

# 초고층 공동주택 환기시스템의 환기성능 실험에 관한 연구

## A Study on the Experiment of Effectiveness of Ventilation System for High-rise Apartment Houses

박우진\*      박진철\*\*      이언구\*\*\*  
Park, Woo Jin      Park, Jin Chul      Rhee, Eon Ku

### Abstract

Considering to introduce a ventilation system in a residential building, the ventilation efficiency of ventilation system is the most important thing in apartment houses because of removing indoor pollutants that cause Sick Building Syndrome and Sick House Syndrome is very important to inhabitants. The purpose of this study are to analyze the ventilation efficiency of two different ventilation systems by experimental study using CO<sub>2</sub> gas method. The result of experiment is that ceiling duct system can control CO<sub>2</sub> concentration down to 800ppm and Ondol type system can control CO<sub>2</sub> concentration down to 880 ppm. Both system's results meet the indoor air quality standards which CO<sub>2</sub> concentration is lower than 1000ppm. The ventilation efficiency of ceiling duct system was slightly higher than that of Ondol type system.

키워드 : 초고층 공동주택, 기계환기시스템, 환기성능

Keywords : High-rise Apartment Houses, Mechanical Ventilation System, Ventilation Effectiveness

### 1. 서 론

최근 인간이 하루 중 실내에서 거주하는 시간은 80~90%이상 특히, 주택의 일부 가족 구성원은 24시간 거주하는 경우가 많아지는 반면 단열 성능향상과 건물기밀화로 실내 환기는 점차 감소하고 있는 추세이다. 특히, 재실자의 출입이 있는 주간과는 달리 야간 및 취침 시에는 거의 환기효과를 기대할 수 없는 형편이다.

또한, 최근 널리 보급되고 있는 초고층공동주택의 경우 구조적 특성상 개구부를 통한 자연환기를 기대하기 어려운 실정이다. 밀폐된 초고층건물의 실내공기질은 거주자의 건강과 직결되어 있고, 건물에서 발생하는 여러 실내 공기오염물질들은 거주자에게 두통, 현기증, 메스꺼움, 졸음, 눈의 자극, 집중력 감퇴, 아토피성 피부염 등 각종 질환을 호소하는 건물병증후군(Sick Building Syndrome : SBS) 및 새집증후군(Sick House Syndrome : SHS)등의 문제를 일으켜 현대인의 건강을 크게 위협하고 있다.

실내공기질에 영향을 미치는 인자는 크게 환기, 실내 오염원, 실외 오염원, 건축 재료, 미생물, 기타 등으로 구

분할 수 있는데, 이중 환기가 실내공기질에 가장 큰 영향을 미치고 있고 실내공기질을 제어하는 데 가장 효과적인 방법이다.

환기는 자연환기와 기계환기로 대별되는데 최근의 기밀화된 건물에서 환기를 보다 안정적으로 제어하기 위해서는 자연환기외에 기계환기의 채택이 불가피하다. 2001년 ASHRAE Standard에서도 최소환기량의 산정방법을 재실자의 활동으로 인한 환기요구량과 건축자재로부터 방출되는 오염물질 농도를 고려한 환기요구량을 별도로 산정한 후 이들을 총합하는 방법으로 변경하여 제시하고 있다.

이와 같이 기계환기 시스템은 실내공기질을 적합한 수준으로 유지하기 위한 장치로서 사용되는데 우리나라에서 보급되고 있는 기계환기시스템은 크게 열교환기를 이용한 급+배기방식과 열교환기를 설치하지 않고 바닥온도에 덕트를 매립하여 급기하는 방식으로 대별되고 있다. 그러나 현재까지 이 두 시스템의 특성과 실내오염물질 방출을 고려한 환기성능에 있어서는 아직 까지 정확한 자료가 제시되지 못하고 있는 상황이다.

따라서 본 연구는 초고층 공동주택을 대상으로 한 Mock-up model에서 환기시스템 설치에 따른 환기성능 실험을 실시한 것으로 이와 같은 연구는 초고층 공동주택 환기성능을 개선시킬 수 있는 기초자료로 활용될 수 있을 것이다.

