

# 도시주거지역 도로교통소음의 평가방법에 관한 고찰

Evaluation Method of Road Traffic Noise in Urban Residential Area

○ 鞠 燦\*    張 吉洙\*\*    鄭 光龍\*\*\*    金 善瑛\*\*\*\*  
Chan Kook   Gil-Soo Chang   Kwang-Youn Chung   Sun-Woo Kim

## I. 緒 論

산업구조의 급속한 발전과 공업화는 사회구조의 변화 및 대도시로의 인구집중, 고밀도화, 교통량의 증가를 초래하여 이로부터 기인한 도시지역의 환경오염 문제는 쾌적한 인간생활을 위협하는 단계에 까지 이르렀다. 그중에서 소음에 관한 문제도 대기 및 수질의 오염과 동시에 도시생활 환경에 많은 영향을 미치게 되었다. 도시 소음의 주 원인은 주로 도로교통소음이며 이는 가하급수적으로 높아가는 자동차의 량에 의해 더욱 심해지고 있다.

따라서 현재 우리나라에서도 주거지역 및 준주거지역 등의 지역별 소음도 규제 및 신설되는 공동주택 단계에서의 소음레벨규제등이 있긴하나 이들은 상당히 소극적이며 미온적일 뿐 아니라 실제 거주하는 주민들의 반응과는 상당한 차이를 보이고 있으며 더욱이 주민의 소음에 대한 주관적반응을 적절히 표현할 수 있는 지표마저 명확하지 않은 실정이다.

이러한 관점에서 본 고찰에서는 피험자들의 주관적반응을 실험할 때 발생하는 변수요인들을 통제할 수 있는 실험실시험 청감실험을 실시하기에 앞서 대상지역의 도로교통소음을 여러가지 평가척도에 의해 평가한 후 그 현장에서 이 소음에 노출된 피험자들의 반응을 파악하여 청취자들이 인지하는 소음레벨을 적절히 평가하는 지표를 찾고자 한다.

## II 實驗對象地域의 選定 및 實驗方法

### II-1. 實驗對象地域의 選定

기존의 연구에 의하면 도로교통소음의 특성은 각 도시별로 서로 다른 특성을 가지고 있는 것이 아니라 각 소음발생지역의 차량통행량 및 차량속도를 비롯한 주변환경에 의하여 주로 영향을 받는 것으로 나타나 있다. 따라서 본 고찰에서는 이러한 연구결과를 토대로 상기의 조건을 감안하여 측정대상지역을 광주시내에서만으로 한정하였으며 광주시내에 위치한 여러가지 지역 중 큰 주거단지를 통과하는 간선도로변을 중심으로 대상지역을 선정하였다. 이러한 대상지역들은 도로교통소음으로부터의 영향이 매우 큰 지역에서 작은 지역까지 골고루 분포하는 지역들을 대표하는 곳들로서 총 13곳을 선정하였다.

- \* 공학박사, 전남대학교 건축공학과
- \*\* 공학박사, 동신공과대학 건축공학과 조교수
- \*\*\* 석사과정, 전남대학교 건축공학과
- \*\*\*\* 공학박사, 전남대학교 건축공학과 부교수

### II-2. 實驗期間 및 對象地域의 環境

실험은 1990년 10월 26일 부터 10월 30일 사이에 주로 시행되었으며 실험시간대는 각 피험자의 여건과 실험의 편의상 거의 오전10:00 ~ 12:00 사이 및 오후 2:00 ~ 5:00 사이로 하였다.

실험이 진행되는 동안의 실험대상지역의 일반적인 환경으로는 온도 10°C ~ 20°C, 습도 30% ~ 70%정도였으며 실험시의 풍속은 0.05m/sec ~ 0.3m/sec정도를 기록한 맑고 쾌청한 날씨를 기록하였다.

### II-3. 測定器機 및 測定方法

본 실험에 사용되었던 측정기기들은 다음과 같다.

