

표준 소음평가방법을 활용한 교통소음의 주관적 반응 분석

Evaluation of Resident's Reaction to Traffic Noise Using Standardized Noise Annoyance Modifiers

○김경호* · 전진용** · 다카하시 야노***

Kyong-Ho Kim, Jin-Yong Jeon and T. Yano

Key Words : Noise annoyance modifiers(소음평가어휘), Standardized annoyance scales(표준평가척도)

ABSTRACT

Recently a number of social surveys on community response to environmental noises have been conducted. Since standardized noise annoyance scales were needed to compare the results from various areas, ICBEN(International Commission on Biological of Noise) Team 6 planned a international joint study and constructed comparable standardized noise annoyance scales using the same method. In Korea the survey was conducted in four areas such as Seoul, Taejon, Taegu and Kwangju. About 100 subjects participated in each area approximately. The 21 adverbs were first in the early survey, and five verbal annoyance modifiers were finally constructed as follows: 1 (Jeonhyo), 2 (Jokm), 3 (Bikyojerk), 4 (Ajoo), 5 (Umcheongnage)

1. 서론

최근 환경소음에 대한 거주자의 지역별 반응을 비교하기 위해 다양한 설문조사가 실시되고 있으나 문화적 차이와 거주환경 등이 다른 각 지역별 설문결과를 비교분석하기에 앞서 설문 방법의 평가방법에 대한 연구가 선행되어야 한다. 예를 들면, "특정 지역에서 몇 %의 거주자가 일정수준 이상의 환경소음에 노출되었다" 라는 영향을 거주자 입장에서 주관적으로 평가하기 위해서는 해당 환경 소음에 대해 동일한 평가방법을 적용하여 비교하여야 할 것이다.

1993년에 생활소음에 대한 거주자의 반응(Community noise response)에 관한 연구를 하는 ICBEN (International Commission on the Biological Effects of Noise) Team 6

의 연구자들은 서로 다른 언어를 보유한 여러 지역으로부터 수집된 소음설문결과에 국제적인 상호비교를 위하여 표준소음평가척도(Standardized International Noise Annoyance Scales)를 설정하는 연구방법을 제안하였으며 1997년에는 두가지 설문항목을 갖는 설문양식을 설정하였다. 첫 번째 항목에는 소음에 대한 annoyance를 평가하기 위하여 어휘(부사어)를 4점 척도, 또는 5점 척도로 크기 순서대로 배열하도록 하며, 두 번째 항목은 각각의 소음평가어휘가 나타내는 소음의 크기정도를 10cm 라인에 표시하여 정량화 하는 작업이다.

본 논문은 일본 구마모토 대학의 야노 교수의 요구와 협조를 받아 국제 공동연구의 일환으로 ICBEN Team 6에서 제안한 설문양식과 조사연구방법론에 기초하여 2001년부터 소음평가 어휘에 대한 설문을 실시하였으며 설문결과를 바탕으로 한국어의 사용실태에 적합한 표준문장을 작성하고 이를 활용하여 소음에 대한 거주자의 반응과 관련된 설문조사가 전국적으로는 물론 국제표준 소음평가척도를 보유한 미국, 일본, 유럽의 나라들과 대등하게 실시될 수 있도록 하였다.

국제 표준소음평가어휘(modifiers) 설정에 있어서 보다 정확한 설문결과를 얻기 위해 지역별, 연령별, 성별 차이가 소음평가어휘의 선정에 영향을 미칠 것을 고려하여 국내 4개

* 한양대학교 대학원 건축공학과
E-mail : pangboy@dreamwiz.com
Tel : (02)2230-1735, Fax : (02)2231-1738

** 한양대학교 건축공학부

*** 구마모토대학 건축공학과

지역(서울·경기, 대전, 대구, 광주)에서 다양한 연령층을 대상으로 설문을 실시하였으며 본 설문에서 분석된 결과를 바탕으로 국내 표준 소음평가척도를 설정하였다. 또한 이를 활용하여 환경소음(교통소음)에 대한 거주자의 주관적인 반응과의 상관관계를 분석하는 것을 목표로 본 연구를 진행하였다.

