한국주거학회 학술발표 논문집
제 13 권 2002 년 11 월 16 일

공동주택 화장실의 급기구 및 배기팬 설치 위치에 따른 환기효과에 관한 연구

A Study on the Ventilation Effect by Establishment Location of Supply Opening and Exhaust Fan of Bathroom in Apartment House.

함 진 식*
Ham, Jin-Sik

Abstract

To design mechanical ventilation for bathroom of apartment houses where air supply and exhaust are taken into consideration, mock-ups of ventilation systems, widely used in bathroom of apartment houses with an area of 100㎡, were made and installed in a laboratory.

These ventilation mock-ups were available for control of air supply and exhaust, and the size of supply openings were 40㎝×1㎝, 40㎝×3㎝, 40㎝×5㎝. They were installed at five positions, spaced 40㎝ at a height of 25㎝ from the floor. and the position of exhaust fans were four corners and center. Exhaust fan established each one on corner of the ceiling and one in center.

As result that measure ventilation effect by each condition, size of hole that supply air is big, and ventilation effect took effect to be good establishment location is low. Also, distance of exhaust fan is far with hole that supply air, ventilation effect took effect by superior thing.

Ⅰ. 서 론

1. 연구배경 및 목적

공동주택의 화장실은 외기에 직접 면하는 경우가 적기 때문에 대부분의 경우 천정이나 벽면에 배기팬을 설치하여 옥상의 벤틸레이터를 통해 강제환기를 시키고 있는 것이 일반적이다.

그러나, 같은 동력의 배기팬 임에도 불구하고 그 설치위치에 따라서 환기경로가 달라지기 때문에 환기에 의한 오염물질의 배출성능은 상당히 달라질 것으로 예상된다.

따라서, 천정의 4 모서리와 중앙부에 각각 배기팬을 1개씩 부착하였을 경우와 출입문의 5개소에 각각의 급기구를 설치하였을 경우의 환기효과를 Tracer Gas Method의 가스농도 감쇠법으로 측정·분석하여 화장실의 기계환기설계 방법을 제시하고자 하였다.

*정회원, 대구대학교 건설환경공학부 교수, 공학박사
이 논문은 2002학년도 대구대학교 학술연구비 지원에 의하여 연구되었음.

Ⅱ. 실험계획

1. 측정개요

前報[1]에서 필자들은 그림 1에서 보는 바와 같이100㎡ 규모의 공동주택 안방 화장실에 사용되고 있는 실물 크기의 환기량 측정용 모형을 대구대학교 건축환경실험실내에 제작 설치하여 화장실 출입문에 40㎝×1㎝, 40㎝×3㎝, 40㎝×5㎝의 3종류의 급기구를 바닥면 위 25㎝높이와 40㎝간격으로 5개소에 각각 설치하여 배기팬을 Ⅰ의 위치에 설치하고 풍량을 5단계로 변화시켜 환기량의 변화를 측정하였다.

그 결과 모든 배기량 조건에 있어 급기구를 A위치에 설치하였을 때가 환기효과가 가장 큰 것으로 밝혀졌다.

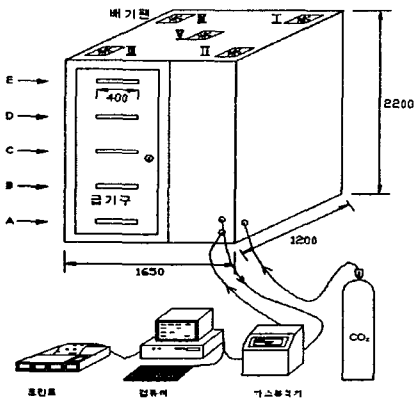

그림 1. 급기구 및 배기팬의 위치와 측정장비

그러나, 환기량은 배기량과 급기구의 설치 위치 뿐만 아니라 배기팬의 설치 위치에 따라서 커다란 차이를 보일 것으로 판단되어 급기구의 위치와 크기는 前報와 동일한 조건으로 하고, 배기팬의 설치 위치를 그림 1에서 보는 바와 같이 Ⅰ, Ⅱ, Ⅲ, Ⅳ, Ⅴ의 5개소에 각각 설치하였을 경우의 환기효과를 Tracer Gas Method의 가스농도 감쇠법으로 측정하였다.

