

프로펠라 팬과 앞판과의 간격이 팬 성능에 미치는 영향에 관한 연구

엄운섭* · 부정숙** · 윤인철*

The Study on Performance of Propeller Fan according to Distance of Front Plate

Y. S. Eom · J. S. Boo · I. C. Yoon

Key words : Propeller Fan(프로펠러 팬), Front Plate(앞판), Fan Performance(팬 성능),
Flow Field(유동장), LDV(레이저 도플러 속도계)

Abstract

A study on performance of a propeller fan according to the distance between the front plate and the fan was conducted experimentally. Different characteristics of performance were found on the performance curve. Flow measurements using the three dimensional LDV system show that the zone of recirculation exists around the fan. The differences of performance in changes of the distance occurs because the zone of recirculation is much wider at the distance of 24mm than at that of 30mm.

1. 서 론

프로펠라 팬은 축류팬의 일종으로 냉각용 팬이
나 환풍기용으로 광범위하게 사용되고 있다.

일반적으로 프로펠라 팬은 원심 팬에 비해서 구
조가 간단하며 효율이 높고 풍량이 많은 장점이 있
으나 동일한 압력상승을 얻기 위해서는 원심 팬 보
다 크기가 대형이거나 고속회전이 되어야 하므로
압력 상승이 크지 않으며 많은 풍량이 요구되는 산

업용 냉각장치의 냉각탑이나 가전기기인 냉장고,
에어컨, 전자레인지의 냉기순환 및 회로 등 주변기
기의 냉각에 널리 쓰이고 있다. 따라서 이러한 기
기의 성능 향상 및 소음을 감소시키기 위하여 팬
주위의 유동에 대한 정확한 해석은 팬 설계 연구에
필수적이며 매우 중요하다. 그러나 팬 주위의 유동
은 회전속도의 성분이 존재하는 3차원 고속 난류
유동이며 날개후단에서 생성된 와가 이탈하면서
유동이 매우 복잡하기 때문에 이론적 연구보다는

* LG전자(주) D.A. 사업본부 연구소(원고접수일 : 2000년 4월)

** 부산대학교 기계공학부 기계기술 연구소

실험적 연구가 주로 진행되어 왔다.⁽¹⁾⁻⁽²⁾

Fukano등⁽³⁾⁻⁽⁴⁾은 프로펠라 팬에서 팬의 축 방향 위치, 덕트의 길이, 덕트 입구형상, 날개끝단과 덕트의 간격과 같은 인자를 변화시켜 공력특성 및 소음저감에 대하여 연구하였으며 팬의 위치가 팬 폭의 절반만큼 덕트에 삽입되었을 때가 최고 효율이 가장 높고 소음은 효율이 높을수록 낮아짐을 밝혔다. 김진권과 강신형⁽⁵⁾은 프로펠라 팬의 성능곡선상의 유량과 풍량이 동시에 감소하는 불연속점을 관찰하여 고 유량 영역에서는 축 방향의 유동 구조가, 저 유량 영역에서는 반경방향의 유동구조로 변화가 일어남을 밝혔다.

이러한 기존의 연구들은 열선 유속계 및 5공피토 튜브를 사용하여 팬 주위의 난류 유동을 측정함으로써 측정오차가 커지는 단점이 있으므로 본 논문에서는 이를 보완하기 위하여 3차원 프루브 타입의 LDV시스템을 사용하여 프로펠라 팬이 구조상 앞판을 가질 경우 프로펠라 팬과 앞판과의 간격에 따라 속도분포를 측정하고 이 간격이 성능에 미치는 영향을 연구하였다.

2. 실험장치 및 방법

본 실험에서 사용된 팬의 성능측정 시험장치는 Fig. 1로써 시험장치의 단면은 900 900mm이고 유량범위는 0-30m³/min로 AMCA의 송풍기시험

규격⁽⁶⁾에 따라 설계 제작되었다. 프로펠라 팬을 통과한 공기는 정류격자, 유량측정용 노즐을 통과하고 유량조정용 댐퍼와 보조 송풍기의 회전수에 의해서 유량이 조절된다. 프로펠라 팬은 토오크의 변화에 관계없이 일정한 회전수를 내도록 피이드 백 제어하는 TOEI Electric사의 100W용량 VLBSE-01040 서보 모터에 의해서 구동이 된다.

