

[논문] 한국태양에너지학회 논문집

*Journal of the Korean Solar Energy Society*

Vol. 25, No. 2, 2005

## 공동주택에서의 실외 급·배기구 위치에 따른 환기효율 향상 연구

박진철\*, 유형규\*\*, 차진영\*\*\*

\*중앙대 건축학부(jincpark@cau.ac.kr), \*\*중앙대대학원건축공학과(kenon4@crimail.net),

\*\*\*중앙대친환경연구센터(thinkez@lycos.co.kr)

## A study on the Improvement of Ventilation Performance in Apartment House According to the Location of Exterior Air-Vents

Jin, Chul-Park\* Yu, Hyung-Kyu\*\*, Cha, Jin-Young\*\*\*

\* School of Architecture, Chung-Ang University(jincpark@cau.ac.kr)

\*\* Dept. of Architecture, graduate School, Chung-Ang University(kenon4@crimail.net),

\*\*\*Centre for Sustainable Architecture and Building Research, Chung-Ang University(thinkez@lycos.co.kr)

### Abstract

In this study, the ventilation performance of mechanical ventilation system in apartment House was analyzed through model test according to characteristics of air-vent. Then adequate interval of air-vent was suggested using computer simulation which will create comfort environment through improvement of ventilation performance in apartment house.

The result of experiment with separation plate to prevent mixture of contaminated exhaust air with fresh supply air, the ventilation efficiency improved about 10%. The result of simulation with horizontal location of exterior air-vent, contaminated exhaust air is mixed regardless of interval variation. Consequently, mixture of the exhaust air can be prevented through locating the supply air vent on the top side and exhaust air vent on the lower side.

**Keywords** : 환기성능(Ventilation Performance), 실외 급·배기구(Exterior Air-Vents), CFD(Computational Fluid Dynamic)

접수일자:2005년 5월 25일, 심사완료일자:2005년 6월 22일

## 기 호 설 명

- $\tau$  : 명목시간상수
- $Q$  : 환기횟수 또는 환기율
- $V$  : 실내 체적
- $\alpha$  : 급기효율
- $\epsilon$  : 배기효율
- $LMR$  : 국소평균 잔여체류시간
- $V_x$  : 높이 x m에서의 보정풍속
- $V_a$  : 관측풍속
- $H_x$  : 보정 높이 x m
- $H_a$  : 측후소의 관측높이

## 1. 서 론

우리나라의 기존 공동주택은 창문과 문 등의 개구부 틈새를 통하여 자연스럽게 자연환기 이루어졌으나, 최근 공동주택은 고층화에 따른 개구부의 축소와 시공의 기밀화 그리고 에너지 절약에 따른 단열 강화로 인하여 실내의 환기 부족 현상이 발생하고 있다. 이와 더불어, 최근 신축공동주택에서는 건축자재에서 발생하는 폼알데하이드와 TVOC로 인한 새집증후군(Sick House Syndrome : SHS)의 문제가 발생하여 재실자의 건강을 크게 위협하고 있는 실정이다.

최근 정부에서는 이와 같은 문제점을 인식하여 2005년 1월 “주택법개정안”을 제정·공포하여 2006년부터는 공동주택 세대 내 환기시설 설치의 의무화하였다. 그러나 현재 설치되는 환기시스템의 실외 급·배기구는 실외로 배기된 오염된 공기가 실내로 재 유입 되는지의 여부를 고려하지 않은 채, 대부분 시공자나 설계자의 경험 등에 의존하여 설치되고 있다. 따라서 실내에서 발생하는 오염물질을 효과적으로 배출하지 못하고 실내로 재 유입되는 문제점이 있다. 이러한 문제점은 실외 급배기구 위치 선정이 유연하지 못한 커튼월 형태의 초고층

공동주택에서는 더욱 심각하게 나타난다.

따라서 본 연구에서는 국내 환기시스템을 대상으로 실험실 측정을 통하여 실외 급·배기구 형상에 따른 환기효율을 비교·분석하였으며, CFD 컴퓨터 시뮬레이션을 통하여 적정 실외 급·배기구 위치를 제안함으로써 공동주택에서 효율적인 환기 계획을 수립하기 위한 기초자료를 제안하고자 하였다.

