

## 공동주택 입면 변화에 따른 단지 내 소음특성

### Effects of the Facade of the Buildings on the Sound Characteristics in an Apartment Complex

o 김용희\* · 이평직\* · 전진용\*\* · 이병권\*\*\*

Yong Hee Kim, Pyoung Jik Lee, Jin Yong Jeon and Byung Kwon Lee

**Key Words** : Outdoor Noise(외부소음), Apartment Complex(아파트 단지), Facade Shape(입면 형상), Noise Reduction(소음 저감), Scale Model(축소모형), Raynoise Simulation(레이노이즈 시뮬레이션), Balcony(발코니), Parapet(파라펫), 캐노피(Canopy)

#### ABSTRACT

This paper investigated the sound characteristics in an apartment complex. The field measurement was conducted in order to examine the acoustical characteristics of the apartment complex in situ. As a result, it shows that there are around 3 sec. reverberation time and the additional sound reinforcements at the area of high height due to the surrounded buildings. Thus, 1:50 Scale model measurement and Raynoise computer simulation were carried out with insertion of the parapet and the canopy on the balcony. In case of a single building, the parapet was effective to reduce noise level at low floor levels, and the canopy was effective to reduce noise level at high floor levels. But it also shows that both the parapet and the canopy were not effective to reduce noise level at middle floor levels. In case of an apartment complex, the canopy was less effective to reduce noise level at each floor in comparison with case of the single building.

#### 1. 서 론

도심지에 위치한 아파트 단지의 경우 고밀화의 영향으로 동배치가 대향형 또는 중정형으로 계획됨에 따라 아파트 단지 내부에서 발생하는 소음이 주거환경에 있어서 주요한 소음원으로 인식되고 있다. 특히 중정형 단지에서는 단지 내 소음이 플러터 에코(Flutter echo)를 유발해 내부소음이 강화되며, 단시간 내에 소멸되지 않고 아파트의 고층부까지 높은 레벨의 소음이 전달된다.

그러나 현재 건설 중인 아파트 단지는 대부분 외부 소음을 저감하기 위한 외곽의 방음벽을 제외하면 단지 내에서 발생하는 소음을 저감하기 위한 실제적인 대책은 전무한 실정이다. 반면 최근 외국에서는 아파트 입면 형상 변화에 따른 외부소음 저감효과에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 영국의 Hothersall 등<sup>(1)</sup>은 도로변 고층건물에서 발코니에 의한 외부 소음영향에 대해 수치해석 모델을 제시하였으며, Cheng 등<sup>(2)</sup>은 단일 고층 건물에서 발코니 부분의 입면을 변화시켜 축소모형과 이론식으로 소음 저감 효과를 검증하였다. 한편

Hossam El Dien 등<sup>(3)</sup>은 축소모형 측정과 Ray-tracing 기법의 시뮬레이션을 통해 단일건물에서 파라펫 각도와 발코니 깊이의 소음 저감에 대한 영향을 연구하였고, Ismail 등<sup>(4)</sup>은 축소모형을 통해 거리에서 건물 입면에 따른 소음 전파 양상에 대해 연구하였다.

그러나 이상의 외국 사례들은 단일 건물 내지는 거리에서의 영향연구일 뿐, 우리나라와 같은 아파트 단지 내에서의 영향은 거의 연구되지 않았다. 따라서 본 연구에서는 아파트 단지 내에서 발생하는 소음의 실제 분포 양상과 아파트 입면 형태가 변화했을 때 그 양상이 어떻게 달라지는지 조사하고, 최종적으로 단지 내에서 고층부 소음 저감을 최대화 할 수 있는 구조를 찾아내는 데 있다.

실제 단지 내부 소음 양상을 파악하기 위해 입주 전인 한 아파트 단지에서 현장 측정을 실시하였고, 아파트 입면 형상의 변화에 따른 영향은 기존 연구의 모델식을 활용하여 축소모형과 컴퓨터 시뮬레이션(Raynoise)으로 검증하였다.

