J. Korean Soc. Transp.
Vol.30, No.2, pp.79-89, April 2012
http://dx.doi.org/10.7470/jkst.2012.30.2.079

Journal of Korean Society of Transportation
ISSN : 1229-1366
eISSN : 2234-4217

주거지역 인접 도시고속도로 교통소음 분석

김종혁[1]* · 김홍길[1] · 김정식[2]
[1] 서울특별시 도시기반시설본부 토목부, [2] 서울시립대학교 교통공학과

Study on Traffic Noise in Residential Area Near Urban Expressways

KIM, Jonghyuk[1]* · KIM, Honggil[1] · KIM, Jungsik[2]
[1] Engineering Division, Seoul Metropolitan Infrastructure Headquarters, Seoul 120-715, KOREA
[2] Graduate School of Transportation Engineering, University of Seoul, Seoul 130-743, KOREA

Abstract

Noise pollution on the residential areas adjacent to urban expressway is a very severe situation. There has been a significant increases in the number of residential areas near urban expressway, and the quality of life in such areas is being degraded due to increased traffic volume and speed. In this study, several factors such as traffic volume, speed, and distance from noise source, etc. that affect the noise level were investigated for the residential areas near urban expressway. A correlation and regression model was built to examine the relationship between such traffic factors and noise. The study result found that traffic volume had a closer relationship with noise than speed had. Therefore, to decrease road traffic noise, it is more imperative to control traffic volume than traffic speed.

도시고속도로 주변 지역에 인접한 주거지역의 도로교통소음은 매우 심각한 실정이다. 도시고속도로 주변의 주거지역은 90년대 들어 크게 증가하였으나 많은 교통량과 높은 속도로 인해 거주민들의 삶의 질은 계속 저하되고 있다. 본 연구에서는 이러한 도시고속도로 주변의 주거지역에 대해 교통조건을 고려한 소음도에 영향을 미치는 인자(교통량, 속도, 수음점에서의 거리 등)에 대해 고찰하였다. 소음도에 대한 교통량과 속도와의 관계를 고찰해보기 위해 이 식에서 주요 요인으로 사용한 교통량과 속도의 두 요인 중에서 무엇이 더 큰 영향을 가지는지를 상관관계 분석과 회귀분석을 통해 교통량이 속도보다 더 밀접한 관계가 있음을 알 수 있었다. 따라서, 도시고속도로 구간에서 도로교통소음을 저감하기 위해서는 차량의 속도도 중요하지만 근본적으로 교통량을 저감하기 위한 대책이 더 중요하다고 볼 수 있다.

Key Words

Traffic Noise, Road Traffic Noise, Environment, Urban Expressway, Residential Area
교통소음, 도로교통소음, 환경, 도시고속도로, 주거지역

* : Corresponding Author
mindle93@seoul.go.kr, Phone: +82-2-3708-2591, Fax: +82-2-3708-2599

Ⅰ. 서론

1. 연구의 배경 및 목적

도시부 간선도로와 인접한 우리나라 주거지역에서의 도로교통소음은 심각하다. 특히 도시의 지역간 이동을 담당하는 주요 간선도로(예; 도시부 고속도로)의 경우 도로교통소음의 수준은 더욱 그러하다. 도로교통소음은 도로와 인접한 주거지역 주민들의 생활의 질(質)을 저하시킨다. 도시부 간선도로 주변 아파트에 거주하는 주민들은 교통소음으로 인한 '불쾌감', '대화방해', '집중 및 휴식방해', '수면방해', '신체 이상' 등으로 인하여 많은 불편을 경험하고 있으며, 이러한 도로교통소음으로 인하여 지역 주민들이 정상적인 생활을 영위하기에 매우 큰 제약을 받고 있다(고대하, 2004).

서울, 부산을 포함한 우리나라 33개 도시 주거지역 부근의 도로교통으로 인한 교통소음은 이미 환경부에서 허용하는 기준을 초과하고 있다. 특히 이중 야간 시간대의 '수면방해'는 가장 심각하다. 환경부가 서울특별시 등 전국 44개 도시 1,766개 도로변 주거지역에서 수행한 환경소음 측정 결과 낮(06~22시)과 밤(22~06시)시간대에 각각 57~69 dB(A), 49~65 dB(A)로 야간 소음도 환경기준 55dB(A)을 초과하는 것으로 조사되었으며, 주간 평균 역시 환경허용 기준에 근접한 수준인 것으로 나타났다(환경부, 2010).

도로교통소음 수준의 저감을 위하여 해당 도로 관할 도로관리청에서도 다양한 대책(예: 방음벽, 방음둑, 방음림, 방음터널 등)을 수립하고 있으나 교통소음 원인에 대한 근본적인 분석이 없이 이러한 외부 대책만으로 해결하기에 한계가 있다.

도로교통소음과 관련된 문제 저감을 위해 도로교통소음에 대한 원인분석이 필요하나 지금까지의 교통소음에 대한 이해는 단편적인 ① 교통조건(예; 교통량, 속도 등), ② 기하구조 조건(예; 수음(蒐樂)점에서의 거리), ③ 주변 환경 조건을 기반으로 한 소음 정도(程度) 수준으로 제한되었다.

'국립환경과학원'은 '교통소음' 수준을 해석하기 위한 공식적인 수리모형에 교통조건 요소인 '교통량' 변수와 '속도' 변수를 함께 고려할 것을 제시하고 있다. 그러나, 이들 '교통량'과 '속도' 변수는 상호 단순한 1차원 비례·반비례 관계로 설명되지 않는다. 때문에 이러한 '교통량'과 '속도' 변수를 동시에 고려하여 다양한 교통상황에서의 교통소음을 해석하는 현재의 방식은 교통공학 측면에서 합리적이지 않다.

