

## 공동주택 욕실 배기팬의 플렉시블 덕트 시공상태에 따른 환기효율에 관한 연구

### A Study on the Ventilation Efficiency of Apartment Housing Bathroom Based on the Flexible Installation Method of Exhaust Fan.

이광명

Lee, Kwang Myung

함진식\*\*

Ham, Jin Sik

#### Abstract

The ventilation efficiency of apartment housing bathroom has been measured by the flexible's diameter, length, and installation format to the exhaust fan. The gas density attenuation method of Tracer Gas Method has been specifically utilized for this measurement. Full size mock-up of apartment housing bathroom, which was approximately 100 m<sup>2</sup> in size, has been established for the ventilation efficiency measurement. In addition, the ventilation efficiency has been studied by the possibility of air-supply fan. The diameters of flexible are 100 mm, 125 mm, and 150 mm. It also have the length of 1.0 m, and 1.5 m. The installation formats are I shape, L shape, and S shape. As a result of this measurement, the flexible which has the highest ventilation efficiency was the one has bigger diameter, short in length, and I shape installation format.

Keywords : Bathroom in Apartment Housing, Mechanical Ventilation, Ventilation Efficiency, Tracer Gas Method

주요어 : 공동주택 욕실, 기계환기, 환기효율, 트레이서가스법

## 1. 서론

### 1. 연구 배경 및 목적

공동주택 욕실의 천장에 설치된 배기팬은 배기팬으로부터 포집된 공기를 <사진 1>에서 보는 것과 같은 직경 100 mm의 주름관(플렉시블 덕트)을 에어덕트에 접속시켜 에어덕트를 통하여 욕실에 설치된 배터리에 의하여 욕외로 오염물질을 배출시키고 있다.

필자들의 현장측정에 의하면, 일반적으로 욕실 배터리에 의한 공동주택 욕실의 기계환기방식은 15층 이상의 고층 공동주택의 경우 실제 배기팬 성능의 1/5에도 못 미치는 것으로 측정되었다.

이와 같은 이유는 배기팬의 후면부에 부착된 플렉시블 덕트의 직경과 형상 및 설치길이에 따라 욕실 내부의 오염물질을 제거하는 환기성능이 상당히 달라지기 때문인 것으로 판단된다.

대개의 경우 층고 2 m 60 cm 전후인 공동주택의 경우 천장 높이와 바닥판 및 마감 두께를 제외한 욕실 천장과 상부층 바닥판 밑면과의 공간은 25 cm 정도에 불과하다. 이 공간에 세면기, 대변기, 및 욕조 등의 오·배수관이 설치되고 배기팬의 연결관인 플렉시블 덕트가 연결

되게 된다.

물론, 에어덕트(Air-Duct)와 욕조의 설치위치가 평면계획에 따라 다소 차이는 있으나, 구조특성상 욕조는 욕실 출입문의 맞은편에 설치되고 에어덕트는 출입문 가까이에 위치하게 됨으로 욕조상부 천장에 설치되는 배기팬과 에어덕트와의 연결관인 플렉시블 덕트의 길이는 자연스럽게 길어지게 된다. 이로 인하여 기 설치된 오·배수관과 플렉시블 덕트가 서로 교차하게 되어 플렉시블 덕트의 형상이 L자, 또는 S자 등 여러 가지 모양으로 구부러지게 됨은 물론 단면부 손실까지 가져오게 되는 것이다.

