

주요 기계류에서 발생하는 환경진동에 관한 연구

박준철[†] · 유승도 · 김정대* · 황경철** · 최준규***

국립환경연구원

*한림정보산업대학 환경시스템관리과

**동남보건대학 환경관리과

***한국환경정책·평가연구원

A Study on Environmental Vibration generated from Machines

Joon-Cheol Park[†], Seung-Do Yu, Joung-Dae Kim* and Kyung-Chul Hwang**
and Joon-Gyu Choi***

National Institute of Environmental Research

[†]Department of Environmental System Management, Hallym College of Information & Industry

**Department of Environmental Science, DongNam Health College

***Korea Environment Institute

ABSTRACT

This study was performed to investigate vibration generated from machines that were used at factories and construction works. Vibrations were measured at three points in a straight line based on distance from the vibration sources, and analyzed to assess the vibration levels. The average vibration level of factory machines was 65.4dBV at 2m, and that of construction machines was 74.0dBV at 5m. Vibration attenuations was 4.0~8.2dBV by double distance. All such data were applied to gain coefficients of attenuation equations for predicting vibration level by distance from the vibration sources. Data recorded on tapes were analyzed to understand the characteristics of frequency because these characteristics are important factors to design a plan for installing the vibration-proof devices.

Finally, considering results from these analysis, assessment, and prediction, the methods for reducing vibration generated from machines were discussed.

Keywords : Factory vibration, Construction vibration, Vibration attenuation, Frequency characteristics

I. 서 론

진동(vibration)은 물체가 동적인 외력의 영향을 받아 운동적 평형위치로부터 시간의 경과와 함께 위치가 반복적으로 변화되는 운동현상을 말한다¹⁾. 지표면은 아주 미소하지만 끊임없이 진동을 하고 있으며, 통상 진폭이 수 μ 이하로 인체에는 전혀 느낌이 없지만²⁾, 진폭이 일정수준 이

상으로 되면, 인체에 감각적 및 생리적 피해를 줄 뿐 아니라, 주변 구조물에도 물적 피해를 주게 된다.

공장 및 건축현장에서 발생하는 공장·공사장진동은 일상생활에서 폭로되기 쉬운 진동원이며, 각종 공작기, 발동기, 향타기 등의 기계를 사용함으로써 진동이 발생된다. 이런 진동은 타격, 폭발 등에 의한 충격진동, 기계가동에 의한 정상진동, 충격 및 정상진동이 중첩되는 진동으로 구분되며, 각기 진동은 주파수 특성을 달리한다^{3~5)}. 공장·공사장진동은 높은 진동레벨에도 불구하고 부지경

[†] Corresponding author : Korea Environment Institute
Tel : 02-380-7761 Fax : 02-380-7744
E-mail : niersound@hanmail.net

계선까지는 전달되지 않을 수 있지만, 주거지역 내 또는 인근에 산재되어 있는 경우 주민에게 불안감 및 피해를 주며, 인접구조물 및 건설중인 현장구조물에도 손상을 줄 수 있다. 특히 건설기계들은 주로 중장비이며 작업시 뿐만 아니라 이동시에도 진동이 발생하는 경우가 많으며, 요즘과 같이 각종 개발과 재개발 사업들이 계속 진행되는 상황에서 진동에 대한 특별한 대책이 마련되지 않는 한, 민원과 그 피해도 더욱 증가될 것으로 우려된다. 이러한 대책수립을 위한 전체가 진동실태의 파악에 있으며, 지금까지의 자료로는 전반적인 환경진동에 대한 실태를 파악하기에 부족하였다.

따라서, 본 연구는 공장 및 공사장 진동의 실태를 파악하기 위해 진동레벨이 크다고 판단되는 6종의 주요기계류에서 발생하는 진동레벨의 전파 특성을 조사하였다. 또한, 주변 생활환경의 진동 영향에 대한 평가 및 예측자료의 확보를 위해 측정자료를 진동 거리감쇠식에 적용하여 감쇠정수들을 파악하였고, 이를 이용하여 영향범위를 산출하였으며, 그 관리방안을 기술하였다.

II. 연구방법

1. 측정현황

공장(수원시 S전기, 대전시 D산업 등 13개 업체), 및 공사장(광주시 S 아파트 건설현장 등 5 곳)에서 사용되는 기계 중 진동 발생이 큰 기계류를 선별하여 진동레벨을 측정하였다. 공장기계는 프레스(16대), 송풍기(7대), 공기압축기(4대), 성형기(5대)로서 4종 32대였고, 건설기계는 항타기(5대), 브레이커(5대)로서 2종 10대 였다. 공장기계는 건물내부의 콘크리트 바닥 위에서, 공사장기계는 옥외현장에서 정상적으로 작업하는 동안 진동측정이 이루어졌다. 측정지점의 선정은 평탄하고, 외관상 매질의 변화가 심하지 않으며, 건물·시설·식생 등 진동전파에 영향을 미치는 장애물이 없는 곳을 측정지점으로 선정하였다.

