

공동주택 입주 전·후 세대에서의 잔향시간 측정 및 비교

Field Measurement of the Reverberation Time in Occupied and Unoccupied Apartment Houses

이 병 기† · 김 명 준*
Lee, Byoung-Ki, Kim, Myung-Jun.

Key Words : Reverberation Time(잔향시간), Apartment House(공동주택), Sound Insulation(차음), An Occupied House and Unoccupied House(입주/미입주 세대)

ABSTRACT

The aim of this study is to investigate and to analyze the reverberation times of apartment houses. Measurements were conducted in a total of 44 rooms(36 rooms were in occupied houses and 8 rooms were in unoccupied houses) according to KS F 2864. The results showed that the averaged reverberation time of the occupied and the unoccupied houses were about 0.3~0.5sec and 1.2~1.5 sec, respectively, at 500Hz octave band frequency. And the averaged absorption coefficient of the occupied and the unoccupied houses were about 0.13~0.35 and 0.11~0.20, respectively. In addition, We verified that the reverberation time generally depended on the frequency; the lower the frequency, the higher the reverberation time.

1. 서 론

최근 층간소음을 비롯하여 공동주택에서 발생하는 각종 소음의 문제는 쾌적한 주거환경을 저해하는 주요한 요소로 대두 되고 있다. 이에 건설교통부에서는 내년부터 신규주택의 품질개선을 위해 '주택성능 등급제도'를 도입할 예정이며, 차음성능과 관련된 항목이 주요한 지표로 제시 될 것으로 예상된다.

한편 2000년 초반부터 바닥, 벽체, 창호 및 건물 외피의 차음성능 측정 및 평가와 관련된 한국산업규격(KS)이 ISO 규격에 부합하여 새로이 제정되거나 개정되었다. 여기에는 중량충격음 측정방법을 제외한 대다수의 측정방법이 수음실의 잔향시간을 측정하여 차음성능 평가 시 보정하도록 규정하고 있으나, 공동주택 각 실의 잔향시간 실태와 특성에 대한 세부적인 연구 검토는 아직 부족한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 입주 전·후 공동주택의 거실과 침실 등을 대상으로 차음성능 평가 시 영향을 미치는 잔향시간을 측정·분석하고 그 특성에 대해 고찰 하였다.

2. 측정 개요

2.1 측정 대상 세대

측정대상 공동주택은 입주하여 생활하고 있는 세대의 경우 총 9세대를 대상으로 하였으며, 각 세대별 침실 및 거실²⁾ 총 36개실을 대상으로 잔향시간을 측정하였다. 입주세대 공동주택은 대형(40평형이상), 중형(30~40평형), 소형(14~22평형)으로 구분하여 선정하였다. 입주세대 침실에는 침대, 옷장(장롱), TV, 커튼, 화장대, 책상등이 있었으며, 거실에는 소파, TV(장), 커튼, 화분, 냉장고, 식탁, 부엌 가구 등이 배치되어 있었다.

미입주세대의 잔향시간은 총 4개 세대(총 8개실)에서 측정하였다. 미입주세대는 실내 마감 공사가 모두 끝난 입주직전의 아파트를 선정하였다.

표 1은 측정대상 아파트의 개요이다.

2.2 측정 방법

잔향시간의 측정은 한국산업규격(KS F2864 실내 공간의 잔향시간과 음향변수 측정방법)에 따라 충격응답법과 음원 중

† 서울시립대학교 대학원 건축공학과 석사과정
E-mail : monk79@naver.com
Tel : (02)2210-5326

* 서울시립대학교 건축학부 교수

1) '주택법' 21조의 2 「주택성능등급의 표시」
2) 거실은 주방 및 식당을 포함한 공간임.

단법을 이용하여 1/3 옥타브밴드로 측정하였다.