따라서 본 연구에서는 배기팬에서 에어덕트까지의 연

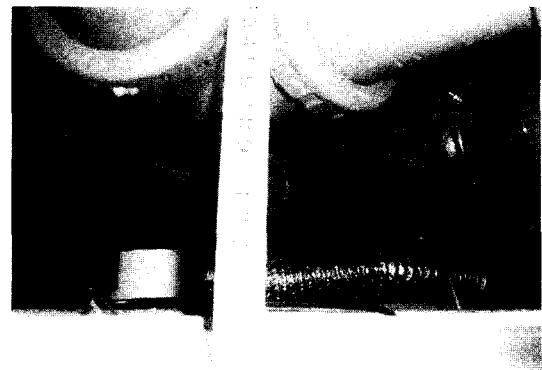


사진 1. 오·배수관 및 플렉시블 덕트 시공전경

\*정회원, 대구대학교 대학원 박사과정, 겸임교수

\*\*정회원, 대구대학교 건설환경공학부 교수 공학박사

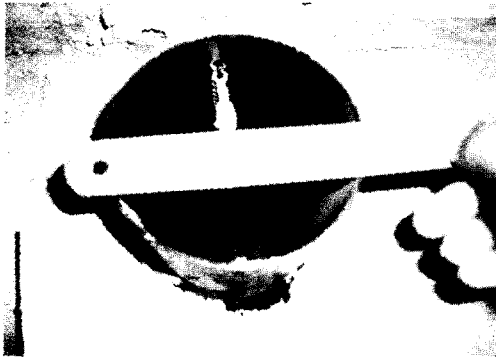


사진 2. 플렉시블 덕트 연결관 전경

결관인 플렉시블 덕트의 직경, 형상 및 시공길이 별 환기효율을 Tracer Gas Method 가스 농도 감쇠법으로 측정·분석하여 공동주택 욕실 기계환기 설계의 기초자료를 제시하고자 하였다.

## II. 실험 계획

### 1. 측정개요

前報에서 대구대학교 건축환경실험실 내에 <그림 1>에 나타낸 바와 같이 욕실 천장의 중앙부와 네모서리에 배기팬을 각각 설치하고, 출입문 5개소에 40 cm×1 cm, 40 cm×3 cm, 40 cm×5 cm의 3종류의 급기구를 각각 부착하여 Tracer Gas Method의 가스농도 감쇠법에 의하여 급·배기효율을 고려한 환기성능을 검토한 결과, 급기구가 A인 아래쪽에 위치하고 배기팬을 급기구에서 가장 먼 곳인 I에 설치하는 경우의 환기효율이 가장 높은 것으로 밝혀졌다.

이는, 같은 용량의 배기팬이라고 하더라도 급구와 배기팬의 설치위치에 따라 환기효율에 차이가 발생하기 때

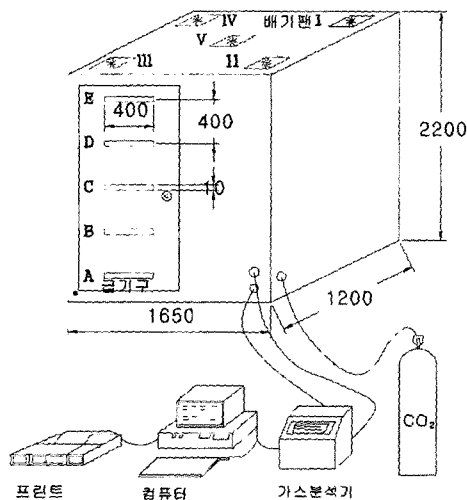


그림 1. 급기구 및 배기팬의 위치와 측정장비

문에 배기팬에 연결되는 플렉시블 덕트의 관경, 길이 및 형상에 따라서도 환기량에 상당한 차이를 보일 것으로 예상된다.

따라서 배기팬과 급기구를 환기성능이 가장 우수한 I 과 A의 위치에 각각 설치하고 급기구 설치 유·무에 따른 플렉시블 덕트 미설치시의 환기량 및 플렉시블 덕트 관경, 길이, 형상에 따른 각 시공상태별 환기변화량을 Tracer Gas Method의 가스 농도 감쇠법으로 측정하였다.

### 2. 측정방법

Tracer gas method의 가스농도 감쇠법은 환기량을 측정하고자하는 공간에 가스를 일정한 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 일반 방정식으로 풀 식(2)에 의해 환기회수를 구할 수 있다.

$$(가) VdC = Mdt + CoQdt - CroQdt$$

$$(나) \quad \quad \quad = (M+CoQ-CroQ)dt \quad (1)$$

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

환기량 실측을 위하여 욕실 모형 내부에 CO<sub>2</sub> 농도가 약 5,000 ppm이 되도록 <그림 1>에서 보는 바와 같이 가스분배로부터 가스를 방출시켜, 모형 내부에 설치된 선풍기로 실 내부 전체에 균등하게 확산 되도록 잘 섞었다.