2. 측정방법

진동레벨계(vibration level meter ; RION, VM-52) 및 기록기(sound & vibration level processor ; RION, SV-73)를 이용하여 지표면 수직 진동가속도레벨(vibration acceleration level ; VAL)과 주파수별로 감각보정된 진동레벨(vibration level ; VL)을 측정기계로부터 배거리로 3개 지점(1d, 2d, 4d)에서 동시에 최대진동레벨(L_{max})로 측정하였다. 디지털 녹음기(digital recorder ; SONY, 4ch PC-204)를 이용하여 진동신호를 녹취하였고, 주파수분석기(digital frequency analyzer ; B&K, 2131, RION, SA-27) 및 레벨프린터(level printer ; B&K, 2312, RION, LR-04)를 이용하여 주파수 특성을 분석하였다.

측정지점은 진동원으로부터 가장 가까운 측정점 기준 배거리별로 3개 지점을 선정하여 동시 측정함을 원칙으로 하였으며, 측정 여건상 공장기계는 2, 4, 8m, 공사장기계는 5, 10, 20m로 하였다.

측정 및 분석 시스템의 개략도를 Fig. 1에 나타내었으며, 측정조건과 측정기기의 사용·조작 등은 "소음·진동공정시험방법"⁶⁾을 준용하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 최대진동레벨

Table 1에는 배거리(1d, 2d, 4d)에 따른 공사장 및 공장기계로부터 발생하는 최대진동레벨(VL_{max})의 범위와 평균값을 나타내었다. 공사장기계는 5, 10, 20m 떨어진 곳에서 평균 74.0, 69.0, 60.6dBV, 공장기계는 2, 4, 8m 떨어진 곳에서 평균 65.4, 61.0, 55.2dBV로 측정되어 거리를 고려하면 공사장기계는 훨씬 높은 진동이 발생하는 것으로 나타났다. 기계별로 살펴보면 항타기가 배거리별로 각각 78.3(63.5~90.2), 74.4(58.0~84.0), 67.2(54.0~74.0)dBV로 가장 높은 진동레벨을 발생시켰으며, 그 다음이 브레이커

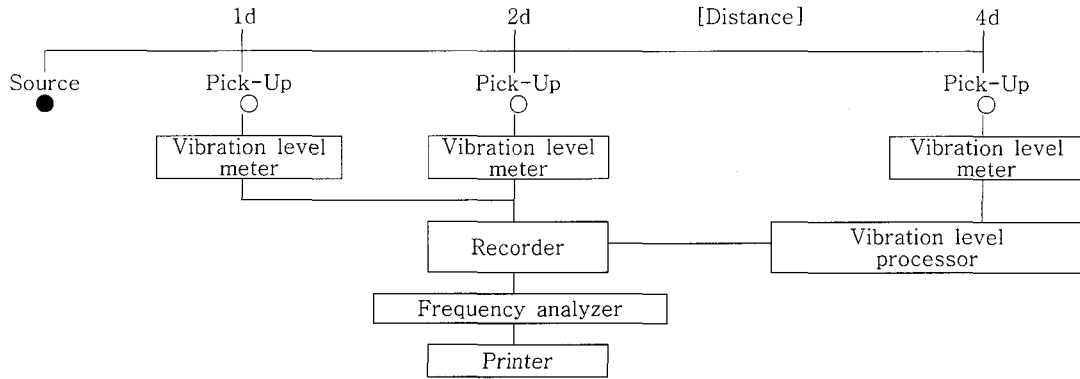


Fig. 1. Schematic diagram of the measurement and analysis system.

로 66.4, 60.3, 50.0dBV의 수준을 보인 반면, 성형기는 배거리별로 57.6, 55.1, 49.5dBV로 가장 낮은 진동레벨을 보였다. 특히, 항타기는 5 m에서 VL_{max}이 90.2dBV까지 측정되었는데, 일반적으로 건설공사시 항타기는 진동의 영향이 심한 것으로, 브레이커는 보통에서부터 심한 것으로, 굴착기나 천공기, 그리고 발전기는 보통으로 평가되는 공사장기계이다⁷⁾. 이는 항타기나 브레이커 작업시 충격파 성분이 함유된 진동이 발생되기 때문으로 추론된다. 따라서 건설작업시 발파진동을 제외하면 항타기에 의한 진동이 가장 문제가 심각하기 때문에 최근 도심지역 등에서 진동저감을 위하여 저진동 항타기 및 공법을 사용하고 있는 추세이다. 인체가 느끼기 시작하는

진동레벨이 56dBV인 것으로 간주하면⁴⁾, 대략 브레이커의 20m, 공장기계의 8m 떨어진 곳을 제외하고는 모두 인체가 감각할 수 있는 진동레벨을 보였다. VL_{max}의 범위는 비교적 넓게 분포되었는데, 이는 측정된 기계의 모델과 지표면 특성이 다소 다양했기 때문이다.