본 연구에서는 도로 교통조건, 기하구조 조건, 환경조건과 관련되는 '교통소음' 요인들을 검토하여 (1) '도로교통소음'을 가장 잘 설명하는 주요 핵심 변수를 구분한다. 해당 과정을 통하여 (2) '교통량'과 '속도' 변수 중 '교통소음' 수준에 영향을 미치는 핵심 변수를 도출하고, 도출된 변수를 토대로 (3) 혼잡상황과 비혼잡상황을 고려한 교통공학측면에서 합리적인 '도로교통소음' 추정모형을 제시한다.

2. 연구의 범위

본 연구의 범위는 도시고속도로 주변 주거지역으로 제한한다. 지방부 고속도로 인접 거주지역의 여건은 도시고속도로 주변 거주지역과 여건이 달라 본 연구의 범위에 포함될 수 없어 제한한다.

Ⅱ. 기존 연구 검토

도로교통소음과 관련하여 과거에 수행된 연구내용을 검토하였으며 도로교통소음 관련 기준 및 우리나라에서 공식적으로 사용하고 있는 도로교통소음 예측 모형등에 대한 검토를 수행하였다.

1. 관련문헌고찰

최정순(2001)은 주거지역 '교통소음'을 인접도로 '교통량'과 '속도' 자료 수집을 통하여 예측하는 수리적 모델을 제시하였으며, 교통소음 예측을 위하여 우리나라 국립환경과학원이 제시한 모형은 모형 특성상 극히 제한적으로 사용될 수밖에 없어 적용성이 낮다고 지적하였다.

이시욱(2003)은 '주거단지' 내 '교통소음' 예측에 적용되는 수리모형은 '일반국도'나 '고속도로'의 '소음도' 예측에 적용되는 수리모형과 달라야 함을 지적하였으며, 단지내 교통소음 예측시 장래 예측교통량, 첨두시 교통량, 평균주행속도 등을 반영하여야 함을 제안하였다.

강준모(2006)는 강변북로 도시고속도로 인접 아파트 단지 10곳에서 일부시간대(08시~08시05분, 00시~00시5분) 20회 측정한 교통소음 자료를 수집하여 국립환경과학원식과 비교하였으며, '교통량'과 '속도' 측정 자료간 비교 분석하였다. 그 결과 '교통소음'에 '교통량'보다

'평균속도'가 더욱 큰 영향을 미치는 것으로 분석하였다.

김병삼 등(2007)은 국립환경과학원 기준에 따른 교통소음 측정치와 실측치의 오차 범위를 파악하였다. 이를 위해 일반국도를 중심으로 한 24시간 등가 소음레벨에 대한 연구를 수행하였으며, 그 결과 현재 측정방법으로 '교통량'이 많고 '속도'가 일정한 주간 시간대의 경우 적절한 자료수집이 용이하였으나, 야간 시간대의 경우 적절한 자료수집이 불가함을 지적하였다.

박영민(2007)은 도로교통소음 환경소음 예측기술 동향에서 국립환경과학원식(NIER(′1999))은 도로단으로부터 10m이내는 허용오차 범위 내에 잘 맞지만 그 이상의 이격 거리시 허용오차가 증가하는 것으로 조사하였다.

김형철 등(2008)은 아파트단지 내 소음지도를 구축하여 수직적, 수평적으로 교통소음을 공간 분석하였다. 그는 아파트단지 내 교통소음을 가장 효과적으로 저감할 수 있는 방안은 주거지내 대형차량의 통행제한이라고 제안하였으며, 또한 승용차 요일제 시행으로 인한 교통소음 저감효과는 낮은 것으로 분석하였다. 그는 승용차 운행 제한이 강력하게 수반될 경우 교통소음 저감이 있을 것으로 분석하였다.

이장욱(2009)은 도로에 인접한 단일건물의 배치형태에 따른 '교통소음'을 연구한 결과, 저층부는 거리 및 지면에 따라 소음도 감소 효과가 크게 나타났으며, 건물을 도로와 평행하게 배치하는 것보다 수음점으로 부터 도로를 바라보는 관측각의 크기가 작도록 수직 배치하는 경우 교통소음이 2.8 dB(A) 낮은 것으로 제안하였다.

정재훈(2009) 등은 도시부 간선도로 인접 공동주택과 주상복합건축물이 공존하는 지역에서 '교통소음'을 분석한 결과 도로 변 한정된 공간에서 '교통량'과 '속도관리'가 '교통소음'에 영향을 미치는 것으로 지적하였으며, '교통량 관리'보다 '속도 관리'가 교통소음 저감에 효과가 있음을 제안하였다.

양용수(2010)는 도로교통소음 저감계획의 경제적 가치 분석에서 소음도의 영향을 고려한 도로인접 지역의 토지이용방안이나 전달경로를 고려한 건물배치방안, 저감시설의 최적화 방안 등을 통해 설계단계부터 계획을 수립할 경우 경제적 가치가 매우 큰 것으로 분석하였다.

앞의 기존 연구에서는 조사의 현실적 제약으로 인해 도시고속도로의 혼잡, 비혼잡 시간대를 고려한 시간대별 교통량과 속도에 따른 소음도를 제시하지 못하였다. 따라서, 본 연구에서는 강변북로변 정온시설 12곳에서 다양한 시간대별로 측정된 소음도와 해당시간대의 교통량, 속도를 감안하여 소음도에 더 큰 영향을 미치는 요소를 분석하는데 기존 연구와의 차별을 두었다.

2. 도로교통소음 기준

현재 국내에서 도로교통소음과 관련된 법령은 '환경정책기본법 제10조' 및 '동법시행령 제2조'에 의한 환경소음기준을 적용하고 있다. 도로교통소음에 관한 도로변 주거지역의 기준은 "가" 및 "나" 기준에 의한 주간 65dB(A), 야간 55dB(A)의 기준을 적용하고 있다(〈Table 1〉 참조).