- o. Noise Level Analyser (B & K Type4426)
- o. Digital Cassette Recorder (B & K Type 7400)
- o. Alphanumeric Printer (B & K Type2312)
- o. Computer (IBM PC 386)
- o. 1/2" Preamplifier (B & K Type2619)
- o. 1/2" Free Field Microphone (B & K Type4165)
- o. Calibrator (B & K Type4230)
- o. Anemomaster (日本科學工業株式會社)
- o. Assmann 풍풍 건습구 온도계 (佐藤計量器株式會社)

본 실험을 실시하게된 각 대상지역에서의  $L_{eq}$ ,  $L_N$  등의 소음레벨은 Noise Level Analyser (B&K Type 4426)를 이용하여 측정하였고 이를 Digital Cassette Recorder (B & K Type 7400) 에 수록한 이후에 실험실에서 Computer(IBM PC 386)를 이용하여 TNI, NPL, AI 등의 도로교통소음 평가척도에 의한 레벨로 산출했다.

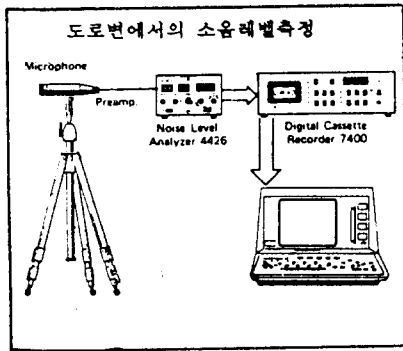
주거단지 내의 각 측정점에서의 측정시간은 약 10분씩으로 Noise Level Analyser의 등록성은 "Fast"로 하였으며 샘플간격은 10ms로 총 6000 Sample 씩을 받아들인 후에 적분회로를 이용하여 계산하였다. 이러한 각 지점에서의 측정결과는 Digital Cassette Recorder에 기록하였고 이 결과를 컴퓨터로 전송한 후 Quattro 프로그램을 이용하여 분석하였다.

각 대상지역에서의 도로교통소음을 녹음시에 측정지역의 온도, 습도, 기상상태 및 풍속 등 각종 환경조건들도 동시에 측정하였다.

각 실험대상지역에서의 소음레벨 측정에 사용된 기기들의 조합은 <그림 1>과 같다.

### II-4. 實驗對象者

이 실험에 참여한 피험자는 모두 정상청력을 가지고 있는 22세 ~30세 사이의 남녀로서 J대학교에 재학중인 대학



〈그림 1〉 측정기기의 구성도

생 및 대학원생 10명으로 구성되어 있으며 이들은 모두 이와 비슷한 종류의 청감실험의 경험이 있다.

여기서 피험자의 수를 10명으로 제한한 이유는 가능한 한 피실험자의 수가 많을수록 좋을 것이나 10명의 피험자로서도 평가반응의 대표치를 충분히 얻을 수 있기 때문에 일반적으로 외국에서의 연구에서도 10명 내외의 피실험자를 대상으로 실험을 실시한 점을 의거하여 피실험자의 수를 결정하였다.

### Ⅲ. 對象聲音의 評價

#### Ⅲ-1. 道路交通聲音의 評價値

실험대상지역에서 실시한 도로교통소음의 측정결과는 소음을 평가하는 척도 및 평가결과들중 동가소음레벨(Equivalent Sound Level:  $L_{eq}$ ), 소음통계레벨(Percentile Noise Level:  $L_N$ ) 등과 같은 직접적 평가척도 및 교통소음지수(Traffic Noise Index: TNI), 소음공해레벨(Noise Pollution Level: NPL), Annoyance Index (AI) 등과 같은 복합적 평가척도를 이용하여 분석하였고 이중에서 소음통계레벨( $L_N$ )은 소음레벨의 피크치를 의미하는  $L_{10}$  (10% 소음통계레벨)과 소음레벨의 중간치로서의 의미를 갖는  $L_{50}$  (50% 소음통계레벨) 및 주변소음레벨의 의미로 사용되는  $L_{90}$  (90% 소음통계레벨)을 사용하였다.

이러한 평가결과를 표로 나타낸 것은 다음 〈표 1〉과 같다.

