

석재가공시 발생하는 소음의 특성에 관한 연구

A Study on the Characteristics of Noise occurred when processing Stone Material

주 덕 훈† 국 정 훈* 김 재 수**
Ju, Duck-Hoon Kook, Jung-Hun Kim, Jae-Soo

Key Words : Loud Noise (고소음), Stone Processing Industry (석재가공), hearing impairments (청력장애)

Abstract

Stone Industry in our country is classified mainly in view of supply of raw materials · ingredients, as follows: Stone-Quarrying Industry who develops the natural resources, Stone Processing Industry who processes the quarried raw ore into construction materials and stone-products, Stony Mountain-Aggregate Industry who supplies the elementary raw materials · ingredients to construction section, respectively. Among them, while Stone Processing Industry sells its turnover around billion-Won level per annum per a company, most of other job sites are paltry, adopting less than 10 employees, and it is real state that their working environments are also very coarse. The Noise originated from processing-instrument which generates at such Stone Processing Industry is as so repeatedly reiterating Loud Noise that most of the spot workers are forcedly imposing such dangers as the severe unpleasant feeling and hearing impairments.

On this viewpoint, this Research is now analyzing on the frequency characteristics with regard to the Noise that generated from various processing-instruments, and then based on this, in order to grasp the influence of the Loud Noise generating when process the stone materials, this study has ever evaluated it with PSIL and NR. It is considered that such data could be used as the valuable material for establishment of a comfortable working environment hereafter.

1. 서 론

우리나라의 석재산업은 크게 원재료 공급측면에서 부존자원을 개발하는 채석업, 채석된 원석을 건축재와 석제품으로 가공하는 석재가공업, 건설부문 기초 원자재를 공급하는 석산 골재업으로 구분된다. 이중 석재가공업은 업체당 매출액이 연간 10억원 수준이고, 대부분의 사업장이 근로자수가 10인 미만으로 영세하고 작업환경 또한 매우 열악한 실정이다. 이러한 석재가공업에서 발생하는 가공기기소음은 반복적으로 되풀이되는 강한 소음으로 대부분의 현장 작업자들은 높은 불쾌감과 청력장애의 위험을 부담하고 있다.

이러한 관점에서 본 연구는 여러 가지 석재가공기기로부터 발생하는 소음에 대한 주파수 특성을 분석해보고, 이를 토대로 석재 가공 시 발생하는 고소음의 영향을 파악하기 위해 PSIL과 NR로 평가해 보았다. 이러한 자료는 향후 쾌적한

작업 환경 수립을 위한 유용한 자료로 활용될 수 있을 것으로 사료된다.

2. 측정방법 및 개요

2.1 측정방법

석재가공기기로부터 발생하는 소음을 측정하기 위하여, 석재가공기기를 정상적으로 가동한 상태에서 음압레벨을 측정하였다. 음압레벨 측정방법은 ISO-3744(음압법에 의한 소음원의 음향파위레벨 측정방법 - 반사면상 준자유음장에서 실용 측정방법)에 의거하여 측정하였으며, 측정시 소음계의 위치는 지면으로부터 1.2m의 높이에 삼각대로 고정하여 설치하였고, 작업장 내에 설치되어 있는 가공기기로부터 1m 떨어진 지점에서 30초간 측정하였다. 측정방법은 그림 1.과 같이 소음계를 통해 들어오는 신호를 DAT (Digital Audio Tape Recorder)로 현장에서 녹음하였으며, 녹음된 신호를 실험실에서 01dB사의 Symphonie를 이용하여 분석하였다.

측정기기 구성 및 배열은 그림 1.과 같다.

† 교신저자: 원광대학교 건축음향연구실
E-mail : suezo521@hanmail.net
Tel : (063) 857-6712

* 정회원, 원광대학교 건축학부 석사과정

** 정회원, 원광대학교 건축학부 교수 공학박사

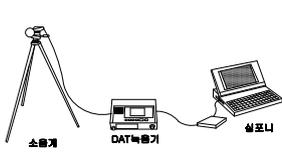


그림 1. 측정기기 및 배열

본 연구에서 분석에 사용된 주파수 범위는 31.5Hz~8kHz까지의 1/1옥타브밴드로 10초간 3회 측정된 평균값을 이용하여 분석하였으며, 동시에 전 대역 음압레벨도 dB(A)값으로 측정·분석하였다. 또한 소음의 평가는 PSIL과 NR곡선을 이용하였다.

