

송풍기·압축기의 소음레벨 측정방법 KS B 6361의 개정 해설

이승배* · 김경호**

1. 서 론

송풍기·압축기의 소음레벨 측정방법인 KS B 6361의 개정은 산업자원부 산하 기술표준원에서 수행하는 기계분야 KS규격의 국제 규격 부합화 사업의 일환으로, 1차년도(1998년)에는 송풍기 관련 시험 및 검사방법 규격의 선진화 연구를 통해 송풍기 관련 시험 및 검사방법 규격 개정안을 도출하였고⁽¹⁾, 2차년도(1999년)에는 송풍기 관련 국제 규격에 부합되도록 산업체, 연구소 등의 의견을 수렴하여 송풍기 관련 시험 및 검사방법 중 KS B 6361 송풍기·압축기 소음레벨 측정방법과 KS B 6311 송풍기 시험 및 검사방법 개정을 본 학회 송풍기 분과를 중심으로 수행하였다.⁽²⁾

고성능, 저소음의 송풍기 개발을 위해서는 우선적으로 성능과 소음을 신뢰성이 있으며 객관적으로 측정할 수 있는 방법의 확립이 반드시 필요하다. 현재 이와 관련된 KS규격의 소음 측정방법으로는 KS B 6361 '송풍기·압축기 소음레벨 측정방법'이 있으며, 성능측정방법으로는 KS B 6311 '송풍기 시험 및 검사방법', KS B 6350 '터보형 블로어 압축기의 시험 및 검사방법' 등이 있다.

따라서 본 개정해설에서는 우선 이것들 중 산업체의 국제 경쟁력 강화에의 파급효과가 가장 크며 송풍기의 소음측정방법과 가장 관련이 깊은 KS B 6361 '송풍기·압축기 소음레벨 측정방법'의 개정내용을 담고 있다. 본 개정에서는 선진규격인 ISO, ASHRAE, ANSI, AMCA, JIS 등과 비교하여 필요한 부분을 수정 보완함으로써 국내 송풍기 산업의 국제 경쟁력을 높여 국제시장에서 경쟁할 수 있도록 개정하였으며, 특히 산업체에서 적용이 용이하도록 송풍기 본체로부터 방사하는 소음측정시 실용 반자유음장법과 간이 반자유음장법을 그리고 덕트로부터 방사되는 소음은 덕트내법, 준자유음장법 그리고 준확산음장법으로 나누어 개정 해설하였다.

* 인하대학교 기계공학과

** 인하대학교 대학원

E-mail : sbalee@inha.ac.kr

2. 규격의 개정 요점

개정된 KS B 6361 규격은 1987년에 개정된 이후로 소음 레벨 측정방법에 대해서 많은 발전이 있었음에도 불구하고 새로이 추가되거나 개정된 내용이 거의 없었다. 따라서 산업체에서 변화된 상황에 대응하기에는 많은 어려움이 있었으므로 KS B 6361 규격을 크게 본문과 부속서로 나누어 수정하였다.

본문은 개정 전 규격에 비해 용어의 정의를 KS A 3006(음향용어(일반)), KS A 0703 (일반음장에서 음향 파워 레벨 측정방법) 등을 기준으로 현재의 측정조건에 맞게 개정하였으며, 개정 전 규격에서 따로 분리되어 있지 않던 대표 소음 레벨의 산출방법에 대한 내용을 독립된 항으로 분리시켰다.

부속서는 크게 송풍기 및 압축기의 본체에서 방사하는 소음의 음향 파워 레벨의 측정방법, 음장보장값을 구하는 방법, 송풍기로부터 덕트 내로 방사하는 소음의 음향 파워 레벨 측정방법 그리고 마이크로폰의 기류잡음에 대한 보정에 대한 내용들을 중심으로 개정하였다.

3. 주요 개정 내용

3.1 본 문

개정 전의 규격에서 참고로 나와 있던 인용규격과 대표 소음 레벨의 산출방법에 대한 항을 독립항으로 나타냈으며, 본문의 주된 개정 내용은 다음과 같다.

3.1.1 용어의 정의

규격을 이해하는 데 필요한 최소한의 용어를 KS A 3006(음향용어(일반))⁽³⁾, KS A 0703(일반 음장에서 음향 파워 레벨 측정방법)⁽⁴⁾, JIS Z 8733(一般の音場における音響パワー レベル 測定方法)⁽⁵⁾, ISO 3744(Determination of sound power levels of noise sources -Engineering methods for free-field conditions over

a reflecting plane)⁽⁶⁾를 기준으로 하여 개정하였다. 예를 들면 압소음 레벨에 대한 정의로 개정 전 규격에서는 "측정대상물이 없을 때의 그 측정점에서의 소음"이라고 정의하던 것을, 개정된 규격에서는 "소음측정 중에 측정대상물 이외에서 방사하는 모든 음원들의 측정 위치에 대한 소음 레벨, 음압 레벨 또는 밴드 음압 레벨"로 개정하였다.

3.1.2 측정항목

측정항목에 대한 내용은 부속서 1, 부속서 2 그리고 부속서 4에 나타내었으며, 원칙적으로 소음의 측정은 규정회전수와 규정 공기유량에서 실시하고 부득이하여 규정조건이외에서 측정할 때에는 인수 · 인도 당사자 사이의 협정에 따라 실시하고 그 운전조건을 명기해야 한다.

3.1.3 측정장소

소음을 측정하는 장소는 될 수 있는 한 바닥면 이외의 것으로부터 음의 반사가 없으며, 다음의 조건들 중 어느 하나의 조건을 만족하는 것으로 한다.

- 1) 시험용 송풍기 또는 시험용 압축기의 운전상태에서 다음의 위치로부터 대표 길이의 1배와 2배만큼 떨어진 위치에서의 소음 레벨의 차이가 5dB 이상이어야 한다. 이 때 사용되어지는 대표 소음은 소음 레벨의 측정 위치까지의 거리를 나타내는 양으로서 흡입구 및 송출구로부터의 방사음을 대상으로 하는 경우, 그 임펠러 직경 또는 1m 중 큰 쪽의 길이를 택하고, 케이싱으로부터의 방사음을 대상으로 하는 경우에는 1m를 택한다.

- ① 흡입구로부터의 방사음은 흡입구 중앙에서 흡입구 중심축 위쪽 방향으로 대표 길이가 위치해야 한다.
- ② 송출구로부터의 방사음은 송출구 중앙에서 송출구 중심축과 45°의 방향에 대표 길이가 위치해야 한다.
- ③ 케이싱으로부터의 방사음은 전동기와 반대쪽의 한 방향에서 케이싱 표면쪽으로 대표 길이가 위치해야 한다.

- 2) 기준음원을 시험용 송풍기 또는 시험용 압축기의 설치 장소 또는 그 근처에 놓고, 기준음원으로부터

측정 위치까지의 거리의 1배와 2배 혹은 1/2배와 1배 떨어진 위치에서의 소음 레벨 차이가 가 5dB 이상이어야 한다. 이와 같은 조건을 만족하지 못하는 경우에는 측정장소의 상태(실내 치수, 장치의 치수, 배치, 음장 측정 결과 등)을 특기한다.

