

技術解説

실내환경의 종합 평가 방법

김 선 우

(전남대학교 공과대학 건축공학과)

I. 서 언

소음에 대한 관심이 고조되면서, 소음에 대한 사람의 주관적 반응을 좀더 정확히 평가 할 수 있는 방법에 대한 많은 연구들이 진행되고 있다. 왜냐하면 소음의 상태를 최종적으로 판단하는 것은 사람이기 때문이다.

그러나 이와 같이 소음에 대한 사람의 주관적 반응을 평가하는 경우에 소음은 실내 환경의 한 요소로서만 존재 가능하므로, 항상 다른 환경 요소의 영향을 받기 마련이다. 물론 소음에 대한 사람의 반응 평가를 위한 조사나 실험시, 다른 환경들이 사람의 주관적 반응에 미치는 영향을 최소화 시키기 위하여 타 환경 요인에 대한 조건을 조절하지만, 그 영향을 없앨 수는 없다. 특히 실내 공간에서의 소음에 대한 주관적 반응 평가시에는 더욱 그러하다고 할수 있다.

소음 중에서도 요즈음 가장 문제가 되고 있는 공동주택에서의 소음을 조사 해보면, 교통소음 특히 자동차로부터의 외부소음과 바닥충격음과 설비소음 등과 같은 내부소음으로 분류된다. 즉 공동주택의 거주자는 창문 등을 통하여 실내로 들어오는 외부소음과, 위 아래 층및 옆 세대로부터 발생하는 내부소음을 동시에 경험하면서 생활한다고 할 수 있다. 이때 사람은 실내에 거주하므로 실내 온도를 유지하기 위하여 겨울철에는 난방을 하고, 실내의 습도가 낮은 경우에는 가습기를 사용하여 실내 습도를 조절하기도 한다. 여름철에는 냉방을 하거나, 냉방을 하지 않은 경우에

는 창문을 열어 실내 온도를 조절하기도 한다. 또한 실내에서 발생하는 냄새를 없애거나 청소등을 위하여, 창문을 열고 환기를 한다. 즉 사람은 어느 공간에서 생활하거나 위와 같은 여러 다른 환경 요소들을 동시에 경험하면서 생활한다고 할 수 있다. 따라서 소음에 대한 반응의 조사시에도 이러한 경험들은, 무의식 중에 사람의 판단에 영향을 주기 마련이다.

이러한 관점에서 소음에 대한 사람의 주관적 반응은 다른 환경요소에 의하여 어느 정도의 영향을 받으며, 또한 어떠한 상관관계가 있는가에 대한 문제는 매우 중요한 연구과제라고 할 수 있다. 그리고 이러한 연구과제는 실내환경 영향평가의 최종목표라고 할 수 있는, 복합실내환경 평가지표 설정을 위한 기본 단계이기도 하다.

II. 실내환경요소와 그 평가 방법

1. 실내환경 요소의 분류

사람이 거주하는 실내에는 많은 서로 다른 환경요소-실내 공기온도, 주위 벽면의 온도, 습도, 실내 기류속도, 조명, 냄새및 실내오염, 소음 등-가 혼합된 공간이라고 할 수 있다. 이러한 요소들은 熱環境, 光環境, 音環境으로 대별될 수 있다. 또한 주거성능의 향상과 에너지 절약의 측면에서 건물 외부 구조의 기밀성능이 향상되고 많은 새로운 건축자재가 개발되어 사용되면서, 실내오염에 대한 사항도 매우 중요한 실내환경요소로 인식되고 있다. 특히 건축물의 내구성이 향

상되면서 노후화된 건축물이 증가하고 있음도, 실내 오염에 대한 관심을 고조시키는 하나의 요인이라고 할 수 있다.

이러한 관점에서 실내환경요소들은 熱環境, 光環境, 音環境 및 室內汚染分野로 분류된다고 할 수 있다. 상기의 요소중 실내 光環境에 대한 사람의 반응은 주변과의 휘도비나 빛의 색채에 따라 심리적 반응이 틀려지기도 하나, 일반적인 실내 조건의 경우 빛의 밝기가 문제가 되고 그 측정단위도 lux를 사용하므로 여기에서는 熱環境 및 室內汚染과 騒音評價方法을 위주로 기술하고자 한다.

