

# 허브 형상에 따른 다익 팬의 성능

김재원\* · 정윤영\*\*

## Performance of a multi-blade fan with different hub-shape

Jae Won KIM \*, Yeun Young JUNG \*\*

**Key Words:** Hub(허브), Multi-blade centrifugal fan(다익 원심팬), Performance(성능)

### Abstract

Put Abstract text here. Put Abstract text here.

[ 기호설명 ]

- D<sub>1</sub> : Fan outlet Dia
- D<sub>2</sub> : Fan inlet Dia
- D<sub>3</sub> : Hub Dia
- D<sub>4</sub> : Shroud Dia
- L : Blade Length
- l : Chord Length
- h : Hub height
- Q : Volumetric rate (m<sup>3</sup>/min)
- Ps : Static pressure (mmH<sub>2</sub>O)
- N : Rotation speed (rpm)
- n : Blade Number
- t : Clearance

Φ : Volumetric rate coefficient

$$\left[ = \frac{4Q}{\pi^2 D_1^3 N} \right]$$

Ψ<sub>s</sub> : Static pressure coefficient

$$\left[ = \frac{2g P_s}{r (\pi D_1 N/60)^2} \right]$$

### 1. 서론

현재 사용되고 있는 대표적인 가정용 공조기중 패키지 에어컨에 사용되는 송풍기는 진항익을 갖는 다익 원심송풍기가 주류를 이루고 있다. 이러한 다익 원심송풍기는 시로코 팬, 원심 팬으로도 불려지고 있다.<sup>(1)</sup> 원심송풍기의 특징은 축방향으로 공기가 유입되어 반경방향으로 공기가 토출되

\* 선문대학교 기계공학과  
\*\* 선문대학교 대학원 기계공학과

는 형태를 띠고 있으며, 주요 구성요소들은 팬과 스크롤로 구성되어 있다. 원심송풍기의 성능을 결정하는 인자들은 Cut-off 간격, 스크롤 형상, 날개 형상 등<sup>(2)</sup> 여러 가지가 있으며, 이에 대한 연구는 이미 많은 연구자들에 의하여 연구가 진행되어 왔고, 생산업체들도 많은 연구를 통하여 저소음, 고효율화를 이루고자 하고 있다. 근래에는 제품의 질을 높이는 한편 제품의 소형화를 이루기 위하여 많은 노력을 기울이고 있지만 소형화를 위한 개발은 때때로 제품의 성능과 소음에 좋지 못한 영향을 미치는 경우가 있어 각별한 주의를 요한다.

본 연구에서는 전향익을 갖는 다익형 원심송풍기의 허브의 축 방향 높이가 변화함에 따라 성능에 어떤 영향을 미치는지 알아보고자 하였다. 일반적으로 가정용 패키지 에어컨에 장착되는 송풍기의 허브는 팬의 흡입측 축 방향으로 돌출되어 있으며 돌출 되어진 뒷면에 모터를 장착하여 제품의 크기를 줄이고 있다. 그렇지만 이러한 형태는 송풍기의 성능측면에서 불리한 요소를 내재하고 있지만 제품의 소형화를 위하여 적용되고 있는 형편이다. 일반적으로 허브는 돌출 되어 있지 않는 것이 가장 좋지만 소형화를 위하여 돌출을 시키는데 특정한 설계인자를 사용하여 설계하기 보다는 모터의 크기에 맞추어 허브의 직경, 높이를 결정하는 것이 대부분이기 때문에 성능에 대한 고려는 배제된 상태로 설계, 제작된다.

본 연구에서는 원심팬의 허브 높이에 따른 성능변화와 더불어 유량손실을 최소화 할 수 있는 허브의 축방향 높이를 실험적 방법을 통하여 찾아보고자 하였다.

## 2. 실험장치 및 방법

### 2.1 실험장치

본 연구에 사용된 원심 송풍기는 Fig.1과 같이 편흡입형이며 실험의 용이함을 목적으로 비교적 작은 크기의 송풍기를 선택 사용하였다. 또한 실험에 사용된 송풍기는 허브가 없는 상태이며, 모체가 송풍기 후단에 설치되어 있다. 실험에 사용된 송풍기의 주요한 설계인자는 Fig. 2와 같다.

