한국소음진동공학회 창립10주년 기념 소음진동학술대회논문집, pp. 151~156.

철골조 공동주택의 차음성능 실태조사에 관한 연구(I)

[0]차 상 곤*, 이 상 우**, 정 병 욱***, 정 대 업****, 이 수 열*****

A Study on the Sound Insulation Performance of Steel-Structured Apartment Buildings (I)

[0]Cha, Sang Gon*, Lee, Sang Woo**, Jung, Byung Wook***,
Jeong, Dae Up****, Lee, Soo Yeul*****

ABSTRACT

The sound insulation performance of walls and floors for air-borne and structure-borne sounds in an apartment building is an important environmental factor which should be contemplated at the intial design stage for their thorough control. Recent increasing residents' demands for quality living spaces strongly urge the development of more accurate and efficient measurement and evaluation methods for the control of air-borne and structure-borne sound insulation. However, steel-structured apartment buildings, recently emerged as new building structures in the market, have not been thoroughly examined. The present work carried out an extensive survey for steel-structured apartment buildings, in an attempt to provide useful design data, and their sound insulation performances were compared with those of R.C. apartment buildings.

1. 서 론

대도시 인구밀집지역의 심각한 주택부족과 이에 따른 대량공급에 초점이 맞추어져 발전되어온 국내 주택시장은 대규모의 신도시 개발에 의한 도심의 공동화 현상과 대량의 교통량 유발을 가져와 도심 재개발시 공동주택을 건설하여 주거시설을 공급하므로서 이에 대한 해결책을 제시하여야 하는 필연적인 상황에 처하게 되었다. 그리고 최근의 주택시장은 공급과 수요가 균형을 이루기 시작하면서 공급자 위주에서 수요자 위주로 시장의 주체가 변화되어가는 양상을 보이고 있다.

이러한 변화에 대응하기 위하여 최근 주택공급 업체에서는 경쟁적으로 주택상품의 차별화와 사업영역의 다각화를 모색하고 있으며, 초고층화가 가능한 철골조 공동주택이 새로운 주택양식으로 대두되고 있다.

철골조 공동주택은 고층화 및 건식공법의 발달로 도심지역의 높은 지가에 대응하여 토지 이용효율을 극대화할 수 있고, 공기를 단축시켜 자금의 회전을 빠르게 할 수 있다는 장점을 가지고 있는 반면, 건축물에 사용되는 부재가 조립식 공법을 선정하므로써 접합부가 기존의 철근콘크리트조에 비해 많아지게 됨에 따라 차음성능이 음 환경적 측면의 주거성능 수준을 결정하는 가장 중요한 인자로 등장하게 되었다. 그러나 철골조에 대한 바닥충격음 및 실간·세대간 벽체 차음성능에 대한 국내의 주거문화를 고려한 연구는 미진한 실정이다.

본 연구에서는 현재 시공이 완료된 철골조 아파트를 대상으로 공동주택의 차음성능 문제요인으로 밝혀진 바닥충격음 및 실간·세대간 벽체 차음성능을 측정·평가하고, 기존 철근콘크리트조의 연구결과와 비교·평가하여 철골조 공동주택의 음환경

* 경기대학교 석사과정
** 경기대학교 교수
*** 현대산업개발 기술연구소 소장
**** 중앙대학교 연구교수
***** 성주엔지니어링 종합건축사사무소 소장

측면의 거주성에 대한 부분을 밝히고자 하였으며, 향후 시공될 철골조 아파트의 적정한 실내소음 유지를 위한 기초자료를 제공하고자 하였다.

2. 측정대상의 개요

본 연구에서 철골조 공동주택의 차음성능 실태조사를 위하여 선정한 측정대상은 주 관심대상인 구조와 재료의 차이에서 발생하는 차이점의 파악을 용이하게 하고자 기존 철근콘크리트조 공동주택과 유사한 평면형태로 시공이 완료된 아파트를 선정하였다.

2.1 계획적 특성

차음성능 실태조사 대상인 철골조 공동주택의 계획적 특성은 Fig. 1, Table 1과 같이 철근콘크리트 벽식구조 공동주택과 유사하게 계획된 계단실을 중심으로 대칭 평면형태인 일자형이다.