2. 실내 열환경 평가 방법

열은 사람의 피부에 의하여 감지되고, 인체의 피부는 혈관과 지방질의 작용에 의하여 인체의 열 방출을 조절한다. 인체의 심부온도를 일정하게 유지하기 위해서는 체내의 열생산과 체외로의 열방출이 평형을 이루어야 하며, 사람 체내의 열 방사가 적당히 이루어지는 주위 환경의 온도범위를 快適範圍라고 한다. 쾌적범위란 다수의 성인이 쾌적하다고 느끼는 환경의 범위를 설정한 것으로, 열환경의 쾌적상태에 영향을 주는 인자는 물리적인 온열요소로 乾球溫度 濕度, 氣流速度, 주위 벽의 輻射熱의 4가지가 있고, 사람의 着衣狀態와 인체의 新陳代謝率, (Metabolic rate)이다¹⁾.

이러한 열환경 요소들이 사람의 쾌적조건에 미치는 영향을 단일지표로 표현하는 것이 가능하다면 실용상 대단히 편리하기 때문에, 생리적 반응뿐만 아니라 감각의 반응 등에도 기반을 둔 많은 지표가 연구 발표되고 있다. 기 발표된 단일지표중에서 많이 사용되고 있는 열환경지표를 열거하면, 미국냉난방·공기조화협회(ASHRAE)에서 채택하여 사용하고 있는 표준유효온도(Standard Effective Temperature: SET), 그리고 Fanger 교수가 제안한 PMV(Predicted Mean Vote)와 PPD(Predicted Percentage Dissatisfied)등을 들 수 있다.

3. 실내오염의 평가 방법

전술한 바와 같이 건축구조의 기밀성능의 향상, 노후화된 건축물의 증가, 카페트와 같은 실내마감재의 사용 증가 등으로, 건축물 실내 공기의 오염수준을

평가할 수 있는 방법에 관한 연구들이 진행되고 있으며, 쾌적한 실내공기조건을 유지하기 위하여 각 나라마다 환기기준을 설정하여 사용하고 있다. 주거용 건물의 실내공기 오염원을 열거하면 표1과 같다.

Table 1. Indoor Air Pollutants in Residential Buildings

Sources	Pollutant Types
OUTDOOR	
Ambient air	SO ₂ , NO, NO ₂ , O ₃ , Hydrocarbons, CO, Particulates
Motor vehicles	CO, Pb, hydrocarbons, particulates
Soil	Radon
INDOOR	
Building construction	
Materials	
Concrete, stone	Radon
Particleboard, plywood	Formaldehyde
Insulation	Formaldehyde, fiber glass
Fire retardant	Asbestos
Adhesives	Organics
Paint	Mercury, organics
Building Contents	
Heating and cooking Combustion appliances	CO, NO, NO ₂ , formal- dehyde, particulates
Furnishings	Organics
Water service : natural gas	Radon
Human occupants	
Metabolic activity	H ₂ O, CO ₂ , HN ₃ , odors
Human activities	
Tobacco Smoke	CO, NO ₂ , organics, particulates, odors
Aerosol spray devices	Fluorocarbons, vinyl chloride
Cleaning and cooking products	Organics, NH ₃ , odors
Hobbies and crafts	Organics

그러나 현재 사용되고 있는 환기기준은 실내 거주자만을 주 실내오염원으로 간주하므로, 표에서와 같

1) 사람 의복의 단열성능을 측정하는 단위는 clo라는 무차원 단위가 사용되고, 인체의 신진대사율은 Met로 표시 된다. 1 clo는 0.155 m² °C / Watt의 열저항 값에 해당되고, 1 Met는 58.2 Watt / m²에 해당하며 m²은 인체의 단위표면적을 의미한다.

이 건물 자체나 건축 마감재료, 환기설비 등에서 발생하는 오염이 더 심각한 현재와 같은 상황에서 한계성이 있다고 할 수 있다. 또한 대도시나 공장지대와 같이 외부 공기가 신선하지 못한 경우에는 더욱 그러하다고 할 수 있다.

이러한 관점에서 제안된 실내오염 정도의 평가방법이 olf와 decipol이다. olf는 오염원의 단위이고, decipol은 실내오염 수준의 단위로

$$1 \text{ decipol} = 0.1 \text{ olf}$$

의 관계에 있다. decipol과 거주자의 불만족비율과의 관계를 나타내면 그림 1과 같고, 외부공기와 건축물의 오염수준을 decipol로 표시해보면 그림 2와 같다.