입주세대의 잔향시간 측정 시 음원으로는 풍선을 사용하였으며, 측정 장비는 정밀적분소음계를 사용하였다. 잔향시간의 측정 위치는 실내의 한 점에 음원을 두고, 실내에 균등히 분포하는 세 곳 이상의 측정점을 설정하였다. 이때 음원은 음의 확산을 위해 모서리부분에 위치시켰다.

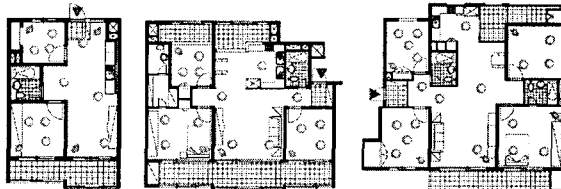
미입주세대에서는 무지향성 스피커를 사용하여 음원중단법으로 측정하였다. 다채널 신호분석기를 이용하여 네 곳의 측정점에서 동시에 3회 이상 측정하였다.

측정에 사용된 장비로는 정밀 적분소음계(01dB社-Solo), 다채널신호분석기(Harmonie), 무지향성스피커(Omni Directional Speaker), 풍선(소음원) 등이 있다.

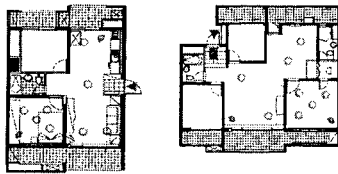
그림 1은 측정 세대 평면도와 측정점의 예를 나타낸 것이다.

표1. 측정 대상 공동주택 개요

공동주택명	구분	평형 (평)	전용면적 (평)	준공연도 (년.월)	측정 실의 개수	
					침실	거실
입주 세대	면목동 A 아파트	14	11.0	1988.12	2	1
	신정동 B·C 아파트	22	15.1	2000.11	2×2세대	1×2세대
	신정동 D 아파트	32	26.0	1993.06	3	1
	신정동 E 아파트	32	25.3	2003.03	3	1
	오류2동 F 아파트	34	24.2	2002.04	3	1
	가양동 G 아파트	34	25.6	2002.07	3	1
	도화동 H 아파트	49	42.0	1993.10	4	1
미입주 세대	부천중동 I 아파트	57	47.2	1994.02	5	1
	파주 J 아파트	32	25.4	2005.05	1×2세대	1×2세대
	인천 K 아파트	26	19.1	2005.08	1×2세대	1×2세대
입주세대					27	9
미입주세대					4	4
계					31	13



a)입주세대-소형 b)입주세대-중형 c)입주세대-대형



d)미입주세대-소형 e)미입주세대-중형

그림1. 측정대상 평면 및 측정점 예

3. 잔향시간 측정결과 및 분석

3.1 입주세대의 잔향시간

(1) 측정결과

입주세대(침실27, 거실9)의 각 주파수별 잔향시간은 표 2와 같으며, 이들은 3회 이상 측정된 평균값이다. 500Hz 대역에

서의 각 실별 잔향시간은 0.2~0.7초의 범위로 나타나고 있었다. 대체로 침실보다 거실에서의 잔향시간이 다소 길게 나타나는 경향을 보이고 있다.

