

# 유압식 항타소음의 특성과 예측에 관한 연구

○ 이 병 윤\* 윤 해 동\*\* 김 재 수\*\*\*

## A Study on the Characteristics and Prediction of Piling Noise by Oil Pressure Method

Byeong-Yun Lee\* Hae-Dong Yun\*\* Jae-Soo Kim\*\*\*

### ABSTRACT

Recently, with the increasing of construction works, large construction equipment are used to reduce the term of work and labor cost in construction field. Therefore, construction equipment noise has caused much annoyance for a number of dweller in nearby construction field and it has become a very serious problem in our living environment. Nevertheless, in our country, adequate guidelines for the construction equipment noise are very deficiency because of the lack of basic data and insufficient research works. From this point of view, this study attempts to survey the characteristics and prediction of piling noise in oil pressure method. On the basis of measurement value, we analysed about prediction possibility of piling noise in oil pressure method.

## I. 서 론

기초 지정공사중 유압식 항타공법은 유압해머로 말뚝을 타격하므로 시공시 소음은 디젤해머보다 대폭저감됨과 동시에 기름의 비산이나 배연를 발생시키지 않는 공법이다. 또한, 유압해머는 유압장치에서 보내진 압력에 의해 램이 일정한 높이에 이르렀을 때 급속하게 유압을 개방하여 램을 자유낙하시키는 과정을 반복하여 연속적으로 타격하는 공법으로 저소음·저진동을 목적으로 하고 있으나 작업시 높은 소음레벨로 인하여 심각한 민원의 대상이 되고 있다.

따라서 본 연구에서는 항타기중 공기단축 및 공사비 절감에 가장 효과적이고 가장 많이 쓰이는 유압식 항타소음에 대한 주파수별 전달 특성을 파악해보고 이를 토대로 음향파워레벨(PWL)을 구한 뒤 유압식 항타소음의 거리별 음압레벨을 예측해보고자 한다.

## II. 측정방법 및 현황

### 2.1 측정내용 및 방법

국내 소음진동 규제법에 의한 건설소음 규제기준의 측정방법을 가지고는 건설기계소음에 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 Fig 1과 같이 7m, 15m, 30m의 각각 4개 지점에서 건설기계소음을 측정하였으며 그 값을 평균하였다.

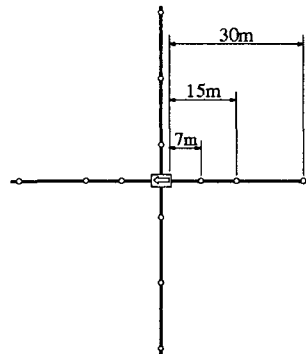


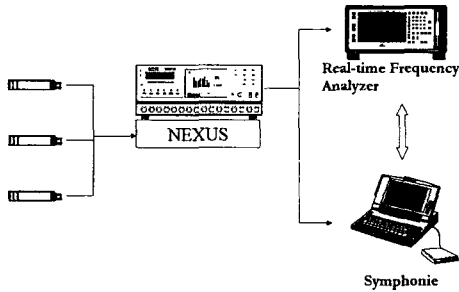
Fig 1. Measure point of construction equipment noise

\* 정희원, 순천청암대 건축디자인과 조교수

\*\* 정희원, 원광대 대학원 건축공학과 박사과정

\*\*\* 정희원, 원광대 건축공학과 부교수, 공학박사

또한 건설기계소음의 주파수 특성을 파악하기 위해서 Fig 2와 같은 방법을 이용하여 현장에서 동시에 측정하였다. 또한 본 연구는 소음진동공정시험법(환경부고시 제 1995-10호)에 준하여 측정하였다. 측정은 NEXUS를 통해 DAT(Digital Audio Tape Recorder)로 녹음하여 실험실에서 분석하였으며, 측정 및 분석주파수 범위는 25Hz~8kHz까지 1/3 Octave Band 중심주파수별로 측정하였으며, 전 대역 음압레벨도 dB(A)값으로 측정 및 분석하였다.

