

L_{eq} 의 실측값을 이용한 도로교통소음 환경기준 설정에 관한 연구

A Study on Road Traffic Noise Environment Standard Establishment using Measurement Values of L_{eq}

김병삼[†](원광대학교 공과대학 기계자동차공학부)·최홍철* (전북대학교 대학원)
Byong Sam Kim and Hong Chul Choi

Key Words : Equivalent Sound Pressure Level(등가소음레벨), Percentage Noise Level(소음통계레벨), Noise Pollution Level(소음공해레벨)

ABSTRACT

Road traffic noise is not produced by any one factor rather occurs as a composition of various factors. Its occurrence is made by running engine noise, tire frictional, and exhaust noise etc. The quality of the noise depends on the size of the vehicles, rotation and engine speed, vehicle load, package state of the road and incline etc. The occurrence of noise level of heavy trucks appears louder than smaller vehicles and the noise levels produced differs according to speed and load etc. between similar size vehicles. Other factors such as traffic density, average speed, mixing rate of heavy vehicles, and the distance between vehicles also generate road traffic noise. In this paper we examine 2, 4, and 6-lane roads in Jeonju. Consequently, this study examined the means used to measure road traffic noise. It was found that when there is a large traffic density and the average velocity is below 70 km/hr, the noise level could receive a relative proper value by the current measuring means. But in the case of night-time, it was found that the current measuring method is inapposite.

1. 서론

도로교통소음 저감대책은 발생원인 교통수단에 대한 저감 대책과 발생된 소음의 경로를 차단하는 저감대책으로 구분될 수 있다. 저감방법으로 발생원에 대한 저감대책이 가장 효율적이지만 제작차가 소음규제치 허용범위 이내에서 생산되고 있기 때문에 도로교통소음 저감대책으로 기대하기에는 어려운 실정이다. 따라서 소음전파 경로에 대한 대책이 차선책으로 적용되고 있다. 도로교통소음에 대한 전파경로 대책을 효과적으로 수립하기 위해서는 도로교통소음에 대한 정확한 측정과 올바른 평가방법이 필요하고, 무엇보다 수음점에서 정확한 소음예측이 필요하다. 복잡한 도로교통소음에 대한 수음점에서의 소음예측을 위하여 발생원에 대한 정량적인 평가와 더불어 소음이 수음점에 도달하기까지의 전파과정에 대한

† 원광대학교 공과대학 기계자동차공학부
E-mail : anvkbs@wonkwang.ac.kr
Tel : (063)850-6697, Fax : (063)850-6691

* 전북대학교대학원 환경공학과

체계적인 연구가 필수적이다. 따라서, 본 논문에서는 각 선정된 도로변에서 24시간 동안 실측한 데이터를 기초로 도로교통소음에 있어서의 변수와 소음레벨의 상관성에 대하여 알아보고, 현재 우리나라에서 채택하고 있는 소음측정방법의 적합성 여부에 대하여 검토하고자 하였다.

2. 도로교통소음

2.1 도로교통소음의 특징

도로교통소음의 발생은 소음원인 운행차량의 엔진소음, 타이어 마찰음, 배기소음 등에 의해 이루어진다. 발생 소음의 특성으로는 차량의 크기, 엔진의 회전수와 차량 속도, 차량의 하중, 도로의 포장상태와 구배 등에 따라 달라진다. 대형트럭 등과 같은 대형차의 발생 소음도는 소형차에 비해 크게 나타나며, 동일한 차량의 경우에도 속도나 하중 등의 차이에 따라 소음도는 다르게 발생한다. 타이어 소음과 엔진소음을 비교해보면 일반적으로 소형차량의 경우 저속주행 시에는 엔진소음의 영향이 크며, 고속주행 시에는 타이어 소음이 큰 것으로 알려져 있다.

2.2 도로교통소음 평가방법

세계적으로 볼 때, 현재 많이 사용되고 있는 도로교통소음의 평가방법은 등가소음레벨(L_{eq})이다. 현재 각 국에서 사용하고 있는 도로교통소음 평가방법을 정리하면 Table 1과 같다.