토오크 및 회전수는 Ono Sokki사의 500gpcm용량의 MD-502R 토크미터와 회전수 측정기, 그리고 이를 표시하는 TS-3600A토크연산기를 사용하여 측정하였으며 팬의 유량과 압력을 측정하기 위하여 Furness사의 FCO12 마이크로압력변환기를 사용하였다.

먼저 앞판이 없는 단독상태에서 성능을 측정하고 Fig. 2에 나타난 직경 380mm의 원형 앞판을 24mm, 30mm, 39mm간격을 주어서 풍량과 압력

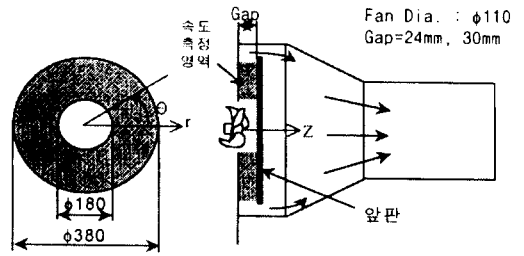


Fig. 2 Flow field measurement and coordinate system

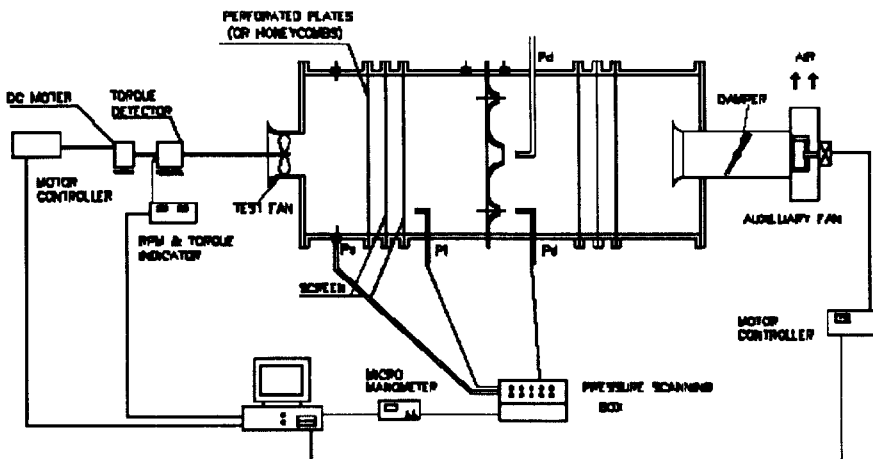


Fig. 1 Experimental apparatus of fan tester locations

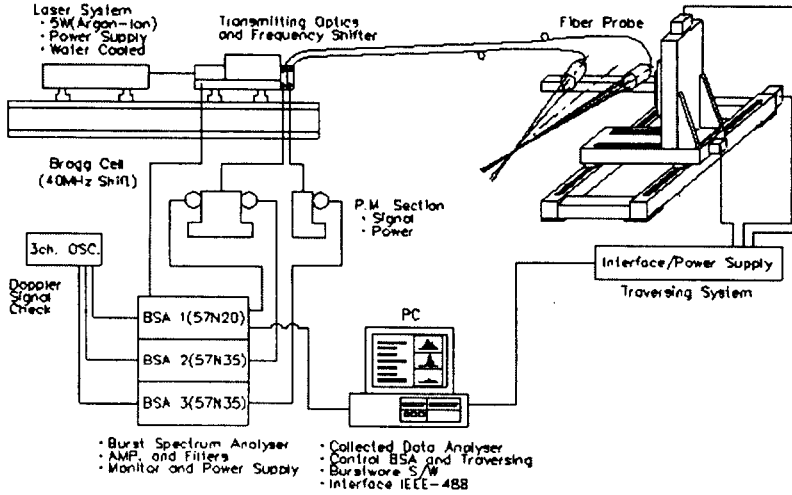


Fig. 3 Schematic diagram of measuring and data processing system

을 측정하여 성능을 구하였으며 간격의 영향을 연구하기 위한 유동장 측정은 간격 24mm, 30mm에서 실험하였다.