2.2 가공기기의 개요

가공기기는 작업장의 용도에 맞게 총 5가지를 선택하였으며, 모습은 표 1., 그림 2.와 같다.

표 1. 측정대상 가공기기의 제원

Cross Cutting Machine	Polishing Machine	Bridge Cutting Machine	Sawing Machine	Flaming Machine
85kW	39kW	22kW	60kW	1kW



(a) Cross Cutting Machine



(b) Polishing Machine



(c) Bridge Cutting Machine



(d) Sawing Machine



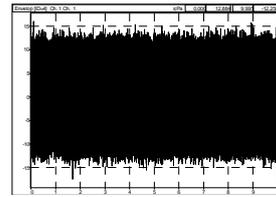
(e) Flaming Machine

그림 2. 대상 가공기기의 모습

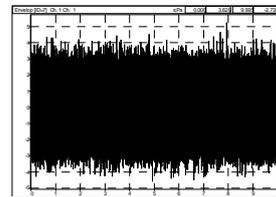
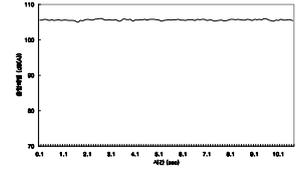
3. 분석 및 고찰

3.1 가공기기의 시간이력곡선

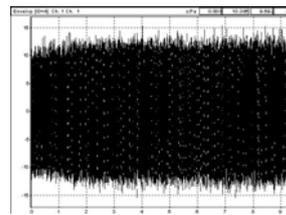
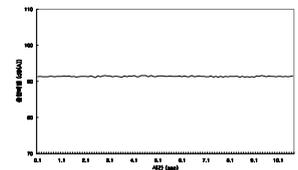
그림에서 시간에 따른 음압레벨의 변화를 살펴보면, Cross



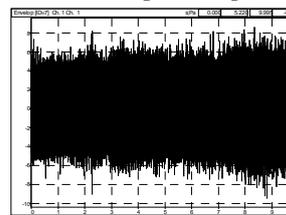
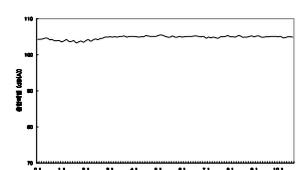
(a) Cross Cutting Machine의 파형 및 시간이력곡선



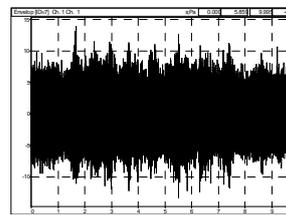
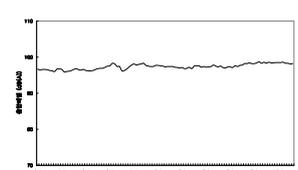
(b) Polishing Machine의 파형 및 시간이력곡선



(c) Bridge Cutting Machine의 파형 및 시간이력곡선



(d) Sawing Machine의 파형 및 시간이력곡선



(e) Flaming Machine의 파형 및 시간이력곡선

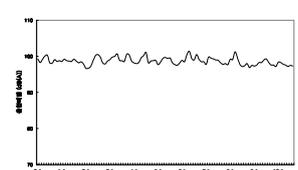
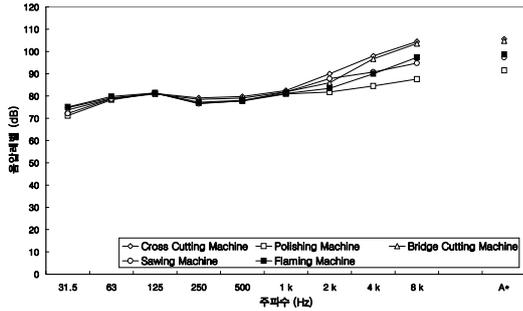


