

기계류의 소음 특성

Characteristics of Machinery Noise

강대준† · 구진회* · 이재원* · 권혁제* · 박형규* · 김지윤*

Daejoon Kang, Jinhoi Gu, Jaewon Lee, Hyukje Kwon, Hyeongkyu Park and Jiyeon Kim

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

ABSTRACT

As the various industrial production machinery has come into being by development of industrial technology, the productivity of the basic industrial production machinery has improved and the international competitiveness of the one of Korea has strengthened. However, at the same time, noise from various industrial production 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 through investigation from 1990 to 1991, and the characteristic 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. Also we need to investigate the new noise emission machinery which has come into being recently. In this survey, we measured sound intensity of 32 noise emission machinery to calculate the sound power levels of those and investigated the characteristic of the sound power level of those according to the frequency. From the survey, we found that the forging machine, concrete pipe and pile making machine, sawing machine, etc. are the noisy machinery. And the automatic packing machine, sewing machine, centrifuge, etc. are the silent machinery. Also the generator, the concrete pipe and pile making machine, the printing machine, etc. emit the low frequency noise, and the molding machine, the stone cutter, the metal cutter, etc. emit the high frequency noise. Lastly, we intended to propose the proper guide line of classifying noise emission machinery.

기 호 설 명

1. 서 론

산업기술의 발달로 다양한 생산기계류가 출현하고 기존 생산기계류의 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. 따

라서 기존의 소음배출시설에 대한 분류기준의 타당성을 검토하고 신규 소음배출시설의 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 Hz이하) 소음이 강한 기계류와 고주파(4,000 Hz이상) 소음이 강한 기계류를 분류하였다. 이렇게 조사 및 분류된 소음배출시설의 음향파워레벨 정보는 첫째, 소음배출시설 분류기준 개선을 위한 기초자료로 활용되고 둘째, 공장지역에서의 소음방지대책 수립 및 관리를 위한 기초자료

† 강대준, 국립환경과학원
E-mail : dj kang@me.go.kr
Tel : (032) 560-7676, Fax : (032) 560-7678

* 국립환경과학원

로 활용되며 셋째, 소음지도 구축시 공장지역에서의 소음원 자료로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

2. 연구내용 및 측정방법

2.1 연구내용

소음·진동규제법에 규정되어 있는 소음배출시설의 분류기준은 다음 <Table 1>과 같다.

<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

국내의 소음배출시설은 동력기준 시설과 대수기준 시설 및 기타시설로 분류 되어 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 20 마력 이상으로 분류되어 있으며, 변속기, 제분기, 도정시설, 주조기계, 금속가

공용 인발기, 초지기는 30 마력 이상으로 분류되고, 동력수에 비해 비교적 소음이 작은 혼합기, 공작기계, 인쇄기계, 압연기, 성형기는 50 마력 이상으로 분류되어 있다. 또한, 동력기준으로 분류하기 곤란한 시설들은 대수기준으로 분류되어 있으며, 단조기의 경우는 동력기준(10 마력 이상)과 낙하해머 무게기준(0.5톤 이상) 두 가지로 분류되어 있다. 위의 동력기준 미만이라도 전체 시설의 동력합계가 50마력 이상인 경우는 소음배출시설로 신고를 해야 하며, 여기서 말하는 동력합계 50마력 이상이라 함은 동력기준이 10 마력인 시설 등은 1, 20마력인 시설 등은 0.9, 30마력인 시설 등은 0.8, 50마력인 시설 등은 0.7을 각각 곱하여 산정한 동력의 합계가 50마력 이상인 경우를 말한다. <Table 2>는 이 연구에서 조사한 소음배출시설들이며 산업체 현장에서 음향탐지기(B&K, Type-3599)로 음향세기를 측정하여 음향과위레벨을 산출하였다.

