2004 유체기계 연구개발 발표회 논문집, pp. 78~82
인하대학교 정석학술정보관 및 2북호관 2004. 12. 3~4

횡류팬 흡입구의 위치가 성능 및 소음 특성에 미치는 영향

김진백* • 최원석** • 이재권***

The Influence of the Intake Regions of the Cross-flow fan on the Performance and Fan Noise

Jin Baek Kim*, Weon Seok Choi**, Jai Kwon Lee***

Key Words : Cross-flow fan(횡류팬), Stabilizer(스태빌라이저), Eccentric Vortex(편심와), Spectrum(스펙트럼), Sound Pressure Level(SPL, 음압레벨)

ABSTRACT

The cross-flow fan which is used for air-conditioner indoor units were studied experimentally. The recent trend shows that the room air-conditioners need to be good-looking. According to the visual design concepts the intake regions of the fan can vary, which leads to the loss of the performance and the increase of the noise of the fan. In order to optimize the performance of the fan and minimize the aerodynamic noise for the system, the performance characteristics and the noise of the cross-flow fan have been investigated at the various conditions of the intake region of the unit.

1. 서 론

횡류팬은 가정용 룸 에어컨에 많이 사용된다. 생활수준이 높아지면서 에어컨도 실내 인테리어와 조화를 이루는 시각적 디자인으로 설계되는 추세이다. 이러한 요구에 의해 실내기의 흡입구 구조가 다양하게 변할 수 있다. 팬의 성능이나 유동소음을 최적화하기 위해서는 흡입구를 많이 확보하는 것이 일반적인 방법이다. 그러나 횡류팬의 경우는 유동특성이 아주 특이하여 일반적인 팬과는 다른 접근이 필요하다. 내부 편심와(Eccentric Vortex)의 강도와 안정성에 관련된 여러 영향 인자들이 복잡하게 영향을 미치기 때문에 이 부분에 대한 자세한 검토가 필요하다. 주로 연구되어 온 분야는 성능과 유동소음을 개선하기 위해 Fig. 1에서 나타낸 스태빌라이져(Stabilizer), 스크롤(Scroll) 등 내부 유로의 형상이었다. 반면에 흡입구 조건에 대한 연구 결과는 거의 없는 실정이다. 본 연구에서는 흡입구 조건에 따른 성능과 소음 특성을 실험적으로 고찰하였다. 향후 시험결과에 대하여 CFD 해석을 진행하여 내부 유동에 대해 추가적인 분석을 할 계획이다.

* 삼성전자 공조전문기술그룹
** 삼성전자 공조전문기술그룹
*** 삼성전자 공조전문기술그룹
E-mail : jinbaek.kim@samsung.com

Fig. 1은 룸 에어컨 실내기의 내부 구성을 도시한 것이다. 전면 흡입구와 상면 흡입구의 위치를 볼 수 있다.

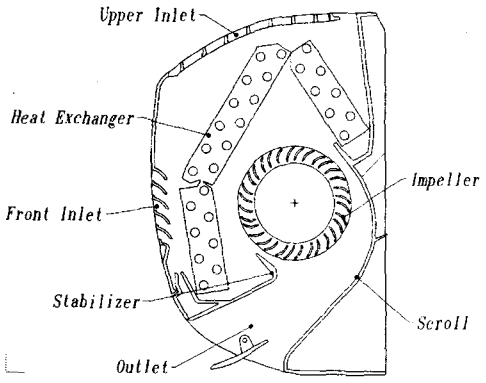

Fig. 1 The indoor unit of the room air-conditioner

2. 시험 장치

Fig. 2는 본 연구에서 사용한 횡류팬 시험 장치의 사진이다. 스태빌라이져, 스크롤, 임펠러, 흡입구 등 구성 요소들의 교체가 쉽도록 제작하였다. 모터는 일정 회전수로 회전이 가능하도록 회로가 구성되어 있다. 모터 및 회로부는 음압레벨 측정 시 모터의 소리를 제거하기 위해 흡음재를 내부에 부착한 덮개로 씌워져 있다. 이를 통해 측정 시 팬 소음 외의 음원을 차단하였다.

