

초고층 공동주택에서의 환기성능 향상에 관한 실험연구

An Experimental study on the Improvement of Ventilation Effectiveness in High-rise Apartment Houses

○ 차진영* 박진철** 이언구***
Cha, Jin-young Park, Jin-chul Rhee, EonKu

Abstract

This research aims at analyzing ventilation performance of high-rise apartment houses where mechanical ventilation system has installed. Analysis has been conducted to identify the effectiveness of duct-type and wall-type ventilation system, according to the location of system and contaminant source patterns. The purpose of this study is to suggest the basic information on the efficient ventilation strategies in apartment houses.

키워드 : 초고층 공동주택, 환기성능, 천장덕트형 환기시스템, 벽부형 환기시스템

Keywords : high-rise apartment houses, ventilation effectiveness, duct-type ventilation system, wall-type ventilation system

1. 서론

최근 생활수준이 향상되면서 재실자들의 실내환경에 대한 요구수준이 높아지고 있다. 또한 생활패턴이 변화함에 따라 하루 중 80%이상의 시간을 실내에서 생활하며 특히 집에서 보내는 시간이 많은 부분을 차지한다. 주거용 건물에서는 공동주택이 50%이상의 비율을 차지하고, 증가하는 추세에 있으므로 공동주택에서의 실내공기를 쾌적하게 유지하는 것이 중요하다.1) 그러나 현재의 공동주택은 시공성능 향상과 에너지 절약 설계기법으로 고단열·고기밀화 되고 있으며 외부풍압 차단을 위해 개폐가능한 창을 최소화 함에 따라 환기성능은 오히려 저하되고 있는 실정이다.

공동주택에 환기시스템을 도입하는 과정에서 건물의 특성을 고려한 환기시스템 선정이 이루어지지 않고 있으며, 급배기구 설치위치등과 같이 환기효율에 영향을 미치는 요소들에 대한 검증이 부족한 상태에서 설치되고 있는 실정이다. 따라서 기계환기시스템을 도입하여도 실내발생 오염물질을 효과적으로 배출하지 못하는 문제점이 발생하게 된다.

최근 공동주택에 도입되는 환기시스템은 주로 천장덕트형 방식이 주를 이루고 있으며, 이는 각실에 균일외기를 도입하고 급배기구위치의 선정이 자유로운 반면 천장내부 공간을 필요로 하고 설치비용을 많이 필요로 한다. 벽부

형 환기시스템은 외벽이나 창문에 간단히 설치하여 외기를 도입하는 방식으로 천장 덕트공간이 필요 없으며 유지관리 및 설치가 간단하지만 환기효율이 저하될 수 있다.

본 연구에서는 초고층공동주택의 효율적인 환기계획을 수립하기 위하여 국내에 환기시스템이 도입된 공동주택의 현황 및 사례를 조사한 후 현장 실측을 함으로써 환기시스템을 평가하고, 고층건물에 도입되고 있는 기계 환기시스템 중 천장덕트형 시스템과 벽부형 시스템 두 방식을 선정하여, 실험실 실험을 통해 오염물질 발생유형 및 환기시스템 설치위치에 따른 환기효율을 비교분석하였다. 이를 바탕으로 초고층공동주택에서 환기효율을 고려한 효율적인 환기장치의 개발을 하기 위한 자료를 제시하고자 한다.

2. 환기시스템 도입사례 및 현장실측

2.1 초고층공동주택의 환기시스템 도입사례

2.1.1 성남시 I아파트 건축개요

<표 2.1> I 아파트 건축개요

구분	개요	
위치	경기도 성남시 분당구	
면적	대지면적	31,709m ²
	건축면적	13,999m ²
	연면적	286,486m ²
건축구조	철근콘크리트조	
규모	1단지-총 4동(34층), 2단지-총 2동(31층), 3단지-총 2동(34층)	
세대	면적	35평, 38평, 55평, 59평, 63평, 73평, 81평, 88평, 96평, 104평
	층고	2.3m
	천장층고	200mm

* 정회원, 중앙대학교 대학원 석사과정

** 정회원, 중앙대학교 건축학부 조교수, 공학박사

*** 정회원, 중앙대학교 건축학부 교수, 건축학박사

1) 통계청, 인구주택총조사보고서, 2000.