#### 2. 현장 측정

##### 2.1 측정 단지 개요와 측정 위치

현장 측정은 중정형('口'형)으로 동배치된 15층 높이의 아파트 단지에서 실시하였다. Fig. 1은 측정 대상 아파트 단지의 배치도와 현장 사진이다.

\* 한양대학교 대학원 건축공학과  
E-mail : kimyonghee@gmail.com  
Tel : (02) 2220-1795, Fax : (02) 2291-1793

\*\* 한양대학교 건축공학과 부교수

\*\*\* 대림산업(주) 기술연구소

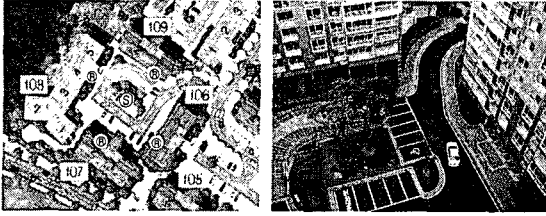


Fig. 1 Site plan (Left) and picture (Right) of the target apartment complex (106-109 Dong). (S) indicates the omnisonic source position and (R) indicates the receiver positions at ground level.

단지 내 소음분포 측정을 위해 Fig. 1의 좌측 그림과 같이 4동의 아파트로 둘러싸인 중정의 중앙에 음원(S)으로서 무지향성 12면체 스피커를 설치하였고, Swept-sine signal을 재생하여 각 건물(106-109동)의 거실 발코니 중앙(R)에서 각 층별로 무지향성 마이크로폰(AKG 414 mic.)으로 측정하였다. 배경소음은 주파수 분석이 가능한 소음계(B&K Type 2260)를 사용하여 Fig 1의 S 위치에서 측정하였다.

## 2.2 현장 측정결과

단지 내 배경소음 측정결과는 아래 Fig. 2와 같다. 심야의 배경소음은 전대역에서 47.6dBA(23:30), 45.2dBA(02:40)였다. 인근 간선도로에서 들려오는 교통소음 외에 특별한 소음원은 없었고, 주파수 대역별로 NC-40 내외의 분포를 보였다.

Table 1은 White noise를 음원으로 사용하여 각 건물에서의 음압분포를 측정한 결과이다. 음원으로부터 1m 지점에서 참조음압이 93.5dBA였으며, 각 동별로 층수에 따라 71.3-73.1dB (106동), 71.8-78.1dB (107동), 71.5-75.7dB (108동), 69.7-73.6dB (109동)의 음압분포를 보였다.

Fig. 3의 아파트 단지 내의 거리에 따른 음압분포를 보면 자유음장에서의 구면파의 음압분포보다 높고, 거리가 증가할수록 음압이 구면파의 경우보다 덜 감소한다는 것을 알 수 있다. 이것은 바닥면 및 대향벽으로 이뤄진 건물 벽면에 의한 반사의 영향으로 사료된다.

한편 단지 내 중음역 잔향시간(RT20, 500-1000Hz 평균)은 Fig. 4와 같이 입사각 및 거리에 따른 영향 없이 3초 내외(표준편차 0.08초)로 나타났다.

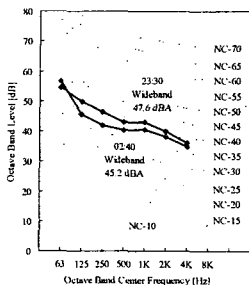


Fig. 2 Background noise level distribution inside the complex.

Table 1 Sound pressure level distribution at each building.