또한 측정 위치에서의 압소음 레벨은 개정 전의 규격과 같으며 KS A 0701 '소음도 측정방법'을 따른다.⁽⁷⁾

3.1.4 측정기

측정기는 KS C 1502에서 규정하는 보통 소음계, KS C 1505에서 규정하는 정밀 소음계 또는 이것과 동등 이상의 성능을 갖는 측정기를 사용한다.

소음계의 마이크로폰에 바람이 불면 기류잡음이 발생하고 풍속이 큰 경우에는 측정이 곤란하다. 따라서 옥외에서의 측정 등 기류잡음의 영향이 예상되는 경우에는 윈드스크린을 장착하는 것이 바람직하다. 다만 윈드스크린의 효과에도 한계가 있으므로 풍속이 큰 경우의 측정은 피하는 것이 바람직하다.

또한 윈드스크린에 의해 마이크로폰의 감도가 변하는 것이 있으므로 주의가 필요하다.

3.1.5 소음 레벨의 측정

1) 소음 레벨의 측정 위치

소음 레벨의 측정 위치는 크게 다음과 같이 나누며, 흡입구가 대기에 개방되어 있는 경우와 송출구가 개방되어 있는 경우에 대해서는 개정 전 규격에서는 없었던 플레뉴 챔버가 있을 때의 측정위치를 추가하여 Fig. 1과 Fig. 2에 각각 나타내었다.

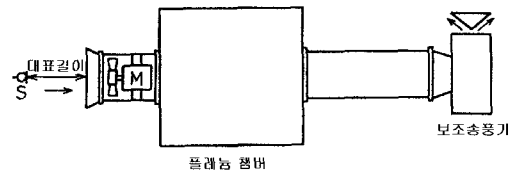


Fig. 1 흡입구가 대기에 개방되어 있는 경우

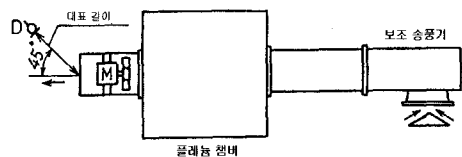


Fig. 2 송출구가 대기에 개방되어 있는 경우

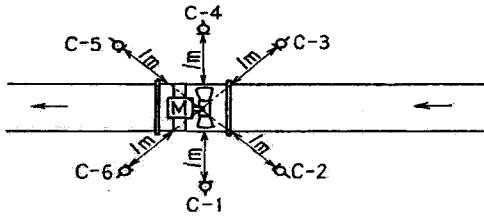


Fig. 3 흡입구 · 송출구가 덕트에 연결되어 있는 경우

흡입구 또는 송출구가 대기에 개방되어 있는 경우에는 본문의 측정장소에서 설명되었던 흡입구 혹은 송출구로부터 방사하는 소음의 측정 조건들에 따라 대표 길이만큼 떨어진 거리에서 측정한다. 다만 송출구가 대기에 개방되어 있고 송출기류의 영향이 있는 경우에는 송출기류의 영향이 있는 방향으로 그 영향이 없어지는 위치까지 측정위치를 떨어지게 하고, 그 위치를 명기한다.

흡입구와 송출구가 덕트에 연결되어 있는 경우에는 몸체 케이싱 표면으로부터의 방사음을 측 수평면내에서 임펄서의 기하학적 중심을 향한 직선상에서 케이싱 표면으로부터 1m 떨어진 위치에서 측정하며, 흡입구와 송출구 모두가 대기에 개방되어 있는 경우에는 흡입구 혹은 송출구로부터 방사하는 소음 중 어느 한 쪽을 측정한다. 측정위치는 흡입구 혹은 송출구로부터 방사하는 소음의 측정 위치를 따르며 모든 위치에 대하여 흡입구, 송출구 중심 또는 케이싱의 중심 높이는 1m 이상으로 하는 것이 바람직지만, 이것이 어려운 경우에는 측정 위치의 높이를 1m로 하고, 송출구 중심 또는 케이싱 표면까지의 거리가 대표길이 되도록 한다.

2) 측정방법

소음계의 주파수 보정회로는 A특성을 사용하고 소음계의 마이크로폰을 음원의 방향으로 향하게 하며 소음계의 동특성은 느린(SLOW) 동특성을 사용한다. 또한 소음 레벨의 측정에 앞서 암소음 레벨을 측정한다. 소음 레벨의 눈금값은 지시값에 가장 가까운 정수값으로 한다. 또한 지시값이 변동하는 경우에는 그 평균값에 가장 가까운 정수값으로 한다. 각 측정 위치에서의 암소음의 보정은 Table 1을 따른다.⁽⁷⁾

Table 1 암소음 레벨에 대한 보정값 단위(dB)

음압 레벨의 차이	4	5	6	7	8	9
보정값	-2				-1	

3.1.6 대표 소음레벨의 산출방법

개정 전 규격에서 간단히 설명되어 있던 것을 독립된 항으로 분리하였고, 대표 소음 레벨은 각 측정위치의 측정값의 에너지를 식 (1)을 이용하여 평균한 값이다. 흡입구 · 송출구에서 방사하는 소음을 측정하는 경우에는 측정점이 한 점이기 때문에 그 측정점의 측정값이 그대로 대표 소음 레벨이 된다.

$$\overline{L_{pA}} = 10 \log_{10} \left[\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N 10^{L_{pAi}/10} \right] \quad (1)$$

여기서 L_{pAi} 는 i 번째 측정 위치의 소음 레벨의 측정값(dB)이고, N 은 측정값의 총 수를 나타낸다.

또한 각 측정 위치의 측정값의 최소값과 최대값 차이가 5dB 이내의 경우에는 데시벨 단위의 값으로 평균하고 그 차이는 무시한다.

3.1.7 기록자료 및 기록서식

소음 레벨의 측정값 기록은 대표 소음 레벨의 산출 방법에 따라 산출한 값을 기록한다.

송풍기 및 압축기의 소음 측정 기록양식을 새로이 나타내었고 회전수를 회전 속도로, 소음 레벨의 단위 기호를 dB(A)에서 dB로 수정하였다.

3.2 부속서 1 송풍기 및 압축기의 밴드 음압 레벨의 측정방법

옥타브 밴드 음압 레벨을 측정하는 경우의 중심주파수는 63~8000 Hz, 1/3 옥타브 밴드 음압 레벨을 측정하는 경우의 중심주파수는 50~10000 Hz로 한다.

또한 밴드 음압 레벨의 측정시간은 중심주파수가 160 Hz 이하의 밴드에서는 30초 이상으로 하고, 200 Hz 이상의 밴드에서는 10초 이상으로 하되 지침의 흔들림이 평균값에 가장 가까운 정수값을 눈금값으로 한다.

또한 기록양식 중 1/3 옥타브 밴드 음압 레벨을 측정하는 경우에는 양식의 중심주파수열 전체를 이용하고, 옥타브 밴드 음압 레벨을 측정하는 경우에는 중심주파수열 중 괄호없는 중심주파수를 사용하거나 괄호안의 중심주파수를 삭제한 양식을 사용한다.

3.3 부속서 2 송풍기 및 압축기의 본체에서 방사하는 소음의 음향 파워레벨의 측정방법

음원의 음향 파워 레벨을 측정하는 방법으로는 KS A

0703(JIS Z 8733, ISO 3744), KS A 0704(JIS Z 8744, ISO 3741, ISO 3742), KS A 0705(8)(JIS Z 8732⁽⁹⁾, ISO 3745⁽¹⁰⁾) 등이 있다.

