

제4장 평가인자에 대한 연구

4.1 공학적 평가인자에 대한 연구

4.1.1 평가 소음레벨 산정 방법

분쟁조정 업무에 관련하다 보면 이미 소멸된 소음원에 대한 소음레벨을 예측하여야 하는 경우가 많다. 이때, 소음레벨을 예측하는 기법으로서는 모형실험 결과에 의한 추정하는 방법, 시뮬레이션에 의한 수치계산방법, 경험식을 이용하는 방법 등 다양한 방법이 있으나 본 절에서는 비교적 접근이 용이한 경험식을 이용하는 방법에 대해 주로 논한다. 왜냐하면 신속하게 분쟁조정 업무를 수행해야하는 유관기관의 입장에서 볼 때 현실적으로 접근이 가장 용이한 기법이며, 피해보상금액 산정시 요구되는 소음예측의 경우 이러한 기법으로도 분쟁해결이라는 당초 목적을 충분히 달성할 수 있을 것으로 판단되기 때문이다.

음원으로부터 소음 에너지가 전파될 때에 음압의 변동을 지배하는 주요 요소는 다음과 같다.

- 기하학적인 거리감쇠
- 소음원과 수음점 사이에 놓인 방음벽 또는 차폐물
- 지표면과 건축물, 지형 지물에 의한 반사
- 대기에 의한 흡수

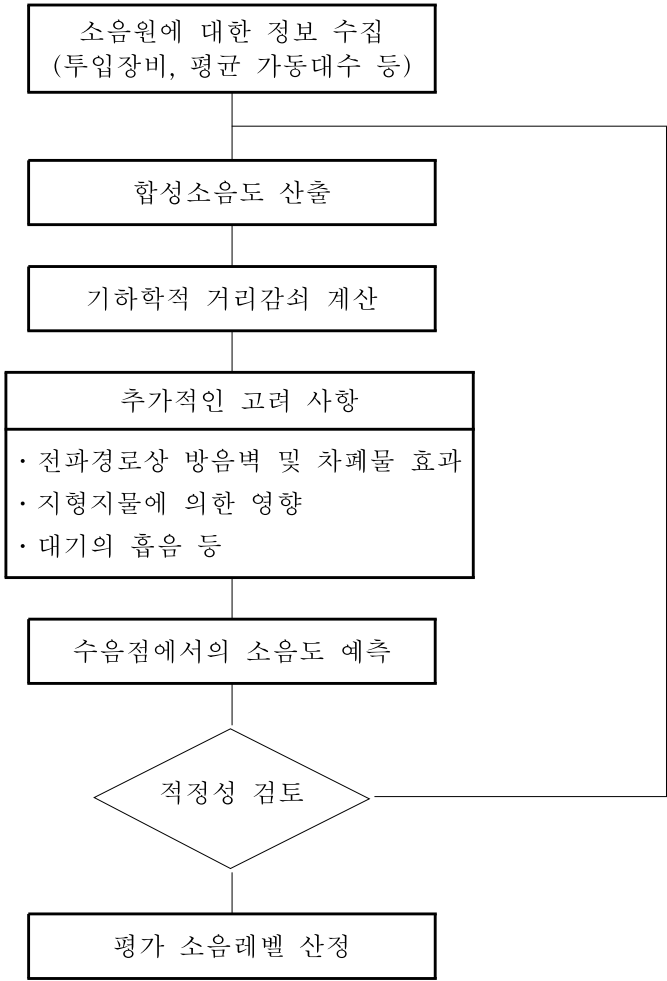
물론 위의 4가지 요소 이외에도 여러 가지 물리적 요소들이 영향을 미치게 된다. 한편 지형지물의 크기가 나무의 가지 등과 같이 파장에 비해 충분히 작은 경우나, 풍속의 변화 및 대기중의 온도차 등에 의해서 나타나는 현상은 산란효과라 칭할 수 있으므로 넓은 의미에서 음향 에너지의 흡수 현상으로 포함시킬 수 있게 된다.

가. 건설기계 가동소음 예측

건설공사는 착공부터 준공까지 사이에 토공이나 포장공 등 여러 가지 공종이

시공되는 것이 보통이다. 또한 공중도 토공을 예들들면 굴삭공, 성토공, 다짐작업 등 일련의 공정을 거치게 된다. 게다가 하나의 공정에서도 여러 가지 시공법으로 나누어 실시되는 경우도 있으며, 이들 시공법에 대응하여 사용되는 건설기계도 다양한 것이 일반적이다. 즉 건설소음은 일정작업구역 내에서 사용되는 여러 가지 건설기계로부터 각종 소음이 발생하고 수신측에는 합성된 소음이 전달되는데 이 합성소음은 공사의 진척과정에 따라 변화해 간다.

따라서 각종 건설장비로 인하여 발생하는 합성소음은 사용장비의 종류 및 수량 등의 조건이 정확히 파악되어야 예측가능하나, 현실적으로 정확한 자료를 구하기는 어렵고, 특히 장비의 가동이 동일 작업장내에 위치하더라도 모든 장비의 집중 가능성 및 동시 가동 가능성은 희박한 점을 감안할 때, 투입장비 댓수를 모두 고려한 예측은 실제 측정 소음도보다 높은 소음도를 나타낼 수 있다.



<그림 4.1> 경험식을 이용한 평가 소음레벨 산정 방법

(4.1)식은 합성소음도 산출식을 나타낸 것으로 공종별 투입장비의 종류 및 평균 가동 대수를 가정하여 해당 공사구간의 합성소음도를 근사적으로 예측할 수 있으나, 이때 평균 가동대수는 여러 계측 사례를 참조하여 수음측에서의 합성소음도를 비교하므로써 합리적으로 결정해야 한다.

$$SPL_0 = 10 \log \left(\sum_{i=1}^n 10^{\frac{Li}{10}} \right) \quad : \quad \text{소음도} \quad \text{합성식}$$

(4.1)

$$SPL = SPL_0 - 20 \log \frac{r}{r_0} \quad : \quad \text{점음원} \quad \text{거리} \quad \text{감쇠공식}$$

(4.2)

여기서, SPL_0 : 각 공종별 합성소음도(dB(A))

SPL : 이격거리별 예측소음도(dB(A))

Li : 각 장비별 소음도(dB(A))

r : 음원에서 예측지점까지의 거리(m)

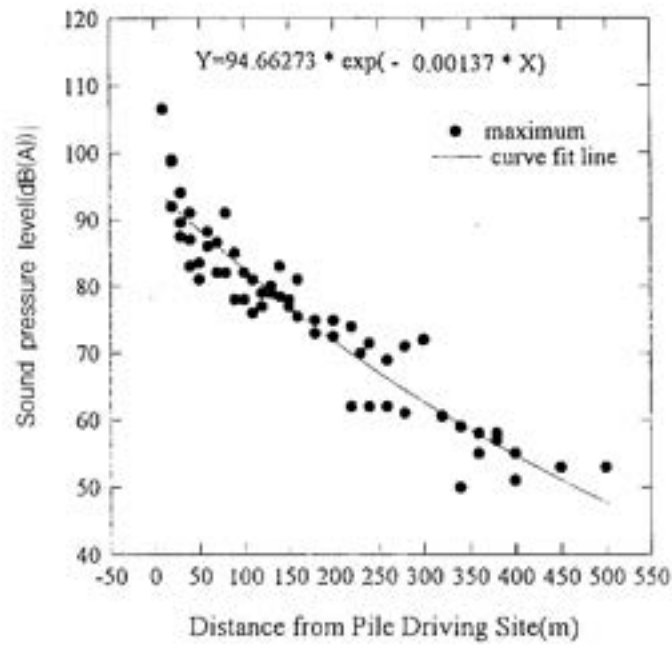
r_0 : 음원에서 기본지점까지의 거리(m)

<그림 4.2>는 경부고속철도공사 현장에서 향타작업시 측정된 자료⁵⁵⁾를 회귀분석을 실시하여 이격거리별 감쇠특성을 살펴본 것이다. 세로축은 소음레벨이며 가로축은 향타위치로부터 측정지점까지의 거리를 나타낸다. 대상 향타장비는 일반적으로 많이 사용되는 유압햄머로 제원은 <표 4.1>과 같다.

<표 4.1> 유압식 향타장비 제원

55) 한국건설기술연구원, 「경부고속철도 제3공구 교량 기초말뚝 향타시의 소음 및 진동영향평가 연구」, 1995. 5.

구 분	내 용	비 고
규 격	DKH7	
RAM 중량	7 ton	
RAM 스트로크	0.2~1.2 m	
충돌에너지 (최고)	8400 kg · m	
타격수	40 bpm	
작동압력	240 kg/cm ²	
작동유량	220 ℓ/min	
해머총중량	11 ton	



<그림 4.3> 파일항타시 측정거리에 따른 최대소음도 변화

전반적으로 소음원으로부터 거리가 멀어질수록 소음도가 지수적으로 감소하는 경향을 나타내고 있으며, 지형적 조건 및 장비 가동상태에 따라 다소 편차는 있을 수 있으나 아래의 (4.3)식과 같은 회귀식에 따라 이격거리별 항타소음을 산출하면 <표 4.2>와 같고 이는 항타소음 평균수준을 유추하는데 활용할 수 있을 것이다.

$$\text{소음도(dB(A))} = 94.66134 \times \exp(-0.00137 \times \text{거리(m)}) \quad (4.3)$$

<표 4.2> 이격거리별 항타 예측소음도

이격거리(m)	소음도(dB(A))	이격거리(m)	소음도(dB(A))
20	92.10	120	80.31
40	89.61	140	78.14
60	87.19	160	76.03
80	84.83	180	73.97
100	82.54	200	71.97

하지만 이렇게 각종 자료에 나타난 건설기계별 소음도는 소음 예측의 해석적 기법에서 소음원의 특성 정보로서 대단히 유용하지만 이러한 건설기계가 투입된 실제 건설현장에서는 건설기계의 유동성, 실제 가동대수 등에 따라 합성소음도는 달라질 수 밖에 없다. 따라서 경험식에 의한 합성소음도 산출과정에서는 평균가동대수에 따른 합성소음도 자체의 적정성 여부를 반드시 예측 사례 결과와 비교 검토하는 과정이 필요하리라 판단된다. <표 4.3>은 국내 각종 건설현장에서 다양하게 투입된 건설기계로 인한 수음점에서의 합성소음을 예측한 결과이다.

<표 4.3> 각종 건설기계 가동에 따른 합성소음도 예측 결과

공종	구분	소음원	이격* 거리(m)	소음도 dB(A)		비 고
				Leq	Lmax	
토공 (절·성토)	CASE I	굴삭기 1대, 불도우저 1대, 진동로울러 1대	10	78.5	86.5	진동로울러는 40m지점에서 작업중
	CASE II	굴삭기 2대	15	77.8	79.8	
	CASE III	굴삭기 1대, 덤프트럭 1대	15	69.2	73.0	잔토 상차작업
토공 (성토)	CASE V	진동로울러 1대, 불도우저 1대, B/K 1대 작업	20	81.6	86.2	
	CASE VI	진동로울러 2대, B/K 1대, D/T 1대 작업	20	84.9	94.7	
	CASE VII	진동로울러 2대, 불도우저 1대, B/K 1대, D/T 1대	20	81.9	90.1	

주) * : 상기 이격거리는 작업구역의 중간지점과 예측지점간의 거리를 뜻함.

자료 : 한국건설안전기술원

나. 발파소음의 예측

발파설계 요인으로서 발파소음에 영향을 미치는 요소는 화약량, 기폭방식, 전색 정도, 자유면의 형상, 자유면의 절리 발달상태 등을 들 수 있고, 설계 외적인 요인으로는 기후 특히 대기의 온도분포, 풍향, 풍속 및 지형과 숲, 벽, 건물 등에 의한 차폐성 등을 들 수 있다. 특히 온도분포는 발파 소음의 전달경로를 왜곡시켜 파가

집중 또는 분산되도록 하는데 지표보다 높은 고도에서 온도가 상승하는 대기역전의 경우에는 파로가 지표쪽으로 휘게 되고 소음은 지상에 집중된다.

발파소음은 일반적으로 삼승근 환산거리 식으로 예측하기도 하나, 사실상 신뢰성이 높지 않다. 즉, 발파소음의 예측은 진동의 예측보다 더욱 불확실하다. 이는 전색강도나 자유면에 나타나는 절리면의 영향으로 높은 가스압이 노출되어 예기치 않은 큰 소음을 발생시키는 경우가 많고 건설발파에 있어서는 파쇄입도를 작게 하기 위해서 전색의 길이를 짧아지는 경우가 많은데 이 경우에도 발파풍이 크게 나타날 수 있다. 특히, 전술한 바와 같이 발파소음은 발파진동과 달리 지발당 장약량에 크게 의존하지 않고 계측지점의 암소음도 및 지형적 요인이 오히려 크게 작용하는 경우가 많아 삼승근 환산거리에 따른 소음도의 상관관계가 불분명한 경우가 많다.

따라서 발파소음은 이론적 접근을 통한 예측방법을 지양하고 <표 4.4> 같은 계측사례를 토대로 주요 영향인자에 대한 보정을 실시함으로써 경험적으로 산정하는 방법이 더 많이 이용되고 있다.

또한 다행한 것은 2.1.2절에서 언급한 바와 같이 건설현장에서의 발파소음 문제는 터널 발파작업으로 국한되는 경우가 많고 경험적으로 볼 때도 노천 발파작업에서의 발파소음은 대부분 건설장비 가동소음보다 소음도가 낮아 크게 문제가 되지 않는 경우가 대부분이다. 또한 발파는 그 특성상 진동을 동시에 수반하며, 소음에 비해 상대적으로 전파속도가 빠른 진동에 가축은 1차적으로 반응을 보이고 영향범위도 진단 경험에 비추어 볼 때 소음에 비해 훨씬 넓게 나타나 진동에 대한 고려만으로 문제를 해결하는 경우가 많아 발파소음을 예측해야 하는 경우는 극히 제한적이다.

<표 4.4> 다양한 조건에서의 발파소음 계측사례

구 분	이격거리 (m)	계측위치	지발당 최대 장약량(kg)	소음도 (dB(A))	비 고
터널발파	240	터널 정면 (입구에 방음덕)	3.0	86.0	중부내륙고속도로 ○○공구
	206~250	터널 중간부 측면	6.7	63.8~67.0	○○○터널 발파공사
	437~641	터널 정면좌측 (입구에 방음덕)	3.5~6.6	62.0~79.5	중부내륙고속도로 ○○공구
	290	터널 정면좌측	10.0~11.3	71.2~76.4	경부고속철도 ○-○공구
	100~250	산악지	6.0~10.5	90.0~110.1	경부고속철도 ○-○공구
	340~500			62.0~79.1	
노천발파	340~500	발파지점 보다 수음점이 위	0.5~2.3	55.3~61.5	경부고속철도 ○-○공구
	180	개활지, 발파지점 보다 수음점이 아래	1.3~6.3	47.3~56.0	중부내륙고속도로 ○○공구
			12.5~25.0	45.1~53.0	
	150		1.25~25.0	61.8~74.1	
	100	개활지	1.5	62.0	중부내륙고속도로 ○○공구
	174		0.8~2.3	62.0~63.5	
	154~270	개활지, 발파지점 보다 수음점이 아래	2.5	54.9~72.4	○○-○○○ 도로 확 · 포장 공사
	150		1.25~2.5	57.6~78.6	
	210~240		1.0~6.25	66.0~98.0	
	105	발파지점 보다 수음점이 위	4	57.0~64.9	○○○터널 건설공사

자료 : 한국건설안전기술원

다. 전달 특성 및 감쇠 계산⁵⁶⁾

소음은 파동의 형태로 대기 중을 진행하므로 그 발생원의 음향세기와 파동의 진행과정 특성만 알 수 있으면 임의의 점에서의 소음도를 계산하여 예측할 수 있다.

공사장 기계 하나가 방출하는 평균 음향파워를 W 라고 하면 소리 에너지는 기계의 중심에서 반구면을 통해 균일하게 전파된다. 따라서 소음원으로부터 r 거리에 있는 점에서의 소음의 세기는 음향파워를 r 거리에서의 반구의 표면적으로 나눈 것이 된다. 즉 거리 r 에서의 음의 세기 I 는 다음 식으로 쓸 수 있다.

$$I = \frac{W}{2\pi r^2} \quad (W/m^2) \quad (4.4)$$

이제 임의의 두 지점의 위치를 각각 r_0 , r 이라고 하면 각 지점에서의 음압도는 각각 다음 식과 같이 나타낼 수 있다.

$$SPL(r_0) = PWL - 20 \log_{10} r_0 - 8 \quad (4.5)$$

$$SPL(r) = PWL - 20 \log_{10} r - 8 \quad (4.6)$$

따라서 두 식의 차는 다음과 같이 주어진다.

$$SPL(r) - SPL(r_0) = -20 \log_{10} \frac{r}{r_0} \quad (dB) \quad (4.7)$$

이 식으로부터 점음원인 경우 거리가 2배가 될 때마다 약 6dB씩 감소하게 된다는 것을 알 수 있다.

이러한 소음의 자유 전파이론은 주위에 특별한 장애물이 없는 경우에 잘 맞는다. 그러나 대부분은 도시 소음의 경우에서와 같이 건물과 지형의 복잡성 때문에 소음의 자유 전파에 방해를 받는 경우가 많다. 따라서 임의의 지점에서의 소음도를 예측하기 위해서는 수음점에 영향을 줄 수 있는 주위의 소음 반사체와 흡음체 등의 특성을 모두 고려해야만 한다.

(1) 방음벽(혹은 차음벽)

<표 4.5>은 여러 가지 유형의 방음벽을 대상으로 점음원(화약 딱총)을 이용하

56) 중앙환경분쟁조정위원회, 「건설공사장의 소음추정방법 및 발파진동으로 인한 건축물 피해」, 1998. 7

여 측정·분석한 실측 차음량과 <그림 4.3>의 자료에 의해 방음벽 투과손실 크기별 차음량을 이론적으로 도출하여 대비한 것이다. 방음벽의 종류 및 방음벽 주위 입지여건에 따라 다소 차이는 있을 수 있으나 종합하여 볼 때, 3m 높이의 방음벽을 평탄지역에 설치할 경우 방음벽 배후지역에서 약 10dB 이상의 차음효과가 나타날 것으로 기대된다.

<표 4.6>은 실제 건설현장에 설치된 가설방음벽에 대한 차음성능을 조사한 사례이다. 표에서 알 수 있듯이 동일한 재질이라 하더라도 소음원의 종류, 소음원과 수음점, 방음벽의 위치에 따라 차음량이 다를 수 있다.

<표 4.5> 방음벽의 차음도

구분	Code No.	이격**** 거리 (m)	실측차음량 (dB(A))		이론차음량 (dB(A))	
			범 위	평 균	TL=20dB	TL=15dB
흡음형(금속흡음판)	a-1	10	13.0~16.0	14.1	17.2	13.5
흡음형(금속흡음판)	a-2*	10 20	13.7~14.2 9.7~11.0	13.9 10.4	16.5 15.7	13.0 12.8
흡음형(금속흡음판)	a-3	10 20	16.3~17.9 13.7~14.7	17.1 14.3	15.5 14.2	12.7 12.4
반사형(콘크리트)	b-1**	10 20	10.6~12.5 12.5~13.7	11.9 13.3	16.5 15.7	13.0 12.8
반사형(투명유리)	b-2	15	15.7~17.9	16.9	13.1	11.8
반사형(시멘트블록)	b-3	7	13.1~17.7	15.3	15.4	12.6
반사형(철판:0.3m)	b-4***	10 15	13.5~15.4 10.0~13.6	14.5 12.2	12.4 11.6	11.0 10.2
반사형(철판:1.2m)	b-5	10	9.1~11.0	10.1	11.2	10.0

주) * : 방음벽으로부터 15m 떨어진 지점에 5층 아파트 위치

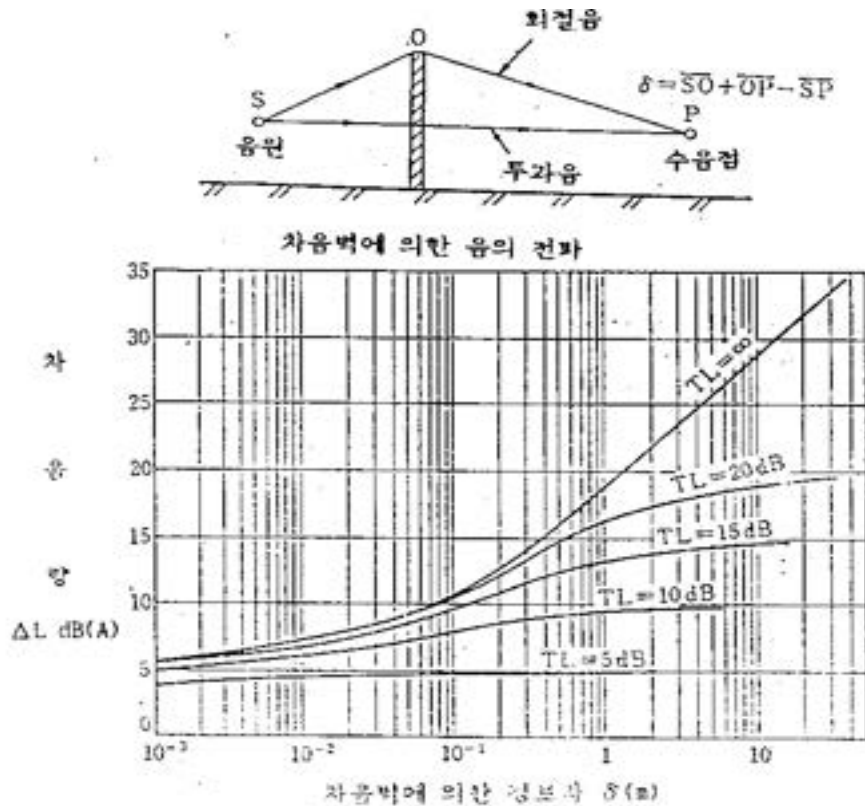
** : 방음벽 배후지역에 고층 아파트 위치

*** : 철판 위 1m 높이로 비닐천 설치

**** : 이격거리는 소음원으로부터 측정지점까지의 이격거리를 의미하며, 방음벽의 위치는 이격거리가 10m일 경우에는 중간지점, 이격거리가 20m일 경우에는 소음원으로부터 5m 떨어진 지점이다.

<표 4.6> 가설방음벽 차음성능 실측사례

소음원	이격거리 (m)	방음벽과 수음점간 거리(m)	방음벽없는 구간	방음벽있는 구간	차음량 (dB(A))	비 고
			$L_{eq}(dB(A))$	$L_{eq}(dB(A))$		
브레이커 작업	95	25	79.0	67.0	12.0	방음벽의 재질은 폴리우레탄으 로 동일
자동차 경적음	145	5	55.2	48.7	6.5	



<그림 4.3> 투과손실의 크기에 따른 차음벽의 차음량

주) 투과손실(TL)의 대략치는 다음과 같다.

- TL = ∞ : 두꺼운 콘크리트벽 또는 양질의 방음판넬을 이상적으로 집합한 경우
- TL = 20dB : 방음판넬을 양호한 상태로 집합한 경우
- TL = 15dB : 방음판넬을 보통의 상태로 집합한 경우
- TL = 10dB : 방음 시트 등의 방음재를 양호한 상태로 집합한 경우
- TL = 5dB : 방음 시트 등의 방음재를 보통의 상태로 집합한 경우로, 일반 건설현장 주변에 시설된 가설판은 이에 해당함.

(통상 건설공사장에 설치되는 방음벽 자재의 TL한계는 20dB 이하임)

(2) 방음벽

<표 4.7>은 기존의 흙 방음벽과 철도의 성토길을 대상으로 점음원을 이용하여 측정·분석한 실측 차음량과 $TL=\infty$ 로 본 방음벽의 이론 차음량을 비교하여 나타낸 것이다. 방음벽의 경우에도 전술한 방음벽과 마찬가지로 방음벽 주변의 입지여건이 차음도에 영향을 미치는 것을 알 수 있고 차음수준은 10dB(A) 내외로 나타남을 알 수 있다.

<표 4.7> 방음벽의 차음도

Code No.	이격거리(m)	실측 차음량 (dB(A))		이론 차음량 (dB(A))	
		범 위	평 균	TL = ∞	TL = 20dB
c-1*	15	9.6~12.8	10.7	15.3	14.1
	20	7.9~13.0	10.8	14.0	13.6
c-2*	16.5	11.8~12.6	12.2	15.0	14.0
c-3*	17	10.6~12.0	11.3	12.5	12.2
	22	8.0~12.6	10.0	11.8	11.5
c-4	17	16.1~20.8	18.6	15.8	14.5
	27	14.1~15.1	14.7	14.1	13.2
	37	11.7~12.7	12.3	13.0	12.5
c-5	30	14.0~14.9	14.6	14.0	13.4
	34	11.3~11.9	11.6	13.2	12.7

주) * : 방음벽 배후지역에 고층 아파트 위치

(3) 방음림

<표 4.8>는 수풀이 우거진 곳에서 점음원을 이용하여 측정·분석한 방음림의 차음효과를 보인 것이다.

<표 4.8> 방음림의 차음도

Code No.	수 폭(m)	실 측 차 음 량dB(A)		비 고
		범 위	평 균	
d-1	30	1.1~2.0	1.7	낙엽수, 밀식
d-2	15	1.2~1.3	1.3	상록수, 밀식
	17	1.8~3.4	2.6	상록수, 밀식
d-3	17	1.8~3.3	2.7	상록수, 밀식

<표 4.8>에서 보듯이 방음림의 수폭이 15~17m인 경우 차음도는 1.3~2.7dB(A)이고, 방음림의 수폭이 2배에 가까운 30m인 경우도 1.7dB(A)로 나타나 있다.

이를 종합하여 볼 때 방음림에 의한 차음효과는 수폭뿐만 아니라 수종, 수고, 밀식도 등을 복합적으로 고려하여야 함을 알 수 있으며, 대략적으로 차음효과는 20~30m 수폭에서 2~3dB 정도일 것으로 추정된다.

(4) 수직 고도별 소음분포

<표 4.9>은 점음원에 가까운 건설기계의 소음 공간분포를 파악하기 위해 조사 대상 건물 전면으로부터 20 및 40m 떨어진 1m 높이에서 점음원(화약 딱총)을 발생시켜 아파트의 수직고도별(1, 5, 9, 13층)로 측정한 소음분포를 나타낸 것이다.

<표 4.9>에서 보면 음원의 위치가 20m이든 40m이든 고층으로 올라갈수록 거리감쇠에 의해 소음도가 낮아짐을 볼 수 있으며, 이 현상은 음원이 멀어질수록 완화된다고 할 수 있다.

<표 4.9> 수직 고도별 소음도

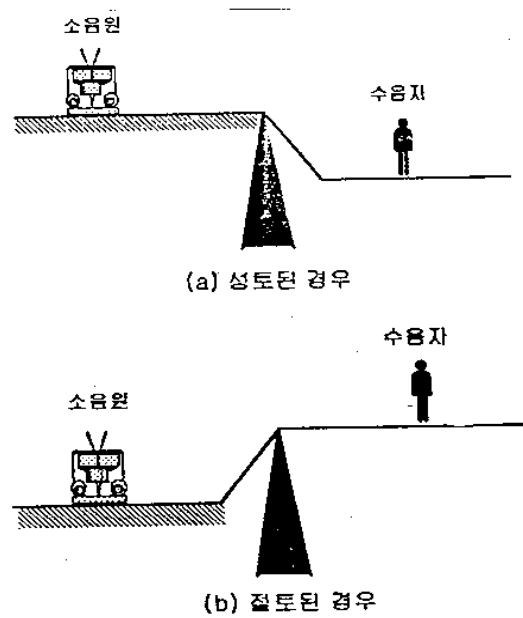
(단위 : dB(A))

층 별 \ 거 리 별	20m	40m
1층	88.2	85.8
5층	87.5	84.9
9층	86.5	84.2
13층	85.2	83.8

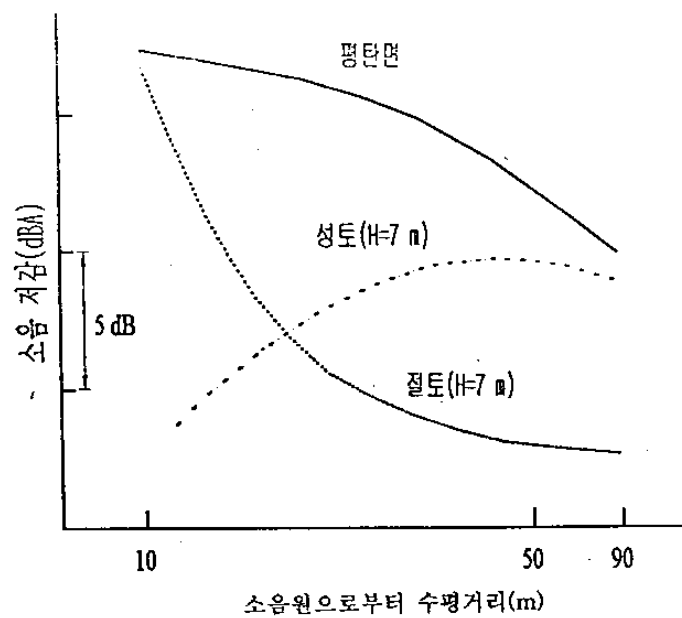
(5) 절토 및 성토지형의 소음 특성

일반적으로 음원과 수음자 사이에 높이 차가 있으면 기하학적인 거리 감쇠 효과 이외에도 추가적인 보상이 요구된다. 음향학적인 측면에서 음원과 수음자 사이의 고도차이를 분류하면 평탄 조건 이외에 <그림 4.4>과 같이 두 가지의 경우가 있다. <그림 4.4(a)>는 소음원이 공사장 주변 지역보다 높게 있는 경우이고, <그

림 4.4(b)>는 공사장이 주변지역보다 낮게 있는 경우이다. 이때 수음자쪽의 상대적인 고도의 차이에 따라 보상값을 고려해 소음예측값을 계산하여야 한다.