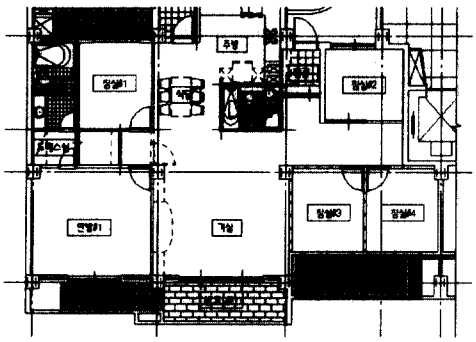


Fig. 1 The floor plan of steel-structured apartment building

이러한 평면형태는 Fig. 2와 같이 최근 도심지에 타워형 평면형태와 자유스러운 내부 공간 계획, 초고층화에 의해 도입된 커텐월 위주의 밀폐된 입면 구성으로 계획되고 있는 초고층 대형 평형의 철골조 공동주택 보다는 전단계라 할 수 있다.

Table 1 A summary of architectural plan

규 모	평 형	평면형태	층 고
지상16층	51평	일자형	3.0 m

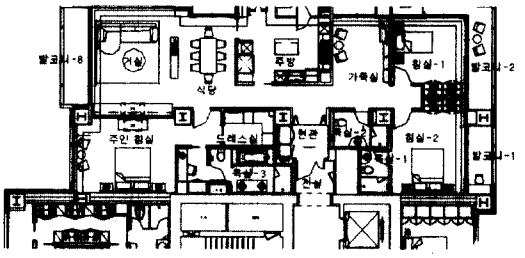


Fig. 2 The floor plan of steel-structured apartment building

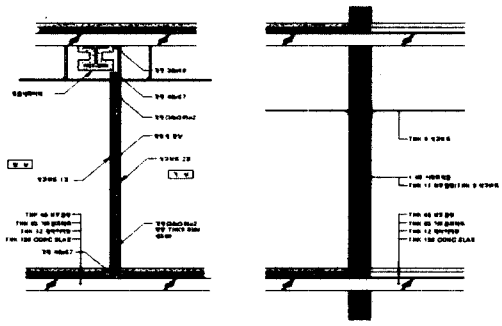
2.2 구조적 특성

본 연구대상인 철골조 아파트는 라멘조 구조방식에 세대간 경계벽과 외벽은 조적조의 습식공법을 선정하고, 세대내의 칸막이벽 구조는 욕실 부위(조적조) 이외에는 건식공법(gypsum drywall)을 선정하여 철근콘크리트 벽식구조의 공간변경에 대한 제약 조건인 내력벽이 없어져, 거주자의 취향이나 생활패턴에 따른 다양한 평면 변경이 가능한 구조이다. 실태조사 대상인 철골조 공동주택의 구조에 대한 상세도와 내용은 Table 2, Fig. 3과 같고, 철근콘크리트조 공동주택의 구조적 특성과 비교한 내용은 Table 3과 같다

Table 2 The structural details of the building for survey.

unit : mm

구 분		총두께	재 료					비 고
벽체	세대내	97	석고보드1겹(9)+단열재(유리섬유:70)+석고보드2겹(9)					
		138	몰탈위 6타일(30) + 조적벽(90) + 몰탈위 9석고보드(18)+벽지					욕실-거실
	세대간	220	벽지+ 몰탈위9석고보드(20)+ 조적벽(180) +몰탈위9석고보드(20)+벽지					
바 닥		700	마감층	채움층	완충층	슬라브	천장구조	
			미장(45)	기포콘크리트 (63)	페타이어칩 (12)	150	공기층 (421)+석고보드(9)	



(a) lightweight (b) masonry

Fig. 3 The details of a party wall and floor in a residential unit

Table 3 The comparison of characteristics between structural types.

항 목		철골조	철근콘크리트조
지지방식		기둥과 보	내력벽
벽체	세대내	비내력벽	내력/비내력벽
	세대간	비내력벽	내력벽
바 닥		벽체와 분리	벽체와 일체

3. 측정 및 평가

3.1 평가기준

본 연구에서 철골조 공동주택에 도입한 세대내 칸막이벽의 차음성능 실태 파악을 위한 부위는 철근콘크리트 벽식구조에 대한 기존 연구결과와 비교가 가능한 거실과 안방, 욕실과 거실의 칸막이벽을 대상으로 선정하였으며, 평면유형별 차음성능 평가기준은 Table 4와 같다.

Table 4 The evaluation criteria of sound insulation performance for each plan type.