선풍기의 회전을 정지시킨 후, 배기팬을 작동시키고, 급기구 유무와 플렉시블 덕트의 직경과 형상 및 설치길이에 따라 CO<sub>2</sub> 농도가 약 4,500 ppm에서 3,000 ppm 정도로 감소될 때까지 적외선 가스 분석기를 이용하여 3회씩 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 5,000 ppm의 ±2.5%의 오차 범위(125 ppm)를 가진 정도 높은 적외선식 가스분석기를 이용하였다.

또한, 모형내부의 CO<sub>2</sub> 평균농도를 측정하기 위하여 바닥위 20 cm위치에 1개소, 바닥위 115 cm 위치에 1개소,

표 1. 측정장비

측정장비	모델
CO <sub>2</sub> 가스분석기	SHIMADZU CGT-7000 적외선식
배기팬	하이팬 XNV 151G 5.0(m <sup>3</sup> /분)
컴퓨터	TRIGEM 286 COMPUTER
프린터	EPSON LQ1550H DOT PRINTER



사진 3. 측정전경

바닥위 210 cm위치에 1개소 등 함께 3곳의 샘플링 포인트로부터 CO<sub>2</sub>를 채취하여 분석하였다.

분석된 가스 농도의 데이터는 RS232C의 인터페이스를 통해 기록용 컴퓨터에 연결하여 10초 마다 프린트로 출력되도록 하였다. 또한, 급기구는 출입문의 하단에 40 cm×5 cm의 크기로 설치하였으며, 급기구의 유무에 따른 환기효율을 측정하였다.

<사진 3>에 Tracer Gas Method의 가스농도 감쇠법에 의하여 환기회수를 측정하는 전경을 나타내었다.

### 3. 실험내용

플렉시블 덕트의 직경과 설치형상은 <표 2>에서 보는 바와 같이 일반적으로 공동주택 욕실에서 많이 사용하고

표 2. 플렉시블 덕트의 직경 및 시공길이와 설치 형상

직경(mm)	시공길이(m)	형상
100	1.0	I
		L
		S
	1.5	I
		L
		S
125	1.0	I
		L
		S
	1.5	I
		L
		S
150	1.0	I
		L
		S
	1.5	I
		L
		S



사진 4. I형으로 시공된 플렉시블 덕트

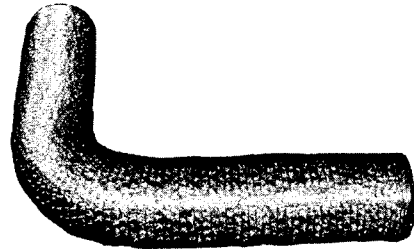


사진 5. L형으로 시공된 플렉시블 덕트

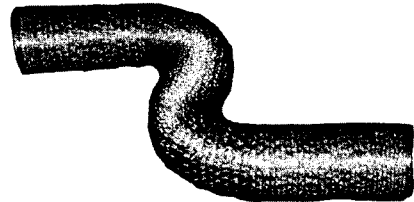


사진 6. S형으로 시공된 플렉시블 덕트

있는 직경 100 mm와 125 mm 및 150 mm를 대상으로 하였다.

플렉시블 덕트의 시공 길이는 1.0 m와 1.5 m로 각각 시공한 경우를 대상으로 I형, L형, S형으로 설치한 경우의 환기회수를 Tracer Gas Method의 가스농도 감쇠법으로 각각 측정하였다.

I형, L형, S형으로 시공된 플렉시블 덕트의 형상을 사진 3~사진 5에 나타내었는데, 구부러짐이 가장 적은 I형의 환기효율이 가장 우수할 것으로 기대되며, S형은 굴곡이 많기 때문에 마찰 저항의 증대로 인하여 환기효율은 가장 저조할 것으로 예상되나, 실제 시공시에는 기 설치된 대면기, 세면기, 욕조 등의 오·배수관 등에 의한 영향을 받기 때문에 I자형으로 시공되는 경우는 드물고 L형이나 S형에 가까운 형태로 시공될 경우가 많을 것으로 예상된다.

