

## 주택용 환기시스템의 덕트설계를 위한 분배기 적용성 검토

이 정 재, 최 석 용<sup>\*\*</sup>, 김 석 근<sup>\*</sup>, 김 광 현<sup>\*</sup>, 이 영 우<sup>\*\*</sup>, 김 환 용<sup>\*\*\*</sup>  
동아대학교 건축학부, <sup>\*</sup>동아대학교 대학원, <sup>\*\*</sup>(주)고모텍, <sup>\*\*\*</sup>경상대학교 건축학부

### A Study on Application of Distributor for Duct Design at House Ventilation System

Jurng-Jae Yee, Seok-Yong Choi<sup>\*\*</sup>, Seok-Keun Kim<sup>\*</sup>,  
Kwang-Hyun Kim<sup>\*</sup>, Young-Woo Lee<sup>\*\*</sup>, Hwan-Yong Kim<sup>\*\*\*</sup>

*Faculty of Architectural Engineering and Design, Dong-A Univ., Busan, Korea*

*\*Graduate School of Architectural Engineering Studies, Dong-A Univ., Busan, Korea*

*\*\*Gomotec Corporation, Gimhae, Korea*

*\*\*\*Faculty of Architectural Engineering and Design, Gyoungsang Univ., Jinju, Korea*

*(Received August 3, 2007; revision received October 17, 2007)*

**ABSTRACT:** Although these days application of heat recovery ventilation and improved kitchen ventilation system came into wide use in mixed-use residential buildings and exclusive residences, there are not enough ventilation systems except the local ventilation of kitchens and rest rooms. It is very important part to regulate and distribute correct air flow rate for controlling air change rate. The purpose of this study is to investigate the application of distributor at house ventilation system by comparing a duct system with out distributor and with distributor. The results of this study are as follows. (1) When using distributor though the size of duct diameter is reduced rapidly, the pressure loss doesn't rise largely. The pressure loss without distributor is 4.08 mmAq, the pressure loss with distributor 4.10 mmAq. (2) To use distributor can reduce materials of duct and secure enough ceiling space by reducing duct diameter. (3) Diameters and air flow paths of distributor on the design stage are important part for accurate air flow rate.

**Key words:** Duct design(덕트설계), Pressure loss(압력손실), Ventilation system(환기시스템), Distributor(분배기)

### 1. 서 론

21세기는 환경에 대한 고려 없이는 쾌적한 삶과 지속가능한 경제발전이 불가능한 시대이다. 특히 요즘 건축물에서 고기밀, 고단열을 강조하

고 있으며, 근래 건축기술의 발달과 토지이용의 효율화에 따라 20층 이상의 초고층 공동주택의 건설이 늘어나고 있으나<sup>(1)</sup>, 고층부분에서는 환기의 어려움이 발생하는 실정이다. 동시에 새 건축물의 자재나 도료에서 발생되어 호흡계 증상 및 신체의 부조화를 일으키는 새집증후군의 원인물질인 포름알데히드, 휘발성유기화합물질 등에 대해서는 대책이 미비한 실정이다. 때문에 국내 건축법의 환기기준이 강화되어 기존의 자연환기에

† Corresponding author

Tel.: +82-51-200-5728; fax: +82-51-294-2256

E-mail address: sy6092@hanmail.net

만 의존했던 것과는 달리 2006년 1월부터 건축법령에서 정한 신축되는 공동주택의 필요환기횟수는 0.7회이며, 이 기준을 충족하지 못할 경우 기계환기설비의 설치가 필요하게 되었다.

기존의 공동주택에서 환기시스템이 적극적으로 도입되기 어려웠던 이유는 설치비용의 경제성 문제뿐만 아니라 천장부분의 공간 부족으로 덕트 설치의 어려움이 있었으나 2005년 1월부터 시행되어진 소방법에 의해 11층 이상의 공동주택에서는 전층에 스프링클러를 설치해야함에 따라 천장공간이 확보되어 덕트설치 또한 가능하게 되었다.