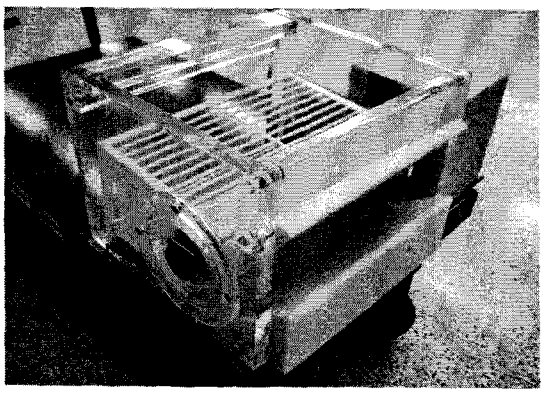

Fig. 2 The picture of the cross-flow fan test jig

풍동장치는 ASHRAE 규격에 준하는 장비를 사용하였다. 풍량(Air Flow Rate, CMM)은 흡입, 토출측 정압차이가 0 mmAq인 조건에서 측정하였다.

음압레벨(Sound Pressure Level(SPL), dB(A)) 측정은 브뤼엘앤드케아 사의 Pulse Data Acquisition System Type 3560C를 사용하였다. 마이크로폰의 위치는 Fig. 3에 나타낸 것과 같이 임펠러 중심에서 전면 방향으로 50 cm, 토출구 방향으로 40 cm이다.

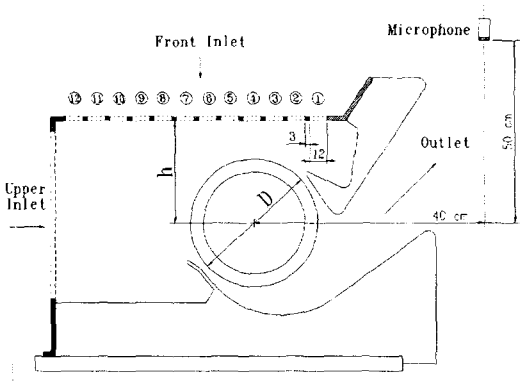

Fig. 3 The conditions of the experiments

2.1. 변수 및 시험 방법

흡입구의 영향을 보기 위해 스태빌라이져와 스크롤 등의 설계 형상은 흡입구가 모두 개방되어 있는 상태에서 성능과 소음에서 가장 유리한 설계 형상을 적용하였다. 흡입구의 영향은 2가지 측면에서 검토하였다. Fig. 3은 시험 조건과 변수를 도시한 그림이다.

첫 번째는 전면 흡입구가 막혀있는 조건에서 전면과 임펠러와의 공간의 변화에 대해 검토하였다. 임펠러 직경 D와 임펠러의 중심과 전면 패널과의 수직거리 h를 이용하여 전면 공간을 무차원하여 H(=h/D)로 정의하였다.

두 번째로 전면 흡입구 위치에 따른 흡입 조건의 영향에 대해 검토하였다. Fig. 3에서 나타낸 것과 같이 전면부 12 곳에 12 mm의 폭으로 등간격으로 구멍을 내어 각 부위별로 흡입되는 조건에서 풍량, 소음을 측정하였다. 에어컨 실내기는 Fig. 1에서 나타낸 것과 같이 상면 흡입구는 기본적으로 있는 것이 일반적이다. 따라서 상면 흡입구(Upper Inlet)은 Fig. 3에서와 같이 개방시킨 조건을 공통적으로 적용하였다.

임펠러의 날개수는 35 개이고 부등간격 피치(Pitch)이며 직경은 86 mm, 길이는 290 mm이다.

3. 흡입구 전면 공간의 영향

전면 흡입 공간에 따른 성능, 소음 특성을 H에 따라 살펴보았다.

3.1. 풍량 성능

전면 공간에 다른 풍량 성능을 Fig. 4에 나타내었다. H=0.6에서는 유동이 크게 불안정하여 흡입구 일부에서는 역류가 발생하였다. 풍량 측정 시에도 불안정한 특성을 보였고 임펠러 회전수의 변동에 영향을 받지 않는 낮은 풍량 특성을 나타내었다.

