

# 주방 및 화장실 공용배기 수직덕트와 하이브리드배기장치의 기능

- 권 용 일 / 신홍대학 건축설비과, yikwon@shc.ac.kr
- 안 정 현 / 세원시스템벤처, Ahn@systemvent.com

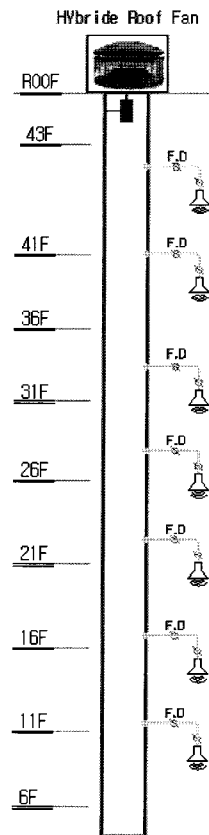
초고층 공동주택에 설치되는 주방 및 욕실의 배기를 외부로 배출하는 방법은 공용유도관로인 수직덕트를 설치하고 그 상부말단에 하이브리드 루프팬(hybrid roof fan)이 설치하는 것이다. 하이브리드 루프팬의 기능은 자연통풍력이 약한 하절기는 강제적으로 루프팬에 의해 구동하고 자연배기를 수행할 수 있을 정도로 자연통풍력이 큰 동절기는 루프팬을 운전하지 않는 기능을 보유하도록 유도하는 것이다. 본고는 이러한 하이브리드 루프팬의 운전 조건을 53층 높이의 임의 공동주택에 대해, 수직덕트의 선정 후, 제시하고자 한다.

## 머리말

초고층 주상복합공동주택은 90년대 후반부터 서울, 인천 송도지역에 꾸준히 건설되고 있다. 이러한 공동에 적용되는 환기설비는 실내청정도를 향상시키기 위해, 급, 배기를 동시에 수행하는 폐열회수형 환기유닛이 부착된 환기시스템과 배기장치만을 설치한 화장실, 주방에 설치된 국소환기시스템 두가지로 구분된다. 폐열회수형 환기시스템은 각층 급배기방식을 채택하지만 주방 및 화장실에 설치되는 국소배기장치는 그림 1과 같이 세대별로 배출된 오염물질을 상부로 유도하기 위한 공용배출, 수직덕트가 설치되어 있다. 이와 같이 설치된 수직덕트는 상부만 개방된 덕트형상이므로 인해, 중성대는 개방된 지점에서 발생한다. 본고에서는 이러한 수직덕트의 선정을 위해, 설계단계에서 적용하는 방법을 제시하고 선정된 덕트직경에 의해, 제공되는 자연배출능력의 유무를 판단하여 강제배출을 수행하는 조건이 덕트직경에 따라 미치는 영향을 살펴보고자 작성하였다.

## 수직덕트 치수선정법

공동주택의 주방 및 화장실에서 배기되는 오염물질을 배출하기 위해, 그림 1과 같이 설치되는 수직공용덕트의 크기를 선정하기 위해서는 두가지 통풍력을 고려해야 한다. 첫째, 덕트와 외기의 온도



[그림 1] 고층건물에서 외기 유출입 경로



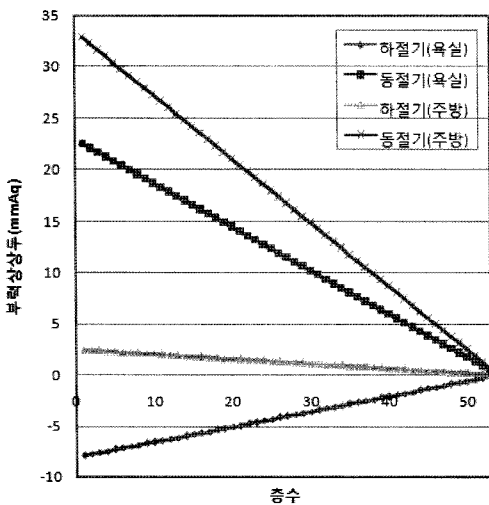
차이 의해 발생하는 부력의 영향과 둘째, 외기의 풍속에 의해 발생하는 수직덕트 내부의 구동력이다. 이와 같은 영향과 더불어 선정된 덕트의 직경에 따라 발생하는 마찰손실수두를 고려하게 되면 수직덕트내에서 발생하는 정미 마찰손실이 계산되게 되며 이와 같은 계산과정에서 적용되는 수식은 식 (1) ~ 식 (3)과 같이 정의된 바와 같이 사용된다.

