

공동주택 생활소음의 통합 평가등급 설정

Criteria for multiple noises in residential buildings using combined rating system

류중관* · 이평직** · 전진용***

Jong Kwan Ryu, Pyoung Jik Lee and Jin Yong Jeon

Key Words: Residential Noises(생활소음), Classification of Noise(소음평가등급), Survey(설문조사), Auditory Experiment(청감실험)

ABSTRACT

Social noise survey on multiple residential noises such as floor impact, air-borne, bathroom, drainage and traffic noises was conducted to investigate major variables affecting the overall satisfaction for noise environment. The effect of individual noise perception on the evaluation of the overall noise environment was investigated through a questionnaire survey on annoyance, disturbance and noise sensitivity. Auditory experiments was also undertaken to determine noise level according to the percent of satisfaction for individual noise source. As a result of survey, it was found that satisfaction for floor impact noise most greatly affects the overall satisfaction for noise environment and annoyance most greatly affects the satisfaction for individual noise sources. Result of auditory experiment showed that the noise level of floor impact noise by bang machine, airborne, drainage and traffic noise corresponding to 50% satisfaction is 44dB($L_{i,Fmax,AW}$) and 40dBA, respectively.

1. 서론

현재 국내의 주거 공간 종류 중 50% 이상을 차지하고 있는 공동주택은 바닥과 벽 등을 이웃과 공유하고 있기 때문에 공동주택의 거주자들은 이웃집에서 발생하는 다양한 소음원에 쉽게 노출되어 있는 상황이다. 이러한 공동주택에서의 취약한 소음환경으로 인해 거주자들의 차음성능에 대한 요구수준은 점점 높아가는 추세이며 관련 정부부처에서도 공동주택의 각종 소음에 대한 평가기준 설정을 준비하고 있는 상황이다.

소음의 평가기준은 다양한 소음원에 대하여 개별적으로 설정되는 것이 국내외적으로 일반적이라 할 수 있으나 각종 다양한 소음원에 노출되어 있는 현 공동주택 소음환경을 고려하였을 때 다양한 소음원을 통합적으로 평가하는 방안은 주택의 소음환경을 쉽게 평가하는데 유용한 도구라 할 수 있겠다. 독일의 경우 바닥충격음 및 공기전달음 등 다양한 소음원에 대한 통합적 평가등급을 가이드라인으로 활용하고 있으며[1, 2] 국외의 다중소음(Multiple noises)에 대한 연구는 주로 도로, 철도, 항공기 소음의 교통소음에 의한 전체

적인 신경쓰임(total annoyance)정도의 평가방법에 관한 연구가 진행되고 있다[3].

본 연구에서는 다양한 공동주택 생활소음의 통합 평가등급 설정에 기초자료로 활용하고자 생활소음에 대한 설문조사 및 청감실험을 실시하였다. 설문조사를 통하여 현 거주공간에서의 주요 소음원의 발생 현황, 소음환경에 대한 전체 만족도와 개별소음원에 대한 만족도, annoyance 등의 주관적 영향정도를 조사하여 전체 소음만족도에 영향을 미치는 개별소음의 만족도와 소음의 주관적 영향요소를 도출하고자 한다. 또한 생활소음에 대한 청감실험을 실시하여 개별 소음원별로 소음레벨에 따른 annoyance 정도와 만족도를 조사하여 개별 소음원의 평가등급 설정 시 기준을 설정하고자 한다.

2. 생활소음 설문조사

2.1 설문조사 개요

본 설문조사에서는 표 1과 같이 현 거주공간의 소음환경에 대한 전체 만족도와 현재 공동주택에서 문제시 되는 주요 소음원인 바닥충격음, 공기전달음, 급배수소음, 교통소음의 개별소음원에 대한 발생 현황과 주관적 영향요소, 만족도 등을 조사하였다.

* 한양대학교 대학원 건축공학과 박사과정
E-mail : mrlryu@hanmail.net
Tel : (02) 2220-1795, Fax : (02) 2291-1798.