본 실험에서는 5W Ar-Ion레이저를 광원으로 하고 Gaussian Beam Diameter가 0.998mm, 파장의 길이가 녹색 광이 514.5nm, 파란 광이 488.0nm, 보라 광이 476.5nm이며 전방산란형 광학배치를 가진 3차원 프로브 타입의 DANTEC사 LDV 시스템을 사용했다. 부유물질로 액화 파라핀을 기화시켜 사용하였고 Burst Spectrum Analyzer(model 57N20, 57N35, 57N35)를 신호처리기로 사용하였다.⁽⁷⁾ 프로브 이송장치는 이송범위가 540mm 540mm 540mm인 3차원 이송장치를 사용했다.

동일 풍량 0.59m³/min에서 간격변화에 따른 영향을 보기 위해 팬의 작동점을 간격24mm에서는 회전수 1800rpm에서, 간격30mm에서는 회전수를 1704rpm으로 하여 실험을 하였고 측정점당 1000개의 자료를 수집하였다. 이상의 측정시스템의 개략도는 Fig. 3과 같다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 프로펠라 팬의 성능특성

팬의 성능을 나타내기 위해 차원해석을 사용하

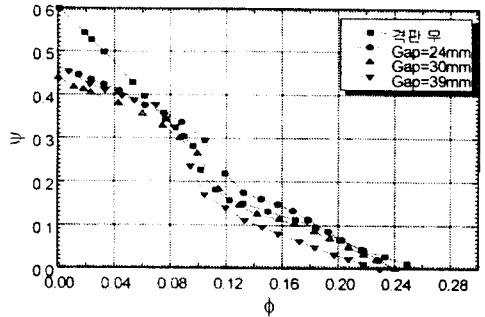


Fig. 4 Performance curve of the propeller fan between Φ and Ψ

여 유량계수 = $240Q/\pi^2ND^3$, 압력계수 = $7200P/\rho\pi 2N^2D^2$ 으로 무차원화 하였고 무차원화에 사용된 단위는 Q(m³/s), P(N/m²), N(rev/min), D(m), ρ (kg/m³) 이다. 앞판이 없는 경우와 간격변화에 따른 성능곡선을 Fig.4에 나타내었다.

유량계수가 0.08이하의 저 유량 영역에서 앞판이 있는 경우가 앞판이 없는 것에 비하여 압력계수가 작았으나 0.08이상의 영역에서 간격이 24mm일 때 압력계수가 가장 크고 간격이 30mm일 때와 앞판이 없을 경우 비슷한 크기를 가지며 간격이 가장 큰 39mm일 때는 가장 작았다. 운전점인 유량계수 0.1부근에서 앞판이 없는 경우와 간격이 30mm인 경우 변곡점이 생기며 압력계수가 급격히 작아지나 간격이 24mm인 경우는 완만히 변화

하며 압력계수가 가장 크게되어 성능이 최대가 되는 조건이 되고 있다.

3.2 팬과 앞판사이의 유동장

풍량 0.59m³/min 일 때 앞판과의 간격을 24mm, 30mm로 하여 팬 중심에서의 반경거리 r=90, 115, 140, 165mm와 원주방향 $\theta=7, 19, 31, 45, 58, 71, 84^\circ$ 위치에서 3차원 프로브타입의 LDV시스템을 사용하여 측정한 유동장을 Fig. 5부터 Fig. 11까지 나타내었고 횡축은 축 방향의 거리를 앞판과의 간격으로 무차원화한 것이고 종축은 속도 성분을 나타낸다. Fig. 5와 Fig. 6은 반경방향 속도 성분으로 팬과의 거리가 가까운 r=90, 115mm에서는 원주방향 위치에 따라 속도 변동이 크게 나타나지만 외부로 갈수록 속도의 변동은 적어지고 있다. Fig. 5에서 앞판과의 간격이 24mm일 때 r=90mm에서의 축방향 거리에 따른 속도분포와 Fig. 6에서 간격 30mm일 때 r=115mm에서 속도분포를 비교하면 반경방향 최대속도는 3m/s이며 속도분포는 거의 동일하다. 또한 반경의 위치에 따라 속도분포를 보면 Fig. 5의 r=115, 140mm에서와 Fig. 6의 r=140, 165mm에서는 동일한 경향을 나타내고 있다.