<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)		

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

2.2 측정방법

(1) 음향세기 측정법

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 음향파위레벨이 되며, 부분 음향파위레벨의 총합은 측정 대상으로 하는 소음원의 전체 음향파위레벨이 된다. 즉, 음원으로부터 방사되는 음향파위는 음원을 둘러싼 폐곡면에서의 음향세기 벡터와 면요소 벡터의 스칼라적을 폐곡면 전체에 걸쳐서 적분한 것과 같다. 음향세기에 의한 소음원의 음향파위레벨 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 음향파위레벨 측정이 가능하다. Figure 1은 산업현장에서 음향세기측정기를 이용하여 음향세기를 측정하는 장면을 보여주고 있다.



Figure 1. Measurement of the sound power level using by sound intensity probe.

(2) 측정환경

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

3. 연구결과 및 고찰

3.1 음향파위레벨 특성

(1) 음향파위레벨 분포현황

소음배출시설 31종(동력기준 21종, 대수기준 및 기타분류기준 10종)과 신규시설(레이저 절단기) 1종에 대한 음향파위레벨 조사결과를 Figure 2와 같다. 각 시설의 음향파위레

벨 분포는 막대의 아래부터 위까지이며 막대중간에 ‘-’는 평균음향파위레벨(대수평균)을 나타낸다. 소음배출시설 중 가장 큰 음향파위레벨을 배출하는 시설은 단조기(117.6 dBA)이며, 가장 작은 음향파위레벨을 배출하는 시설은 자동포장기(81.6 dBA)로 나타났다. 전체 평균 음향파위레벨값은 100.1 dBA로써 단조기, 발전기, 자동제분기, 콘크리트관 및 파이프의 제조기계, 제재기는 평균 음향파위레벨보다 10 dB 이상 크게 발생하는 고(高)소음배출시설로, 자동포장기, 공업용제분기, 원심분리기, 연삭기, 혼합기, 성형기는 평균음향파위레벨보다 10 dB이상 작게 발생하는 저(低)소음배출시설로 나타나고 있다.

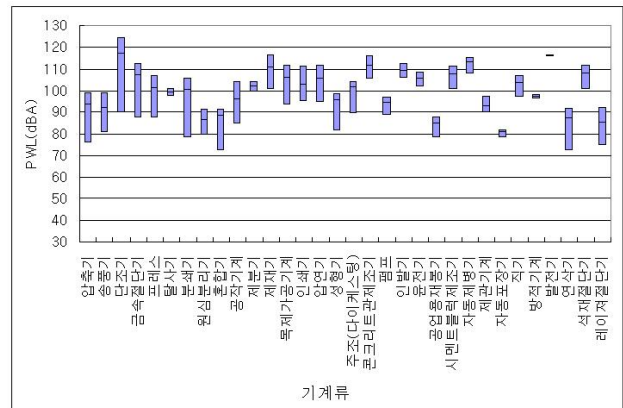


Figure 2. Sound power level of each noise emission machinery.

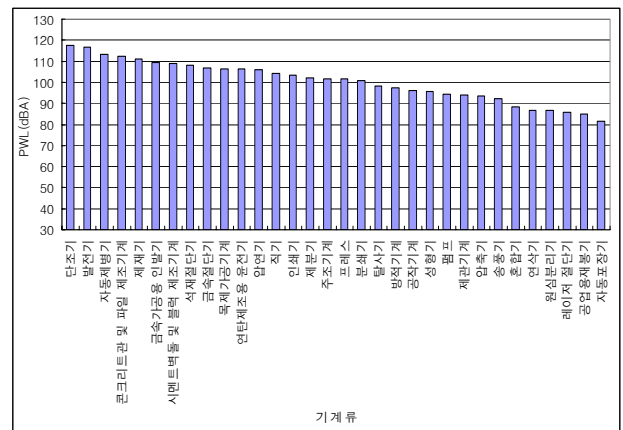


Figure 3. Sound power level of each noise emission machinery arranged in accordance with their magnitude(PWL).

Figure 3은 각 소음배출시설의 음향파위레벨을 크기순으로 나타내고 있다.