** 한양대학교 대학원 건축공학과 석사과정

*** 한양대학교 건축공학부 부교수

표 1. 설문지 구성내용 및 설문항목

구성	설문항목
소음발생 현황	· 개별 소음원 별 주요소음원, · 주요소음원의 발생빈도, 발생시간, 발생위치
주관적 영향요소 (개별소음원)	· annoyance · 생활방해: 정신집중방해, 휴식방해, 수면방해, 회화방해, TV·Audio 시청각 방해, 작업방해 · 건강상 영향: 두통 또는 소화장애, 정신적 불안감 또는 혼란감
소음만족도	소음환경 전체 만족도, 개별소음원의 만족도
민감도	소음 민감도 질문 25개 문항
기타	개인 및 거주공간정보

본 설문조사는 수도권 공동주택에서 거주하고 실제 소음 노출시간이 가장 많은 주부 500여명을 대상으로 실시하였으며, 연령대는 30, 40대 응답자가 약 70%로 대부분을 차지하였다. 거주공간의 아파트 평형대는 거주자의 78%가 20~40 평형대 아파트에 거주하고 있는 것으로 나타났다. 거주기간의 경우 1년 미만 10.7%, 1~2년 22.5%, 3~4년 31%, 5년~12년 29%, 13년 이상 7%로 현 거주공간의 소음환경의 평가에는 충분한 거주기간을 갖고 있는 것으로 나타났다.

2.2 설문조사 결과

(1) 주요소음원 및 발생현황

현 거주공간에서의 발생하는 바닥충격음, 공기전달음, 급배수소음, 교통소음의 개별소음원에 대한 주요소음원은 표 2와 같이 바닥충격음의 경우 아이들이 제자리 뛰는 소리와 달리는 소리가 약 65%로 주로 윗집에서 아이들의 의해 발생하는 바닥충격음이 주요소음원으로 나타났으며 공기전달음의 경우 Piano 등의 악기소리가 30%, 사람들의 대화소리 21.9%로 순으로 나타났다. 급배수소음의 경우 변기(35%)와 배란다 배수통(32.4) 배수소음 순으로 나타났으며 교통소음의 경우 도로소음이 81%로 주요 소음원으로 나타났다.

표 2. 개별소음원별 주요 소음원 (응답비율, %)

바닥 충격음	응답 비율	공기 전달음	응답 비율	급배수 소음	응답 비율	교통 소음	응답 비율
아이들이 제자리 뛰는 소리	52.1	사람들의 대화 소리	21.9	변기	34.7	도로	80.6
아이들이 달리는 소리	12.8	TV, RADIO 오디오 소리	9.5	욕실 (세면대, 욕조)	24.0	철도	5.6
어른들이 걷는 소리	11.0	Piano 등의 악기소리	30.4	부엌 싱크대	5.4	항공기	6.8
가구 끄는 소리	14.9	청소기, 전화벨 등의 가전기기 소리	14.7	배란다 배수통	32.4		
작은 물건이 떨어지는 소리	6.6	단지 내 기타소음	16.3	기타	0.8		
		기타	1.2				

개별소음원별 주요소음원의 소음발생위치는 바닥충격음과 공기전달음의 경우 약 60%이상인 거실에서 소음을 인지하는 것으로 나타났으며 급배수소음의 경우 욕실 45%, 거실 18%로 순으로 나타났다. 또한 발생소음원의 윗집, 옆집여부를 조사한 결과 공기전달음 및 급배수소음 모두 윗집으로부터 발생하는 것으로 나타나 공기전달음의 경우 통상 옆집으로 발생하는 소음으로 인지되었으나 본 설문조사 결과 윗집으로부터 발생한 소음이 더욱 많은 것으로 나타나 층간 공기전달소음에 대한 영향요소 조사 및 대책이 필요할 것으로 사료된다.

