

## 취출구를 가진 덕트의 공기분배장치 설계

강형선<sup>†</sup> · 조병기\* · 고영하\*\*

(원고접수일 : 2007년 9월 27일, 심사완료일 : 2007년 10월 30일)

### Design Of Air-Distribution System in a Duct

Hyung-Seon Kang<sup>†</sup> · Byung-Ki Cho\* · Young-Ha Koh\*\*

**Abstract :** The purpose of this paper is to obtain design method of air-distribution system. Air-distribution system is composed of blower, duct, diffusers and measuring equipment. The air-flow rate from each diffuser is not equal. The air-flow rate is calculated with the combined equations which are Bernoulli's equation, continuity equation and minor loss equations. Inlet condition and outlet condition are adapted in each duct system. Then square difference between function of maximum air-flow rate and minimum air-flow rate is used as an object function. Area of diffuser and velocity are established as constraints. To minimize the object function, the optimization method is used. After optimization the design variables are selected under satisfaction of constraints. The air-distribution system is calculated again with the result of optimized design variable. It is shown that the air-distribution system has the equal air-flow rate from diffusers.

**Key words :** Air-distribution system(공기분배장치), design variable(설계변수), object function(목적함수), constraint(제한조건), minor loss(국부마찰)

#### 기호설명

$D_h$ : 덕트의 수력직경, [m]	$\rho$ : 공기밀도(kg/m <sup>3</sup> )
$f$ : 벽면 마찰계수	$\zeta$ : 국부저항계수
$P$ : 압력[pa]	$u$ : 동점성계수
$Q$ : 유량(m <sup>3</sup> /min)	$\epsilon$ : 표면 거칠기
$V$ : 유속[m/sec]	
$A$ : 유동 단면적[m <sup>2</sup> ]	
$Re$ : 레이놀드수[ $\rho VL/\mu$ ]	

#### 1. 서론

주거공간 및 기타 공간에서의 최적의 환경을 유지하기 위해서는 적절한 냉방 및 난방장치의 설치

<sup>†</sup> 교신저자(조선이공대 하이테크 CAD CAM과), E-mail:mjsj5181@hanmail.net, Tel: 062)230-8250

\* 조선이공대 하이테크 CAD CAM과

\*\* 조선이공대 하이테크 CAD CAM과

가 가장 중요하다. 이와 함께 냉·난방 공기를 요구되는 위치로 최소의 손실만으로 이동시키는 방안도 효율적인 냉·난방 시스템 구성을 위해서는 중요하게 고려되어야 한다.

현대적인 공조시스템에서 덕트설계는 냉·난방 효과 극대화뿐만 아니라 에너지 절감 차원에서도 중요한 작업으로 인식되고 있다. 덕트 설계는 송풍기, 덕트 그리고 여러 형상의 접속구들이 조합으로 이루어져 있다. 유체역학의 근간이 되는 베르누이식, 연속방정식의 적용으로 직관에서의 유량 및 압력 변화를 계산한다. 접속구 또는 덕트 단면의 변화에서의 유량 및 압력변화는 Darcy-Weisbach 방정식, Fitting Database를 베르누이식과 연속식에 부가하여 유동 특성을 파악할 수 있다. R. J. Tsal, H. F. Behls은 연속방정식, Bernoulli equation, Darcy-Weisbach equation을 바탕으로 하여 송풍기로부터 덕트로 유입되는 풍량을 조절하여 적절한 송풍량을 유도하여 초기 덕트 설치비 및 운전비용을 최소화하는 방법인 T-method 시뮬레이션에 대한 연구가 진행되어 왔다<sup>[1)-(4)]</sup>. 또한 Hillel Arkin, Avraham, Shitzer는 컴퓨터를 이용하여 사각덕트의 최적 유량 공급을 위한 덕트 설계에 대한 연구를 수행하였다<sup>[5]</sup>. 국내에서는 문종선, 이승철, 이재현은 확장 T-method 를 소개하여 대형 건물 시공에 사용될 수 있는 덕트설계모델을 소개한 바 있다<sup>[6], [7]</sup>. 또한 덕트설계에 관한 연구는 대형 덕트설계에 대한 연구뿐만 아니라 S. B. Riffat, G. Gan 등은 소형 덕트를 이용하여 Tee분지 또는 elbow 와 같이 국부 압력 손실이 일어나는 부분에서 국부 마찰 손실을 예측하기 위한 연구가 실험 및 수치적인 방법을 이용하여 이루어지고 있다<sup>[8)-(10)]</sup>. 덕트설계방법과 관련된 대부분의 연구는 덕트내 유체의 유동 현상을 파악하여 간편하고 저렴한 비용으로 덕트설계가 가능하도록 하기 위한 연구가 대부분을 차지하고 있다.

