

## 리어가이더 곡률반경에 따른 룸에어콘용 관류팬의 공력성능에 대한 실험적 연구

### Experimental Study on the Aerodynamic Performance of a Cross-Flow Fan for the Various Curvature Radius of a Rear-Guider for a Room Air-Conditioner

김장권\*† · 오석형\*\*

Jang-Kweon Kim\*† and Seok-Hyung Oh\*\*

(접수일 : 2013년 02월 07일, 수정일 : 2013년 05월 10일, 채택확정 : 2013년 05월 29일)

**Abstract:** The aerodynamic performance of a cross-flow fan is strongly influenced by the various design factors of a rear-guider and a stabilizer. The design factors considered in this paper are a rear-guider clearance, a stabilizer clearance, and a stabilizer setup angle, respectively. Also, these factors are given to the various diameter ratio between a basic circle and a impeller. The static pressure and the flowrate of a cross-flow fan were measured with a fan-tester. It could be found that the useful design factors with a good aerodynamic performance exist in the certain assembly conditions of an indoor RAC. Therefore, it could be known that a new published patent determining the easy design of an indoor RAC can be applied in a variety of goods.

**Key Words :** Aerodynamic Performance, Basic Circle Diameter, Cross-Flow Fan, Fan Tester, Flow Coefficient, Leading Angle, Rear-Guider, Room Air-Conditioner, Stabilizer, Static Pressure Coefficient, Static Pressure Efficiency

#### — 기 호 설 명 —

$D_0$  : 리어가이더의 곡률중심 기초원의 직경 [m]

$D_2$  : 관류팬의 외경 [m]

$g$  : 중력가속도 [ $m/s^2$ ]

$\ell$  : 관류팬의 순수 날개길이 [m]

$L$  : 동력 [Watt],  $\left(L = \frac{2\pi N \cdot T}{60 \times 1000}\right)$

$N$  : 팬 회전수 [rpm]

$p_s$  : 정압 [ $mmH_2O$ ]

$Q$  : 유량 [ $m^3/min$ ]

$R$  : 리어가이더의 곡률반경 [m]

$T$  : 토크(torque) [ $mN \cdot m$ ]

$U_2$  : 관류팬의 출구측 원주속도 [ $m/s$ ]

$\gamma$  : 공기의 비중량 [ $kg/m^3$ ]

$\epsilon_1$  : 리어가이더의 선단(leading)부 틈새 [m]

\*† 김장권(교신저자) : 군산대학교 동력기계시스템공학과  
E-mail : flowkim@kunsan.ac.kr, Tel : 063-469-1848

\*\* 오석형 : 군산대학교 기계공학부

\*† Jang-Kweon Kim(corresponding author) : Department of Power System Engineering, Kunsan National University.  
E-mail : flowkim@kunsan.ac.kr, Tel : 063-469-1848

\*\* Seok-Hyung Oh : School of Mechanical Engineering, Kunsan National University.

- $\epsilon_2$  : 스테빌라이저 설단(cut-off)부 틈새 [m]
- $\eta_s$  : 정압효율 [%],  $\left( \eta_s = \frac{p_s \cdot Q}{L \times 0.102 \times 60} \times 100 \right)$
- $\theta_1$  : 리어가이더의 선단각도 [°]
- $\theta_2$  : 스테빌라이저의 설치각도 [°]
- $\psi_s$  : 정압계수,  $\left( \psi_s = \frac{2g \times p_s}{\gamma \times U_2^2} \right)$
- $\phi$  : 유량계수,  $\left( \phi = \frac{Q}{D_2 \times l \times U_2} \right)$

## 1. 서 론

관류팬(cross-flow fan)은 현재 벽면에 설치 가능한 분리형 룸에어컨(이하 RAC라고 함) 실내기의 기류순환에 필수적인 팬으로 널리 사용되고 있다. 일반적으로 RAC에 많이 사용되는 플라스틱(plastic) 관류팬은 보통 단일원호를 갖는 많은 수의 전경익(forward-curved blade)으로 구성된 일정한 폭을 갖는 임펠러(impeller)를 초음파용접을 통해 횡 방향으로 여러 개를 붙여 만든다. 여기서 임펠러의 적절한 강성을 부여하기 위해서는 유리섬유를 적절히 섞어 사출하기도 한다.

한편, 관류팬 자체의 회전으로는 정압을 생성할 수 없기 때문에, 흔히 RAC용 관류팬이라 함은 임펠러 이외에도 RAC 실내기의 새시(chassis)를 포함해서 부르고 있다. 일반적으로 RAC 새시에는 Fig. 1과 같이 관류팬 전면에 위치하면서 증발기를 떠받치거나 제습된 물을 포집하는 스테빌라이저(stabilizer)와 관류팬 배면에 위치한 리어가이더(rear-guarder)로 구성된다. 따라서 새시는 관류팬의 유로를 구성하면서 정압을 회복시켜 관류팬의 공력성능에 큰 역할을 하게 된다.

