

발파소음의 예측기법과 환경규제 기준으로의 변환 연구

김 남 수¹⁾ · 양 형 식²⁾

A Study on the Prediction & Transformation of Blasting Noise for Environmental Regulation Standard

Nam-Soo Kim and Hyung-Sik Yang

ABSTRACT The estimation of proper prediction method and the alteration of transformation method of environmental regulation standard were carried out by measuring blasting noise in construction field. The correlation of scaled distance with sound pressure level were better than with sound level, but it was proved to be difficult to control blasting noise because the correlation factor was too low. Three methods to transform sound pressure level to sound level were examined. The method is the transformation by correlation equation of sound pressure level and sound level which are measured at the same time, and simplified transformation of A-weighting network corresponding to dominant frequency, and the transformation of sound pressure level by FFT. There were many errors to transform. The best effective method is the transformation using correlation equation of sound pressure level and sound level which are measured at the same time.

Key Words : Blasting Noise, Environmental regulation standard, Transformation

초 록 발파소음을 계측하여 예측방법의 타당성을 검토하였고, 환경규제 기준으로의 변환방식을 규명하였다. 환산거리에 따른 발파소음의 예측은 환산거리와 음압레벨의 상관성이 더 좋았으나, 상관계수가 낮아서 환산거리 설계에 의한 발파소음의 조절은 어려움이 있었다. 음압레벨을 환경규제기준인 소음레벨로 변환하기 위해서 세 가지 방법을 사용하였다. 발파시 동시에 측정된 음압레벨과 소음레벨의 상관식에 의한 변환과, 음압레벨의 우세주파수에 해당하는 청감보정회로의 보정치만큼 간이 보정하여 변환하는 방법과, 푸리에 변환을 하여 청감보정한 후 소음레벨을 구하는 방법을 시도하였다. 세 가지 방법 모두 변환하는 데에는 많은 오차가 발생하였으나 우세주파수, FFT를 이용한 변환보다는 발파시 동시에 측정된 음압레벨과 소음레벨의 상관식에 의한 변환 방법이 가장 실용적인 방법이었다.

핵심어 : 발파소음, 소음진동규제법, 변환

1) 정회원, 전남대학교 공업기술연구소 특별연구원

2) 정회원, 전남대학교 자원공학과, 교수

원고접수일 : 2000. 5.31

심사완료일 : 2000. 6.17

1. 서론

공사규모가 대형화됨에 따라 생산성 향상과 공기 단축 등을 위하여 대형 건설장비와 많은 발파가 실시되고 있고, 이로 인해 발생하는 소음과 진동은 주변의 구조물과 인체에 영향을 미치고 있다. 주민들의 생활수준과 환경수준의 향상으로 인하여 소음과 진동으로 인한 피해의식은 바로 집단 민원으로 직결되고 있고, 건설현장에서는 민원을 해결하기 위해 많은 비용과 인력을 소모하고 있다.

발파 소음의 예측에는 구조물의 피해 척도로 적합한 폭풍압을 레벨로 변환한 음압레벨과 인체의 피해 척도로 적합한 법규상 규제기준인 소음레벨이 있다. 측정된 소음레벨은 인체와 관련된 민원이 발생할 때에는 피해여부를 규제기준에 따라 판정하면 된다. 그러나 소음레벨은 저주파 성분에 큰 보정을 해주기 때문에 저주파 성분이 우세한 발파소음은 구조물에 대한 피해 민원인 경우에는 적당한 근거를 제시하지 못하고 있다. 음압레벨은 국내 법규상 규제 기준이 소음레벨로 되어 있어서 실제 민원이 발생하는 경우에는 대상에 따라 피해 여부를 판정할 수가 없는 문제점이 있다.

이와 같은 문제점으로 본 연구에서는 규제법상의 측정항목과 실제 발파 현장에서 측정하고 있는 측정항목에 의한 환산거리에 따른 설계 타당성을 비교해 보고, 측정된 음압레벨을 소음레벨로 세 가지 방법으로 변환을 실시하여 문제점을 고찰하고 가장 타당한 변환 방법을 제안하였다.