한편, VL은 단순한 물리량인 VAL을 인체 감각량으로 보정한 것으로, 그 관계는 $VL = VAL + Cn$ (dB)와 같다. 여기서, Cn은 Fig. 2에서의 주파수 nHz에 있어서의 상대 응답(Response)인데, 수직진동의 경우4~8Hz에서의 평탄기준을 중심으로 4Hz 이하는 3dB/oct, 8Hz 이상에서는 6dB/oct를 가중한다^{1,5)}.

Table 1. Vibration level(VL) generated from construction and factory machines by distance

Classification	Vibration Level (dBV)			Distance	
	1d	2d	4d		
Construction machines	Pile Driver	78.3 (63.5~90.2)	74.4 (58.0~84.0)	67.2 (54.0~74.0)	1d = 5 m 2d = 10 m 4d = 20 m
	Breaker	66.4 (60.0~73.0)	60.3 (59.0~63.4)	50.0 (42.0~57.4)	
	Average	74.0	69.0	60.6	
	Press	67.9 (58.2~88.4)	63.1 (54.0~84.6)	57.9 (52.0~71.7)	
Factory machines	Blower	66.0 (53.7~80.0)	59.8 (52.2~74.2)	53.8 (50.0~57.0)	1d = 2 m 2d = 4 m 4d = 8 m
	Compressor	66.0 (54.9~74.0)	61.5 (47.2~73.0)	53.6 (44.0~62.0)	
	Former	57.6 (49.6~67.3)	55.1 (48.4~67.1)	49.5 (41.0~61.1)	
	Average	65.4	61.0	55.2	

이런 관계에 있는 VL_{max}와 최대진동가속도레벨 (VAL_{max})을 동시에 측정하여 배 거리에 따라 기계 별로 나타내면 Fig. 3과 같으며, Table 2는 측정된 VAL_{max}의 평균값을 나타내었다.

5m(1d) 떨어진 곳에서 항타기, 브레이커의 평균 진동가속도레벨은 각각 91.1, 90.3dB로 측정되었으며, Table 1의 같은 거리에서 진동레벨과의 차는 각각 12.8, 23.9dB이었다. 2m(1d)에서의 프레스, 송풍기, 공기 압축기, 성형기의 평균 진동가속도레벨은 각각 82.5, 78.9, 76.0, 73.5dB로 측정되었고, VAL과 VL의 차는 각각 14.6, 12.9, 9.9, 16.0dB이었다. 이 차가 클수록 고주파 성분 많이 포함되어 있음을 알 수 있는데 (Fig. 2 참조), 브레이커의 경우가 그 예이다.

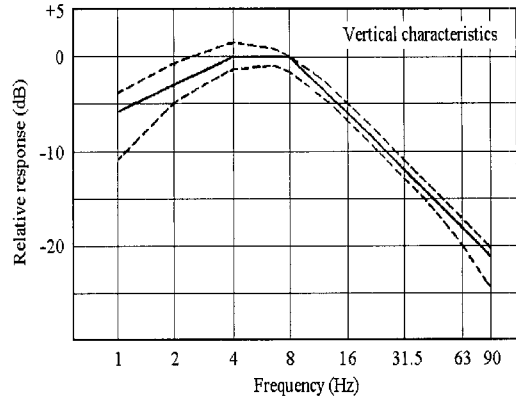


Fig. 2. Weighting characteristics of vertical vibration.

