

## 에어컨 실내기의 방사소음과 실외기의 투과소음에 의한 환경소음 예측

### Environmental Noise Assessment of Indoor and Outdoor Units of Air-conditioner

장 서 일<sup>†</sup> · 최 진 권\* · 손 진 희\* · 모 진 용\*\* · 구 형 모\*\*

Seo Il Chang, Jin-kwen Choi, Jin-Hee Son, Jin-Yong Mo and Hyung-Mo Ku

(2002년 8월 5일 접수 ; 2002년 12월 31일 심사완료)

**Key Words** : Transmission Loss(투과손실), Aperture(틈새), Air-conditioner(에어컨), Transmitted Sound Level(투과음레벨)

#### ABSTRACT

This study was conducted to determine the sound paths and transmitted sound level in house. An air-conditioner system was selected a typical sound source. The measured transmission loss data shows that the apertures have an significant effect on the transmitted noise and comparable with the existing theoretical data. Therefore the complex aperture was substitute to quantitative apertures approximately. An effective simulation method, ray tracing and mirror image source method, was employed in the prediction of transmitted sound level. The measured results were efficiently reflected on the simulated results. So it is important that measuring the acoustic parameter prior to the prediction of the transmitted sound level in the house.

#### 1. 서 론

본 연구는 주거공간 내부에 소음원이 있는 경우 관련된 기존의 연구자료를 바탕으로 하여 국내에서 현재 생산되는 에어컨이 일반적인 사용환경에서 가동될 때에 실내기의 방사소음과 실외기의 투과 소음으로 인한 실내소음도를 예측하는 방법을 제시하는데 목적을 두고 있다.<sup>(1~5)</sup> 특히 전달되는 소음에 틈새가 미치는 영향을 파악하며 틈새를 고려한 예측의 가능성을 예측치와 실측치의 비교를 통해 확인한다.

현재 대부분의 음향해석 프로그램에서 소음도 예측

시 현장에 존재하는 틈새의 영향을 잘 고려하고 있지 않다. 따라서 각 구조재의 자체 차음성능을 데이터로 이용한 경우 틈새의 영향이 고려되지 않아 오차가 심하거나 구조재의 차음성능을 높게 평가하는 오류를 범하고 있다. 따라서 본 연구는 틈새의 영향을 고려한 시뮬레이션의 수행가능성을 제시하고 그 결과와 실측결과를 비교 평가하고자 한다.

먼저 예측프로그램에 사용될 소음원의 규명을 위해 에어컨의 파워를 실측하고, 각종 음향 파라미터(parameter)들 역시 실측을 통한 값을 사용하였다. 한편, 소음이 전달되는 경로를 파악하기 위해서 실제 주거공간에서 소음전달 현상을 실측하여 분석하였다. 예측프로그램의 소음 차단성능은 투과손실(transmission loss,  $TL$ )을 사용하였다. 본 연구에서는 특히 투과손실에 있어서 문이나 창이 틈새의 영향을 중점으로 연구를 수행하였다. 소음도를 예측하는 방법으로는 음선추적법(ray tracing method, RTM)과

<sup>†</sup> 책임저자, 정희원, 서울시립대학교 환경공학부

E-mail : Schang@uos.ac.kr

Tel : (02) 2210-2177, Fax : (02) 2244-2245

\* 정희원, 서울시립대학교 대학원 환경공학과

\*\* 정희원, 삼성전자 시스템 가전 사업부

거울 형상 음원법(mirror image source method, MISM)을 근간으로 하는 상용프로그램인 Raynoise를 사용하였다. 틸새의 영향을 고려한 예측 결과를 얻기 위해 음향 파라미터를 실제 틸새가 존재하는 상황에서 측정된 실측데이터를 이용하였으며, 예측결과를 실측치와 비교하여 보아 그 예측방법의 타당성을 검토하는 한편 인텐시티맵을 통해 틸새를 가시화해 보았다.

## 2. 현장측정 및 분석

먼저 예측에 사용될 소음원의 파악을 위해 에어컨의 실내기 및 실외기의 음향파워레벨을 각각 측정하였다. 예측프로그램에 사용될 음향 파라미터를 구하기 위해서는 실제 에어컨이 설치될 대상아파트에서 잔향시간 및 실간 소음감소치(noise reduction, NR)를 실측하였다. NR 실측시 유리창 또는 문의 틸새의 투과손실을 구하기 위해 틸새를 고무찰흙으로 막고 측정하는 방법을 사용하였다. 실측을 통해 구한 틸새의 투과손실은 기존의 연구자료를 통한 이론식의 검토를 통해 그 크기의 정량화 가능성 또한 검토하였다. 이후 측정이 행해진 대상아파트에 에어컨이 실제 설치된 이후 실내소음도를 실측하였다.

### 2.1 주거공간내 소음원 규명 및 실측

음향파워는 벽걸이형과 스탠드형의 두 가지 모델을 대상으로 실외기 및 실내기의 음향파워를 반무향실에서 냉방 표준 조건에 따라 음향 인텐시티 측정법으로 측정하였고 측정모식도는 Fig. 1과 같다.