반경방향 속도가 음수인 것은 팬에서 토출된 유동이 역류하여 팬으로 흡입되는 것을 의미하는 것으로 Fig. 5에서 r=90mm인 경우 간격의 약 20% 지점까지 최고 약 -2m/s 속도로 역류하며 그이외의 영역에서는 거의 역류하지 않는다. Fig. 6에서 r=90mm인 경우는 45%, r=115mm인 경우는 40%지점까지 최고 -2m/s 속도로 역류하고 있다. 이것은 간격이 30mm일 때가 24mm에 비해서 역류하는 지역이 넓은 것을 의미한다. 반경방향의 속도는 팬에서 가까운 지점인 r=90, 115mm에서는 앞판 쪽으로 갈수록 반경방향 속도는 커지며 간격이 30mm일 때 최대 속도는 5m/s이나 r=140, 165mm 지점에서는 앞판 쪽으로 갈수록 반경방향 속도는 역전하여 점차 속도가 떨어지고 대부분의 영역에서 반경방향의 속도는 0이 된다.

Fig. 7과 Fig. 8은 원주방향 속도 성분으로 반경방향의 속도와 마찬가지로 팬에서 가까운 지점인 r=90, 115mm에서는 속도변동도 크고 축 방향 위

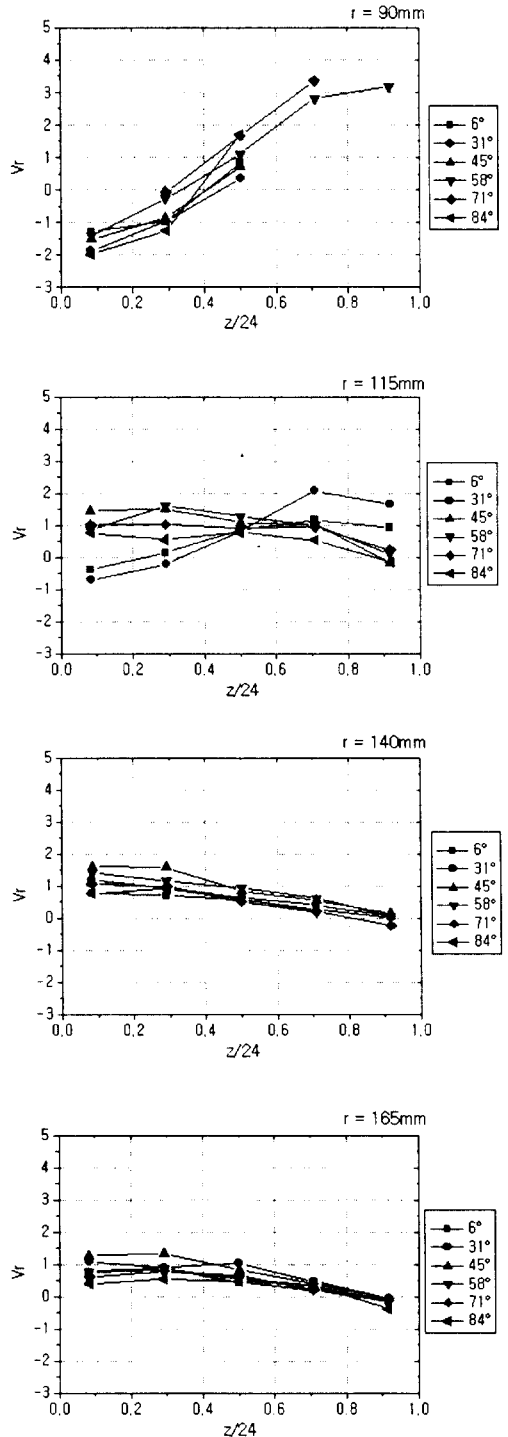


Fig. 5 Radial velocity components with the Gap 24mm

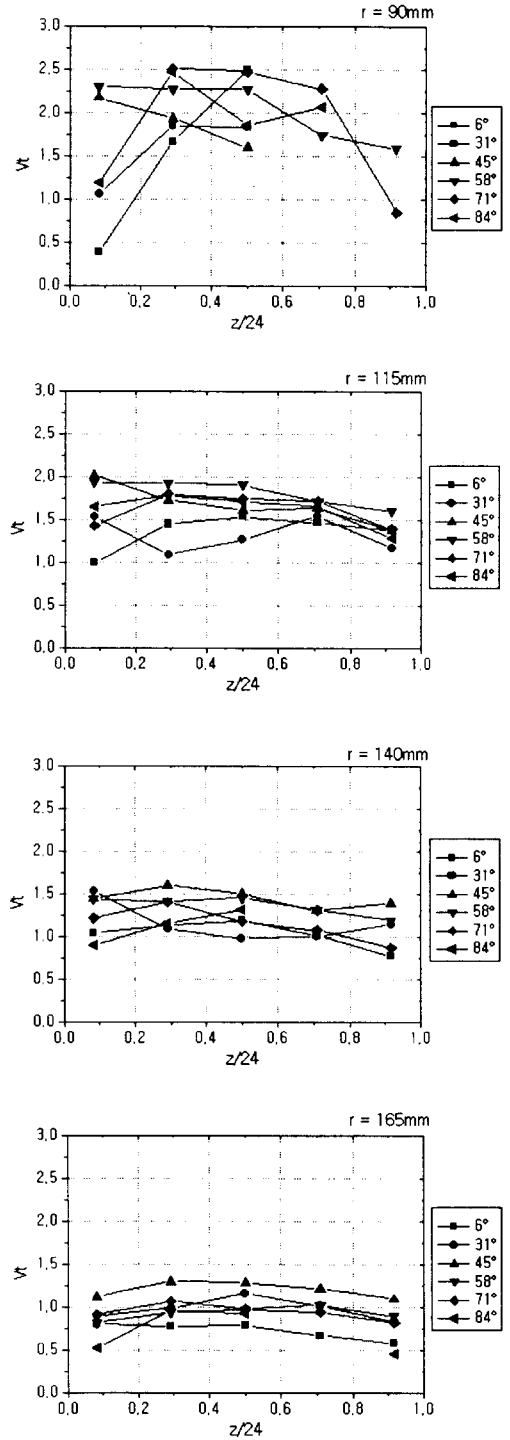
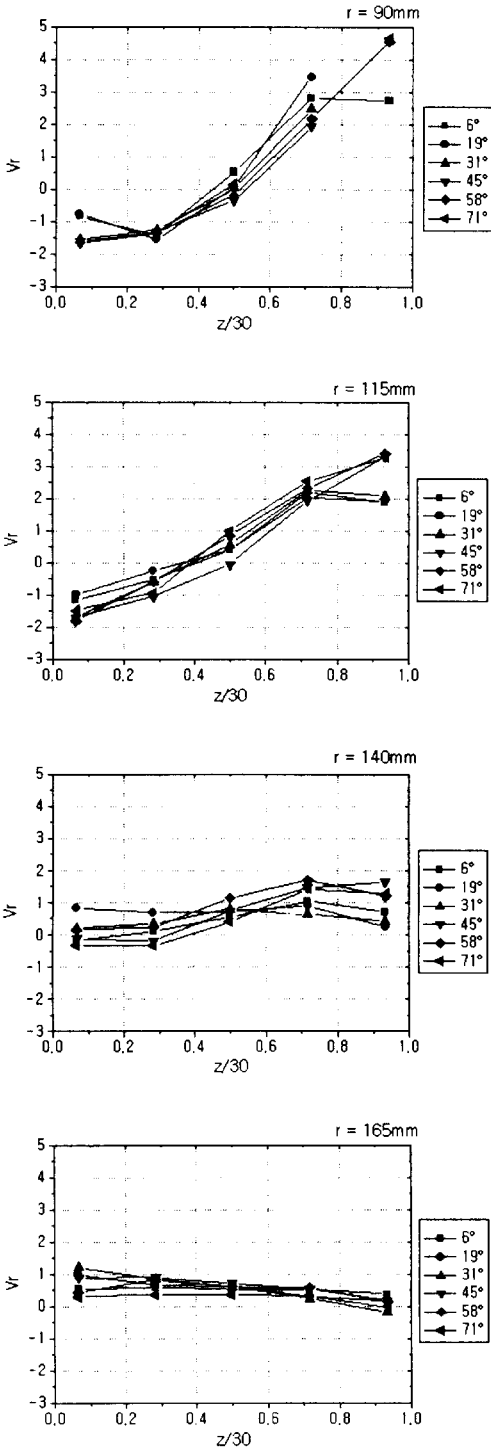