<그림 4.4> 성토 및 절토지형의 음향 특성



<그림 4.5> 평지, 성토 및 절토지형의 소음감쇠 효과

<그림 4.5>은 동일한 음원이 <그림 4.4>과 같이 놓여 있을 때에 음원과 수음자의 위치가 동일한 평지($H=0$), 음원이 수음자보다 높은 성토($H=7\text{m}$) 및 음원이 수음자보다 낮은 절토($H=-7\text{m}$)에 대한 소음 감쇠량을 표시하고 있다. 평지에 비해 성토부에 음원이 있을 경우 음원에 가까울수록 평지와 차이가 커서 소음저감 효과가 높게 나타나므로, 높은 곳의 인접 주택에서는 상대적으로 소음이 낮은 효과를 보게 된다. 절토부분은 소음원에서 멀어질수록 소음저감 효과가 크게 나타나며, 소음의 차단 효과가 우수함을 볼 수 있다. 따라서 지리적인 여건이 허용된다면 방해벽이나 여러 가지 소음 차음시설을 설치하기보다 공사장 주변을 절토시키면 소음 측면에서 가장 이득을 볼 수 있을 것으로 판단된다.

(6) 가옥이나 빌딩에 의한 소음 감쇠

소음이 전파하는 경로 상에 주택이나 빌딩과 같은 건물이 밀집되어 있는 경우 소음감쇠량은 건물의 높이나 밀집된 정도에 따라 달라진다. 주택이 여러 겹으로 밀집되어 있는 경우 소음원에 가장 인접해 있는 가옥에 의해 음의 감쇠가 가장 크게 일어나며, 일반 주택인 경우 소음 감쇠량은 대략 다음과 같이 감소되는 것으로 조사된 사례가 있다.

- 주택이 일렬로 가로막고 있을 때 : $5\sim 10\text{dB(A)}$
- 주택이 여러 개의 열로 놓여 있을 때 : 1열당 $1.5\sim 4\text{dB(A)}$
- 밀집된 주택군일 때 : $10\sim 15\text{dB(A)}$

가옥이 밀집되어 있지 않은 경우에 소음 감쇠량은 대략 $0.05\text{dB/m}\times r$ 로 계산된다. 여기서, r 은 소음원으로부터 수음점까지의 거리를 나타낸다.

4.1.2 평가인자 적용방안

가. 평가 소음레벨 적용방안

가축피해에 대한 소음의 영향을 평가하기 위해서는 우선 소음의 세기 혹은 빈

도와 같은 소음 발생상황에 대한 조사가 이루어져야 하고, 그 중에서도 소음레벨은 인과관계를 규명하는 가장 중요한 척도임에 분명하다. 더구나 대부분 귀납적 증명에 의한 가축피해 평가를 실시하고 있는 국내 분쟁조정 업무의 현실에 비추어 볼 때 정확한 소음레벨 산정 및 평가는 무엇보다 중요하다.

평가 소음레벨은 재현이 가능할 경우에는 계측하는 것을 원칙으로 하여야 하며 부득이 그렇지 못할 경우에는 관련 자료와 여러 가변적 요소들을 감안하여 세밀하게 예측하여야 할 것이다.

예를 들면 건설소음의 경우에는 공종별 소음수준 파악이 필요하고 같은 공종일 경우에도 공사진척에 따라 소음수준 변화를 파악하는 것이 필요하다. 평가 방법도 한 공종에서의 전반적인 평균 소음수준과 상위 5~10%이내의 최대 소음수준을 모두 예측할 필요가 있다.

이는 앞선 여러 사례분석에서 미루어 짐작할 수 있듯이 최대 소음수준(발생횟수는 상대적으로 낮음)에 의한 피해양태와 평균 소음수준(발생횟수는 상대적으로 높음)에 의한 피해양태가 다를 것으로 판단되기 때문이다. 즉 유·사산, 폐사와 같은 피해유형은 최대 소음수준에 영향을 받지만 성장지연, 유량감소, 산란을 저하, 생산성 저하, 쌍자율 저하, 산자수 감소 등과 같은 피해유형은 일정한 수준 이상의 소음과 그 소음의 빈도 혹은 발생기간에 더 많은 영향을 받을 것으로 추정되므로 평균 소음레벨과 발생기간에 대한 고려가 더 합리적인 것으로 사료된다.

따라서 피해양태에 따른 적절한 소음레벨 산정이 필요하고 이를 수의학적 진단 결과와 연계하여 평가하는 것이 무엇보다 필요하다.

나. 피해기간 산정방법 및 적용

본 절에서 언급하는 피해기간은 일정수준 이상의 소음에 노출된 기간을 의미하는데 이러한 피해기간은 개체별 순응성에 차이가 있으므로 축종마다 다를 것으로 짐작되고 피해형태에 따라서도 달리 적용되어야 할 것으로 판단된다.

한 예로 3.2.3절에서 제시한 사례에 의하면 비육돈의 증체량 저해에 대한 보상 문제에서 건설공사 영향기간이 10일 이하인 경우 10%, 30일 이하에서는 15%, 30일을 넘는 경우는 20% 정도로 증체량 저해 비율을 평가하였다.

<표 4.10> 제트기 소음에 의한 유량감소율 변화

년월	생산 유량 (되)	추정 유량 (되)	감소율 (%)	비 고	년월	생산 유량 (되)	추정 유량 (되)	감소율 (%)	비 고
55.6	1,120	1,305	-14.2	제트기	56.9	488	450	+ 8.4	유량격감시기
7	933	1,054	- 9.7	고공비행	10	566	550	+ 2.4	
8	825	925	-10.8	8월 21일 연습 후 가끔 비행	11	577	795	-27.4	유량급증시기
9	429	870	-50.7	9월 8일부터 본격적 연습시작	12	707	1,008	-29.9	"
10	193	681	-71.7	유량증가시기	57.1	861	1,114	-22.7	
11	413	810	-49.0		2	1,118	1,364	-18.0	
12	749	1,420	-47.3		3	1,405	2,232	-37.1	유량급증시기
56.1	926	2,077	-55.4	유량증가시기	5	1,651	2,573	-35.8	"
2	949	2,030	-52.3	"	6	1,508	2,310	-34.7	"
3	1,132	2,140	-47.1	"	7	1,438	2,062	-30.1	
4	768	1,900	-59.5		8	1,274	1,690	-24.6	제트기비행 중지
5	636	1,580	-59.7		9	1,103	1,230	-10.3	중지이후 2개월 후유장애
6	708	1,200	-41.0		10	940	1,008	- 6.7	
7	865	915	- 5.5	유량격감시기	11	1,164	1,033	+12.7	
8	670	682	- 1.8	"	12	1,613	1,012	± 0	유량증가시기

자료 : 와다 히로시, 일본 오카야마 대학 농학부

또한 <표 4.10>에서처럼 제트기 소음이 비유량에 미치는 영향에 대한 연구사례에서 보면 제트기가 본격적으로 운행한 직후에는 유량이 50~70%의 감소를 보이다 감소비율은 점차로 저하하여 1957년 7월에는 약 30%의 감소율을 나타내는데, 제트기가 비행을 중지한 7월 하순 이후에는 유량의 감소율이 8월 상순 26%, 중순 20%, 하순 10%로 점차 저하되고 11월에는 오히려 +13%, 12월에는 0%가 되어 대조구와 잘 일치함을 나타내고 있다. 하지만 제트기 소음의 영향이 없어져도 약 2개월 정도는 그 영향이 잔존해 있어 일단 받은 영향에서 완전히 회복하는데 약 2~3개월이 필요하다는 것을 보여주고 있다. 따라서 이러한 점들을 종합할 때 피해기간은 축종과 피해유형에 따라 달리 적용되어야 할 것이다.

다. 기타 평가인자 적용방안

소음레벨, 피해기간 외에 공학적 평가인자로 적용할 수 있는 요소는 암소음도,

충격성 여부, 진동수반 여부 등이다. 이러한 평가인자들에 대해서도 통계적 분석에 따라 피해규모와 보다 정량화된 상관관계를 규명하려 하였으나 신뢰성 있는 표본수의 부족으로 유의성 있는 결과를 획득하지 못한 것은 아쉬운 점이다. 하지만 국내·외의 가축 피해사례를 조사하는 과정에서 이러한 평가인자들에 대한 몇 가지 경향이 엮보이는 것을 확인할 수 있었고 추후 지속적인 통계자료가 구축되면 보다 나은 결론을 도출할 수 있을 것으로 믿는다.

먼저 3.2.3절에서 대상 소음도와 암소음도 상관관계 분석에서도 알 수 있듯이 대상 소음레벨과 암소음도의 차이가 클수록 피해율은 증가하는 것을 알 수 있다. 이는 대상 소음이 유사한 경우에는 암소음 정도에 따라 피해규모가 달라질 수 있음을 암시하는 데 정온한 음환경에 놓인 축사는 그렇지 못한 축사에 비해 가축피해가 클 것이라는 기대와 일치한다.

또한 3.2절에서 지적하였듯이 동일한 L_{eq} 값이라 할지라도 소음원이 충격성을 내포하고 있는 경우는 그렇지 못한 경우보다 피해가 클 것으로 예상되는데, 이는 항공기 소음과 건설소음에 대한 국내·외 피해사례 비교에서 건설소음에 의한 피해정도가 상대적으로 컸던 점, 건설소음에 의한 피해사례에서도 항타 소음, 브레이크 소음, 덤프트럭 후미 적재함 충격소음에 의한 피해사례가 많고 피해규모도 상대적으로 컸던 점이 그 가능성을 높게 한다.

마지막으로 진동수반에 따른 문제는 건설현장의 경우 거의 발파 및 항타 공중에 준한 문제로 보면 되는데 이러한 공중과 관련된 몇몇 피해사례에서 보면 소음레벨이 비교적 낮음에도 불구하고 피해적용율은 상대적으로 높아 진동이 수반된 경우 피해 정도가 가중될 수 있는 여지를 보여준다. 하지만 현재로선 그 영향 정도를 정량적으로 언급하긴 힘들는데 이는 상기 평가인자 뿐만 아니라 기타 여러 가지 영향인자의 상호 복합작용으로 피해가 발생하기 때문이다. 따라서 소음의 세기 및 빈도, 암소음수준, 피해기간, 진동수반 여부, 가축의 종류 및 상태, 사료의 종류 및 양, 관리형태, 기상조건, 지역조건 등 여러 개의 카테고리 구분하여 피해량과의 관계에 대해 수량화 분석을 시도하기 전에는 이러한 평가인자의 적용방안에 대해 현재로선 정량적 가중치를 적용하긴 힘들다. 다만 현재로선 피해규모 산정시 이러한 평가인자의 영향을 감안하여 피해적용율의 상호우열을 가리는데 활용될 수 있음을 확인한 정도이다.

4.2 수의학적 평가인자에 대한 연구

4.2.1 가축화정도, 품종, 연령, 수태여부 등에 따른 소음피해 형태 추정

가. 축종별(가축화정도), 품종별 소음피해 형태 및 특성

일반적으로 동물은 가축화 정도에 비례하여 환경에 적응도가 향상된다. 본 연구진의 그간 경험에 의하면 야생성이 강한 동물일수록 소음 등 외부 환경스트레스에 민감하게 반응하여 추돌, 유·조산, 급사 등 돌발사고 발생빈도가 높아진다. 그 이유는 야생성이 강한 동물일수록 소음·진동 등 환경스트레스에의 노출 기회가 적고 따라서 이와 같은 환경스트레스에 적응경험이 적기 때문으로 추정된다.

따라서 젖소나 한우 또는 흑염소보다 사슴이나 곰 등이 동일수준의 소음도에 노출되었을 때 피해규모가 심대해지며 육계보다는 산란계가, 닭보다는 오리가, 오리보다는 메추리가 예민하게 반응한다.

그러므로 환경분쟁조정시에는 이러한 요인을 감안하여 전문가의 소견을 바탕으로 가축화정도에 따른 가중치를 적용하는 방안을 강구할 필요가 있을 것이다. 본 연구팀의 견해로는 가중치는 0.1~0.25 수준이 적절한 것으로 판단된다.

나. 연령 및 수태여부에 따르는 특성검토

가축은 연령이 증가할수록 주변환경에 대한 적응도가 높아진다. 따라서 연령이나 산차(産次)가 많아질수록 환경적응이 높아져 소음에 대한 피해수준은 저감된다. 그러므로 피해수준 산정시 연령 및 산차는 주요한 고려요인으로 감안해야 할 것이다. 임신된 가축은 생리활동을 조절하는 호르몬 분비 양상이 독특하며 수태중에는 태아를 보호하고자 하는 모성본능이 발휘되어 외부스트레스에 극히 예민해진다. 또한 임신중에는 임신황체로부터 황체호르몬이 분비되어 자궁경관폐쇄, 자궁근수축방지 등 유산을 억제하는 생리기전이 발휘된다. 그러나 수태시 임계수준 이상의 소음에 노출되면 스트레스에 대한 반응으로 부신피질호르몬의 분비량이 급증되며 이에 따라 프로스타그란딘(prostaglandin)이 분비되어 임신황체를 용해시키고 자궁근육을 수축시켜 임신태아를 외부로 배출시키는 원동력으로 작용한다. 이 경우 옥시토신이 분비되어 자궁경관이 열리며 분만진통을 촉진시켜 결국 유산이나 사산·조산 등과 같은 비정상 분만을 야기시

킨다. 이와 같은 이상산(異常産)이 발생되면 후산정체, 패혈증, 유방염, 기립불능 등과 같은 후유증으로 이어져 피해수준을 가중시킨다.

4.2.2 사양관리 정도에 따른 가축피해 정도

방목을 하거나 충분한 면적의 운동장에 사육할 경우 또는 축사내 가축의 두당 점유면적이 넓을수록 소음스트레스에 대한 피해수준은 저감된다. 이와 반대로 밀사를 할 경우에는 환경스트레스가 가해지면 압사, 사지골절, 추돌 등에 의한 돌발피해가 증가된다. 아울러 축사의 통풍, 배수, 급수 등 사육환경이 우량하면 소음피해수준은 저감되게 마련이다. 축사구조나 시설등급도 우량할수록 외부 스트레스에 대한 저항성이 강해져 피해수준은 감소된다. 사육자의 전문성 및 성실성과 피해수준도 상관관계가 성립되기 때문에 현장조사시 이 부분에 대한 고려가 필요하다.

4.2.3 영양수준과 가축피해 정도

동물개체의 영양수준은 소음과 같은 외부 환경스트레스에 대한 피해수인 정도에 직접적으로 작용하는 주요 지표가 된다.

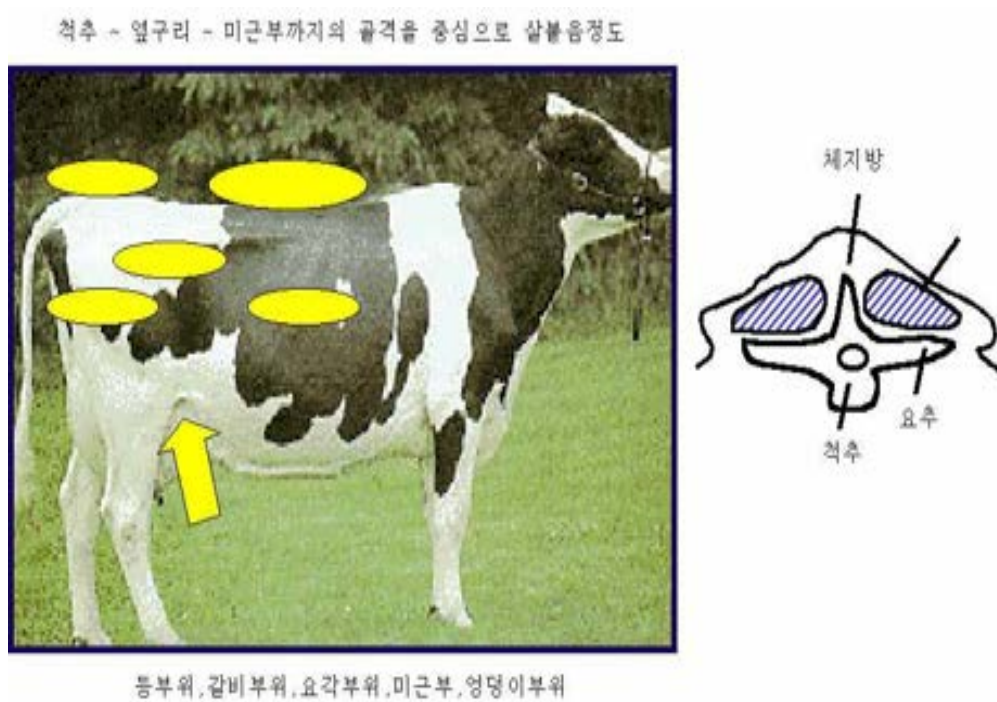
배합사료의 종류나 사료제조회사에 따라서도 이들 요인이 영양상태의 수준에 영향을 끼치므로 조사항목에 포함시킬 필요가 있다. 축종별 우수사료로 인정되는 배합사료 및 조사료 등이 있으므로 이는 전문가의 의견을 들어 참고할 수 있을 것이다. 동물별 영양상태 수준의 평가는 모색 및 윤기정도, 몸꼴(BCS), 혈액화학치 분석 등으로 가능하다.

그러나 현장조사시에는 과학적 데이터의 분석이 용이하지 않기 때문에 일반기준에 의해 행해지는 모색, 윤기, BCS 등을 주요 지표로서 활용할 수 있다. 이중 BCS은 영양상태의 최우선 기준이며 비전문가도 어느 정도 확인할 수 있는 사항이므로 이용도가 가장 높다. 따라서 본 란에서는 소, 말, 염소, 사슴 등 반추수에서의 영양수준 척도인 BCS에 대해 상술하기로 한다.

- 에너지를 체지방에 축적하고 있는 상태
- BCS가 끼치는 영향



<그림 4.6> 영양상태(몸꼴 : BCS)란?



<그림4.7> BCS의 관찰부위

<표 4.11> 젖소 비유초기 BCS 저하에 따른 예상 수태율

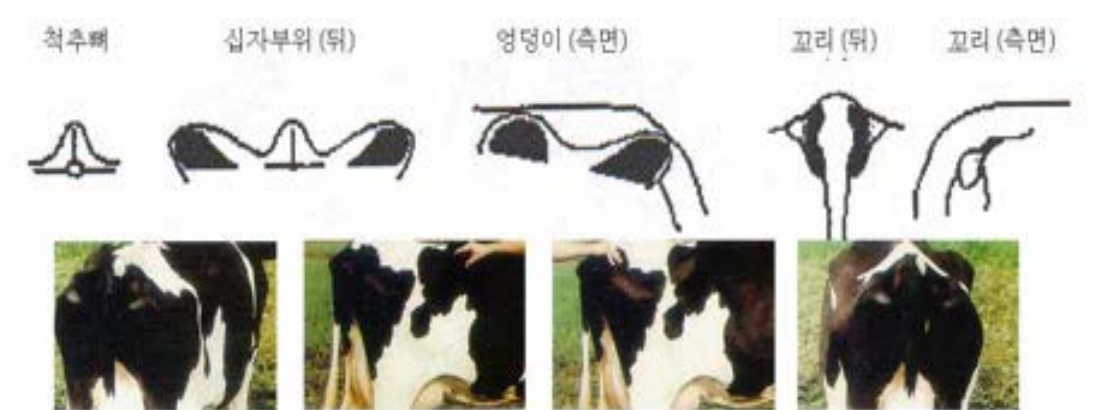
BCS 저하 정도	예상수태율	비 고
1미만	50%	
1이상 2미만	34%	
2이상	21%	

<표 4.12> BCS 1.0 - 불량상태



상 태	원 인
1. 척추뼈의 조개모양 마디가 흉하게 나타남 2. 요추골, 요각, 좌골선이 날카로움 3. 요각과 좌골 사이가 깊게 패임 4. 미근부 함몰 5. 엉덩이 살집이 적어 외음부 돌출	1. 케토시스 2. 고능력우, 초산우 3. 발굽장애 4. 영양장애

<표 4.13> BCS 2.0 - 약원상태(가)



상 태	원 인
1. 척추뼈의 조개모양 마디가 뚜렷함 2. 요추골, 요각, 좌골에 약간의 살집으로 뚜렷한 선 형성 3. 요각과 좌골 사이 둔부가 약간 들어감 4. 미근부 함몰	1. 비유초기 에너지 음균형 상태 2. 분만시 이 상태이면 추후 번식 및 유생산 성적 저하

<표 4.14> BCS 2.5 - 약원상태



상 태
1. 척추뼈와 갈비뼈가 드러나며 기타뼈는 관찰되지 않음 2. 요각과 좌골을 지지하는 딱딱한 인대 확인 3. 요각 부착 근육은 2.0보다 더 둥글하나 날카로움 4. 둔부의 깊은 함몰

<표 4.15> BCS 3.0 - 양호상태(양)



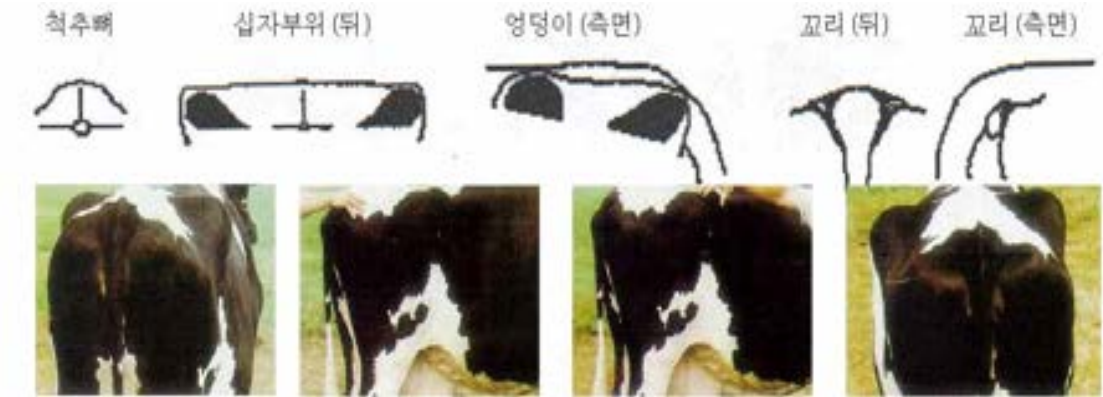
상 태	원 인
1. 척추뼈와 요추골은 육안으로 관찰되지 않고 접촉 감지 가능 2. 요각, 좌골부위 부드러운 윤곽 3. 요각과 좌골 사이 적절한 균형 4. 미근부 약간의 체지방 축적 5. 둔부 체지방 미숙	1. 비유중기 2. 건유, 분만시의 양호상태

<표 4.16> BCS 3.5 - 양호상태



상 태
1. 비유 젖소는 과비상태이나 건유우나 분만우는 이상적 상태임 2. 등뼈의 지방층 축진, 단늑골과 인대 지방도 축진 가능 3. 요각과 좌골이 평평하고 둔부 약간 함몰

<표 4.17> BCS 4.0 - 우량상태(우)



상 태	원 인
1. 척추뼈와 및 요추골 축진이 어려움 2. 요각 및 요추가 만나는 십자부위는 평편함 3. 요각과 좌골 사이 체지방 축적 4. 미근부 지방축적(주름이 없음)	1. 건유, 분만시 최상의 상태 2. 비유중기에는 과비 상태

<표 4.18> BCS 5.0 - 과비상태



상 태	원 인
1. 척추뼈의 축진 불가능 2. 요각, 좌골, 요추골 관찰 불가능 3. 미근부 체지방 과잉 축적	1. 후산정체, 유산 등 번식장애 유발 2. 자동 사료급여기에서의 도식 또는 사료과급

<표 4.19> 건유기 BCS와 산유량

BCS	비유단계(일령)별 산유량(kg/일)				
	80일 이하	80~159	160~239	239이상	계
2(가)	26.3	22.7	21.3	20.4	6971.6
3(양)	29.1	25.4	20.4	16.3	7032.0
4(우)	30.4	25.4	20.4	17.7	7216.3
5(지방우)	27.7	22.7	17.7	15.0	6444.5

*차기 비유기 유지방 4%의 일일우유 생산량

<표 4.20> 2개월령 육성우 BCS 2.0



상 태
1. 2~3주간 사료 섭취시까지의 상태 2. 척추돌기 부분에 약간의 근육부착, 고관절돌기, 좌골돌기, 척추돌기가 뚜렷함 3. 전체적으로 뚜렷한 골격유지

<표 4.21> 6개월령 BCS 3.0



상 태
1. 척추, 갈비, 고관절돌기, 좌골돌기 위에 적당한 근육부착 2. 고관절돌기와 좌골돌기가 둥글고 미끈함 3. 전체적인 골격과 근육의 균형

<표 4.22> 12개월령 BCS 3.25



상 태
1. 척추돌기 주위, 고관절돌기와 좌골돌기 사이 이상적인 근육 부착 2. 이 단계에서 빠르게 성장함

<표 4.23> 15개월령 BCS 3.5



상 태
1. 척추돌기 위에도 근육 부착 2. 고관절돌기와 좌골돌기 사이 평편하게 메워짐

<표 4.24> 24개월령 BCS 3.75



상 태
1. 모든 부위에 적당한 근육 부착. 고관절돌기와 좌골돌기의 불명료 2. 고관절돌기와 좌골돌기 사이 약간의 경사 관찰 가능 3. 척추돌기 불명료 4. 골격 관찰 어려움

<표 4.25> 이상적인 젖소의 BCS

시 기	BCS
분만시 - 비유초·중기 - 비유후기	3~4 2.6(2.75)~3.25 3.0~3.5
최고 비유시	2~3
건유시	3~4

4.2.4 사육현장 및 피해물 미보존시 피해규모 추정 방안

피해분쟁 조정이나 피해평가지 가축사육 현장이 이미 소실 또는 철거되었거나 피해물 미보존시에는 주장하는 피해여부 및 피해규모를 산정하기가 쉽지 않다.

이 경우 가장 기본적인 자료로 이용될 수 있는 것은 사육규모이다. 사육규모의 추정은 사료거래내역서(사료공급처 발행), 납유증명서(유가공업체 또는 집유업체 발행), 약품거래내역서(약품취급처 발행), 축산물거래내역서(농협 또는 직거래 대상처 발행) 및 진료나 인공수정기록부 등 자료를 종합하면 실체에 접근할 수 있는 수준으로 추정할 수 있다. 특히 5.3.2절의 <표 5.2>~<표 5.14>의 (일당)증체량 및 사료요구량을 참조하면 사료거래내역으로부터 용이하게 사육규모를 추정할 수 있다.

이에 비해 피해물 미보존시 피해규모 추정은 매우 어려운 부분이다. 이 경우는 피해자가 보유하고 있거나 내세우는 피해 관련 자료 등을 참조하거나 평소 거래했던 수의사 또는 인공수정사들의 증언을 토대로 간접 추정할 수도 있다. 그러나 유사현장에서의 관련자료와 상대비교함으로서 좀더 정확한 피해규모 파악이 가능할 것이다.

4.2.5 가축 및 축산물 가격기준 자료 선정방안

피해평가에서 피해수준의 산정은 가축 및 축산물의 가격기준이 중요한 요인중 하나이다. 물론 최적 가격기준은 실거래 가격이겠으나 이는 객관화가 어렵기 때문에 차선택으로 객관성을 확보할 수 있는 방안이 필요하게 된다. 이를 위해서는 농업통계정보(www.naqs.go.kr)의 축산별생산비소고를 참조하여 당시 시가를 적절히 고려하는 방법이 있다. 이때 농업통계정보는 최근 2~3년간의 평균치를 적용하고 시가는 당시의 축산물가격(농협제공)을 고려하여 정할 수 있다.

제5장 피해규모 산정방안

5.1 외국의 피해규모 산정사례⁵⁷⁾

5.1.1 피해규모 산정방식 및 조사항목

가. 피해규모 산정방식

3.2절의 국외사례 중에서 특히 일본의 피해규모 산정사례를 살펴보면 대부분 대조구를 설정하여 피해구와 일정기간 비교검토하여 피해규모를 산정하는 방식을 취하고 있음을 알 수 있다. 또한 보다 객관성있는 결론을 도출하기 위해 소음 이외의 환경요소를 최대한 균일하게 하는 노력을 공통적으로 취하고 있다. 즉, 소음 외에 피해지역과 유사한 환경을 가진 대조지점을 선정하여 비교의 대상으로 하거나 동일한 가축을 대조지점과 피해지역에 일정기간 이동사육하는 방식도 이용되고 있다. 또한 동일한 축사구조 및 환경 속에 녹음한 소음을 주기적으로 발생시켜 생체 반응을 비교하는 경우도 있다.

나. 조사항목

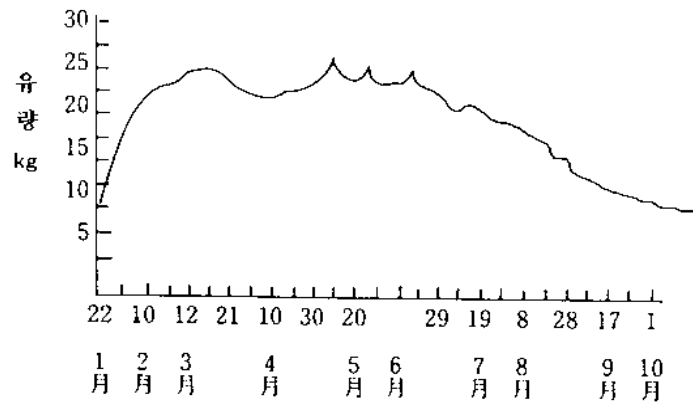
만약 대상축종이 젖소인 경우 조사는 크게 나누어

- 소음의 정도 및 빈도에 대한 조사
- 사육두수 파악
- 소음지구와 소음의 영향이 없는 지구에 대한 유량, 생체중 변화 기록

등에 대해 이루어진다. 이중 유량 비교의 경우에는 피해지구와 피해가 없는 지구의 유량비교에 의해 감소정도를 산정하기도 하고 <그림 5.1>과 같은 정상 비유곡선⁵⁸⁾에 대비하여 감소정도를 추정하기도 한다.

57) 桐山良賢, 「보상의 변천과 특수평가사례」, 1984

58) 비유량은 동물에 따라 일정한 패턴을 보이면서 변화해 가는데 비유량 변화를 보여주는 곡선을 비유곡선이라 한다.



<그림 5.1> 정상 비유곡선

5.1.2 피해금액 산정

가. 젖소 사례

N목장에서 1953년부터 1958년에 이르는 약 6년간 번식성적 및 유·조산 발생상황을 살펴보면 번식성적은 거의 연속 분만하고 양호하며, 제트기의 비행전인 1953년과 1954년에는 유·조산이 전무하며 마찬가지로 비행 중지 후 1957년 8월 이후에는 유·조산이 없었다.

하지만 제트기 비행이 극심했던 1955년과 1956년에는 유·조산이 각각 2건과 3건이 발생하였다. 이 사례에서는 유·조산에 기초한 유량의 감산 및 송아지 생산의 손실 피해를 다음과 같이 산정하였다.