반무향실에서 측정된 에어컨 실내기 및 실외기 각

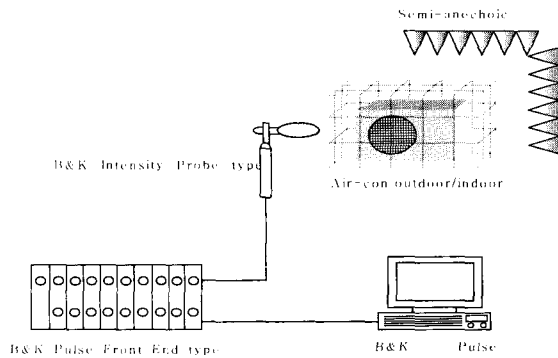


Fig. 1 Diagram of acoustic intensity measurement

각의 음향파워는 실내소음 예측시에 소음원의 음향파워레벨로서 사용되었으며 음향파워레벨의 자세한 수치는 제작사의 데이터를 협조 받아 이용하였다.

### 2.2 음향파라미터의 실측방법 및 과정

44평형의 아파트를 대상으로 실제 측정을 하였으며 투과손실을 측정하기 위해 베란다와 방 또는 거실, 양측의 소음도 차이(noise reduction, NR)와 수음측(거실 또는 방)의 잔향시간(reverberation time, RT)을 측정하였다.

Fig. 2는 현장측정의 모식도이며 현장에서의 실측은 녹음을 중심으로 현장에서의 간이확인이 병행되었다.

### 2.3 현장실측결과

소음원을 발코니에서 발생시키고 거실과 발코니 사이 창을 닫은 경우 발코니에서의 SPL(sound pressure level)과 거실에서의 SPL(sound pressure level)의 차이를 두가지 경우로 측정하였다. 틸새를 막지 않

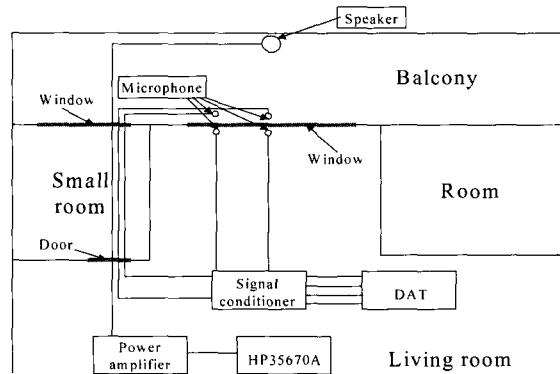


Fig. 2 Diagram of field test

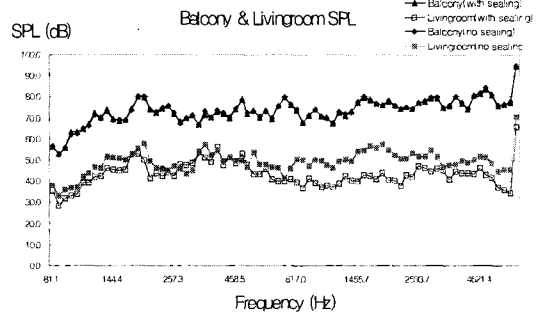


Fig. 3 Measured SPL of livingroom and balcony (1/12 octave-band)

고 측정된 경우와 틈새를 고무찰흙으로 막고 측정된 두 경우의 결과를 Fig. 3에 1/12 octave-band로 함께 나타내었다.

다음으로 거실과 발코니 사이의 NR 측정 결과를 1/1 octave-band로 나타낸 값은 Table 1에 나타내었다.

Table 1에서 NR 1은 거실과 발코니 사이의 창을 닫고 측정된 경우의 소음감소치를 나타내며, NR 2는 거실과 발코니 사이의 문을 닫은 후에 문틈을 막은 후 측정된 소음감소치를 나타낸 값이다.

TL을 구하기 위해서 거실에서 잔향시간을 실측하여 측정된 잔향시간과 NR을 식 (1)에 적용하여 창에 의한 TL을 계산하였다.<sup>(6)</sup>

$$TL = L_{p1} - L_{p2} + 10 \log \left( \frac{1}{4} + \frac{S_w}{R_2} \right) \quad (1)$$

여기서,  $S_w$ 는 시료의 면적( $m^2$ )을 나타내고  $R_2$ 는 수음원측의 실정수( $m^2$ )를 나타낸다. 다음으로 본 연구에서 중점을 두고 있는 틈새의 투과손실( $TL'_{leak}$ )은 식 (2)와 실측자료를 이용하여 계산하였다.<sup>(4)</sup> 여기서 '는 실측을 통해 계산된 값을 나타낸다.

$$TL'_{total} = 10 \log \left( \frac{S_{total}}{S_{struct} 10^{-TL'_{struct}/10} + S_{leak} 10^{-TL'_{leak}/10}} \right) \quad (2)$$

식 (2)에서  $S_{struct}$ 는 문 또는 창 자체 구조물의 면적을,  $S_{leak}$ 은 문 또는 창이 구조재로 설치될 때 생기는 틈새의 면적을 나타낸다. 측정된 결과 그래프는 Fig. 4에 나타내었다. 구조물과 틈새의 TL을 각각  $TL'_{struct}$ 와  $TL'_{leak}$ 로 표현하였으며 식 (1)의 TL은  $TL'_{struct}$ 와  $TL'_{leak}$ 의 영향이 함께 고려된  $TL'_{total}$ 로 볼 수 있다.  $TL'_{total}$ 은 틈새를 포함한 창 또는 문의 투과손실로서 측정결과를 토대로 식 (1)에 의해 얻어지며  $TL'_{struct}$ 는 틈새를 막고 측정된 결과를 토대로 값을 얻을 수 있다.

