

道路交通騒音 현황과 예측

°강대준*, 김종민**, 박준철**

Road Traffic Noise Status and Prediction

Daejoon Kang, J.M. Kim, J.C. Park

ABSTRACT

The road traffic noise becomes aggravated due to the rapid increase of vehicles. It has a great effect on the dwelling environment. Therefore we investigate the characteristics and sources of the road traffic noise through grasping the status of the road traffic noise. This report is concerned with the description of the various factors affecting the generation and propagation of outdoor traffic noise. It is particularly concerned with the mathematical interpretation of these processes and the resulting development of prediction techniques which are now broadly used for both the environment impact assessment of road traffic noise and the planning and design of roads and adjoining land use.

1. 서 론

자동차의 급속한 증가로 도로교통소음의 심각도는 날이 갈수록 심화되고 있으며, 인구밀도가 높은 우리의 열악한 주거환경에 도로교통소음은 막대한 영향을 끼치고 있는 실정이다. 이러한 차량증가 추세에 맞추어 도로망이 계속 확장되고 있어 소음피해지역이 날이 갈수록 확산되어 소음이 거의 문제시되지 않았던 도시교외는 물론 농어촌 지역까지 확산되고 있는 형편이다. 교통소음 방지대책 일환으로 정부에서는 교통소음으로부터 정온한 생활환경을 조성하기 위하여 '98년까지 전국 214개 도로구역 274.1 km를 교통소음 규제지역으로 지정하여 관리하고 있으며 이 지역의 적정한 소음관리를 위하여 학교, 주거지역 등의 정온지역 160개소 33.7 km를 포함하여 '98년까지 1,423개소에 335.4 km의 방음벽을 꾸준히 설치하였으나 차량의 기하급수적

증가 및 도시의 팽창으로 도로교통소음의 개선효과를 미흡한 실정이다.

도로교통소음 저감대책은 발생원인 교통수단에 대한 저감대책과 발생한 소음의 경로를 차단하는 저감대책으로 구분될 수 있다. 발생원에 대한 저감대책이 가장 효율적이지만 기술적인 한계로 인하여 단기간에 급속히 저감시킬 수 없는 어려운 문제점이 있어, 차선택으로 소음전파 경로대책이 활용되고 있다. 전파경로 대책을 효과적으로 수립하기 위해서는 우선 무엇보다 수음점에서 정확한 소음예측이 필요하다. 복잡다기한 도로교통소음에 대한 수음점에서의 소음예측을 위하여 발생원에 대한 정량적인 평가와 더불어 소음이 수음점에 도달하기까지의 전파과정에 대한 체계적인 연구가 필수적이다.

이에 따라 도로교통소음 특성을 정확히 파악하기 위하여 주요 간선도로변을 대상으로 거리별 1시간 등가소음도, 통행량, 속도 등을 조사하여 도로교통소음 한도의 단계적 강화에 활용하고 저감대책 강구시에 활용할 수 있도록 하며, 거리별 측정소음도로부터 예측식을 도출하여 도로교통소음

*정회원, 환경부 국립 환경 연구원

**환경부 국립 환경 연구원

환경영향평가에 유익하게 활용코자 하였다.

2. 측정 방법

측정방법 및 측정기기의 사용·조작은 ISO 1996-1¹⁾ 및 소음·진동공정시험방법²⁾을 준용하고, 소음측정기로 RION NL-14(4대), RION NL-05(4대), B&K 2231(1대)를 사용하였다.

간선도로변 도로교통소음의 특성을 파악하기 위해 반자유음장이 만족되는 도로단으로부터 각각 5, 10, 20, 30 m 떨어진 지점에서 1시간의 등가소음도($L_{eq,1h}$)를 동시에 측정하였다. 1시간의 통행량을 대형차(차량총중량 8 ton 이상, 24인승 이상 버스)와 소형차로 구분하여 조사함과 동시에 통행하는 차량의 속도를 조사하였다. 여기서 도로단이란 도로 끝 차선을 말한다.