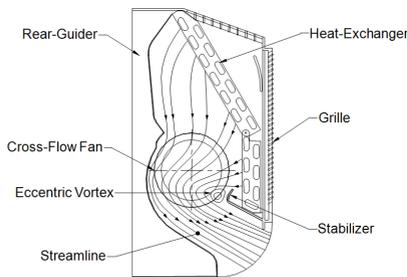


Fig. 1 Configuration of an indoor RAC

관류팬은 1893년 Mortier의 발명특허<sup>1)</sup>를 통해 최초로 소개되었다. 그 후, 큰 진전이 없다가 1953년 Eck에 이르러 관류팬의 내부유동을 구성하는 편심와(eccentric vortex)의 구조가 처음 발견되었다. 초창기에는 Eck, Laing, Laakso, Coaster, Zenkner 등에 의해 관류팬의 작동과정을 이해하려는 실질적인 연구가 활발하게 진행되어 왔으며<sup>2)</sup>, 그 후 Porter 등<sup>3)</sup>, Ilberg 등<sup>3)</sup>, Murata 등<sup>4)</sup>, Preszler 등<sup>5)</sup>, Tsurusaki 등<sup>6)</sup>, Toffolo 등<sup>7)</sup>에 의해 연구 내용이 더욱 발전되었다. 이들은 관류팬의 공력성능과 유동장은 편심와의 형상과 크기에 강한 영향을 받으며, 이 편심와는 주어진 관류팬에 대한 리어가이더의 형상과 크기 등에 의해서 크게 영향을 받는다는 것을 보여주었다. 그러나 관류팬에 대한 전형적인 설계방법이 아직까지도 명확히 정립되어 있지 않아 응용목적에 따라서는 시행착오에 의한 실험적 방법에 주로 의존하고 있는 실정이다. 이에 대한 예들로 국내에서도 관류팬에 대한 실험적 연구가 1990년대 후반부터 집중적으로 연구되었는데, Seo 등<sup>8)</sup>과 Koo<sup>9)</sup>들을 포함한 많은 연구자들은 RAC 실내기의 내부구조를 형성하는 스테빌라이저의 다양한 형상과 설치 위치, 그리고 리어가이더의 형상 및 공기토출구의 형상변화에 따른 풍량 및 소음 등의 성능변화를 실험적으로 연구한바가 있다. 한편, Kim<sup>10)</sup>은 관류팬을 기준으로 리어가이더 곡률반경의 원점을 새롭게 정하여 RAC 실내기의 내부 유로구조를 합리적으로 결정할 수 있는 새로운 특허를 발표한 이래, 이를 토대로 만들어진 하나의 리어가이더를 이용하여 관류팬과 이루는 틈새 및 스테빌라이저의 틈새와 설치각도의 변화에 따른 공력성능을 분석한 논문<sup>11,12)</sup>을 발표하여 특허의 타당성을 확보한바가 있다.

본 연구에서는 기 발표된 특허<sup>10)</sup>의 타당성을 더욱 확대하고자 다양한 리어가이더의 곡률반경에 따라 관류팬과 리어가이더의 틈새, 관류팬과 스테빌라이저의 틈새 및 설치 각도에 변화를 주었을 때 형성되는 RAC용 관류팬의 공력성능 특성을 분석하고자 한다. 따라서 본 연구에서는 높은 효율과 소음 저감이 가능한 관류팬의 최적 운전조건을 찾고자 하며, 아울러 관류팬에 대한 유로를 체계

적으로 설계할 수 있는 방안도 동시에 확립하고자 한다.