$$\Delta P_b = h \times (\gamma_o - \gamma_i) \quad (1)$$

$$\Delta P_w = (C_1 - C_2) \times \frac{V_w}{2g} \times \gamma_o \quad (2)$$

$$\Delta P_f = f \times \left(\frac{h}{D}\right) \times \left(\frac{V^2}{2g}\right) \times \gamma \quad (3)$$

수직덕트 내외부 밀도차이에 의한 부력상당차압 ( $\Delta P_b$ )과 외기풍속에 의해, 수직덕트내부에 발생하는 차압( $\Delta P_w$ ) 및 마찰손실에 의한 필요차압( $\Delta P_f$ )의 합계를 층별로 계산하여 수직덕트의 치수를 선정하고 선정된 수직덕트 치수에서의 최대압력강하를 극복할 수 있는 roof fan의 동력을 산정하게 된다.



[그림 2] 층높이에 따른 부력상승수두

### 수직덕트 치수선정에

부력을 산정하기 위한 설계용 실내,외의 공기물성치는 표 1과 같다. 층고가 3.1 m인 53층의 공동주택에 대해, 표 1의 공기물성치를 부력에 의해 발생한 차압상당 수두가 그림 2와 같이 나타난다.

53개층으로 구성된 공동주택의 부력상당수두는 하절기 욕실에서 음의 값을 나타내어 실내에서 배출되는 오염물질이 하강하는 현상이 발생할 수 있는 것으로 나타나고 있으나 하절기 주방과 같이 동절기는 실용도에 관계없이 굴뚝효과<sup>1)</sup>(stack effect)와 유사한 상승기류를 만드는 역할을 수행하게 된다.

외기의 풍속에 의해 수직덕트에 영향을 미치는 차압을 산정하기 위한 외기의 평균풍속은 여름철은 평균 2 m/s, 겨울철 3 m/s로 가정하여 식 (2)에 대입하면 풍력에 의해 발생하는 차압은 하절기의 경우, 0.06 mmAq이고 동절기의 경우는 0.155 mmAq이다.

이와 같이 외풍과 부력에 의해 발생하는 차압의 합이 자연통풍력의 크기를 나타내고 있으며 이를 고려하여 수직덕트의 치수를 선정해야 되며 수직덕트를 선정할 때, 표 2의 기구 동시사용율과 도시가스 동시사용율을 고려한다.

주방 필요환기풍량은 식(4)와 같이 평가된다.

$$Q = 28 \times K \times V(m^3/hr) \quad (4)$$

<표 1> 실내외의 공기물성치

계 절	실외조건		실내조건		
	온도	밀도	실용도	온도	밀도
동절기	-10	1.342	욕실	20	1.205
하절기	32	1.157	주방	35	1.142

<표 2> 위생기구 및 도시가스 동시사용율

기구수 (층)	1	2	3	4	5	6	7	20	28	29호 이상
동시사용율 (%)	100	82	72	64	59	54	50	41	38	37

가스사용량(V)는 1,115 m<sup>3</sup>/hr, 연료폐가스량(K)는 10.95 Nm<sup>3</sup>/Nm<sup>3</sup>인 경우, 세대당 후드를 통해 배기되는 오염물질량은 350 m<sup>3</sup>/hr이다. 욕실의 필요 환기량은 필요 환기량은 식 (5)와 같이 산정된다.

