

확장 T-method에 의한 환상식 덕트시스템 해석

Analysis of loop duct system by extended T-method

이승철*, 문종선*, 이재현**
S. C. Lee, J. S. Moon, Jae-Heon Lee

Key words : Duct design(덕트 설계), VAV unit(VAV 유닛), Extended T-method(확장 T-method), Loop duct system(환상식 덕트시스템), System condensing(시스템 축약), System expansion(시스템 전개)

Abstract

A loop duct system is often found in a VAV-HVAC(variable air volume heating, ventilating and air conditioning) design. It is known that the simple T-method is not be applicable to the loop duct system and cannot be used to calculate the flow rate and the pressure drop at each duct section of the loop duct system. In this paper, the extended T-method has been developed and it is found to be applicable to the loop duct system to which the simple T-method cannot be applied. The validity of the extended T-method has been verified by using to solve for a simple, ideal loop duct system for which there exists analytical solution. In addition, the extended T-method is employed to compute the loop duct system of a real building with an area of 380 m². The results show that the computed flow rate at the exit differs from the designed flow rate by a range of -13.6~43.5 %. Consequently, three design factors must be adjusted in order that the flow rate may be balanced. These include the duct sizes, in terms of their lengths and diameters, the sub-duct locations and the positioning of damper which is found upstream of the exit duct.

기호 설명

C : 부차손실계수
D : 덕트 지름, m
e : 조도(roughness), m

f	: 마찰손실계수
H	: 덕트 높이, m
K	: 덕트구간특성계수, $\text{mmAq}/(\text{m}^3/\text{h})^2$
L	: 덕트 길이, m
P	: 압력, mmAq
Q	: 풍량, m^3/h
W	: 덕트 폭, m

* 한양대학교 대학원

** 정회원, 한양대학교 기계공학과

그리스문자

Δ	: 차이(difference)
μ	: 계수
ν	: 동점성계수, m^2/s
ρ	: 밀도, kg/m^3

상첨자

o : 이전 계산단계에서 계산된 값

하첨자

$1 \sim 2n+1$: 덕트구간

L : 가상덕트구간

1. 서 론

덕트시스템은 건물의 내부에 환기를 필요로 하는 모든 장소에 그물망처럼 연결되어 하나의 공급원 또는 다수의 공급원으로부터 필요로 하는 장소에 공기를 공급, 순환시킨다. 덕트시스템을 사용하여 원하는 장소에 필요한 만큼의 풍량을 공급시키는 것은 덕트시스템의 형태에 따른 복잡한 유동특성과 압력분포의 불균일성으로 인하여 아주 어려운 문제이다.

이러한 덕트시스템의 설계법⁽¹⁾에는 등압법(equal friction method), 등속법(equal velocity method) 그리고 전압법(total pressure method) 등이 있으며, 이 중에서 등압법은 덕트의 단위길이당 마찰손실(friction loss)이 일정하도록 덕트 형상을 결정하는 방법으로 가장 널리 쓰이고 있다. 등압법에서는 덕트 내에서의 풍속변화에 따른 정압변화를 고려하지 않기 때문에 하류측에서의 토출풍량이 설계풍량보다 많아지는 경우가 있다. 이와 같은 단점을 보완하기 위해 각 토출구에서 전압이 같아지도록 덕트를 설계하는 전압법이 있으나 등압법에 비해 다소 복잡하여 실제현장에서 잘 이용되지 않는다.

앞서 설명한 등압법으로 설계된 각 덕트구간에 서의 풍량 및 압력강하량을 정확히 예측하고자 단순 T-method 이론^(2,3)을 응용한 덕트해석프로그

램⁽⁴⁾이 국내에 소개된 바 있다. 그러나 이 프로그램은 각 덕트구간마다의 유동방향이 결정되어 있는 개회로식 덕트시스템에만 사용될 수 있다.

최근 에너지 절약을 위하여 많이 사용되고 있는 VAV(Variable Air Volume) 공조방식에서는 압력손실을 최소화하기 위하여 환상식 덕트시스템(loop duct system)을 주로 사용한다. 여기서 환상식 덕트시스템이란 덕트시스템 내에 폐회로를 형성하는 덕트구간 즉 환상주덕트가 존재하는 경우를 일컫는다. 이러한 환상식 덕트시스템은 덕트시스템 내의 환상주덕트에서 공기유동방향이 정해지지 않기 때문에 단순 T-method 이론을 적용하여 각 덕트구간의 풍량 및 압력강하량을 예측하기는 불가능하다. 따라서 본 연구에서는 단순 T-method 이론으로는 해석하기 어려웠던 환상식 덕트시스템에 적용 가능한 확장 T-method(exended T-method) 방법을 제안하고자 하면서, 이를 실제건물의 환상식 덕트시스템에 적용하여 계산풍량과 설계풍량을 비교 검토함과 아울러 설계에서 선정된 송풍기가 실제 설계점에서 운전되는지를 검토하고자 한다.