## 2. 환기효율

### 2.1 환기 효율의 정의

본 연구에서는 ASHRAE 와 AIVC 등의 자료를 바탕으로 오염원의 위치에 관계없이 실내 기류분포에 의한 환기상태를 정량화하는 공기연령의 개념에 근거한 체승법을 이용하여 추적가스의 잔여체류시간의 개념으로 환기효율을 정의하였다.

### 2.2 환기효율의 산정방법

환기효율을 나타내기 위해서는 실내의 공기가 완전 혼합되어 위치에 상관없이 일정한 농도분포를 보이는 상태를 기준 상태로 가정한다. 이 때, 완전 혼합의 환기상태에서 실내체적 V에 대한 시간당 환기량 Q를 환기횟수(air change rate) 또는 환기율(ventilation rate)이라고 한다. 또한, 환기율의 역수는 시간의 차원을 가지며 명목시간상수(nominal time constant,  $\tau$ )라고 한다(식(1)).

$$\tau = \frac{V}{Q} \tag{1}$$

따라서, 국소급기효율과 국소배기효율은 식(2), 식(3)과 같이 명목시간상수에 대한 국소평균연령이나 국소평균 잔여체류시간의 비율로서 정의한다.

$$\alpha_p = \frac{\tau}{LMA_p} \tag{2}$$

$$\epsilon_p = \frac{\tau}{LMR_p} \quad (3)$$

이와 같은 방법으로 환기효율을 구하기 위해서는 국소평균연령 및 국소평균잔여체류시간을 측정해야 하며, 이는 추적가스를 이용하여 농도변화를 측정함으로써 구할 수 있다.

### 3. 실외 급·배기구에서의 오염물질 혼합에 따른 환기효율 실험

#### 3.1 실험 개요

실험실은 5.2m × 4.4m × 2.8m 크기의 장방형 형태로 0.9m × 2.0m 크기의 출입문이 두면에 걸쳐 설치되어 있고, 1.8m × 0.9m 크기의 창문이 한 면에 설치되어 있다. 실험실 평면도는 (그림 1) 과 같다.

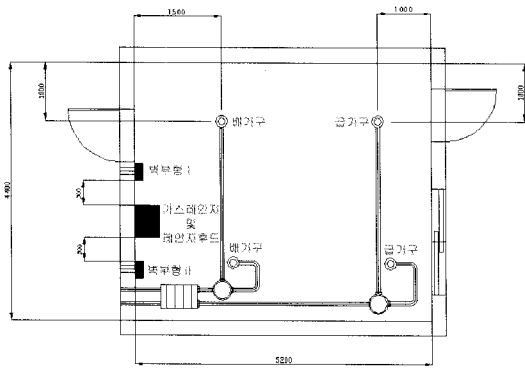


그림 1. 실험실 및 환기시스템 설치평면

실험에는 실외 급·배기구 형상이 서로 다른 환기시스템 두 종(I, II타입)을 설치하였다. 두 종류 모두 전열교환기를 내장하고 있는 형식이고 기본적인 환기원리는 같지만, 급·배기구 디자인에서 차이점이 있다. 타입 I의 경우 실내/실외측 모두 급배기가 서로 혼합되는 것이 방지될 수 있도록 급·배기구가 디자인되어 있는 반면, 타입II의 경우에는 실내측 급·배기구는 분리되어 있지만, 실외측

에 면한 급·배기구는 나란히 붙어있는 형태를 취하고 있다. (그림 2)는 타입 I과 타입II의 급배기 개념도를 보여주고 있다.

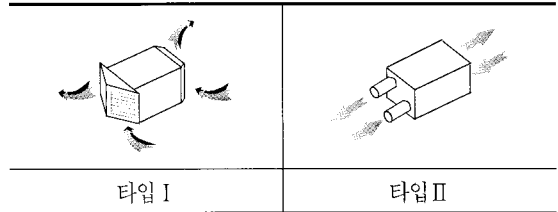


그림 2. 환기시스템 타입 I과 타입II의 급배기 개념도

타입II의 경우 급배기가 서로 혼합되어 환기효율이 저하 되는 결과를 가져올 수 있을 것으로 예측하여 타입 I과 타입II의 급기 CO<sub>2</sub> 농도를 비교하였으며, 추후 진행될 실험에서는 타입II의 실내측과 실외측에 500 × 300mm 크기의 분리판을 설치하여 환기효율을 분석하였다(그림 3). 실험은 가스레인지를 가동한 상태로 진행하였다.

