

冷凍空調技術者를 위한 消音技術 (1)

吳 在 應*

Technique of Noise Reduction for Refrigeration
and Air Conditioning Engineers

Jae Eung Oh

덕트內的 消音技術은 空氣調和裝置 設計는 勿論 裝置利用을 위한 安定되고 快適한 設計를 위하여 고려하여야 할 技術의 하나이다. 그러므로 여기서는 주로 덕트系의 消音계획을 하는데 있어서 고려하여야 할 사항을 중심으로 하며 발생 소음 및 음향 감쇠 특성을 나타내는 각종 데이터의 문제점을 지적하고 이들에 대하여 고찰하고 이 분야에 관한 최근 연구의 일부를 소개하고 앞으로 문제점에 대해서 다루고저 한다.

1. 消音計劃에서 고려할 사항

duct 系 消音계획은 설비를 계획할 때부터 고려하여야 한다. 그중에서도 실의 배치 duct 의 배치 및 공간 등의 검토가 매우 중요하다.

또는 duct 系에 있어서 공기유동에 충분한 주의를 必要로 하며 가능한 duct 계의 손실 압력을 적게함과 동시에 무리한 유량조정을 하지 않을 배려가 要望되며 이러한 요구의 해결을 위해서는 과대한 송풍기를 선정하지 않고 알맞는 용량의 것을 사용하도록 하여야 한다.

duct 系의 消音계획에 대해서는 송풍기는 물론 duct 직관부, 곡관부, 단면 변화부, 분기부, 합류부, 消音器, 챔버, 댐퍼, 분출구, 흡입구 등 duct 系를 구성하는 모든 성분의 기류 및 騒音特性이 명확하게 파악되어야 한다. 우리가 기류 특성이라고 하면 손실압력 유량 분포 등이 있고 소음 특성으로서는 음향 감쇠 및 발생 騒音을 들 수 있다.

duct 系의 消音계획법은 상당히 명확하게 되어 있지만 전술한 각종 데이터가 수집되지 않으면 설

* 正會員, 漢陽大學校 機械工學科

계는 불가능하게 된다. 종래 많은 연구자 또는 제조업자에 의해 상당히 이들에 대한 데이터의 축적이 되어 왔다. 그러나 氣流 및 騒音특성을 完備한 것은 의외로 적은 실정에 처해있다. 더우기 음향 감쇠 및 발생 소음은 실험에 의해서 구하지 않으면 안되는 부분이 많고 오히려 그 구하는 방법에는 많은 방법이 있으며 이용되는 방법이 어떠한 보다 좋은 결과와 다르게 되는 경우도 많다. 따라서 이들의 데이터 사용에 대해서는 충분한 주의가 必要하다.

2. 發生 騒音 測定上 問題點

duct系 消音계획에 必要한 것은 각성분 발생음 파워 레벨이다. 그 중에서 duct系 최대의 음원인 송풍기에 대해서는 그 토출 또는 흡입측으로부터 접속 duct 中에 방출되는 파워레벨이 必要하다. 이러한 발생음 파워레벨을 구하는 방법은 다음과 같은 각종 방법이 있다.

2-1 duct 內 測定法

송풍기등의 음원기는 접속하는 duct 中에 음압 레벨을 측정하여 이들로 부터 음원의 파워레벨을 구하려고 하는 것이다. 이 방법에 문제가 되는 것은 다음 여러가지 점을 들을수가 있다.

1) duct 開口端으로 부터 반사파 때문에 duct 軸方向에 음압분포를 발생시킨다.

2) duct 지름에 비하여 波長이 짧은(duct 지름 1.7 배보다 작은 파장 이하의) 주파수에서는 크로스 모드보다 duct 지름 方向에도 음압분포를 발생시킨다.

3) 기류중에서 음압측정기가 때문에 마이크로 폰 자체의 잡음이 문제가 된다.

1)에 대해서는 반사파의 영향을 제외하고 진행파만을 취할 必要가 있다. 또한 開口端을 무반사단¹⁾으로 하던가 폰을 부착시켜 반사파를

막는 경우도 있지만 duct 의 크기 형상마다 이들을 유의할 必要가 있다.

2) 에 대해서는 크로스 모드 영역에서는 단면의 평균 음압을 구할 必要가 있다.

3) 에 대해서는 rose cone, window screen (Fig.1 참조), sampling tube (Fig.2 참조)²⁾ 등을 사용할 必要가 있다. 이것은 어떠한 자체 잡음 및 마이크로폰 감소에 대한 특성을 명확하게 해주지 않으면 안된다. Fig.1에 나타난 window screen의 자체 잡음을 Fig.3,4에 나타낸다.