### III. 실험결과 및 고찰

#### 1. 플렉시블 덕트 미부착시 환기회수

날개 직경 15 cm, 배기풍량 5.0(m<sup>3</sup>/분) 용량의 배기팬에 플렉시블 덕트의 직경과 형상 및 시공길이에 따른 환기저감 특성을 파악하기 위해 앞서 <그림 1>에 나타난 바와 같은 I위치에 플렉시블 덕트를 부착하지 않고 배기팬만을 설치하여 Tracer Gas Method에 의한 환기회수

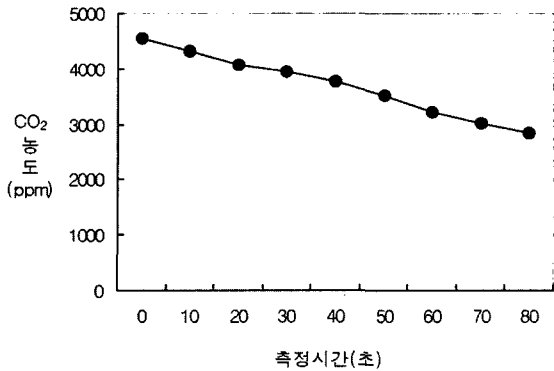


그림 2. 플렉시블 덕트 미부착시 가스농도변화

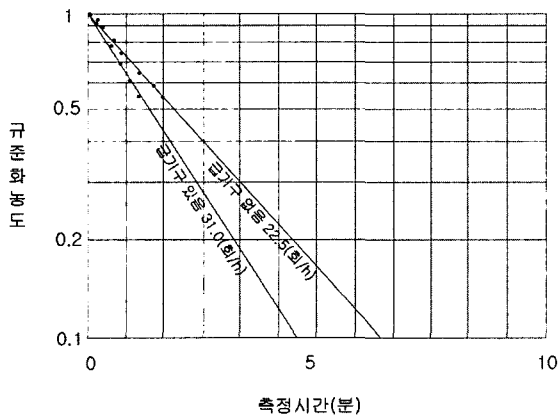


그림 3. 플렉시블 덕트 미부착시 측정된 가스농도와 최소사승법에 의한 환기회수

를 측정하였다.

<그림 2>에 배기팬에 플렉시블 덕트를 부착하지 않고, 급기구가 없는 상태에서 측정된 가스농도의 변화를 나타내었는데, 초기 4,560 ppm이던 CO<sub>2</sub> 농도가 10초 뒤 4310 ppm, 60초 뒤 3530 ppm, 80초 뒤 2840 ppm으로 감소하는 것으로 측정되었다.

측정된 CO<sub>2</sub> 농도를 이용하여 식 (2)에 의하여 산정한 환기회수를 <그림 3>에 나타내었는데, 초기농도를 1로 표준화하였기 때문에 직선의 기울기가 큰 것이 환기회수가 많음을 의미한다.

이렇게 초기농도를 1로 표준화 시킨 이유는 각 측정 조건 때 마다 매 실험조건에 의한 초기농도를 4,500 ppm으로 동일하게 유지시키기가 어렵기 때문에 각 조건을 직선의 기울기만으로 환기회수의 많고 적음을 나타내서로 비교하기 위함이다.

<표 3>에 배기팬에 플렉시블 덕트를 미부착한 상태에서 급기구 유무에 따른 환기회수를 각각 3회씩 측정된 결과를 정리하여 나타내었는데, 급기구가 없을 경우의 환기회수는 22.7(회/h), 21.7(회/h), 23.6(회/h)회로 측정되어 3회 측정치의 평균은 22.5(회/h)로 나타났다.

그러나 40 cm×5 cm크기의 급기구를 <그림 1>과 같

표 3. 플렉시블 덕트 미부착시의 환기회수 (회/h)

측정회수	급기구			
	1회	2회	3회	평균
무	22.2	21.7	23.6	22.5
유	30.5	31.1	31.5	31.0

이 A위치에 설치하였을 경우의 환기회수는 3회 측정치가 각각 30.5(회/h), 31.1(회/h), 31.5(회/h)회로 측정되어 평균 31.0(회/h)로 나타나 급기구가 없을 경우에 비하여 38%정도 환기효율이 높아지는 것으로 나타나 급기구의 효과를 확인 할 수 있었다.

2. 플렉시블 덕트의 시공상태에 따른 환기회수

배기팬에 플렉시블 덕트를 장착하는 것으로 인하여 상당량의 환기효율이 감소하기 때문에 플렉시블 덕트의 직경과 시공 길이 및 형상에 따른 환기회수의 특성을 파악하기 위하여 직경 100 mm, 125 mm, 150 mm의 3종류의 플렉시블 덕트를 이용하였다.