환기시스템이 공동주택에 적용될 경우, 일반적으로 환기유닛 본체에서 각 실까지는 덕트를 통하여 신선한 공기가 공급된다. 주택환기시스템 덕트설계의 경우, 소풍량으로 운전되므로 정확한 치수의 덕트설계가 요구되며 24시간 가동을 전제로 하기 때문에 덕트내의 압력손실감소와 적절한 팬의 선정은 에너지 손실방지를 위해 반드시 고려되어야 할 부분이다.

필자 등은 스파이럴 덕트의 직관부와 곡관부 및 피팅재 내에서의 압력손실 실험을 선행하였고 이 실험을 통해 마찰손실계수 및 국부저항손실계수를 도출해 내었다.<sup>(2)</sup>

본 연구에서는 각 실에 필요환기량을 정확히 공급하기 위한 방법으로써 기존의 피팅재를 이용한 덕트시스템과 현재 일본에서 적용중인 분배기를 이용한 덕트시스템을 비교하여 피팅재와 분배기 사용에 따른 압력손실 및 풍량의 분배를 비교하여 주택환기 덕트시스템에 있어서 분배기의 사용방안을 제안하고 적용가능성을 검토하고자 한다.

## 2. 분배기 특성 및 예비실험

### 2.1 분배기 개요

환기횟수 조절을 위해 정확한 풍량의 조절과 분배는 매우 중요한 부분이라고 할 수 있다. 정확하지 못한 압력손실의 예측으로 인한 부적절한 팬의 선정은 곧바로 에너지의 낭비로 이어지거나 필요환기횟수에 못 미치게 된다.

분배기는 아파트의 천장 슬라브와 천장 마감재 사이의 공간에 설치가 가능하도록 한 환기용 덕트의 피팅재로써, 원형의 스파이럴 덕트로 연결하여 필요환기량은 만족시키면서 덕트 사이즈를 감소시켜 좁은 공간에 설치가 가능하도록 하여

환기용 덕트의 설치공간을 최소화할 수 있게 한 것으로 아파트의 층고를 낮게 설계하는 것을 가능하게 한 것이다.

Fig. 1은 본 연구에서 검토한 덕트 분배기의 형상을 보여주며 각 분배기의 제원을 Table 1에 나타낸다.

### 2.2 분배기 풍량분배 실험 및 결과

#### 2.2.1 분배기 풍량분배 실험개요

현재 신축공동주택에서 덕트형 환기시스템의 적용 가능성이 활발히 검토되고 있는 시점에서 정확한 풍량분배와 압력손실을 최소화하는 것은 매우 중요한 부분이라고 할 수 있다.

따라서 분배기의 각 분지관에서 공급되는 풍량의 비율과 압력 강하를 측정하여 풍량분배율 및 압력손실정도를 파악하고자 하였다.

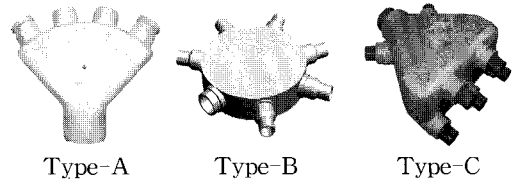


Fig. 1 View of duct distributors.

Table 1 Specification of distributors

| Type    | Specification                    |
|---------|----------------------------------|
| Type -A | - sector shape                   |
|         | - 1 main duct ( $\varphi$ 125)   |
|         | - 4 branch ducts ( $\varphi$ 80) |
| Type -B | - height : 130 mm wide : 475 mm  |
|         | - round shape, symmetry          |
|         | - 1 main duct ( $\varphi$ 125)   |
| Type -C | - 6 branch ducts ( $\varphi$ 80) |
|         | - height : 155 mm wide : 580 mm  |
|         | - quadrangular pyramid shape     |
| Type -C | - 1 main duct ( $\varphi$ 125)   |
|         | - 7 branch ducts ( $\varphi$ 80) |
|         | - height : 195 mm wide : 365 mm  |

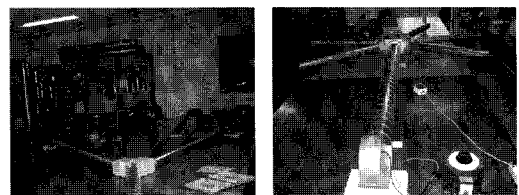


Fig. 2 View of flow rate distribution experiment.