또한, '소음 · 진동관리법 제26조' 및 '동법 시행규칙 제25조'의 의한 교통소음 · 진동의 관리기준은 환경부령으로 정하며 환경부장관은 교통소음·진동의 관리가 필요하다고 인정하는 지역을 교통소음·진동 관리지역으로 지정하여 줄 것을 해당 지자체장에게 요청할 수 있도록 하고 있다. 교통소음 · 진동의 관리가 필요한 지역으로 지정되면 해당 지역은 교통소음의 기준을 〈Table 2〉와 같이 주간 68dB(A), 야간 58dB(A)로 관리하여야 한다.

<Table 1> Environmental standards(Noise)

(Unit : Leq dB(A))

Area	Target Area	Standards	
		Daytime (06:00 ~ 22:00)	Nighttime (22:00 ~ 06:00)
General Area	Area "a"	50	40
	Area "b"	55	45
	Area "c"	65	55
	Area "d"	70	65
Roadside Area	Area "a" or "b"	65	55
	Area "c"	70	60
	Area "d"	75	70

material : 「Enforcement decree of the framework act on environmental policy」 asterisk 1,
area "a" : agriculture and foresty area, urban area (green area, exclusive residential area, hospital or school, nearby library)
area "b" : residential area, semi-residential area
area "c" : semi-manufacturing area
area "d" : general manufacturing area or exclusive manufacturing area
annotation : Range of areas from the roadside edge of the road as lanes × 10m, and in the case of freeway or expressway, it is the within 150m from the edge of the road is an area. (「Noise · Vibration testing standards process」, Ministry of Environment Notice No. 2010-142, 2010.10)

<Table 2> Limits of traffic noise (Unit : Leq dB(A))

Target Area	Limits	
	Daytime (06:00~22:00)	Nighttime (22:00~06:00)
residential area, open and natural area, residential development promotion district or sightseeing·resort development promotion district of open area, management area, natural environment conservation area, the area school·hospital·public library or healthcare facilities for the elderly enrollment size of more than 100 people·childcare facilities within 50 meters from the boundary	68	58
commercial area, industrial area, agriculture and forestry area, industry·distribution development promotion district of production management area or management area , unnoticed area	73	63

material : Noise and Vibration control Act article 26 and Noise and Vibration control Act enfocement regulations article 25
annotation : 1. Target area is comply with「National Land Planning and Utilization Act」
2. Target area is the zone that is affected by traffic noise and vibration.

3. 도로교통소음 예측식

장래 소음도를 예측하는 방법에는 여러 가지가 있으나 '환경영향평가서 작성 등에 관한 규정(환경부)'에 따르면 소음도 예측 방법은 사업의 종류, 공사의 종류 및 소음·진동발생원의 특성 등을 고려하여 적정 예측식, 적정모델을 사용하거나 유사사례를 참조하는 방법을 이용토록 되어 있다. 우리나라는 일반적으로 국립환경과학원에서 실측을 통해 소음영향 인자의 상관관계를 분석하여 도로에서 10m이내 지역과 10m이상 떨어진 지역으로 분류하여 제시한 국립환경과학원(NIER)식을 적용하고 있다. 따라서, 일반도로(고속도로 제외)의 소음도 예측시 공식적으로 국립환경과학원식을 적용하고 있으며, 소음도는 식(1)과 식(2)로 표현된다.

$$L_{eq} = 8.55 \times \log(Q\frac{V}{l}) + 36.6 - 14.1\log\gamma_a + C \quad (1)$$

$$L_{eq} = 10\log(10^{L_P/10} + 10^{L_B/10}) \quad (2)$$

(1)식은 도로에서 10m 이상 떨어진 지역에서 소음도 Leq(dB(A))를 구할때 적용하는 식이며, Q는 1시간 교통량이(소형차와 대형차 구분), V는 속도(km/h), ℓ은 거리(m), γ_a는 거리비(기준 10m 거리에 대한 도로단에서 10m 이상 떨어진 예측 지점까지의 거리비), C는 교통량에 대한 상수값인데 교통량이 클수록 C값의 (-)값은 커지며, 교통량 2,000대/시 보다 작거나 같으면 0값을 가진다. (2)식은 도로에서 10m 이내의 지역에서 소음도 Leq(dB(A))를 구할때 적용하는 식이며, L_P와 L_B는 N과 V, ℓ의 관계식으로 이루어지며 아래와 같다.

$$L_P = 45 + 10\log(N_1/l) + 30\log(V_1/l)$$
$$L_B = 53 + 10\log(N_2/l) + 30\log(V_2/l)$$

ℓ : 가상주행중심선~도로끝단 거리(m)
N_1, N_2 : 소형차 및 대형차량 통과대수(대/시)
V_1, V_2 : 소형차 및 대형차량의 통과속도(km/h)

위의 국립환경과학원식에서 소음도는 교통량과 속도에 비례하며, 거리에 반비례하는 것으로 제시되어 있다. 즉, 소음도는 주로 교통량과 속도, 차종별 비율, 수음점에서의 거리에 영향을 받는 것을 알 수 있다.

Ⅲ. 연구 방법

1. 개요

1) 도로 및 교통조건

본 연구의 대상으로 서울시의 동서를 관통하는 도시고속도로인 강변북로를 선정하였다(〈Table 3〉 참조).

<Table 3> Survey Road (Gangbyeon Expressway)

Length (km)	25.9
Design Speed (km/h)	80
No. of Lanes	8~10
AADT (volume/day)	214,960
Average Travel Speed (km/h)	61.2
Status of Pavement	Asphalt

material : 「2010 Seoul Traffic Survey Data」, Seoul Metropolitan City, Seoul Metropolitan Police Agency, 2011.1
「2011 Road Statistics」, Seoul Metropolitan City, 2011.2

강변북로는 왕복 8~10차로 도로로서 직선 및 곡선 구간이 혼재되어 있으며, 일평균 교통량이 양방향 20만대 이상으로 서울시의 동서축을 연결하는 중요한 통과도로의 역할을 하고 있다. 또한, 강변북로는 출퇴근 교통량이 많고 상습 지·정체 구간이 많아 주간에는 차량의 평균 통행속도가 낮은 구간이 많다.