2. 발파소음의 측정항목

2.1 음압레벨

폭풍압(air blast overpressure)은 발파풍압 또는 발파압력파로 불리며 압반 파괴에 수반하는 자체변형으로 인하여 발생하는 공기압력파와 지반진동으로

인한 압력파를 들 수 있으나 주로 공기압력파에 기인한다. 폭풍압을 표현하는 방법에는 압력(Pa)과 음압레벨(dB)이 있다. 인체가 감지할 수 있는 음압의 크기가 너무 광범위하기 때문에 이를 레벨로 표현한 음압레벨이 많이 사용되고 있다.

$$SPL = 20 \log_{10} \frac{P}{P_0} \quad (1)$$

이다. 여기서 SPL(sound pressure level)은 음압레벨, P는 폭풍압(Pa), P_0 는 인간의 최소가청음압으로 2×10^{-5} Pa 이다.

폭풍압은 심적인 영향을 미치는 고주파수대의 진동과 구조물에 큰 피해를 야기할 수 있는 저주파수대의 진동을 공히 포함하고 있으며 20 Hz 이하의 저주파가 주로 문제된다. 구조물의 피해는 폭풍압에 기인한 부가적으로 수반되는 지반진동에 의해서 발생한다. 그래서 구조물의 피해를 표현하는 방법에는 폭풍압과 이를 선형적으로 표현하는 음압레벨 dB(L)이 타당하다.

2.2 소음레벨

압력의 단위는 소리의 압력 그 자체를 가리키고 있으며, 주파수에 관계없이 일정하다. 그러나 귀로 느끼는 소음의 감각량은 저주파일수록 둔하게 감각하기 때문에 사람의 청감에 따라 적절한 보정회로를 사용해야 한다. 청감보정회로에는 1,000 Hz 음을 기준으로 주파수에 따른 보정을 하는데 A와 C 보정회로는 가청음압을 연구하는데는 적합하고, 구조물 응답에 대해서는 L 회로를 사용한다. 이와 같은 청감 보정회로를 통하여 측정된 소음을 소음도 또는 소음레벨이라 하고, 일반적인 환경소음에서는 A 특성을 사용하고 dB(A)라 표기한다. 그러므로 발파소음에 의한 인체 피해는 청감보정한 소음레벨 dB(A)가 타당한 규제 기준이 된다.

2.3 규제기준

우리나라 소음·진동 규제법¹⁾은 발파소음에 관련된 독립된 규정은 없고, 광범위하게 제23조 (생활소음·진동의 규제)의 공사장 소음 규제치를 적용한다. 발파소음은 일반 공사장 소음 기준으로 생활소음의 연장선에서 규제하고 있다. 소음진동 규제법에 의하여 발파는 주간의 경우 대개 1일 최대 작업시간이 2시간 이하이므로 +10 dB을 보정하여 소음레벨로 80 dB(A)가 규제치가 된다.

외국의 경우를 살펴보면 Du Pont²⁾사는 발파소음은 20Hz 이하의 주파수를 많이 포함하고 있기 때문에 선형 측정을 권장하였고, SEN³⁾은 창문의 흔들림으로 0.03 kPa, 음압레벨로 140 dB(L)을, 회벽에 균열이 발생하는 정도를 6.9kPa 이상, 170 dB(L) 이상으로 제시하였다. Olofsson⁴⁾은 건물 피해에 대한 폭발압의 한계는 0.4 kPa로, Konya⁵⁾는 유리가 깨지지 않는 폭발압은 0.5 psi (164dB)로, Siskind⁶⁾ 등은 안전기준으로 음압레벨로 128 dB(L), 소음레벨로 95 dB(A)을 한계기준으로 음압레벨 136 dB (L), 소음레벨 115 dB(A)을 제시하였다.

이와 같이 외국에서는 발파와 같은 단발성 충격소음에 대한 규제기준이 구조물 기준의 음압레벨을 측정하는 설계목적의 계측을 하고 있다. 그러나 국내는 소음레벨을 측정하게 되어 있어서 발파소음의 예측과 적당한 구조물의 피해 여부를 판정하기는 곤란하여 민원이 발생하는 경우에는 피해 판정이 불가능하는 문제점이 있다.

