



## 소음이 인체에 미치는

## 영향과 주거환경 개선 방향

전진용\*

(한양대학교)

### 1. 머리말

최근의 생활수준의 향상 및 웰빙의 영향으로 인해 어느 때보다 주거환경에 대한 관심이 증가되고 있다. 특히 바닥충격음을 중심으로 한 주거내 음환경에 많은 관심이 집중되고 있다. 이를 위해 이 글에서는 소음이 인체에 미치는 영향과 주거환경에서의 음환경을 개선시키기 위한 최근의 기술개발 동향과 이를 합리적으로 평가할 수 있는 평가 및 등급 체계 구축 방안에 대하여 소개하고자 한다.

### 2. 소음이 인체에 미치는 영향

소음이 인체에 미치는 영향으로는 크게 생리적 영향, 심리적 영향 그리고 생활방해가 있다. 소음에 의한 생리적 영향으로는 청력손실과 난청, 맥박과 혈압의 상승, 소화운동의 억제 및 순환기 질환 등이 발생된다. 소음에 의한 심리적 영향으로는 시끄러움, 거슬림 및 정서불안 등이 있으며, 작업방해, 수면방해, 회화방해, 휴식방해 및 정신집중 방해 등의 생활방해가 나타나고 있다. 위의 세 가지 소음의 영향은 독립적인 영향이 아니고 서로 상관관계가 높으며, 소음의 레벨, 주파수 특성, 지속시간 및 주파수의 변동 등 다양

한 소음의 특성에 의해 영향의 정도가 상이하게 변화된다. 따라서 각종 소음에 의한 인체의 영향 및 피해 정도를 각각의 소음의 특성을 고려하여 평가하여야 한다. 소음에 의한 영향은 위의 음향적 특성 이외에 개인의 소음에 대한 경험, 성격, 주변 환경 등 소음의 비음향적 요소에 의해 영향을 받으므로 많은 수의 피험자를 대상으로 한 청감실험 및 설문조사를 통해 개개인의 민감도 등을 고려하여야 할 것이다.

이와 같은 소음의 영향은 생활수준의 향상에 따른 쾌적한 주거 및 생활공간 요구의 증가와 함께 소음에 의한 심리적 영향도 증가하고 있다. 또한 공동주택 및 생활환경의 집적화 및 도시지역 인구밀도의 증가에 따라 개인의 프라이버시가 존중되는 환경에 대한 요구가 증대되고 있으며 이를 위해 가장 중요하게 인식되는 요소가 각종 소음에 의한 생활방해이다.

소음의 청력손실은 가장 직접적인 소음의 영향이며, 내이(內耳) 내의 감각신경의 기능상실로 인해 유발되는 것이다. 일반적으로 청력손실은 젊은 성인 남성의 상대적 청력 민감도를 기준으로 500Hz, 1kHz, 2kHz 대역의 청력손실이 25dB일 경우로 80dB(A) 이상의 소음에 장기간 폭로될 경우 발생하게 된다. 소음의 심리적 영향은 소음 성분 중에 고주파, 순음, 충격음 및 간헐음 등이

\*정회원, E-mail : jyjeon@hanyang.ac.kr, Tel : 02)2290-1795

두드러지는 경우 불쾌감이 증가한다. 소음에 의한 작업방해는 일반적으로 95dB 이상의 높은 소음환경에서 작업능률이 저하되며, 정신집중을 요하는 정밀 작업은 더 낮은 소음레벨에서도 정밀도의 저하가 유발된다. 레벨이 높은 소음 및 변동이 심한 소음의 경우 수면을 방해하여 사람의 휴식을 방해하며, 항공기, 철도 소음 등에 의한 수면방해가 많이 연구되었다. 또한 소음은 사람의 의사전달을 방해하며, 의사소통을 하고자 하는 사람들의 목소리를 점점 크게 하는 카테일파티 효과를 일으키기도 하지만, 적절한 레벨의 배경 소음은 사람이 발생하는 소음을 마스킹하여 개인의 프라이버시를 보장하기도 한다.