Fig. 2에 Table 1에 나타낸 Type-A와 Type-B의 풍량분배 측정 장면을 나타낸다.

구체적으로 분배기의 각 분지관에 같은 길이의 덕트를 연결하고 주관에서 100, 125, 150 CMH의 풍량을 공급하여 각 취출구로부터 공급되는 풍량을 마노메타를 이용하여 측정하였다.

2.2.2 분배기 풍량분배 실험결과

Table 2~Table 4에 3가지 Type 분배기의 풍량분배 실험결과를 나타내었다. 주요특징을 살펴보면 Type-A는 4개의 분지관을 가지며 2, 3번에서 다른 분지관에 비해 많은 풍량이 취출되고, Type-B는 6개의 분지관을 가지며 5, 6번 분지관에서 많은 풍량이 취출되고 있음을 알 수 있다.

Table 2 Flow rate through experiment (Type-A)

| Main duct     | $\Delta P$ (mmAq) | Total flow rate | Flow rate of branch duct (CMH) |             |             |             |
|---------------|-------------------|-----------------|--------------------------------|-------------|-------------|-------------|
|               |                   |                 | 1                              | 2           | 3           | 4           |
| 150           | 2.45              | 146.2 (97.5)    | 30 (20)                        | 42.4 (28.3) | 44.2 (29.5) | 29.6 (19.7) |
| Flow rate 125 | 1.39              | 122.2 (97.8)    | 24.2 (19.4)                    | 35.6 (28.5) | 36.2 (29)   | 26.2 (21)   |
| 100           | 0.94              | 95 (95)         | 20.2 (20.2)                    | 26.6 (26.6) | 28.4 (28.4) | 19.8 (19.8) |

\* ( ) means percentage.

Table 3 Flow rate through experiment (Type-B)

| Main duct     | $\Delta P$ (mmAq) | Total flow rate | Flow rate of branch duct (CMH) |           |           |           |           |           |
|---------------|-------------------|-----------------|--------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|               |                   |                 | 1                              | 2         | 3         | 4         | 5         | 6         |
| 150           | 0.72              | 169.4 (113)     | 30.3 (20)                      | 24.6 (16) | 24.9 (16) | 23.9 (16) | 34.1 (21) | 34.6 (23) |
| Flow rate 125 | 0.28              | 132.65 (106)    | 22.5 (18)                      | 20.8 (16) | 17.1 (13) | 19.3 (15) | 24.7 (20) | 28.4 (23) |
| 100           | 0.19              | 106.1 (106)     | 18.2 (18)                      | 16.6 (16) | 12.9 (13) | 15.6 (15) | 20.7 (21) | 22.1 (22) |

Table 4 Flow rate through experiment (Type-C)

| Main duct     | $\Delta P$ (mmAq) | Total flow rate | Flow rate of branch duct (CMH) |           |           |           |           |           |           |
|---------------|-------------------|-----------------|--------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|               |                   |                 | 1                              | 2         | 3         | 4         | 5         | 6         | 7         |
| 150           | 2.28              | 156.95 (104)    | 18.2 (12)                      | 13.6 (9)  | 30.2 (20) | 29.0 (19) | 21.0 (14) | 25.5 (17) | 19.5 (13) |
| Flow rate 125 | 1.41              | 129.25 (103)    | 15.9 (13)                      | 12.7 (10) | 20.4 (16) | 22.3 (18) | 17.9 (14) | 22.3 (18) | 17.7 (14) |
| 100           | 0.99              | 109.10 (109)    | 10.9 (11)                      | 10.6 (10) | 20.4 (20) | 19.9 (20) | 14.7 (14) | 18.0 (18) | 14.7 (14) |

한편 Type-C는 7개의 분지관 중 뒤쪽으로 향한 1, 2번에서는 적은 풍량이, 앞쪽의 3, 4, 6번 분지관에서 많은 풍량이 취출되고 있음을 알 수 있다.

