항공기소음 자동측정국 감시효율 향상을 위한 위치설정에 대한 연구

A Study on Site Positions for Monitoring Efficiency Improvements of the Aircraft Noise Monitoring Stations

손 정 곤†·정 우 홍*·황 민 기**·권 현***

Jung-Gon Son, Woo-Hong Jeong, Min-Gee Hwang and Hyun Gwon

(2008년 10월 9일 접수 ; 2008년 12월 2일 심사완료)

Key Words : Noise Monitoring Station(소음자동측정국), Monitoring Efficiency(감시효율), Noise Limits(소음한도), Infringement(위반율), Start of Roll(항공기 출발시작점), Swathes(항로폭), Ground Track(지상항적), Reference Noise Level(기준소음도), Offender(기준초과항공기), Take of Weight(이륙중량)

ABSTRACT

The monitoring efficiency of the aircraft noise monitoring stations is decided to the reference noise level and the infringement of each monitoring stations. We calcurates the monitoring efficiency of three noise monitoring station among twelve in the vicinity of Gimpo Int'l Airport. As a result, the monitoring efficiency shows that the noise monitoring stations No#3,No#5 and No#6 are 14.3 %, 18.5 % and 29.3 % respectively, Among them No#6 staion looks higher efficiency than another two stations because of underneath the flight trackas.

1. 서 론

항공기 이·착륙으로 인해 공항주변의 주거지역에 대한 소음공해는 지속적인 사회문제로 국내는 물론 국제적인 관심사항으로 대두되고 있다. 다양한 저감대책 중에서 주거지역의 소음저감을 위한 방안으로 항공기 저소음운항절차는 매우 효과적인 것으로 주거밀집지역의 기준소음도를 정하여 이기준을 준수하도록 감시하는 항공기소음 자동측정망 운용을 통해 주거지역의 정온한 환경을 조성하는데 도움을 주고 있다[1].

그러나 항공기는 철도나 도로와는 달리 3차원의 공간을 운항하기 때문에 항로의 좌우폭(swathes)이 넓고 고도(altitude) 역시 가변적이다. 공항의 지형·지물에 때라 차이는 있으나 전자의 경우 통상 이륙시 항로 중심에서 좌우 ±1.5 km 그리고 고도는 중심고도에서 상하 ±400 m의 넓은 지역으로 운항하고 있다.

이러한 원인은 기종별 이륙중량(TOW)과 기상상태(풍향, 풍속, 온도, 기압 등) 그리고 기종의 노후화나 엔진정비 상태에 따른 이륙절차에 기인한다.

이로 인한 공간상 항공기의 위치에 따라 지상에 전파되는 소음 역시 차이를 보이게 되는데 이때 항로감시와 소음측정을 목적으로 설치하는 설비를 항공기 소음자동측정망(noise monitoting system or noise and track keeping system)이라 한다.

물론 이 설비는 이렇한 목적 외에 민원지역의 현황소음도 측정 및 소음도 변화추이의 파악 등에도 활용하고 있다.

지상에 고정적으로 설치하는 고정측정국의 위치는 기준점의 소음도 위반여부 감시와 다수 민원지역의 소음감시에 따라 측정위치 및 개소 등이 결정된다. 특히 여기서 언급하는 전자의 경우 측정국의 감시효

† 교신저자 ; 정회원, (주)동일기술공사
E-mail : dwhand@hanmail.net
Tel : (02)2163-6585~6, Fax : (02)2163-6589
* (주)동일기술공사
** (주)동부엔지니어링
*** 김포시청 환경공해과

율(monitoring efficiency)은 설치위치 및 설치대수 그리고 기준 소음도에 따라 그 차이를 보이고 있다. 따라서 여기 에서는 현재 국내공항에 설치된 측정국의 감시효율을 산정해 보고 이들의 효율을 높일수 있는 측정국의 위치설정에 대한 개선방안이 무엇인지 연구하고자 한다.

2. 이론적 고찰

2.1 감시시스템의 개요

이들 시스템의 구성은 Fig. 1과 같이 모두 3분야로 이루어져 있는데 첫째가 소음계 및 주파수 분석계 그리고 기상측정용 장비가 함께 설치된 자동 측정국(noise monitoring station)과 둘째는 항공기의 항적(track)을 감시하기 위한 레이더 시스템과 그리고 마지막으로 이들 자료를 통합 관리하는 중앙전산 시스템 등이 있다.

Table 1은 국내외 자동측정국의 설치공항 및 개소를 나타낸 것으로 국내의 경우 환경부와 인천공항공사 그리고 한국공항공사 등에서 각각 운영하고 있으며, 최근에는 군용공항 주변에 지자체 및 군 당국에서 설치하여 관리하고 있는 실정이다.