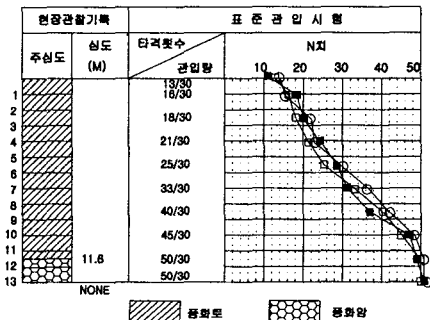


- Calibrator (B&K Type 4231)
- Microphone (B&K Type 4165)
- Microphone Preamplifier (B&K Type 2669)
- Nexus (B&K Type 2690)
- DAT (Sony Pc216Ax)
- Real-time Frequency Analyzer (B&K Type 2144)
- Sound Analysis System (Symphonie)
- Notebook Computer

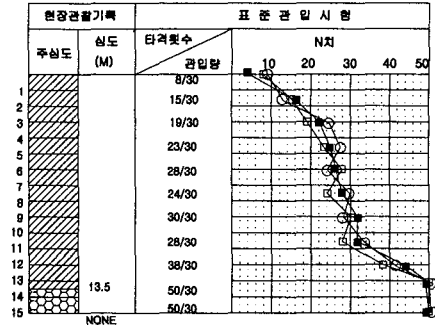
Fig 2. Diagram of measuring system

## 2.2 조사지역의 지질현황

유압식 항타소음의 조사지역으로는 배경소음(background noise)이 낮은 아파트 신축현장 2곳을 대상으로 각각 3회에 걸쳐 유압식 항타소음의 주파수별 소음레벨을 측정하였으며 토질주상도는 Fig 3과 같다.



(a) CASE I



(b) CASE II

Fig 3. Log Drill in Measurement Site

Fig 3에서 보면 본 연구에서 측정한 3군데의 토질주상도가 모두 유사한 패턴을 보이고 있으며, 풍화토층은 실트 및 모래층으로서 보통의 지질상태를 보이고 있으며, 풍화암층에서는 타격횟수 N-50으로서 매우 견고하고 조밀한 상태를 보이는 지층으로 구성되어 있음을 알 수 있다.

## III. 유압식 항타소음의 전달특성

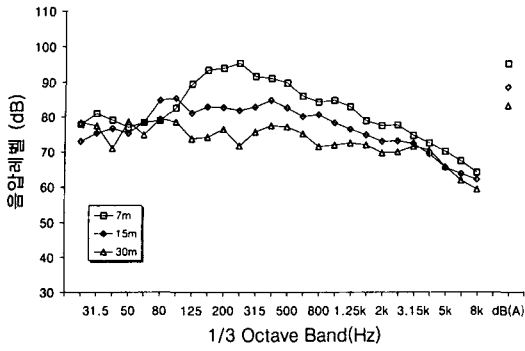
유압식 항타소음의 주파수별 음압레벨 및 전달특성과 음압레벨의 변동특성을 파악하기 위하여 일반적으로 가장 많이 사용되는 Table 1과 같은 유압식 항타기를 대상으로 Fig 1, Fig 2와 같은 방법으로 항타시 소음을 측정하여 파악해 보았다.

Table 1. composition of piling equipment and pile standard

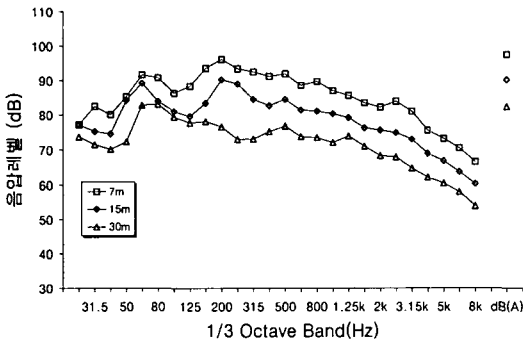
측정지역	장비제원				Pile(PHC)	
	본체		램		직경	길이
	중량	정격출력	중량	타격높이		
CASE I	50ton	190HP/2100rpm	7ton	1m	400Φ	12m
CASE II	46.9ton	190HP/2000rpm	7ton	1m	400Φ	15m

### 3.1 주파수별 음압레벨의 변화 및 감쇠특성

유압식항타 소음을 측정된 결과 측정거리에 따른 주파수별 음압레벨의 특성은 Fig 4와 같고, 이를 단일 평가지수인 dB(A)와 NR곡선으로 비교해 보면 Fig 5, Table 2와 같다.