각 분배기의 풍량분배 결과를 주목하면, 풍량이 동일하게 분배가 되지 않으며 풍량이 증가하여도 그 비율은 거의 일정한 것을 알 수 있다. 이는 분배기 자체의 유로형상에 의한 것으로 각실의 필요환기량을 만족시키기 위해 설계된 것으로 판단된다.

본 연구에서 검토한 분배기는 일본주택을 대상으로 개발된 것으로, 국내공동주택에 적용할 경우 설계 및 제작과정에서 각 실별로 정확한 풍량을 보낼 수 있도록 유로변경이나 관경변경에 대한 개선이 필요할 것으로 판단된다.

3. 분배기 적용 유·무에 따른 덕트시스템의 풍량 및 압력손실 비교실험

3.1 실험개요

본 실험은 기성품의 스파이럴 덕트가 사용되었고, 피팅재를 사용한 덕트시스템과 분배기를 사용한 덕트시스템, 2가지 형태로 나누어 진행하였다. 본 연구에서 덕트설계는 환기시스템의 급기(SA)량만 고려하여 설계하였으나, 전열교환 환기시스템의 사용시 배기(RA)덕트설계도 고려되어야 할 것이다.

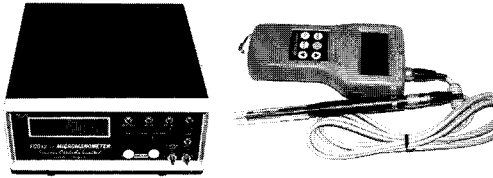
Fig. 4에 환기시스템의 실험장면을 나타낸다.

case1은 분배기를 사용하지 않는 기존의 스파이럴 덕트를 이용한 주택환기시스템의 실험 장면을 나타낸다. 환기시스템을 설계하기 위하여 공동주택의 필요환기횟수 0.7회에 의해 각 실에 필요한 풍량을 산정한 후 취출구의 위치를 결정하고, 덕트분배방식을 결정한다. 그런 다음 등압법에 의해 덕트의 치수를 결정하게 되고 덕트 전체의 정압을 산출한 후 팬을 결정한다. 등압법과 개량등압법을 사용하여 설계하는 과정은 선행된 연구를 참고한다.<sup>(2)</sup>

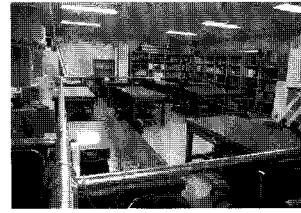
case2는 2장에서 검토한 분배기를 적용한 주택 환기시스템의 실험장면을 나타낸다. 평면상의 취출구가 4군데이므로 지관이 4개인 Type-A를 적용하며, 분배기의 정해진 환경에 따라야 하므로 등압법에 의한 덕트설계과정은 생략하였다. 비교 실험을 위해 case1과 동일한 위치의 취출구에 따

라 덕트경로를 결정하고, 동일한 팬을 사용하여 주관에서 필요환기횟수를 만족하는 전체 풍량을 공급하도록 한다.

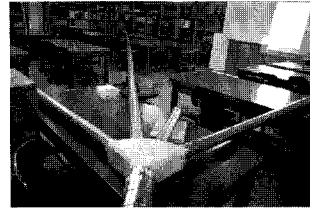
풍량 테스트에 사용된 기기는 차압에 의해 풍속을 측정하는 고정도 피토판식 마노메타(manometer)와 열선풍속계가 사용되었다. Fig. 3은 각각 마노메타와 열선풍속계를 나타낸다.



(a) Manometer (b) Anemometer  
Fig. 3 View of measuring equipments.