2. 단순 T-method

단순 T-method는 기존의 등압법에 의해서 덕트가 설계되고 송풍기가 선정된 후, 다음의 세가지 원리를 이용하여 덕트시스템의 각 구간에서의 풍량과 압력강하를 예측하는 방법이다.

1) 덕트 내의 각 분기점에서 유입풍량과 유출풍량은 같다.

2) 유입구와 유출구를 잇는 가능한 모든 경로에서 압력강하량은 송풍기에 의한 압력상승과 같다.

3) 송풍기로부터의 풍량과 정압상승은 송풍기 성능곡선을 따라 결정되며, 이 곡선과 덕트시스템 저항곡선이 일치되는 상태점에서 송풍기가 운전된다.

덕트내 압력강하량, ΔP 와 풍량, Q 는 Darcy-Weisbach 방정식으로부터 유도되어지며, 덕트구간특성계수, K 를 도입하면 각각 다음과 같이 기술될 수 있다.

$$\Delta P = (Q / K)^2 \quad (1)$$

$$Q = K \Delta P^{0.5} \quad (2)$$

식(1), (2)에서 덕트구간특성계수, K 는 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$K = 1.11(\mu\rho)^{-0.5} D^{2.5} \quad (3)$$

윗식에서 ρ 와 D 는 공기의 밀도와 덕트의 지름이며 계수, μ 는 다음과 같이 정의된다.

$$\mu = \left(\frac{fL}{D} + \sum C \right) D \quad (4)$$

윗식에서 f , L 및 C 는 각각 덕트의 마찰손실계수, 덕트의 길이 및 부차손실계수(minor loss coefficient)이다.

단순 T-method의 계산순서는 크게 나누어 개별 덕트구간의 특성계수계산, 시스템 축약(system condensing), 전체 시스템의 풍량 및 압력강하량 결정, 시스템 전개(system expansion), 개별 덕트구간의 압력강하 결정, 수렴판정으로 구분되어 최종적으로 각 덕트 내에 흐르는 풍량과 압력강하량을 구할 수 있다. 단순 T-method의 상세 이론 및 계산순서에 대한 상세한 내용은 참고문헌⁽⁴⁾에 기술된 바와 같다.

3. 확장 T-method

VAV 공조방식에서는 건물의 실내열부하 변동에 따라 각 출구에서의 풍량변동이 수시로 나타난다. 이 경우 환상식 덕트시스템을 이용하면 환상주덕트에서 풍량이 분산되기 때문에 기존 개회로식 덕트시스템에 비하여 덕트 내부 유동공기의 압력손실을 감소시킬 수 있다. 이를 설명하기 위해 Fig.1에는 모두 19개의 덕트구간과 1개의 송풍기

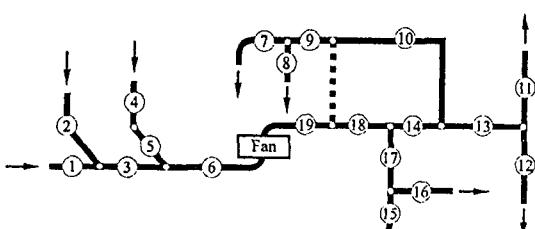


Fig.1 Schematic of an open circuit duct system

를 가지는 개회로식 덕트시스템을 나타내었다.

이러한 덕트시스템에서 예를 들어 실내열부하 변동으로 인하여 출구 8에서 요구풍량이 두배가 되었다고 하자. 이 경우 관련 주덕트에서의 압력손실은 상당히 많이 증가하게 될 것이다. 그러나 덕트구간 18, 19 사이의 분기점과 덕트구간 9, 10 사이의 분기점을 연결하는 덕트를 신설한다면 요구된 풍량증가분이 신설 덕트구간과 기존 덕트구간으로 분산되어 덕트시스템에서 압력강하량의 증가분은 신설 덕트가 없을 때에 비하여 감소될 것이다. 그러나 이렇게 개회로식 덕트시스템에 상기 신설 덕트가 추가되었을 경우에는 덕트시스템 내에 부분적으로 폐회로가 형성되며, 이러한 경우에는 앞서 언급한 단순 T-method로써 전체 시스템에서의 풍량 및 압력강하량 예측이 불가능하다. 또한 파이프 설계에서 폐회로가 존재하는 배관망 해석시 사용하는 Hardy-Cross Method⁽⁵⁾는 폐회로를 구성하는 관들의 통과유량을 예측할 수 있지만 폐회로의 분지관의 유출유량을 예측하기는 어렵다. 따라서 전체 시스템의 각 덕트구간의 풍량 및 압력강하를 예측하기 위해서는 특별한 방법이 요구된다.