배기팬으로부터 에어덕트까지 플렉시블 덕트의 시공길이를 1.0 m와 1.5 m로 각각 시공하여 시공길이가 늘어나는 것으로 인한 환기효율의 저감정도를 분석하였으며, 플렉시블 덕트의 시공 형상을 I형, L형, S형으로 변화시키며, 급기구가 있고 없음에 따른 환기회수의 변화정도를 측정하여 <표 4>와 <그림 4~9>에 나타내었다.

배기팬에 부착된 플렉시블 덕트의 시공상태(직경, 형상, 길이)에 따른 환기효율은 배기팬에 플렉시블 덕트를 부착하였을 경우의 환기회수를 배기팬에 플렉시블 덕트를 부착하지 않고 급기구가 있는 경우의 환기회수로 나누어 산출하였다.

표 4. 플렉시블 덕트의 시공상태에 따른 환기회수

직경 (mm)	플렉시블 덕트 길이 (m)	급기구	I형		L형		S형	
			환기회수 (회/h)	환기효율 (%)	환기회수 (회/h)	환기효율 (%)	환기회수 (회/h)	환기효율 (%)
			100	무	12.6	40.6	12.0	38.7
100	1.0	유	14.5	46.7	13.5	43.5	13.0	41.9
		무	11.7	37.7	11.5	37.0	11.0	35.4
100	1.5	유	13.2	42.5	12.7	40.9	12.4	40.0
		무	12.9	41.6	12.6	40.6	12.0	38.7
125	1.0	유	15.2	49.0	15.0	48.3	14.1	45.4
		무	12.9	41.6	12.7	40.9	12.0	38.7
125	1.5	유	14.1	45.4	13.5	43.5	12.9	41.6
		무	18.2	58.7	17.6	56.7	17.1	55.1
150	1.0	유	22.2	71.6	21.9	70.6	20.7	66.7
		무	16.6	53.5	16.5	53.2	16.2	52.2
150	1.5	유	21.1	68.0	20.2	65.1	19.7	63.5

효율(%) = 플렉시블 덕트 부착시 환기회수 / 플렉시블 덕트 미부착시 환기회수

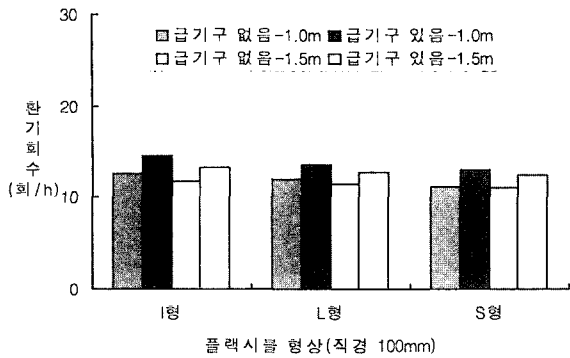


그림 4. 플렉시블 덕트 시공상태에 따른 환기회수

이와 같이 급기구가 설치되어 있고 배기팬에 플렉시블 덕트를 부착하지 않았을 경우의 환기회수를 기준으로 설정한 것은 배기팬의 동력이나 회전수를 변화시키지 않고 보다 많은 환기회수를 얻을 수 있는 가장 좋은 방법이 기 때문이다.

<표 4>와 <그림 4> 및 <그림 5>에 일반적으로 공동주택의 욕실의 배기팬에서 많이 사용되고 있는 플렉시블 덕트의 직경이 100 mm 일 경우의 시공 길이별 급기구 유무에 따른 환기회수와 환기효율을 나타내었다.

급기구가 없고, 플렉시블 덕트의 시공길이가 1.0m 일 경우 I형의 환기회수는 12.6(회/h)로 측정되어 급기구가 있고 플렉시블 덕트가 없는 경우의 환기회수 31.0(회/h)에 비하여 40.6%정도의 환기효율을 나타내었다. 그러나 플렉시블 덕트의 시공형상이 L형인 경우의 환기회수는 12.0(회/h)로 환기효율이 38.7%, S형인 경우의 환기회수는 11.2(회/h)로 환기효율이 36.1%로 측정되어 플렉시블 덕트의 굴곡이 많아질수록 환기효율은 저하하는 것으로 나타났는데, 이는 플렉시블 덕트의 굴곡이 많아질수록 마찰저항도 증가하여 환기회수가 줄어들기 때문인 것으로 사료된다.