본 논문에서는 베르누이식, 연속식을 이용하여 다수의 취출구와 Tee로 형성된 덕트를 수식화 하여 각 취출구에서의 유량을 파악하였다. 각각의 취출유량의 차가 일정하지 않음을 알고 이를 일정하도록 최대 유량산출식과 최소유량 산출식의 차를 제공한 함수를 목적함수로 설정하여 최적화 기법에

적용하여 최소화하였다. 각 취출구의 면적을 설계 변수로 설정하여 목적함수 최소화를 위해 변형시켰으며 제한조건으로는 취출면적과 취출유속을 설정하였다. 최적화 기법을 통하여 목적함수를 최소화시키며 제한조건을 만족하는 설계변수가 결정된 후 이를 덕트모델에 적용한 후 전산유체역학적인 방법과 실험을 통하여 증명하였다.

## 2. 목적 시스템 분석

### 2.1 실험적 방법

본 연구에 사용된 실험장치는 아크릴 재질의 덕트이며, 취출구를 포함한 주덕트의 길이는 4 m이다. 송풍기로부터 풍량을 유입시켜주는 유입부는 길이가 0.5 m이며 송풍기와 연결되어 있다. 주덕트는 7개의 토출구와 15개의 정압 측정구, 덕트내의 동압 측정을 위한 L 자형 피토투브, 토출속도 측정을 위한 직선형 피토투브를 포함하고 있다. 공기 유입 장치로는 송풍기이며, 송풍기의 풍량은 전동기의 회전수를 조절할 수 있는 인버터를 통해 조절할 수 있게 하였다. 송풍기로부터 유량 유입 시 유체는 불균일한 속도분포를 가지므로 적정 입구 길이를 갖도록 하기 위해 flow straighter를 사용하여 입구 길이를 보정하였다. Fig. 1 은 개략적인 형태를 나타내고 있다.

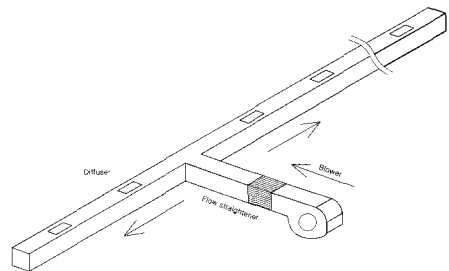


Fig. 1 The shape of Experimental Apparatus

### 2.2 1차원 해석

덕트내 유동과 압력강하에 관한 식들을 이용하여 본 연구 모델에 이용된 덕트의 유량분배특성을 고찰하였다. Fig. 2 와 같이 전체 덕트형상을 단순화

하고 번호를 부여하여 그래프화 하였다.

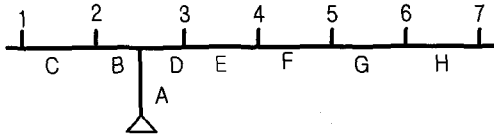


Fig. 8 The Fig. 2 The graph of simple duct system

A~H는 취출구 사이의 각 구간을 표시하며 1~7은 취출구를 나타내고 있다. 실험 모델에 적용된 이론은 다음의 (1)~(4)로 정리된다.

(1) 송풍기 A 로 부터 유입되는 유량과 7개의 취출구로 배출되는 취출유량의 합은 항상 일정하다.

$$Q_A = \sum_{i=1}^7 Q_i \quad (1)$$

(2) 압력손실은 각각의 입구와 출구에서의 유체 속도의 제곱의 차에 비례하며, 벽면 마찰과 duct fitting에 의한 국부적 손실에 의한 두 가지 요인으로 발생한다.

$$\Delta P_i = \frac{\rho(V_{i+1}^2 - V_i^2)}{2} - \Delta P_m \quad (2)$$

(3) 덕트 전구간을 통하여 벽면 마찰이 발생된다.