Table 1 Measured NR between livingroom and balcony

| Frequency(Hz) | 125  | 250  | 500  | 1K   | 2K    | 4K   | 8K   | O.A  |
|---------------|------|------|------|------|-------|------|------|------|
| NR 1(dB)      | 22.9 | 20.8 | 23.6 | 23.2 | 22.4  | 27.7 | 31.5 | 24.4 |
| NR 2(dB)      | 26.9 | 22.0 | 27.4 | 32.5 | 33.2  | 32.9 | 38.0 | 31.4 |
| NR1-NR 2(dB)  | -4.0 | -1.2 | -2.8 | -9.3 | -10.8 | -5.2 | -7.5 | -7.0 |

### 2.4 실측된 $TL'_{leak}$ 과 Gomperts 이론식 비교

Gomperts는 틈새의 모양을 일자형(slit-shaped) 또는 원형(circular)의 형태로 정의하였다.<sup>(2)</sup> 각각의 경우에 있어서 투과손실을 계산하였는데 이론식에 의한 결과의 형태가 비슷하여 본 연구는 일자형 형태의 틈새에 관하여 살펴본다. 일자형틈새의 모양은 Fig. 5와 같다.

Gomperts의 연구에 의하면 일자형 틈새에 의한 투과계수  $\tau_s$ 는 식 (3)과 같다.

$$\tau_s = \frac{mK \cos^2(KE)}{2n^2 \left( \frac{\sin^2(K(L+2E))}{\cos^2(KE)} + (K^2/2n^2)(1 + \cos(K(L+2E)) \cos KL) \right)} \quad (3)$$

식 (3)에서  $m, n$ 은 입사음의 성질과 틈새의 위치에 의해 결정되는 상수이며,  $K = kW$ 인데  $k$ 는 공기의 파수(wave number)이다. Fig. 5에 나타내었듯이  $W$  (m)는 일자형 틈새에서 폭을 나타내며,  $L = D/W$ 인데 여기서  $D$ (m)는 일자형 틈새의 깊이 즉 두께를 나타낸다. 또한  $E$ 는 식 (4)처럼 표현 되어진다.

$$E = \frac{1}{\pi} \left( \ln \frac{8}{K} - \gamma' \right) \quad (4)$$

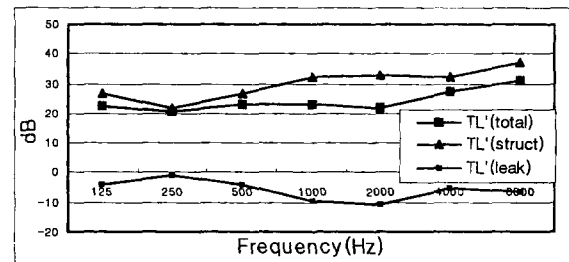


Fig. 4 Measured TL of window(between livingroom and balcony)

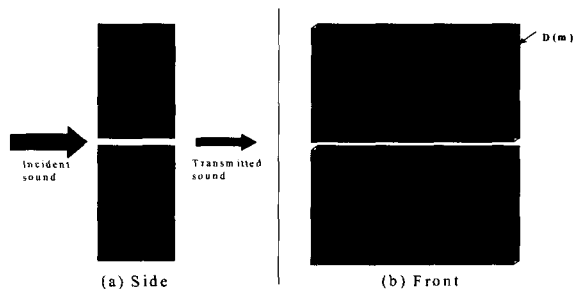


Fig. 5 Slit-shaped aperture

여기에서  $\gamma = 0.57722\dots$  로서 Euler 상수이다. 앞에서 언급한 상수  $m, n$  은 Gomperts에 의해 제안되어진 8, 1을 각각 사용하였다. 여기서 8은 음원측이 확산음장일 때 사용하며, 1은 슬릿이 시료의 가장자리에 위치했을 때 사용한다. 이러한 상수값에 일자형 틈새의  $D$ 와  $W$  를 정하여  $TL_s$  ( $TL'_{leak}$ , 이론식에 의한 틈새의  $TL$ )를 구하면 Fig. 6과 같다.

일자형 틈새에 의한 투과 손실은 Fig. 6에서 보는 것처럼 주파수가 증가할수록 그 값이 증가하다가 공진주파수를 가지는 대역에서 그 값이 크게 떨어진다.

