등가소음도($L_{eq,1h}$) 측정과 차량 통행량 및 속력측정을 병행하여 실시하였으나, 상관관계에 대한 유의한 결과는 얻지 못했다.

자동차 전용도로의 1시간 당 평균 통행량은 7,095대로 일반도로의 통행량 3,129대 보다 2배 이상 높았으며, 대형차 혼입비율은 자동차 전용도로가 6.1%, 일반도로가 7.8%로 나타났다. 차속은 자동차 전용도로의 경우 1시간 평균 62.5 km/h, 일반도로 64.8 km/h로 거의 유사하였는데, 자동차 전용도로는 교통량이 많은 관계로 차속은 크게 높지 않았다.

이 연구는 왕복 4~8차로를 대상으로 하였으며, 자동차 전용도로의 경우 1곳을 제외하고는 모두 왕복 8차로였다. 실제로 소음측정기에서 가까운 차로에서 발생하는 소음도와 반대편 먼 차로에서 발생하는 소음도는 큰 차이를 보이므로 단순히 전체적인 도로 통행량이 많다고 해서 소음도가 반드시 높지는 않았다. 또한, 도로 통행량이 많을 경우 소음측정기를 기준으로 가까운 차로에서 주행하는 대형차량은 동시에 먼 차로에서 주행하는 차량의 소음을 차단해 주는 역할을 하는 것으로

보이므로, 도로와 수직인 수음점에서 볼 때 도로교통소음은 가까운 차로를 주행하는 차량에 의하여 큰 영향을 미친다고 할 수 있겠다.

2. 수음원 조사

1) 시간대별 소음도

서울특별시, 부산광역시, 인천광역시 등 인구가 많이 거주하는 공동주택 단지 중 측정환경이 양호한 36곳을 중심으로 24시간 동안 매시간별 등가소음도($L_{eq,1h}$)를 측정된 결과를 최소값, 최대값 및 평균값으로 나타내면 Fig. 3과 같다. 지점별로 주변환경에 따라 약 13~20 dBA의 소음도 차이를 보였다.

시간대별로 각 지점에서 1시간 등가소음도($L_{eq,1h}$)의 평균값을 기준으로 분석한 결과, 새벽 3시에서 4시까지가 가장 낮은 소음도를, 아침 8시에서 10시까지가 가장 높은 소음도를 보였는데, 이런 소음도의 차이는 교통량에서 기인된다고 할 수 있겠다.

각 지점에서 측정된 1시간 등가소음도($L_{eq,1h}$)를 주간 시간대(06:00~22:00)의 등가소음도($L_{eq,d(16h)}$) 및 야간 시간대(22:00~06:00)의 등가소음도($L_{eq,n(8h)}$)로 환산한 결과, 주간 등가소음도($L_{eq,d(16h)}$)는 평균 67.4 dBA(61.9~75.4 dBA)였으며, 야간 등가소음도($L_{eq,n(8h)}$)는 평균 63.9 dBA(56.9~72.3 dBA)로 주·야간 평균 3.5 dBA의 소음도 차이를 보였다.

2) 도로소음한도 비교

또한, Fig. 3은 매시간별 등가소음도($L_{eq,1h}$)의 평균값과 소음·진동규제법¹⁴⁾ 상의 도로소음한도를 비교하여 보았다. 주간(06:00~22:00)의 경우 도로소음한도(68 dBA)를 초과하지는 않으나 거의 근접함을 볼 수 있었고, 야간(22:00~06:00)의 경우 도로소음한도(58 dBA)를 전시간대에 걸쳐서 초과하였다.

Fig. 3. Noise level by time and road noise limits.

주간시간대(06:00~22:00)의 등가소음도($L_{eq,d(16h)}$) 및 야간시간대(22:00~06:00)의 등가소음도($L_{eq,n(8h)}$)를 기준으로 볼 때, 총 36개 지점 중 주간 도로소음한도(68 dBA)를 초과한 곳은 16개 지점으로 44%를 차지한 반면, 야간 도로소음한도(58 dBA)를 초과한 곳은 33개 지점으로 92%를 차지한 것으로 나타나 야간시간 동안의 소음관리 및 대책이 필요하다.

IV. 결 론

도로교통소음의 전파특성 및 영향범위를 파악하기 위하여 발생원 조사 및 수음점 조사를 병행하여 실시하였다. 발생원 조사는 4곳의 자동차 전용도로와 17곳의 일반도로로 분류하여 거리별 소음도, 거리감쇠, 주파수 특성, 영향범위를 파악하였고, 수음점 조사는 36곳의 공동주택을 중심으로 시간대별 소음도 및 소음한도 비교를 조사·분석한 결론은 다음과 같다.

