

# 청감실험을 통한 교통소음의 소음평가척도 구성

## Composition of Subjective Evaluation Scale for Traffic Noise

서형균\* · 류종관\*\* · 전진용\*\*\*

Hyoung Gyoon Seo, Jong Kwan Ryu and Jin Yong Jeon

**Key Words** : Classification (등급화), Traffic Noise (교통소음), Auditory Experiment (청감실험), Seven Point Scale (7점 척도), Subjective Intensity Level (주관적 소음강도), Limitation (한계치)

### ABSTRACT

In this study the traffic noises were investigated for the subjective allowing limitation and the testified classes. 7 point scale was selected to evaluate the annoyance level with vocabularies. As a result, 'relatively annoying' is the most suitable expression for the allowing limitation, and the sound pressure levels for the traffic was 44.4dB.

### 1. 서론

생활수준이 향상될수록 주거환경 내·외부의 질적인 향상에 대한 관심도가 높아지고 쾌적하고 조용한 주변 환경을 원하게 되었다. 그러나 생활수준의 향상에 따라 주변의 소음 또한 높아지고, 그러한 외부 환경 소음 중 가장 커다란 비중을 차지하는 것이 교통소음이다. 교통소음으로 대표적인 것은 도로교통 소음, 철도소음, 항공기 소음이 있다.

최근 도시의 성장 및 과밀현상, 교통량의 증대, 도로망 확장, 고속화도로 건설과 택지난으로 인한 도로변 주거단지 건설 등으로 인하여 도심에서 급격히 증가하는 도로교통소음은 조용하고 평온한 주거환경을 해치는 중요한 요인으로 대두되고 있다. 철도는 대량 운송과 정시 운행의 장점으로 원활한 인력과 물류의 이동을 가능하게 하였으나 심각한 소음을 유발시켜 철도변 지역주민들의 불편이 증가하는 실정이다[1]. 또한 항공기소음은 도로소음, 철도소음과 같이 국지

적이 아닌 넓은 분포 범위를 보인다. 이러한 교통소음은 소음원의 이용률이 점차 증가하고 있고, 그에 따라 소음도 증가하는 추세이다.

환경선진국이라 할 수 있는 유럽의 여러 나라들과 일본 캐나다 등의 국가들이 주거지역에 대한 도로교통소음 기준을 낮 시간대에 Leq 55~66 dB(A)로 설정해 놓고 있지만, 한국의 기준은 낮, 밤 모두 3~8 dB 높게 설정되어 있어 앞으로 단계적으로 기준을 강화해야 할 필요성을 시사해 주고 있다[2]. 또한 교통소음들에 대한 법제가 규정되어 있기는 하지만 단일 레벨등급으로 인하여 그 등급 이하의 소음에 대해 거주자들은 무방비 상태로 노출되어 있다. 따라서 교통소음의 평가기준 설정에 있어, 거주자의 주관적 반응을 조사하여 감성적 만족기준에 따른 기준설정과 그에 따른 등급화가 요구된다.

본 연구에서는 교통소음에 대하여 감성적 한계치를 기준으로 각 교통소음의 레벨에 따른 주관적 신경쓰임의 정도를 조사함으로써 피험자의 주관적 반응을 기본으로 한 교통소음의 감성적 평가기준을 제안하고자 한다. 또한 소음레벨에 따른 어휘를 기준으로 한 설문조사를 실시하여 소음평가 기준에 적합하고 객관적인 어휘를 선정하고자 하였다.

\* 한양대학교 건축공학과 석사과정  
E-mail: random\_snoopy@hotmail.com  
Tel: (02) 220-1795, Fax: (02) 2291-1793

\*\* 한양대학교 건축공학과 박사과정

\*\*\* 한양대학교 건축공학부 부교수

## 2. 교통소음 측정 및 녹음

### 2.1 교통소음의 측정

실외에서 발생되어 실내로 유입되는 소음 중 교통소음, 그 중에서도 대표적인 도로소음, 철도소음, 항공기소음의 세 가지 음원을 선택하였다. 교통소음의 주관적 평가에 앞서 교통소음의 특성조사와 청감 실험용 음원을 제작하기 위하여 Table. 1과 같은 다양한 조건에서 교통소음의 측정을 실시하였다.