Fig. 6 Radial velocity components with the Gap 30mm

Fig. 7 Tangential velocity components with the Gap 24mm

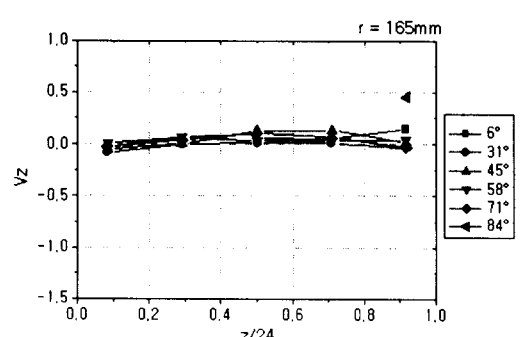
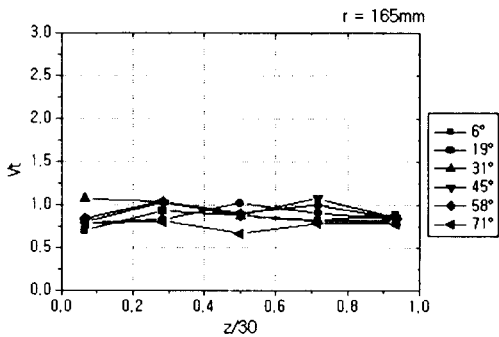
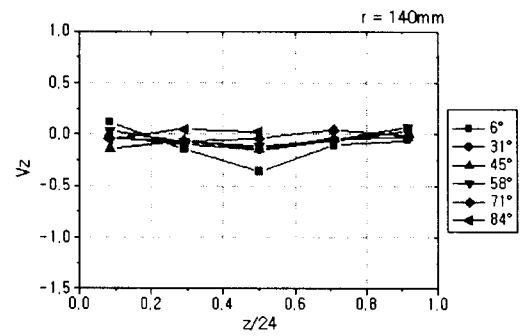
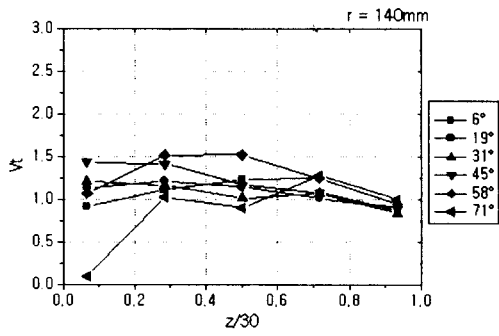
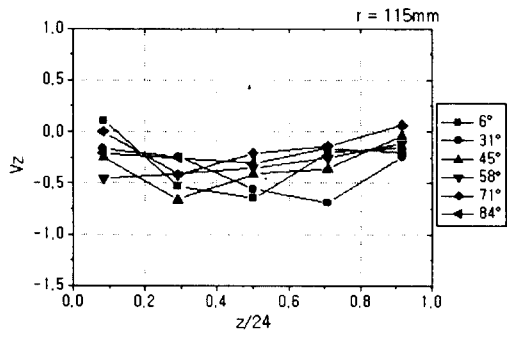
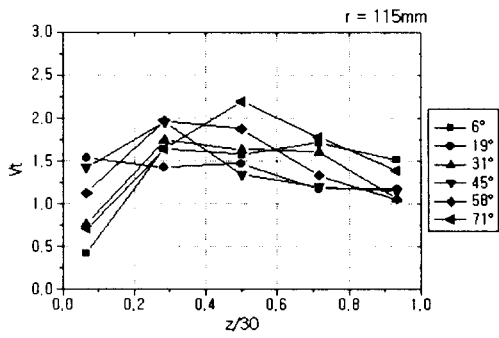
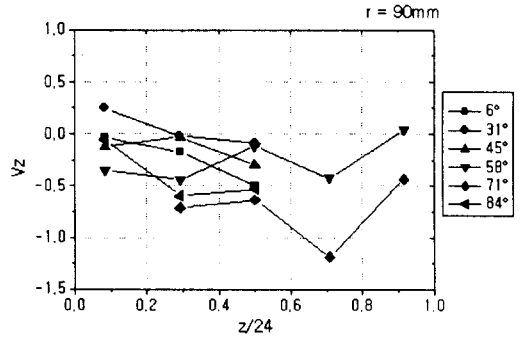
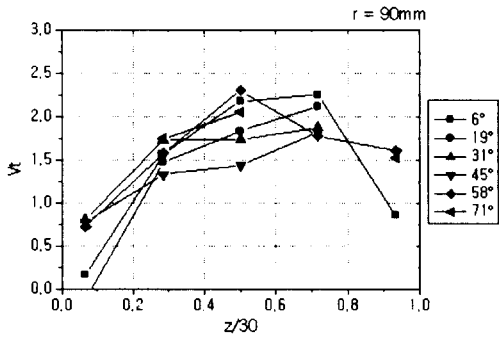