구 분	평면유형	적용예	차음성능
L-1 형		거실+주침실	D22~D25[1]
I-2 형		욕실+거실	D25[2]

세대간 경계벽에 대한 평가기준은 국내 관련법규에 준하였고, 바닥충격음에 대한 차음성능 기준은 1990년도에 대한주택공사에서 공동주택의 실태조사와 설문조사 및 청감실험을 통하여 제안한 '차음성능 기준안'[4]을 선정하였다. 그 내용은 Table 5와 같다.

Table 5 The evaluation criteria for the wall and floor between residential units.

구 분		평가기준	비 고
세대간 경계벽[3]		D45	
바닥구조[4]	경량	L-70	대체로 만족
	중량	L-50	

3.2 측정위치 및 방법

철골조 공동주택의 음환경에 대한 물리적 평가를 위한 측정대상 벽체는 세대내 칸막이벽의 경우 평가기준의 적용을 위하여 거실과 주침실, 욕실과 거실간 칸막이벽을 선정하였고, 인접 세대의 세대간 경계벽을 선정하였으며, 바닥충격음에 대한 측정대상 바닥구조는 거실과 주침실을 선정하였다. 그 내용은 Fig. 4와 같다.

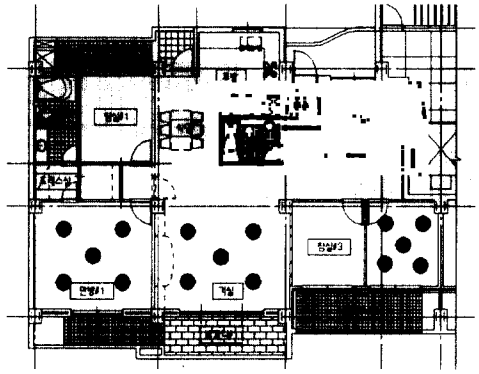


Fig. 4 The measurement points.

벽체의 차음성능 측정방법은 국내(KS F 2809) 및 일본(JIS A 1417) 공업규격에 준하여 실시하였고, 측정 주파수는 125Hz에서 4,000HZ 까지 1/1 옥타브밴드 대역의 주파수를 대상으로 하였으며, 측정점은 음원실 및 수음실내에 골고루 분포한 5

개 지점을 각각 선정하였다.

바닥충격음 측정방법은 국내(KS F 2810) 공업규격에 준하여 중량 충격원의 경우 바닥 구성층의 측정대상 구조 위에 3개 지점을 가진 점으로 선정하였으며, 경량 충격원의 경우는 ASTM에서 제시한 방법에 따라 4개 지점을 가진 점으로 선정하여 일정 규격의 경량 충격원(Tapping Machine) 및 중량 충격원(tire)에 의해 충격을 주어 수음실로 방사되는 바닥충격음레벨을 측정하였다. 수음점은 5개 지점을 측정지점으로 하였으며, 측정은 63Hz~4,000Hz범위에서 1/1 옥타브밴드 대역의 주파수를 대상으로 하였다. 벽체의 차음성능과 바닥충격음 측정에 사용된 측정기기는 다음과 같고, 구성은 Fig. 5와 같다.

- 1/3 OctaveBand Real-Time Analyzer SA-27
- Random Noise Generator SF-05
- Speaker SS-02
- Precision Sound Level Meter NA-29E
- Tapping Machine F1-01
- Bang Machine F1-02
- Microphone Preamplifier NH-17
- Microphone UC-53

(a) The transmission loss of walls

(b) The transmission loss of a floor for impact noise.

Fig. 5 The experimental arrangements

3.3 측정결과 및 평가

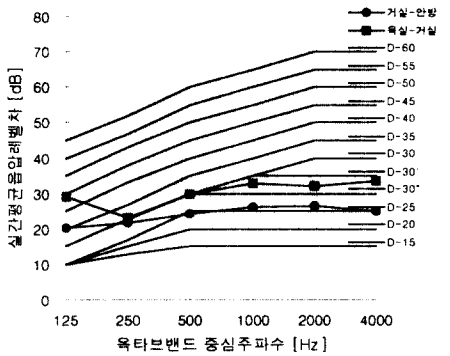
3.3.1 벽체

세대내 칸막이벽과 세대간 경계벽의 분석결과는 Table 6 및 Fig. 6과 같으며, 본 연구에서 선정한 평가기준에 준하여 평가한 결과는 Table 7과 같다.

