

횡류팬 내부 유동 분석을 위한 가시화 기법 개발

이아미* · 한규일* · 주재만** · 라선욱** · 김동원** · 고한서***

Development of Visualization Technique for Analysis of Internal Flow for Cross-flow Fan

A-Mi Lee*, Kyu-Il Han*, Jaeman Joo**, Seon-Uk Na**, Dong-Won Kim**
and Han Seo Ko***

Keywords : RAC (룸에어컨), PIV (입자 영상 속도법), cross-flow fan(횡류팬), eccentric vortex (편심와)

Abstract

Internal and inlet flows of a cross-flow fan have been visualized using a particle image velocimetry(PIV) to analyze a relationship with a performance of a room air conditioner(RAC). A test model which has a geometric similarity with the real RAC has been manufactured for the experiment and the flow characteristics have been analyzed with various flow rates and inlet grill angles for the cross-flow fan. The experimental results using the PIV technique have been compared with the existing numerical results. Also, a location and movement of an eccentric vortex which can affect the performance and noise of the RAC has been investigated by the PIV with various flow rates and inlet grill angles.

1. 서론

횡류팬은 내부를 횡단하는 형태의 유동 특성을 가지고 있기 때문에 축방향 유동을 무시할 수 있고 회전수나 팬의 직경을 변화시키지 않고 팬의 길이만을 변화시켜 유량의 증감을 조절할 수 있으며 비교적 소형으로 제작할 수 있으므로 RAC(Room Air Conditioner)에 널리 사용되고 있다.

최근 횡류팬이 사용되는 RAC의 개발은 고성능 저소음화의 방향으로 진행되면서 RAC의 성능과 소음에 가장 큰 영향을 미치는 횡류팬과 횡류팬 내부의 편심와에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다 [1]. 특히 팬 내부에 존재하는 편심와는 팬 내부로 역류를 일으키며 이 역류는 에너지의 손실을 발생시켜 팬의 효율을 저감시킨다고 알려져 있으므로 편심와의 제어는 고성능 저소음화 RAC를 실현하는데 중요하다.

횡류팬을 포함한 RAC의 각 설계인자는 서로 연관되어 전체적인 소음과 성능을 결정하므로 팬 자체에 대한 연구뿐만 아니라 설계인자들과의 상호영향에 대한 연구가 수행되어야 하며, 실기 RAC system 구성과 유사한 조건에서의 연구가 필요하다.

본 연구에서는 실기 RAC system 구성 조건에서 흡입각 및 풍량을 변화시켜 흡입 유동과 횡류팬 내부 및 토출 유동을 PIV(Particle Image Velocimetry)측정기법에 의해 가시화하고 이를 분석하여 고성능 저소음 RAC 설계의 기초자료로 제공하고자 한다.

2. 실험장치 및 방법

실기 RAC와 기하학적 상사성을 가진 시험모델을 제작하였고, 시험모델의 측면 및 횡류팬의 측면을 투명하게 제작하여 PIV 입자영상 취득이 용이하도록 하였다. 횡류팬의 내부 및 토

출 유동을 가시화하기 위해서 팬의 블레이드 중심에 slot을 만들어 투명 필름을 부착하여 레이저 빔이 횡류팬 내부에 충분히 조사될 수 있게 하였다. 광원은 50mJ dual-head Nd:YAG 레이저(532nm)를 사용하였고, 레이저 sheet의 두께는 2mm이다. 영상획득을 위해 CCD 카메라(Kodak, 2X2) 한 대를 사용하였으며 1초에 15장의 영상을 획득하였다. Synchronizer를 사용하여 실험장치 및 CCD 카메라와 레이저를 동기화시켰다. Seeding 입자로는 Olive oil 을 사용하였으며 INSIGHT 3G 프로그램을 이용하여 획득한 이미지로부터 Two frame cross-correlation 기법에 의해 속도 벡터를 추출하였다.

실험에서 흡입구 grill 각도는 실기 RAC가 작동할 때의 흡입구 grill 각도인 10° 를 기준으로 0°, 10°, 20°, 180° 네 가지로 변화시켰으며, 풍량은 실기 RAC의 풍량 변화를 기준으로 하여 저속에서 고속으로 (790rpm, 1070rpm, 1210rpm) 변화시켰다. 시험 모델에 장착된 토출 블레이드의 각도는 실기 RAC와 같이 40° 로 고정하여 실험을 수행하였다.