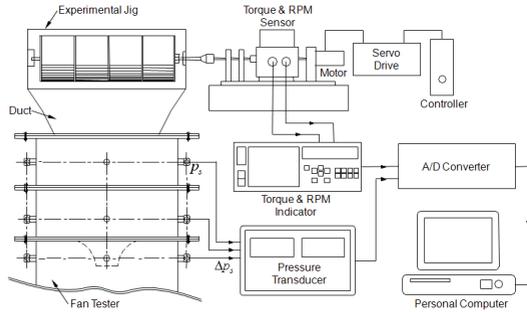


Fig. 2 Experimental setup for data acquisition

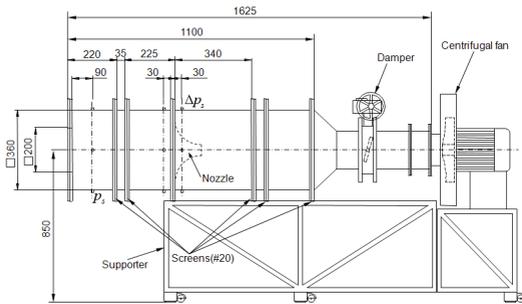


Fig. 3 Fan tester layout

## 2. 실험장치 및 실험방법

### 2.1 실험장치

Fig. 2는 본 실험에서 사용한 풍량에 따른 정압, 토크 및 회전수들을 측정하기 위한 실험 장치이다. 여기서 환테스터(fan tester)는 KSB 6311과 AMCA STANDARD 210-85를 참고로 하여 Fig. 3과 같이 흡입형 단일 노즐방식으로 설계 제작하여 사용하였다. 환테스터의 풍량은 교정작업을 통해 출구내경이 60 mm인 노즐 전후의 차압( $\Delta p_s$ )만 직접 측정하면 얻을 수 있도록 하였다. 또 환테스터의 구동장치는 최대용량이 100 mN·m인 토크 검출기(Onosokki, MD-105R)와 최대용량이 20,000 rpm인 회전수감지기(Onosokki, MP-981)가 부착되어 있고, 정격출력이 100 Watt인 AC 서보모터(Samsung, CSM-01)로 구동되도록 설계하였으며,

구동축(shaft) 끝은 환 축을 쉽게 결합할 수 있도록 척(chuck)을 이용하였다. 여기서 AC 서보모터의 구동은 인버터(inverter)방식인 서보드라이브(Samsung, CSDJ-01BX1)를 사용하였다. 또한 환테스터에서의 정압과 차압은 최대용량이 200 mmH<sub>2</sub>O인 차압센서(Furness, FCO332)를 이용하여 각각 측정하였으며, 관류환의 토크와 회전수의 측정은 전용저시기(Onosokki, TS-3600B)를 사용하였다.

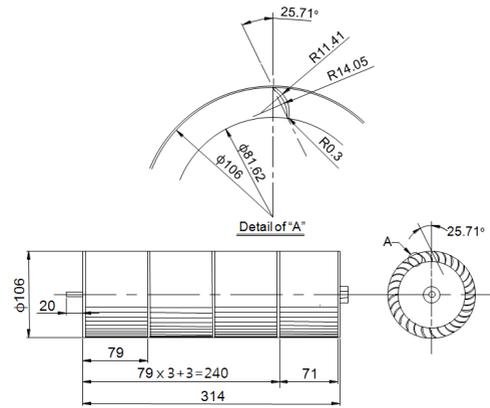


Fig. 4 Geometry configuration of a cross-flow fan

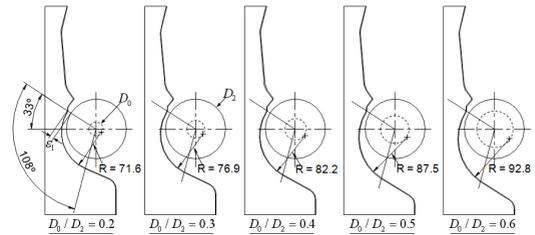


Fig. 5 Rear-guider models with various radius curvature

한편, 컴퓨터에서 차압센서들과 토크검출기 및 회전수감지기 등에 대한 신호(signal)들의 데이터들을 받아들이기 위해서는 A/D컨버터(Keithley, KPCI-3101)를 사용하였다. 이때, 데이터를 취득 및 평균화할 수 있도록 Testpoint(Keithley, version 4.5) 소프트웨어로 만든 전용프로그램에서 사용한 컨버터의 샘플링(sampling) 주파수는 10 kHz이며, 샘플링 수는 채널당 32768개이다.

## 2.2 실험방법

Fig. 4는 본 연구에서 사용한 관류팬의 상세한 기하학적 내용을 나타내고 있다. 관류팬은 외측 직경이 106 mm이고, 날개수가 35개이며, 길이가 710 mm인 L사의 양산품을 314 mm의 길이가 되도록 개조하여 사용하였다.