개회로식 덕트시스템에서와는 달리 환상식 덕트시스템에서는 각 덕트구간의 유동방향이 정해지지 않으므로 단순 T-method 이론의 시스템 축약 및 전개 과정을 적용하기는 어렵다. 따라서 본 연구에서는 환상식 덕트시스템을 처리할 수 있는 알고리즘을 추가한 확장 T-method(extended T-method) 방법을 제안하고자 하였다.

1개의 유입구를 가지고 n 개의 분지덕트와 연결된 환상식 덕트시스템의 기본적인 형상을 Fig.2에 나타내었다.

이때 그림에서 원형을 이루는 덕트구간은 환상주덕트를 의미하며 $n+1$ 개의 환상소구간으로 구분될 수 있다. 그림에서 $n+1 \sim 2n+1$ 은 환상소구간 번호를 의미하며, L 은 환상주덕트와 이와 연결된 분지덕트들을 대표하는 가상덕트구간 번호를 의미한다.

확장 T-method의 기본원리는 단순 T-method의 기본원리와 동일하며, 그 순서에서 다만 2절에 언급된 단순 T-method의 순서 ①과 ②사이에 환

상주덕트와 이와 연결된 분지덕트의 시스템 전개 및 축약 과정이 추가되는 것이다. 여기에서는 환상주덕트와 이에 연결된 분지덕트의 시스템 전개 및 축약에 관해 주로 설명하고자 한다.

환상주덕트에서도 유입구와 각 유출구를 잇는 가능한 모든 경로에서 압력강하량은 동일하므로 환상주덕트와 연결분지덕트를 대표하는 가상덕트구간에서의 압력강하량, ΔP_L 은 ΔP_i 로 구성된 다음과 같은 $(n+1)$ 개의 방정식을 만족하여야 한다.

$$\Delta P_L = \Delta P_{n+1} + \Delta P_1$$

$$\Delta P_L = \Delta P_{n+1} + \Delta P_{n+2} + \Delta P_2$$

⋮

$$\begin{aligned}\Delta P_L = & \Delta P_{n+1} + \Delta P_{n+2} + \Delta P_{n+3} \\ & + \cdots + \Delta P_{2n} + \Delta P_n\end{aligned}\quad (5)$$

$$\Delta P_L = \Delta P_{2n+1} + \Delta P_n \quad (6)$$

여기서 ΔP_i 는 $1 \leq i \leq n$ 인 경우에 분지덕트의 압력강하를 나타내며 $n+1 \leq i \leq 2n$ 인 경우에는 환상소구간에서의 압력강하를 나타낸다.

Fig.2에서 환상주덕트의 유입구로부터 환상소구간 $n+1 \sim 2n$ 의 유동방향은 시계방향을 양의 유동방향, 환상소구간 $2n+1$ 의 유동방향은 반시계방향을 양의 유동방향으로 가정한다. 환상주덕트에서 1개의 유입구와 n 개의 유출구를 포함한 $(n+1)$ 개의 각 분기점에서 유입풍랑은 유출풍랑과 동일하므로

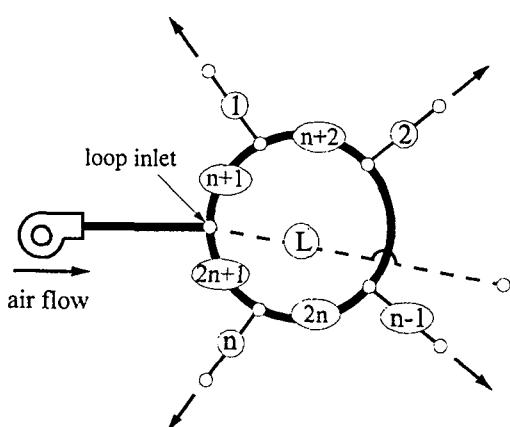


Fig.2 A loop duct system with branches

다음과 같은 $(n+1)$ 개의 연속방정식이 성립한다.