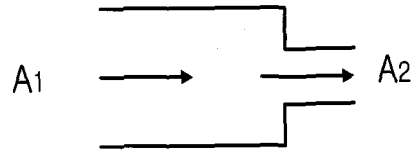
$$\frac{1}{f_i^{1/2}} = -2.0 \log \left( \frac{\epsilon/D_h}{3.7} + \frac{2.51}{Re_i f_i^{1/2}} \right) \quad (3)$$

(4) 1개의 Tee 분지와 7개의 취출구에서 국부압력 손실이 발생한다.

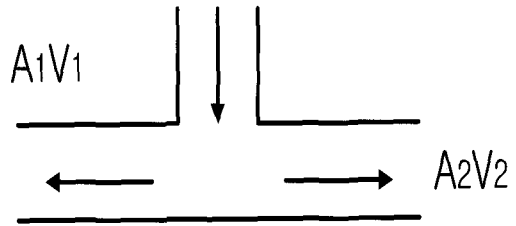
Tee 분지에서의 압력 손실은 식(4)을 적용하였으며, 취출구에서 발생하는 국부압력 손실은 돌연 축소 형상으로 간주하여 식(5)을 적용하였다.

$$\zeta_{tee} = 2.5 \left( \frac{A_1}{A_2} \right) \left( \frac{V_2}{V_1} - 1.33 + 0.95 \left( \frac{A_2}{A_1} \right) \right)^2 + 0.63 - 0.1 \left( \frac{A_2}{A_1} \right) \quad (4)$$

$$\zeta_{diffuser} = 0.15 \left( 1 - \frac{A_2}{A_1} \right) \quad (5)$$



돌연 축소(sudden contraction)



Tee 분지(meeting T fitting)

Fig. 3

위의 기본 공식을 본 연구 모델에 적용하면 각 구간에서 연속식 8개, 덕트내의 압력 손실에 관한 식 7개, 취출구에서의 압력손실에 관한 식 7개, Tee 분지와 취출구에 부차 손실계수에 관한 식 9개, 그리고 벽면 마찰계수를 구하기 위한 Colebrook's 방정식 8개로 총 39개의 비선형 연립방정식으로 표현될 수 있다.

덕트내의 유동현상을 파악하고 7개의 취출구에서 취출풍량을 구하기 위해 7개의 구간에서 벽면마찰계수, 유량, 유속에 대한 변수는 7개의 배열을 갖고 압력은 15개의 배열을 가진다. 또한 취출구에서는 취출풍량, 취출속도에 대한 변수를 각각 7개로 정하였다. 총 57개의 변수는 각각 비독립적으로 변화하므로 한 구간에서 발생하는 변수의 변화는 이후 구간에 대해 영향을 주기 때문에 명시적인 방법에 의한 계산은 불가능하다. 비선형적인 연립방정식을 계산하기 위해 비선형방에 명시적인 방법에 의한 계산은 불가능하다. 비선형적인 연립방정식을 계산하기 위해 비선형방정식의 근사해 계산에 Newton-Rapson 방법을 이용하였다. Fig. 4는 사용된 방정식을 연립하여 계산하기 위하여 작성된 순서도이다.

각 구간의 길이, 유입속도, 취출구에서의 압력, 취출구의 면적, 유입유체의 특성값 등을 지정한다.

각 구간에서의 임의로 지정한 벽면 마찰계수를 초기값으로 지정하여 colebrook's 방정식에 대입하여 구간에서의 벽면마찰계수를 구하였다. colebrook's equation에서 비명시적으로 구해진 구간의 벽면마찰계수와 이를 만족하는 레이놀드수가 결정된다. 구간의 수력 직경과 유체의 특성값을 이용하여 유속이 계산될 수 있다. 계산된 유속을 Bernoulli 방정식에 대입하여 구간의 압력을 계산할 수 있다.

부차손실이 예상되는 구간에서는 압력손실 계산항에 부차손실항을 추가하여 colebrook's 방정식에서 계산되어진 유속을 적용시켜 계산되도록 하였다.