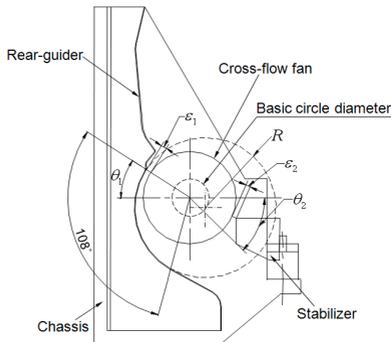


Fig. 6 Geometry configuration of an indoor RAC

Table 1 Design factors of an indoor RAC

Design Factor	Specification				
$\epsilon_1$	4, 6, 8, 10 mm				
$\epsilon_2$	5, 7, 9 mm				
$\theta_1(^{\circ})$	33				
$\theta_2(^{\circ})$	45, 55, 65				
$D_0/D_2$	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6
$R(mm)$	71.6	76.9	82.2	87.5	92.8

Fig. 5는 본 연구에서 사용한 5가지 형상들의 리어가이더를 나타낸다. 리어가이더의 곡률부<sup>10)</sup>는 관류팬과 동일한 원점을 가지면서 관류팬 외경의 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6배 크기로 각각의 기초원(basic circle)을 그린 다음 각각의 리어가이더에 대한 선단각도  $\theta_1 = 33^{\circ}$ 에서 그려진 직선이 관류팬 중심을 통과하면서 4상한의 기초원과 교차하는 지점들을 각각의 리어가이더 곡률부 원점으로 정하여 설계하였다. 이때, 리어가이더의 형상은 주어진 곡률반경을 가지고 선단각도에서부터 시작하여  $108^{\circ}$ 가 되는 지점까지 원호를 그리고,  $108^{\circ}$  이후부분은

꺾임이 없이 매끈하게 직선처리를 하였다. 또 선단각도 상부의 리어가이더 형상은 실제의 RAC 실내기에서와 같이 돌출부를 도입하였다. 한편, Fig. 6은 관류팬을 중심으로 리어가이더와 스테빌라이저의 설계인자를 조합한 RAC 실내기 새시를 나타낸 그림이다. 본 실험에서 사용한 각각의 설계인자들은 Table 1에 요약하였다.

본 연구에서 다른 관류팬의 공력성능은 Fig. 2와 같이 RAC 실내기 실험장치의 토출부를 Fig. 3의 웬테스터 입구에 덕트로 연결한 다음 관류팬의 회전축을 AC모터로 구동되는 구동장치의 척에 연결하여 일정회전수로 관류팬을 동작시킨 후, 댐퍼와 보조원심팬을 각각 조정하여 얻었다. 본 연구에서 사용한 회전수 범위는 Table 1에서 나타낸 설계인자들의 조합으로 다양한 수의 RAC 실내기 모델들이 만들어짐에 따라 공력성능이 모델별로 모두 다르게 나타나므로, 안정적인 토크부하를 측정할 수 있도록 650~700 rpm에 걸쳐서 일정회전수를 사용하였다. 따라서 본 연구에서는 회전수의 영향을 배제하기 위해 무차원계수로 유량계수에 따른 정압계수 및 정압효율들을 가지고 공력성능을 분석하였다.

## 3. 실험결과 및 고찰

### 3.1 리어가이더 틈새변화에 따른 공력성능

Fig. 7과 Fig. 8은 각각 리어가이더의 선단부가 관류팬과 이루는 최소틈새에 따라 얻어진 유량계수에 대한 정압계수 및 정압효율의 분포를 나타낸다. 여기서는 편의상 리어가이더의 선단각도와 스테빌라이저의 틈새 및 설치각도를 각각  $\theta_1 = 33^{\circ}$ ,  $\epsilon_2 = 7mm$ ,  $\theta_2 = 55^{\circ}$ 인 조건에서 Fig. 5에 나타낸 리어가이더의 곡률반경(즉, 기초원에 대한 관류팬 직경비)별로 수치자료들을 중첩시켜 비교하였다.

유량계수에 대한 정압분포(Fig. 7 참조)를 통해 볼 때, 최대유량계수(즉, 최대유량)를 포함한 안정성을 보이는 정압계수(즉, Fig. 8에서 최대정압효율의 우측구간에 해당함)분포는 리어가이더의 곡률반경이 증가할수록 리어가이더의 틈새변화에 관계없이 증가하여 나타난다. 다만, 직경비

$D_0/D_2 = 0.2 \sim 0.5$ 까지는 뚜렷이 구별되는 분포모습을 보여주나  $D_0/D_2 = 0.5$ 와  $D_0/D_2 = 0.6$ 의 경우  $\epsilon_1 = 8\text{mm}$ 까지는 서로 겹쳐 나타나기도 한다. 특히  $D_0/D_2 = 0.2$ 의 경우는 상대적으로 관류현의 출

용하여 최대정압계수가 대체적으로  $\psi_s = 1.3$ 보다 낮게 나타나 가장 저조한 공력성능을 보여주고 있다. 반면  $D_0/D_2 = 0.5$ 의 경우 최대정압계수는 대체적으로  $\psi_s = 1.8$ 부근까지 형성되며, 가장 높은 수준을 유지하고 있다.