3. 발파소음의 예측기법과 변환

3.1 소음레벨과 음압레벨의 설계적용 비교

발파소음은 불연속면의 틈새나 전색의 불량, 뇌관의 배열 미숙 등 여러 요인에 따라 예기치 않는 큰 폭발음을 유발시킬 수 있다. 또 온도나 대기의 분포 상태 등에 따라서 변하므로 발파소음을 예측하는 일

은 대단히 어려운 일이다. 그래서 본 연구에서는 범규상의 측정항목인 소음레벨과 구조물 피해 기준으로 적합한 음압레벨의 환산기준 변수에 의한 설계 타당성을 검토하였다.

연구 대상지역은 여천공단 확장단지 조성공사가 진행중인 전남 여천시 화치동 연성마을로서 기반암은 주로 안산암질암 및 응회암들로 이루어져 있으며 토질화된 풍화층이 기반암 상부에 불규칙하게 피복되어 있고, 지역에 따라서는 해성퇴적층 하부에 기반암이 발달 분포하기도 한다.

Fig. 1은 현장 지형도를 나타내는 그림으로 발파는 C7 지역과 C10 지역에서 실시하였고, 계측은 주변 민가에서 실시하였다.

발파는 지발뇌관과 다단식 발파기를 사용하여 지발당 장약량 10~160 kg/delay, 총장약량 60~3,350 kg, 계측거리 100~684 m, 환산거리 4.1~259.9 m/kg^{1/3} 로 계측을 실시하였다. 계측에 사용된 장비는 Instantel 사의 DS677과 DS077 기종으로 소음레벨과 음압레벨을 측정하였다.

Fig. 2는 삼승근 환산거리에 대한 소음레벨 수준을 나타낸 그림으로

$$dB(A) = 88.1 - 14 \log \left(\frac{R}{\sqrt[3]{W}} \right) \quad (2)$$

식과 같고 상관계수는 0.39이다.

Fig. 3은 삼승근 환산거리에 대한 음압레벨 수준을 나타낸 그림으로

$$dB(L) = 151.9 - 19.6 \log \left(\frac{R}{\sqrt[3]{W}} \right) \quad (3)$$

식과 같고 상관계수는 0.66이다.

이상에서 소음레벨로 예측하는 방법은 상관도가 너무 낮으므로 설계에는 부적합하였다. 그리고 환산거리와 소음레벨의 상관도보다 환산거리와 음압레벨의 상관도가 더 높았으나, 상관계수가 0.66으로 환산거리로 발파소음을 예측하는 것은 어려움이 있었다.

