

공동주택 적용을 위한 다분기챔버 환기 시스템의 성능평가에 관한 연구

Performance Evaluation of Multidrop Chamber Ventilation System in Apartment

김 성 수* 손 장 열**
Kim, Sung Soo Sohn, Jang yeul

Abstract

It is common to design the duct branches where to supply the required air flow for individual room in residential apartment house. However it is difficult to adjust the air volume adequately in small air duct branches in residential ventilation system. The purpose of this study is to figure out the performance of Multidrop chamber coupling system for the residential ventilation system. The experiments were designed to simulate apartment of 84m² and established multidrop chamber duct and general duct on the ceiling of the apartment. Distribution performance of air supply rate were evaluated in this experiments. As a result, distribution performance of air supply rate in the general duct is different from designed air supply rate by about 35% ~ 50% and about 10% in the multidrop chamber system. In additional the sound insulation performance of the multidrop chamber system decreased about 20% compared with general duct system. Therefore, the multidrop chamber system is considered to satisfy proper air supply rate of each room and to improve the sound insulation performance in apartment Houses.

키워드 : 일반덕트 시스템, 다분기챔버 덕트 시스템, 실내공기질, 풍량분배, 환기장치, 환기량

Keywords : Single line duct system, Light guide, Multidrop chamber coupling system, Indoor Air Quality, Distributing the air volume, Ventilation system, Air flow

1. 서 론

1.1 연구배경 및 목적

1980~90년대 1,2차 에너지 위기 이후 건축물의 에너지 절약이 강조되고, 고기밀, 고단열의 알루미늄 창호 및 플라스틱 창호가 보급되면서 건축물의 기밀성능 및 단열성능이 매우 향상되었다. 또한 건축물의 난방 및 냉방에너지 절약을 위해 개량주택들이 등장하여 보급되면서 환기량이 최소화되고 있는 실정이다. 이는 환기부족의 원인이 되어 실내 공기질을 악화시키고 나아가 거주자의 건강을 위협하고 있다. 최근에는 휘발성 유기화합물 및 포름알데히드 등과 같은 화학물질이 함유된 건축자재의 사용과 전기전자제품 등의 생활용품에서 방출되는 오염물질로 인해 실내 공기 환경은 더욱 더 악화되고 있다.

이러한 실정에 맞추어 각 나라에서는 실내 공기질의 중요성을 인식하여 쾌적하고 건강한 실내 환경을 확보하기

위해 환기기준 및 제도를 정책적으로 시행하고 있다. 국내에서는 2004년 5월 환경부에서 '다중이용 시설 등의 실내공기질 관리법'이 개정되었고, 2006년 1월부터 건설교통부에서는 '건축물의 설비기준 등에 관한 규칙'을 마련하여 공동주택의 환기에 대한 의무화를 시행하였다. 이러한 규칙 중 환기에 대한 주요 사항인 제11조에 보면, "신축 공동주택은 시간당 0.7회/h 이상의 환기가 이루어질 수 있도록 자연환기설비 또는 기계환기 설비를 설치하여야 한다."고 규정되어 있다. 그러나 건축물의 고층화, 고기밀화로 인해 자연환기만으로는 필요 환기횟수를 충족하기 어려운 것이 현실이며 자연환기설비 또한 외부기후 상태에 따라 유입시키는 외기의 양이 변화하여 상시적으로 필요한 환기횟수를 확보할 수 없는 문제가 발생하고 있다. 이러한 이유로 인하여 24시간 상시적인 환기가 가능한 기계환기설비를 적용하는 것이 실내공기질 문제를 해결하는 주된 방안으로 제시되고 있으며 각 연구기관 및 건설업체, 환기관련 업체에서는 실내의 환기성능을 향상시키기 위한 기계환기 방식의 연구를 다양하게 진행하고 있다.