Fig. 8 Tangential velocity components with the Gap 30mm

Fig. 9 Axial velocity components with the Gap 24mm

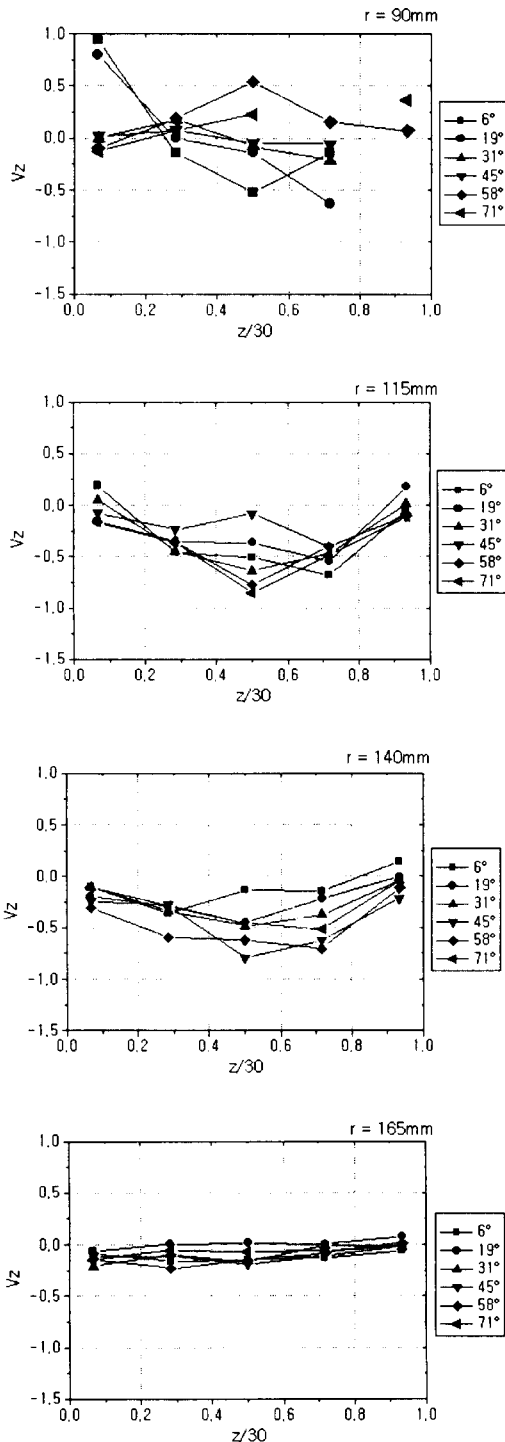


Fig. 10 Axial velocity components with the Gap 30mm

치에 따라 최저 0에서 최대 2.5m/s까지 변화하지만 외부로 갈수록 속도변동은 적어지고 축 방향 위치에 따라 속도변화도 거의 없어진다.