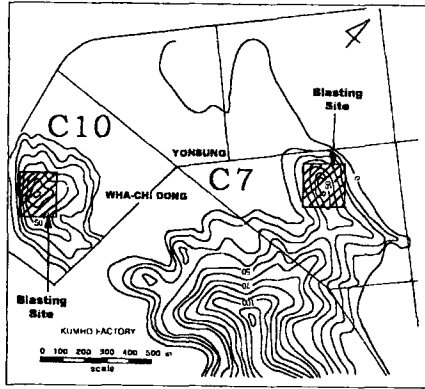


Fig. 1. Blasting site map : Yeochon

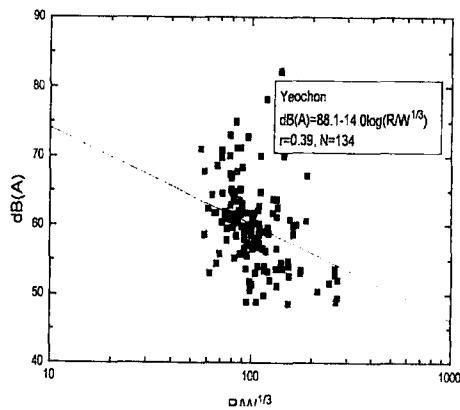


Fig. 2. Cube root scaled distance vs. sound level

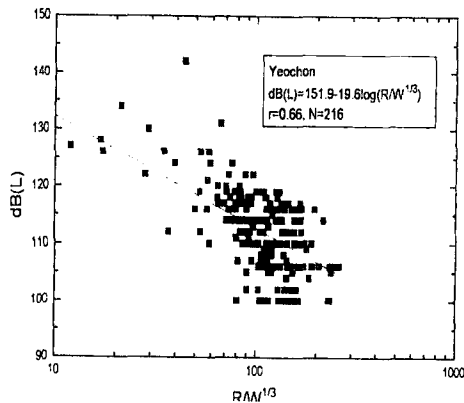


Fig. 3. Cube root scaled distance vs. sound pressure level

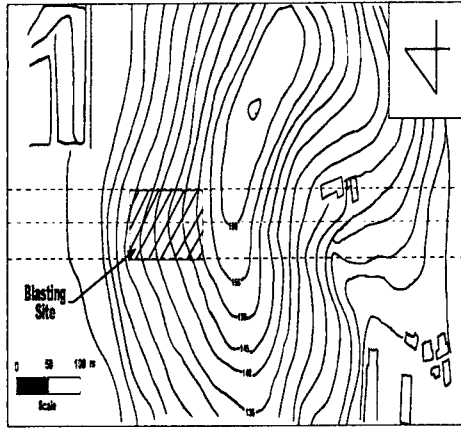
3. 2 소음레벨과 음압레벨의 변환

발파 현장 주변에 많은 보안물건이 있는 경우에는 동시에 여러 곳에서 발파소음을 측정한다. 그래서 다수의 계측기가 동원되는데 계측장비가 고가이므로 중형 계측기 한 대에 소형 계측기 여러 대를 사용한다. 청감보정회로가 있는 중형 계측기는 소음레벨을 측정할 수 있으나, DS077 같은 소형 계측기는 본체에 청감보정회로가 없어서 단지 음압레벨만 측정할 수 있다. 측정된 음압레벨은 법규상 규제기준인 소음레벨과는 다르기 때문에 측정된 자료는 법적인 문제가 발생할 때에는 적당한 근거로 이용되지 못한다.

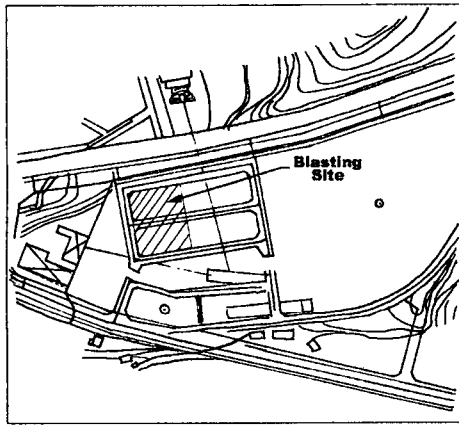
그리고 진동과는 무관한 거리가 있는 구조물에서도 건물의 흔들림을 호소하고 이를 발파진동으로 인한 피해라 주장하기도 한다. 이는 폭풍압에 수반된 저주파수의 압력이 구조물에 2차적인 진동을 유발시켜서 건물이 흔들리기 때문이다. 그래서 민원이 발생할 때 시공자의 입장에서는 계측된 소음레벨을 가지고 민원을 해결하려고 하지만, 민원인의 입장에서는 수공이 가지 않기 때문에 법적인 분쟁이 발생하기도 한다.

현장에서 측정된 음압레벨을 소음레벨로 바꾸기 위해서는 시간 영역의 이벽이 있는 경우에는 어렵지만 주파수 분석기 등이 있는 경우에는 가능하고, 반면 소음레벨에서 음압레벨로의 변환은 주파수 분석 과정이 생략되기 때문에 이를 추정하기는 대단히 어렵다. 이와 같은 문제점을 해결하기 위해 음압레벨을 소음레벨로 변환을 수행하였다. 측정기는 Instantel사의 DS 077, DS 677, Minimate plus이며, 계측지점은 광주 두암동과 나주 송현동 및 여천 일대의 건설 현장이다.

광주 두암동 지역은 광주광역시 제 2 순환도로 건설현장으로 기반암은 화강암과 응회암이 분포되어 있고, 나주 송현동 지역은 아파트부지 공사장으로 기반암은 화강암과 안산암이 분포되어 있는 지역이다. Fig. 4는 대상 지역의 현장지형도이고, 변환은 세 가지 방법으로 시도하였다.