2. 측정방법

Tracer gas method[1),2),3),5),7)]의 가스농도 감쇠법은 환기량을 측정하고자하는 공간에 가스를 일정량 방출시켜, 공간 내부 전체에 가스 농도가 균일하게 확산되도록 팬 등으로 혼합하여 공간내의 가스농도가 균일하게 되도록 교반한 후, 환기와 동시에 가스농도의 경시변화를 측정하여 환기량을 추정하는 방법으로 농도변화를 나타내는 미분방정식인 식(1)을 일반방정식으로 푼 식(2)에 의해 환기회수를 구할 수 있다.

$$VdC = Mdt + CoQdt - CroQdt$$
$$= (M + CoQ - CroQ)dt \quad (1)$$

$$N = \frac{2.303}{t} \log \frac{Cro - Co}{Crt - Co} \quad (2)$$

환기량 실측을 위하여 화장실 모형 내부에 CO_2 농도가 약 4,500 ppm이 되도록 그림 1에서 보는 바와 같이 가스봄베로부터 가스를 방출시켜, 모형 내부에 설치된 선풍기로 실 내부 전체에 균등하게 확산 되도록 잘 섞었다.

선풍기의 회전을 정지시킨 후, 배기팬을 작동시키고, 급기구 크기와 설치 위치 및 배기팬의 설치위치에 따라 CO_2 농도가 약 1,500 ppm 정도로 감소될 때까지 적외선 가스 분석기를 이용하여 연속 측정하였다.

Tracer Gas Method는 가스 농도를 측정하여 상기 계산식에 의하여 환기량을 산정하는 방식이기 때문에 측정된 가스농도에 오차가 발생하면, 산정된 환기량에도 오차가 발생하기 때문에 Full Scale 5,000ppm의 ±2.5%의 오차 범위(125ppm)를 가진 정도 높은 적외

선식 가스분석기를 이용하였다. 또한, 모형 내부의 CO_2 평균농도를 측정하기 위하여 바닥위 10cm위치에 3개소, 바닥위 100cm 위치에 3개소, 바닥위 190cm위치에 3개소 등 합계 9곳의 샘플링 포인트로부터 CO_2를 채취하여 분석하였다. 분석된 가스 농도의 데이터는 RS232C의 인터페이스를 통해 기록용 컴퓨터에 연결하여 10초 마다 프린트로 출력되도록 하였다. 표 1에 환기량 측정장비를 나타내었다.

표 1. 측정장비

측정장비	모델
CO_2 가스분석기	SHIMADZU CGT-7000 적외선식
배기팬	만승전기 MV-15G 1.2㎥/분
컴퓨터	TRIGEM 286 COMPUTER
프린터	EPSON LQ1550H DOT PRINTER

급·배기조건에 따른 환기량 측정방법으로 그림 1에 나타낸 바와 같이 배기팬의 위치를 후면의 우측을 Ⅰ, 전면의 우측을 Ⅱ, 전면의 좌측을 Ⅲ, 후면의 좌측을 Ⅳ, 중앙을 Ⅴ라고 하였다.

또한, 급기구를 출입문의 하단부터 상단으로 A, B, C, D, E로 각각 설치하여 각각의 급기구 크기 40cm×1cm, 40cm×3cm, 40cm×5cm의 3종류위치에 급기구를 설치하여 표 2와 같은 조건에서 환기량 실측을 실시하였다.

Ⅲ. 실험결과 및 고찰

1. CO2농도와 환기회수

배기팬의 설치위치를 Ⅰ, 급기구의 설치위치를 A, 급기구의 크기를 40cm×1cm로 하였을 경우의 CO_2 농도를 그림 2에 나타내었다.

표2. 급·배기 조건에 따른 환기량 측정

배기팬 위치	급기구 위치	급기구 크기 (cm)		
Ⅰ	A	40×1	40×3	40×5
	B	40×1	40×3	40×5
	C	40×1	40×3	40×5
	D	40×1	40×3	40×5
	E	40×1	40×3	40×5
Ⅱ	A	40×1	40×3	40×5
	B	40×1	40×3	40×5
	C	40×1	40×3	40×5
	D	40×1	40×3	40×5
	E	40×1	40×3	40×5
Ⅲ	A	40×1	40×3	40×5
	B	40×1	40×3	40×5
	C	40×1	40×3	40×5
	D	40×1	40×3	40×5
	E	40×1	40×3	40×5
Ⅳ	A	40×1	40×3	40×5
	B	40×1	40×3	40×5
	C	40×1	40×3	40×5
	D	40×1	40×3	40×5
	E	40×1	40×3	40×5
Ⅴ	A	40×1	40×3	40×5
	B	40×1	40×3	40×5
	C	40×1	40×3	40×5
	D	40×1	40×3	40×5
	E	40×1	40×3	40×5

초기농도 4,500ppm에서 시작한 CO_2 의 농도는 1분 후 3,980ppm이던 것이 5분 후에 2,280ppm, 10분 후 1,380ppm으로 떨어지는 2차 곡선을 그린다.