도로연변에 위치한 공동주택의 층별 소음노출양상을 파악하기 위해 층별로 창문으로부터 50 cm 위치에서 10분간의 등가소음도($L_{eq,10min}$)를 동시에 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 간선도로변 소음도 현황

비교적 주위 배경소음이 낮고, 지형이 평탄하며 장애물이 없는 등 측정환경이 양호한 주요 간선도로를 대상으로 23개소 92지점에서 조사한 수평거리별 1시간 등가소음도($L_{eq,1h}$), 통행량 및 차속은 Table 1과 같다.

간선도로에 있어서 거리별 1시간 등가소음도($L_{eq,1h}$)의 평균은 도로단으로부터 5 m 떨어진 지점에서 77.0 dBA, 10 m 지점에서 74.1 dBA, 20 m 지점에서 70.1 dBA, 30 m 지점에서 67.1 dBA로 거리가 2배로 멀어질 때 소음도는 평균 3.5 dBA 감소하여 대체로 선음원 감쇠현상을 보이고 있다. 특히 서울도심지역을 통과하는 간선도로(H-S-1, 2, 3, 4)의 경우 1시간 등가소음도는 5, 10, 20, 30 m 거리별로 각각 78.9(77.0~80.6), 76.3(74.4~78.3), 72.0(68.9~73.9), 69.0(65.7~71.8) dBA로 다른 지역보다 평균 3.2 dBA 정도 높은 것으로 나타났다.

이 차이는 통행량이 서울도심지역을 통과하는 간선도로의 경우 시간당 평균 7,095대, 그 외 지역은 3,129대인 것으로 미루어 통행량에 기인한 것으로 보인다. 1시간 동안의 평균속도는 41.4~83.1 km/h로 나타났다.

3.2 도로단에서 10 m 이상 떨어진 지역 예측

도로단으로부터 10, 20, 30 m 떨어진 거리에서 1시간 동안 측정된 등가소음도($L_{eq,1h}$), 통행량, 속도 등을 토대로 하여 도출한 도로단으로부터 10 m 이상 떨어진 지역에 적용되는 예측식은 다음과 같다.

$$L_{eq} = 8.55 \cdot \log(QV/l) + 36.3 - 14.1 \log r_a + C, \text{ dBA} \dots\dots\dots(1)$$

여기서,

- Q : 1 시간 동안의 등가교통량(소형차 통행량 + 10×대형차 통행량), 대/h
- V : 평균차속, km/h
- l : 가상주행 중심선에서 도로단까지의 거리 + 도로단에서 기준 10 m 지점까지의 거리, m
- r_a : 거리비(기준 10 m 거리에 대한 도로단에서 10 m 이상 떨어진 예측지점까지의 거리비)
- C : 상수

- 15,000 < Q 이면, C = -2.0
- 10,000 < Q ≤ 15,000 이면, C = -1.5
- 5,000 < Q ≤ 10,000 이면, C = -1.0
- 2,000 < Q ≤ 5,000 이면, C = -0.5
- Q ≤ 2,000 이면, C = 0

3.3 실측치와 예측치의 소음도 비교

측정된 거리별 등가소음도($L_{eq,1h}$)와 예측식(1)로부터 구한 예측소음도의 상관관계를 나타내면 Figure 1과 같다.

도로단으로부터 10, 20, 30 m 떨어진 거리에서 각각 34개의 실측치와 예측치의 상관관계는 0.9이고 예측치의 실측치에 대한 편차는 대체로 ±3.5 dB 이내이다. 예측결과 도로에서 50 m 이상 떨어지게 되면 도로변 주거지역에 대한 소음환경기준 L_{eq} 65 dBA를 대체로 충족시킬 수 있을 것으로 판단된다.

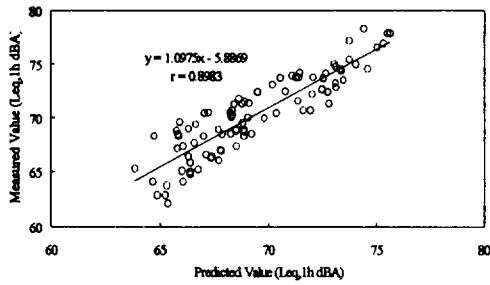


Fig. 1. Relationship between measured and predicted values by distance.

