

〈技術論文〉

Centrifugal Fan 송풍기의 진동·소음 특성에 관한 연구

김태형* · 김옥현**

(1991년 9월 30일 접수)

A Study on the Characteristics of a Centrifugal Fan Vibration and Noise

Tae Hyung Kim and Ock Hyun Kim

Key Words: Centrifugal Fan(원심송풍기), Structural Vibration Noise(구조물진동소음), Aerodynamic Noise(공력소음), Mixed Noise(복합소음)

Abstract

Because of low noise and small size with huge capacity, a centrifugal fan is widely used for ventilation, air-conditioner and so on, which are very near to human life. Because of the complexity of its vibration and noise generation mechanics, most of researches on them are based on experimental methods. This study is to characterize the centrifugal fan noise and vibration. It is considered that noise is composed of the structural vibration noise and the air flow induced aerodynamic noise. To decouple the structural vibration noise the centrifugal fan is masked with an adhesive tape, such that air blowing is prohibited thus only the structural vibration noise is extracted. The noise level and characteristics in the frequency domain are verified and compared with those of total mixed one. This study shows some significant results that the structural vibration noise has relatively narrow band power spectrum compared with the total mixed one and has a strong periodicity. The sound level is lowered about 5dB by the removal of air flow with the masked fan for an air-conditioner used in this study.

1. 서 론

원심팬(centrifugal fan)은 소음이 작고 소형·대용량이기 때문에 환풍기·에어콘·공기정화기 등에 널리 쓰이는 송풍기이며, 쾌적하고 정온한 주거생활과 밀접한 관계에 있다. 이와 같이 원심팬이 우리 주변에서 보편화된 장치임에 비해 이의 진동·소음에 관한 연구 발표는 상대적으로 매우 적으며

또한 원심팬에서의 공기유동 과정 및 소음발생 과정이 매우 복잡한 이유로 발표된 연구도 주로 실험적인 방법에 의존하고 있다.

원심팬에 관하여 연구·발표된 내용은 크게 공기유동(air flow) 즉 원심팬의 송풍 능력에 관한 연구와 공력음향(aerodynamic sound)에 관한 것으로 구분된다. 공기유동에 관한 연구로는 원심팬의 주요 설계변수에 따른 공기유동속도, 변동(fluctuation) 등 공기송풍성능(air blowing performance)에 관한 것 들이며, (1~3) 공력음향에 관한 연구도 주로 원심팬의 주요 설계변수가 공력소음에 미치는

*충북대학교 기계공학과 대학원

**정희원, 충북대학교 기계공학과



Fig. 1 Air-conditioner used in the study

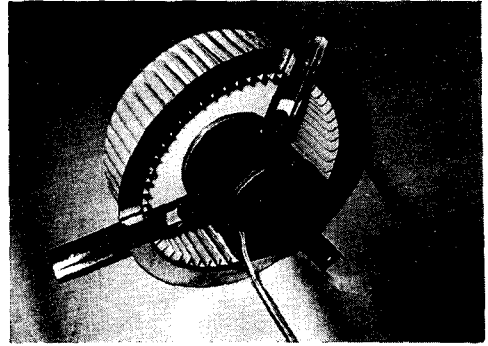


Fig. 2 Centrifugal fan

공기유동 자체에서 발생하는 공기유동소음으로 구별된다.

본 연구는 실험적 연구를 통하여 이들 진동·소음원의 주파수 특성과 전체 소음에의 기여도 등을 규명하였다.

2. 실험

2.1 실험방법 및 내용

Fig. 3은 본 연구의 실험장치 구성도이다.

원심팬을 장착한 에어컨 구조물의 여러 곳에 가속도계를 부착하여 구조물진동의 가속도 rms 레벨을 측정하였으며, 마이크론을 사용하여 이 때의 소음을 측정하였다. 가속도계와 마이크론으로부터의 신호를 FFT analyzer를 통해 power spectrum과 coherence의 특성을 규명하였다.