표2. 입주세대 잔향시간 측정결과

구분 (입주)	실	체적 (m³)	주파수별 잔향시간(sec)				
			125Hz	250Hz	500Hz	1000Hz	2000Hz
면목동 A아파트	안방	20.5	0.32	0.36	0.34	0.33	0.28
	침실1	13.2	0.36	0.29	0.18	0.19	0.21
	거실	30.9	0.36	0.37	0.42	0.35	0.34
신정동 B아파트	안방	24.4	0.26	0.31	0.27	0.22	0.17
	침실1	14.8	0.51	0.42	0.42	0.36	0.30
	거실	58.1	0.49	0.38	0.38	0.35	0.36
신정동 C아파트	안방	24.4	0.32	0.23	0.26	0.23	0.21
	침실1	14.8	0.33	0.14	0.16	0.14	0.15
	거실	58.1	0.51	0.42	0.45	0.43	0.43
신정동 D아파트	안방	36.1	0.56	0.35	0.34	0.34	0.31
	침실1	28.0	0.55	0.37	0.29	0.33	0.33
	침실2	26.7	0.57	0.39	0.35	0.41	0.32
신정동 E아파트	거실	92.6	0.81	0.41	0.39	0.59	0.57
	안방	38.6	0.51	0.33	0.34	0.30	0.27
	침실1	23.6	0.54	0.23	0.30	0.28	0.23
오류2동 F아파트	침실2	19.4	0.49	0.21	0.25	0.26	0.22
	거실	82.1	0.63	0.50	0.50	0.51	0.47
	안방	35.8	0.60	0.27	0.30	0.30	0.27
가양동 G아파트	침실1	19.3	0.53	0.45	0.66	0.59	0.49
	침실2	26.1	0.69	0.49	0.51	0.45	0.37
	거실	85.7	0.64	0.52	0.60	0.57	0.52
도화동 H아파트	안방	41.4	0.51	0.33	0.29	0.28	0.24
	침실1	21.3	0.48	0.23	0.28	0.26	0.24
	침실2	21.6	0.48	0.21	0.34	0.32	0.25
부천중동 I아파트	거실	85.3	0.43	0.47	0.53	0.56	0.46
	안방	32.3	0.44	0.31	0.29	0.24	0.20
	침실1	25.7	0.23	0.44	0.41	0.29	0.28
도화동 H아파트	침실2	43.4	0.33	0.30	0.23	0.21	0.19
	침실3	36.9	0.35	0.23	0.19	0.17	0.15
	거실	113.8	0.43	0.49	0.49	0.61	0.54
부천중동 I아파트	안방	23.7	0.49	0.36	0.36	0.36	0.34
	안방침실	34.7	0.48	0.30	0.36	0.32	0.30
	침실1	28.9	0.56	0.34	0.37	0.32	0.33
부천중동 I아파트	침실2	35.3	0.40	0.18	0.17	0.19	0.21
	침실3	46.3	0.49	0.25	0.28	0.30	0.30
	거실	107.0	0.50	0.44	0.49	0.60	0.51

(2) 주파수에 따른 잔향시간 분석

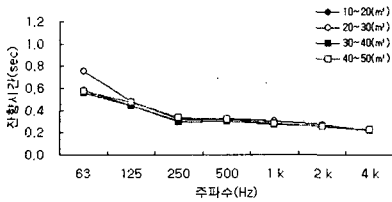
그림 2는 입주세대 침실 및 거실에서의 잔향시간을 체적별로 정리하여 나타낸 것이다. 침실의 경우 주파수가 커질수록 잔향시간이 감소하는 경향을 보였다. 63Hz, 125Hz 저주파수 영역에서는 급격한 감소를 보이는 반면 250Hz 이상의 주파수 영역에서는 0.3초를 전후하여 완만한 감소 형태를 보여주고 있다. 또한 대체적으로 체적에 대한 영향은 적은 것으로 파악되었다.

거실의 경우 주파수가 증가할수록 잔향시간이 짧아지는 경향을 나타내고 있지만, 침실에 비하여 고주파수로 갈수록 잔향시간의 감소폭이 작고, 체적에 따라 편차가 다소 커지는 것으로 나타났다. 대체로 체적이 클수록 잔향시간이 길어지는 양상을 보이고 있으며, 500Hz에서 거실의 잔향시간은 0.4~0.5초의 범위를 나타내었다.