2) 환경조건

조사 대상 지점은 주로 정온시설(아파트, 학교 등)이 위치한 지점으로서 소음의 영향이 큰 지점을 선정하였다. 도시고속도로 주변에는 도로교통소음이 생활에 미치는 영향이 크고 차량 타이어 분진 등으로 인한 환경 영향 등을 최소화하기 위해 대부분 방음시설(방음벽, 방음둑 등)이 설치되어 있다. 금번 연구에서는 지점별로 소음도에 영향을 미치는 요소와 도로 및 교통조건과의 상관관계를 분석하기 위해 방음시설은 그대로 설치된 상태를 고려하여 조사하였다.

2. 자료 수집 지점

도시고속도로인 강변북로 구간의 12개소를 선정하였다. 12개소에는 대부분 정온시설인 아파트가 위치하고 있으며, N-7번 지점은 경부선 철도가 주변에 위치하고 있다. 소음 측정시 도로교통소음으로 인해 영향을 받는 아파트 단지의 주택 실내에서 실제 소음도를 측정하여야 하나 주민 민원 등의 현실적인 여건으로 인해 아파트 단지내부인 1층에서 소음도를 측정하였다.

성산대교~반포대교 구간 12개소 조사지점의 특징은 〈Table 4〉와 같다.

3. 현장 자료 수집

1) 측정조건 및 측정장비

소음도 측정방법은「환경분야 시험·검사 등에 관한 법률」 제6조제1항제2호에 해당하는 분야에 대한 「환경오염공정시험기준」에서 정하는 바에 따라 시행하였으며, 5분간 등가 소음도【Leq dB(A)】를 주간(06:00 - 22:00)은 2시간 간격으로 4회 측정, 야간(22:00 - 06:00)은 2시간 간격으로 2회 측정하였다. 소음계의 특성은 빠름(Fast)을 사용하여 측정하였다.

소음도는 요일별로 소음변동이 적은 평일(월요일부터 금요일사이)에 당해지역의 도로교통소음을 측정하였으며 조사대상 지점별 소음도는 1개 지점에서 지점당 6회의 소음도를 3회에 나누어 총 18회를 측정, 12개 지점

<Table 5> Measuring equipment

Category	Detail features
Type	· MODEL : SC-20c · Manufacturer : CESVA(SPAIN) · Type approval : NESM - 67
Coverage and Charicteristics	· Range of Measuring LEVEL : 0~137dB · Range of frequency : 20~20KHz

<Table 4> Charicterstics of survey points

Category	Location of measurement	Distance from noise(m)	Height of noise barrier (m)	Distance from both - way(m)	Remarks
Seongsan~ Yanghwa	N-1	50	1.5	8	
	N-2	50	1.5	8	
	N-3	45	1.5	8	
	N-4	15	-	22	
Mapo~Wonhyo	N-5	15	6.0	56	
Wonhyo~Hangang	N-6	10	4.0	60	
	N-7	100	4.5	2	nearby railway
Hangang~Dongjak	N-8	30	3.5	2	
	N-9	nearby	5.5	4	
	N-10	30	3.5	2	
	N-11	nearby	4.5	2	
Dongjak~Banpo	N-12	25	-	20	

annotation : 1) for the public utilization, the exact location isn't showed
2) Distance from noise is the length from the tranquility facilities(which should be protected from the noise, such as residential area, school, etc) to the road

에서 12일간 216회를 측정하여 데이터를 수집하였다. 대상지역 전체를 일괄적으로 동일한 시간대에 조사하면 더 정확한 자료를 산출할 수 있지만 조사대상지점이 방대하고 측정 장비를 동시에 운영할 수 없어서 같은 시간대에 동시에 조사하지는 못하였다.

2) 교통량 및 속도 측정

교통량 및 속도에 따른 도로교통소음도 추정을 위한 교통량 및 속도 자료는 소음도 측정시기와 동일한 2010. 8/2~8/5, 11/29~12/2, 2011. 4/19~22일의 성산대교~반포대교 구간 시간대별 교통량 및 속도자료를 이용하였다. 교통량 및 속도 자료는 서울시 도시고속도로 교통관리센터의 지점별 검지기 자료를 활용하여 구간별 교통량 및 속도 자료로 변환하였고, 해당 자료를 이용하여 용량과 밀도, 구간별 서비스 수준을 분석한 결과 강변북로는 일반적으로 07시~20시까지 대부분 정체상황인 것으로 나타났다.

도로교통소음 측정 기준은 해당 지점의 5분 단위 등가소음도를 측정한 후 각 측정값을 평균하여 평균소음도로 적용하기 때문에 5분 단위의 등가소음도는 1시간 평균 교통량 및 속도값을 대표한다고 볼 수 있다.

<Table 6> Volume, speed and noise of measurement area

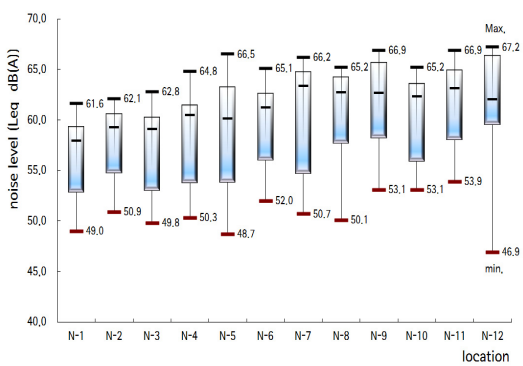
Category	Average	Maximum	Minimum
Volume(vph)	10,626	15,630	1,989
Speed(km/h)	60.9	93.4	21.0

Ⅳ. 자료 분석

1. 수집 자료 분석

소음도 측정 결과 수음점과의 거리가 가장 가까운(인접) 한강대교~동작대교 구간(N-9, N-11)은 주간 및 야간 소음도 평균이 가장 높은 범위로 나타났으며, 수음점과의 거리가 가장 먼(45m~50m) 성산대교~양화대교 구간(N-1, N-2, N-3)은 주간 및 야간 소음도 평균이 낮은 범위로 나타났다.