모터와 원심팬이 회전할 때 공기유동이 발생하며, 이 공기는 덕트를 통과하면서 공기유동소음을 발생시킨다. 또한 모터와 원심팬이 회전할 때 회전중심과 질량중심 사이의 편심효과에 의한 가진력과 공기유동에 의한 공기역학적 가진력이 구조물을 진동시켜 구조물진동소음을 발생시킨다. 이와 같이

영향을 실험적으로 해석한 것이다. (4-6)

본 연구에서는 Fig. 1에 보인 바와 같이 원심팬이 부착된 실내 에어컨을 대상으로 하여 원심팬의 진동·소음 특성을 연구하였다. Fig. 2에서 보인 바와 같이 원심팬은 전기 모터 축에 커플링 되어 있으며 원심팬의 회전에 의해 발생된 공기유동은 연결된 덕트 시스템(duct system)을 통해 외부로 방출된다. 이와 같은 송풍시스템에서 발생하는 진동·소음은 크게 구조물 진동에 의한 구조물진동소음과

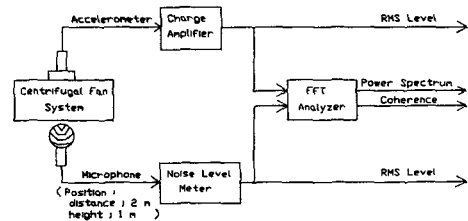


Fig. 3 Experimental set-up

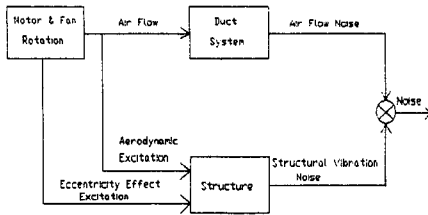


Fig. 4 Block diagram of a centrifugal fan noise generation



Fig. 5 Masked centrifugal fan

에어콘에서 발생하는 소음은 공기유동소음과 구조물진동소음으로 구별할 수 있으며, Fig.4에 원심팬이 장착된 송풍시스템의 진동·소음의 발생을 블록선도로 보였다.

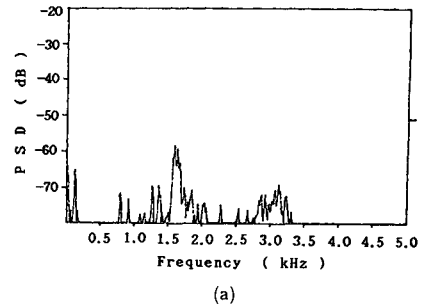
원심팬의 회전시 서로 다른 소음원, 즉 구조물진동소음과 공기유동소음이 서로 커플링되어 발생하게 되므로 이들 두 소음원의 특성을 분리 규명하기가 곤란하다. 따라서 본 연구에서는 이들 두 소음원의 특성을 분리 규명하기 위하여 공기송풍의 능력을 제거한 Fig. 5와 같은 원심팬의 표면에 접착 테이프를 붙인 소위 마스크 원심팬(masked centrifugal fan)을 사용하였다.

본 연구에선 편의상 원심팬에 접착 테이프를 붙여 공기송풍능력을 없앤 것을 마스크 원심팬이라 이름하여 테이프를 붙이지 않은 송풍능력이 있는 원심팬과 구별하였다. Fig. 5와 같은 마스크 원심팬을 사용하여 공기유동이 없는 순수한 구조물진동소음만을 추출하여 그 특성을 소음레벨과 주파수영역에서 규명하였으며, 원심팬을 사용한 공기 유동이 있을 때의 전체소음의 경우와 비교·검토하였다.

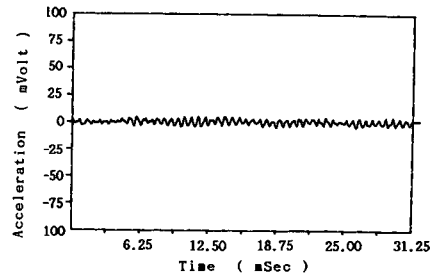
2.2 실험결과 및 토론

(1) 구조물진동소음

마스크 원심팬을 사용하여 공기흐름이 없는 순수



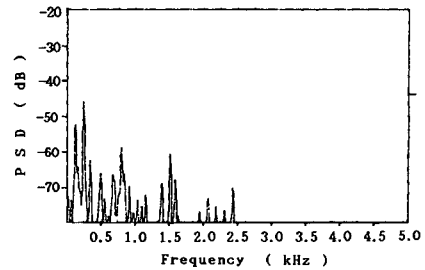
(a)



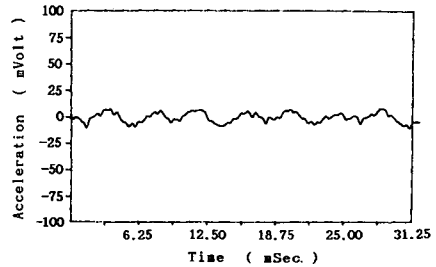
(b)

Fig. 6 Structural vibration at the motor rms=2.0(m/s²)

한 구조물진동에 의한 구조물진동소음을 마이크로폰을 사용하여 측정하였으며, 가속도계를 사용하여 송풍시스템의 여러곳의 구조물의 진동레벨을 측



(a)



(b)

Fig. 7 Structural vibration at the duct rms=7.5(m/s²)

정·비교하였다. 구조물진동 측정 결과 모터와 원심철편의 장착부와 덕트부에서 진동레벨의 평균값이 3.8 g(rms)로서 송풍시스템의 다른 부분의 평균치 1.0 g(rms)에 비해 매우 높음을 알 수 있었으며, 따라서 이 부분의 진동과 구조물진동소음과의 coherence를 검토하였다. Fig.6,7은 모터부와 덕트부에서 구조물의 진동가속도와 그 power spectrum을 보인 그림이다.