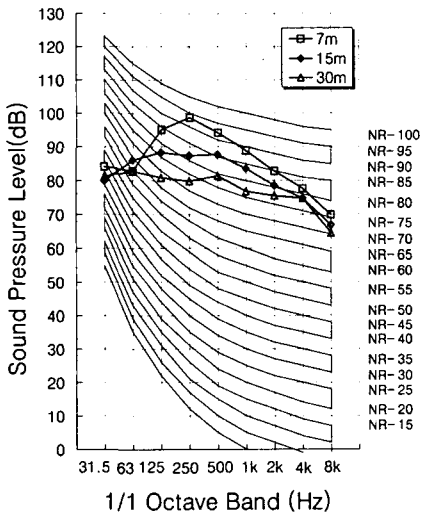


(a) CASE I

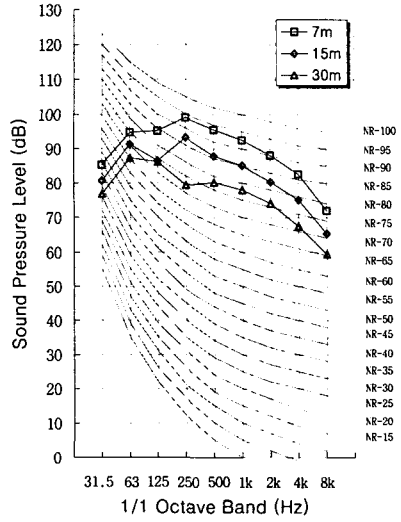


(b) CASE II

Fig 4. Measured values of sound pressure level by pilings noise



(a) CASE I



(b) CASE II

Fig 5. Evaluation by Noise Rating curve

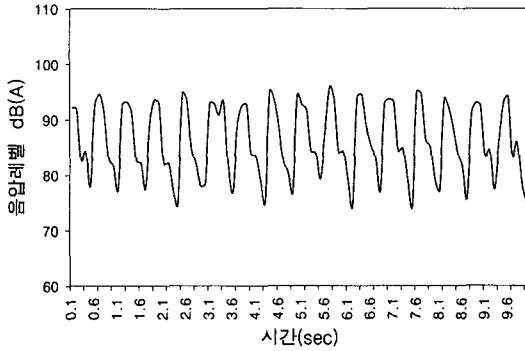
Table 2. Variation of evaluation indexes

측정지역	평가지수	측정거리		
		7m	15m	30m
CASE I	Leq dB(A)	95.3	88.7	83.4
	NR	NR-93	NR-86	NR-79
CASE II	Leq dB(A)	97.5	90.2	82.4
	NR	NR-94	NR-87	NR-77

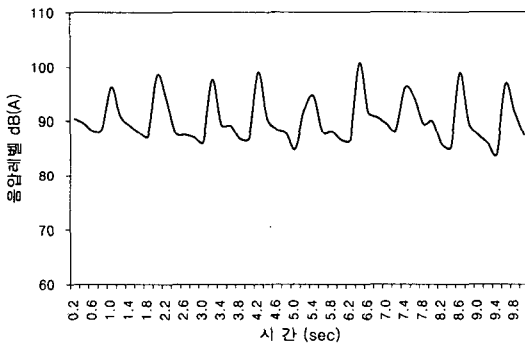
Fig 4에서 주파수별 특성을 살펴보면 전주파수 대역에 걸쳐 아주 높은 음압레벨을 보이고 있으며, 고음역으로 이동할수록 서서히 감쇠하는 특성이 있다. 또한 엔진음의 영향으로 비교적 에너지가 큰 100Hz이하의 저주파수에서는 거리의 증가에 따른 감쇠효과가 크게 나타나지 않고 있으며, 그 이상의 주파수에서는 CASE I은 고음역으로 이동할수록 감쇠가 적은 반면 CASE II는 일정한 감쇠를 보이고 있다. 이를 Fig 5와 같이 NR곡선으로 평가해보면 차음등급을 결정하는 주파수 대역은 CASE I은 비교적 가까운 거리인 7m에서는 250Hz에서 결정되고 있고 15m, 30m에서는 500Hz에서 결정되고 있으며, CASE II에서는 7m, 15m에서는 250Hz에서 결정되고 있고 30m에서는 500Hz에서 결정되고 있다. 따라서 250Hz~500Hz대역의 주파수가 사람에게 가장 민감한 반응을 일으키는 주파수로 사료된다.