허브의 높이조절은 허브가 없는 팬에 Cap을 장착하여 높이를 조절하였다.

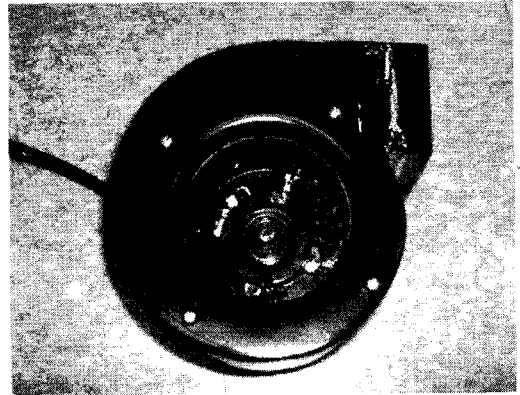
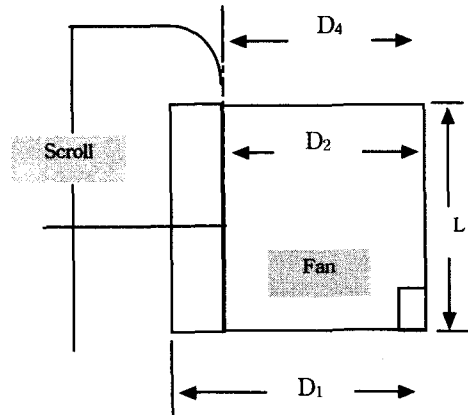


Fig. 1 Multi-blade centrifugal fan.



$D_1$ :	118mm	$L$ :	55mm
$D_2$ :	96mm	$N$ :	1047
$D_3$ :	73mm	$n$ :	25mm
$D_4$ :	96mm	$t$ :	3mm

Fig. 2 Geometric information of present fan

허브 cap의 형태는 사각형의 형태와 실제제품과 유사한 유선형의 형태로 제작하였으며 각각의 형태는 축방향 길이를 조절하여 실험이 가능하도록 형태에 따라 높이가 다른 5가지의 허브 cap을 제작하였다.

### 2.2.2 측정장치

원심송풍기의 성능 측정을 위하여 본 연구에서 사용된 팬 성능 시험장치는 1.5 - 50CMM의 유량 범위를 갖는 덕트챔버 형태의 성능시험장치를 사용하였다. 성능시험장치는 미국공조학회(ASHRAE)규격에 준하여 설계, 제작되었고, 실험방법은 KSB 6311에 의거하여 진행하였다. Fig. 3은 시험에 사용된 Fan 성능시험장치이다. 성능시험장치의 정압실은 투명아크릴로 가시화가 가능하도록 제작되어 있으며, 5개의 노즐을 이용하여 유량을 제어하고, 보조 송풍기의 전단에 설치된 댐퍼로 정압을 조정한다.

데이터의 측정은 NI-DAQ(AT-MIO-16E-10) 보드를 사용하였다.

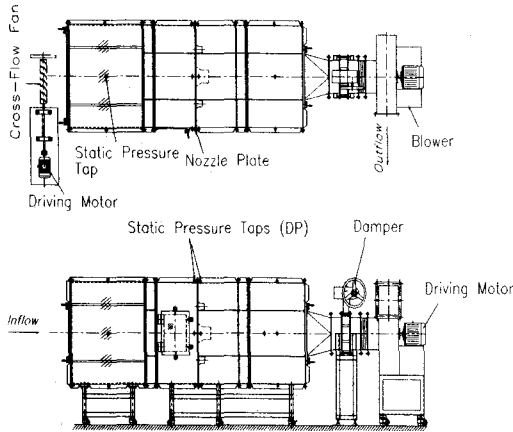


Fig. 3 Experimental rig for fan performance.

### 2.2 실험내용 및 방법

본 실험에서는 허브의 형태에 따라 사각형 형태와 양산되고 있는 제품과 유사한 유선형의 형태로 나누어 실험하였다. Fig. 4는 실험에 사용된 허브 대응Cap의 간략도이다. 허브 대응Cap은 Fig. 4와 같이 두 가지의 형태로 단계별 실험이 가능하도록 4가지의 크기로 약 10%씩 증가시켜 제작하였다. Fig. 5는 원심 팬에 허브 대응Cap을 장착한 모습이다. Cap의 직경은 원심 팬 외경의 52%로 제작하였다. 그림에서 점선은 사각형의 Cap이며, 실선은 유선형 Cap이다. Cap의 내부에

는 팬의 균형을 맞추기 위하여 모터의 축과 연결되는 지그를 설치하여 진동을 억제하고자 하였다.