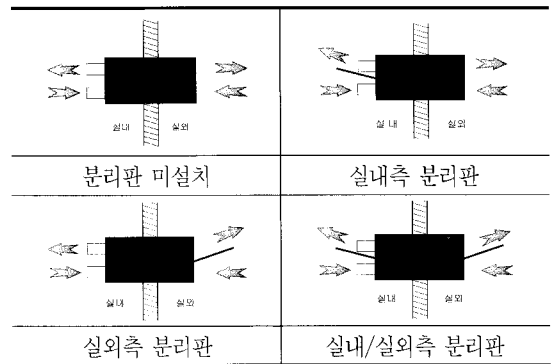


그림 3. 타입II의 분리판 설치 개념도

실험에 사용된 환기시스템 타입 I과 II의 풍량은 급·배기구에서 측정된 풍속을 바탕으로 산정하였다. 170CMH로 동일하게 설정하여, 레인지후드를 중심으로 우측과 좌측에 각각 설치하였다. 설치높이는 2.0m로 하였으며, 레인지후드에서 좌우로 0.5m 떨어진 곳에 위치시켰다.

### 3.2 실험 방법

본 실험에서 사용한 추적가스는 공동주택에서 조리시와 인체에서 발생하는 오염물질인 CO<sub>2</sub>로 하였으며, 가스레인은 실제 가동을 통하여 발생시켰고, 인체는 CO<sub>2</sub>는 봄베를 이용하였다. 모든 실험에서 가스레인은 1구를 강으로 점화한 상태로 진행하였으며, 봄베에서의 CO<sub>2</sub> 분출은 두 곳에서 각각 1.0 l/min의 양으로 분출하였다.

실험 전 문과 창문 등의 틈새를 테이핑하여 실험실을 기밀하게 유지하였다. 측정은 가스레인지 점화 직후 혹은 봄베에서 CO<sub>2</sub> 분출이 시작되는 직후부터 실시하였으며, 측정위치는 배기구 말단 1곳과 실험실 중앙부 높이 1.0m 지점에서 하였다. 측정시간은 2시간으로 하였으며, 측정단위는 배기구와 중앙부에서 모두 1분으로 하였다.

본 실험에서는 가스레인지 및 인체에서 발생한 CO<sub>2</sub>가스가 환기시스템을 통해 실외로 배기되는 과정에서 정상상태에 도달하는 시간과 정상상태에서의 농도를 통해 배기효율을 산정하였으며, 배기효율로써 환기효율을 평가하였다.

(표 1)은 각 환기시스템의 풍량 및 환기횟수, 명목시간상수를 정리해 놓은 것이다.

표 1. 환기시스템별 환기횟수 및 명목시간상수

구분	풍량(CMH)	환기횟수(회/시)	명목시간상수(분)
타입 I	170	2.6	23
타입 II	170	2.6	23

[실체적 : 65m<sup>3</sup>]

### 3.3 급·배기구에서의 오염물질 혼합에 따른 환기효율 변화에 관한 실험

#### (1) 환기시스템의 형태에 따른 환기효율

본 실험에서는 환기시스템의 실외 급·배기구 형태에 따른 환기효율을 분석하였다. 타입 I 과 II의

국소평균 잔여체류시간 및 환기효율은 (표 2)와 같다.

표 2. 타입 I, II의 국소평균 잔여체류시간 및 환기효율

구분	타입 I	타입 II
국소평균 잔여체류시간(분)	12.8	19.4
환기효율(%)	90	59

두 종류의 환기시스템이 모두 동일한 풍량임에도 불구하고 타입 I의 환기효율은 90%인 반면, 타입 II는 59%로 두 시스템 간에 약 30%정도 환기효율에 차이가 나타남을 확인할 수 있다.

이러한 환기효율의 차이는 실외 급·배기구 형태로 인한 것으로 판단하여, 이를 확인하기 위해서 실내 급기구에서의 CO<sub>2</sub>농도를 측정하였다. 실험결과 는 (그림 4)와 같다.

