

〈논 문〉

발파진동과 소음이 가축에 미치는 영향에 관한 사례연구

A Case Study to Minimize Effect of Blasting Vibration and Noise on Animal Casualties

안 명 석* · 김 종 대** · 황 소 중***

Myung-Seog Ahn, Jong-Dae Kim and So-Jung Hwang

(2000년 8월 24일 접수 ; 2000년 12월 15일 심사완료)

Key Words : Blasting Vibration and Noise(발파진동 · 소음), Animals(가축), Burden(저항선), Stemming(메지), Affect of Blasting(발파영향).

ABSTRACT

The demand of blasting work in civil engineering work is increasing because of the increasing social infra-structural construction work. The blasting method creates large benefit in regard to the economic aspect and shortening construction period. This method, however, has problems to be solved in respect to the blasting vibration and noise. Blasting vibration and noise have been studied by many workers, regarding to the impact on the structure and human body. This investigation is concerned on the affect of blasting vibration and noise on the animals which is relatively new. In general, animals have inferior mental capacity than human in hearing but have higher sensitivity on the vibration and noise due to blasting. The object of this study is to investigate an appropriate measurement of lessening damage on the animals by vibration and noise due to blasting

1. 서 론

발파는 터널굴착, 채석, 건물기초 발파, 그리고 건물해체 등 기초산업전반에 다양한 분야에서 이용되고 있다. 그러나, 경제적인 측면의 이점에도 불구하고 많은 위험요소를 가지고 있으며, 특히 발파진동과 소음으로 인한 피해는 사회적인 문제로 더욱 부각되고 있다.

현재 국내에서는 다양한 사회 간접 자본시설의 확충과 영종도 신공항 건설, 고속철도 등 대형공사의 시행이 증가되고 있으며, 이와 같은 대형공사 및 진동·소음 등 환경 위해 요인 유발시설의 설립에는 사전 충분한 환경 영향 평가가 이루어져서 공사 중 및 향후 인체, 가축, 구조물에 미칠 수 있는 영향을 분석하여 적절한 대책이 수립되어야 한다. 발파진동 및 소음이 주변환경에 대한 연구는 사람의

주거환경과 건물 안정성 등의 시각에서 활발히 연구되고 있다. 그러나 사물에 대한 판단능력과 해석력이 미흡한 동물들에 대해서는 동일수준의 환경변화에 대한 감응도와 피해정도가 인간에 비해 훨씬 심각하다는 보고^(1, 2)는 있으나 전반적으로 그 연구는 미흡한 실정이다.

이에 본 연구는 대형공사 현장에서 부가되는 발파공사로 인한 발파 진동과 소음에 대한 동물들의 반응을 우리 주위에서 쉽게 볼 수 있는 동물을 위주로 관찰하여, 이들에 대한 국내 발파현장에서 발파진동과 소음에 의한 가축피해 사례를 조사하였으며, 그 규제 방안에 대한 기초 자료를 제시함에 목적을 두었다.

2. 연구방법

본 연구의 대상지역은 양산과 장유의 발파공사장으로 하였다. 양산지역은 정수장 부지조성 공사지역으로 45m 지점(C가옥)에 60여마리의 개를 사육하는 개사육장이 있으며, 85m 지점(M지역)에 개 39마리가 있는 개사육장과 돼지 223마리(어미돼지 20마리 포함)의 양돈장이 위치한다. 또한 100m 지점에는 양돈장이 있으며 사육중인 돼지수는

* 정희원, 동서대학교 응용공학부
E-mail : amspeoff@chollian.net
Tel : (051)316-0536, Fax : (053)756-1688
** 동아대학교 공과대학 지구환경공학부
*** 동아대학교 대학원, 지구환경공학부

350여마리(어미돼지 50마리 포함)가 있다.

장유지역은 K지역에서 약 100여 마리의 소들이 사육되고 있는데, 이들은 대부분이 한우들로 수소는 500 kg 정도이고, 암소는 400 kg 정도이며 이들은 임신기간이 238일이고 1마리의 송아지를 낳는 식육소들이다.