Table 1 The road traffic noise standard condition of each nation^[10]

nation	method	standard value [dB(A)]
America	L_{dn}	55-65
Japan	L_{eq}	60~70(daytime), 50~65(night-time)
Germany	L_r	50~70(daytime), 40~60(night-time)
France	L_{Aeq}	60
England	L_{10}	40~50(daytime), 30~35(night-time)
Swiss	L_r	55~70(daytime), 45~65(night-time)
Korea	L_{eq}	60(daytime) 50(night-time)

3. 측정지점 및 방법

3.1 측정대상도로의 선택

측정대상도로의 선택은 일반국도를 선택하였고, 2차선, 4차선, 6차선 도로 세 곳을 선정하였다. 각 도로를 선정할 때 경사가 없고 직선으로 되어 있는 곳, 암소음이 낮은 곳, 신호등이 멀리 떨어져 있는 곳, 중앙 분리대나 측정한 지점의 뒤에 반사체가 없는 곳 등을 고려하여 측정대상도로로 선정하였다.

Table 2 Measurement target road

road	location
two-lane road	National road No.17 (Hosung-dong, Jeonju, Chopo road)
four-lane road	National road No.17 (Daesung-dong, Jeonju, Jeonju-Namwon road)
six-lane road	Local road No.716 (Jung-dong, Jeonju, World-cup road)

3.2 측정방법

측정방법은 소음진동 공정시험법에 제시된 측정방법을 기준으로 측정대상도로의 도로면으로부터 1.0m 떨어진 지점과 지상으로부터 1.2m 높이에서 도로교통소음을 24시간동안 연속으로 측정하였다. 소음계(sound level meter, B&K 2260B)로부터 측정된 신호는 디지털 데이터 기록기 (digital data recorder, SONY PC208A)로 녹음하였다. 현장에서

녹음한 데이터는 실험실에서 주파수 분석기(frequency analyzer, B&K 2034)를 이용하여 등가소음레벨(L_{eq})값을 분석하였다. 교통량 분석은 도로의 교통상황을 모두 관찰할 수 있는 지점에 비디오 카메라를 설치하여 도로의 교통상태를 녹화하였고, 비디오 분석을 실시하였다. 또한 주행차량의 속도를 분석하기 위하여 두 지점을 선정하여 거리를 측정하여 통과시간을 이용하여 차량속도를 계산하였다. 소음측정에 영향을 주지 않는 조건으로 날씨가 맑고 바람의 영향이 없는 날 중 평일을 선택하여 측정하였다.

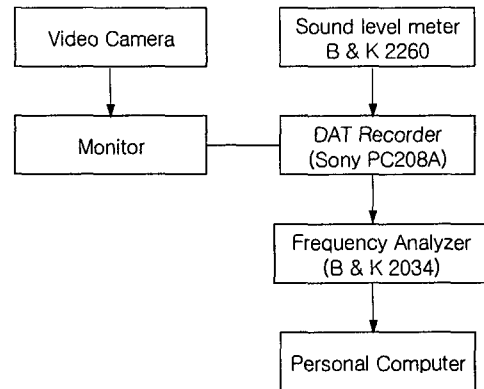


Fig. 1 System of measurement and analysis

4. 측정결과 및 고찰

도로교통소음은 교통량의 영향을 많이 받으며, 그 때 통과하는 차종에 따라 발생하는 소음이 다르게 날 수 있다. 교통량을 분석할 때, 차종을 3종류로 나누어 분석하였고 정리하면 Table 3과 같다. 측정결과 분석은 1시간을 기준으로 하여, 교통량, 차종 구성, 대형차 혼입율, 평균속도, 평균차간거리로 행하였다. 평균속도는 미리 정해 놓은 2지점 사이를 차량이 통과할 때 소요되는 시간을 이용하여 계산하였다. 또한 차종 구성 및 대형차 혼입율은 비디오 카메라를 이용하여 분석하였다.

평균차간거리[S(m)]는 평균속도[V(km/h)]와 환시간마다의 교통량[N(대/hr)]를 식(1)에 대입하여 계산하였다.

$$S = 1000 \frac{V}{N} \quad (1)$$

Table 4, 5는 측정측정기간 동안 측정한 각 도로마다 하루 교통량을 소형차, 중형차, 대형차로 구분하고 총통행량을 나타낸 것이다. 위에서 서술한 분석방법으로 측정된 2차선, 4차선, 6차선 도로의 각 변수 교통량(소형: L, 중형: M, 대형: H, 총합: T) 대형차혼입율(H.M), 평균속도(A.V), 평균차간거리(A.D)에 대한 값을 정리하였다.