이상과 같이 소음에 의해 인체는 다양한 영향을 받고 있으며, 주거환경, 사무환경 및 작업환경에 따라 다르게 나타나고 있어 주거환경, 사무환경 및 작업환경에 대한 기준 설정시 서로 다른 평가기준을 수립하여야 한다. 생활공간의 경우 최근 공동주택의 바닥충격음에 대한 급격한 관심 증가와 함께 공동주택 내의 실간, 세대간 차음성능, 급배수 설비 소음 등 주거환경에서 발생하는 다양한 소음에 대한 관심이 증가되고 있다. 각종 생활가전기기 및 PC 구매시에도 소음레벨이 중요한 제품선정의 기준이 되고 있는 실정이다. 이와 같이 위의 세가지 환경 중에서 주거환경에 대한 소음저감 및 쾌적한 음환경 구현이 가장 중요하게 대두되고 있다.

### 3. 소음저감을 위한 국내 제도 개선

주거환경에서 거주자에게 피해가 되는 소음원은 공동주택 내부에서 발생하는 소음원과 외부에서 발생하는 소음으로 분류할 수 있다. 공동주택 내부에서 발생하는 소음원으로는 최근 이슈화가 되어 법제화가 진행되고 있는 바닥충격음, 세대간 공기전달음, 급배수 설비 소음과 가전기기 등에서 발생하는 소음이 있으며, 외부에서 유

입되는 소음으로는 도로, 철도, 항공기 소음과 건설소음 등이 있다. 내부발생 소음으로는 바닥충격음, 외부 발생소음으로는 건설소음에 대한 민원제기 및 환경분쟁 조정 신청이 가장 많은 것으로 나타나고 있다.

바닥충격음 저감을 위해서는 최근 공동주택 바닥충격음 규제기준을 경량충격음은 58dB( $L'_{n,AW}$ , KS F 2810, 2863), 중량충격음은 50dB( $L_{i,Fmax,AW}$ , KS F 2810, 2863)를 기준으로 3~4개 등급으로 개정하여 2004년 4월부터 경량충격음을 대상으로 시행되고 있다. 또한 건설교통부에서는 아파트 등급 표시제를 2005년 하반기부터 도입하기로 하였으며, 세부 평가 항목으로는 소음, 자재, 환경 및 구조 등 아파트 부문별 성능을 대상으로 등급을 표시하는 제도이다.

또한 환경부를 중심으로 친환경 건축물 인증제도를 실시하고 있다. 친환경 건축물 인증제도는 지속가능한 개발의 실현을 목표로 인간과 자연이 서로 친화하며 공생할 수 있도록 계획, 설계되고 에너지와 자원 절약 등을 통하여 환경오염 부하를 최소화하고 쾌적하고 건강한 거주환경을 실현하는 건축물의 건설을 유도하는 제도이다. 세부평가 항목으로는 토지이용 및 교통, 에너지 자원 및 환경부하, 생태환경 및 실내환경을 대상으로 주거용 건축물(주거부분, 비주거부분 및 주거외의 부분)과 업무용 건축물로 나누어 평가하며 소음과 관련 하여서는 바닥충격음, 세대간 차음성능, 단지 내 음환경 및 급배수 소음을 대상으로 평가하여 가중치를 부여하게 된다.

외부발생 소음중 도로, 철도 소음 및 생활소음을 대상으로는 소음, 진동 규제법에서 지역별 외부소음 규제 기준을 정하고 있으며, 항공기 소음의 경우 항공법에 규제기준이 나타나 있다. 그러나 이는 모두 건축물 외부에서 측정된 값을 기준으로 하는 것으로 도시의 집적화 및 과밀화에 따라 과거에는 기준을 만족시켰으나 소음의 증가로 인해 기준치를 상회하게 되는 경우가 발생하고

있으며, 위의 기준을 만족시키지 못하는 대지에 부득이 하게 건축물을 건설하여야 하는 경우가 발생하고 있어 외부 소음에 대한 다수의 민원 및 환경 분쟁이 발생할 가능성이 있다. 따라서 이러한 문제를 해결하기 위한 방안으로 공동주택 등 주거환경 내부로 유입되는 외부 소음에 대한 기준을 수립하여 평가하는 방법이 제안되고 있다.

