

건설현장에서 발생하는 건설공사소음의 전달 및 감쇠특성에 관한 실험적 연구

An Experimental Study on the Characteristics of Attenuation and Propagation of Construction Work Noise in Construction Field

김재수*, 한명호**, 이병윤***, 박재영*, 윤해동*, 곽광수*
 (Jae-Soo Kim*, Myung-Ho Han**, Byeong-Yun Lee***, Jae-Young Park*,
 Hae-Dong Yun*, Kwang-Soo Kwak*)

요약

도시에서 발생하는 건설소음은 건설현장 주변의 주민들에게 불쾌감을 유발하고 있으며 점차 주거환경을 위협하는 환경 오염원으로 등장하고 있다. 이러한 건설소음은 일반적으로 건설기계소음과 건설공사소음으로 분류될 수 있는데, 전자의 경우 최근에 정부차원에서 그 심각성을 인정하여 정책적으로 기초적인 연구가 수행되고 있지만 후자의 경우에는 기초적인 자료 및 연구가 거의 전무한 상태이다. 따라서 국내에서는 이러한 건설소음을 저감시키기 위한 실질적인 방법들이 강력히 요구되고 있으나, 기존의 연구부족과 자료의 결핍 등으로 인해 많은 어려움을 겪고 있는 실정이다. 이러한 관점에서 본 연구에서는 건설현장에서 발생하는 건설공사소음의 전달 및 감쇠특성을 파악하고자 하였으며 향후 건설소음의 기준 설정시 기초적인 자료를 제시하고자 한다.

ABSTRACT

In city, construction noise has caused much annoyance for a number of dwellers in nearby construction field and its has become a very serious environmental pollution in our living environment. Generally, construction noise is classified construction equipment noise and construction work noise. In case of the former, in recently, basic study and research was performed by national policy in domestic. But in case of the later, research and basic data is next to nothing. Therefore, in our country, a practical solution and a better method of reducing construction noise are highly required. Practical solutions for the construction noise, however, are very difficult because the pooriness of basic data and insufficiency of the existing research. In this point, this study attempts to surveys the characteristics of attenuation and propagation of construction work noise in construction field. And this study intends to get the basic data for establishment of a standard about construction noise.

I. 서론

최근 도심에서 발생하는 건설소음은 건설현장에서 근무하는 근로자 뿐만 아니라 인근 주민들에게 정신적, 육체적 피해를 줌으로써 가장 강력한 민원의 대상이 되고 있다. 이렇게 강한 불만족을 유발하는 건설소음의 발생형태는 크게 건설기계소음과 건설공사소음으로 분류할 수 있는데, 전자의 경우 국내에서 그 심각성을 고려하여 최근에 기초적인 연구가 진행되고 있을 뿐만 아니라 1996년 환경부에서 "소음표시 권고에 관한 규정"을 발표하여 저소음·저진동형 건설기계의 도입을 적극 추천하고 있는

실정이다.¹⁾ 그러나 건설공사소음의 경우는 그 발생빈도나 영향이 매우 큼에도 불구하고 국내에서는 기초적인 자료 및 규제장치가 마련되어 있지 않아 이에 대한 대책 수립시 많은 어려움을 겪고 있는 실정이다.

이러한 취지에 발맞추어 최근 건설공사소음에 대한 주관적 반응 평가가 이루어졌는데 그 결과 건설현장에서 발생하는 24가지의 건설공사 소음중 가장 신경쓰이는 건설공사소음은, 햄머드릴 사용 소음(66.4%), 콘크리트 타설시 잔동기 사용 소음(55%), 콘크리트 타설시 펌프카 소음(46.9%), 건설작업시 그라인더 사용 소음(46.6%), 동근톱 사용 소음(42.8%)등으로 나타났다.²⁾

따라서 본 연구에서는 가장 신경쓰이는 건설공사소음으로 판단되는 5가지 공사소음에 대한 주파수별 전달 및 감쇠특성을 파악코자 하며, 이를 토대로 효율적인 차음 대책 수립을 위한 기초적인 자료를 제시하고자 한다.

* 원광대학교 건축공학과 건축음향연구실
 ** 서남대학교 건축공학과
 *** 순천청암대 건축디자인과
 접수일자: 1998년 2월 6일

II. 건설소음의 발생형태별 분류

건설현장에서 발생하는 건설소음은 건설기계를 사용할 때 발생한다. 건설공사용 장비는 그 종류가 다양할 뿐만 아니라 발생소음이 같은 기계라도 그 사용 목적 및 운전 조건에 따라 상이하며 공사현장의 주변상황이나 背景騒音 (background noise), 바람, 온도, 습도, 지형, 장애물 등에 따라 크게 영향을 받게 된다. 따라서 이러한 건설소음의 발생형태를 살펴보면 소음은 일반적으로 시간특성에 관련되어 있고, 이를 분류해 보면 표 1과 같이 정상음, 변동음, 간헐음, 충격음, 분리충격음 및 준정상충격음의 6종류로 분류할 수 있다.³⁾

표 1. 건설소음의 발생 특성

소음의 분류	소음변동 특성	건설기계의 종류	특 성
정상 소음		콘크리트 절단기 공기압축기 발동발전기 아스팔트 피니셔	레벨변동이 적고, 대부분 일정한 소음
변동 소음		굴삭기, 불도우저, 트랙터셔플, 유압셔플, 로우더 로울러, 그레이더, 압쇄기	레벨이 불규칙하고 연속적으로 일정한 범위로 변화하며 발생하는 소음
충격 소음	연속성	진동 향타함발기 착암기 브레이크 람파 컴퓨터 드릴마스터(공압식)	계속시간이 극히 짧은 소음
	반복성	향타기 · 유압식 · 디젤식 · 드림식	
간헐 소음		콘크리트 브레이커 향타기	간헐적으로 발생하고 계속시간이 수초이 상의 소음
분리충격소음		디젤파일해머 포장관파쇄기 람파	발생하는 소음이 각각 독립적으로 분리되어 있는 충격소음
준정상 충격 소음		진동파일드라이버	대부분 일정한 레벨의 소음이 각각 극히 짧은 시간간격에 되풀이하 여 발생하는 충격소음

III. 건설소음의 측정방법 및 대상지역

3.1 건설소음의 측정방법

국내 소음진동 규제법에 의한 건설소음 규제기준의 측정방법을 가지고는 건설공사소음에 대한 전달 및 감쇠특성을 파악할 수가 없다. 따라서 본 연구에서는 日本에서 규정하고 있는 건설기계의 소음측정방법인 “建設機械の騒音・振動測定要領(案)”과 “建設機械の騒音測定法(案)”

등을 이용하여 그림 1과 같이 7m, 15m, 30m에서 건설공사소음을 측정하였다.³⁾

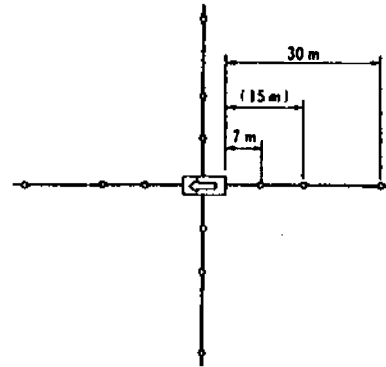


그림 1. 건설공사소음의 측정 위치

또한 건설공사 종류별 소음의 변동레벨을 측정하기 위해서 그림 2와 같은 방법을 이용하여 측정하였으며, 측정된 데이터는 Precision Intergration Sound Level Meter와 dB2XL을 사용하여 노트북 컴퓨터에 저장한 뒤 Excel Program을 이용하여 도표화 시켰다.