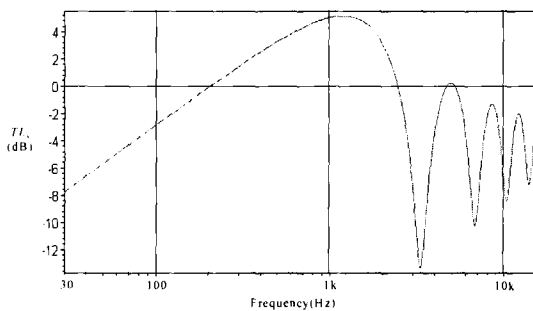


Fig. 6 The sound transmission loss by equation (3)

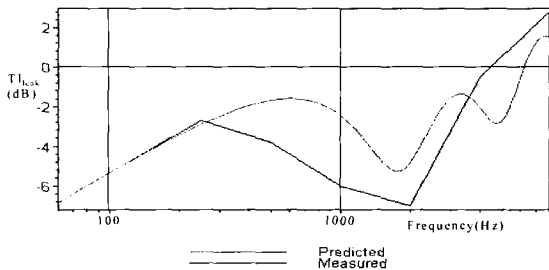


Fig. 7 Comparison of predicted and measured  $TL'_{leak}$  between livingroom and balcony

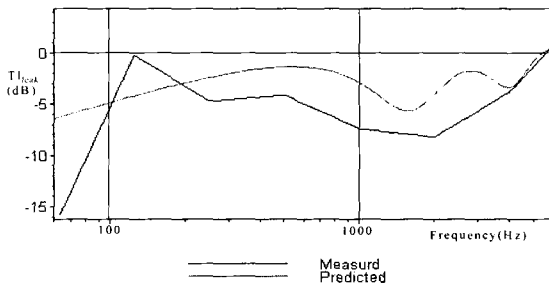


Fig. 8 Comparison of predicted and measured  $TL'_{leak}$  between bedroom and balcony (one window closed)

본 연구에서는 이러한 이론식에 의한 틈새의  $TL$  이 실제적인 틈새에 어떠한 방법으로 응용 가능한지를 판단하였다.

2.3절의 식 (2)와 같은 방법으로 방과 발코니 사이에 있는 이중창에 대하여 두개의 창을 모두 닫은 경우와 하나만 닫은 경우의 실험을 수행하였다. 틈새에 의하여 발생하는  $TL'_{leak}$ 을 Gomperts이론식 결과 중 일자형 틈새와 비교한 결과가 Figs. 7~9와 같았다.

위의 세 가지 그림에서 보듯이 측정값이 예측값 (Gomperts의 이론에 따른 정량적인 일자형 형태의 틈새)과 그 공진주파수 등에 있어서 비교할만한 수준을 나타내었다. 물론 이론식에 의한 틈새는 일자형의 모양이고 측정된 틈새의 경우 일자형이 아닌 복잡한 형태의 틈새 모양을 가지므로 정량적인 틈새 모양과의 오차는 나타날 수밖에 없다. Fig. 7의 경우, 즉 거실에 설치된 창문의 경우, 앞의 틈새에 이론식에서  $W=4$  cm,  $D=5$  cm인 정량적인 틈새를 가정한 경우와 비교할만하다. Fig. 8의 경우, 즉 방과 발코니 사이에 설치된 2중창 중 하나의 창만 닫았을 경우,  $W=4$  cm,  $D=6$  cm인 정량적인 틈새와 비교할만하다. 마지막으로 Fig. 9의 경우, 즉 방과 발코니 사이에 설치된 2중창 둘다 닫았을 경우,  $D=4$  cm,  $D=3$  cm인 정량적인 틈새와 비교할만하다.

### 3. 모델링시 고려해야 할 사항

시스템의 모델링시 외부에서의 투과음의 영향을 고려할 때 현장 실측을 통하여 구한 창문의 투과손실을 이용하게 된다. 실제로 소음도의 예측에서 투과음의 영향을 가장 크게 좌우하는 것이 창문의 투과손실이라고 말할 수 있다. 그러나 이러한 투과손실의 측정

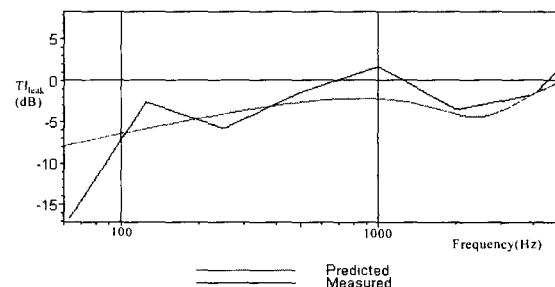
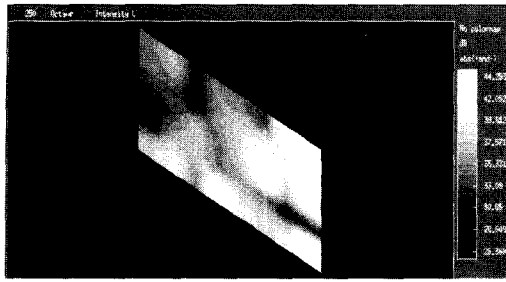
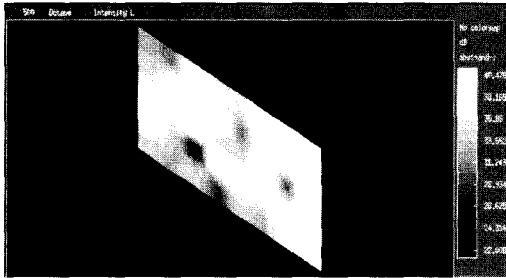