(a) Dooam-dong



(b) Songhyun-dong

Fig. 4. Blasting site maps

3.2.1 동시에 측정된 음압레벨과 소음레벨의 상관식에 의한 변환

공사장에서 측정한 데이터 중에는 이력이 없는 경우가 많기 때문에 간이 전환의 가능성을 확인하기 위하여 발파 현장에 음압레벨을 측정하는 계측기와 소음레벨을 측정하는 계측기를 설치하여 매 발파시 동시에 소음을 측정하였다. Fig. 5는 세 현장에서 동시에 측정된 소음레벨과 음압레벨의 상관도를 나타내는 그림이다. 평균 변환식은

$$dB(A) = dB(L) - 45 \quad (4)$$

이고, 95% 신뢰의 변환식은

$$dB(A) = dB(L) - 32 \quad (5)$$

이다.

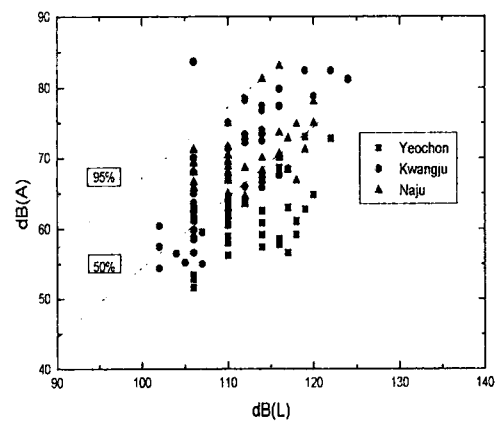


Fig. 5. Relationship between sound pressure level and sound level

3.2.2 우세주파수 보정에 의한 변환

측정된 음압레벨의 우세주파수에 해당하는 청감 보정회로의 보정치만큼 보정하여 소음레벨을 추정하였다. Table 1은 나주 송현동 지역에서 측정된 음압레벨을 소음레벨로 간이 변환하는 표이고, 간이 변환된 소음레벨을 동시에 측정한 소음레벨과 비교하였다.

간이 변환된 소음레벨은 실제 측정한 소음레벨과의 평균 오차가 우세주파수가 1~10 Hz 에서는 48.8 dB, 11~20 Hz 에서는 10.2 dB, 21~30 Hz 에서는 4.5 dB, 31~40 dB 에서는 6.2 dB, 41 Hz 이상에서는 12.1 dB의 차이를 보였다.