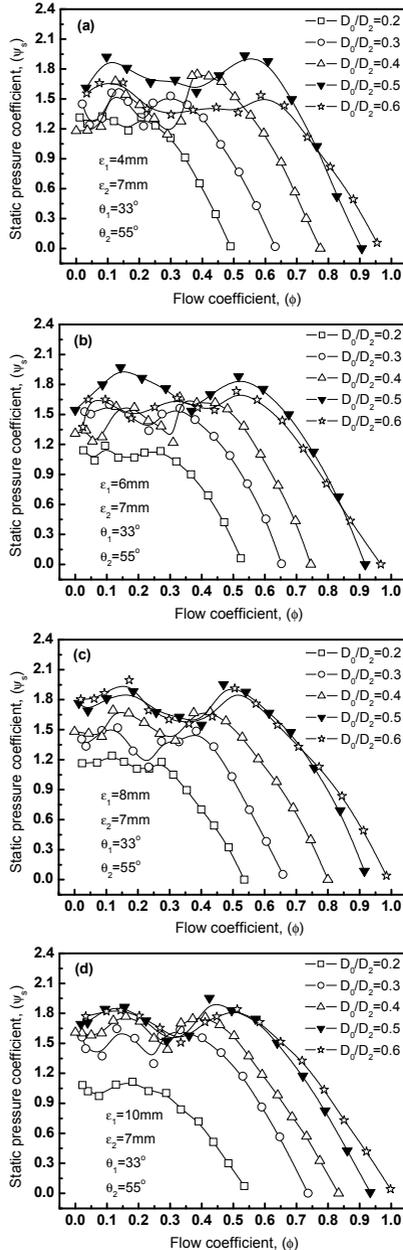


Fig. 7 Static pressure coefficient profiles for the various rear-guider clearances

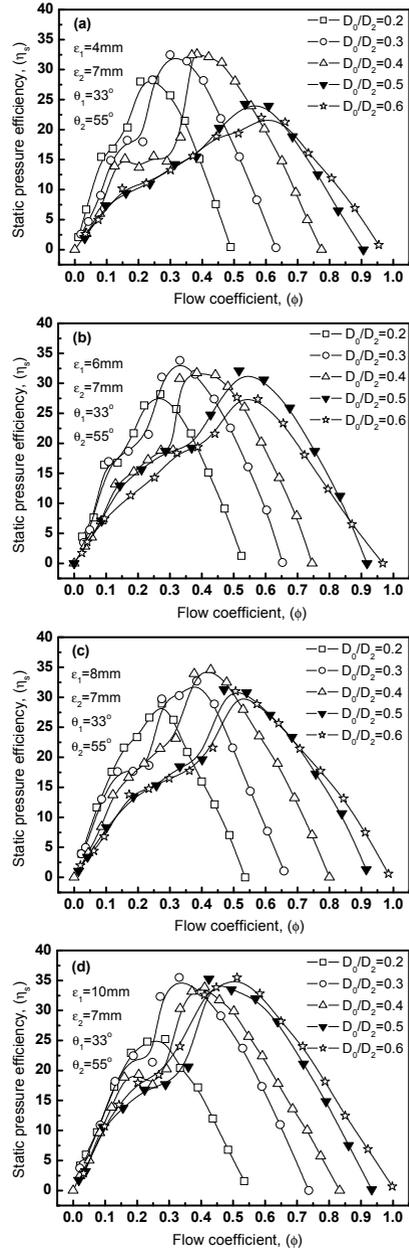


Fig. 8 Static pressure efficiency profiles for the various rear-guider clearances

Fig. 8의 정압효율분포에서 RAC 실내기 모델들을 매번 실험할 때 치수조정조건의 정확성 부족으로 발생하는 계측오차 등을 감안하면, 최대정압효율은 리어가이더의 틈새변화에 관계없이 약 35%의 크기를 넘지 못하며, 또 최대정압효율은 리어가이더의 틈새변화에 따라 약간은 변하지만, 직경비( $D_0/D_2$ )에 따라 비교적 일정한 유량계수 구간에서 존재한다고 볼 수 있다. 참고로  $\epsilon_1 = 4mm$ 를 제외하고 굳이 유량계수 구간을 나타내자면,  $D_0/D_2 = 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6$ 에 따라 차례로  $\phi \approx 0.25, 0.35, 0.42, 0.55, 0.55$ 라 할 수 있다. 한편, 비슷한 크기의 최대정압효율을 통해 리어가이더의 틈새에 따른 유용한 직경비를 살펴보면,  $\epsilon_1 = 4mm$ 에서는 직경비  $D_0/D_2 = 0.3 \sim 0.4$ 에서 그리고  $\epsilon_1 = 6mm$ 에서는  $D_0/D_2 = 0.3 \sim 0.5$ 에서 유용하다. 또  $\epsilon_1 = 8mm$ 와  $\epsilon_1 = 10mm$ 에서는 모두  $D_0/D_2 = 0.3 \sim 0.6$ 에서 유용하다. 따라서 공력성능이 우수한 특징만을 고려해 보면, 리어가이더의 틈새는  $\epsilon_1 = 6 \sim 10mm$ 에서 직경비를  $D_0/D_2 = 0.5 \sim 0.6$ 으로 선택하는 것이 유용하게 사용할 수 있는 설계인자로 볼 수 있다.