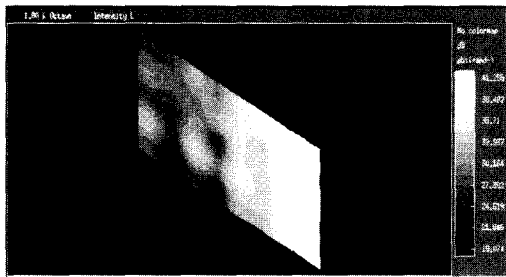
Fig. 9 Comparison of predicted and measured  $TL'_{leak}$  between bedroom and balcony (two window closed)



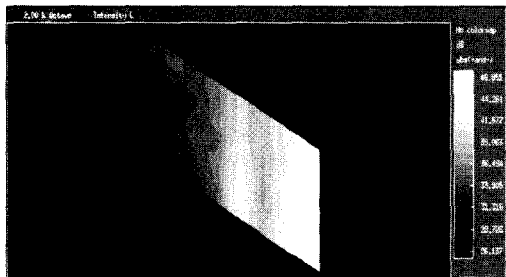
(a) Intensity map at 250 Hz



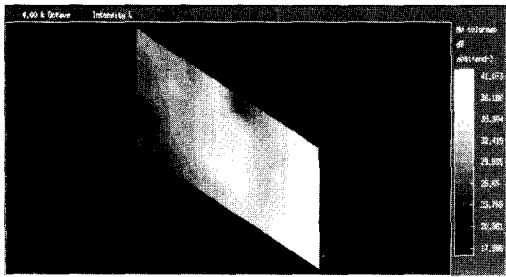
(b) Intensity map at 500 Hz



(c) Intensity map at 1 kHz



(d) Intensity map at 2 kHz



(e) Intensity map at 4 kHz

Fig. 10 Intensity map

에서 간과해서는 안될 영향 중 틈새의 영향과 공간의 고유주파수 등을 들 수 있다. 따라서 이러한 사항들에 대한 사전 조사는 정확한 실내 소음도 해석에 중요한 자료가 될 수 있다.

### 3.1 틈새의 영향

Table 1에서 틈새를 막은 경우 막지 않고 측정된 경우와 비교해보면 SPL 차이가 overall 값으로 약 7 dB의 소음이 저감되는 것으로 확인되었다. 또한 1000~2000 Hz의 소음이 틈새의 유무에 가장 크게 영향을 받는 것을 관찰 할 수 있으며 반면에 저주파 대역은 중고주파수 대역보다 틈새의 영향을 크게 받지 않는 것으로 판단되었다.

즉, 틈새는 1000 Hz 이상에서의 특정 주파수 영역에서 투과 손실에 나쁜 영향을 미치며 이러한 영향을 고려하지 않았을 때 실내 소음도 예측에서 오류를 범할 수 있다. 예를 들어 문이나 창문의 TL data를 가지고 모델링을 수행할 때 그 data가 틈새의 영향을 고려한 것인지 살펴보는 것이 중요하다.

창을 통한 투과음의 영향을 가시화시키고, 틈새의 위치를 파악하기 위해 거실창에서 측정된 인텐시티를 이용해 인텐시티맵(intensity map)을 작성해 보았다. 인텐시티는 베란다에 소음원을 위치시키고 창을 닫은 후 틈새를 막지 않은 상태에서 측정하였으며 Fig. 10에 옥타브별로 분석된 인텐시티맵을 나타내었다.

Fig. 10에서 보듯이 250, 500 Hz에서는 전체 창을 투과하는 투과음의 영향이 대체적으로 고르게 분포되어 있었다. 그러나 틈새의 투과손실에서 좋지 않은 영향을 미쳤던 주파수 대역인 1 kHz와 2 kHz에서는 확연하게 우측모서리에서의 인텐시티가 상대적으로 높은 분포양상을 보이는 map을 볼 수 있었다. 인텐시티를 측정한 거실 창형상을 보면 우측 하나의 창만 여닫음이 가능하도록 제작되어 있고, 나머지 왼쪽의 경우는 완전히 하나의 유리로 고정된 창문이었다. 따라서 틈새가 문제가 되는 주파수 대역에서는 고정되지 않은 창쪽의 모서리에서 발생하는 틈새가 투과손실에 악영향을 미쳤음을 판단할 수 있으며, 이 부분에서의 인텐시티가 반대편 모서리에 비해 거의 7 dB 이상 높아 거의 전 창형의 투과음의 지배적인 양을 차지함을 정량적으로도 확인할 수 있었다.