#### Ⅲ-2. 道路交通聲音의 主觀的 評價

일반적으로 소음의 불쾌감은 Annoyance, Loudness 및 Noisiness 등으로 표현되는데 이러한 소음의 불쾌감을 평가하는 방법에는 거주자들에 대한 설문조사를 통한 사회조사에 의한 방법과 실험실에서 행하게 되는 청감실험의 두 가지 방법으로 대별된다. 이러한 방법들은 인간의 심리적인 반응을 다루는 부분이기 때문에 심리학과도 많은 연관을 가지고 있는 음향심리의 한 부분에 속하게 된다.

그러나 Annoyance는 매우 많은 요인들에 의해 영향을 받을 뿐 아니라 대단히 주관적이어서 간단한 방법으로 평가되기 어렵기 때문에 본 고찰에서는 소음에 대한 평가를 Loudness 및 Noisiness에 대해서만 평가하였다.

본 고찰에서는 도로교통소음에 대한 Loudness 및 Noisiness를 판단하는 방법으로 7단계 어휘분절척도를 채택하였다. 이중 Loudness를 표현하는 어휘로는 가장 일반

표 1. 도로교통소음의 측정결과치

지표 대상지	$L_{10}$	$L_{50}$	$L_{90}$	$L_{eq}$	TNI	NPL	AI
A	65.3	61.3	56.8	61.9	60.8	70.4	15.5
B	59.8	54.3	49.8	57.9	59.8	67.9	12.3
C	67	61	55.3	63.7	72.1	75.4	16
D	55.8	50	47.8	53.6	49.8	61.6	10.8
E	51.5	45.8	41.3	49	52.1	59.2	7.56
F	55.3	46.3	44.3	57.9	58.3	68.9	9.85
G	75.8	64	57.8	73.3	99.8	91.3	20.3
H	76.5	69.3	62.8	73.2	87.6	86.9	21
I	65.8	57.8	53.8	63.2	71.8	75.2	15.7
J	77.8	66.5	56.3	73.7	112	95.2	20.2
K	74	66.5	56.3	70.2	97.1	87.9	18.4
L	76	68	61.5	72.8	89.5	87.3	20.6
M	57.3	52.5	49.8	53.9	49.8	61.4	11.5

단위:  $L_{10}, L_{50}, L_{90}, L_{eq}$ (dB(A))

적이고 보편적으로 사용되고 있는 '소리가 작다', '소리가 크다' 등의 표현 어휘를 사용하였으며 기존의 연구에서 사용된 바와 같이 이 척도는 '거의 들리지 않는다'를 Scale 상의 '1'로 정하고 '매우 소리가 크다'를 척도상의 '7'로 정한 후 그 사이의 값들은 '4'에만 '보통이다'라는 어휘로 중간점의 표시를 하고 2, 3 및 5, 6과 같은 나머지 숫자위에는 표현어휘를 기재하지 않음으로써 각 피험자의 주관을 동간격으로 표현하도록 하였다.

또한 Noisiness를 표현하는 어휘로는 Loudness의 경우에서와 마찬가지로 가장 일반적이고 보편적으로 사용되고 있는 '조용하다', '시끄럽다'의 표현 어휘를 사용하였으며 '매우 조용하다'를 Scale 상의 '1'로 정하고 '매우 시끄럽다'를 척도상의 '7'로 정한 후 그 사이의 값들은 '4'에만 '보통이다'라는 어휘로 중간점의 표시를 하고 2, 3 및 5, 6과 같은 나머지 숫자위에는 표현어휘를 기재하지 않았다.

Loudness의 평가						
대상지 :			피험자 :			
거의 들리지 않는다	보통이다			매우 소리가 크다		
1	2	3	4	5	6	7

그림 2 Loudness의 평가용지

Noisiness의 평가						
대상지 :			피험자 :			
매우 조용하다	보통이다			매우 시끄럽다		
1	2	3	4	5	6	7

그림 3 Noisiness의 평가용지

본 실험에 사용한 반응용지는 <그림 2> 및 <그림 3>과 같다.