### 3.2 스테빌라이저 설단부 틈새에 따른 공력 성능

Fig. 9와 Fig. 10은 각각 스테빌라이저의 설단부가 관류현과 이루는 최소틈새에 따라 얻어진 유량계수에 대한 정압계수 및 정압효율의 분포를 나타낸다. 여기서는 편의상 리어가이더 선단각도와 선단부 틈새 및 스테빌라이저의 설치각도를 각각  $\theta_1 = 33^\circ, \epsilon_1 = 8mm, \theta_2 = 55^\circ$ 인 조건에서 Fig. 5에 나타난 리어가이더의 곡률반경별로 자료들을 중첩시켜 비교하였다.

Fig. 9와 Fig. 7(c)를 포함해서 비교할 때, 최대유량계수, 즉 최대유량은 스테빌라이저 설단부 틈새의 증가에 따라 감소하며, 최대유량계수 역시 감소한다. 그리고 유량계수에 따른 정압계수곡선은  $D_0/D_2$ 의 증가에 따라 뚜렷이 증가하여 나타나나,  $\epsilon_2 = 9mm$ 를 제외하곤  $D_0/D_2 \geq 0.5$ 부터는 안정된 유량계수 구간에서의 변화폭이 상대적으로 작다.

또 Fig. 10과 Fig. 8(c)를 포함해서 최대정압효율은 스테빌라이저 설단부 틈새의 증가에 따라 감소하

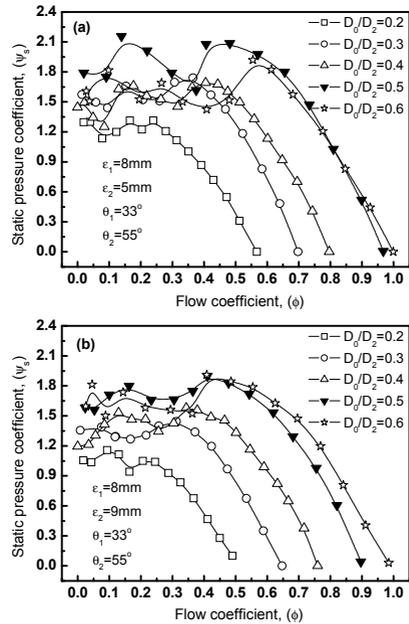


Fig. 9 Static pressure coefficient profiles for the various stabilizer clearances

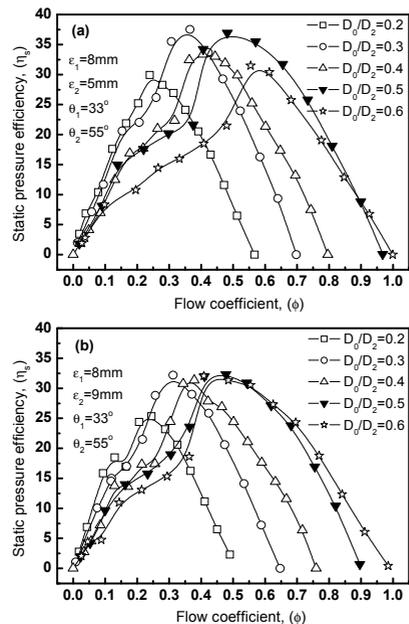


Fig. 10 Static pressure efficiency profiles for the various stabilizer clearances

는 경향을 보이며,  $\epsilon_2 = 9mm$ 에서는  $D_0/D_2 = 0.2$ 를 제외하곤 비슷한 크기들을 보이고 있다. 한편,  $\epsilon_2 = 5mm$ 에서는 상대적으로 정압계수가 높지만,  $\epsilon_2/D_2 = 0.047 < 0.06^{5,13}$ 에 해당하므로 BPF(blade-passing frequency) 소음이 발생할 염려가 있어 바람직하지 않으나  $\epsilon_2 = 9mm$ 에서는  $D_0/D_2 = 0.5 \sim 0.6$ 에서 최대정압효율을 보이는 정압계수가  $\psi_s \approx 1.8$ 로 비교적 유사하기 때문에,  $\epsilon_2 = 7 \sim 9mm$ 가 유용하게 사용할 수 있는 설계조건으로서 추천된다.