* 주저자, 한양대학교 건축공학과 박사과정
(sskim2213@hanmail.net)

** 교신저자, 한양대학교 건축공학과 교수(jysohn@hanyang.ac.kr)

1.2 연구의 목적

환기시스템 성능의 향상을 위해서는 필요 환기횟수를 충족시킬 수 있도록 풍량을 공급하는 것 이상으로 각 실 간으로의 풍량 분배가 매우 중요하다. 풍량 분배의 불균형으로 인한 풍량의 과한 치우침은 환기가 부족한 공간과 에너지를 과소비하는 공간을 만들어 낼 수 있으며 적절하지 못한 덕트의 설계는 재료비 및 시공비용의 증가와 성능의 불만족을 초래할 수 있다.

주거용 환기시스템의 경우 타 건축물의 환기시스템과 달리 소풍량으로 운전되므로 덕트의 설계에 있어서 정확한 덕트 설계가 필요하다. 그러나 단일라인의 덕트를 분기하여 풍량을 분배하는 기존의 단일 덕트 방식은 덕트의 형상 및 연결방식에 따라 풍량 분배 성능에 많은 차이를 보인다. 또한 단일 덕트 방식의 경우 환기장치 설치 후 적절한 풍량 분배를 위해 TAB 과정을 통하여 취출구의 풍량을 조절하는 것이 필수적이다. 이 TAB 과정에서는 별도의 인력과 장비 및 시간이 소용되고 이에 따른 초기투자 비용이 증가한다. 따라서 연결방식, 분배순서 및 덕트 길이 등에 의한 영향을 줄일 수 있고 별도의 풍량 조절이 크게 필요하지 않은 환기시스템에 대한 연구가 필요하다.

이에 본 연구에서는 실내 환기성능을 개선시키고 세대 내 각 공간별로 필요 환기량의 적절한 분배를 위한 방안으로 다분기챔버 덕트 방식의 적용을 고려하였다. 적용한 다분기챔버 시스템은 형상 및 크기를 국내 공동주택에 적용할 수 있도록 고안한 제품으로 분배성능과 소음의 차단성능, 타공간(각실)으로의 소음 전달 방지를 통해 주거용 환기시스템에서의 그 적용성을 평가하고자 하였다.

2. 연구의 방법

2.1 평가대상 다분기챔버 시스템

본 연구에서 적용한 다분기챔버 시스템은 아파트의 천정 슬리브와 천정 마감재 사이의 공간에 설치할 수 있게 고안된 제품으로 크린호스와 다분기챔버를 커플링을 이용하여 나사형식으로 체결한 일체형 시스템이다. 이러한 다분기챔버 시스템은 송풍기 또는 환기장치의 급기측과 환기측에 연결되어, 도입된 외기를 적정 풍량으로 분배하고 각 급기구까지 개별 덕트를 통하여 송풍하며 실내의 각 흡기구를 통하여 적정 풍량을 다분기챔버를 흡입하여 배기할 수 있도록 고안되었다. 즉, 실내 환기량의 전체 풍량을 단일라인에서 분기하여 송풍 및 배기하는 단일덕트 방식과는 달리 필요 풍량만큼 미리 분배하여 개별라인으로 송풍 및 배기하는 방식이다.

다분기챔버는 급기 시 송풍기와 연결되는 1차 측 유입구와 각 취출구로 분배되어 유출되는 5개의 2차 측 유출구의 형태로 되어 있으며, 환기 시는 역으로 각 흡입구로부터 들어오는 5개의 유입구와 1개의 유출구로 구성된다. 또한 다분기챔버에는 5개의 유입/유출구의 풍량을 조절할 수 있는 풍량 조절기가 설치되어 있다. [그림 1]은 다분기챔버의 외관 모습을 나타낸다.