2.3 3차원 해석

3차원 전산 유체역학적 해석은 상용코드인 STAR-CD를 이용하였다. 덕트시스템내의 유동은 3차원 난류 정상상태 비압축성 유동으로 가정하였다. 이산화된 지배 방정식을 계산하기 위한 격자는 유동 방향으로 180개 유동의 직각방향으로 8×8개로 총 11520개의 정형화된 cell 로 이루어져 있다. 난류 정상상태에서의 유동을 해석하기 위해 k-ε 모델을 선택하였다. 유입 조건은 송풍기로부터 유입되는 유체의 속도성분을 균일하다고 가정하여 16.67 m/s의 균일한 유입속도를 적용하였다. 7개의 취출구에서는 대기압을 압력경계조건으로 적용하였다. 벽면에서는 점착조건(no-slip boundary condition)을 사용하였다. 벽면에서의 난류량을 처리하기 위해서는 벽함수 (wall function)를 사용하였으며 압력 계산에는 SIMPLE (Semi - Implicit Method for Pressure-Linked Equation) 알고리즘을 이용하였다.

2.4 시스템 분석 결과 및 비교

Fig. 5 과 Table 1은 모든 취출구의 단면적을 50% 개방한 상태에서 송풍기로부터 10m<sup>3</sup>/min의 유량을 유입시켰을 경우에 취출유량을 실험, 1차원해석 그리고 3차원 CFD 해석방법 구한 결과를 나타내고 있다. Table 1에서 나타낸 ERROR (ε)은 실험 결과값을 기준으로 1차원해석 결과값과 3차원해석 결과값을 비교한 것이다.

실험에서는 송풍기로부터 10 m<sup>3</sup>/min의 유량이 유입되어 Tee 분지를 통과한 후 B 방향으로 3.127 m<sup>3</sup>/min, D방향으로 6.626 m<sup>3</sup>/min 만큼의 유량이 분배되었다. 1번 취출구에서 최대유량인 1.748 m<sup>3</sup>/min가 취출되었다. 3번 취출구에서는 최소 유량인 0.847 m<sup>3</sup>/min이 취출 되어 불균일한 유량분배가 일어나고 있는 것을 나타내고 있다. 5

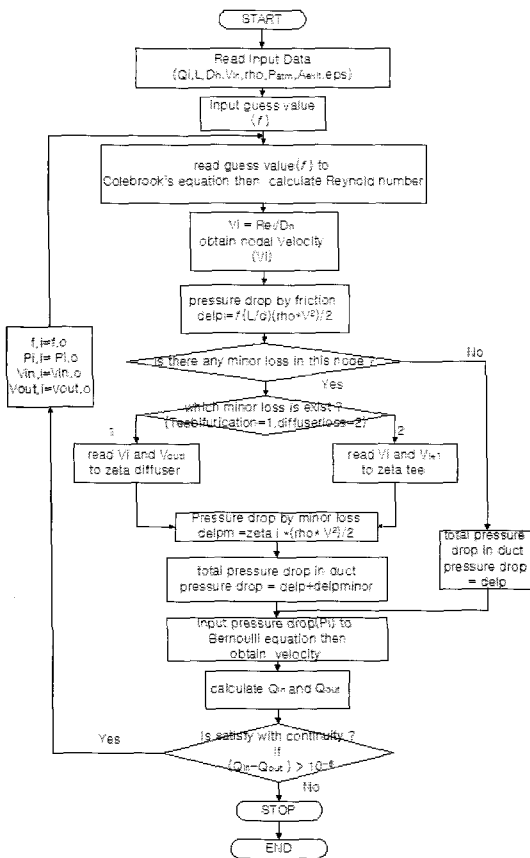


Fig. 4 Flow chart for system analysis.

구해진 각 구간에서의 덕트 내 유속과 취출 유속을 각 구간에서의 8개의 연속식에 대입하여 유입 유량과 취출유량의 차가 10<sup>-6</sup> 이하이면 조건을 만족한 것으로 결정하여 값을 출력하도록 하였다. 유입유량과 취출 유량의 차가 10<sup>-6</sup> 이상이 되면 벽면 마찰계수 값을 수정하여 계산을 반복 수행하였다.

번 취출구에서는 4번 취출구보다 적은 유량이 유출되었으나 Tee분지에서 멀어질수록 취출유량이 점차 증가하고 있는 것을 보이고 있다. B방향에서도 2번 취출구에서 1번 취출구보다 적은 유량이 취출되었다. 그리고 3번 취출구는 7번 취출구보다 1/2의 유량이 취출되었다.