2. 설문개요

2.1 소음평가어휘 선정

먼저 ICBEN이 정하는 대로 설문에 사용될 21개의 부사어를 사전조사를 통하여 선정하였다. 이를 위하여 먼저 이를 위하여 먼저 국어사전에서 소음의 크기나 세기를 표현할 때 사용되는 부사어 115개를 선정하여 48명의 대학생, 대학원생, 직장인을 대상으로 적합성 평가를 실시하여 상위 30개 어휘를 먼저 선정하였으며 다시 건축환경을 전공하는 대학원생 22명을 대상으로 소음강도조사를 실시하여 Table 1과 같이 21개의 소음평가어휘를 최종적으로 선정한 것이다.

Table 1 The words and codes for the standard noise annoyance modifiers

| 전혀시끄럽지 않다 (JH) | 별로시끄럽지 않다 (BR) | 그렇게시끄럽지 않다 (GR) |
|--------------------|-------------------|--------------------|
| 그다지시끄럽지 않다 (GD) | 약간시끄럽다 (YG) | 조금시끄럽다 (JG) |
| 좀시끄럽다 (JO) | 다소시끄럽다 (DS) | 제법시끄럽다 (JB) |
| 비교적시끄럽다 (BG) | 유난히시끄럽다 (YN) | 특히시끄럽다 (TH) |
| 꽤시끄럽다 (KO) | 매우시끄럽다 (MW) | 너무시끄럽다 (NM) |
| 몹시시끄럽다 (MS) | 아주시끄럽다 (AJ) | 정말시끄럽다 (JM) |
| 대단히시끄럽다 (DD) | 굉장히시끄럽다 (GJ) | 엄청나게시끄럽다 (UC) |

2.2 설문지역 및 대상

Table 2 Distribution of respondents by age and area

| 연령 | 서울 | 대전 | 대구 | 광주 | 합계 |
|------|----|-----|----|-----|-----|
| 20대 | 20 | 20 | 20 | 24 | 84 |
| 30대 | 20 | 20 | 18 | 22 | 80 |
| 40대 | 21 | 20 | 18 | 22 | 81 |
| 50대 | 18 | 20 | 20 | 24 | 82 |
| 60대+ | 18 | 20 | 18 | 18 | 74 |
| 합계 | 97 | 100 | 94 | 110 | 391 |

다음으로 전국에서 서울·경기, 대전, 대구, 광주 4개 지역에 거주하는 20대, 30대, 40대, 50대, 60대이상 등 각 5개 연령 그룹을 대상으로 소음평가어휘에 대한 설문조사를 실시

하였으며 대상인원은 Table 2에서와 같이 지역별로 94~110 명씩 총 391명이 설문조사에 참여하였다

3. 설문내용 및 분석방법

3.1 설문내용

설문은 크게 세 부분으로 구성된다. 첫 번째 부분에서는 21개의 부사어를 카드로 작성하여 설문자에게 제시하였으며 충분한 시간을 주어 어휘를 숙지한 후 각각의 어휘가 표현하는 소음의 크기에 따라 아홉 개의 그룹으로 나누도록 하였다. 두 번째 부분에서는 아홉 개의 그룹에서 첫 번째, 마지막, 가운데 그룹의 대표 부사어를 먼저 선정하고 사이의 어휘를 1개씩 더 선정하여 5점 척도의 스케일에 맞는 어휘를 한 개씩 선정하도록 하였다. 마지막 부분에서는 다시 21개 부사어의 소음강도(Noise Intensity)를 설문자 각 페이지마다 그려진 10cm 수평 라인에 우측으로 갈수록 강한 정도로 표시하도록 하였다. 첫 번째 부분에서 9개의 소음 강도 그룹으로 분류한 이유는 9개 그룹을 등 간격으로 나눌 경우 설문자가 보다 쉽게 5개의 최종 부사어휘를 가능한 등간격이 되도록 선정할 수 있기 때문이었다.

