

공동주택 에어컨 실외기의 투과소음 예측 및 저감방안에 관한 연구

최진권*, 0장서일**, 이진교***, 강정훈***

The prediction of sound transmission from air-conditioner outdoor-units in multi-unit housings

Seo Il Chang, Jin Kwen Choi, Jin Kyo Lee, Jeong Hoon Kang

ABSTRACT

The sound transmission from the machine room where air-conditioner outdoor unit is located into the adjacent room is predicted and evaluated. The software package for statistical energy analysis(SEA) is utilized to determine the transmission losses of multi-layerd panels. To determine the noise level in the machine room, ray tracing method is adopted. The various sound transmission paths have been effectively identified and evaluated by the SEA tool.

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

생활수준의 향상으로 인한 의식수준의 변화와 공동주택의 고층화, 고밀도화 및 구조체의 경량화 추세에 따라 주거환경 또는 생활환경 자체에서 발생하는 공동주택의 내부소음 문제는 외부소음과 함께 거주자의 민원문제로까지 심각하게 대두되고 있다. 따라서 이러한 내부소음의 방지, 또는 저감 대책이 절실히 필요한 실정이나 설계 및 시공시 이용할 수 있는 자료가 매우 부족한 것이 현실이다.

본 연구에서는 에어컨 실외기의 투과소음을 예측하여 적절한 설계상, 시공상의 저감대책을 마련하는 것을 목표로 한다.

1.2 연구의 내용, 범위 및 방법

본 연구의 내용은 크게 2단계로 나누어진다. 첫 번째 단계는 공동주택 내부 구성에 사용되어지는 단품 구조물들의 투과손실(transmission loss, TL dB)을 예측하고 기존의 자료와 비교 검토하는 과정으로 다양한 벽체와 문, 유리창호 등을 대상으로 한다. 두 번째 단계는 실외기 설치실, 설치실과 인접한 방을 포함한 시스템을 모델링하고 예측한 단품들의 투과손실을 이용하여 인접한 방에서의 음향학적 환경을 예측하는 과정이다. 단품과 시스템의 음향학적 성능 예측을 위해 통계적 에너지 분석법(statistical energy analysis, SEA)을 근간으로 하는 범용 software인 AutoSEA⁽¹⁾를 사용했으며

* 서울시립대학교 대학원

** 서울시립대학교 환경공학부

*** 삼성전자 공조기기 사업부

그 결과를 기존의 이론식과 실험자료들과 비교 검토함으로써 그 정확성을 확인했다.

2. 공동주택 내부소음의 평가

공동주택의 내부소음 평가는 각 나라의 내부소음원 특성과 경제 및 사회적 여건, 생활양식 등의 차이에 따라 매우 다양하나 일반적으로 공기전달음, 바닥충격음, 실내소음으로 분류한다. 여기서는 공기전달음과 실내소음의 평가방법과 기준에 대해 간략히 설명한다.

2.1 내부소음의 평가방법

가. 실간음압레벨차 D값

주로 현장에서 집합주택의 인접 실간 경계벽 및 간막이 벽등의 차음성능을 평가하기 위해서 일본 공업규격 (JIS) 및 일본건축학회에서 제정한 차음등급을 나타내는 값이다. 이때 실내음압레벨차(D)는 음원실과 수음실 각각의 공간에서 평균음압레벨을 측정후 이 두 값의 차로부터 구한다.

나. NC값(Noise Criteria)

NC값은 소음을 1/1 옥타브 밴드로 분석한 결과에 의해 실내소음을 평가하는 방법으로써 건물의 용도별로 어느 정도 소음의 크기가 그 실의 기능에 지장을 주지 않는가에 대해 소음의 변동정도, 노출시간대 및 주파수별로 소음을 느끼는 정도, 즉, 주파수별 청감을 고려하여 1957년에 Baranek에 의해 제안되었다.

다. N값

N값은 일본 건축학회에서 급배수소음 및 공조설비소음 등 건축물에 부속하는 설비 기기류에서 발생하는 실내소음에 대한 평가방법으로 이용하고 있는 것으로써 소음크기의 감각량과 대응이 비교적 좋은 dB(A)에 의한 평가를 기본으로 하여 역 A 특성을 소음등급의 기준곡선으로 나타낸 것이다. 기타

위의 세 가지 값 (D값, NC값, N값) 이외에도 dB(A), STC 값등이 내부소음평가의 방법으로 이용되고 있다.