팬에서 가까운 지점인 r=90, 115mm에서는 팬에서 앞판 쪽으로 갈수록 원주방향 속도는 증가하다가 다시 감소하고 있지만 반경방향의 속도는 계속 증가하여 앞판 가까이에서는 반경방향 속도만 존재하게 된다.

Fig. 9와 Fig. 10은 축 방향 속도 성분으로 Fig. 9에서 r=90에서, 140mm 까지 음의 속도를 가지나 Fig. 10에서는 r=90에서, 165mm까지 음의 속도를 갖는다. 이것은 반경방향의 속도와 마찬가지로 간격이 30mm일 때가 24mm에 비해서 역류영역이 넓음을 나타내고 있다. 간격이 30mm일 때 r=90mm 지점은 음양의 속도성분이 나타나면서 이후에는 음의 속도로 변동이 되므로 축방향의 속도가 바뀌는 변곡점이다. 또한 r이 클수록 즉 팬 중심에서 외부로 향할수록 축 방향 속도 성분 및 반경방향 속도는 소멸하고 원주 방향 속도만 남게 된다.

4. 결 론

앞판을 가진 프로펠라 팬에서 앞판과의 간격에 따른 성능곡선을 구하였고 간격에 따른 성능의 차이를 규명하기 위해 3차원 프로브에 의한 LDV 시스템으로 정밀 측정을 한 결과 팬 주위에서 역류에 의한 재순환이 발생하여 다시 팬으로 유입되는 영역의 넓이 차이가 발생하였고 간격이 24mm일 때보다 30mm일 때가 역류지역이 더욱 넓어지고 그 결과 성능의 차이가 발생하였다.

참고문헌

[1] Han, Y.O., Leishman, J.G. and Coyne A.J. "Measurement of the Velocity and Turbulence Structure of a Rotor Tip Vortex", AIAA Journal, Vol. 35, No.3, pp. 477~492, 1997
 [2] T.Wright, W.E. Simmons "Blade Sweep for Low-Speed Axial Fans", Journal of Turbomachinery, Vol. 112, pp.151~158, 1990

- [3] Tohru FUKANO, "Experimental Study on the Noise Reduction of Propeller Fan(1st Report. Aerodynamic Characteristics)", 일본기계학회 논문집(B편), 56권 531호, pp. 174~178, 1990.
- [4] Tohru FUKANO, "Experimental Study on the Noise Reduction of Propeller Fan(2st Report. Noise Characteristics)", 일본기계학회 논문집(B편), 56권 531호, pp. 179~184, 1990.
- [5] 김진권, 강신형 "전향 스위프 프로펠라 팬의 성능 및 유동특성", 대한기계학회 논문집 B권, 제24권 제1호, pp. 75~84, 2000
- [6] AMCA, "Fan Application Manual", Publication 201, Fans and System, AMCA, Illinois, pp. 2~6, 1987
- [7] Dantec Measurement Technology A/S "User's Guide 57N20/57N35 BSA enhanced", 9150A902

저 자 소 개



엄운섭 (嚴允燮)
 1956년 10월생, 1983년 부산대학교 기계공학과 졸업. 1983년~1984년 현대자동차(주) 근무. 1988년 부산대학교 대학원 기계공학과 졸업(석사). 1993년 부산대학교 대학원 기계공학과 수료(박사). 1988년~현재 LG전자(주) D. A 연구소



부정숙 (夫積淑)
 1944년 7월생, 1968년 부산대학교 기계공학과 졸업. 1975년 경북대학교 대학원 기계공학과 졸업(석사). 1986년 경북대학교 대학원 기계공학과 졸업(박사). 1972년~현재 부산대학교 기계공학과 교수.



윤인철 (尹仁喆)
 1971년 3월생, 1993년 한양대학교 기계공학과 졸업. 1995년 한양대학교 대학원 기계공학과 졸업(석사). 1995년~현재 LG전자(주) D. A 연구소