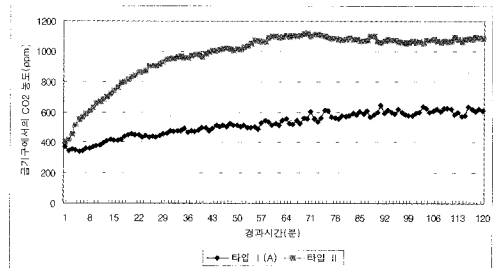


그림 4. 타입 I 과 타입 II의 급기구에서의 CO<sub>2</sub>농도

실험결과, 급기구에서의 CO<sub>2</sub>농도는 타입 I의 경우 2시간 동안의 약 250ppm 증가한 반면, 타입 II의 경우에는 약 650ppm 증가하였다. 타입 I은 급배기가 서로 혼합되지 않도록 급배기를 서로 반대 방향으로 유도하는 구조인 반면, 타입 II는 급·배기구가 붙어있는 형태를 취하고 있어 급배기가 서로 혼합되기 쉬운 구조를 지니고 있다. 따라서 타입 II의 경우 실내에서 발생한 오염물질이 원활히 배기되지 못하고, 급기에 혼합되어 다시 실내로 유입되는 과정에서 환기효율이 저하되었을 것이라 판단된다.

(2) 급배기 분리판 설치에 따른 환기효율

앞의 실험결과를 바탕으로 타입II의 환기효율에 영향을 미치는 요소로 급·배기구 형태를 선정하였으며, 따라서 타입II의 실내측과 실외측에 급배기 분리판을 설치하여 실험하였다.

(그림 5)는 타입II에 급배기 분리판을 설치한 뒤 실외 배기구에서의 측정된 CO<sub>2</sub>농도 변화이다.

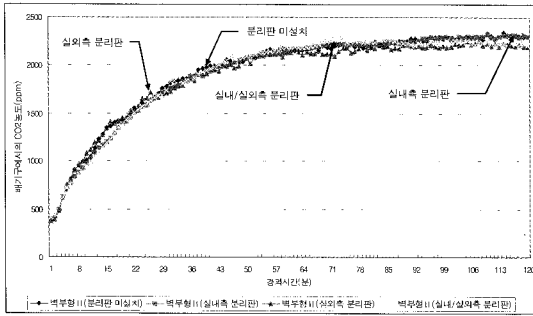


그림 5. 분리판 설치 유무에 따른 배기구에서의 CO<sub>2</sub>농도 변화

실험결과, 실외 배기구에서의 CO<sub>2</sub> 농도곡선은 거의 유사한 형태로 증가하는 모습을 보이고 있다. 분리판을 미설치한 경우와 실내측에 설치한 경우 정상상태에서의 농도가 다소 높으며, 실내측에 설치한 경우와 실내/실외측에 설치한 경우 정상상태에서의 농도가 다소 낮음을 알 수 있다. (표 3)은 급배기 분리판 설치에 따른 타입II의 국소평균 잔여체류시간 및 환기효율을 보여주고 있다.

표 3. 분리판 설치에 따른 국소평균 잔여체류시간 및 환기효율

구 분	분리판 미설치	실내 분리판	실외 분리판	실내/실외 분리판
국소평균 잔여체류시간(분)	19.5	19.8	16.8	16.8
환기효율(%)	59	58	68	68

(표 3)에서 보는바와 같이 실내 급·배기구에 분리판을 설치한 경우, 분리판을 설치하지 않은 경우와 동일한 결과가 나타나, 환기효율이 향상되지 않

았음을 알 수 있다. 실외 급·배기구에 분리판을 설치하여 실험한 결과, 환기효율은 68%로 분리판을 미설치한 경우와 비교하여 약 10% 상승하였으며, 실내/실외측에 모두 설치하여 실험한 경우에는 실외측에만 분리판을 설치한 경우와 비교하여 환기효율의 변화가 나타나지 않았다. 이 결과로 실내보다 실외 급·배기구에서의 혼합방지가 환기효율에 큰 영향을 미치고 있음을 확인 할 수 있었다. 따라서 실내 환기효율을 향상시키기 위해서는 실외 급·배기구의 적정 위치 및 이격거리를 고려하여 실외로 배기된 공기가 실내로 재 유입 되는 것을 방지하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다.