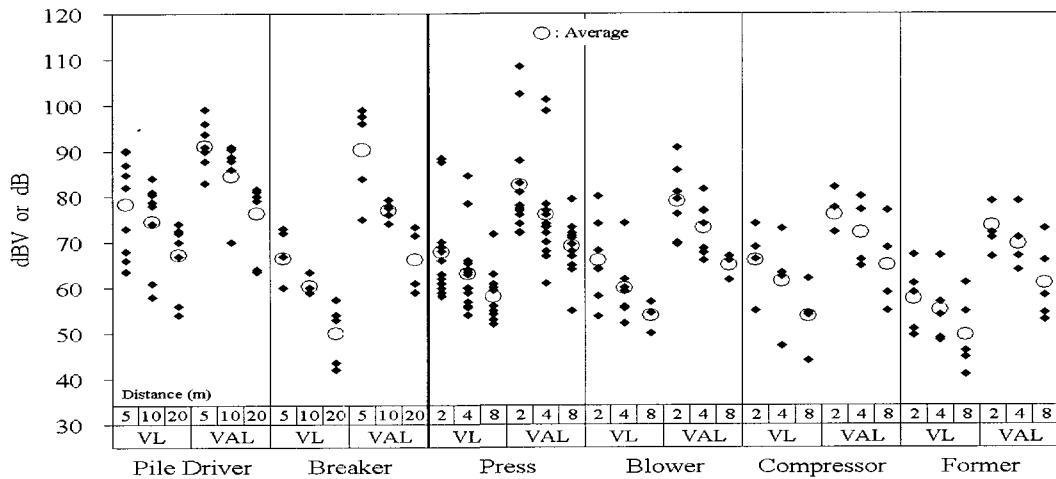


Fig. 3. VL and VAL generated from machines.

Table 2. Vibration acceleration level(VAL) generated from construction and factory machines

Classification		Vibration Acceleration Level (dB)			Distance
		1d	2d	4d	
Construction machines	Pile Driver	91.1	84.4	76.3	1d = 5 m
	Breaker	90.3	77.0	66.2	2d = 10 m
	Average	90.8	81.5	72.9	4d = 20 m
Factory machines	Press	82.5	76.0	69.0	
	Blower	78.9	73.1	64.9	1d = 2 m
	Compressor	76.0	72.0	64.9	2d = 4 m
	Former	73.5	69.5	60.9	4d = 8 m
	Average	79.1	73.7	66.3	

그 밖의 기계류는 그 차가 16~63Hz의 진동감각 보정치인 -6~-18 사이의 값으로 이 범위에서 중심주파수가 존재하는 것으로 추정된다. 정확한 주파수 분석의 결과는 다음 절에 제시하였다. 또한 배거리로 증가함으로써 VAL과 VL의 차가 작아지는 것으로 나타났는데, 이는 고주파가 발생원에서 거리가 멀어질수록 저주파보다 더 빠르게 감쇠되기 때문으로 생각된다.

2. 거리감쇠

진동원으로부터의 거리에 따른 진동파의 감쇠는 파의 종류나 지반 상태 등에 따라 다르며 복잡하다. 그러나 일정한 지반에 대해서 진동원으로부터 진동파가 확산됨에 따라 에너지 분산과 지반 중의 흙의 마찰에 따른 감쇠를 고려하여 다음과 같은 감쇠식으로 나타낼 수 있다¹⁾.

$$VL_r = VL_o - 8.7\lambda(r-r_o) - 20 \log\left(\frac{r}{r_o}\right)$$

여기서, VL_r : r m 떨어진 지점의 진동레벨 (dBV)

VL_o : r_o m 떨어진 지점의 진동레벨 (dBV)

$\lambda = \left(\frac{2\pi hf}{c}\right)$: 지반의 내부 감쇠정수

(점토, 실트 등 : 0.01~0.05)

h : 지반의 손실계수

(암석 : 0.01, 모래·실트 : 0.1, 점토 : 0.5)

n : 파동에 따른 상수

(표면파 : 0.5, 실체파 : 1.0과 2.0)

위 식에서 $8.7\lambda(r-r_o)$ 를 내부감쇠, $20 \log\left(\frac{r}{r_o}\right)^n$

를 기하감쇠라고 하는데, 내부감쇠는 주파수가 높을수록, 전파속도가 작을수록 증가하며, 기하감쇠는 거리가 2배로 될 때마다 기하감쇠정수(n)가 0.5, 1, 2일 때 각각 3, 6, 12dB씩 감소한다. 그러나 내부감쇠를 예측하기에는 많은 어려움이 따르므로 일반적으로 기하감쇠만 고려하여 거리감쇠를 예측한다^{8~10)}.

거리에 따른 진동레벨의 감쇠 결과를 Table 3과 Fig. 4에 나타내었다. 향타기는 배거리 증가에 따라 평균 5.6dBV, 브레이커는 8.2dBV의 감쇠를 보였다. 공장기계의 경우 기계별로 뚜렷한 차이를 보이지 않았는데 4.0~6.2dBV의 거리감쇠를 나타내었다.