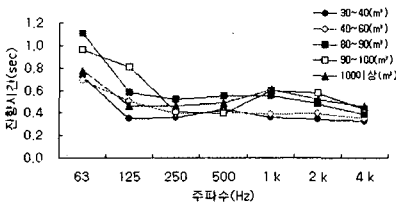
(3) 침실과 거실의 잔향시간 비교

그림 3은 입주세대에서 침실과 거실의 잔향시간 평균치를 1/3 옥타브밴드 중심주파수로 비교하여 나타낸 것이다. 거실

과 침실의 잔향시간은 저주파수 대역에서 높고, 200Hz 이상의 주파수 대역에서는 침실 0.3초, 거실 0.5초 정도로 평탄한 특성을 볼 수 있다. 거실의 잔향시간은 저주파수를 제외하고는 KS규격에서 제시하는 기준잔향시간($T_0=0.5$ 초)과 근접하는 것으로 나타났으나, 침실의 경우 0.3~0.4초로 거실보다는 0.1~0.2초 정도 잔향시간이 짧게 나타났다. 이는 침실의 내부 흡음요인(침대 및 기타 가구, 옷등)과 체적 차이에 기인한 것으로 판단된다.



(a)침실



(b)거실

그림2. 세대별 잔향시간(입주세대)

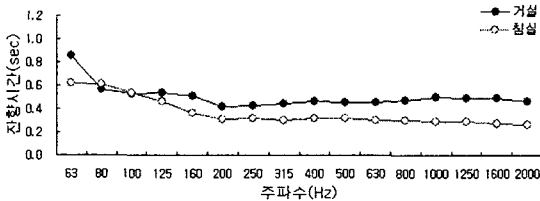


그림3. 거실과 침실의 잔향시간 비교(입주세대)

(4) 체적과 잔향시간

체적에 따른 잔향시간 변화양상을 살펴보기 위하여 총 36개(침실+거실)실의 체적별 잔향시간을 살펴보았다.

그림 4는 500Hz 주파수대역에서 체적에 따른 잔향시간을 나타낸 것이다. 체적이 증가함에 따라 잔향시간이 늘어나는 경향을 보이고 있으나 결정계수(R^2 , the coefficient of determination)는 0.437로 높지 않은 것으로 나타났다. 표 4는 주파수별 잔향시간과 체적을 변수로 하는 상관식을 나타낸 것으로 주파수가 증가할수록 체적과의 상관성이 높아지는 것으로 분석되었다.

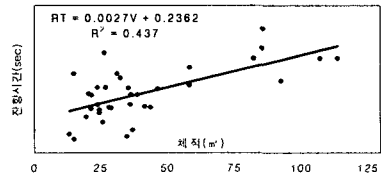


그림4. 체적과 잔향시간(500Hz)

표3. 주파수별 체적과 잔향시간의 상관식

주파수(Hz)	선형회귀수식	R^2
125	$RT = 0.0012V + 0.403$	0.0998
250	$RT = 0.0022V + 0.250$	0.4034
500	$RT = 0.0027V + 0.236$	0.4370
1000	$RT = 0.0040V + 0.175$	0.7052
2000	$RT = 0.0035V + 0.163$	0.7080

3.2 미입주 세대의 잔향시간

(1) 측정결과

미입주 세대(침실4, 거실4)의 잔향시간 측정결과는 표 4와 같으며, 총 12회 측정된 값을 평균한 것이다. 500Hz 주파수 대역에서 0.9~1.4초의 범위를 나타내고 있다.

(2) 주파수에 따른 잔향시간 분석

그림 5는 미입주세대에서 측정된 주파수별 잔향시간을 나타낸 것으로, 침실과 거실을 체적별로 구분하여 나타내었다. 대체로 주파수가 커질수록 잔향시간은 감소하는 경향을 보였다. 63Hz, 125Hz 저주파수 영역에서는 급격한 감소를 보이는 반면 1kHz 이상의 주파수 영역에서는 1.0초를 전후하여 완만한 감소 형태를 보여주고 있다.