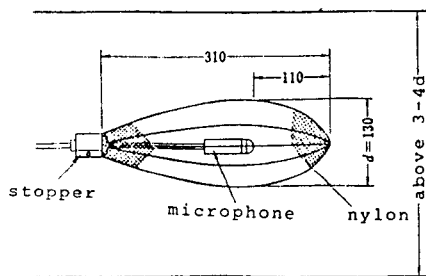


Fig.1 Window screen

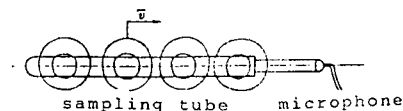


Fig.2 Sampling tube

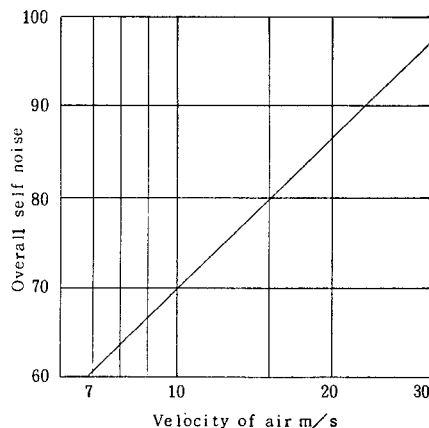


Fig.3 Self noise

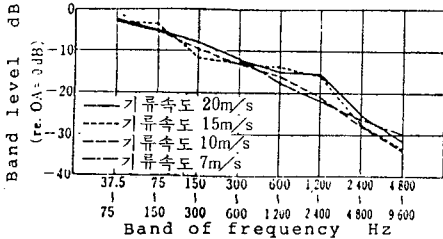


Fig. 4 Characteristics of self noise

Fig. 2에 나타내는 sampling tube는 多孔性 원통 tube로써 측방향에 흐름저항 (flow resistance)이 변화하도록 설계되어 흐트러진 압력변동을 공간적으로 평균화한다. 또한 반사파 및 크로스 모우드의 영향도 제거할 수 있다. Fig. 5에는 sampling tube와 foam window screen에 의해 SN비의 개량을 나타낸다²⁾.

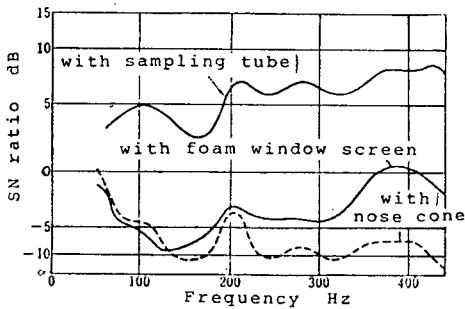


Fig. 5 Improve of SN ratio by foam window screen and sampling tube.

2-2 자유공간법

음원에 접촉한 duct를 자유공간중에 개방하여 開口端 中心을 中心으로 하는 원주상에 음압레벨을 측정하여 開口端 반사보정을 행하여 음원의 파워레벨을 구하는 것이다. 이 경우는 가능한 음의 반사가 없는(무향실은 당연히 이것에 해당함) 장소에서 행해지나 반사음 및 측정 duct 以外的 부분으로부터 음이 측정치에 영향을 미치지 않도록 할 필요가 있다. 또한 지면의 반사가 불명확한 경우 철판을 부착시켜 측정하는 것도 있다⁴⁾

2-3 置換音源法

音響出力이 이미 알고 있는 스피커 혹은 fan을 기준音源으로 하여 기준음원 및 발생음 파워를 구하고자 하는 음원을 같은 실내에 각각 따로 구동하여 어느 점의 음압레벨을 각각 측정한다. 그 음압레벨만을 기준음원의 파워 레벨을 必要한 파워레벨을 구하려고 하는 것이다.

송풍기 소음출력 측정규격(日本)에 따르면 스피커를 기준음원으로 하는 것을 고려해 여러가지 검토를 행하였지만 스피커는 놓여진 위치의 주위 조건의 영향을 받으며 음향출력이 변화하기 때문에 이 방법의 채용을 포기하였다.

한편, 미국에서는 AMCA (Air Moving and Conditioning Association)에 의한 측정규격⁴⁾이 있고 기준음원으로 케이싱이 없는 소형 원심 송풍기를 이용하는 방법이 채용되고 있다. 이와 같은 기준음원은 ILG社製로 잔향실법 및 자유공간법으로 부터 전원 60 Hz 115 V 및 50 Hz, 110 V로 구동하였을때 발생음 파워레벨이 주어지게 된다. 이 방법은 미국에서 송풍기는 물론이고 각종 성분의 발생음 파워 레벨을 반잔향실의 실을 이용하여 구하고 있다. 비교적 간단하기 때문에 널리 보급되어 있지만 전혀 문제가 없는 것은 아니다.