또한 외부소음 중 가장 많은 민원 사례는 건설 소음에 대한 것으로 건설기계류에서 발생하는 소음 저감이 가장 효과적이라는 판단 하에 환경부에서는 최근 소음, 진동 규제법을 개정하여 건설기계류에 대한 소음표시제를 시행하고자 한다. 소음표시제는 소음을 발생시키는 기자재 제작시 그 발생 소음도를 표시하여 소비자가 저소음 제품을 확인, 구매하도록 유도하는 제도로 소음발생 기자재 제작사의 소음저감기술개발을 촉진하여 조용하고 쾌적한 생활환경 조성에도 모하기 위한 제도이다. 소음표시제와 관련하여 국제적으로도 I-INCE의 Technical Study Group TSG 2에서도 "Noise labels for consumer and industrial products" 제도를 실행하기 위하여 각국의 실정 및 의견을 조사하였다.

가전기기의 경우 노르웨이와 독일의 경우 제품의 환경성능 평가의 일부로 가전기기의 음향 파워를 제한하고 있다.

### 4. 소음 평가

소음은 주변 상황이나 개인의 민감도에 따라 느끼는 정도가 달라지는 주관적이고 감각적인 공해이므로, 인간의 감성적 반응에 대한 이해와 정량화를 통한 과학적 접근이 요구된다. 따라서 주거환경내의 소음저감 기술개발 및 정온한 환경 구현을 위해서는 합리적인 평가 방법 및 등급 제도의 수립을 통해 가능할 것이다. 소음평가 등급 수립은 거주자의 청감실험 및 설문조사를 기반으로 설정되어야 평가등급의 이해가 용이하고 합리적으로 설정될 것이다.

이를 위해 가장 기본이 되는 것이 청감실험 및 설문조사시 활용하는 평가 어휘이다. 다음은 주관적 평가에 의한 소음평가 어휘 선정의 예를 나타낸다. 소음 평가어휘 선정을 위해 소음에 대하여 신경쓰임의 정도를 나타내는 115개 부사어휘를 사전에서 조사하여 적합성 테스트를 실시하여 30개의 어휘를 선정하였다. 선정된 30개의 어휘를 대상으로 7점 척도를 기준으로 주관적 소음 강도 테스트를 실시하여 21개 어휘를 각 강도별로 3~4개 어휘를 균등하게 선정하였다. 선정된 21개 어휘를 대상으로 공동주택에서의 공기전달음, 교통소음 및 욕실 배수 소음을 대상으로 레벨 변화하여 제시하였으며, 들려지는 소음에 대하

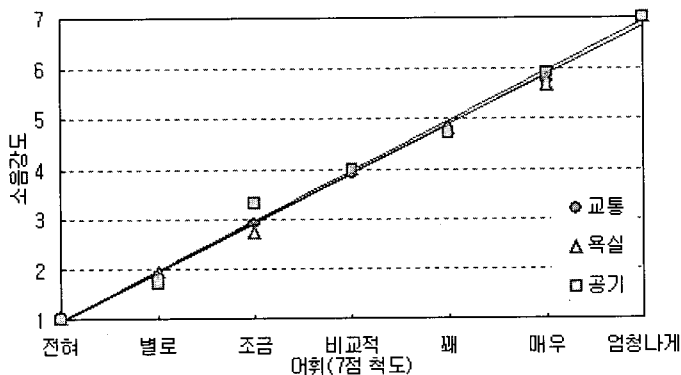


그림 1 7개 소음평가 어휘와 소음강도

특집

여 저녁시간 거실에서 휴식하는 경우 또는 취침을 하려고 할 때 들리는 소음에 의한 신경쓰이는 정도를 소음강도 (1~7점, Numeric scale)와 부사어휘(선정된 21개 중 1개 선택)를 선택하도록 하여 최종적으로 7개의 소음평가 어휘를 선정하였다. 선정된 7개의 어휘와 소음강도간의 관계는 그림 1에 나타내었으며, 선정된 어휘는 소음강도와의 관계가 선형성이 높게 나타나 소음강도를 나타내는 척도로 활용이 가능한 것으로 나타났다.

