

산업기계류의 소음 특성

Characteristics of Industrial Machinery Noise

강 대 준* · 구 진 회* · 이 재 원*

Daejoon Kang, Jinhoi Gu and Jaewon Lee

(2009년 11월 18일 접수 ; 2010년 1월 5일 심사완료)

Key Words : Industrial Machinery Noise(산업기계류 소음), Sound Power Level(음향파워레벨)

ABSTRACT

As the various industrial machinery has come into being by development of industrial technology, the productivity of the basic industrial machinery has improved. However, at the same time, noise from various industrial machinery disturbs the quiet environment. There are 35 kinds of the noise emission machinery defined in the noise and vibration control act according to the horse power and the number of machinery. These were classified in 1992, and the characteristics of the noise emission machinery may be different from the past one. So we need to investigate the characteristics of the noise emitted by machinery to control it rightly. We measured sound intensity of 32 noise emission machinery to calculate the sound power levels of those and investigated the characteristics of the sound power level of those according to the frequency. We found that the forging machine, concrete pipe and pile making machine, sawing machine, etc. are noisy. The generator, the concrete pipe and pile making machine, etc. emit the low frequency noise, but the molding machine, the stone cutter, the metal cutter, etc. emit the high frequency noise.

1. 서 론

산업기술의 발달로 다양한 산업기계류가 출현하고 기존 산업기계류의 생산성이 향상됨에 따라 국가 기초산업의 경쟁력이 강화되고 있다. 그러나 다른 한편으로 이러한 기계류의 소음은 정온하고 쾌적한 환경에 영향을 주고 있다.

현재 소음·진동규제법에서 규정하는 소음배출시설의 종류는 동력기준 시설 25종, 대수기준 시설 7종, 기타시설 4종으로 1990년대 초에 분류되어 오랜시간이 경과하였다.^(1,2) 따라서 기존의 소음배출시설에 대한 분류기준의 타당성을 검토하고 신규 소

음배출시설의 소음배출시설 분류 여부를 검토할 필요가 있다. 이 연구에서는 압축기, 송풍기, 단조기 등 동력기준 시설 21종 137대, 공업용 제봉기, 시멘트 벽돌 및 블록 제조기계 등 대수기준 시설 11종 51대, 신규 시설 1종 11대 등 총 32종 199대 기계류의 음향파워레벨을 조사하였다.

한편, 같은 크기의 소음이라 해도 저주파 소음은 소음원으로부터 먼 지역까지 영향을 주고 고주파 소음은 작업자의 청력장해 및 작업집중 저하 등을 일으키는 등 소음발생 주파수 영역에 따라 환경 및 사람에게 미치는 영향은 다르고 이에 대한 소음방지 대책도 달라진다. 따라서 소음배출시설의 주파수 대역별 음향파워레벨을 분석하여 저주파(200 Hz 이하) 소음이 강한 기계류와 고주파(4,000 Hz 이상) 소음이 강한 기계류를 분류하였다. 이렇게 조사 및 분류된 소음배출시설의 음향파워레벨 정보는 첫째,

* 교신저자; 정회원, 국립환경과학원
E-mail : dj kang@me.go.kr
Tel : (032)560-7676, Fax : (032)560-7678
* 정회원, 국립환경과학원

소음배출시설 분류기준 개선을 위한 기초자료로 활용되고 둘째, 공장지역에서의 소음방지대책 수립 및 관리를 위한 기초자료로 활용되며 셋째, 소음지도 구축시 공장지역에서의 소음원 자료로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

2. 연구내용

소음·진동규제법에 규정되어 있는 소음배출시설의 분류기준은 Table 1과 같다.⁽³⁾

국내의 소음배출시설은 동력기준 시설과 대수기준 시설 및 기타 시설로 분류되어 있으며 동력수에 비해 소음이 큰 압축기, 송풍기, 단조기, 금속절단기, 프레스, 탈사기, 분쇄기, 기계체, 연탄제조용 운전기는 10 마력 이상으로 분류되고, 앞의 시설보다는 소음의 크기는 작으나 비교적 동력수 대비 큰