Table 1 Airports and Q'ty of noise monitoring stations of domestic and oversee

Airports	Number(Q'ty)	Remarks
Inchon	18	'08
Gimpo	12	'01 & '07
Cheju	6	'04
Narita	33	'98
Sydney	11	
San Francisco	29	'97 & '05
Frankfurt	25	'88
Heathrow	10	'95 & '01

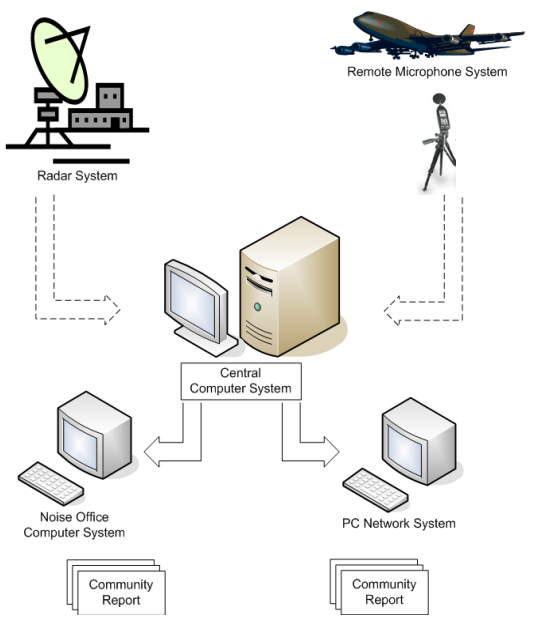

Fig. 1 Environmental monitoring system at airports

2.2 기준점 및 측정국의 소음기준 설정

Fig. 2와 같이 항공기가 지상을 이륙하여 어떤 항로로 운항할 경우 활주로 높이를 기준으로 항공기에서 지상항로(graund track)에 내린 수직선이 만나는 점을 p

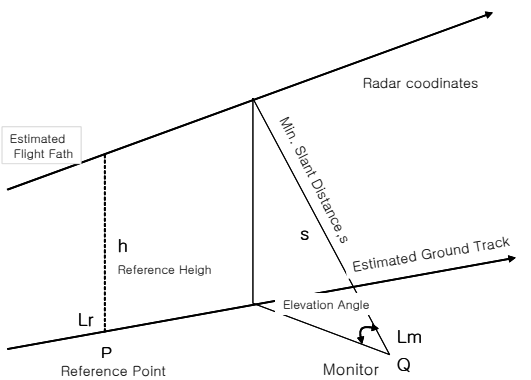

Fig. 2 Positions of reference point and monitoring station

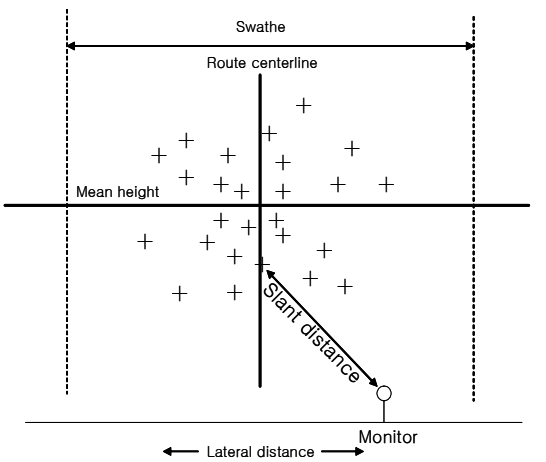

Fig. 3 Section through swathe

라고 하고, 이때의 고도 즉 높이를 h(m), 그리고 이 지점의 항공기 소음도를 Lr(Lmax,dBA)라 한다.

다음 기준점의 위치와 기준소음도를 결정해야 하는데 이는 마치 도로상에서 자동차의 속도감시를 위해 설치하는 감시카메라의 설치위치와 제한주행속도를 결정하는 것과 동일할 개념이 될 것이다.

항공기의 경우 국제적으로 통용되는 기준이 있는데 측정위치는 이륙 시와 착륙 시 그리고 측면으로 국제민항기구(ICAO)의 부속서 16의 부록1 및 2에 명시되어 있다. 그리고 이때 각각의 소음도는 항공기제작사에 의해 소음적합증명서에 기재하여 자국의 관계기관에 제출토록 하고 있다. 여기서 관심을 가지는 이륙 시 기준위치는 활주로의 항공기 출발점(SOR)으로부터 6.5 km이며 이때 국내 어떤 항공 사가 보유하고 있는 B747기종의 경우 소음도는 Table 2와 같다.