대체적으로 수음점에서의 거리가 가까울수록 소음도의 최대값, 최소값, 평균값이 높으며, 거리가 멀어질수록 낮아지는 경향이 나타났다. 또한, 방음벽이 설치되지 않은 동작대교~반포대교 구간(N-12)은 평균소음도가 가장 높게 나타났으며, 소음도의 최대값과 최소값 차이 및 표준편차도 가장 높은 것으로 나타났다.



<Figure 1> Locational result of noise measurement

<Table 7> Section analysis of noise measurements

Category \ Section		Seongsan~Yanghwa				Mapo~Wonhyo	Wonhyo~Hangang		Hangang~Dongjak				Dongjak~Banpo
		N-1	N-2	N-3	N-4	N-5	N-6	N-7	N-8	N-9	N-10	N-11	N-12
Average	Daytime	58.5	60.3	59.8	61.6	62.2	62.2	64.3	63.6	64.4	63.0	64.4	64.7
	Nighttime	51.3	52.9	51.7	52.7	52.3	54.0	53.1	55.6	56.2	54.8	56.6	55.3
Difference of Averages (Day.-Night.)		7.2	7.4	8.2	8.9	10.0	8.2	11.1	8.0	8.2	8.2	7.7	9.3
Maximum		61.6	62.1	62.8	64.8	66.5	65.1	66.2	65.2	66.9	65.2	66.9	67.2
Minimum		49.0	50.9	49.8	50.3	48.7	52.0	50.7	50.1	53.1	53.1	53.9	46.9
Max-Min		12.6	11.2	13.0	14.5	17.8	13.1	15.5	15.1	13.8	12.1	13.0	20.3
St.d	Daytime	2.04	1.31	1.52	1.91	2.29	1.39	1.19	1.04	2.25	2.13	1.76	2.62
	Nighttime	2.09	2.03	2.62	1.60	2.11	1.44	2.05	2.98	2.39	1.07	1.58	5.35

2. 교통소음 분석방법 개발

1) 상관관계 분석

소음도에 영향을 미치는 요소를 분석하기 위해 측정된 소음도, 교통량, 속도, 수음점에서의 거리, 방음벽 높이, 양방향(일산방향, 구리방향) 도로간의 간격을 변수로 하여 상관관계를 분석하였다. N=1~N=12 지점에서 측정된 216회의 소음도를 기준으로 하였으나, N-7번 지점의 개별 소음도 측정 자료 분석 결과 소음도에 일관성이 없으며 이는 철도소음에 대한 영향으로 판단되어 표본선택에서 제외하였다. 따라서, 측정된 자료중 총 198개의 표본을 선택하여 분석을 시행하였다.

상관관계 분석 결과 소음도와 교통량은 0.774로 유의수준 0.05 수준에서 유의한 것으로 나타나 강한 양(+)의 상관관계를 가지는 것으로 나타났다. 소음도와 속도는 -0.676로 유의수준 0.05 수준에서 유의한 것으로 나타나 강한 음(-)의 상관관계를 가지는 것으로 나타났다. 또한, 소음도와 수음점거리는 -0.276로 유의수준 0.05 수준에서 유의한 것으로 나타나 약한 음(-)의 약한 상관관계, 소음도와 방음벽 높이는 0.151로 유의수준 0.05 수준에서 매우 약한 양(+)의 상관관계를 가지는 것으로 나타났다. 한편, 양방향 도로간격은 통계적으로 유의한 상관관계를 가지지 않는 것으로 나타났다. 상관관계가 유의한 것으로 나타난 교통량, 속도, 수음점 거리, 방음벽 높이 등 총 4개의 변수를 선정하여 회귀분석을 시행하였다.

<Table 8> Correlation analysis

구분	Noise level (dB(A))	Volume (vph)	Speed (km/h)	Distance from noise source (m)	Height of noise barrier (m)	Distance from both - way(m)
Noise level (dB(A))	1.000	-	-	-	-	-
Volume (vph)	0.774**	1.000	-	-	-	-
Speed (km/h)	-0.676**	-0.690**	1.000	-	-	-
Distance from noise source(m)	-0.276**	-0.094	0.166*	1.000	-	-
Height of noise barrier (m)	0.151*	0.062	-0.211**	-0.545**	1.000	-
Distance from both - way(m)	-0.049	-0.207**	-0.107	-0.361**	0.242**	1.000

주: *: Correlation coefficients significant at 0.01 level (both)
**: Correlation coefficients significant at 0.05 level (both)

2) 회귀모형

상관관계가 있음이 나타난 4개의 독립변수를 이용하여 다중회귀분석을 시행하였다. 다중회귀분석시 독립변수 중에서 설명력이 높고 회귀계수들의 통계적 유의도가 가장 높은 변수부터 단계적으로 투입하다가 회귀계수 유의수준이 0.05이하가 되면 탈락되는 stepwise 방법에 의하여 선택된 변수를 바탕으로 모형의 적합성을 판단하기 위해 다중공선성 진단과 잔차분석을 실시하였다. 회귀분석 결과 교통량, 수음점거리, 속도의 변수가 투입되었으며, 방음벽 높이는 단계선택에서 제외되었다. 분석결과 모형의 설명력을 설명하는 R^2 값은 0.670으로 나타났으며, F값은 131.126, 유의확률 0.000에서 통계적으로 유의하였다. 즉, 단계별로 독립변수를 투입한 결과 교통량, 수음점 거리, 속도 변수만으로 소음도를 설명할 수 있는 것으로 나타났다. 또한, 표준화회귀계수(β) 값을 보면 교통량(β=0.595)이 가장 크고, 그 다음으로 수음점거리(β=-0.180), 속도(β=-0.236) 순으로 나타나 교통량이 소음도에 가장 큰 영향을 미치며, 수음점거리가 두 번째, 그리고, 속도가 세 번째로 큰 영향을 미치고 있다는 것을 알 수 있다.