음압	106동	107동	108동	109동
1층	72.5	73.1	75.6	73.5
2층	72.2	73.9	75.7	73.6
3층	72.7	73.9	75.4	72.7
4층	73.1	78.1	75.2	72.5
5층	72.7	73.0	75.2	72.2
7층	72.6	73.5	73.9	72.6
9층	71.3	73.1	72.3	71.8
11층	72.0	73.1	72.1	73.1
13층	71.3	71.8	73.2	71.0
15층	71.4	72.7	71.5	69.7
음원에서 1 m 위치: 93.5, 단위: dBA				

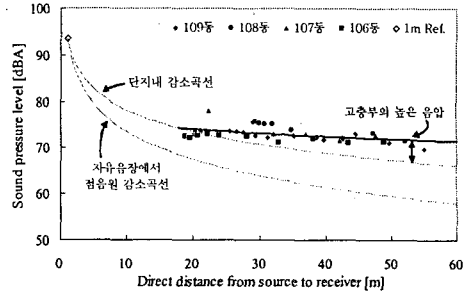


Fig. 3 Sound pressure level according to the distance from the source to each receiver position.

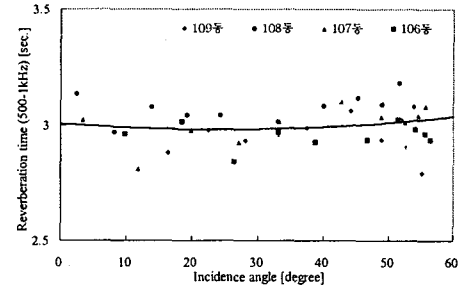


Fig. 4 Reverberation time in mid-frequency bands (500-1000 Hz) according to the incidence angle of sound source.

## 3. 음압 분포 예측을 위한 모델링

### 3.1 개요

건물 입면 변화에 따른 아파트 단지 내 소음의 분포양상을 효과적으로 예측하기 위해 본 연구에서는 1:50 축소모형에 의한 측정과 컴퓨터 음향 시뮬레이션(Raynoise 3.1)이 사용되었다. 축소 모형과 컴퓨터 시뮬레이션 모두 실제와 유사하게 아파트 단지를 모델링하였고, 추가적으로 소음 저감을 위해 Fig. 5와 같이 발코니 부분에 파라펫(Parapet) 및 캐노피(Canopy)도 모델링하였다.

### 3.2 1:50 축소모형

#### (1) 축소모형의 제작

이전 연구들<sup>(2-4)</sup>과 마찬가지로 입면 변화에 따른 소음 특성 예측을 위해 1:50 축척의 축소모형이 사용되었다. 이전 연구와는 달리 본 실험에서는 단지를 형성하고 있는 아파트 4개 동을 모두 제작하였다. 모형의 재료는 Table 2와 같은 흡음률 측정 결과에 따라 500Hz에서 흡음률이 가장 낮은 3mm 두께의 폼보드를 사용하였다. 파라펫과 캐노피는 가공이 용이한 하드보드지를 이용하였다.

Table 2 Sound-absorption coefficients of scale model materials

재료	125Hz	250Hz	500Hz	1000Hz	2000Hz
폼보드 T3	0.01	0.03	0.07	0.20	0.14
이소폼 매트 T30	0.02	0.08	0.12	0.12	0.13
우드락 T3	0.01	0.04	0.17	0.16	0.12
우드락 T2-T2	0.03	0.16	0.16	0.16	0.18
라이시지 T0.5	0.04	0.12	0.30	0.21	0.17
하드보드지 T1	0.06	0.14	0.18	0.17	0.11

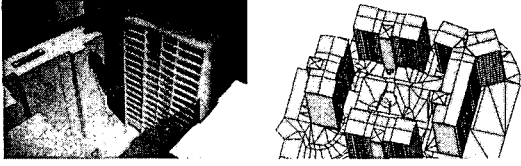


Fig. 5 1:50 Scale model in Fig. 6 Computer modeling for an anechoic chamber acoustic simulation in Raynoise 3.1

## (2) 축소모형의 측정

축소모형은 야외와 같은 자유음장을 구현하기 위해 Fig. 5와 같이 무향실에 설치되었으며, 스파크 소스(Spark source)와 1/8"마이크로폰을 사용하여 측정하였다. 스파크 소스의 재생음압이 편차가 크기 때문에 1/8"마이크로폰을 하나 더 사용하여 고정된 위치에서 보정값을 측정하였다.