$$Q_1 = Q_{n+1} - Q_{n+2}$$

$$Q_2 = Q_{n+2} - Q_{n+3}$$

⋮

$$Q_{n-1} = Q_{2n-1} - Q_{2n}$$

$$Q_n = Q_{2n} + Q_{2n+1} \quad (7)$$

$$Q_L = Q_{n+1} + Q_{2n+1} \quad (8)$$

윗식에서 $Q_1 \sim Q_n$ 은 분지덕트, 그리고 $Q_{n+1} \sim Q_{2n+1}$ 은 환상소구간에 흐르는 풍량을 나타내며, Q_L 은 환상주덕트에 유입되는 풍량이다. 풍량과 압력강하량의 관계식인 식(1)을 이용하여 식(5)와 (6)을 환상주덕트와 연결분지덕트를 표현하는 가상덕트구간에서의 압력강하량과 각 덕트구간에 흐르는 풍량과의 관계식으로 변환시킨 후 식(7), (8)과 연립하여 행렬식으로 표현하면 식(9)로 나타낼 수 있다. 이때, 각 덕트구간의 풍량은 최초 계산시 가정함으로 반복계산을 통해 개선되어야 한다. 따라서 식(9)에서는 반복계산을 위하여 풍량의 현재값, Q^0 와 새롭게 개선된 값, Q 로 구분하였고, 유동의 방향성을 고려하기 위하여 절대치 기호를 사용하였다.

환상주덕트와 연결분지덕트의 시스템 전개는 현재의 각 덕트구간에서의 풍량, $Q_1^0 \sim Q_{2n+1}^0$ 및 덕트구간특성계수, $K_1^0 \sim K_{2n+1}^0$ 을 행렬식(9)에 대입하여 새롭게 개선된 풍량, $Q_1 \sim Q_{2n+1}$ 및 ΔP_L 을 계산하는 과정이다. 시스템 축약은 Q_L 과 ΔP_L 을 풍량과 압력강하량의 관계식인 식(1)에 대입하여 환상주덕트와 연결분지덕트를 대표하는 가상덕트구간의 덕트구간특성계수, K_L 을 구하는 과정이다. 이러한 두개의 과정은 단순 T-method 계산순서에 첨가되며, 모든 덕트구간에서의 풍량이 수렴될 때 까지 반복계산된다. 이에 대한 상세한 흐름도는 Fig.3에 나타내었다.

4. 타당성 검토

확장 T-method의 타당성 검증을 위하여 검토 예제로 선정한 이상적 환상 덕트시스템의 형상을 Fig.4에 나타내었다.

$$\begin{bmatrix}
 \frac{|Q_{n+1}^o|}{K_{n+1}^o} & \frac{|Q_1^o|}{K_1^o} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & Q_{n+1} & 0 \\
 \frac{|Q_{n+1}^o|}{K_{n+1}^o} & 0 & \frac{|Q_{n+2}^o|}{K_{n+2}^o} & \frac{|Q_2^o|}{K_2^o} & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & Q_1 & 0 \\
 \frac{|Q_{n+1}^o|}{K_{n+1}^o} & 0 & \frac{|Q_{n+2}^o|}{K_{n+2}^o} & 0 & \frac{|Q_{n+3}^o|}{K_{n+3}^o} & \frac{|Q_{n-1}^o|}{K_{n-1}^o} & 0 & 0 & -1 & Q_{n+2} & 0 \\
 \frac{|Q_{n+1}^o|}{K_{n+1}^o} & 0 & \frac{|Q_{n+2}^o|}{K_{n+2}^o} & 0 & \frac{|Q_{n+3}^o|}{K_{n+3}^o} & 0 & \frac{|Q_{2n}^o|}{K_{2n}^o} & \frac{|Q_n^o|}{K_n^o} & -1 & Q_2 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{|Q_n^o|}{K_n^o} & \frac{|Q_{2n+1}^o|}{K_{2n+1}^o} & -1 & Q_{n+3} & 0 \\
 1 & -1 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & Q_{n-1} & 0 \\
 0 & 0 & 1 & -1 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & Q_{2n} & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & -1 & -1 & 0 & 0 & 0 & Q_n & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & -1 & 1 & 0 & Q_{2n+1} & 0 \\
 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & \Delta P_L & Q_L
 \end{bmatrix} = \quad (9)$$

검토 예제에서는 3600CMH의 풍량이 1개의 유입구와 2개의 취출구로 유입 및 유출되며 분지덕트 6을 중심으로 좌우측이 대칭인 형상을 가진다. 여기에 사용된 공기의 밀도, 동점성 계수 및 덕트의 조도는 각각 1.204kg/m^3 , $1.51 \times 10^{-5}\text{m}^2/\text{s}$ 및 $9 \times 10^{-5}\text{m}$ 이다. 또한 모든 덕트구간에서 한변의 길이가 0.5m인 정사각형 단면을 가지며 덕트의 길이는 분지덕트 1, 2에서 2m, 나머지 환상소구간에서 3m이다. 본 계산에서는 편의상 분지부에서의 부차손실을 고려하지 않았다.