발생시간의 경우 주로 퇴근시간대(16시~20시) 및 밤(20~24시)에 주로 발생하는 것으로 나타났으며 교통소음의 경우 24시간에 걸쳐 두루 소음이 인지되는 것으로 나타났다. 발생횟수의 경우 해당 소음원에 인해 하루에 평균적으로 신경쓰임의 횟수는 바닥충격음의 경우 2.6회, 공기전달음 2.1회, 급배수소음 2.5회, 교통소음 3.1회로 지속적 소음원인 교통소음에 의한 신경쓰임의 횟수가 많은 것으로 나타났다.

(2) 생활소음에 대한 만족도 및 주관적 영향요소 조사

본 설문조사에서는 현 주거공간의 전체 만족도와 개별소음원에 대한 만족도와 주관적 영향요소를 조사하였다. 소음에 대한 만족도의 경우 1~10의 Numeric scale를 사용하여 평가하였으며 주관적 영향요소의 경우 1. 전혀, 2. 별로, 3. 조금, 4. 비교적, 5. 꽤, 6. 매우, 7. 엄청나게 의 평가어휘를 갖는 7점 verbal scale를 사용하여 평가하였다.

표 3은 500명 응답자의 현 거주공간의 소음환경에 대한 전반적인 만족도와 개별소음원의 만족도의 평균값을 100%로 환산한 값을 나타내고 있다. 전체소음 만족도와 개별소음원의 만족도는 표 1과 같이 50%에 미치지 못하는 것으로 나타나 현 거주공간의 소음환경에 대한 불만족도가 큰 것으로 나타났다.

표 3. 소음환경의 전체 만족도 및 개별 소음원의 만족도

	바닥 충격음	공기 전달음	급배수 소음	교통 소음	전체
만족도 비율(%)	46.2	45.7	49.1	48.3	45.7

그림 1은 500명 응답자의 개별소음원에 주관적 영향정도를 평균한 값을 나타내고 있다. annoyance의 경우 영향정도가 약 3.4~3.9로 '조금, 비교적 신경쓰임' 정도의 신경쓰임을 나타내고 있으며 정신집중방해, 휴식방해, 수면방해 또한 약 3~4의 방해정도로 '조금, 비교적 방해된다'로 나타났으며 회화방해, 시청각방해, 작업방해의 방해정도는 약 2~3정도로 해당소음원의 의해 '별로 방해되지 않는다', '조금 방해된다' 수준인 것으로 나타났다. 건강상의 문제는 약 2~2.5로 '별

로 그렇지 않다' 정도의 수준인 것으로 나타났다. 음원별로 비교하여 보았을 때 바닥충격음, 공기전달음, 교통소음, 급배수소음 순으로 거주자에게 주관적인 영향을 미치는 것으로 나타났으며 주관적 영향별로 살펴보면 annoyance와 휴식방해, 정신집중방해, 수면방해가 큰 것으로 나타났으며 이에 반해 회화방해, 시청각방해, 작업방해와 건강상의 문제는 영향정도가 약한 것으로 나타났다.

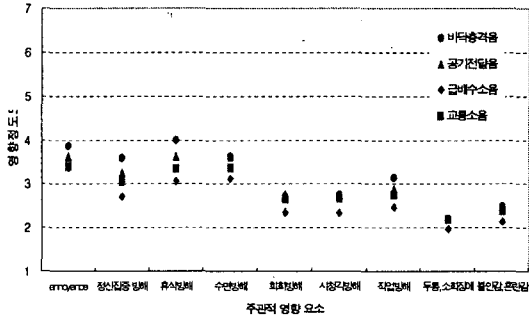


그림 1. 개별소음원의 주관적 영향 정도

(1. 전혀, 2. 별로, 3. 조금, 4. 비교적, 5. 꽤, 6. 매우, 7. 엄청나게)

(3) 전체 소음만족도와 개별소음만족도에 영향을 미치는 주관적 영향요소 조사

본 연구에서는 이상과 같은 소음발생 및 주관적 영향의 현황조사를 기준으로 주거환경 소음환경에 대한 전체소음만족도와 개별 소음만족도의 관계와 개별 소음만족도에 영향을 미치는 주요 주관적 영향요소를 도출하고자 다중회귀분석을 실시하였다. 다중회귀분석은 SPSS 10.0을 활용하여 실시하였으며 변수선택의 경우 단계법을 사용하였고 다중공선성 검토 및 잔차분석을 통하여 통계적으로 유의한 설명변수만을 포함시켰다.

