

실내 소음기준 설정에 관한 실험적 연구

-동일 건물내 사업장을 중심으로-

An Experimental Study on the Establishment of Indoor Noise Criteria

- Focused on Korean Complex Building-

이 태 강* 국 찬** 장 길 수*** 김 선우 ****

Tai-Gang Lee, Chan Kook, Gil-Soo Jang, Sun-Woo Kim,

Key Words : Noise regulation(소음 규제 기준), Subjective test(청감실험), Background Nois(배경소음), Business noise(사업장 소음), Complex Building(동일건물)

ABSTRACT

There are many place of business in complex building, and recently claims of noise have increased in those buildings.

It is most desirable reducing the noise problems to establish the noise criteria considering the noise source and the receiving place of business, which are derived from the dose-response of noise and results of the actual condition.

The degree of response to the transmission noise could be changed with background noise level in the receiving stores.

In this research, the subjective evaluation for three different background level in receiving place of business or rooms were investigated from subjective tests. The eight business sound source including aerobic music were used for the test.

1. 서론

환경부가 발표한 2005년도 “소음·진동관리시책 시·도별 추진실적 평가” 결과에 의하면, 연도별 소음·진동민원 발생건수는 1999년도의 5,102건에 비해 2005년도에는 28,940건으로 소음진동에 대한 민원이 지속적으로 증가하고 있음을 알 수 있다.

또한 소음진동 배출업소도 매년 증가하는 추세로 2005년 전국의 배출업소는 37,646 개소로 2004년 보다 5.6% 증가하고 있고, 소음·진동 배출업소의 소재지는 소음·진동 관리지역에 51.8% 도시지역에 34.6%로 대부분의 배출업소가 관리지역과 도시지역에 분포하고 있음을 알 수 있다.

특히 동일건물 내에 다양한 사업장이 공존하는 건물이 증가함에 따라, 소음진동을 발생하기 쉬운 사업장과 이에 인접한 다른 용도의 사업장간에 소음피해 분쟁이 지속적으로 증가하고 있는 실정이다. 이러한 민원 처리의 행정력 낭비와 민원인의 경제적 손실을 막기 위해서는 이 분야에 대한 기술적 검토와 투자뿐만 아니라 법규상의 문제점도 상당히 보완되어야 하는데, 현행법상 규제기준과 측정방법이 설정되어있지 않아 민원해소 및 분쟁해결에 한계가 있다.

* 정희원, 전남대 공업기술연구소 선임연구원, 공학박사
E-mail : noiselee@hotmail.com, 공학박사

** 정희원, 동신대학교 조경과 교수, 공학박사

*** 정희원, 동신대학교 건축학과 교수, 공학박사

**** 정희원, 전남대 건축학부 교수, 공학박사

따라서 본 연구에서는 동일건물 내에서 발생하는 소음·진동 규제기준안을 마련하여, 동일 건물 내의 주거시설, 병원 등 정숙을 요하는 시설에서 생활하는 거주자가 동일 건물 내에서 발생하는 소음에 대하여 비교적 불편함을 느끼지 않으면서 생활할 수 있도록 하는데 그 목적이 있다. 즉 동일건물 내 거주자에게 정온한 생활환경을 제공하고 분쟁에 따른 민원을 해결하기 위한, 소음 기준을 제시하는 것을 목적으로 하고 있다.

2. 연구내용 및 방법

본 연구의 목적은 동일 건물내 사업장에서 제기되고 있는 인접실간 소음진동 문제를 적절히 평가하는 것으로서, 적정 기준의 제시와 측정 및 평가방법의 표준화를 기하는 것이다. 이를 위해서는 사업장의 소음진동 영향을 물리적으로 평가하는 것은 물론 음원실에서 수음실로 전달되는 소음진동에 대해 다양한 양-반응의 관계를 조사하여야 한다.

그러나 대규모의 사회조사는 앞서 언급하였듯이 사업장의 영업방해나 이미지 악화 우려에 따른 비협조, 이웃 사업장과의 인간관계 등의 이유로 현실적 어려움이 있으며, 사회조사를 수행할 수 있다고 하더라도 반응치에 매우 큰 편차를 보여, 이를 평균하여 대표치로서 사용할 경우에도 조사자가 기대하는 일관성을 얻기 어렵다. 이는 설문에 응하는 대상자의 비음향적 요인(non-acoustic factor)이 작용하는 것으로서 개인의 심리적 상태, 나이, 인접 사업장과의

관계, 생활습관 등과 수음실의 내부소음 및 외부노출소음정도가 상이하기 때문이다.

따라서 비음향적 요인을 최대한 배제할 수 있고, 음향적 요인에 집중할 수 있는 실험실 실험 즉 청감실험을 통해 다양한 양-반응(does-response)의 관계를 도출하고자 하였다.