소음을 배출하는 원심분리기, 제재기, 목재가공기계, 콘크리트관 및 파일의 제조기계, 펌프는 20마력 이상으로 분류되어 있으며, 변속기, 제분기, 도정시설, 주조기계, 금속가공용 인발기, 초지기는 30마력 이상으로 분류되고, 동력수에 비해 비교적 소음이 작은 혼합기, 공작기계, 인쇄기계, 압연기, 성형기는 50마력 이상으로 분류되어 있다. 또한, 동력기준으로 분류하기 곤란한 시설들은 대수기준으로 분류되어 있으며, 단조기의 경우는 동력기준(10마력 이상)과 낙하해머 무게기준(0.5톤 이상) 두 가지로 분류되어 있다. 위의 동력기준 미만이라도 전체 시설의 동력합계가 50마력 이상인 경우는 소음배출 시설로 신고를 해야 하며, 여기서 말하는 동력합계 50마력 이상이라 함은 동력기준이 10마력인 시설 등은 1, 20마력인 시설 등은 0.9, 30마력인 시설 등은 0.8, 50마력인 시설 등은 0.7을 각각 곱하여

Table 1 Classification of noise emission machinery defined in noise and vibration control act in Korea

A. Noise emission machinery classified by the horse power	
Above 10 hp	Compressor, Fan, Forging machine, Metal cutter, Press, Blaster, Crusher, Riddle, Briquet pressing machine
Above 20 hp	Centrifuge, Sawing machine, Woodworking machine, Concrete pipe and pile making machine, Pump
Above 30 hp	Transmission, Mill, Grain milling machine, Casting machine, Tube drawing machine, Paper machine
Above 50 hp	Mixer, Machine tool, Printing machine, Rolling machine, Molding machine
B. Noise emission machinery classified by the number of machinery	
Above 1	Automatic revolving blowing machine, Tube making machine, Spinning machine
Above 2	Automatic packing machine
Above 4	Cement brick and block pressing machine
Above 40	Loom
Above 100	Sewing machine
C. The other	
	Forging machine (The hammer is heavier than 0.5 t)
	Generator (The capacity is more than 120 kW)
	Grinder(Above 5 hp and two machines)
	Stone cutter

Table 2 Investigation subject of noise emission machinery

Machinery	No. of m/c	Machinery	No. of m/c
Compressor	8	Casting machine	5
Fan	7	Concrete pipe and pile making machine	9
Forging machine	5	Pump	2
Metal Cutter	8	Tube drawing machine	6
Press	14	Briquet pressing machine	5
Blaster	2	Sewing machine	4
Crusher	4	Cement brick and block pressing machine	2
Centrifuge	7	Automatic revolving blowing machine	5
Mixer	5	Tube making machine	4
Machine tool	9	Automatic packing machine	3
Mill	4	Loom	10
Sawing machine	6	Spinning machine	2
Woodworking machine	7	Generator	1
Printing machine	12	Grinder	7
Rolling machine	5	Stone cutter	10
Molding machine	10	Laser beam cutting machine	11
Total number of measurement	32 kind of machine(199 machines)		

산정한 동력의 합계가 50마력 이상인 경우를 말한다. Table 2는 이 연구에서 조사한 소음배출시설들이며 산업체 현장에서 음향탐지기(B&K, Type-3599)로 2007.3~10에 음향세기를 측정하여 음향파워레벨을 산출하였다.

각 시설의 음향세기는 스캐닝에 의한 방법(KS A ISO 9614-2)⁽⁴⁾에 의해 측정되었으며 소음·진동분석장비인 B&K社의 Pulse System을 이용하여 각 기계류의 주파수 대역별 음향파워레벨 특성 및 전체 음향파워레벨 크기를 분석하였다.

3. 측정방법

음향세기는 어떤 점의 순간 입자속도 방향에 수직인 단위 단면적을 통과하는 단위 시간당 음향에너지(W/m^2)를 나타낸다. 따라서 측정 단면적을 지나는 음향세기 성분의 총합은 부분 음향파워레벨이 되며, 부분 음향파워레벨의 총합은 측정 대상으로 하는 소음원의 전체 음향파워레벨이 된다. 즉, 음원으로부터 방사되는 음향파워는 음원을 둘러싼 폐곡면에서의 음향세기 벡터와 면요소 벡터의 스칼라적을 폐곡면 전체에 걸쳐서 적분한 것과 같다. 음향세기에 의한 소음원의 음향파워레벨 측정방법은 시험 환경의 배경소음에 의한 영향이 작고, 실제로 음원이 설치되어 있는 장소에서도 측정할 수 있다는 장점이 있어 자유음장(free field)조건이 충족되기 어려운 산업현장에서도 정확한 음향파워레벨 측정이 가능하다. Fig. 1은 산업현장에서 음향세기측정기를 이용하여 음향세기를 측정하는 장면을 보여주고 있다.