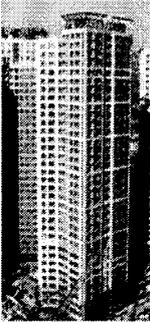
2.1.2 성남시 I아파트의 환기시스템

I아파트는 세대별 전열환식 환기유닛을 통하여 급기와 배기가 서로 연동되어 운전된다. 각 침실이나, 거실, 주방 등에는 급기가 공급되며, 거실, 욕실, 드레스룸 등에서는 배기가 이루어진다. 침실, 거실에는 상시 급기를 공급하며 다용도실이나 주방으로부터 상시배기를 실시하고 있다. 또한 실내 재실여부에 따라서 환기운전을 제어할 수 있으며, 상시 일정한 실내환경을 유지할 수 있도록 하였다. 상시운전에 따른 에너지 소비측면에서 비효율적인 면이 있지만 열교환기가 설치되어 있어 열회수에 의한 에너지 절감의 효과가 있다.

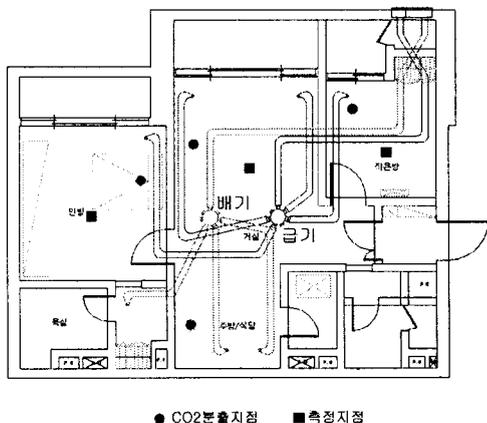
2.2 초고층공동주택 환기시스템의 환기성능에 관한 현장측정

2.2.1 측정 개요

<표 2.2> 대상세대 개요

구분	내용	비고	사진
용도	공동주택	탑상형	
위치	성남시 분당구	-	
대상세대	아파트(탑상형)	총 34층중 12층	
측정일시	2003.9.25~9.27	3일간 실시	
환기시스템 (수동제어) -실측값-	세대 환기시스템	거실 급기풍량 :160CMH 거실 배기풍량 :180CMH 안방 급기풍량 :50CMH 작은방 급기풍량 :50CMH	
	욕실 및 드레스룸	욕실 배기풍량 :100CMH 드레스룸 배기풍량 :40CMH	
	레인지 후드	후드 배기풍량 :190CMH	
대상세대 면적	93.36㎡	-	

본 실험에서는 환기시스템 가동에 따른 거실 및 침실 중앙부에서의 CO₂농도 변화를 분석하여 환기성능을 평가하였다. 측정은 거실과 침실 모두 중앙부에서 실시하였으며, 측정시간은 30분, 측정단위는 1분으로 하였다. 측정시 오염물질의 발생위치 및 측정점 위치는 (그림 2.1)과 같으며, 실험 변수는 <표 2.3>에 정리하였다.



(그림 2.1) 실험대상 세대의 환기시스템 개요 및 측정개요

<표 2.3> 실험변수

대상공간	실험변수				측정항목
	가스레인지	인체	환기시스템	레인지후드	
실험-1 거실 (가스레인지 가동시)	ON	OFF	OFF	OFF	거실 및 침실 중앙부에서의 CO ₂ 농도
	ON	OFF	ON	OFF	
	ON	OFF	OFF	ON	
	ON	OFF	ON	ON	
	ON	ON	OFF	OFF	
	ON	ON	ON	OFF	
	ON	ON	ON	ON	
실험-2 거실(인체에서 CO ₂ 발생시)	OFF	ON	OFF	OFF	거실 및 침실 중앙부에서의 CO ₂ 농도
	OFF	ON	ON	OFF	
실험-3 안방	-	ON	OFF	-	
실험-4 작은방	-	ON	ON	-	

CO₂발생은 가스레인지 및 CO₂펌페를 이용하였으며, 인체에서의 CO₂발생은 펌페를 통하여 시뮬레이션 하였다. 가스레인지는 2구를 점화한 상태로 실험을 하였으며, CO₂펌페에서의 가스 분출은 2.0ℓ/min으로 고정하였다. 실험에 사용한 측정기기 및 측정 시 모습은 (그림 2.2)와 같다.



(그림 2.2) I 아파트 현장 실측 모습

2.2.2 측정결과 및 분석

(1) 가스레인지에서 CO₂가 발생하는 경우 레인지 후드에 의한 농도저감 효과가 가장 우수했으며, 환기시스템은 가스레인지에서 발생한 CO₂가 주방 및 거실로 확산되는 것을 방지하는 데에는 효과가 크지 않은 것으로 나타났다. 그러나 레인지 후드는 소음등의 이유로 사용여부가 불명확하므로 환기시스템을 통해 조리시 발생하는 오염물질 제거를 최대화 할 수 있는 방안이 필요하다.