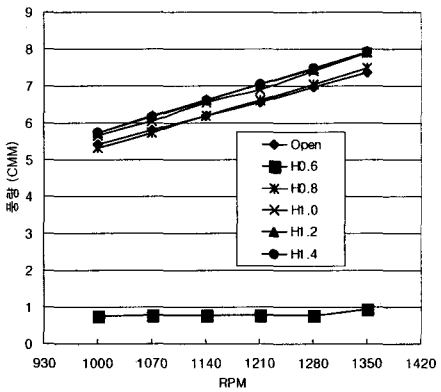

Fig. 4 Air flow rate - RPM
(H=0.6, 0.8, 1.0, 1.2, 1.4, open)

H=0.8, ∞(open) 두 조건이 비슷한 특성을 보였고 H=1.0, 1.2, 1.4가 유사한 값을 나타내었다.H=0.6을 제외한 다른 조건에서는 풍량 성능만으로 분석이 어려우며 음압레벨과 함께 분석이 필요하다.

3.2. 소음 특성

소음 특성은 각 회전수에서 풍량과 음압레벨의 측정 결과로 살펴보았다.

3.2.1. 음압레벨 비교

풍량 대비 소음 특성은 전면 흡입구를 개방(open)한 경우가 가장 우수하였다. H가 작아질수록 음압레벨이 상승하는 것을 알 수 있다. Fig. 4에서 개방한 경우가 동일 RPM에서 풍량 성능이 H=1.4 인 것보다 떨어졌는데 소음 측면에서는 동일 풍량에서 전면 개방한 경우가 약간 우수한 것으로 나타났다.

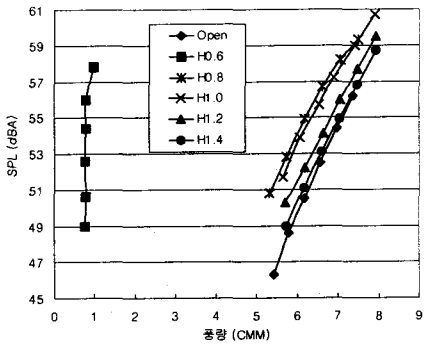

Fig. 5 SPL - Air Flow Rate
(H=0.6, 0.8, 1.0, 1.2, 1.4, open)

H가 0.8보다 작아지면 풍량 성능이 크게 감소하며 H=0.6로 전면 공간이 작으면 팬으로서의 기능을 상실하였다. H=1.0 이하로 작아지면 유동 소음이 크게 상승하여 소음특성이 악화되는 특성을 나타내었다. 특히, H=0.8의 경우는 성능과 소음이 모두 악화되기 시작하는 조건으로 횡류팬의 유로 설계 시 성능, 소음의 특성을 유지하기 위한 최소 전면 흡입구 공간의 기준이 되는 것을 알 수 있다.

3.2.2. 스펙트럼 비교

앞에서 검토한 바와 같이 성능, 소음이 악화되는 조건인 H=0.8와 성능, 소음 측면에서 유리한 H=1.4인 조건의 동일한 풍량에서의 음압레벨의 스펙트럼을 비교하면 다음 Fig. 6과 같다.

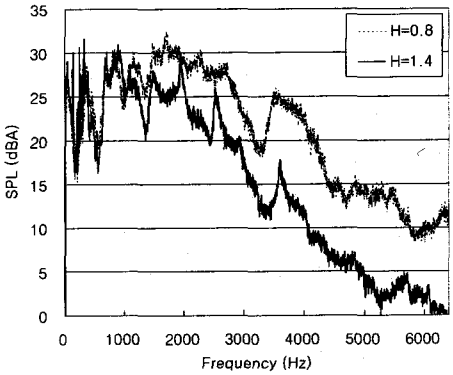

Fig. 6 Sound Pressure Spectrum (H=0.8, 1.4)

Fig. 6의 스펙트럼에서 풍량, 전체 음압레벨, 회전수

는 다음과 같다.

1) H=0.8 : 7.0 ㎥/min, 58.2 dB(A), 1280 rpm

2) H=1.4 : 7.0 ㎥/min, 54.9 dB(A), 1210 rpm

음압레벨이 동일한 풍량에서 3 dB(A) 이상 차이를 나타내고 있다. H=0.8의 경우는 주로 1 kHz 이상의 고주파 영역에서 높은 음압 특성을 나타내었으며 이는 난류 유동음의 영향이 크게 작용한 것으로 생각된다. H=1.4의 경우는 상대적으로 500 Hz 이하의 낮은 주파수 영역에서 높은 음압 특성을 나타내었다.

4. 흡입구 전면부 위치별 영향

3절에서는 흡입구 전면부를 막은 경우를 검토하였고 이 절에서는 전면부 위치별로 흡입되었을 때의 특성을 분석하였다.