4. 오염물질 혼합을 방지할 수 있는 적절한 실외 급·배기구 위치선정을 위한 컴퓨터 시뮬레이션 연구

앞의 실험은 실험조건이 제한된 실험실을 대상으로 진행되었으므로, 실외 급·배기구 적정 위치 및 이격거리 실험을 진행하는데 다소 무리가 있으며, 또한 외부 바람에 의해 영향을 받는 실제 공동 주택의 종합적인 상황은 고려하기 어렵다. 따라서, 본 연구에서는 현재 건설 중에 있는 국내 초고층 공동 주택을 선정하여 외풍에 의한 영향과 실외 급·배기구에서의 상호 영향에 의해 오염물질의 혼합이 발생하지 않는 적절한 실외 급·배기구 위치를 선정을 위한 CFD 컴퓨터 시뮬레이션을 실시하였다. 본 연구에서 사용한 CFD 컴퓨터 시뮬레이션 프로그램은 PHOENICS VR 3.5 를 사용하였다.

4.1 대상지 개요

시뮬레이션 대상 건물은 서울지역에 위치한 지상 40층 규모의 공동주택건물로서 각 세대별로 보일러실에 풍량은 250CMH의 전열교환기를 내장한 환기 시스템이 설치되어 있다. (그림 6)은 대상건물의 단위평면 및 C타입 세대의 보일러실 도면이다.

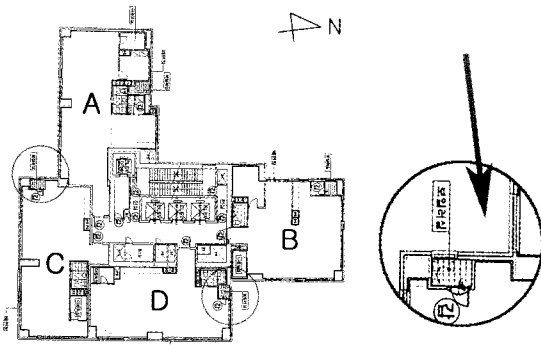
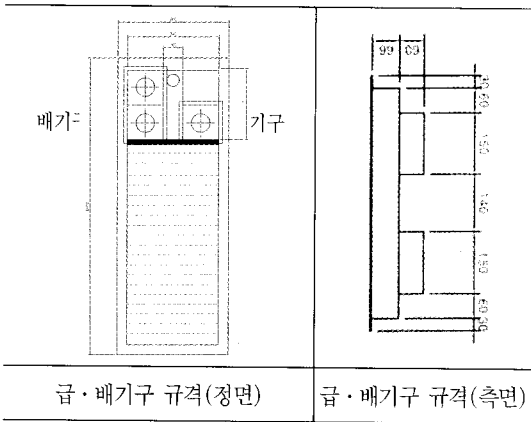


그림 6. 대상건물 단위평면 및 보일러실



급·배기구 규격(정면)      급·배기구 규격(측면)

그림 7. 보일러실의 실외 벽면 급·배기구 규격

## 4.2 시뮬레이션 개요

### 1) 서울지역의 기후데이터 분석

#### ① 풍향 조건

서울지역의 11년간 풍향과 풍속 빈도분석결과, 풍향은 북동풍(NE, ENE)이 23.15%를 나타냈으나 풍속은 2.5m/s 이하의 약한 편이었다. 서풍계열(W, WNW)은 25.42%로 제일 높은 빈도를 나타내며, 풍속도 2.5-4.5m/s로 높은 편으로 서울지역의 주풍향은 서풍임을 알 수 있다.

#### ② 높이에 따른 풍속보정

풍속은 일반적으로 높이가 더할수록 증가하므로 공동주택 높이별로 보정하여 비교하기 위하여 식(4)<sup>1)</sup>를 이용하였다.

$$V_x = V_a \left( \frac{H_x}{H_a} \right)^n \quad (4)$$

여기에서  $V_x$ 은 높이 x m로 보정된 풍속을 가리키며,  $V_a$ 는 각 측후소에서 관측된 풍속을,  $H_x$ 은 보정높이인 x m를 나타내고  $H_a$ 는 각 측후소의 풍속 관측높이를 표시하고 있다.