① 유·조산으로 인한 유량의 감산에 기초한 피해

비유량의 감소비율은 전술한 정상 비유곡선을 통해 추정한 유량과의 차로부터 산정하고 이를 토대로 피해액을 000,000엔으로 산정함.

② 송아지의 판매 불능으로 인한 피해

유·조산된 태아의 성비는 1:1로 하며 수컷 2.5두와 암컷 2.5두에 대해 당시 수컷 송아지의 판매 가격을 토대로 산정함.

수컷 송아지 2.5두 금액 000,000엔

암컷 송아지 2.5두 금액 000,000엔
따라서 총 피해금액은 0,000,000엔으로 산정된다

나. 양계 사례

헬리콥터가 양계장 상공을 저공으로 비행하여 그 폭음으로 양계장에서 사육중인 닭이 난추 또는 난소위축으로 산란능력이 저하되어 폐계시킨 피해에 대한 산정 사례이다. 재판정이 인용한 손해배상액 산정식은 다음과 같다.

$$\text{피해보상액} = (\text{성계의 시가} - \text{폐계 처분가격}) \times \text{폐계 수}$$

다. 돼지 사례

건설소음·진동의 영향으로 인한 피해로서 보상청구 내용은

- 자돈의 발육불량에 대한 손실
 - 자돈폐사에 대한 손실(사산)
 - 비육돼지의 태중감량에 대한 손실
 - 일관경영에서 비육경영으로의 전환시 경영효율 저하에 대한 손실
- 등이다. 보상액 산정방법을 보상청구 내용별로 살펴보면 다음과 같다.

(1) 유산피해

임신 중에 공사의 영향을 받아서 사망한 태아(1배(腹) 2마리)의 손실은 이익 상당액으로 이익감소분을 보상한다.

$$\text{피해보상액} = \{\text{수익} - (\text{생산비} + \text{필요경비})\} \times \text{후가격율(後價格率)}^{59)}$$

여기서, 수익은 총수입-총비용을 의미한다.

59) 후가격율 : 기발생 손실금액에 적용하기 위한 비율

(2) 자돈의 발육 불량

임신 중에 공사의 영향으로 발육 불량이 된 자돈(1배(腹) 7마리)의 손실은 공기에 관계없이 출하 체중(110kg)에서 일률(一率)적으로 7할의 체중을 지육체중으로 환산하고, 통상 거래되는 지육가격을 곱하여 얻은 가격에서 출하판매 수수료를 공제한 액수를 보상하였다.

$$\begin{aligned} \text{피해보상액} &= \{ \text{출하체중} \times \text{손실돼지}(20\%) \times \text{출하두수} \times \text{돼지고기 비율}^{60)} \\ &\quad (70\%) \times (\text{시장가격} - \text{수수료}) \} \times \text{후가격률} \end{aligned}$$

(3) 비육돈

비육돈(25~110kg)이 공사의 영향으로 체중이 감소되는 손실은 경과일에 따른 증체량(增體量)에 공기를 곱하여 공사 기간중의 증체량(增體量)을 구해 이 값에 공기에 따른 체중감소비율을 곱하여 해당 공사기간중의 총 체중감소를 누적한다. 이것을 지육중량으로 환산하고 통상 거래되는 지육시장 가격을 곱하여 얻은 값에서 출하 수수료를 뺀 가격을 보상하였다.

$$\begin{aligned} \text{피해보상액} &= \{ (\text{경과일에 따른 증체량} \times \text{공기} \times \text{손실비율} \times \text{출하두수}) \times 70\% \\ &\quad \times (\text{시장가격} - \text{수수료}) \} \times \text{후가격률} \end{aligned}$$

60) 돼지고기 비율 : 거래될 수 있는 돼지고기의 비율

5.2 가축피해 조사내용

본 절에서 언급하는 소음에 의한 가축피해 평가절차 및 조사내용은 전술한 외국의 평가사례에서 나타난 내용과 그 동안 나름대로 발전을 거듭해온 국내 분쟁조정 평가내용들을 토대로 재구성하였다. 단, 여기서 다루는 대상 소음원은 가축피해 분쟁건수의 대부분을 차지하고 있는 건설소음 위주로 언급한다. 또한 분쟁조정 업무의 특성상 기 수행된 공사에 대한 과거시점의 피해에 대한 평가업무가 대부분이므로 이러한 사항을 충분히 감안하여 검토하였다. <그림 5.2>는 건설소음에 의한 일반적인 가축피해 평가절차를 나타낸 것이다.

대개 인과관계의 성립여부, 피해수준 등에 관한 피해자측과 가해자측 간에 견해차가 첨예하기 때문에 수의학 혹은 축산학부문과 소음·진동학부문의 각 전문가들에 의한 공정하며 객관적인 평가가 필수적이다.

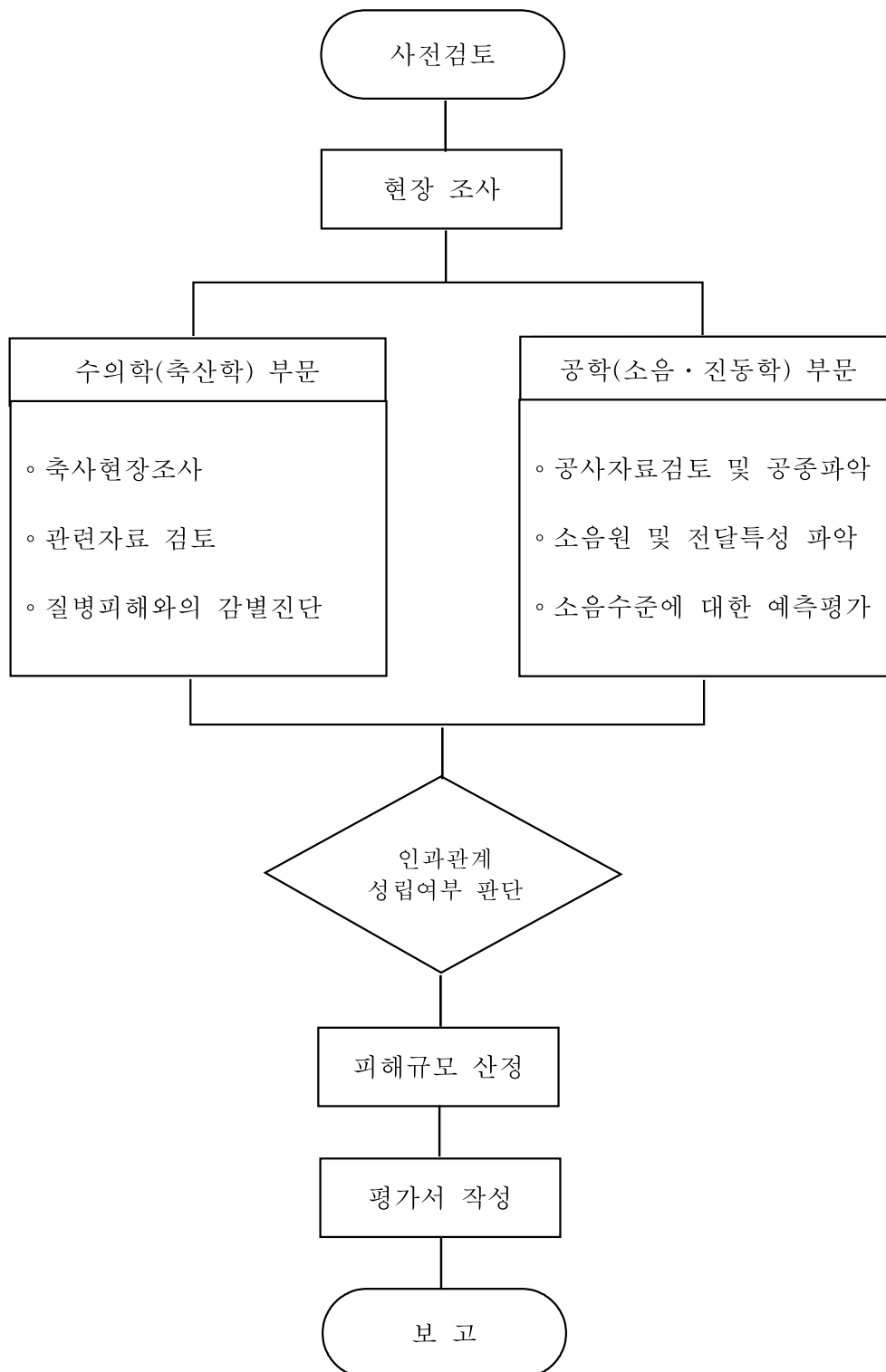
5.2.1 수의학(축산학)부문

가. 대상 농가 및 가축의 일반 현황

축주명, 동종업종 종사경력, 축종명, 사육규모, 입지여건, 사육특성(사료, 운동장, 구충, 급수 등), 예방접종상황, 기상상황, 당시상황, 당시 해당 축산물 가격동향, 사료 거래내역, 약품 거래내역, 축산물 판매내역 등.

(1) 쫓소목장

- 총 사육두수, 수태두수, 건유두수, 육성우두수
- 번식상황(직장검사, 초음파 검사기 진단), 개체별 수태월령, 생식기 질환명 및 상태 등
- 개체별 산유성적
- 최근 2년간 납유실적(유대, 유질 등 - 유업회사 발행 증명서)
- 최근 2년간 진료기록 및 인공수정 기록(폐사, 도태기록 포함)



<그림 5.2> 건설소음에 의한 가축피해 평가절차

(2) 한육우목장(젖소목장과 유사)

- 총 사육두수, 수태두수, 육성두수
- 번식상황, 생식기 보유질환명 등
- 최근 2년간 진료기록 및 인공수정 기록(폐사, 도태기록 포함)

(3) 양돈장

- 총 사육규모, 모돈수, 웅돈수, 후보돈수
- 평균 1복자돈수, 이유돈수, 출하돈수
- 최근 2년간 사양관리 기록 및 양돈수입 기록

(4) 양계장

- 입식가능규모(시설규모), 현 입식규모, 최근 2년간 입식규모 및 사양기록
- 출하율, 출하성적, 산란지수
- 최근 2년간 양계수입

(5) 육견장

- 총 사육두수, 품종, 모견수, 종견수, 자견수
- 최근 2년간 교배기록 및 자견 생산율
- 년간 출하율, 예방접종 기록
- 최근 2년간 육견장 사양관리 기록(폐사율 등)

(6) 양록장

- 품종, 총 사육두수, 성록수, 자록수, 종록수
- 총채취 녹용량 및 녹혈판매 상황
- 최근 2년간 양록수입액

나. 질병피해 여부에 대한 조사

해당지역의 인근농가에 대한 전염병 이환여부는 국립수의과학검역원 자료나 해

당지역 가축위생시험소에 문의하면 공식자료를 취득할 수 있으며, 인근의 공수의사 또는 개업수의사에게 탐문하여 파악할 수도 있다.

예방접종 여부는 예방백신 거래내역, 백신접종대장 또는 백신의 공병 등을 확인하거나 혈액을 채취하여 항체 보유여부로 정확히 검색할 수 있다.

위생관리 수준은 현장조사, 관리대장의 비치여부 및 작성의 성실도, 청결도 등을 조사·분석할 수 있다.

그 외에 개체별로 무작위 추출하여 임상학적, 임상화학적 검사를 통해 확인할 수 있다. 이 경우 조사항목은 다음과 같다.

(1) 피해대상물의 기본적 조사항목

- 혈액 및 혈액화학적 검사 : CBC, Differential count, Blood chemistry, Steroid H 및 GTH 등
- 병리조직학적 검사 : 유·사산 태아 및 부속물, 폐사체 등의 육안적·조직학적 검사
- 미생물 검사 : 내장 및 이상 조직으로부터 미생물의 배양, 분리, 동정에 의한 원인균 분석

(2) 감별진단

- 유산·조산·사산
 - 소 : Neo증(현재 국내 소유산 중 33.8% 수준을 점하고 있음), Brucella병, IBR, Trichomonas증, Chlamydia증 등)
 - 돼지 : PRRS, Parvo, Cholera, 돈단독, 오제스키병 등
- 도태·폐사
 - 소 : 전염성 질환, 제1위과산증, 유열, 난산, 기립불능 증후군, 고창증, 그라스테타니, 중독증
 - 돼지 : TGE, PED, 콜레라, 오제스키, 유행성 폐렴, 흉막 폐렴, Pasteurella성 폐렴, 위축성폐렴 등
 - 닭 : 가금인플루엔자, 가금티푸스, 마렉병, 백혈병, 콕시듐, 복수증
 - 사슴 : Pasteurella병, 발정기투쟁 및 교미창, 제1위과산증, 장독혈증

- 개 : 유열, 유방염 등
- 번식 관련 장애
 - 번식장애(무발정, 재발정, 저수태, 산자수 감소, 산란율 감소 등)
 - 난소낭종(황체성 낭종, 난포성 낭종), 난소기능부전, 난소위축, 배란지연, 돼지뇌심근염
 - 자궁내막염, 회음열상, 미이라변성, 태아침지, 자궁축농증, 프리이마아틴
- 이상산란 : 혈란 및 연란(유전적 요인 및 영양성 요인과 감별)
- 특수검사 : 면역학적 항체검사, 염색체 검사, 사료성분 분석, 독극물 검사 (유기인제, 유기염소제 등)

5.2.2 공학(소음·진동학)부문

건설 공사장의 특성상 소음과 진동이 동시에 발생하기 때문에 여기서는 편의상 소음과 진동에 관련된 부분을 같이 언급하기로 한다.

가. 공사현장 및 주변조사

- 소음·진동원 조사
 - 지속시간 및 발생빈도 조사, 시간 및 주파수 영역 특성조사
- 소음·진동원과 대상물과의 이격거리 조사, 대상물 현황조사
- 소음·진동 전달매질 특성조사
- 소음·진동문제 예측을 위한 지형 또는 장애물 조사, 입지여건
- 암소음·암진동 수준 파악

나. 공사자료 검토

- 설계도 및 시방서, 시공법 검토
- 공사 및 노선 주변 현황도면(진단 대상물 포함)
- 공사일지 및 작업예정공정표(발파 계획일정 포함)
- 지질조사 자료

- 발파 설계 패턴 및 발파일지, 관련자료
- 투입건설장비 제원조사

다. 시험발파 계측 및 평가(필요시)

- 시험발파 제원조사
- 이격거리별 소음·진동계측
- 지반의 응답특성 평가

라. 건설기계 및 발파소음·진동 예측 및 평가

- 합성 소음도, 감쇠공식, 투과손실(TL)산정 등을 통한 소음예측
- 회귀분석 혹은 감쇠공식 등을 이용한 진동 예측

5.3 가축 피해액 산정에 대한 조사절차표준

5.3.1 피해규모 산정기준

가. 축 종

축종은 소(젓소, 번식한우, 비육한우, 비육우 등), 돼지(품종, 모돈, 비육돈, 등), 닭(종계, 산란계, 육계 등), 염소, 양, 토끼, 사슴, 개(육용, 애완용 등)등 주요가축과 기타동물로 구분하여 적용한다.

나. 피해 대상두수

피해 대상두수를 파악하기 위해서는 전체 사육두수, 피해 임계수준내 분포두수, 성성숙 이후 번식 가능두수, 육성두수 등을 구분하여 조사하고 아래 관련자료와 자연 도태율 등을 감안하여 피해규모를 추정 산정한다.

- 근거자료 참조(수의사 진단서, 소견서, 관련사진, 실물재료, 증인 등)
- 유대 증명서, 출하 내역서, 약품 구입대장, 진료비 및 수정료 영수증, 사료 거래내역 등
- 기준자료 : 농림부 축산물 생산비 조사 보고

다. 피해항목

- 피해유형 I
 - 유산, 조산, 사산 : 정상분만과 이유후(젓소:초유떼기, 한우:젓떼기 등) 출하시의 정상가격(자연발생분의 이상산 제외)
 - 폐사 : 폐사당시의 연·월령, 산차, 생산능력 등을 고려 당시 정상가격(자연발생분 제외)
 - 도태 : 도태당시 정상 생산 능력 보유축 가격과 도태 가격과의 차(자연 발생분 제외)
 - 번식장애 : 치료비용, 공태기 연장에 의한 소득감소분(자축손실, 유대감소 등, 자연발생분 제외)

○ 피해유형 II

- 소 : 성장지연, 유량감소, 유질저하, 육질저하, 치료비증액 등
- 돼지 : 산자수 감소, 이유자돈수 감소, 출하돈수 감소, 출하일령 증가
- 닭 : 성장지연, 산란율 감소, 이상란율 증가, 약품비 증가 등
- 개, 곰, 염소 : 성장지연
- 사슴 : 녹용생산성 감소

이상의 내용을 종합하여 현장조사 및 자료분석시의 check list를 작성하면 <표 5.1>과 같다.

<표 5.1> 주요 가축피해 조사절차표준 Check list

항 목	Check list
축종 및 품종	소(한우번식, 한우비육, 겸용, 젃소, 젃소비육, 기타) 돼지(비육전업, 번식전업, 겸용, 기타) 닭(중계, 산란계, 육계, 오골계, 기타) 기타(염소, 사슴, 개, 곰, 오리, 기타)
대상두수	총 사육두수 : 두(수) 번식가능두수 : 두(수) 육 성 두 수 : 두(수) 피해범위두수 : 두(수) 기 타
근거자료원	피해물 근거자료 : 수의사진단서(소견서), 인공수정증명서, 유관기관증명서, 사진, 실물재료, 증언, 기타 수량 및 물량 : 생산 및 판매증명서, 약품 및 사료거래대장, 진료비 및 수정료 영수증, 기타
축산물가격기준	농림부 축산물 생산비 조사보고 축산신문 제공가격 실거래가격
피해유형	I 형 : 유·조산, 사산, 폐사, 압사, 子食症, 도태, 부상 II 형 : 성장지연, 유량감소, 유질저하, 육질저하, 산자수감소, 출하일령연장, 산란율감소, 이상란율증가, (녹용)생산성저하 등
사육환경	사육자경험 : 20년이상, 10~20년, 5~10년, 5년이하 사육자전문성 : 전문적, 중간, 비전문적 시설 : 자동, 반자동, 재래식 사육환경 : 양호, 중간, 불량

<표 5.1> 계 속

항 목	Check list
사료종류 및 예방접종	사료명(), 급여수준 : 과도, 적정, 미흡 예방접종명 : () 예방접종수준 : 철저, 중간, 미흡
질병관리 및 교배형태	질병관리 : 정기검진, 방문요청, 자가진료 교배형태 : 인공수정, 자가수정, 자연교배
축산물매매	가축구입 : 시장구입, 중간상인구입, 자가번식 축산물판매 : 농협의뢰, 중간상인매각, 시장매각
기타사항	

5.3.2 축종별 축산관련 지표

각종 동물별 축산 관련지표가 종합·일관되게 정리된 바는 아직 없다. 더구나 국내에서는 관련자료의 사례가 드문 편이다. 축산관련 분쟁사건의 처리기준 지표는 특히 현장적용시 피해자들의 체감지수와 근접한 수준이어야 한다는 특성이 있어 본 연구에서는 현장 중심으로 기 수행된 연구결과를 취합하였다.

그러나 이와 같은 기준수치 역시 사육규모별, 농가특성별, 당시 관련 물가에 따라 영향을 받기 때문에 실제 피해 평가시에는 사건별로 관계 전문가의 의견을 구할 필요가 있을 것이다.

(1) (일당)증체량 또는 사료 요구율

국내에서 발표된 동물별 (일당)증체량은 <표 5.2>~<표 5.14>에 제시한 바와 같다.

한우의 체중별 일당증체량은 <표 5.2>에서와 같이 150.8kg에서 개시하였을 경우 650kg과 같이 고급육형 장기비육보다는 450kg과 같은 단기비육형에서 0.07kg정도가 높다. 즉 장기비육형은 일당증체량이 낮으므로 피해조사시 비육형을 감안하여 성장지연여부 또는 지연정도 등을 검토해야 할 것이다.

<표 5.2> 한우 체중별 일당증체량(암수평균)

(축산기술연구소 '92)

구 분	출 하 체 중(kg)			
	450	550	600	650
개시체중(kg)	150.8	150.8	150.8	150.8
출하체중(kg)	452.4	550.7	603.4	651.8
일당증체량(kg)	0.98	0.96	0.95	0.91

한우숫소의 일당증체량은 <표 5.3>에서와 같이 거세우에서 약 0.18kg이 감소된다. 즉 거세우는 육질이 양호하여 경락단가는 높을 수 있으나 일당증체량이 낮아 경영 효율측면에서는 장·단점이 있다. 현장조사시 성장지연 또는 출하일수 연장 등의 항목에서 거세여부에 따라 적용해야 한다.

<표 5.3> 한우 비거세우와 거세우의 일당증체량

(축산기술연구소 '92)

구 분	비 거 세	거 세
개시체중(kg)	154.7	148.0
종료체중(kg)	550.7	551.3
일당증체량(kg)	0.96	0.78

한우암소의 육성기간에 따른 일당증체량은 <표 5.4>에서와 같다. 즉 22개월간 비육시 0.67kg으로 가장 우수하며 18개월의 단기비육시에는 0.59kg으로 낮은 수준이다. 따라서 현장 및 자료조사시 성장지연 비교기준으로 이 표를 이용할 수 있으며 예를 들어 24개월 사육시 평균 일당증체량이 0.60일 경우 피해수준은 $(0.65-0.60) \times \text{사육일수} \times \text{사육두수} \times \text{생체중단가}$ 를 적용할 수 있다.

<표 5.4> 한우 암소육성 비육기간에 따른 일당증체량

(축산기술연구소 '95)

구 분	비 육 기 간(개월)			
	18	20	22	24
개시체중(kg)	126.1	125.9	126.1	125.5
종료체중(kg)	338.6	379.9	449.8	477.5
일당증체량(kg)	0.59	0.60	0.67	0.65

육성기 : 체중의 1.5%, 비육전기 : 1.8%, 비육후기 : 자유

<표 5.5>는 젖소비육우의 일당증체량으로서 거세우보다는 비거세우가 우수하나 거세우에서는 출하체중에 따른 차이는 없이 1.00kg이며 비거세우에서는 650kg을 출하적기로 볼수 있다. 따라서 현장조사시 출하일수 지연여부 및 그에 따른 피해수준을 이 기준표에 적용할 수 있다.

<표 5.5> 젖소 비육숫소의 일당증체량

(축산기술연구소 '95)

구 분	비 거 세		거 세	
	550	650	550	650
개시체중(kg)	105.0	100.2	100.5	105.3
종료체중(kg)	555.0	655.0	562.0	645.8
일당증체량(kg)	1.10	1.14	1.00	1.00

<표 5.6>은 거세한우에서의 급여형태에 따른 비육기별 일당증체량이다. 예를 들어 조사대상 농가의 제한급여 형태의 비육후기 우군의 일당증체량이 0.90kg이라면 그 피해수준 계산은 $(0.97-0.90) \times \text{사육기간} \times \text{사육두수} \times \text{생체기준단가로}$ 하면 된다.

<표 5.6> 거세한우에 대한 자유급여와 제한급여의 영향

(축산기술연구소 '92)

구분증체량(kg)	자유채식	제한급여
육 성 기	0.89	0.66
비육전기	0.66	0.76
비육후기	0.67	0.97
전 기 간	0.74	0.75

<표 5.7>은 체중단계별 돼지의 일당증체량으로서 체중 90kg은 전체사육기간별 일당증체량이 669g이며 이 체중에 도달되는 기간은 생후 172일이란 뜻이다. 따라서 이보다 낮은 일당증체량을 보이거나 172일 이상 소요될 경우 성장지연 피해가 인정되는 셈이다.

또한 그 피해수준은 $(669 - \text{실제일당증체량}) \times \text{사육일수} \times \text{사육두수} \times \text{생체기준단가}$ 를 적용할 수 있다.

<표 5.7> 체중단계별 일당증체량(돼지)

(www.ipnc.co.kr)

체 중(kg)	일당증체량(g)		도달일수(일)	
	전기 간	기간별	생 후	단계별
30	440	440	92	25
50	548	627	126	34
70	609	764	149	23
90	669	885	172	23
110	705	857	197	25
130	707	716	224	27
150	622	693	255	31

<표 5.8>은 용돈의 계통별 증체량이다. 예를 들어 덴마크 HD종의 일당증체량이 900g이라면 그 피해액은 $(933 - 900) \times \text{사육기간} \times \text{사육두수} \times \text{생체기준단가}$ 이며 정육율이 50.0%라면 그 피해수준은 $(58.6 - 50.0) / 100 \times \text{생체중} \times \text{평균정육단가} \times \text{사육두수}$ 가 된다. 이때 정육단가는 전체생체중 가운데 순수정육부분의 단가를 뜻한다.

<표 5.8> 웅돈 사료요구율

(Pig International. 97년 1월호)

웅 돈 계	증체량(g/일)	사료요구율	정육비율(%)
덴마크 두록	952	2.80	58.3
덴마크 WD	942	2.84	58.5
네델란드 품종	944	2.99	57.4
덴마크 HD	933	2.84	58.6
독일 품종	924	2.92	58.5

<표 5.9>는 갈색 산란계의 성장단계별 주령말 적정체중이다. 조사대상 계군의 주령말 체중이 이보다 낮을 경우 그 피해는 (적정체중-실제체중)×사육두수×단가이다.

<표 5.9> 산란계(갈색계 기준) 주령말 적정체중

(www.koreanpoultry.com)

주 령	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
섭 취 량(g/일/수)	16	28	37	44	51	56	62	69	78	90
주령말적정체중(g)	130	270	420	570	730	890	1050	1220	1400	1580

육계의 성장표준은 <표 5.10>에 나타난바와 같다. 예를 들면 5주말령의 육계는 평균체중이 1401g이 되어야하며 1일 117g의 사료를 섭취하고 이때까지의 총 사료섭취량은 2362g이므로 누계사료요구량이 1.69가 된다는 의미이다.

실제 주령말체중이 이보다 낮거나 평균사료 요구량이 이보다 높을 때, 또는 사료 섭취량 누계가 이보다 많을 때 즉 누계사료요구율이 이보다 높을 때 직접적인 손실이 된다는 것이다.

<표 5.10> 육계 성장표준 & 사료섭취량

(www.koreanpoultry.com)

주 령	1	2	3	4	5	6	7
주말체중	145	361	656	1004	1401	1823	2248
평균 사료섭취량(g/일/수)	19	43	67	90	117	140	157
사료섭취량 누계(g)	135	440	911	1542	2362	3341	4439
누계 사료요구율	0.93	1.22	1.39	1.54	1.69	1.83	1.97

<표 5.11>은 점등종류별 사료요구율으로서 온종일 점등시 부분점등보다 사료요구율이 높다는 의미이다. 따라서 조사대상 양계장이 종야점등일 경우 사료요구율이 2.0 이상이며 소음피해 가능성이 높다는 의미이다.

<표 5.11> 육계의 사료요구율

(현대 양계 '97.4호)

점등 종류	사료요구율
종야 점등	2.0
점중 점등	1.85

<표 5.12>는 타조의 성장기준 속도이다. 예를 들어 6주령의 타조체중이 50kg 이라면 그 피해수준은 $(63-50) \times \text{사육두수} \times \text{타조체중단가로}$ 계산할 수 있다.

<표 5.12> 타조의 성장속도

(http://tajo2000.co.kr/research)

월 령	체 중(kg)	월 령	체 중(kg)
1일령	0.8~0.9	4	30~36
		5	45~48
1	4~6	6	60~65
2	11~15	7	80~100
3	20~25	8	100~130

<표 5.13>은 육성기별 타조의 사료요구율이다. 예를 들어 3개월령 타조의 사료요구율이 3:1이라면 소음피해를 인정할 수 있을 것이다. 그리고 그 피해수준은 타조사육 경험이 오래지 않은 국내 실정으로 미루어 전문가의 의견을 참조하는 것이 바람직할 것이다.

<표 5.13> 육성타조의 사료요구율

(타조의 사육, 창간호, 1998. <http://tajo2000.co.kr>)

기 간	사료요구율	비 고
부화~2개월령	2:1	
2~4개월령	2:1	
4~6개월령	3.8:1	
6~10개월령	5.5:1	6개월령 이후는 사료요구율 저조
10~14개월령	10:1	

<표 5.14>는 1987년부터 10년간의 연도별 한우 증체지표이다.

이 표는 우리나라 한우의 증체지표를 종합한 것으로서 각종 현장조사시 기준지표로 이용할 수 있다. 즉 단계별 표준체중, 증체량, 사료요구율, 도체율, 정육율, 상강도 등이 종합적으로 제시되고 있다. 이 자체가 피해수준 결정에 직접 적용될 수는 없을지라도 피해인과관계의 성립여부, 사양관리수준, 총사육두수추정의 기준지표가 될 수 있을 것이다.

이표에서 후대검정이라함은 검증되지 않은 소에 대한 각종 지표를 설정하여 그 성적을 검토함으로써 우량성 및 종모우 또는 종빈우로서의 가치 등을 판단하는 지표가 된다. 보증종모우라함은 후대검정 과정을 거쳐 우량성이 입증되어 정액을 채취, 인공수정에 제공할 수 있는 종모우를 뜻한다.