(2) 주파수별 음향파위레벨 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 Hz이하) 성분이 강한 소음은 상대적으로 소음배출시설로부터 멀리 떨어진 주거환경에 영향을 미치게 되므로 소음 방지대책을 세울 시 주파수별 소음 특성도 함께 고려해야 한다. 고주파(4,000 Hz이상) 소음이 주 소음원인 경우 음향투과율이 낮아 장애물이 존재할 시 소음이 멀리 떨어진 주거 환경에 미치는 영향은 상대적으로 작으나 작업장에 있는 사람의 청력 손실이 가장 먼저 발생하는 주파수 구간(4,000 Hz근방)의 소음이므로 작업자의 작업환경을 개선 시 고려해야 하는 소음이다. 따라서 소음배출시설의 주파수별 소음 특성을 분석하여 저주파 소음이 강한 시설과 고주파 소음이 강한 시설로 분류하였다.

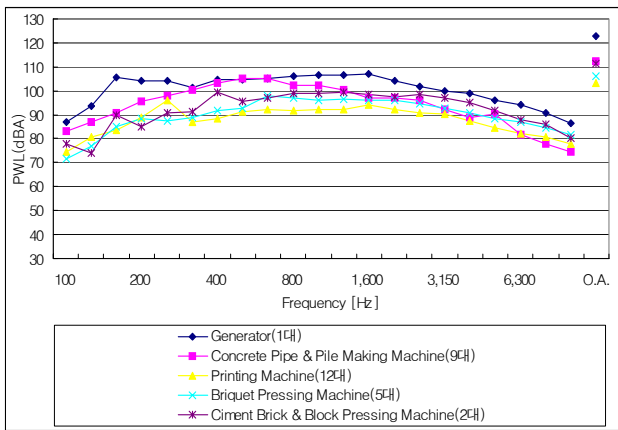


Figure 4. Sound power level of noise emission machinery with strong low frequency component.

Figure 4은 저주파 소음이 크게 발생하는 소음배출시설의 주파수별 음향파워레벨 특성을 나타내고 있다. 소음배출시설의 평균 저주파 음향파워레벨은 80.4 dBA이고 저주파(200 Hz이하) 소음이 90.0 dBA이상 발생하는 소음배출시설은 발전기, 콘크리트관 및 파일 제조기계, 인쇄기, 연탄제조용 윤전기, 시멘트벽돌 및 블록 제조기계로 이들은 저주파 음향파워레벨이 평균값(80.4 dBA)보다 약 10 dB이상 크게 발생하고 있다.

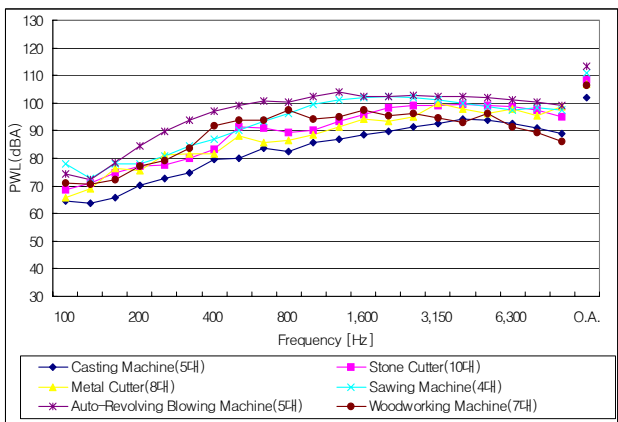


Figure 5. Sound power level of noise emission machinery with strong high frequency component.

Figure 5는 고주파 소음이 크게 발생하는 소음배출시설의 주파수별 음향파워레벨 특성을 나타내고 있다. 고주파 소음이 크게 발생하는 소음배출시설은 주조기계, 석재절단기, 금속절단기, 제재기, 자동제병기이며, 이들은 고주파(4,000 Hz이상) 대역에서 100.0 dBA이상 소음을 발생하는 기계류이다. 소음배출시설의 평균 고주파 음향파워레벨은 91.8 dBA이다.