## 3.3 컴퓨터 음향 시뮬레이션

축소모형 측정의 정확성을 검증하기 위해 AutoCAD를 이용하여 Fig. 6과 같이 아파트 단지를 3D-모델링하였고, Raynoise 3.1에서 실제의 흡음률과 회절효과를 고려하여 Triangular Beam Method로 음향분포를 예측하였다. 모든 시뮬레이션에는 4000개의 음선과 10차의 반사음이 사용되었다.

## 4. 파라펫 및 캐노피의 영향

### 4.1 개요

파라펫은 Fig. 7의 (a)와 같이 벽으로 채워진 난간을 지칭하며, 캐노피는 Fig. 7의 (b)와 같이 발코니 슬라브가 연장된 형태의 덧댄 지붕을 지칭한다. 축소모형에서는 Fig. 7에서와 같이 실제 축적으로 변환시 50cm와 1m 높이의 파라펫과 50cm와 1m 길이의 캐노피가 입면 변화요소로 사용되었다. 시뮬레이션에서는 1m 높이의 파라펫, 1m 길이의 캐노피가 사용되었다. 최적의 소음 저감 구조를 조사하기 위해 우선 단일건물에서 Fig. 8과 같이 수음 층을 고정시킨 상태에서 음원의 입사각에 따른 파라펫과 캐노피의 음압분포에 대한 영향을 살펴보았다.

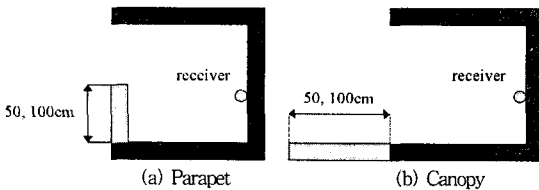


Fig. 7 Section detail of parapet and canopy on balcony.

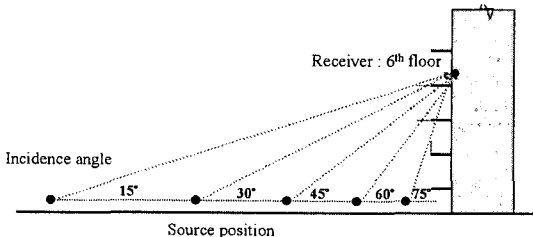


Fig. 8 Measurement condition : Receiver position is fixed at 6th floor.

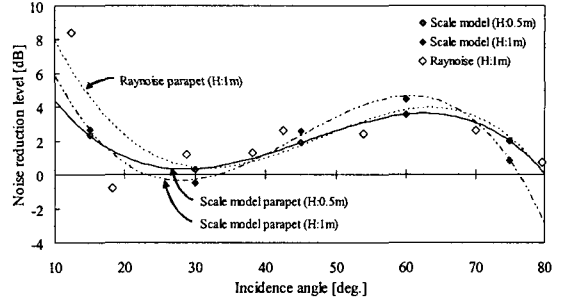


Fig. 9 (Case 1) Noise reduction level of the parapet according to the incidence angle of the sound source.

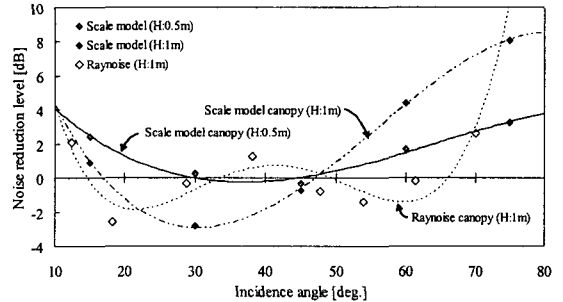


Fig. 10 (Case 1) Noise reduction level of the canopy according to the incidence angle of the sound source.