3. 실험 방법 및 내용

동일 건물내 사업장에서 발생하는 각종 소음진동은 직접투과 (Direct sound transmission) 또는 간접투과(Indirect flanking sound transmission)의 형태로 인접 사업장에 전달된다.

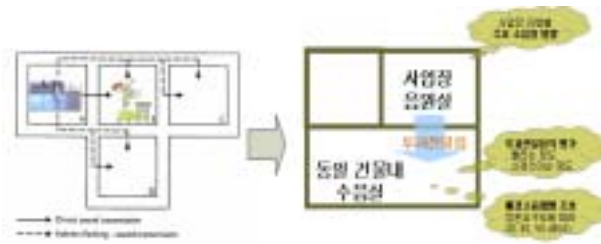


그림 1. 청감실험의 개념도

이러한 전달과정을 단순화하여 현장감있는 청감실험을 위해 그림 1.과 같은 음원실, 수음실을 설정하였다.

벽체를 통해 전달된 크고 작은 다양한 소음을 수음실의 피험자로 하여금 ‘들리는 정도’와 ‘신경쓰이는 정도’를 7단계 척도로서 평가하도록 하였고, 수음실은 사업장에 따라 배경소음레벨이 달라질 수 있음에 유의하여 병실, 주택과 같이 정온 요구도에 따라 3단계 (40dB(A), 45dB(A), 50dB(A))로 구분하고 이러한 상태를 인위적으로 조성하였다. 배경소음의 최저값을 40dB(A)로 설정한 것은 많은 사업장이 정온한 환경보다는 번잡한 도시에 위치하는 경우가 많아 주변도로에서 들리는 도로교통소음이나 생활음에 노출되는 경우가 많고, 앞서의 실험 2의 실험결과 정온한 장소의 수인한도를 40dB(A)로 설정할 수 있는 가능성에 유의하였기 때문이다.

3.1 청감실험실

- 청감실험을 수행한 실험실의 구성도는 그림 2와 같다.
- 음원실은 3.0 × 4.5 m의 크기이며, 라우드스피커와 앰프에 의해 음원을 발생시킬 수 있는 구조로 되어 있다.

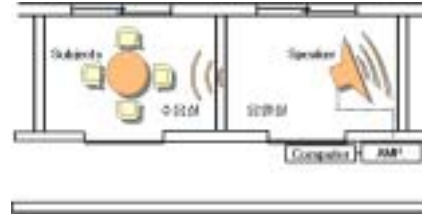


그림 2. 청감실험실 구성도

3.2 청감실험 대상 음원 및 청취레벨

사업장에서 발생할 수 있는 대상음원으로서 다음의 8가지 유형을 선정하였다.

8가지 대상음원의 시간에 따른 레벨변동 특성은 다음과 같다.

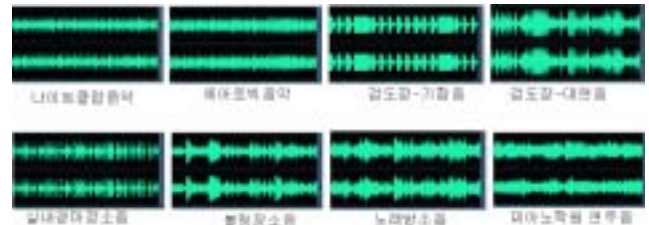


그림 3. 청감실험 대상음원의 시간변동 레벨특성

한편 음원실에서 발생한 각종 음원이 벽체를 투과하여 수음실의 피험자가 듣는 레벨이 음원의 유형별로 각각 40, 45, 50, 55, 60 dB(A)가 되도록 하였다. 이를 위해 음원실의 발생음원의 레벨을 적정 레벨이 될 수 있도록 사전 조정하고, 이를 제시 레벨로서 설정하였다.

3.3 수음실의 환경조성

현장조건의 수음실은 다양한 상태의 배경소음이 존재한다. 배경소음에 따라 청취레벨의 평가가 상대적으로 변화할 수 있음에 유의하여, 수음실의 배경소음을 3가지 조건으로 설정하였는데, 최종적으로 정온 요구도에 따라 각각 40, 45, 50 dB(A)로 하였다.

수음실의 배경소음은 백색소음(white noise)과 대화음으로서 다음과 같이 조성하였다.

- BGN40 dB(A) 음원: white noise 40dB(A)
- BGN45 dB(A) 음원: white noise 45dB(A) + 대화음(녹음된 온라인 강의음)
- BGN50 dB(A) 음원: white noise 50dB(A) + 대화음(녹음된 온라인 강의음)



그림 4. 조건별 수음실의 환경조성 개념도

3.4 청감실험

수음실의 청취레벨을 8개 유형의 음원별로 각각 40, 45, 50, 55, 60 dB(A)이 될 수 있도록 조정된 음원을 무작위 순서로 제시될 수 있도록 구성하였으며, 이를 도시하면 다음의 그림 5와 같다.