다음의 예는 주거 및 사무환경 소음에 대한 주관적 한계치 설정 예로 그림 2와 같이 실제 주거 및 사무환경과 유사한 챔버에서 청감실험을 실시하였다. 청감실험 대상 소음원으로는 주거환경에서는 바닥충격음(중량, 경량, Impact ball 및 실제발생충격음), 냉장고, 세탁기, 청소기를 대상으로 하였으며, 사무환경에서는 전화벨, 복사기, 사무용품 낙하음, 보행음 및 대화음을 대상으로 하였다. 청감실험시 상황설정은 공동주택 및 사무실에서 독서, 신문 읽기 상황 같은 기본 활동에 대한 작업방해를 기준으로 하였다. 청감실험 방법으로는 정확한 피험자의 한계 설정을 위해 단계법(Staircase method)를 적용하여 평가하였다.

위의 두가지 평가 예와 같이 소음평가 등급 설정은 다양한 피험자의 주관적 반응을 기반으로 하여야 하며 피험자의 주관적 반응을 잘 나타내

는 평가 어휘, 척도를 대상으로 실제 환경과 유사한 조건 또는 실험환경에서 평가하여야 할 것이다.

이상의 방법을 통해 각각의 주거환경 소음에 대한 평가 결과를 바탕으로 한 주거공간의 음환경 성능을 종합적으로 평가 할 수 있는 지표의 개발이 필요하다. 현재 공동주택의 바닥충격음에 대한 평가 및 등급제한 일부 시행되고 있다. 공동주택 거주자들은 바닥충격음 뿐만 아니라 층간, 세대간 공기전달음 및 설비소음 등 다양한 실내발생소음과 외부 소음 유입 정도 등에 따라 공동주택의 소음성능을 평가하고 불만을 표현하고 있다. 따라서 공동주택의 종합적 소음 평가를 위한 제도의 마련이 필요하다고 하겠다. 이를 위해서는 공동주택에서 발생하는 다양한 소음에 대한 거주자 불만 실태 조사, 각 소음원에 대한 평가 등급 및 각 소음원의 상호 효과 및 종합적인 소음 평가 방법이 마련되어야 한다.

### 5. 소음저감을 위한 기술

주거환경 소음 저감하기 위해서는 실내 구성 요소와 실내외를 구분하는 벽, 창호에 대한 소음 차단성능 개선이 중요하다. 실내 구성요소로는 바닥, 벽 및 문 등이 있다. 바닥의 소음차단성능은 주로 바닥충격음과 관련되며 현재 바닥충격