- Precision Intergration Sound Level Meter (B&K Type 2236)
- dB2XL (B&K Type 7692)
- Note Book Computer
- Tripod
- Wind Screen

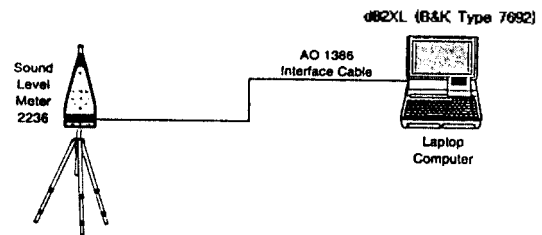


그림 2. 소음레벨 변동 측정을 위한 기기 구성도

또한 각 주파수 특성을 파악하기 위해서 그림 3과 같은 방법을 이용하여 측정하였으며, 마이크로폰은 바닥에서 1.2m 위치에 놓고 다른 건설장비나 기계들이 작동하지 않도록 주변의 배경소음을 최소화 한 뒤 측정을 실시하였다. 측정주파수 범위는 NR곡선으로 평가하기 위해 25Hz~10kHz까지 1/3 Octave band 중심주파수별로 10~15초간 측정하였으며 동시에 전대역 소음레벨도 dB(A)값으로 측정하였다.

- Real-time Frequency Analyzer (B&K Type 2144)
- Microphone (B&K Type 4165)

- Microphone Preamplifier (B&K Type 2669)
- Calibrator (B&K Type 4231)
- Note Book Computer
- Tripod
- Wind Screen

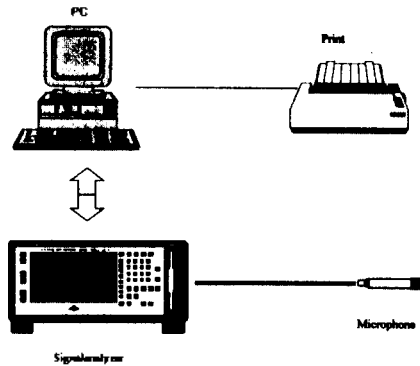


그림 3. 주파수 측정용 기기 구성도

3.2 측정대상지역의 위치 및 현황

측정대상 지역은 그림 4와 같이 행정구역상 완주군 용진면에 위치하고 준농림지역으로 주변은 전답 및 야산으로 둘러쌓여 있는 개활지로서 현재는 반경 1km 이내에 주거지역이 전혀 없는 지역이다. 또한 복합적으로 이루어진 대단위 택지개발지역이 아니고 24평이하 297세대 3동의 임대 아파트를 짓는 소규모 건설현장으로서 다른 건설현장에 비해 배경소음(background noise)이 최소화된 지역이며, 측정시간은 건설공사가 전부 끝나고 배경소음이 하루중 가장 낮은 밤 10~익일 6시 사이에 측정을 실시하였다.

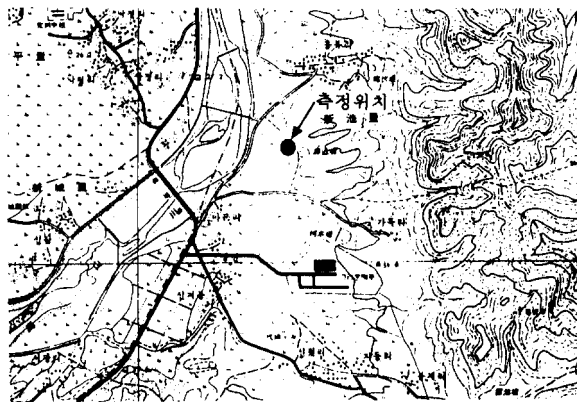


그림 4. 측정대상 지역 및 측정위치

IV. 분석 및 고찰

건설현장에서 발생하는 건설공사소음은 사용 기계의 형식, 회전수, 동력등에 따라 소음의 주파수별 특성 및 감

쇠패턴이 달라지게 된다. 따라서 효율적인 차음대책 수립을 위해서는 건설현장에서 사용되고 있는 모든 기계에 대한 소음특성의 파악이 이루어져야 하나 이를 위해서는 많은 시간과 인원이 동원되어야 하는 어려움을 안고 있다. 따라서 본 논문에서는 그 장비를 대표할 수 있을 뿐만 아니라 건설현장에서 가장 일반적으로 사용되고 있는 장비에 국한하여 주파수별 전달 및 감쇠특성을 파악하고자 하였으며 그 결과는 다음과 같다.

또한 국내 건설소음의 측정방법은 피해자측 부지경계 선중 피해가 우려되는 장소에서 5분이상 등가소음도(Leq)로 측정하도록 규정하고 있습니다. 그러나 본 연구에서는 건설공사소음의 전달 및 감쇠에 초점을 맞추었기 때문에 10초~15초 동안의 측정결과를 가지고 국내 건설소음 규제기준과 비교하였습니다. 따라서 실제 5분 이상 등가소음도로 측정한 결과에 비해서 약간 높게 평가될 수 있다는 점을 미리 밝혀드립니다.

4.1 콘크리트 활석(割石)시 햄머드릴(Hammer Drill) 소음

햄머드릴은 콘크리트 구조체 공사의 활석작업 또는 구조체에 구멍을 뚫는 등 건설공사에서 많이 사용되고 있으며, 모터의 회전과 진동에 의해 발생하는 기계음과 구조체와의 타격음 및 마찰음등으로 구성되어 있다. 따라서 작업자는 소음 뿐만 아니라 손을 타고 전달되는 局部振動의 영향을 강하게 받고 있으며, 인근 주민들은 강한 파열음으로 인해 육체적, 정신적 피해를 동시에 받고 있는 소음원이다. 따라서 햄머드릴 작업시 발생하는 주파수별 음압레벨 변화를 측정하기 위하여 건설현장에서 가장 일반적으로 사용되고 있는 전기 햄머드릴 PR-38E형, 회전수 400/min, 진동수 4,000/min, 중량 7.5kg인 장비를 사용하여 콘크리트 활석 작업시 소음을 측정하였다.

4.1.1 주파수별 음압레벨의 변화 및 감쇠특성

콘크리트 구조체 활석 작업시 햄머드릴 소음을 측정한 결과는 그림 5와 같고, 이를 단일화된 평가기준인 dB(A)와 NR(Noise Rating Curves) 및 PSIL⁴⁾로 평가해 보면 표 2, 그림 6과 같다.

콘크리트 구조체 활석 작업시 주파수별 음압레벨 변화를 살펴보면 저음역인 63~100Hz 대역이 높게 나타나다 그 이상부터 500Hz까지는 감쇠하는 패턴을 보이고 있다. 또한 500Hz 이상에서는 고음역으로 갈수록 음압레벨이 증가하고 있음을 알 수 있다. 이를 NR곡선으로 평가해보면 햄머드릴의 차음등급을 결정해주는 주파수는 8000Hz로서 주로 고음역에 에너지가 집중되어 있기 때문에 이 주파수 대역이 근로자나 인근주민들에게 가장 큰 불쾌감을 유발할것으로 보인다.

또한 7m, 15m, 30m 지점에서 측정한 햄머드릴 소음레벨을 국내 건설소음 규제기준(제 31조)과⁵⁾ 비교해 보면 표 3과 같다.