$$Q = A \times H \times V(m^3/hr) \quad (5)$$

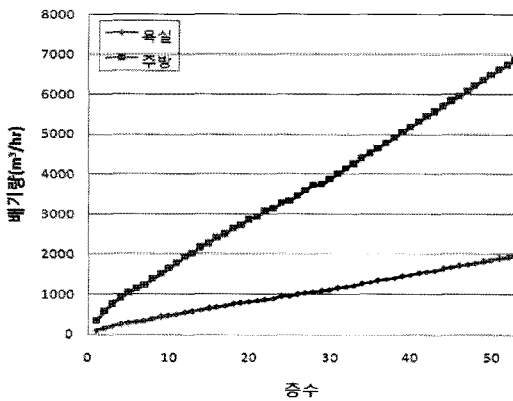
세대별 욕실의 환기량을 산정하기 위해서는 주어진 욕실의 면적(A)과 천정고(H)에 대한 환기횟수(V)를 10회전/hr으로 가정하여 환기풍량을 산정하며 100 m<sup>3</sup>/hr이다. 욕실과 주방의 환기풍량은 계산한 후, 표 2와 표 3의 동시사용율을 고려한 층별 풍량을 집계하여 수직덕트의 치수를 산정하게 된다. 그림 1과 같이 53개 층의 치수를 산정하면 다음과 같다.

53개층으로 구성된 욕실과 주방의 동시사용율을 고려하여 산정된 층별로 누적된 배기풍량은 그림 3과 같다. 그림 3과 같이 산정된 배기풍량을 이용하여 등속법으로 수직덕트의 치수를 산정하면 그림 4와 같다. 욕실의 치수는 최하층의 경우, 100 mm에서부터 최상층의 경우, 450 mm까지 선정된다. 그러나 주방의 치수는 최하층의 경우, 200 mm로 선정되었고 최상층에서는 800 mm로 선정한다. 환기용 수직덕트는 자연통풍력에 의한 오염물질 배출을 유도하는 것이 최종목표이므로 구간별로 풍량에 적합하게 축소하지 않고 배수배관경선정법과 동일하게 최상층에 선정된 덕트직경으로 전

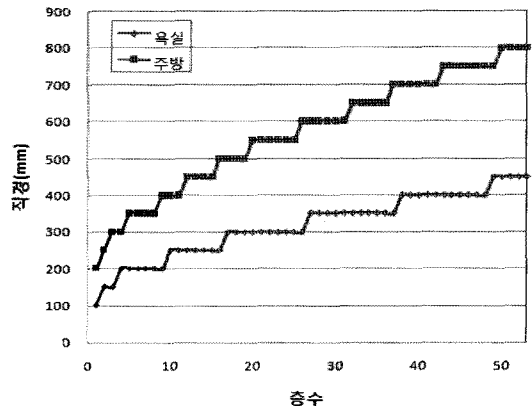
구간의 관경을 선정한다. 이 경우, 최하층 부근의 관마찰손실은 축소함으로 인해, 자연통풍이 가능한 구간이 발생할 수 있기 때문이다. 이러한 현상을 살펴보기 위해, 욕실과 주방의 배기를 위해, 설치된 53개층을 담당하는 수직덕트에서 제공받는 자연통풍력과 관마찰손실에 상당하는 수두를 활용하여 자연통풍의 가능성을 그림 5, 6을 통하여 수행할 수 있다.