### 3.3 스테빌라이저 설치각도에 따른 공력성능

Fig. 11과 Fig. 12는 각각 스테빌라이저의 설치각도에 따라 얻어진 유량계수에 대한 정압계수 및 정압효율의 분포를 나타낸다. 여기서는 편의상 리어가이더 선단각도와 선단부 틈새 및 스테빌라이저의 설단부 틈새를 각각  $\theta_1 = 33^\circ$ ,  $\epsilon_1 = 8mm$ ,  $\epsilon_2 = 7mm$ 인 조건에서 Fig. 5에 나타낸 리어가이더의 곡률반경별로 자료들을 중첩시켜 비교하였다.

Fig. 7(c)를 포함해서 Fig. 11을 비교할 때, 유량계수에 따른 정압계수 곡선에서는 스테빌라이저의 설치각도  $\theta_2$ 의 증가에 따라 직경비  $D_0/D_2$ 에 관계없이 대체적으로 최대정압은 상승하며, 최대유량은 현저히 감소함을 알 수 있다. 이것은  $\theta_2$ 가 증가함에 따라 관류현을 둘러싼 RAC 새시의 출구면적이 감소되기 때문에, 시스템저항이 증가하게 되어 나타나는 현상이다. 특히  $\theta_2 = 65^\circ$ ,  $D_0/D_2 > 0.5$ 에서는 안정을 보이는 유량계수 구간에서 정압계수는 최대  $\psi_s \approx 2.1$ 까지 나타난다. 한편, Fig. 8(c)를 포함해서 Fig. 12를 비교하면,  $\theta_2 = 65^\circ$ ,  $D_0/D_2 = 0.2$ 에서는 유량계수에 따른 정압효율이 가장 작게 나타나며,  $\theta_2$ 가 증가함에 따라 최대정압효율을 나타내는 유량계수 위치는 뚜렷이 구분되고 있다. 따라서 유량 및 정압의 상승이 우수한 스테빌라이저의 설치각도는  $\theta_2 = 55^\circ$ 가 적절하다고 판단된다. 그러나 설계자가 원하는 시스템의 조건들에 따라 시스템저항들이 모두 다를 수 있기 때문에,  $\theta_2 = 45^\circ$ 와  $\theta_2 = 65^\circ$ 의 경우에도 최대정압효율의 크기들이 유사하게 나타나는 일부  $D_0/D_2$ 들도 유용한 설계조건들로 선정될 수 있다고 본다.

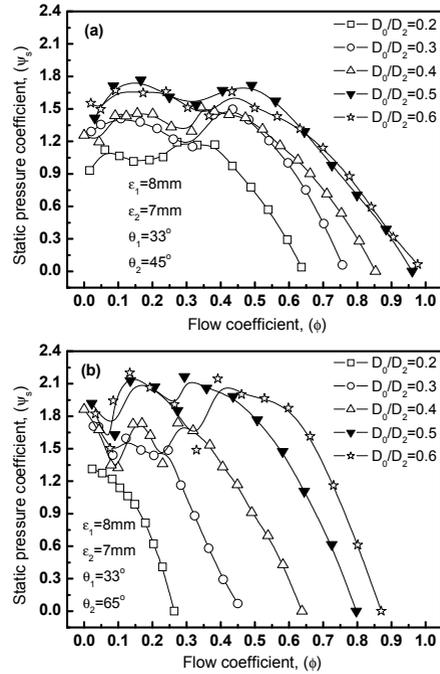


Fig. 11 Static pressure coefficient profiles for the various stabilizer setup angles

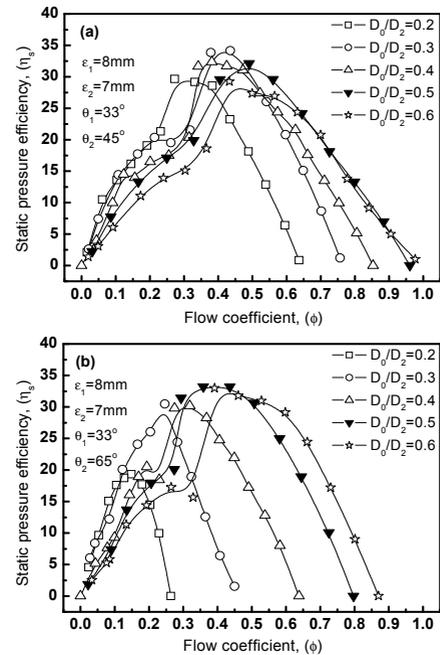


Fig. 12 Static pressure efficiency profiles for the various stabilizer setup angles

## 4. 결 론

리어가이더의 곡률반경을 달리한 RAC 실내기에서 관류팬과 이루는 리어가이더의 틈새와 스테빌라이저의 틈새 및 설치 각도에 변화를 주었을 때, 관류팬의 공력특성을 분석한 결론은 다음과 같다.