<표 5.14> 연도별 한우 증체지표

(한우개량 관련자료 1996 농림부)

	'87	'88	'89	'90	'91	'92	'93	'94	'95	'96	'97
<후대검정성적>											
공시두수(두)	27	28	32	32	29	17	28	39	35	35	
체중-생시(kg)	25.1	25.4	24.1	24.6	23.9	23.4	23.7	24.8	25.3	25.0	
-6개월령	150.6	148.4	145.1	117.0	141.1	156.5	153.0	140.4	144.5	147.6	
-12개월령	312.7	310.8	335.0	317.0	334.4	345.3	300.4	299.4	320.5	280.1	
-18개월령	444.9	450.1	447.4	439.3	479.8	486.3	496.5	465.6	428.5	459.3	
-22개월령	-	-	-	-	-	-	538.1	541.4	525.5	559.3	
일당증체량(kg)	0.85	0.88	0.87	0.89	0.98	0.91	0.84	0.84	0.85	0.92	
사료효율	5.76	5.93	6.56	5.42	5.25	6.27	7.24	6.90	5.71	6.67	
도체-도체율(%)	59.95	58.13	58.24	58.26	59.74	58.96	59.24	58.16	58.60	58.05	
-정육율(%)	-	44.07	44.27	44.44	45.80	45.37	45.14	-	-	-	
-상강도(점)	0.96	-	3.64	3.53	3.04	2.67	2.19	1.91	1.43	1.28	
-배장근	58.42	80.20	76.26	77.13	80.67	78.55	76.46	77.96	76.76	82.41	
단면적(cm ²)											
<보증종모우성적>											
선발두수(두)	20	20	20	20	20	11	19	21	23	20	
체중-생시(kg)	25.3	25.3	23.9	24.6	23.9	22.4	23.5	24.9	25.6	25.0	
-6개월령	150.6	148.8	140.9	109.6	141.6	151.0	152.6	142.5	143.0	150.3	
-12개월령	315.3	313.7	335.2	314.9	338.0	341.7	307.3	302.9	319.2	282.2	
-18개월령	448.7	451.1	450.3	438.5	486.7	487.4	498.0	471.5	448.9	463.6	
-22개월령	-	-	-	-	-	-	546.6	546.3	528.3	565.1	
일당증체량(kg)	0.86	0.89	0.89	0.91	1.00	0.92	0.87	0.85	0.86	0.94	
사료효율	5.69	5.88	6.50	5.34	5.16	6.19	7.08	6.88	6.85	6.61	
도체-도체율(%)	60.02	58.26	58.25	58.42	59.71	58.90	59.63	58.2	58.6	58.3	
-정육율(%)	-	44.09	44.15	44.38	47.72	45.31	45.42	-	-	-	
-상강도(점)	1.01	-	3.96	3.67	3.16	2.78	2.37	1.98	1.51	1.34	
-배장근	58.03	80.66	76.12	76.50	81.82	78.04	77.70	77.72	76.93	82.51	
단면적(cm ²)											

(2) 양돈 경영지표

<표 5.15>는 도드람사료(주)에서 사양가 농장을 대상으로 3년간 조사분석한 양돈 경영지표이다. 우리나라 중간 이상의 성적을 얻고 있는 양돈 경영지표로서 가치있는 기준치가 될 것이다. 분쟁조정사건 처리에서 <표 5.15>와 비교할 수 있는 농가성적을 입수할 수 있다면 가장 정확한 피해수준을 도출할 수 있을 것이다. 특히 사료요구율, 일당증체량, 증체kg당 사료원가, 출하두당사료비 등은 해당농가의 사양수준, 외부요인에 의한 피해수준 등을 계산하는 직접 지표가 된다.

<표 5.15> 양돈 경영지표

(도드람사료. http://dodram.co.kr/johab3_1.htm)

	1998년	1999년	2000년
전입두수(두)	2,260	21,676	16,957
평균 전입일령(일)	70.6	68.8	66.5
평균 전입체중(kg/두)	29.1	26.3	26.5
폐사율(%)	2.8	1.5	1.8
출하두수(두)	2,002	21,361	16,658
평균 출하일령(일)	173.8	172.6	169.9
평균 출하체중(kg/두)	109.3	108.4	106.6
사료사용량(kg)	478,460	5,141,585	3,801,560
사료요구율	3.01	2.93	2.87
평균 사육기간(일)	103.6	103.8	103.4
일당증체량(원)	766	793	769
kg당 사료단가(원)	216.3	219	213
증체kg당 단가(원)	651	640	612
출하두당 사료비	52,210	52,385	48,720

<표 5.16>은 한국, 미국, 일본의 양돈 경영지표이다. 이표에서 알수 있듯이 모돈의 평균도태산차, 모돈교체율, 평균이유일령 등의 객관적 지표로서 분쟁사건 조사시 이와 같은 사항을 비교할 수 있도록 자료 등을 요구하면 정확한 피해실체에 접근하기가 용이해진다.

<표 5.16> 한국, 미국, 일본의 양돈 경영지표(1999년)

(<http://www.jpnc.co.kr/pigchamp/pchamp20002.html>)

구 분	한 국		미 국		일 본	
	평균	상위 10%	평균	상위 10%	평균	상위 10%
평균 이유일령	21.7	18.6	18.0	14.8	21.4	24.9
1회이상 교배율(%)	92.7	99.7	87.3	99.0	89.6	98.5
도태모돈 평균산차	3.8	5.6	3.1	5.0	4.8	6.3
평균모돈 채고두수(AFI)	33	89	60	132	22	61
도 태 율(%)	28.6	8.1	44.6	25.5	36.7	48.3
교 체 율(%)	47.6	27.1	56.9	29.9	45.2	64.1
평 균 산 차	3.0	3.7	2.4	3.4	2.9	3.3
분만모돈 평균산차	3.59	4.70	3.1	4.1	3.84	4.4

<표 5.17>은 농진청 축산기술연구소에서 시험사양에 의해 도출된 양돈 사양지표이다.

조사대상 농가의 사양지표가 다음과 같을 경우에는 피해발생을 인정할 수 있는 객관적 자료가 된다. 모돈 회전율 즉 모돈의 연간 분만 횟수가 2.2회 이내일 경우, 복당산자수 즉 모돈의 1회 분만 산자수가 10두 이하일 경우, 1복당 이유두수 즉 젖 떼기 자돈수가 모돈당 9.6두 이하일 경우, 육성기를 거쳐 식육으로 출하시 두수가 이유두수대비 98.5% 이하일 경우, 모돈당 연간 비육돈 출하두수가 21두 이하일 경우, 출하일령이 체중 110kg 기준으로 180일 이상일 경우, 모돈의 연간 교체율이 30% 이상일 경우 등이다.

<표 5.17> 양돈 사양지표

(www.farmskorea.co.kr/sisul6.htm)

항 목	지 표	지표기준
모든 회전율	2.2회	2000년대 기술지표 (축협중앙회)
복당 산자수	10두	"
복당 이유두수	9.6두	"
출하 육성율(이유두수비)	98.5%	"
모든 두당 연간 비육돈 출하두수	21두	"
출하체중	110kg	"
출하일령	180일	축산기술연구소
모든 연간 교체율	30%	기본축 대비비율
후보돈 선발율	80%	후보돈 입식두수 대비
용돈 보유두수	종번돈 17두당 1두	중부이용기간:3세

(3) 한우 번식지표

<표 5.18>은 사육규모 100두를 기준으로한 일반농가의 한우번식 관련자료를 종합정리한 것이다.

<표 5.18> 일반농가의 한우 번식지표(사육규모 100두 기준)

(<http://agis.nlri.go.kr/korea>)

항 목	지 표
초중부월령(월)	14
분만간격(월)	12
분만후 공태기간(일)	85
수태당 수정횟수(회)	1.6
1차 수정시 수태율(%)	60
분만후 60일이내 발정재귀율(%)	85
분만후 60~84일 교배두수(%)	90

다음과 같은 경우에는 피해발생을 인정할 수 있게 된다. 즉 첫 수정월령이 14개월 이상일 경우, 분만간격이 12개월 이상일 경우 분만후 채수태까지의 공태기간이 85일 이상일 경우, 수태가 될 때까지의 수정횟수가 1.6회 이상일 경우, 첫 수정시 수태율이 60% 이하일 경우, 분만후 60일 이내의 발정 발현율이 85% 이하일 경우 등이다.

(4) 산란 성적지표

<표 5.19>은 갈색계 기준으로 산란기별 산란능력표준으로 주령별 사료섭취량과 표준체중 및 산란율을 나타낸 것이다. 만일 이 기준보다 사료섭취량이나 표준체중 또는 산란율이 저하된다면 소음 등 외부요인에 의해 피해가 발생했다는 증거가 되며 이들 지표보다 하락정도에 따라 피해수준을 유추할 수 있다. 이 경우 피해수준은 전문가의 견해를 참조하는 것이 좋을 것이다.

<표 5.19> 산란능력표준(갈색계 기준)

(www.koreanpoultry.com)

주 령	21	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75
섭취량(g/일/수)	92	115	127	125	123	122	120	119	118	118	117	116
표준체중(g)	1680	1800	1930	2020	2040	2070	2100	2120	2140	2160	2180	2200
산란율(%)		70	93	89	85	81	78	75	72	67	65	64
계	산란초기단계				산란중기단계				산란말기단계			

<표 5.20>은 백색계 및 갈색계에서의 연간 산란지수와 평균 난중량 및 연란 또는 파란율을 나타낸 것이다. 예를 들어 갈색계를 사육중인 양계장에서 산란지수가 250.8개라 하면 그 피해수준은 $(299.8-250.8) \times \text{성계사육두수(수)} \times \text{난가가}$ 된다.

또한 예를 들어 백색계를 사육중인 양계장에서의 연파란율이 3.45%라 하면 그 농가의 피해수준은 $295.9 \times (3.45-1.45) / 100 \times \text{성계사육두수} \times \text{난가가}$ 된다.

<표 5.20> 실용계의 산란지수 & 연파란율

(제21차 경제능력검정성적)

출품번호		1	3	4	5	6	7	8	9	평균
백 색 계	산란지수(개)	253.5	294.9	284.1	286.3	315.1	302.9	248.9	300.0	295.9
	난 중(g)	58.9	65.4	60.5	59.0	58.3	59.4	60.9	61.0	59.9
	연파란율(%)	1.1	1.6	0.9	1.7	1.4	0.9	2.7	1.4	1.45
갈 색 계	산란지수(개)	320.8	295.3	275.1	312.7	301.0	298.8	300.6	294.0	299.8
	난 중(g)	62.2	62.8	62.6	63.9	62.5	62.4	64.2	63.2	62.96
	연파란율(%)	0.8	0.8	1.2	0.8	1.0	1.2	1.2	1.4	1.1
출품번호		2	10	11	12	13	14	15	16	평균

(5) 타조의 산란지표

<표 5.21>은 타조의 산란지표로서 연간 산란수 또는 부화율이 각각 50개 이하 또는 50% 이하일 경우 피해를 인정할 수 있을 것이다.

예를 들어 성숙한 암컷 타조를 300수 사육하는 농가에서 연간산란수가 15개라면 그 피해수준은 $(50-15) \times 300 \text{수} \times \text{타조난가가}$ 된다.

<표 5.21> 타조의 산란지표

(<http://tajo2000.co.kr>)

항 목	능 력
연간 산란일수(일/년)	120±20
연간 산란수(6~2월)	50±20
부 화 율(%)	50±30
산란기별 산란수(자연상태)	12±6

(6) 축종별 성성숙기

<표 5.22>은 주요축종의 성성숙기로서 소음과 같은 외부스트레스가 지속적으로 가해질 경우 성성숙기가 기준치보다 지연된다.

성성숙기의 지연수준은 피해금액 산정시 직접 적용될 수 있는 지표는 아니지만 피해 인정여부에서는 중요한 자료로서 이용할 수 있다.

<표 5.22> 축종별 성성숙기

(인공수정과 수정난이식, 1999. 민음사)

구 분		성성숙월령	구 분		성성숙월령
한 우	♀ ♂	18~24 18	면 양	♀ ♂	6~8 6~8
유 우 (Holstein)	♀ ♂	10~15 15	산 양	♀ ♂	4~6 4~6
말	♀ ♂	15~24 15~24	토 끼	♀ ♂	3~5 3~5
돼 지	♀ ♂	5~7 5~8	닭 (Leghorn)	♀ ♂	145~150일 145~150일

(7) 축종별 성주기

<표 5.23>는 축종별 성주기로서 이들 기준치보다 성주기가 연장되거나 단축될 때 또는 불규칙주기형을 띄우면 외부요인에 의한 영향으로 인정되어 피해유발 인과 관계를 인정할 수 있게 된다. 다만 이와 같은 성주기의 장·단은 피해수준을 산정 하는데 직접 적용될 수 있는 지표는 아니다.

<표 5.23> 축종별 성주기

(인공수정과 수정난 이식, 1999.민음사)

가 축	성주기(일)
면 양	16~17
산 양	21
돼 지	19~20
소	21~22
말	19~25

(8) 소, 말, 양의 유산율

소와 말, 양(면양, 산양)의 자연유산율은 소-5~8%, 말-10~15%, 양-1~5%이다.
(수의산과학, 1997. 영재교육원)

(9) 돼지 폐사율

<표 5.24>은 웅돈과 모돈의 평균 폐사율로서 거세보다는 비거세 웅돈에서 인공 수정보다는 자연교배 모돈에서의 폐사율이 높은 것을 알 수 있다. 이것은 비거세 웅돈은 발정모돈에 대한 성욕향진에 의해 추돔, 골절 등과 같은 외상발생율이 높아 폐사율이 증가된다. 아울러 인공수정 모돈보다 자연교배 모돈의 폐사율이 높은 것은 자연교배시 타 모돈에 의한 돌발승가, 타 모돈에의 승가시 외상 또는 웅돈에 의한 교배시 외상 등으로 폐사율이 증가된다. 이와 같은 폐사율은 자연폐사율이므로 피해농가조사시 전체폐사율에서 기준폐사율을 감쇄하여 적용해야 한다.

<표 5.24> 돼지의 평균 폐사율 (수의산과학, 1997. 영재교육원)

구 분	평균 폐사율(%)	
	거 세	비거세
웅 돈	2.2	3.8
	인공수정	자연교배
모 돈	8.1	11.6

5.3.3 피해액 산정

일단 소음수준과 발생횟수가 가축피해와의 인과 관계가 입증되면 전술한 절차에 의해 축종별 피해종류와 피해규모가 결정되어야 한다. 그리고 이러한 피해규모를 토대로 피해액은 실질적으로 계산 가능한 요소들로 구성하여 산정할 수 있다. 축종별로 혹은 피해형태별로 피해액 산정방식이 다르고 피해액 산정의 구성요소에 대한 정의도 조금씩 차이가 나는 것이 사실이나 동일 축종에서 피해유형 I 과 피해유형 II에 대한 피해액 산정 방식을 표준화하여 제시하면 다음과 같다.

가. 피해유형 I 에 대한 피해액 산정(예 : 젖소)

대표적인 피해양태인 폐사에 대한 산정식은 아래와 같은 형식을 취하는 것이 좋을 것이다.

$$\text{피해액} = \text{피해두수} \times (\text{시세 또는 기준가} - \text{처분가 또는 기준가})$$

단, 여기서 피해두수는 자연도태율을 제외한 순수한 피해두수를 의미하며 유·사산의 경우에는 피해두수와 가격에 대한 정의가 약간 다르다.

나. 피해유형 II에 대한 피해액 산정(예 : 젓소)

대표적인 피해양태인 유량감소에 대한 산정식은 아래와 같은 형식을 취하는 것이 좋을 것이다.

$$\text{피해액} = \text{평균유대} \times \text{유량감소량} \times \text{피해기간}$$

여기서, 평균유대는 기납유 실적 평균치 등으로 산정할 수 있고 유량감소량은 정상 비유곡선에 대비한 감소 정도를 의미하며 피해기간은 피해유발수준 이상의 소음에 노출된 기간과 후유장애 기간이 포함되어 산정되는 적용율이다. 후유장애는 환경 스트레스의 가해요인이 종료된 이후에도 가축들이 일정기간 유지되는 피해를 뜻하며 본 연구팀에서는 피해기여기간이 연속적으로 30일 이상일 경우 후유장애 기간을 30일로, 30일 이하일 경우 그 기간에 따라 후유장애 기간을 1~30일로 적용하는 방안을 권장한다.

<표 5.21>는 금번의 국내·외 조사자료 및 기 연구성과 보고서⁶¹⁾의 내용을 토대로 피해액 산정시 참조할 수 있도록 피해 발생율을 도표화한 것이다. 금번에 조사된 사례들로 인해 일부 수정된 사항이 있으나 여전히 사례가 부족한 축종의 경우에는 유사 축종의 피해발생율을 참조하여 적용하였으므로 추후 피해사례 및 연구결과에 따라 보완이 필요할 것으로 판단된다. 단, 이 표에서 나타난 소음도는 폐사, 유·사산, 압사, 부상 등의 피해유형 I은 즉음적 최고소음치에서 피해가 유발된다는 특성에 기초하여 최고소음도(L_{max})를, 생산성저하, 성장지연, 산자수감소 등과 같은 피해유형 II는 통상 장기간에 걸쳐 발생하는 피해특성임을 감안하여 등가소음도

61) 환경부 중앙환경분쟁조정위원회, 「소음으로 인한 피해의 인과관계 검토기준 및 피해액 산정 방법에 관한 연구」, 1997

(L_{eq}) 지수를 채택하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

전술한 바와 같이 대부분의 가축에서 피해임계수준은 60~70dB(A) 범위에서 결정될 수 있을 것으로 판단되나 일부 국내·외를 토대로 볼 때, 사육환경 및 시설불량, 개체의 허약상태 등 예외적인 경우에는 50~60dB(A) 범위에서도 피해발생이 가능할 것으로 예상되므로 이를 삽입하였다. 하지만 이 자료를 실제 피해액 산정에 적용할 때에는 여러 가지 영향인자들을 복합적으로 고려해야 하며 피해액 산정을 위한 가중치와 우선 순위는 각 분야 전문가의 의견을 종합하여 판단하고 특히 예상되는 소음수준이 70dB(A) 이하일 경우에는 보다 세밀한 조사와 신중한 평가가 요구된다.

<표 5.25> 소음에 의한 축종별 피해 발생율

현황		dB	50~60	60~70	70~80	80~90	비 고
젖소	유생산성 저하		5~10%	10~20%	20~30%	30%이상	
	성장지연		0~ 5%	5~10%	10~20%	20%이상	
	유·사산			5~10%	10~20%	20%이상	
	번식효율 저하			5~10%	10~20%	20%이상	
	폐사			5~10%	5~10%	10~20%	
한우	유·사산			0~ 5%	5~10%	10~20%	
	번식효율 저하			5~10%	10~20%	20%이상	
	성장지연			5~10%	10~20%	20%이상	
	폐사			0~ 5%	5~10%	10~20%	
돼지	유·사산		0~ 5%	5~10%	10~20%	20%이상	
	자돈압사·폐사		0~ 5%	5~10%	10~20%	20%이상	
	산자수 감소		0~ 5%	5~10%	10~20%	20%이상	
	번식효율 저하			5~10%	10~20%	20%이상	
	성장지연			5~10%	10~20%	20%이상	
	모돈폐사				5~10%	10~20%	
닭	산란율 저하		5~10%	5~10%	10~20%	20%이상	기러기, 꿩 등 야생조류는 닭보다 피해율이 높음
	이상란율 증가		0~ 5%	5~10%	10~20%	20%이상	
	수정란율 저하		0~ 5%	5~10%	10~20%	20%이상	
	폐사			5~10%	10~20%	20%이상	
	성장지연			5~10%	10~20%	20%이상	
개	유·사산			0~ 5%	5~10%	10~20%	인과요인이 번식계절에 가해질 경우임
	자견폐사			0~ 5%	5~10%	10~20%	
	번식효율저하			0~ 5%	5~10%	10~20%	
	성장지연			5~10%	10~20%	20%이상	
	산자수 감소			0~ 5%	5~10%	10~20%	
사슴	유·사산			0~ 5%	10~20%	20%이상	인과요인이 번식계절에 가해질 경우임
	수태율 저하			0~ 5%	5~10%	10~20%	
	성장지연			5~10%	10~20%	20%이상	
	녹용생산성 저하			0~ 5%	10~20%	20%이상	
	폐사			0~ 5%	5~10%	10~20%	
곰	유·사산			5~10%	10~20%	20%이상	인과요인이 번식계절에 가해질 경우임
	수태율 저하			0~ 5%	5~10%	10~20%	
	성장지연			5~10%	10~20%	20%이상	
	폐사				5~10%	10~20%	
	산자수 감소				0~ 5%	5~10%	
염소	쌍자율 감소			0~ 5%	5~10%	10~20%	인과요인이 번식계절에 가해질 경우임
	수태율 저하			0~ 5%	5~10%	10~20%	
	성장지연			0~ 5%	5~10%	10~20%	
	폐사				5~10%	10~20%	

이상의 결과를 토대로 축종별, 피해 형태별로 산정식을 요약 정리하면 <표 5.26>과 같다.

<표 5.26> 가축 피해금액 산정식의 예

현황		예상 피해액 산정식	비고
젖소	유량감소	평균유대(기납유실적 평균치)×유량감소량×(피해기간+후유장애기간)	
	성장지연	육성우가격×육성우두수×성장지연율×(피해기간+후유장애기간)/365	
	유·사산	초유떼기송아지가격×피해두수	
	모체도태	(시세 또는 기준가-처분가 또는 처분기준가)×피해두수	
	폐사	시세 또는 기준가×폐사두수	
한우	유·사산	젖떼기가격×피해두수	
	번식효율저하	젖떼기가격×가임성우두수×번식효율저하율×(피해기간+후유장애기간)/365	
	성장지연	육성우가격×육성우두수×성장지연율×(피해기간+후유장애기간)/365	
	폐사	기준가격×폐사두수	
돼지	유·사산	유·사산두수×자돈가	
	자돈압사·폐사	압사·폐사두수×자돈가	
	산자수감소	산자수감소분×자돈가	
	번식효율저하	모돈수×10두×번식효율감소율×자돈가×(피해기간+후유장애기간)/365	
	성장지연	모돈수×10두×성장지연율×육성돈가×(피해기간+후유장애기간)/365	
	모돈폐사	폐사두수×모돈가	
닭	산란율저하	정상산란수×산란저하율×(종)난가×(피해기간+후유장애기간)/365	
	이상란율증가	정상산란수×이상란율증가율×(종)난가×(피해기간+후유장애기간)/365	
	수정란율저하	정상산란수×수정율저하율×종란가×(피해기간+후유장애기간)/365	
	폐사	폐사두수×중추가(중계,육계)	
	성장지연	사육두수×성장지연율×중추가(중계,육계)×(피해기간+후유장애기간)/365	
개	유·사산	유·사산두수×자견가	
	자견폐사	자견폐사두수×자견가	
	번식효율저하	모견수×번식저하율×평균산자수×자견가×(피해기간+후유장애기간)/365	
	성장지연	사육두수×성장지연율×자견가×(피해기간+후유장애기간)/365	
	산자수감소	모견수×평균산자수×산자감소율×자견가×(피해기간+후유장애기간)/365	
사슴	유·사산	유·사산두수×자록가	
	수태율저하	모록수×수태저하율×자록가×(피해기간+후유장애기간)/365	
	성장지연	육성록수×성장지연율×육성록가×(피해기간+후유장애기간)/365	
	녹용생산성저하	웅록수×녹용생산성저하율×녹용가×(피해기간+후유장애기간)/365	
	폐사	폐사두수×시가 또는 기준가	
곰	유·사산	유·사산수×자돈가	
	수태율저하	모웅수×수태율저하율×자웅가×(피해기간+후유장애기간)/365	
	성장지연	육성웅수×성장지연율×육성웅가×(피해기간+후유장애기간)/365	
	폐사	폐사두수×시가	
	산자수감소	모웅수×산자수감소율×자웅가×(피해기간+후유장애기간)/365	
염소	쌍자율감소	암염소수×1.5(평균산자수)×쌍자율감소율×어린염소가격×(피해기간+후유장애기간)/365	
	수태율저하	암염소수×1.5(평균산자수)×수태율저하율×어린염소가격×(피해기간+후유장애기간)/365	
	성장지연	육성염소수×성장지연율×육성염소가×(피해기간+후유장애기간)/365	
	폐사	폐사두수×시가	

※ 이외의 가축은 유사축종을 기준으로 산정함

제6장 결 론

본 연구보고서는 축종별 피해임계수준 도출을 위해 각종 규제기준 고찰, 문헌상에 나타난 연구사례 수집, 국내 분쟁조정사례와 기타 평가자료 수집 및 통계분석에 주안점을 두었으나, 특히 통계분석은 국내·외 관련 사례 및 자료가 한정적이고 체계가 미흡하여 불완전한 형태로 정리할 수 밖에 없었다. 그러나 몇 가지 의미있는 결과를 도출할 수 있었고, 향후 완벽한 평가기준 설정과정에 기여할 수 있을 것으로 판단된다.

가. 본 연구에서는 먼저 규제기준, 배상기준, 피해임계수준 등 용어에 대한 개념정립이 필요함을 절감하여 이에 대한 연구팀의 견해를 정리하였다. 인체 중심의 규제기준은 실제 물리적 피해가 발생하는 피해수준보다 상당한 안전영역을 확보하고 있고 모든 사람들의 신체상태와 다양한 피해양상(정신적 피해, 사회적 피해)등이 모두 반영된 것 같지는 않지만 큰 이견없이 지켜야하는 규제기준으로 자리잡고 있음을 알 수 있다. 또한 이러한 점 때문에 국내 분쟁조정 업무에서 인체의 경우 이러한 규제기준을 토대로 배상이 이루어지고 있고 규제기준과 배상기준에는 실질적으로 큰 차이가 없어 보이며 규제기준 또는 배상기준에 따라 피해임계 여부가 결정되고 있으므로 여기에서의 피해임계수준은 생리학적인 개념의 피해기준과는 거리가 있어 보인다.

인체든 가축이든 생리학적인 개념의 피해임계수준은 상당히 기초연구가 선행되어야 하고 대상물에 따라 임계수준도 확연히 다를 것이다. 따라서 본 연구용역에서의 가축의 피해임계수준 도출도 인체의 경우에서처럼 규제기준이나 배상기준의 관점에서 다루었다.

나. 가축은 축산업이라는 특정산업 분야를 배경으로 하고 있으며 품종, 생리특성, 산업적 적용영역이 다양하기 때문에 축산현장에서 통용되는 용어가 전문적이며 특수할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 대표적 용어에 대한 해설과 관련 기준자료 및 영양상태 측정에 적용될 수 있는 판단자료 등을 취합·정리하였다.

다. 국내·외 소음관련 규제기준을 살펴본 결과, 가축에 대해 구체적으로 규제 기준을 정하고 있는 국가는 없고 미국의 경우 연방연합표준국에서 권고기준으로 가축사육지역의 소음을 65~75dB(A)이하로 유지하도록 권고하고 있는 정도이다. 여기서 한가지 주목할 부분은 가축/동물 사육지에 대한 환경소음 권장치가 전용 주거지역에 대한 권장치보다 높지 않다는 사실과 가축사육지역 외 농업지역의 경우 권장치가 가축사육지역보다 대체로 10dB(A)정도 높다는 점이다.

라. 환경분쟁조정사례와 각 기관의 소음평가 자료 중 가축피해 부분에 대해 축종별 소음레벨과 피해율의 상관관계를 살펴 본 결과, 축종별로 소음레벨에 따른 피해율에 상당한 차이를 보이는 것은 사실이나 대체로 60~100dB(A) 범위가 가장 많은 피해사례를 나타내고 있고, 60dB(A) 이하는 거의 피해 사례를 찾아보기 힘들다. 몇몇 사례에서 60dB(A) 이하에서도 피해사례가 있는 것으로 보고되고 있으나, 극히 예외적인 경우인 것으로 판단되어 본 연구에서는 60~70dB(A) 이상을 피해임계수준으로 설정하였다. 또한 소음레벨과 피해유형에 대한 상관관계를 분석해 본 결과, 비교적 단기간이라 할지라도 즉음적 최고소음치에서 피해가 유발되는 특성을 보인 유·사산, 압사, 폐사 등과 같은 피해유형은 최고소음도(L_{max})를 피해수준 산정에 적용하고 그 외에 성장지연 등 장기간에 걸쳐 발생하는 피해유형은 등가소음도(L_{eq}) 지수를 적용하는 것이 합리적인 것으로 판단하였다.

마. 가축의 소음피해는 실험적 여건을 적용한 학문적 연구결과가 적고 상황별 피해특성 및 피해수준이 다양하여 일률적 기준을 설정하기가 불가능하다. 따라서 중앙환경분쟁조정위원회에서 적용 가능한 일반기준을 설정하고 개별피해 산정시에는 전문가의 의견을 참조하는 방안이 합리적인 것으로 판단된다.

그리고 장기적으로는 국가프로젝트로 설정하여 다양한 관련 분야 전문가를 포함한 종합연구팀을 구성하여 실험적 여건을 설정하고 반복되는 상황노출로 생리반응 및 피해양태 등을 구명하여 기준치를 설정하는 모델을 제시하고자 한다.

1. 분쟁조정사례
2. 축산관련 용어정리
3. 일본의 건설공사장 소음·진동 저감대책
4. 국내 고소음기계 중 저소음제품에 대한 소음표시 제도
5. 방음벽의 개요
6. 건설공사장 소음 저감을 위한 관리기술 사례
7. 암굴착 공법 및 적용기준 사례
8. 발파소음·진동의 시공상 저감방안
9. 저소음 도로포장공법 사례

이 면 지

1. 분쟁조정사례

1.1 연도별 가축 피해 분쟁조정사례

○ 1993년

사업 내용	대상 축종	소음원	진동원	피해 내용	이격 거리 (m)	암소음	평가적용 소음도	피해 일수	사육 두수	피해 두수	피해 적용률 (%)
골프장 건설	돼지	발파	발파	중돈의 낙태, 유산, 불임	500~ 1,300		인체에 대한 기준 초과하지 는 않음.	629		648	
		덤프 트럭 (15톤)			5						
고속 도로 건설	돼지	발파	발파	유산 및 불임	540			722	3,426	1,527	
공단조 성사업	닭	발파	발파	산란지 연 및 산란율 감소	400			143		3,150	

○ 1994년

사업 내용	대상 축종	소음원	진동원	피해 내용	이격 거리 (m)	암소음	평가적용 소음도	피해 일수	피해 두수	사육 두수	피해 적용률 (%)
채석장 골재 생산	젓소	발파	발파	폐사, 산유량 감소	600			300	80	53	
토석 채취장	돼지	발파	발파	사산, 유산, 불임	300~ 350			150			
		덤프 트럭 운행	덤프 트럭 운행		10			180			

○ 1996년

사업 내용	대상 축종	소음원	진동원	피해 내용	이격 거리 (m)	암소음	평가적용 소음도	피해 일수	사육 두수	피해 두수	피해 적용률 (%)
레미콘 공장	돼지	레미콘 혼합 시설	레미콘 혼합 시설	유산, 사산, 폐사	10 ~ 40			1,095	200	144	
		레미콘 차량, 덤프 트럭	레미콘 차량, 덤프 트럭	유산, 사산, 폐사	10 ~ 40						
수도권 매립지	젖소	헬기		유산	200				4		
				산유량 감소	200				12	96	
				수정비	200				4		
	닭			폐사	200				8		
채석장 (**)	양돈	덤프 트럭 (15톤)	덤프 트럭 (15톤)	폐사	1-5	50.7*	105.6	730	500	2,690	16.6
		발파	발파		1000						16.6
		채석장 비 및 시설	채석장 비 및 시설		1000						16.6
	꿩	덤프 트럭 (15톤)	덤프 트럭 (15톤)	폐사	1-5	50.7*	105.6	730	5,500	5,550	30
		발파	발파		1000						30
		채석장 비 및 시설	채석장 비 및 시설		1000						30
	양계	덤프 트럭 (15톤)	덤프 트럭 (15톤)	폐사	1-5	50.7*	105.6	365	10,000	4,245	5.4
		발파	발파		1000						5.4
		채석장 비 및 시설	채석장 비 및 시설		1000						5.4
고속 도로 공사 (**)	산란계	중장비 및 성토 작업	중장비 및 성토 작업	폐사	13	52.9*	83		37,050	4,335	13
	육계			폐사	123	52.9*	64		30,000	1,350	5
○○ 구치소 신축 (**)	돼지	발파	발파	폐사, 유산	94	43.2*	122.6	180	920	2,486	16.6
					79	43.2*	122.6				
		브레이커		폐사, 유산	56	43.2*	90				
		기타 장비	기타 장비	폐사, 유산	9.5	43.2*	90				

주) *는 본 연구팀이 사후 현지에서 측정한 값임.