기하 거리감쇠식

$$VL = VL_o - 20n \log\left(\frac{R}{R_o}\right)$$

기하감쇠정수(n)를 구해본 결과 향타기와 브레이커의 경우는 각각 0.92, 1.36, 공장기계의 경우 0.67~1.03의 범위를 보였다. 이 값은 감쇠구배를 결정하는 것으로서, 표면파(Rayleigh Wave : 0.5)와 실체파(P, S Wave : 1.0, 2.0) 사이의 범위를 보여 표면파와 실체파에 의한 복합적 감쇠를 나타내는 것으로 생각된다. 가장 큰 VL이 발생하는 향타기는 5m 거리에서 평균 78.3dBV이었는데(Table 1), 기하 거리감쇠식에 적용해 본 결과, 발생원에서 약 26m 지점 이내에서는 현행 소음·진동규제법상의 생활진동규제 주간기준(주거지역) 65dBV를 상회할 가능성이 있는 것으로 나타났다.

Table 3. Vibration attenuation coefficient(n) and amount by double distance

Classification	n	Vibration Attenuation by Double Distance (VL, dBV)			
		1d - 2d	2d - 4d	Average	
Construction machines	Pile Driver	0.92	3.9	7.2	5.6
	Breaker	1.36	6.1	10.3	8.2
Factory machines	Press	0.82	4.7	5.2	5.0
	Blower	1.01	6.2	6.0	6.1
	Compressor	1.03	4.6	7.8	6.2
	Former	0.67	2.5	5.6	4.0

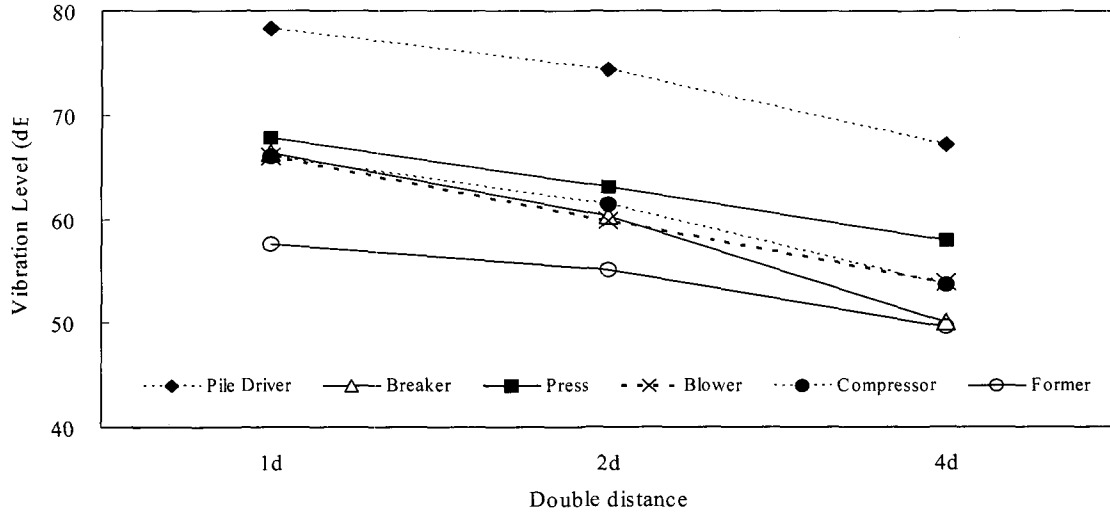


Fig. 4. Vibration attenuation by double distance.

3. 주파수 및 파형 특성

측정대상 기계로부터 발생하는 VL을 두 지점 (1, 2d)에서 녹취하여 1/1 대역별로 주파수 분석한 결과는 Table 4와 같다. 현지 여건상 송풍기, 공기압축기에 대한 분석은 이루어지지 못했다.

공사장과 공장기계로부터 발생하는 진동의 주파수 대역은 대략 8~500Hz의 범위로 관측되었으며, 최대진동이 나타나는 중심주파수대역은 기계별로 차이를 보였다. 5m에서 항타기는 16Hz, 브레이커는 125Hz, 공장기계의 경우 2m에서 프레스 125Hz, 성형기 63Hz의 중심주파수를 보였다. 거리가 멀어질수록 발생 주파수대역이 같아지거나 작아지는데 이는 거리가 멀어질수록 고주파 성분이 더 빠르게 감쇠된다는 앞 절의 추측을 뒷받침 해주는 것 같다. 1d에서의 대역별 주파수

특성을 Fig. 5와 같이 그래프로 나타내었다. 저주파수에서는 건물의 고유진동수(5~20Hz)와 공명을 일으키게 되어 진동을 확대시키므로 더욱 엄격한 진동기준을 적용할 필요성이 있다. 외국의 경우 발파진동 허용기준 및 기준(안)이 12Hz(영국), 15Hz(오스트리아), 30Hz(미국), 60Hz(스위스)를 기준으로 허용기준을 달리하고 그 이하의 주파수에서는 더욱 엄격한 진동기준을 적용하고 있다¹¹⁾.