3.2 미분류 기계류의 음향파워레벨(레이저 절단기)

신규 시설인 레이저 절단기의 음향파워레벨은 Figure 6과 같다. 레이저 절단기의 평균음향파워레벨은 85.7 dBA로 전체 소음배출시설의 평균값 100.1 dBA보다 작다. 레이저 절단기의 저주파(200 Hz이하) 음향파워레벨은 79.8 dBA로 평균(80.4 dBA)수준이며 고주파(4,000 Hz이상) 음향파워레벨은 81.2 dBA로 평균(91.8 dBA)보다 작다. 레이저 절단기는 전체 음향파워레벨의 크기가 작고 주파수별 음향파워레벨도 특별히 크게 발생하는 대역이 없다.

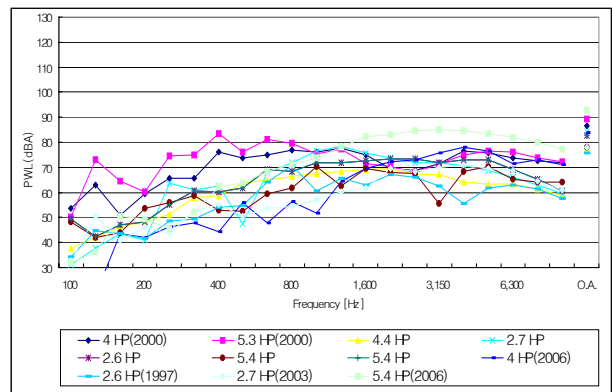


Figure 6. Sound power level of laser beam cutting machine.

4. 결 론

소음진동규제법에 분류되어 있는 소음배출시설 중 압축기, 송풍기, 단조기 등 총 32종 199대의 음향파워레벨 및 음향 특성을 조사분석한 결론은 다음과 같다.

1. 각 소음배출시설 중 고(高)소음배출시설(평균음향파워레벨(100.1 dBA)보다 10 dB 이상 큰 시설)은 단조기, 발전기, 자동제병기, 콘크리트관 및 파일의 제조기계, 제재기이며, 저(低)소음배출시설(평균음향파워레벨보다 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 Hz이하) 성분이 강하며, 대체로 때리는 작업 또는 찍어내는 작업을 하는 시설은 저주파(200 Hz이하) 소음

- 이 크게 발생한다.
3. 주조기계, 석재절단기, 금속절단기, 제재기, 자동제빙기는 고주파(4,000 Hz이상) 성분이 강하며, 주로 회전체를 이용하여 절단/절삭작업(석재절단기 등)을 하는 기계류는 고주파(4,000 Hz이상) 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) 강대준 외 6인, 1990, 國內製作 및 使用機械類의 音響과 위레벨 調査研究(I), 국립환경과학원
- (2) 강대준 외 8인, 1991, 國內製作 및 使用機械類의 音響과 위레벨 調査研究(II), 국립환경과학원
- (3) KS A ISO 9614-1, 2004, 음향세기에 의한 소음원의 음향파위레벨 측정방법 - 제1부 : 이산점에 의한 측정
- (4) KS A ISO 9614-2, 2004, 음향세기에 의한 소음원의 음향파위레벨 측정방법 - 제2부 : 스캐닝에 의한 측정
- (5) Vibration and Noise - Principle and Practice, B&K
- (6) (2008), 騒音·振動規制法, 환경부
- (7) 정성수 외 3인, 2003, 도로교통 소음원에 의한 저주파 소음실태, 한국소음진동공학회 추계학술대회논문집, pp. 533~536
- (8) L. E. Kinsler, A. R. Frey, A. B. Coppens and J. V. Sanders, 1982, Fundamentals of Acoustics, 3rd Edition, John Wiley & Sons
- (9) 정일록, 1984, 소음·진동학, 신광출판사
- (10) 2001, 소음·진동업무편람, 환경부
- (11) George M. Diell, 1993, Machinery Acoustics, John Wiley & Sons Inc.
- (12) L. L. Faulkner, 1976, Handbook of Industrial Noise Control, Industrial Press Inc.
- (13) R. H. Lyon, R. G. Cann and D. L. Bowen, 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.