한편, 플렉시블 덕트의 시공길이가 1.0 m로 급기구가 있을 경우 I형의 환기회수는 14.5(회/h)로 측정되어 환기효율이 46.7%로 나타나 급기구가 없을 경우의 40.6%에 비하여 6.1% 정도 향상되었으며, L형의 환기회수는 13.5(회/h)로 환기효율 43.5%로 급기구가 없을 경우에 비하여 4.8% 향상되었고, S형의 환기회수는 13.0(회/h)로 환기효율 41.9%로 급기구가 없을 경우에 비하여 5.8% 정도 환기효율이 높아지는 것으로 나타났다.

이렇게 환기효율이 40% 전후로 낮은 이유는 배기팬의 날개 직경이 15 cm로 큰 반면, 사진 2에서 보는 바와 같이 배기팬에 부착되는 플렉시블 덕트의 직경이 배기팬의 날개 직경보다 작아 배기팬에서 흡입하는 공기량을 그대로 받아들이지 못하기 때문인 것으로 사료된다.

<표 4>와 <그림 6> 및 <그림 7>에 플렉시블 덕트의 직경 125 mm 일 경우의 시공 길이별 급기구 유무에 따른 환기회수와 환기효율을 나타내었다.

급기구가 없고, 플렉시블 덕트의 시공길이가 1.0m 일

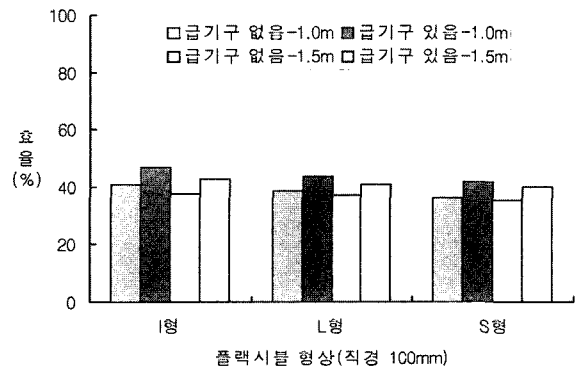


그림 5. 플렉시블 덕트 시공상태에 따른 환기효율

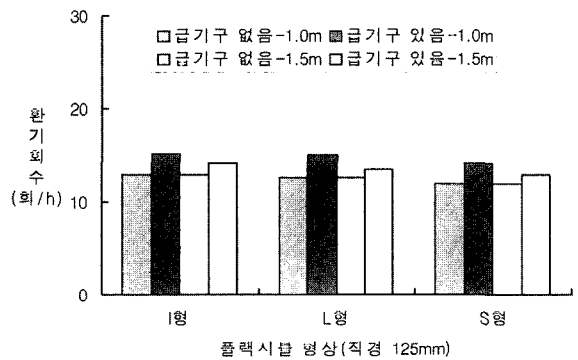


그림 6. 플렉시블 덕트 시공상태에 따른 환기회수

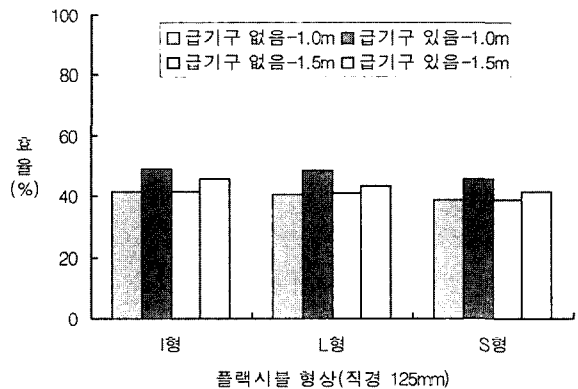


그림 7. 플렉시블 덕트 시공상태에 따른 환기효율

경우 I형의 환기회수는 12.9(회/h)로 측정되어 급기구가 있고 플렉시블 덕트가 없는 경우의 환기회수 31.0(회/h)에 비하여 41.6% 정도의 환기효율을 나타내었다.