2.1 발파방법

양산지역의 경우 개를 사육하는 C가옥이 45 m의 최소거리로 위치해 있고, 80 m 거리에 돼지와 개를 사육하는 M가옥이 있으며, 85 m 정도의 거리에 돼지를 사육하는 H가옥이 위치해 있다. 3월 6일의 경우 시험발파로서 2.0 m 천공장에 지발당 0.3~5 kg을 장약하였고, 저항선과 공간격은 0.7 m로 하여 발파를 시행하였다. 폭약은 에멀존계 폭약인 Newmite ϕ 50 mm를 사용하였으며, 뇌관은 지발뇌관인 MS 뇌관을 사용하였다. 3월 26일부터 시행된 발파에서는 천공장을 6.0 m로 하였으며, 지발당 장약량을 5 kg으로 높였으며, 저항선과 공간격도 1.8 m로 확장하였다. 폭약과 뇌관은 같은 종류를 사용하여 발파를 하였다. 양산지역의 천공패턴은 Fig. 1과 같다.

50 m 지점에 소를 키우고 있는 K가옥이 있는 장유 지역에서 발파시 천공장 3.0 m일 때 장약량을 1.25 kg으로 하였고, 저항선과 공간격은 0.7 m로 하여, 에멀존계 폭약인 Erulite ϕ 50 mm, 뇌관은 25 ms 단차의 지발뇌관인 KT-

Table 1 Blasting pattern of Study area

Section \ Pattern	Depth (m)	Burden (m)	Space (m)	Delay weight (kg)
Yang-san	2~6	0.7~1.8	0.7~1.8	0.375~5
Jang-u	3~6	0.7~1.5	0.7~1.5	1.25~5

-MS 뇌관을 사용하여 발파를 시행하였다. 90 m 보다 떨어진 지역을 발파시 천공장 6.0 m에 5.0 kg에 저항선과 공간격을 1.5 m로 하여 폭약과 뇌관은 동일하게 발파를 하였다. 장유 지역의 천공패턴은 Fig. 2와 같다.

양산 및 장유지역의 발파패턴을 요약하면 Table 1과 같다.

2.2 소음·진동 측정방법

양산 지역의 진동과 소음 측정은 발파지역으로부터 45~70 m 떨어진 C가옥, 80~90 m 위치의 M가옥, 85~110 m 위치의 H가옥에서 1998년 3월 6일부터 4월 20일(약 44일) 간에 걸쳐 조사하였으며, 발파는 동물들의 활동이 가장 왕성한 시간인 오후 12시를 전후로 하여 발파를 시행하여 계측하였다. 장유 지역의 경우는 발파지역으로부터 90~150 m 떨어진 우사가 위치해 있는 K가옥에서 이루어졌다. 모든 발파 진동과 소음의 계측에는 Canada의 Instanetel 사의 Blastmate III를 사용하여 계측을 실시하였다. 본 계측장비는 국내에 가장 많이 보급된 기종 Blastmate series의 최신형으로 발파 진동과 소음을 동시에 계측할 수 있는 장비이다. 이상의 장비로 계측한 결과치는 Table 2~5와 같다.

본 연구 대상지역의 피해조사는 관련전문가와 현장 관계자의 기술조사 및 판단자료와 사육자들의 주장을 감안하였고, 출산율의 경우 계측기간이 짧아 임신은 대부분 발파공사 이전이므로 이 연구에서는 국내발파현장 주변의 돼지, 개, 소의 폐사율만을 조사하였다. 양산지역 M가옥에서 1998년 4월 4일 출산한 강아지가 발파가 진행됨에 따라 폐사하였다고 주장되고 있고, 돼지의 경우 3마리가 발파공사가 진행됨에 따라 폐사하고, 출산율이 감소하였다고 주장한다. 장유지역 K가옥에는 1998년 4월 4일 출산 예정인 소 한 마리가 발파진동 및 소음에 의해 유산되었다고 주장하였다.