그림 5. 음원의 구성 및 제시 순서

20초간의 음원제시 후 5초간의 여유시간을 주었으며, 이때 피험자가 들었던 음원을 평가할 수 있도록 하였다.

실험에 참여한 피험자는 20대의 정상 청력을 가진 남녀 대학생 30명(남자 18명, 여자 12명)으로 구성되었다. 실험에 임하여 실험 방법과 제시조건을 충분히 설명하고 이해하도록 하였고, 사업장에서 들려오는 소리에 귀를 기울이는 상태(listen)가 아닌 소리를 듣는 상태(hear)를 가상하여 독서 상태에서 편안하게 평가하도록 주지하였다.

피험자가 듣게 되는 각종 소음은 다음의 2개 어휘를 7단계 SD척도(1.전혀 ~7.매우)로서 평가하도록 하였다.

1회의 청감실험에 소요되는 전체 시간은 약 17분으로서 피험자가 크게 피로감을 느끼지 않도록 배려하였다.

4. 실험 결과

청감실험을 통해 얻어진 피험자의 양-반응의 관계를 구하기 위해, 제시레벨과 그에 대응하는 7단계 SD척도의 평균값을 산출하였다.

배경소음의 3가지 조건별 양-반응의 관계는 다음과 같다.

(1) 조건1 : BGN 40dB(A)의 경우

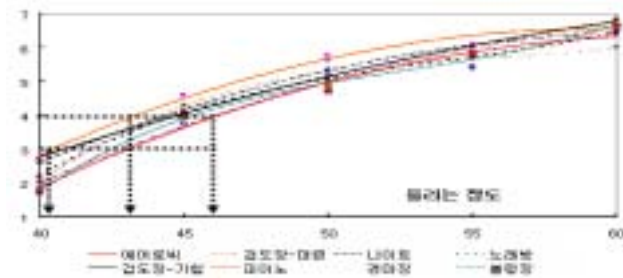


그림 6. 사업장 전달소음 유형별 들리는 정도 (BGN 40dB(A))

그림을 통해 알 수 있듯이 소음레벨이 낮은 40 ~ 45 dB(A)의 영역에서 반응이 급격히 변화하는 형태를 보여주고 있다. 정온한 환경일수록 전달소음에 민감해지기 때문이라고 해석할 수 있어, 인접 사업장으로부터의 최저수인한계도 이러한 영역에서 결정되어야 함을 시사하고 있다.

소음의 유형별로 보면 피아노소리, 김도장 대련음 등이 가장 잘 들리며, 에어로빅 음악은 상대적으로 잘 들리지 않거나 덜 신경쓰이는 소리로서 평가되었다.

일반적으로 규제기준의 설정을 위해서는 현 사업장 구조의 대부분(약 85%정도)이 만족하는 최저레벨(또는 차음 구조)을 근간으로 하여야 한다는 점에서 척도 '3' 또는 '4'에 해당하는 기준을 고려하는 것이 타당하다고 판단하였다.

이와 같은 관점에서 그림에서의 SD척도 '3'은 일반적으로 '약간 들린다' 또는 '약간 신경쓰인다'에 해당한다고 할 수 있고 척도 '4'는 중성점(보통)이라 할 수 있어 이에 해당하는 레벨을 구하면 다음과 같다.

표 1. 청감실험 결과(BGN 40dB(A))

구분	척도 3(약간)	척도 4(보통)
들리는 정도	41~ 42 dB(A)	43 ~ 47 dB(A)
신경쓰이는 정도	41~ 43 dB(A)	43 ~ 45 dB(A)

들리는 정도와 신경쓰이는 정도가 거의 유사한 반응을 보임에 비추어, 낮은 배경소음에서는 들리는 것만으로도 신경쓰이는 것으로 판단된다. 또한 BGN과 거의 유사하거나 2~3dB(A) 높은 환경에서도 약간 들리는 것으로 평가함을 알 수 있다. 반면 BGN보다 약 3dB(A) 이상 높은 레벨에서는 '보통'정도의 반응을 보임을 알 수 있다..