부속서 2는 개정 전 규격의 참고 2의 내용들 중 ‘근접음장법에 의한 음향 출력 레벨의 측정방법’를 간단히 측정면으로 직육면체면을 이용하는 방법에 따라 송풍기 및 압축기의 본체에서 방사하는 소음의 음향 파워 레벨 측정방법의 일례를 KS A 0703(JIS Z 8733)에 규정하고, ISO 3744⁽⁶⁾에 대응하는 실용 반자유음장법(A법)과 ISO 3746⁽¹¹⁾에 대응하는 간이 반자유음장법(B법)으로 나누었다.

실용 반자유음장법(A방법)^{(5)~(7)}은 잔향이 작은 큰 실내, 옥외 등 실용적인 면에서 반자유음장으로 간주되는 음장에서 KS A 0705^{(8)~(10)} 등이 규정하는 정밀 측정법에 따라 음향 파워 레벨을 측정하는 경우에 적용하며, 간이 반자유음장법은 실용 반자유음장법에서 기록한 것 외에 보통의 실내 등에서 반사면의 영향이 제법 큰 경우에 측정 위치의 배치를 반자유음장법의 원리에 따라서 행하는 경우가 가능한 음장에 있어서 음향 파워 레벨의 개략적인 값을 간이로 정하는 경우에 적용한다.

또한 옥타브 밴드 및 1/3 옥타브 밴드에서 음향 파워를 측정하는 경우의 중심주파수는 밴드 음압 레벨을 측정할 때의 중심주파수와 같으며, 1/3 옥타브 밴드 음향 파워 레벨을 측정하는 경우에는 실용 반자유음장법에 따른다.

3.3.1 측정환경

반자유음장으로 간주되는 반무향실이 가장 바람직하며, 이것 외에 실용적인 음장으로 잔향이 작은 큰 실내·옥외 등으로 하는 것도 좋다. 측정환경의 음향적 조건은 음장보정값으로 보완하며, 음장보정값에서 실용 반자유음장법은 ±2 dB 이내, 간이 반자유음장법은 7 dB 이하로 보정하여야 한다.

3.3.2 측정기

주파수 분석기⁽¹²⁾가 필요하며 실용 반자유음장법으로 음향 파워 레벨을 측정할 때의 측정기는 본문과는 다르게 정밀소음계를 사용한다.

3.3.3 실험장치

측중심 높이 등에 대한 특별한 규정은 없고, 측정 직육면체는 바닥면을 저면으로 하는 송풍기 및 압축기에

외접하는 기준 직육면체에서 등거리 떨어진 면에 의해 구성한다.

3.3.4 음압 레벨 및 음향 파워 레벨의 산출방법

각 측정 위치에 있어서 옥타브 또는 1/3 옥타브 밴드 등의 음압 레벨을 본문에 나타난 측정방법에 따라 측정하여 측정시간내에서 지시값의 평균값을 읽고, 이 평균값에 Table 2와 Table 3에 따라 암소음에 대한 보정을 실시한 값을 음압 레벨의 측정값으로 한다. 위의 방법에 따라 구한 음압 레벨을 식 (2)를 이용하여 측정 직육면체 위의 평균 음압 레벨을 구한다.

$$\overline{L_p} = 10 \log_{10} \left[\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N 10^{L_{pi}/10} \right] \quad (2)$$

여기서 $\overline{L_p}$ 는 측정 반구면 위의 평균 음압 레벨(dB)을, L_{pi} 는 i번째 측정 위치에서 측정된 음압 레벨(dB)을, 그리고 N은 측정 위치의 총 수를 나타낸다.

실용 반자유음장법의 암소음 레벨은 대상음원의 음압 레벨보다 11 dB 이상 작은 것이 바람직하며, 이 조건을 만족할 수 없는 경우에는 음압 레벨의 차이가 6~10 dB 인 경우에 한해서 Table 2의 보정값을 사용하고, 또한 간이 반자유음장법 경우의 암소음 레벨은 대상음원의 음압 레벨보다 10 dB 이상 작은 것이 바람직하지만, 이 조건을 만족할 수 없는 경우에는 음압 레벨의 차이가 3~9 dB의 범위에 있는 경우에 한해서 Table 3의 보정값을 사용한다.

위와 같은 방법으로 구한 평균 음압 레벨을 식(3)에 의해 옥타브 또는 1/3 옥타브 밴드 음향 파워 레벨을 계산한다.

$$L_w = \overline{L_p} + 10 \log_{10}(S/S_0) - K \quad (3)$$

Table 2 실용 반자유음장법의 암소음에 대한 보정값 단위(dB)

송풍기·압축기의 작동시와 정지시의 음압레벨의 차이	6	7	8	9	10
보정값	-1.5	-1.0			-0.5

Table 3 간이 반자유음장법의 암소음에 대한 보정값 단위(dB)

송풍기·압축기의 작동시와 정지시의 음압 레벨의 차이	3	4	5	6	7	8	9
보정값	-3	-2	-1.5		-1.0		-0.5

여기서 L_w 는 음향 파워 레벨(dB), S 는 측정 직육면체 면의 면적(m^2), S_0 는 $1m^2$ 그리고 K 는 음장보정값을 나타낸다.

또한 A 특성 음향 파워 레벨은 위의 방법으로 구한 밴드 음향 파워로부터 각 대역의 A 특성의 가중치를 더한 에너지를 합한 것으로 구한다. A 특성 음향 파워 레벨을 구하는 방법은 KS A 0703의 부속서 5에 따른 것으로 식 (4)에 따라 구한다.

$$L_{wA} = 10 \log_{10} \left[\sum_{j=1}^N 10^{(L_w + C_j)/10} \right] \quad (4)$$

Table 4 옥타브 밴드의 A 특성 보정값

j	옥타브 밴드 중심주파수 (Hz)	C_j (dB)
1	63	-26.0
2	125	-16.0
3	250	-8.5
4	500	-3.0
5	1000	0.0
6	2000	1.0
7	4000	1.0
8	8000	-1.0

Table 5 1/3 옥타브 밴드의 A 특성 보정값

j	1/3 옥타브 밴드 중심주파수 (Hz)	C_j (dB)
1	50	-30.0
2	63	-26.3
3	80	-22.5
4	100	-19.0
5	125	-16.0
6	160	-13.5
7	200	-11.0
8	250	-8.5
9	315	-6.5
10	400	-5.0
11	500	-3.0
12	630	-2.0
13	800	-1.0
14	1000	-0.0
15	1250	0.5
16	1600	1.0
17	2000	1.0
18	2500	1.5
19	3150	1.0
20	4000	1.0
21	5000	0.5
22	6300	0.0
23	8000	-1.0
24	10000	-2.5

여기서 L_{wA} 는 A 특성 음향 파워 레벨(dB)을 나타내고, N 은 옥타브 밴드인 경우에는 8로 하고, 1/3 옥타브 밴드인 경우에는 24로 한다. 또한 L_{wj} 는 j 번째 옥타브 밴드 또는 1/3 옥타브 밴드 음향 파워 레벨(dB)을 그리고 C_j 는 옥타브 밴드 또는 1/3 옥타브 밴드 등의 A 특성 보정값을 나타낸다. Table 4는 옥타브 밴드의 A 특성 보정값을 나타내고, Table 5는 1/3 옥타브 밴드의 A 특성 보정값을 나타낸다.