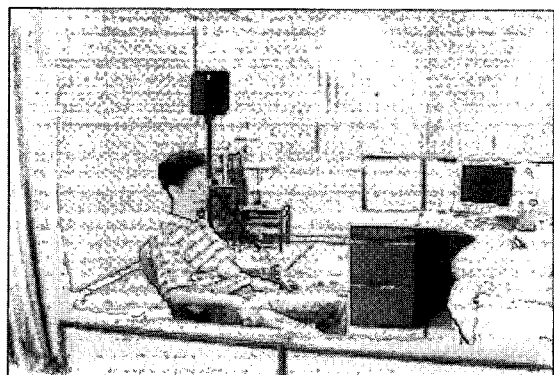


그림 2 실험환경과 유사한 조건에서의 청감평가

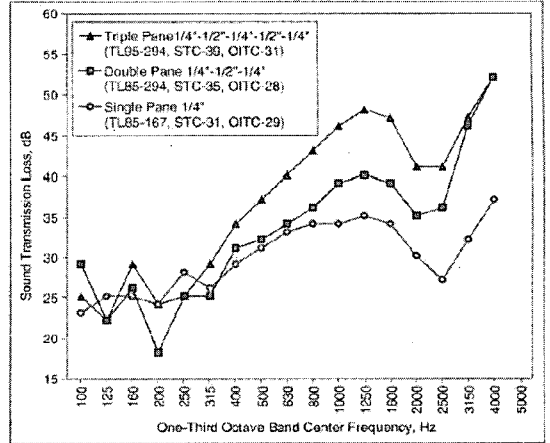
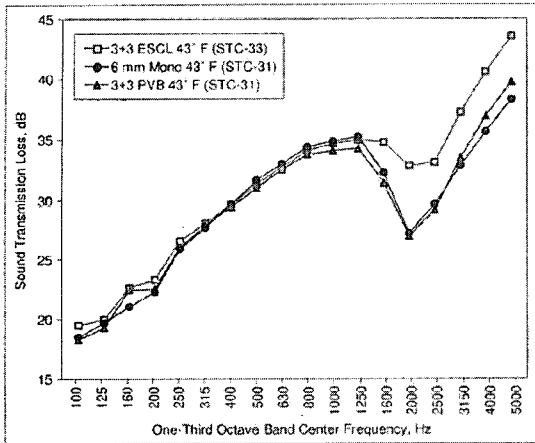


그림 3 유리의 접합물질과 2중, 3중 유리에 의한 차음성능 변화

음 저감을 위한 다양한 완충재, 저감재가 개발되고 있으며 기존의 국내 벽식구조 공동주택의 차단성능 확인과 함께 슬래브 두께 증가, 라멘구조의 도입 등 구조적인 면에서의 개선이 연구되고 있다. 국내 벽식구조 공동주택의 세대간벽의 경우 대부분 콘크리트로 구성되어 양호한 차음성능을 갖고 있으나, 추가적인 성능 향상이 필요한 실정이며, 특히 건축물의 건식, 경량화 추세에 따라 건식 칸막이 벽이 적용될 경우 세대간 차음성능의 차음성능 향상을 위해서는 고성능 흡차음재의 개발 및 적용이 필요하다. 세대간 차음성능과 함께 상하층간 공기전달음에 대해서도 개선이 되어야 하며, 상하층간 소음은 국내 공동주택의 특성상 수직적으로 연결되는 각종 급,배수 전기 설비 배관 등에 의한 것으로 판단된다.

이와 함께 급배수 설비 소음의 개선을 위해서는 급배수 설비 기구류의 개선, 배관 라이닝 자재의 차음성능 부여 등이 필요하며, 공동주택 급,배수설비 시스템 자체의 개선과 파이프 샤프트 등에 대한 건축 계획적 측면에서의 개선이 필요하다. 외부소음 차단성능의 향상은 외부 창호 및 유리 등의 성능에 영향을 받게 되므로 차음성능이 높으며 가격이 저렴한 외부 창호 및 유리가 적

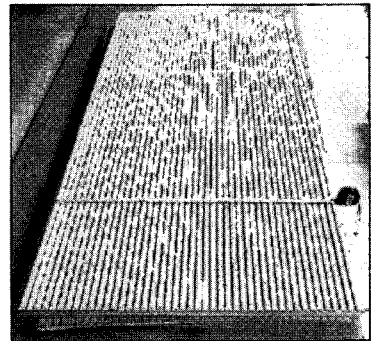
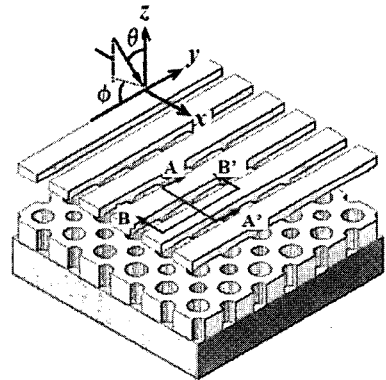


그림 4 DPAS

용되어야 한다. 외부창호의 경우 건축물의 고기밀화에 따라 환기성이 차음성 못지않게 중요하게 대두되고 있어 자연환기를 충분히 유도하며

차음성능을 확보할 수 있는 창호의 개발이 필요한 실정이다. 이외에도 세대내의 문, 현관문 등 다양한 건축자재에 대한 차음성능 평가 체계 구축과 자재 개발이 필요한 실정이다.