3.4 도로변의 공동주택별 소음도 수직분포

조사한 9개 공동주택에 있어서 각각의 최고 소음도를 나타내는 층은 측정지점의 측정환경에 따라 최하 4층에서 최고 17층까지 넓은 수직분포를 나타내고 있다(Fig. 2, Table 3). 도로로부터 공동주택까지의 거리가 멀수록 최고 소음도를 나타내는 층이 높아지는 경향을 보이고 있다. 이 같은 결과가 나타난 원인은 고도에 따른 풍속 및 기온의 차이에 의한 소리의 굴절(deflection) 때문인 것으로 추정된다.^{3,4)}

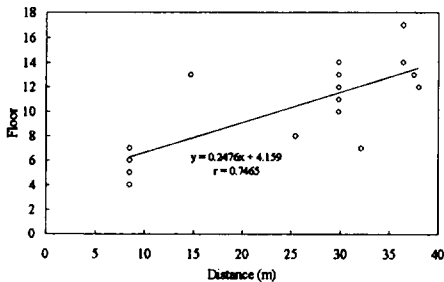


Fig. 2. Relationship between distance from road and floor of maximum noise level.

3.5 일반도로변 도로교통소음 현황

가. 연도별 주요도시의 도로교통소음도 변화⁵⁾

전국의 주요도시에 대한 환경소음실태를 파악하기 위하여 환경부에서 관리하고 있는 연도별 환경소음 측정망 자료 중 도로변 지역의 주거지역 조

사결과를 살펴보았다. '85년~'99년까지 주요도시의 도로변지역 중 주거지역에 대한 연평균 소음도(5분간 등가소음도, $L_{eq,5min}$)는 Table 2와 같다.

'85년부터 '99년까지 각 지역별 낮 시간대의 소음도 평균은 71~74 dBA 범위를 보이고 있으며 서울지역이 74 dBA로 가장 높았고 부산·대전지역이 71 dBA로 가장 낮았다. 밤 시간대에는 61~67 dBA 범위를 보였으며 낮 시간대와 마찬가지로 서울지역이 가장 높고 대전지역이 가장 낮은 소음도를 나타냈다. 일부지역에서는 연도별로 소음도의 변화폭이 크게 나타났는데 이것은 소리의 특성상 소음이 갑자기 증가되거나 감소되어서 생긴 현상이라기보다는 측정지점의 변경이나 측정지점 주변의 환경변화에 의한 것으로 추정된다.

Figure 3은 위 조사자료를 소음환경기준 및 도로교통소음한도와 비교하여 도시한 것이다. 도로변지역 중 주거지역에 대한 소음환경기준인 낮 65 dBA, 밤 55 dBA와 비교해 보면 전부 이 기준을 초과하고 있으며 주거지역에 대한 도로교통소음한도인 낮 68 dBA, 밤 58 dBA와 비교해 보아도 대부분 지역이 이 한도를 초과하고 있다.

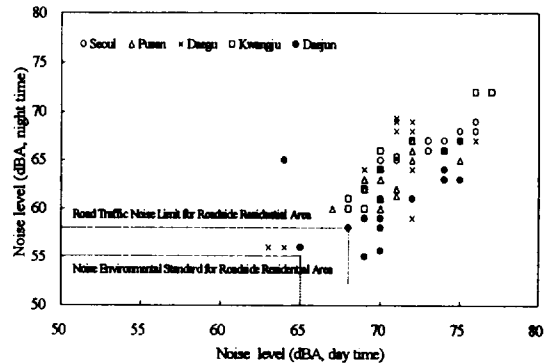


Fig. 3. Comparison between road traffic noise of roadside residential area of major cities and related road traffic noise standards.

나. 시간대별 소음도⁶⁾

서울시에서 운영하고 있는 도로교통소음 자동측정망(서울시내 도로변 4개소)에서 수집된 '99년 1월부터 11월까지의 각 월별 1시간 등가소음도

($L_{eq,1h}$)를 매 시간대로 평균하여 나타낸 서울시내 4개 지역의 시간대별 소음도는 Figure 4와 같다.