(2) 거실부분에서 인체에 의해서 CO₂가 발생하는 경우를 대상으로 환기시스템의 성능을 평가해본 결과, 환기시스템 가동에 따른 농도저감효과는 크지 않은 것으로 나타났다. 따라서 환기계획시 급배기구 간의 이격거리 및 급배기구 위치 선정에 대한 고려가 반드시 필요할 것으로 판단된다.

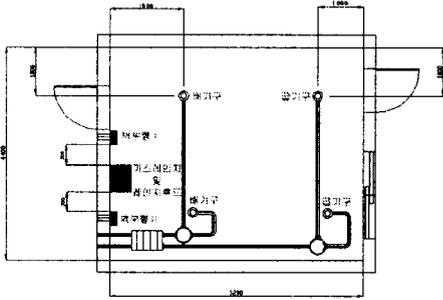
(3) 안방 및 작은방에는 급기만 제공되는 시스템이며, 농도저감정도는 실의 체적에 영향을 받는 것으로 나타났다. 따라서 실의 체적을 고려하여 급기량을 산정해야 할 것이며, 또한 보다 효율적인 환기를 위해서는 급기 뿐만 아니라 배기 역시 고려되어야 할 것이다.

3. 환기시스템의 환기효율에 관한 실험실 실험

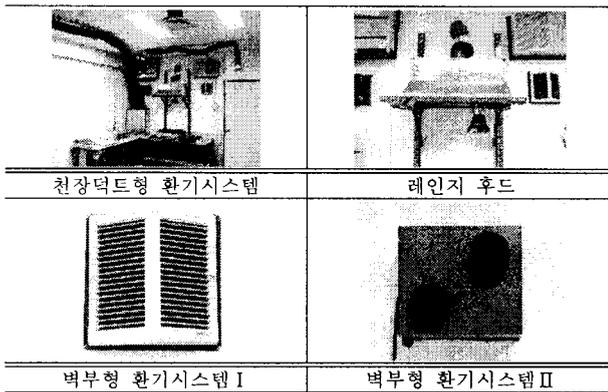
3.1 실험실 개요

본 실험은 K대학 건축환경 실험실에서 실시하였으며, 실험실은 5.2m × 4.4m × 2.8m 크기의 장방형 형태이다. 실험실에는 0.9m × 2.0m 크기의 출입문이 두면에 걸쳐 설치되어 있으며, 1.8m × 0.9m 크기의 창문이 한 면에 설치되어 있다.

대상 실험실의 개요는 (그림 3.1)와 같으며, 실험실에 설치된 환기시스템은 (그림 3.2)와 같다.



(그림 3.1) 실험실 및 환기시스템 설치개요



(그림 3.2) 실험대상 환기시스템

천장덕트형 환기시스템의 풍량은 160CMH로, 벽부형 환기시스템 I 과 II는 모두 풍량을 170CMH로 동일하게 설정하였으며 레인지 후드의 풍량은 150CMH로 설정하였다.

본 실험에서는 급배기구에서 측정된 풍속을 바탕으로 풍량을 산정하였으며, 명목시간상수는 급배기 풍량 중에 큰 값을 이용하여 산정하였다.

3.2 실험 방법

본 실험은 체승법을 이용하여 잔여체류시간의 개념으로 환기효율을 산정하였으며, 추적가스로는 가스레인지 및 인체에서 발생하는 CO₂가스(CO₂는 봄베이용)를 사용하였다. 모든 실험에서 가스레인지는 1구를 강으로 점화한 상태로 진행하였으며, 봄베에서의 CO₂ 분출은 두 곳에서 각각 1.0 l/min의 양으로 분출하였다.

실험 전 문과 창문등의 틈새를 테이핑하여 실험실을 기밀하게 유지하였다. 측정은 가스레인지 점화 직후 혹은 봄베에서 CO₂ 분출이 시작되는 직후부터 실시하였으며, CO₂ 측정위치는 배기구 말단 1곳과 실험실 중앙부 높이 1.0m 지점에서 하였다. 측정시간은 2시간으로 하였으며,

측정단위는 배기구와 중앙부에서 모두 1분으로 하였다. 실험에 사용된 측정기기는 <표 3.3>과 같다.