(1) 관류팬의 최대유량은 리어가이더의 선단부 틈새( $\epsilon_1$ )가 증가할수록 증가하며, 스테빌라이저의 설단부 틈새( $\epsilon_2$ )가 증가할수록 감소한다.

(2) 리어가이더의 곡률반경이 증가할수록  $\epsilon_1 > 4 \text{ mm}$ ,  $D_0/D_2 \leq 0.5$ 까지는 유량계수에 따른 정압계수 곡선은 뚜렷이 증가하여 나타나지만,  $D_0/D_2 \geq 0.5$ 에서는 증가폭이 둔화된다.

(3) 리어가이더 선단부 및 스테빌라이저 설단부 틈새 변화에 따른 공력성능이 우수한 조건을 고려하면,  $\epsilon_1 = 6 \sim 10 \text{ mm}$ ,  $\epsilon_2 = 7 \sim 9 \text{ mm}$ 에서  $D_0/D_2 = 0.5 \sim 0.6$ 으로 선택하는 것이 유용하게 사용할 수 있는 설계인자로 볼 수 있다.

(4) 스테빌라이저의 설치각도( $\theta_2$ )를 증가시키면, 관류팬의 출구면적이 줄어들어 정압계수는 상승하나 유량은 현저히 감소한다. 이것은 직경비가 작을수록 더 현저하게 나타난다.

이상의 결과들을 통해 관류팬을 기준으로 리어가이더 곡률반경의 원점을 새롭게 정하여 RAC 실내기의 내부구조를 합리적으로 결정할 수 있는 기 발표된 새로운 특허방법<sup>10)</sup>은 매우 유용함을 알 수 있었다.

## References

1. P. Mortier, 1893, "Fan or Blowing Apparatus", U. S. Patent No. 507445.
2. A. M. Porter and E. Markland, 1970, "A Study of the Cross Flow Fan", J. Mechanical Engineering Science, Vol. 12, No. 6, pp. 421-431.
3. H. Ilberg and W. Z. Sadeh, 1965, "Flow Theory and Performance of Tangential Fans", Proc. Instn. Mech. Engrs., Vol. 180, Part 1, No. 19, pp. 481-491.
4. S. Murata and K. Nishihara, 1976, "An Experimental Study of Cross Flow Fan (1st Report, Effects of Housing Geometry on the Fan Performance)", Bulletin of the JSME, Vol. 19, No. 129, pp. 314-321.
5. L. Preszler and T. Lajos, 1972, "Experiments for the Development of the Tangential Flow Fan", Proc. of the 4th Conference on Fluid Machinery, Budapest, Akademiai Kiado, pp. 1071-1082.
6. H. Tsurusaki et al., 1993, "Study of Cross-Flow Fan Internal Flow by Flow Visualization (1st Report, Discussion of Measured Results by Particle-Tracking Velocimetry)", Trans. of JSME (Series B), Vol. 59, No. 568, pp. 3743-3748.
7. A. Toffolo, A. Lazzaretto and A. D. Martegani, 2004, "An Experimental Investigation of the Flow Field Pattern within the Impeller of a Cross-Flow Fan", Experimental Thermal and Fluid Science, Vol. 29, No. 1, pp. 53-64.
8. S. H. Seo, N. Y. Lee, J. H. Lee, S. W. Chin and K. S. Im, 1995, "A Study of Stabilizer for the Noise Reduction in Room Air Conditioner", Proc. of KSNVE Fall Annual Meeting, pp. 136-141.
9. H. M. Koo, 1999, "An Experimental Study on the Influences of Some Basic Design Parameters on the Performance Characteristics of the Cross-Flow Fan System in Air-Conditioner", Trans. of KSME (Part B), Vol. 23, No. 6, pp. 695-702.
10. J. K. Kim, 1996, "Judging Method of Rear-Guider Shape of Cross-Flow Fan", K. S. Patent No. 107610, November 13. (in Korean)
11. J. K. Kim, 2005, "Experimental Study on the Aerodynamic Performance Characteristics for Various Design Factors in the Maximum Flowrate range of a Cross-Flow fan", J. of KSPSE, Vol. 9, No. 3, pp. 44-49.

12. J. K. Kim and K. J. Jeong, 2005, "Study on the Aerodynamic Performance of a Cross-Flow Fan for the Various Design Factors of an Indoor Room Air-Conditioner", J. of KSPSE, Vol. 9, No. 3, pp. 33-38.
13. T. Ikui and M. Inoue, 1988, "Turbo-Blowers and Compressors", Corona Publishing Co., LTD., pp. 293-297.