표 3에서 보면 하루시간대중 가장 규제기준이 완화되

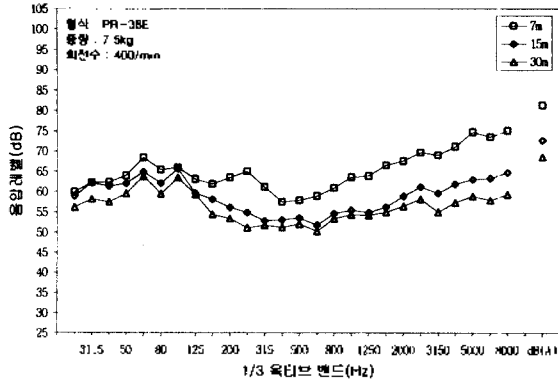


그림 5. 주파수별 음압레벨의 변화

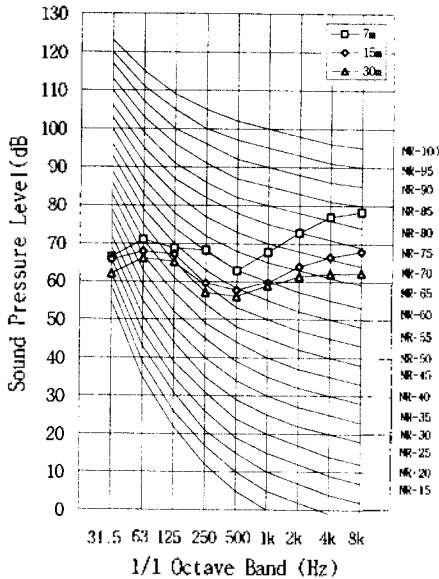


그림 6. NR 곡선에 의한 평가

표 2. 단일평가지수에 의한 소음레벨의 변화

측정거리	7m	15m	30m
평가치수			
dB(A)	81.3	72.7	68.6
NR	NR-84	NR-74	NR-68
PSIL	70.1dB	61.9dB	59.6dB

표 3. 햄머드릴 소음과 국내 건설소음 규제기준과의 비교

		대상지역 I					
		55이하	60이하	65이하	70이하	75이하	75이상
대상 지역 II	55이하						
	60이하						
	65이하						
	70이하				△		
	75이하					◇	
	75이상						□

□: 7m ◇: 15m △: 30m

어 있을 뿐만 아니라 대부분의 공사가 진행되고 있는 시간대인 주간(8:00~18:00)을 기준으로 볼 때 7m에서는 대상지역 I, 대상지역 II의 기준을 모두 상회하고 있으나 15m에서는 대상지역 I의 기준은 초과하지만 대상지역 II의 기준은 만족하고 있으며, 30m에서는 모두 기준을 만족하고 있음을 알 수 있다. 따라서 햄머드릴 작업시 가까운 거리에서는 규제기준을 초과하고 있기 때문에 주변 건물과 인접한 지역에서 작업할 경우 보다 세밀한 방음 및 차음대책이 요구된다고 하겠다.

또한 PSIL로 평가해 보면 7m의 경우 70dB을 상회하여 햄머드릴로 작업시 거의 옆 사람과 만족할 만한 대화가 불가능함을 보여주고 있으며, 작업시 이렇게 대화가 불가능할 경우 서로의 의사전달이 불분명하게 되어 안전사고의 원인이 될 수 있다. 그러나 15m에서는 61.9dB이므로 만족할 만한 이해도를 얻기 위해서는 보통의 소리로는 0.25~0.42m, 큰소리로는 0.5~0.85m 정도 떨어져야 가능하며, 30m에서는 59.6dB이므로 보통의 소리로는 0.42~0.75m, 큰소리로는 0.85~1.5m에서 만족할 만한 대화가 가능함을 알 수 있다. 햄머드릴의 경우 이렇게 PSIL이 높게 나타나는 이유는 고음역 성분이 강하기 때문으로 이러한 고음역은 작업자 및 인근 주민들에게 많은 영향을 줄 것으로 생각된다.

또한 거리에 따른 감쇠량을 파악해 보기 위해 7m에서 측정된 햄머드릴의 음압레벨을 기준으로 하여 15m, 30m 위치에서 감쇠량을 파악해 보면 그림 7과 같다.

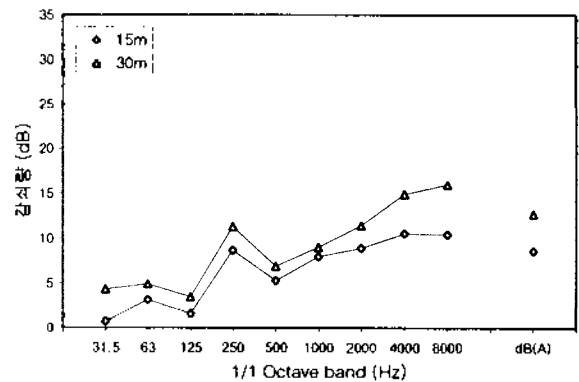


그림 7. 측정거리에 따른 주파수별 음압레벨의 감쇠량

그림 6에서 7m를 기준으로 하여 15m에서의 감쇠량을 살펴보면 250Hz 이상의 주파수 대역에서 5.3~10.5dB 정도로 고음역으로 갈수록 감쇠량이 증가하나 그 이하의 저음역에서는 0.7~3.2dB 정도의 적은 감쇠를 보이고 있다. 이러한 이유는 저주파수의 경우 고주파수에 비해 파장과 에너지가 크기 때문에 비교적 먼거리까지 별다른 감쇠없이 전달되는 특성을 갖기 때문으로 생각된다. 또한 dB(A)에 의한 거리별 감쇠량은 7m를 기준으로 할 때 15m에서는 8.6dB(A), 30m에서는 12.7dB(A) 정도 감쇠함을 알 수 있다.

4.1.2 시간에 따른 음압레벨의 변동특성

그림 2와 같은 방법으로 15m지점에서 측정한 햄머드릴 공사소음의 음압레벨 변동특성을 파악해보면 그림 8과 같다.

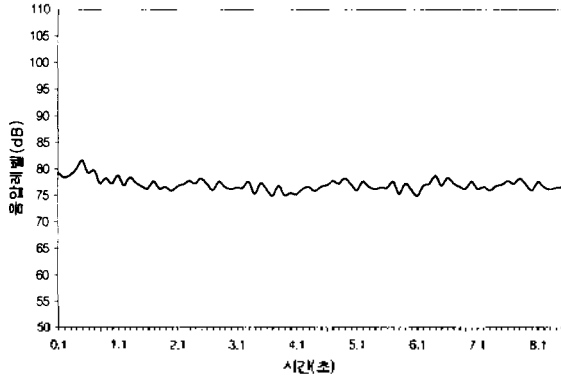


그림 8. 음압레벨의 변동특성

그림 8에서 보면 햄머드릴의 소음은 74.9~81.6dB 사이를 불규칙하고 연속적으로 변화하는 변동소음의 특성을 나타내고 있다.

4.2 콘크리트 타설시 진동기(Vibrator) 소음

콘크리트 타설시 콘크리트를 밀실하게 충전하기 위해 사용하는 진동기는 다짐봉이 거푸집과 철근등에 부딪히면서 아주 높은 마찰음을 발생시키며, 진동기 모터에서 발생하는 아주 높은 기계음등으로 인해 작업자나 인근주민들에게 많은 영향을 주고 있는 소음원이다.

따라서 진동기 사용시 발생하는 소음의 주파수별 음압레벨을 측정하기 위하여 건설현장에서 일반적으로 사용

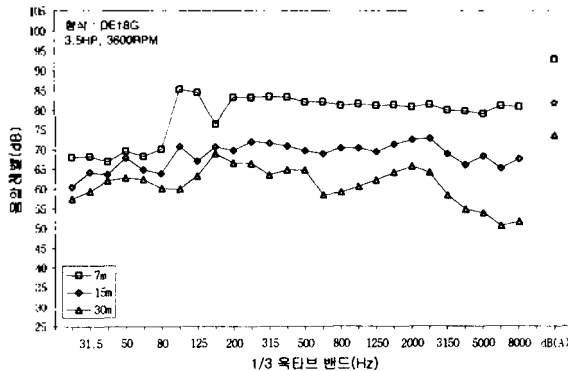


그림 9. 주파수별 음압레벨의 변화

표 4. 단일평가지수에 의한 소음레벨의 변화

평가지수 \ 측정거리	7m	15m	30m
dB(A)	92.7	81.7	73.5
NR	NR-90	NR-79	NR-72
PSIL	85.7dB	74.7dB	66.1dB

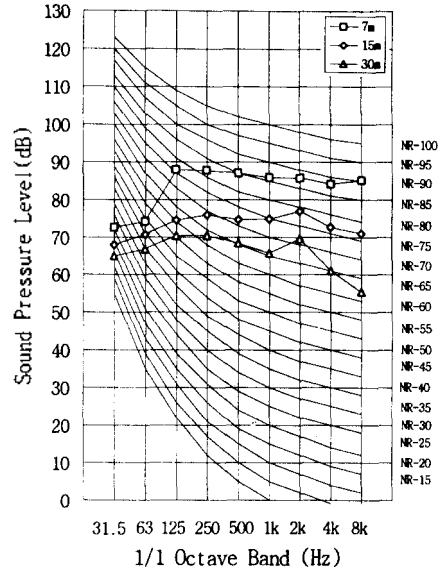


그림 10. NR 곡선에 의한 평가

되고 있는 진동기 형식인 DE18G형, 3.5HP, 회전수 3,600/min을 사용하여 소음을 측정하였다.