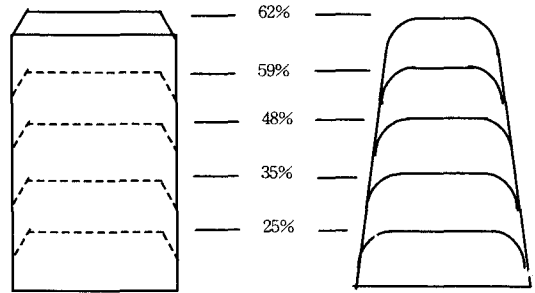


Fig. 4 Geometry of hub.

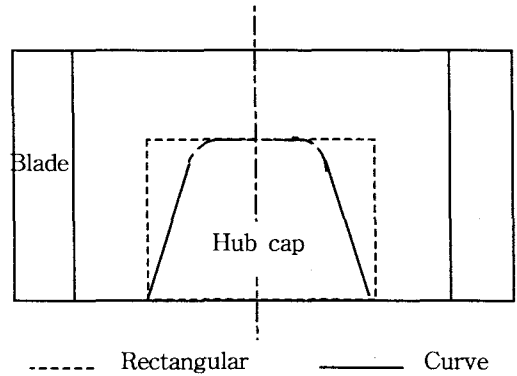


Fig. 5 Schematic diagram of shape of hub-cap.

성능 실험은 허브가 없는 상태에서 제일 먼저 성능을 측정하여 기준이 되는 성능데이터를 획득하였고, 실험을 종료하기 전에 허브 Cap을 제거한 후 실험하여 송풍기의 성능을 재평가하였다. 이는 허브에 Cap을 장착하여 실험함으로써 인하여 발생 가능한 진동이나 기타 문제들로 인하여 송풍기 성능의 변화를 우려하여 이를 검증하고자 실시하였다. 성능실험 이후 실행된 연기를 이용하여 간단한 유동가시화 실험을 수행하였다. 유동가시화실험은 허브가 있는 경우와 없는 경우에 대하여 실험하였다. 실험에 사용된 연기는 파라핀을 전기가열을 통하여 발생시켰으며, 디지털 캠코더를 사용하여 1/30(sec)간격으로 촬영하였다.

### 3. 결과 분석

#### 3.1 성능 실험결과

성능곡선은 압력과 유량에 대하여 무차원화 하였다.<sup>(3)</sup> Fig. 6은 허브 cap을 장착하기 전 측정된 Fan 성능과 실험 후 측정된 성능 그래프이다. 그래프에서 알 수 있듯이 실험전과 실험후의 성능이 동일하게 측정되어 실험 중 진동이나 기타의 문제점들로 기준 성능에 영향을 미치지 않았음을 알 수 있다.

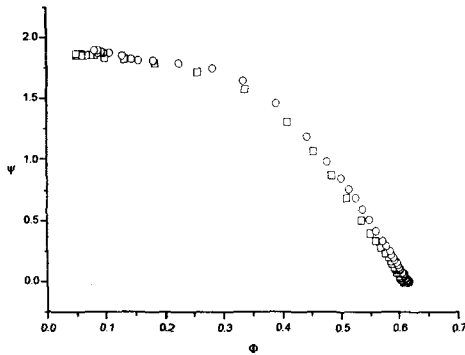


Fig. 6 Comparison of first and last performance curve.

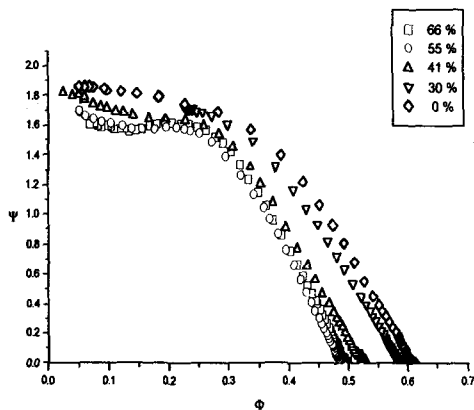


Fig. 7 Fan performance with different height of rectangular hub.