3. 연구대상지역의 발파진동 및 소음 측정결과

본 연구대상지역의 발파진동과 소음의 계측은 C가옥과 M가옥에 대해서 발파회수와 날짜별로 측정하였고, 그 결과치는 Table 2~5에 나타내었다. 그리고 측정된 데이터의 회귀분석의 결과는 Table 6에 나타내었다.

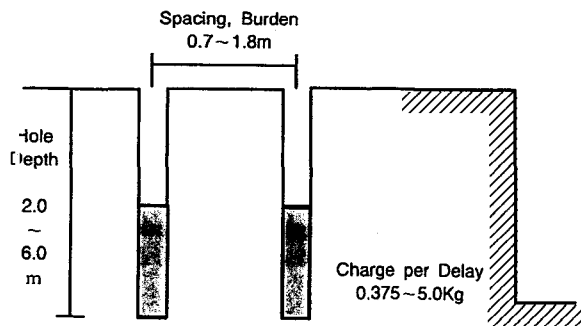


Fig. 1 Yangsan area drilling pattern

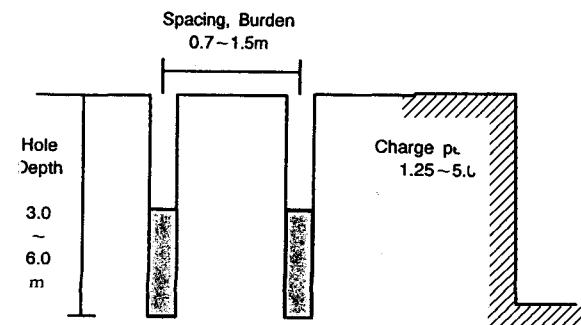


Fig. 2 Jangyu area drilling pattern

Table 2 Blasting vibration & noise data of C house (Y)

Date	Place	Vibration (cm/s)	Noise (dB(A))	Delay weight (kg)	Hole	Distance (m)	
3/6	C House (1)	0.173	71.6	0.375	3	45	
		0.183	72.8	"	"	"	
		0.175	73.2	"	14	"	
		0.115	67.1	"	10	"	
		0.204	67.8	"	"	"	
		0.139	73.9	"	20	"	
	C House (2)	0.118	78.9	0.375	3	50	
		0.137	79.3	"	"	"	
		0.134	78.5	"	14	"	
		0.141	78.8	"	10	"	
		0.103	80.3	"	"	"	
	3/26	C House (3)	0.216	79.3	3.0	3	50
			0.246	66.9	"	"	"
			0.146	72.2	"	"	"
0.172			72.6	5.0	"	"	
0.195			67.9	"	"	"	
4/4	C House	0.871	80.1	5.0	10	55	
		0.603	79.6	"	"	"	
		0.609	80.6	"	"	"	
		0.982	80.6	"	"	"	
		1.20	81.8	"	"	"	
		0.618	79.7	"	"	"	
		0.617	80.1	"	"	"	
		0.745	79.5	"	"	"	
4/7	C House	0.406	79.9	5.0	10	70	
		0.349	77.9	"	"	"	
		0.443	82.1	"	"	"	
		0.447	80.3	"	"	"	
		0.270	79.5	"	"	"	
		0.255	79.4	"	"	"	
		0.306	79.5	"	"	"	
		0.323	79.4	"	"	"	
		0.269	78.3	"	"	"	
		0.295	79.5	"	"	"	
4/20	C House	0.424	67.7	4.6	11	60	
		0.429	71.3	"	"	"	
		0.313	66.7	"	"	"	
		0.270	66.5	"	"	"	
		0.361	66.2	"	"	"	
		0.503	69.7	"	"	"	
		0.391	69.1	"	"	"	
		0.396	65.6	"	"	"	

Table 3 Blasting vibration & noise data of M house (Y)