그림 1. 다분기챔버

2.2 연구의 방법 및 절차

본 연구에서는 다분기챔버 덕트 시스템과 기존 공동주택에서 일반적으로 적용되고 있는 단일라인 덕트 시스템과의 풍량 분배 및 소음차단 효과를 비교 평가하기 위해 ○○건설 강일지구 84㎡(A)의 기준층 아파트 세대를 대상으로 하여 두 가지 환기 시스템의 모의실험 장치를 구성하고 측정 평가하였으며, [그림 2]는 일반 덕트 시스템과 다분기챔버 덕트 시스템의 평면도를 나타낸다. 공조면적은 71㎡이고, 체적은 184.6㎡로 천정에 다분기챔버 덕트와 일반 덕트를 각각 설치하였다. 실험에 사용한 환기장치는 풍량 150㎡/h의 용량을 가진 판형 환기장치로 실험 대상공간에 대하여 0.7 회/h의 명목적인 환기횟수를 갖는다. 또한 모든 실에는 65Ø 원형 취출구 1개씩을 설치하였다. 다분기챔버 덕트 시스템은 각 실에 필요한 환기량을 산정한 후 다분기챔버에서 각 분기관으로 분배하였고, 일반 덕트 시스템은 등압법에 따라 덕트를 설계하고 시공하였다. <표 1>은 실험 대상현장의 면적과 체적 등을 나타내며 <표 2>에 환기를 하기 위해 급기구와 환기구를 설치한 환기 지역과 실별 필요 풍량 등을 정리하여 나타냈다.

각 환기 시스템의 소음에 대한 평가는 환기를 행하고 있는 각 실 중 임의의 한 실에서 62dB 정도의 소음을 발생시킨 후 덕트를 통하여 다른 실로 전달되는 소음을 측정·평가하였다. 연구의 절차를 정리하면 다음과 같다.

- (1) 다분기챔버 덕트 시스템과 일반 덕트 시스템의 공급풍량 및 환기풍량의 분배성능을 비교 분석한다.
- (2) 다분기챔버 덕트 시스템과 일반 덕트 시스템의 덕트 전달 소음을 측정하여 비교 분석한다.
- (3) (1), (2)의 결과를 토대로 공동주택에서의 다분기챔버 덕트 시스템 적용 가능성을 평가한다.

표 1. 측정 개요

비교대상	평형	면적	체적	취출구
일반덕트방식과 다분기챔버덕트방식	26평형	71㎡	184.6㎡	65Ø 원형 취출구

표 2. 각 실별 필요 풍량

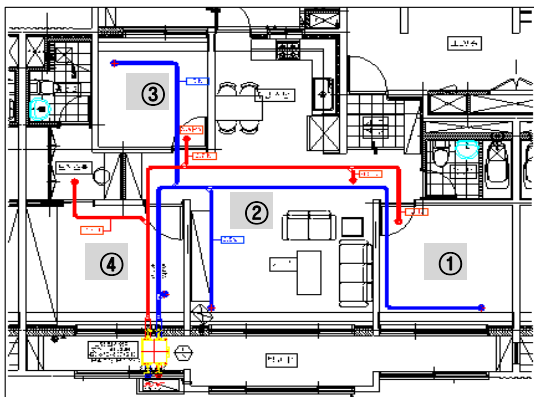
구분	실면적 [m ²]	실체적 [m ³]	설계 급기량 [m ³ /h] / [환기횟수]
침실1	14.1	36.6	30 / [0.81]
거실	25.9	67.6	50 / [0.74]
침실2	12.6	33.3	30 / [0.90]
안방	18.4	47.8	35 / [0.73]
합계	71	184.6	145 / [0.78]