**는 통계분석에 사용됨.

○ 1997년

사업 내용	대상 축종	소음원	진동원	피해 내용	이격 거리 (m)	암소음	평가적용 소음도	피해 일수	사육 두수	피해 두수	피해 적용률 (%)
도로확, 포장 공사 (**)	돼지	건설 장비		유·사 산, 산자수 감소, 자돈 압사, 성장지 연, 모든피 해	15	45~55	83	265	450	160	30

주) **는 통계분석에 사용됨.

○ 1998년

사업 내용	대상 축종	소음원	진동원	피해 내용	이격 거리 (m)	암소음	평가적용 소음도	피해 일수	사육 두수	피해 두수	피해 적용률 (%)
도로 신축 및 포장 공사 (**)	닭	항타기	항타기	산란율 감소	35~85	52.2*	87	25			5
		건설 장비	건설 장비		35~85	52.2*	74.5				5
고속 도로 공사	닭	건설 장비	건설 장비	조기 도태	5~80	52.9*	85	43		194,348	1.7
				산란율 저하	5~80	52.9*	85			364,728	27.2
				폐사	5~80	52.9*	85			451	4.4
택지 개발 사업	젓소	발파		도태, 번식 장애, 유산, 산유량 감소	530			365	194	91	
		브레 이커			104 ~ 260						
		기타			180						
벼농사 (**)	오리	참새 쫓기용 카바이드포		폐사	30~40	83~98	111	약20	11,286	495	4.4
				산란율 저하	30~40	83~98	111		36,000	7,056	19.6
수도권 광역 상수도 시설 공사	개	건설 장비		사산		50.4*				4	
			발파 진동	사산		50.4*					

주) *는 본 연구팀이 사후 현지에서 측정한 값임.

**는 통계분석에 사용됨.

사업 내용	대상 축종	소음원	진동원	피해 내용	이격 거리 (m)	암소음	평가적용 소음도	피해 일수	사육 두수	피해 두수	피해 적용률 (%)
도로 축조 및 포장 (**)	토끼	건설 장비		폐사	90	53*	70	659	13,136	11,848	90.2
					10	53*	91				90.2
					80	53*	61				90.2
					300	53*	59				90.2
					740	53*	59				90.2
	건설 장비		발파	폐사	740	53*	59				90.2

주) *는 본 연구팀이 사후 현지에서 측정한 값임.

**는 통계분석에 사용됨.

○ 1999년

사업 내용	대상 축종	소음원	진동원	피해 내용	이격 거리 (m)	암소음	평가적용 소음도	피해 일수	사육 두수	피해 두수	피해 적용률 (%)
도로 개설 공사 (**)	한우	건설 장비		폐사, 증체량 감소	15	50.1*	85	130	50	5	18.2
택지 및 공업 단지 개발 (1) (**)	젓소	건설 장비	건설 장비	유산, 사산, 산유량 감소	135 ~ 400	50.7*	65	730	16	8	12
		발파	발파		340 ~ 430	50.7*	91				12
택지 및 공업 단지 개발 (2) (**)		건설 장비	건설 장비	유산, 사산, 산유량 감소	170 ~ 500	50.7*	68	390	31	13	12
		발파	발파		400 ~ 500	50.7*	75.2				12
고속 도로 건설 (**)	돼지	발파	발파	유산, 사산, 도태	260 ~ 380	60.1*	76	153	1,500	70	4.7
도로 확장, 포장 공사 (**)	닭	항타기	항타기	폐사	35~85	52.9*	87	17	31,400	2,641	6.6
		건설 장비	건설 장비		35~85	52.9*	75.9				6.6
		항타기	항타기	산란율 저하	35~85	52.9*	87	420	267,553 개	5.9	
		건설 장비	건설 장비		35~85	52.9*	75.9			5.9	
하수 종말 처리장 건설 (**)	돼지	발파	발파	유산, 사산, 폐사, 증체량 저하	306-362	62.1*	72	196	1,105	638	번식율저 하 29, 성장지연 율 15
		건설 장비	건설 장비		169	62.1*	72				

주) *는 본 연구팀이 사후 현지에서 측정한 값임.

**는 통계분석에 사용됨.

사업 내용	대상 축종	소음원	진동원	피해 내용	이격 거리 (m)	암소음	평가적용 소음도	피해 일수	피해 적용률 (%)	사육 두수	피해 두수
아스콘 제조 공장 및 골재 채취장	돼지	발파	발파	유산, 사산, 무유증, 성장지연	400 ~ 720			685		1,000 ~ 1,500	28.6
		건설 장비	건설 장비		400 ~ 713						
고속 도로 건설 (**)	돼지	건설 장비	건설 장비	유산, 사산, 폐사, 도태	33, 50	64	72	689	15	1,406	984
				성장 지연, 번식률 저하, 사료비 및 방역비 증가	33, 50	64	72		7.5	12,762	5,000
도로 확장, 포장 공사 (**)	젓소	발파	발파	산유량 감소, 조산, 불임, 폐사	300	46.8*	67.6	486	유생 산성 24.6, 도태, 폐사 14.3	30~35	5 (도태)
		건설 장비	건설 장비		25~540	46.8*	80				24.6% (산유량 감소)
도로 확장, 포장 공사 (**)	돼지	항타기		유산, 사산, 폐사, 성장 지연	487 ~ 587	46.8*	62	540	폐사 87.7, 도태 100	600	526
		건설 장비	건설 장비		10~610	46.8*	105		성장 지연율 15		

주) *는 본 연구팀이 사후 현지에서 측정한 값임.

**는 통계분석에 사용됨.

○ 2000년

사업 내용	대상 축종	소음원	진동원	피해 내용	이격 거리 (m)	암소음	평가적용 소음도	피해 일수	사육 두수	피해 두수	피해 적용률 (%)	
아스콘 제조 공장 부지 조성 공사 (**)	개	브레이크		유산, 사산, 폐사, 발육 부진	148	50.5*	71	180	100	345	유산산 5, 자견 폐사 5, 성장 지연율 15	
					178	50.5*	70					
		건설 장비			42	50.5*	75					
					72	50.5*	70					

주) *는 본 연구팀이 사후 현지에서 측정한 값임.

**는 통계분석에 사용됨.

사업 내용	대상 축종	소음원	진동원	피해 내용	이격 거리 (m)	암소음	평가적용 소음도	피해 일수	사육 두수	피해 두수	피해 적용률 (%)
고속 도로 개설 (**)	소	발파	발파	유산, 폐사, 발육 부진	1300	47.5*	70	300	134	57	42.5
		발파			1750	47.5*	67				42.5
		건설 장비	건설 장비		40	47.5*	79	187			42.5
		항타기			140	47.5*	71	2			42.5
고속 도로 개설 (**)	돼지	발파	발파	유산, 사산, 도태, 증체량 감소	260~380	60.1*	78	270	2,000	852	도태 10.3, 유산 9.4, 성장지연 율 10
		건설 장비	건설 장비		260~380	60.1*	65				
하천 제방 공사 (**)	양계	건설 장비		폐사	6	47.3*	110	12	20,000	5,040	15.2
				폐사	10	47.3*	106		20,000	3,486	7.4
				폐사	70	47.3*	87		15,000	3,360	12.4
건축 공사 (**)	사슴	건설 장비		녹용 생산성 저하	10	50~51	88	30	21		30
				성장 지연	10	50~51	88	90		20	30
				폐사	10	50~51	88				5
고속 도로 개설 (**)	양계	건설 장비		폐사, 산란율 저하, 이상란 율 증가	11.5	48.4*	66	1	50,000		7.5
					200	48.4*	59	27			7.5
도로 확,포장 공사	토끼	건설 장비	건설 장비	조산, 사산, 폐사	20~30	46.7*		114		2,014	
종합 사격장 (**)	닭	총기 소음		폐사, 산란율 및 종란율 저하	160	43.3*	66				4
					300	43.3*	59				3.4

주) *는 본 연구팀이 사후 현지에서 측정한 값임.

**는 통계분석에 사용됨.

1.2 사례별 전산입력 양식(안)

현 페이지 생략
(A3지 삽입)

이 면 지

2. 축산관련 용어해설

축산관련 용어는 국가나 특정기관에서 표준용어로서 정리해 놓은 바가 없다. 따라서 정부의 행정용어, 학문용어, 산업현장의 실용용어 등이 서로 상이한 경우가 많다.

그러나 이중 실용용어를 적용할 경우 대개 의미전달 및 기준설정에 큰 하자를 야기할 여지가 적기 때문에 본 연구용역에서는 실용용어를 중심으로 그 일부 내용을 정리해 본다.

(1) 소(젖소, 비육우 및 한우)

- 젖소 초유떼기 : 분만 후 초유 급여 시기를 지난 연령, 보통 5~10일령, 이시기에 숫송아지는 매매가 성립됨
- 젖소 분유떼기 : 분만 후 35~45일령으로 모유 급여 대신 분유로 사육되는 시기임
- 육성기 : 분만후 성성숙기에 이르는 기간(한우-18~24개월, 젖소-10~15개월)
- 성성숙기 : 번식기관(뇌하수체, 성선, 부생식기 등)이 성숙되어 일정한 성주기가 개시되는 시기
- 번식적기 : 성성숙기 이후 4~6개월령으로 모체와 자축의 건강 및 경제성을 고려한 최적 번식 공용기
- 성주기 : 비임신시 일정한 기간을 주기로 발정, 배란 등 번식활동이 반복되며 이 주기를 성주기라 함. 일반적인 난소주기와 동일한 개념으로 소는 평균 21일임
- 초임우 : 성성숙 후 첫 임신 상태에 있는 소
- 다산우 : 분만횟수가 3산 이상인 소
- 노산우 : 분만횟수가 5산 이상인 소
- 생리적 공태기 : 모체가 분만 후 자궁수복기를 지나 재임신 되는 기간, 통상 80~160일 정도. 가장 주요한 번식성적 지표로서 100일 이내이면 양호한 사양관리로서 인정됨

- 유생산기간 : 분만으로부터 건유에 이르는 기간으로 계산상 평균치는 305일임. 젖소에만 해당되는 용어
- 건유기간 : 임신 모체가 다음 분만 후 유생산 능력을 발휘할 수 있도록 착유를 중지하는 휴식기간으로서 평균 60일
- 유대 : 유가공업체 또는 집유업체가 유생산 농가에게 지불하는 원유단가로서 유질(유지방량, 체세포수, 세균수, 단백질 농도 등)에 의해 결정됨
- 계약진료 : 가축진료 형태의 하나로서 매월 두당 진료비를 미리 정하고 일정기간 간격으로 농가를 방문하여 축군의 건강관리 및 개체진료를 행하는 최근의 진료형태
- 異常産 : 임신된 태아가 수태기간 이전 또는 연장기간에 배출 또는 분만되는 형태로서 유산(태아가 죽은 상태로 배출됨), 조산(정상 임신기간 이전 분만으로 미숙태아 분만), 사산(정상 임신기간을 채운 상태에서 사망한 태아를 분만)과 장기재태(임신기간을 경과하여 분만하는 것으로 통상 거대태아가 분만됨) 등이 있음
- 폐사 : 육성기 도중 또는 성숙된 개체가 질병, 사고, 인위적 실수 등에 의해 죽는 것
- 도태 : 육성기중 또는 성숙개체를 질병, 사고 및 경제성 저하 등의 사유로 죽이거나 식용육으로 전환하는 것
- 성장지연 : 육성기중 질병, 사고, 사양관리 부실, 선천성 형질 등에 의해 정상 육성기보다 기간이 지연되는 것으로 경제손실의 한 요인임
- (일당)증체량 : 육성기중(하루에) 체중이 증가되는 수준으로 질병, 환경스트레스 또는 사양관리 수준을 나타내는 지표로 이용됨
- 사료요구율 : 육성 또는 경제 생산 과정에서 단위별로 요구되는 사료량으로 질병, 환경스트레스 및 사양관리 정도를 나타내는 지표임. 따라서 분쟁 사례중 현장 미보존 또는 과거 사육규모 등을 추정할 때 이용될 수 있는 자료임
- 자유급여 및 제한급여 : 자유급여는 음수, 사료 등을 자유롭게 섭취할 수 있도록 설비와 공급으로 사양하는 방식이며, 1일 1~3회 정도의 시간별 급여 또는 컴퓨터 인식 급여 등을 제한급여라 함

- 몸꼴(Body Condition Score : BCS) : 에너지를 체지방에 축적하고 있는 상태로서 영양수준의 척도임

(2) 돼지

- 자돈수(Litter size) : 1복당의 산자수로서 국내 평균은 11~12두임. 모돈의 유전능력, 환경요인, 사양관리 정도 등을 가늠할 수 있는 주요한 경제지표
- 이유돈수(Weaning size) : 포유기를 거쳐 모돈으로부터 분리되는 시기까지 생존한 1복 자돈수
- 출하돈수 : 육성기를 거쳐 식용육으로 제공시까지 생존한 1복돈수
- 자돈압사 : 돼지는 모돈이 누워있는 자세로 포유를 시키며 환경스트레스, 돌발상황 등에 의해 모돈이 포유중인 자돈을 깔아 죽이는 사고가 발생되며 비정상 상황 발생의 지표가 됨
- 자돈폐사 : 포유중 또는 육성기중 질병, 사고 등에 의해 죽는 것
- 모돈폐사 및 도태 : 모돈이 질병, 사고 등으로 죽거나 경제능력을 상실했을 경우 식용으로 전환시키는 것을 말하며 도태시에는 모돈의 잠재가치에서 식용으로 전환되는 부분을 제외시킨 상태가 모돈 손실 규모가 됨
- 재발정 : 모돈은 질병, 환경스트레스, 사양관리 부실 등의 요인에 의해 자연교배 또는 수정 후 수태에 이르지 못하고 발정이 재귀되는 경우가 있으며 이는 경제손실의 주요 지표가 됨

(3) 닭

- 종계 또는 종란 : 부화용 달걀을 생산하는 모계를 종계라 하며 종란은 종계로부터 산란된 계란을 의미함. 일반 산란계나 일반 달걀보다 고가임
- 산란계 : 달걀 생산을 목적으로 사육되는 성계
- 육계 : 육용 목적으로 사육되는 닭
- 수정란율 또는 부화율 : 종란중 수정된 계란비율 또는 수정란중 부화되어 병아리가 되는 비율
- 연란, 혈란, 파란율 : 종란 또는 계란중 껍질이 연한(무른)계란(연란), 모세혈관이 보이는 계란(혈란) 또는 깨지는 계란(파란)의 비율로서 환경스트레

스 및 사양관리의 지표중 하나임

- 회전을 : 육계 경영중 연간 입식~출하의 횟수로서 질병, 환경스트레스 및 사양관리 수준의 지표임
- 모계도태 : 종계 또는 산란계중 생산성이 저하되어 육용으로 도태시키는 것으로 사양환경의 지표임

(4) 기타동물

- 쌍자율 : 염소(1~3두), 양(1~2두), 사슴(1~2두) 등과 같은 반추동물에서는 2산차부터 쌍태 또는 3태 분만예가 증가되며 이는 사양관리 수준의 척도가 되어 환경스트레스 여부를 가늠할 수 있음
- 녹용생산성 : 녹용은 숫사슴의 낙각 후 혈중호르몬량과 사양관리 수준에 따라 그 생산량 및 질적 차이가 발생되며, 환경스트레스 가해여부를 가늠할 수 있는 척도임
- 仔食症 : 개, 고양이, 토끼 등과 같은 가축 및 일부 육식동물에서는 환경스트레스가 가해지면 자기 새끼를 잡아먹는 仔食症을 보이기도 하며 이의 발생 여부 및 수준은 환경스트레스 가해 수준의 척도로 이용할 수 있음

3. 일본의 건설공사장 소음·진동 저감대책⁶²⁾

3.1 일본의 저소음형·저진동형 건설기계의 지정제도

1979년 미국의 환경보호청(EPA)에서 소음과 방음효과에 대한 라벨표시제도를 규정하여 실시한 것과 마찬가지로 일본 건설성에서는 소음진동을 일정 레벨이상 저감시킨 건설기계의 보급을 위하여 1983년 「저소음형·저진동형 건설기계지정제도」를 발족시켰다. 이 제도는 기종별로 기준치를 정하고, 그 기준치를 만족하는 건설기계에 대하여 건설성이 형식지정을 하는 것이다. <표 3.1>의 소음 기준치는 소음규제법 또는 지방공공단체의 조례규제를 만족하고, 종래의 기종과 비교하여 3dB 정도 저감시키도록 하였으며 기준치보다 6dB 이상 소음을 저감시킨 기계는 「초저소음 건설기계」로 지정하고 있다.

<표 3.1> 소음기준치

기 계 명	기 준 치			비 고
	정격출력 (kw)	소음레벨 (dB(A))	측정조건	
불도저	p<55 55≤p<103 103≤p	73 76 79	무부하공회전	
백호 소형백호	p<55 55≤p<103 103≤p<206 206≤p	70 73 76 79	무부하공회전	
드러그라인 그랩셀	p<55 55≤p<103 103≤p<206 206≤p	70 73 76 79	무부하공회전	Base Machine
트렉타쇼벨	p<55 55≤p<103 103≤p	73 76 79	무부하공회전	
크롤러 크레인 트럭 크레인 호일 크레인	p<55 55≤p<103 103≤p<206 206≤p	70 73 76 79	무부하공회전	
진동 햄머		80	작업시	벤취테스트

62) 한국소음진동공학회, 건설공사장 소음·진동 저감 방안 세미나, 1997

<표 3.1> 계 속

기 계 명	기 준 치			비 고
	정격출력 (kw)	소음레벨 (dB(A))	측정조건	
유압식 항발기 유압식 강관압입인발기 유압식 항압입인발기	p<55 55≤p<103 103≤p	70 73 76	무부하 공회전	Base Machine 또는 동력원이 되는 기계
어스오거	p<55 55≤p<103 103≤p	70 73 76	무부하 공회전	Base Machine
올케이싱굴삭기	p<55 55≤p<103 103≤p<206 206≤p	70 73 76 79	무부하 공회전	Base Machine 또는 전용기
어스트릴	p<55 55≤p<103 103≤p<206 206≤p	70 73 76	무부하 공회전	Base Machine
착암기 (콘크리트브레이커)		80	작업시	콘크리트판
로드롤러 타이어롤러 진동롤러	p<55 55≤p	73 76	무부하 공회전	Handguid식은 제외
콘크리트펌프	p<55 55≤p<103 103≤p	73 76 79	압송식	최대토출량이 발휘 되는 상태
콘크리트압쇄기	p<55 55≤p<103 103≤p<206 206≤p	70 73 76 79	무부하 공회전	Base Machine
아스팔트마무리기	p<55 55≤p<103 103≤p	73 76 79	무부하 공회전	
콘크리트깎터		80	작업시	콘크리트 절단 포터블 제외
공기압축기	p<55 55≤p	73 76	정격회전 정격부하	
발동발전기	p<55 55≤p<103 103≤p<206 206≤p	70 73 76 79	무부하 정격회전 (60Hz)	
초저소음형 (전기중 공통)	저소음형의 기준치보다 6dB 낮은 소음레벨 단, 65dB(A)이하인 경우는 65dB(A)			

주) 소음레벨은 이격거리 7m, 4방향 에너지 평균치로 한다.

자료 : 한국소음진동공학회, 건설공사장 소음·진동 저감 방안 세미나, 1997

3.2 일본 건설공사장 소음진동의 일반방지대책

3.2.1 기본 개념

건설공사에 의하여 발생하는 소음을 최소화하기 위해서는 적어도 다음 3가지 사항에 충분히 유의할 필요가 있다.

(1) 세심한 건설공사계획의 설정

- 공사에 관한 법규의 숙지
- 공사장 주변의 각종 건축물 상황
- 최적의 건설기계 선택
- 공사 공정의 최적화 (체크리스트 작성)
- 공사공정을 주민에게 사전 설명

(2) 건설공사에 대한 충분한 관리와 감시

- 정점계측과 순회계측의 실시 (계측결과의 공표)
- 계측관리에 의한 건설기계로의 feed back
- 전임감시 관리책임자의 선정과 그 실시

(3) 인근주민의 민원에 대한 신속한 대응

- 발생원에 대한 충분한 주의 : 점검, 수리, 정지
- 냉정하게 판단하여 민원에 대응 : 발생원의 파악, 기술자료의 작성

3.2.2 건설작업시의 대처방법

건설작업의 실시과정 작성에 있어서 소음방지계획을 입안하는 단계에서는 다음 사항에 유의할 필요가 있다

(1) 주변지역의 실태조사

- 근린환경의 상황파악 (병원, 교육시설, 간선도로, 공장시설 등)
- 근린주민에 대한 영향의 실상조사 (노인, 병자)
- 근린도로와 간선도로와의 위치관계 (건설폐기물운반, 레미콘차)

(2) 법규 · 조례조사

- 소음진동에 관한 법규 · 조례
- 기타 법규와의 관계 (분진, 일조, 폐기물, 수질오탁 등)

(3) 건설작업의 공정관리

- 전임감시자에 의한 공정관리의 feed back
- 공정에 대한 자동계측의 관리와 체크
- 공정에 대한 소음대책의 입안
- 공정에 대한 소음대책의 실시
- 소음대책 실시 후의 모니터링

3.2.3 기본적인 대책방법

건설작업과 관련되는 각종 문제를 사전에 파악해 두는 것도 건설작업시 소음방지대책을 세우는 방법 중의 하나다. 이때 고려해야 될 항목은 다음과 같다.

(1) 건설작업계획

- 시공계획에 기초한 작업 스케줄 작성
- 건설작업범위
- 건설작업에 사용하는 기계의 적정한 조합

(2) 사용하는 건설기계

- 소음발생량의 확인
- 저소음형기계의 가능성

- . 소음예측에 의한 검토

(3) 근린주변 상황

- . 작업범위와 주변 건축물과의 거리변화
- . 주변건축물의 경과년도 파악
- . 작업기계 이외의 소음발생원 확인

3.3 일본 건설공사장의 소음·진동의 저감대책 사례

3.3.1 대책의 개요

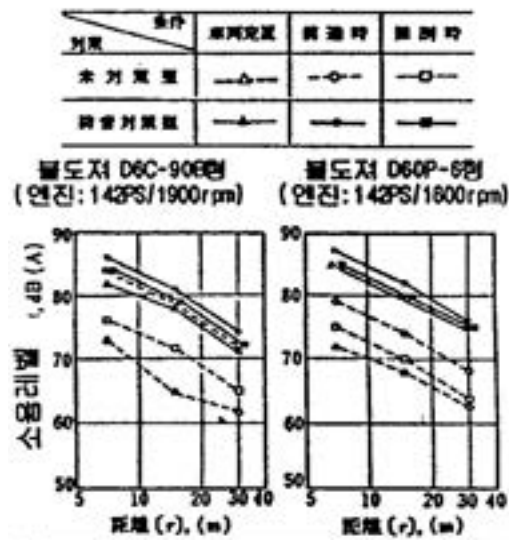
소음·진동을 저감시키기 위한 방지대책에는 1)발생원 대책, 2)전달경로상의 방지대책, 3)건설공사 공정상의 방지계획으로서 건설기계의 적절한 배치, 작업시간변경·단축 등의 방법이 있다.

발생원 대책으로는 저공해형 공법 및 건설기계의 운용, 방음커버와 차음박스를 설치하는 방법 등이 있으며, 전파경로에서의 방지대책으로는 정치식 건설기계에 대하여 적용할 수 있는 방음하우스, 방진장치, 방음벽 및 방진구 등에 의한 차폐효과를 이용하는 방법이 있다. 이중 소음·진동은 거리에 따라 확산감쇠하므로 이 감쇠특성을 고려하여 건설기계의 배치, 재료반입로 등을 적절하게 선정하면 효과가 있다.

3.3.2 소음진동원에서의 저감대책 사례

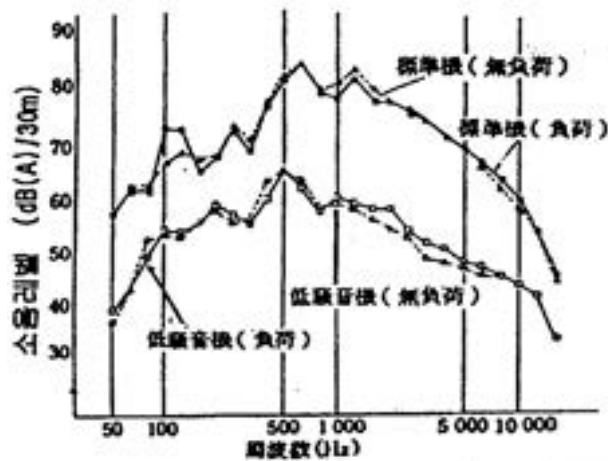
(1) 밀폐형 차음구조에 의한 방음효과

<그림 3.1>은 방음 대책형, 방음 미대책형 불도저의 각 작업상태(가동시)에 있어서 소음레벨의 전달특성(7m, 15m, 30m의 거리감쇠)을 나타낸 것이다. 소음레벨은 정치시, 굴삭시 모두 62~65dB(A), 72~75dB(A)가 되어 방음효과는 10~13dB(A) 정도인 것을 알 수 있다.



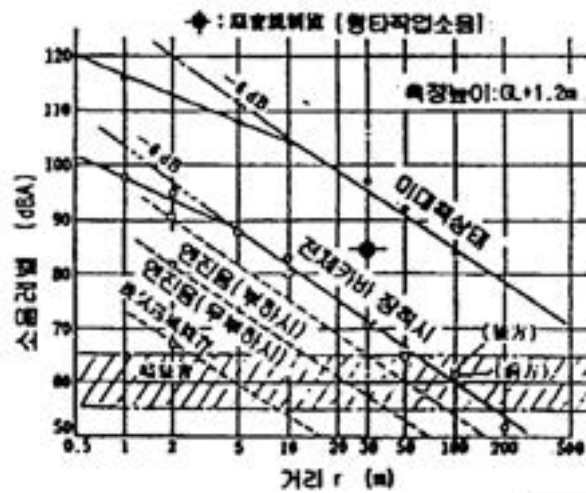
<그림 3.1> 방음대책형 불도저의 소음레벨비교

<그림 3.2>는 소음대책을 실시하지 않은 표준형 유압쇼벨과 엔진, 팬부위를 완전 밀폐한 경우의 발생 소음레벨을 비교한 것이다. 부하의 유무에 관계없이 소음 대책을 실시한 경우가 실시하지 않은 경우에 비하여 전 주파수 대역에서 10dB 이상의 저감효과를 나타내고 있다.



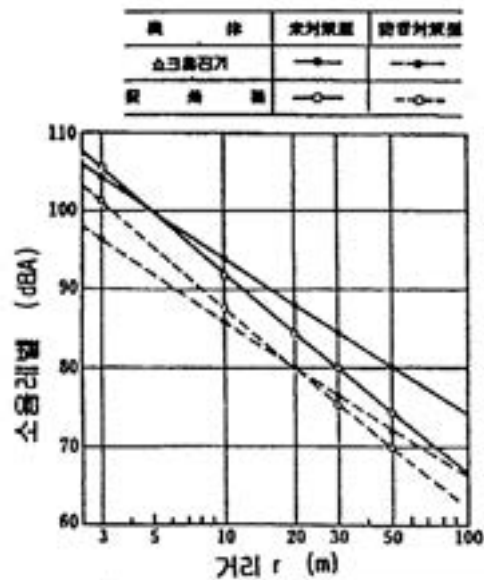
<그림 3.2> 표준기와 엔진, 팬 완전 밀폐시 소음비교

<그림 3.3>은 디젤과일헴머용 방음커버 장착유무에 따른 소음레벨의 거리감쇠 특성을 나타낸다. 방음커버를 장착하므로써 소음원에서 30m 떨어진 지점의 소음레벨은 70dB 정도로 동경도 지도기준 75dB을 만족시키고 있다.



<그림 3.3> 방음커버(전체 커버: JASPP형) 사용에 의한 감음효과

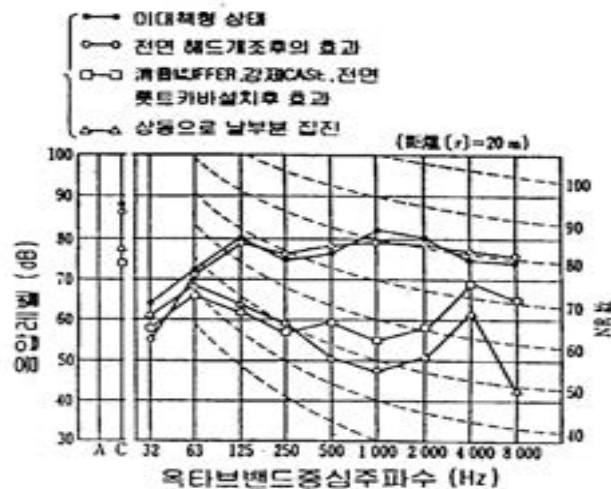
진동 파일드라이버에 방음커버를 설치했을 경우의 방음효과는 <그림 3.4>와 같다. 그림을 보면 충격흡진기를 장착한 방음커버는 약 8dB, 진동기에 대해서는 약 5dB 정도의 효과가 나타나 있다.