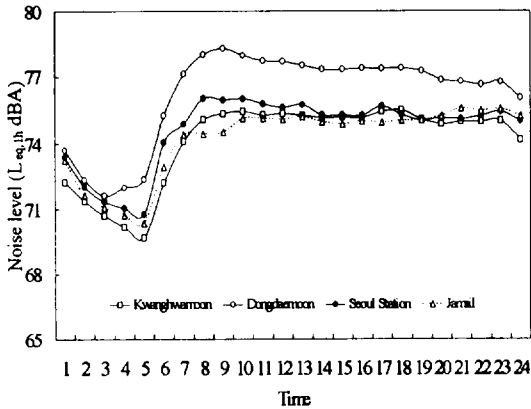


Fig. 4. Road traffic noise level of Seoul central area by one hour interval.

4개 지역 중 유난히 동대문 지역의 소음도가 전반적으로 가장 높게 나타났고 근소하나마 서울역 지역의 소음도가 높게 나타났는데 이것은 이 지역의 소음도가 특별히 높아서라기보다는 측정망이 설치되어 있는 위치의 주변환경에 의한 영향이 더 크기 때문인 것으로 추정된다. 즉, 동대문의 경우 소음측정망 위치가 도로변에 아주 근접되어 있고, 서울역의 경우는 도로 중앙에 있는 중앙분리대 역할을 하는 녹지대에 위치하고 있어 광화문 및 잠실지역의 소음측정망보다 상대적으로 소음도가 높게 평가된 것으로 보인다. 대체로 아침 출근시간대(8~9시)가 가장 소음도가 높고 그 외 시간대에서는 거의 비슷한 소음도 양상을 보이고 있다.

위 그림에서 나타낸 소음도와 교통량의 상관관계를 고찰해보기 위하여 동대문, 서울역, 잠실지역의 소음도-교통량 상관관계 분석결과는 Figure 5와 같다. 교통량 통계는 서울지방 경찰청에서 '99년 3월 중순, '99년 4월말 및 '99년 10월말 경에 조사한 동대문, 서울역 및 잠실 지역 1주일간(평일기준) 교통량의 시간대별 평균치를 인용하였다⁷⁾.

이 분석결과는 도로교통소음도가 도로의 수용능

력에 따른 교통량의 증감에 따라 비교적 크게 영향을 받고 있음을 나타내는 것으로서 도로교통소음도에 영향을 미치는 주요인자인 교통량이 소음도에 미치는 역할을 간접적으로 나타내고 있다.

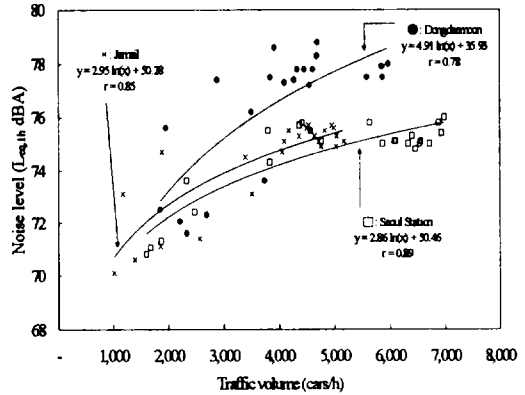


Fig. 5. Correlation between road traffic noise and traffic volume.

4. 결론

- 전국 주요도시의 일반도로변지역의 낮 시간대 소음도($L_{eq,5min}$)는 70~73 dBA, 밤 시간대에는 60~67 dBA 범위를 보였고, 주거지역에 대한 소음환경기준(낮; 65, 밤; 55 dBA)과 도로교통소음한도(낮; 68, 밤; 58 dBA)를 대부분 초과하고 있다.
- 간선도로단으로부터 5, 10, 20, 30 m 떨어진 거리에서의 평균 소음도($L_{eq,1h}$)는 각각 77.0, 74.1, 70.1, 67.1 dBA로 거리가 2배로 멀어질 때 소음도는 평균 3.5 dBA 감소하여 대체로 선음원 감쇠현상을 보이고 있다.
- 서울도심지역을 통과하는 간선도로의 소음도는 다른 간선도로의 경우보다 통행량이 많아 평균 3.2 dBA 정도 높다. 고속도로의 소음도는 상대적으로 대형차의 통행량이 많고 평균 차량주행속도가 높아 전체 간선도로의 소음도보다 평균 4.4 dBA 높다.
- 간선도로단에서 10 m 이상 떨어진 지역에 대한