3. 측정결과 및 분석

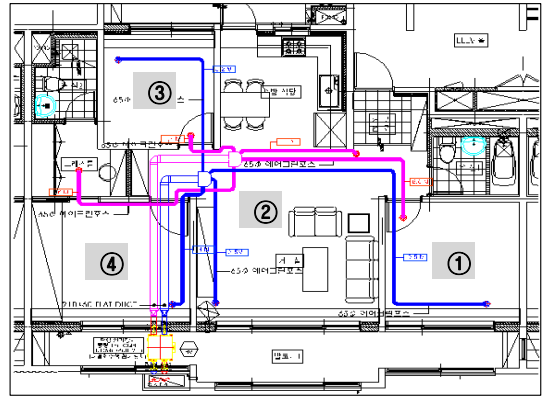
3.1 일반 덕트 시스템의 풍량 분배 측정 결과

<표 3>과 [그림 3], [그림 4]는 각 취출구에서의 풍량 측정결과를 정리한 것이다. 각 실의 풍량은 취출구 위치에 따라 큰 차이가 나타나고 있으며, 최저 31[m³/h]에서 최대 63[m³/h]로 약 2배의 급기 풍량 차이가 있는 것으로 조사되었다. 침실 1과 침실 2는 설계 풍량과 근접하나 거실의 경우는 설계 풍량에 못 미치고 안방의 경우는 설계치보다 2배 가까운 풍량이 급기되는 것으로 측정되었다. 배기 풍량의 경우 최저 9[m³/h]에서 최고 53[m³/h]로 약 6 배의 큰 차이가 나타났으며, 이는 배관의 길이가 가장 긴 침실 1이 풍량이 가장 적고 배관 길이가 짧은 안방의 경우에서 설계치보다 많이 배기되는 것으로 미루어 배관길이의 영향으로 판단된다.

<표 4>와 [그림 5]에서는 설계치 대비 풍량을 나타냈다. 단위세대 전체적으로 보면 설계치 대비 약 106% 정도의 급기가 이루어지고 있는 것으로 나타났으나, 각 실별 설계치 대비 급기량에는 큰 차이가 나타나고 있는 것으로 조사되었다. 실에 따라 설계치 대비 65%에서 162% 까지 설계치보다 높거나 낮은 것으로 조사되었다. 이는 일반 덕트 시스템의 경우 덕트 내의 마찰손실, 분기관, 곡관 등에 의한 압력 손실 등으로 인하여 각 취출구에 전 열교환기에서 공급된 외기가 적정히 분배되고 있지 않음을 나타낸다.



(a) 일반덕트시스템 평면도



(b) 다분기챔버덕트시스템 평면도

주 : ① 침실 1 ② 거실 ③ 침실2 ④ 안방

그림 2. 일반덕트시스템과 다분기챔버덕트시스템 평면도

따라서 기존 덕트 시스템을 공동주택에 적용하여 시공할 경우 각 실의 풍량 불균형으로 급기에서의 급기량 조절이 필수적이라고 할 수 있다.

표 3. 일반덕트시스템의 각 실별 풍량

공조지역	필요풍량 (CMH)	OA풍량(CMH)		EA풍량(CMH)	
		설 계	측 정	설 계	측 정
침실1	30	30	34	30	9
거실	50	50	36	50	21
침실2	30	30	31	30	34
안방	35	35	63	35	53
합 계	145	145	164	145	117

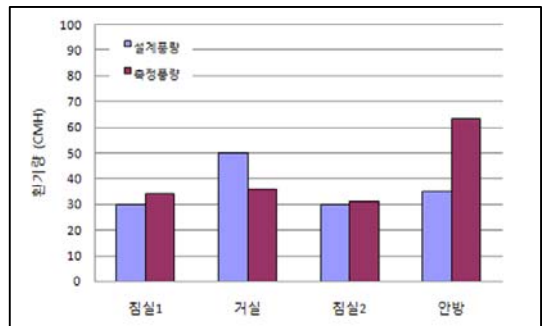


그림 3. 일반덕트시스템의 급기풍량

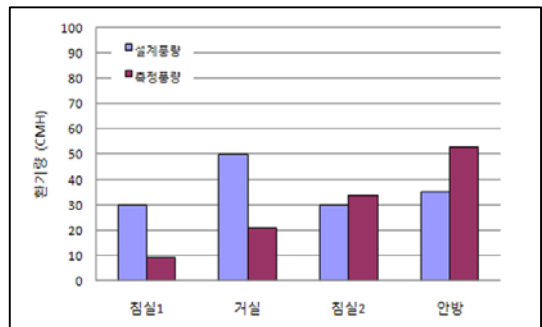


그림 4. 일반덕트시스템의 배기풍량

표 4. 일반덕트시스템의 각 실별 설계치 대비 풍량

구분	설계치 대비 급기 풍량 [$\frac{\text{측정풍량}}{\text{설계풍량}} \times 100 (\%)$]	
	급기	배기
침실1	103	29
거실	65	40
침실2	94	110
안방	162	147
단위세대	113	81