Fig. 1 Measurement of the sound power level using sound intensity probe

음향세기의 스캐닝은 설정한 경로를 따라서, 측정면에 대한 프로브 축이 항상 수직이 되도록 하고, 프로브의 이동속도(0.5 m/s 이내)가 일정하도록 주의하여 스캐닝한다. 측정면은 5개의 면요소로 분할하고 1개의 면요소상에서 1회 스캐닝 시간은 20초 이상으로 한다. 각 측정면에서 음원과 면요소의 거리는 0.5 m 이상 되도록 한다.

4. 음향파워레벨 특성⁽⁵⁾

4.1 음향파워레벨 분포현황

Fig. 2는 소음배출시설 31종(동력기준 21종, 대수기준 및 기타분류기준 10종)과 신규시설(레이저 절단기) 1종에 대한 음향파워레벨 조사결과를 보여주고 있다. 각 시설의 음향파워레벨 분포는 막대의 아래부터 위까지이며 막대중간에 ‘-’는 평균음향파워레벨(대수평균)을 나타낸다. 소음배출시설 중 가장 큰 음향파워레벨을 배출하는 시설은 단조기(117.6 dBA)이며, 가장 작은 음향파워레벨을 배출하는 시설은 자동포장기(81.6 dBA)로 나타났다. 전체 평균 음향파워레벨값은 100.1 dBA로써 단조기, 발전기, 자동제빙기, 콘크리트관 및 파이프의 제조기계, 제재기는 평균 음향파워레벨보다 10 dB 이상 크게 발생하는 고(高)소음배출시설로, 자동포장기, 공업용재봉기, 원심분리기, 연삭기, 혼합기, 성형기는 평균음향파워레벨보다 10 dB 이상 작게 발생하는 저(低)소음배출시설로 나타나고 있다.

Fig. 3은 각 소음배출시설의 음향파워레벨을 크기로 나타내고 있다.

4.2 주파수별 음향파워레벨 특성

소음배출시설의 주파수별 소음 특성에 따라 주변 환경과 작업환경에 미치는 소음 영향은 달라진다. 저주파 소음의 경우 음파의 파장이 길기 때문에 음향투과율이 높아 장애물의 영향을 거의 받지 않고 먼 지역까지 소음이 전파된다. 따라서 저주파(200 Hz 이하) 성분이 강한 소음은 상대적으로 소음배출 시설로부터 멀리 떨어진 주거환경에 영향을 미치게 되므로 소음 방지대책을 세울 시 주파수별 소음 특성도 함께 고려해야 한다. 고주파(4,000 Hz 이상) 소음이 주 소음원인 경우 음향투과율이 낮아 장애물이 존재할 시 소음이 멀리 떨어진 주거 환경에 미치는