### 2) Simulation 조건

기후조건을 살펴본 결과, 서울지역에서의 주 풍향은 북서풍과 서풍, 북동풍이다. 따라서 대상지에서서도 각 세대의 보일러실이 북서, 서, 북동 방향에 위치한 경우, 특히 외풍에 의해 실외 급·배기구에서 오염물질의 혼합이 일어날 가능성이 크며, B동 C 타입 혹은 D 타입과 같은 세대에서는 (그림 6)의 화살표 방향과 같이 바람이 불어올 경우 외부기류가 수직 벽면을 타고 흘러 급·배기구의 성능에 영향을 미칠 수 있다. 따라서 본 연구에서는 보일러실이 서향에 위치한 B동의 C 타입 세대를 기준으로 시뮬레이션 하였다.

(그림 8)은 시뮬레이션을 위한 모델링으로 3개 층의 외부 벽면을 모델링하여 각 세대의 기류 분포 검토하여 중간에 위치한 세대를 분석 대상으로 하였다. (표 4)는 시뮬레이션 경계조건이다.

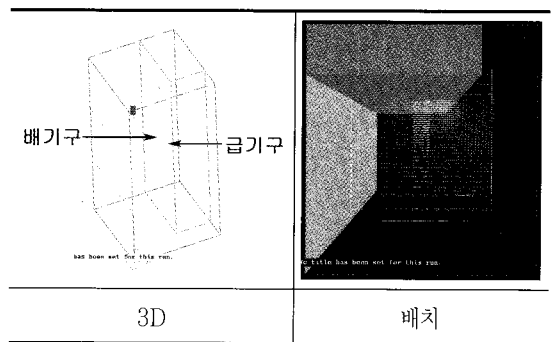


그림 8. 시뮬레이션 모델링

1) Mukund R.Patel, Wind and Solar Power System, CRC Press, 1999, pp.54.

표 4. 시뮬레이션 경계조건

조 건	입 력 값	비 고
Domain	X=5m Y=5m Z=10.2m	3개층 기준
Menu	VR mode	
Grid	20×20×40	
Main fluid	20℃ 공기	
Solution variables	압력, 속도	
Relax Control	P1=1, u1,v1,w1=0.1	
Turbulence model	k-ε	
급·배기구 토출속도	3.92m/s	풍량 250CMH

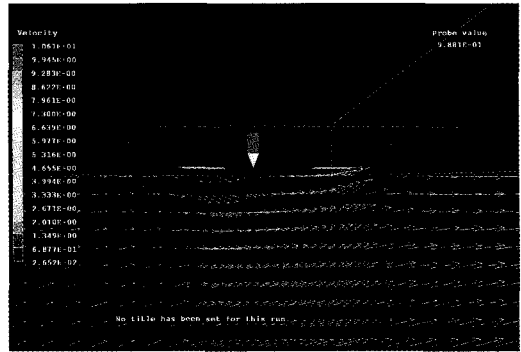


그림 10. 이격거리 300mm일 때 건물전면의 기류분포

### 4.3 시뮬레이션 결과

시뮬레이션은 두 가지 경우로 나누어 실시하였다. 첫째, 기존의 계획안과 같이 실외 급·배기구가 수평선상에 있는 경우, 이격거리를 변화주어 시뮬레이션 하였고, 둘째, 실외 급·배기구의 수평거리 뿐만 아니라 수직으로 높이차를 주었을 경우를 시뮬레이션 하였다.

1) 실외 급·배기구가 수평선상에 있는 경우

(그림 9)에서 (그림 12)는 실외 급·배기구가 외벽에 수평으로 위치할 경우, 수평 이격거리를 300mm ~ 1200mm까지 변화시켜 실시한 시뮬레이션 결과이다.

시뮬레이션 결과, 수직으로 접한 면을 타고 흐르는 기류의 영향으로 300mm 일 때와 1200mm일 때 모두 실외로 배기된 공기가 외부 공기와 혼합하여 실내로 유입되는 것으로 나타났다.