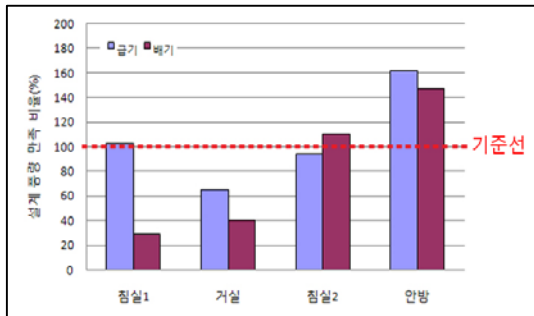


그림 5. 일반덕트시스템의 설계치 대비 풍량

3.2 다분기 챔버 덕트 시스템의 풍량 분배 특성

<표 5>와 [그림 6], [그림 7]은 각 취출구에서의 풍량 측정결과를 정리한 것이다. 다분기 덕트 챔버 덕트 시스템에서는 챔버와 덕트 내의 정압손실을 고려하여 필요 풍량보다 약 4%에서 10% 가량의 많은 풍량으로 설계치를 정하고 이에 따라 챔버를 조정하였다. 그 결과 측정 급기 풍량은 전실 고르게 설계치를 만족하였으나, 설계치를 정할 때 고려한 손실값이 커서 측정 급기 풍량이 설계치보다 약 6% 많이 측정되었다. 배기풍량은 설계치와 일치하는 값을 나타내었다. <표 6>과 [그림 8]은 설계치 대비 각 취출구에서의 풍량을 나타낸다. 단위세대 전체적으로 보면 설계치 대비 약 106%의 급기가 이루어지고 있는 것으로 나타났으나, 일반덕트와 같이 실별로 큰 차이를 보이지 않고 전실 급배기 풍량에서 설계치와 2%에서 9% 내의 차이를 나타내었다. 이는 일반 덕트 시스템보다 풍량 분배 불균형이 상당히 개선되어 풍량이 전체적으로 균등하게 분배되고 있는 것으로 판단된다.

표 5. 다분기챔버 덕트 시스템의 각 실별 풍량

공조지역	필요풍량 (CMH)	OA풍량(CMH)		EA풍량(CMH)	
		설 계	측 정	설 계	측 정
침실1	30	33	36	31	30
거실	50	55	56	52	58
침실2	30	33	35	31	33
안방	35	39	42	34	34
합 계	145	160	169	150	150

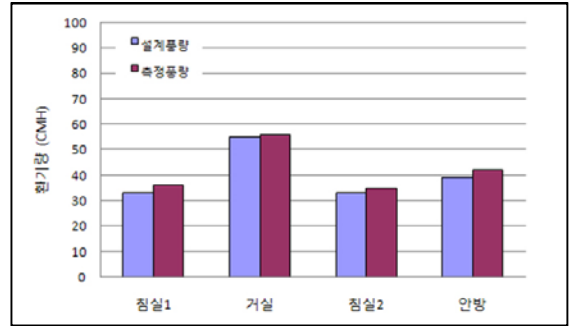


그림 6. 다분기챔버시스템의 급기풍량

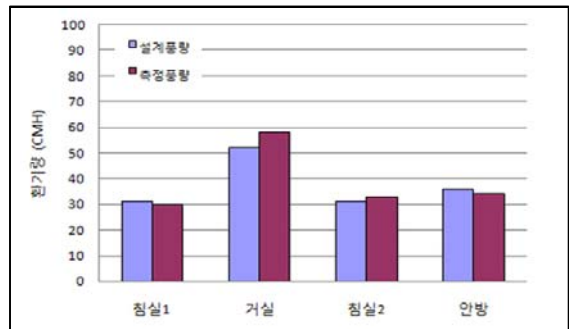


그림 7. 다분기챔버시스템의 배기풍량

표 6. 다분기챔버시스템의 각 실별 설계치 대비 풍량

구분	설계치 대비 급기 풍량 [$\frac{\text{측정풍량}}{\text{설계풍량}} \times 100 (\%)$]	
	급기	배기
침실1	109	97
거실	102	112
침실2	106	106
안방	108	94
단위세대	106	100