2.2 국내의 평가방법

공동주택 내부소음에 관한 각국의 기준치는 평가방법과 마찬가지로 각 나라의 생활방식과 내부소음원의 특성, 경제 및 사회적여건 등의 차이로 인해 약간의 차이가 있다. 본 절에서는 벽체구조를 중심으로한 각국의 차음성능 평가기준과 실내소음 평가기준에 대해서 설명하고자 한다.

가. 우리나라의 경우

1986년 대한주택공사에서 설정한 공동주택 내부소음의 적정소음도는 외부소음평가값 60 dB(A)에서 창호의 차음성능 등을 고려한 실내의 소음차이에 관한 보정을 20 dB(A)하여 40 dB(A)를 제안하고 있으며 외국의 기준과 비교하여 나타내면 Table. 1과 같다

Table. 1 공동주택의 적정 실내소음도 (대한주택공사, 1986)

구 분	소음도 [dB(A)]	비 고
대한주택공사 (외부소음 평가값-실내외소음도차 보정값)	40	주민생활에 대한 방해 최소음 20%이하 낮은 목소리로
미국 ASHRE (냉난방공조학회)	35~45	2m 이하 거리에서 양호한 대화가 가능
HUD (주택도시개발국)		
특급 (특별)	30	차음성능 매우 양호
일본 건축학회 1급 (표준)	35	차음성능 양호
2급 (허용)	40	차음성능 시의만족

나. 일본의 경우

실제 건축물의 설계기준으로는 일본공업규격 (JIS A1419)과 건축학회 기준안등을 활용하고 있다.

Table. 2 공동주택 벽체의 차음기준
(일본건축법 시행령)

주파수(Hz)	125	500	2000
투과손실(dB)	25	40	50

Table. 3 실간 음압레벨차에 관한 차음등급
(JIS A 1419)

차음등급	D-55	D-50	D-45	D-40	D-35	D-30
급 별	1호	2호	3호	4호	5호	6호

다. 미국의 경우

미국의 경우 Table. 1에 나타나 있는 것처럼 dB(A)를 사용하고 또한 미연방주택국(FHA)이 사용을 권장하는 STC값을 사용하나 본 연구에서는 dB(A)의 기준을 사용하였다.

3. 단품 구조물의 투과손실

단품 구조물의 투과손실을 예측하기 위해 Fig. 1에서 볼 수 있는 것처럼 음원실과 수음실 사이 시편을 위치시키고 두 방간의 음압레벨의 차이로부터 투과손실을 계산했다.

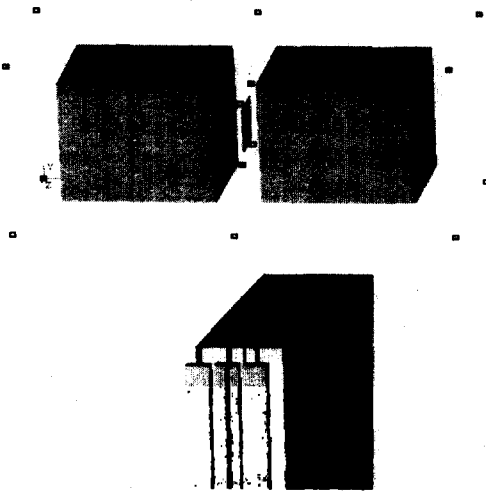


Fig. 1 TL 측정용 모델

투과손실을 계산하는 식은 다음과 같다

$$TL = L1 - L2 - 10\log(\alpha S/s)^{(2)}$$

- TL : Transmission Loss (dB)
- L1 : 소음원실의 음압레벨 (dB)
- L2 : 수음실의 음압레벨 (dB)
- α : 수음실의 평균 흡음률
- S : 수음실의 표면적 (m²m)
- s : 시료의 면적 (m²m)

3.1 단일벽 구조물 및 다중벽 구조물의 TL 예측

일반적인 벽체, 창호 등의 투과손실은 많은 양의 실험자료가 있으므로 SEA 예측 결과와 쉽게 비교할 수 있다. 단일벽 구조물 및 다중벽 구조물의 실측 결과^(2,3)와 SEA 예측결과는 Table. 4과 같다.