### III-3. 騒音에 대한 主觀的 反應의 結果

앞에서 기술한 바와 같이 현장에서의 도로교통소음에 대한 주관적 반응실험을 한 결과 얻어진 각 피험자들의 Loudness 및 Noisiness에 대한 반응치는 <표 2> 및 <표 3>과 같다.

표 2 소음에 대한 Loudness의 반응

대상지	피험자									
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j
A	5	7	5	5	6	5	4	7	4	5
B	4	7	4	4	4	4	3	6	3	4
C	6	3	5	6	6	5	5	6	4	4
D	4	2	1	2	2	2	3	3	3	2
E	3	2	2	1	2	2	3	2	2	2
F	3	2	2	1	3	2	2	4	4	1
G	7	7	6	7	7	6	6	6	6	6
H	7	7	7	6	6	7	6	6	6	6
I	5	5	5	4	4	5	5	4	5	3
J	7	7	5	6	5	7	6	6	7	6
K	7	7	5	6	5	6	6	6	5	6
L	6	7	6	5	5	6	5	6	4	7
M	3	2	2	2	2	2	3	4	2	2

표 3 소음에 대한 Noisiness의 반응

대상지	피험자									
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j
A	6	7	6	6	4	5	5	7	5	4
B	5	4	5	4	4	5	3	5	2	3
C	6	7	6	6	5	5	5	6	4	4
D	5	3	2	2	2	2	3	2	4	2
E	3	2	1	2	2	2	2	1	2	2
F	3	2	2	2	2	1	2	3	4	1
G	6	7	7	7	6	5	5	5	5	6
H	7	7	7	7	7	7	6	6	7	7
I	4	5	5	5	5	4	4	5	6	3
J	7	7	7	6	6	7	5	6	7	6
K	6	7	7	5	6	7	5	6	5	7
L	6	7	7	5	5	6	5	6	4	6
M	3	2	2	3	2	2	2	4	3	3

### IV 分析

현장에서 실시한 주관적 반응실험의 결과는 가장 범용성 있게 사용되고 있는 IBM PC의 통계처리 프로그램인 SPSS PC, 및 QPRO를 이용하여 각 척도들과 Loudness 및 Noisiness와의 상관분석을 실시하였다.

#### IV-1. 主觀的 反應值의 分析

10명의 피험자가 13개소의 실험대상지역에서 반응한 주관적인 반응치에 관한 최대치, 최소치, 평균치, 중앙치 및 표준편차등은 <표 4>와 같다.

이 표에 의하면 각 실험대상지역에서의 10명에 대한 주관적인 반응치는 최대치 및 최소치에서의 경우와 마찬가지로 그 중앙값에서도 최저 2 ~ 최고 7 사이의 값으로 반응용지

상의 '거의 들리지 않는다' 또는 '매우 조용하다' 부터 '매우 소리가 크다' 또는 '매우 시끄럽다'에 해당하는 거의 모든 평가치에 해당되어 반응하고 있음으로서 대상지역의 선정이 타당하게 되었음을 알 수 있다.

표 4 주관적인 반응치의 일반적인 통계값

대상지	Loudness					Noisiness				
	최대	최소	평균	중앙	편차	최대	최소	평균	중앙	편차
A	7	4	5.3	5	1.0	7	4	5.6	5.5	0.92
B	7	3	4.3	4	1.19	5	2	3.9	4	0.94
C	6	3	5	5	1.0	7	4	5.4	5.5	0.92
D	4	1	2.4	4	0.8	5	2	2.7	2	1.0
E	3	1	2.1	4	0.54	3	1	1.9	2	0.54
F	4	1	2.4	4	1.02	4	1	2.2	2	0.87
G	7	6	6.4	6	0.49	7	5	5.9	6	0.83
H	7	6	6.6	7	0.49	7	6	6.8	7	0.4
I	5	3	4.5	5	0.67	6	3	4.6	5	0.8
J	7	5	6.2	6	0.75	7	5	6.3	6	0.64
K	7	5	5.9	6	0.7	7	5	6	6	0.77
L	7	4	5.7	6	0.9	7	4	5.7	6	0.9
M	4	2	2.4	2	0.66	4	1	2.5	2.5	0.81

#### IV-2. 道路交通 騒音에 대한 主觀的 反應의 結果

<표 2> 및 <표 3>에서 보여지는 반응결과치에 관한 분석을 실시한 결과 각 평가척도들과 Loudness 및 Noisiness와의 상관계수 R, 설명력 R<sup>2</sup>, 유의도p등은 <표 5>와 같이 나타났다.