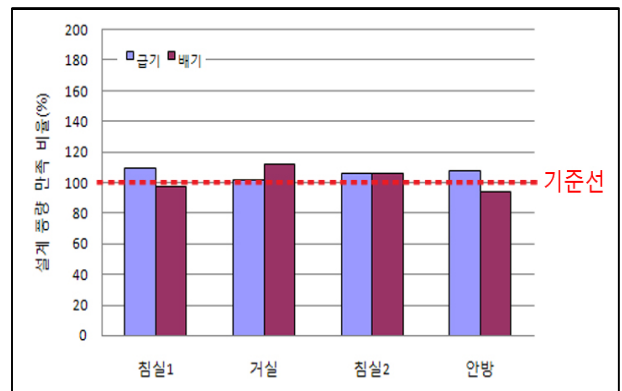


그림 8. 다분기챔버시스템의 설계치 대비 풍량

3.3 다분기 챔버 덕트 시스템의 풍량 분배 효과

일반 덕트 시스템과 다분기챔버 덕트 시스템의 분배 풍량 측정 결과를 비교하여 보았으며, <표 7>은 각 덕트 시스템의 설계 풍량 대비 측정 풍량의 만족비율을 급기

와 배기로 나누어서 표로 나타내었다. 그 결과 평균 편차는 일반 덕트 시스템의 경우 각 실의 설계치 대비 급기량이 약 65%, 배기량은 약 50%내에서 설계치를 만족하고 있는 반면 다분기챔버 덕트 시스템의 경우는 90% 이상 각 실의 급기량과 배기량이 설계치를 만족하고 있는 것으로 조사되었다.

평균편차를 나타낸 [그림 9]를 보면 다분기 챔버 덕트 시스템을 사용하는 경우 일반 덕트 시스템보다 안정적으로 균일한 풍량 분배를 할 수 있다는 것을 알 수 있다.

표 7. 다분기챔버덕트시스템의 각 실별 설계치 대비 풍량

구분	설계치 대비 급기 풍량 $\left[\frac{\text{측정풍량}}{\text{설계풍량}} \times 100 (\%) \right]$			
	일반 덕트		다분기 챔버	
	급기	배기	급기	배기
침실1	103	29	109	97
거실	65	40	102	112
침실2	94	110	106	106
안방	162	147	108	94
단위세대	113	81	106	100
평균 편차	64.7	51.0	97.3	92.8

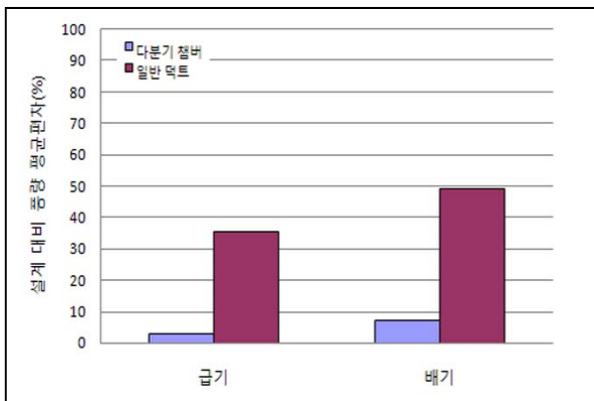


그림 9. 각시스템의 설계치대비 분배 풍량의 평균편차

3.4 덕트 전달 소음 평가 결과

환기를 행하고 있는 각 실 중 임의의 한 실에서 62dB 정도의 소음을 발생시킨 후 덕트를 통하여 다른 실로 전달되는 소음을 측정하였으며 <표 8>, <표 9>는 측정결과를 나타낸다.

거실에서 소음을 발생시켰을 때 급기의 경우 일반 덕트 시스템의 경우 침실 1은 6.5dB, 침실 2는 3.9dB, 안방은 2.2dB로 3~10%의 소음 감소 효과를 보여주었으나, 다분기 챔버 덕트 시스템의 경우 침실 1은 12.5dB, 침실 2는 7.4dB, 안방은 4.4dB로 7~20%의 소음 감소 효과가 나타났으며 이는 일반 덕트 시스템의 약 2배 정도 많은 소음 감소 성능이며, 소음 발생 위치에 따라 덕트 길이가 다르기 때문에 소음 감소에 차이가 있다. 다음 [그림 10]는 거실에서 소음을 발생시켰을 때 소음 감소율을 나타내는 그래프이다.