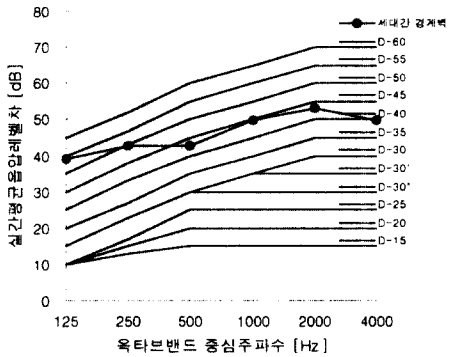
Table 6 The measured sound insulation performance of walls in 1/1 octave.

unit : dB

측정대상 \ 주파수[Hz]		125	250	500	1K	2K	4K	D-Value
세대내	거실-안방	20	22	24	26	27	25	D-24
	욕실-거실	29	23	30	33	32	34	D-30'
세대간경계벽		39	43	43	50	53	50	D-40



(a) The party wall in an unit



(b) The wall between residential units

Fig. 6 The analyzed sound insulation performances of walls.

Table 7 The evaluated sound insulation performances of walls.

구 분		분석결과	평가기준	평 가
세대내	거실-안방	D-24	D-22~D-25	만 족
	욕실-거실	D-30*	D-25	우 수
세대간경계벽		D-40	D-45	부 족

Fig. 6에서와 같이 세대내 칸막이벽의 경우, 차음성능 결정 주파수는 500Hz로 나타났으며, 차음지수는 거실과 안방 칸막이벽은 D-24, 욕실과 거실 칸막이벽은 D-30* 으로 나타났다. 그리고 세대간 경계벽에 대한 분석결과는 차음성능 결정주파수가 4,000Hz이며, 차음지수는 D-40으로 나타났다.

세대내 칸막이벽의 분석결과를 철근콘크리트조 공동주택의 연구결과와 비교하면, Table 7에서 볼 수 있듯이 거실과 안방의 차음성능은 만족 하는 수준으로 평가되며, 욕실과 거실의 차음성능은 차음지수가 5정도 향상되어 우수한 것으로 평가된다.

세대간 경계벽의 차음성능은 '벽체의 차음구조 지정 기준'[3]에서 규제하고 있는 기준보다 부족한 수준을 보이는 것으로 나타나 차음성능 향상을 위한 개선이 필요할 것으로 평가된다.

3.3.2 바닥구조

거실과 주침실의 바닥구조에 대한 차음성능 분석결과는 Table 8, Table 9, Fig. 7과 같으며, 본 연구에서 선정한 평가기준에 준하여 평가한 결과는 Table 10과 같다.

Table 8 For the light-weight impact source

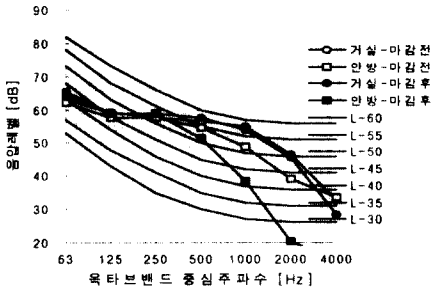
unit : dB

주파수[Hz] / 측정대상		63	125	250	500	1K	2K	4K	L-Value
마감전	거 실	63	59	58	57	55	47	33	L-58
	안 방	62	58	58	55	49	39	34	L-55
마감후	거 실	66	59	59	58	54	46	29	L-58
	안 방	64	59	59	52	39	20	15	L-53

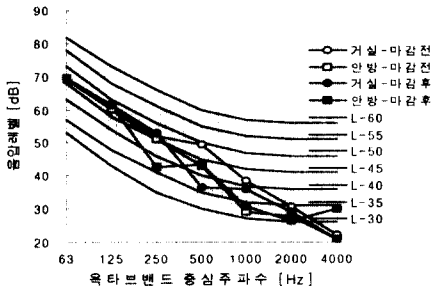
Table 9 For the heavy-weight impact source

unit : dB

주파수[Hz] / 측정대상		63	125	250	500	1K	2K	4K	L-Value
마감전	거 실	69	61	52	49	38	31	22	L-49
	안 방	69	60	51	43	29	28	21	L-47
마감후	거 실	69	61	53	37	36	29	21	L-48
	안 방	70	61	43	43	31	26	30	L-48



(a) For the light-weight impact source



(b) For the heavy-weight impact source

Fig. 7 The measured sound insulation performance of floor structures.