### 3.2 전달소음도와 음향공간 모드와의 관계 고찰

음향공간의 모드 및 구조체의 모드 또한 소음의 전달에 큰 영향을 미치며, 특히 구조체의 모드가 음향공간의 모드와 일치하게 될 경우 소음전달이 크게 일어난다. 이러한 영향은 주로 저주파 대역에서 나타나는데 본 실험 및 분석에서 이러한 현상이 발생하는 영역을 판단하고자 한다. 음향공간의 모드해석은 거실에서 싸인스weep(sine sweep) 신호를 음원으로 발생시켜 주파수응답함수(FRF)를 측정함으로써 음향 모드를 구하여보았고 LMS사의 Sysnoise라는 상용프로그램을 사용하여 비교해보았다. 거실 내부의 여러 곳에 (ch.1~6) 마이크를 설치하고 FRF를 측정하였다. Fig. 11은 채널의 위치를 나타내었으며 Fig. 12에 측정결과를 나타내었다.

본 연구의 실측실험이 수행되었던 공간 중 소음원 측으로 발코니, 수음원측으로 거실이 사용된 2군데의 음향모드 해석을 수행하였다. 해석을 통하여 구해진 각 공간의 음향모드 15개는 Table 2와 같다. Fig. 12에서의 실측 결과와 Table 2에서의 모델링결과 또한 비슷한 결과를 나타냈다. 해석결과를 종합하여 볼 때

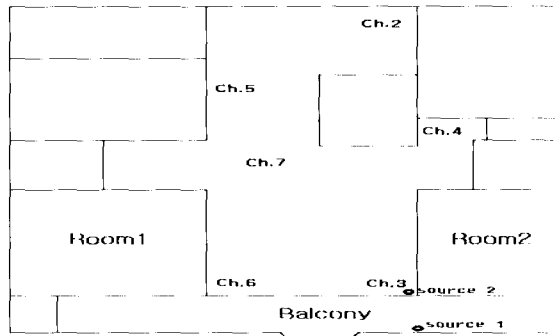


Fig. 11 Location of measuring microphone

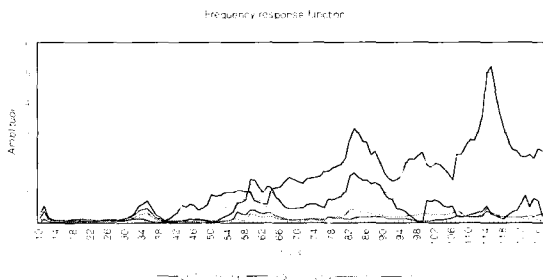


Fig. 12 Measured FRF of living room

음향 공간에서 모드는 저주파수 영역에서 주로 나타나며 실측 결과에서 보여졌듯이 500 Hz 이하의 저주파수특성을 가지는 에어컨 소음의 경우 이러한 공간특성에 의해 발생하는 음향모드에 의한 소음전파특성을 무시할 수 없을 것이다.

참고적으로 해석된 거실의 모드 형상(mode shape)은 Fig. 13과 같다. 거실의 경우 가장 긴 방향에서 일차모드가 발생하고 Table 2에서 보는 것처럼 12.6 Hz의 주파수를 나타낸다. 이후 주파수가 증가함에 따라 좀더 복잡한 모드의 모습을 보여준다.

Table 2 Acoustic mode of balcony and livingroom

| Acoustic mode | Balcony(Hz) | Living-room(Hz) |
|---------------|-------------|-----------------|
| 1st           | 14.5        | 12.6            |
| 2nd           | 29.1        | 24.5            |
| 3rd           | 43.7        | 25.0            |
| 4th           | 58.3        | 36.5            |
| 5th           | 73.0        | 42.5            |
| 6th           | 74.2        | 43.6            |
| 7th           | 75.6        | 50.0            |
| 8th           | 79.7        | 60.9            |
| 9th           | 86.1        | 65.8            |
| 10th          | 87.8        | 73.8            |
| 11th          | 94.4        | 74.3            |
| 12th          | 102.7       | 75.5            |
| 13th          | 104.1       | 76.7            |
| 14th          | 114.9       | 78.3            |
| 15th          | 117.7       | 78.5            |

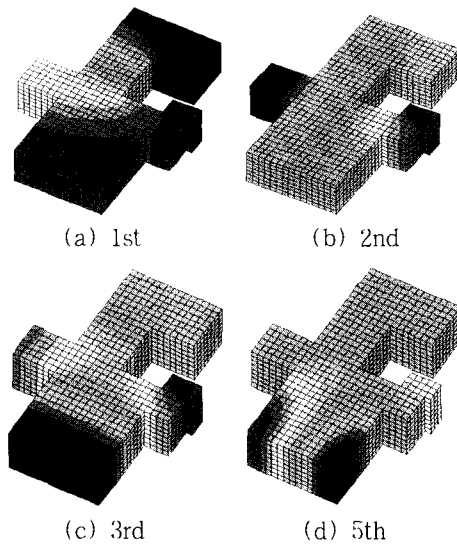


Fig. 13 Simulated mode shape of living room

즉, 500 Hz 이하의 저주파수 영역에서의 TL이 저하되는 영향으로써 공간의 모드나 창문이나 문 자체의 공진 주파수의 영향을 들 수 있는데 위와 같은 측정결과를 토대로 그러한 영향이 생기는 정확한 주파수 대역을 알 수가 있다. 위와 같은 측정은 각각의 공간형상과 구조재의 경우에 따라서 현저히 다른 결과를 나타내므로 일반적으로 적용할 수는 없지만, 실내 소음도 예측시 위와 같은 측정을 수행하여 저주파수 영역에서 고려한다면 각각의 경우에 맞는 좀더 정확한 예측이 가능하리라고 생각된다.