Table. 1 Condition of Measuring Traffic Noises

음원종류	측정조건	수음점 위치
도로소음	40km/h, 6차선, 대형차 14%	도로에서 약 10m
	60km/h, 10차선, 대형차 10%	
	80km/h 이상, 8차선, 대형차 13%	
철도소음	무궁화 고속(60km 이상)	철로에서 약 20m
	무궁화 저속(60km 미만)	
항공기소음	김포, 737기 이륙시 수직 200m	수직거리 약 200m
	김포, 737기 착륙시 수직 200m	

도로소음의 경우 속도에 따른 음원 제작을 위해 차량이 40km/h (6차선), 60km/h (10차선), 80km/h 이상(고속도로)의 속도를 갖는 도로조건에서 도로소음의 녹음을 실시하였다. 녹음 당시 차량의 이동 빈도가 유사한 시간을 선정하여 각각 3분씩 3회 수음하였다.

철도소음은 철로 주변건물의 옥상으로 철로로부터 약 20m 떨어진 위치에서 무궁화호와 새마을호의 상·하행, 저·고속의 분류로 각각 2회씩 32개의 음원을 녹음하였다. 음원 분석 후 같은 차종 중에서 가장 차이가 심한 무궁화호의 저·고속의 음원을 청감실험용 음원으로 선택하였다.

항공기소음의 녹음은 항공기 소음으로 인하여 문제가 발생하는 지역으로 국내선이 지나가는 김포공항 근접 지역에서 김포공항 활주로의 연장선상에 있는 곳, 항공기와 수직 거리가 대략 200여m 떨어진 위치에서 3회씩 녹음하였으며, 날씨로 인해 변하는 이·착륙방향으로 인해 북서쪽 방향과 남동쪽 방향에서 각각 이·착륙 시 전체 12개의 음원을 수음하였다. 녹음 음원 중 주거 밀집지역으로 항공기 소음으로 인한 문제가 빈번하게 발생하는 남동쪽 방향에서 수음한 이·착

륙 소음을 청감실험용 음원으로 선택하였다.

음원 수음에 이용된 장비는 GRAS 40AF 1/2 inch Microphone, B&K Nexus Conditioning Amplifier, SONY PC208AX DAT Recorder가 사용되었다.

### 2.2 교통소음의 특성 조사

각각 녹음한 교통소음 음원은 1/3 Octave Band로 음압레벨은 dB(A)로 분석을 실시하였다.

#### 2.2.1 도로소음

도로교통소음은 Fig. 1과 같이 40km/h나 60km/h보다는 80km/h이상의 고속주행 시에 사람에게 민감한 중·고주파 대역의 음압이 월등히 높게 나타났고, 전체적인 등가소음레벨도 가장 높게 나타나 거주자들에게 보다 많은 영향을 미칠 것으로 예상된다.

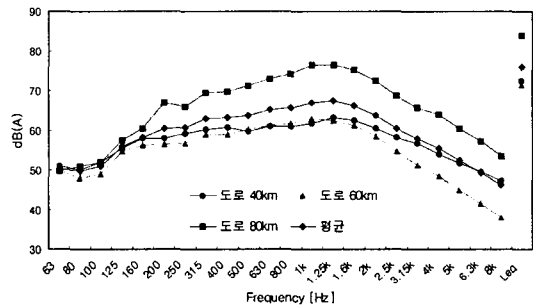


Fig. 1 Road Noises by Speed

#### 2.2.2 철도소음

철도소음의 특성도 도로교통소음과 마찬가지로 저속의 경우보다는 고속의 경우가 고주파 대역의 음압이 높으며 전체적인 음압 또한 높게 나타났다.