Table 3 The classification of vehicles type

classification	type
light vehicle	automobile
middle vehicle	automobile (diesel engine), commercial bus (24-seating capacity under), commercial vehicle (8ton under)
heavy vehicle	commercial bus(24-seating capacity upper), commercial vehicle (8ton upper), forklift, power shovel

Table 4 The traffic density of day

road	light vehicle [N/day]	middle vehicle [N/day]	heavy vehicle [N/day]	total [N/day]
two-lane road	6,966	7,354	2,433	16,753
four-lane road	8,876	8,669	1,529	19,074
six-lane road	9,665	9,567	2,185	21,417

Table 5 The variable of a two-lane road

time [hr]	traffic density				H.M (%)	A.V (km/hr)	A.D (m)
	L	M	H	T			
1:00	76	48	63	187	34	61	326
2:00	66	42	67	175	38	61	349
3:00	47	33	65	145	45	64	442
4:00	53	52	67	172	39	61	353
5:00	77	106	89	272	33	62	230
6:00	158	321	131	610	21	61	101
7:00	660	566	146	1372	11	57	42
8:00	561	537	92	1190	8	57	48
9:00	378	487	105	970	11	59	61
10:00	380	497	103	980	11	57	58
11:00	312	380	91	783	12	59	75
12:00	307	394	89	790	11	60	76
13:00	333	373	108	814	13	61	74
14:00	347	430	103	880	12	57	65
15:00	318	421	97	836	12	58	69
16:00	384	412	91	887	10	58	66
17:00	377	460	130	967	13	63	66
18:00	449	452	106	1007	11	57	57
19:00	408	438	118	964	12	55	57
20:00	375	279	139	793	18	57	72
21:00	338	266	163	767	21	51	67
22:00	264	197	144	605	24	52	86
23:00	171	96	70	337	21	56	165
24:00	127	67	56	250	22	59	235

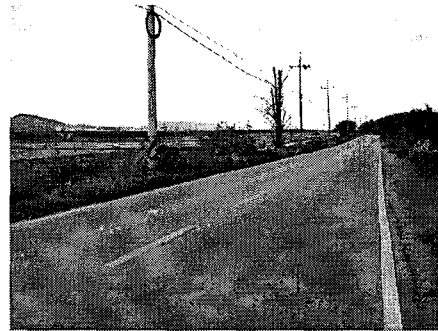


Photo. 1 Two-lane road



Photo. 2 Four-lane road



Photo. 3 Six-lane road

4.1 24시간 $L_{eq,5min}$ 의 실측값

$L_{eq,5min}$ 값을 얻기 위하여 24시간동안 측정하여 녹음한 데이터를 주파수분석기로 분석하였다. 2차선 도로의 $L_{eq,5min}$ 을 Fig. 2에 나타냈다. Fig. 2에서 나타나는 것과 같이 주간(06:00~22:00)은 차선의 종류와 관계없이 대부분 약 70dB(A) 이상을 초과하였고, 야간(22:00~06:00)은 55~72 dB(A) 사이로 나타났으며 통행량이 적은 심야 시간대로 갈수록 변동폭이 큰 것으로 나타났다. 차선의 종류 별로 비교해보면 심야 시간대에 2차선 도로가 4차선과 6차선 도로에 비해 소음값의 변동폭이 적은 것으로 나타났다. 그 원인으로 2차선 도로는 차량속도가 50~60[km/hr] 정도로 거의 일정하였다. 새벽에는 대형차 혼입율이 높게 나타났

다. 또한 차선폭의 거리에 대한 거리감쇠에 의한 영향이 있는 것으로 판단된다. 출근시간과 퇴근시간대에는 교통량이 많아지고 평균차량속도와 차량간의 거리가 거의 일정하게 되어 그 외의 시간대와 비교해 소음도가 높게 나타나며 변동폭도 적게 나타나는 경향을 보였다.