3.3.5 측정위치

1) 실용 반자유음장법의 측정 위치

기준 직육면체는 음압 레벨을 측정하는 위치를 설정하는 장소를 기준으로 송풍기와 압축기에 외접하여 기준 직육면체를 설정하며 Fig. 3은 그 예를 나타낸다. 그 경우 송풍기·압축기에 접촉하는 덕트, 배관은 무시한다.

또한 측정 직육면체는 기준 직육면체의 5개의 면에서 똑같은 거리(d)에 두고, 이것과 평행하여 측정 직육면체면을 설정한다. 이 때 거리(d)는 원칙적으로 1m로 하고, 적어도 0.25m로 한다. 이와 같이해서 설정된 측정 직육면체면의 면적 S 는 다음 식으로 구한다.

$$S=4(ab+bc+ca) \quad (5)$$

여기서 $a=0.5l_1+d$, $b=0.5l_2+d$, $c=l_3+d$ 이며 l_1 , l_2 , l_3 는 각각 기준 직육면체의 세로, 가로, 높이의 치수(단위: m)이다.

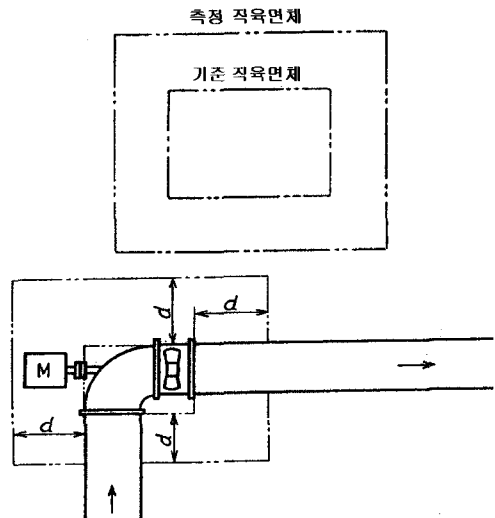


Fig. 3 송풍기의 기준 직육면체와 측정 직육면체

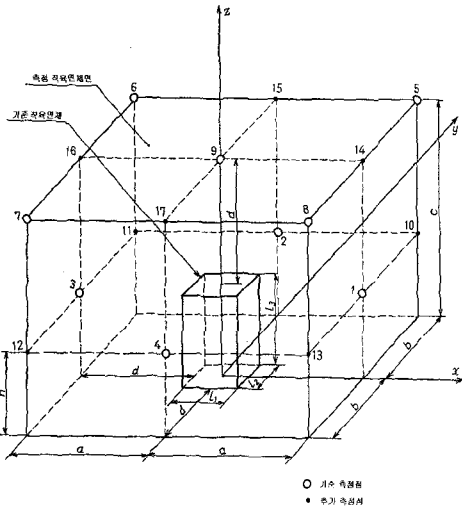


Fig. 4 측정 직육면체 위의 측정 위치 (실용 반자유음장법)

Fig. 4는 실용 반자유음장법의 측정 직육면체 위의 측정위치를 나타내는 것으로 기준 측정위치는 (○) 표시의 9점으로 하며, h는 원칙적으로 측정 직육면체 높이의 1/2로 하고 적어도 0.15m로 한다. 다만 No. 9점에 대한 측정에 어려움이 있는 경우에는 이 점은 생략해도 좋으나, 그 점을 생략함에 따라 결과에 1dB 이상의 차이가 생기지 않는 것을 미리 확인해야 한다. 기본 측정 위치에 있어서 측정된 음압 레벨의 최대값과 최소값의 차이가 10dB를 초과하는 경우에 추가 측정 위치를 (●)로 표시된 8점으로 설정한다. 다만 대칭적인 음의 방사 특성을 가진 송풍기·압축기에 있어서는 대칭성을 고려하여 일부를 생략해도 된다.

2) 간이 반자유음장법의 측정 위치

기준 직육면체의 설정은 실용 반자유음장법과 같으며 측정 직육면체의 측정 위치는 Fig. 5와 같이 설정한다. 각 면은 기준 직육면체의 5개의 면에서 거리(d)에 주고, 이것과 평행하게 한다. 거리(d)는 원칙적으로 1m로 하고 적어도 0.5m로 하여야 한다.

기본 측정 위치는 Fig. 5에 (○)인오 표시한 5점으로 하거나 ⊙로 표시한 점에서 예비측정으로 구한 소음 레벨이 최대가 되는 위치의 합계 6점으로 한다. 추가 측정 위치는 다음의 경우에 설정한다.

① 음원의 치수가 큰 경우

6개의 기본 측정위치에서 음압 레벨의 최대값과 최소값과의 차이가 5dB를 초과하는 경우 또는 기준 직육

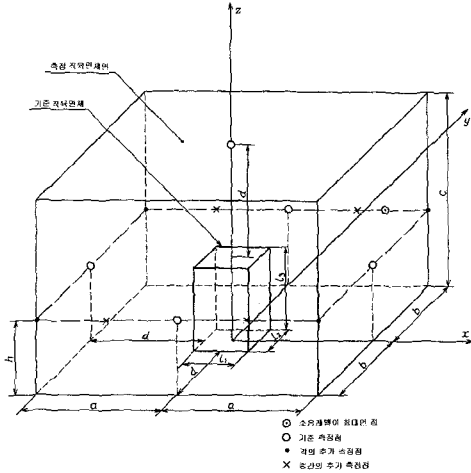


Fig. 5 측정 직육면체 위의 측정 위치 (간이 반자유음장법)

면체의 가로 또는 세로의 수치가 1m 이상인 경우에는 Fig. 5에 ●로 표시한 추가 측정 위치를 설정한다. 수평 사각형 경로상의 모서리 4개의 측정 위치를 추가한다. 또한 기준 직육면체의 가로 또는 세로의 치수가 5m를 초과하는 경우에는 Fig. 5에 ●로 표시한 4점에 ×로 표시하는 중간의 측정 위치를 추가한다. 이 중간 추가 측정 위치는 기본 측정 위치와 모서리의 측정 위치 사이를 등분하도록 설정한다. 이들 측정 위치 사이의 거리는 d가 1m 이하의 경우에는 2m 이하, 또 d가 1m를 초과하는 경우에는 2d 이하가 되도록 한다.

② 음원의 높이가 큰 경우

기준 직육면체의 높이가 2.5m를 초과하는 경우에는 h의 높이에 대한 5개의 기본 측정 위치에 더하고, c의 높이에 있어도 5개의 측정 위치를 추가한다. 즉 이 경우의 측정 위치의 총 수는 바로 윗점을 포함하여 11개다.

3.4 부속서 3 음장보정값을 구하는 방법⁽⁴⁾

음장보정값은 음장뿐만 아니라 측정면의 위치, 면적 등에도 의존한다. 음장보정값을 구하는 방법에는 잔향시간을 측정하는 방법과 음향 파워 레벨이 교정된 기준음원의 음향 파워 레벨을 송풍기·압축기에 대해서 동일한 음원위치와 각 측정위치에 따라 구하는 방법이 있다.