그림 3. 대상 가공기기의 파형 및 시간이력곡선

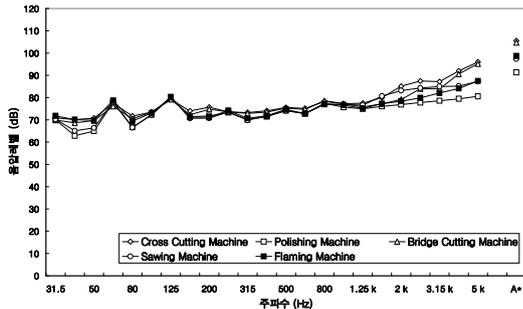
Cutting Machine, Polishing Machine, Bridge Cutting Machine, Sawing Machine의 경우 일정한 구간을 반복하는 정상소음의 특성을 나타내고 있다. 하지만 Flaming Machine의 경우 일정한 패턴을 유지하는 다른 가공기기의 특성과는 다르게, 불규칙한 패턴인 변동소음으로 나타났다. 이것은 Flaming Machine이 좌우로 반복이동하며 석재표면을 요철하는 작업이기 때문인 것으로 사료된다.

3.2 가공기기의 주파수 특성

5개 가공기기의 주파수별 음향특성을 분석해보면 다음 그림 4.와 같다.



(a) 1/1 옥타브밴드



(b) 1/3 옥타브밴드

그림 4. 가공기기의 주파수 특성

그림 4.를 보면 가공기기 주파수 특성의 경우 1kHz이하는 기기별로 유사한 패턴을 보이고 있으나 2kHz부터는 기기별로 차이가 있음을 알 수 있다. 또한 가공기기별 dB(A)의 최소 최대값을 살펴보면 91.5 ~105.6dB(A)로 매우 높게 나타나는 것을 알 수 있다. 이러한 결과를 보아 가공기기 소음이 장시간 폭로되었을 경우 청력손실 (Hearing Loss)을 일으키기 때문에 작업자로 하여금 가장 큰 영향을 미칠 것으로 사료된다.

표 2. 소음이 인체에 미치는 영향

소음레벨 dB(A)	인체의 영향
100	장시간 폭로 시 청력손실 초래
90	소변량증가, 난청발생
80	양수막 조기파열 발생 가능
75	청력손실의 발생 시작

표 2.를 보면 소음레벨의 증가에 따라 인체에 미치는 영향을 나타내고 있다. 대상 가공기기에서 발생하는 소음레벨 dB(A)는 최소 최대값이 91.5~105.6dB(A)로서 소변량이 증가하고 난청이 발생하기 시작하며, 장시간 폭로 시 청력손실을 초래 할 수 있다. 따라서 작업자에게 미치는 영향을 최소화하기 위한 대책이 시급하다고 사료된다.

3.3 PSIL에 의한 소음평가

PSIL은 Klumpp & Webster가 여러 종류의 소음평가법에 대해 회화 방해도와외의 관계를 비교 검토하여 제안한 것으로, 회화음역인 500Hz, 1,000Hz, 2,000Hz, 4,000Hz의 음압레벨을 산술평균한 값이다. 가공기기의 PSIL은 표 2., 그림 5.와 같다.

표 2. 석재가공기기의 PSIL

	주파수(Hz)				dB(A)	PSIL
	500Hz	1kHz	2kHz	4kHz		
Cross Cutting Machine	79.8	82.5	90	98	105.6	87.58
Polishing Machine	77.8	81	81.8	84.5	91.5	81.28
Bridge Cutting Machine	79.1	81.9	86	96.7	104.8	85.93
Sawing Machine	77.9	81.8	87.8	90.8	97.4	84.58
Flaming Machine	78.1	81.2	83.5	90	98.7	83.2

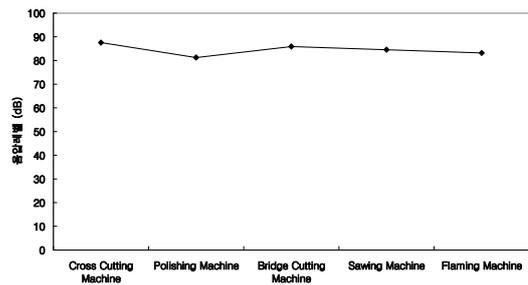


그림 5. 석재가공기기의 PSIL

표 2., 그림 5.에서 보면 가공기기의 PSIL은 81.28~87.58dB로 상당히 높은 값을 나타내고 있다. 따라서 ISO/TC 43에서 제안된 표 3.과 비교해보면, 가공기기를 작동할시 작업장에서는 정상적인 회화가 불가능하여 작업시 산업재해 위험이 클 것으로 사료된다.