Fig. 7 에서 볼 수 있듯이, 경량충격음을 결정하는 주파수는 거실은 500Hz, 주침실은 250Hz로 나타났으며, 중량충격음의 경우는 거실과 안방 모두가 125Hz로 나타났다. 그리고 마감재의 유무에 의한 효과는 차음지수상 거의 없는 것으로 분석되었다. 전반적으로 면적이 넓은 거실이 안방에 비해 차음성능상 불리한 것으로 분석되었는데 이러한 결과는 기존의 연구결과[6]와 일치하는 경향인 것으로 보인다.

분석결과를 평가기준으로 선정한 '바닥충격음의 차음성능 기준안'과 비교해 보면, 경량충격음의 경우는 기준안을 충분히 만족하여 우수한 것으로 평가되며, 중량충격음의 경우도 기준안을 만족하고 있는 것으로 나타났다. 따라서 기존 연구에서 제안된 기준안이 '윗층 충격음에 대해 상당히 신경쓰이는 정도로써 차음성능상 지장이 발생하는 일도 있지만 만족하는 수준'[1]인 점을 고려할 때 바닥구조는 충분한 차음성능을 갖는 것으로 평가된다.

Table 10 The evaluated sound insulation performance for floor impact noise.

구 분			분석결과	평가기준	평 가
거실	경량	마감전	L-58	L-70	우 수
		마감후	L-58		우 수
	중량	마감전	L-49	L-50	만 족
		마감후	L-48		만 족
안방	경량	마감전	L-55	L-70	우 수
		마감후	L-53		우 수
	중량	마감전	L-47	L-50	만 족
		마감후	L-48		만 족

4. 결론 및 향후과제

철골조 공동주택의 음환경 측면의 거주성에 대한 부분을 현장 평가로 규명하여 향후 시공될 철골조 아파트의 적정한 실내소음 유지를 위한 기초자료를 제공하고자 한 본 연구의 결과를 정리하면 다음과 같다.

1) 세대내 칸막이벽으로 선정된 건식공법에 의한 벽체의 차음성능은 기존 철근콘크리트 구조와 유사한 차음성능 확보가 가능한 것으로 평가되었다.

2) 세대간 경계벽으로 선정한 조적조 벽체의 차음성능은 규제기준을 만족하기 위해서는 개선이 필요하다.

3) 바닥충격음의 차음성능은 본 연구대상 구조와 같이 시공될 경우 충분한 차음성능 확보가 가능한 것으로 평가되었다.

본 연구와 연계하여 진행시킬 향후 연구과제는 다음과 같다.

1) 기존의 내력벽 지지에 의한 공동주택의 음 전달 특성과 철골조의 기둥과 보에 의한 지지방식의 음 전달 특성에 대한 차이점을 규명하여야 한다.

2) 벽체의 차음성능 측면에서 습식구조의 주파수 특성과 철골조의 주파수 특성을 규명하여 보다 효과적인 개선 방안이 수립되어야 한다.

3) 바닥구조의 차음성능 부분에서 바닥구조만 볼 때 그 이상의 차음성능이 예측되나 본 연구와 같은 결과가 나온 점에 대한 원인 규명 작업이 필요하며, 그에 대한 개선안이 요구된다.

4) 거주후 평가방법(POE)을 실시하여 물리적인 측정에 의한 결과와 비교함으로써 음환경의 심리적 분석에 대한 부분의 검증이 요구된다.

참고문헌

(1) 대한주택공사, 1990, "공동주택 내부소음 기준 설정 연구(I)-바닥충격음의 차음성능 기준".

(2) 한국과학재단, 1987, "도시 주거건물의 차음성능 평가기준에 관한 연구".

(3) 벽체의 차음구조 지정 기준[건축법 별표1 차음구조의 성능기준]

(4) 대한주택공사, 1991, "공동주택 내부소음 기준 설정 연구(II) - 급배수설비소음 및 실간차음성능 기준".

(5) 김명준, 1999, "공동주택 바닥충격음의 부위별 전달특성 평가", 한양대학교 박사학위논문.

(6) 대한주택공사외 9개 기관, 1996, "철골조 초고층 아파트 시스템 개발(III)".