녹취한 데이터 중 항타기와 브레이커의 대표적인 시간변화 양상에 따른 레벨파형은 Fig. 6과 같다. 이 경우 항타기는 분당 약 30~40회의 충격파를 발생시킴을 알 수 있었고, 브레이커는 분당 약 500여회의 타격이 이루어진다고 한다¹¹⁾.

Table 4. Central frequency and range of machine vibration

Classification		Frequency Range		Central Frequency		Distance
		1d	2d	1d	2d	
Construction machine	Pile Driver	8~250	8~250	16	16	1d = 5 m 2d = 10 m
	Breaker	16~500	16~500	125	125	
Factory machine	Press	8~500	8~250	125	125	1d = 2 m 2d = 4 m
	Former	16~250	16~125	63	31.5	

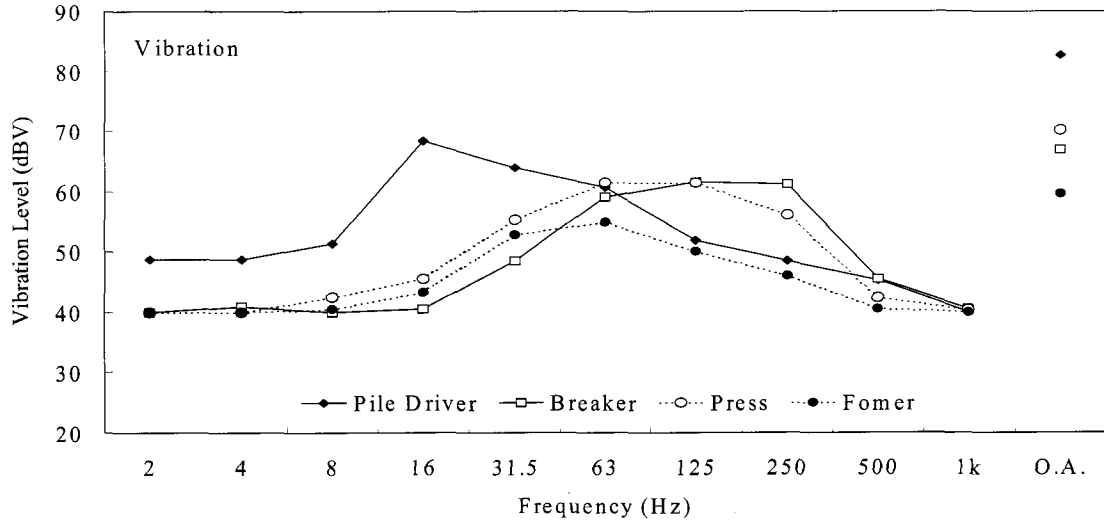


Fig. 5. Frequency characteristics of vibration emitted from machines at 1d.

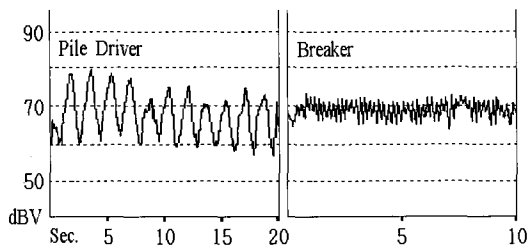


Fig. 6. Time history of variation level by construction machine vibration.

4. 영향범위

진동은 감각기관이 전신에 분포하고 있기 때문에 직접 장기조직에 상해를 주는 경우도 있으며, 전신진동과 국소진동으로 나눌 수 있다. 1Hz 이하의 초저주파수 진동은 멀미를 유발하며, 6Hz에서는 허리와 가슴 및 등쪽에 가장 심한 통증을 느끼며, 13Hz에서는 머리에 가장 큰 진동을 느끼고 안면의 붉이나 눈꺼풀 등이 진동함을 느낀다. 4~14Hz에서 복통을 느끼고, 9~20Hz에서 대소변을 보고 싶게 하며, 무릎에 땀이 나거나 열이나는 느낌을 받는다. 수직 및 수평진동이 동시에 가해지면 두 배의 자각현상이 나타난다. 또한 1~90Hz의 전신진동에서는 진동장애를 수반

하며, 5~2000Hz의 국소진동에서는 혈관장애를 일으킬 수 있다. 진동주파수가 100dB을 넘는 경우에는 순환기, 자율신경계, 내분비계, 소화기계 등의 생리적 영향을 받을 수 있으며, 55~60dB에서는 인체가 전신에 받는 진동을 느끼기 시작하는 한계이다. 일반적으로 진동에 대한 주민들의 피해호소는 수면방해, 정서장애, 물적피해 등으로 집약되는 것이 보통이며, 주거지역 등과 같이 진동을 느끼지 않던 환경에서는 약간의 진동만 발생해도 진동피해에 대한 민원이 발생하는 것이 보통이다¹²⁾.