4.1. 풍량 성능

Fig. 3에서 흡입부 12곳(①~⑫)에서 2개씩 열고 나머지 10개는 막은 상태에서 위치별로 동일 회전수에서 풍량과 음압레벨을 측정하였다. 풍량 측정 결과는 Fig. 7에 나타내었다. 이때 H는 0.8로 설정하였으며 앞에서 살펴본 것과 같이 풍량 성능과 소음이 악화되기 시작하는 전면 공간의 조건이다.

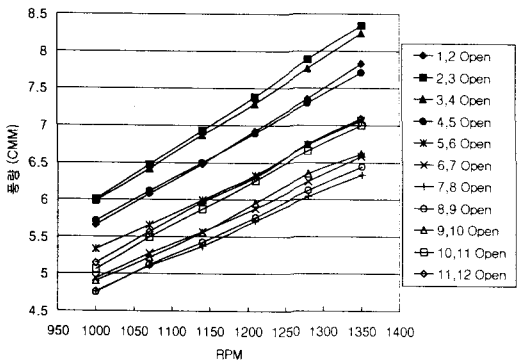

Fig. 7 Air Flow Rate - RPM (Hole ①~⑫ open)

②와 ③을 열어 유동이 흡입될 때 가장 풍량이 높게 측정되었다. ③과 ④을 열었을 때는 약간 작은 값을 나타내었지만 ②와 ③을 열었을 때와 거의 비슷한 풍량을 내었다. ②③④ 영역을 열었을 때 풍량 성능이 가장 우수한 것을 알 수 있다.

⑦과 ⑧을 열었을 때 풍량이 가장 작게 측정되었다. ②③의 경우 보다 동일 회전수에서 풍량 약 23 % 감소하여 성능이 크게 낮아진 것을 알 수 있다. 풍량 성능이 이와 같이 20 % 이상 떨어지 영역은 ⑥⑦⑧⑨ 영역이다. 이 영역을 피한 ⑩⑪⑫ 영역은 다시 풍량이 상승하였다.

⑥⑦⑧⑨ 영역을 열었을 때 성능이 떨어지는 원인에 대해 추가적인 검토가 필요하다. 내부 유동장의 변화에 대해서 실험적인 측정이나 유동 해석(CFD)을 통해 편심와 유동과 편심와 주변 주유동(main flow)의 변화를 살펴보아야 한다. ⑥⑦⑧⑨ 영역으로 흡입되었을 때 편심와의 강도와 위치에 어떠한 영향을 주는지 또는 유동에 안정성에 영향을 주는지를 살펴보아야 한다. 흡입구의 위치에 따른 위와 같은 성능의 차이는 유동장의 많은 변화 때문인 것이라고 판단되기 때문이다.

4.2. 소음 특성

4.2.1. 음압레벨 비교

Fig. 8은 흡입구 위치별 음압레벨의 측정 결과이다.

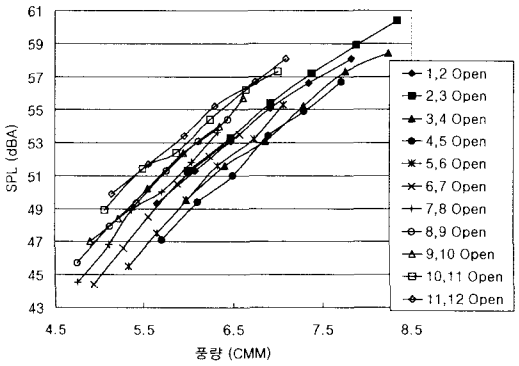

Fig. 8 SPL - Air Flow Rate (Hole ①~⑫ open)

동일한 풍량에서 음압레벨만을 고려할 때에는 ③④⑤ 영역으로 흡입되었을 때 소음 특성이 가장 우수한 것을 알 수 있다. ⑦⑧⑨⑩⑪⑫ 영역으로 흡입되었을 때 전반적으로 음압레벨이 상승한 것으로 나타났다. 특히 ⑦⑧ 영역으로 흡입되었을 때는 유동이 극히 불안정하여 경우에 따라서는 역류가 발생하였다. 토출구 쪽의 정압 조건에 따라 유동이 안정성이 깨어지는 특성을 나타내었다. 이러한 유동 안정성과 관련하여 음

압레벨에서 나타나는 측정값과는 별도로 체감적인 소음수준이 상대적으로 높은 것으로 판단되었다.