평가 척도	Loudness			Noisiness		
	R	R <sup>2</sup>	p	R	R <sup>2</sup>	p
L <sub>eq</sub>	0.84154	0.70818	< 0.001	0.82991	0.68875	< 0.001
L <sub>10</sub>	0.85714	0.73469	< 0.001	0.85554	0.73195	< 0.001
L <sub>50</sub>	0.84006	0.70570	< 0.001	0.77455	0.59993	< 0.001
L <sub>90</sub>	0.81792	0.66900	< 0.001	0.84222	0.70933	< 0.001
TNI	0.77666	0.60320	< 0.001	0.75168	0.56503	< 0.01
NPL	0.81105	0.65781	< 0.001	0.78920	0.62283	< 0.001
AI	0.85533	0.73159	< 0.001	0.85803	0.73621	< 0.001

<표 5> 각 평가척도의 Loudness, Noisiness의 상관관계

이 표에 의하면 Loudness 및 Noisiness의 평가시 양자 모두에 대해서 높은 상관관계를 보이고 있는 직접적지표는 도로교통소음의 피크레벨을 의미하는 L<sub>10</sub>으로 나타났다. 반면 守田 榮등에 의해 제안되어 JIS Z 8731에서 채택하여 일본의 소음환경기준으로 삼고 있는 L<sub>50</sub>은 Noisiness반응에서 상대적으로 낮은 상관관계를 보였다.

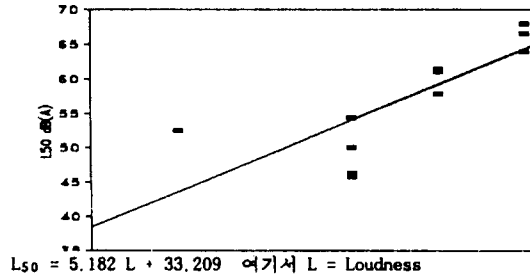
물리적인 에너지 등가치로서 많은 소음 기준에 사용하고 있는 L<sub>eq</sub>의 경우는 L<sub>10</sub>값에 비해서 약간 낮은 상관관계를 보이고 있으며 이는 Loudness의 경우보다 Noisiness의 경우에 더 현저하게 나타나고 있다.

또한 TNI, NPL 및 AI등과 같은 복합적인 평가의 경우를 살펴보면 AI의 경우는 L<sub>10</sub>값에서 보여준 상관관계보다 높

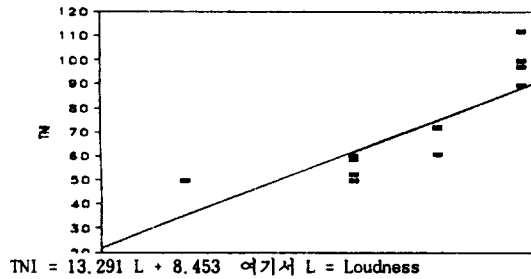
거나 거의 유사한 수준으로 높은 상관성을 보여주고 있으며 NPL의 경우는 AI보다는 상당히 낮은 상관도를 보이고 있다.

도로교통소음의 주관적인 평가를 위해 D. Griffith와 F.J.Langdon에 의해 JSV(Journal of Sound and Vibration)에 발표된 후 ISO(International Standard Organization)의 제안소음지수로 선택되어 사용되는 TNI의 경우는 다른 지표들에 비해서 상당히 낮은 상관관계를 보였다.