진동원으로부터 매질을 통하여 전달된 진동은 건물 내부의 고유진동과 합성되어 사람이 진동을 느끼거나, 집이 흔들리는 등의 환경문제를 일으킬 수 있다¹³⁾. 일반적으로 진동의 영향은 피해 대상을 기준으로 크게 분류하면 구조물의 미관적·구조적 손상, 기기 및 품질의 장애, 사람 및 가축의 심리·생리 및 생산성의 장애로 분류할 수 있다. 그러나 환경진동의 범위에서는 수면방해 이외의 생리적 영향이 나타나지 않는다는 것이 여러 조사의 결과이다¹⁴⁾.

진동의 영향범위는 진동의 크기에 따라 생활주변에서 나타나는 피해 손상의 상황¹⁵⁾과 진동이

수면에 미치는 영향¹⁴⁾을 참고로 하여, 인체가 약간 느끼기 시작하는 VAL 60dB, 인체가 크게 느끼는 70dB, 건물이 흔들리는 80dB를 기준으로 하였다. "소음·진동공정시험방법"은 VL로 규정되어 있고⁶⁾, 환경진동의 측정 주파수 범위인 1~90Hz에서 픽업의 접지조건에 의한 영향 등을 포함한 영향이 적은 정확한 지시치를 얻기 위하여 진동레벨을 측정하는 것이 바람직¹⁶⁾하여 본 연구에는 VAL 60, 70, 80dB을 VL로 환산된 56, 66, 76dBV로 나타났다. 영향범위는 기계별로 1d 지점 즉, 공사장기계는 5m, 공장기계는 2m 지점의 VL의 평균, 평균+표준편차(S.D.)가 각각 VL 76, 66, 56dBV까지 전달될 수 있는 거리로 정의하고, 이를 예측한 결과는 Table 5와 같다. 표준편차는 기계별로 1d에서 측정한 전체 진동레벨의 표준편차 값이며, 기하감쇠정수(n)는 고려하

지 않았고, 향타기, 브레이커 및 공장기계로 나누어 예측하였다.

거리 1d에서의 평균을 적용하였을 때 VL 76dBV가 나타나는 거리는 1~7m로 예측되었으며, 66dBV의 경우 공장기계와 브레이커는 2~5m, 향타기는 약 21m로 예측되었다. 56dBV의 영향범위는 공장기계의 경우 6m, 브레이커의 경우 17m, 향타기는 약 65m로 예측되어, 이 거리를 벗어나면 인간이 느낄 수 없으며, 진동이 그리 심한 편은 아니라고 할 수 있다. 그러나 평균+S.D.인 경우, 76dBV이 전달되는 거리는 기계별로 약 2~22m, 66dBV은 5~71m, 56dBV은 17~223m로 나타났으며, 특히 향타기는 작업지점에서 상당히 떨어진 거리까지도 사람들이 진동을 느낄 수 있는 사례가 발생될 수 있는 것으로 생각된다.

Table 5. The influence range of machine vibration

(unit : m)

VAL		80dB (VL:76dBV)	70dB (VL:66dBV)	60dB (VL:56dBV)
VL at 1d from machine				
Pile Driver	Mean (73.8dBV)	7	21	65
	Mean + S.D. (89.0dBV)	22	71	223
Breaker	Mean (66.4dBV)	2	5	17
	Mean + S.D. (72.7dBV)	3	11	34
Factory Machine	Mean (65.4dBV)	1	2	6
	Mean + S.D. (74.8dBV)	2	5	17

* S.D. : Standard Deviation

대규모 공장의 경우는 공장진동이 부지경계선 밖으로 전달되는 경우가 거의 없으므로 종업원에 대한 보호가 더 의미있을 때가 많으나, 중소 공장의 경우에는 인근에 주택 등 구조물이 있는 경우가 있어 환경진동에 대한 대책이 종종 필요하다⁸⁾. 각 기계설비의 기술적인 진동저감 노력이 원천적으로 필요하지만 설치 후 가동시의 적절한 방진 및 차폐 노력이 필요하다. 현재 공장에서는 주로 진동 발생원 대책과 전파경로대책을 조합한 대책을 주로 사용하고 있다. 진동발생대책으로 방진고무, 고무패드, 금속스프링, 공기스프링 등을 설치하는 방법 등이 있고, 전파경로대책으로 방진구를 설치하는 방법, 기계설치 위치의 선정시

거리감쇠를 이용하는 방법 등이 있으며, 수진측 대책으로 주위 구조물 등에 강성변경, 탄성지지를 설치하는 방법이 있다. 그 외에 사전대책으로는 공장주변에 구조물 건축시 진동을 고려하여 건축을 하는 방법 등이 있으며, 이러한 대책들을 상황에 맞게 적절히 조합하는 종합적 대책이 필요하다.