Table 1. Road Traffic Noise Level of Major Arterial Roadside

Area	Road name	Code No.	Noise Level by Distance ($L_{eq,1h}$ dBA)				Traffic Volume (veh./h) light / heavy	Mean Speed (km/h)
			5 m	10 m	20 m	30 m		
Seoul	Olympic Road	H-S-1	79.4	76.9	73.9	71.8	10704 / 783	62.5
			78.2	75.4	72.4	70.4	8028 / 710	50.0
			77.0	74.4	71.4	69.4	8038 / 520	45.0
	Olympic Road	H-S-2	80.5	77.9	73.8	71.3	5714 / 782	77.1
			80.6	77.9	73.8	71.5	6040 / 704	82.3
			79.4	76.6	72.5	70.1	6698 / 437	82.7
	North Road of Riverside	H-S-3	77.4	74.5	70.4	68.4	4277 / 430	83.1
			79.0	77.2	72.4	68.3	6317 / 237	60.4
			80.1	78.0	73.2	68.7	5814 / 340	63.8
	Eastern Arterial Road	H-S-4	80.5	78.1	73.3	69.3	5778 / 278	63.7
			80.0	78.3	73.1	68.9	6087 / 313	68.4
			78.1	75.0	69.5	66.4	6396 / 201	45.2
	Hunlung Road	H-S-5	77.8	74.7	68.9	65.8	7469 / 189	41.4
			77.1	74.8	69.3	65.7	5913 / 134	49.0
			75.2	73.2	68.3	64.8	3040 / 348	72.2
Kyoungki	General Road	H-G-1	75.4	73.5	68.5	65.2	3986 / 329	71.4
			74.4	72.4	67.3	64.1	2772 / 293	75.4
			77.0	74.9	69.9	66.2	4597 / 443	67.3
	Road 310	H-G-2	78.2	72.8	68.7	65.0	3222 / 378	60.0
			74.4	72.2	67.0	63.8	2052 / 256	60.0
			76.1	72.4	68.8	65.1	3581 / 304	57.0
	Road 1	H-G-3	74.6	70.7	66.0	62.9	1490 / 218	67.6
			75.0	71.6	66.6	64.1	2118 / 118	61.3
			74.7	71.3	68.9	67.3	2202 / 278	59.4
Road 6	H-N-1	77.5	74.5	70.0	67.7	3756 / 252	65.0	
		74.7	71.3	68.9	67.3	2202 / 278	59.4	
		77.5	74.5	70.0	67.7	3756 / 252	65.0	
Road 46	H-N-2	76.2	73.8	66.9	62.1	2601 / 135	65.3	
		76.2	73.8	66.9	62.1	2601 / 135	65.3	
		76.2	73.8	66.9	62.1	2601 / 135	65.3	
Daejun	Naksang Road	H-B-1	75.4	73.7	70.7	68.3	3922 / 126	73.9
			73.1	70.7	66.4	62.9	3444 / 184	52.8
			76.1	74.1	71.2	69.6	3370 / 154	63.4
	General Road	H-D-1	76.1	74.1	71.2	69.6	3370 / 154	63.4
			76.1	73.6	70.3	68.4	3246 / 168	63.8
			76.2	73.7	69.0	65.3	1404 / 124	61.4
Road 4	H-D-2	76.2	73.7	69.0	65.3	1404 / 124	61.4	
		75.8	72.6	70.5	68.8	2644 / 282	59.7	
		75.7	72.7	68.5	67.1	2442 / 272	64.5	
Road 17	H-D-3	75.7	72.7	68.5	67.1	2442 / 272	64.5	
		75.7	72.7	68.5	67.1	2442 / 272	64.5	
		75.7	72.7	68.5	67.1	2442 / 272	64.5	
Road 32	H-D-4	75.7	72.7	68.5	67.1	2442 / 272	64.5	
		75.7	72.7	68.5	67.1	2442 / 272	64.5	
		75.7	72.7	68.5	67.1	2442 / 272	64.5	
Kangwon	Road 46	H-C-1	77.3	74.2	70.5	68.3	1932 / 96	74.8
Chungnam	Kyungbu Expressway	H-H-1	81.9	77.8	72.9	69.3	5066 / 1336	88.1
Chungbuk	Kyungbu Expressway	H-H-2	82.5	80.6	74.5	72.2	4562 / 1354	86.4