Date	Place	Vibration (cm/s)	Noise (dB(A))	Delay weight (kg)	Hole	Distance (m)
3/26	M House	0.133	80.5	3	3	80
		0.094	80.5	"	"	"
		0.079	79.8	"	"	"
		0.082	81.2	5	"	"
		0.108	81.1	"	"	"
		0.618	81.0	"	"	"
4/4	M House	0.143	60.6	5	10	80
		0.124	65.0	"	"	"
		0.214	73.0	"	"	"
4/7	M House	0.073	77.6	5	"	90
		0.108	52.2	"	"	"
		0.086	50.6	"	"	"
		0.092	51.4	"	"	"
		0.070	74.4	"	"	"
		0.080	49.0	"	"	"
		0.070	52.0	"	"	"
		0.067	51.6	"	"	"

Table 4 Blasting vibration & noise data of H house (Y)

Date	Place	Vibration (cm/s)	Noise (dB(A))	Delay weight (kg)	Hole	Distance (m)
4/7	H House	0.076	56.4	5	10	85
		0.094	54.2	"	"	"
		0.093	59.0	"	"	"
		0.095	55.9	"	"	"
		0.103	63.7	"	"	"
		0.063	56.6	"	"	"
		0.107	61.9	"	"	"
		0.062	58.6	"	"	"
4/20	H House	0.086	77.7	4.6	11	110
		0.067	78.5	"	"	"
		0.093	78.3	"	"	"
		0.094	78.7	"	"	"
		0.050	77.7	"	"	"

Table 5 Blasting vibration & noise data of K house (J)

Date	Place	Vibration (cm/s)	Noise (dB(A))	Delay weight (kg)	Hole	Distance (m)
3.19	K House	0.241	80.9	1.5	10	100
		0.135	80.2	"	"	"
		0.061	66.9	"	"	"
		0.073	65.1	"	"	"
3.24	K House	0.130	79.7	1.5	25	100
		0.111	79.5	"	"	"
		0.135	78.8	"	"	"
		0.124	79.1	"	"	"
	K House	0.056	70.2	1.5	25	150
		0.052	68.1	"	"	"
		0.075	80.5	"	"	"
		0.063	62.6	"	"	"
4.4	K House	0.935	80.2	5	15	100
		0.040	50.4	"	"	"
4.10	K House	0.222	79.7	1.25	35	90
		0.198	78.9	"	"	"
		0.184	79.5	"	"	"
		0.287	79.8	"	40	"
		0.146	79.3	"	35	"
		0.110	79.0	"	"	"
	K House	0.146	64.4	"	35	100
		0.120	63.6	"	"	"
		0.118	63.9	"	"	"
		0.153	65.4	"	40	"
		0.067	63.9	"	35	"
		0.84	57.4	"	"	"
	K House	0.143	64.4	"	35	110
		0.110	62.6	"	"	"
0.110		62.8	"	"	"	
0.141		66.4	"	40	"	
0.064		67.8	"	35	"	
0.056		62.6	"	"	"	

Table 6 Regression result of data

	Yang-san				Jang-u			
	T	V	R	PVS	T	V	R	PVS
K	526.76	118.64	840.07	476.16	284.86	58.60	2425.50	135.99
n	-1.248	-0.945	-1.363	-1.219	-1.133	-0.653	-1.544	-0.818