4.2.1 주파수별 음압레벨의 변화 및 감쇠특성

콘크리트 타설시 진동기에서 발생하는 소음을 측정할 결과는 그림 9와 같으며, 이를 단일 평가지수인 dB(A)와 NR 및 PSIL로 평가해 보면 표 4, 그림 10과 같다.

그림 9에서 보면 콘크리트 진동기의 주파수별 음압레벨의 변동특성은 비교적 가까운 7m지점의 경우 100Hz 이하에서는 66.9~70.0dB 범위에서 일정하게 변화하지만 그 이상에서는 급격히 증가하여 200Hz 이상에서는 일정한 음압레벨을 유지하는 특성을 보여주고 있다. 또한 측정거리가 멀어질수록 고음역에서 현저한 감쇠가 이루어지고 있음을 알 수 있다. 이를 NR곡선으로 평가해보면 진동기의 차음등급을 결정해주는 주파수는 2000Hz~8000Hz로서 이 주파수 대역이 근로자나 인근주민들에게 가장 큰 불쾌감을 유발하는 주파수임을 알 수 있으며, 특히 7m 지점에서는 125Hz~8000Hz까지 광범위하게 에너지가 집중되어 있어 다른 공사소음에 비해 파괴적이고 강한 소음이 전달되어 많은 영향을 줄 것으로 생각된다.

또한 7m, 15m, 30m 지점에서 측정한 진동기 소음레벨을 국내 건설소음 규제기준과 비교해 보면 표 5와 같다.

표 5에서 보면 하루시간대중 가장 규제기준이 완화되어 있을 뿐만 아니라 대부분의 공사가 진행되고 있는 시간대인 주간(8:00~18:00)을 기준으로 볼 때 7m, 15m 지점에서는 모두 이 기준을 상회하고 있으나 30m에서는 대상지역 I의 기준은 초과하지만 대상지역 II의 기준은 만족하고 있음을 알 수 있다. 따라서 진동기 소음은 상당히 거리가 떨어져 있어서 많은 영향을 줄 것으로 생각된다.

또한 PSIL로 평가해 보면 7m, 15m의 경우 70dB을 상회하여 진동기 작업시 옆 사람과 만족할 만한 대화가 불

표 5. 진동기 소음과 국내 건설소음 규제기준과의 비교

		대상지역 I					
		55이하	60이하	65이하	70이하	75이하	75이상
대상 지역 II	55이하						
	60이하						
	65이하						
	70이하						
	75이하					△	
	75이상						□◇

□:7m ◇:15m △:30m

가능함을 보여주고 있으나, 30m에서는 66.1dB이므로 보통의 소리로는 0.13~0.25m, 큰소리로는 0.26~0.5m에서 만족할 만한 대화가 가능함을 알 수 있다.

또한 거리에 따른 감쇠량을 파악해 보기 위해 7m에서 측정된 진동기의 음압레벨을 기준으로 하여 15m, 30m 위치에서 감쇠량을 파악해 보면 그림 11과 같다.

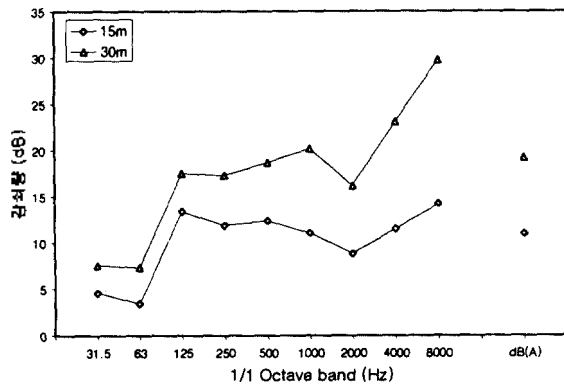


그림 11. 측정거리에 따른 주파수별 음압레벨의 감쇠량

그림 11에서 7m를 기준으로 하여 15m 지점의 감쇠량을 살펴보면 63Hz 이하의 주파수에서는 4.6dB 이하의 감쇠량을 갖지만 125Hz 이상의 주파수 대역에서 9dB 이상의 크기로 감쇠하고 있으며, 특히 2000Hz 이상의 주파수에서 높은 감쇠량 보이고 있다. 30m지점에서는 15m지점과 비슷한 감쇠패턴을 보이며 2000Hz 이상의 주파수에서 많은 감쇠가 있음을 알 수 있다. 진동기의 거리별 감쇠도 햄머드릴과 마찬가지로 고주파수보다는 에너지가 큰 저주파수의 거리감쇠가 적게 나타남을 알 수 있다. 또한 dB(A)에 의한 거리별 감쇠량을 살펴보면 7m를 기준으로 할 때 15m에서는 11dB(A), 30m에서는 19.2dB(A)로 나타나 거리에 따른 감쇠가 크게 진행되고 있음을 알 수 있다.

4.2.2 시간에 따른 음압레벨의 변동특성

그림 2와 같은 방법으로 15m지점에서 측정된 진동기 소음의 음압레벨 변동특성을 파악해보면 그림 12와 같다.

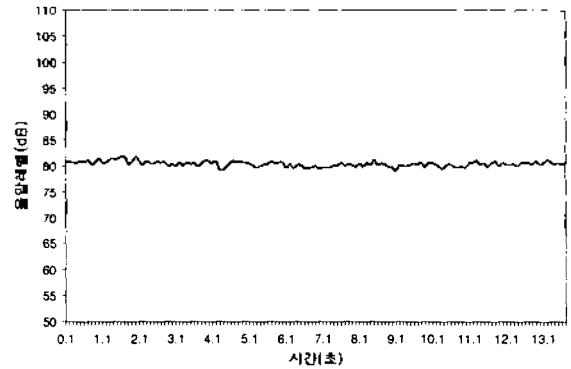


그림 12. 음압레벨의 변동특성

그림 12에서 보면 진동기의 소음은 79.2~81.9dB 사이를 비교적 레벨변동이 적고 대부분 일정한 소음특성을 보여주는 정상소음의 특성을 나타내고 있다.

4.3 콘크리트 타설시 펌프카(Pump car) 소음

콘크리트 타설시 콘크리트의 압송(壓送)을 위해서 주로 펌프카를 사용한다. 따라서 콘크리트 타설시 펌프카 사용으로 인한 건설공사 소음의 주파수별 음압레벨 변화를 파악하기 위하여 건설현장에서 가장 일반적으로 사용되고 있는 형식인 PX361S, 최고출력 340PS, 회전수 2,200/min인 펌프카를 대상으로 콘크리트 타설시 펌프카 소음을 측정하였다.

4.3.1 주파수별 음압레벨의 변화 및 감쇠특성

콘크리트 타설시 펌프카에서 발생하는 소음을 측정된 결과는 그림 13과 같으며, 이를 단일 평가지수인 dB(A)와 NR 및 PSIL로 평가해 보면 표 6, 그림 14와 같다.