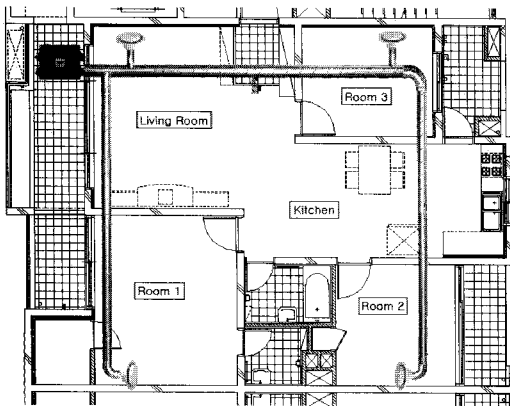


(a) Case1

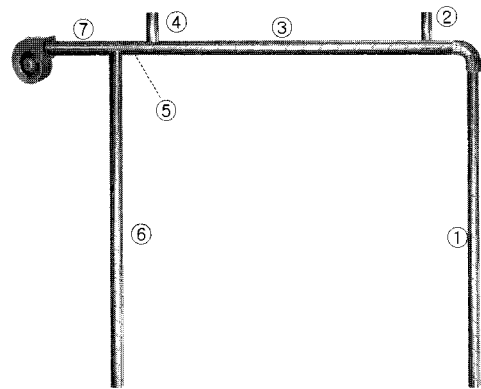


(b) Case2

Fig. 4 View of flow rate experiment.

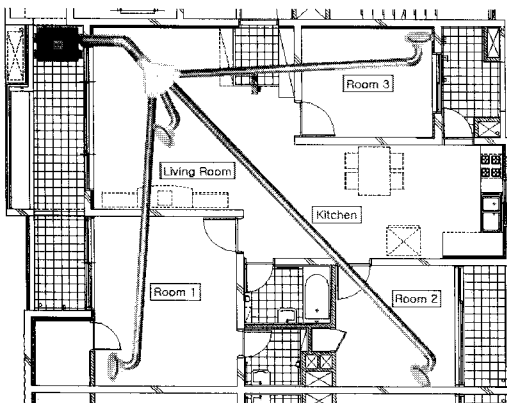


(a) Schematic diagram

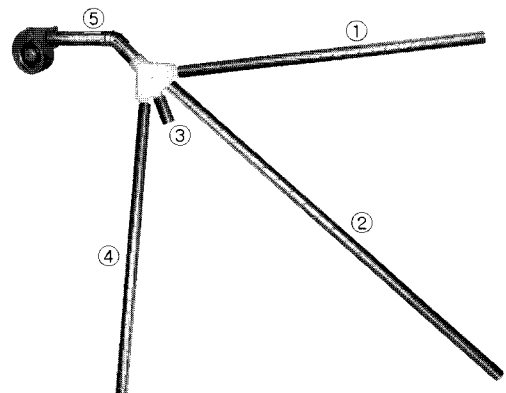


(b) Duct system

Fig. 5 Duct design of case1.



(a) Schematic diagram



(b) Duct system

Fig. 6 Duct design of case2.

Table 5 Data for duct design

| Branch duct                                  |               | Main duct                                    |               |
|--|---------------|--|---------------|
| Section/<br>Flow rate<br>[m <sup>3</sup> /h] | Length<br>[m] | Section/<br>Flow rate<br>[m <sup>3</sup> /h] | Length<br>[m] |
| ①/50   | 8.8           | ③/100  | 7.9           |
| ②/50   | 0.5           | ⑤/180  | 0.5           |
| ④/80   | 0.5           | ⑦/250  | 1.0           |
| ⑥/70   | 1.0           | -  | -             |
| Total length [m]                             |               | 27.5   |               |

Table 6 Flow rate of case1

| Section | Flow rate<br>[m <sup>3</sup> /h] | Duct size<br>[m] | Velocity<br>[m/s] |
|---------|----------------------------------|------------------|-------------------|
| ①       | 56                               | 0.08             | 3.07              |
| ②       | 50                               | 0.08             | 2.76              |
| ③       | 106                              | 0.10             | 3.75              |
| ④       | 82                               | 0.08             | 4.56              |
| ⑤       | 188                              | 0.125            | 4.26              |
| ⑥       | 67                               | 0.08             | 3.73              |
| ⑦       | 255                              | 0.15             | 4.01              |

### 3.2 실험결과 및 분석

#### 3.2.1 case1 (분배기 없는 덕트시스템)

설계를 위한 데이터는 Table 5에, 이를 이용하여 실시한 실험을 통해 구해진 풍량을 Table 6에 나타낸다.