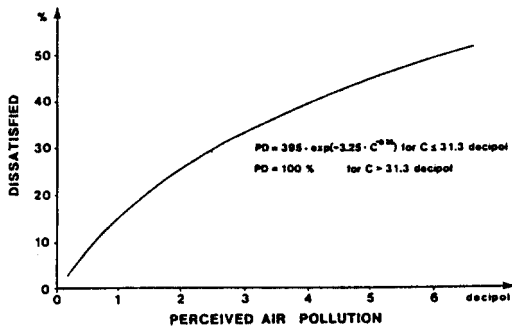


Figure 1. Perceived Air-Quality in Decipol as a Function of the Percentage of Dissatisfied

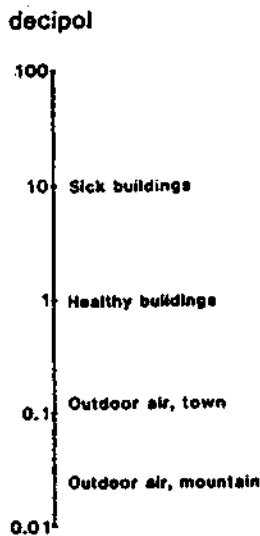


Figure 2. The Decipol Scale for Perceived Air Pollution with Typical Examples

4. 청감실험에 의한 소음의 평가방법

각종 소음의 평가법은 소음과 인간에 대한 영향과의 관계규명을 바탕으로 하고 있다. 즉 소음이라고 하는 물리적 자극(dose)과 이에 수반되는 효과(effect) 및 반응(response)의 관계로부터 소음의 가치 판단을 하는 것이라고 말할 수 있다.

이를 위해서 각종 소음을 물리적으로 측정하고 인간의 반응을 객관적으로 정량화 또는 수량화하는 과정이 요구된다. 그 과정에는 현장에서의 생활감을 통해 나타나는 반응의 측정방법 즉, 사회조사방법이 일반적으로 사용되고 있다. 그러나 인간의 반응을 수량화하는 데에는 많은 어려움이 따른다. 단순히 소음만이 자극에 따라 반응하는 것이 아니며, 개개인의 심리적 속성 즉 성별, 연령, 소음에 대한 감수성 등이 천차만별하게 상이하며, 정작 소음노출의 정도도 동일한 조건이 될 수 없기 때문이다.

따라서 소음의 자극에 대한 인간의 반응의 관계를 엄격히 확립하기 위해서는 가능한한 비음향적 요소가 최소화될 수 있으며 또한 자극이 동일하게 제시될 수 있는 통제된 조건이 필요하다. 즉 일정한 조건하에서 발생하는 음의 지각에 대해 정밀하게 조사하는 실험이 필요하게 되는데 이것이 곧 聽感實驗이다.

소음의 평가법에 관한 과학적 연구가 시작된 이래 B. A. Kingsbury 등의 순음에 대한 Loudness연구, H. Fletcher와 W. A. Munson 등의 Loudness곡선의 연구, 1940년대 미국의 S. S. Stevens, 독일의 E. Zwicker에 대한 Loudness Level에 관한 연구, K. D. Kryter, K. S. Pearsons, J. W. Little등의 PNL (Perceived Noise Level) 및 각종 보정법에 관한 연구 등은 소음의 자극을 청감실험실의 피험자에게 가하여 그 반응을 파악하는 청감실험방법을 이용한 것들이다.

현장과 실험실의 차이를 살펴보면 현장에 있어서 인간의 소음에 대한 반응은 음향이외의 복잡한 요인에도 영향이 있기 때문에 실험실내의 반응과도 다른 것이라고 알려져 있다. 이러한 현장과 실험실의 차이의 요인을 대별하면 물리적 요인과 심리적 요인으로 나누어질 수 있다.

물리적 요인 가운데 하나는 실험실과 사용기기의 음향특성(주파수특성, 시간특성, 입사방향 등)이 있는데, 이것은 커다란 차이가 없는 한 소음의 불쾌감의 평가에 미치는 영향이 비교적 적다고 한다. 또 하나의 차이점은 자극(소음)의 흐름으로부터 격리된다는 점을 들 수 있다. 즉 실험에 있어서는 현실에서

연속되는 소음의 일부를 따로 떼어내서 자극원으로 사용하므로 자극의 문맥효과가 다르다고 할 수 있다.