표 8. 일반덕트시스템의 전달 소음 측정 결과

구분	급기 (dB)				배기 (dB)			
	1	2	3	4	1	2	3	4
	암소음 : 48.5 dB							
1	침실1	59.0	57.4	59.2	62.3	59.8	59.4	
2	거실	55.5	58.1	59.8	62.1	60.3	59.4	
3	침실2	55.1	58.4	56.7	57.4	61.1	58.0	
4	안방	56.0	58.5	56.4	55.2	57.8	58.7	

음원발생

표 9. 다분기챔버덕트시스템의 전달 소음 측정 결과

구분	급기 (dB)				배기 (dB)			
	1	2	3	4	1	2	3	4
	암소음 : 48.5 dB							
1	침실1	55.0	55.8	57.4	55.0	56.7	58.1	
2	거실	49.5	54.6	57.6	54.1	57.6	57.6	
3	침실2	54.6	55.6	56.3	55.9	55.4	56.0	
4	안방	53.9	55.6	55.5	54.7	55.9	55.4	

음원발생

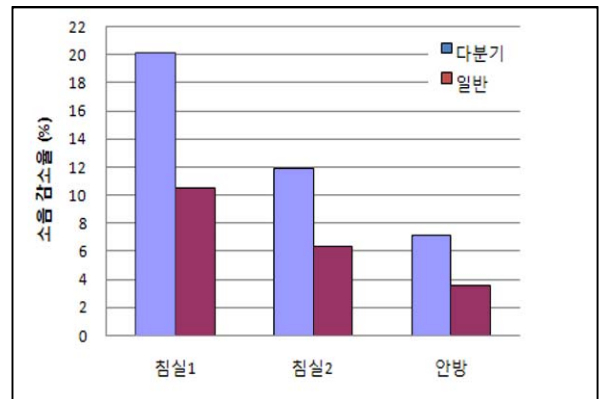


그림 10. 거실에서 소음발생시 소음 감소율

기존 덕트 배관의 전달소음은 덕트를 통한 직접 전달효과로 소음감쇄가 크게 없는 반면, 다분기챔버를 사용한 결과 덕트배관시 챔버에 의한 소음감쇄로 실간 전달소음이 현저히 줄어드는 것으로 나타났다. 이는 다분기챔버 내부 공간이 소음을 필터링하는 역할을 하고, 소음을 분산시켜 일반 덕트 시스템에 비해 소음이 감소하는 것으로 판단된다.

4. 결론

본 연구는 공동주택 현장에 적용된 다분기챔버 덕트 시스템과 일반 덕트 시스템의 급기분배 효율과 덕트 전달소음을 비교 평가하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

(1) 일반 덕트 시스템의 경우 각 실의 설계치 대비 급기량이 약 65% 배기량은 약 50%내에서 설계치를 만족하고 있는 반면 다분기챔버 덕트 시스템의 경우는 90% 이상 각 실의 급기량과 배기량이 설계치를 만족하고 있는 것으로 조사되었다. 이는 다분기챔버를 이용할 경우 기존 덕트시스템의 마찰손실, 분기관, 곡관 등에 의한 압력 손

실 등의 문제를 개선할 수 있음을 나타내며, 따라서 다분기 챔버를 이용하여 공동주택의 환기 덕트 시스템을 설계하고 시공할 경우 TAB를 통한 풍량 밸런싱을 하지 않아도 챔버 내부의 유로 설계만으로 균등한 풍량을 공급할 수 있는 것으로 판단된다.