<Table 9> Result of regression model

Variable	b	β	t value
Volume (x_1)	0.001	0.595	10.425
Distance from noise source (x_2)	-0.053	-0.180	-4.308
Speed (x_3)	-0.069	-0.236	-4.094

Constant : 56.294, F=131.126, R^2=0.670, Adj R^2=0.665
$Y_{noise\ level}$ = $0.001x_1-0.053x_2-0.069x_3+56.294$

3) 모형의 검정

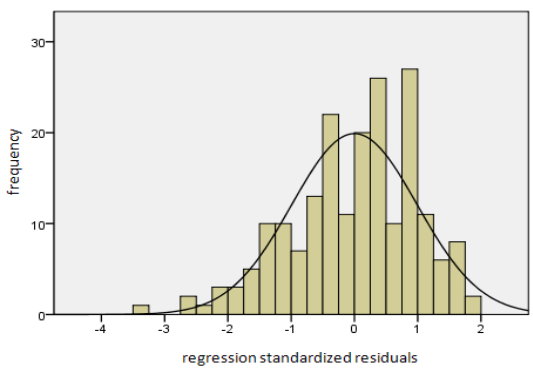
다중공선성(Multicollinearity)은 원래 회귀식에 포함된 독립변수들 간의 완벽한 선형관계의 존재를 가리키기 위하여 사용되었다. 회귀분석은 독립변수간 다중공선성이 없다는 가정에 기초해 있다. 독립변수들간의 상관관계가 지나치게 높을 경우 다중공선성이 존재한다고 볼 수 있으며 다중공선성이 존재할 경우 종속변수를 설명하는 개별 독립변수들의 변량을 해석하는 것이 모호해지며

회귀계수를 비교하는 것이 무의미해진다. 따라서, 이 모형의 다중공선성 진단과 잔차의 독립성 검정을 시행하였다. 다중공선성 진단 결과 독립변수들간에는 다중공선성이 존재하지 않는다고 볼 수 있는 것으로 나타났다.

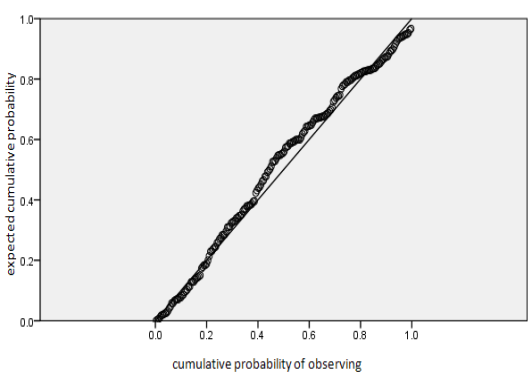
<Table 10> Result of multicollinearity diagnosis

Variable	Tolerance	Condition index	Proportion of variance	VIF
Volume	0.523	20.488	0.86	1.912
Distance from noise point	0.972			1.029
Speed	0.513			1.948

주) Multicollinearity diagnosis criteria[1)]
correlation coefficient : more than 0.8, R^2 : more than 0.90, tolerance : below 0.10, VIF : more than 10, Condition index more than 30 suspected, more than 100 serious, Two or more independent variables, more than 90% of the proportion of variance is severe



<Figure 2> Cumulative Distribution Function



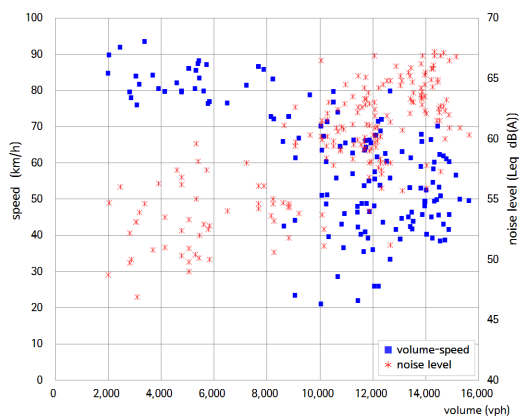
<Figure 3> Normal distribution scatter diagram of residual

또한, 잔차의 정규분포 가정을 검증하기 위해 히스토그램과 정규분포의 누적확률분포를 그린 결과 회귀표준화 잔차는 정규분포를 그리고 있으며, 잔차의 정규분포 산포도는 대각선 직선 형태를 지니고 있어 잔차가 정규분포를 한다고 할 수 있다.

3. 거시 모형 기반 도로교통소음 분석

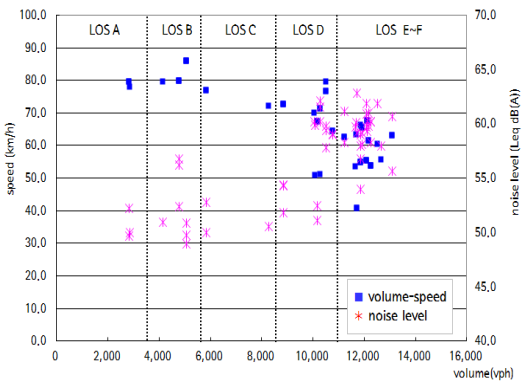
회귀분석 결과 소음도에 가장 큰 영향을 미치는 요소는 교통량인 것으로 나타났으며, 속도가 가장 낮게 영향을 미치는 것으로 나타났다. 이를 교통량-속도 자료와 비교하기 위해 소음도를 교통조건에 따른 교통량-속도 곡선에 대입하였다. 측정된 자료는 강변북로의 시간대별 교통량-속도 곡선을 나타내는데 소통이 원활할 경우 소음도 범위는 낮게 형성되고 정체 상태에서는 소음도가 증가하게 된다. 〈Figure 4〉에서 55dB(A)를 넘어서는 구간의 소음도는 대부분 교통량 10,000대/시 이상의 범위에 위치하고 있다.