3.2 분석방법

본 설문의 분석 방법 또한 ICBEN Team 6에서 1997년에 제안한 방법을 바탕으로 하였다. 5점 척도에 최종적으로 선정되는 부사어로서의 필수 요건을 세 가지로 설명하면, 1) 소음강도에 따라 배열할 때 최소값과 최대값 사이의 간격이 일정할 것, 2) 소음으로 인한 Annoyance를 표현할 때 자주 사용되는 어휘일 것, 3) 소음강도점수(Noise Intensity Score)의 표준편차가 작을 것 등이다.

따라서 이와 같은 세 가지 조건을 충족하기 위하여 소음 강도점수의 평균값과 표준편차 그리고 선호도점수 (P%, The Net Preference Score)와 I-C (Intensity Score-Criterion Score) 점수를 분석기준으로 활용하였으며 이들 중 '선호도 점수'란 하나의 어휘가 서로 다른 척도에서 다중 선택되었을 경우 다른 척도에서 선정된 횟수를 제하여 해당 소음강도의 일정한 간격을 보유하는 대표적인 어휘가 선정 되도록 하는 것을 의미하며 식 1과 같이 계산하였다

$$\frac{\text{해당척도의선택된빈도} - \text{기타척도에서선택된빈도}}{\text{전체설문참가인원}} \times 100$$

$$\text{Equation 1: P\% (Net preference Score)}$$

이와 같은 분석 기준을 활용하여 Table 3와 같은 분석결과를 작성하였으며 이때 쓰여진 용어설명은 Table 4에 나타내었다. 분석시에는 P% 값보다 소음강도점수 (Intensity Score)에 더 큰 비중을 두어 척도 간격(Scale value)을 최대한 등간격화하는 것을 기본으로 하였다.

Table 3 Steps for eliminating candidate noise-reaction

| Pool formation stage | Step | Entrance criteria |
|-----------------------------------|------|--|
| Base pool | 1 | Borderline or higher investigator classification (i.e. IJC > 1) |
| | 2 | P% > 4% (Net preference score must be at least 5%) |
| Low acceptance pool | 3 | I-C Delta < 15 (Intensity score within 15 points of intensity criterion) |
| | 4 | P% Delta < 20 (preference score within 20%points of most popular remaining modifier's score) |
| | 5 | StD Delta < 15 (Standard deviation within 15 points of smallest remaining modifier's StD) |
| Middle acceptance pool (10% pool) | 6 | I-C Delta < 10 |
| | 7 | P% Delta < 15 |
| | 8 | StD Delta < 10 |
| High acceptance pool (5% pool) | 9 | I-C Delta < 5 |
| | 10 | P% Delta < 10 |
| | 11 | StD Delta < 5 |
| Single ranking pool | 12 | Lowest IC-Delta Score |
| | 13 | Highest P% Score |
| | 14 | Lowest StD |
| Final judgement | 15 | Judge > Borderline (I.e. IJC=3) |

Table 4 Terms for selection criteria

| | |
|---------------------------|--|
| I-C Delta | 소음강도점수의 평균과 척도점수(0, 25, 50 ,75, 100%) 와의 차 |
| StD | 소음강도점수의 표준편차 |
| StD Delta | 각 척도상에서 최대표준편차와 최소 표준편차의 차이 |
| Net preference Score (P%) | 부사어를 선택한 응답자의 비율 |
| P% Delta | 각 척도상에서의 최대 P% - 최소 P% |

4. 설문 결과

4.1 지역별 분석

Table 5 Scales constructed from generation data

| 척도 | 서울 | 대전 | 대구 | 광주 | 전체 |
|----|----|----|----|----|----|
| 1 | JH | JH | JH | JH | JH |
| 2 | JG | JG | JG | JG | JG |
| 3 | BG | JB | BG | BG | BG |
| 4 | AJ | JM | AJ | YN | AJ |
| 5 | UC | UC | UC | UC | UC |

전국에서 수집된 총 391개를 대상으로 Table 3의 절차에 의해 5점척도를 선정하였으며 최종선정된 5점척도 결과는 Table 5와 같이 '전혀시끄럽지 않다'(JH), '조금시끄럽다'(JO), '비교적시끄럽다'(BG), '아주시끄럽다'(AJ), '엄청나게시끄럽다(UC)'의 순으로 결정되었다.