이상과 같이 우세주파수가 10 Hz 이하일 경우 보정치가 -70 dB 이상으로 소음레벨이 상당히 작아지므로

Table 1. Simplified transformation of sound pressure level : Naju

No	SPL dB(L)	SL dB(A)	ZC frequency (Hz)	Weighting scale (dB)	Weighting SL dB(A)	Error (dB)
1	106	66.6	51.0	-29.7	76.3	9.7
2	106	69.2	34.0	-37.6	68.4	0.8
3	106	68.0	28.0	-41.9	64.1	3.9
4	114	70.0	4.0	-106.6	7.4	62.6
5	132	90.6	51.0	-29.7	102.3	11.7
6	110	70.4	64.0	-25.8	84.2	13.8
7	117	72.8	5.0	-96.7	20.3	52.5
8	112	68.6	39.0	-34.8	77.2	8.6
9	110	69.6	7.0	-83.2	26.8	42.8
10	110	69.6	64.0	-25.8	84.2	14.6
11	106	65.8	13.0	-62.2	43.8	22.0
12	110	66.8	64.0	-25.8	84.2	17.4
13	112	72.4	10.0	-70.5	41.5	30.9
14	110	66.8	22.0	-47.7	62.3	4.5
15	110	67.2	14.0	-60.0	50.0	17.2
16	110	65.0	17.0	-54.4	55.6	9.4
17	120	78.0	5.0	-96.7	23.3	54.7
18	110	67.0	4.0	-106.6	3.4	63.6
19	110	68.0	3.0	-120.4	0.0	68.0
20	110	69.4	64.0	-25.8	84.2	14.8
21	106	71.2	34.0	-37.6	68.4	2.8
22	106	71.2	51.0	-29.7	76.3	5.1
23	110	68.8	16.0	-56.1	53.9	14.9
24	114	81.2	73.0	-23.6	90.4	9.2
25	116	83.0	64.0	-25.8	90.2	7.2
26	116	70.6	8.0	-78.3	37.7	32.9
27	117	68.4	20.0	-50.1	66.9	1.5
28	110	61.8	4.0	-106.6	3.4	58.4
29	110	64.2	20.0	-50.1	59.9	4.3
30	116	70.0	39.0	-34.8	81.2	11.2
31	106	62.8	64.0	-25.8	80.2	17.4
32	106	62.8	17.0	-54.4	51.6	11.2
33	114	66.8	20.0	-50.1	63.9	2.9
34	114	67.6	7.0	-83.2	30.8	36.8
35	118	74.8	20.0	-50.1	67.9	6.9
36	110	63.0	28.0	-41.9	68.1	5.1
37	112	68.6	14.0	-60.0	52.0	16.6
38	110	67.8	39.0	-34.8	75.2	7.4
39	114	68.2	14.0	-60.0	54.0	14.2
40	110	75.0	3.0	-120.4	0.0	75.0
41	110	71.6	9.1	-73.7	36.3	35.3
42	114	73.8	5.0	-96.7	17.3	56.5
43	116	73.6	6.0	-89.2	26.8	46.8
44	120	75.0	9.1	-73.7	46.3	28.7
45	119	71.2	7.0	-83.2	35.8	35.4
46	118	66.8	18.0	-52.9	65.1	1.7

사실상 변환이 불가능하고, 우세주파수가 21~40 Hz인 음압레벨의 변환 소음레벨은 실측된 소음레벨과의 오차가 평균 5 dB 정도로 대략적인 변환은 가능하였다.

3.3.3 FFT를 이용한 발파소음의 변환

음압레벨을 소음레벨로 변환하기 위하여 푸리에 변환을 하여 각 대역별 음압레벨을 구하고 청감보정한 후 소음레벨을 구하였다. 주파수 변환은 나주 송현동의 계측 데이터를 이용하였고, Table 2는 변환 결과를 나타낸 표이고, Fig. 6은 변환하는 과정을 보여주는 그림이다.

푸리에 변환을 하여 변환한 결과 동시에 계측된 소음레벨과는 0.3~51.4 dB, 평균 37.3 dB의 큰 차이를 보였다. 이것은 다음과 같은 요인에 의해 큰 차이를 보인다고 생각된다.

첫째, 계측 데이터의 sampling rate의 문제로 DS 기종은 sampling rate가 1,024 samples/second로 Nyquist frequency는

$$N_f = \frac{1}{2 \times (1/1024)} = 512 \text{ Hz} \quad (6)$$

로 21 이상의 주파수 대역을 표현하기가 어렵다. 측정주파수 범위가 음압레벨은 1.5~250 Hz, 소음레벨은 0.5~8 kHz로 많은 차이가 있으므로 음압레벨로 측정된 데이터는 소음레벨로 변환하기가 곤란하다.

둘째, 계측기의 resolution 문제로, DS 677은 폭풍압을 250 Pa까지 0.5 Pa 간격으로 측정이 가능하다. 그러나 1 Pa(100 dB) 이상의 폭풍압은 연속적인 데이터를 얻을 수 있으나 1 Pa 이하의 폭풍압은 0으로 치환되어, 시간과 음압레벨의 입력 데이터는 연속적인 파형이 아닌 피크 형태를 보이기 때문에 올바른 변환 데이터를 얻을 수 없다. 이것은 계측데이터를 ASCII 변환시킬 때 발생하는 것으로 볼 수 있고, 이와 같은 문제가 변