그림 5의 경우, 욕실의 수직덕트 직경을 수직덕트의 상하 구분없이 450 mm로 가정하였을 경우, 마찰손실이 0.02 ~ 1.47 mmAq범위에서 발생하며 하부층에서 상부로 이동할 수 있도록 증가하다가 감소하는 현상을 나타내고 있다. 이는 최상층 부근의 수직덕트는 관발단과 가깝기 때문이며 이러한 현상은 그림 6에서와 같이 주방용 수직덕트도 나타난다. 욕실의 수직덕트 치수가 450 mm인 경우, 동절기는 최상층인 53층에서도 덕트 마찰손실수두보다 높은 자연통풍력을 제공받고 있어 자연통풍이 가능하며 자연통풍력은 하부층으로 갈수록 증가하는 현상을 나타낸다.

그러나 하절기에는 자연통풍력이 음의 값을 나타내어 수직덕트 치수가 450 mm인 경우, 최하층에서 7.78 mmAq의 송풍압력을 갖는 강제통풍장치를 설치하여 오염물질을 강제로 배출하지 않으면 오염물질이 배출되지 않게 되며 또한 41층에서도 3 mmAq의 저항을 극복할 수 있는 욕실용 배기용 송풍기를 갖고 있어야 하며 효과적인 오염물질 배



[그림 3] 욕실과 주방의 층별 배기량 누계

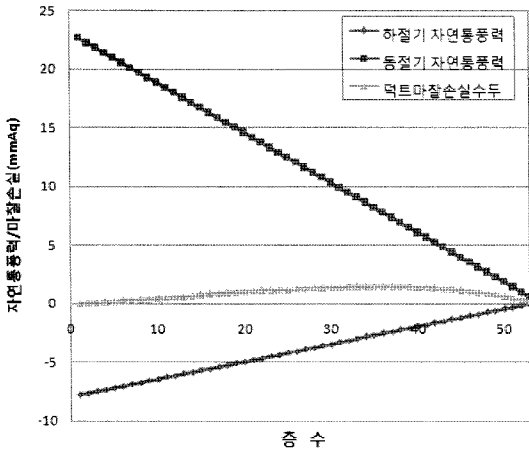


[그림 4] 욕실과 주방의 층별 관경

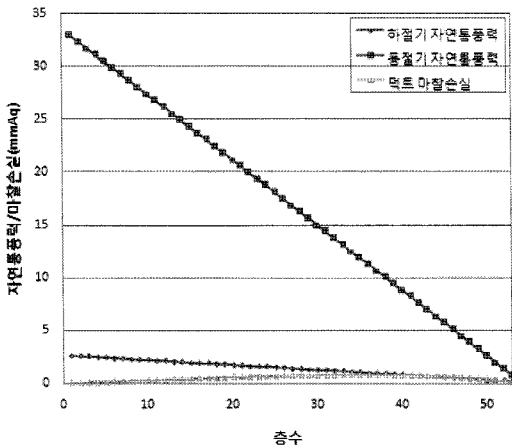


출을 위해, 수직덕트말단에 설치된 강제로 오염물질을 배출하는 능력을 보유한 roof fan을 운전해야 된다. 또한 동절기도 외기온도가 표 1의 조건보다 높고 외기 풍속이 적은 경우는 상부층 부근에서 배출된 오염물질이 마찰손실을 극복하고 오염물질을 배출할 수 있는 자연통풍력이 발생하지 않는 경우, 강제배출을 수행해야 되며 이를 위해 하이브리드 roof fan시스템이 필요하다. 주방과 같이 오염물질의 배출온도가 높은 경우는 부력이 높아 자연통풍력과 같이 오염물질의 배출력을 향상시킴으