### 4.2 단일 건물에서 수음점 고정시 측정결과

Fig. 8과 같이 수음점을 6층으로 고정하였을 때 음원의 입사각에 따른 소음 감소량은 Fig. 9(파라펫), Fig. 10(캐노피)과 같다. Fig. 9에서와 같이 파라펫의 경우 축소모형 실험 결과와 시뮬레이션 결과가 유사한 경향을 보였고, 특히 입사각이 30° 이하일 때와 50°~70° 사이일 때 소음 저감량이 높은 것으로 측정되었다. 반면 입사각 30° 부근에서 최소의 저감 효과를 보였고, 70° 보다 높은 각도에서는 저감효과가 감소하는 경향을 보였다.

한편 Fig. 10에서와 같이 캐노피의 경우 축소모형 실험 결과와 시뮬레이션 결과간의 편차가 크게 나타났는데, 이는 개구부의 면적이 캐노피가 더 크므로 시뮬레이션에서 회절 효과가 제대로 작용하지 않은 것으로 사료된다. 이것은 Raynoise를 활용한 시뮬레이션이 Ray tracing method를 사용하기 때문에 야외 공간의 자유음장에 대한 시뮬레이션 시 손실되는 음선의 개수가 너무 많아 회절 효과가 충분히 적용되지 않았던 것으로 사료된다.

### 4.3 단일건물에서 각층의 입사각에 따른 측정결과

하지만 Fig. 12와 같이 각 층별로 입사각에 따른 소음 감소량을 살펴보았을 때 각 층별로 양상이 다른 것을 알 수 있다. 이것은 파라펫 및 캐노피의 크기는 변하지 않는데 음원의 입사각이 바뀌면서 건물과의 거리 및 수음점의 높이가 다양하게 적용되었기 때문에 나타난 결과로 사료된다. 본 논문에서는 Raynoise를 통한 단일 건물에서의 영향만을 분석하였다.

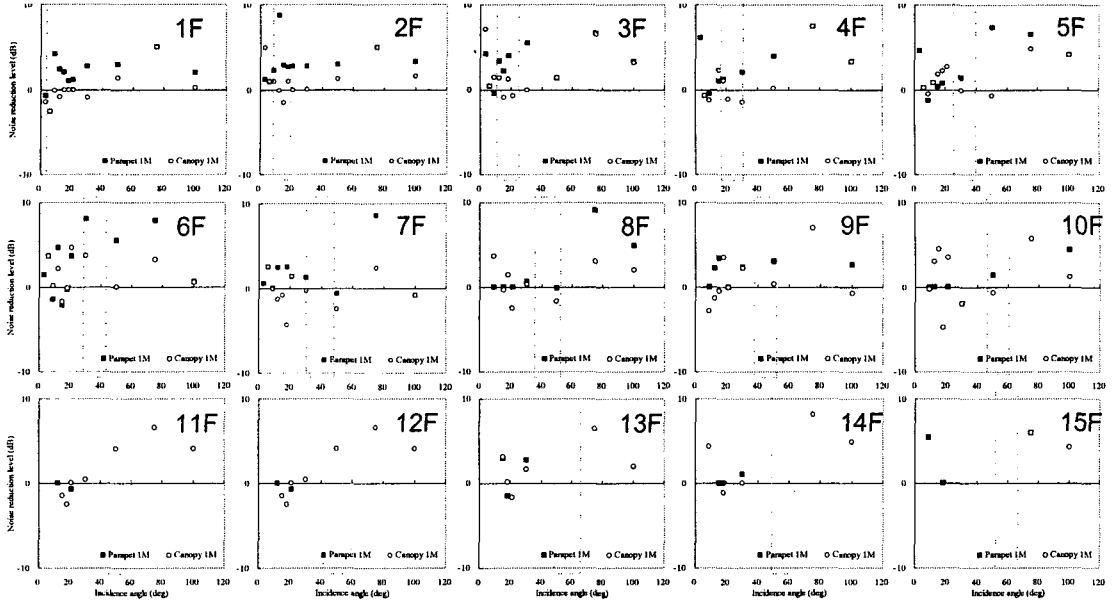


Fig. 11 Noise reduction level distribution at each floor according to incidence angle of sound source. (■ Parapet, ○ Canopy, Gray-region: the incidence angle range when the sound source is at the center of the court in the target apartment complex) (Raynoise simulation)