### 3.2 시간에 따른 음압레벨의 변동특성 및 시간응답 (Time Response)

15m지점에서 측정한 음압레벨 변동특성을 파악해보면 Fig 6과 같고, 시간응답(Time Response)의 변화곡선은 Fig 7과 같다.

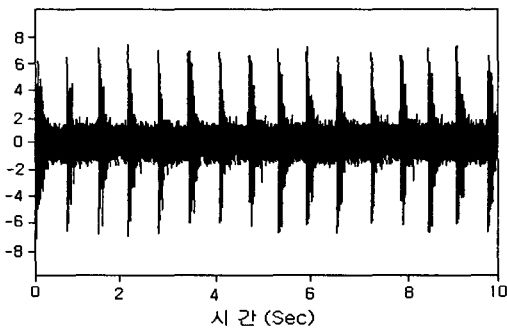


(a) CASE I

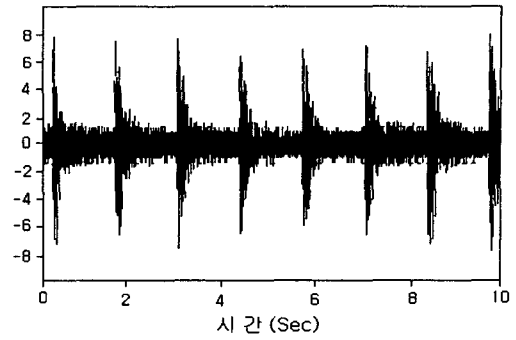


(b) CASE II

Fig 6. The time recordings of sound pressure level



(a) CASE I



(b) CASE II

Fig 7. The time response

CASE I의 항타소음은 74~96dB(A) 사이를 0.5초 단위로 왕복하고, CASE II는 84~100dB(A) 사이를 1초 단위로 왕복하는 극히 짧고 연속적이며 진폭의 변화가 아주 급격히 일어났다가 없어지는 충격소음의 특성을 나타내고 있다.

## IV. 유압식 항타소음의 예측

### 4.1 음향파워레벨을 이용한 음압레벨 산정

유압식항타 소음에 대한 음압레벨(SPL)과 음향파워레벨(PWL)을 산정하기 위해서 본 연구에서는 15m지점에서 SPL을 20회 측정하였으며, 이렇게 측정된 SPL값을 산술평균하여 PWL을 산정하였고 그 결과는 Table 3과 같다.

Table 3. PWL of Piling Noise by Oil Pressure Method

단위 : dB(A)		
측정지역	CASE I	CASE II
PWL	123.7	123.3

Table 3에서 산출된 PWL과 항타소음을 점음원으로 간주하여 각 거리에 따른 음압레벨을 예측하여 보면 Fig 8과 같다.

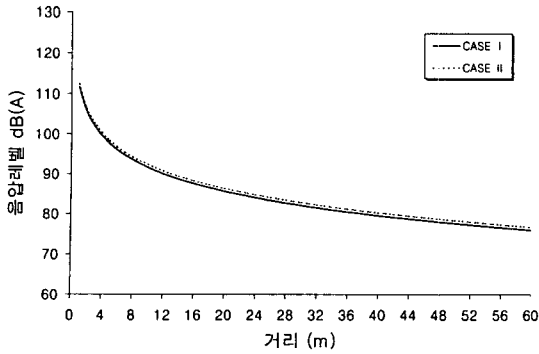
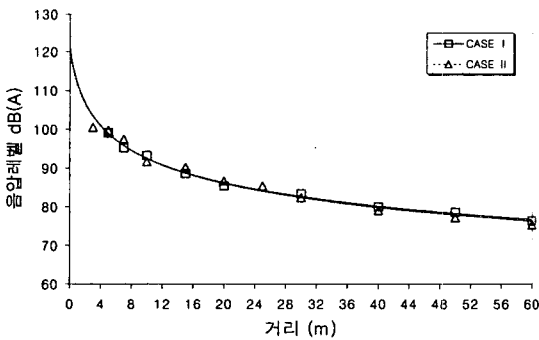