Figure 1,2,는 각 지역별 소음강도점수와 표준편차를 나타낸 것으로 Table 6에서 보는 바와 같이 광주의 소음강도점수가 타 지역에 비해 전체적으로 높게 나타났다. 표준편차에 있어서는 대전이 1.36으로 다른 세 지역의 표준편차(1.28)보다 약간 높은 것으로 나타났다.

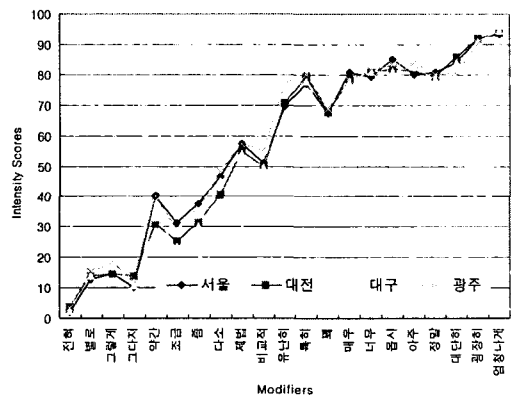


Fig. 1 Regional comparison : The average intensity score from the line marking exercise

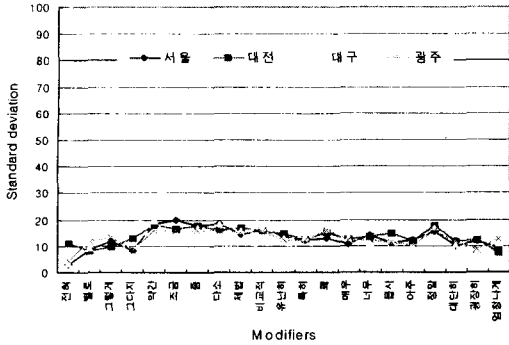


Fig. 2 Regional comparison : The Standard deviation from the line marking exercise

Table 6 The average intensity score

| | 서울 | 대전 | 대구 | 광주 |
|-----|-------|-------|-------|-------|
| 평균값 | 56.70 | 55.60 | 55.60 | 57.54 |

5. 교통소음의 척도평가

5.1 청감실험 개요

본 청감실험은 설문조사에서 제안된 평가척도를 활용하여 거주자의 환경소음에 대한 주관적인 소음레벨을 평가하는 것을 목표로 하였으며 거주자가 일상생활에서 일상적 작업(독서, TV시청, 대화)을 수행하고 있을 때 환경소음에 의해 방해되는 정도를 기준으로 평가하였다.

먼저 기존에 음원 database에서 보유하고 있는 세 가지 교통소음(도로, 항공기, 철도)을 선정하여 청감실험에 사용하였다.

5.2 피험자 및 실험환경

환경소음에 대한 거주자의 반응을 평가하기 위하여 녹취된 음원을 헤드폰(Electrostatic headphone, STAX-SR303)을 이용하여 전달하였고, MEDS를 사용하여 컴퓨터에서 음원 제시와 주관적인 반응의 기록이 이루어지도록 하였다. 음원 제시에 사용된 장비로는 Korg-1212I/O 오디오 카드를 사용하였다.

헤드폰을 이용한 청감실험은 그림 3과 같은 배경소음이 25dB(A) 정도의 조용한 부스에서 실시되었다. 부스 내부의 정온한 음환경을 위하여 바닥엔 카펫이 설치되었으며, 내부 크기는 2.1m×2.6m×2.0m로 잔향시간은 약 0.2초이며, 시청(의사소통을 하기 위해 설치한 방음창문)이 설치되어 있다.

청감실험 피험자는 20대 초·중반의 정상청각자 24명을 대상으로 실시 하였으며, 평균 연령은 26.7세 이다.