확장 T-method를 Fig.4와 같은 환상식 덕트시스템에 적용하여 얻은 각 덕트구간에서의 풍량 및 압력강하량을 Table1에 나타내었다. 환상식 덕트시스템은 덕트구간 6을 중심으로 좌우측이 대칭인 형상을 가지므로 덕트구간 1, 2, 3 및 5에서의 풍량은 각각 흡입 풍량의 절반이 될 것이며, 덕트구간 4에서는 공기유동이 없을 것이라 예상할 수 있다. 계산결과 또한 덕트구간 1, 2, 3 및 5에서의 풍량은 1800CMH로 나타났으며, 덕트구간 4에서는 공기유동이 없음을 확인할 수 있다. 또한 환상식 덕트시스템의 흡입구로부터 취출구까지의 경로에서 각각의 압력강하량이 동일함을 확인할 수 있다. 이와같이 본 연구에서 제안한 확장 T-method로부터 물리적인 관점에서 합당한 결과를 얻음으로서 본 이

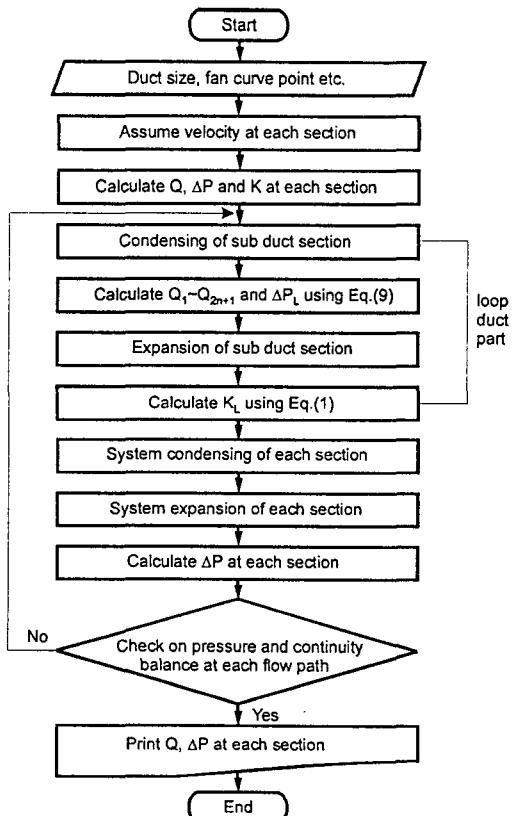


Fig.3 Flow chart of extended T-method

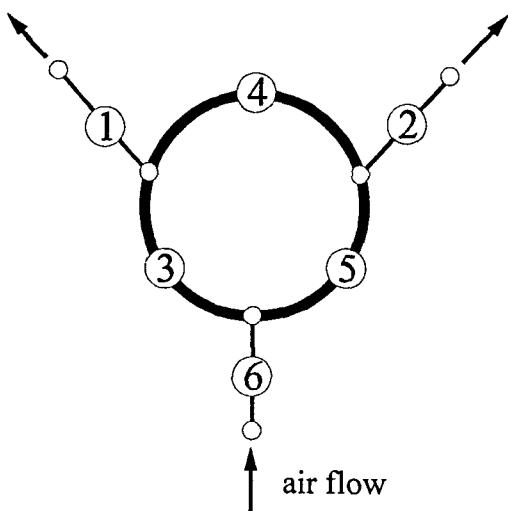


Fig.4 Ideal loop duct system for validation

Table 1 Output data of test loop duct system

Section	Q [CMH]	ΔP [mmAq]
1	1800.0	2.4
2	1800.0	2.4
3	1800.0	3.5
4	0.0	0.0
5	1800.0	3.5
6	3600.0	13.1

론의 타당성을 검증하였다.

5. 실제 덕트시스템에의 적용

5.1 적용 덕트시스템

본 연구에서 제안한 확장 T-method의 실용성을 평가하기 위하여 선정한 적용 덕트시스템으로서는 국내 H사가 등압법으로 설계한 면적 380m^2 의 실내공간에서의 VAV 공조방식의 급기용 환상 덕트시스템을 선택하였으며 그 상세를 Fig.5에 나타내었다.