3. 결과 및 고찰

Fig. 1는 흡입구 grill의 각도가 10°로 일정할 때의 풍량 변화에 따른 흡입구와 횡류팬 내부 및 토출구의 유속을 측정하여 가시화한 것이다. 흡입구에서는 풍량이 증가할수록 전체적인 유동의 형태는 비슷하고 흡입 유속만 증가함을 관찰할 수 있다. (Figs. 1 (a), (c), (e)). Figs. 1 (b), (d), (f)를 통해 팬 내부를 관통하는 유동과 스테빌라이저 부근의 재 흡입유동에 의해 생성되는 편심와의 위치, 크기 및 움직임 등을 풍량 변화에 따라 비교할 수 있다. 편심와의 위치와 크기는 풍량 변화에 관계없이 거의 일치하였으며, 움직임 또한 매우 작았다. 풍량이 증가할수록 스테빌라이저 부근의 재 흡입속도의 증가로 편심와 중심의 크기는 상대적으로 감소하는 경향을 나타내었으나, 풍량 변화는 전체적으로 편심와에 거의 영향을 끼치지 않음을 알 수 있었다.

Fig. 2는 회전속도가 1210rpm으로 일정할 때, 고유량에서 흡

* 성균관대학교 대학원, prettyami@skku.edu

* 성균관대학교 대학원, hankut@skku.edu

** 삼성전자 DA연구소, dongwon71.kim@samsung.com

*** 성균관대학교 기계공학부, hanseoko@yurim.skku.ac.kr

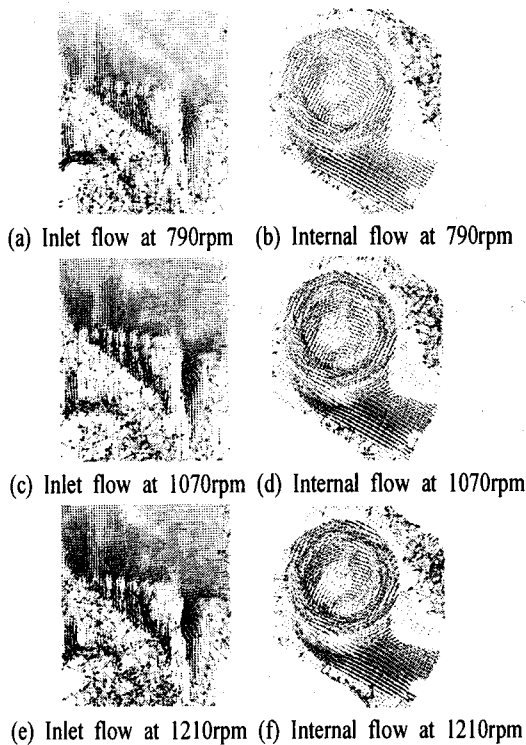


Fig. 1 Velocity distribution of RAC for inlet grill of 10° with various speeds

입구 grill 각도에 따른 흡입구와 횡류팬 내부 및 토출구의 유동의 변화를 관찰한 것이다. rpm이 증가할수록 흡입속도 및 팬 내부 속도가 흡입구 grill 각도에 따라 변화하나 지면의 한계 때문에 실험 결과 중 하나의 rpm을 선정하여 유동 구조를 나타내었다. Figs. 2 (a), (c), (e), (g)에서는 흡입구 grill의 각도를 변화시켜 RAC 시험모델의 전방과 상방으로 흡입되는 공기의 양과 유속을 측정된 결과를 보여주고 있다. 흡입구 grill의 각도가 증가할수록 상방의 흡입면적이 증가되므로 전방과 상방의 흡입량이 비슷해지고 흡입 유속이 작아지며 흡입유동이 안정됨을 보인다. Figs. 2 (b), (d), (f), (h)는 흡입구 grill의 각도를 변화시켰을 때, 횡류팬 내부 및 토출 유동을 나타내었다. 흡입각의 변화로 인한 상방의 흡입 면적 감소는 흡입 저항의 증가로 이어져 편심와의 위치와 크기에 영향을 미칠 것이라 예상하였으나 편심와의 위치 및 크기는 고정되며 또한 편심와 중심의 크기도 일정한 양상을 보였다. 이는 흡입공기가 열교환기를 통과할 때 저항에 의해 안정화가 되어 횡류팬으로 흡입 및 토출되어지기 때문이라 생각된다.