\* 중앙대학교 대학원 석사과정

\*\* 중앙대학교 건축학부 조교수, 공학박사

\*\*\* 중앙대학교 건축학부 교수, 건축학박사

이 연구는 2003년도 건설교통부가 출연하고 한국건설교통기술평가원에서 위탁시행에 의한 과의 일부임. 과제번호: 03산C04-01

## 2. 국내 환기 시스템 현황에 관한 이론적 고찰

### 2.1 국내환기시스템

국내 환기시스템은 열교환기를 이용한 천장 급+배기덕트 시스템과 바닥온돌 및 벽체에 급기덕트를 매설하여 벽체 또는 천장에서 급기하고 천장에서 배기하는 방식으로 구분되어 있다.

표1 환기방식별 덕트 위치

방식	급기덕트위치	배기덕트위치
열교환기 이용 방식	천장	천장
바닥온돌 매립방식	바닥 및 벽체	천장

#### 1) 열교환기 이용 방식

열교환기 이용방식은 급기 및 배기 시스템을 기본으로 배기되는 열을 회수하여 급기하는 방식으로 이를 위해 현열 또는 전열 열교환기가 사용되며 추운 겨울철 실내 온도에 근접한 공기를 공급하기 위해 흔히 전기히터를 보조열원으로 사용하고 있다. 덕트는 천장에 설치하고 있다. 그림 1은 열교환기 이용방식의 환기개념을 나타낸 것이다.

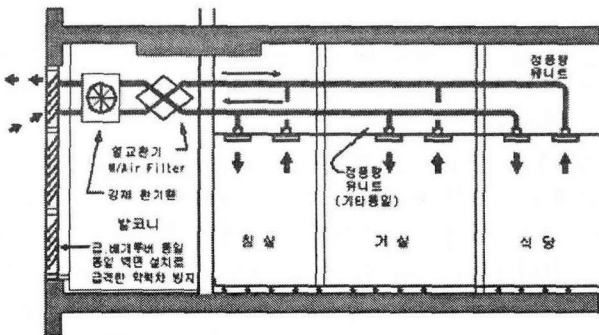


그림 1 열교환기 이용방식의 환기개념

#### 2) 바닥온돌 이용방식

바닥온돌 이용방식은 급기덕트를 온돌에 매립하여 천장공간의 사용을 최소화하고 겨울철 실내온도에 근접한 공기를 공급하는 방식이다. 외기의 온도상승은 바닥 온돌의 열을 흡수하여 가열되는 것으로 동일한 열량만큼 보일러의 열공급이 증가된다고 할 수 있다. 덕트는 배기덕트는 천장에, 급기덕트는 바닥을 통과하여 벽체에 매립되 디퓨저의 위치는 벽체 상부나 천장에 설치한다. 그림 2는 바닥온돌 이용방식의 환기개념을 나타낸 것이다.