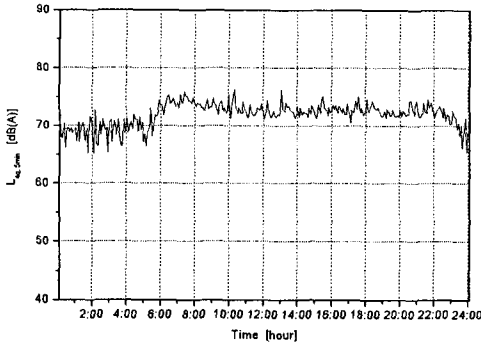


Fig. 2 $L_{eq,5min}$ of a two-lane road

4.2 실측시간과 관계

한 시간마다 측정된 데이터를 이용하여 실측시간을 변화한 경우, 실측시간이 길면 길수록 L_{eq} 값의 변동폭이 작아지는 것을 알 수 있었다. 본 연구에서는 어느 정도의 실측시간이면 안정된 값을 가질 수 있는지에 대해 검토해 보았다. 실측시간을 5분으로 변화시킬 때, 기준 시간인 1시간과의 관계 ($L_{eq,1h} - L_{eq,T}$)를 Fig. 3에 나타냈다. 분석 결과를 보면, L_{eq} 변동폭은 차선의 종류와 관계없이 실측시간이 증가함에 따라 작아진다는 것을 확인할 수 있었다. 특히 2차선 도로는 4차선, 6차선 도로와 비교할 때 표준편차(standard deviation : S.D)값이 낮게 나타났는데 그 이유는 통행량이 다른 차선에 비해 적었지만 차량 평균속도가 약 50~60[km/hr]로 일정하게 차량이 통행했기 때문이라고 판단된다.

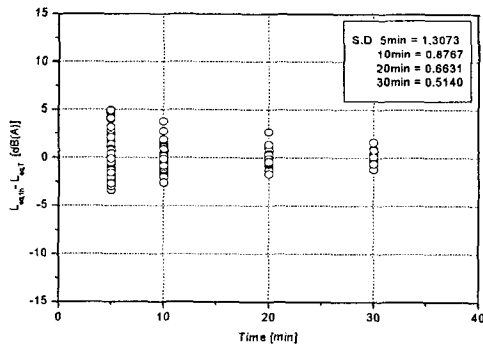


Fig. 3 The relation between measurement time and ($L_{eq,1h} - L_{eq,T}$) : a two-lane road

4.3 교통량과의 관계

2차선 도로에서 교통량과 실측시간($L_{eq,1h} - L_{eq,T}$)의 관계를 Fig. 4에 나타냈다. 등가소음레벨을 실측시간 5분($L_{eq,5min}$)으로 설정한 경우, 교통량이 500[대/hr] 이상에서 L_{eq} 값이 비교적 안정하게 나온다는 것을 확인할 수 있다. 특히 교통량이 300[대/hr]이하에서는 측정시간을 길게 하여도 L_{eq} 값의 변동폭이 크게 나타나는 경향을 보이는 것으로 분석되었다.

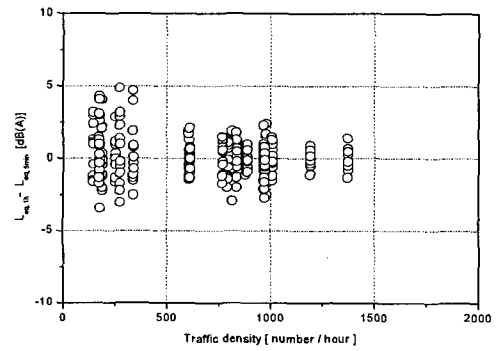


Fig. 4 The relation between traffic density and ($L_{eq,1h} - L_{eq,T}$) : a two-lane road (5 min)

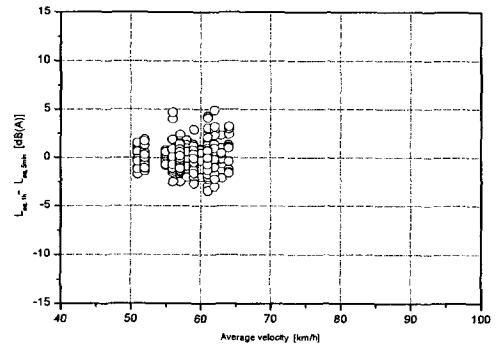


Fig. 5 The relation between average velocity and ($L_{eq,1h} - L_{eq,T}$) : a two-lane road (5 min)

