

외부 공간에서 복합소음에 대한 불쾌감 연구

Dose-response relationship for annoyance caused by combined noise sources in urban spaces

이평직† · 유진* · 정충일** · 연준오** · 전진용***

Pyoung Jik Lee, Jin You, Choong Il Jeong, Jun Oh Yeon, Jin Yong Jeon

Key Words : 복합소음(combined noise sources), 불쾌감(annoyance), 외부공간(urban spaces)

ABSTRACT

Relationship between exposure to combined noise sources and community annoyance have been investigated. Social surveys were conducted in urban spaces near the construction site with road traffics. The question relating to noise annoyance was answered on an 11-point numerical scale and 5-point verbal scale according to ISO 15666. The questionnaire also contained demographic factors, interference with daily activities, health-related symptoms, and noise sensitivity. Noise levels were measured in terms of A-weighted equivalent level (L_{Aeq}), and noise mapping technique was applied to predict the noise levels of urban spaces. Synthesis curves for the relationship between noise levels and percentage highly annoyed for combined noise sources were derived, and compared to the curves from a single noise source.

1. 서 론

경제성장과 삶의 질에 대한 높은 기대수준으로 인해 음 환경에 대한 관심이 증대되었으며, 이는 급증하고 있는 소음·진동 관련 분쟁사례에서도 확인할 수 있다. 특히 거주지 음환경은 업무 및 사무시설 등과 비교하여 정온한 환경에 대한 요구수준이 높아 많은 연구자들이 거주지의 소음도와 주관적 반응과의 관계를 규명해왔다.

환경소음에 대한 인간의 반응은 70년대 Schultz¹가 연구방법론을 제안한 이후 유럽과 북미의 연구자들²⁻⁴의 주도하에 다양한 국가에서 진행되었으며, 연구방법론은 2003년 ISO에서 국제표준⁵으로 제정되었다. 연구 초기에는 교통소음 관련 연구가 주를 이루었으나 교통소음 외에 공장소음과 충격소음 등 다양한 소음원으로 연구의 대상이 확대되고 있는 추세이다.

최근에는 도시가 과밀화 되면서 두 가지 이상의 소음원

에 노출되는 사례가 증가하고 있다. 따라서 개별소음뿐만 아니라 복합소음(combined noise source)에 대한 연구들이 지속적으로 진행되고 있다. Talyor⁶는 복합소음에 대한 주관적 반응을 예측하기 위해 제안된 모델들을 검증하였으며, Bottledooren⁷은 fuzzy 이론을, 그리고 Miedema⁸는 annoyance equivalent model을 이용하여 복합소음의 주관적 반응을 예측하였다. 이러한 연구들은 모두 주거지의 실내음환경을 대상으로 실시하였으며, 외부공간의 복합소음 음환경은 아직 고려되지 않았다.

따라서 본 연구에서는 외부 음환경을 대상으로 소음도와 주관적 반응을 고찰하고 하며, 이 때 개별소음뿐만 아니라 복합소음을 조사 대상으로 한다. 또한 실내 음환경과 외부 음환경에 대한 주관적 반응을 상호 비교하고, 개별소음과 복합소음의 차이를 고찰하고자 한다.

2. 연구 방법론

2.1 Schultz curve

70년대 Schultz가 소음에 대해 거주자가 느끼는 성가심(annoyance)을 %HA (Percentage of highly annoyed)로 정량화 한 이후 환경소음과 성가심의 상관관계를 조사한 대부분의 연구는 Schultz의 방법론을 적용하였다. 이

† 한양대학교 건축환경공학과, 박사과정
E-mail : pyoungjik@daum.net
Tel : (02) 2220-1795 Fax : (02)2220-4794

* 한양대학교 건축환경공학과 박사과정

** 한양대학교 건축환경공학과, 석사과정

*** 한양대학교 건축공학과 교수

러한 연구방법론은 2003년 ISO에서 국제표준(ISO 1996-1)으로 제정되었다.