#### 4. 시뮬레이션을 통한 전달소음도 예측

대표적인 형태의 국내 아파트의 평수별 구조를 파악하고 측정 결과에서 얻어진 결과를 토대로 음향 특성 자료를 이용하여 모델링에 사용하였다. 본 연구에서는 음선추적법(ray tracing method, RTM)과 거울형상음원법(mirror image source method, MISM)을 근간으로 하는 LMS사의 Raynoise를 사용하였다. 선정된 아파트의 평수는 27평, 34평, 44평형의 대표적인 평수로 모델링하여 음장 해석에 이용하였으며 본 논문에는 실측과 예측이 함께 수행된 대표평수인 44평형의 아파트를 대표적으로 제시하였다. 또한 본 4장에서 예측에 사용된 에어컨 실내기 및 실외기의 음향파워는 2.1절의 스탠드형 에어컨의 음향파워이며 실측값으로 제시된 경우도 스탠드형 에어컨이 44평형 아파트에 실제 설치된 경우의 실측결과를 제시하였다.

실측한 에어컨 실내기와 실외기의 파워레벨을 사용하여 거실의 중앙지점에서의 소음도를 예측해 보았다. 시뮬레이션 수행은 두가지 TL 결과 중 현장에 틈새가 있을 경우를 수행하였다. 틈새가 있는 TL을 모델링 하기 위해 실제 선정된 아파트에서 실측을 통해 얻어진 TL수치를 이용하였으며 시뮬레이션은 실외기와 실내기의 두 음원을 동시에 음향파워레벨로 대입하여 해석하였다. Fig. 14는 시뮬레이션 결과 중 실외기의 투과음 분포형태만을 나타내기 위해 제시하였다.

실내기와 실내기의 음향파워레벨은 점음원일 때와 패널소스인 경우의 두 가지를 나누어 예측하였으며 실내 암소음을 고려하였다. 점음원은 에어컨의 각 면에서 측정된 파워레벨을 면의 개수로 나눠 평균한 값을 사용하였으며 패널소스의 경우는 각면의 측정파워값을 그대로 사용하였다.

소스가 점음원일때의 결과와 비교해보면 패널소스인 경우 Overall level로 2.9 dB(A)가 더 커짐을 알 수가 있었다. 패널소스를 사용하여 에어컨의 파워를 적용한 경우 측면보다 전면에서의 파워레벨이 높기 때문에 점음원으로 가정하여 예측한 값보다 거실에서 SPL값이 크게 나옴을 알 수 있었다.

44평형의 경우 실제 에어컨을 설치하여 정상 가동시킨 상태에서 소음도의 측정을 수행하여 각 경우에 대한 예측 결과와 비교하여 보았다. 그 비교 결과를 Fig. 15에 그래프로 나타내었다.

Fig. 15에서 실제 측정결과와 예측결과를 비교해본 결과 에어컨을 패널소스로 하고 잔향시간을 측정 자료로 사용했을 때 가장 유사한 결과(overall level로 1.1[dB(A)] 낮게 예측됨)가 나타남을 알 수 있었다. 또한 실측값과 예측값의 전체레벨(overall level)수치가 거의 2 dB 이내로 오차가 적어 에어컨 소음이 실내에 미치는 영향을 해석하는데 있어서 음선추적법이 적합하다고 판단되어 다른 평수의 실내소음도 평가에도 계속 적용하여 예측을 수행할 수 있었다.

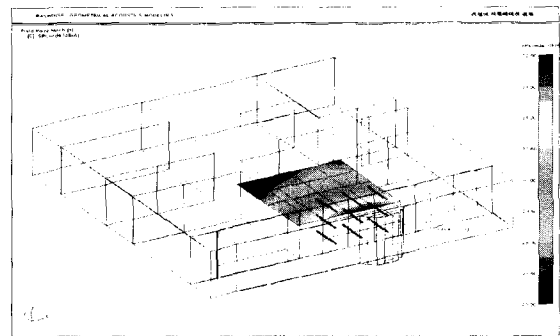


Fig. 14 Effect of transmitted sound(between livingroom and balcony)