Fig. 7은 사각형 형태의 허브를 장착한 후의 실험결과이다. 결과를 보면 허브가 없는 경우와 허브의 측방향 높이가 직경에 30%까지 증가했을 때 유량에서 큰 차이를 보이지 않고 있으나, 30%에서 41%로 증가시킨 후부터 유량의 변화가 커졌으며, 40%이상 66%이하의 범위에서는 유량 변화의 폭이 작아짐을 알 수 있다. Table. 1은 허브의 증가에 따른 유량의 변화에 대한 표이다. 표에서 알 수 있듯이 허브의 측방향 높이가 30%에서 41%로 증가할 때 10%의 유량 감소가 있었다.

Table. 1 Flow rate according to rectangular hub height.

Increment of hub height	30 %	41 %	55 %	66 %
Reduction of flow rate	5 %	15 %	20 %	22 %

Fig. 8은 허브의 형태가 현재 제품에 적용되는 양산 제품과 유사한 유선형의 허브 cap을 장착하여 실험한 결과이다.

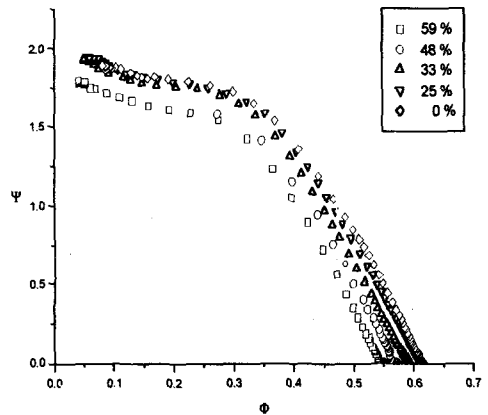


Fig. 8 Same as Fig. 7 except for curved hub.

Fig. 8을 살펴보면 성능곡선들이 허브의 측방향 높이가 증가함에 따라 비교적 일정하게 유량이 감소하는 특성을 보이고 있으며, 사각형 형태의 허브와는 대조적으로 유량의 감소 폭이 급증하는

영역은 찾아 볼 수 없다. 그렇지만 허브가 없는 경우와 허브가 Fan 직경에 25%가량 증가했을 때는 최대유량이 같은 특성을 보이고 있고, 허브 높이가 직경에 30%이상 증가하면서 유량변화 폭은 크지 않지만 유량이 감소하는 경향을 보이고 있다. 또한 30% 이상 증가했을 때는 사각형 형태의 허브와는 다르게 일정하게 감소하는 경향을 띠고 있으나 감소의 폭은 사각형 형태의 경우와 유사하다. Table. 2는 유선 형태의 허브를 장착하였을 때 허브 증가에 따른 유량의 감소 폭에 관한 표이다.

Table. 2 Same as Table. 1 except for curved hub.

Increment of hub height	25 %	33 %	48 %	59 %
Reduction of flow rate	2 %	4 %	8 %	12 %

Table. 2에서 알 수 있듯이 허브의 높이가 팬 직경에 25% 증가했을 경우와 33% 증가했을 경우에는 풍량의 감소가 2%에 지나지 않지만, 33%에서 48%로 증가함에 따라 유량이 4%로 감소하고, 59%로 증가하면 48%로 증가했을 때와 동일한 4%가 감소함을 알 수 있었다.

위의 실험결과들을 통하여 사각형 형태의 허브보다는 유선형의 형태가 성능측면에서 유리함을 알 수 있고, 이러한 원인은 유로의 개선이라는 점으로도 분석해 볼 수 있다.

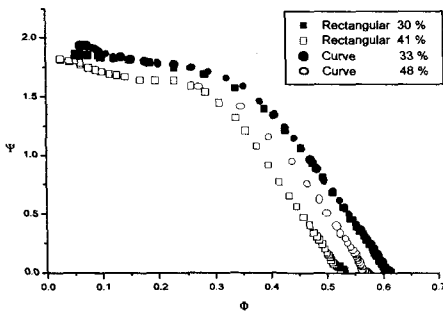


Fig. 9 Plots of flow rate according to different geometric of hub.

