

공장 소음도 예측

윤세철[†] · 김태구* · 오종민**

경원전문대학 환경공업과 · *인제대학교 산업안전시스템공학부

**경희대학교 환경응용화학부 및 환경연구소

(2000. 7. 14. 접수 / 2000. 8. 16. 채택)

Prediction of the Noise Levels for a Plant

Se-Cheol Yoon[†] · Tae-Gu Kim* · Jong-Min Oh**

Department of Environmental Industry, KyungWon College · *Department of Industry Safety & Health, Inje University

**College of Environmental & Applied Chemistry and Institute for Environmental Studies, Kyunghee University

(Received July 14, 2000 / Accepted August 16, 2000)

Abstract : The level of noise produced by machinery and its arrangement insides a factory is indicated to be a maximum of 96.1 dB(A). The maximum level of noise from a commoner's house outside the factory is shown to be 62.9 dB(A), which exceeds 60 dB(A), the permitted limit of noise level in a time period of day. This study has predicted the level of noise reduction according to a step by step prevention plan by considering the characteristics of the causes of noise, the permitted limit of noise levels, problems and economical efficiency attendant upon the noise prevention measures. Establishing target levels of noise each of the three steps of the noise prevention plan. The predicted level of noise at the place of a commoner's house in accordance with the first step is 56.0 - 59.0 dB(A), and can satisfy the permitted limit of noise in a time period of the day. In taking prevention measures for the second step, the noise level is 50.7 - 53.6 dB(A) which is less than 55 dB(A) in a time period of the evening, the permitted limit of noise in a time period of night., and it can meet 47.4 - 50.3 dB(A) in the third step.

Key Words : noise level, permitted limit, noise reduction, target level of noise

1. 서론

일상생활과 밀접한 관계가 있는 여러 가지 소음원들 중에서 공장 및 사업장에서 발생하는 소음에 대한 불만족과 그에 따른 민원 현황은 갈수록 급증하고 있는 실정이다. 환경부 조사에 따르면 1995년 소음진동관련 민원은 2761건으로서 생활분야가 1198건으로 전체의 43%를 차지하였고, 1991년부터 1997년 2월까지 발생한 환경오염 피해분쟁 처리건수 122건 중 소음진동으로 인한 분쟁은 77건으로 63%를 차지하고 있으며, 이 중 공사장 및 공장에서 발생하는 소음피해가 50% 이상을 차지하여, 주요 민원의 대상이 되고 있음을 알 수 있다.¹⁾

한편, 공장내 소음으로 인하여 작업환경이 열악한 상태에 있는 사업장에서는 근로자들뿐만 아니라 인근 주변에 피해를 초래함으로써 소음으로 인한 민원이 계속적으로 야기되고 있는 실정이다.^{2,3)} 그러한 대부분의 사업장에서는 전문인력의 부족, 현장여건의 복잡함 그리고 방음대책에 따른 상당한 투자비용 등의 문제점으로 소음에 대한 효과적인 대책이 잘 이루어지지 않고 있다. 그러나 그러한 문제점들만큼이나 중요한 요소로는, 경제적인 투자비용으로 효율적인 방음대책 수립을 위한 체계적이고 합리적인 방음계획의 수립이 더욱 절실히 요구되고 있다. 따라서, 본 연구에서는 경기도에 위치한 D공장을 대상으로 공장 내외부의 전반적인 소음도를 측정, 공장소음으로 인한 인근 주변지역에 미치는 영향 및 문제점을 파악하여 효율적인 방음계획을 수립하고, 방음계획에 따른 단계별 대책후의 전

[†]To whom correspondence should be addressed.
ysche@kyungwon-c.ac.kr

반적인 소음 분포를 예측, 평가함으로써 본 연구에서 진행된 예측기법을 다른 유사 공장에도 적용할 수 있는 모델로 삼고자 한다.

2. 기본 이론

측정거리에 비해 음원의 크기가 매우 작은 경우에 음파의 확산면적이 $S(m^2)$ 인 무지향성 음원의 음향파워레벨 PWL 은

$$PWL = SPL + 10 \log S = SPL + 20 \log r + 11 \quad (1)$$

여기서, SPL : 음압레벨 (dB)

S : 거리 $r(m)$ 를 반경으로 한 음선에 수직하는 구의 표면적 ($4\pi r^2$)
반구면과의 형태로 방사되는 경우^{4,5)}

$$PWL = SPL + 10 \log S = SPL + 20 \log r + 8 \quad (2)$$

여기서, $S : 2\pi r^2$

한편, 음원으로부터 $r_1(m)$ 떨어진 지점의 음압레벨을 SPL_1 이라 할 때, 음원으로부터의 거리 $r_2(m)$ 에서의 음압레벨 SPL_2 는 다음과 같은 식이 성립된다.

$$SPL_1 - SPL_2 = \frac{(PWL - 10 \log S_1)}{-(PWL - 10 \log S_2)} \text{로부터}^6)$$

$$SPL_2 = SPL_1 - 20 \log \frac{r_2}{r_1} \quad (3)$$

공장건물 등으로부터 확산되는 음파의 경우, 건물로부터 가까운 거리 r_0 에서의 음압레벨을 SPL_0 라 할 때 이것보다 먼 거리 r 되는 점에서의 음압레벨 SPL 은

$$SPL = SPL_0 - 10 \log \frac{S}{S_0} \quad (4)$$

또한, 몇 개의 음원으로부터의 소리를 임의의 점에서 들었을 때, 각음원의 음압레벨을 $L_1, L_2, L_3 \dots L_n$ (dB)이라 한다면 그 점에서의 총 음압레벨 L 은 다음과 같다.⁷⁾

$$L = 10 \log \left(\sum_{i=1}^n 10^{L_i/10} \right) (dB) \quad (5)$$

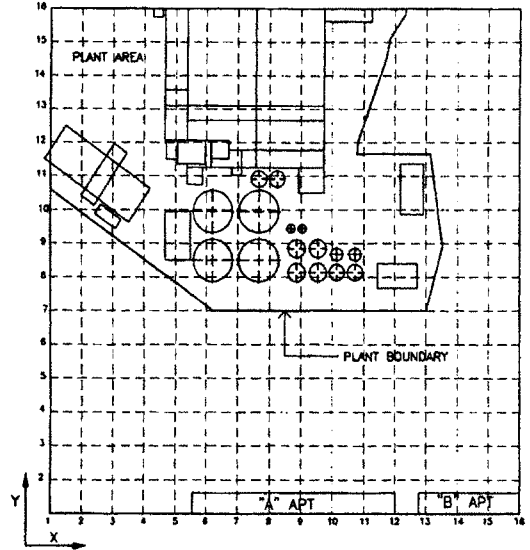


Fig. 1. Lay-Out of plant area

3. 현황분석 및 예측방법

3.1. 설비현황

대상공장은 사료를 생산하는 사업장으로서 생산설비 및 각종 기계류로부터 발생하는 소음원인 Bucket Elevator, Chain Conveyer, 구동 Motor (구동부), 집진기, Chute, 공장동(내부에 분쇄실 및 생산시설이 설치) 그리고 각종 부대시설 등이 산재되어 있으며, 일부 Bucket Elevator, Chain Conveyer 그리고 구동 Motor 등은 지면으로부터 약 14 - 38m의 고소부에 노출되어 있어, 인근 주변 민가지역에 직접적인 영향을 주고 있다. 대상공장은 Fig. 1에 나타난 바와 같이 약 120m × 100m 규모의 부지로 되어 있으며, 공장 부지경계선으로부터 약 53m 이격된 지점에는 20층 건물의 아파트가 위치해 있어 공장소음으로 인한 민원이 자주 발생되고 있다.

3.2. 측정 및 예측방법

3.2.1. 측정방법

소음측정은 대상공장이 정상 가동되는 상태에서 공장 내외부의 소음을 대표 할 수 있는 78개 지점을 선정하여 각 측정지점으로부터 30초 동안의 등가소음도(Leq : energy equivalent sound level)를 1/1 octave band별로 실시간 분석, 실시하였으며, 마이크로폰은 각 측정지점에서 바닥으

로부터 1.2 - 1.5m 높이로 하고, 방향은 주소음원을 향하도록 하였다. 또한, 공장 주변지역에서의 측정은 소음으로 인한 피해가 가장 우려되는 A, B아파트를 주요 대상으로 하였으며, 측정 및 분석을 위한 주파수 범위는 63Hz - 8kHz까지로서 측정에 사용된 기기는 다음과 같다.

- 정밀소음계(NA-29E, RION)
- 프린터(CP-11, RION)

3.2.2. 예측방법

① 공장 내부에서 발생하는 각종 설비류 및 부지경계선 외부에 위치해 있는 민가지점에서 의 기존소음도 현황을 측정한다.

② 공장부지 및 민가지역을 중심으로 동서 방향을 X축, 남북 방향을 Y축, 그리고 높이를 Z축으로 하여 대상구간을 10m × 10m의 등 GRID 간격(Grid수 : 16×16)으로 나누어 각 설비류의 설치위치에 대한 좌표를 결정한다.

③ 각각의 소음원으로부터 각 GRID 교차지점에 전파되는 주파수별 소음도를 예측이론을 근거로 계산하고 총음압레벨을 구하여, 대상부지 내의 전반적인 소음분포도를 작성한다.

④ 민가지점에서의 최대 소음도를 배출허용기준치와 비교한 후 기준치 초과시 소음원 특성, 방음대책시의 문제점, 투자비용 등을 고려하여 합리적이고 경제적인 단계별 방음계획을 세운다.

⑤ 방음계획에 의한 대책후의 소음도를 위의 계산과정을 반복하여 예측하고 법적 기준치와 비교, 평가한다.

4. 결과 및 고찰

4.1. 기존 소음도 현황

Fig. 2 및 Table 1은 공장내부 소음측정 지점 및 주요 측정지점별 소음도 현황을 나타내고 있다.

Table 1에 의하면, 측정지점 35(1000T Silo용 bag-filter exhaust)에서 최대 소음레벨인 96.1dB(A)를 나타내고 있으며, 28, 34(150T 및 1000T chain conveyer 구동 motor)지점에서 90dB(A) 이상 그리고 전반적으로는 70dB(A) 이상의 소음도를 나타내고 있음을 알 수 있다.

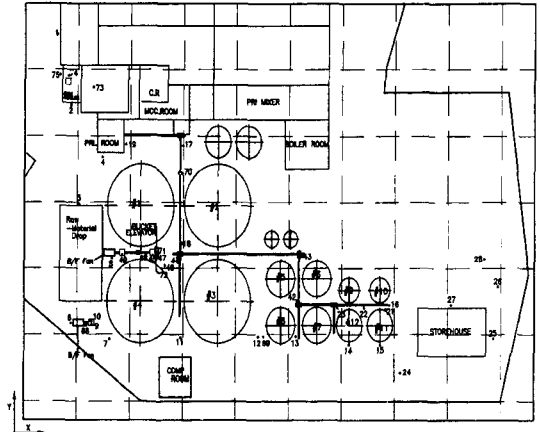
공장외부 민가지점에서의 소음도는 Table 2에 나타난 바와 같이 A아파트 11층에서 최대소음도

Table 1. Sound levels at measurement points

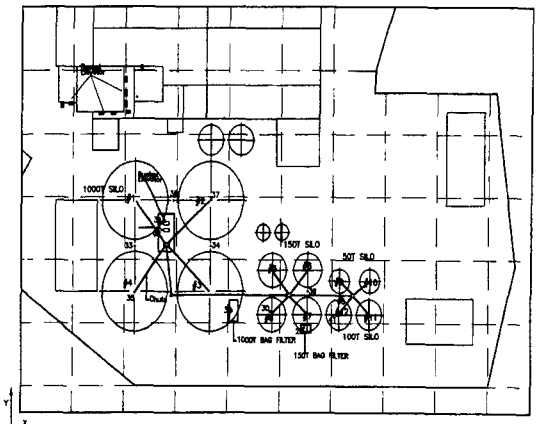
Source NO.	SL (dBA)	Co-ordinates			Remarks
		X	Y	Z	
1	79.6	4.6	12.5	1.5	Shipment place
4	80.9	5.5	10.7	1.5	Pulverization
5	80.1	4.9	8.3	1.5	Bag-filter fan
7	75.4	5.3	8.2	7.5	Bag-filter
8	83.5	9.2	7.9	1.5	150T chain conveyer
11	82.4	10.9	8.5	1.5	50T chain conveyer
12	81.2	6.9	10.8	1.5	1000T chain conveyer
13	81.6	6.9	9.2	1.5	1000T chain conveyer
15	84.6	10.9	8.5	1.5	50T chain conveyer
16	80.8	10.5	8.4	1.5	50T chain conveyer
17	79.4	10	8.5	1.5	Motor for 50T chain conveyer
18	77.8	9.4	7.9	16.8	Bag-filter for 150T silo
19	74.6	8.8	8.2	16.8	Silo#8 chute
20	83.4	6.6	9.5	14.5	Bucket elevator for 1000T silo
21	86.0	6.6	9.6	14.5	Bucket elevator for 1000T silo
22	76.1	6.2	8.5	17	Silo#4 chute
23	81.0	7.7	9.9	17	Silo#2 chute
24	84.6	8.0	8.2	15.2	Bag-filter fan for 1000T silo
25	72.5	9.6	8.5	17	150T chain conveyer
26	71.8	10.2	8.4	16.3	100T chain conveyer
28	92.3	9.2	8.6	1.5	Motor for 150T chain conveyer
29	88.2	9.2	9.2	1.5	Motor for 150T chain conveyer
30	84.4	6.9	9.1	1.5	Motor for 1000T chain conveyer
31	89.2	6.5	9.2	5	Motor for 1000T chain conveyer
32	84.2	6.6	9.2	5	Motor for 1000T chain conveyer
33	96.4	6.9	9.2	5	Motor for 1000T chain conveyer
34	90.1	6.2	9.2	5	Motor for 1000T chain conveyer
35	96.1	5.8	9.2	7	Bag-filter exhaust for 1000T silo
36	83.4	5.5	11.3	33	Motor for bucket elevator
37	85.3	5.8	11.3	33	Motor for bucket elevator
38	85.7	6.0	11.3	33	Motor for bucket elevator
39	80.3	6.0	11.6	33	Motor for bucket elevator
40	80.6	6.0	11.8	33	Motor for bucket elevator
41	84.5	5.0	11.5	33	Motor for bucket elevator
42	84.6	4.7	11.5	33	Motor for bucket elevator
43	82.1	6.1	11.3	33	Motor for bucket elevator
44	76.8	6.3	12	33	Motor for bucket elevator
45	81.9	6.0	11.5	28	Motor for bucket elevator
46	77.5	5.2	8.2	1.5	Exhaust duct for bag-filter
47	79.4	6.9	10.3	1.5	Motor for 1000T chain conveyer
49	88.3	6.8	9.2	1.5	Bucket elevator for 1000T silo

공장 소음도 예측

Source NO.	SL (dBA)	Co-ordinates			Remarks
		X	Y	Z	
51	88.3	6.7	9.5	34	Motor for bucket elevator
52	88.3	6.7	9.5	36	Motor for bucket elevator
53	88.3	6.7	9.5	38	Motor for bucket elevator
54	88.3	6.9	8.5	24	Motor for 1000T chain conveyer
55	88.3	9.0	8.5	24	Motor for 150T chain conveyer
56	88.3	9.1	8.5	21	Motor for 150T chain conveyer
57	88.3	10.5	8.5	21	Motor for 100T chain conveyer
58	81.0	7.2	9.9	15	Silo#1 chute
59	76.3	8.7	8.5	15	Silo#3 chute
61	74.8	8.9	8.8	15	Silo#5 chute
62	74.8	9.6	8.8	15	Silo#6 chute
63	74.8	9.6	8.2	15	Silo#7 chute
64	72.8	10.2	8.6	15	Silo#9 chute
65	72.8	10.7	8.6	15	Silo#10 chute
66	72.8	10.7	8.2	15	Silo#11 chute
67	78.7	8.5	8.5	23	1000T chain conveyer
68	80.9	8.5	9.2	1.5	1000T chain conveyer
69	78.7	7.7	8.5	23	1000T chain conveyer
70	78.7	9.8	8.5	20	150T chain conveyer
72	80.9	6.9	9.7	3	1000T chain conveyer
73	80.9	6.9	8.7	3	1000T chain conveyer
74	80.9	7.7	9.3	2	1000T chain conveyer
75	80.9	9.2	8.7	2	150T chain conveyer
76	80.9	9.4	8.5	2	150T chain conveyer
77	80.9	9.8	8.2	2	150T chain conveyer
78	74.1	5.5	11.3	20	Plant wall



(1) The lower part



(2) The upper part

Fig. 2. Measurement points of sound level

인 62.9dB(A)를 나타내고 있으며, 전반적으로는 A아파트에서 61.2 - 62.9dB(A), B아파트에서 59.4 - 61.4dB(A)의 분포를 나타내고 있다.

한편, 대상공장의 가동시간은 07:00 - 17:00(최대 07:00 - 23:00) 및 준농림지역으로서, 평가소음도 산정을 위한 보정치는 낮시간대(06:00 -

Table 2. Sound levels in apartments

Description	A apartment						B apartment					
	Co-ordinates(x,y)						Co-ordinates(x,y)					
	(6,1)	(7,1)	(8,1)	(9,1)	(10,1)	(11,1)	(12,1)	(13,1)	(14,1)	(15,1)	(16,1)	
1st Floor	62.2	62.2	62.2	62.1	61.9	61.6	61.2	60.8	60.4	59.9	59.4	
11th Floor	62.8	62.9	62.8	62.8	62.6	62.3	61.8	61.4	61.0	60.5	60.0	
Roof	62.2	62.3	62.3	62.2	62.0	61.7	61.4	61.0	60.6	60.1	59.6	

18:00)에 -10dB(A), 저녁시간대(18:00 - 24:00)에 -5dB(A)(시간대별 보정치 : 낮 0dB, 저녁 +5dB, 지역별 보정치 : 준농림지역 -10dB)로 나타났다. 따라서, 대상공장으로부터 전파되는 민가지점에서의 소음배출허용기준치(평가소음도로서 50dB(A)는 대상소음도로 환산하여 낮시간대 60dB(A), 저녁시간대 55dB(A)을 만족시켜야 하며, 민가지점에서 측정된 최대소음도 62.9dB(A)는 낮시간대에 2.9dB(A), 저녁시간대 7.9dB(A)를 각각 초과하고 있는 상황이다.

4.2. 방음계획에 따른 소음도 예측

Table 3은 공장내 주요 소음원별 전파소음도 현황으로, 전체 소음원 중 음원 21(1000T B/E)로부터 민가지점으로 전파되는 소음도가 평균 53.7 dB(A)로 가장 높게 나타나고 있으며, 다음으로 음원 20(1000T B/E)에서 51.2dB(A) 그리고 음원

Table 3. Sound levels in apartments by plant noise source

Source NO.	SL (dBA)	Source NO.	SL (dBA)	Source NO.	SL (dBA)	Source NO.	SL (dBA)
21	53.7	31	44.5	12	41.6	59	37.8
20	51.2	38	44.5	17	41.5	22	37.2
57	50.1	37	44.0	23	41.1	60	37.0
55	50.0	11	44.0	43	41.1	63	36.7
56	50.0	29	43.6	58	41.0	19	36.7
49	49.9	77	43.2	45	40.7	62	36.1
54	49.5	13	43.0	25	40.5	61	36.1
78	49.1	41	43.0	70	40.5	9	36.0
51	48.6	16	43.0	67	40.3	7	35.7
52	48.5	42	43.0	18	40.2	10	35.6
53	48.5	73	42.7	69	40.1	44	35.3
28	48.1	75	42.7	47	39.8	5	35.3
24	46.4	50	42.4	26	39.8	27	34.8
15	46.1	68	42.2	8	39.6	66	34.8
30	46.0	36	42.1	40	39.1	65	34.4
48	44.9	72	41.7	39	39.1	64	34.4

Table 4. Noise level limits in residence area after noise control

Description	Sound level (dBA)	Remarks
Before noise control	62.9	Excess of permitted limits
Noise limits after noise control	Stage one	60 Satisfaction of limit for daytime
	Stages two	55 Satisfaction for daytime and evening
	Stages three	50 Satisfaction for daytime, evening and night

51 - 57(B/E 구동 motor 및 C/C 구동 motor)로부터 48.5dB(A) - 50.1dB(A)의 소음이 전파되고 있음을 알 수 있다.

또한, 상대적으로 면적이 넓은 공장동 외벽(음원 78)으로부터 민가에 전파되는 소음도는 49.1 dB(A)로서 비교적 면적이 좁은 음원 64 (Chute)로부터의 34.4dB(A)와 비교할 때 상당히 높은 소음도로서 민가에 영향을 미치고 있다. 그 외 40dB(A) 이상의 소음을 전파하는 소음원으로는 주로 C/C 구동 motor 및 C/C로 나타나고 있으며, 주원료 silo(#1 - #4) 사이에 설치되어 있는 각종 기계 설비류 등은 복합음으로써 영향을 주고 있는 것으로 나타났다.

Table 4는 단계별 방음계획에 따른 민가지점에서의 목표소음도를 나타내고 있다.

1단계 대책시 민가지점에서의 목표소음도는 60dB(A)로서 낮시간대 소음배출허용기준을 그리고 2단계 대책으로는 저녁시간대의 기준을 만족시키도록 하였다.

Table 5는 방음대책에 따른 문제점 및 경제성 등을 고려하여 민가지점에 가장 영향을 주고있는 소음원을 우선으로 하여 설정한 단계별 방음계획에 따른 소음원의 목표소음도를 나타내고 있다.

(1) 1단계 방음계획에 의한 예측소음도

Table 6은 1단계 대책시 민가지점(A, B아파트) 11층에서의 주요지점별 예측소음도를 나타내고 있다.

1단계 대책시 민가지점에서의 예측소음도는 A아파트 57.8 - 59.0dB(A) 그리고 B아파트 56.0 -

공장 소음도 예측

Table 5. Noise level limits of sound sources after noise control

Stages	Noise control method	Source NO.	Before noise control (dBA)	After noise control (dBA)	Percentage of cost(%)	Remarks
One	Lagging	20, 21	83.4-86.0	63-66	18.6	33.8 1000T B/E Motor for B/E Motor for C/C
	Enclosure	51-53	88.3	68	9.6	
		54-57	88.3	68	5.6	
Two	Barrier	12, 13, 30-35, 47-49, 71-73	78.7-96.1	59-76	2.8	54.8 Area between silo#3 and silo#4 Motor for 50T and 150T C/C Bag-filter for 150T and 1000T silo Motor for B/E C/C C/C Chute for silo#1-#4
	Enclosure	17, 28, 29	79.4-92.3	59-72	3.5	
		18, 24	77.8-84.6	58-65	3.5	
		36-38, 41-43, 45	82.1-85.7	62-66	14.6	
	Lagging	8, 11, 15, 16, 68, 74-77	80.8-84.6	61-65	9.2	
		25, 26, 67, 69, 70	71.8-78.7	52-59	7.3	
		22, 23, 58, 59	76.1-81.0	56-61	13.9	
Three	Panel	50, 78	74.1	54	11.4	Plant wall

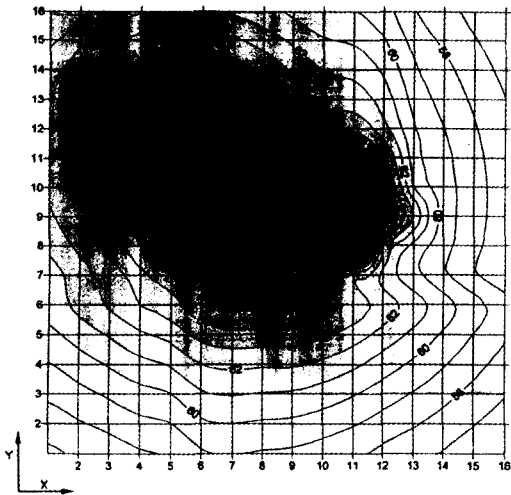


Fig. 3. Sound levels in and around plant after stage one control

57.4dB(A)로서, 소음 감쇠효과는 3.9 - 4.1dB(A)을 나타나고 있으며, 1단계 방음계획에 따른 목표소음도(낮시간대 배출허용기준) 60dB(A)를 만족시키고 있다.

Fig. 3은 1단계 대책시 공장 내외부 지점에서의 예측소음분포를 나타내고 있다.

(2) 2단계 대책에 의한 예측소음도

2단계 대책에 의한 민가지점에서의 예측소음도는 A아파트 52.6 - 53.6dB(A), B아파트 50.7 - 52.1dB(A)의 분포로서 목표소음도(저녁시간대 소음배출허용기준) 55dB(A)를 만족시키고 있으며, 민가지점에서의 소음 감쇠효과는 5.2 - 5.4 dB(A)를 나타내고 있다.

Table 6. Predicted sound levels in residence area after stage one control

Description	A apartment							B apartment				
	Co-ordinates(x,y)											
	(6,1)	(7,1)	(8,1)	(9,1)	(10,1)	(11,1)	(12,1)	(13,1)	(14,1)	(15,1)	(16,1)	
Sound levels (dBA)	Before noise control	62.8	62.9	62.8	62.8	62.6	62.3	61.8	61.4	61.0	60.5	60.0
	After stage one control	58.9	59.0	58.9	58.8	58.5	58.2	57.8	57.4	56.9	56.5	56.0
	Noise reduction	3.9	3.9	3.9	4.0	4.1	4.1	4.0	4.0	4.1	4.0	4.0

Table 7. Predicted sound levels in residence area after stages two control

Description	A apartment							B apartment				
	Co-ordinates(x,y)							Co-ordinates(x,y)				
	(6,1)	(7,1)	(8,1)	(9,1)	(10,1)	(11,1)	(12,1)	(13,1)	(14,1)	(15,1)	(16,1)	
Sound levels (dBA)	After stage one control	58.9	59.0	58.9	58.8	58.5	58.2	57.8	57.4	56.9	56.5	56.0
	After stages two control	53.6	53.6	53.6	53.5	53.2	53.0	52.6	52.1	51.7	51.2	50.7
	Noise reduction	5.3	5.4	5.3	5.3	5.3	5.2	5.2	5.3	5.2	5.3	5.3

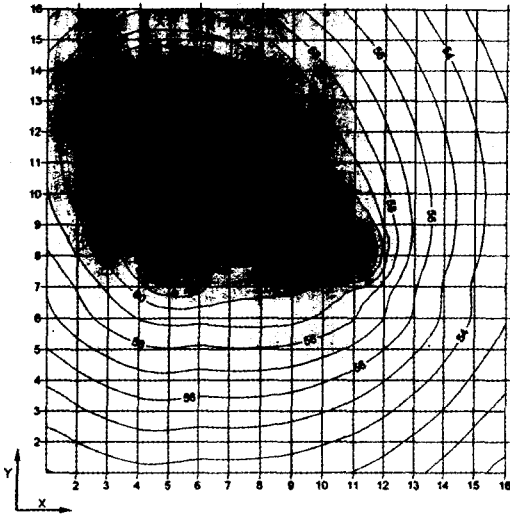


Fig. 4. Sound levels in and around plant after stages two control

한편, Table 8은 1단계 계획에 의한 대책을 생략하고 2단계 계획 만으로의 대책시 소음분포를 나타내고 있다.

2단계 만으로의 대책시 민가지점에서의 소음

도는 방음벽을 설치할 경우 60.0 - 62.8dB(A)로서 소음 감쇠효과는 최대 0.4dB(A)를 나타내고 있으며, 2단계 계획 전체(방음벽, enclosure, lagging)를 대책시 소음도는 58.5 - 61.5dB(A)로서 1단계 목표치인 60dB(A)도 만족시키지 못하고 있음을 알 수 있다. 또한, Table 5에 나타나 있듯이 단계별 공사비로도 2단계가 전체 비용의 54.8%로서, 1단계 대책에 의한 33.8%보다 높게 나타나고 있어, 실효성은 거의 없는 것으로 분석되었다. 따라서, 공장 방음대책을 위해서는 사전에 각각의 소음원을 정밀히 분석하여 전반적인 소음도를 예측하고, 그에 따른 적절한 단계별 방음계획을 수립하여 수행하는 것이 필수적임을 알 수 있다.

(3) 3단계 대책에 의한 예측소음도

3단계 방음계획에 의한 예측소음도는 A아파트 49.9 - 50.3dB(A), B아파트 47.4 - 49.6dB(A)의 분포로서, 3단계 목표소음도 50dB(A)를 만족시키고 있으며, 민가지점에서의 소음 감쇠효과는 3.0 - 3.5dB(A)을 나타내고 있다.

Table 8. Predicted sound levels after stages two control without stage one unit : dB(A)

Description	A apartment							B apartment			
	Co-ordinates(x,y)							Co-ordinates(x,y)			
	(6,1)	(7,1)	(8,1)	(9,1)	(10,1)	(11,1)	(12,1)	(13,1)	(14,1)	(15,1)	(16,1)
Before noise control	62.8	62.9	62.8	62.8	62.6	62.3	61.8	61.4	61.0	60.5	60.0
SL after barrier control	62.4	62.5	62.5	62.8	62.6	62.3	61.8	61.4	61.0	60.5	60.0
Noise reduction	0.4	0.4	0.3	0	0	0	0	0	0	0	0
SL after barrier and enclosure	61.7	61.8	61.9	61.9	61.7	61.7	61.3	60.8	60.4	59.9	59.3
Noise reduction	0.7	0.7	0.6	0.9	0.9	0.6	0.5	0.6	0.6	0.6	0.7
SL after barrier, enclosure and lagging	61.4	61.5	61.5	61.4	61.2	60.9	60.5	60.0	59.6	59.0	58.5
Noise reduction	1.0	1.0	1.0	1.4	1.4	1.4	1.3	1.4	1.4	1.5	1.5

Table 9. Predicted sound levels in residence area after stages three control

Description		A apartment						B apartment				
		Co-ordinates(x,y)						Co-ordinates(x,y)				
		(6,1)	(7,1)	(8,1)	(9,1)	(10,1)	(11,1)	(12,1)	(13,1)	(14,1)	(15,1)	(16,1)
Sound levels (dBA)	After stages two control	53.6	53.6	53.6	53.5	53.2	53.0	52.6	52.1	51.7	51.2	50.7
	After stages three control	50.1	50.3	50.3	50.3	50.2	49.9	49.6	49.0	48.6	47.9	47.4
	Noise reduction	3.5	3.3	3.3	3.2	3.0	3.1	3.0	3.1	3.1	3.3	3.3

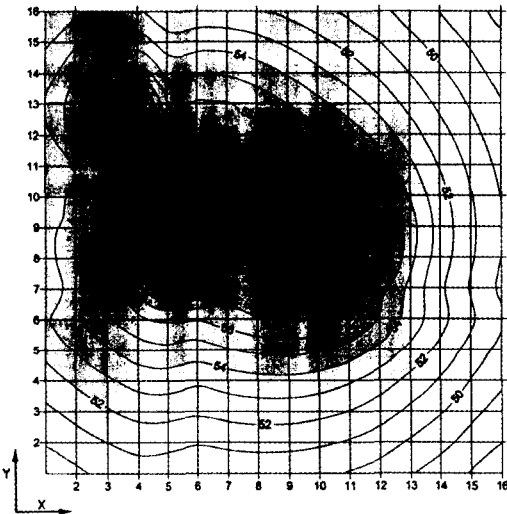


Fig. 5. Sound levels in and around plant after stages three control

5. 결론

(1) 본 연구에서는 소음원의 특성 및 민가지점에서 소음도 현황, 소음배출허용기준 그리고 방음대책에 따른 문제점과 경제성 등을 고려하여 방음대책에 의한 민가지역에서의 목표소음도를 3단계로 설정하고, 각 단계별 방음계획에 의한 소음도를 예측하였다.

(2) 1단계 방음대책에 따른 민가지점에서의 예측소음도는 56.0 - 59.0dB(A)로서 낮시간대(06:00 - 18:00) 소음 배출허용기준인 60dB(A)를 만족시키는 것으로 나타났다.

(3) 2단계 방음대책시 예측소음도는 50.7 - 53.6dB(A)로서 저녁시간대(18:00 - 24:00) 배출허용기준인 55dB(A)를, 그리고 3단계 대책시

47.4 - 50.3dB(A)로서 밤시간대(24:00 - 06:00) 배출허용기준인 50dB(A)를 만족시키고 있었다.

(4) 각 단계별 방음계획에 의한 예상 공사비는 전체 공사비에 대한 비율로서 1단계 대책시 33.8%, 2단계 54.8% 그리고 3단계는 11.4%를 각각 차지하고 있으며, 1단계 대책을 생략하고 2단계 만으로의 대책시 민가지점에서의 소음도는 58.5 - 61.5dB(A)로서 1단계 계획에 의한 목표소음도 60dB(A)를 초과하고 있다.

(5) 따라서, 공장주변의 전반적인 소음도를 감소시키기 위한 방음대책을 위해서는 각각의 소음원을 정밀하게 분석하여 전반적인 소음도를 예측하고, 그에 따른 적절한 단계별 방음계획을 수립하여 수행하는 것이 필수적임을 알 수 있었다.

참고문헌

- 1) 조창근, 김하근, 건설공사장 소음·진동 국내 현황 및 문제점, 한국소음진동학회지, Vol. 7, No. 4, pp. 561~565, 1997.
- 2) 백용진, 이중선, 배동명, 소음·진동 피해진단 기술 정립방향, 한국소음진동학회지, Vol. 7, No. 2, pp. 189~198, 1997.
- 3) 기도형, 신승현, 공장 기계 소음 경감을 위한 차폐 방안 연구, 한국산업안전학회지, Vol. 11, No. 4, pp. 34~41, 1996.
- 4) 차일환, 옥정권, 소음진동 공학, 문운당, pp. 73~76, 1994.
- 5) A. P. Dowling and J. E. Ffowcs williams, Sound and sources of sound, Ellis Horwood Limited, pp. 11~25, 1983.
- 6) 정일록, 소음·진동학, 신광출판사, pp. 55~57, 1996.
- 7) Lawrence E. Kinsler et al., Fundamentals of acoustics, John & Sons, Inc., pp. 250~252, 1982.