<그림 3.4> 진동 파일드라이버의 방음 대책효과

(2) 소음 Muffler 채용에 의한 방음효과

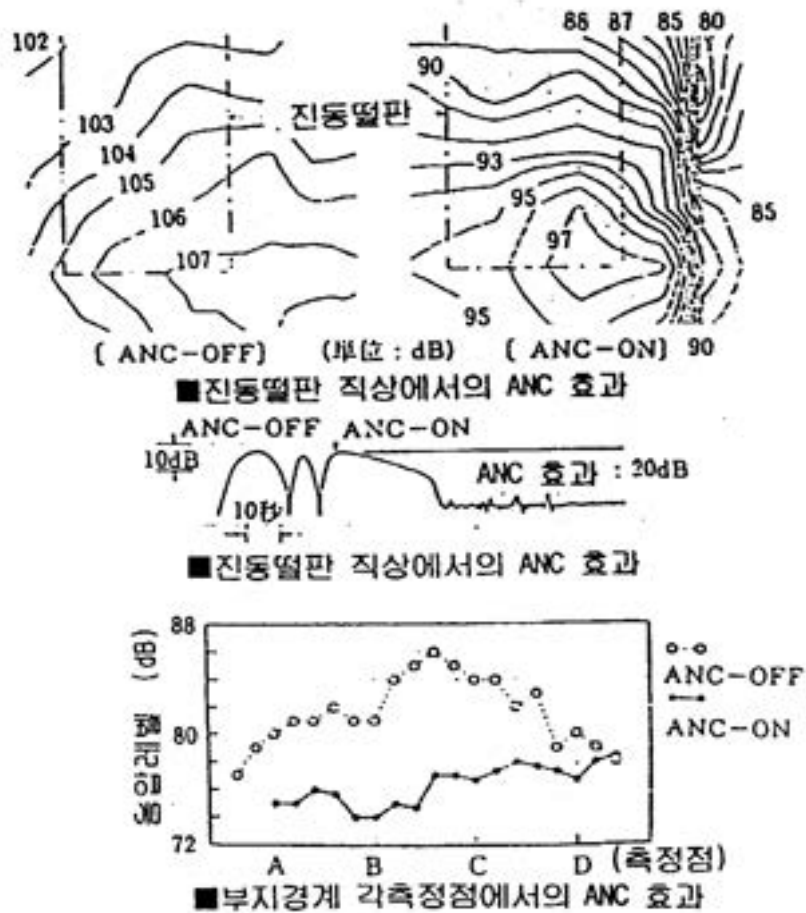
<그림 3.5>는 콘크리트 브레이커의 방음대책에 의한 소음의 주파수특성을 나타낸다. 대책 전에는 광범위 주파수대역(250~8,000Hz)에서 크게 나타났으나, 소음 Muffler를 채용하면 125~2000Hz까지의 주파수영역에서 감쇠량이 20~25dB의 효과를 얻고 있다. 또한, 소음 Muffler, 강제방음케이스, 비트롯트 및 비트주변에 집진기를 설치하면, 500~8,000Hz 주파수 대역에서 감쇠량이 25~30dB 정도가 되는 것을 알 수 있다.



<그림 3.5> 방음대책형 공기압축식 핸드브레이커에 의한 방음효과

(3) 쉘드공사시 능동소음제어 시스템을 이용한 소음저감사례

연약지반에서의 터널공사는 쉘드기계로 공사를 하는 경우가 많다. 이때 다량의 수분을 함유한 토사가 배출되기 때문에 「진동떨판」으로 수분과 토사를 분리한다. 쉘드공사시 2대의 「진동떨판」을 동시에 가동하면 맥동현상이 발생하여 유리창이 덜렁거리며 저주파음을 발생한다. 이 저주파음을 방지하기 위하여 제안된 것이 능동제어(ANC: Active Noise Control)시스템이다. 이 시스템을 쉘드공사현장에 적용하여 저주파음을 저감시킨 결과를 <그림 3.6>에 나타낸다.

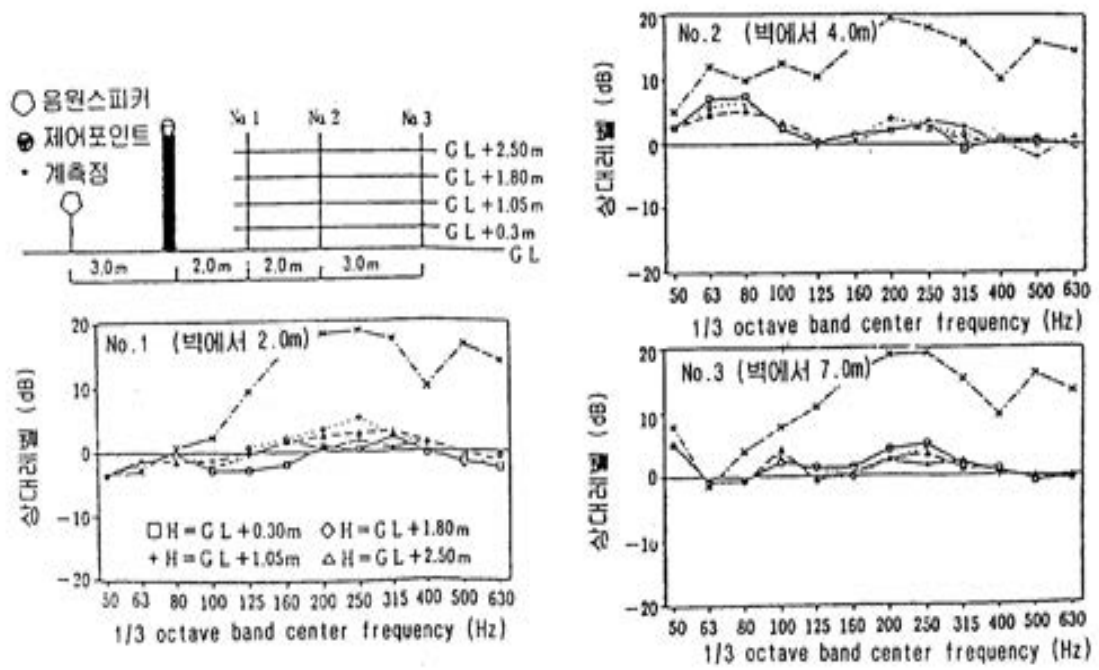


<그림 3.6> ANC 시스템 적용시의 측정 결과

3.3.3 전달경로상의 소음방지 대책 예

건설공사는 토공사, 기초공사, 골조공사 등 여러 가지 작업이 있다. 앞에서 설명하였듯이 건설기계 등의 소음진동발생원에서 방지대책을 세우는 것이 기본적이고 효과적인 수단이지만 하나, 실시하는데 있어서 여러 제약 조건이 따른다. 따라서 실행 가능한 복합적인 방법으로 소음진동 전달경로 상에 방음벽, 방진구 혹은 방진벽 등을 설치하여 소음진동을 저감시키는 방법도 많이 이용되고 있다.

<그림 3.7>은 차음벽에 능동소음제어(음을 음으로 제어하거나 없앴)기술을 적용하여 실험한 예를 나타낸다. 차음벽과의 거리에 관계없이 특정 높이(지상 1.5m)에서는 차음효과가 크게 나타나는 것을 알 수 있다.



<그림 3.7> 방음벽에 ANC 기술을 적용한 경우의 실험결과

4. 국내 고소음기계 중 저소음제품에 대한 소음표시제도

4.1 고소음기계 중 저소음제품에 대한 소음표시 권고에 관한 규정⁶³⁾

제1조(목적)이 규정은 소음진동규제법 제49조의2의 규정에 의하여 소비자에게 소음이 낮은 제품을 선택·구매할 수 있는 정보를 제공하기 위해 높은 소음을 발생하는 기계·기구(이하 "고소음기계"라 한다)중 소음의 정도가 낮은 제품(이하 "저소음 제품"이라 한다)을 제조 또는 수입하는 자에 대하여 당해기계의 소음정도를 표시하는 표지를 부착하여 판매할 것을 권고하기 위하여 필요한 사항을 규정함을 목적으로 한다.

제2조(용어의 정의)이 규정에서 사용하는 용어의 정의는 다음과 같다.

- 1."소음표시권고대상기계"라 함은 고소음 기계중 일정기준이하의 저소음제품을 소비자가 쉽게 알고 선택 구매할 수 있도록 당해기계에 대하여 발생소음도를 표시하는 소음도표지를 부착하여 판매할 것을 권고하는 기계로서 별표 1에서 정하는 것을 말한다.
- 2."소음도표지"라 함은 고소음기계중 저소음제품에 대하여 국립환경연구원의 소음도표시권고를 받아 소음도를 표시하는 것으로서 별표 3에서 정하는 것을 말한다.

제3조(소음표시권고대상기계의 범위)소음표시권고대상기계의 선정기준은 다음 각호와 같으며, 동 기준에 의하여 선정된 소음표시권고대상기계의 범위는 별표 1과 같다.

- 1.국내에 수요가 많고 불특정 다수지역에서 사용되어 정온한 생활환경에 부정적인 영향을 미치는 기계
- 2.도심지역과 같이 인구밀집지역에서 사용되는 기계
- 3.음향파워 레벨이 100dB(A)를 초과하는 고소음기계로서 별표 1에서 정하는 소음표시권고대상기계의 권고소음도를 초과하지 아니하는 제품
- 4.외국에서 소음표시제가 적용되고 있는 기계

63) 1995. 12. 30 환경부고시 제95 147호, 개정 1996. 9. 6 고시 제96 110호

제4조(특정공사의 종류에서 제외)소음도표지를 부착한 기계만을 사용하는 공사는 소음·진동규제법시행규칙 제30조 단서의 규정에 의하여 동규칙 별표 8의 특정공사의 종류에서 제외한다.

제5조(소음도검사신청)소음표시권고대상기계를 제조 또는 수입하고자 하는 자로서 당해기계에 대하여 소음도표지를 부착하여 판매하고자 하는 자(이하 "사업자"라 한다)는 별지 제1호서식의 소음도검사신청서에 다음 각호의 서류를 첨부하여 국립환경연구원장에게 제출하여야 한다.

1. 기계의 규격, 용량, 구조, 재질 등 주요제원에 관한 서류
2. 기계의 소음저감장치의 구성내역서
3. 기계의 소음발생량 자체측정서류

제6조(소음도측정)①사업자가 제5조의 규정에 의하여 소음도검사신청서를 제출한 때에는 국립환경연구원장은 당해기계에 대하여 별표 2의 소음표시권고대상기계의 소음측정방법에 의하여 소음도를 측정하여야 하며, 그 결과를 신청서 접수일부터 15일(단, 착암기와 브레이커의 경우에는 30일로 한다)이내에 사업자에게 통보하여야 한다.

②국립환경연구원장이 제1항의 규정에 의하여 해당기계에 대한 소음도를 측정한 때에는 별지 제2호서식의 소음발생량측정기록표 작성 등 소음측정에 관한 사항을 기록유지하여야 한다.

제7조(소음도표시권고서 교부)①국립환경연구원장이 제6조의 규정에 의하여 소음도검사신청이 있는 기계에 대한 소음측정을 하였을 때에는 그 기계의 소음도가 별표 1의 소음표시권고대상기계에 해당되는지의 여부를 확인하고 동표의 소음표시권고대상기계에 해당되는 경우에는 별지 제3호서식의 소음도표시권고서를 작성하여 사업자에게 교부하여야 한다.

②제1항의 규정에 의하여 교부하는 소음도표시권고서의 내용에는 다음 각호의 사항이 포함되어야 한다.

1. 기계의 명칭 및 모델번호
2. 소음표시 권고소음도 및 발생소음도
3. 소음표시 근거
4. 소음도표지의 내용 및 부착방법
5. 기타 소음도표지 부착에 필요한 사항

제8조(소음도표지 부착)①제7조제1항의 규정에 의하여 국립환경연구원장으로부터 소음도표시권고서를 교부받은 사업자는 그 내용에 따라 별표 3의 소음도 표지를 해당기계에 부착하여 판매할 수 있다.

②사업자가 제1항의 규정에 의하여 해당기계에 소음도표지를 부착한 때에는 15일 이내에 별지 제4호서식의 소음도표지부착결과통보서를 작성하여 국립환경연구원장에게 통보하여야 한다.

제9조(소음도표시권고사실공고 등)①국립환경연구원장이 제7조의 규정에 의하여 소음도표시권고서를 사업자에게 교부한 때에는 지체없이 그 사실을 별지 제5호서식에 의하여 공고하고 관계기관, 당해기계의 소비자단체 등에 통보하여 사용자가 쉽게 알 수 있도록 하여야 하며, 공고 및 통보사항에는 반드시 제4조의 규정에 의하여 특정공사의 종류에서 제외되는 사항을 포함하여야 한다.

②국립환경연구원장은 매년 12월 31일을 기준으로 별지 제6호서식의 소음도표시권고기계현황을 작성하여 관계기관 및 당해기계의 소비자단체 등에 통보하여 소비자가 저소음 제품을 비교 선택하는데 도움이 되도록 하여야 한다.

제10조(소음도표시권고의 취소)국립환경연구원장은 제7조의 규정에 의하여 소음도표시권고서를 교부받은 자가 다음 각호의 1에 해당하는 경우에는 소음도표시권고를 취소하고, 그 사실을 공고함과 동시에 관계기관, 당해 기계의 소비자단체 등에 통보하여야 한다.

- 1.소음도표시권고를 받은 자가 취소를 신청한 경우
- 2.거짓 기타 부정한 방법으로 소음도표시권고를 받은 경우
- 3.소음도표시권고를 받은 후 3년이 경과하여도 당해기계를 보급하지 아니한 경우
- 4.소음도표시권고대상기계의 권고소음도가 변경되어 3년이상 경과한 경우
- 5.제12조의 규정에 의하여 국립환경연구원이 소음도표지부착기계에 대한 소음도 재검사결과 소음도표시권고기계의 권고소음도를 초과하거나, 사업자가 특별한 사유없이 소음도 재검사를 거부한 경우

제11조(소음도 측정수수료)제5조의 규정에 의한 소음도검사신청시 납부하여야 할 수수료 및 납부방법 등은 국립환경연구원시험의뢰규칙에 의한다.

제12조(소음도표지부착기계의 소음도 검사)①국립환경연구원장은 소음도표시권고서 교부 후 소음도표지 부착기계의 소음도에 대한 적정성 여부의 확인이 필요하다고

판단되는 경우에는 업자와 협조하여 해당기계에 대한 소음도를 재검사할 수 있다.

②제1항의 규정에 의하여 국립환경연구원장의 소음도 재검사 협조요청을 받은 사업자는 특별한 사유가 없는 한 이에 협조하여야 한다.

제13조(보고)국립환경연구원장은 소음도표시권고실적을 별지 제7호서식에 의하여 매분기별로 환경부장관에게 보고하여야 한다.

부 칙

이 고시는 1996년 2월 1일부터 시행한다.

부 칙

('96.9.6)이 고시는 고시한 날부터 시행한다.

[별표 1]

소음표시권고대상기계의범위

1. 기계의 종류 및 권고소음도

종 류	용 량	권고소음도(dB(A))	출 력 조 건
굴삭기	출력75마력미만 75이상 140미만 140이상 280미만 280마력이상	73이하 76이하 79이하 82이하	무부하, 최고회전수
로 우 더	출력75마력미만 75이상140미만 140마력이상	76이하 79이하 82이하	무부하, 최고회전수
공기압축기	유량10m³미만 10이상30미만 30m³/분이상	74이하 76이하 78이하	정격부하, 정격회전수
발 전 기	출력75마력미만 75마력이상	74이하 76이하	무부하, 정격회전수 (60Hz)
착 압 기	전체	85이하	작업시(콘크리트괴)
브레이크	전체(본체 및 바켓)중량 500kg미만 500kg이상	85이하 88이하	작업시(콘크리트판)
압 쇄 기	출력75마력미만 75이상140미만 140이상280미만 280마력이상	73이하 76이하 79이하 82이하	하이아이 등 (베이스머신)
항 타 기	전체	85이하	작업시(벤치테스트)

* 권고기준 7.5m거리에서 측정한 소음도

* 콘크리트괴 콘크리트의 강도는 210kg/cm(자갈 모래 시멘트 물을 중량비로 3.1:2.6:1:0.55정도로 혼합하여 14일정도 양생한 강도기준, 보통시멘트)이상으로 하되, 크기는 가로×세로×높이가 50cm×50cm×50cm이상으로 한다.

* 콘크리트판 철근 콘크리트판(주철근을 서로 직교하는 2방향으로 등간격 복배근이상으로 배치한 2방향 슬래브)으로 하되, 콘크리트의 강도는 210kg/cm이상으로 하고, 철근(직경은 15mm이상)의 배치간격은 20cm보다 조밀하게 하며, 판의 크기는 가로×세로×높이가 50cm×50cm×20cm이상으로 한다.

2. 기계의 정의

가. 굴삭기 (excavator)

무한궤도 또는 타이어식으로 굴삭장치를 가지고 토사, 암석 따위를 파내는 기계로서 자체중량이 1톤이상인 것.

나. 로우더(loader)

무한궤도 또는 타이어식으로 적재장치를 가지고 육상에서 적재하는 기계로서 자체중량이 1톤이상인 것.

다. 공기압축기(compressor)

압축공기를 생산하는 기계로서 공기토출량이 매분당 2.83세제곱미터(매제곱센티미터당 7킬로그램 기준)이상의 이동식인 것.

라. 발전기(generator)

회전에 의하여 전력을 발생시키는 직류 또는 교류 발전기로서 발전용량이 0.5킬로와트 이상인 것.

마. 착암기(rock drill)

암반아니 콘크리트 등에 구멍을 뚫는 장치(피스톤식 또는 해머식의 천공장치)를 가진 기계로서 자주식장비에 부착한 것.

바. 브레이커(breaker)

암반·콘크리트 등을 파괴할 때 로드선단에 부착된 용구를 회전시키지 않는 공압식·유압식·전동식의 착암기로서 자주식장비에 부착한 것.

사. 압쇄기(concrete crusher)

콘크리트 구조물 등을 파쇄·절단하는 압쇄장치(ㄷ자형 프레임의 한쪽을 반력부로 하고 다른 한쪽을 압쇄날로 한 구조의 것과 양쪽 모두를 압쇄날로 한 구조의 것)를 가진 기계로서 자주식장비에 부착한 것.

아. 향타기(pile driver)

원동기를 가지고 건축물을 지지하기 위한 기초용의 콘크리트 말뚝이나 토류관 지지용 H-빔, 강재 토류관 등을 박는 기계 중 자체 중량이 0.5톤이상의 진동해머(vibratory hammer)를 말함.

[별표 2]

소음표시권고대상기계의소음측정방법

1. 측정기계 댓수 및 지점수

가. 측정기계 댓수

- (1) 해당기계 1대를 선정하여 측정하는 것을 원칙으로 한다. 다만, 국립환경연구원장이 필요하다고 인정하는 경우에는 2대 이상 측정하여야 한다.
- (2) 측정대상기계는 사업자가 제시하는 기계로 하는 것을 원칙으로 한다. 다만, 측정가능한 기계가 2대 이상 있는 경우에는 국립환경연구원장이 임의 선정한 다.

나. 측정지점수

대상기계의 측정지점은 4지점으로 하고 각 지점의 위치는 대상기계몸체의 측면으로부터 전후좌우 각 7.5m 지점의 지면 위 1.5m로 한다.

2. 측정장소

국립환경연구원장이 지정하는 장소로 하되(단, 착암기와 브레이커의 경우, 사업자가 원하는 측정장소로 하고 소음도측정에 필요한 기준강도이상의 콘크리트피 및 콘크리트판을 스스로 준비하여야 한다. 이때 검사자는 측정전에 비파괴시험기로 강도를 확인하여야 한다), 측정장소 지정시는 다음의 조건을 고려하여야 한다.

가. 옥외측정을 원칙으로 하며, 측정장소는 소음측정에 현저한 영향을 미칠 것으로 예상되는 공장 및 사업장, 건설작업장, 비행장, 철도 등의 부지 내는 피해야 한다.

나. 측정장소 반경 15m이내에는 장애물(담, 건물, 기타 반사성 구조물 등)이 없어야 하고 평지이어야 한다.

3. 측정조건

가. 소음계의 마이크로폰은 측정위치에 받침장치를 설치하여 측정하는 것을 원칙으로 한다.

나. 소음계의 마이크로폰은 주소음원 방향으로 하여야 한다.

다. 풍속이 2m/sec 이상일 때에는 반드시 마이크로폰에 방풍망을 부착하여야 하며, 풍속이 5m/sec를 초과할 때는 측정하여서는 안된다.

라. 진동이 많은 장소 또는 전자장(대형 전기기계, 고압선 근처 등)의 영향을 받는 곳에서는 적절한 방지책(방진, 차폐 등)을 강구하여 측정하여야 한다.

마. 암소음의 영향이 적은 시간대에 측정하여야 한다.

바. 측정대상장비별 소음표시 권고대상기계의 출력조건에 따라 측정하여야 한다.

사. 측정대상기계의 운전상태 및 작업장치의 위치

(1) 브레이커

규정압에 의한 작업상태를 측정하는 것으로서 끌(chisel)을 콘크리트판에 강하에 누른 상태로 한다. 또한 베이스머신이 측정치에 영향을 주지 않도록 소음 측정 방향을 결정한다.

(2) 향타기

진동척을 공중에 달아올리되 그 높이가 지상 50cm이하로 한다. 또한 충분한 출력을 가진 동력원으로부터 얻어진 규정전압 또는 유압을 걸어 최대진폭수, 또는 최대진동수로 되도록 한다.

(3) 굴삭기, 로우더

- 불도저, 트랙터쇼벨 : 브레드 및 바켓은 지상에 내려놓은 상태로 하고, 브레드는 수평, 바켓은 바닥면을 지면과 평행이 되도록 한다.
- 백호우, 소형백호우, 쇼벨계 굴삭기의 베이스머신 : 암은 수직으로 하고, 바켓 바닥면을 지면과 수평으로 한다.
- 드래그라인, 그램셀 : 붐은 경사각도 60도, 후크, 바켓 등은 말아올리는 상태로 한다.

아. 기타 이 규정에서 정하지 않은 사항으로서 측정에 필요한 사항은 국립환경연구원장이 정하는 바에 의한다.

4. 측정기기의 사용 및 조작

가. 사용 소음계

- (1) KSC-1502에 정한 보통소음계 또는 동등이상의 성능을 가진 것이어야 한다.

나. 일반사항

- (1) 소음계와 기록계를 연결하여 측정기록 한다. 단, 소음계에 내부기억장치가 있고 최고소음도가 표시되는 경우 소음계만으로 측정할 수 있다.
- (2) 소음계 및 기록계의 전원과 기기의 동작을 점검하고 측정 전 교정을 실시하여야 한다.(소음계의 출력단자와 기록계의 입력단자 연결)
- (3) 소음계의 레벨레인지 변환기는 측정장소의 소음도를 예비조사한 후 절하게 고정시켜야 한다.
- (4) 소음계와 기록계를 연결하여 사용할 경우에는 소음계의 과부하 출력이 소음 기록치에 미치는 영향에 주의하여야 한다.

다. 청감보정회로 및 동특성

- (1) 소음계의 청감보정회로는 A특성에 고정하여 측정하여야 한다.
- (2) 소음계의 동특성은 빠름(fast)을 사용하여 측정하여야 한다.

5. 측정자료분석

측정자료는 다음과 같이 분석·정리하며, 소수점 첫째자리에서 반올림 한다.

가. 측정방법

샘플주기를 0.1초 이내로 결정하고 4지점에서 동시 측정한다. 측정시간 및 지치의 읽기는 아래에 정해진 방법으로 한다.

- (1) 굴삭기·로우더·공기압축기·발전기·압쇄기
 - 30초이상 측정한 L_{eq} 로 한다.
- (2) 착암기·브레이커·항타기
 - 30초이내서 측정하는 것을 원칙으로 하되, 10개이상의 충격소음피크가 측정될 수 있도록 하고 발생시 마다의 피크치의 산술평균한 값으로 한다.

나. 분석방법

4개 지점 중 최고소음도를 기록하고 3회 반복 측정하여 얻는 최고 소음도를 산술평균한 값을 측정소음도로 한다.

다. 암소음 보정

측정소음도에 다음과 같이 암소음을 보정하여 대상소음도로 한다.

- (1) 측정소음도가 암소음보다 10dB(A)이상 크면 암소음의 영향이 극히 작기 때

문에 암소음의 보정없이 측정소음도를 대상소음도로 한다.

- (2) 측정소음도가 암소음보다 3~9dB(A)차이로 크면 암소음의 영향이 있기 때문에 측정소음도에 아래 보정표에 의한 보정치를 보정한 후 대상소음도를 구한다.

○ 암소음의 영향에 대한 보정표

측정소음도와암소음도의 차	3	4	5	6	7	8	9
보 정 치	-3	-2		-1			

다만, 주변 여건상 암소음의 억제가 어렵다고 인정될 경우에는 암소음 측정 없이 측정소음도를 대상소음도로 할 수 있다.

- (3) 측정소음도가 암소음보다 2dB(A)이하로 크면 암소음이 대상소음보다 크므로 (1) 또는 (2)항이 만족되는 조건에서 재측정하여 대상소음도를 구하여야 한다.

6. 평가 및 측정자료의 기록

가. 평 가

- (1) 2대 이상 측정하였을 때의 대상소음도는 측정기계 중 가장 높은 기계의 소음도로 한다.
- (2) 대상소음도가 별표 1의 소음표시대상기계의 권고소음도 초과여부를 확인하여 소음도표지사용인정 여부를 결정한다.

나. 측정자료의 기록

소음평가를 위한 자료는 별지 제2호 서식의 소음발생량측정기록표에 의하여 기록·보존한다.

4.2 국내 소음표시 권고 대상기계 소음도 측정 현황

<표 4.1>은 소음진동규제법 제49조의2 및 1996년 9월 6일 이후 환경부 개정고시 제96 110호 「고소음기계중저소음제품에대한소음표시권고에관한규정」에 의하여 해당업체에서 국립환경연구원에 소음도 검사 신청하여 2000년 10월 23일 현재까지 소음도가 측정된 현황이다. <표 4.1>에 의하면 발전기 15개, 브레이커 5개의 제품만이 발생소음도가 권고소음도 이내로 측정되어 소음도표지를 부착하였다.

<표 4.1> 소음표시 권고 대상기계 소음도 측정 현황

번 호 (년월일)	기 계 명	모 델 명	최대출력 및 중량	소음도 dB(A)		상 호
				권고 소음	발생 소음	
발전1996-1	발전기	DDG-75	100HP	76	72	대도기계
발전1996-2	발전기	DDG-115	154HP	76	74	대도기계
발전1996-3	발전기	DDG-145	195HP	76	72	대도기계
발전1996-4	발전기	PGF	35HP	74	69	(주)대우중공업
발전1996-5	발전기	PGB	95HP	76	66	(주)대우중공업
발전1996-6	발전기	PGJ	134HP	76	71	(주)대우중공업
발전1996-7	발전기	PGK	187HP	76	69	(주)대우중공업
발전1996-8	발전기	PGI	249HP	76	71	(주)대우중공업
발전1996-9	발전기	PGV	328HP	76	73	(주)대우중공업
발전1997-1	발전기	BLA-80	135HP	76	7	(주)보국전기공업
발전1997-2	발전기	BLA-180	277HP	76	71	(주)보국전기공업
발전1997-3	발전기	BLA-350	520HP	76	75	(주)보국전기공업
발전1998-1	발전기	BSA-85	114HP	76	69	(주)보국전기공업
발전1998-2	발전기	BSA-115	154HP	76	69	(주)보국전기공업
브레이커1999-1	브레이커	RHB 305-2S	350kg	85	83	(주)한우건설기계
브레이커1999-2	브레이커	RHB 308S	550kg	88	83	(주)한우건설기계
브레이커1999-3	브레이커	RHB313-2S	970kg	88	86	(주)한우건설기계
브레이커1999-4	브레이커	RHB 322S	1,750kg	88	85	(주)한우건설기계
발전1999-1	발전기	BKE-42	50HP	74	72	(주)보국전기공업
브레이커2000-1	브레이커	SB50TS	866kg	88	74	(주)수산중공업
합 계	발전기 브레이커	15건 5건				

자료: 국립환경연구원, 2000. 10. 23. 현재

5. 방음벽의 개요⁶⁴⁾

5.1 방음시설 일반 및 현황

방음시설물이란 소음의 전달과정에서 소음을 감쇠시켜 주변지역의 전반적인 소음분포를 일정기준 이하로 낮추는 소음저감대책용 구조물을 말한다. 방음벽은 장벽 형태의 구조물을 말하며, 방음터널은 입출구를 제외한 양측면과 상부면을 완전히 차폐한 터널형 구조물을 말한다. 그리고 방음독은 일정한 높이의 언덕을 말한다. 소음을 막기 위한 가장 좋은 방법은 방음터널 설치를 들 수 있는데, 이 방법은 설치비용이 많이 들고 채광, 환기, 터널내부 소음 증가 등의 문제가 있으며, 방음독은 설치면적이 많이 소요되고 높게 설치할 수 없어 자연적인 지형환경을 이용할 수 있는 특수한 경우에 방음벽이나 방음림 등과 병행해 사용되고 있다. 가장 경제적인 소음저감 방법은 방음벽을 설치하는 것으로 도로나 철도의 교통소음에 대한 소음대책 이외에도 공사장의 건설소음이나 공장의 기기소음, 비행장의 제트기류에 의한 소음대책 등 다양한 용도의 소음저감방법으로 이용된다.

64) 유니슨산업주식회사

5.2 방음벽의 종류 (유형)

5.2.1 방음판 구조에 따른 분류

방음판의 소음저감 효과는 음의 전파 경로상의 회절에 의한 감쇠가 가장 주된 요인이지만 방음판의 구조에 따라 소음저감 효과가 달라진다. 음원과 접하는 면의 상태에 따라 소음을 흡수하거나 반사시켜 수음점에 도달되는 음의 세기를 감쇠시키기 때문이다. 방음판의 구조는 음향성능 발생원리에 따라 주로 흡음형, 반사형이 사용되며 일부 간섭형과 공명형이 사용되기도 한다

<표 5.1> 방음판 구조에 따른 분류

구 분	기 능
흡 음 형	방음판에 음파의 대부분이 흡수되는 방음벽
반 사 형	방음판에 음파가 부딪쳐 대부분이 반사되는 방음벽
간 섭 형	방음판에 입사하는 음파와 반사되는 음파가 섞여 감쇠되는 방음벽
공 명 형	방음판 구멍이 뚫려 있고 내부에 공동이 있어 음파가 공명에 의해 감쇠되는 방음벽

(1) 흡음형

흡음형 방음벽은 소음의 회절감쇠를 위해 설치되는 방음벽에 부딪쳐 나오는 반사음이 반대편 지역으로 전달되는 것을 막기 위해, 입사된 음을 흡수하도록 설계된 방음벽을 말한다. 흡음형 방음벽은 반사형 방음벽의 단점을 해결하기 위한 대안으로, 주로 도심과 같이 도로의 양쪽에 높은 건물이 존재하거나, 반사음에 의한 차음 효과 감소가 우려되거나 난반사에 따른 소음이 문제되는 경우에 많이 이용되고 있다. 흡음형 방음벽은 절단성형구(Slit)나 타공구(펀칭)를 둔 전면판을 통해 들어온 소음이 내부의 다공질 흡음재에 흡수되어 음의 반사를 막게 된다. 흡음형 방음판의 설계는 투과손실 이외에 음의 반사를 막도록 흡음율에 대한 기준을 만족하도록 이루어져있다. 국내에서는 절단성형구(Slit)를 가진 AL표면의 방음판 또는 펀칭 타공된 칼라분체도장 방음판으로 이루어진 강재 방음벽이 주로 시공되어 있으며 이외에 목재로 이루어진 흡음형 방음벽이 시공되기도 한다.