Table 2. Annual Noise Level of Roadside Residential Area of Major Cities (Unit : L_{eq} dBA)

Classification	Area	'85	'86	'87	'88	'89	'90	'91	'92	'93	'94	'95	'96	'97	'98	'99	Mean	Max.	Min.
Day	Seoul	73	73	74	76	76	76	75	73	73	75	71	70	72	70	71	74	76	70
	Pusan	75	70	67	72	69	69	70	70	72	72	72	71	70	71	71	71	75	67
	Kwangju	74	72	76	77	68	68	68	69	68	68	69	70	70	70	71	72	77	68
	Daegu	75	76	63	64	69	70	72	72	72	71	72	72	72	71	71	72	76	63
	Daejun	74	74	74	75	72	69	68	65	64	69	70	70	70	70	70	71	75	64
Night	Seoul	67	67	67	68	69	68	68	66	67	67	65	66	67	65	65	67	69	65
	Pusan	65	63	60	67	63	62	60	60	65	65	66	62	61	62	61	63	67	60
	Kwangju	66	67	72	72	60	61	60	62	60	60	60	64	64	66	65	66	72	60
	Daegu	67	67	56	56	64	64	64	64	59	68	68	69	68	69	69	66	69	56
	Daejun	63	66	64	63	61	59	58	56	65	55	59	61	59	58	56	61	66	55

Table 3. Distribution of Road Traffic Noise by Elevation in I APT Jungpyoungdong Kyongsan Kyoungbook (V-K-1)

Measurement site	Noise Level ($L_{eq,10min}$ dBA)		Remarks
	1st	2nd	
Roadside	76.9	75.6	○ 10 lanes road ○ Distance between road and APT is 36.4 m. ○ Height of 1 floor is 2 m.
3rd floor		67.2	
4th floor	68.8		
5th floor		68.8	
6th floor	69.7		
7th floor		68.9	
8th floor	70.4		
9th floor		69.5	
10th floor	70.3		
11th floor		69.7	
12th floor	70.5		
13th floor		69.7	
14th floor	70.6		
15th floor		69.5	
16th floor	70.3		
17th floor		70.1	
18th floor	69.9		

도로교통소음 예측식은

$$L_{eq} = 8.55 \cdot \log(QV/l) + 36.3 - 14.1 \log r_a + C, \text{ dBA 이다.}$$

- 도로변 공동주택 수직고도별 소음도는 주변환경에 따라 전파양상이 차이가 있지만, 도로와의 이격거리가 멀수록 최고 소음도를 나타내는 층이 높아지는 경향을 보이고 있다.

참고문헌

1. ISO 1996-1, (1982), Acoustics-Description and Measurement of Environmental Noise-Part 1: Basic Quantities and Procedures.
2. 환경부, (1995), 소음·진동공정시험방법.
3. R.D. Ford, (1987), "Physical Assessment of Transportation Noise", Ch.2 of Transportation Noise Reference Book, P. Nelson, ed., Butterworths.
4. Bruel and Kjaer, (1973), Acoustic Noise Measurement, Denmark.
5. 환경부, (1998), 환경통계연감.
6. 서울특별시 보건환경연구원, (1999), 교통소음자동측정망 자료.
7. 서울시지방 경찰청, (1999), '99 서울시 교통량 조사자료.
8. 강대준 외 4인, (1999), 도로교통소음(I), 국립환경연구원