Table. 4 단일벽 및 다중벽의 투과손실

재료	Octave band별 투과손실(dB)					
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz
석고보드(9mm) SEA 예상	14	18	24	29	35	32
석고보드(9mm) 실측 결과 ¹⁾	15	20	25	28	34	25
유리창(3mm) SEA 예상	12	17	22	28	34	16
유리창(3mm) 실측 결과 ¹⁾	15	18	22	28	32	24
Aluminium(1.2mm) SEA 예상	8	11	16	22	27	33
Aluminium(1.2mm) 실측 결과 ¹⁾	8	11	14	21	27	30
Steel(0.7mm) SEA 예상	11	15	20	26	30	36
Steel(0.7mm) 실측 결과 ¹⁾	9	14	20	26	30	37
9mm Gypsum + 42mm air + 9mm Gypsum SEA 예상	15	22	27	33	37	40
9mm Gypsum + 42mm air + 9mm Gypsum 실측 결과 ¹⁾	15	22	27	33	30	32
6mm Glass + 12mm Air + 6mm Glass SEA 예상	20	25	31	39	37	39
6mm Glass + 12mm Air + 6mm Glass 실측 결과 ²⁾	20	19	29	38	36	46

3.2 실제 구조물의 투과손실 예측

Table. 4에서 보듯이 SEA 예측결과가 타당성이 있는 것으로 판단하여 Fig. 1의 TL 측정 모델을 이용하여 실제 공동주택에 사용된 벽체의 투과손실을 예측하였다. 경계벽은 A, B 두종류가 있으며

실외기실 문의 경우에는 A, B, C의 세 종류가 있다. 실제 벽체의 TL 예측결과는 Table. 5와 같다.

Table. 5 모델에 사용된 각 벽체의 TL 예측 결과

벽체 재질(사용처)	각 주파수 밴드별 TL(dB)					
	125	250	500	1000	2000	4000
① 방과방 경계벽	34.9	39.7	40.3	31.1	42.0	52.0
② 이중유리	19.7	25.2	31.4	38.6	37.4	38.9
③ 안방 천정	20.7	25.5	30.2	16.2	28.2	37.7
④ 경계벽(5중벽) : A	34.8	39.6	40.2	30.0	41.9	51.9
⑤ 경계벽(9중벽) : B	49.1	57.3	63.3	66.0	59.2	47.3
⑥ 실외기실 문 : A	14.0	18.4	23.4	28.2	32.6	36.7
⑨ 층 경계벽	32.3	41.2	50.5	59.3	67.6	75.5
⑩ 안방 일반문	24.4	26.9	17.9	29.4	38.4	37.4
⑪ 외벽	45.5	54.7	63.2	70.5	78.8	85.9

3.4 S지역 공동주택 실측 DATA와의 비교해석

S지역 공동주택에서 실측한 Data를 바탕으로 벽체의 TL예측 및 모델해석을 수행하여 그 결과를 비교 해석 하였다. S지역 공동주택 실측 Data 및 예측TL은 Table. 6과 같다.

Table. 6 실측 TL값과 SEA에 의한 예측 TL값의 비교

TL 측정방법	Octave band 별 평균 음압레벨(dB)					
	125	250	500	1000	2000	4000
실측 TL'	17.3	36.1	42.8	42.6	44.2	53.2
예측 TL	35.4	39.4	40.4	31.4	42.4	52.4

*Apparent sound reduction index TL' ⁽²⁾

실측데이터와 SEA방법에 의하여 예측된 결과는 낮은 주파수와 Critical frequency에서 다소간의 차이를 보이나 대체적으로 만족할만한 결과를 보여 준다. 이와 유사한 방법으로 현재 건설중인 D지역 공동주택의 음압레벨 수준도 예측 할 수 있다. 다음 4장에서는 이러한 배경을 바탕으로 D지역 공동주택의 실외기실과 안방간의 소음전달정도를 예측 하였다.

4. 시스템의 모델링과 해석

4.1 실외기 설치실의 음향학적 해석

D지역 공동주택 실외기 설치실의 음압레벨(SPL)을 알아내는 방법으로 LMS의 Raynoise⁽⁴⁾라는 음향해석 프로그램을 이용하였다. 여기에 사용된 모델의 모습은 Fig. 2와 같다.

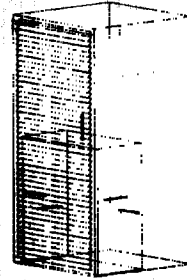


Fig. 2 도곡동 실외기 설치실 및

에어컨 실외기

실외기 설치실의 음향학적 해석에 이용된 실외기 설치실의 Sound Power Level은 실측 한 데이터를 사용 하였다. 음압레벨 측정지점을 9개로 하여 평균한 값이 Table. 7과 같다.