3.4.1 잔향시간의 측정에 따른 방법

각 측정 위치에서 음원이 정상상태일 때와 음원이

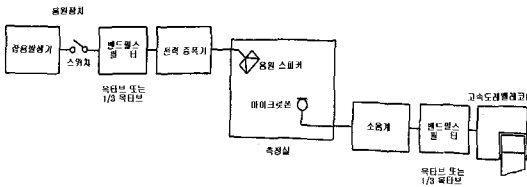


Fig. 6 측정실 내의 잔향시간의 측정계통도

정지한 후 잔향이 충분히 천천히 감소하여 음원 레벨의 차이가 35 dB 이상이 되도록 음원의 출력을 설정한 후 그 조건에서 음원을 구동시켜 실내를 정상상태에 도달하도록 작동한 후 음원을 정지시키고 그 후의 잔향 감소과정을 기록하여 잔향시간을 측정한다.

이 때 음원은 실내의 양쪽에 설치하며, 측정 위치는 측정실 내에 3점 이상을 되도록 일정하게 분포하도록 측정 위치를 설정한다. 이들 측정 위치는 음원스피커 혹은 측정실의 벽·바다·천정 등의 면에 근접하지 않도록 한다.

잔향시간의 측정장치는 음원장치, 수음장치 혹은 기록장치로 구성되며 Fig. 6과 같다.

잔향시간을 측정하는 방법의 음장보정값은 Fig. 7 혹은 다음 식에 의해 구한다.

$$K = 10 \log_{10} \left[1 + \frac{4S}{A} \right] \quad (6)$$

여기서 K는 음장보정값을 그리고 S는 측정 직육면체의 면적(m²)을 나타내며 A는 실내 등가 흡음 면적(m²)을 나타낸다. 여기서 실내 등가 흡음 면적은 식 (7)에 의해 구할 수 있으며, 실내 등가 흡음 면적에 변화가 없다면 음장보정값은 일정하게 된다.

$$A = \frac{55.3}{c} \frac{V}{T} \quad (7)$$

식 (7)에서 c는 공기 중의 음속(m/s), V는 측정실의 체적(m³) 그리고 T는 측정실 내의 잔향시간(s)이다.

측정횟수는 Table 6의 측정횟수 이상으로 한다.^{(15)~(18)}

Table 6 잔향시간의 측정횟수

옥타브 또는 1/3옥타브 밴드 중심주파수(Hz)	50~160	200~630	800이상
측정횟수	12	9	6

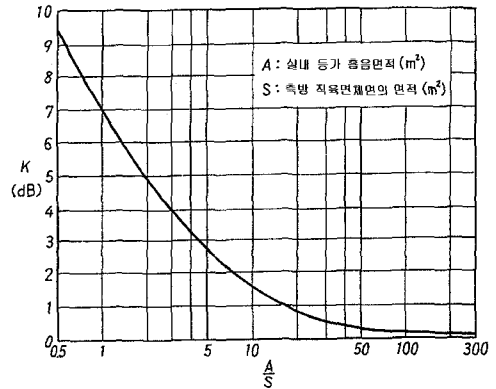


Fig. 7 음장보정값 K

3.4.2 기준음원을 이용하는 방법

기준음원을 이용하는 방법은 실내의 등가 흡음면적, 음원위치, 측정점에 변화가 없는 한 음장보정값을 측정할 필요가 없다. 또한 일반 측정에 있어서도 음향 파워 레벨을 측정할 때마다 음장보정값을 측정할 필요는 없다. 그러나 송풍기·압축기뿐만이 아니라 덕트 등에 의해서도 실내 등가 흡음 면적은 변하므로 주의가 필요하다.

기준음원을 이용하여 음장보정값을 구하는 방법은 기준음원의 설치 위치를 4점으로 하여 차례로 측정하고, 이 측정된 값을 식 (8)에 의해 평균한 기준음원의 음향 파워 레벨에서 실용 반자유음장법과 간이 반자유음장법의 방법에 나타난 측정 직육면체 위에서 측정된 평균 음압 레벨을 식 (3)에서 K=0으로 하여 구한 교정 음향 파워 레벨을 뺀 식 (9)와 같이 하여 구한다.

이 때 기준음원은 측정 대상음원을 이동시킨 후 기준 직육면체 밀면의 중심에 설치하며, 측정 대상음원의 이동이 불가능할 때에는, 그 윗면이 반사성이 있고 기준음원을 설치할 수 있는 경우에 그 면의 중앙의 1점에 기준을 설치한다. 그것이 불가능할 때에는 기준 직육면체 밀면의 각 변의 중점 4점의 가까운 곳에 기준음원을 차례로 설치한다.

$$L'_{wr} = 10 \log_{10} \left[\frac{1}{4} \sum_{i=1}^N 10^{L_{wi}/10} \right] \quad (8)$$

여기서 N은 4를, L'_{wr}는 측정음장에서 기준음원의 음향 파워 레벨(dB)을 그리고 L'_{wri}는 기준음원을 i 번째 설치위치에 놓았을 때의 측정음장에서의 기준음원의 음향 파워 레벨(dB)을 나타낸다.

$$K = L'_{wr} - L_{wr} \quad (9)$$

3.5 부속서 4 송풍기로부터 덕트내로 방사하는 소음의 음향 파워 레벨 측정방법

개정 전 규격의 참고 2-1(자유음장법에 의한 음향 출력 레벨의 측정방법), 참고 2-3(기준 음원 치환법에 의한 음향 출력레벨 측정방법)과 참고 2-4(관로내법에 의한 음향 출력 레벨의 측정방법)의 내용을 부속서 4로 새로이 개정하였으며, 특히 덕트내법을 ISO 5136을 참조하여 새롭게 구성하였다.

덕트내법은 덕트내의 음압 레벨을 측정하는 것으로 하고 준자유음장법과 준확산음장법은 덕트내 개부에서 덕트외로 방사하는 소음의 음압 레벨을 측정하는 것으로 한다. 따라서 준자유음장법과 준확산음장법의 음향 파워 레벨의 계산은 덕트내의 개구단에서 방사하는 음향 파워와 송풍기에서 덕트내로 전파되어 덕트 개구단에 도달하는 음향 파워와의 비를 이용한다. 즉 이론적으로 음향 파워 레벨을 구한 후 개구단 반사 보정값을 보정할 필요가 있다.

3.5.1 덕트내법^{(19),(20)}

덕트내법은 ISO 5136등을 따르며, 덕트내법은 정상적이며, 광대역, 협소대역 혹은 이산 주파수 소음을 입구부 혹은 출구부에 설치된 무반사 덕트로 방사하는 경우에 적용한다. 공기 온도는 -50℃와 +70℃의 범위를 갖는다. 시험부 덕트의 직경은 0.15m에서 2m 사이이고, 가장 빠른 속도는 30m/s 까지이며 최대 스윙각은 15°이다. 1/3 옥타브 중심주파수 범위는 50~10000 Hz이다. 덕트내법에 적용하는 송풍기는 덕트가 붙어 있는 원심형 송풍기, 덕트가 붙어 있는 축류형 송풍기 그리고 덕트가 붙어 있는 사류형 송풍기이다.