심리적 요인에 관해서는 몇가지 점을 들 수 있다. 첫째 피험감, 즉 실험실 실험에는 피험자가 실험에 임할 때 심리적 긴장이 강해진다는 점을 들 수 있다. 둘째, 음원의 시각정보, 즉 소음원과 그 주변환경이 보여지는 것에 의한 현상의 이해의 문제이다. 셋째, 입장감의 차이도 있다. 네째로는 수음자의 태도의 차이도 생각할 수 있다. 즉, 실험실에서는 제시되는 음에 주의를 향하여 듣는 것(listen)이 요구되며, 현실에서는 소음에 주의를 향한 청취가 드물며 소음이 들려오는 것(hear)이 보통이다.

이상과 같이 현실과 실험실과는 많은 점에서 다르다고 생각할 수 있지만 중요한 것은 이와같은 차이가 소음의 불쾌감에 어떠한 차이로 나타나는가, 또 실험실에서 얻어지는 지각이 어느 정도 현실에 적용가능한가를 아는 것이다. 그러기 위해서는 상술한 차이를 배제하고 실험하는 것이 필요하다고 할 수 있다.

Ⅲ. 열환경및 실내오염 수준이 실내허용소음레벨에 미치는 영향

열환경및 실내오염수준이 실내 허용소음 레벨에 미치는 영향을 파악하기 위하여, 인접된 두개의 실험실을 사용하여 피 실험자의 주관적 반응을 조사한 연구결과의 일부를 제시하여 보면 다음과 같다.

실내 열환경 조건이 각각 23.3°C(OT), 26.0°C, 28.4°C이면, 이에 대응하는 실내소음레벨은 40dB, 55dB, 60dB가 된다.

또한 실내오염수준이 1.37 decipol, 5.08 decipol, 7.31 decipol일 경우에는, 이에 대응하는 실내소음레벨은 55dB, 58dB, 60dB가 된다.

상기 결과는 자동차소음을 소음원으로 사용한 결과로서, 측정단위는 Leq dB(A)이다. 이러한 결과들을 통하여 열환경 조건및 실내오염 수준이 허용소음레벨에 영향을 미친다는 것을 알 수 있다.

IV. 결 언

실내환경에 대한 사람의 반응을 평가할 수 있는 방법에 대한 많은 연구들이 진행중에 있고 또 발표되어 왔지만, 대부분은 개개의 요소들에 대한 반응만을 연구의 대상으로 하고 있다. 따라서 현 단계에서 복합 실내환경에 대한 하나의 종합지표를 제시한다는 것은 매우 어려운 연구과제라고 할 수 있다. 그러나 기 발표된 각각의 요소들에 대한 반응 평가방법을 이용하고 실험실실험을 통하여 각 환경요소들을 통제된 뒤 실험을 실시하면, 그 환경요소들 사이의 상관관계를 파악할 수 있고 나아가서는 복합환경지표에 관한 방향을 제시할 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

1. ASHRAE, ASHRAE Handbook, 1989 Fundamentals
2. P.O.Fanger, "The old and decipol," ASHRAE Journal, pp. 35-38, October 1988
3. P.O.Fanger, "New principles for a future ventilation standard," Proc. of INDOOR AIR '90, Vol.5, pp. 353-364, July 1990
4. Sun Woo Kim 외, "A Study on the Standards of Impact Floor Sound Insulation for Apartment House," Korea-Japan Symposium on Acoustics, pp.472-479, July 1991
5. 김선우외, 공동주택 내부소음 기준설정 연구(I), 대한주택공사, 1990.12
6. Sun Woo Kim, "Variations of accepted indoor noise level with different thermal conditions and indoor air qualities," DTH, 1992

- ▲김 선 우 1949년 5월 24일생
 1977년 2월 : 전남대학교 공과대학 건축공학과 졸업
 1979년 2월 : 전남대학교 대학원 건축공학과 졸업(공학석사)
 1989년 8월 : 서울대학교 대학원 건축학과 졸업(공학박사)
 1986년 3월 ~ 1987년 2월 : 서울대학교 공과대학 교환교수
 1978년 7월 ~ 현재 : 전남대학교 공과대학 건축공학과 부교수
 1991년 8월 ~ 1992년 8월 : 덴마크 공과대학 음향연구실 Research Fellow