먼저 전체 소음환경 만족도와 개별소음의 만족도와의 관계와 개별소음의 만족도가 전체 만족도의 기여하는 정도를 조사한 결과는 아래식과 같다. 소음만족도는 측정척도인 1~10 점을 100점으로 환산하여 다중회귀분석을 실시하였으며 회귀식과 회귀식의 상수 및 회귀계수 검정결과 유의확률이 $p < 0.01$ 로 나타났다. 아래의 식과 같이 전체 소음의 만족도는 바닥충격음(회귀계수: 0.56)에 의해 가장 많이 영향을 받는 것으로 나타났으며 공기전달음(0.21), 교통소음(0.13), 급배수소음(0.03)순으로 전체 소음만족도에 영향을 미치는 것으로 나타났다.

$$Y_{\text{전체}} = 0.56Y_{\text{바닥충격음}} + 0.21Y_{\text{공기전달음}} + 0.03Y_{\text{급배수소음}} + 0.13Y_{\text{교통소음}} + 2.43$$

($R^2 = 0.69$, 상수, 각 회귀계수 및 회귀식 검정 $p < 0.01$)

개별소음에 대한 만족도에 영향을 미치는 주요 주관적 영향요소 조사결과 아래의 식들과 표 4와 같이 전체 소음원 모두 annoyance가 가장 큰 영향요소로 작용하는 것으로 나

타났으며 발생빈도 또한 모든 소음원의 경우 소음만족도에 영향을 미치는 것으로 나타났으며 소음원에 따라 소음만족도에 영향을 미치는 요소가 상이한 것은 주목할 점이라 할 수 있다.

$$Y_{\text{바닥충격음}} = a1\text{Annoyance} + a2\text{발생빈도} + a3\text{휴식방해} + a4\text{작업방해} + 9.14$$

$$Y_{\text{공기전달음}} = a1\text{Annoyance} + a2\text{휴식방해} + a3\text{회화방해} + a4\text{발생빈도} + 8.73$$

$$Y_{\text{급배수소음}} = a1\text{Annoyance} + a2\text{회화방해} + a3\text{휴식방해} + a4\text{발생빈도} + 9.0$$

$$Y_{\text{교통소음}} = a1\text{Annoyance} + a2\text{수면방해} + a3\text{두통,소화장애} + a4\text{발생빈도} + 9.13$$

($R^2 = 0.47$ (바닥), 0.49 (공기), 0.44 (급배수), 0.58 (교통), 상수, 각 회귀계수 및 회귀식 검정 결과 $p < 0.01$)

표 4. 개별소음 만족도에 영향을 미치는 주관적 영향요소 분석 다중 회귀분석상의 표준화 회귀계수 ($p < 0.01$)

	바닥충격음	공기전달음	급배수소음	교통소음
Annoyance	-0.37	-0.26	-0.39	-0.37
정신집중방해				
휴식방해	-0.15	-0.24	-0.14	
수면방해				-0.21
회화방해		-0.17	-0.15	
시청각방해				
작업방해	-0.13			
두통, 소화장애				-0.16
불안감, 혼란감				
발생빈도	-0.19	-0.21	-0.13	-0.15

3. 생활소음 청감실험

3.1 청감실험 개요

본 연구에서는 공동주택에서의 주요 개별 소음원별로 소음레벨에 따른 annoyance 정도와 만족도를 조사하여 개별 소음원의 평가등급 기준을 설정하고자 청감실험을 실시하였다.