유리의 경우 차음성능 향상 및 기능성을 부여하기 위한 다양한 연구가 진행되고 있으며 그림 3에서와 접합유리의 접합물질의 변화(PVF→ESCL)에 의해 차음성능이 향상되었으며, 2중 3중 유리 적용과 접합물질의 차음성능에 대한 영향에 관한 연구가 진행되고 있다<sup>(1)</sup>. 또한 자연환기와 주광을 도입할 수 있는 투명 미세 타공 흡음재를 창호에 적용하기 위한 연구도 수행되고 있다<sup>(2)</sup>.

또한 건식벽체의 공진에 의한 차음성능 저하를

보완하기 위하여 기존의 글라스 울을 대체할 수 있는 미세타공판(Microperforated panel)에 대한 개발도 이루어 지고 있다<sup>(3,4)</sup>. 그림 4와 같은 DPAS (Different hole diameter Perforated panel Absorption System)의 경우 서로 다른 직경의 구멍과 strip에 의한 slit 등에 의해 중주파수 대역의 흡음을 크게 하는 역할을 하는 것으로 나타났다<sup>(4)</sup>. 그림 5는 흡음재의 타공구조를 다양하게 변화하여 저주파 대역의 흡음률을 향상시킨 것이다<sup>(6)</sup>.

설비소음의 저감 방법 중 하나로 기존의 파이프 보온재의 낮은 삽입손실을 향상시킨 재료가 개발되었으며<sup>(7)</sup>, 이에 대한 건축설비 시스템 등에의 적용할 경우 중,고주파 소음 차단에 효과가

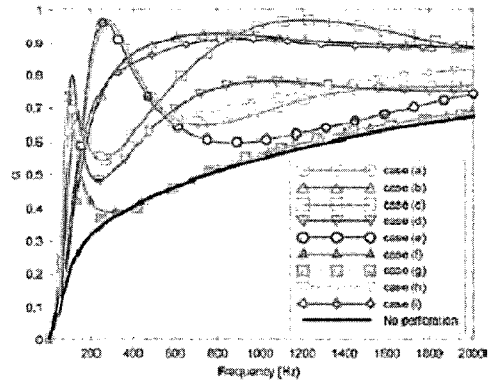
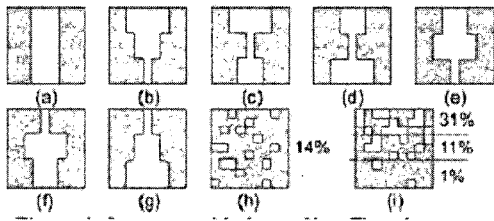


그림 5 저주파 특성 개선 흡음재

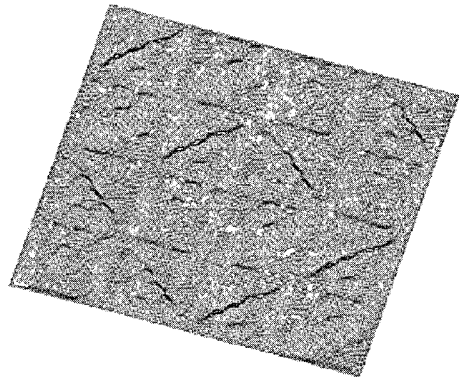
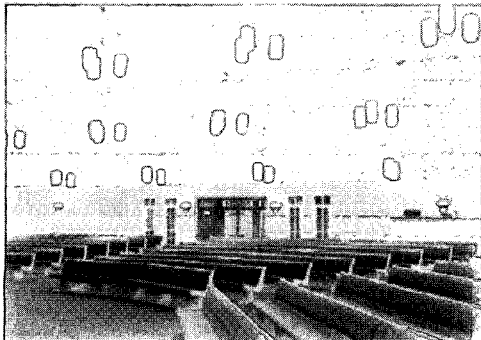


그림 6 확산체의 적용

있을 것으로 판단된다.