Table. 7 실외기 설치실의 평균음압레벨

주파수 (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000	Total
평균음압레벨(dB)	69.7	51.6	55.8	61	53.5	53.54	72.9

Table. 7에서 정한 실외기실의 평균 음압레벨을 실외기실의 음압레벨로 정하여 다음의 전체 시스템 시뮬레이션에 TL과 함께 사용하였다.

4.1 투과 소음 예측 및 평가

D지역 공동주택의 실외기 설치실에 의한 투과소음을 예측하기 위하여 사용한 모델은 에어컨 실

외기실과 안방이 접해있어 실외기 소음으로부터 취약할 것으로 예상되는 세대를 선택하였고 그 모습은 Fig. 3과 같다.

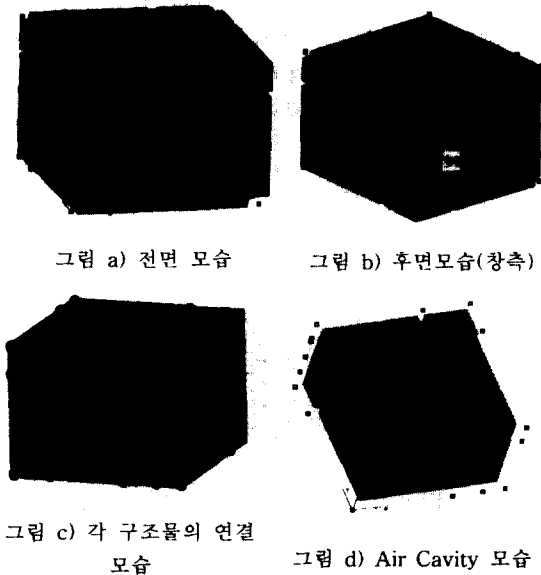


Fig. 3 모델링된 구조물의 모습

먼저 SEA 적용 가능성을 평가하기 위하여 각 Cavity의 모드수를 계산하였다. 결과는 Fig. 4와 같다.

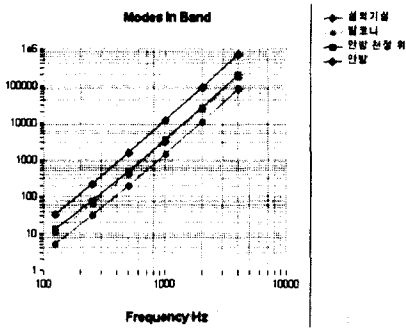


Fig. 4 각 Cavity의 모드수

그림에서 보듯이 각 Cavity의 모드수가 125Hz를 제외한 관심 주파수 영역에서 30개 이상을 가지므로 SEA법을 적용하는데 무리가 없다고 판단 되었다⁽⁵⁾. 모델링된 구조물을 사용하여 음향학적 소음도를 구하는 방법은 6가지의 설치경우를 가정하여 시행하였다.

최종적으로 얻고자하는 안방에서의 음압레벨결과는 Fig. 5와 같고 각 지수는 다음과 같다.

- ① 실외기실문-A와 경계벽-A가 설치된 경우
D-지수:55, NC:23, N-지수:28, dB(A):30.0

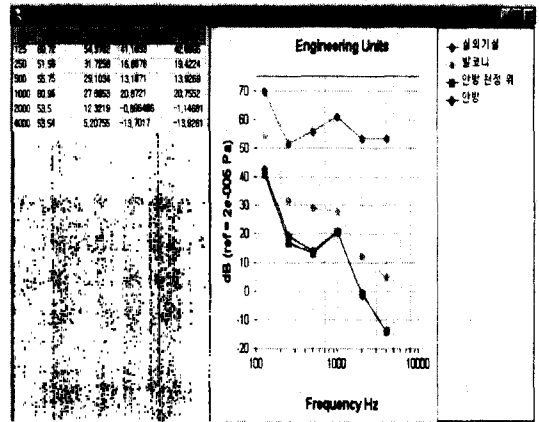


Fig. 5 실외기실문-A와 경계벽-A가 설치된 경우의 안방 음압레벨 결과

- ② 실외기실문-B와 경계벽-A이 설치된 경우
D-지수:55, NC:22, N-지수:27, dB(A):29.2
- ③ 실외기실문-C와 경계벽-A이 설치된 경우
D-지수:55, NC:21, N-지수:26, dB(A):28.9
- ④ 실외기실문-A과 경계벽-B이 설치된 경우
D-지수:55, NC:22, N-지수:27, dB(A):29.6
- ⑤ 실외기실문-B과 경계벽-B이 설치된 경우
D-지수:55, NC:21, N-지수:26, dB(A):28.6
- ⑥ 실외기실문-C과 경계벽-B이 설치된 경우
D-지수:55, NC:20, N-지수:25, dB(A):28.2