청감실험에 참여한 피험자는 서울시내 공동주택에 거주하고 있는 30, 40대 전업주부 109명을 대상으로 실시하였으며 거주 지역에 따른 주관적 반응편차를 고려하여 피험자의 거주지역을 서울시내 각 구역별로 균등하게 배분하여 피험자를 선정하였다.

청감실험에 사용된 음원은 표 5와 같이 공동주택에서 주요 문제시 되고 있는 바닥충격음, 공기 전달음, 급배수소음, 외부유입 교통소음을 대상으로 하였다. 바닥충격음과 급배수소음의 경우 공동주택 2세대에서 실제 발생음원을 하부층(급배수소음의 경우, 하부층 욕실)에서 녹음한 음원을 사용하였으며 공기전달음의 경우 공동주택 2세대에서 무향실음원을 음원실에서 발생시키고 인접 세대 수음실에서 녹음한 음원을 사용하였다. 교통소음의 경우 속도별 차종별로 해당 교통소음이 발생되는 인접 공동주택 외부에서 녹음하였으며 보편적인 외부창의 투과손실[4]만큼 필터링한 음원을 사용하였다.

현장에서 녹음된 음원은 표 7과 같이 바닥충격음의 경우 역 A 레벨($L_{i,Fmax,AW}$)로 40~60dB, 공기전달음, 급배수소음, 교통소음의 경우 최대 소음도를 나타내는 부분을 포함하여 30~50 dBA를 갖는 음원으로 제작하였으며 각 음원레벨 간 간격은 5dB로 하였다. 음원의 길이는 전체 소음원 모두 10초로 하였다.

표 5. 청감실험에 사용된 음원

음원	음원 종류	음원길이 (s)	제시레벨 (dBA)	레벨간격 (dBA)
바닥충격음	Bang, Ball, Jumping (어린이)	10	40~60 (역A레벨)	5
공기전달음	News, Music, Piano, 대화음, 전화벨	10	30~50	5
급배수소음	변기배수, 욕조배수	10	30~50	5
교통소음*	도로 : 저속/고속 철도 : 저속/고속 항공기: 이륙/착륙	10	30~50	5

*저속: 40km/h/고속: 80km/h, 철도소음: 무궁화호, 항공기: 민간항공기

청감실험은 12~13명이 한 조로 하여 배경소음이 27dBA, 잔향시간이 0.3초(중주파수대역)인 회의실에서 실시되었다. 음원제시는 4ch 스피커를 통해 4위치에서 제시되었으며 실제 발생상황과 같이 들리도록 스피커 높이를 조절하였다. 교통소음의 경우 외부 창으로부터 소음이 유입되는 상황을 고려하여 한쪽 면(2ch)에서 만 제시하였다. 청감실험은 피험자가 다양한 소음레벨의 바닥충격음을 듣고 그 충격음에 의한 신경쓰임 정도를 Rating scale (7점 척도, 설문조사와 동일) 중 해당어휘를 선택하는 것으로 진행되었다. 청감실험은 저녁시간 거실에 앉아 신문이나 잡지 등을 읽고 있는 경우 위집 또는 옆집, 외부로 부터 들리는 소음에 대한 annoyance 크기를 결정하는 것으로 하였으며 음원에 지나치게 집중하지 않도록 피험자에게 직접 잡지를 배부하여 설정된 상황과 동일하게 잡지를 읽으면서 소음평가를 실시하도록 하였다.

3.2 청감실험 결과

본 연구에서는 소음레벨에 따른 annoyance 크기를 청감실험을 통해 조사하였고 청감실험 결과를 통해 소음레벨에 따른 만족도를 산출하였다.

유럽의 연구자들은 주거환경 소음에 대한 평가 등급을 제안하기 위하여 바닥충격음과 세대간 및 실간 차음성능에 대하여 거주자의 소음 만족 비율을 기준으로 평가 등급을 제안하고 있다[5]. 주거환경 소음은 소음레벨 변화에 따른 거주자의 만족비율을 계산하여 50%만족 수준 및 20~80% 범위의 선형적 변화 구간의 기울기를 바탕으로 평가등급을 도출한다[6, 7].