#### 4.4 아파트 단지 내 캐노피의 적용

현장 측정에 적용하기 위해 음원의 위치를 단지 중앙으로 고정하였을 때(건물과의 거리 28m)를 기준으로 단지내 측정결과와 단일 건물의 측정결과를 비교하였다. 캐노피를 아파트 단지로 적용하였을 때는 Fig. 12와 같이 입사각에 따른 감소량이 단일 건물에 적용했을 때보다 적은 것으로 나타났다. 4동의 건물로 둘러싸인 아파트 단지에서 두 동에만 캐노피를 전층에 적용했을 경우 입사각이 20°와 45°정도일 때 감소량이 1dB 내외로 단일 건물에서의 경우에 비해 그다지 감소하지 않는 것으로 나타났고, 한 동만 적용했을 때는 입사각이 40°정도에서 효과가 더 적은 것으로 나타났다. 또한 단일 건물에서 측정된 음압은 평균 57.7dBA(표준편차 2.33dB)이었는데, 아파트 단지일 때는 평균 69.1dBA(표준편차 2.30dB)로 둘러싸인 단지 배치에 의해 평균 10dB 이상 소음이 증가할 것으로 예측되었다.

#### 5. 토의 및 결론

현재까지의 실험을 통해 단일 건물에서 파라펫과 캐노피의 설치에 의한 소음 저감을 입사각 및 층별로 살펴보았다. 그리고 같은 조건으로 아파트 단지 내 적용되었을 때 나타나는 변화는 우선 캐노피에 의한 영향만을 살펴보았다. 단일 건물만 존재할 때에는 달리 아파트 단지에서는 둘러싸인 주변 건물들에 의하여 내부 음압이 10dB정도 증가하고, 캐노피에 의한 소음 저감량도 전체적으로 크지 않은 것으로 나타났다.

따라서 단지 내에서 높은 음압의 소음을 저감하기 위한 구조를 찾기 위해 파라펫 및 캐노피를 층별로 다르게 배치하는 복합구조와 파라펫 및 캐노피의 효과가 미비한 층에서의 발코니 흡음 처리에 대한 실험이 추가적으로 진행되어야 한다.

#### 참고 문헌

- (1) Hothersall, D. C., Horoshenkov, K. V. and Mercy, S. E., 1996, Numerical modeling of the sound field near a tall building with balconies near a road, *J. Sound Vib.*, 198(4), pp.507-515
- (2) Cheng, W. F., Ng, C. F and Fung, K. C, 2000, The theoretical model to optimize noise barrier performance at the window of a high-rise building, *J. Sound Vib.*, 238(1), pp.51-63
- (3) Hossam El Dien, H. and Woloszyn, P., 2005, The acoustical influence of balcony depth and parapet form: experiments and simulations, *Applied Acoustics*, 66, pp.533-551
- (4) Ismail, M. R. and Oldham, D. J., 2005, A scale model investigation of sound reflection from building facades, *Applied Acoustics*, 66, pp.123-147

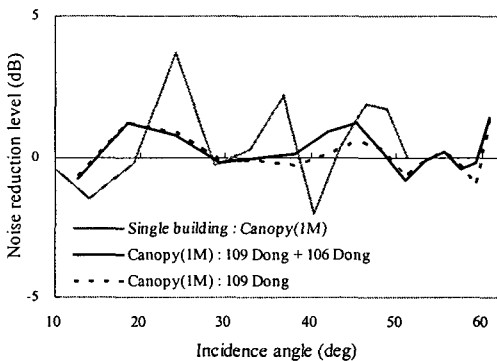


Fig. 12 Noise reduction level by canopy in cases of a building and an apartment complex. (Raynoise simulations)