이 기준음원은 기중에 의한 파워의 차, 經年變化는 거의 없지만 전술한 스피커 만큼 크지는 않지만 역시 그 놓여진 주위의 조건으로부터 출력이 변화한다⁵⁾. 즉 무향실과 잔향실에서는 저음역에서 커다란 차를 발생한다 (Fig. 6 참조) 또는 잔향실의 中央과 코너에도 저음역에서 차가 생긴다 (Fig. 7 참조). 따라서 사용하는 중에 음원의 성질을 정확하게 파악해 놓을 필요가 있다.

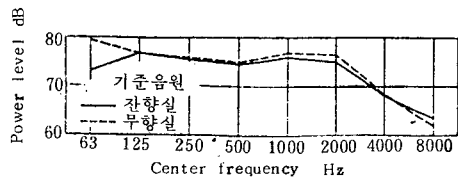


Fig. 6

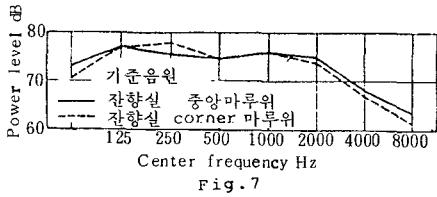


Fig. 7

2-4 잔향실법

음원으로 부터 잔향실내에 방출되는 파워를 실내 확산음의 음압레벨 측정으로부터 구하는 것이기 때문에 표준적인 측정방법으로 생각되어지고 있다. 물론 확산음압의 공간평균 실용적등에 의해서 정도가 변화한다.⁶⁾ 그러나 최대의 결점은 많은 비용과 공간을 요하고 어디에서도 건설 가능한 것이 아닐 것이다. 더우기 통상 잔향실과 달라서 給排氣口를 요하며 압소음·레벨이 높은 곳에도 곤란하다.

송풍기 이외의 기류에 의해서 발생하는 소음의 측정에는 무음의 기류가 必要로 하고 이와같이 얻어진 장치를 무음 송풍장치라고 부른다. 송풍기 소음을 측정에 지장이 없도록 충분히 消音할 必要가 있고 대형의 장치로 되기 때문에 외국의 경우 2~3 가지 예가 있을 뿐이다.

3. 음향감쇠 표시상 문제점

3-1 시험규격의 결여

消音器등 음향감쇠 특성 시험법으로는 다음 2 가지 조건이 요구된다. 첫째는 이들을 실제로 duct系에 설치할 때 성능에 잘 일치하는 데이터가 얻어지는 것이다. 둘째는 이 시험법이 각 제조업자간의 성능을 직접 비교 가능한 것이 아니면 안 된다. 물론 후자의 요구는 각 업자가 동일한 방법을 이용하는 한 전자의 요구에 적합하지 않은 많은 시험법에 있어서도 필요하다.

duct系 消音의 중요성이 증대하고 있음에도

불구하고 지금까지 외국에서도 시험규격이 확실히 없고 시험법 성능표시법이 통일되어 있지 않다. 따라서 각 제조업자 데이터는 극히 통일되어 있지 않고 일부에는 기만적인 데이터 마저 존재한다.

3-2 騒音 장치의 설치

duct用 消音器는 환기 및 給氣側에의 송풍기 소음을 감쇠 혹은 제거하기 위하여 송풍기의 흡입 혹은 토출하는 쪽에 통상 이용된다. 소음기는 또는 duct分岐部, 댐퍼 및 혼합상자 등에도 필요하다. 필요한 消音장치는 공기조화 시스템에 있어서 각종 騒音원에 붙여 다음과 같은 데이터가 얻어져 음향설계의 한계가 설정되면 계산할 수 있게 된다.

- 1) 송풍기⁷⁾, 굽힘관부⁸⁾, 分岐部⁹⁾, 댐퍼¹⁰⁾, 혼합상자, defuser 및 그밖의 다른 성분을 포함한 소음원의 발생 파워레벨
- 2) 굽힘관 및 分岐部를 포함한 duct系에 의해서 얻어지는 자연 감쇠량
- 3) duct用 消音器와 같은 消音장치 기류 및 騒音特性¹¹⁾

3-3 用語의 意味

消音장치의 음향감쇠특성을 나타내는 표준적인 용어가 확립되어 있지 않다. Noise Reduction, Insertion Loss, Sound Pressure Level Difference, End Difference 및 Attenuation 등이 현재 이용되고 있는 용어의 일부이다. 이와같은 용어의 무차별한 사용은 공조 혹은 음향기술자가 그것이 무엇을 의미하는가를 이해하는 것이 곤란할 경우가 있다. 이 용어는 통상 다음과 같이 정의된다¹²⁾.

(1) 삽입손실 (Insertion Loss, IL)

측정점과 음원과의 사이에는 消音裝置를 삽입하는 전후 동일점에 특정한 2개의 음압레벨, 파워레벨 혹은 음의 강도(Sound Intensity)레벨차를 말한다.