<표 3.3> 측정기기

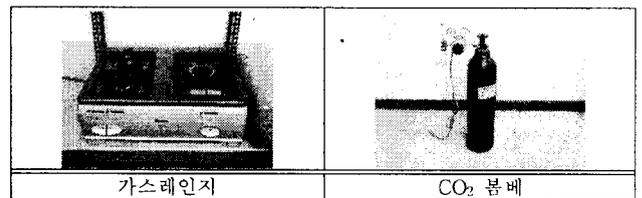
기기명	EA	측정항목	비고
Gastek CMCD-10p	1	CO ₂	비분산 적외선 측정법
온도 및 습도측정기	2	온도 및 습도	온도도리
TSI Q-trak	1	CO ₂	비분산 적외선 측정법
TSI VELOCICALC-8384	1	풍속측정	열선풍속계

<표 3.4>는 각 환기시스템의 풍량 및 환기횟수, 명목시간상수를 정리해 놓은 것이다.

<표 3.4> 환기시스템별 환기횟수 및 명목시간상수[실체적 : 65m³]

구분	풍량(CMH)	환기횟수(회/시)	명목시간상수(분)
천장덕트형	160	2.5	24
벽부형 I	170	2.6	23
벽부형 II	170	2.6	23
레인지후드	150	2.3	28

(그림 3.4)는 가스레인지 및 봄베에서의 CO₂ 분출 모습이며, 실험실 중앙부 및 각 환기시스템 배기구에 설치된 CO₂ 측정기기의 모습은 (그림 3.5)와 같다.



(그림 3.4) 가스레인지 및 봄베 설치 모습

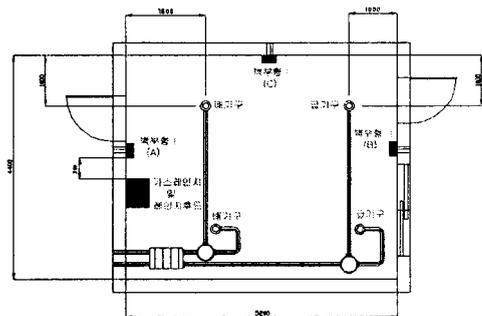


(그림 3.5) CO₂ 측정기기 설치 모습

3.3 실험 변수

본 연구에서는 천장덕트형 환기시스템, 벽부형 환기시스템, 레인지후드 세 가지의 환기시스템을 대상으로, 오염물질 발생 유형 및 발생량, 급배기구 위치에 따른 환기효율을 분석하였다.

(1) 주방 - 환기방식 및 벽부형 I의 설치위치에 따른 환기효율분석

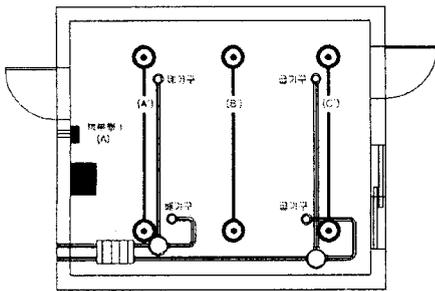


(그림 4.9) 환기시스템 설치위치

<표 3.5> 환기방식별 환기효율에 관한 실험변수 -가스레인지 가동시

구분	실험변수				
	천장덕트형	벽부형 I (A)	벽부형 I (B)	벽부형 I (C)	레인지후드
가스레인지 에서 CO ₂ 발생	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF
	ON	OFF	OFF	OFF	OFF
	OFF	ON	OFF	OFF	OFF
	OFF	OFF	ON	OFF	OFF
	OFF	OFF	OFF	ON	OFF
	OFF	OFF	OFF	OFF	ON
	ON	OFF	OFF	OFF	ON
	OFF	ON	OFF	OFF	ON

(2) 거실 혹은 침실 - 환기방식 및 천장덕트형의 급배기구 위치에 따른 환기효율분석



(그림 4.10) CO₂ 분배 위치

<표 3.6> 환기방식별 환기효율에 관한 실험변수 -인체에서 CO₂ 발생시

구분	실험변수			
	벽부형 I	천장덕트형 (분배위치 A)	천장덕트형 (분배위치 B)	천장덕트형 (분배위치 C)
인체에서 CO ₂ 발생	OFF	OFF	OFF	OFF
	ON	OFF	OFF	OFF
	OFF	ON	OFF	OFF
	OFF	OFF	ON	OFF
	OFF	OFF	OFF	ON

(3) 주방 및 거실 - 환기방식에 따른 환기효율

<표 3.7> 환기방식별 환기효율에 관한 실험변수 -가스레인지 및 인체에서 CO₂ 발생시

구분	실험변수		
	천장덕트형	벽부형 I (A)	레인지 후드
가스레인지 및 인체에서 CO ₂ 발생	OFF	OFF	OFF
	ON	OFF	OFF
인체에서 CO ₂ 발생	OFF	ON	OFF
	ON	OFF	ON
	OFF	ON	ON