(2) 조건2 : BGN 45dB(A)의 경우

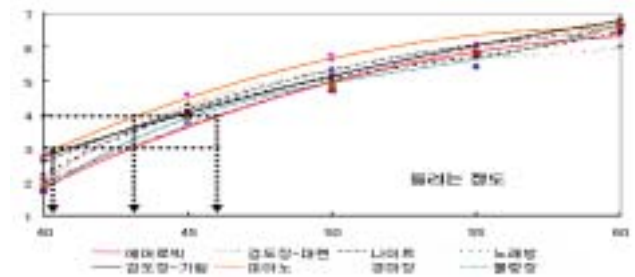


그림 7 사업장 전달소음 유형별 들리는 정도 (BGN 45dB(A))

표 2. 청감실험 결과(BGN 45dB(A))

구분	척도 3(약간)	척도 4(보통)
들리는 정도	43~ 46 dB(A)	44 ~ 48 dB(A)
신경쓰이는 정도	43~ 46 dB(A)	44 ~ 47 dB(A)

조건 1의 BGN 40dB(A)과 거의 유사한 양-반응의 관계를 보여 배경소음이 45dB(A)의 비교적 조용한 환경에서는 각종 사업장의 소음유형이 레벨에 따라 별다른 차이가 없

음을 알 수 있으나 대체적으로 약간의 청취레벨(최대 2dB) 상승 경향을 볼 수 있다.

(3) 조건3 : BGN 50dB(A)의 경우

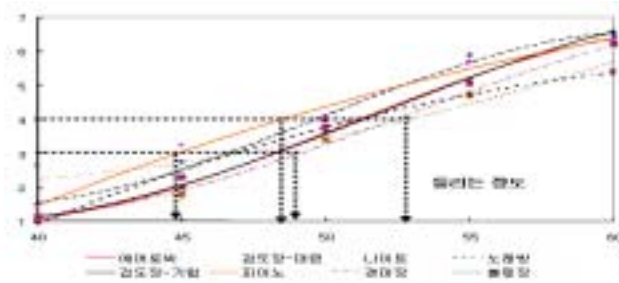


그림 8 사업장 전달소음 유형별 들리는 정도 (BGN 50dBA)

표 3. 청감실험 결과(BGN 45dBA)

구분	척도 3(약간)	청취레벨
들리는 정도	45 ~ 50 dB(A)	48 ~ 53 dB(A)
신경쓰이는 정도	46 ~ 50 dB(A)	50 ~ 53 dB(A)

위의 결과에서 알 수 있듯이 조건 1, 2와는 달리 확인하게 청취레벨이 높아지는 경향(약 5dB)을 보였으며, '신경쓰이는 정도'는 '들리는 정도'보다 다소 높은 레벨에서 나타났다.

5. 결론

이상의 3가지 조건별 청감실험을 통한 결과를 정리하면 다음과 같다.

BGN이 낮은 상태에서는 청감실험과 같이 의식적으로 집중하는(listen) 성향이 있으나, BGN이 비교적 높은 상태(BGN 50)에서는 실생활에서 무의식으로 듣는 상태(hear)가 되기 쉬워 실제 적용을 위해서는 청감실험보다 약간의 높은 레벨 즉 청감상으로 구분되는 3dB정도를 상향조정하는 것이 타당하다고 판단된다.

배경소음과 유사하거나 낮은 레벨도 소리에 집중하거나 의미가 있는 소음은 쉽게 인지되는 경향이 있으므로 매우 정온한 환경에서는 수음실의 물리적 레벨만으로 기준을 삼는 것은 무리가 있다고 판단되나, 상기의 결과를 통해 수음실 유형별 적정 실내소음레벨을 유추할 수 있을 것으로 판단된다.

보통의 들리는 정도나 신경쓰이는 정도는 인접 사업장에서로부터 소음이 쉽게 인지됨을 의미하기 때문에 이를 바탕으로 실내소음기준을 설정할 경우, 기준의 의미를 상실할 수 있다고 보며 약간의 인지정도(척도 3)를 기준의 근거로서 채택하는 것이 타당하다고 판단된다.

그러나 적합한 기준을 선정하기 위해서는 동일건물내 사업장의 실태조사와 더불어 청감실험, 각종 관련 기준과의 비교를 통해 기준설정이 모색되어야 할 것이다.

후 기

본 논문은 환경부 “동일건물내 사업장 소음진동 규제 기준 및 측정방법 마련을 위한 연구”결과의 일부임

참 고 문 헌

- (1) 환경부, 동일건물내 사업장 소음진동 규제기준 및 측정방법 마련을 위한 연구, 한국소음진동공학회,2007. 1
- (2) 환경부 중앙환경분쟁조정위원회, “공동주택 공기전달 소음 피해평가방안에 관한 연구” 2003.12
- (3) 환경부 중앙환경분쟁조정위원회, “진동으로 인한 건축물 피해평가방안에 관한 연구”, 2002.4.
- (4) 日本建築學會, 建築物の遮音性能基準と設計指針,第2版, 技報堂出版, 1983
- (5) 日本騒音制御工學會, 建物における 騒音対策のための測定 評價, 2006
- (6) 日本音響學會, 環境騒音・建築音響の測定,コロナ社, 2004
- (7). 日本建築學會, 環境振動・固體音 測定技術マニュアル, Ohmsha, 1999.2