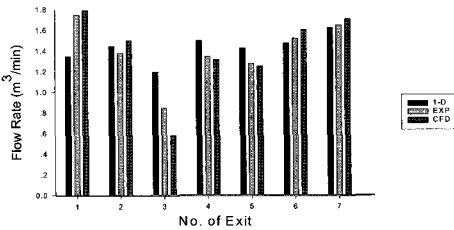


Fig. 5 The flow rate at exits.

Table 1 The flow rate at exits.

EXIT	FLOW RATE (m <sup>3</sup> /min)			ERROR (%)	
	EXP	1 -D	CFD	ε-ID	ε-CFD
1	1.75	1.34	1.79	-23.16	2.48
2	1.38	1.45	1.50	4.79	8.05
3	0.85	1.20	0.58	41.50	-46.35
4	1.34	1.50	1.31	11.55	-2.13
5	1.28	1.42	1.25	11.72	-2.16
6	1.52	1.47	1.60	-3.07	5.36
7	1.65	1.62	1.70	-1.52	3.46

이론을 이용한 1차원 해석에서는 3번 취출구에서 실험과 가장 큰 오차인 41.5%가 발생되었으며 7번 취출구 방향으로 갈수록 오차가 줄어들고 있음을 알 수 있다.

CFD 해석에서 얻은 속도 성분으로 각 구간별 유량을 살펴보면 Tee 분지 이후에는 B 방향으로 3.293 m<sup>3</sup>/min 이고 D 방향으로 6.448 m<sup>3</sup>/min 이다. 취출구의 개수가 적은 방향으로 적은 유량이 분할되어 유동이 진행된다. 1번 취출구로는 1.793 m<sup>3</sup>/min, 2번 취출구로는 1.5 m<sup>3</sup>/min의 유량이 취출되었다. D~H 구간에 있는 3번부터 7번 취출구로는 실험 결과와 같은 경향이 나타나고 있다.

CFD 해석에서 가장 큰 오차를 나타내고 있는 3번 취출구에서는 -46.35%의 비교적 큰 오차를 나

타내고 있다. 1번과 취출구에서 가장 작은 오차인 2.48 %를 나타내고 있으며 2번 취출구는 18.05 %의 오차를 나타내고 있고, 나머지 5, 6, 7번 취출구에서 6% 이하의 적은 양의 오차를 나타내고 있다.

1차원 해석에 쓰인 베르누이 방정식은 일정한 유선을 따라 변화하는 압력과 속도의 관계를 나타내므로 3번 취출구와 2번 취출구와 같이 Tee 분지 이후의 심한 불균일 유동에 대해서 큰 오차가 발생한 것으로 판단된다. 불균일 유동이 감소하고 있는 4, 5, 6, 7번 취출구 부근에서는 오차 또한 점점 감소하고 있는 것을 보이고 있다. 이는 1차원 해석에 쓰인 식들이 난류 유동이 예상되는 부근에서도 유동 특성을 반영하고 있는 것을 말한다. 1번 취출구에서는 실험에 의해 측정된 풍량 보다 적은 양이 계산되었다. 이는 1차원 식들이 덕트벽면과 유체의 충돌에 의한 유체의 속도변화를 반영하지 못하기 때문에 실제의 유동보다도 적은 취출량이 계산되어졌다.

A로부터 유입되어 Tee 분지에서 분할된 유체는 B와 D부근에서 재순환영역을 형성하고 있다. 또한 D부근의 재순환 영역이 B보다도 더 크게 형성되고 있다. 이러한 재순환영역의 형성은 3번 취출구에서의 오차값이 2번 취출구에서의 오차 보다 크게 만드는 원인이 된다.

### 3. 최적화

일정 취출 단면적을 적용하여 실험, 1 차원 이론 해석 그리고 3 차원 전산유체역학적 해석 방법으로 구해진 취출 유량은 각 해석 방법별로 차이는 있으나 모두 불균일한 취출유량을 나타내고 있다고 확인되었다. 1차원 해석과 CFD 해석 그리고 실험결과를 볼 때 1차원 해석은 재순환 영역 발생에 의한 오차발생을 제외하면 각 취출구에서의 취출풍량은 비교적 정확히 예측할 수 있는 것으로 판단된다. 송풍기 풍량을 각 취출구에서 균등분배하기 위한 방법으로는 덕트 단면적을 조절함으로써 각 취출풍량을 조절하는 방법과 취출 단면적을 조절하는 방법이 고려 될 수 있다. 본 실험 장치는 길이가 짧은 단순 덕트이므로 덕트 단면적을 조절하는 방법

은 적용에 문제점이 많다고 판단된다. 따라서 취출 단면적을 조절하여 취출풍량을 조절하는 것을 채택하였다. 모두 7개의 취출구가 있으므로 7개의 변수를 조절하여 균등분배를 이루는 최적화문제로 볼 수 있다.