%HA란 소음에 대한 성가심을 평가한 전체 응답자 중 성가심 크기의 상위 범주에 반응한 사람들 수의 비율로 정의된다. 이 때 HA (highly annoyed)는 소음에 대한 성가심의 정도를 0(전혀 성가시지 않은, not at all annoyed)에서 100(매우 성가신, extremely annoyed)으로 가정한 평가척도에서 72 혹은 그 이상으로 응답한 경우를 나타낸다. 또한 50 혹은 그 이상으로 응답한 경우를 A(annoyed)로 그리고 28 혹은 그 이상으로 응답한 경우를 LA(less annoyed)로 각각 구분한다. HA, A, LA 등 소음에 대한 성가심을 그 정도에 따라 구분하기 위해서는 각 성가심 단계 간의 경계(cutoff point)가 정의되어야 하며, 일반적으로 다양한 평가척도를 대상으로 적용되는 경계는 표 1에 나타난 바와 같다.

Table 1. Boundary quantifications for different annoyance scales

Number of effective categories	Boundary quantifications
3	0-33-67-100
4	0-25-50-75-100
5	0-20-40-60-80-100
6	0-17-33-50-67-83-100
7	0-14-28-43-57-72-86-100
10	0-10-20-...-80-90-100
11	0-9-18-...-82-91-100

Schultz가 제안한 성가심의 정량적 지표인 %HA와 소음레벨간의 관계를 나타낸 그래프를 'Schultz curve' 혹은 'dose-response function'이라고 부른다. 아래의 그림 1은 교통소음에 대한 Schulltz curve의 예이다.

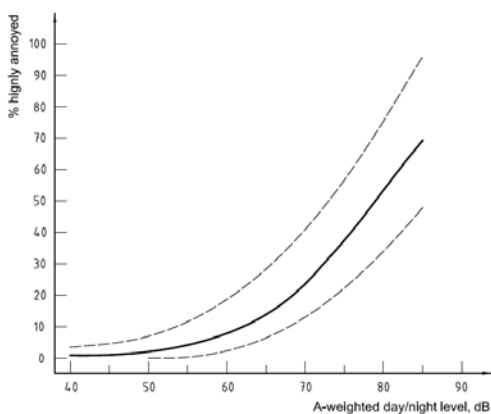


Fig. 1 Percentage of respondents highly annoyed by road traffic sounds

2.2 소음평가 척도

소음에 대한 성가심을 조사하기 위하여 설문조사에 사용하는 평가척도와 질문은 각 연구자와 언어에 따라 상이하다. 설문조사는 사용한 평가척도와 질문 방법의 영향을 받기 때문에 다양한 연구자에 의해 도출된 연구결과를 일반화하여 비교하는 것에는 제약이 뒤따랐다. 이러한 제한 사항을 해결하고 국제적 연구결과의 상호비교를 위해 2001년 ICBEN (The International Commission on the Biological Effects of Noise) Team 6 (Community response to noise)에서 설문조사에 사용되는 평가척도와 설문문항을 국가별 언어에 따라 제안하였으며, 이는 2003년 ISO에서 국제 표준⁹으로 제정되었다.

ICBEN Team 6는 설문조사시 11점 척도(11-point numerical scale)와 부사어휘를 활용한 5점 척도(5-point verbal scale)를 함께 적용하는 것을 권고하고 있다. 11점 척도는 가장 많은 연구자들이 적용한 평가척도로 그림 2에 나타난 것과 같이 0부터 10까지의 숫자로 구성되었으며, 이때 0은 전혀 성가시지 않은 상태를 나타내며, 숫자 10은 매우 성가신 상태를 의미한다.

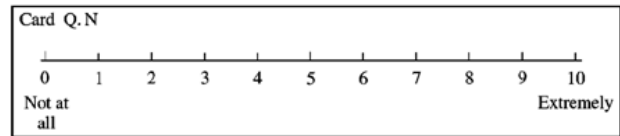


Fig. 2 11-pt. numerical scale

한편 부사어휘를 활용한 5점 척도는 1부터 5까지의 숫자로 구성되어 있으며, 숫자에는 각 단계를 설명하는 형용사 어휘가 함께 제시된다. 이때 부사어휘는 역시 ICBEN Team 6가 제안한 연구방법에 의해 도출되며, 영어와 일본어 등 다양한 언어권별 평가척도가 연구되었다. 우리나라에서도 전진용 등¹⁰에 의해 부사어휘를 활용한 5점 척도와 7점 척도가 개발되었으며, 5점 척도에 사용된 부사어휘는 아래 표 2에 나타난 바와 같다.