이 때 사용되어지는 측정용 덕트는 철판 재질의 원형 단면으로 하고 기류에 의한 흔들림 혹은 음향 투과가 무시될 수 있는 충분한 원형을 가진 것으로 한다.

Table 7은 측정방법 정확성의 표준편차를 나타낸 것으로 덕트의 끝단 반사의 영향, 연결부의 영향 및 음압 측정으로부터 음향 파워를 계산할 때의 오차 그리고 장비보정의 오차 등의 영향을 고려한 것이다.

덕트내법에 쓰이는 시험부는 중간연결 덕트, 무반사치를 갖은 시험부 덕트, 측정장치 그리고 평가되는 송풍기로 구성된다. Fig. 8은 입구와 출구에서 덕트내의 소음을 동시에 측정할 수 있는 장치의 예를 나타낸다.

Table 7 측정방법의 정확성

1/3 옥타브 밴드 중심 주파수(Hz)	표준 편차 (dB)
50	3.5
63	3
80~100	2.5
125~4000	2
5000	2.5
6300	3
8000	3.5
100000	4

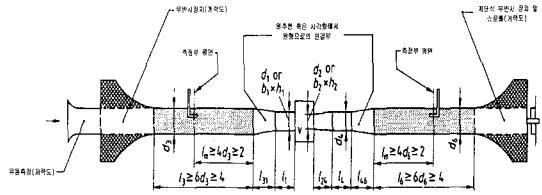


Fig. 8 입구와 출구에서 덕트내 소음의 동시측정방법

덕트내법은 세 개이상의 측정 위치에서 측정하여 시간한 음압 레벨을 가지고 평균 음압 레벨을 식 (10)에 의해 계산한다.

$$\overline{L}_p = 10 \log_{10} \left[\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N 10^{0.1L_{pi}} \right] + C \quad (10)$$

여기서 N은 측정 위치의 수(세 개 이상), L_{pi} 는 i 번째 측정 위치에서 시간 평균된 음압 레벨(dB) 그리고 C는 마이크로폰과 샘플링 튜브의 결합에 대한 주파수 응답 수정계수로 식 (11)과 같다.

$$C = C_1 + C_2 + C_3 + C_4 \quad (11)$$

여기서 C_1 은 마이크로폰 응답 수정계수, C_2 는 샘플링 튜브의 주파수 응답 수정계수, C_3 는 샘플링 튜브의 유동 속도 수정계수 그리고 C_4 는 모드 수정계수이며 이것들 중 C_1 은 마이크로폰 제조자의 데이터로부터 얻어진다.

또한 주파수 밴드에 대해 시험부 덕트 안으로 방사된 소음의 음향 파워 레벨은 평균 음압 레벨로부터 식 (12)에 의해 구할 수 있다.

$$L_w = \overline{L}_p + 10 \log \frac{S}{S_0} - 10 \log \frac{\rho C}{(\rho C)_0} \quad (12)$$

여기서 $S(= \pi a^2/4)$ 는 시험부 덕트의 단면적을 나타내며

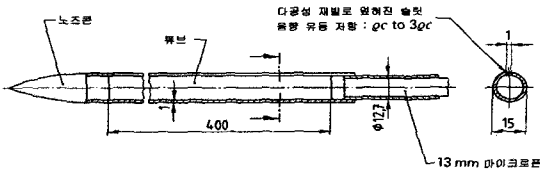


Fig. 9 샘플링 튜브

유동저항 (ρc)₀는 400Ns/m³이다.

덕트내에서 측정할 시에는 기류에 의한 기류 잡음은 피하고 기류잡음을 줄이기 위해 노즈콘 혹은 윈드스크린의 사용이 필요하며 샘플링 튜브를 사용하는 것도 좋다. 샘플링 튜브를 가진 마이크로폰은 시험부 덕트 안의 측정면에 설치하고 이 때 샘플링 튜브와 마이크로폰은 송풍기를 향하여 단단히 고정하여야 한다. 흡입구쪽의 소음 레벨을 측정하는 경우의 샘플링 튜브는 송풍기쪽을 향하나 유동소음을 최소화하기 위해 튜브의 마이크로폰의 끝은 등글어야 한다. Fig. 9는 샘플링 튜브의 예로 II형 (구경12.7mm) 콘덴서 마이크로폰용의 원통 모양 윈드스크린으로 ISO 5136에 따른다. 샘플링 튜브의 최대 직경은 22mm로 할 수 있다.

3.5.2 준자유음장법

자유음장에서 측정을 원칙적으로 하고 있다. 자유음장의 조건을 만족할 수 없는 경우에는 덕트내법 혹은 준확산음장법을 이용하는 것이 바람직하다.

준자유음장법은 잔향이 충분히 퍼지는 큰 실내, 옥외나 자유음장으로 간주되는 음장에서 송풍기로부터의 소음이 측정용 시험덕트를 통하여 방사하는 소음을 개구단을 포함한 폐곡면상에서 측정된 값으로부터 평균 음압 레벨을 구하고, 이 평균 음압 레벨을 식 (13)에 의해 음향 파워 레벨을 구한다.

$$L_w = \overline{L_p} + 20 \log\left(\frac{R}{R_0}\right) + 11 + L_E \quad (13)$$

여기서 L_w 는 옥타브 밴드 음향 파워 레벨(dB), $\overline{L_p}$ 는 평균 음압 레벨(dB), R_0 는 기준거리(1m), R 는 개구단 중심에서 측정 위치까지의 거리(m) 그리고 L_E 는 개구단 반사 보정값(dB)을 나타내며 개구단 반사 보정값은 Fig. 10에 나타내었다.

흡입구 또는 송출구의 높이는 성능을 측정하는 곳의 위 또는 송풍기의 형상에서 바닥면으로부터 덕트 직경 또는 그 이상의 높이가 되게 하는 것이 보통이며,

바닥면과 근접한 것은 곤란하다. 바닥면에서 반사음의 영향을 무시하여 음압 레벨을 측정할 수 경우에는 덕트

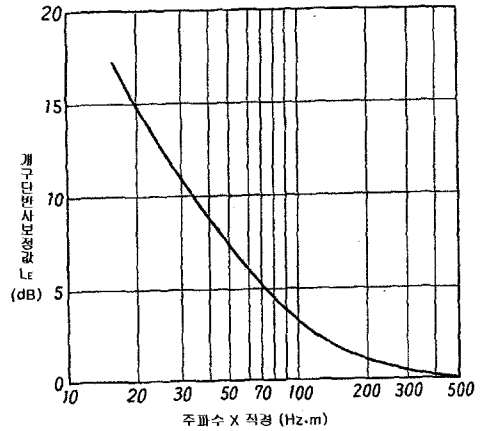


Fig. 10 개구단 반사보정값

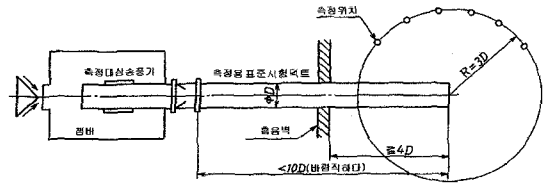
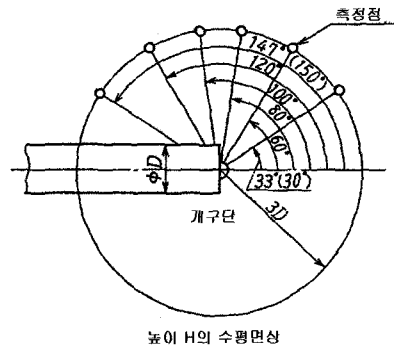