Fig 8. Prediction of Sound Pressure Level by distance.

Fig 8에서 보면 CASE I · II의 예측치가 일치하고 있으며, 가까운 거리에서는 음압레벨이 아주 높으나 거리가 멀어지면 지수함수적으로 감소하는 특성을 보이고 있다.

#### 4.2 회귀분석을 이용한 예측상관식

거리의 변화에 따른 음압레벨의 감소특성을 예측하기 위해 3m, 5m, 7m, 10m, 15m, 20m, 25m, 30m, 40m, 50m, 60m에서 측정한 자료를 토대로 회귀분석을 해보면 Fig 9와 같다.



측정지역	예측 상관식	R <sup>2</sup>
CASE 1	$120.22x^{-0.1091}$	99.52
CASE 2	$120.88x^{-0.1118}$	97.81

Fig 9. An estimate correlation equation of sound pressure level by distance

거리별로 측정한 dB(A)값을 가지고 음원으로 부터 60m 까지의 거리에 따른 음압레벨의 상관식을 나타내 보면 CASE I · II 모두 설명력이 97.8% 이상으로 나타나고 상관곡선도 일치하여 거리에

따른 음압레벨의 변동특성을 쉽게 예측할 수 있다.

#### 4.3 실측치와 예측치의 비교

실측에 의한 음압레벨과 예측이론을 통해 구한 예측치 및 예측상관식을 비교해보면 Fig 10과 같다.

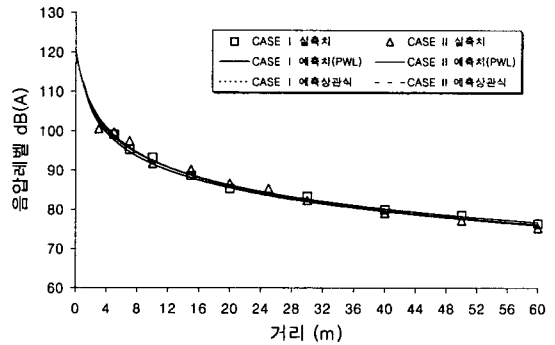


Fig 10. Comparison of survey & estimated value

그림에서 보면 CASE I · II 모두 예측식에 의한 예측치와 예측상관식에 의한 예측치가 거의 일치하는 것을 알 수 있으며, 각 지점에서 측정한 실측치와 예측치는 모두 0.2~1.8dB(A)미만의 차이를 보이고 있어 아주 신뢰성 있는 예측치를 제안하고 있음을 알 수 있다.

따라서 작업시 발생하는 PWL과 예측상관식을 이용하여 거리에 따른 음압레벨을 쉽게 예측할 수 있으며, 이러한 예측식을 이용하면 향후 유압식항타 소음에 대한 실효성 있는 차음대책 수립이 가능하리라 사료된다.

#### V. 결론

본 연구를 통해 분석된 결과를 종합하여 정리하면 다음과 같다.

1. 주파수별 음압레벨의 특성을 파악해 보면 전주 파수대역에 걸쳐 아주 높은 음압레벨을 보이고 있으며, 고음역으로 이동할수록 서서히 감소하는 특성이 있다.
2. NR곡선으로 평가해 보면 항타시에 차음등급을 결정하는 주파수 대역은 250~500Hz에서 결정되

고 있어 주로 저중음역에서 사람에게 가장 큰 불편감을 일으키고 있다.