논의를 위해 4개의 환상소구간(M1~M4)과 3개의 분지덕트(B1~B3)에 번호를 부여하였으며 그림에서 ①~⑯는 실내 취출구를 의미한다. 덕트시스템의 시작부에는 정격정압 83mmAq, 정격풍량

13000CMH인 에어포일형 송풍기가 내장된 공조기(AHU : Air Handling Unit)가 설치되어 있다. 또한 20°C 의 공기가 1개의 흡입구에서 유입되며 송풍기 출구에서 두개 경로로 분리되어 환형주덕트를 따라 유동한다. 이러한 공기는 VAV unit을 거쳐 총 64개의 취출구를 통해 실내로 유출된다. 총 덕트구간은 140개로 나누어지며 총 fitting의 수는 91개다. Fitting으로는 세부적으로 cross fitting (+) 5개, tee fitting 17개, elbow fitting 4개, transition fitting 1개, 그리고 exit fitting 64개로 구성되어 있다.

VAV공조방식은 실내열부하의 변동에 따라 송풍량을 변화시키고 송풍온도를 일정하게 유지하는 방법이다. 그러나 설계치로는 최대 부하일 때를 기준으로 하므로 본 연구에서는 이 경우에서의 각 덕트구간의 풍량 및 압력강하량을 계산하였다. 또한 적용 덕트시스템에서의 송풍기 운전점을 계산하여 실제 설계치와 비교함으로서 송풍기가 적절하게 선정되었는지를 살펴 보았다.

5.2 풍량분포 및 토의

적용 덕트시스템에서의 풍량계산에서 cross, tee, elbow 및 transition fitting에 해당하는 각각의 부차손실값은 ASHRAE Duct Fitting Database⁽⁶⁾에서 인용하였으며, 공조기내에 부착되어 있는 냉각코일(cooling coil), 가열코일(heating coil), 필터(filter) 및 공조기용 댐퍼(motorized volume damper)에서의 부차손실치리는 공조기내의 평균 공기속도가 2.5m/s 일 때의 경험적인 값으로서 각각 압력강하량 8mmAq, 3mmAq, 15mmAq 및 8mmAq를 사용하였다. 또한 exit fitting, 의기루버, 공기챔버, 소음기 및 VAV 유닛은 각각 공기 속도가 3.5m/s , 2.5m/s , 10m/s , 8m/s 및 4.2m/s 일 때의 압력강하량 4mmAq, 4mmAq, 5mmAq, 6mmAq 및 4mmAq를 사용하였다.

Fig.6에는 64개 취출구에서 확장 T-method에 의한 예측풍량과 설계풍량을 비교하여 나타내었다.

그림에서 알 수 있듯이 각 취출구에서 토출될 풍량은 설계풍량을 기준으로 $-13.6\sim43.5\%$ 범위의 차이를 보인다. 이러한 차이는 등압법을 이용한 환상식 덕트시스템의 설계시 공기유동방향을 가정