플렉시블 덕트의 직경이 100 mm인 경우 단면적이 78.5 cm<sup>2</sup>, 직경 125 mm의 경우는 122.7 cm<sup>2</sup>로 단면적이 156% 향상되었으나, 환기효율은 1%상승하는데 그쳐 직경이 125 mm로 25 mm 정도 증가하는 것으로는 환기회수의 증가로 이어지지 않는 것으로 보아 배기팬의 날개 크기에 비하여 플렉시블 덕트의 직경이 작은 것으로 사료된다.

또한, 플렉시블 덕트의 시공형상이 I형인 경우의 환기회수는 12.6(회/h)로 환기효율이 40.6%, S형인 경우의 환기회수는 12.0(회/h)로 환기효율이 38.7%로 측정되어 플렉시블 덕트의 굴곡이 많아질수록 환기효율은 저하하는 것으로 나타났는데, 이는 플렉시블 덕트의 굴곡이 많아질수록 마찰저항도 증가하여 환기회수가 줄어들기 때문인 것으로 사료된다.

한편, 플렉시블 덕트의 시공길이 1.0 m로 급기구가 있을 경우 I형의 환기회수는 15.2(회/h)로 측정되어 환기효율은 49%로 나타나 급기구가 없을 경우의 41.6%에 비하여 7.4% 정도 향상되었으며, L형의 환기회수는 15.0(회/h)로 환기효율 48.3%로 급기구가 없을 경우에 비하여 7.7% 향상되었고, S형의 환기회수는 14.1(회/h)로 환기효율 45.4%로 급기구가 없을 경우에 비하여 6.7%정도 환기효율이 높아지는 것으로 나타났다.

<표 4>와 <그림 8> 및 <그림 9>에 배기팬의 날개 직경과 같은 플렉시블 덕트 직경 150 mm 일 경우의 시공길이별 급기구 유무에 따른 환기회수와 환기효율을 나타내었다.

급기구가 없고, 플렉시블 덕트의 시공길이가 1.0m일 경우 I형의 환기회수는 18.2(회/h)로 측정되어 급기구가 있고 플렉시블 덕트가 없는 경우의 환기회수 31(회/h)에

비하여 58.7% 정도의 환기효율을 나타내었으며, 급기구가 있을 경우에는 환기회수가 22.2(회/h)로 측정되어 환기효율이 71.6%로 나타났다.

이는 급기구가 없을 경우에는 플렉시블 덕트 직경 100 mm의 환기효율 40.6%에 비하여 18.1% 향상된 것이며, 급기구가 있을 경우에는 31.0% 정도 환기효율이 향상된 것으로 플렉시블 덕트의 직경을 배기팬의 날개 크기만큼 해야 어느 정도 환기효율의 상승을 기대할 수 있음을 나타내는 것이다.

이와 같은 현상은 L형인 경우의 환기회수가 17.6(회/h)로 환기효율이 56.7%, S형인 경우의 환기회수가 17.1(회/h)로 환기효율이 55.1%로 측정되어 플렉시블 덕트의 굴곡이 많아질수록 환기효율은 저하하는 것으로 나타났는데, 이는 플렉시블 덕트의 굴곡이 많아질수록 마찰저항도 증가하여 환기회수가 줄어들기 때문인 것으로 사료된다.

이상을 종합하여 보면, 플렉시블 덕트의 관경이 증가할수록 환기효율은 높아지며, 급기구가 없는 것이 비하여 있는 경우의 환기효율이 더 높은 것으로 나타났고, 플렉시블 덕트의 시공길이는 1.0 m 보다도 1.5 m로 길어질수록 환기효율은 저하하는 것으로 나타나 시공시에는 되도록 짧게 시공되는 것이 바람직하다고 하겠다.

또한, 플렉시블 덕트의 형상에 있어서는 I형이 환기효율이 가장 우수하였으며, L형, S형 순으로 시공시 굴곡이 많아질수록 환기효율은 저하하는 것으로 나타났다.

#### IV. 결 론

공동주택 안방 욕실의 실물 크기 기계 환기모형을 환경실험실내에 제작 설치하여 배기팬에 부착되는 플렉시블 덕트의 직경, 길이, 형상 등 시공형태에 따른 환기회수를 급기구 유무에 따라 Tracer Gas Method의 가스농도 감쇠법으로 측정한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

① 배기팬에 플렉시블 덕트를 설치하지 않을 경우의 환기회수는 급기구를 설치하였을 때 31.0(회/h), 설치하지 않았을 때 22.5(회/h)로 급기구를 설치할 경우가 설치하지 않을 경우보다 138% 정도 환기효율이 높게 나타났다.