표 3. 회화방해레벨과 회화 가능한 거리 (ISO Technical Report 3352, 1974)

회화방해레벨 (dB)	만족한 이해도가 얻어지는 최대거리(m)	
	보통 소리	큰 소리
55	0.75	1.5
60	0.42	0.85
65	0.25	0.5
70	0.13	0.26

* 95%이상의 이해도를 얻는 거리.

3.4 NR곡선(Noise Rating Curves)에 의한 소음평가

NR곡선(Noise Rating Curves)은 소음을 청력장해, 회화방해, 시끄러움의 3가지 관점에서 평가하여 1961년 ISO가 정한 소음평가 곡선으로 1,000Hz의 옥타브 밴드레벨이 평가곡선의 NRN(Noise Rating Number)과 일치하고 있다. 이를 토대로 하여 주파수 분석된 결과를 1/1 옥타브밴드로 하여 NR곡선(Noise Rating Curves)으로 평가해보면 다음 그림 6.과 같다.

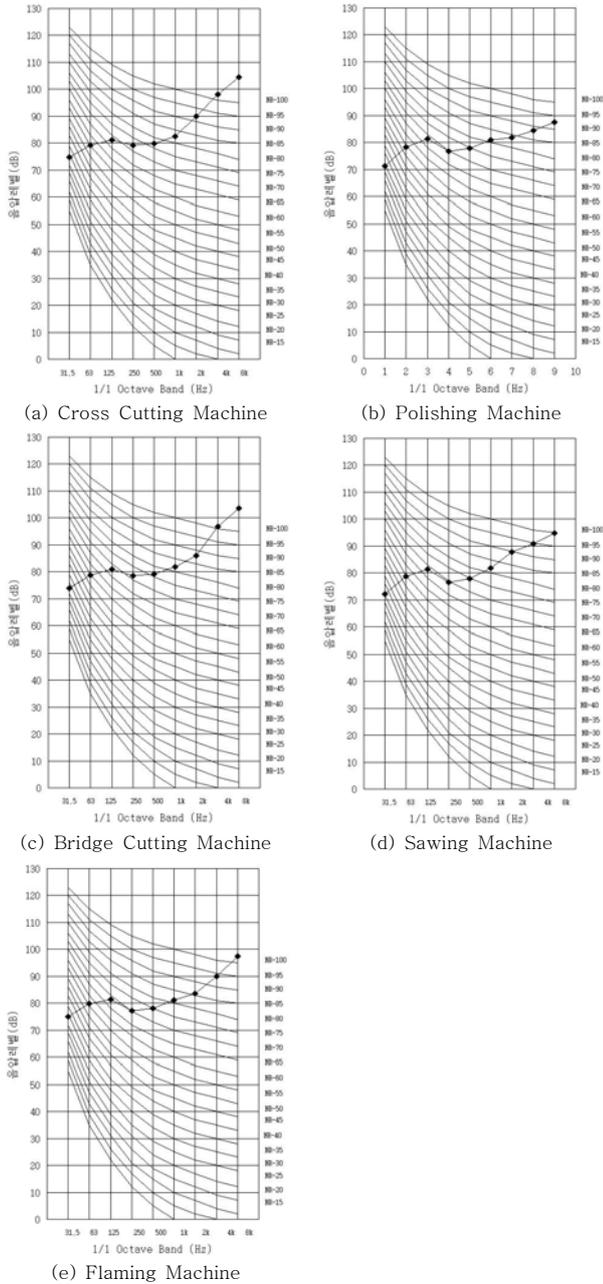


그림 6. 석재가공기기의 NR곡선

표 4. 석재가공기기의 NR 결정주파수

구분	NR	결정주파수
Cross Cutting Machine	평가불가	8kHz
Polishing Machine	NR-93	8kHz
Bridge Cutting Machine	평가불가	8kHz
Sawing Machine	NR-100	8kHz
Flaming Machine	평가불가	8kHz

그림 6.와 표 4.에서 보면 Cross Cutting Machine Bridge Cutting Machine Flaming Machine은 NR곡선으로 평가 할 수 없었으며 Polishing Machine과 Sawing Machine은 각각 NR-93,100로 나타났다. 또한 작업자의 경우 석재가공기기 소음에 노출되었을 경우 8kHz대역의 고주파수에 가장 많은

영향을 받는 것으로 나타났다.