그림 2에서 측정된 가스농도의 초기농도를 1로 규준화하여 상용로그를 취하여 그림 3에 나타내었는데, 점선은 측정된 가스농도를 직선은 최소자승법에 의하여 산정한 환기회수를 나타낸다.

식 (2)에 의하여 환기회수를 .구할 경우, 외기농도와 초기농도 및 t시간 후의 가스 농도만 알면 환기회수를 구할 수 있으나, 환기량 산정을 위해 선정한 두 시간대에 가스농도의 변화가 심할 경우 산정된 환기회수에 커다란 오차를 발생시키기 때문에 측정된

가스농도를 모두 이용하여 환기량 산정오차가 가장 작을 것으로 판단되는 최소자승법에 의하여 환기량을 산정하였다.

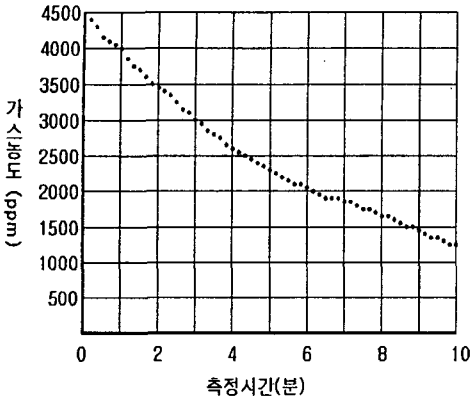

그림 2. CO_2 농도 곡선 (배기팬 I, 급기구A, 40×1)

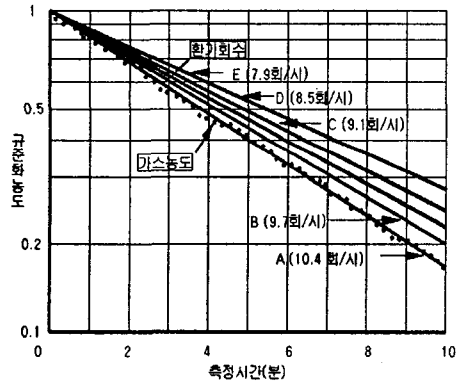

그림 3. 측정된 가스농도와 최소자승법의 의하여 산정한 환기회수

그림 3에서 알 수 있듯이 배기팬의 위치를 I 위치에 설치하고, 급기구 크기를 40cm ×1cm로 하였을 때, 급기구의 위치가 A일 경우의 환기회수는 10.4(회/시), B일 경우 9.7 (회/시), C일 경우 9.1(회/시), D일 경우 8.5 (회/시), E일 경우 7.9(회/시)로 각각 나타났다.

같은 동력의 배기팬과 급기구 크기임에도 불구하고 급기구의 설치위치에 따라 환기회수가 크게 달라져 급기구를 하부에 설치한 A조건일 때가 급기구를 윗쪽에 설치한 E조건 보다도 환기회수가 약 1.3배 정도 많은 것으로 측정되었다.

한편, 그림 3에서 보는 바와 같이 각각의 급·배기 조건의 실험에서 초기농도가 다르다고 하더라도 초기농도일 때를 1로 규준화하였기 때문에 기울기만으로 환기회수의 크고 작음을 알 수 있으며, 기울기가 큰 것이 환기회수가 많음을 의미한다.

2. 급기구 및 배기팬 조건에 따른 환기량

그림 4에 급기구 크기를 40cm×1cm, 그림 5에 40cm×3cm, 그림 6에 40cm×5cm로 하고, 그 설치위치를 A, B, C, D, E로 가변시키고, 배기팬의 설치위치를 I, II, III, IV, V로 각각 변경하여 설치하였을 경우의 환기회수를 산정하여 나타내었다.