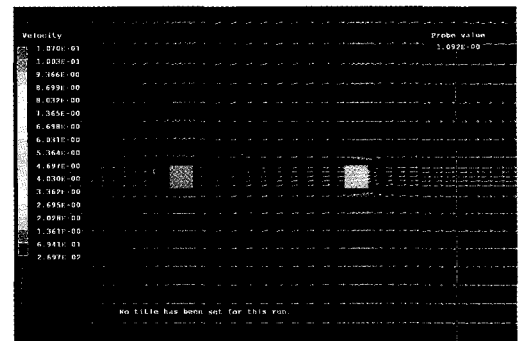


그림 11. 이격거리 1200mm일 때 벽면의 기류분포

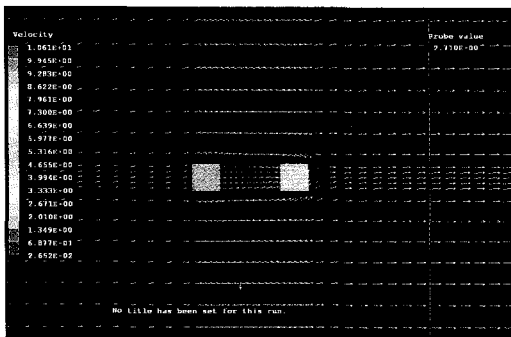


그림 9. 이격거리 300mm일 때 벽면의 기류분포

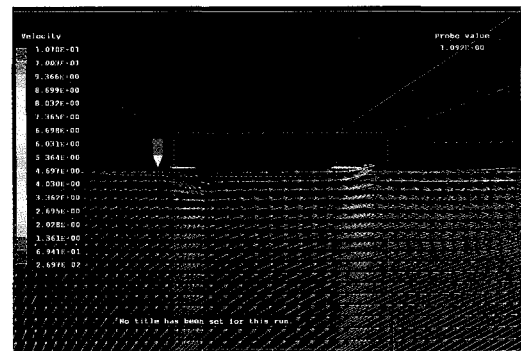


그림 12. 이격거리 1200mm일 때 건물전면의 기류분포

2) 실외 급·배기구 높이차(140mm)가 있는 경우  
대상건물의 실외 급·배기구 설계 및 시공 조건에서 급·배기구의 상하부 높이 차이는 최대 140mm까지 가능하다. 따라서 실외 급·배기구의 수평거리 이외에도 상하 높이차를 두어 시뮬레이션

하였다. 여기서 상하 위치는 환기가 열악한 겨울철에 실외로 배기된 실내공기는 외부 공기보다 온도가 높기 때문에 위로 상승할 것으로 판단되어 실외로 빠져 나간 공기가 외부공기와 섞여 실내로 재 유입되지 않도록 배기를 상부에, 급기를 하부에 위치하도록 하였다.

(그림 13)에서 (그림 15)는 실외 급·배기구의 수평이격거리 뿐 아니라 상하 높이차 140mm를 고려하여 실시한 시뮬레이션 결과이다.

시뮬레이션 결과, 높이차가 없는 경우와 비교하여 실외로 배기된 공기가 외부 공기와 혼합하여 실내로 유입되지 않는 것을 알 수 있었다.

따라서, 대상건물과 같이 급·배기구가 전열교환기가 위치한 보일러실 외부에 함께 위치하게 되는 경우, 실외 급·배기구를 수평선상에 위치하는 것

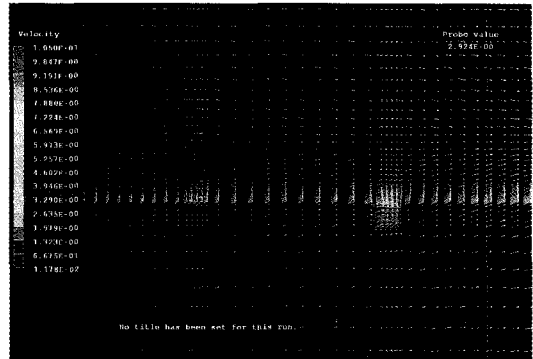


그림 15. 이격거리 900mm일 때 벽면의 기류분포

보다는 상하 높이차를 두어 급기구가 하단에, 배기구가 상단에 위치시키는 것이 오염물질의 혼합을 방지할 수 있는 것으로 나타났다.