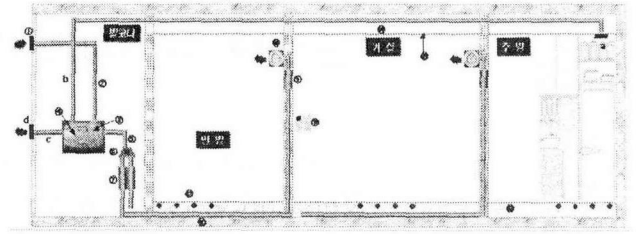


그림 2 바닥온돌 이용방식의 환기개념

### 2.2 국외(일본) 환기시스템

최근 일본의 경우 실내공기환경의 중요성과 더불어 환기시스템의 사용이 급증하고 있다. 즉, 24시간 환기를 목적으로 소풍량을 지속적으로 공급하는 방식으로 급기팬, 주방용 배기팬, 욕실용 배기팬이 내장된 환기유닛을 발코니에 설치하고 주방 레인지 후드와 방의 급기 경로를 모터 댐퍼를 이용하여 전환하도록 하고 있다. 특히, 주방 후드 레인지는 급.배기형으로 레인지를 가동할 경우 일반 방으로 공급되는 급기를 차단하고 후드로 급기함으로써 오염된 공기가 실내로 확산되는 것을 최소화하였다. 욕실 배기 덕트에는 역류방지장치가 내장된 분기박스를 설치하여 외기 풍압으로 인해 외기가 욕실로 공급되어 욕실이 가압(+)상태가 됨으로서 오염된 공기가 거실로 역류하는 것을 방지하였다. 주방 hood를 사용할 경우는 모터댐퍼를 이용하여 거실 급기를 차단하고 주방으로 100% 공급하여 배기함으로써 오염공기의 확산을 최대한 막고자 하였다. 그림 3은 환기시스템의 기본 계통도를 나타낸 것이다.

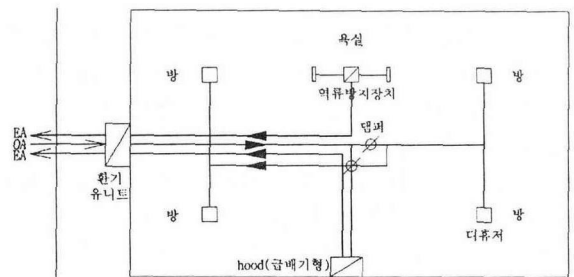


그림 3 환기유닛의 기본 계통도

## 3. Mock-up 모델을 활용한 환기성능 측정실험

### 3.1 실험개요 및 목적

최근, 실내에서 발생하는 오염물질을 제거하기 위한 방법으로 환기시스템의 사용이 증가하고 있으나 실내오염물질 방출을 고려한 환기성능에 있어서는 아직 까지 정확한 자료가 제시되지 못하고 있는 상황이다.

실내 마감재 등으로부터 발생하는 오염물질은 거주 후 일정기간이 지난 후에 그 발생량이 급격히 감소하며, 초기 환기를 통해 제거가 가능하다. 그러나 조리 및 인체활동

동 등 거주생활에서 발생하는 오염물질은 지속적으로 발생하므로 이를 효과적으로 제거하기 위하여 건물 운영기간 동안에 지속적으로 적용할 수 있는 환기시스템 및 환기량 산정이 필요하다. 건물 운영기간 동안 건물에서 발생하는 대표적인 오염물질인 CO<sub>2</sub>의 경우, 방출농도 및 시간경과 등에 근거한 환기성능 측정이 필요하다.

따라서, 본 연구에서는 초고층건물에서의 실내오염물질의 발생에 따른 환기성능을 파악하기 위하여 환기시스템이 갖추어져 있는 Mock-up 모델을 통하여 다음과 같은 측정을 실시하였다.

### 3.2 Mock-up 실험실개요

Mock-up 실험실은 중앙대학교 공과대학 7층에 위치하며 요철이 있는 장방형 형태의 바닥면적 22m<sup>2</sup>(약 9평) 크기의 규모로서 최근 국내 초고층 주거건물에 적용되는 환기시스템을 설치하였다. 실험실 내부에 설치된 세대환기 시스템은 천장덕트형 환기시스템, 바닥온돌 환기시스템이 설치되어 있다.

### 3.3 환기량 산정

Mock-up 실험실에서 2인 재실시 발생하는 CO<sub>2</sub>농도를 제거하기 위한 환기량은 다음 식(1)과 같다.

$$Q_R \geq \frac{M}{C_P - C_O} \quad \text{식(1)}$$

$M=3000(mg/h)$  : 2인 재실(앉아서 쉴 때 기준임)

$C_P=1000(mg/m^3), C_O=350(mg/m^3)$

$$Q_R = 46 CMH_n = \frac{Q_R}{V_n} = 0.9 \text{회} : V_n = 51.3 m^3$$

### 3.4 환기실험방법

본 연구에서는 Mock-up 실험실에 설치되어 있는 천장덕트형 환기시스템과, 바닥온돌 환기시스템의 두가지 시스템을 대상으로 실험을 실시하였으며, 두 시스템 모두 풍량 컨트롤러에 의한 풍량 조절이 가능한 시스템이다.