로 인해, 동절기뿐만 아니라 하절기에도 오염물질을 효과적으로 배출시킬 수 있음을 그림 5의 계산 결과를 통하여 알 수 있다. 그림 5에 나타난 하절기 자연통풍력은 하부층의 경우, 마찰손실보다 높게 나타나지만 최상층부근인 35층 이상은 자연통풍력과 마찰손실이 유사하게 나타남으로 인해, 수직덕트말단에 위치한 하이브리드 roof fan을 운전할 필요성이 있다. 이러한 현상은 표 1에 표현된 주방의 계산조건인 오염물질 배출온도와 외기온도가 부력이 작은 쪽은 변화되거나 외기 풍속이 낮아지면 현저히 발생하게 된다. 이러한 현상을 극복하기 위해, 그림 1의 수직덕트 최상부에 설치되는 하이브리드 roof fan을 필수적으로 설치해야 되며 자연통풍력이 관마찰손실보다 낮은 경우만 운전할 수 있도록 에너지절약을 도모하기 위해서는 오염물질의 배출현황을 감지하여 자동으로 하이브리드 roof fan이 운전되고 세대에서 오염물질이 배출되지 않거나 자연통풍력이 관마찰손실을 극복할 정도로 현저히 높게 되면 하이브리드 roof fan가 자동적으로 정지하는 자동제어시스템을 적용해야 될 것으로 판단된다<sup>2)</sup>.



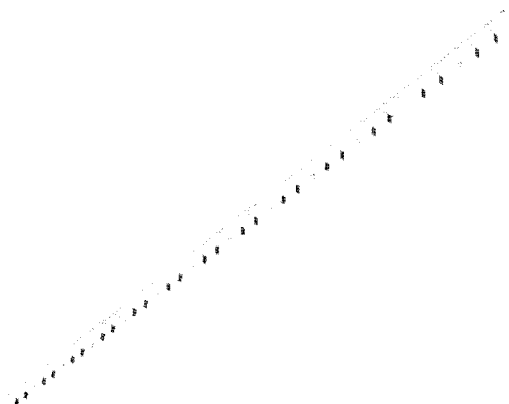
[그림 5] 욕실용 수직덕트의 자연통풍력과 마찰손실



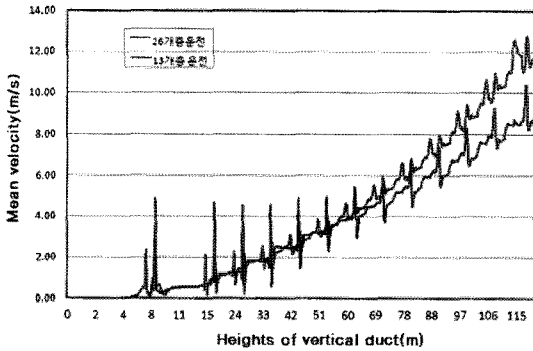
[그림 6] 주방용 수직덕트의 자연통풍력과 마찰손실

### 수직덕트 유동시뮬레이션

공동주택에 350 m<sup>3</sup>/hr의 풍량을 배출하기 위해 설치된 후드의 송풍기가 운전하는 경우, 수직덕트



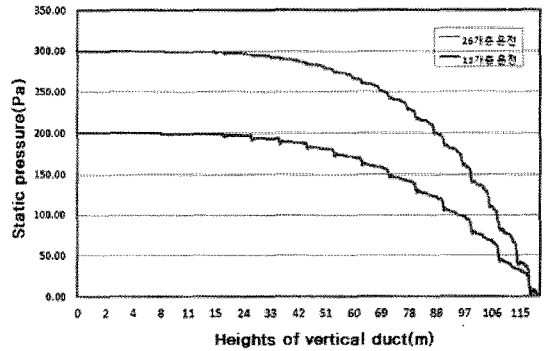
[그림 7] 주방배기용 후드가 설치된 수직입상덕트



[그림 8] 동시배기층수가 13개층, 26개층인 경우-풍속분포

내부의 유동시뮬레이션을 수행한 결과 그림 8, 9와 같은 수직덕트의 풍속과 압력분포를 얻었다. 시뮬레이션조건은 수직덕트의 직경이 500 mm이며 가지관은 150 mm로 가정하고 주방후드에서 배기되는 면에서의 압력은 설치된 층에 관계없이 100 Pa로 가정하였다. 또한 주방후드의 운전조건은 13개층이 동시에 운전하는 조건과 26개층이 동시에 운전하는 두 가지경우로 구분하였으며 부력과 외기풍압에 의한 자연통풍력은 없는 것으로 가정하였다.