횡류팬 내부 유동 가시화를 통해 흡입공기가 팬의 내부를 관통하여 토출되는 경로 및 횡류팬 내부 편심와의 영역을 확인할 수 있었다. 편심와 영역은 대략 횡류팬 내부 면적의 2/3정도를 차지하며 이는 이지석[2], 전용두[3] 등에 의해 제시된 수치해석 결과와는 차이를 보인다. 횡류팬은 RAC 구성 설계 인자들에 의해 많은 영향을 받으나, 기존 연구자들에 의해 수행된 수치해석은 횡류팬과 스테빌라이저, 리어가이더만을 고려한 결과이므로 실기 RAC system과 같은 구성 조건에서 수행되었던 본 실험 결과가 실제 유동에 근접할 것이라고 판단된다. 편심와 영역의 크기 증가는 팬 내부에서 상대적으로 흡입 및 토출 영역의 감소와 연관되며, 결과적으로 RAC 토출 성능 저감 현상을 일으킬 것이라 예상되어진다.

4. 결론

PIV 기법을 사용하여 흡입구 grill 각도 변화에 따른 RAC 유동장의 전체 거동을 가시화하여 분석하였다. 실기 RAC의 풍량

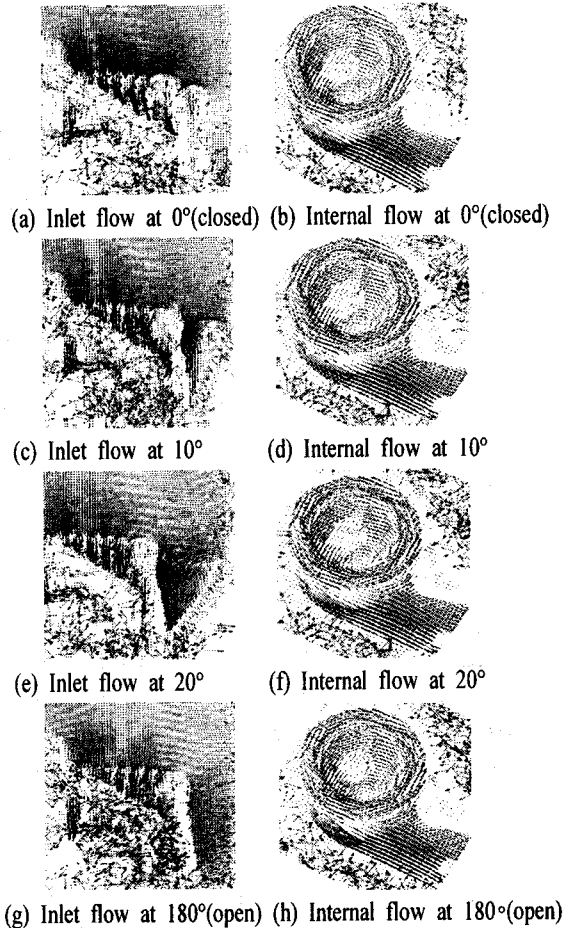


Fig. 2 Velocity distribution of RAC for 1210rpm with various inlet grill angles

조건에서는 풍량 변화가 편심와에 미치는 영향은 매우 작음을 알 수 있었다. 또한 흡입각의 증가는 흡입 유동을 안정화시켰으며, 흡입 각도 및 풍량이 변화하여도 횡류팬의 내부 유동 구조와 편심와의 크기, 위치 등은 일정함을 보였다. 이는 흡입공기가 열교환기를 통과하면서 안정화되기 때문이며 팬의 내부 유동 구조와 편심와는 흡입각 및 풍량에 영향을 받지 않는다는 예상을 할 수 있다. 또한 횡류팬 내부 편심와 영역의 크기는 기존의 수치해석으로 수행된 결과와 차이를 보임을 알 수 있었고, 편심와 영역의 증가는 팬의 흡입 및 토출 영역의 감소로 이어져 RAC의 성능 저감의 원인이 됨을 확인하였다.

RAC system의 다른 설계인자와 횡류팬 내부 편심와의 상관관계에 대한 PIV 실험은 현재 진행 중에 있으며, 이는 편심와를 제어하여 고성능, 저소음 RAC를 개발하는데 필요한 기초 자료로 사용될 수 있을 것이다.

참고문헌

- [1] 김재원, 황태연, 1999, "횡류팬 주변 기하학적 형상 변화에 따른 유체유동에 관한 연구", 공기조화 냉동공학회 하계학술발표회 논문집, pp.1441-1448
- [2] 이지석, 이상환, 정성원, 1995, "V.E.M을 이용한 횡류팬 유동장 해석", 공기조화 냉동공학회 하계학술발표회 논문집, pp.203-208
- [3] 전용두, 이종수, 2002, "횡류팬 유로 최적화를 위한 수치실험", Journal of Industrial Technology, pp.17-23
- [4] 구형모, 1999, "에어컨용 직교류팬 시스템의 성능특성에 대한 기본적 설계변수의 영향에 관한 실험적 연구", 대한기계학회 논문집 B권, 제 23권 제 6호, pp.695-702