(3) 거실과 침실의 잔향시간 비교

그림 6은 미입주세대에서 거실과 침실의 잔향시간평균치를 1/3 옥타브밴드 중심주파수로 비교하여 나타낸 것이다. 입주 세대의 잔향시간과 마찬가지로 주파수가 증가할수록 잔향시간은 감소하는 경향을 보였다. 하지만 중·고주파수 보다 저주파수에서 거실과 침실에서의 잔향시간 차가 상대적으로 크게 나타났으며, 체적이 큰 거실의 잔향시간이 적은 것으로 측정되었다. 이는 입주직전 거실과 침실 마감재의 평균흡음률의 차이는 크지 않다고 가정하면 잔향시간의 영향요소인 거실과 침실의 표면적 비율(2.7~5.6배)이 체적비율(2.5~3.5배)에 비해 크기 때문인 것으로 사료되나, 향후 이에 대한 보다 정도 높은 검토가 이루어질 필요가 있다고 판단된다.

표4. 미입주세대 잔향시간 측정결과

구분 (미입주)	실	체적 (m³)	주파수별 잔향시간(sec)				
			125Hz	250Hz	500Hz	1000Hz	2000Hz
파주	안방	32.7	0.64	0.74	1.38	1.34	0.93
	J'아파트	거실	81.6	0.85	0.89	0.97	0.84
파주	침실	23.1	1.93	1.90	1.35	1.18	1.06
	J'아파트	거실	81.6	0.87	0.72	0.86	0.83
인천	안방	24.9	0.58	1.17	1.15	0.87	0.50
	K'아파트	거실	63.1	0.69	1.04	1.23	1.06
인천	안방	24.9	1.10	1.17	1.15	0.85	0.53
	K'아파트	거실	63.1	0.75	0.99	1.10	0.97

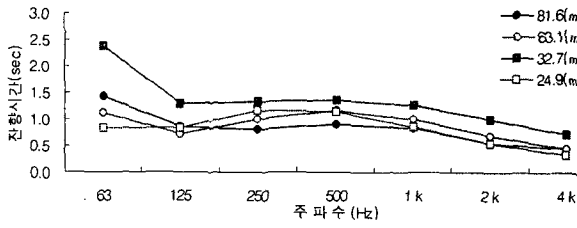


그림 5. 세대별 잔향시간(미입주세대)

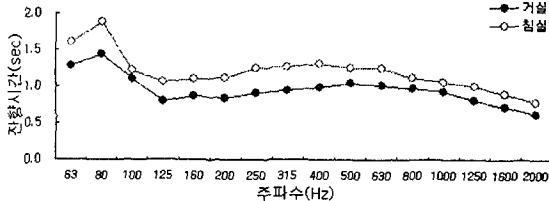


그림 6 거실과 침실의 잔향시간 비교(미입주세대)

3.3 입주 전·후 잔향시간 및 평균흡음률 비교

그림 7은 유사한 체적(거실40~90m³, 침실20~40m³)을 가진 입주세대(6개 세대)와 미입주세대(4개 세대)의 잔향시간을 비교한 그래프이다. 500Hz 주파수 영역에서 잔향시간 차이는 침실에서 입주 전·후 약 1.0초, 거실에서 약 0.6초 정도로 입주세대의 잔향시간이 짧은 것으로 평가되었다. 고주파수영역으로 갈수록 입주세대와 미입주세대와의 잔향시간 차이 값이 감소하는 것을 알 수 있다.

그림 8은 입주 전·후 세대 침실과 거실의 평균흡음률을 평균치로 산정하여 나타낸 것이다.

평균흡음률은 주파수에 따라 입주세대 침실은 0.13~0.35, 입주세대 거실은 0.11~0.20 정도로 나타났다. 평균흡음률은 저주파대역에서 낮고 고주파수 대역으로 갈수록 높아지는 경향을 보이고 있었다. 미입주 세대의 평균 흡음률은 주파수에 따라 0.06~0.20 정도로 나타났고, 입주세대의 경우보다 평균 0.10 정도 낮게 나타났다. 또한 미입주세대의 침실과 거실의 평균흡음률은 큰 차이를 보이지 않았으며, 주파수 특성도 매우 유사한 것으로 파악되었다.