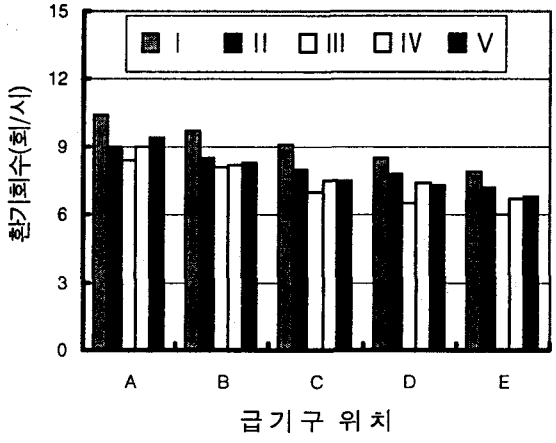

그림 4. 급·배기 조건에 따른 환기회수 (40cm×1cm)

그림 6에 환기효율이 가장 큰 위치에 배기팬을 설치한 I과 환기효율이 가장 작은 III의 위치에 배기팬을 설치한 경우의 급기

구 위치별 환기회수를 나타내었다

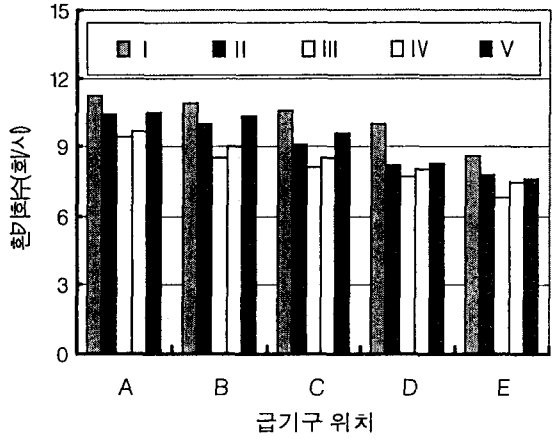

그림 5. 급·배기 조건에 따른 환기회수 (40㎝×3㎝)

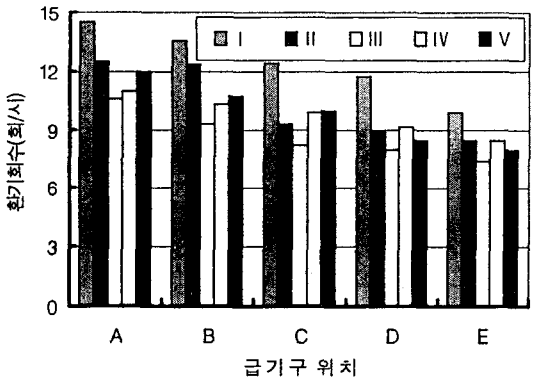

그림 6. 급·배기 조건에 따른 환기회수 (40㎝×5㎝)

이 그림에 의하면, 같은 동력의 배기팬이라고 하더라도 급기구의 위치가 하부에 위치하고, 급기구가 클수록 환기회수가 커짐을 알 수 있다.

급기구의 크기가 가장 작은 그림 4에 의하면, 급기구의 위치가 제일 하단부인 A위치일 때, 배기팬을 후면 우측부분인 Ⅰ에 설치하였을 경우의 환기회수가 10.4(회/시)로 가장 크고, A-Ⅴ일 때 9.4(회/시), A-Ⅳ일 때 9.0(회/시), A-Ⅱ 일 때 8.7(회/시)로 나타났으며, 급기구와 배기팬의 설치위치가 가장 가까운 A-Ⅲ조건 일 때의 환기회수는 8.4(회/시)로 가장 작게 나타났다.

표 3. 급기구 및 배기팬 설치 위치별 환기회수

배기팬 위치	급기구 크기(㎝)	급기구 위치별 환기회수 (회/시)				
		A	B	C	D	E
Ⅰ	1	10.4	9.7	9.1	8.5	7.9
	3	11.2	10.9	10.6	10.0	8.6
	5	**14.5**	**13.6**	**12.4**	**11.7**	**9.9**
Ⅱ	1	9.0	8.5	8.0	7.8	7.2
	3	10.4	10.0	9.1	8.2	7.8
	5	12.5	12.3	9.3	8.9	8.5
Ⅲ	1	8.4	8.1	7.0	6.5	6.0
	3	9.4	8.5	8.1	7.7	6.8
	5	10.6	9.3	8.2	8.0	7.4
Ⅳ	1	9.0	8.2	7.5	7.4	6.7
	3	9.7	9.0	8.5	8.0	7.5
	5	11.0	10.3	9.9	9.1	8.5
Ⅴ	1	9.4	8.3	7.5	7.3	6.8
	3	10.5	10.3	9.6	8.3	7.6
	5	12.0	10.7	10.0	8.5	8.0

이와 같이 A-Ⅰ조건일 경우의 환기회수가 가장 큰 것은 급기구로부터 배기팬까지의 환기경로가 다른 급·배기조건들에 비하여 길기 때문에 급기구로부터 유입한 신선외기가 화장실 내부에서 오염물질을 배출하는 공기의 비율이 높기 때문인 것으로 추정된다.