건설진동은 발생장소가 이동하는 것과 비교적 한시적이라는 점 때문에 현장에서는 주로 진동발생이 작은 공법 및 진동발생이 비교적 적은 기계를 사용하는 방법을 사용하고 있다. 건설공사의 상황에 따라 발생원대책(저진동기계 사용 등), 전파경로대책(거리확보, 방진구, 방진벽 설치 등),

수진대책(탄성지지, 강성변경 등), 기타 대책들을 잘 조합하여 종합적인 진동저감대책을 수립, 시행하여야 한다. 특히 진동문제의 해결을 위해 공사 착수 전에 여러 가지 대책을 강구하는 것이 효과적이다. 진정이 일단 발생하면 주민감정의 악화와 공법의 중도변경 등 어려움이 뒤따라 문제의 해결이 어려워진다¹⁷⁾.

IV. 결 론

환경진동문제를 일으킬 수 있는 공장기계(프레스 등 4종 32대), 공사장기계(항타기 등 2종 10대)를 대상으로 진동원으로부터 거리별 진동레벨 및 주파수 특성 등을 측정하여 분석한 결과는 다음과 같다.

1. 2m 떨어진 곳에서 발생하는 공장기계의 평균 진동레벨은 65.4dBV로 측정되었고, 그 중 프레스에서 발생하는 평균진동이 67.9dBV로 가장 높았다. 5m 떨어진 곳에서 항타기의 평균 진동레벨은 78.3dBV, 브레이크의 경우 66.4dBV이었다.

2. 공장기계의 배거리 평균감쇠는 5.3dBV로 나타났으며, 기하감쇠정수(n)은 0.88이었다. 공사장기계의 경우, 항타기, 브레이크 각각 배거리 5.6, 8.2dBV의 감쇠를 보였고, 기하감쇠정수는 0.92, 1.36으로 조사되었다.

3. 기계별로 발생하는 진동의 주파수 대역은 대략 8~500Hz의 범위로 관측되었으며, 중심주파수대역은 2m에서 프레스 125Hz, 성형기 63Hz, 5m에서 항타기 16Hz, 브레이크 125Hz로 나타났다.

4. 거리 1d에서의 평균을 적용하여 영향범위를 예측하였을 때, 공장기계의 경우 6m, 브레이크는 17m, 항타기는 약 65m로, 이 거리까지가 인간이 느낄 수 있는 영향범위로 나타났다.

참고문헌

1. 환경부 중앙환경분쟁조정위원회 : 진동으로

인한 피해의 인과관계 검토기준 및 피해액 산정방법에 관한 연구, 1996.

2. 대우기술연구소 : 건설진동의 영향평가 및 대책에 관한 연구. 9-33, 1988.

3. 大保直人: 地盤振動の伝播特性. 日本騒音制御工學會18(6), 1994.

4. David A. Towers : Ground-borne vibration from slurry wall trench excavation for the central artery/tunnel project using hydromill technology, Inter-Noise 95, Newport Beach, CA, USA, 1995.

5. Y. Yonekawa, K. Kanada, Y. Takahashi & S. Maeda : Measurement and analysis of vibration of hand-held tool, Inter-Noise 96, Liverpool, U.K., 1996.

6. 환경부 : 소음·진동공정시험방법, 2000.

7. 동아건설(주)기술연구소 : 현장기술지도서. 제 15권. 1993.

8. 高津熟 : 工場振動の豫測. 日本騒音制御工學會 18(6), 1994.

9. 原田實 : 建設作業振動の豫測. 日本騒音制御工學會18(6), 1994.

10. 塩田正純 : 環境振動豫測の現状と將來. 日本騒音制御工學會18(6), 1994.

11. 우제윤 : 우리 나라 지반진동 허용기준의 제정 및 적용에 관한 제안(I). 구조물, 한국지반공학회 학술발표집(지반진동영향평가 지반진동위원회 제2집), 1993.

12. 한국소음진동공학회 : 건설공사장 소음·진동 저감방안 세미나, 26-29, 1997.

13. 壓司 光, 山本剛夫, 鼻山直隆 : 衛生工學ハンドブック 騒音·振動編. 朝倉書店 1982.

14. 中野有朋 : 環境振動. 技術書院 1992.

15. 日本東京都環境保全局 : 建設作業騒音振動防止の手引き. 1994.

16. 塩田正純 : 公害振動の豫測手法. 井上書院 1986.

17. 麥倉喬次 : 建設プロジェクトの推進と騒音·振動對應技術. 産業公害, 28(2), 1992.