(2) 동적 삽입손실 (Dynamic Insertion Loss, DIL)

시스템 및 消音장치의 유량을 측정해서 삽입손실을 측정하는 이외는 (1)과 동일한 차를 의미한다.

(3) 투과손실 (Transmission Loss, TL)

消音장치에 입사하는 음향파워와 消音장치를 통과한 것과의 비를 “dB”로 표시하는 것.

(4) 騒音減衰量 (Noise Reduction, NR)

消音장치의 입구 및 출구측에 측정한 음압레벨차. 이 값은 End Difference 라고 부른다.

(5) 音響減衰 (Attenuation)

음향 시스템중 2점간에 음의 파워 감소를 “dB”로 표시한 것. 단, Attenuation 라고 하는 낱말은 Noise Reduction, Transmission Loss 및 Insertion Loss 등의 의미로 사용되기도 하며 허술하게 사용되기도 한다.

3 - 4 음향감쇠 시험

消音장치에 요구되는 성능으로서 손실압력, 음향감쇠 및 발생騒音が 있고 음향감쇠 성능에 영향을 미치는 기류의 영향도 명확하게 해 둘 필요가 있다. 이들을 하나의 장치로 측정 가능하도록 하는 것이 요망된다. 이로 인해 消音장치의 성능을 직접적으로 구하는 것이 된다. 이에 따른 데이터는 동적 삽입손실 및 발생음을 포함하고 있다.

4. 최근 연구와 앞으로의 과제

발생음 및 음향감쇠의 시험방법이 다시 고려되고 있는 한편 이들을 표준화하여 규격화 하는 것이 필요로 한다.

발생음에 대해서는 기본적인 형상의 물체로부터 발생하는 소음 메카니즘을 명확하게 하여 광범하게 정도가 좋은 발생음 파워를 추정하려고

하는 연구가 수행되고 있다¹⁰⁾¹³⁾¹⁴⁾.

음향감쇠에 대해서는 바람이 없을 때 성능만이 아니라 기류중에 있어서 특성이 문제가 되고 있다¹⁵⁾.

설계의 입장에서 보면 duct 系の 모든 성분에 대해서는 기류 및 소음특성이 명확히 되어 있을 필요가 있다. 이점에 대해서는 앞으로 연구 검토될 점이 많다고 사료된다.

参 考 文 獻

- 1) S. Holgesson, Development of an Anechoic Termination for Fan Noise Measurements, ASHRAE Transactions, Part I (1968).
- 2) U. Bolleter, M. J. Crocker; Research Toward an In-duct Fan Sound Power Measuring System, ASHRAE Transactions, Part II (1970).
- 3) D. R. Johnson, D. M. Brown, Sound Power Measurements on a Large Centrifugal Fan, H & VE, (Aug., 1964).
- 4) AMCA Standard 300-67, Test Code for Sound Rating.
- 5) T. J. Schultz, Sound Power Measurements in a Reverberant Room, J. Sound Vib. (1971), 119 ~ 129.
- 6) P. K. Baade, Equipment Sound Power Measurements in Reverberation Rooms, J. Sound Vib. (1971), 13 ~ 135.
- 7) G. C. Groff, J. R. Schreiner, C. E. Bullock, Centrifugal Fan Sound Power Level Prediction, ASHRAE, Journal, (Oct., 1967).
- 8) J. B. Graham, A Method of Estimating the Sound Power Level of Fans, ASHRAE Journal, (Dec., 1966).
- 9) C. E. Bullock, Aerodynamic Sound Generation by Duct Elements, ASHRAE Transactions, Vol. 76. (1970), 87.

- 10) U. Ingard, A. Oppenheim, M. Hirschorn, Noise Generation in Ducts, ASHRAE Transactions, Vol. 74, Part I(1968), V.1.1~10. (Dec., 1966).
- 11) T. Shoda, T. Terasawa, M. Itamoto, A. Funabashi, T. Chiba, A Study on the Performance of Box Plenums with Three Branch Ducts, Transaction SHASE, Vol.5(1967), 22 ~ 29.
- 12) D. B. Callaway, M. Hirshorn, New Rating Method for Duct Silencers Takes into Account Effects of Air Flow, H. P. A. C. 13) C. G. Gordon, The Problem of Duct-generated Noise and its Prediction; ASHRAE Transactions, Part I(1968), V. 3.1~13.
- 14) M. Terao, T. Shoda, On Sound Generated by Bluff Bodies in Air Flow, Inter-noise75 (Aug., 1975).
- 15) W. F. Kerka, Attenuation of Sound in Lined Ducts with and without Air Flow, ASHRAE. Journal,(Mar., 1963),69.