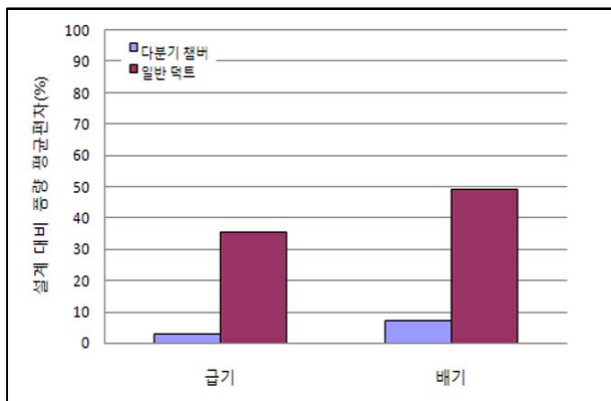


그림 11. 각 덕트 시스템의 설계치 대비 급기량의 평균편차

(2) 다분기 챔버 덕트 시스템의 덕트 전달 소음 감소율은 최대 21%로 나타났으며, 소음 발생 위치에 따라 다르지만, 전체적으로 보았을 때 다분기챔버 덕트 시스템의 덕트 전달 소음 감소율은 약 7~20%로 나타나, 일반 덕트 시스템의 소음 감소율인 3~10%보다 약 2배가 높은 것으로 조사되었다. 이는 다분기챔버 내부 공간이 소음을 필터링하는 역할을 하기 때문이라고 판단된다.

(3) 일반덕트 시스템은 덕트 내의 마찰 손실, 분기관, 곡관 등에 의한 압력손실로 급배기의 불균형에 의한 장비의 과용량 사용문제 발생으로 추가적인 에너지 손실이 발생되나, 다분기덕트 시스템은 각 실 필요 풍량을 정확하게 분배할 수 있는 기능이 장착되어 있어 에너지 손실을 사전에 예방할 수 있다.

또한, 덕트 연결 시 기존방법인 밴드, 테이핑, 접착본드 등의 유해물질 사용을 100% 탈피하여 친환경시스템인 윈터치 형식으로 나사 및 커플링을 체결함으로써 친환경 부분이 개선될 수 있으며, 경제성면에서도 부속자재 비용 및 인건비 절감 등으로 일반 덕트 방식에 비해 다분기 덕트 방식 적용 시 약 6% 이상 제 비용이 절감될 수 있을 것으로 판단된다.

향후 연구에서는 다분기챔버 덕트 시스템의 다양한 현장 적용을 통해 급기분배성능, 덕트 전달 소음뿐만 아니라 에너지 절감 효과를 정량적으로 파악해야 할 것이다.

참고문헌

1. 박은준 외(2007), 주거 환기 시스템의 공기 분배 성능 개선 방안, 대한설비공학회 동계학술발표대회 논문집
2. 이정재 외(2007), 주택용 환기시스템의 덕트설계를 위한 분배기 적용성 검토, 대한설비공학회 논문집

3. 송준원 외(2004), 공동주택 환기유니트 개발을 위한 덕트의 유동저항 측정, 대한설비공학회 동계학술발표 대회 논문집
4. 박영우 외(1995), 정풍량방식 덕트시스템에서 풍량균등분배를 위한 이론연구, 대한 건축학회 논문집 계획계
5. 주성용 외(2006), 등압법과 T-Method법을 이용한 주택환기 시스템 덕트설계법의 비교실험, 대한설비공학회 하계학술발표대회 논문집
6. 김상민 외(2004), 초고층 주상복합 건물의 거주 후 성능 평가 연구, 현대건설 기술연구소, v.20 n.9
7. 송준원 (2002), 욕실 배기덕트내 유동저항 측정 보고서, 현대건설 기술연구소
8. 송준원 (2004), 공동주택 환기유니트 개발을 위한 덕트의 유동저항 측정, 대한설비공학회 2004 동계학술발표대회
9. 박은준 외(2007), 주거 환기 시스템의 공기 분배 성능 개선 방안, 대한설비공학회 2007 동계학술발표대회
10. 주성용 (2006), 공동주택 환기시스템의 덕트 분배기 적용 방안에 관한 연구, 동아대학교 대학원 석사학위 논문
11. 최석용 외(2007), 주택용 환기 시스템의 덕트 설계를 위한 분배기 적용성 검토, 설비공학논문집 제19권 제11호
12. 문성민, 주택환기용 덕트시스템의 최적화 설계방안에 관한 연구, 동아대학교 대학원 석사학위 논문

투고(접수)일자: 2009년 6월 19일

심사일자: 2009년 6월 25일

게재확정일자: 2009년 8월 10일