Table 3 Simulated data in livingroom. SPL(44 평형)

| Frequency | Point source | Panel source |
|-----------|--------------|--------------|
|           | dB(A)        | dB(A)        |
| 125 Hz    | 37.6         | 40.7         |
| 250 Hz    | 42.6         | 45.9         |
| 500 Hz    | 42.8         | 46.1         |
| 1000 Hz   | 40.9         | 43.8         |
| 2000 Hz   | 38.9         | 40.7         |
| 4000 Hz   | 36.1         | 36.9         |
| 8000 Hz   | 32.1         | 32.3         |
| O.A.      | 48.4         | 51.3         |

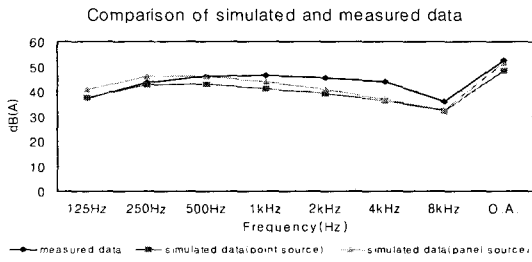


Fig. 15 Comparison of simulated and measured data

결국 실내소음도 평가에 있어서 틈새의 영향을 반영하기 위해 실측된  $TL'_{total}$  값을 이용하여 시뮬레이션을 진행한 결과 예측값은 실측된 실내소음도와 거의 일치하여 틈새의 영향을 잘 반영하였다. 현재 대부분의 음향해석 시뮬레이션에서 틈새의 영향을 잘 고려하고 있지 않다. 그러한 이유로 오차가 심하거나 구조재의 차음성능을 높게 평가하는 오류를 범하고 있다. 본 연구는 틈새의 영향을 고려한 시뮬레이션의 수행가능성을 제시하였고 그러한 결과로서 실측결과와 일치하는 결과를 얻어내었다. 이것은 시뮬레이션 결과에 대한 검증이기도 하며 또한 틈새의 영향을 고려한 소음도 예측이 가능함을 나타낸다.

## 5. 결론

현장실측 결과 주거공간에서 틈새의 영향은 상당히 컸다. 저주파 대역에서 틈새가 전달 소음도에 미치는 영향은 작았으나 1000 Hz~2000 Hz 부근의 소음은 틈새의 영향으로 10 dB 정도 크게 전달되는 경향을 보였다. 수음측에서 overall 값은 틈새가 있는 경우가 틈새가 없는 경우보다 7 dB 정도 크게 소음이 전달되었다.

시뮬레이션 수행시에도 틈새의 영향을 고려하기 위해서는 실측이 병행되어야 한다. 앞의 결과를 보듯이 틈새는 소음전달도에서 큰 영향을 미치므로 이러한 점을 간과하여서는 안된다. 본 연구에서의 시뮬레이션은 실측된 틈새의 영향을 고려하였고 결과는 실측값을 잘 반영하였음을 예측값과 실측값의 비교를 통해 알 수 있었다.

따라서 음향 파라미터의 측정시 특히  $TL$ 의 측정은 고주파수 영역에서는 틈새의 영향, 저주파수 영역에서는 공간의 모드나 구조물의 모드에 관한 고려가

좀 더 정확한 모델링을 수행하는데 있어서 고려되어야 한다. 그리고 소음도의 예측시 에어컨을 패널소스로 가정하고 측정된 음향 파라미터들을 이용할 경우 측정값과 상당히 유사한 값을 예측할 수 있었다.

## 참고 문헌

- (1) Sharp, Ben H., 1978, "Prediction Methods for the Sound Transmission of Building Elements", Noise Control Engineering, Vol.11, No. 2, pp. 53~63.
- (2) Gomperts, M. C., 1964, "The Sound Insulation of Circular and Slit-shaped Apertures", Acustica, Vol. 14, No.1, pp. 1~16.
- (3) Gomperts, M. C. and Kilman, T., 1967, "The Sound Transmission Loss of Circular and Slit-shaped Apertures in Walls", Acustica, Vol.18, pp. 144~150.
- (4) Hongisto, V., 2000, "Sound Insulation of Doors-Part1 : Prediction Models for Structural and Leak Transmission", Journal of Sound and Vibration, Vol. 230, No. 1, pp. 133~148.
- (5) Hongisto, V., "Sound Insulation of Doors-Part 2 : Comparison Between Measurement Results and Predictions", Journal of Sound and Vibration, Vol. 230, No. 1, pp. 149~170.
- (6) Maekawa, Z. and Lord, P., 1994, Environmental and Architectural Acoustics, E & FN SPON.
- (7) Raynoise Rev 3.0(Building Acoustics & Industrial Noise Simulation) User's Manual, LMS International.
- (8) 정인환 외, 1989, 공동주택 내부소음 저감방안에 관한 연구, 럭키개발주식회사.
- (9) 정하선 외, 1992, 외부창호의 차음설계에 관한 연구, 대한주택공사.
- (10) 최진권, 2002, 주거공간에서 틈새가 투과손실에 미치는 영향의 측정분석 및 예측, 서울시립대학교 석사학위논문.
- (11) 김관주, 박진규, 2002, "기하음향 기법을 적용한 한국형 고속철도 실내소음 저감 방안", 한국소음진동공학회논문집, 제 12 권, 제 6 호, pp. 431~436.