(a) 칼라 스틸 방음벽



(b) 알루미늄 방음벽



(c) 목재 방음벽

<그림 5.1> 흡음형 방음벽

(2) 반사형

반사형 방음벽은 소음을 반사시켜 음이 전파되는 것을 막는 구조로, 차음벽이라고도 한다. 반사형 방음벽은 음의 전파 특성상 한쪽에만 방음효과를 얻고자 하는 경우나 대상지역의 건물이 낮은, 즉 수음원이 방음벽보다 낮은 경우에 사용되고 있으며, 주로 도시외곽이나 농촌지역에서 많이 이용되고 있다. 반사형 방음판의 설계는 방음판의 투과손실을 기준으로 한다. 반사형 방음벽은 방음판 전면에 개구부를 두고 있지 않아 유지 보수가 쉽고 경제적이기 때문에 방음벽의 주요 대안으로 검토된다. 이제까지는 압출성형 시멘트판이나 콘크리트판을 소재로 한 반사형 방음판이 반사형 방음벽의 주종을 이루고 있다.



(a) 투명 방음벽



(b) 압출 성형 시멘트 방음벽



(c) 콘크리트 방음벽

<그림 5.2> 반사형 방음벽

<표 5.2> 흡음형과 반사형 방음벽의 비교

구 분	흡 음 형			반 사 형		
	칼라방음벽	AL.방음벽	목재방음벽	강재 방음벽	투명 방음벽	압출성형 시멘트판넬
방음효과	편칭타입 방음벽으로 난입사 소음에 효과적임.	상향입사 소음에 효과적임.	목재와 목재 사이의 흡음재가 음을 흡수하여 방음효과가 우수함.	반사효과 기대. 소음을 반사시킴으로서 음의 투과손실을 얻어 방음벽으로 소음원 한쪽만 방음시설이 필요한 경우 적용.		
운전자	안 전 운 전 에 효과적.	안 전 운 전 에 지장.	안 전 운 전 에 효과적.	안 전 운 전 에 효과적.	안 전 운 전 에 지장	단조로움.
주민측	주 변 환 경 과 조화.	주변환경 저하.	주 변 환 경 과 조화.	주 변 환 경 과 조화.	주변환경 저하	주변환경 저하.
유지관리	유지관리 유리.	유지관리 불리.	2차사고 우려.	유지관리 유리.	유지관리 불리.	2차사고 우려.

5.2.2 재료에 따른 분류

국내 건설공사장에서 소음저감을 위하여 전파경로 대책으로서 사용하고 있는 방음벽 재료의 예를 비교하여 나타낸 것이다. 현재 국내 현장에서는 방음용으로서 비용이 저렴한 부직포를 흔히 사용하고 있으나, 이는 미관상, 내화성능상, 차음성능

상 불리한 것을 알 수 있다. 최근 들어 경제성 측면에서는 다소 불리하지만, 차음 성능상 비교적 유리한 AL 방음벽과 폴리프로필렌 방음판을 이용한 가설방음벽이 채용되어 가고 있다. 또한 경량콘크리트 방음벽도 이용되는 경우가 있으나, 자체의 중량 때문에 가설용으로는 폭넓게 채용되고 있지는 않다. 차음쉬트와 피복성형 강판은 차음성능의 불리한 점은 있으나, 경제성 측면에서는 유리한 것을 알 수 있다.

<표 5.3> 방음벽 재료에 따른 비교

구 분	AL 방음벽	경량콘크리트 방음벽	부직포	차음쉬트	피복성형 강판 (EGI판)	폴리프로필렌 방음판
장 점	· 흡음성, 차음성 우수 · 내구성 우수 · 미관우수	· 내구성, 내후성 우수 · 가격저렴	· 설치비용 저렴 · 풍하중에 대한 부담이 적음	· 중량이 가벼움 · 비교적 차음 성능이 확보	· 흡음성, 차음성 우수 · 미관을 다양하게 할 수 있음	· 흡음성, 차음성 우수 · 미관을 다양하게 할 수 있음 · 재사용이 용이
단 점	· 경제성 측면에서 불리	· 흡음성이 없음 · 중량이 무거움	· 미관상 좋지 못함 · 차음성, 내화성능이 약함	· 차음성, 내구성 측면에서 불리	· 차음성 측면에서 불리	· 경제성 측면에서 다소 불리 · 풍하중에 대한 세심한 설계 필요
500Hz의 투과손실 예	30dB	36.7dB	-	25dB	25dB	25.9dB
경제성	100%	70%	8%	15%	33%	70%

자료 : 한국소음진동공학회, 「건설공사장 소음·진동 저감 방안 세미나」, 1997

5.2.2 방음벽의 구성형식 예

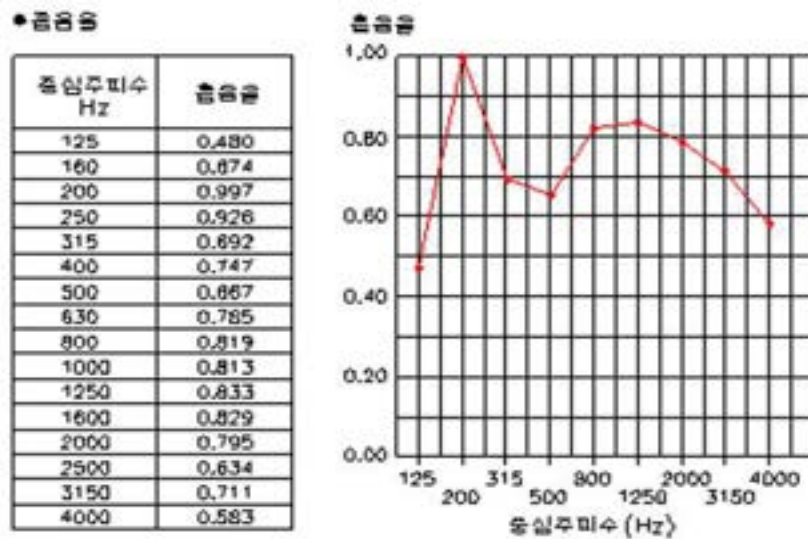
<그림 5.3>은 철재 방음벽의 여러 가지 구성형식의 예를 보여주는데, 재질의 구성에 따라 방음벽의 성능이 결정된다.

(형식 I)	(형식 II)	(형식 III)	(형식 IV)
			
철판(16G) +흡음재(100mm) +타공판(22G)	철판(16G) +석고보드(12mm) +흡음재(90mm) +타공판(22G)	철판(16G) +석고보드(12mm×2장) +흡음재(75mm) +타공판(22G)	철판(16G) +석고보드(12mm) +흡음재(45mm) +철판(22G) +타공판(22G)

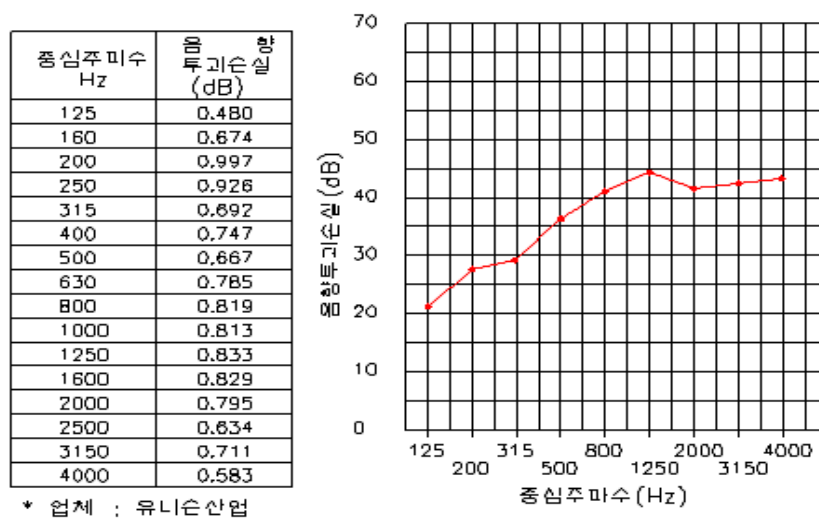
<그림 5.3> 철재 방음벽의 여러 가지 구성형식

5.3 방음벽의 음향성능

국내에서 생산되는 강재 방음판의 음향성능은 내부 흡음재와 전·후면판의 재질, 개구부 형상 등에 따라 다양하게 나타난다. 다음 그림에서는 칼라스틸 방음판의 음향성능을 보여주고 있다



<그림 5.4> 칼라 방음판의 흡음성능(편칭 Type)



<그림 5.5> 칼라 방음판의 투과손실(편칭 Type)

현재 국내에서는 방음벽의 설계 및 시공에 관한 규정이 없는 실정이며, 일본의 도로공단에서는 방음판의 최소 음향성능을 <표 5.4>와 같이 제안하고 있다.

<표 5.4> 방음판의 음향성능

음향성능 \ 주파수(Hz)	400	1000
투과손실(dB)	25	30
흡음률(%)	70	80

자료 : 일본 도로공단

국내 방음벽 생산업체별 생산방음벽의 사용재료와 음향성능은 <표 5.5>과 같다.

<표 5.5> 국내생산 방음벽의 사용재료와 음향성능

생산업체	구 성 품	사 용 재 료	성 능
유니슨산업 (주)	흡음형 방음판 투명 방음판	전면판 : Aℓ 1 ^t 후면판 : 아연도강판 1.6 ^t 흡음재 : 폴리에스테르 표면강화 : PMMA	투과손실 400:27.0 흡음률 400:0.74 1000:32.8 1000:0.78
포산금속	흡음형 방음판 투명 방음판	전면판 : Aℓ 1 ^t 후면판 : 아연도강판 1.6 ^t 흡음재 : Glass Wool 폴리카보네이트	투과손실 400:35.6 흡음률 400:0.85 1000:40.4 1000:0.70
예음산업	흡 음 형	전면판 : Aℓ 1 ^t 후면판 : 아연도강판 1.6 ^t 흡음재 : Glass Wool	투과손실 400:28.9 흡음률 400:1.06 1000:36.6 1000:0.87
화경건설	흡 음 형	전면판 : Aℓ 1 ^t 후면판 : 아연도강판 1.6 ^t 흡음재 : Glass Wool 폴리카보네이트	투과손실 250, 500, 1000, 2000Hz: 평균 30dB 이상 흡음률 250, 500, 1000, 2000Hz: 평균 0.7dB 이상 투과손실 : 400:20 이상 1000:25 이상
(주)벽산	중공 콘크리트	콘 크 리 트	50t의 경우 투과손실 400:31.2 1000:34.7
삼목정공(주)	흡음형 방음판 투명 방음판	전면판 : Aℓ 1 ^t 후면판 : 아연도강판 1.6 ^t 흡음재 : Glass Wool 폴리카보네이트	투과손실 400:31.5 흡음률 500:0.88 1000:40 1000:0.63 투과손실 500:26 1000:29
우성예건	개구중공시멘트 블록	시멘트 블록	투과손실 500:36.7 흡음률 500:0.64 1000:40.3 1000:0.48
한수목재	목재 방음판	목 재	
(주)럭키	PVC	흡음재 : Case PVC	투과손실 400:36.6 흡음률 500:1.36 1000:50.3 1000:0.83

자료 : 한국환경과학연구협의회, “방음시설의 구조 및 설치기준제정을 위한 연구”, 1994, p.84

6. 건설공사장 소음 저감을 위한 관리기술 사례⁶⁵⁾

6.1 기본 사항

(1) 소음·진동 대책을 계획, 설계, 시공하고자 할 때에는 건설기계의 소음·진동 크기, 발생 실태, 발생기구 등에 대하여 사전에 충분히 이해하여야 한다. 소음·진동의 크기는 같은 종류의 시공방법과 건설기계를 사용하더라도 형태, 시공조건 등에 따라 크게 변동함.

(2) 소음·진동 대책시에는 소음·진동의 크기를 낮게 하는 외에 발생시간을 단축하는 등 전체적으로 영향이 작도록 검토한다. 소음·진동의 영향은 그 크기뿐만 아니라 발생시간대, 발생시간, 지속성 등에 좌우되므로 심야나 이른 아침에 작업하는 것을 피하는 외에 가급적 발생시간을 단축하여야 함.

(3) 건설공사의 설계시에는 공사장 주변의 입지조건을 조사하여, 전체적으로 소음·진동이 저감될 수 있도록 다음 사항을 검토한다.

① 저소음, 저진동 공법의 선정

- 디젤햄머에 의한 타격식 타입 대신에 중굴공법이나 프리 보링 공법 등의 채용, 해머식이나 대형브레이카에 의한 포장면 파쇄 대신에 압쇄기에 의한 공법 등

② 저소음 건설기계의 선택

- 규제기준 등을 고려하여 가능한 한 저소음 건설기계나 적정용량의 건설기계를 사용함

③ 적절한 작업시간대 및 작업공정의 설정

- 작업시간대는 주변의 생활 시간대나 생산시간대를 고려하여 설정.<통상은 낮시간이 바람직함.>

④ 소음·진동원이 되는 건설기계의 적정배치

- 건설기계를 수음점에서 멀리 띄워 거리감쇠 효과를 크게 하거나 음원을 가설 구조물 또는 기타의 설비 뒤에 배치함.

65) 동아건설산업주식회사 기술연구소, 「현장기술지도서(건설환경관리-소음·진동)」, 1993

⑤ 차음벽 등의 설치를 고려한다.

- 차음벽이나 차음독의 설치

(4) 건설공사의 시공시에는 설계시에 고려한 소음 대책을 다시 한 번 검토하여 확실하게 실시하고, 건설기계의 운전시에도 다음 사항을 배려해야 한다.

① 공사를 원활하게 수행하기 위하여 현장관리 등에 유의하고, 불필요한 소음·진동이 발생하지 않도록 한다.

- 장내 정리 및 주행로 정비를 통한 소음 발생원 억제, 자재를 난폭하게 다루거나 연락하는 일 등을 삼가함.

② 정비불량에 의해 소음·진동이 발생하지 않도록 점검 및 정비를 충분히 행한다.

- 결합부의 풀림, 윤활제의 부족 등에 의해 발생하는 소음을 방지함.

③ 작업대기 중인 건설기계 등의 엔진은 가능한 한 정지시켜 소음·진동이 발생하지 않도록 한다.

- 건설기계의 공회전 삼가, 차량 등의 라디오 음량을 적게 함, 작업 대기시간에 엔진을 끄

(5) 건설공사를 실시할 때는 필요에 따라 사전에 지역 주민에게 공사의 목적, 내용 등에 대해 설명하여 협력을 얻을 수 있도록 노력한다.



<그림 6.1> 건설기계의 분산배치 및 이동식 방음벽 설치 사례
(자료 : 한국건설안전기술원)



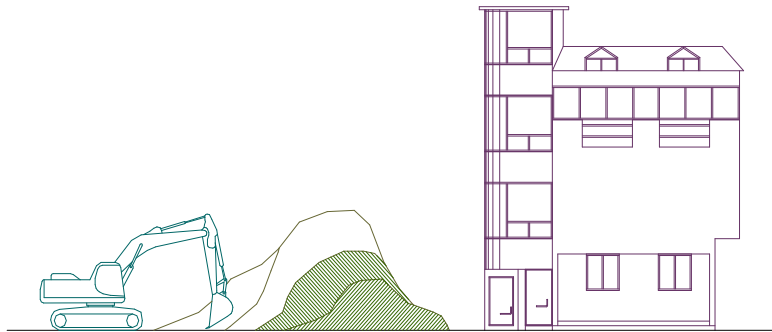
<그림 6.2> 가설 방음벽 설치사례 (자료 : 한국건설안전기술원)

6.2 공종별 소음저감

6.2.1 정지공사

(1) 굴삭·적재 작업

- ① 굴삭·적재 작업시에는 가능한 한 저소음 건설기계를 사용한다.
- ② 둔덕이나 흙무더기 등을 굴삭할 경우에는 가능한 한 <그림 6.3>과 같이 가옥 등의 반대에서부터 실시한다.



<그림 6.3> 피해를 적게 주면서 굴삭하는 요령

- ③ 충격력에 의한 굴삭을 가능한 피하고, 무리한 부하나 불필요한 고속운전 및 쓸데없는 공회전을 삼가한다.
 - 굴삭날은 항상 날카롭게 보전하고, 잠시 세워두고 운전할 경우에는 수평으로 고정시켜 편하중에 의한 뼈격거리는 소리를 억제하고, 신중하게 운전함
- ④ 굴삭, 적재기에 의해 직접 트럭에 짐을 싣는 경우에는 불필요한 소음·진동 발생을 피하도록 노력한다.
 - 낙하높이를 될 수 있는 한 낮게 하고, 굴삭토 방출을 부드럽게 하며, 특히 점성이 있는 흙을 방출할 때 덜컹거림에 의한 소음발생을 유의하여야 함

(2) 불도우저 작업

흙을 불도우저로 굴삭하여 밀고나갈 때에는 무리한 부하가 걸리지 않도록 주의하고, 후전시에는 고속주행을 피하고 정속 주행을 한다.

(3) 다짐 작업

- ① 다짐 작업시에는 가능한 한 저소음 건설기계를 사용한다.
- ② 진동, 충격력에 의해 다짐작업을 할 경우에는 기계의 종류, 작업시간대 설정 등에 유의해야 한다.

6.2.2 운반공사

(1) 운반의 계획

운반 계획시에는 교통안전에 유의함과 아울러 운반에 수반되는 소음에 대해서 각별히 배려한다.

(2) 운반로의 선정

운반로의 선정시에는 미리 도로 및 인근 상황에 대하여 충분히 인식한 후 사전에 도로 관리자, 경찰 등과 협의하는 것이 좋으며, 다음 사항에 유의한다.

- ① 통근·통학 또는 시장 근처 등과 같이 특히 보행자가 많고 차도와 인도의 구별이 없는 도로는 가능한 한 피한다.
 - 주거지, 학교, 병원, 유치원 도서관 등이 있는 도로는 가능한 한 피한다.
- ② 필요에 따라 왕복로를 별개로 한다.
 - 좁은 도로를 출입할 경우 등
- ③ 될 수 있는 한 포장도로나 폭이 넓은 도로를 선정한다.
 - 주변에 대한 소음피해를 완화하기 위함
- ④ 경사가 급하거나 급커브가 많은 도로는 가능한 한 피한다.
 - 이러한 도로에서는 엔진소음이 크게 증가함

(3) 운반로의 유지

운반로의 점검을 충분히 하고, 필요한 경우 유지, 보수를 공사계획에 포함시켜 대책을 세운다.

(4) 주행

① 운반차량의 주행속도는 도로 및 주변상황에 따라 적정하게 계획한 후 설정하고, 불필요한 급발진, 급정지와 공회전 등을 삼가한다.

- 주행 속도는 소음방지의 관점에서 40km/hr 이하로 하는 것이 바람직하다.

② 운반차량의 선정시에는 운반량, 투입대수, 주행속도 등을 충분히 고려하여 될 수 있는 한 저소음 차량을 사용한다.

- 소음이 작은 신차의 운행을 늘리고, 과적재를 엄격히 제한함.

6.2.3 암석 굴착 공사

(1) 암석의 굴착 계획

암석의 굴착 계획시에는 리퍼작업, 발파 리퍼작업, 발파 공법 등에 대해 사전 비교 검토하여 전체적으로 소음·진동의 영향이 적은 공법을 택한다.

- 시공도중에 공법 변경은 거의 불가능하고 비용이 증대함.

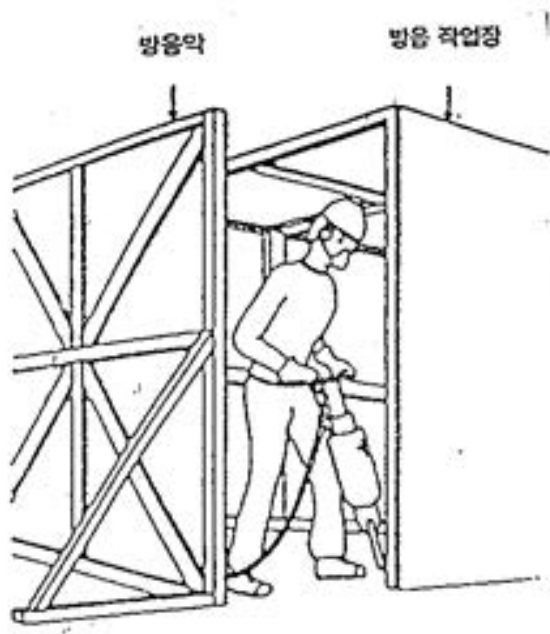
(2) 천공

착암기로 천공할 경우에는 방음대책이 강구된 기계의 사용이나 저소음 착암기의 사용을 검토하고 <그림 6.4>와 같은 방음상자의 채용도 고려한다.

- 발파 리퍼공법에 있어서는 천공수가 많게 되어 착암기의 소음이 증가하는 경향이 있으므로 적절한 공법을 선정하고, 가급적 유압식 또는 소음기가 부착된 공압식 착암기를 사용함.

(3) 발파

발파할 경우에는 저폭속 화약 등의 특수화약이나 지발뇌관 등의 사용에 관해서 검토한다.



<그림 6.4> 방음상자 활용 방안



<그림 6.5> 암굴착 공사시 이동식 차음막 설치사례
(자료 : 한국건설안전기술원)

6.2.4 기초공사

(1) 기초공법의 선정

기초공법의 선정시에는 기성말뚝을 향타하는 공법, 장소 말뚝치기 공법, 케이슨 공법 등을 종합적으로 검토한 후, 시공의 신뢰도가 높고 소음·진동이 적은 공법을 채용한다.

(2) 기성말뚝을 향타하는 공법

- ① 기성말뚝을 시공할 경우에는 사전에 천공기로 천공한 후 말뚝을 타입하는 중굴공법 프리보링공법 등을 원칙으로 하고, 다음 대책을 검토한다.

- 저소음 향타기의 사용

- 유압해머, 초고주파 향타기 등이나 향타기의 방음 대책을 강구함.

- 작업 시간대

- 밤 및 이른 아침시간의 작업 삼가

- ② 말뚝을 하역하거나 타입하기 위해 달아 올리는 작업 등을 할 경우에 불필요한 소음·진동이 발생하지 않도록 조심스럽게 작업한다.

- 강관, H-빔 등의 강재 말뚝을 다룰 때 특히 유의함.

(3) 장소 말뚝치기 공법

장소 말뚝치기를 위한 천공공법에는 많은 종류가 있고, 또한 거기에서 발생하는 소음·진동의 정도나 발생기구가 다르기 때문에 유의할 필요가 있으며, 토사의 반출, 콘크리트 타설 등에 따른 소음·진동 저감에 대해서도 배려한다.

(4) 케이슨 공법

공압식 잠함 공법에서는 에어로크 배기음, 신호음 및 공기압축기의 소음 등의 대책에 유의한다.

- 배기음에 대해서는 소음기의 채용, 신호음에 대해서는 무선 및 인터폰 설치 등을 배려함

6.2.5 토류 공사

(1) 토류공법의 선정

- ① 토류공법 선정시에는 강판 토류공법, H-빔과 토류판에 의한 공법, 지하연속벽 공법 등을 종합적으로 검토하여 저소음, 저진동 공법을 채용한다.
- ② 강판, H-빔 등을 시공할 경우에는 유압식 압입, 인발공법, 다활차식 인발공법, 어스오거 등에 의한 굴삭병용 압입공법, 유압식 초고주파 말뚝치기 공법, 워터젯 공법 등을 원칙으로 하고, 다음의 소음·진동 대책을 검토한다.
 - 작업시간대
 - 저소음 건설기계의 사용
- ③ 강판, H-빔 등을 들어올리거나 떼어내는 작업 또는 하역작업 등을 할 경우 불필요한 소음·진동이 발생하지 않도록 한다.

(2) 지하 연속벽 공법

지하 연속벽 공법은 토류구조를 본체구조로 이용할 경우나 공사현장 주변의 지반침하에 대한 제한이 엄격할 경우에는 소음·진동 여부도 함께 고려하여 채용여부를 검토한다.

6.2.6 콘크리트 공사

(1) 콘크리트 플랜트

- ① 콘크리트 플랜트의 설치시에는 주변지역에 대한 소음·진동의 영향이 적은 곳을 택하여 설치면적을 충분히 확보하고, 필요에 따라 방음 대책을 강구한다.
- ② 콘크리트 플랜트 현장에서 가동되거나 출입하는 차량 등의 소음·진동 대책에 대하여 배려한다.

(2) 콘크리트 믹서 트럭

콘크리트 타설시에는 공사현장이나 부근에 믹서 트럭이 대기할 장소를 배려하고, 불필요한 공회전을 삼간다.

(3) 콘크리트 펌프카

콘크리트 펌프카는 콘크리트를 타설할 경우, 설치장소에 유의함과 동시에 콘크리트 압송파이프를 항상 정비하여 공회전을 삼가한다.

6.2.7 강구조물 공사

(1) 접합

- ① 현장에서 고장력 볼트로 강재를 접합할 경우에 가능한 한 전동식 또는 유압식 렌치를 사용한다.
- ② 현장에서 강재의 구멍을 맞추어 드립트핀을 박을 때 타격하는 대신에 유압식 또는 전동식과 같은 정적방법의 채용을 검토한다.

(2) 크레인 차의 선정

가능한 한 저소음 크레인 차의 채용을 검토한다.

(3) 가설

가설에 사용되는 크레인 등의 운전은 작업시간대에 유의함과 동시에 무리한 부하가 걸리지 않도록 한다.

6.2.8 구조물 철거공사

(1) 철거공법의 선정

콘크리트 구조물을 파쇄하는 경우에는 공사현장 주변의 환경을 충분히 고려하

여 콘크리트 압쇄기, 브레이커, 팽창재 등의 공법 중에서 적절히 행한다.

(2) 파쇄

철거시에는 구조물을 적게 나누는 것이 필요할 경우에는 트럭에 실을 수 있을 정도로 블록화 한후, 소음·진동의 영향이 적은 곳에서 파쇄한다. 또한 적재시 등에도 불필요한 소음·진동이 발생하지 않도록 조심스럽게 작업한다.

(3) 방음시트 등

콘크리트 구조물을 철거하는 현장은 소음대책과 안전대책을 고려하여 가능한 방음시트나 방음판넬의 설치를 검토한다.

6.2.9 터널공사

(1) 굴삭공

- ① 갱구 부근의 굴착시 발파 등에 따른 소음·진동이 될 수 있는 한 적게 배출되도록 배려하고, 방음벽 등의 설치를 고려한다.
- ② 터널내부의 굴삭시의 발파소음 대책으로 갱구 등에 방음벽, 방음 시트 등의 설치를 검토한다.
- ③ 소음 민감 지역에서 터널공사를 하고자 할 때에는 터널 보링 머신 등의 채용도 검토한다.



(a) 커튼형 방음막



(b) 박스형 방음막



(c) 버럭을 이용한 방음벽

<그림 6.6> 터널발과 작업시 방음시설 설치사례

(자료 : 한국건설안전기술원)

(2) 환기설비 등

환기설비 및 공기압축기 등은 현장 주변의 상황을 고려하여 설치하고, 필요에 따라 소음·진동 저감대책도 고려한다.

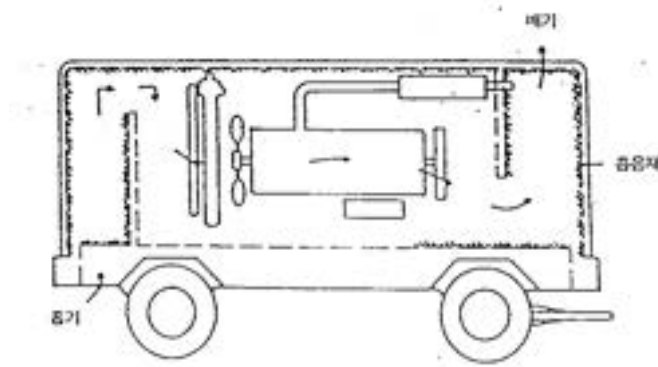
6.2.10 가설공사

(1) 설치

가설재의 설치, 철거 및 적재하여 작업시에는 불필요한 소음·진동이 발생하지 않도록 조심스럽게 다룬다.

(2) 노면 복공판

복공판 철거시에 이음매의 단차나 불량지지 등에 의해 차량 통행시 발생하는 소음·진동의 방지에 유의한다.

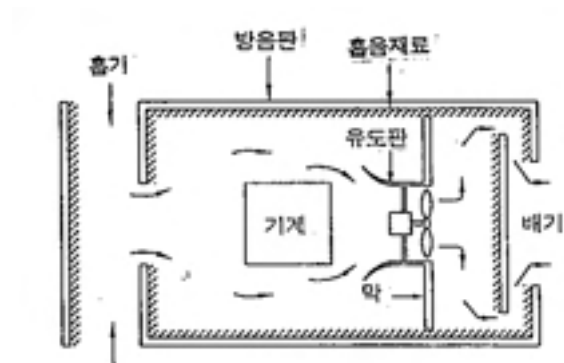


<그림 6.7> 공기압축기 방음대책 예

6.2.11 공기압축기, 발전기 등

(1) 공기압축기, 발전기

- ① 이동식의 것은 가능한 한 저소음 기계를 채택한다.
- ② 정치식의 소음·진동 대책을 강구한다.



<그림 6.8> 발전기의 방음대책 예

(3) 배수펌프

배수펌프를 사용할 때에는 소음방지에 유의한다.