Fig. 11 양흡입 송풍기의 음압 레벨 측정 위치



높이 H의 수평면상

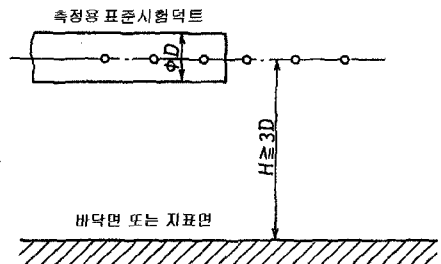


Fig. 12 측정용 표준시험 덕트와 측정위치의 설정

측높이를 덕트 직경의 3배 이상으로 하고, 대형의 송풍기에 있어서는 그 높이로 하기 곤란한 경우가 많아 2배 이상 해도 무관하다. 또한 대형 송풍기에서는 덕트내법이 적당한 경우가 많다.

케이싱 혹은 전동기에서 방사하는 소음이 커서 흡입구 · 송출구에서 방사하는 소음의 측정에 영향이 있는 경우에는 필요에 따라서 흡음벽을 설치한다. 이 경우 흡음벽면에서 측정용 시험덕트 개구단까지의 거리는 덕트 직경의 4배보다 멀리 한다. Fig. 11은 양흡입 송풍기의 경우에 있어서 흡음벽이 있을 때의 음압 레벨의 측정위치를 나타내는 예이다.

Fig. 12는 측정용 표준시험 덕트와 측정 위치의 설정을 나타낸다.

3.5.3 준확산음장법^{(15)~(18)}

간향실 혹은 이것에 준하는 확산성이 있는 실내에서의 측정을 원칙으로 한다. Fig. 13은 준확산음장법에 있어서 양흡입 송풍기의 음압 레벨 측정 위치를 그리고 Fig. 14는 기준 음원 혹은 측정 위치의 설정을 나타내고 있다. Fig. 14에서 기준 음원과 마이크로폰 이동경로의 중간 위치와의 거리가 덕트 개구단면 중앙과 마이크로폰 이동경로의 중간 위치와의 거리에서 $\pm 0.6m$ 이내가 되도록 위치시킨다. 기준 음원과 2m 이내에 있는 반사면과의 관계는 기준 음원의 음향 파워 레벨을 교정하는 상태와 일치시킨다. 마이크로폰을 연속 이동시키므로써도 평균 음압 레벨을 직접 구할 수도 있다. 이 경우는 KS A 0704에 나타나 있고, KS C 1505(정밀 소음계)에 규정하는 소음계의 등가 소음 레벨을 구하는 방법을 이용할 수 있다.

또한 음향 파워 레벨은 식 (14)로 구한다.

$$L_W = L_{WR} + (\overline{L_{PF}} - \overline{L_{PR}}) + L_E \quad (14)$$

여기서 L_{WR} 은 기준 음원의 옥타브 밴드 교정 음향 파워 레벨(dB)을, $\overline{L_{PF}}$ 는 측정 대상송풍기에서의 평균 옥타브 음압 레벨을 그리고 $\overline{L_{PR}}$ 은 기준 음원에서의 평균 옥타브 음압 레벨을 나타낸다.

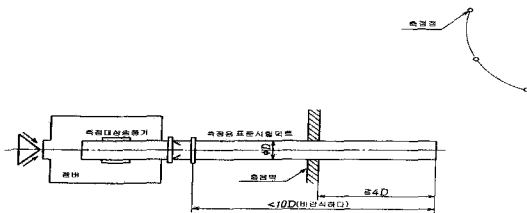


Fig. 13 양흡입 송풍기의 음압 레벨 측정위치

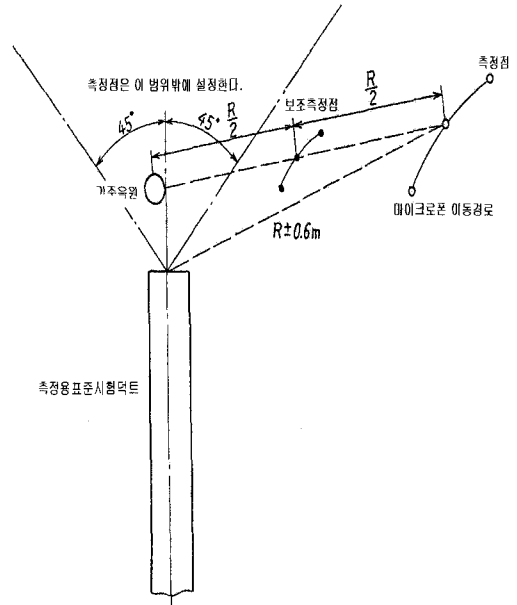


Fig. 14 기준 음원 혹은 측정 위치의 설정

3.6 부속서 5 마이크로폰의 기류잡음에 대한 보정

개정 전의 규격에는 없던 항으로 덕트내법에 관한 마이크로폰의 기류잡음에 대한 보정방법 또는 기류잡음의 영향이 없는 것을 확인하는 방법이 기술되어 있다.

Fig. 15는 윈드스크린의 기류잡음을 나타내는 것으로 기류속도에 대한 옥타브 밴드의 음압 레벨은 그 기류속도에 대해서는 기류잡음의 음압레벨(a)에 옥타브 등의 상대 음압레벨(b)을 더하여 구한다.

사용하는 마이크로폰의 기류잡음의 측정값이 필요 없는 경우, 노즈콘부 콘텐서 마이크로폰을 사용할 때에는 Fig. 16과 비교하고, 윈드스크린을 사용하는 경우에는 Fig. 15와 비교한다. 비교한 값에 비해 평균 옥타브 밴드 음압 레벨이 10dB 이상 크거나 측정 덕트의 송풍기와 측정점 사이에 측정 덕트와 같은 내경으로 길이가 1m인 유리섬유 직관덕트를 삽입시켜 이것을 삽입시키지 않았을 때에 비해 덕트내 6점의 평균 옥타브 밴드 음압 레벨이 6dB 이하인 경우에 기류잡음에 대한 측정값이 필요하지 않다. 또한 동일 회전수로 측정 송풍기의 작동점을 최고 효율점 근처에서 송출 풍량점 혹은 그 중간점의 3점에 대한 변화에 대해서 측정 덕트내의 6점의 평균 음압 레벨과 측정 덕트 개구단 근점 3점의 평균 음압 레벨과의 차이의 변화가 중심주파수 250 Hz ~ 2 kHz의 주파수 대역에서는 3dB 이하, 그 외의

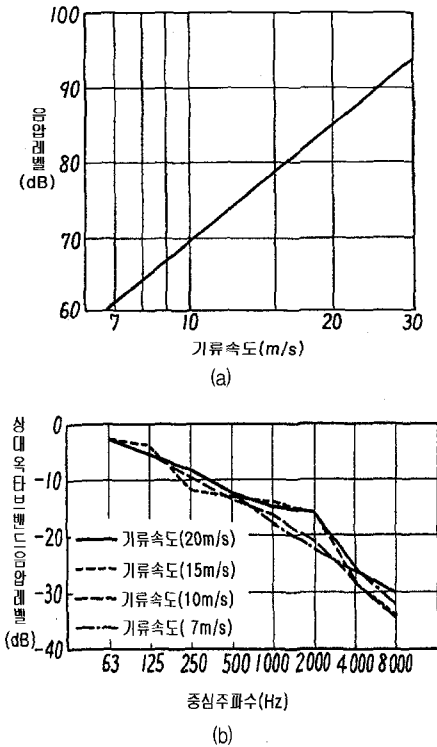


Fig. 15 윈드스크린의 기류잡음

Table 8 기류잡음의 영향에 대한 보정값

밴드음압레벨과 기류잡음의 밴드 음압 레벨의 차이	4	5	6	7	8	9
보정값	-2		-1			

주파수 대역에서는 6dB이하에 있는 경우에 기류잡음의 측정값이 필요없다.