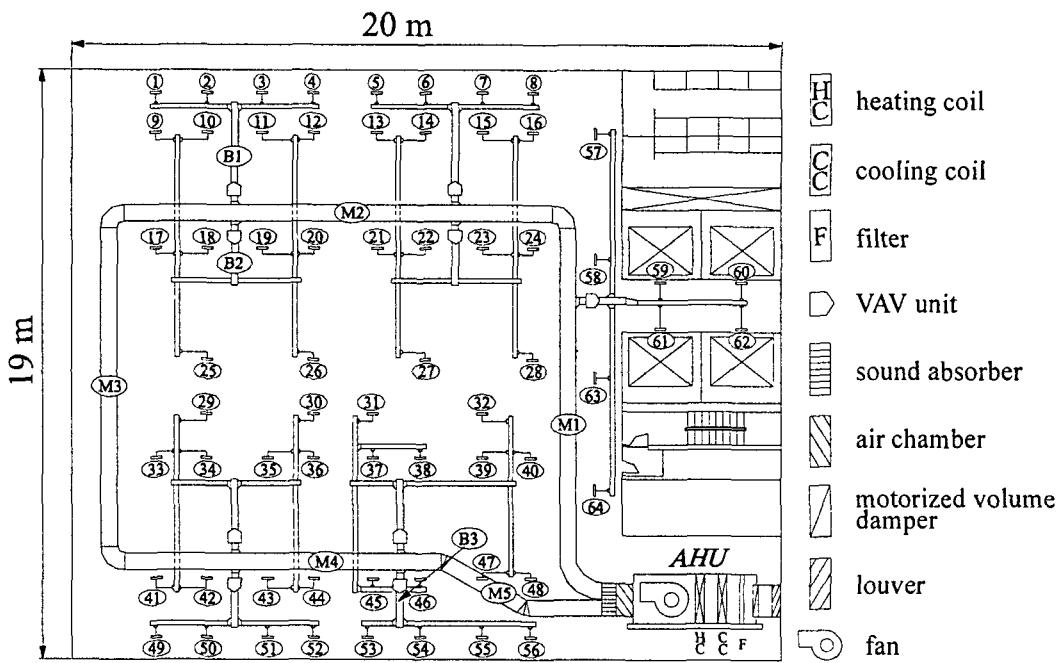


Fig.5 Details of the model duct system

하기 때문이다. 즉, 환상식 덕트시스템에서 공기의 유동경로는 정해지지 않으므로 우선 최초 흡입구에서 송풍기를 걸쳐 토출구에 이르는 공기유동경로를 가정한다. 등압법은 이렇게 가정된 경로 중에서 가장 큰 압력손실이 예상되는 경로(일반적으로 가장 긴 덕트경로를 택한다.)를 선정하여 덕트의 단위길이당 마찰손실을 동일한 값을 사용하여 설계하는 방법이다. 이에 반해 본 연구에서 제안하는 확장 T-method는 분지점에서의 연속조건을 만족시키는 공기유동경로를 결정하며 또한 반복계산을 통해 계산된 각 덕트구간에서의 속도를 이용하여 마찰손실, 압력강하량 및 풍량을 정확히 계산하고 취출구 및 흡입구 즉, 대기와 접해 있는 곳에서 정압은 0(zero)라는 물리적인 경계조건을 만족시킨다.

환상식 덕트시스템이 아닌 기존 개회로식 덕트 시스템의 각 덕트구간에서의 공기유동방향은 송풍기에서 각 취출구를 잇는 경로를 따른다. 그러나 환상식 덕트시스템의 환상소구간에서 공기유동방향은 분지점에서의 연속조건을 만족시키도록 결정된다. 적용 덕트시스템에서 공기는 송풍기 출구에서

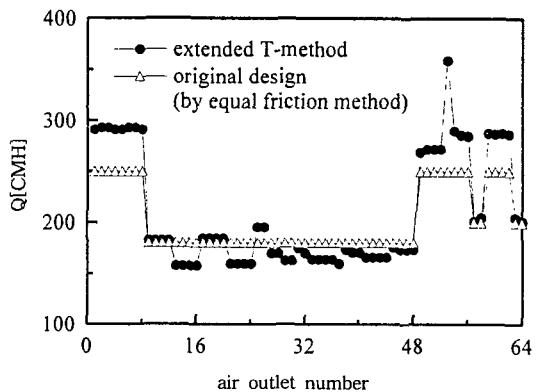


Fig.6 Comparison of flow rate between predicted from extended T-method and from original design

두가지 경로로 분리되어 환형주덕트를 따라 유동하며 분리된 공기는 덕트구간 M2 및 M3의 교점에서 합류하여 덕트구간 B1 및 B2로 흐름을 알 수 있다. 따라서, 덕트구간 B1, B2는 송풍기와의 큰 거리차에도 불구하고 많은 풍량이 통과됨을 알

수 있다. 이는 환상식 덕트시스템이 아닌 기존 덕트시스템에서 원거리에 있는 덕트에 통과되는 풍량이 적은 것과 대조를 이루며 환상식 덕트시스템의 장점이기도 하다.

취출구에서의 예측풍량과 설계풍량과의 차이가 가장 큰 곳은 취출구 53으로서 계산풍량과 설계풍량은 각각 359CMH와 250CMH이다. 이는 취출구 53, 54, 55 및 56의 배치가 덕트구간 B3를 중심으로 하여 우측으로 편중됨으로 인하여 유동저항이 커지고 이에 따라 덕트구간 B3에 흐르는 풍량의 배분이 취출구 54, 55, 56에 비하여 취출구 53으로 많이 몰리기 때문이다. 그러므로 덕트구간 B3와 취출구 53사이에 적절한 압력강하량을 유발시키는 댐퍼 등을 설치하여 취출구 53의 과다한 풍량을 줄여야 할 것으로 판단된다.

적용 덕트시스템의 모든 취출구축에서 토출될 예측풍량의 합과 설계토출풍량의 합은 각각 13440CMH와 13000CMH으로서 440CMH의 차이를 보인다. Fig.6에서 보면 16개의 취출구에서는 과다한 풍량이, 그리고 9개의 취출구에서는 과소풍량이 토출될 것임을 알 수 있다. 그러므로 덕트형상 변경, 분지덕트 위치조정, 혹은 과다풍량 토출구 전방에 적절한 댐퍼를 설치하여 유동저항을 증가시킴으로서 전체 덕트시스템의 풍량조절이 요구된다.