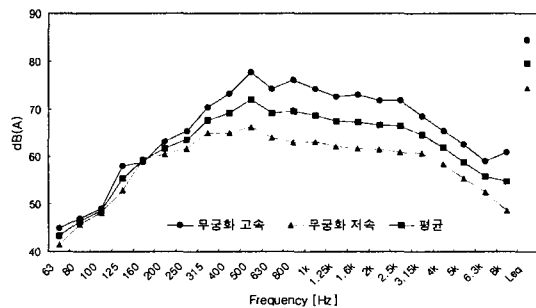


Fig. 2 Railroad Noises by Speed

### 2.2.3 항공기 소음

항공기 소음은 Fig. 3에서와 같이 중주파수 대역 이하에서는 이·착륙 시에 따른 차가 없어 보이나 약 2kHz 대역 이상부터는 이·착륙 간 음압의 차가 확인한 것으로 나타났다. 또한 이륙 시에는 활주로에서 부양하기 시작하고 높은 각도로 상승하여 고도가 급격히 높아지는 반면, 착륙 시에는 낮은 각도로 활주로에 접근하기 때문에 착륙 시 발생하는 소음의 특성에 더하여 고도가 낮기 때문에 좀더 넓은 지역에 걸쳐 소음을 발생시키고 있는 것으로 나타났다[3].

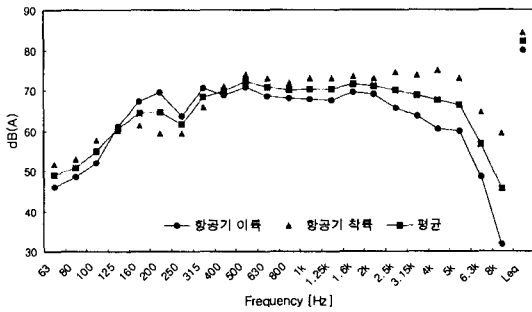


Fig. 3 Aircraft Noises by Situation

### 2.2.4 전체 소음의 비교

Fig. 4는 각 소음의 1/3 Octave Band의 평균을 구한 것으로, 저주파 대역에서는 차이가 없는 반면, 중주파수 대역에서는 도로교통 소음의 레벨이 다른 소음원에 비해 약 5dB가량 낮은 것으로 나타났으며, 고주파 대역으로 갈수록 확인한 차이가 나타났다. 또한 도로, 철도, 항공기의 순으로 고주파에서 소음레벨의 크기가 결정되는 것으로 나타났다.

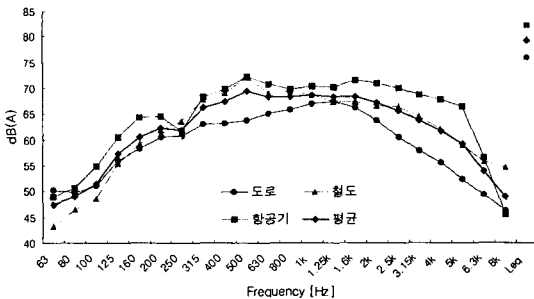


Fig. 4 Characteristics of Noises by the Kind of Traffic

## 3. 청감실험

### 3.1 청감실험 상황설정

기존 연구[3]에 의하면 거주자가 교통소음에 가장 신경이 쓰이는 때는 잠잘 때, 휴식을 취할 때, 공부할 때의 순이고, 교통소음이 가장 문제가 되는 시점으로는 밤 9~11시의 시간대인 것으로 나타났다. 교통소음에 대해 신경 쓰이는 행위와 시간대를 적용하여 교통소음에 민감하게 반응하는 적합한 상황을 만들었다.

교통소음의 감성적 하한치 설정은 거주자가 실내에서 휴식을 취할 때, 외부로부터 유입되는 교통소음에 의해 신경이 쓰이는 정도를 기준으로 하여 선정하였다. 창문을 열어 놓은 상태이기는 하지만 음원으로부터의 거리가 상당부분 떨어져 있는 위치이므로 음압레벨이 그다지 높지는 않고, 법적인 기준의 경우 교통소음의 측정지점이 실외이므로, 창문을 열어놓은 상태로 가정하였다[3].

피험자가 선택할 교통소음의 한계치 설정조건은 Table. 2와 같다.

Table 2 Condition to establish subjective allowing limits

한계치	저녁 시간, 거실에서 휴식(독서, TV시청 등)을 취할 때 외부 교통소음에 의해 신경이 쓰이기 시작하는 시점
-----	--

### 3.2 청감실험용 음원

교통소음의 특성조사에서 분석을 거쳐 선정한 도로(40, 60, 80km/h 이상), 철도(무궁화 저·고속), 항공기(남동쪽 이·착륙) 대상으로 Leq 30~60dB(A)사이를 3dB간격으로 조정하여 소음원 종류별로 총 11개씩의 음원을 준비하였다.

청감실험 음원은 녹음원의 최대소음도가 가장 높은 부분을 선정하여 5초의 길이로, Sound Forge 6.0 프로그램을 사용하여 제작하였다.

### 3.3 실험 환경 및 피험자

청감실험은 배경소음이 약 20dB(A) 정도의 조용한 청감실험 전용 반무향(半無響) 챔버에서 20대의 정상 청력을 가진 피험자 20명을 대상으로 실시하였다. 응답자의 혼돈을 최소화시키기 위하여 사전에 피험자에게 설정 상황을 충분히 설명한 뒤 실행되었다.

각 음원은 각각 2회씩 반복하였으며, 헤드폰

(Electrostatic Earspeaker STAX-SR 303)으로 제시하였다.

### 3.4 청감실험 설문 내용

#### 3.4.1 소음평가 어휘 선정

기존의 일반 환경소음을 대상으로 하는 국제공동연구의 일환으로 ICBEN (International Commission on the Biological Effect of Noise) Team 6에서 제안한 설문양식과 조사연구방법론에 기초하여 소음평가 어휘에 대한 설문이 실시되었으며, 설문 결과를 바탕으로 표준 소음 평가 척도가 선정되었다[4].

본 연구에서는 기존 연구[4]에서 활용 전 21개 부사어 어휘를 소음평가 어휘로 활용하였다. 기존의 연구에서는 21개 부사어 어휘를 선정하기 위해 먼저 국어사전에서 소음의 크기나 세기를 표현할 때 사용되는 부사어 115개를 선정하여 48명의 대학생, 대학원생, 직장인을 대상으로 적합성 평가를 실시하였다. 선정된 부사어는 소음의 시끄러운 정도를 잘 표현하며, 일상적으로 많이 사용되고 뜻이 명확한 어휘를 기준으로 하였다. 적합성 평가결과 상위 30개 어휘를 먼저 선정하였으며, 다시 건축 환경을 전공하는 대학원생 22명을 대상으로 소음강도조사를 실시하여 Table. 3과 같은 21개의 소음평가 어휘를 최종적으로 선정하였다[5].

Table 3 The words and codes for the standard noise annoyance modifiers

전혀 신경쓰이지않는다	별로 신경쓰이지않는다	그렇게 신경쓰이지않는다
그다저 신경쓰이지않는다	약간 신경쓰인다	조금 신경쓰인다
좀 신경쓰인다	다소 신경쓰인다	제법 신경쓰인다
비교적 신경쓰인다	유난히 신경쓰인다	특히 신경쓰인다
꽤 신경쓰인다	매우 신경쓰인다	너무 신경쓰인다
몹시 신경쓰인다	아주 신경쓰인다	정말 신경쓰인다
대단히 신경쓰인다	굉장히 신경쓰인다.	엄청나게 신경쓰인다

#### (2) 설문 내용

설문은 단계별로 3가지의 질문으로 구성되었다. 1차적으로 피험자에게 제시된 설문지는 각 음원별 1~7까지의 레벨 중 음원의 상대적인 수치가 아닌 절대적인 수치를 기입하도록 하였으며, 그 음원에 적합한 21개 어휘를 제시한 음원 중에 선택하게 하였다.

실험을 마친 뒤 2차적으로 1~7 레벨에 적합한 절대적인 어휘를 21개 중에 선택하게 하고 마지막으로 21개 어휘 중 미리 가정한 청감반응 상황에서 외부 교통소음에 의해 하는데 신경 쓰이기 시작하는 시점을 나타내는 어휘(감성적 한계치)를 선정하도록 하였다.

## 4. 청감실험 결과 및 분석

### 4.1 선정된 어휘의 적합성 평가

피험자가 선택한 각 어휘에 대응되는 소음강도를 100점 단위로 환산하여 400명을 대상으로 각 어휘별 소음강도를 조사한 기존 연구[2]의 결과와 비교하였다. 결과 Fig. 5와 같이 각 어휘에 따른 소음강도가 기존 연구결과보다 다소 낮으나 각 어휘에 따른 소음강도의 경향과 어휘 간 소음강도 차이는 유사한 것으로 나타났다. 따라서 본 연구에서 활용된 21개 어휘는 교통소음에 대한 주관적 소음강도 분석을 위한 평가어휘로써 적합한 것으로 사료된다.

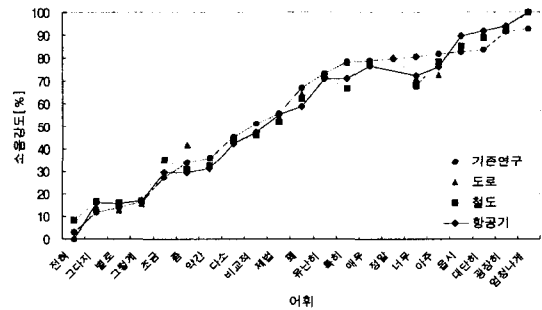


Fig. 5 Intensity Score of each noise source compared with ICBEN

### 4.2 7점 척도별 어휘 선정

두 번째 설문에 피험자들이 응답하여 작성한 7점의 각 척도에 해당하는 어휘를 최빈값과 소음강도를 적용하여 각 척도의 대푯값을 선정하였다. 피험자들이 선정한 어휘들에 해당 소음강도를 곱하여 평균을 내어 그 점수에 해당하는 단어를 찾아 해당 지점의 척도에 적합한 어휘로 선정하였다. 이러한 과정을 거치기 위해 먼저 소음원별로 21개 어휘 각각의 소음강도를 Fig. 6과 같이 계산하여 사용하였다. 그 결과 Table. 4와 같은 결론을 도출하였다.

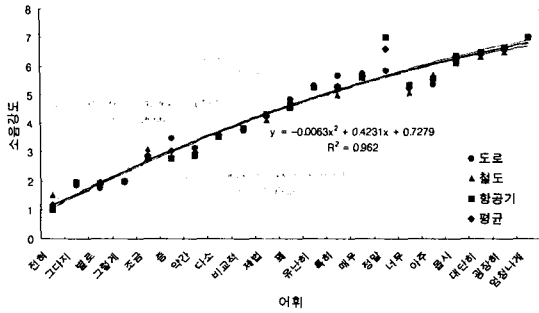


Fig. 6 Intensity Score of each noise sources

Table 4 Selected words by 7 scale

	1	2	3	4	5	6	7
도로	전혀	별로	조금	다소	꽤	매우	엄청나게
철도	전혀	별로	조금	다소	꽤	매우	엄청나게
항공기	전혀	별로	조금	비교적	꽤	매우	엄청나게
전체	전혀	별로	조금	비교적	꽤	매우	엄청나게

### 4.3 선정된 7점 척도의 소음 강도선정 및 소음레벨

Fig. 6으로부터 앞서 선정된 7개 어휘의 소음강도만을 정리하여 Fig. 7과 같이 나타내었다. “다소”, “매우”에 해당하는 값들이 조금씩 낮은 값을 보이지만 각 등급별로 선정된 어휘간의 레벨이 비교적 일정한 차이를 갖는 것으로 나타났다. 소음강도 4와 6에 “비교적”과 “몹시”가 좀더 근사한 값을 나타내었지만, 사용되어진 빈도수를 감안한다면 선정된 7점 척도의 어휘들은 각각의 소음강도를 나타내는 척도로서 활용 가능하다고 사료된다.

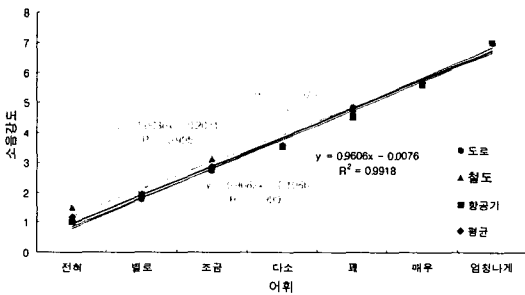


Fig. 7 Intensity level of words selected

강도레벨의 각 척도에 해당하는 음압레벨을 살펴보

면 Fig. 8과 같이 나타났다. 각 척도에 대응하는 음압레벨은 최저부터 최고까지 약 4.5dB의 간격을 두고 증가하는 양상을 나타내었다. 각 레벨 간의 차는 약 4.5dB로, 제시된 1~7의 척도와 그에 대응하는 음압레벨이 등간격을 이루며 선형에 가까운 추세를 보였다.

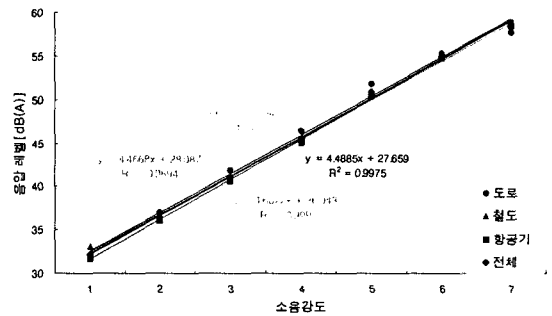


Fig. 8 Sound level of each intensity level

Fig. 9는 각 어휘별 소음레벨을 정리한 결과로, 각 어휘들에 해당하는 음압레벨이 약 4.5dB씩의 차이를 보이므로 선정된 7개의 어휘가 등간격 음압을 표현하기에 적합하다는 결론을 도출할 수 있다.

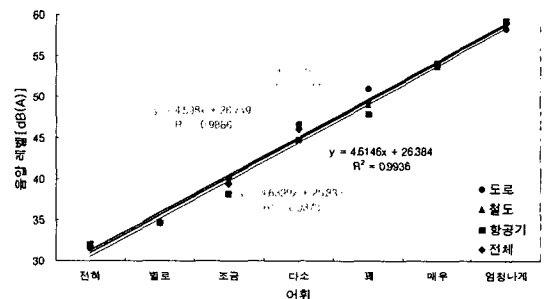


Fig. 9 Sound level of words selected

### 4.4 교통 소음의 감성적 한계치 및 평가 등급 설정

교통소음의 감성적 한계치를 선정하기 위하여 각 피험자들이 저녁 시간, 거실에서 휴식을 취하고 있을 때 외부로부터 유입되는 교통소음에 의해 신경 쓰이기 시작하는 시점에 부합하는 어휘를 선택하고 그 어휘를 기준으로 각 피험자의 소음강도와 소음레벨을 조사하였다. 각각의 피험자가 감성적 한계치로 선택한 각 어휘에 따른 소음강도와 소음레벨은 다양한 크기로 나타났으며 이를 평균하여 개인별 한계치를 도

출하였다.

설정된 상황에 부합하기 시작하는 정도를 표현한 각각의 한계치 결과는 Table. 5와 같고 전체적인 한계치는 비교적으로 선정되었다. 소음강도 결과의 4점에 해당하는 점수가 나왔고, 어휘는 소음강도에 맞춰 비교적으로 산출되었다.

Table 5 Limitation of traffic noise

	소음레벨 [dB(A)]	소음강도	어휘
도 로	45.4	3.75	비교적
철 도	44.0	3.77	비교적
항공기	43.9	3.75	비교적
전 체	44.4	3.76	비교적

교통소음의 감성적 한계치는 주관적 반응의 최저치의 성격으로 규제기준의 한계로 설정할 수 있다. 또한 한계치 상황보다 소음이 낮은 1, 2, 3 등급(전혀, 별로, 조금)을 평가등급으로 설정할 경우 교통소음에 의한 신경쓰임의 정도가 극히 적어지고 쾌적한 생활이 가능한 단계가 되므로 감성적 한계치의 상위등급으로의 설정하는 것이 바람직하다.

한계치로 선정된 “비교적 신경쓰인다” 이하의 등급(1, 2, 3, 4등급) 간의 음압레벨 차는 약 4.5dB 간격으로 동일하게 나타났으며 또한 소음강도상에서도 1점의 차가 약 4.5dB로 동일한 차이를 보였다. 따라서 감성적 한계치 이하의 레벨을 4.5dB 간격으로 나누어 Table. 6과 같이 교통소음의 평가등급을 선정한다면 감성적 만족도를 최대로 반영한 적정 평가등급이 설정될 수 있을 것으로 사료된다.

Table 6 Subjective evaluation scale of traffic noise

평가등급	1등급	2등급	3등급	4등급	등급의
소음레벨[dB(A)]	31	35.5	40	44.5	44.5이상

## 5. 결론

본 연구는 주관적 평가를 통한 교통소음의 평가등급을 위한 기초연구로써 대표적인 교통소음의 종류 및 음압레벨별로 피험자가 느끼는 Annoyance 정도를 조사하였다. 청감실험 결과, 어휘별 소음강도, 소음강

도별 음압레벨과 어휘별 음압레벨 등의 관계가 선형에 근접함을 보였다. 한계치로는 “비교적 신경쓰인다”가 선정되었고, 해당 소음강도와 음압레벨은 각각 평균 3.76과 44.5dB(A)로 나타났다. 한계치 이하의 각 소음강도 간의 음압차는 약 4.5dB(A)가 나왔으며, 각 어휘간의 음압차 또한 4.5dB(A)가 나왔다. 이로써 “비교적”을 한계치로 하여 그 이하 어휘와 그에 해당하는 음압레벨을 이용하여 등급화를 한다면 감성적 만족범위를 최대한 반영한 적정 평가등급이 설정될 수 있을 것으로 사료된다.

추후 현장청감실험을 통해, 본 연구에서 제안한 방법론을 보완, 발전시켜 나갈 예정이다.

## 후 기

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

## 참 고 문 헌

- (1) 윤해동 외5인, 1998, 도심에서 발생하는 철도소음이 주민에게 미치는 영향에 관한 연구, 한국음향학회 하계학술 발표대회.
- (2) D. Gottlob, 1994, Regulations for Community Noise, Inter-Noise 94, Yokohama, Japan.
- (3) 전진용 외 9명, 2000. 12, “공동주택 소음저감대책 수립을 위한 연구”, 서울특별시 도시개발공사, pp.154~224.
- (4) Jin-Yong Jeon, Kyong-Ho Kim, T. Yano, 2003, “Standardized Noise Annoyance Modifiers in Korean According the ICBEN Method”
- (5) 김경호, 전진용, 다카하시 야노, 2003, “표준 소음평가 방법을 활용한 교통소음의 주관적 반응 분석”, 한국 소음진동공학회 춘계학술대회논문집, pp.56~61.