〈Figure 4〉에 의하면 교통량이 적고 속도가 높은 비혼잡상태에서 소음도는 상대적으로 낮게, 교통량이 많은 혼잡 상태에서는 소음도가 상대적으로 높게 형성이 되는 것을 보인다. 일반적인 연속교통류 조건하에서 교통량이 적고 속도가 높은 비혼잡 상태에서 교통량이 점점 증가하여 도로 구간이 용량에 이르는 혼잡 상태에 이르게 되면-용량 초과-통과 교통량은 적어지고 속도는 낮아진다. 하지만, 〈Figure 4〉에서는 교통량이 용량을 초과하여

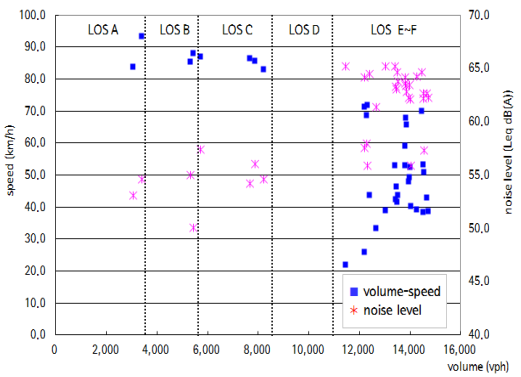


<Figure 4> Relationship between noise-volume and speed

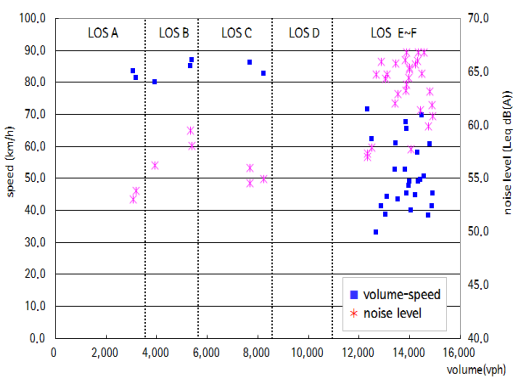
1) SPSS를 활용한 사회과학 통계분석, p194



<Figure 5> Relationship between noise-volume and speed (Seongsan~Yanghwa)



<Figure 6> Relationship between noise-volume and speed (Hangang~Dongjak 1)



<Figure 7> Relationship between noise-volume and speed (Hangang~Dongjak 2)

점점 낮아지고 속도도 낮아지나 (그림에서 교통량이 약 10,000대 이상) 소음도는 계속 높게 형성된다. 즉, 교통량이 일정 수준 이상으로 통과하나 속도는 높고 낮은 (대략적으로 20km/h~80km/h 범위) 두 가지 형태로 나타나는데 이 경우 소음도는 대부분 55dB(A) 이상으로 높게 형성이 되는 것으로 나타났다.

〈Figure 5〉는 성산대교~양화대교 구간중 수음점에서의 거리(45~50m)와 방음벽 높이가 거의 비슷한 N-1, N-2, N-3 지점의 소음도 측정결과와 교통량, 속도, 서비스수준을 나타낸 것이다. 이 구간에서는 서비스수준이 LOS A~C 일 경우 소음도는 대체적으로 야간 소음도 기준인 55dB(A) 미만인 것으로 나타났으나, 서비스수준이 D이하로 저하될 경우 대체적으로 소음도는 55dB(A)를 초과하는 것으로 나타났다.

〈Figure 6〉은 한강대교~동작대교 구간중 수음점에서의 거리(30m)와 방음벽 높이가 비슷한 N-8, N-10 지점을 나타낸 것이다. 이 구간에서는 서비스수준이 LOS A~D 일 경우 소음도는 대체적으로 야간 소음도 기준인 55dB(A) 미만인 것으로 나타났으나, 서비스수준이 E~F로 저하될 경우 소음도는 55dB(A)를 초과하는 것으로 나타나며 LOS E~F 구간의 소음도는 성산대교~양화대교 구간보다 다소 높게 형성되는 것을 알 수 있다.

〈Figure 7〉은 한강대교~동작대교 구간중 수음점에서의 거리(도로에 인접한 위치)와 방음벽 높이(4.5m~5.5m)가 거의 비슷한 N-9, N-11 지점의 소음도 측정결과와 교통량, 속도, 서비스수준 그림을 나타낸 것이다. 이 구간에서는 서비스수준이 LOS A~D 일 경우에도 소음도는 대체적으로 야간 소음도 기준인 55dB(A)를 초과하는 것으로 나타났으며, 서비스수준이 E~F로 저하될 경우 속도는 〈Figure 6〉의 '한강~동작-1' 지점보다 더 저하되지는 않으나, 소음도는 더 높게 형성되었다. 또한, LOS E~F 구간의 소음도도 더 높게 형성되는 것을 알 수 있다. 〈Figure 6〉과 〈Figure 7〉을 비교하면 동일한 구간에서도 수음점에서의 거리가 가까워질수록 소음도가 높게 형성이 되는 것을 알 수 있다.

Ⅴ. 결론

본 연구에서는 서울시의 도시고속도로인 강변북로를 대상으로 인접 주거지역에서 시간대별로 도로교통소음 자료를 수집하였다. 소음도 측정결과 도로변 지역의 소음도에 영향을 미치는 교통조건 요소는 아래와 같다.