Fig. 6,7에서 보이고 있는 바와 같이 구조물진동의 power spectrum은 discrete한 peak를 갖는다. 이것으로부터 구조물진동은 강한 주기성 (periodicity)을 가짐을 알 수 있으며 이것은 실시간 그림으로부터도 또한 확인된다. 이와 같은 주기성은 모터와 원심철편의 회전시 편심효과에 의한 가진력이 구조물진동의 원인임을 반영한다. Fig. 8은 구조물진동소음의 power spectrum과 실시간측 상에서의 음압신호를 보이고 있다.

구조물진동소음의 power spectrum도 discrete한 peak를 보이며 실시간측상에서도 보는 바와 같이 구조물진동소음은 강한 주기성을 갖는다. 구조물진동소음의 주파수 범위는 약 3.5 kHz, 소음레벨은 약 65 dB를 나타냈다.

Fig. 9은 Fig. 6,7에서 보인 모터부와 덕트부의 진동신호와 마이크로폰으로부터 얻은 구조물진동소

음신호와의 coherence를 보이고 있다. Fig. 9와 Fig.6, 7의 결과를 비교해 보면 진동신호의 power spectrum의 peak에서 coherence가 1에 근접한 값을 나타내고 있음을 알 수 있으며 이것은 구조물진동이 직접적으로 구조물진동소음에 영향을 주고 있음을 나타낸다. 또한 구조물진동소음의 2.5 kHz 이상의 고주파수 성분은 모터부 진동에 의한 것임을 알 수 있다.

(2) 복합소음

원심철편을 사용하여 공기유동이 발생하는 경우의 소음, 즉 구조물진동소음과 공기유동소음이 복합되어 나타나는 경우의 소음특성을 Fig. 10에 보였다. 이 결과를 앞의 Fig. 8에 보인 구조물진동소음의 주파수 특성과 비교해 보면 주파수 영역이 3.5 kHz에서 7 kHz로 넓어진 것을 알 수 있으며 또한 구조물진동의 경우에 비해 peak가 매우 둔화되어 있음을 알 수 있다. 이것은 공기유동에 의해 고주파수 성분이 추가되고 구조물진동소음의 주기성이 묻혀진 것을 나타내며 공기유동소음이 구조물진동소음에 비해 넓은 주파수 범위의 white noise에 가까운 특성을 가지고 있음을 반영해 주고 있다.

전체 소음레벨은 69.6 dB로 구조물진동소음의 소음레벨 65 dB에 비해 약 5 dB 증가 되었다. 구조물진동 레벨과 주파수 특성을 앞에서 언급한 바