Table 2. Transformation of sound pressure level by FFT

No	SPL dB(L)	ZC frequency (Hz)	SL dB(A)		Error (dB)
			Measured	Transformed	
1	106	51.0	66.6	27.1	39.5
2	106	34.0	69.2	54.0	15.2
3	106	28.0	68.0	29.0	39.0
4	114	4.0	70.0	26.9	43.1
5	132	51.0	90.6	49.2	41.4
6	110	64.0	70.4	70.7	0.3
7	117	5.0	72.8	26.8	46.0
8	112	39.0	68.6	27.4	41.2
9	110	7.0	69.6	27.4	42.2
10	110	64.0	69.6	76.2	6.6
11	106	13.0	65.8	27.5	38.3
12	110	64.0	66.8	27.7	39.1
13	112	10.0	72.4	27.0	45.4
14	110	22.0	66.8	27.2	39.6
15	110	14.0	67.2	55.8	11.4
16	110	17.0	65.0	29.1	35.9
17	120	5.0	78.0	26.6	51.4
18	110	4.0	67.0	26.8	40.2
19	110	3.0	68.0	27.1	40.9
20	106	34.0	71.2	29.9	41.3
21	106		69.4	42.1	27.3
22	106	51.0	71.2	26.5	44.7
23	110	16.0	68.8	60.2	8.6
24	114	73.0	81.2	44.5	36.7
25	116	64.0	83.0	33.7	49.3
26	116	8.0	70.6	26.4	44.2
27	117	20.0	68.4	54.7	13.7
28	110	4.0	61.8	26.2	35.6
29	110	20.0	64.2	30.1	34.1
30	116	39.0	70.0	26.5	43.5
31	106	64.0	62.8	26.4	36.4
32	106	17.0	62.8	26.4	36.4
33	114	20.0	66.8	26.4	40.4
34	114	7.0	67.6	26.4	41.2
35	118	20.0	74.8	27.3	47.5
36	112		73.0	26.3	46.7
37	110	28.0	63.0	26.8	36.2
38	112	14.0	68.6	26.4	42.2
39	110	39.0	67.8	26.6	41.2
40	114	14.0	68.2	26.7	41.5
41	110	9.1	71.6	26.5	45.1
42	114	5.0	73.8	26.7	47.1
43	116	6.0	73.6	26.5	47.1
44	120	9.1	75.0	26.6	48.4
45	119	7.0	71.2	26.7	44.5
46	118	18.0	66.8	26.5	40.3

환을 곤란하게 만드는 가장 큰 문제라 생각된다.

셋째, 실제 주파수 분석기는 실시간으로 연속적인 분석을 실시하여 최대치를 소음레벨로 표시하나, 본 연구에서는 전체 측정 데이터를 변환하여서 발생하는 문제가 있다.

3.3.4 발파소음의 변환 고찰

이상과 같이 음압레벨을 소음레벨로 변환하는 세 가지 방법을 시도하였다.

첫째, 동시에 측정된 음압레벨과 소음레벨의 상관식에 의한 변환을 하여 95 % 신뢰의 변환식

$$dB(A) = dB(L) - 32 \quad (7)$$

을 구하였다.

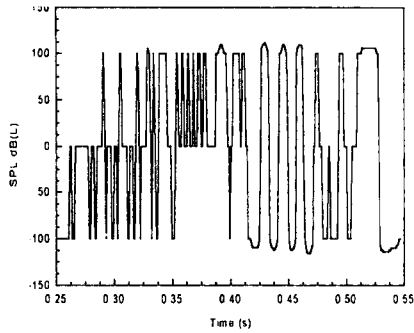
둘째, 우세주파수의 간이 보정에 의한 변환은 우세주파수가 10 Hz 이하는 보정치가 -70 dB 이상으로 사실상 변환이 불가능하고, 우세주파수가 21~40 Hz인 변환 소음레벨은 오차가 평균 5 dB 정도로 대략적인 변환은 가능하였다. 그러나 파의 영역이 다양한 경우와 여러 옥타브 밴드에 펼쳐 있을 때에는 우세주파수에 따른 간이 보정은 문제가 있다.