4.4 평균속도와의 관계

일반적으로 차량의 속도는 교통량이 많으면 일정하게 유지되며 느린 속도로 운행되는 반면, 교통량이 적으면 속도가 빠르게 나타나는 특성이 있다. 측정된 도로별 평균속도와 실측시간마다 ($L_{eq,1h} - L_{eq,T}$)의 관계를 분석한 결과는 Fig. 5에 나타냈다. 측정 결과를 전체적으로 보면, 차량의 평균속도가 80[km/h] 이상일 때 등가소음레벨(L_{eq})의 변동폭이 크게 나타나는 것을 확인할 수 있다. 반면에 평균속

도가 80[km/h]이하일 때 등가소음레벨(L_{eq})의 변동폭이 적게 나타났고 특히 등가소음레벨(L_{eq})의 실측시간을 10분 이상하여 측정하면 안정한 값을 얻을 수 있을 것이라 판단된다.

4.5 평균차량간격과의 관계

평균차량의 간격은 식(1)에 의해 계산된 값을 이용해서 분석하였다. 평균차량 간격은 교통량과 차량의 평균속도와 밀접한 상관관계가 있다. 각각의 실측시간마다 평균차량간격과 ($L_{eq,1h} - L_{eq,T}$)의 분석한 결과는 Fig. 6에 나타냈다. 측정 결과를 분석해보면, 차량사이의 간격이 100[m]이하인 경우 ($L_{eq,1h} - L_{eq,T}$)의 변동폭이 좁은 것으로 나타났다. 하지만 차량사이의 간격이 넓어지면 실측시간을 길게 하여도 일정한 범위에서의 값을 얻을 수 없는 것을 확인할 수 있다. 따라서 통행량이 많으며 차량사이의 간격이 100[m]이하일 때 실측시간을 10분 이상 측정하면 등가소음레벨(L_{eq})값을 보다 안정하게 얻을 수 있을 것이라고 사료된다.

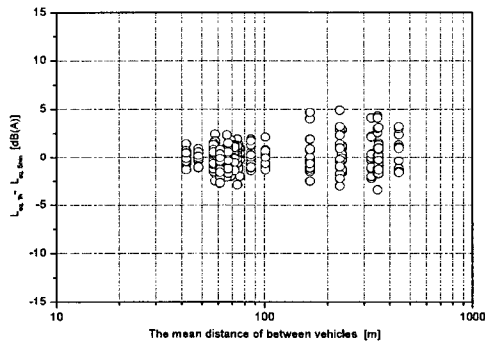


Fig. 6 The relation between a mean distance of Vehicles and ($L_{eq,1h} - L_{eq,T}$) : a two-lane road (5 min)

4.6 측정시간대와 관계

현행 소음환경기준에 정해진 방법에 준하여 주간(06:00~22:00)과 야간(22:00~06:00)으로 나누어 분석을 하였다. Fig. 7은 2차선 도로에서 주간과 야간의 각 시간 소음레벨($L_{eq,1h}$)값과 실측시간($L_{eq,T}$)마다 측정된 값을 비교하여 나타낸 결과이다. 측정시간대를 주간과 야간으로 각각 나누어 각각 분석한 결과, 등가소음레벨(L_{eq})값은 주간보다 야간의 변동폭이 크게 나타나는 것을 확인할 수 있다. 모든 차선에 대해 분석해 보면 $L_{eq,1h}$ 값은 주간의 경우 70.5~76.4 dB(A)정도로 나타났지만, 야간의 경우 62.2~72.0 dB(A)로 측정되었다. 야간에는 주간보다 소음레

벨 값이 낮게 나타났지만 변동폭은 주간의 약 2배정도의 차이를 보였다. 그 이유는 주간은 차량 통행량이 많은 반면 야간은 주간에 비해 차량통행량이 현저하게 감소하고 차량속도가 크게 증가되기 때문이라고 사료된다. 그리고 주간의 경우 4차선과 6차선 도로와 비교해 2차선도로는 실측시간을 5분 측정하여도 표준편차(S.D : standard deviation)가 약 1dB(A)정도 범위 내로 분석되었다. 이것은 각 도로마다의 변수에 대한 차이가 있겠지만 차량속도와 도로폭의 영향이 크게 좌우한 것이라 사료된다.