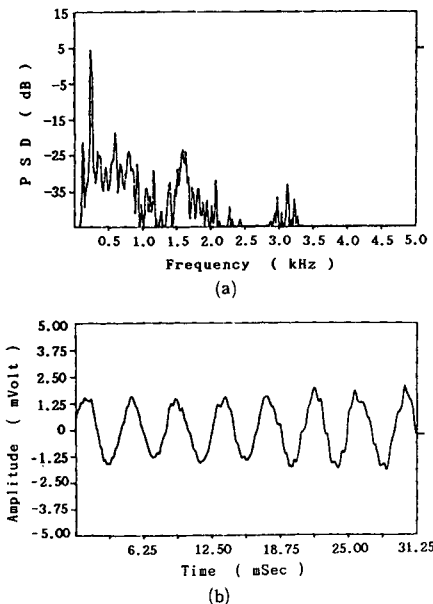


Fig. 8 Characteristics of structural vibration noise
Sound pressure level=65dB

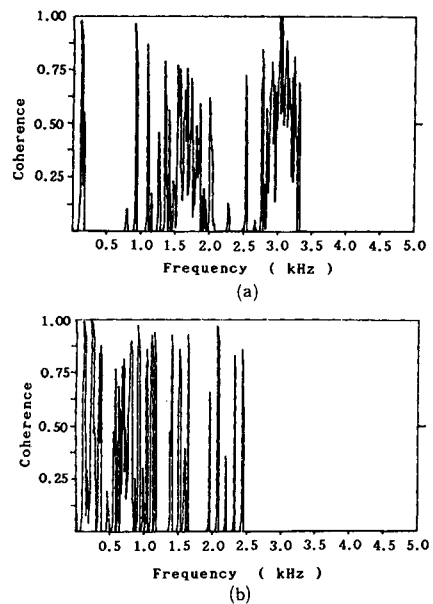


Fig. 9 Coherence between structural vibration and structural vibration noise

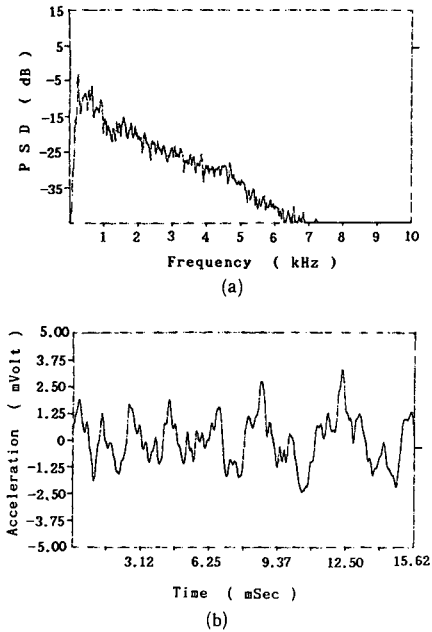


Fig. 10 Characteristics of mixed noise using a centrifugal fan
Sound pressure level=69.6dB

와 같은 마스크 원심팬을 사용한 경우와 동일한 위치에서 측정하였으며 그 값은 거의 차이가 없었다. 즉 공기유동에 의한 공력가진 (aerodynamic excitation) 효과는 무시될 수 있음이 확인된다 (Fig. 4 참조).

3. 결 론

본 연구에서 수행한 원심팬 장착 송풍시스템에 관한 진동·소음특성에 관한 연구 결과는 다음과 같이 요약된다.

(1) 소음원은 구조물진동소음과 공기유동소음으로 구별된다. 구조물진동은 상대적으로 좁은 주파수 범위 (약 3.5 kHz)를 가지며 power spectrum 상에 discrete한 peak가 나타나는 매우 강한 주기성을 갖는다. 이에 비해 전체소음은 peak가 둔화된 white noise에 가까운 성질을 보이며 넓은 주파수 범위 (약 5 kHz)를 갖는다. 이것은 공기유동소음이 넓은 주파수 영역의 white noise에 가까운 특성을 가짐을 반영한다.

(2) 구조물진동소음은 65 dB로 전체소음 69.6 dB에 약 5 dB의 차이를 보인다.

(3) 구조물진동소음은 주로 모터와 원심팬의 질량중심과 회전중심 사이의 편심효과에 기인하며, 즉 공기유동에 의한 구조물 가진효과는 무시되며, 강한 주기성을 갖고 직접적인 구조물진동소음의 원인이 된다.

후 기

본 연구는 1991년도 교육부지원 한국 학술진흥재단의 자유공모과제 학술연구조성비에 의해 지원되었습니다. 이에 감사드립니다.

참고문헌

- (1) Raj, d. and Swim, W.B., 1981, "Measurement of the Mean Flow Velocity and Velocity Fluctuation at the Exit of FC Centrifugal Fan Rotor," ASME Journal of Engineering for Power, Vol.20, pp. 393~399.
- (2) Suzuki, S. and Ugai, Y., 1977, "Study on High Specific Speed Airfoil Fans," Bulletin of JSME, Vol.20, pp. 575~583.
- (3) Nojima, N., et al., 1972, "Investigation of Performance Characteristics of Multiblade Fans for Air-Conditioner," Mitsubishi Juko, Vol.9, No. 3, pp. 326~334.
- (4) Ken Morinushi, 1987, "The Influence of Geometric Parameters on F.C. Centrifugal Fan Noise," ASME Journal of Vibration, Acoustics, Stress, and Reliability in Design, Vol. 109, pp. 227~234.
- (5) Neise, W., 1982, "Review of Noise Reduction Methods for Centrifugal Fans," ASME Journal of Engineering for Industry, Vol.104, pp. 151~161.
- (6) Morinushi, K., 1984, "Influence of Inlet Obstacle on Multi-Blade Fan Noise," Transactions of the JSME, Series B, Vol.50, No.459, pp. 2583~2591.