1. 자동차 전용도로의 1시간 등가소음도($L_{eq,1h}$)는 도로로부터 5 m 지점에서 78.9 dBA, 10 m 지점에서 76.4 dBA, 20 m 지점에서 72.0 dBA, 30 m 지점에서 69.0 dBA로 나타났으며, 거리감쇠는 2.5~4.4 dBA 수준으로 도로로부터 이격거리가 멀어질수록 소음도가 급격히 감소됨을 알 수 있었다.

2. 일반도로의 소음도는 자동차 전용도로에 비하여 3.1~3.5 dBA 가량 낮게 나타났으며, 거리감쇠는 자동차 전용도로와 큰 차이가 없었다.

3. 도로로부터 5 m 떨어진 지점에서 약 70 km/h로 주행하는 승용차, 소형화물, 버스 및 대형트럭의 주파수 분석결과 4개 차종 모두 1 kHz에서 중심주파수를 보이는 것으로 나타났다.

4. 주간 도로소음한도를 기준으로 도로교통소음에 대한 영향범위를 예측한 결과 자동차 전용도로에서는 도로로부터 약 38 m, 일반도로에서는 약 18 m인 것으로 나타났으며, 야간의 경우는 상당히 먼 거리까지 영향을 미치는 것을 알 수 있었다.

5. 공동주택을 중심으로 24시간 동안 매시간별 등가소음도($L_{eq,1h}$)를 측정한 결과 가장 낮은 소음도는 새벽 3시에서 4시까지, 가장 높은 소음도는 아침 8시에서 10시까지로 나타났다.

6. 주간 등가소음도($L_{eq,d(16h)}$)는 평균 67.4 dBA, 야간 등가소음도($L_{eq,n(8h)}$)는 평균 63.9 dBA로 3.5 dBA의 소음도 차이를 보였으며, 주간 도로소음한도를 초과한 곳은 16개 지점으로 44%를, 야간 도로소음한도를 초과한

곳은 33개 지점으로 92%를 차지하였다.

참고문헌

- Ouis, D. : Annoyance from road traffic noise : A review. *Journal of Environmental Psychology*, **21**, 101-120, 2001.
- Onuu, M. U. : Road traffic noise in nigeria : Measurements, analysis and evaluation of nuisance. *Journal of Sound and Vibration*, **233**(3), 391-405, 2000.
- Park, C. H. and Chang, S. S. : The characteristics of traffic noise and its effects on inhabitants' life at an apartment area in Taejon City. *Korean Journal of Environmental Health Society*, **25**(3), 94-102, 1999.
- National Environmental Dispute Resolution Commission : The Case-book of Environmental Dispute Resolution 2007. Vol. 15, 2008.
- Koh, D. H., Youm, J. H. and Kwon, K. S. : Specific reaction to road-traffic noise. *Korean Journal of Environmental Health*, **30**(3), 283-292, 2004.
- Öhrström, E., Skånberg, A., Svensson, H. and Gidlöf-Gunnarsson, A. : Effects of road traffic noise and benefit of access to quietness. *Journal of Sound and Vibration*, **295**, 40-59, 2006.
- Piccolo, A., Plutino, D. and Cannistraro, G. : Evaluation and analysis of the environmental noise of Messina, Italy. *Applied Acoustics*, **66**, 447-465, 2005.
- Ahmad, J., Abbas, A. O., Reem, S. : Evaluation of traffic noise pollution in Amman, Jordan. *Environmental Monitoring and Assessment*, **120**, 499-525, 2006.
- Kang, D. J., Kim, J. M. and Park, J. C. : Road traffic noise status and prediction. *The Korean Society for Noise and Vibration Engineering*, **14**(10), 1015-1020, 2004.
- Alberola, J., Flindell, I. H., Bullmore, A. J. : Variability in road traffic noise levels. *Applied Acoustics*, **66**, 1180-1195, 2005.
- Lee, H.-S., Chung, I.-H., Kim, D.-S. and Kim, H.-S. : A study on the awareness of noise pollution by seoul citizens - focusing on road traffic noise -. *The Korean Society for Noise and Vibration Engineering*, **7**(3), 521-529, 1997.
- Lee, N. H., Sun, W. Y., Cho, K. C., Zoh, K. D. and Cho, I. Y. : Assessment of road traffic noise by apartment floor and arrangement construction of building in apartment complex. *Korean Journal of Environmental Health*, **32**(2), 118-125, 2006.
- Kang, D. J., Choi, R. I., Kim, J. M., Lee, J. H. and Park, J. C. : Road Traffic Noise (I). National Institute of Environmental Research, 1999.
- Ministry of Environment Republic of Korea : Enforcement Decree of the Noise and Vibration Control Act, 2008.
- Ministry of Environment Republic of Korea : Framework Act on Environmental Policy, 2008.