이 때, 실내에서 발생하는 오염물질은 인체에서 발생될 수 있는 CO<sub>2</sub>로 하였다. 즉, CO<sub>2</sub>발생은 재실자 2인이 실내에 거주하여 시간 경과에 따라 오염물질을 발생하는 조건으로 하였다. 한편, 실내공기는 실험전 30분 환기하여 실내를 외기(CO<sub>2</sub> 400 ppm)와 같은 조건으로 설정한 후 환기시스템을 가동하였다. 환기풍량은 식(1)에서 선정된 환기풍량으로 천장덕트형의 경우 60CMH(약1회), 바닥온돌형의 경우 65CMH(약1회)로 설정하였고 공동주택 거실의 일반적인 사용 패턴에 따라 급기구가 위치한 곳에 쇼파를 두어 인체에서 CO<sub>2</sub> 가스를 발생하였으며, 실 중앙부에서 3분 간격으로 120분 동안 CO<sub>2</sub> 농도를 측정하였다. 본 실험에서 사용한 급배기구의 위치와 오염물질 측

정 위치, 사용 기자재 및 측정 모습은 (그림 4),(그림 5)와 같다.

표 2. 환기실험조건

환기시스템	오염물질 방출량	풍량(CMH)	측정시간
천장덕트형	CO <sub>2</sub>	2인재실	120분 3분간격
바닥온돌형	CO <sub>2</sub>	2인재실	120분 3분간격

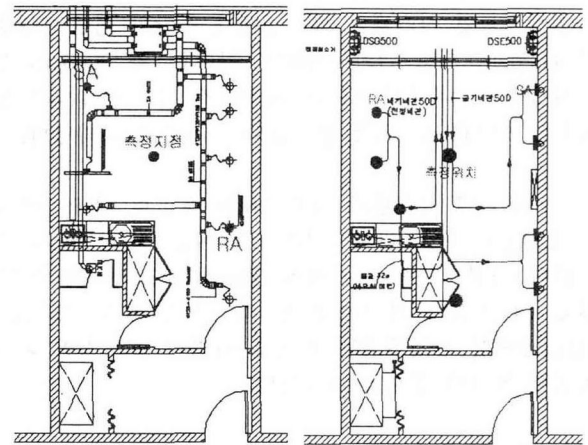


그림 4. 환기시스템의 급기 및 배기와 오염물질 측정위치

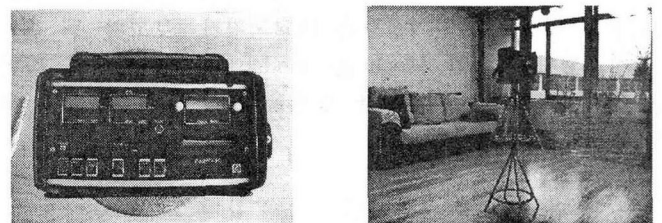


그림 5. 오염농도 측정기 및 실험실 전경

### 3.5 실험 결과

Mock-up 실험실의 환기시스템을 대상으로 실내의 CO<sub>2</sub> 농도를 측정한 결과는 다음과 같다.

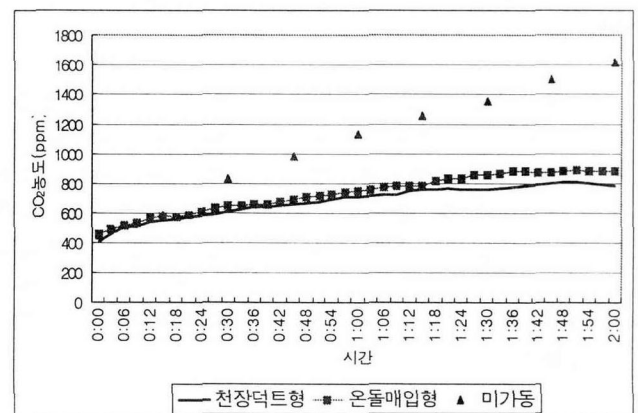


그림 6. 각 시스템별 시간경과에 따른 CO<sub>2</sub> 농도변화

1) 그림 6은 Mock-up 모델을 대상으로 2시간 동안 CO<sub>2</sub>농도를 측정된 결과를 그래프로 나타낸 결과로서 측정시간은 주간이지만 재실자의 출입이 없는 2인 거주상태이다. 측정 결과 환기시스템 미가동시 2시간 동안의 평균 CO<sub>2</sub>농도는 1079ppm으로 측정시작 후 약 50분부터 국내의 실내환경기준인 1000ppm을 넘는 것으로 나타났다.