이와 같이 규정된 기준위치에 고정 측정국을 설치하여 항공기소음을 감시하면 좋으나 현실적으로 측정위치가 여의치 못할 경우 예를 들어, 기준위치가 강이나 하천 또는 기반시설 설치 불가지역 등일 경우 부득이하게 기준위치와 다른 곳에 측정국을 설치할 수 밖에 없다.

상기 표의 이륙 시 소음도인 EPNL=102.4 EPNdB를 최고소음도로 환산하기 위해 다음식을 사용하면 Lmax=88 dB(A)가 된다[2].

$$Lmax = 0.764\ EPNL + 9.744 \qquad (1)$$

여기서, R-square:0.65,t-value:32.37

따라서 지상측정국의 설치지점을 Q라 하고 이때 측정국의 소음한도(noise limits)를 Lm(Lmax,dBA)라 하면 다음 기준소음도와 이격 거리를 활용하여 측정국의 소음한도를 다음과 같이 구할 수 있다.

$$Lm = Lr + K \cdot \log(s/h) \qquad (2)$$

Table 2 Certified noise level of "A" air lines(unit : EPN dB)

A/C TYPE	Certified noise level		
	Takeoff	Landing	Sideline
B747-300B	102.4	105.8	101.3
B747-300F)	102.4	106.6	101.3
B747-200F	102.4	106.6	101.3

여기서,

Lm : 측정국의 소음한도 (Lmax,dBA)

Lr : 기준점의 소음도 (Lmax,dBA)

K : 항공기에서 측정국까지의 음향감쇠계수(dB)

S(slant distance) : 항공기와 측정국까지의 최소거리(m)

"S"값은 측정국의 위치가 기준점보다 가까이 있을 경우 기준소음도 보다 높고 멀어 질수록 낮은 값을 가지는데, 이렇게 산출된 값이 바로 지상에 설치된 고정측정국의 기준소음도인 소음한도가 되고 만약 어떤 항공기가 이 값을 초과하여 위반하게 되면 일정액수의 벌금을 국가가 징수하도록 항공법 제109조에 규정되어 있다[3].

2.3 감시효율의 산정

만약 지상 임의의 점에 설치된 고정 측정국에서 측정한 임의 기종의 항공기소음도가 xi(i=1-n)이고 이 값이 정규분포를 한다고 가정하면 이때 각 측정치의 상대도수는 f(xi)(i=1～n)이 될 것이다.

다음 측정치가 모두 같거나 영이 아닐 경우 최소치부터 최대값까지 각각의 상대도수에 대해 누적상대도수 F(xi)를 구하면 항공기소음의 특성상 최소치는 상대도수가 가장 크고 반대로 최대치는 가장 작게 된다(Fig.4).

그리고 항공기가 임의의 측정치를 초과할 비율은 f(x)와 F(x)의 관계로부터 다음과 같이 구할수 있다.

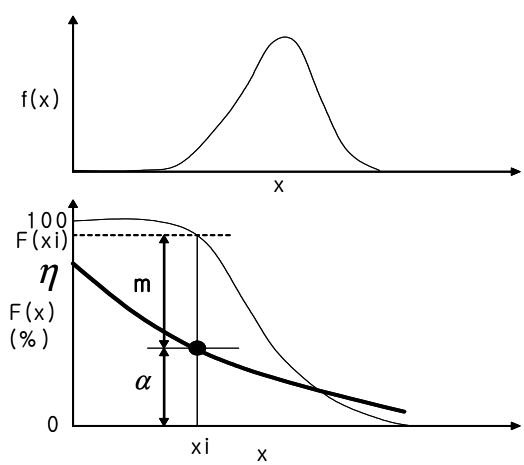

Fig. 4 Frequency function f(x) and cumulative frequency function F(x) of the noise level

$$F(xi)= \sum_{i=1}^{n} f(i)/n \times 100(\%) \quad (3)$$

이때 구한 F(x)는 항상 다음의 관계가 성립해야 한다.

$$F(x) = \sum_{t \geq x} f(t) \quad (4)$$

여기서, $t \geq x$는 어떤 측정치 x에 대해 t가 x보다 같거나 클 경우에 대한 모든 $f(t)$값의 합을 의미한다. 여기서, m은 미적발율(missed offender rate)로서 기준을 위반한 항공기를 적출하지 못하는 비율임.

이상의 측정자료를 통계처리하여 어떤 공항에서 이륙하는 모든 기종의 항공기에 대한 일반적인 소음한도(base limit) 초과율을 구할수 있을 것이다.