청감실험에 활용된 소음평가척도는 어휘를 활용한 7점 척도이며 이를 만족비율로 환산하기 위해서는 7점 척도 상에서 소음에 대한 만족/불만족(만족도 50%)의 경계시점을 산출하여야 한다. 따라서 본 연구에서는 설문조사 분석을 통해

도출된 개별소음원의 만족도와 annoyance 크기의 회귀식을 기준으로 만족도 50%에 해당되는 annoyance 크기를 조사하였다. 조사결과 만족도 50%에 해당되는 annoyance 크기는 바닥충격음의 경우 3.6, 공기전달음과 교통소음의 경우 3.2, 급배수소음의 경우는 3.3 으로 나타났다. 따라서 바닥충격음의 경우 annoyance 크기 4이하, 공기전달음, 급배수소음, 교통소음의 경우 3이하로 응답한 피험자의 비율을 구하여 각 소음레벨에 따른 만족도 비율을 계산하였다. 소음 레벨별 만족 비율 평가 결과는 Probit analysis를 통해 도출하였으며 그림 2와 3은 각각 바닥충격음과 공기전달음, 급배수소음, 교통소음레벨에 따른 만족 비율 변화를 나타낸다.

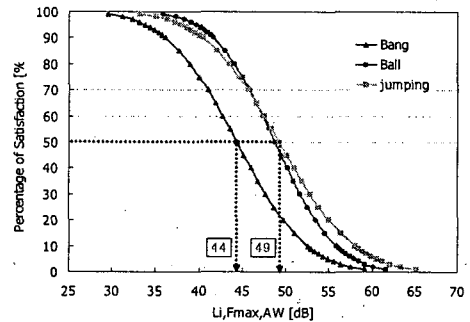


그림 2. 바닥충격음레벨에 따른 만족도 비율

그림 2에서와 같이 바닥충격음의 경우 역 A레벨 ($L_{i,Fmax,AW}$)기준으로 충격원의 경우 50% 만족 한계치가 44 dB, Impact ball의 경우 49dB로 나타났으며 어린이 Jumping 충격음의 경우 만족비율 50%에 해당하는 충격음레벨은 49dB로 Impact ball의 결과와 동일한 만족레벨을 나타냈다. 바닥충격원별로 만족 비율 20~80% 구간에서의 소음레벨 변화에 따른 만족비율 변화 정도를 비교할 경우 Bang 충격음은 5.8%/dB, Impact ball 충격음의 경우 약 6.5%/dB이며 Jumping 충격음은 약 5.3%/dB로 나타났다. 이는 바닥충격음 레벨이 1dB 감소할 때 약 6%의 만족도가 증가한다는 점을 나타낸다.

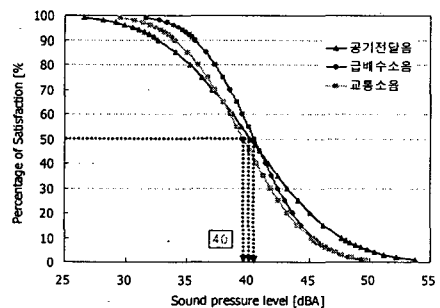


그림 3. 소음레벨에 따른 만족도 비율: 공기전달음, 급배수소음, 교통소음

그림 3은 공기전달음, 급배수소음, 교통소음의 소음레벨에 따른 만족도 비율을 나타내는 것으로써 50% 만족도 비율을 나타내는 소음레벨은 공기전달음, 급배수소음, 교통소음 모두 약 40dB인 것으로 나타났다. 다만 소음원별로 만족 비율 20~80% 구간에서의 소음레벨 변화에 따른 만족비율 변화 정도를 비교할 경우 공기전달음 6.3%/dB, 급배수소음 9.8%/dB, 교통소음의 경우 8.5%/dB로 소음원 종류별로 소음레벨 변화에 따라 만족비를 변화의 차이가 있는 것으로 나타났다.