4. 적용 진동 · 소음 기준에 관한 고찰

4.1 진동 및 소음이 동물에 미치는 영향

(1) 가축의 생육에 미치는 영향

인간은 공사로 인하여 소음이 발생될 것을 예측하나 동물은 상황을 예측하지 못하기 때문에 더욱 놀라게 된다. 특히 우리에 간혀 있을 경우 더 심한 공포와 스트레스를 받게 된다. 동물이 과도한 소음진동에 노출되면 부신 피질 호르몬의 분비가 많아지고 말초혈관이 축소되어 배란횟수가 줄어들게 된다.^(3, 5) 또한 소음에 대한 가축의 반응은 행동상의 변화가 많고 중추신경계의 변화도 일어난다. 따라서 가축은 사람보다 소음과 진동이 동시에 발생할 때에는 상승적 영향을 끼치게 된다. 일반적으로 알려진 소음에 대한 가축의 반응은 ① 가축의 일시적 먹이섭취 부진 현상 초래, ② 경기와 공포스런 행동이 일시적으로 나타나고 호흡수, 심장박동수사 변화하며, ③ 조산, 유산 발생, ④ 수태율의 감소, ⑤ 소의 경우 우유량과 체중증가량의 저하 등의 피해로 나타나기도 한다.

(2) 국내연구사례

가축에 대한 소음, 진동의 영향에 대한 연구의 예로서는 동물을 이용한 소음 폭로영향평가에 관한 연구(1995, 김덕성, 한양대 환경공학과 석사학위 논문)⁽⁶⁾와 건설공사에 의한 가축피해 및 구제 방안 연구(황우석, 축산기술연구소)⁽⁴⁾등의 사례가 있다.

전자의 경우 소음에 대한 영향으로 실험실에서 사용되는 쥐의 종류인 Guinea pig를 대상으로 90 dB(A) 정도의 소음에 4~10시간 정도 폭로시 소음 폭로시간이 길면 길수록 혈액중의 수소이온 농도가 근소한 차이로 감소하며, Cholesterol(C₂₇H₄₅OH) 농도가 증가한다고 보고되고 있다.

특히 후자의 연구보고서에서는 발파시의 진동과 소음뿐만 아니라 건설공사시 진동과 소음에 대한 동물의 영향에 대해서 자세하게 보고되어 있다. 이 보고서에서는 돼지의 경우 다른 동물과 달리 진동에 대해 더 민감하며, 0.1 kine 이상의 진동에 대해서는 폐사율이 급격히 증가된다고 보고하고 있으며, 동물에 대한 진동, 소음 허용기준치를 설정할 경우 개, 돼지, 소등은 소음보다 진동에 더 많은 영향을 받는 것으로 판단되며, 국내 노동부 발파작업 표준안전지침에 의한 가축에 대한 진동기준인 0.5 kine으로의 관리기준은 위험하다고 밝히고 있다.^(7, 11)

이때 0.5 kine이상의 진동인 경우 개, 돼지, 소등은 폐사율이 30~40%이상 정도로 상당히 높고, 소음의 경우 소음 진동규제법에 의한 기준치 80 dB(A) 이상의 소음에서 10~30%이상의 폐사율과 유산율을 보인다. 이때 돼지의 경우 다른 동물과 달리 진동에 대해 더 민감하며, 0.1 kine

이상의 진동에 대해서는 폐사율, 유산율이 급격히 증가되는 것을 알 수 있다.

4.2 발파현장에 적합한 진동 · 소음 · 음압 기준

(1) 국내 소음진동 규제기준

국내의 현행법규에서는 발파소음, 진동에 대한 기준이 별도로 마련되어 있지 않으며, 진동규제법 중 생활소음 진동 규제기준, 건설소진동 규제기준을 일부 적용하기도 하나 법규 및 측정방법의 문제 등으로 적극적으로 적용 · 규제하지는 못하고 있는 실정이다.

발파소음 진동의 특성을 고려하지 않는 낮은 기준의 건설 소음규제 기준은 70~75 Leq dB(A)의 범위에 속하고, 낮은 기준의 건설진동 규제기준은 70~75 Leq dB(V)의 범위에 속한다.⁽⁷⁾

(2) 국내 발파진동 적용지침

국내의 발파진동의 규제기준은 Table 7과 같이 노동부 발파작업표준안전지침 및 서울, 부산 대구, 광주, 인천 대전 지하철 공사장의 발파진동 규제기준을 적용하고 있으며, 실금이 있는 정도의 일반적인 가옥에서는 진동의 기준치를 0.5 kine으로 하고 있으며, 유적이나 고적 등의 문화재에서는 0.2 kine으로 정하고 있다.^(8, 10)