(4) 설치

이들의 설치 시에는 주변환경을 고려하여 소음·진동의 영향이 적은 곳에 설치한다.

7. 암굴착 공법 및 적용기준 사례

인접 지역에 건물이나 교각과 같은 보호해야 하는 구조물이 있어 특수한 발파 공법이 요구되거나, 환경을 보호하고 작업의 안전, 공기단축 등이 요구될 때 무진동 발파공법을 사용한다. 한국토지공사의 경우 “암발파 설계 기법에 관한 연구”에서 지장물의 거리에 따른 발파공법 선정 기준을 <표 7.1>과 같이 서술하고 있고, <표 7.2>은 굴착공법을 상호 비교하여 나타낸 것이다.

<표 7.1> 발파공법 선정 기준(한국토지공사)

발파원과의 거리(m)	30m 이내	30~50m	50~100m	100~300m	300m 이상
구 분	무진동 발파	특수 발파	소규모 진동 제어 발파	중규모 진동 제어 발파	일반 발파
적용방법	팽창성파쇄제+기 계굴착	C.C.R 혹은 선행이완발파	진동제어 발파	진동제어 발파	재래식 발파
천공장비	SINKER DRILL+ RIPPING	SINKER DRILL+ RIPPING	SINKER DRILL	CRAWLER DRILL	CRAWLER DRILL+소할
천공직경	φ 40mm 이내	φ 40mm 이내	φ 40mm 이내	φ 51-75mm	φ 75mm
사용폭약	팽창성파쇄제	미진동파쇄제 혹은 함수폭약	φ 25mm 폭약	φ 32-50mm 폭약	φ 50mm 폭약
BENCH높이 (천공장)	1.0m	1.0m	1.5m(1.9m)	3.0~6.0m	15m 이내

자료 : 한국토지공사

<표 7.2> 굴착 공법의 비교

구 분	미진동발파(CCR)	진동제어발파	일반발파(대발파)
(1) 원리(개념)	미진동 파쇄기 + 대형 Breaker	· 발파 영향권 검토에 의하여 인근 지장물 거리에 따라 차별화된 발파패턴 설계에 의해 시행 · 발파진동 계측과 병행시공 · 발파방법의 다단계 분류 (지발당 장약량에 따라)	· 발파설계 없이 표준 품셈에 의거 단가산출 · 발파패턴 없이 시공자가 임의로 시행
(2) 적용성	· 균열이 많은 암반에 적용 곤란 · 강도가 매우 강한 경암에서는 적용이 곤란 · 용수개소에서는 적용이 곤란 · 콘크리트 파쇄에 적합한 공법임	· 발파방법, 발파패턴이 명시되어 있어 현장관용이, 피해발생시 책임규명 가능 · 이격거리별로 발파규모, 발파방법을 능동적으로 대처 가능 · 크로울러 드릴을 천공구경별로 차별화시켜 적용하므로써 공사비 절감 · 하향천공에 의한 벤치발파	· 발파방법에 대한 기준이 없어 현장 숙련공의 기량에 의존 · 발파진동 규제기준이 없어 발파능률 위주로 시행 · 소발파(착암기) 방법은 현실성이 없음 · 주로 경사발파(수구리발파) 방법 시행
(3) 파쇄시간	3시간 이내	즉 시	즉 시
(4) 환경공해측면	· 진동은 보통 다이내마이트의 1/10 수준이나, 뇌관에 시차가 없어 다수공 발파시 커질 우려가 있다. · 공발 발생시 폭음 및 비산이 발생한다.	· 발파공해 영향에 따라 차별화된 발파패턴 적용 · 발파계측과 병행시공 · 민원발생시 정량적 계측자료로 증거확보 가능	· 발파공해 영향 감안하지 않음 · 발파진동 계측 없음 · 민원발생 대처능력 없음
(5) 시공성	· 시공성이 떨어지며 주변 환경과 허용진동에 따른 변수가 많다. · 2차 파쇄필요	비교적 양호	양 호
(6) 민원발생정도	적 다	적 다	많 다
(7) 경제성 (굴착단가)	19,781원	16,366원	7,344원

자료 : 한국토지공사

<표 7.3> 무진동(미진동)굴착공법 경제성 비교

구 분		미진동파쇄기	팽창성파쇄제	가스이용법	급속유압이용법
제품종류		CCR: (주)한화	· 비폭성파쇄제 : 쌍용양회 · BENTONITE : KUBATEC (스위스) · BRISTAR : 오노다시멘트 (일본)	CARDOX : PIKROSE CO (영국)	· DARADA : H. DARADA CO (독일) · BURSTING SYSTEM : HYDROSTRES CO (스위스)
파쇄원리		고열 · 고압에 의한 팽창력 이용	석회계 규산염주체 무기화합물의 경화 팽창력 이용	액화 CO ₂ 가스기화시 발생하는 급속가스 압력이용	급속유압을 이용한 JACK 원리
공해정도		소음 · 진동 약간 발생	무진동 무소음	소음 · 진동 약간 발생	무진동 무소음
작업허가조건		총포화약류 단속법 적용	자격 · 허가 불필요	자격 · 허가 불필요	자격 · 허가 불필요
파쇄시간		3시간 이내	12시간 이내	즉시	즉시
천공조건	천공경 천공깊이 천공간격	40mm 이내 2m이내 양호 천공경의 30배이내	35~75mm 통상 2m이내 천공경의 14배이내	45~65mm 통상 2m이내 1.5m이내	45~48mm 1.0m이내 0.6m이내
시공성		주변환경과 허용진동속도에 따른 변수가 많다. 2차 파쇄가 필요함	현장작업조건에 따라 작업효율의 변수가 많음 2차 파쇄가 필요함	TUBE사용량에 따라 작업량 좌우 연암 : 2m ³ /TUBE 경암 : 1~1.5m ³ /TUBE 2차 파쇄가 필요함	연암 : 30m ³ 일/대 경암 : 20m ³ 일/대 2차 파쇄가 필요함
경제성 (원/m ³ , 개략단가)		28,000	70,000	45,000	55,000

자료 : 김재수 외, 「건설소음 · 진동」, 서우, 2001

<표 7.4> 무진동 발파공법 비교

공법 종류	공법 개 요	용 도	비 고
WARE WEDG 공 법	기계내부에 장약된 탄약 폭발로 암반 구멍 내에 순간압력을 주어 파쇄하는 방법	자유면이 있는 Con'c, 암반 파쇄작업에 사용	미국 HUDCO사 특허기계로서 암석이나 Con'c 파쇄에 적합함
LIQUID 파쇄공법	화약과 액체를 포함한 파쇄제로 발파하는 방법	암반 및 Con'c 파쇄작업	현재 공인 시험중
DARADA 파쇄공법	유압 UNIT를 장착한 기계로 암반구멍을 양측으로 밀어내어 파쇄하는 방법	암반 및 Con'c 파쇄작업	파쇄력(730ton)은 크나 작업효율이 낮아서 물량처리가 적고 용역비가 고가임
무진동화약 파쇄공법 (BRISTAR)	특수규산염의 무기화합물로 물과 혼합하여 암반구멍에 주입하면 경화 팽창하여 파쇄하는 방법	인접시설물에 발파영향이 없도록 요구되는 곳에 사용	일본 ONODA CEMENT Co. 특허품
무진동 GAS 파쇄공법 (CARDOX)	암반구멍내에서 CO GAS의 폭발로서 파쇄하는 방법	인접시설물에 발파영향이 없도록 요구되는 곳에 사용	GAS 폭발용 너관은 영국제품이며 소음이 매우 심함

자료 : 김재수 외, 「건설소음·진동」, 서우, 2001

<표 7.5>는 도로공사의 굴착공법 적용기준을 나타낸 것으로 여기서 미진동 발파구간은 편절형 암절취(50%)와 브레이커 암절취(50%)가 병행되는 구간을 의미한다.

<표 7.5> 도로공사 굴착공법 적용기준

구 분	발파원과의 거리		
	30m 이내	30~60m	60m 이상
소음 및 공기에 영향이 없을 경우	브레이카 파쇄공법	미진동 발파공법	일반발파
소음 및 공기에 영향이 있을 경우	무진동 파쇄공법	미진동 발파공법	일반발파

자료 : 한국토지공사

도로공사 설계적용기준에 나타난 토공사시 발파암 작업구간에 대한 분류를 요약하여 나타내면 다음과 같다.

- 편절형 : 절취폭 4.0m미만인 구간
- 리퍼병행 : 리퍼도자 투입이 가능한(절취폭 4m이상, 길이 20m이상) 넓은 지역으로서 현장여건을 고려하여 결정.
- 크로울러드릴 : 25,000m³이상 연속작업 가능지역
- 브레이커 : 기존도로와 접해있어 확장부의 깎기
- 미진동발파 : 편절형(50%)+브레이커(50%), 주요시설물 부근 또는 축사 인접지역 등에 대하여 감독관과 협의하여 미진동 발파구간을 선정한다.

8. 발파소음 · 진동의 시공상 저감방안

8.1 진동 저감방안

진동속도는 거리에 반비례하고 장약의 3승근 또는 자승근에 비례하므로 장약량을 최소화하는 것이 가장 효과적인 방법이라 할 수 있다. 따라서 전술한 허용한계 이내로 지발당 장약량을 감소시키는 것이 바람직하고 후술하는 여러 저감방안 중 현장에 적합한 방안을 병행 실시함으로써 저감효과를 극대화 할 수 있다.

또한 지발 전기뇌관의 발화초시가 일정하다면 1발파 공수를 제한할 필요가 없지만 현재 시판되고 있는 지발 전기뇌관 (MSD, LP등)의 초시오차로 인해 다수공을 발파시 발파진동의 증가 현상이 나타나고 있으므로 수시 계측에 의해 1발파 공수를 제한해야 한다. 당 현장은 후술하는 제한 발파구간과 일반 발파구간에서 가급적 1발파 공수를 20공 이내로 하는 것이 바람직하다.

가. 발파원으로 부터 진동을 억제하는 방법

- ① 한 발파당 굴진장을 감소시키거나 단면을 분할 발파한다.
- ② 최소저항선과 공간격을 축소시킨다.
- ③ 측면 발파는 약경을 천공지름에 비해 작게하는 디커플링 효과를 이용한다.
- ④ MS 지발뇌관을 사용한 진동의 상호간섭을 이용.
- ⑤ 벤치 발파에서는 벤치의 높이를 줄이거나 천공지름을 작게하여 지발당 장약량을 감소시킨다.
- ⑥ 저폭속, 저비중의 폭약 사용
- ⑦ 풍화암, 절리 등이 있는 불량한 암반에는 폭발가스가 분출될 우려가 있으므로 천공 및 전색에 주의해야 하며 전색효과가 우수한 전색물을 이용.
- ⑧ 약장약은 발파효과가 감소되고 과장약은 진동과 폭풍이 증가하면서 과파쇄와 비산을 일으키므로 소음 · 진동을 경감하기 위해서는 적당한 비장약을 한다.

나. 전파하는 진동을 차단하는 방법

- ① 진동의 전파경로에 절리, 층리를 두거나 인공적인 균열이나 도랑을 설치하여 전파되는 탄성파를 흡수 감소시킨다.
- ② 암반중에 천공이나 균열을 주어 발생·전달되는 지반진동을 흡수·차단시킨다.
(pre-splitting, line drilling)

8.2 발파풍압 및 소음 저감방안

발파풍압은 발파진동과 함께 발파 작업시 발생하는 주요한 재해 중의 하나이며, 주로 폭약의 폭발 에너지가 파쇄되는 암괴를 통하여 대기중으로 방출되는 공중 충격파(압축파)에 기인한다. 이 발파풍압의 세기는 압력의 단위(psi)나 dB단위로 표현할 수 있다. 발파풍압의 경감대책은 발파진동의 경감대책과 유사한 점이 많다. 둘다 전파 매질만 다를 뿐, 파동의 형태라는 것에는 차이가 없기 때문이다. 다만 발파풍압의 경우 바람이나 온도의 영향을 많이 받기 때문에 이러한 점을 고려해야 한다.

발파풍압의 경감대책으로 이용할 수 있는 방법들을 제안하면 다음과 같다.

- ① 각각의 발파공으로 부터 발생하는 풍압이 중첩되어 강화되는 것을 피하기 위하여 연속되는 발파의 시간 간격을 다음과 같이 하여야 한다.

$$T \geq 2(S/V)$$

여기서, T : time between hole detonation(sec)

S : spacing, between holes(m)

V : 온도에 따른 음파 속도(m/s)

예를 들어 천공 간격이 1m라면 시간 간격은 약 30m/s 이상이어야 한다.

- ② 완전 전색이 이루어지도록 해야 한다.
- ③ 벤치 높이를 줄이거나 천공지름을 작게 하는 등의 방법을 통해 지발당 장약량을 감소시킨다.
- ④ 온도나 바람 등의 기후 조건이 인근 구조물에 발파풍압의 집중을 초래할 가능성이 있는 장소에서는 발파를 연기하거나 피한다.
- ⑤ 기폭 방법에서는 정기폭(top hole initiation)보다는 역기폭을 사용한다.
- ⑥ 방음벽을 설치함으로써 소리의 전파를 차단한다.
- ⑦ 불량한 암질, 풍화암 등 폭발 가스가 새어, 발파풍압이 되는 원인에 주의하고 전색효과가 좋은 전색물을 사용한다.
- ⑧ 주택가에서는 소할 발파에 붙이기 발파를 하지 말 것과 짧은 천공 발파를 하는 경우 모래주머니 등으로 덮는다.

8.3 비산의 방지대책

비산에 대한 영향권은 발파지점으로 부터의 거리로 정의할 수 있으며 비산거리 내에 지장물이 위치할 경우 모두 영향권으로 볼 수 있다. 비산은 대상 지역의 각 지장물에 대해 다음과 같은 영향을 미칠 수 있다.

- 국 도 : 비석으로 인한 교통소통 장애, 차량손상
- 고 압 선 : 비석에 의한 고압선 절단, 애자 파손
- 보호수목 : 수목 손상
- 주거가옥 및 상업용 건물 : 건물 손상
- 인체, 가축 : 살상

따라서 비산 방지대책을 제안하면 다음과 같다.

- ① 암반의 단층, 균열, 지질 등을 미리 잘 조사하여 천공위치, 약량 등을 정확히 산출하고 표준암반에 대해 시험발파를 하여 적정 장약량을 정하는 등 발파계획을 철저히 수립한다.
- ② 발파계획시의 최소저항선과 실제 천공한 최소저항선이 꼭 같도록 채굴면과 천공방향과의 각도가 틀리지 않도록 주의한다.
- ③ 적정약량을 장약하더라도 장약위치가 알게되면 과장약이 되고 깊게되면 약장약이 되므로 계획된 위치에 장약의 중심을 잡을 수 있도록 한다.
- ④ 과장약이나 자유면에 부석이 있는 경우 최소저항선의 방향으로 비석발생이 우려되므로 방호구는 가능한 무겁고 질긴 것으로 겹치거나 엮어맨다.
- ⑤ 약장약, 메지제질불량, 전색불충분, 연한암반 천공시 구멍주변에 절리가 있는 경우 등에는 천공한 방향으로 비석이 생길 수 있으므로 주의한다.
- ⑥ 천공후 구멍속을 깨끗이하고 작은 돌이나 토사유입을 방지하기 위해 마개를 잘하여야 하며 장약시에는 구멍입구로 유입되는 토사나 천공속의 절리 등으로 인해 떨어지는 작은돌의 걸림에 유의하여 장약하도록 한다.
- ⑦ 비석을 방지하기 위해서는 발파 대상 암석부위에 방호구를 직접 씌우는 방법이 가장 유효하다. 방호구로는 보통 다다미나 헨가마니, 헨타이어, 매트 및 고무판 등으로 덮어주며 브라스팅 매트(blasting mat), 그로스 매트(gross mat), 링 매트(ring mat) 등의 사용도 권장한다.

- ⑧ 절리암체의 경우 천공 작업시에는 절리면에서 최소 3~5cm정도 떨어진 위치에 장약실을 선정한다.
- ⑨ 착암시 장약실이 층리면에 위치하지 않도록 천공장을 연장하거나 공저를 점토로 충전한다(층리암체 여부는 bit 충격반응으로 확인 가능).
- ⑩ 절리층리가 발달한 암반 굴착시는 경험이 많고 유능한 착암공을 채용하여 천공위치 선정에 더욱 정확을 기한다.

9. 저소음 도로포장공법 사례

9.1 저소음 콘크리트 포장⁶⁶⁾

콘크리트 포장의 저소음화 기술은 1988년 PIARC/TC7에서 H.Sommer를 의장으로 하는 "콘크리트 포장 저소음화 위원회"의 설립을 시작으로 개발되기 시작하였다. 그 후 구미 각국에서 기술개발을 추진하여 콘크리트 포장 시공방법 및 포장 표면 형상을 적절히 조절하는 방법으로 타이어와 노면에서 발생하는 소음을 줄이는 기술을 개발하였다. 콘크리트 포장 저소음화 공법 및 그 특징을 살펴보면 <표 9.1>과 같다.

<표 9.1> 콘크리트 포장 저소음화 공법

공 법		특 징
신 설 포 장	다공질(Porous) 콘크리트	일본, 네덜란드, 프랑스 등지에서 개발 중. 내구성, 강도효과와 지속성 및 경제성 등 검토과제가 많음.
	종방향 마무리 (Burlap Drag Finish)	종방향 포장면 마무리 공법으로, 종전의 횡방향 포장면 마무리와 비교하여 저소음 효과가 있음(4-5dB(A)), 독일, 스페인 등지에서는 미끄럼 저항성을 높이기 위해 실리카 골재 사용(약 30%)
	소입경 골재 노출	1990년 오스트리아에서 개발, 약 10cm 두께의 표준 콘크리트에 소입경 골재를 사용(4-8mm)함으로써 높은 미끄럼 저항성과 소음저하 효과(5-7dB(A))의 지속성 및 내구성 등이 있기 때문에 유럽 등지에서 주목받고 있음.
포 장 면 보 수	연 마	벨기에, 미국 등지에서 시공한 경험 있음. 184개의 다이아몬드 블레이드를 갖춘 다이아몬드 휠로 기존 콘크리트 포장 표면에 간격 5.2mm, 홈 폭 3.2mm의 홈을 종방향으로 시공. 소음 저하효과(5-8dB(A)). 경제성이 해결해야 할 과제.
	표 면 처 리	에폭시 수지와 3-4mm의 쇄석으로 포장 표면을 조면화 한다. 시공두께는 5mm 정도로 오스트리아에 시공실적이 있음. 소음저하효과((5-8dB(A)). 에폭시 수지 대신에 시멘트 몰탈을 이용하는 방법도 연구 중. 내구성이 해결해야 할 과제.

* 소음 저하 효과는 시속 100km/hr로 주행하면서 조사

66) 토목기술 51권 5호, 일본, 1996.

<표 9.1>에서 소입경 골재 노출 콘크리트 포장공법(이하, 소입경 골재 포장)은 오스트리아에서 개발되었으며, 그 원리는 포장표면 골재의 인접 간격이 넓을 경우 타이어 진동음이 커지고, 반대로 포장면이 너무 평탄할 경우 타이어와 포장면 사이에서 공기 펌핑음이 발생한다. 따라서 포장표층 시공을 4-8mm 입경의 소입경 골재를 사용함으로써 자동차 타이어와 포장면 사이의 접지 표면적이 늘어나 타이어와 노출된 골재 사이의 진동음이 작아지고, 또한 포장면이 거친면으로 마무리됨으로써 타이어와 포장면사이의 공기 펌핑에 의한 소음을 저감시키는 방법이다. 오스트리아 및 일본에서 실행된 본 공법의 배합설계는 <표 9.2>와 같다.

<표 9.2> 소입경 골재 포장 배합설계표

			오스트리아	일 본	비 고
표층 콘크리트	배합	시멘트량	440kg/m ³	422kg/m ³	
		물시멘트비	39%	41%	
		조 골 재	4-8mm	5-10mm	쇄 석
		세 골 재	0-1mm(28%)	0-2mm(28%)	세 사
		휨 강 도	76kg/cm ² 이상	77kg/cm ² 이상	중앙재하
	규격	골재노출깊이	0.7-1.0mm	0.7-1.0mm	샌드벳치법
		입 자 수	55개 이상	55개 이상	사방 5cm내 골재노출수
기층	배합	시멘트량	350kg/m ³	390kg/m ³	
		물시멘트비	39%	41%	
		조 골 재	8-32mm	5-25mm	쇄 석
		세 골 재 율	36%	41%	세 사

배합설계표의 특징은 표층 콘크리트에 사용되는 조골재 크기가 매우 작고(국내 콘크리트 포장 표층용 조골재 19-32mm 사용)표층 표면 5cm원 내에 골재 입자수를 55개 이상으로 제한한다는 점에 있다. 이는 위에서 설명한 소입경 골재 포장의 소음 저감효과를 내기 위함이다. 소입경 골재 노출 공법의 시공특성은 기층 콘크리트 시공까지는 기존 방법과 동일하나 기층 위에 철망층을 두는 점, 양생방법 및 사용재료에 있으며, 표층 및 기층의 배합설계가 달라 서로 다른 2종류의 콘크리트를 기층과 표층에 번갈아 타설해야 하는 데 재료공급과 시공속도 확보 측면에서 향후

시험시공을 통한 콘크리트 타설방법 및 시공순서 표준화 문제가 지적되고 있다.

<표 9.2>의 일본 배합설계에 의한 소음측정은 재래 콘크리트 포장, 소입경 콘크리트 포장, 신설 아스팔트 포장을 대상으로 실시되었으며, 실험결과에 의하면 종전의 콘크리트 포장은 표면 물탈이 제거되고 골재가 노출되면 초기 포장상태보다 3-4dB(A) 정도 소음이 상승한데 비해 소입경 골재 포장의 타이어/노면 소음은 종전 콘크리트 포장보다 낮고, 신설 아스팔트 포장과는 거의 같은 수준이며, 소음 주파수 분석결과 저주파, 고주파 영역 모두에서 낮은 소음 레벨을 나타내었다. (지면 제약상 소음측정 결과는 나타내지 않았음) 이와 같은 소입경 골재 포장은 포장면의 골재 인접 간격이 좁아짐으로써 소음이 줄어드는 것뿐만 아니라, 포장면이 거칠게 마무리됨으로써 포장의 평탄성 향상에도 큰 잇점이 있다. 배합설계표에 나타난 바와 같이 포장재료 측면에서 보면 작은 크기의 골재와 기존 콘크리트 포장의 시멘트 수량($300\sim350\text{kg/m}^3$)보다 많은 양의 시멘트를 사용함으로써 포장체의 밀도가 커져 포장 슬래브의 내구성 및 강도 또한 향상된다. 그러나 아직까지 시공방법 및 포장재료 확보 등의 어려움이 지적되고 있으나, 이미 구미 각국에서는 본 공법을 통하여 시공한 예가 많고, 많은 시험시공 결과로 실효성이 증명되고 있다.

9.2 환경 친화적인 아스팔트 포장⁶⁷⁾

환경 친화적 아스팔트인 에코팔트(Ecological Asphalt, ECOPHALT)는 포장체가 약 20%의 공극을 갖는 개립도 아스팔트 혼합물로 이루어 졌으며, 외국에서는 Porous Asphalt, Drain Asphalt, Silent Asphalt등으로 불리운다.

아스팔트 첨가제(DAMA)를 사용하는 에코팔트는 하절기 소성 변형을 억제하고 동절기 취성 파괴를 감소시켜 포장 내구성을 현저히 향상시킨다. 우천시는 빗물이 포장체내에 흡수, 배수되므로 수막현상 및 물보라의 발생이 없으며 노면 미끄럼 저항을 증대시켜 빗길 교통사고를 감소시킨다. 또한 차량 주행시 소음이 포장체의 공극에 의해 감소하며, 첨가제로 페타이어 고무가루(CRM)등을 사용하므로 폐자원 재활용효과도 있다. 에코팔트는 건설 교통부로부터 신기술(제206호/1999)로 지정받은 선진 공법으로 소음측정 결과는 다음과 같다.

① 등가소음도(L_{eq}) 비교 (도로단 1m 측정)

구분	측정시간	에코팔트포장	일반포장	소음도 차
L_{eq}	5min	63.4	67.6	4.2
		64.8	69.2	4.4
	10min	66.6	70.7	4.1
	30min	67.9	71.3	3.4
	1hour	68.1	71.6	3.5

주) 측정기관 : 국립환경연구원(소음·진동과)

② 차종별 최대소음도(L_{max}) 비교 (도로단 1m 측정)

구분	에코팔트포장	일반포장	평균소음도차	샘플수
L_{max}	67.8~90.2	72.6~93.5	3.3	13대

주) 측정기관 : 국립환경연구원(소음·진동과)

67) 다린 테크, <http://www.darintech.com/>

참 고 문 헌

- 감정평가연구원, 「환경오염 피해보상에 관한 연구」, 1998
- 강한구, “군용 항공기 소음 대책과 과제”, 「군 환경보전 학술세미나 논문집(제3회)」
- 강금식, 「Excel 통계분석」, 박영사, 1999
- 곽종형 외, 「가축관리학」, 선진출판사, 1994
- 교통개발연구원, 「국내공항주변 항공기 소음 방지 대책 연구」, 1992
- 국립환경연구원, 「공항주변 항공기 소음(일반공항을 중심으로)」, 1998
- 국립환경연구원, 「공항주변 항공기 소음」, 1998
- 김선우 외, 「항공기소음 영향평가 척도에 대한 실험적 고찰」, 한국소음·진동공학회, 1997, p.393
- 김영우, 「국내 항공기 소음실태와 대책」, 서울대 환경계획학과 석사학위논문, 1999.
- 김영우, 「국내 항공기 소음실태와 대책」, 서울대 환경계획학과 석사학위논문, 1999
- 김재수, “건설공사장에서 발생하는 건설기계소음의 전달 및 감쇠특성에 관한 실험적 연구”, 「대한건축학회 논문집」, 제 13권 6호, 1997. 6
- 桐山良賢, 「보상의 변천과 특수평가사례」, 東京出版社, 1984
- 백용진, “소음·진동 피해진단 기술정립 방향”, 「한국소음진동공학회지」, 제7권, 2호, 1997
- 백용진, “건설공사관련 소음·진동 민원의 현실태와 대책”, 「대한 건축학회지」, 1998
- 三村耕 외, 「家畜管理學」, 養賢堂, 1981
- 서울대학교 수의과대학, 「중부내륙고속도로 6공구 소음진동 피해진단 용역보고서」, 1999
- 서울대학교 수의과대학, 「경부고속철도 9-3공구내 매원터널 인근 축사 소음·진동

- 피해진단」, 1999
- 서울대학교 수의과대학, 「중부내륙고속도로 4공구 ○○농장 소음·진동 영향평가」, 2000
- 석정진 외, 「家畜管理學」, 養賢堂, 1982
- 양원선, 「민군 겸용공항과 민간 전용공항의 환경소음 특성에 관한 연구」, 연세대 환경공학과 석사학위논문, 2000
- 양철주, “공사장의 소음에 의한 양돈농장의 피해조사”, 「순천대논문집」, 1997. 12
- 유대근, 권영식, 「통계분석을 위한 SPSSWIN 8.8」, 기한재, 1999
- 이용준, 송영한, “산란계에 있어서 육성기의 소리자극이 육성성적, 섭취행동 및 산란율에 미치는 영향”, 「축산시설환경학회지」, 2000, 제6권, 2호
- 조명래, “소음공해와 수의사”, 「대한수의사회지」, 제34권 제11호
- 최승윤 외, 「축산대백과」, 내외출판사, 1991, P154
- 한국건설기술연구원, 「경부고속철도 제3공구 교량 기초말뚝 항타시의 소음 및 진동영향평가 연구」, 1995. 5.
- 한국고속철도공단, 「경부고속철도 서울사업소구간 소음·진동 피해진단」, 1997
- 한국건설안전기술원, 「중부내륙고속도로 여주-구미간 건설공사(제5공구) 인근축사 소음·진동 평가」, 1999
- 한국건설안전기술원, 「경부고속철도 1-2공구내 터널(장상,일직,조남) 발파영향평가 및 주변 가옥 피해진단」, 2000
- 한국건설안전기술원, 「중앙고속도로 9공구 인접건물 및 가축 발파피해진단」, 1999
- 한국건설안전기술원, 「경부고속철도 8-2공구내 ○○빌라 소음/진동 피해진단」, 2000
- 한국건설안전기술원, 「경부고속철도 7-2공구내 ○○리 일대 소음·진동 피해진단」, 2000
- 한국공항공단, 「항공기 소음 방음 대책에 관한 연구」, 1992, p.31
- 한국도로공사, 「건설 공사장 소음·진동 방지시설 설계기법에 관한 연구(Ⅱ)」, 1996

- 한국소음진동공학회, 「소음·진동 편람」, 1995
- 한국토지개발공사, 「암발과 설계기법에 관한 연구」, 1993
- 환경부 중앙환경분쟁조정위원회, 「소음으로 인한 피해의 인과관계 검토기준 및 피해액 산정방법에 관한 연구」, 1997
- 환경부 중앙환경분쟁조정위원회, 「건설공사장의 소음추정방법 및 발파진동으로 인한 건축물 피해」, 1998. 7
- 환경부 중앙환경분쟁조정위원회, 「환경분쟁조정사례집」, 1992~2000
- 환경부, 「소음·진동 공정시험방법」, 환경부 고시 제2000-31호, 2000. 3월
- 황우석, “건설공사에 의한 가축피해 및 구제방안”, 「월간양돈」, 1997, p.2
- Acker, D., M. Cunningham, 「Animal Science and Industry」, Prentice Hall, 1991
- Altas Powder Company, 「Explosive and Rock Blasting」, 1987
- B.L. Welch and A.S Welch(eds.), 「Physiological Effects of Noise」, Plenum Press(1970), p.85
- Bond, J. and Winchester, C. F., “Effects of Loud sound on the physiology and behavior of swine”, 「Tech. Bulletin」, No. 1280, USDA, 1963
- Commonwealth Agricultural Bureaux, 「The Veterinary Bulletin」, 1977~1986
- Siskind 외, 「Noise and Vibrations in Residential Structures from Quarry Production Blasting」, U.S. Bureau of Mines, Report of Investigations, 1976
- Siskind 외, 「Structures Response and Damage Produced by Airblast from Surface Mining」, U.S. Bureau of Mines, Report of Investigations, 1980
- U.S. Air Force and U.S. Department of the Interior, 「Effects of Aircraft Noise and Sonic Booms on Domestic Animals and Wildlife: A Literature Synthesis」, 1988