4. 결 론

본 연구에서는 생활소음에 대한 설문조사를 통하여 전체 소음만족도에 영향을 미치는 개별소음의 만족도와 소음의 주관적 영향요소를 도출하였으며 청감실험을 실시하여 개별 소음원별로 소음레벨에 따른 annoyance 정도와 만족도를 조사하였다.

설문조사 결과 주거 공간 소음환경에 대한 전체 만족도는 바닥충격음, 공기전달음, 교통소음, 급배수소음의 만족도 순으로 영향을 받는 것으로 나타났다. 또한 바닥충격음 등 개별 생활소음원의 만족도에 가장 크게 영향을 미치는 주관적 영향요소는 annoyance로 나타났으며 소음원에 따라 소음만족도에 영향을 미치는 주관적 영향요소가 상이한 것으로 나타났다.

청감실험 결과 소음에 대한 만족도 비율 50%에 해당되는 소음레벨은 바닥충격음의 경우 역 A레벨 ($L_{i,Fmax,AW}$)기준으로 Bang 충격원이 44dB, Impact ball 충격원이 49dB로 나타났으며 어린이 Jumping 충격음의 경우 49dB로 Impact ball 충격음의 결과와 동일한 만족레벨을 나타냈다. 본 연구의 청감실험 결과는 음원제시를 스피커로 활용한 실험결과로써 공동주택 현장에서 실제 발생충격음을 대상으로 한 연구결과[8]와 주관적 반응 값이 다소 차이가 있는 것으로 나타나 저주파 성분이 강한 바닥충격음 청감실험 시에는 음원 제시 방법 등에 관한 세심한 고려가 필요할 것으로 사료된다. 공기전달음, 급배수소음, 교통소음의 경우 모두 만족도비율 50%에 해당되는 소음레벨은 약 40dB인 것으로 나타났다.

본 연구결과는 주거환경에서의 생활소음에 대한 평가기준을 설정하는데 중요한 기초자료로 활용될 것이며 향후 개별

소음의 평가등급 설정과 더불어 전체 소음 만족도에 영향을 미치는 개별소음의 만족도 및 주관적 영향요소에 대한 기여도 분석 등 다양한 분석을 통하여 전반적인 소음환경에 대한 통합적인 평가기준을 설정하고자 한다. 또한 소음평가기준 설정 시 고려되어야 할 배경소음, 개인별 민감도에 따른 주관적 반응 차이도 함께 조사하고자 한다.

후 기

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

참 고 문 헌

- (1) German Engineering Society. Guideline VDI 4100, Schallschutz von Wohnungen-Kriterien für Planung und Beurteilung (Noise Control in Housing- Criteria for Planning and Assessment, 1994.
- (2) R. C. Kuerer, "Classes of acoustical comfort in housing: Improved information about noise control in buildings," Applied Acoustics, 52, pp. 197-210, 1997
- (3) Henk M. E. Miedema. "Relationship between exposure to multiple noise sources and noise annoyance" J.Acoust.Soc. Am. 116(2), pp.949-957, 2004
- (4) 대한주택공사, "외부창호의 차음설계에 관한 연구", 1992
- (5) B. Rasmussen and J. H. Rindel, "Sound Insulation of Dwellings Legal Requirements in Europe and Subjective Evaluation of Acoustical Comfort," Proceedings of DAGA, pp.118-121.
- (6) J. H. Rindel and B. Rasmussen, "Assessment of Airborne and Impact Noise from Neighbors," Proceedings of Inter-noise 97, pp.1739-1744. 1997.
- (7) J. H. Rindel, "Acoustic Quality and Sound Insulation Between Dwellings," Journal of Building Acoustics, 5, pp.291-301. 1999.
- (8) 전진용, 류종관, "청감실험에 의한 공동주택 바닥충격음의 평가등급 설정" 한국음향학회지 제22권 제2호, pp.88-95, 2003