Table. 7 6가지 경우 안방의 음압레벨

벽체 설치경우	Octave band 별 안방의 평균 음압레벨(dB)					
	125	250	500	1000	2000	4000
①의 경우	42.7	19.4	13.9	20.7	0	0
②의 경우	41.7	18.9	13.7	20.7	0	0
③의 경우	41.3	18.9	13.7	20.8	0	0
④의 경우	42.4	19.2	12.7	7.7	0	0
⑤의 경우	41.4	18.7	12.6	7.7	0	0
⑥의 경우	41.0	18.7	12.6	7.7	0	0

마지막으로 안방에 유입되는 파워를 살펴보았다. 6가지 경우중 가장 전달소음이 큰 경우와 가장 작은 경우를 살펴보았는데 Fig. 6와 Fig. 7과 같다.

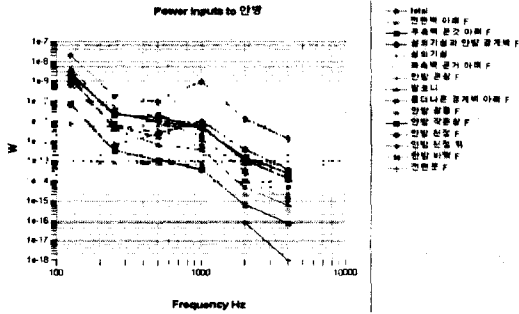


Fig. 6 실외기실문-A와 경계벽-A가 설치된 경우의 안방으로의 파워 Input

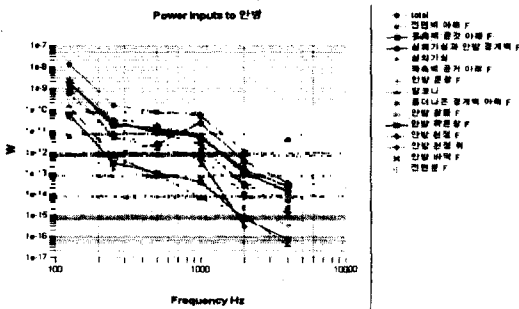


Fig. 7 실외기실문-C와 경계벽-B가 설치된 경우의 안방으로의 파워 Input

Fig. 6와 Fig. 7에서 보듯이 안방에서의 음압레벨 차는 적지만 안방으로 유입되는 음향 파워의 경로는 매우 상이하다. Fig. 6의 경우 안방의 음압레벨에 가장크게 영향을 주는 것은 인접한 실외기실 Cavity 였지만 9중벽을 장착함으로써 Fig. 7에서보듯이 가장 크게 영향을 주는 것이 안방 천정의 Plate로 변함을 알 수 있다.

4. 결론

본 실험에 쓰인 Auto-SEA 프로그램은 빠른 계산결과를 보여주었다. 다중벽의 해석에 옥타브 밴드별로 다소 미흡한 결과를 보여주기도 하였지만 단일벽의 결과는 실측 결과와 거의 일치하였다. 특히 주목할 만한 것은 음향파워 흐름에 대한 정보를 보여주기 때문에 음향학적 설계에 많은 정보를 제공할수 있다. 특히 본 연구의 목적과 결부시킨다면 최적의 차음재를 어느위치에 부착시킬 것인가에 대한 정확한 정보를 줄 수 있다. 실측결과와의 비교에서도 밴드별로 다소 차이는 있지만 신뢰성 있는 결과를 나타내므로 차후 음향학적 시공에 많은 도움을 줄수 있을것으로 생각된다.

참고문헌

1. Vibro-Acoustic Sciences Ltd, 1991, AutoSEA Theory and Quality assurance Manual, Vibro-Acoustic Sciences Ltd .
2. Z. Maekawa and P. Lord, 1994, Environmental and Architectural Acoustics, E & FN SPON
3. Duncan Templeton, 1997, Acoustics in the Built Environment, Architectural Press
4. LMS International, Raynoise 3.0 User's Manual, LMS Co.
5. R. J. M. Craik, 1981, "The Prediction Of Sound Transmission Through Buildings Using Statistical Energy Analysis", Journal of Sound and Vibration Vol. 82(4), pp.505-516