실험이나 CFD해석을 이용하여 최적의 유량분배를 실현할 수 있는 최적 취출구면적을 구하는 것은 시간·비용을 고려하면 실질적으로 불가능하다. 반면 1차원 해석방법을 최적화 기법에 집착을 시킨다면 기존의 최적화 이론을 이용하면 효율적으로 최적 취출 단면적을 결정할 수 있다. 1차원해석을 바탕으로 하여 각 취출유량을 균일하게 하기 위해 목적함수를 설정한다. 목적함수는 최대 및 최소 취출 유량의 차를 제공한 양으로 설정하였다. 설계 변수로는 7개의 취출단면적을 지정할 수 있다. 식 (6)은 목적 함수를 나타내고 있다. 식 (7)에서  $x_i$ 는 취출구의 단면적을 결정할 수 있는 인자이다. 설계 변수  $x_i$ 는 0~10 cm의 범위를 가지고 조절되어진다. 최적화에 사용된 식은 아래와 같다.

Minimize

$$\text{Object} = (Q_{\max} - Q_{\min})^2 \quad (6)$$

Subject to

$$0 < x_i \leq 10 \quad i = 1, \dots, 7 \quad (7)$$

$$0 < v_i \leq 10 \quad i = 1, \dots, 7 \quad (8)$$

$v_i$ 는 취출구에서의 취출풍속을 나타내며 10 m/s를 최대 풍속으로 제한하였다. 7개의 설계변수를 제한된 범위에서 조절하면서 7개의 취출풍량중 최대값과 최소값의 차를 최소화시킨다.

Fig. 6은 최적화 과정전과 과정후의 설계변수의 변화를 나타내고 있다. 최적화 과정에서 얻은 최적 취출 단면은 3번 취출구에서 80.05 mm로 가장 큰 값을 갖으며 최적화 과정전과 비교하여 60.1%의 변화를 나타내고 있다. 7번 취출구에서 54.06 mm로, 8.12%의 변화를 보이며 가장 작은 값을 나타내었다.

Fig. 7은 1차원 식에서 얻은 최적취출구면적을 유량분배시스템에 적용하여 실험과 3차원 CFD 해석에서 구한 취출유량을 나타내고 있다. Table 2

에 나타낸 ERROR( $\epsilon$ )는 1차원 최적 유량 분배값을 기준으로 실험값과 3차원 CFD값을 비교한 것이다.

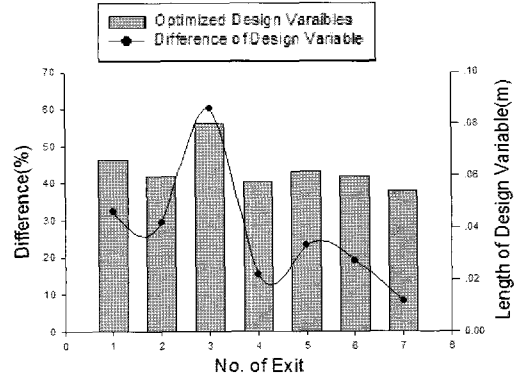


Fig. 6 The optimization of design variables

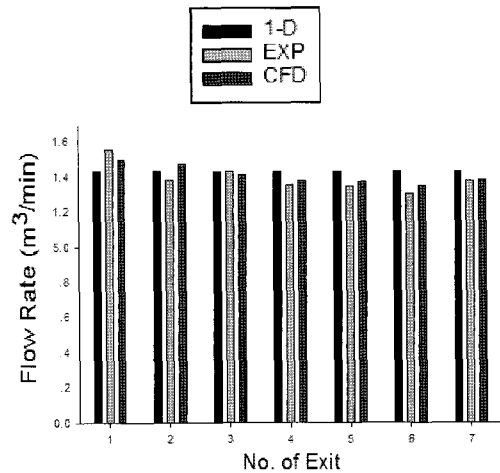


Fig. 7 The flow rate at optimum design.