Table 7 Allowable vibration lever recommended for blasting

Description	Particle velocity (kine)
Cultural assets	0.2
House, APT(There has crack)	0.5
Business section	1.0
Steel concrete building and factory	1.0~4.0

Table 8 Recommended standard of sound level and vibration level

Class	Standard		Back ground noise dB(A)		Back ground vibration dB(V)	
	Sound dB(A)	Vibration dB(V)	Leq	Lmax	L10	Lmax
cow	70under	70under	69	77	30	52
pig	70under	70under	75	86	27	68
fowl	70under	70under	70	78	67	74
deer	70under	-	69	85	29	83

비고 1. 낮 동안의 기준임. 야간에는 건설진동발생을 원칙적으로 배제함.

2. 암소음 암진동이 대단히 낮은 경우에는 세심한 관찰이 요구됨.

Table 9 Recommended sound level pressure, Noise and vibration level

Section	Permitted standard value ¹⁾	Animal standard value		Remark
		환경부 권고기준 ²⁾	연구대상지역 적용기준 ³⁾	
Vibration	0.5 kine	70 dB(V)	0.29Kine	1) 건물적용기준: 실금이 있는 정도의 conc 주택기준
Noise	85 dB(A)	70 dB(A)	70 dB(A)	2) 가축적용기준: 환경부 권고기준
Sound pressure	120 dB	-	-	3) 연구대상지역 적용 기준: 충격진동식적용

*1) 대한화학기술학회지 제 17권 제 3호, pp. 15 1999. 9. 30 인용⁽⁹⁾

2) 환경분쟁조정위원회 축종별 소음진동권고기준 인용⁽¹⁾

(3) 가축의 권고 기준

우리나라의 소음진동규제법에서 정한 소음진동규제기준에서는 가축사육지역에 대한 별도 기준이 정하여 진바 없으며, 이러한 내용은 우리나라 뿐만 아니라 세계 어느 나라에서도 가축의 축종별 소음 · 진동 허용기준이 제정되어 있지 않다. 그러나 사람에게 적용되는 소음 및 진동기준을 사람보다 훨씬 예민한 가축에게 그대로 적용하는 것은 문제가 있으며, 미국 연방연합위원회의 경우, 그 대안으로 가축사육지역의 소음 권고기준을 65~75 dB이하로 유지하도록 제안하였다. 또한 우리 나라의 경우 1996년 환경부 중앙환경분쟁조정위원회에서 외부 연구소에 의뢰한 연구용역에서 제안된 축종별 권고기준을 인용하면 Table 8과 같다.

(4) 연구대상지역에 적합한 발파진동 및 소음 · 음압의 기준 발파소음의 경우는 환경부 중앙환경분쟁조정위원회의 축종별 소음기준을 참고할 때 본 연구대상지역에는 70 dB(A)가 적합하다고 판단되며, 발파진동의 경우는 진동속도를 진동레벨로 환산하는 변환식에 의해 환경부 중앙환경분쟁조정위원회의 축종별 진동권고기준 70 dB(V)를 적용한 결과 양 형식 등이 제안한 식 (1)으로 계산할 때 진동속도는 0.29 kine이 산출되었다. Table 9에서는 본 연구대상 지역에 적합한 발파 진동 · 소음 · 진동 기준을 나타내었다.

$$VL(dB(V)) = 15 \log V + 63 \tag{1}$$

5. 결 과 고 찰

본 연구에서 데이터 분석결과 양산지역의 경우 진동치가 가축적용 기준 0.29 kine 이상의 진동이 계측되었으며, 건물적용 기준 0.5 kine 이상의 진동은 전체 진동의 13.33 %

를 나타내었다. 또한 본 연구지역의 소음과 진동의 회귀분석결과 상관계수는 0.37로 상당히 낮음을 알 수 있다. 양산지역 M가옥의 강아지 폐사와 돼지 3마리 폐사는 4월 6일 발생하였으며, 그 이전의 발파진동 및 소음의 데이터를 분석하였다. 2일에 걸친 9회의 발파 중 발파진동치 PVS의 평균은 0.177 cm/sec, 소음의 평균은 75.86 dB(A)이었다. 이때의 지발당장약량은 3~5 kg 이었으며, 1회(11.1%)가 기준치를 초과하였다. 소음은 기준치 70 dB(A)를 7회(77.87%)를 초과하였다.