성능과 유동소음 측면에서 종합적으로 생각할 때 ③④ 흡입구가 가장 유리한 위치이며 ⑦⑧흡입구가 가장 불리한 위치인 것을 알 수 있다. ⑦⑧ 위치에서 유동이 흡입되었을 때 유동안정성이 떨어지는 것을 볼 때 내부 유동장에 대한 추가적인 검토가 있어야 한다.

4.2.2. 스펙트럼 비교

흡입구 위치 중에서 성능, 소음 측면에서 가장 좋은 결과를 보인 ③, ④로 흡입되는 경우와 가장 성능과 소음이 악화되는 ⑦, ⑧의 동일한 풍량에서의 음압 스펙트럼을 비교하였다.

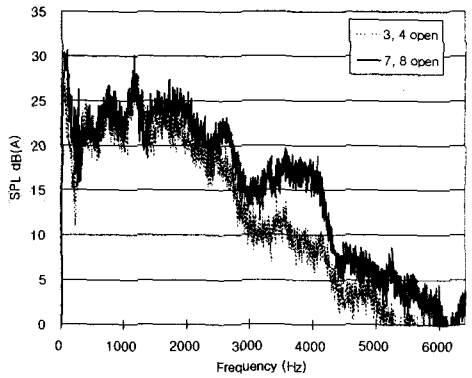

Fig. 9 Sound Pressure Spectrum (③④, ⑦⑧ open)

Fig. 9의 스펙트럼에서 풍량, 전체 음압레벨, 회전수는 다음과 같다.

1) ③,④ : 6.4 m³/min, 51.6 dB(A), 1070 rpm
2) ⑦,⑧ : 6.3 m³/min, 53.6 dB(A), 1350 rpm

동일한 풍량에서 ⑦,⑧의 경우가 ③,④보다 전체 음압레벨이 2 dB(A) 높게 측정되었다. ⑦,⑧의 경우는 유동이 불안정하여 체감적인 소음레벨이 이보다 더 큰 차이를 보였다. ⑦,⑧의 경우가 전반적으로 전 주파수 영역에서 높게 측정되었으며 특히 2.5 ~ 4.5 kHz 영역에서 크게 차이를 보였다. 이 영역의 소리가 내부 유동의 불안정성과 관련이 있는 것으로 보이며 체감적인 소음에 많은 영향을 준 것으로 판단된다.

5. 결론

본 연구의 결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 전면 흡입 공간의 영향

전면 흡입공간이 작아질수록 성능이 감소하고 소음레벨이 상승한다. 성능은 H=0.8 이하에서 크게 감소하였으며 유동 소음은 H=1.0 이하에서 크게 악화된다. 이를 통해서 H=1.0이 성능과 유동 소음 측면에서 최소한의 전면 흡입 공간의 기준이 되는 것을 알 수 있었다.

전면을 모두 개방한 경우가 풍량 대비 소음 특성이 가장 우수하였으나 동일한 회전수의 풍량 성능은 H=1.0. 1.2, 1.4인 경우보다 떨어졌다.

2) 전면 흡입구 위치의 영향

전면 흡입구의 위치에서 임펠러에 가장 가까운 위치인 ③④로 흡입될 때 성능과 소음특성이 가장 우수하였다. ⑦⑧로 흡입될 때 성능, 소음이 모두 악화되는 특성을 보였으며 유동도 많이 불안정하게 변화되었다. ⑦⑧로 흡입될 때의 성능과 유동 소음의 변화에 대해 추가적인 분석이 요구된다.

일반적으로 팬(Fan)은 흡입구를 많이 확보하고 유동 저항을 최소화하는 것이 성능과 유동 소음 측면에서 유리하다. 그러나 횡류팬의 경우는 해당되지 않는 것을 알 수 있었으며 성능과 소음을 최적화할 수 있는 흡입조건이 있는 것을 알아내었다.

후 기

현재 전면 흡입구 위치의 영향에 대해 유동장 해석(CFD)을 수행 중이며 향후 이 결과에 대해 추가적인 분석을 진행할 계획이다.

참고문헌

(1) 松田憲兒, et. al., 1991, "Study on Influence of Suction-Directions on Tangential-Fan for Air-Conditioners," 三菱重工技報, Vol. 28, No. 3, pp. 317-321.