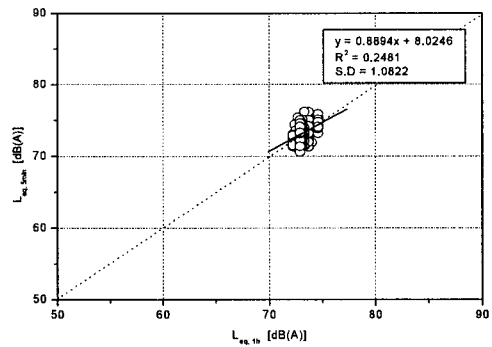


Fig. 7 The relation between $L_{eq,1h}$ and $L_{eq,T}$: a two-lane road (5 min - daytime)

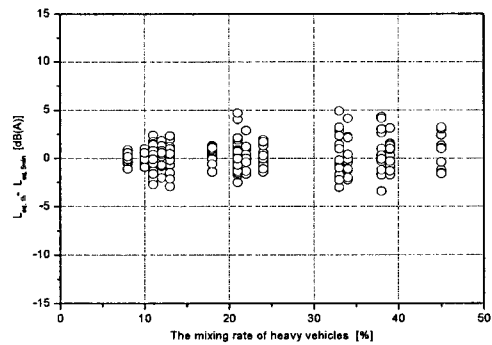


Fig. 8 The relation between mixing rate of heavy vehicle and ($L_{eq,1h} - L_{eq,T}$) : a two-lane road (5 min)

4.7 대형차 혼입율과 관계

교통량과 차량속도가 등가소음레벨(L_{eq})의 변동폭에 미치는 영향이 크다는 것을 확인할 수 있었다. 이 변수들 외에 대형차 혼입율의 영향도 무시할 수 없을 것이다. 그 이유로 대형차의 발생소음은 첫째, 각 차량의 파워레벨이 다른 차종과 비교해 크게 나타나고 둘째, 각 차량에 의한 파워레벨의 분포가 매우 불규칙하기 나타나기 때문이다. 대형차 혼입율과 각 실측시간마다 ($L_{eq,1h} - L_{eq,T}$)의 관련성에 대해 검토하여 분석한 결과를 Fig. 8에 나타냈다.

4.8 실측치와 예측치의 비교

1999년 국립환경연구원에서 보고한 연구 보고서에 제시되어 있는 일반도로와 간선도로의 예측식 중 도로단에서 10m 이내 지역에 사용되는 식(2)~(4)를 이용하여 실측치와 예측치를 비교하였다.

$$L_{eq} = 10 \log \left(10 \frac{L_p}{10} + 10 \frac{L_n}{10} \right) \quad (2)$$

$$L_p = 45 + 10 \log \left(\frac{N_1}{I} \right) + 30 \log \left(\frac{V_1}{I} \right) \quad (3)$$

$$L_B = 53 + 10 \log \left(\frac{N_2}{I} \right) + 30 \log \left(\frac{V_2}{I} \right) \quad (4)$$

여기서,

N_1 : 시간당 소형차 통과대수(대/hr)

N_2 : 시간당 대형차 통과대수(대/hr)

I : 가상주행 중심선에서 도로면 지역까지의 거리(m)

V_1 : 소형차의 평균 차량속도(km/hr)

V_2 : 대형차의 평균 차량속도(km/hr)

식(2)에 의해서 계산된 예측소음 레벨값과 각 도로마다 측정된 실측값과의 상관관계를 나타내면 Fig. 9와 같다. 2차선 도로는 평균속도가 약 70[km/hr]이하로 주간이나 야간이 거의 비슷하기 때문에 실측값과 예측값의 오차가 작게 나타난 것으로 사료된다.