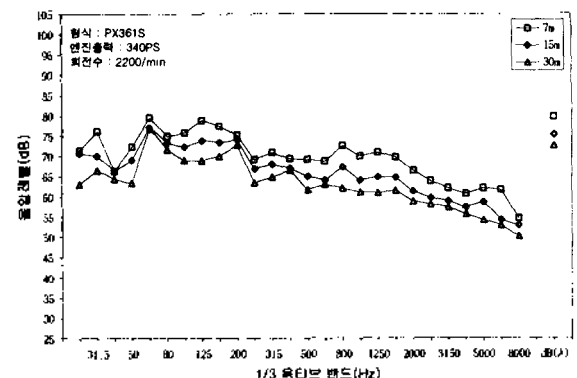


그림 13. 주파수별 음압레벨의 변화

표 6. 단일평가지수에 의한 소음레벨의 변화

측정거리	7m	15m	30m
평가지수			
dB(A)	79.7	75.3	72.5
NR	NR-76	NR-71	NR-67
PSIL	72.1dB	67.8dB	65.2dB

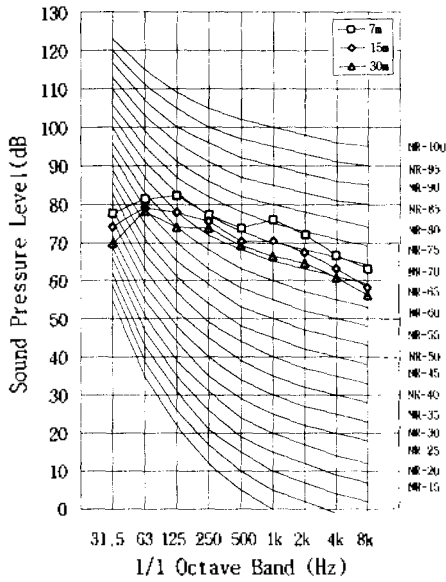


그림 14. NR 곡선에 의한 평가

그림 13에서 콘크리트 타설시 펌프카의 주파수별 음압 레벨을 파악해 보면 엔진음의 영향으로 125Hz 대역의 음압 레벨이 높게 나타남을 알 수 있으며 고음역으로 갈수록 감소하는 경향을 나타내고 있다. 이를 NR곡선으로 평가해 보면 펌프카의 차음등급을 결정해주는 주파수는 1000Hz~2000Hz로서 이 주파수 대역이 근로자나 인근주민들에게 가장 큰 불쾌감을 유발하는 주파수임을 알 수 있으며, 특히 고음역이 높게 나타나는 다른 공사소음에 비해 저음역에 에너지가 집중되어 있고 고음역으로 갈수록 감소하는 주파수 패턴을 갖기 때문에 다른 공사소음에 비해 NR값이 낮게 평가되고 있음을 알 수 있다.

또한 7m, 15m, 30m 지점에서 측정한 펌프카 소음레벨을 국내 건설소음 규제기준과 비교해 보면 표 7과 같다.

표 7. 펌프카 소음과 국내 건설소음 규제기준과의 비교

		대상지역 I					
		55이하	60이하	65이하	70이하	75이하	75이상
대상지역 II	55이하						
	60이하						
	65이하						
	70이하						
	75이하					△	
	75이상						□ ◇

□: 7m ◇: 15m △: 30m

표 7에서 보면 하루시간대중 가장 규제기준이 완화되어 있을 뿐만 아니라 대부분의 공사가 진행되고 있는 시

간대인 주간(8:00~18:00)을 기준으로 볼 때 7m, 15m 지점에서는 모두 이 기준을 상회하고 있으나 30m에서는 대상지역 I의 기준은 초과하지만 대상지역 II의 기준은 만족하고 있음을 알 수 있다. 따라서 펌프카 타설시 작업소음은 상당히 거리가 떨어져 있어서 많은 영향을 줄 것으로 생각된다.

또한 PSIL로 평가해 보면 7m의 경우 70dB을 상회하여 펌프카 작업시 옆 사람과 만족할 만한 대화가 불가능함을 보여주고 있다. 그러나 15m에서는 67.8dB, 30m에서는 65.2dB이므로 보통의 소리로는 0.13~0.25m, 큰소리로는 0.26~0.5m에서 만족할 만한 대화가 가능함을 알 수 있다.

또한 거리에 따른 감쇠량을 파악해 보기 위해 7m에서 측정된 펌프카의 음압레벨을 기준으로 하여 15m, 30m 위치에서 감쇠량을 파악해 보면 그림 15와 같다.

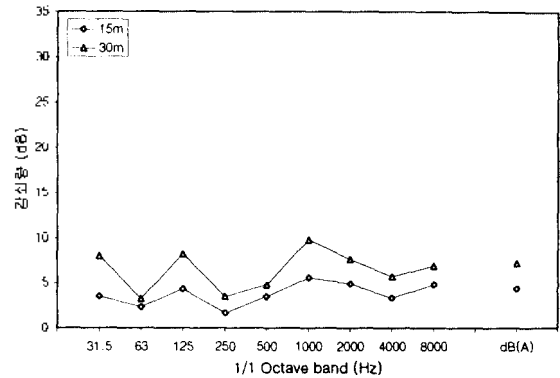


그림 15. 측정거리에 따른 주파수별 음압레벨의 감쇠량

그림 15에서 7m를 기준으로 하여 15m 감쇠량을 살펴보면 전대역에서 8dB 미만의 고른 감쇠량을 보이고 있으며, 30m 지점에서는 3.5~10.4dB 정도 감쇠하고 있음을 알 수 있다. 또한 dB(A)에 의한 감쇠량을 살펴보면 7m를 기준으로 할 때 15m에서는 4.4dB(A), 30m에서는 7.2dB(A) 정도 감쇠하고 있음을 알 수 있다.

4.3.2 시간에 따른 음압레벨의 변동특성

펌프카 작업시 발생하는 소음은 크게 타설소음, 붐대

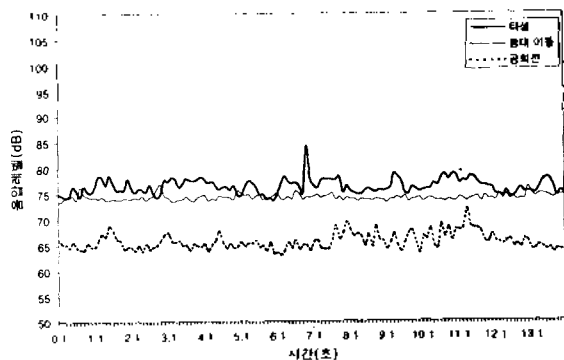


그림 16. 음압레벨의 변동특성

이동 소음, 공회전등으로 분류할 수 있는데, 그림 2와 같은 방법으로 15m지점에서 측정한 각 소음의 음압레벨 변동특성을 파악해보면 그림 16과 같다.

펌프카 타설시의 발생하는 소음은 73.9dB~84.2dB를 변화하면서 발생하는 변동소음의 특성을 보여주고 있으며, 붐대 이동시 발생하는 소음은 73.2dB~76.8dB 사이를 변화하면서 발생하는 정상소음의 특성을 보여주고 있다. 또한 공회전시 발생하는 소음은 63.3dB~71.9dB 사이를 왕복하면서 발생하는 변동소음의 특성을 나타내고 있다.

4.4 건설 작업시 그라인더(Grinder) 소음

건설공사에서 그라인더는 철근의 절단 및 콘크리트 구조체의 면처리를 평활하게 하기 위해서 주로 쓰인다. 따라서 그라인더 사용시 주파수별 음압레벨 특성을 파악하기 위하여 건설현장에서 주로 사용하는 형식인 DG-100H 인 보호형 단상직권 정류자 전동기, 본체중량 2kg, 회전수 12,000/min인 그라인더를 대상으로 콘크리트 면처리 작업시 발생하는 건설공사소음을 측정하였다.

4.4.1 주파수별 음압레벨의 변화 및 감쇠특성

건설작업시 발생하는 그라인더 소음을 측정한 결과는 그림 17과 같으며, 이를 단일 평가지수인 dB(A)와 NR 및 PSIL로 평가해 보면 표 8, 그림 18과 같다.