건축실내공간의 건축음향 특성을 개선하기 위하여 최근에는 확산체가 개발, 적용되고 있으며 그림 6은 한 예를 나타내고 있다<sup>6)</sup>. 또한 QRD (Quadratic Residual Diffuser)의 흡음성능을 향상하여 방음벽에 적용하기 위한 연구도 수행되고 있다<sup>9)</sup>.

이와 같이 다양한 재료를 사용하여 주거환경 소음을 저어 할 수 있을 것으로 판단되며, 다양한 재료 및 형상의 개발을 통해 각 재료의 음향성능을 향상시킬 수 있을 것이다. 그러나 건축물에 적용하기 위한 재료는 음향적 성능이외에 내구성, 시공성, 경제성 및 기타 여러 가지 환경제어 성능을 확보해야 하므로 이에 대한 점검 및 보완이 반드시 수행되어야 할 것이다.

## 6. 맺음말

현재 건교부에서는 아파트 등급 표시제도를 계획하고 있으며, 환경부에서는 건설기계를 대상으로 소음표시제를 시행하고자 한다. 생활수준의 향상에 따라 사람들이 원하는 주거 내 음환경 수준도 향상되고 있어 건축물을 대상으로 한 흡차음 자재 및 구조의 개발이 필요하며 저소음 기기의 매출이 증가하고 있는 추세이다. 거주자의 요구에 부응할 수 있는 정온한 주거환경을 구현하기 위해서는 벽, 바닥, 창호 및 건축설비 시스템 등 건축물 구성요소 전반에 대한 소음 저감 기술 및 재료가 개발되어야 하지만, 각종 소음과 전체적인 주거공간의 음환경을 합리적으로 평가할 수 있는 평가체계의 구축이 선행되어야 할 것이다. 합리적인 소음 평가를 위해서는 각종 소음에 대한 감성평가를 통해 한국인의 해당 소음의 다양한 심리적 속성(Loudness, Noisiness, Annoyance 등)을 고려한 평가 방법 및 척도가 개발되어야 한다. 또한 설정된 평가등급에 대한 생

활감 측면에서의 설명이 보완되어야 할 것이다. ☞

## 참고문헌

- (1) J. G. Lilly, 2004, "Recent advances in acoustical glazing," *Sound and Vibration*, pp.8-14.
- (2) J. Kang, M and W. Brocklesby, 2004, "Design of acoustic windows with micro-perforated absorbers," ICA 2004. CD-Rom.
- (3) M. Yairi, K. Sakagami, M. Morimoto, A. Minemura and K. Andow, 2004, "Effect of microperforated panel inside the cavity on structure-borne sound radiated from a double-leaf structure," ICA 2004, CD-Rom.
- (4) C. Thomas and U. Weltin, 2004, "Sound reduction of double walls containing inner microperforated panel absorbers," ICA 2004, CD-Rom.
- (5) K. Oguchi, and K. Fujiwara, 2004, "Perforated panel - porous material board - band absorption system with screen strips," ICA 2004, CD-Rom.
- (6) F. Sgrad, N. Atalla and X. Olny, 2004, "Potential of heterogeneities in porous materials for noise control of multilayered systems," ICA 2004, CD-Rom.
- (7) M. J. Swift, K. V. Horoshenkov and P. Johnson, 2004, "Elastomeric acoustics and thermal insulation for pipeline systems - application to marine and offshore sector," ICA 2004, CD-Rom.
- (8) P. D'antonio and T. J. Cox, 2004, "Aperiodic tiling of diffusers using a single asymmetric base shape," ICA 2004, CD-Rom.
- (9) Y. W. Lam and M. R. Monazzam, 2004, "Application of quadratic residual diffusers in noise barrier structures," ICA 2004, CD-Rom.