Table 2. 5-pt. verbal scale

1	2	3	4	5
전혀	조금	비교적	아주	엄청나게

2.3 소음 평가지표

설문조사를 통해 조사된 주관적 반응(%HA)은 소음레벨과 대응되어 반응-노출관계(dose-response function)로 도출된다. 이때 사용되는 소음평가 지표는 연구목적과 환경조건에 따라 다양하다. 가장 광범위하게 사용되는 소

음 평가지표는 Ldn (day-night Average sound level) 로 주야 평균소음레벨이라 불리우며, 등가소음레벨을 기준으로 하루 24시간의 소음도를 측정 후 야간에 10 dB의 가중치를 고려한 평가지표이다. 이외에도 하루를 주간(day), 저녁(evening), 야간(night)으로 좀 더 세분화하여 소음도를 평가하는 Lden은 유럽을 중심으로 적용되고 있다. 또한 비교적 짧은 시간을 대상으로 소음을 측정할 경우에는 등가소음레벨(L_{Aeq})이 주로 사용되며, 충격소음(impulsive noise)의 경우에는 최대음압레벨(L_{Amax})이나 폭로레벨(SEL, sound exposure level)이 적용된다.

3. 설문조사

3.1 소음원

본 연구에서는 단일 소음이 아닌 복합소음에 노출되었을 경우의 주관적 반응을 조사하기 위하여 도로교통소음과 공사장소음을 소음원으로 선정하였다. 도로교통소음은 도심지에서 가장 쉽게 접할 수 있는 소음원으로 개별소음에 대한 주관적 반응을 고찰한 이전 연구에서 가장 많은 비중을 차지하고 있다. 또한 공사장 소음은 도심지 공사 증가와 아파트 재건축 그리고 리모델링 공사 등으로 인해 최근 소음관련 민원의 상당수를 차지하고 있다. 따라서 본 연구에서는 도로교통소음과 공사장 소음에 모두 노출된 지역을 대상으로 주관적 반응을 조사하여 도로교통소음에만 노출된 지역의 결과와 비교하였다.

3.2 대상 지역

도로교통소음과 공사장 소음에 대한 주관적 반응을 살펴보기 위한 설문조사 대상 지역은 아래의 표 3에 나타난 바와 같다. 총 16개 지역이 선정되었으며, 12개 지역은 서울 그리고 나머지 4개 지역은 성남시 분당구에 위치하고 있다. 복합소음에 대한 주관적 반응을 개별소음과 비교하기 위하여 도로교통소음에만 노출된 지역을 4개소 선정하였으며, 12개소는 도로교통소음과 공사장 소음에 모두 노출된 지역으로 선정하였다. 외부공간의 성격에 따라 주거지역(residential area)과 공원과 광장 등으로 대

표되는 공공공간(open public space)으로 구분하였으며, 도로교통소음의 소음도에 따라 주관적 반응이 달라질 것으로 판단하여 차량통행이 적은 곳과 많은 곳으로 구분하여 설문조사 대상 지역을 선정하였다. 최종적으로 선정된 설문조사 대상 지역의 일부는 아래의 그림 3에 나타난 바와 같다.



(a) Residential area



(b) Open public space

Fig. 3 Sites for social survey

3.3 피험자

거주지 음환경의 주관적 반응을 조사한 이전연구들에서는 설문조사가 소음원 주변에 거주하고 있는 사람들을 대상으로 진행되었다. 이 경우에는 거주형태나 소음에 대한 민감도(sensitivity) 등 소음도 이외의 영향을 최소화하기 위해 많은 수의 피험자가 요구되었다. 그러나 본 연구에서 평가 대상으로 하고 있는 외부공간의 경우에는 다수의 피험자 확보가 제한되어 30명의 피험자가 16개 대상 지역 모두를 평가하도록 계획하였다. 이때 피험자는 약 30분에서 1시간 정도 설문조사 대상 지역에서 머물며 개별소음과 복합소음을 평가하게 된다.