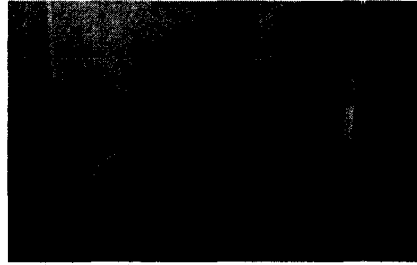


Fig. 3 Evaluation of reaction to noise with headphones

5.3 실험방법

먼저, 제시되는 음원의 길이는 16초로 하였고 교통소음의 크기 레벨 범위는 실제 생활에서 배경소음으로 발생 가능한 레벨인 30dB(A)~70dB(A)로 하였으며 소리의 크기차이의 최소인지레벨을 고려하여 3dB(A) 간격으로 각각 15개의 음원(도로교통소음, 항공기 소음, 철도교통소음)을 순차적으로 제시하였다. 또한, 피험자에게는 “실제 거실에서 어떠한 작업(독서, TV 시청, 대화)을 하고 있을 때 들리는 교통소음이 어떻게 평가됩니까?” 와 같이 질문하여 배경소음을 평가하도록 하였다.

평가에 사용된 척도는 Table 5에서 최종적으로 선정된 ‘전혀 시끄럽지 않다’(JH), ‘조금 시끄럽다’(JO), ‘비교적 시끄럽다’(BG), ‘아주 시끄럽다’(AJ), ‘엄청나게 시끄럽다(UC)’를 사용하였다. 또한, 상관관계분석을 통한 실험결과 신뢰도를 분석하기 위해 모든 피험자로 하여금 휴식을 전후하여 청감 실험을 2회 반복 실시하였으며, 1회당 실험시간은 약 10분 정도였다.

6. 청감실험 결과 및 분석

6.1 평가척도별 소음레벨 분석

청감실험 결과의 신뢰성을 분석하기 위해 피험자들이 실시한 1, 2차청감실험결과 상관관계를 분석하였으며 유의수준 99% 레벨에서 상관계수는 0.828로 상관관계가 높은 것으로 나타났다.

Table 7은 각 척도별로 산출평균한 값을 통하여 평가척도별 교통소음레벨을 분석한 결과이며 강도점수는 지역별 평가척도 결정시 Figure 1에서 계산된 결과이다.

Table 7 Traffic noise level at each scale [dB(A)]

| | 전혀 | 조금 | 비교적 | 아주 | 엄청나게 |
|------|------|------------|------------|------------|----------|
| 항공기 | 34.9 | 41.8(6.9) | 53.9(12.1) | 62.8(8.9) | 68(5.2) |
| 도로교통 | 33.3 | 41.6(8.3) | 54.3(12.7) | 65.2(11.9) | 70(4.8) |
| 철도 | 33.4 | 39.7(6.3) | 50.3(10.6) | 62.7(12.4) | 68(5.3) |
| 강도점수 | 3.9 | 25.2(21.3) | 49.6(24.4) | 80.9(33.3) | 93(12.1) |

() 안의 숫자는 증가한 량을 의미함

각각의 소음에 대한 평가척도 별 간격은 2, 3, 4척도별 간격은 9 - 12dB(A)정도 였으나 1척도와 2척도, 4척도와 5척

도간 간격은 약 5-7dB(A) 정도인 것으로 나타났으며 이러한 현상은 실제 평가척도의 강도점수차에서도 발견할 수 있다. 2, 3, 4 평가척도간의 강도점수차이가 21.3 - 31.3인 것에 비해 4, 5평가척도의 점수차이는 12.1에 불과하였다. 따라서 앞서 실시한 설문조사결과와 청감반응결과가 척도간 차이라는 관점에서 거의 일치하는 것을 알 수 있다.

Figure 4-6에서는 각 평가척도의 표준편차를 나타내고 있으며 '비교적 시끄럽다'의 표준편차가 5.7 - 6.8 로 가장 큰 것으로 나타났다. 그리고 소음레벨이 65dB(A)를 넘어서는 경우엔 '아주 시끄럽다'와 '엄청나게 시끄럽다'가 거의 혼용되고 있어 기울기가 급격히 낮아지고 있으며 마찬가지로 35dB(A) 전후 소음원에 대해서도 '전혀 시끄럽지 않다'와 '조금 시끄럽다'가 혼용되고 있는 것으로 나타났다.