Table 2 The flow rate from Exit after optimization process.

EXIT	FLOW RATE (m <sup>3</sup> /min)			ERROR (%)	
	EXP	1-D	CFD	$\epsilon$ -EXP	$\epsilon$ -CFD
1	1.557	1.43	1.497	8.99	4.79
2	1.384	1.43	1.474	-3.12	3.18
3	1.428	1.43	1.412	0.10	-1.16
4	1.377	1.43	1.374	-3.61	-3.82
5	1.353	1.43	1.367	-5.29	-4.31
6	1.347	1.43	1.347	-5.71	-5.71
7	1.306	1.43	1.370	-8.58	-4.10

1번 취출구 에서 3가지 해석에서 얻은 결과값이 크게 차이를 나타내고 있다. 2번 취출구 에서는 CFD해석에서 얻은 결과값이 실험과 1차원 해석에서 얻은 결과값과 차가 나고 있다. 3, 4, 5, 6번 취출구 에서는 실험과 CFD 해석에서 비교적 적은 오차가 발생하여 최적 설계 변수의 적용이 적절하다는 것을 알 수 있다.

### 3. 결 론

최적화 기법을 이용해 균등한 유량 분배를 실현시키기 위한 연구에서 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- (1) 연속식, 베르누이식을 이용한 1차원 해석은 실험결과와 평균오차 13.9%를 가지며 실험 시스템의 유량 분배 현상을 예측할 수 있었다.
- (2) 최적화 이론을 이용하여 균일한 유량을 분배할 수 있는 취출구 면적을 선정함으로써 이론적인 균일 유량 분배시스템을 실현하였다.
- (3) 최적 설계변수를 적용한 실험결과 및 CFD 결과는 -8.58 ~ 8.99%의 오차 범위를 가지며 균일하게 유량분배가 됨을 알 수 있었다.

### 참고문헌

- [1] Faye C. McQuiston, Jerald D. Parker, 1988, Heating, Ventilating and Air Conditioning Analysis and Design, John Willey & Sons, 4th Edition, New York, pp. 461~535
- [2] Tsal, R. J. and M.S.Adler, 1987, "Evaluation of numerical methods for duct work and pipelines optimization," ASHRAE Transactions Vol. 93, Part1, pp. 17~34.
- [3] Tsal, R. J., H. F. Behls and M. S. Adler, 1988, "T-method duct Design, Part 1, Optimization theory. Part 2: Calculation procedure and economic analysis," ASHRAE Transactions, Vol. 96, Part 2, pp. 3~31.
- [4] Tsal, R. J., H. F. Behls, 1986, "Evaluation of Duct Design Method," ASHRAE Transactions Vol. 92 Part 1A, pp. 347~361
- [5] Hillel Arkin, Avraham, Shitzer, "Computer aided optimal life-cycle design of rectangular air supply duct systems", 1979, Vol 85, Part.1, pp. 197~213, ASHRAE Transactions.
- [6] 이대우, 박명식, 박영우, 1998, "정풍량방식 덕트 에서 이중압력측정방법을 이용한 취출구의 풍량조절," 공기조화냉동공학논문집 제10권 제1호, pp. 66~78
- [7] 이승철, 이재현, 김우승, 오명도, 1998, "복합 덕트의 유량 분배특성에 관한 연구," 대한기계학회 춘계학술대회논문집, pp. 90~95

### 저 자 소 개



#### 강형선(姜馨善)

1966년 2월생, 1991년 조선대학교 정밀 기계공학과 졸업, 1995년 동 대학원 석사과정 졸업(공학석사), 2005년 전남대학교 박사과정 졸업(공학박사), 2003년~현재 조선이공대학 하이테크 CAD CAM과 겸임교수, (주)한양공영 연구소장



#### 조병기(曹秉岐)

1951년 11월생, 1981년 조선대학교 기계공학과 졸업, 1983년 동 대학원 석사과정 졸업(공학석사), 1996년 동 대학원 박사과정 졸업(공학박사), 1981년~현재 조선이공대학 하이테크 CAD CAM과 교수



#### 고영하(高永河)

1960년 10월생, 1985년 조선대학교 기계공학과 졸업, 1987년 동 대학원 석사과정 졸업(공학석사), 1992년 동 대학원 박사과정 졸업(공학박사), 1994년~현재 조선이공대학 하이테크 CAD CAM과 교수