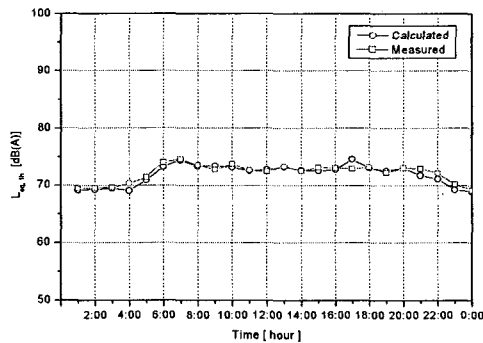


Fig. 9 The comparison of between predicted and measured value : a two-lane road

4.9 환경기준과의 비교

24시간동안 측정된 실측값을 이용하여 현재 소음 측정환경기준에 따라 값을 분석해 보았다. 주간은 16시간 동안 측정된 등가소음레벨($L_{eq,16h}$)과 실측시간($L_{eq,T}$)을 환경기준으로 정한 5분과 10분, 20분, 30분의 실측시간을 추가하여 2시간 간격으로 한 4개의 데이터를 산술평균 값의 차를 나타냈고, 야간은 8시간 동안의 등가소음레벨

($L_{eq,8h}$) 과 실측시간($L_{eq,T}$)을 환경기준으로 정한 5분과 10분, 20분, 30분의 실측시간을 추가하여 2시간 간격으로 한 2개의 데이터를 산술평균값의 차를 나타냈다. 주간은 기존의 방법인 5분간 등가소음을 2시간 간격으로 4회 측정된 값을 취하여 분석해 보면 2차선과 같이 통행량이 많고 (예:500[대/hr]이상) 평균 차량 속도가 약 80[km/hr]이하 일 때는 안정한 값을 얻을 수 있지만 그렇지 않은 경우는 보다 정확한 값을 얻기 위하여 실측시간을 10분으로 4회 측정하여 값을 얻는 것이 효과적이라고 판단된다. 더 정확한 값을 얻기 위하여 실측시간을 20~30분으로 길게 할 수 있지만, 실측시간 10분으로 측정된 값으로도 안정한 소음값을 얻을 수 있다고 사료된다. 야간은 기존의 방법으로 측정할 때 측정된 값의 오차범위의 폭이 크게 나타나는 것을 확인할 수 있다. 실측시간을 30분으로 했을 때 변동폭이 커 안정된 값을 얻을 수 없는 것으로 나타났다. 이 경우, 측정횟수를 4회로 산술 평균하여 분석한 결과 표준편차 값이 1dB(A)이내인 것으로 나타났다.

4. 결론

본 연구에서는 도로교통소음에 큰 영향을 주는 변수를 선정하여 검토해 보았고, 또한 현재 이용하고 있는 측정방법이 도로교통소음을 평가하는데 있어 적절한 방법인지에 대하여 분석한 결과 다음과 같은 결론을 구하였다.

1. 24시간동안 측정된 실측값과 예측 모델식에 의한 계산된 예측값을 비교해보면, 주간은 통행량이 많고 차량속도가 거의 일정하게 나타나는 경향이 있어 실측값과 예측값이 오차범위가 작았지만 야간의 경우는 차량의 통행량이 적어지고 차량속도의 변화폭이 심하여 주간에 비하면 두 값의 오차범위가 크게 나타나는 결과를 보였다.
2. 현재 소음환경기준으로 사용하고 있는 측정법의 적합성에 대하여 조사한 결과, 차량의 통행량이 많고 차량속도가 거의 일정하면 현재의 측정방법으로 적절한 데이터를 얻을 수 있지만, 야간의 경우에는 현재의 측정방법으로는 알맞은 데이터를 얻을 수 없는 것으로 나타났다.
3. 본 연구결과를 기초로 야간에 적절한 측정횟수와 실측시간을 제시하면 주간과 같은 방법으로 측정횟수를 2시간 간격으로 5분씩 4회 측정하면 적절한 소음도를 구할 수 있는 것으로 나타났다.

참 고 문 헌

- (1) 이규철, 김정태, 1999, "도로소음의 예측모델에 대한 비교평가", 한국소음진동공학회지, 제9권, pp.1131~ 136.
- (2) 강대준 등, 2004, "道路交通騒音 현황과 예측", 한국소음진동공학회논문집 제14권, pp.1015~1020.