그러나, 급·배기조건 A-Ⅲ의 경우가 가장 환기회수가 작은 것은 급기구에서 배기팬 까지의 환기경로가 가장 짧기 때문에 급기구로부터 유입한 신선외기가 오염물질을 배출시키는데 역할하는 공기의 비율이 작기 때문인 것으로 판단된다.

표 3에 전 측정 조건에 있어서의 환기회수를 나타내었는데, 급기구의 위치가 A, B,

C, D, E와 같이 윗쪽으로 설치할수록 각각 10.4(회/시), 9.7(회/시), 9.5회, 8.5회, 7.9(회/시)회로 환기효율이 떨어지는 것으로 나타나 급기구의 설치위치가 환기효과에 중요하게 영향을 미친다는 것을 알 수 있다.

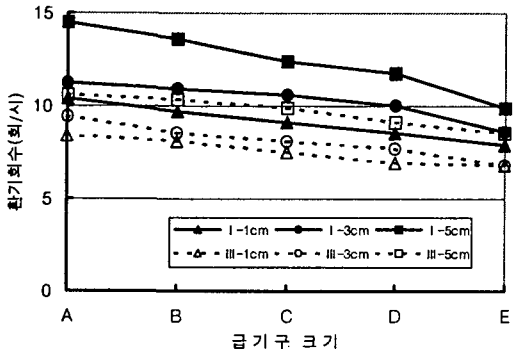

그림 7. 급기구와 배기팬 설치조건에 따른 환기회수

Ⅳ. 결 론

100㎡ 크기 규모의 공동주택 화장실의 안방 화장실의 실물 크기 기계 환기모형을 환경실험실내에 제작 설치하여 급기구의 위치와 크기 및 배기팬의 설치 위치에 따른 환기회수를 Tracer Gas Method의 가스농도 감쇠법으로 측정한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

①급기구의 크기와 설치 위치 및 배기팬의 설치 위치에 따라 환기회수는 크게 차이가 나며, 같은 풍량의 배기팬이라고 하더라도 급배기 조건에 따라서 환기효율이 가장 우수한 것과 나쁜 것의 차이는 약 2.7배 정도의 차이를 나타내어 급·배기 조건이 환기효율에 큰 영향을 미치는 것으로 나타났다.

②환기효율은 급기구가 크고 하부에 위치하며, 배기팬과의 거리가 먼 것 일수록 급기구로부터 유입된 신선외기에 의하여 환기되는 효율이 높은 것으로 나타나 급기구 및 배기팬의 설치 조건이 환기효율에 중요하게 작용함을 알 수 있었다.

※실험과 데이터 정리에 도움을 준 성현미, 김성석군에게 감사의 뜻을 표합니다.

참고문헌

1)함진식, 2001, 공동주택 화장실의 기계환기 시스템에 관한 연구, 한국주거학회지 제12권 3호.

2)함진식, 1998, 급·배기 성능을 고려한 공동주택의 환기설계에 관한연구, 대한건축학회 논문집 계획계 제14권 제11호 통권 제121호.

3)함진식, 1999, 초고층 공동주택에서의 환기량 실측에 관한 연구, 대한건축학회 논문집 계획계 제 15권 제 3호 통권 제 125호.

4)日本規格協會, 1974, 屋內換氣量測定方法(炭酸ガス法) JIS A 1406, 1974年.

5)咸鎭植, 1988, トレーサーガス法による換氣量算定精度に關する硏究, 오사카대학 대학원 박사학위논문.

6)함진식, 1996, 건축공학을 위한 컴퓨터 프로그래밍, 보성각.

7)함진식, 1993, 트레이서 가스법에 의한 환기량 산정법의 정도에 관한 연구, 대한건축학회 논문집 9권 12호 통권 62호.

8)岸根卓郎, 理論·應用統計學, 養賢堂, 1974