소음도 측정 결과 도시고속도로 주변의 양방향 교통량 3,000대/시~15,000대/시 가량 수준에서 1층 소음

도는 46.9dB(A)~67.2dB(A)의 범위로 측정되었다. 독립변수간 상관관계 분석 결과 (1) 소음도와 교통량은 0.774, (2) 소음도와 속도는 0.676, (3) 소음도와 수음점과의 거리는 0.276로 도출되었다. 해당 분석을 기준으로 교통량과 소음도의 상관관계가 가장 높은 것을 알 수 있다. 추가적으로 회귀계수 추정결과 (1) 교통량, (2) 수음점과의 거리, (3) 속도 순으로 소음도에 영향을 미치는 것으로 분석되었다.

본 연구에서 ① 혼잡과 ② 비혼잡 상황을 고려한 소음도-교통량, 속도 관계를 분석한 결과 소음도에 영향을 미치는 요소중 교통조건인 교통량과 속도 중 교통량이 속도보다 더 일관된 값을 가지는 것으로 나타났다. 이는 도시고속도로 구간에서 혼잡과 비혼잡 상황을 고려하지 않고 교통량과 속도에 따른 소음도를 측정한 기존 연구와는 차별된 것이다.

본 연구에서는 소음도에 영향을 미치는 독립변수의 회귀분석을 통해 소음도에 영향을 미치는 가장 큰 요소는 교통량인 것을 확인하였다.

도시고속도로와 같은 연속교통류하에서 교통량과 속도는 서로 밀접한 상관관계가 있으므로 장래 소음도 예측시에는 교통량과 속도에 대한 관계를 상세히 예측(또는 분석)후 소음도를 예측해야 적정한 소음저감 대책이 수립될 것이라 기대한다. 또한, 국립환경과학원식에서 제시된 소음도 예측식의 교통량 및 속도 입력 변수에 대해 혼잡과 비혼잡을 고려한 발전적인 모형의 개발이 추가적으로 필요하리라 판단된다.

본 연구는 분석대상지점의 도로교통소음도 예측을 위한 변수로 국립환경과학원 예측식에서 적용하는 교통량과 수음점에서의 거리, 속도에 대한 영향만 고려하였고 차종 구성비를 감안하지 못하였다. 또한, 국립환경과학원식 등에서 제시된 소음도에 가장 큰 영향을 미칠 것이라 예상되는 변수만 고려하였으므로 타 소음도 예측식에서 제시되는 변수(노면상태, 화물적재량, 기상특성 등)에 대해 고려하지 못하였다.

또한, 본 연구에서는 소음·진동 시험기준에 따라 1층에서 측정된 도로교통소음 측정치를 비교하였으므로 향후 고층에서 소음도를 측정한 후 소음도에 영향을 미치는 요소의 관계에 대한 연구가 필요하며 강변북로상 토공, 교량 구간 등 도로 시설물별로 별도의 소음도를 측정하여 각각의 시설물에서 발생하는 서로 다른 소음도의 영향을 검토하는 것은 향후 연구과제로 제시한다.

REFERENCES

1. Do, C. W.(2009), Traffic Engineering.
2. Kim, J. S.(2001), Construction Noise・Vibration.
3. National Noise Information System (http://www.noiseinfo.or.kr)
4. Ko, J. W. and Ryu, C.(2011), Social science statistical analysis using SPSS.
5. Lee, H. Y.(2009), Data analysis using SPSS.
6. Lee, K. R., Lee, M. J., Yum, S. G. and Kim, M. J.(2010), Measurements of the road traffic noise according to the traffic conditions, Proceedings of the Korean Society for Noise and Vibration Engineering Conference, Vol.2010, No.2, pp.146~147.
7. Yang, Y. S.(2010), A study on the economic value anakysis of the road traffic noise reduction plan, Master course in gradute school, University of Seoul.
8. Lee, J. W.(2009), Prediction and analysis on the road traffic noise attenuation according to gemotric condition of the building nearby the roads, Master course in gradute school, University of Seoul.
9. Jeong, J. H., Youk, D. G., Song, B. K. and Kim, H. C.(2009), A Study on the Change of Road Traffic Noise at the Roadside Apartments according to the Traffic Management, Journal of Korean Society of Transportation, Vol.27, No.3, Korean Society of Transportation, pp.29~38.
10. Kim, H. C., Jeong. J. H., Jang, S. I. and Kim, H. M.(2008), An analysis of effect on road traffic noise reduction substitute through traffic management improved, The Journal of the Acoustical Society of Korea Vol.27, No.8, pp.403~410.
11. Kim, B. S., Chi, C. H. and Choi, H. C.(2007), A study on examination of property about Leq24 in road traffic noise

environment standard evaluation, Transactions of the Korean Society for Noise and Vibration Engineering, Vol.17, No.3, pp.274~281.
12. Kang, J. M. and Lee, S. K.(2006), An analysis of the traffic noise measurement plans of apartment complexes-A case on the north riverside expressway in Seoul, KSCE Journal of Civil Engineering, Vol.26, No.1D, pp.1~11.
13. Koh, D. H., Youm, J. H. and Kwon, K. S. (2004), Specific reaction to road-traffic noise, Journal of environmental health sciences, Vol.30, No.3, pp.283~292.
14. Lee, S. W.(2003), A study for the improvement of the road traffic noise prediction the the case study, Master course in gradute school, University of Ulsan.
15. Choi, J. S.(2001), An numerical prediction of road traffic noise and analysis of pollution in noise area, Master course in gradute school, University of Ulsan.

♧ 주 작 성 자 : 김종혁
♧ 교 신 저 자 : 김종혁
♧ 논문투고일 : 2012. 2. 3
♧ 논문심사일 : 2012. 2. 19 (1차)
2012. 2. 25 (2차)
♧ 심사판정일 : 2012. 2. 25
♧ 반론접수기한 : 2012. 8. 31
♧ 3인 익명 심사필
♧ 1인 abstract 교정필