장유지역의 경우 0.29 kine이상의 데이터가 동물에게 피해를 야기할 수 있는 데이터로 사료되어지며, 본 지역에서의 소음과 진동의 회귀분석 결과 상관계수는 0.40정도로 나타났다. 이 지역에서의 K가옥의 소의 유산일 당일(4월 4일)과 그 이전의 진동 및 소음의 데이터를 분석을 하였으며, 총 3일에 걸친 총 13회의 발파 중 발파진동치 PVS의 평균은 0.159 cm/sec, 소음의 평균은 73.01 dB(A)이었다. 이때의 지발당장약량은 1.5~5 kg, 거리는 100~150 m이었다. 대상현장의 기준을 적용해볼 때 진동은 기준치 0.29 cm/sec에 평균은 미만이나 1회(7.14%)가 기준치를 초과하였고, 소음은 기준치 70 dB(A)를 9회(64.29%)를 초과하였다.

본 연구에서는 자주 접할 수 있는 개, 돼지, 소의 사육환경을 대상으로 하였으며 발파지점과 가축사육장의 거리는 80~150 m, 발파방법은 천공장 6 m, 지발당장약량 5 kg, 저항선과 공간격은 0.7~0.8 m로 하였다. 피해가 발생한 양산지역 M가옥 강아지의 폐사(1%)와 돼지의 폐사(0.6%)는 기준치를 초과하는 발파소음(77.78%)과 이에 수반된 발파진동 중 11.11%의 이상데이터의 영향에 기인한 것으로 판단되어지며, 장유지역의 K가옥 소의 유산(10%)은 기준치를 초과하는 발파소음(64.29%)과 이에 수반된 발파진동 중 7.14%의 이상데이터의 영향에 기인한 것으로 판단된다. 이러한 이유로 연구대상지역의 발파진동·소음의 규제기준으로 보편적으로 사용되는 축종별 진동권고기준 70 dB(V)를 양형식등이 제안한^(2, 12, 13) 환산식으로 산출된 0.29 kine을 연구 대상지역의 허용기준치로 설정함이 타당하리라 사료된다.

6. 결 론

본 연구는 발파공사 시행시 주위 동물사육 시설이 존재할 경우 발파진동과 소음이 동물에 미치는 영향과 적용규제 기준에 대해 연구하였고 그 결과는 다음과 같다.

(1) 본 연구는 우리 주위에서 자주 접할 수 있는 개, 돼지, 소의 사육환경을 대상으로 하였으며, 발파지점과 가축사육장의 거리는 80~150 m이었고, 발파방법은 천공장 6

m, 지발당장약량 5 kg, 저항선과 공간격은 0.7~0.8 m로 하였다.

(2) 데이터 분석결과 양산지역은 평균진동은 0.25 kine이었으며, 소음은 71.98 dB(A)이었고, 장유지역은 0.15 kine, 70.04 dB(A)이었다. 양산지역에서는 진동의 경우 0.6 kine 이상이 이상데이터로 볼 수 있으며, 이는 표준편차의 2배에 해당하며 전체의 97.7%를 제외한 0.586 kine 이상의 데이터가 해당된다. 장유지역에서는 진동의 경우 0.935 kine 이상이 이상데이터로 볼 수 있으며, 이는 표준편차의 2배에 해당하며 전체의 97.7%를 제외한 0.280 kine 이상의 데이터가 해당된다. 소음의 경우 이상데이터는 양산지역에서 73.28 dB(A) 이상이 해당되며, 장유지역에서는 66.53 dB(A)가 해당된다.