2) 환기시스템에 따른 실내의 CO<sub>2</sub>농도측정 결과, 재실자 2인 일때의 환기량 기준 46CMH에서 두 환기시스템 모두 국내 실내환경기준을 초과하지 않았다.

천장덕트형 시스템의 경우 2시간 동안의 평균 CO<sub>2</sub>농도는 682ppm 으로 미가동시와의 차이는 약 400ppm 으로 나타났다. 실내 CO<sub>2</sub>농도는 측정시작 후 약 1시간 40분 이후로 약 800ppm에서 안정화되는 것으로 나타났다.

바닥온돌형 시스템의 경우 2시간 동안의 평균 CO<sub>2</sub>농도는 734ppm 으로 미가동시와의 차이는 약 345ppm 으로 나타나 천장덕트형 시스템과 55ppm정도 차이가 있었다. 실내 CO<sub>2</sub>농도는 측정시작 후 약 1시간 40분 이후로 약 880ppm에서 안정화되는 것으로 나타나 효과적인 환기를 하기에 적절한 것으로 나타났다.

#### 4. 결 론

본 연구는 우리나라에서 사용되는 두 종류의 환기시스템을 대상으로 환기성능을 비교·평가해보고자 두 환기시스템이 적용된 Mock-up model에서 CO<sub>2</sub>발생에 따른 환기시스템의 환기성능을 실험을 통하여 분석하고자 하였다.

본 연구결과를 종합하면 다음과 같다.

1) 환기시스템 미가동시 2시간 동안의 평균 CO<sub>2</sub>농도는 1079ppm으로 측정시작 후 약 50분부터 국내의 실내환경기준인 1000ppm을 넘는 것으로 나타났다.

2) 환기시스템에 따른 실내의 CO<sub>2</sub>농도측정 결과, 재실자 2인일때 두 환기시스템 모두 국내 실내환경기준인 1000 ppm을 초과하지 않았다.

3) 천장덕트형 시스템 가동시 실내 CO<sub>2</sub>농도는 측정시작 후 약 1시간 40분 이후로 약 800ppm에서 안정화되는 것으로 나타났고, 바닥온돌형 시스템의 경우 실내 CO<sub>2</sub>농도는 측정시작 후 약 1시간 40분 이후로 약 880ppm에서 안정화되는 것으로 나타났다. 따라서, 본 연구의 실험결과 초고층공동주택의 Mock-up 실에서 CO<sub>2</sub> 발생에 따른 기계환기시스템 가동 후 CO<sub>2</sub> 농도는 기준이하를 유지하고 있었다.

그러나, 실험에 적용된 급+배기구수와 급+배기구의 위

치가 다르기 때문에 두 환기시스템의 환기성능을 정확히 비교·평가하기 위해서는 추후 더 체계적인 실험에 의한 평가가 이루어져야 할 것이다.

#### 참고문헌

1. 김남규, 바닥온돌 매립형 환기 덕트 시스템, 대한설비공학회 논문집, 2005, 06
2. 박진철, 주거건축물의 실내공기환경 개선에 관한 연구, 대한건축학회 논문집(계획계), 2003, 06
3. 김성식, 온돌매립형 환기시스템의 동계 취출온도 성능실험, 대한설비공학회 논문집, 2004, 06
4. 환경부, 다중 이용 시설 등의 실내 공기질 관리법, 2004
5. 이언구 외, 건축환경계획론, 태림문화사, 2005
6. 환경부, 다중이용시설등의 실내공기질 관리법, 2004
7. D. Kosar, Emerging Combined Energy Efficiency(EE)and Indoor Environmental Quality(IEQ) Research Agendas for Buildings and Their Security, Great Lakes Regional Pollution Prevention Roundtable, 2003.