표 5. NRN에 의한 각 실의 소음기준

NRN	실의 종류
30~40	대형사무실, 상점, 백화점, 레스토랑
40~50	상당히 큰 레스토랑, 타이프가 있는 비서실, 체육관
50~60	상당히 큰 타이프실, 60:통상 사무실의 평균적 한계
60~70	작업장

NRN에 의한 각 실 소음 기준표에 NR값을 넣어본 결과, 석재가공작업장의 경우 NR값이 가장 낮은 Polishing Machine의 NR값이 NR-93로서 작업장의 소음기준을 훨씬 초과함을 알 수 있다. 따라서 작업장에서 발생하는 가공기기소음을 최소화하기 위해서 8kHz이상의 고주파대역을 제어할 수 있는 방음보호구대책이 필요하며 이를 통하여 작업자에게 미치는 소음에 대한 영향을 줄일 수 있을 것으로 판단된다.

4. 결론

본 연구는 여러 가지 석재가공기기의 소음특성을 파악해 보았고 이러한 소음이 작업자에게 미치는 영향을 파악하기 위해 PSIL, NR과 같은 평가방법으로 분석해보았다. 그 결과는 다음과 같다.

1. 주파수 분석결과, 가공기기 주파수 특성은 1kHz이하는 기기별로 유사한 패턴을 보이고 있으나 2kHz부터는 약간씩 변화가 있음을 알 수 있다. 가공기기별 dB(A)의 최소·최대 값을 살펴보면 91.5~105.6dB(A)로 매우 높게 나타나 작업자들이 매우 심각한 소음환경에 노출되어 있음을 알 수 있다.

2. 소음이 인체에 미치는 영향을 보면 대상 가공기기에서 발생하는 소음레벨 dB(A)는 최소·최대값이 91.5~105.6 dB(A)로서 소변량이 증가하고 난청이 발생하기 시작하며, 장시간 폭로 시 청력손실을 초래 할 수 있다. 따라서 작업자에게 미치는 영향을 최소화하기 위한 대책이 시급하다고 사료된다.

3. PSIL에 의한 평가결과 모두 최대치를 상회하므로 가공기기소음 발생시 회화는 거의 불가능함을 알 수 있었으며, NR 곡선에 의해 평가해보면 석재가공작업장의 경우 NR값이 가장 낮은 Polishing Machine의 NR값이 NR-93로서 작업장의 소음기준을 훨씬 초과하고 있다. 따라서 작업장에서 발생하는 가공기기소음의 피해를 최소화하기 위해서 8kHz이상의 고주파대역을 제어할 수 있는 방음보호구대책이 필요하며 이를 통하여 작업자에게 미치는 소음에 대한 영향을 줄일 수 있을 것으로 판단된다.

대상 석재가공기기의 소음특성을 분석해본 결과 대상 가공기기의 소음은 인체에 매우 유해하지만 이러한 문제에 대한

대책은 이루어지지 않고 있다. 본 연구 결과를 통하여 얻어진 자료들이 축적되어 보다 더 많은 기기소음에 대한 특성이 파악된다면 그에 따른 대책으로 작업자가 입는 피해를 최소화 혹은 예방하여 보다 쾌적한 작업 환경 수립이 가능할 것으로 사료된다.

참고문헌

1. 김재수 ; “건축음향설계(개정판)”, 세진사, 2004.3.
2. 김재수, 양만우 ; “건축음향설계방법론”, 도서출판 서우, 2001.9.
3. 김재수 ; “환경분쟁조정을 위한 건설소음·진동 이론과 실무”, 도서출판 서우, 2003
4. 김재수 ; “건설소음의 규제기준과 소음표시제도”, 대한건축학회지(건축)41권 9호 (1997)
5. 김재수, 국정훈, 정철운, 정은정 ; “건축 설비소음의 특성 및 평가에 관한 연구 “ 대한건축학회 학술발표대회 26권,2006.10.26
6. 김재수, 신재봉, 정철운, 김천수 ; “골프연습장에서 발생하는 타격소음의 특성 및 영향” 대한건축학회 학술발표대회 26권,2006.10.26