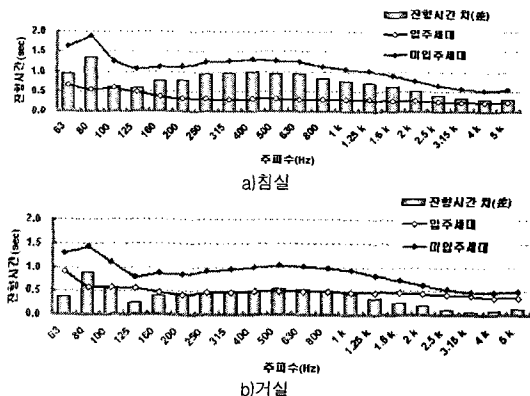


그림 7. 입주세대와 미입주세대의 잔향시간 비교

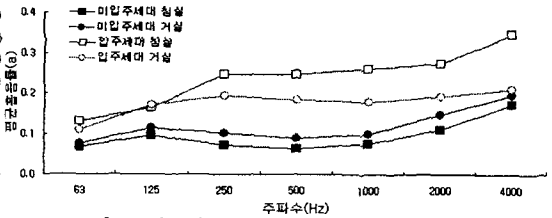


그림 8. 입주세대와 미입주세대의 평균 흡음률

4. 결 론

입주 전·후 공동주택의 실내 잔향시간에 대한 실태를 측정하고 분석한 결과를 정리하면 다음과 같다.

1. 입주 공동주택 잔향시간은 500Hz 주파수대역에서 0.2초~0.7초 정도로 나타났으며, 침실에서는 평균 0.3초, 거실에서는 평균 0.5초로 나타났다. 또한 250Hz 이상의 주파수 영역에서는 잔향시간이 대체로 유사하게 나타났으며, 체적이 커질수록 잔향시간이 증가하는 양상을 보이고 있었다.
2. 미입주 세대의 경우 잔향시간은 500Hz 주파수대역에서 0.9초~1.4초 정도로 나타났으며, 침실에서는 평균 1.3초, 거실에서는 평균 1.0초로 나타났다. 63~125Hz의 저주파수 영역에서의 잔향시간이 상대적으로 긴 것으로 나타났다.
3. 체적이 비슷한 입주 전·후의 공동주택 잔향시간을 비교한 결과, 잔향 시간은 침실에서 평균 1.0초, 거실에서 평균 0.6초 정도로 미입주 세대에서 긴 것으로 나타났으며, 거실에 비해 흡음요인이 많은 침실에서 상대적으로 입주 전·후 세대의 잔향시간 차이가 큰 것으로 파악되었다.

입주세대의 평균 흡음률은 침실에서 0.13~0.35, 거실에서 0.11~0.20 정도로 나타났고, 미입주세대의 평균 흡음률은 0.06~0.20 정도로 나타나, 입주세대의 평균 흡음률이 평균 0.1정도 큰 것으로 분석되었다.

금후 보다 다양한 데이터 확보를 통한 잔향시간 특성에 대한 분석과 함께, 거실과 같은 부정형 공간에서의 효율적인 측정법과 차음평가 시 미치는 영향에 대한 세부적인 연구가 이루어져야 할 것이다.

참 고 문 헌

- (1) 김명준, 1998.9 「共同住宅의 바닥衝擊音 性能에 미치는 影響要因에 관한 實驗的 研究 -슬래브 상부 바닥 구성층 및 측정조건에 의한 영향요인을 중심으로-」, 1998.9, 대한 건축학회 논문집, 14(9), pp.167~178
- (2) M. A. Burgess and W.A. Utley, 1985, Reverberation Times in British Living Rooms, Applied Acoustics, Volume 18, pp.369~380
- (3) Cesar Diaz and Antonio Pedrero, 2004 「The reverberation Time Of Furnished rooms in dwellings」, Applied Acoustics, Volume 66, pp.945~956
- (4) KS F 2864 : 2002 「실내 공간의 잔향시간과 음향변수 측정방법」