3.4 실험결과분석

(1) 실험실을 주방으로 가정하여 가스레인지에서 CO₂가스가 발생하는 경우 벽부형 I 은 설치위치에 따라 80~90%, 천장덕트형은 70%의 환기효율을 나타내었다. 또한 레인지 후드와 동시에 가동하였을 경우의 환기효율 역시 벽부형 I 이 천장덕트형과 비교하여 약 20%정도 높게 나타났다. 벽부형 환기시스템은 가스레인지 근처에 위치시켜 환기를 실시하는 것이 가장 효과적이었다.

(2) 실험실을 거실 혹은 침실로 가정하여 인체에서 CO₂가스가 발생하는 경우 벽부형 I 의 환기효율은 74%, 천장덕트형은 오염원의 위치와 급배기구와의 관계에 따라 63%~80%정도의 환기효율을 나타내어 효율상 큰 차이가 없는 것으로 나타났다. 또한, 천장덕트형의 경우 오염원 상부에 배

기구를 위치시킨 경우에 환기효율이 증가하였으며, 오염원 상부에 급기구를 위치시킨 경우에는 환기효율이 저하되었다.

(3) 실험실을 주방 및 거실로 가정하여 가스레인지와 인체에서 동시에 CO₂가스가 발생하는 경우 벽부형 I 의 환기효율은 69%, 천장덕트형의 환기효율은 53%로 나타났다. 또한 레인지 후드와 동시에 가동하였을 경우의 환기효율 역시 벽부형 I 의 효율이 약 12%정도 높게 나타났다. 실험결과 오염물질의 발생량과 발생 지점이 증가함에 따라 환기효율이 전반적으로 저하됨을 확인할 수 있다. 가스레인지만 가동하였을 경우와 환기효율 측면에서 유사한 패턴을 나타내는 것으로 보아 실내공기환경에 영향을 미치는 요소는 재실자에 의한 오염보다는 조리시 발생하는 오염물질이 보다 큰 영향을 미치는 것으로 유추할 수 있다.

5. 결론

본 연구에서는 현장실측과 실험실 실험을 통해서 초고층공동주택에 적용되고 있는 환기시스템의 성능을 평가하였으며, 실험실 실험을 통해서 천장덕트형과 벽부형 환기시스템의 환기효율을 분석하였다.

천장덕트형 환기시스템을 사용한 I아파트의 현장실측에 따르면 가스레인지에 의한 CO₂발생시에는 레인지후드에 의한 농도저감효과가 컸으며 환기시스템은 그다지 효과가 나타나지 않았다. 거실부분에서 역시 환기시스템의 환기효율이 크지 않은 것으로 보아 환기 계획시 급배기구간 이격거리 및 위치 선정에 대한 고려를 반드시 해야한다. 또한 방의 환기효율 측정에 따라 실의 체적을 고려하여 급기량을 산정해야 하며 효율적인 환기를 위해서는 급기뿐 아니라 배기도 함께 고려해야함을 알 수 있다.

실험실 실험 결과에 따르면 실험실을 주방 혹은 주방 및 거실로 가정했을 때 천장덕트형의 경우에는 벽부형보다 환기효율이 저하되는 것으로 나타났으며 침실로 가정했을 경우에는 두 시스템간의 환기효율에 큰 차이가 없는 것으로 나타났다.

이상의 연구 결과 초고층공동주택에 환기시스템을 적용할 경우 적정 환기시스템의 선정과 설치위치등에 따라 환기성능이 향상될 수 있음을 확인하였다. 특히, 벽부형을 사용할 경우 급기구와 배기구의 위치에 따라서도 환기성능을 향상시킬 수 있으며 천장덕트형 설치시에 비해 별도의 천장공간 확보가 필요하지 않으므로 층고를 줄일 수 있어 경제적이다 할 수 있다.

참 고 문 헌

1. 김기혁, 공동주택 환기시스템의 환기효율에 관한 실험적 연구, 중앙대학교 석사학위 논문, 2003
2. 김기훈, 공동주택의 환기효율 향상을 위한 환기계획에 관한 연구, 중앙대학교 박사학위 논문, 2003
3. AIVC, International Energy Agency Annex IX, AIVC Technical note AIVC26, Minimum Ventilation Rates and Measures for Controlling Indoor Air Quality, 1989
4. Sandberg, M., What is Ventilation Efficiency, Building and Environment, Vol.16, No.2, 1981