위 Table 5, Table 6에 주목하면 일부구간에서는 설계풍량보다 약간씩 초과되거나 부족하며, 총 풍량 역시 255 CMH로 전체 풍량인 250 CMH와 약간의 차이를 보이나 이는 측정오차로 인한 오차로 판단되며 이때의 전압 세기는 129 V, 전체 압력손실은 4.08 mmAq으로 측정되었다.

#### 3.2.2 case2 (분배기를 이용한 덕트시스템)

분배기를 적용한 덕트시스템은 길이에 따른 압력손실의 차이를 최소한으로 줄이기 위해 덕트의 총 길이와 전압의 세기를 case1과 동일하게 실험하였으며, 구간별 덕트의 길이와 설계풍량을 Table 7에, 실험을 통해 구한 풍량을 Table 8에 나타낸다. 실험결과에 주목하면 Table 2의 분배기 Type-A의 실험결과와 유사하게 구간 ②, ③이 다른

Table 7 Duct design

| Branch duct                                  |               | Main duct                                    |               |
|--|---------------|--|---------------|
| Section/<br>Flow rate<br>[m <sup>3</sup> /h] | Length<br>[m] | Section/<br>Flow rate<br>[m <sup>3</sup> /h] | Length<br>[m] |
| ①/50   | 7             | ⑤/250  | 1.5           |
| ②/50   | 11.5          | -  | -             |
| ③/80   | 0.5           | -  | -             |
| ④/70   | 7             | -  | -             |
| Total length [m]                             |               | 27.5   |               |

Table 8 Flow rate of case2

| Section | Flow rate<br>[m <sup>3</sup> /h] | Duct size<br>[m] | Velocity<br>[m/s] |
|---------|----------------------------------|------------------|-------------------|
| ①       | 47                               | 0.08             | 2.60              |
| ②       | 70                               | 0.08             | 3.90              |
| ③       | 81                               | 0.08             | 4.48              |
| ④       | 50                               | 0.08             | 2.75              |
| ⑤       | 248                              | 0.125            | 5.62              |

구간보다 많은 풍량이 분배되며, ④번 구간 즉, room1은 필요환기량 보다 부족함을 알 수 있다. 이 결과는 분배기의 형상에 의한 결과로써 국내 적용 시 분배기 분지관의 양쪽 끝으로 더 많은 풍량을 보내기 위해 내부 유로설계의 변경이 필요할 것으로 판단된다. 그러나 총 풍량은 248 CMH로 설계 풍량인 250 CMH에 근접하며, 전체 압력손실은 4.10 mmAq로 나타났다.

### 3.3 비교 분석

Fig. 7에 설계풍량과 압력손실을 각각 비교하였다. 그림에 주목하면 case1의 경우 설계와 비슷한 풍량이 취출되나, case2의 경우 방1에서는 설계풍량 보다 적게, 방2에서는 많이 취출됨을 알 수 있다. 또, 제 2장에서 실시한 분배기 특성 실험을 토대로 판단해 볼 때, 분배기 적용 시에 case1에 비해 곡관부의 감소로 압력손실이 적을 것으로 판단하였다. 하지만 실험결과 case1은 4.08 mmAq, case2는 4.10 mmAq로 비슷하게 나타났다. 이것은 분배기의 주관(φ125)에서 분지관(φ80)으로의 급격한 관경감소로 인한 것으로 판단되며, case1과 비슷한 결과치를 보인다는 점은 주목할

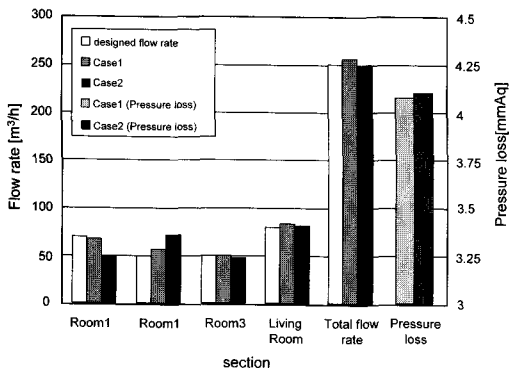


Fig. 7 Comparison of flow rate and pressure loss.