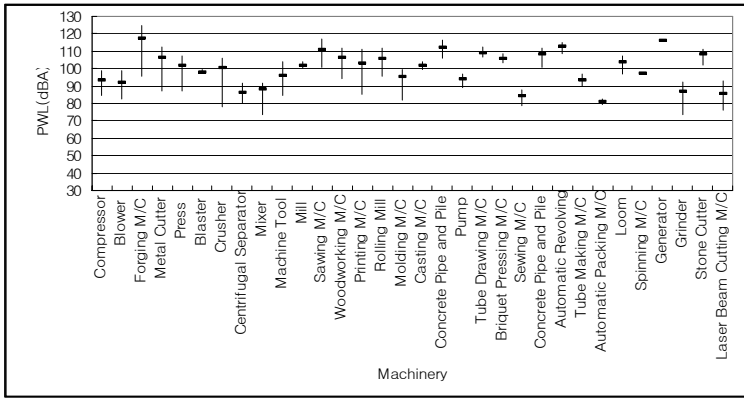


Fig. 2 Sound power level of each noise emission machinery

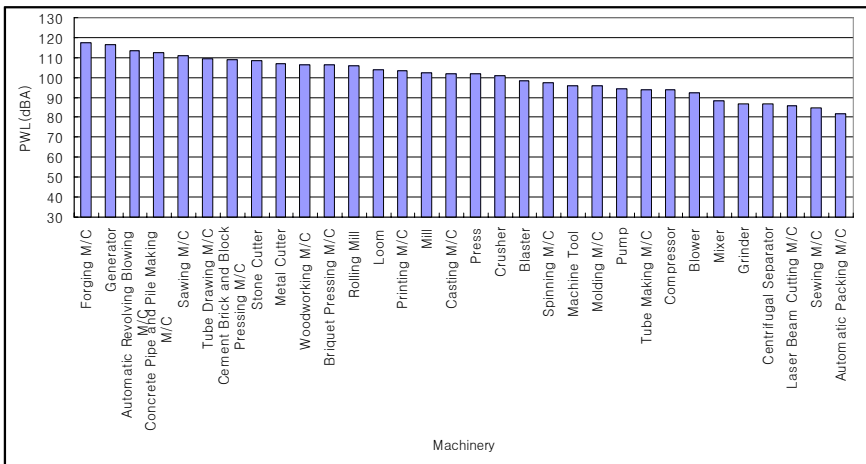


Fig. 3 Sound power level of each noise emission machinery arranged in accordance with its magnitude(PWL)

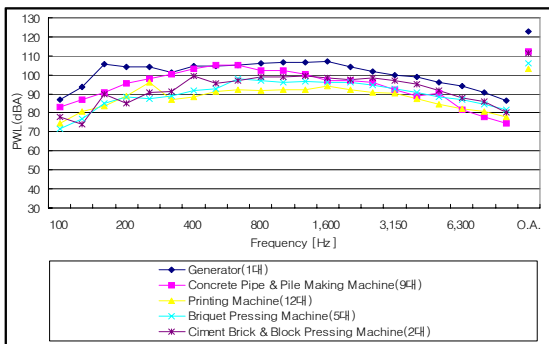


Fig. 4 Sound power level of noise emission machinery with strong low frequency component

영향은 상대적으로 작으나 작업장에 있는 사람의 청력 손실이 가장 먼저 발생하는 주파수 구간(4,000 Hz근방)의 소음이므로 작업자의 작업환경 개선 시

고려해야 하는 소음이다. 따라서 소음배출시설의 주파수별 소음 특성을 분석하여 저주파 소음이 강한 시설과 고주파 소음이 강한 시설로 분류하였다.

Fig. 4는 저주파 소음이 크게 발생하는 소음배출시설의 주파수별 음향파위레벨 특성을 나타내고 있다. 소음배출시설의 평균 저주파 음향파위레벨은 80.4 dBA이고 저주파(200 Hz 이하) 소음이 90.0 dBA 이상 발생하는 소음배출시설은 발전기, 콘크리트관 및 파일 제조기계, 인쇄기, 연탄제조용 운전기, 시멘트 벽돌 및 블록 제조기계로 이들은 저주파 음향파위레벨이 평균값(80.4 dBA)보다 약 10 dB 이상 크게 발생하고 있다.

Fig. 5는 고주파 소음이 크게 발생하는 소음배출시설의 주파수별 음향파위레벨 특성을 나타내고 있다. 고주파 소음이 크게 발생하는 소음배출시설은

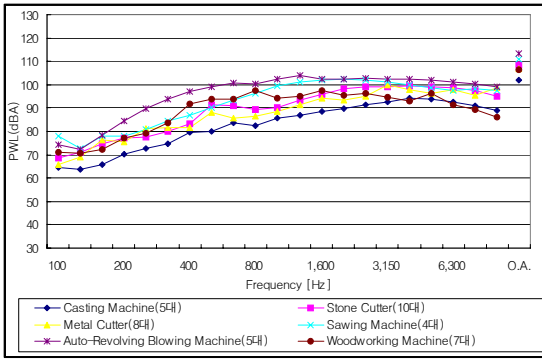


Fig. 5 Sound power level of noise emission machinery with strong high frequency component

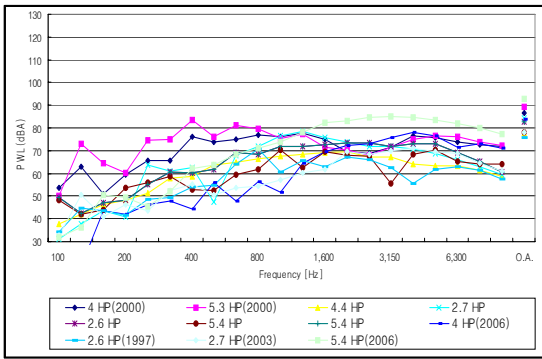


Fig. 6 Sound power level of laser beam cutting machine

주조기계, 석재절단기, 금속절단기, 제재기, 자동제병기이며, 이들은 고주파(4,000 Hz 이상) 대역에서 100.0 dBA 이상 소음을 발생하는 기계류이다. 소음배출시설의 평균 고주파 음향파위레벨은 91.8 dBA이다.