사용하는 마이크로폰의 기류잡음 측정값이 있는 경우에는 보통의 암소음 보정 방법에 의해 보정한다. Table 8은 기류잡음의 영향에 대한 보정값을 나타낸다.

또한 기류잡음은 동일 풍속에서도 흐름의 상태에 의해 변하고, 특히 마이크로폰의 기류잡음 측정시의 기류보다 실제의 측정덕트 내의 기류 방향이 복잡하고 동일 풍속하에서도 큰 기류잡음으로 되는 경우가 많다.

4. 결 론

개정된 본문에서는 인용규격에 대한 항과 대표 소음 레벨 산출방법에 대한 항을 독립적으로 구분하여 나타냈

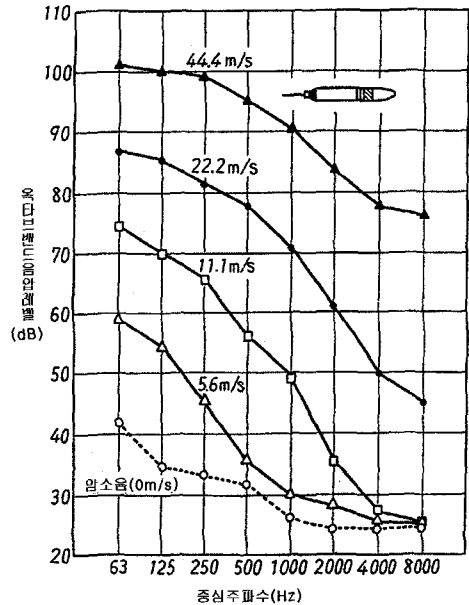


Fig. 16 노즈콘부 II형(12.7mm 콘덴서) 마이크로폰의 기류잡음

으며, 또한 전체적으로 측정 결과를 기록하는 양식과 측정방법을 나타내는 그림을 현 실정에 맞게 나타내었다.

개정 전 규격은 참고 2(송풍기 및 압축기의 본체에서 방사하는 소음의 음향 파워 레벨의 측정방법)에 자유음장법에 의한 음향 출력 레벨의 측정방법, 근접 음장법에 의한 음향 출력 레벨의 측정방법 그리고 기준 음원 치환법에 의한 음향 출력 레벨의 측정방법과 관로내법에 의한 음향 출력 레벨의 측정방법으로 나누어져 있었다. 개정규격은 이러한 참고 2의 내용을 실용 반자유음장법과 간이 반자유음장법으로 하여 부속서 2로 나누었고, 참고 4(송풍기로부터 덕트내로 방사하는 소음의 음향 파워 레벨 측정방법)는 덕트내법, 준자유음장법 그리고 준확산음장법으로 나누어 부속서 4로 분류하여 규정하였다. 또한 개정된 규격에서 간단히 설명되어 있던 항을 부속서 3의 음장보정값을 구하는 방법과 부속서 5의 마이크로폰의 기류잡음에 대한 보정에 대한 항으로 따로 분리하여 새로이 추가하였다.

또한 참고 2는 KS A 0703을 참조하여 실용 반자유음장법과 간이 반자유음장법으로 나누었고, 참고 4는 덕트내법, 준자유음장법 그리고 준확산음장법으로 나누어 설명하였다. 특히 덕트내법은 ISO 5136을 기준으로 새로이 도입하였다.

참고문헌

- (1) 국립기술품질원, 1998, "펌프, 송풍기 관련 유체기계 규격의 선진화 연구(I)," 유체기계공업학회.
- (2) 기술표준원, 1999, "기계분야 KS규격의 국제규격 부합화," 유체기계공업학회.
- (3) 한국공업규격, 1989, "음향용어(일반)," KS A 3006, pp. 1~19.
- (4) 한국공업규격, 1990, "일반 음장에서 음향 파워 레벨 측정방법," KS A 0703, pp. 1~24.
- (5) 일본공업규격, 1991, "一般の音場における音響パワレベル測定方法," JIS Z 8733, pp 1~45.
- (6) ISO, 1994, "Determination of sound power levels of noise sources-Engineering methods for free-field conditions over a reflecting plane," ISO 3744, pp. 1~31.
- (7) 한국공업규격, 1990, "소음도 측정방법," KS A 0701, pp. 1~6.
- (8) 한국공업규격, 1991, "무향실 또는 반무향실에서의 음향 파워 레벨 측정방법," KS A 0705, pp. 1~15.
- (9) 일본공업규격, 1991, "無響室又は半無響室における音響パワレベル測定方法," JIS Z 8732, pp. 1~31.
- (10) ISO, 1977, "Determination of sound power levels of noise sources-Precision methods for anechoic and semi-anechoic rooms," ISO 3745, pp. 1~21.
- (11) ISO, 1995, "Acoustics-Determination of sound power levels of noise sources using sound pressure-Survey method using an enveloping measurement surface over a reflecting plane," ISO 3746, pp. 1~27.
- (12) 한국공업규격, 1990, "옥타브 및 1/3 옥타브 밴드 분석기," KS A 5113, pp. 1~9.
- (13) 한국공업규격, 1990, "보통소음계," KS C 1502, pp. 1~7.
- (14) 한국공업규격, 1990, "정밀소음계," KS C 1505, pp. 1~7.
- (15) 한국공업규격, 1990, "잔향실에서의 음향 파워 레벨 측정방법," KS A 0704, pp. 1~26.
- (16) 일본공업규격, 1991, "殘響室における音響パワレベル測定方法," JIS Z 8734, pp. 1~41.
- (17) ISO, 1999, "Acoustics-Determination of sound power levels of noise sources-Precision methods for broad-band sources in reverberation rooms," ISO 3741, pp. 1~32.
- (18) ISO, 1990, "Acoustics-Determination of sound power levels of noise sources-Precision methods for discrete-frequency and narrow-band sources in reverberation rooms," ISO 3742, pp. 1~11.
- (19) ISO, 1990, "Acoustics-Determination of Sound Power Radiated into a Duct by Fans - In-duct Method," ISO 5136, pp. 1~22.
- (20) ANSI/AMCA, 1986, "Laboratory Method of Testing In-Duct Sound Power Measurement Procedure for Fans," ANSI/AMCA 330-86, pp. 1~16.