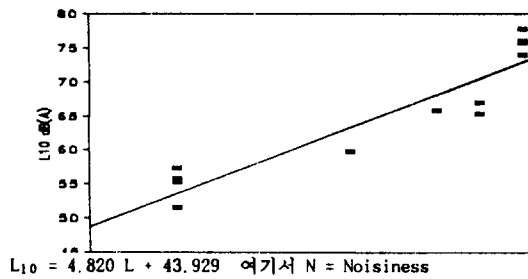
L<sub>50</sub>과 Loudness의 상관관계



TNI와 Loudness의 상관관계



L<sub>10</sub>과 Noisiness의 상관관계



L<sub>eq</sub>와 Noisiness의 상관관계

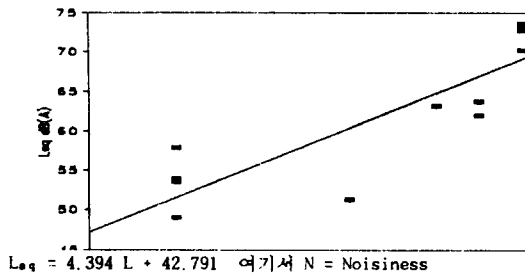
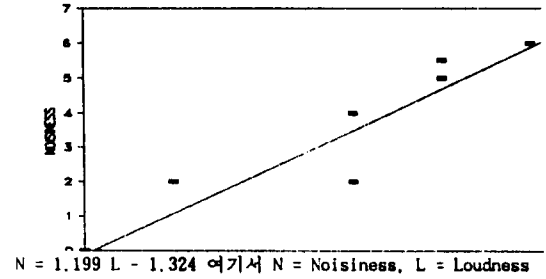


그림 4 주관적 반응치와 각 척도별 평가치의 상관관계

주관적 평가치와 높은 상관관계를 보이는 평가척도 사이의 상호관계를 파악하고 이 관계를 도식적으로 나타내면 <그림 4>와 같다.

또한 현장에서의 주관반응실험을 통하여 얻어진 도로교통소음의 Loudness와 Noisiness의 관계를 회귀분석한 결과 상관계수값은 0.90044로 상당히 높은 값으로 서로 대응하고 있었으며 이 결과를 도식화한 것은 <그림 5>와 같이 나타나 있다.

그림 5 Loudness와 Noisiness의 상관관계



## V 結論

지금까지 현장에서의 도로교통소음에 대한 피험자들의 주관적반응을 살펴본 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있다.

1. 도로교통소음에 대한 주민의 주관적인 반응을 나타내는 Loudness와 Noisiness는 일반적으로 소음의 마이크로벨을 의미하는 척도인 L<sub>10</sub>과 상당히 높은 상관도를 보임으로서 이 척도가 주민의 주관적 반응을 평가하는데에 적절하리라고 사료된다.

2. 일본에서 기준으로 사용하고 있는 척도인 L<sub>50</sub>의 경우 다른 척도들에 비해서 약간 낮은 상관도를 보였다.

3. 또한 도로교통소음의 지표로 제안된 TNI척도의 경우는 가장 낮은 상관도를 보이고 있어서 주민의 주관적 반응을 표현하는 척도로는 재고가 필요하다고 사료된다.

그러나 현장에서의 주관적 반응실험의 경우에 작용하는 변수요인들을 통제할 수 있는 실험실 시행 청감실험을 실시하여 현장에서의 주관적 반응실험 결과를 검토할 필요가 있다고 사료된다.

## VI 参考文献

1. 국 찬: "청감실험에 의한 도시주거지역 도로교통소음의 평가에 관한 연구", 전남대학교 박사학위논문, 1991.
2. 환경청, 소음환경기준 설정을 위한 조사연구, 1982.
3. 대한주택공사, 주거환경개선을 위한 소음기준연구, 1985, 대한주택공사.
4. 守田 榮: 騒音振動 対策 핸드ブック, 集文社, 1983, pp 42-43.
5. F.J.Langdon: "The Traffic Noise Index", BRS, 1968, 4 Pp1-16.