## 5. 결 론

본 연구는 공동주택의 적용된 환기시스템의 실외 급·배기구 형상 및 위치에 따른 환기효율에 대한 연구로서 실험실 측정과 컴퓨터 시뮬레이션을 실시한 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) 실외 급·배기구 형태가 다른 타입 I 과 II 의 환기효율의 실험실 실험결과, 급기와 배기의 혼합현상이 발생하는 타입 II 의 환기효율 (59%)이 타입 I (90%)보다 약 30%정도 저하되는 것으로 나타나 실외 급·배기구의 형상이 환기효율에 큰 영향을 미치는 것으로 나타났다.
- 2) 타입 II 에서 급배기의 혼합을 방지할 수 있도록 분리판을 설치하여 실험한 결과, 실외에 설치할 경우 약 10%정도 환기효율이 향상되고 있음을 확인하여 실외 급·배기구에서의 혼합방지가 환기효율에 큰 영향을 미치는 것으로 나타났다.
- 3) 실외 급·배기구 위치에 따른 컴퓨터 시뮬레이션을 실시한 결과, 급·배기구가 수평선상에 위치한 경우, 수평 이격거리에 관계없이 실외로 배기된 공기가 외부 공기와 혼합하여

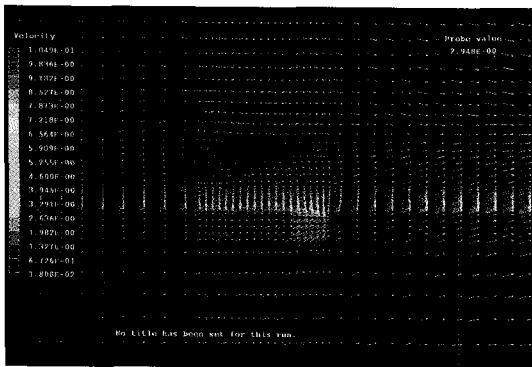


그림 13. 이격거리 300mm일 때 벽면의 기류분포

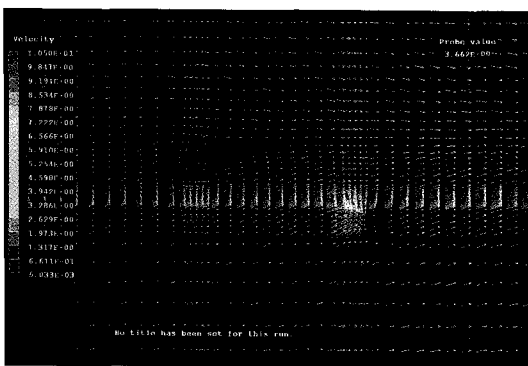


그림 14. 이격거리 600mm일 때 벽면의 기류분포



실내로 유입되는 것으로 나타났다.

- 4) 급·배기구를 140mm의 높이차를 두고 수평 이격거리를 변화하여 시뮬레이션 한 결과, 높이차가 없는 경우와 비교하여 실외로 배기된 공기가 외부 공기와 혼합하여 실내로 유입되지 않는 것으로 나타났다.

따라서 공동주택 환기시스템의 실외 급·배기구는 수평선상에 위치하는 것 보다, 상하 높이차를 두어 급기구가 하단에, 배기구가 상단에 위치하여 오염물질의 혼합을 방지하는 것이 바람직하며, 이격거리가 충분하지 않을 경우에는 실외 급·배기구의 형상을 고려하여 실외로 배기된 공기가 외부 공기와 혼합하여 실내로 유입되지 않도록 하는 것이 궁극적으로 환기효율을 상승시킬 수 있을 것으로 판단된다.

## 후 기

이 논문은 2004년도 중앙대학교 학술연구비(일

반연구비)지원에 의한 것임.

## 참 고 문 헌

1. 강소연, 공동주택단지내 풍력발전 시스템의 적용방안에 관한 연구, 중앙대학교 석사학위 논문, 2003. 12
2. 기상청, 한국기후표 제 I 권, 1991.6
3. 김기혁, 공동주택 환기시스템의 환기효율에 관한 실험적 연구, 중앙대학교 석사학위 논문, 2003. 12
4. 김기훈, 공동주택의 환기효율 향상을 위한 환기 계획에 관한 연구, 중앙대학교 박사학위 논문, 2003. 12
5. 통계청, 인구주택총조사보고서, 2000.
6. Mukund R.Patel, Wind and Solar Power System, CRC Press, 1999