그림 17에서 그라인더의 주파수별 음압레벨을 살펴보면 80Hz 이하에서는 일정한 음압레벨을 유지하나 그 이상에서는 음압레벨이 저하하다 500Hz 이상의 고음역으로 갈수록 음압레벨이 높아지고 있다. 이러한 현상은 그라인더의 특성상 그라인더 날과 콘크리트 구조체와의 마

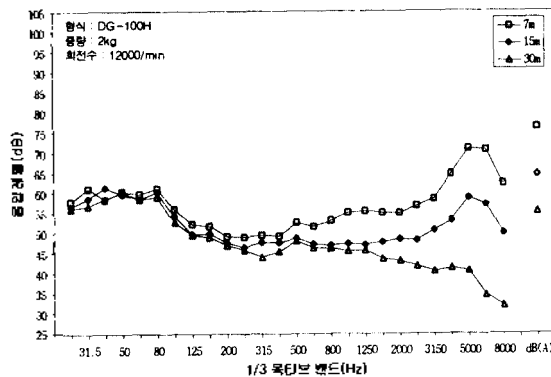


그림 17. 주파수별 음압레벨의 변화

표 8. 단일평가지수에 의한 소음레벨의 변화

	측정거리	7m	15m	30m
평가지수	dB(A)	76.1	64.5	55.4
	NR	NR-77	NR-64	NR-51
	PSIL	62.1dB	54.5dB	48.9dB

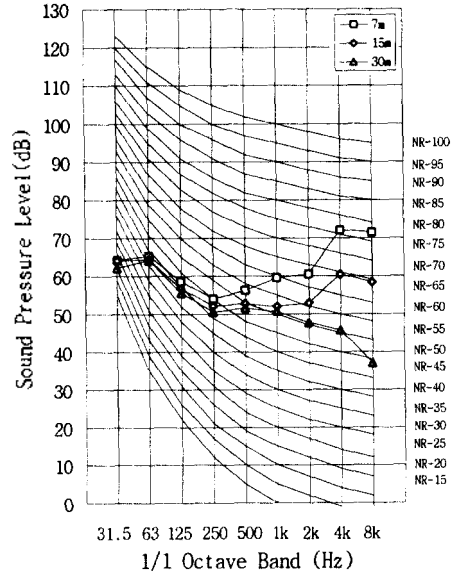


그림 18. NR 곡선에 의한 평가

찰음으로 인해 고주파수 대역이 높게 나타난 것으로 생각된다.

이를 NR 곡선으로 평가해보면 그라인더의 차음등급을 결정해주는 주파수는 4000Hz~8000Hz의 고음역으로 이 주파수 대역이 근로자나 인근주민들에게 가장 큰 불쾌감을 유발하는 주파수임을 알 수 있으며, 특히 고음역에 에너지가 집중되어 있어 민감한 반응을 보일 것으로 판단된다.

또한 7m, 15m, 30m 지점에서 측정한 그라인더 소음레벨을 국내 건설소음 규제기준과 비교해 보면 표 9와 같다.

표 9. 그라인더 소음과 국내 건설소음 규제기준과의 비교

		대상지역 I					
		55이하	60이하	65이하	70이하	75이하	75이상
대상지역 II	55이하						
	60이하		△				
	65이하			◇			
	70이하						
	75이하						
							□

□: 7m ◇: 15m △: 30m

표 9에서 보면 하루시간대중 가장 규제기준이 완화되어 있을 뿐만 아니라 대부분의 공사가 진행되고 있는 시간대인 주간(8:00~18:00)을 기준으로 볼 때 7m에서는 모두 이 기준을 상회하고 있으나 15, 30m에서는 모두 기준을 만족하고 있음을 알 수 있다. 따라서 어느 정도 거리가 멀어지게 되면 다른 공사소음에 비해 그라인더 소음은 큰 영향이 없을 것으로 판단된다.

또한 PSIL로 평가해 보면 7m의 경우 62.1dB이므로 보통의 소리로는 0.25~0.42m, 큰소리로는 0.5~0.85m에서 만족할 만한 대화가 가능하며, 15m의 경우 54.5dB이므로 보통의 소리로는 0.75~1.3m, 큰소리로는 1.5~2.6m에서 대화가 가능하다. 또한 30m의 경우 48.9dB이므로 보통의 소리로는 1.3~2.3m, 큰소리로는 2.6~4.6m에서 대화가 가능함을 알 수 있다.

또한 거리에 따른 감쇠량을 파악해 보기 위해 7m에서 측정된 그라인더의 음압레벨을 기준으로 하여 15m, 30m 위치에서 감쇠량을 파악해 보면 그림 19와 같다.

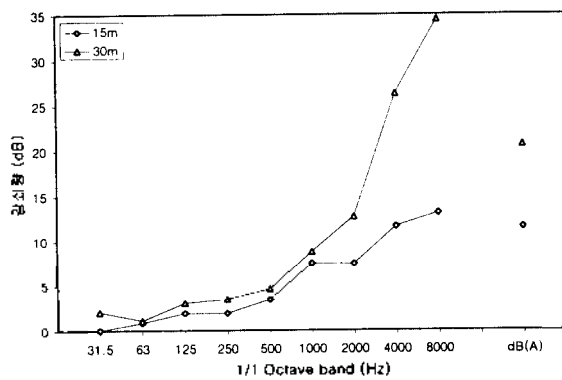


그림 19. 측정거리에 따른 주파수별 음압레벨의 감쇠량

그림 19에서 7m를 기준으로 하여 15m, 30m 감쇠량을 살펴보면 1000Hz 이상의 고주파수에서 감쇠량이 현저히 증가하는 추세를 보이고 있으며 특히 30m의 경우 감쇠량이 매우 큼을 알 수 있다. 이러한 감쇠특성은 다른 공사소음의 감쇠 패턴보다는 고음역의 감쇠량이 급격히 증가하는 것으로서 어느정도 거리가 멀어지면 다른 공사소음에 비해 그 영향이 적게됨을 알 수 있다.

또한 dB(A)에 의한 거리별 감쇠량은 7m를 기준으로 할 때 15m에서는 11.6dB(A), 30m에서는 20.7dB(A)로 나타나 거리에 따른 감쇠량이 상당히 많아짐을 알 수 있다.

4.4.2 시간에 따른 음압레벨의 변동특성

구조재 먼처리시 그라인더 사용으로 인한 건설공사 소

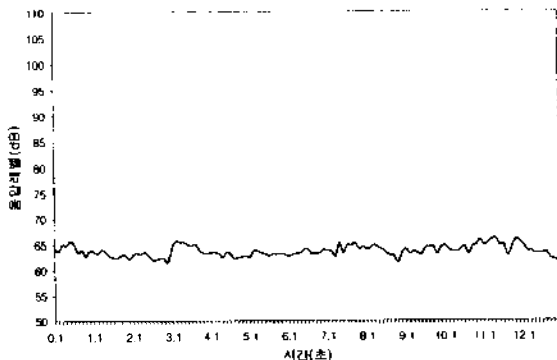


그림 20. 음압레벨의 변동특성

음의 파형을 그림 2와 같은 방법으로 15m지점에서 측정해본 결과는 그림 20과 같다.

그림 20에서 보면 그라인더 작업시 발생하는 소음은 61.3dB~65.7dB 사이를 일정하게 반복하면서 발생하는 정상소음의 특성을 보여주고 있다.

4.5 목재 절단시 등근톱 사용 소음

등근톱은 건설공사에서 복재 또는 합판등을 절단할 때 사용하는 것으로서 모터의 기계음과 톱날과 부재의 마찰음등이 발생하여 많은 피해를 주고 있는 소음원이다. 따라서 등근톱을 사용할 때 주파수별 음압레벨 변화를 파악하기 위하여 건설현장에서 가장 일반적으로 사용되고 있는 등근톱인 단상유도전동기(콘텐서기동형) 모터 2HP, 회전수 1,700/min인 등근톱을 대상으로 목재 절단시 발생하는 소음을 측정하였다.