점이다.

#### 4. 결 론

본 연구에서는 분배기를 사용하지 않고 기존의 피팅재를 이용한 스파이럴 덕트시스템과 분배기를 이용한 덕트시스템의 풍량과 압력손실을 비교하여 주택용 환기시스템에 분배기의 적용가능성을 실험을 통하여 검토하였다.

본 연구에서 도출된 결과를 정리하면 다음과 같다.

(1) 본 연구에서 검토한 분배기는 일본주택을 대상으로 개발된 것으로, 충고를 줄이고 덕트경로를 간소화 시키는 방안으로 일본에서 널리 적용되고 있다. 이것을 국내공동주택에 적용할 경우 각 실로 정확한 풍량을 공급할 수 있도록 유로나 관경, 실의 배치 등을 설계과정에서 충분히 고려한다면 분배기의 적용이 주택용 환기시스템에 있어서 좋은 방안이 될 것으로 판단된다.

(2) 풍량비교에 있어서는 case1이 case2보다 조금 더 정확한 결과를 보였지만, 앞서 언급한 것처럼 분배기의 유로와 관경 등을 국내에 맞게 개선한다면 case2의 풍량분배는 더욱 좋은 결과가 얻어질 것으로 예상된다. 압력손실에서는 분배기를 사용하지 않은 시스템의 경우 4.08 mmAq, 사용한 시스템은 4.10 mmAq로 분배기의 관경이 주관(φ125)에서 분지관(φ80)으로 급격히 줄어들어 압력손실이 증가하였음에도 불구하고 큰 차이가 나지 않았다.

(3) 분배기를 사용함으로써 덕트경로를 간단히 하여 재료적인 측면에서 절감을 가져올 수 있다.

또한 덕트관경의 감소로 인해 다른 배관과의 간섭을 줄여주며, 천장공간의 효율적인 활용이 가능할 것으로 판단된다.

상기 연구결과를 종합해 보면 덕트의 재료를 줄일 수 있는 경제적인 측면과 제한된 천장공간에서 관경을 줄이는 공간 확보의 측면에서 분배기의 사용이 유리할 것으로 보인다. 따라서 향후 체계적인 분배기 특성실험을 토대로 국내 실정에 맞는 분배기의 개발 시 주택용 환기시스템에 분배기 적용이 활성화 될 것으로 기대된다.

#### 후 기

본 논문은 산업기술자원부 지역산업공통기술개발사업(과제번호 : 70000371)의 지원에 의해 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

#### 참고문헌

1. Moon, J. S., Kang, S. Y., Lee, S. C., Yoo, H. S., and Lee, J. H., 2004, Analysis of air flow rate distribution for the bathroom exhaust system in high-rise buildings using t-method, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 16, No.3, pp. 265-272.
2. Yee, J. J., Joo, S. Y., Kim, K. H., and Choi, S. Y., 2006, The comparative experiment of Duct design method with equal friction loss method and t-method on a house ventilation system, Proceedings of the SAREK 2006 Summer Annual Conference, pp. 99-104
3. Yee, J. J. and Choi, S. Y., 2006, A pressure loss experiment and examination of t-method's application propriety for duct design of house ventilation system, Journal of The Architectural Institute of Korea, Vol. 22, No. 10, pp. 353-362
4. SMACNA, 1985, HVAC Construction Standards-Metal and Flexible, SMACNA.
5. SMACNA, 1990, Duct Design Committee, HVAC Systems Duct Design, SMACNA.
6. ASHRAE, 1997, ASHRAE Handbook, Fundamentals, Chapter 32. Duct Design.