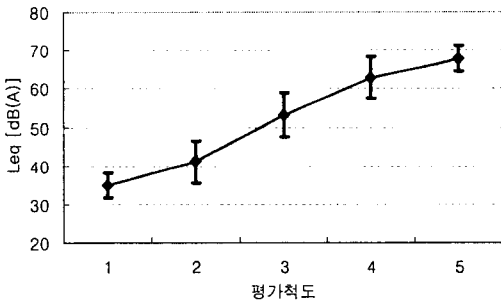


Fig. 4 Standard deviation of aircraft noise

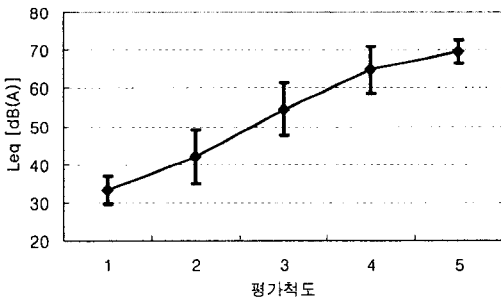


Fig. 5 Standard deviation of traffic noise

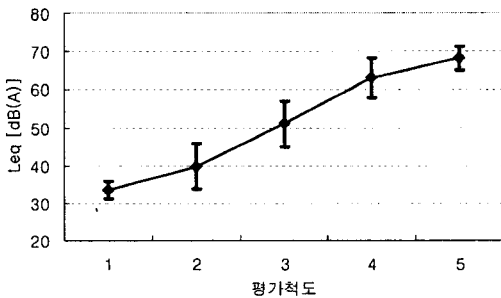


Fig. 6 Standard deviation of railway noise

Table 7에서는 청감실험에 제시된 교통소음원의 레벨범위를 중심으로 평가척도별로 각각의 교통 소음레벨에 대한 산포도를 작성한 회귀식을 나타내었다.

Table 7. Regression of community response to noise

| 소음원종류 | 회귀식 |
|-------|---|
| 항공기 | $y = 9.1533x + 24.496 \quad R^2 = 0.8039$ |
| 도로교통 | $y = 10.227x + 22.574 \quad R^2 = 0.7481$ |
| 철도 | $y = 9.8724x + 21.259 \quad R^2 = 0.7787$ |

$y =$ 평가척도, $x =$ 음압레벨(dB(A))

도로교통소음의 기울기가 10.227로 가장 크게 나타나 척도별 간격이 가장 큰 것을 알 수 있었다. 또한 위 회귀식을 통해서 '조금 시끄럽다'와 '비교적 시끄럽다' '아주 시끄럽다'의 레벨을 예측한 값(Table 8)은 산술평균을 통하여 분석된 값인 Table 6과 거의 유사하게 나타났으나 '엄청나게 시끄럽다'의 레벨은 실제 제시된 음원의 레벨보다 큰 값(70dB(A) 이상)으로 예상되었는데 특히, 주거내에서 경험되는 도로교통소음의 경우 Table 7의 회귀식에 의하여 '엄청나게 시끄럽다'에 해당하는 레벨이 73.7B(A)로 예측되었다.

Table 8 Calculated noise level of each scale[dB(A)]

| | 전혀 (1) | 조금 (2) | 비교적 (3) | 아주 (4) | 엄청나게 (5) |
|------|-----------|-----------|------------|-----------|-------------|
| 항공기 | 33.6 | 42.8 | 52.16 | 61.3 | 70.5 |
| 도로교통 | 32.8 | 43.0 | 53.3 | 63.5 | 73.7 |
| 철도 | 31.1 | 41 | 50.9 | 60.7 | 70.6 |

6.2 소음원 별 주파수 특성분석

Figure 7은 제시된 세 가지 환경소음의 주파수 특성을 분석한 결과다.