4.5.1 주파수별 음압레벨의 변화 및 감쇠특성

목재 절단시 발생하는 등근톱 소음을 측정된 결과는

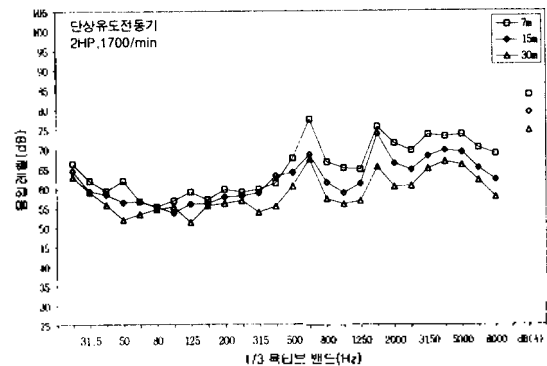


그림 21. 주파수별 음압레벨의 변화

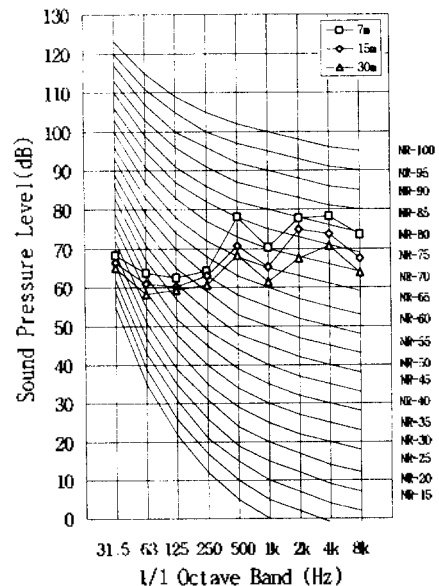


그림 22. NR 곡선에 의한 평가

표 10. 단일평가지수에 의한 소음레벨의 변화

측정거리 평가지수	7m	15m	30m
dB(A)	83.6	79.2	74.7
NR	NR-83	NR-77	NR-74
PSIL	76.0dB	71.1dB	66.9dB

그림 21과 같으며, 이를 단일 평가지수인 dB(A)와 NR 및 PSIL로 평가해 보면 표 10, 그림 22와 같다.

그림 21에서 목재 절단으로 인한 등근톱 사용시 주파수별 음압레벨을 파악해보면 저음역보다는 고음역으로 갈수록 음압레벨이 높아짐을 알 수 있으며 특히 다른 주파수대역에 비해 630Hz와 1600Hz에서 높은 음압레벨을 보여주고 있다.

이를 NR곡선으로 평가해보면 그라인더의 차음등급을 결정해주는 주파수는 4000Hz의 고음역으로 이 주파수 대역이 근로자나 인근주민들에게 가장 큰 불쾌감을 유발하는 주파수임을 알 수 있으며, 고음역에 에너지가 집중되어 있어 민감한 반응을 보일것으로 판단된다.

또한 7m, 15m, 30m 지점에서 측정한 등근톱 소음레벨을 국내 건설소음 규제기준과 비교해 보면 표 11과 같다.

표 11. 등근톱 소음과 국내 건설소음 규제기준과의 비교

		대상지역 I					
		55이하	60이하	65이하	70이하	75이하	75이상
대상 지역 II	55이하						
	60이하						
	65이하						
	70이하						
	75이하					△	
	75이상						□◇

□:7m ◇:15m △:30m

표 11에서 보면 하루시간대중 가장 규제기준이 완화되어 있을 뿐만 아니라 대부분의 공사가 진행되고 있는 시간대인 주간(8:00~18:00)을 기준으로 볼 때 7m, 15m에서는 모두 이 기준을 상회하고 있으나 30m에서는 대상지역 I의 기준은 초과하지만 대상지역 II의 기준은 만족하고 있음을 알 수 있다. 따라서 등근톱 소음은 상당히 거리가 떨어져 있어서 많은 영향을 줄 것으로 생각된다.

또한 PSIL로 평가해 보면 7m, 15m의 경우 70dB을 상회하여 등근톱 작업시 옆 사람과 만족할만한 대화가 불가능함을 보여주고 있다. 그러나 30m에서는 66.9dB이므로 보통의 소리로는 0.13~0.25m, 큰소리로는 0.26~0.5m에서 만족할 만한 대화가 가능함을 알 수 있다.

또한 거리에 따른 감쇠량을 파악해 보기 위해 7m에서 측정한 등근톱의 음압레벨을 기준으로 하여 15m, 30m 위치에서 감쇠량을 파악해 보면 그림 23과 같다.

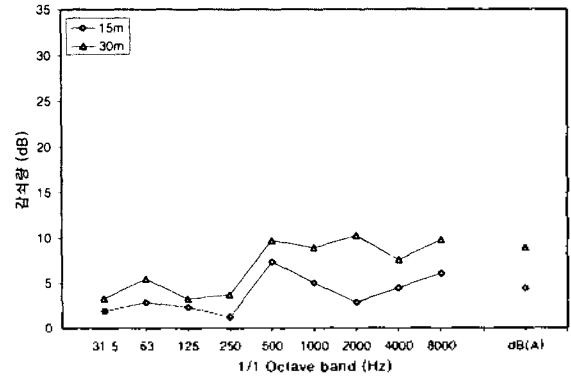


그림 23. 측정거리에 따른 주파수별 음압레벨의 감쇠량

그림 23에서 7m를 기준으로 하여 15m지점의 감쇠량을 살펴보면 500Hz에서 7.3dB로 가장 크게 감쇠하고 있으며 30m지점에서는 2000Hz대역에서 10.3dB로 가장 크게 감쇠하며 저음역보다는 고음역에서 많은 감쇠가 이루어짐을 알 수 있다.

4.5.2 시간에 따른 음압레벨의 변동특성

목재 절단시 등근톱 사용으로 인한 건설공사 소음의 시간변화에 따른 파형을 분석해 보면 그림 24와 같다.

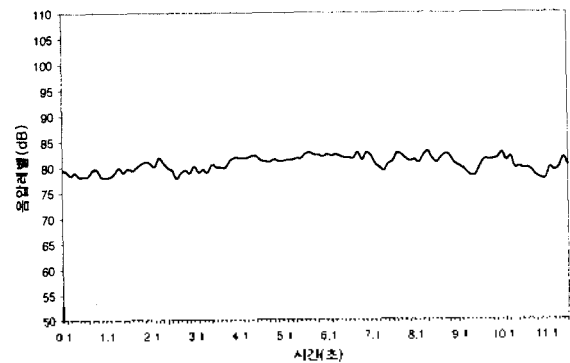


그림 24. 음압레벨의 변동특성

그림 24에서 보면 등근톱 사용시 건설공사소음은 77.7dB~82.8dB 사이를 불규칙하게 변화하면서 발생하는 변동소음의 특성을 보여주고 있다.

V. 결 론

본 연구의 결론은 다음과 같다.