시뮬레이션 수행결과, 13개 층의 후드가 동시에 배기되는 경우, 저층부에서 배출되는 오염물질의 풍속이 가지관 체결부의 풍속이 5 m/s까지 증가하지만 26개층이 운전될 경우, 저층부에서 배출되는 오염물질의 풍속이 2 m/s까지 급격히 감소하는 것을 그림 8에 나타내고 있다. 동시배기층수에 관계없이 고층부가 저층부보다 풍속증가현상이 급격함을 기울기 증가현상을 갖고 알 수 있다. 이러한 배출현상이 발생하기 위해서는 수직덕트높이가 24 m 이하에서는 13개층 또는 26개층에서 배출된 배기가 그림 8과 같은 풍속으로 배출되기 위해서는 그림 9와 같이 13개층 동시배출의 경우, 200 Pa, 26개층 동시배출을 위해선 300 Pa의 압력이 요구됨을 알 수 있다. 이 값은 오직 수직덕트에서 발생하는 마찰손실을 극복하기 위해, 요구되는 압력이다. 또한 최상층부근에서는 50 Pa 정도의 배출력을 보유한 배기후드의 성능을 확보하면 배기성능에는 무리가 없는 것을 알 수 있으며 부력과 외풍



[그림 9] 동시배기층수가 13개층, 26개층인 경우-압력분포

에 의한 자연통풍력이 존재하면 그보다 작은 압력에서도 최상층부근에서 발생하는 오염물질은 배출됨을 확인할 수 있다.

### 맺음말

본고는 초고층 공동주택에서 욕실 및 주방에서 배출되는 오염물질을 최상층부근으로 배출하기 위해, 설치하는 공용 수직덕트의 치수선정법을 소개하였으며 임의 53층 건물에 대해, 수직덕트의 치수를 선정하였다. 이 과정에서 주어진, 하절기와 동절기의 실내, 외 온도조건이 제공하는 부력과 수직덕트 말단을 직교하게 이동하는 바람에 의해 형성되는 부압에 의해 제공되는 자연통풍력과 관마찰손실의 차이를 구하여 자연통풍력이 큰 경우와 관마찰손실이 큰 경우를 비교검토한 결과 욕실의 경우, 하절기는 자연통풍이 불가능하지만 동절기에는 자연통풍이 가능할 것을 알 수 있었고 오염물질의 배출온도가 상대적으로 높은 주방의 경우는 하절기의 최상층부근 몇세대를 제외하고 자연통풍력이 큰 것을 확인하였다. 이러한 산정결과는 표 1과 같이 주어진 온도조건과 가정된 외기풍속조건에서 발생하는 것이다. 즉, 외기풍속이 0 m/s인 경우는 자연통풍력이 불가능한 경우가 증가할 것이다. 그러므로 공용 수직덕트를 통한 환기방식을 말단에 자연풍에 의해서만 구동되는 ventilator를 설치하여 자연통풍력만에 의해, 오염물질을 강제배기시키는 것은 불가능하다. 그러므로 자연통풍과



전기적인 에너지에 의해 구동되는 강제통풍(roof fan)기를 설치하여 자연통풍력이 부족한 경우는 필수적으로 강제통풍을 시키는 방식을 적용하는 것이 필요하다고 판단된다.

## 참고문헌

1. Tamura, G. T. and Wilson, G. T., 1967, Pressure Difference Caused by Chimney Effect in Three High Building, ASHRAE Transactions, Vol. 73(II), pp. II.1.1-II.1.10
2. Kwon, Y.I. and Ahn, J.H., 2009, Study on the Control Performance Evaluation of the Exhaust Stack used in High Riser Public House, J. of Air-Conditioning and Refrigeration, Vol. 21, No. 2, pp. 103-108. ●