5. 미분류 기계류의 음향파위레벨 (레이저 절단기)

신규 시설인 레이저 절단기의 음향파위레벨은 Fig. 6과 같다. 레이저 절단기의 평균음향파위레벨은 85.7 dBA로 전체 소음배출시설의 평균값 100.1 dBA보다 작다. 레이저 절단기의 저주파(200 Hz 이하) 음향파위레벨은 79.8 dBA로 평균(80.4 dBA)수준이며 고주파(4,000 Hz 이상) 음향파위레벨은 81.2 dBA로 평균(91.8 dBA)보다 작다. 레이저 절단기는 전체 음향파위레벨의 크기가 작고 주파수별 음향파

위레벨도 특별히 크게 발생하는 대역이 없다.

6. 결 론

소음·진동규제법에 분류되어 있는 소음배출시설 중 압축기, 송풍기, 단조기 등 총 32종 199대의 음향파위레벨 및 음향 특성을 조사·분석한 결론은 다음과 같다.

(1) 각 소음배출시설 중 고(高)소음배출시설(평균 음향파위레벨(100.1 dBA)보다 10 dB 이상 큰 시설)은 단조기, 발전기, 자동제병기, 콘크리트관 및 파일의 제조기계, 제재기이며, 저(低)소음배출시설(평균 음향파위레벨보다 10 dB 이상 작은 시설)은 자동포장기, 공업용 재봉기, 원심분리기, 연삭기, 혼합기, 성형기이다.

(2) 발전기, 콘크리트관 및 파일의 제조기계, 인쇄기, 연탄제조용 윤전기, 시멘트벽돌 및 블록의 제조기계는 저주파(200 Hz 이하) 성분이 강하며, 대체로 때리는 작업 또는 찍어내는 작업을 하는 시설은 저주파(200 Hz 이하) 소음이 크게 발생한다.

(3) 주조기계, 석재절단기, 금속절단기, 제재기, 자동제병기는 고주파(4,000 Hz 이상) 성분이 강하며, 주로 회전체를 이용하여 절단/절삭작업(석재절단기 등)을 하는 기계류는 고주파(4,000 Hz 이상) 소음이 크게 발생한다.

(4) 레이저 절단기의 주파수 대역별 음향파위레벨은 평균수준이거나 그 이하이고, 전체 음향파위레벨은 85.9 dBA로 작게 나타나고 있다.

참 고 문 헌

(1) Kang, D. J., et al., 1990, "Sound Power Level of New and used Machinery(I)," Report of National Institute of Environmental Research, Vol. 12, Seoul, Korea.
 (2) Kang, D. J., et al., 1991, "Sound Power Level of New and used Machinery(II)," Report of National Institute of Environmental Research, Vol. 13, Seoul, Korea.
 (3) Ministry of Environment, Korea, 2008, Noise and Vibration Control Act.
 (4) KS A ISO 9614-2, 2004, Acoustics -

Determination of Sound Power Levels of Noise Sources using Sound Intensity - Part 2 : Measurement by Scanning.

(5) Kang, D. J., et al., 2007, "Survey on Sound Power Level of the Noise Emission Machinery," Report of National Institute of Environmental Research, Vol. 29, Seoul, Korea.

(6) Lyon, R. H., Cann, R. G. and Bowen, D. L., 1991, "Measurement and Analysis of Machinery

Noise," Ch.38 of Handbook of Acoustical Measurements and Noise Control(3rd ed.), C. M. Harris, ed., McGraw Hill, New York, U.S.A.

(7) Diehl, G. M., 1973, Machinery Acoustics, John Wiley & Sons, Inc.

(8) Faulkner, L. L., 1976, Handbook of Industrial Noise Control, Industrial Press Inc.

(9) Irwin, J. D., 1979, Industrial Noise and Vibration Control, Prentice-Hall Inc.