도로교통소음의 주파수 특성 분석 결과 125Hz에서 상승곡면으로 판단할 때 소형차보다 대형차의 비율이 다소 큰 것으로 사료된다.(63Hz - 1KHz에서 도로교통소음이 가장 큰 것으로 나타났다) 또한 항공기 소음의 경우 저주파 대역에서 소음레벨이 높은 것으로 보아 실험에 사용된 소음원은 항공기가 통과한 후에 발생된 음원으로 추정된다.

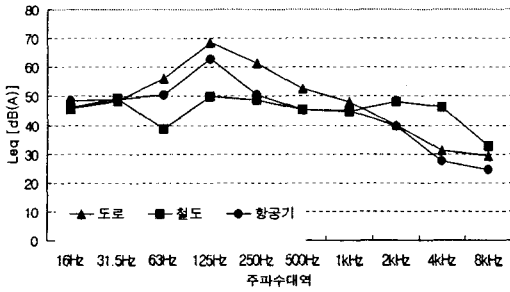


Fig. 7 Frequency analysis of traffic noise

6. 결 론

국내 전체지역에서 다양한 연령층을 대상으로 실시한 소음 평가어휘에 대한 설문조사 결과 연령, 지역, 성별의 차이가 소음평가어휘의 선정에 다소 영향을 미치는 것으로 분석되었으며 반응 빈도와 과 소음강도점수에 있어서 연령, 지역, 성별에 따라 다소 차이점이 있는 것으로 분석되었으나 결과적으로 다음과 같은 소음평가 표준척도가 제안되었다.

(1) 전혀 #1시끄럽지않다, #2조금 시끄럽다, #3비교적 시끄럽다, #4아주 시끄럽다, #5엄청나게 시끄럽다.

(2) 본 연구에서 개발된 표준척도를 활용하여 교통소음에 대한 청감실험을 실시한 결과 설문조사결과에서 설정된 평가척도의 소음강도점수차이와 청감실험결과에서 설정된 Scale 차이가 거의 유사한 것으로 나타나 본 연구에서 제안된 평가척도가 향후 환경소음평가에도 유용하게 사용될 수 있을 것으로 사료된다.

(3) 각 교통소음을 동일길이, 동일 Leq값으로 비교한 거주자의 반응실험에서 Fastle(2003)등의 일반적인 통념과는 다르게 피험자들이 기타 환경소음에 비해 도로교통소음에 대해 덜 민감한 것으로 나타났다.

추가적으로 본 연구에서 실시한 청감 실험은 설문조사에서 제안된 평가척도의 활용가능성을 판단하고 그 활용방안의 한 예를 제안한 것으로 등가소음레벨을 기준으로 하여 제시되는 음원의 성분상(주파수, 지속시간, 피크레벨등)의 의미가 정의되지 않았으나 추후에 실시될 연구에서는 음원의 선정을 보다 다양하게 하고 또한 각 음원의 특성에 맞는 평가방법을 적용하여 청감적인 특성과의 분석을 실시할 예정이다.

후 기

본 연구는 한국과학재단 목적기초연구 (R01-2002-000-00089-0)지원으로 수행되었음.

참 고 문 헌

- (1) J.M. Fields et al, 2001, "Standardized general-purpose noise reaction questions for community noise surveys:research and a recommendation, , Journal of Sound and Vibration, 242(4), pp. 641~679
- (2) K. Kanda, et al 2000, "Construction of standardized noise annoyance scales in Japanese", The seventh western pacific regional acoustics conference
- (3) M. Inoue, et al , 2000, "comparison of noise annoyance modifiers between generations and areas" The seventh western pacific regional acoustics conference
- (4) T. Yano, et al, 1998, "International Joint Study on a Unified Scale of Noise annoyance: An Experiment on the Expression of the Degree of Annoyance," Technical Report of Noise and Vibration Research Committee of ASJ. N-98-35,
- (5) T. Yano, K. Masden and K.Kawai, 1998, " A survey on Japanese and English descriptors of annoyance". Noise Effects '98: Noise as a Public Health Problem(Seventh International Congress), pp 519~522.
- (6) T. Yano, K. Masden, J.M. Fields, K. Kanda and K. Kawai ,1999, " An experiment on the equivalence of noise annoyance scales in English and Japanese" .Inter-noise 99, pp.1331~1336.