② 배기팬에 직경 100 mm인 플렉시블 덕트를 설치할 경우의 환기회수는 급기구를 설치할 경우 14.5(회/h), 설치하지 않을 경우가 12.6(회/h)로 급기구를 설치했을 경우가 설치하지 않을 경우 보다 115% 높게 나타나 급기구 설치의 중요성을 파악할 수 있었다.

③ 플렉시블 덕트 직경이 커질수록 환기효율이 높아지는 것으로 나타나 플렉시블 덕트의 직경이 환기효율에 중요한 영향을 미침을 알 수 있었다.

④ 플렉시블 덕트의 형상별 환기회수는 I형>L형>S형 순으로 환기효율이 높게 나타났는데, 이는 굴곡이 많을수록 마찰 저항이 커지기 때문으로 판단된다.

⑤ 배기팬에 부착하는 플렉시블 덕트의 시공길이가 길

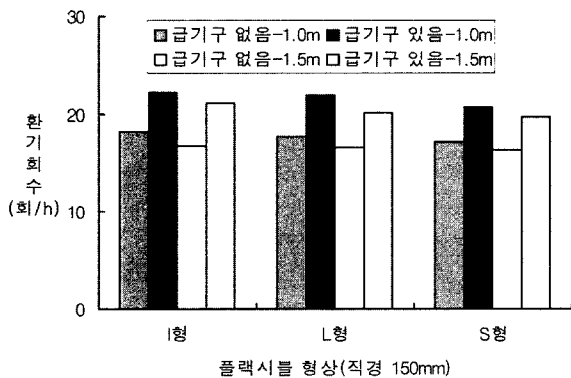


그림 8. 플렉시블 덕트 시공상태에 따른 환기회수

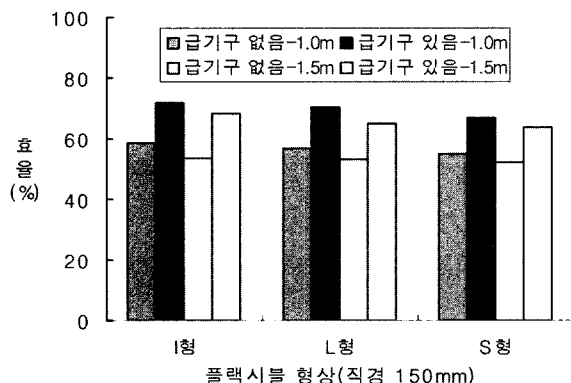


그림 9. 플렉시블 덕트 시공상태에 따른 환기효율

어질수록 환기회수가 저하하는 것으로 나타나 공동주택 평면계획시 배기팬의 설치위치와 에어덕트가 멀어지지 않도록 설계하는 것이 중요한 것으로 사료된다.

향후에는 이상에서 얻어진 결과를 바탕으로 실제로 15층 이상의 고층으로 건설된 공동주택 욕실의 현장 실험을 통한 다양한 접근 방법으로 연구를 진행 할 계획이다.

#### 참 고 문 헌

1. 함진식(1998), 급·배기 성능을 고려한 공동주택의 환기 설계에 관한연구, 대한건축학회 논문집 계획계 제14권 제11호 통권 제121호.
2. 함진식(1999), 초고층 공동주택에서의 환기량 실측에 관한 연구, 대한건축학회 논문집 계획계 제15권 제3호 통권 제125호.
3. 함진식(2001), 공동주택 화장실의 기계환기시스템에 관한 연구, 한국주거학회지 제12권 3호.
4. 함진식·이광명(2004), 공동주택 화장실의 급기구 및 배기팬 설치 위치에 따른 환기효과에 관한 연구, 한국주거학회논문집, 제15권 제5호, pp. 1-8
4. 日本規格協會(1974), 屋內換氣量測定方法(炭酸가스法) JIS A 1406.
5. 咸鎭植(1988), 트레-사-가스法による換氣量算定精度に関する研究, 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(1974), 理論?應用統計學, 養賢堂

(接受: 2004. 11. 22)