Fig.7에는 환상식 덕트시스템 모델에 사용된 송풍기의 성능곡선과 함께 본 연구에서 산정된 환상식 덕트시스템의 시스템 저항곡선을 나타내었다.

송풍기는 송풍기 성능곡선과 시스템 저항곡선이 만나는 교점 즉 풍량 13440CMH, 정압 84.0mmAq에서 운전된다. 송풍기 입구 및 출구에서의 정압은 각각 -62.2mmAq, 21.8mmAq로 나타나며 송풍기에 의한 정압상승은 84mmAq가 된다. 이와 같이 송풍기가 정격풍량과 정격정압에 근접된 값에서 운전되므로 본 환상식 덕트시스템의 송풍기 선정은 적절한 것으로 사료된다.

6. 결 론

본 연구에서는 단순 T-method 이론으로 적용하기 어려웠던 환상식 덕트시스템에 적용할 수 있

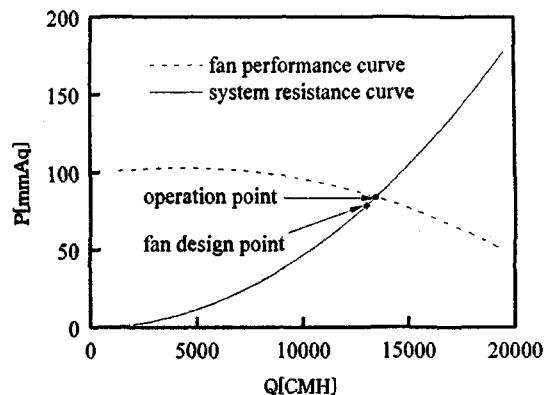


Fig.7 Operation and design points of the fan for the present loop duct system

는 확장 T-method 이론을 제안하였으며, 제안된 방법을 검증하고 응용함으로서 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 국내 H사가 설계한 환상식 덕트시스템 모델에 확장 T-method를 적용한 결과, 설계풍량을 기준으로 -13.6~43.5%의 오차범위로 실제풍량이 토출될 수 있음을 보였으므로 적절한 풍량을 얻기 위해서는 덕트형상 변경, 분지덕트 위치조정, 혹은 과다풍량 토출구 전방에 적정한 용량의 댐퍼설치가 요구된다.

- 2) 환상식 덕트시스템은 개회로식 덕트시스템과는 달리 유동방향이 일률적으로 정해지지 않는다. 적용 덕트시스템에서는 송풍기출구에서 분리된 공기가 송풍기로부터 원거리에 위치한 환형 주덕트상에서 합류되어 부덕트로 유출되므로 부덕트에 연결된 취출구에서 설계풍량보다 많은 풍량이 토출됨을 알 수 있다. 따라서 환상식 덕트시스템의 각 취출구에서 적절한 풍량을 얻기 위해서는 이러한 합류점의 위치를 파악하여 설계시 취출구 풍량산정에 반영하여야 한다.

- 3) 적용 덕트시스템에서 송풍기는 송풍기의 성능곡선과 시스템 저항곡선의 교점 즉 풍량 13440CMH, 정압 84.0mmAq에서 운전된다. 이와 같이 송풍기가 정격풍량(13000CMH)과 정격정압(87.0mmAq)에 근접된 값에서 운전되므로 본 환상식 덕트시스템의 송풍기 선정은 적절한 것으로 사료된다.

후 기

이 연구의 일부는 한국과학재단 지정 터보·동력기계 연구센터의 지원으로 수행되었으며, 관계자 여러분께 감사를 드립니다.

참 고 문 헌

1. 김 효경, 1995, 공기조화, 3판, 동명출판사, 서울, pp. 397~403.
2. Tsal, R. J., Behls, H. F. and Mangel, R. 1988, "T-method duct design Part I : Optimization theory", ASHRAE Transactions, Vol. 94, part2, pp. 90~111.
3. Tsal, R. J., Behls, H. F. and Mangel, R. 1990, "T-method duct design Part III : Simulation", ASHRAE Transactions, Vol. 96, part2, pp. 3~31.
4. 문종선, 이승철, 이재현, 김두성, 1997, "냉트설계용 확장 T-method의 제안", 공기조화 냉동공학회 학제학술발표회논문집(II), pp. 783~790.
5. Hodge, B. K., 1990, Analysis and design of energy systems, 2nd ed., Prentice-Hall Inc., New Jersey, pp. 43~71.
6. ASHRAE Duct Fitting Database, 1994, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc.