한국소음진동공학회 2005년도 추계학술대회논문집, pp. 66 ~ 70.

매립지 주변 환경영향평가시 소음지도 활용연구

A Study on the Utilization of Site Noise Map for Environmental Impact Assessment around Landfill

박인선* · 박상규**

In Sun Park, Sang Kyu Park

Key Words : Noise Map(소음지도), Environmental Impact Assessment(환경영향평가), BS5228

ABSTRACT

Noise prediction are required as part of an environmental impact assessment. Prediction method that is used to domestic environmental impact assessment of construction site and industrial site is not applied work operation rate, work position, moving noise source, inner traffic flow, work type and height of noise source etc.

The BS5228 methodology is used mainly for assessment of proposed open industrial sites(mineral extraction, landfill etc.), and larger long-term construction sites(typically for major infrastructure projects). also, estimation which consider various effect factor is possible.

1. 서 론

인구 밀집과 이에 따른 각종개발은 소음의 증가를 초래하였고, 소음에 대한 인식의 변화와 관심을 증가시켰다. 이러한 변화는 소음관련 환경영향평가시 보다 전문적이고 정확한 결과를 요구하게 되었다.

현재 건설공사지역과 산업지역의 환경영향예측은 특정장비에 의해 발생되는 소음도를 합성소음도 예측식 및 점음원 거리감쇠식을 적용하여 이격거리별 소음도를 예측하고 있다. 그러나 이러한 예측방법은 작업공정 및 형태, 장비별 작업시간, 소음원의 높이, 이동 소음원과 고정 소음원, 작업장내 교통량 등의 세부적인 영향 요인을 고려하지 못하고 있다.

본 연구에서는 기존의 예측방법을 개선하기 위하여 다양한 영향인자와 지리적 정보를 고려할 수 있고, 보다 정확한 전달과 예측을 가능케 하는 소음지도를 활용하고자 한다.

연구대상지역은 산업지역 중 운반과 처리 과정을 통해 다양한 작업공정과 소음원이 있는 수도권 매립지를 선정하였다. 수도권 매립지는 인천광역시 서구와 경기도 김포시 에 위치한 세계 최대의 매립지로서, 현재 매립이 이뤄지는 제2매립지를 대상으로 소음지도를 제작하였다.

* 정회원, 연세대학교 환경공학과
E-mail : ispark@noisemap.co.kr
Tel : (033)760-2838, Fax : (033)763-5224
** 정회원, 연세대학교 환경공학과

2. 예측조건 및 측정

매립시 사용되는 로더, 불도저, 포크레인, 그레이더 등의 각종 장비의 엔진음, 마찰음 및 충격음으로 인해 주변 지역에 발생하는 영향을 예측하기 위하여, 매립지내 통행차량과 매립시 투입되는 장비, 가동조건과 측정방법을 다음과 같이 정하였다.

2.1 예측조건

작업공정의 구분은 매립지 내의 쓰레기 운반차량의 통행과 매립시 펼침작업, 다짐작업, 복토작업으로 나눌 수 있다. 투입장비의 종류 및 수는 수도권매립지 반입차량 월간통계와 공사내 운영차량 통계를 바탕으로 정하며, 매립지내 교통량은 분기별로 조사한다. 조사 자료는 Table 1과 Table 2에 나타내었다. 또한 공정별로 투입되는 장비의 소음도는 BS5228 자료, 국립환경연구원(NIER) 자료와 실제측정을 통해 얻은 주파수별 소음도를 이용하였으며, 이것은 Table 3에 나타내었다.

Table 1 The number of waste carrying vehicles

Measurement date	Monthly data	One hour (op. time : 10hr per 1day)
2004/5	40,159	167.3
2004/7	38,421	142.3
2004/10	42,072	161.8
2005/1	33,925	135.7

Table 2 The number of operation vehicles in landfill

Vehicle	Number
Loader	8
Bulldozer	16
Excavator	4
Dump truck	7
Sprinkler truck	3
Grader	1

Table 3 Noise source of construction equipment

Noise source	Noise level dB(A) at 10m	Source of data	Height(m)
Loader	75	NIER	1.2
Bulldozer	72	BS5228	1.0
Excavator	76	Measurement	1.2
Dump truck	75	NIER	1.2
Sprinkler truck	70	NIER	1.2
Grader	72	NIER	1.0

지리정보는 해당지역의 수치지도(digital map)와 지적도를 이용하였으며, 축척을 고려하여 map calibration을 수행하였다. 또한 거리별 결과확인을 위하여 10m grid를 사용하여 중첩하였으며, 매립지 주변 Cut-off area는 1km로 제한하였다.

또한 제2매립지와 매립장내 계량대에서 제2매립지까지의 도로를 모델로 하여 설계하였으며, 장비별 영향인자를 달리하여 장비별 데이터베이스를 형성하였다. 또한 장비별 공정율과 이동소음원의 정확한 표현을 위하여 트랙을 설계하여 예측하였다.

지형은 매립지와 부지 경계선내의 주변지역의 고도를 4m 차이를 두어 설계하였으며, 부지 경계선 밖의 지형은 등고선을 이용하여 설계하였다.

2.2 측정방법

1) 교통량

교통량조사는 일정한 기간동안 도로의 한 단면을 통과하는 차량 대수를 관측하는 조사를 말하며, 조사는 15분 단위로 실시하며, 조사결과는 1시간 단위로 집계한다.

매립지내 도로의 속도조사는 도로상에 측정구간을 정하고 차량통과 소요시간을 측정하여 속도를 산출하는 방법으로 측정구간은 30~50m로 한다.

2) 건설장비소음

측정면은 가상 반구로 하고, 그 반경 r은 시험기계의 기본길이 L을 기본으로 하여 결정한다.

마이크로폰은 Fig. 1과 Table 4에 표시된 측정면상의 6개소로 한다. 적어도 3개의 마이크로폰을 사용해서 시험기계의 한쪽 면씩 측정하는 것으로 한다. 이 경우는 시험기계를 반대방향으로 해서 동일한 운전상태로 유지하거나 마이크로폰의 위치를 반대쪽의 측정점으로 이동하여 실시한다.

평균 등가소음도 산출은 각 마이크로폰 위치에 있는 등가소음도 측정치를 기초로 하여 다음 식 (1)에 의해 측정 반구면상의 평균 등가소음도를 구한다.

$$Leq,T = 10 \log\{(1/N) \Sigma 10^{0.1Leqi}\} \quad (1)$$

여기서 Leq_i는 i번째 마이크로폰에 의한 등가소음도 측정치 (dB(A))이고, N은 마이크로폰 총 개수, T는 측정시간(s)을 의미한다.

Table 4. Coordinates of the microphone positions

Mic No.	x/r	y/r	z
2	0.7	0.7	1.5m
4	-0.7	0.7	1.5m
6	-0.7	-0.7	1.5m
8	0.7	-0.7	1.5m
10	-0.27	0.65	0.71r
12	0.27	-0.65	0.71r

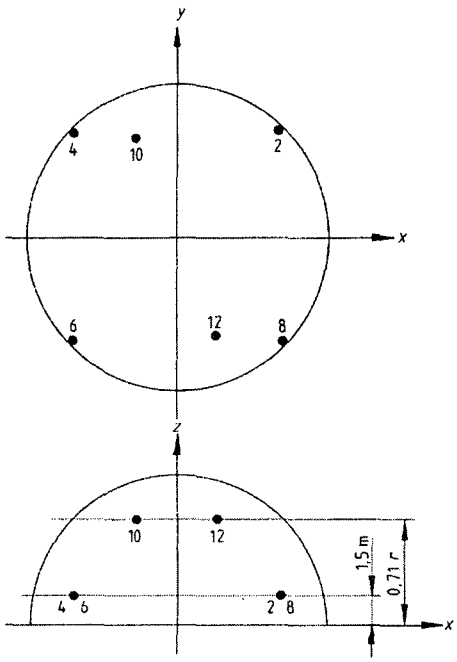

Fig. 1 Microphone array on the hemisphere

3. 소음예측방법

3.1 기존방법

환경영향 평가시 기존의 소음예측은 장비에 의해 발생되는 소음도를 합성소음도 예측식 및 점음원 거리감쇠식을 적용하여 이격거리별 소음도를 예측하며, 다음 식(2), (3)에 따라 그 값을 결정한다.

합성소음도 산출식

$$SPL_O = 10Log(\sum_{i=1}^{n} 10^{SPL_i/10}) \quad (2)$$

점음원 거리감쇠공식

$$SPL = SPL_O - 20\,log(r/r_o) \quad (3)$$

여기서 SPL은 이격거리 r지점에서의 예측소음도이며, SPL_O는 소음원으로부터 15m 떨어진 지점(r_o)에서의 장비소음도이다. SPL_i은 각 장비별 발생소음도이고, r은 소음원으로부터 예측지점까지의 거리(m)이며 r_o는 소음원으로부터 측정지점까지의 거리(m)이다.

3.2 예측방법(BS 5228)

매립지 내의 폐기물 운반 및 매립, 기타 작업이 매립지 주변에 미치는 환경소음영향을 예측하기 위하여 건설공사지역 및 산업지역(광물채취, 매립지 등)평가에 적합한 BS5228(part 1 : 1997 Noise and Vibration control on construction and open sites)을 적용한 SiteNoise 2000 소프트웨어를 이용하여 매립지 내의 소음을 예측하였다.

음원레벨은 음원으로부터 10m거리에서 작동중인 장비의 L_{Aeq}나 주파수별 음향파워레벨을 사용할 수 있다. 이러한 음원은 BS5228에서 거리보정을 통해 소음을 예측한다.

1) 거리보정

BS5228은 두 개의 거리보정방법을 제안한다. 두가지 방법 중 K_h는 hard ground에서의 전파이며, K_s는 soft ground에서의 전파를 의미한다.

$$K_h = 20 \log 10(R/10) \quad (4)$$

$$K_s = 25 \log 10(R/25) - 2 \quad (5)$$

R은 소음을 발생하는 플랜트 또는 장비의 중심으로부터의 수음점까지의 거리를 의미하며, 거리의 계산은 지리적 위치를 기본으로 한다. R < 25m인 경우에는 $K_s = K_h$이다.

만약 hard and soft ground가 섞인 지역에서는 전파거리에서 soft ground가 차지하는 부분을 G%로 나타내어 거리감쇠를 계산하며, 계산식은 식(6)과 같다.

$$K = K_h + (G/100)(K_s - K_h) \quad (6)$$

2) 전파의 평균높이

지면에서 소음원과 수음점의 평균전파높이(HPR)는 소음원의 높이와 수음점의 높이비의 1/2을 의미하며, soft ground excess의 비는 HPR ≤ 1.25m일 때 100%의 선형 보간법을 따르며, HPR ≥ 7.5m일 때 0%이다. 아래 식(7)은 Proportion of soft ground excess를 구하는 식이다.

$$\text{Proportion of soft ground excess} = (1.2 - 0.16\ HPR) \quad (7)$$

3) 방음벽 보정

BS5228에서 방음벽의 경로차(path difference)는 소음원과 수음점 사이의 방음벽의 높이 및 각점들과의 거리로 계산되어지며, 경로차가 0.02m보다 크고 소음원이 illuminated zone에 있다면 보정값은 0dB, 경로차가 0.02m보다 작다면 보정값은 -5dB이

고, 경로차가 0.02m보다 크고 소음원이 shadow zone에 있다면 보정값은 -10dB이다. Fig. 2는 방음벽의 경로차를 설명한다.

4. 예측결과

4.1 현재 환경영향평가

매립작업시 소음을 예측하기 위하여 합성소음도 산출공식과 거리감쇠공식을 이용하여 장비에 의한 이격거리별 발생소음도를 예측하였다. 예측시 각종 장비에서 발생되는 소음도는 15m 이격거리에서 측정된 국립환경연구원의 연구 자료를 이용하였다. 예측결과 15m이격거리에서의 Over-All 소음도는 84dB(A)이고, 100m와 300m에서 각각 67.5dB(A)와 58dB(A)이며, 결과는 Table 5와 같다.

이러한 평가방법은 예측시 장비별 위치의 변화, 이동소음원의 표현, 공정시간의 반영이 어려웠으며, 지형을 고려한 예측에 한계가 있었다. 특히, 규모가 큰 지역의 예측시 합성소음도의 산출결과가 실제 소음에 비해 높이 평가될 수 있다.

4.2 소음지도

예측은 매립지 내의 운영차량의 가동조건과 운영지역을 고려하여 이루어졌으며, 덤프트럭과 살수차와 같은 이동소음원은 1시간당 통행량을 계산하여 매립지내 통행도로에 적용하여 예측하였다. 결과는 Fig. 3과 Fig. 4에 나타내었다.

예측결과 소음도가 가장 심한 지역으로부터 300m 떨어진 지점에서 약 20dB(A)가 감소하였으며, 매립지 부지경계선상에서의 소음도는 55.0 dB(A)~58.3dB(A)를 나타냈다. Fig. 5는 소음결과와 측정지점, 이동소음원, 고정소음원을 나타낸다.

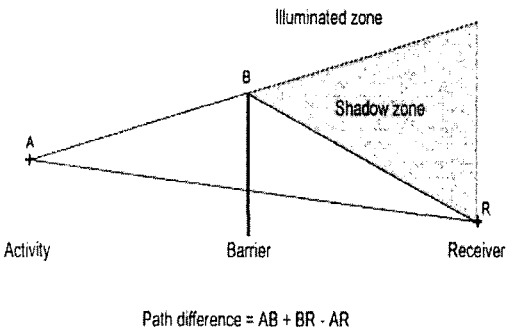

Fig. 2 Path difference of barrier

Table 5 Predicted result by separation distance

Source	Number	dB(A) at 15m	O.A 15m	100m	300m
Bulldozer	2	75.3	84.0	67.5	58.0
Loader	2	75.1			
Excavator	1	72.1			
Dump Truck	4	74.0			

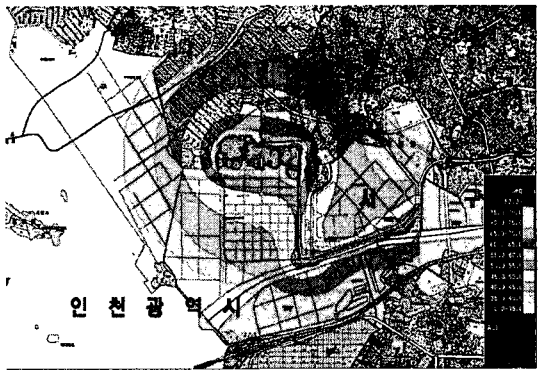

Fig. 3 Result of noise prediction for landfill area

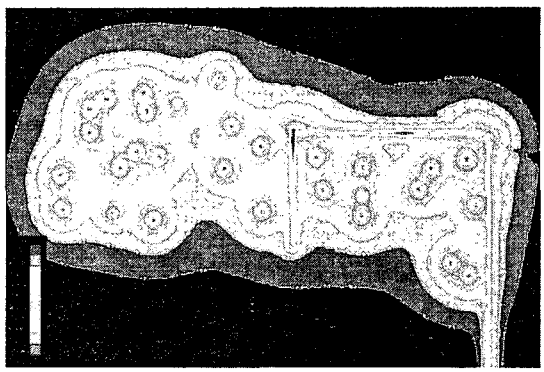

Fig. 4 Predicted result of landfill working area

5. 결과분석

5.1 결과비교

결과 비교를 위하여 매립지내 수송로 주변의 소음도를 측정하였으며, 이를 소음지도 예측결과와 비교하였다(Table 6). 오차율은 0.3%~3.0%로 나타났으며, 평균 오차율은 약 1.4%였다. 이것은 약 0.9dB(A)의 차이를 의미한다.

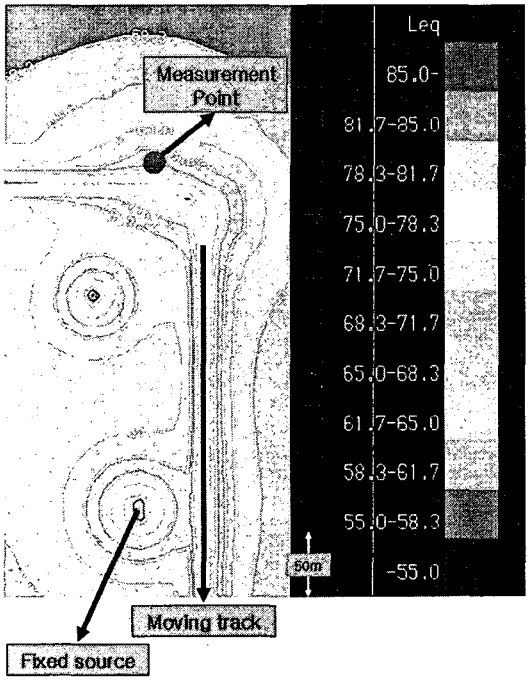

Fig. 5 Explanation of noise map

Table 6 Comparison of predicted and measured results

Measurement date	Prediction dB(A)	Measurement dB(A)	Error
2004/5	68.3	66.3	3.0%
2004/7	65.0	63.8	1.8%
2004/10	68.3	67.9	0.6%
2005/1	66.6	66.4	0.3%

Table 7 Correlation analysis Result

Measurement date	Prediction dB(A)	Traffic flow	Correlation coefficient
2004/5	68.3	1673	r=0.81
2004/7	65.0	1423	
2004/10	68.3	1618	
2005/1	66.6	1357	

5.2 쓰레기 운반차량의 영향

쓰레기 운반차량에 의한 소음도의 영향을 알기 위하여 각 측정시기별 교통량과 소음도를 상관 분석하였으며, 결과는 Table 7과 같다.

분석결과 상관계수(Correlation coefficient) r값이 0.81로 높은 양의 상관관계를 가지며, 이것은 소음 예측시 쓰레기 운반차량의 영향이 크다는 것을 의미한다.

6. 결 론

환경영향평가시 BS5228을 이용한 소음의 예측은 기존의 평가에서 구현하기 힘든 지리적 영향과 공정률과 같은 가동시간의 영향을 보다 효과적으로 접근할 수 있었다.

소음지도를 이용한 예측값과 측정값의 비교결과 약 1dB(A)의 오차를 보였으며, 교통량과 소음의 상관분석의 결과 상관계수(r=0.81)가 높은 상관관계를 보였다. 이것은 주변의 소음원으로부터 실제적으로 미치는 영향과, 새로운 개발 또는 계획으로부터 소음의 발생을 제어하기 위한 정보를 얻고자 할 때, 소음지도가 보다 정확한 결과와 다양한 소음발생 시나리오를 전개해 볼 수 있음을 확인하는 결과이다.

참 고 문 헌

(1) BSI, 1997, "BS5228: Part 1 : 1997. Noise and Vibration Control on Construction and Open sites", BSI.

(2) 박인선, 박상규, 2005, "Over-ride Value 소음지도를 이용한 소음노출인구 산정방법 연구", 한국소음진동공학회논문집, pp. 859~864.

(3) 박인선, 박상규, 2005, "국내소음지도 표준화를 위한 현황 평가", 한국소음진동공학회 춘계학술대회논문집, pp. 517~520.

(4) 김홍식, 주시웅, 2005, "김포공항 주변 택지개발지구 항공기소음 영향평가에 미치는 요인분석", 한국소음진동공학회논문집, pp. 718~723.

(5) 이시원, 장서일, 박영민, 최진권, 2005, "도심지 개발사업에 따른 환경영향평가시 소음지도 적용방안에 관한 연구", 한국소음진동공학회 춘계학술대회논문집, pp. 535~540.

(5) 한국소음진동공학회, 2003, "소음표시의무제 및 소음인증제 도입방안연구", 환경부.

(6) 국립환경연구원, 2003, "건설기계류 소음특성", 국립환경연구원.