3. 시간에 따른 음압레벨의 변동특성을 살펴보면 향타소음은 0.5초~1초 단위 사이를 왕복하는 극히 짧고 연속적이며 진폭의 변화가 아주 급격히 일어났다가 없어지는 충격소음의 특성을 나타내고 있다.
4. 측정된 유압식 향타소음의 SPL값을 토대로 산출된 PWL은 123.3~123.7dB(A)이며, 예측상관식에 의한 설명력도 모두 97.8%이상으로 나타나고 있다. 또한, CASE I·II 모두 예측식에 의한 예측치와 예측상관식에 의한 예측치가 거의 일치하는 것을 알 수 있으며, 각 지점에서 측정된 실측치와 예측치는 모두 0.2~1.8dB(A)미만의 차이를 보이고 있어 아주 신뢰성 있는 예측치를 제안하고 있음을 알 수 있다.

이상은 유압식 향타소음에 대한 주파수별 전달 특성을 파악해보고 PWL를 구하여 거리별 음압레벨을 예측해 보았으며, 향후 방음벽 및 지형조건의 변화에 대한 예측을 병행하면 보다 신뢰성 있는 예측이 가능하리라 사료된다.

### 참고문헌

1. 김재수의 5인; 건설소음·진동, 도서출판 서우, 2001.9
2. 이병윤의 5인; “건설현장에서 발생하는 유압식 향타소음의 전달 및 감쇠특성에 관한 연구”, 대한건축학회논문집 15권 2호, 1999.12, pp 249~256
3. 이병윤의 3인; “Casing부착 SIP공법에 의해 발생하는 향타소음의 전달 및 감쇠특성에 관한 연구”, 한국소음진동공학회지 9권 5호, 1999.10, pp 899~905
4. 김재수의 1인; “건설현장에서 발생하는 건설기계소음에 대한 현장직원의 주관적 반응에 관한 연구”, 한국주거학회지 7권 2호, 1996.10, pp 9~107
5. 김재수의 5인; “SIP공법에 의한 향타작업시 발생하는 건설기계소음의 전달 및 감쇠 특성에 관한 실험적 연구”, 한국주거학회지 9권 2호, 1998.6, pp 67~78
6. 김재수의 5인; “건설현장에서 발생하는 건설공사소음의 전달 및 감쇠 특성에 관한 실험적 연구”, 한국음향학회지 17권 3호, 1998.3, pp 78~89
7. 김재수; “건설소음·진동의 기초이론과 영향”, 한국소음진동공학회 건설공사장 소음·진동 저감 방안 세미나, 1997.7.4, pp 3~31
8. 김재수; “건설현장에서 발생하는 건설기계소음의 전달 및 감쇠특성에 관한 실험적 연구”, 대한건축학회논문집 13권 6호, 1997.6, pp 405~417
9. 이병윤의 2인; “건설현장에서 발생하는 브레이크소음의 전달 및 감쇠특성에 관한 실험적 연구”, 한국음향학회 하계학술발표대회 논문집 16권 1(s)호, 1997.7.4, pp 439~445
10. 김재수; “건설소음 실태와 대책”, 대한건축학회 & 한국음향학회 제3회건축음향 Work shop, 1995.2, pp 131~164
11. 동아건설산업주식회사; 현장기술지도서(건설환경관리-소음·진동), 동아건설산업주식회사 기술연구소, 1993.7
12. 두성건설; SIP 기초공법, 두성건설주식회사, 1987.12
13. 太田 한국음향학회 제3회건축음향 Work shop, 1995.2, pp 宏, 境 友昭; 建設騒音の測定と豫測, 森北出版株式會社, 1983
14. 建設機械研究會; 建設機械ハンドブック, 鹿島出版社, 1992
15. Theodore J. Schultz; Community Noise Rating, 2nd Edition, 1982
16. S.A. Petruszewicz & D.K. Longmore; Noise and Vibration Control for Industrialists, Elek Science, 1974
17. Michael Rettinger; Handbook of Architectural Acoustics and Noise Control, TAB, 1988
18. Z.Maekawa; Environmental and Architectural Acoustics, E&FN Spon, 1994