셋째, 푸리에 변환을 하여 음압레벨을 소음레벨로 변환한 결과, 실측된 소음레벨과 변환하여 구한 소음레벨과는 0.3~51.4 dB, 평균 37.3 dB 의 큰 차이를 보였다. 방법은

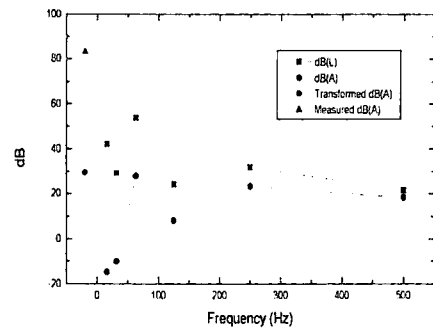
이론적으로 타당하나 계측기의 Resolution이 낮고, ASCII file로 변환할 때 문제가 발생하였다.

동시에 측정된 음압레벨과 소음레벨의 95 % 신뢰의 변환식은 주거지 발파에서의 규제치 80 dB(A)를 초과하지 않기 위해서는 112 dB(L)을 초과하지 않도록 해야 하고, 이는 DuPont 사가 제안한 115 dB(L)과 흡사한 값이다.

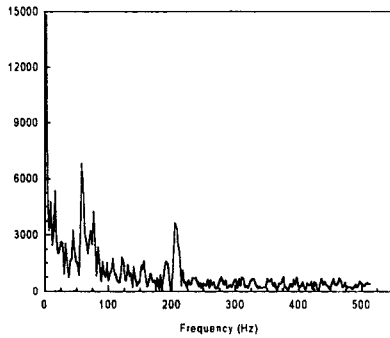
그러므로 변환 자체는 무리가 되지만 우세주파수, FFT를 이용한 변환보다는 발파시 동시에



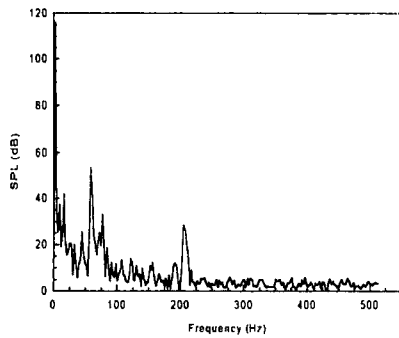
(a) Input data



(d) dB



(b) FFT



(c) Normalizing

Fig. 6. An example of transformation procedure

측정된 음압레벨과 소음레벨의 상관식에 의한 변환 방법이 안전율이 크고, 민원인에게 충분히 유리하므로 실용적으로 가장 적당한 방법이라 생각되었다.

4. 결 론

본 연구에서는 발파소음을 계측하여 예측방법의 타당성을 검토하였고 환경규제 기준으로의 변환 방식을 규명하였다. 중요한 결과는 다음과 같다.

1) 발파소음은 법규상 규정된 소음레벨보다는 음압레벨을 이용하여 선제하는 것이 더 합리적이거나 신뢰성이 낮아서 장야량만으로는 발파소음의 조절이 곤란하였다.

2) 음압레벨을 소음레벨로 변환한 결과 우세주파수, FFT를 이용한 변환보다는 동시에 측정된 음압레벨과 소음레벨의 상관식에 의한 변환 방법이 안전율이 크므로 실용적으로 가장 적당한 방법이었다. 95% 신뢰구간의 변환 규제치로 112 dB(L)을 적용할 수 있는 것으로 판단되었다.

3) 소음진동 규제 기준은 신뢰성이 더 높은 음압 레벨을 병용하여 구조물의 피해 기준으로 음압레벨을, 인체에 대한 피해기준으로 소음레벨로 규제해야 할 필요가 있었다.

참 고 문 헌

1. Du Pont, 1977, Blasters Handbook, Technical Services Division, E.I. Du Pont, pp. 434~446
2. Gour C. SEN, 1995, Blasting Technology for Mining and Civil Engineers, UNSW press, pp. 115~117

3. Stig O Olofsson, 1988, Applied Explosive Technology for Construction and Mining, Nora Boktryckeri AB, pp. 236~241

4. Calvin J. Konya, Edward J. Walter, 1990, Surface Blast Design, Prentice Hall, pp. 264~267

5. Siskind, D.E., Stachura, V.J., Stagg, M.S., and Kopp, J.W., 1980, Structures Response and Damage Produced by Airblast from Surface Mining, USBM RI 8485