(3) 진동속도를 진동레벨로 변환하기 위하여 변환식을 사용하여, 축종별 진동권고기준 70 dB(V)을 환산하면 양형식 등의 연구에 의해 제안된 수정식을 적용하여 산출된 0.29 kine를 허용기준치로 설정함이 타당하리라 사료된다.

이 때 각 지역에서 측정된 데이터를 이용하여 회귀분석을 할 때

$$\text{양산지역의 경우 } V = 476.16(\text{SD})^{-1.219}$$

$$\text{장유지역의 경우 } V = 135.99(\text{SD})^{-0.818}$$

이었다.

(4) 피해가 발생한 양산지역 M가옥 강아지의 폐사(1%)와 돼지의 폐사(0.6%)는 기준치를 초과하는 발파소음(77.78%)과 이에 수반된 발파진동 중 11.11%의 이상데이터의 영향에 기인한 것으로 판단되어지며, 장유지역의 K가옥 소의 유산(10%)은 기준치를 초과하는 발파소음(64.29%)과 이에 수반된 발파진동 중 7.14%의 이상데이터의 영향에 기인한 것으로 판단된다.

그러므로 본 연구를 통하여 가축유산 및 폐사는 발파소음이 주된 요인이 되고, 부가적으로 발파진동 중 간헐적으로 발생하는 이상데이터의 영향으로 판단된다. 그러므로 이러한 피해의 감소를 위해서는 발파소음을 줄이는 방안과 함께 발파진동의 이상데이터의 요소를 제거하는 방안이 필요하리라 사료되며, 그 방안으로 암반상태에 따른 가장 적합한 지발당장약량, 최소저항선, 공간격조정, 충분한 메지, 적절한 뇌관시차 조절 등의 추가적인 연구가 요구되어진다.

참 고 문 헌

(1) 환경부 중앙환경분쟁조정위원회, 1997, "소음으로 인한 피해의 인과관계 검토기준 및 피해액 산정방법에 관

- 한 연구” 연구기관 : 한국소음진동공학회, pp. 178~179.
- (2) 양형식, 김남수 1999, “소음진동 규제법을 고려한 발파설계” 한국암반공학회 발파기술세미나논문집, pp. 21~27.
- (3) 김재극, 1997, “산업화약과 발파공학” 서울대학교 출판부, p. 387.
- (4) 황우석외, 1997, “건설공사에 의한 가축피해 및 구제방안연구”, 축산기술연구소 pp. 6~11.
- (5) 이근상 등, 1990, “축산백과” 내외출판사 pp. 159~377.
- (6) 김덕성, 1995, “동물을 이용한 소음 폭로영향평가에 관한 연구”, 한양대학교 환경과학대학원 석사학위논문 pp. 41~42.
- (7) 정일록, 1991 “소음·진동학” 신광문화사 pp. 238.
- (8) 천병식·오재웅, 1993, “건설기술자를 위한 지반진동의 영향과 대책” 건설연구사 pp. 285~290.
- (9) 목연수·안명석, 1999, “민원발생시 발파진동·소음의 처리사례에 관한 연구” 화약발파, 대한화약기술학회지, 제 17권 제 3호, p. 15.
- (10) 안명석, 1993, “구조물 폭파공법 시공시 발파공해 안전대책”, 한국소음진동공학회지 제 3권 제 4호, p. 304
- (11) 이영대·안명석, 1999, “지반진동이 건물의 균열에 미치는 영향에 관한 연구” 한국소음진동공학회지, 제 9권 제 6호, p. 1175.
- (12) Calvin J. Konya and Edward J. Walter, 1990, “Surface Blast Design” by Prentice-Hall, Inc. pp. 265~266.
- (13) Charles, H. Dowding, 1984, “Blast Vibration Monitoring and Control” North Western University, pp. 104~105.
- (14) Du-Pont, 1975, “Blasters Hand Book”, pp. 87~202.