3.4 설문지

복합소음 및 개별소음에 대한 주관적 반응(annoyance)

Table 3. Categorization of survey sites

	Road traffic noise	Residential area	Open public space
Single source	Low volume	1	1
	High volume	1	1
Combined sources	Low volume	2	2
	High volume	2	2
	Two const. sites	2	2
Total		8	8

을 조사하기 위해 11점 척도와 부사어휘를 활용한 5점 척도를 활용한 문항을 설문지의 맨 앞에 배치하였다. 또한 주관적 반응에 대한 비음향학적 요인들(non-acoustical factors)의 영향을 살펴보기 위하여 소음에 대한 개인별 만족도, 거주 형태, 거주지 음환경에 대한 만족도 등에 대한 질문들을 추가하였다.

3.5 소음 측정

개별 및 복합소음의 소음도는 설문조사가 진행되는 시간 동안 측정될 예정이며, A 청감보정특성을 고려한 등가소음레벨(L_{Aeq})로 평가할 예정이다. 설문조사 대상지역 선정시 측정된 3분간의 소음도는 아래의 그림 4에 나타난 바와 같이 55~73 dB의 분포를 나타냈다.

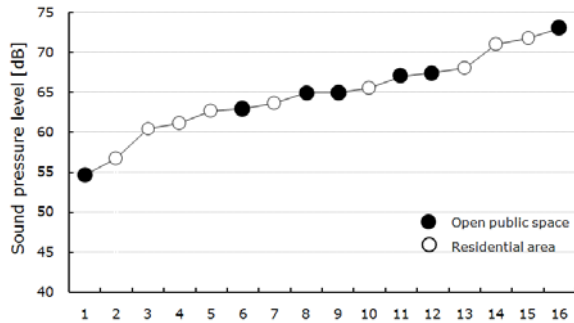


Fig. 4 Range of SPL in survey sites

4. 결론 및 향후 진행방향

본 연구에서는 외부공간을 대상으로 음환경에 대한 주관적 반응을 살펴보기 위해 연구방법론을 고찰하고 설문조사 계획을 수립하였다. 특히 개별소음이 아닌 복합소음을 평가 대상으로 하여 도로교통소음과 공사장 소음에 노출된 외부 공간 16개소를 설문조사 대상으로 선정하였다.

향후에는 16개 외부공간을 대상으로 설문조사를 실시하여 개별소음과 복합소음에 대한 주관적 반응을 고찰하고 이에 대한 분석을 진행하고 소음도 외에 주관적 반응에 영향을 미치는 비음향학적 요인들의 영향도 조사될 예정이다.

후 기

이 논문은 2007년도 정부재원(교육인적자원부 학술연구조성사업비)으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 연구되었음(KRF-2007-313-D00451).”

참 고 문 헌

- (1) Schultz, T. H. J., 1978, "Synthesis of social surveys on noise annoyance" J. Acoust. Soc. Am. 64, pp. 377-405.
- (2) Fields, J. M., and Walker, J. G., 1982, "The response to railway noise in residential areas in Great Britain," J. Sound Vib. 85, 177-255.
- (3) Miedema, H. M. E., and Vos H., 1999, "Demographic and attitudinal factors that modify annoyance from transportation noise" J. Acoust. Soc. Am. 105, 3336-3344
- (4) Izumi, K., and Yano, T., 1990, "A survey on the community response to road traffic noise in the mixed noise environment" Proceedings of Inter-Noise 90, pp. 279-282.
- (5) ISO 1996 : Acoustics-Description, measurement and assessment of environmental noise, Part 1 : Basic quantities and assessment procedures
- (6) Taylor, S. M., 1982, "A comparison of models to predict annoyance reactions to noise from mixed sources" J. Sound Vib. 81, 123-138
- (7) Botteldooren D. and Verkeyn A., 2002, "Fuzzy models for accumulation of reported community noise annoyance from combined sources" J. Acoust. Soc. Am. 112, 1496-1508
- (8) Miedema, H. M. E., 2004, "Relationship between exposure to multiple noise sources and noise annoyance" J. Acoust. Soc. Am. 116, 949-957
- (9) ISO 15666 : Acoustics -Assessment of noise annoyance by means of social and socio-acoustic surveys
- (10) Jeon, J. Y., Kim, K. H., and Yano, T., 2003, "Standardized noise annoyance modifiers in Korean according to the ICBEN method" Journal of ASK. 22, 56-61