Fig. 9는 사각형 형태와 유선형 형태의 허브 높이가 팬 직경의 30%, 33%와 그 이상일 때의 성능 비교곡선이다. 그림에서 보이는 바와 같이 사각형 형태의 허브가 유량 감소의 폭이 크며, 유선형의 경우 유량의 감소 폭이 비교적 적음을 알 수 있다.

### 3.2 유동가시화 실험 결과

위와 같은 결과들로서 원심 팬 내부에 구조물의 일정 높이까지의 돌출로 인한 유량의 감소는 최소화시킬 수 있으며, 이러한 원인은 구조물의 돌출로 인하여 원심팬 중심부의 면적은 감소하지만 이로 인한 유속의 증가로 면적의 감소분에 대한 유량의 손실을 최소화시켜주는 것이라고 예측하고 유동가시화 실험을 하였다. 맹주성, 윤주용 등에 따르면 구동모터로 인한 허브의 회전과 스크롤 출구의 위치가 유동장 전체에 걸쳐 복잡한

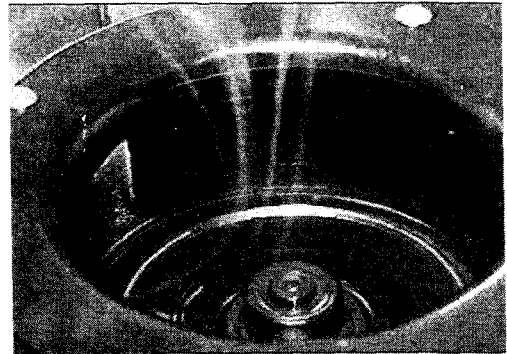


Fig. 10 Visualized photo of flow in fan.

압력변화를 유발시키기 때문에 유동차단영역을 크게 하여 유동효율을 저하시키는 요인이 될 수 있다고 하였다.<sup>(4)</sup> 유동가시화 실험은 허브가 있는 경우에 대하여 관찰해 보고자 하였다. Fig. 10은 허브가 없는 경우 원심 팬의 중심 유동이다.

공기가 팬으로 유입되어 반경방향으로 토출되고 있음이 잘 보여지고 있다. 또한 팬의 중심부분에 팬과 모터의 축을 연결하고 있는 지그 부분을 중심으로 완전한 곡선을 그리며 갈라지는 모습을 볼 수 있다.

허브를 장착되었을 경우에는 육안으로 관찰 했을 때 허브가 없는 경우보다 상대적으로 유속이 빠르며, 복잡한 유동을 관찰 할 수 있었다.

#### 4. 결론

본 연구의 성능시험과 가시화 결과를 요약하면

(1) 허브가 돌출 되어있을 경우 유량은 허브가 없는 경우 보다 최대 12.5% 감소한다.

(2) 허브의 형태에 따라 허브의 돌출높이가 팬 직경의 30%이상이 되면 유량의 감소가 두드러지고 그 이하의 영역에서는 유량의 손실을 최소화시킬 수 있음을 알 수 있었다.

(3) 원심송풍기 내부 허브의 축방향 높이는 팬 직경의 30% 이내로 설계하는 것이 효과적이다.

이러한 성과와 가시화 실험의 결과로 원심송풍기의 설치 면적을 감소시키기 위하여 허브의 크기를 모터의 크기에 맞추어 설계하는 것보다 설치면적을 고려하여 30%이내의 범위에서 설계하는 것이 효과적이다.

#### 후기

본 연구를 도와주신 선문대학교 공조기술 연구소에 감사드립니다.

#### 참고문헌

- (1) Kind, R. J. and Tobin, M. G., 1990, "Flow in a centrifugal fan of the squirrel-cage type", Trans. ASME, Journal of Turbo machinery, Vol. 112, pp. 84~90.
- (2) Eck, B., 1973, Fans, Pergamon press, Oxford.
- (3) 김장권, 1995, "저소음 패키지 에어컨 개발에 관한 연구", 대한기계학회 논문집 vol. 19, pp 2710~2719.
- (4) 맹주성, 윤주용 외 3명, 1999. "다익 팬/스크롤 시스템의 로터 내부유동 특성에 관한 실험적 연구", 대한기계학회 논문집 B권, vol.23, No.5, pp 646~652.