1. 7m, 15m, 30m 지점에서 측정한 건설공사 소음레벨을 국내 건설소음 규제기준중 가장 규제기준이 완화되어 있으며 대부분의 공사가 진행되고 있는 주간(8:00~18:00)을 기준으로 비교해 보면 7m 떨어진 위치에서는 햄머드릴, 진동기, 펌프카, 그라인더, 등근톱등이 대상지역 I, 대상지역 II의 기준을 상회하고 있으며, 15m 떨어진 위치에서는 진동기, 펌프카, 등근톱등이 이 기준을 상회하는 높은 음압레벨을 보여주고 있다. 따라서 주변 건물과 인접한 지역에서 작업할 경우에는 건설공사 소음으로 인해 인근 주민들에게 피해를 줄 수 있으므로 보다 세밀한 반응 및 차음대책이 요구된다고 하겠다.
2. 건설공사소음을 NR로 평가해보면 차음등급을 결정하는 주파수는 햄머드릴 8000Hz, 진동기 2000~8000Hz, 펌프카 1000~2000Hz, 그라인더 4000~8000Hz, 등근톱 4000Hz로 나타나 펌프카를 제외하고는 대부분 고음역에서 차음성능이 결정됨을 알 수 있다. 따라서 건설공사소음은 고음역에 에너지가 집중되어 있으므로 이 주파수 대역이 근로자나 인근주민들에게 가장 큰 불편감을 유발할 것으로 생각된다.
3. 건설공사소음을 PSIL로 평가해보면 대부분의 에너지가 중고음역에 집중되어 있어 그라인더 소음을 제외하고는 7m지점에서 모두 회화방해레벨 최대치인 70dB을 상회하고 있음을 알 수 있다. 따라서 작업시 열사람과 반죽할 만한 대화가 불가능하며, 이러한 회화방해 수준은 서로의 의사전달이 불분명하게 전달되어 산업 안전재해로 이어질 가능성이 있기 크기 때문에 이에 대한 고려가 있어야 할 것으로 생각된다.
4. 건설공사소음의 거리별 감쇠량을 살펴보면 저주파수의 경우에는 고주파수에 비해 파장과 에너지가 크기 때문에 비교적 먼 거리까지 별다른 감쇠없이 전달되므로 대부분 저음역 보다는 고음역에서 거리에 따른 감쇠량이 커짐을 알 수 있다.
5. 건설공사 소음의 시간에 따른 레벨변동 특성을 파악해 보면 햄머드릴 소음, 펌프카 타설소음, 등근톱 사용 소음등은 음압레벨이 불규칙하고 연속적으로 일정한 범위로 변화하며 발생하는 변동소음의 특성을 보이고 있으며, 진동기 소음, 그라인더 소음등은 레벨변동이 적고 대부분 일정한 정상소음의 특성을 보이고 있다.

본 연구에서는 5가지 건설공사소음에 대한 주파수별 특성과 시간에 따른 음압레벨 변동특성을 파악하였는데 차후 보다 많은 연구를 통해 건설공사소음에 대한 구체적인 자료의 축적이 필요하다고 생각되며 이를 토대로 보다 실효성 있는 차음대책 수립이 요구된다고 하겠다.

참 고 문 헌

1. 김재수; "건설소음의 규제기준과 소음표시제도", 대한건축학회지(건축) 41권 9호, 1997. 9., pp. 76~80.

2. 김재수, 양극영; "건설공사소음에 대한 현장직원의 주관적 반응 평가에 관한 연구", 대한건축학회 논문집 13권 5호, 1997. 5., pp. 209~217.
3. 太田 去, 境 友昭; 建設騒音の測定と豫測, 森北出版株式会社, 1983.
4. 한국소음진동공학회; 소음진동변량, 1995. 12.
5. 김재수; "건설소음의 영향 및 규제기준", 원광대학교 건축음향연구소 제 1회 건축음향 Workshop, 1997. 5. 16., pp. 1~19.
6. 이병윤, 김병주, 박재영, 김재수; "SIP공법에 의한 향타소음의 전달 및 감쇠특성에 관한 실험적 연구", 한국소음진동공학회 추계기술발표대회 논문집, 1997. 11. 6., pp. 227~236.
7. 이병윤, 김병주, 김재수; "건설현장에서 발생하는 브레이커 소음의 전달 및 감쇠특성에 관한 실험적 연구", 한국음향학회 하계기술발표대회 논문집 16권 1(s)호, 1997. 7. 4., pp. 439~445.
8. 김재수; "건설소음, 진동의 기초이론과 영향", 한국소음진동공학회-건설공사장 소음·진동 저감방안 세미나., 1997. 6. 20., pp. 3~31.
9. 김재수; "건설현장에서 발생하는 건설기계소음의 전달 및 감쇠특성에 관한 실험적 연구", 대한건축학회 논문집 13권 6호, 1997. 6., pp. 405~417.
10. 이병윤, 윤여환, 김재수, 양극영; "건설현장에서 발생하는 향타소음의 전달 및 감쇠특성에 관한 실험적 연구", 대한건축학회 추계기술발표대회논문집 제 17권 1호, 1997. 4. 26., pp. 303~310.
11. 김재수, 양극영; "건설현장에서 발생하는 건설기계소음에 대한 현장직원의 주관적 반응에 관한 연구", 한국주거학회지 7권 2호, 1996. 10., pp. 99~107.
12. 최동약, 윤여환, 김재수, 양극영; "건설현장에서 발생하는 건설기계소음의 영향에 관한 연구", 대한건축학회 추계기술발표대회 논문집 제 16권 2호, 1996. 10. 26., pp. 331~334.
13. 김재수; "건설소음 실태와 대책", 대한건축학회 & 한국음향학회 제 3회 건축음향 Workshop, 1995. 2., pp. 133~164.
14. 한국소음진동공학회; 건설공사장 환경관리 강습회, 1994. 6.
15. 동아건설산업주식회사; 현장기술지도서(건설환경관리-소음·진동), 동아건설산업주식회사 기술연구소, 1993. 7.
16. 日本建築學會編; 建築物の適音性能基準と設計指針, 技報堂, 1979.
17. S.A. Petruszewicz & D.K. Longmore; Noise and Vibration Control for Industrialists, Elek Science, 1974.
18. Michael Rettinger; Handbook of Architectural Acoustics and Noise Control, TAB, 1988.

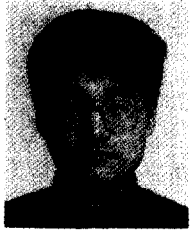
▲김 재 수(Jae Soo Kim)



- 1988년 2월: 전남대학교 건축공학과 졸업(공학사)
 1990년 2월: 전남대학교 대학원 건축공학과(공학석사)
 1993년 8월: 전남대학교 대학원 건축공학과(공학박사)
 1994년 3월~현재: 원광대학교 건축공학과 조교수

※주관심분야: 건설소음·진동, 바닥충격음, 음향심리

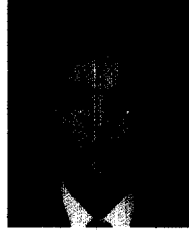
▲한 명 호(Myung Ho Han)



1989년 2월: 전남대학교 건축공학과 졸업(공학사)
1991년 2월: 전남대학교 대학원 건축공학과(공학석사)
1994년 2월: 전남대학교 대학원 건축공학과(공학박사)
1994년 3월~현재: 서남대학교 건축공학과 조교수

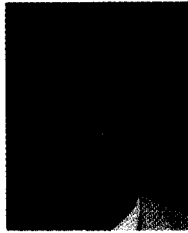
※주관심분야: 음향심리, 실내음향

▲윤 해 동(Hae Dong Yun)



1998년 2월: 원광대학교 건축공학과 졸업(공학사)
1998년 3월~현재: 원광대학교 대학원 건축공학과 석사과정
※주관심분야: 건설소음·진동, 철도소음·진동

▲이 병 윤(Byeong Yun Lee)



1994년 2월: 전북산업대학교 건축공학과 졸업(공학사)
1998년 2월: 원광대학교 대학원 건축공학과(공학석사)
1998년 3월~현재: 순천청암대 건축디자인과 전임강사, 원광대학교 박사과정
※주관심분야: 건설소음·진동

▲곽 광 수(Kwang Soo Kwak)



1998년 2월: 원광대학교 건축공학과 졸업(공학사)
1998년 3월~현재: 원광대학교 대학원 건축공학과 석사과정
※주관심분야: 건설소음·진동, 철도소음·진동

▲박 제 영(Jae Young Park)



1989년 2월: 원광대학교 건축공학과 졸업(공학사)
1997년 2월: 군산대학교 대학원 토목환경건축공학과(공학석사)
1998년 3월~현재: 원광대학교 대학원 건축공학과 박사과정
※주관심분야: 건설소음·진동, 음향심리