다음 이값을 기초자료로 하여 지상 어떤 지점에 설치된 측정국의 감시효율을 구할수 있다. η를 감시효율이라 하고 기준점과 다른 측정국의 위반율을 α 그리고 기준점의 소음한도 초과율을 β라 하면 다음 식으로 나타낼 수 있다.

$$\eta = \alpha/\beta \times 100(\%) \quad (5)$$

여기서,

$$\alpha = k/n \times 100(\%) \quad (6)$$

k : 특정항공기의 기준소음도(Lmax)를 초과하는 빈도수

n : 공항전체 모든 이륙 항공기의 위반 빈도수

위반율이란 측정국의 소음도가 기준 소음도를 초과한 회수가 얼마만큼 많은가를 나타내는 비율로 만약 이 비율이 낮거나 또는 기준소음도가 높으면 감시효율이 낮고 반대로 위반율이 높거나 기준소음도가 낮으면 감시효율은 반대로 증가한다.

Fig. 3에서 어떤 항공기의 기준소음도가 Xi dB(A)일 경우 이때 이 값을 초과하는 비율이 F(xi)(%)라고 하고, 임의 측정국에서 나타난 위반율이 α일때 총 운항대수 n대 중에서 n.F(xi)(1-α)에 해당하는 대수 m만큼은 이 측정국에서 미적발되어 따라서 적출이 불가할 것이다.

만약 어떤 측정국의 위반율이 다른 측정국에 비해 상대적으로 낮거나 또는 어떤 특정항공기가 다른 기종에 비해 낮은 위반율일 경우 측정국의 위치 선정에 대한 재검토가 필요한데, 이는 측정국의 설치 목적인 항로감시와 소음초과항공기의 적출에 부합되지 않기 때문이다.

검토결과 문제가 있을 경우 해결책으로 측정국의 위치변경이나 또는 추가설치 등을 통해 감시효율을 증가시킬 수 있을 것이다. 일례로 영국 히드로우 공항의 경우 고소음 항공기인 B747기종에 대해 처음의 감시효율을 8.9 %에서 위치변경 및 추가설치로 인해 55 %까지 증가시킨 사례를 참고하여야 할 것이다[4,5].

3. 감시효율의 적용사례

3.1 대상공항

김포국제공항을 대상으로 현재 설치되어 운용중인 측정국 12개소 중 최근('08)에 신설된 3개소를 제외한 9개소의 1년간('05.1～'05.12) 이륙항공기(B747기종)를 대상으로 분석하였다.

2005년간 김포국제공항을 이륙한 모든 항공기 중에서 이륙시 측정한 유효소음도는 총 25,463개이며 ,이중 B747기종은 1,889개로 전체의 약 7.4 %를 차지하고 있다.

Fig. 5는 김포국제공항 주변의 자동측정국 설치위

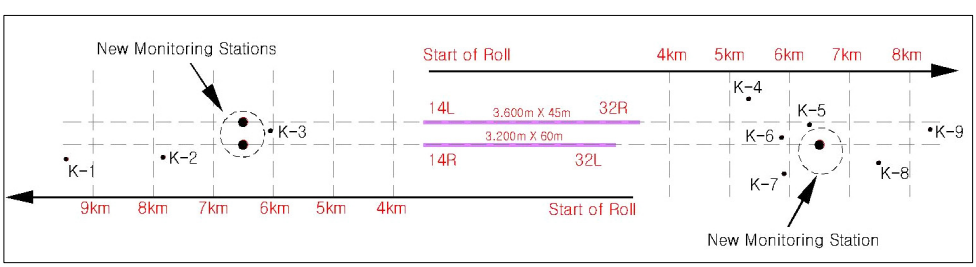

Fig. 5 Location of permanent noise monitors[7]

Table 3 Equivalent cumulative normal distributions of reference levels

Base limit dB(A)	Percentage of B747 exceeding base limit
67	100
68	100
69	100
70	99
71	99
72	99
73	98
74	97
75	95
76	92
77	87
78	80
79	73
80	64
81	53
82	44
83	36
84	27
85	19
86	12
87	7
88	4
89	2
90	1
91	0
92	0

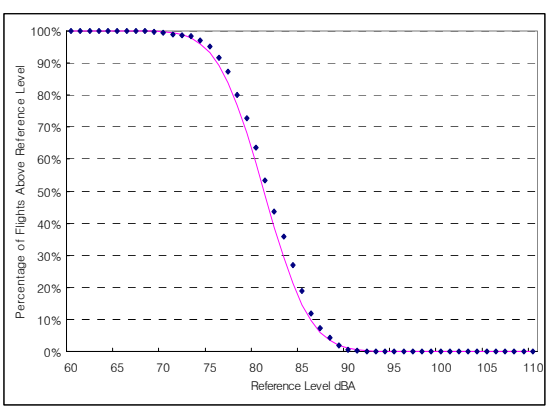

Fig. 6 Cumulative distributions of reference level by B747 aircraft

치를 나타낸 것으로 새로운 측정국 3개소는 2008년 1월부터 운용중에 있다.

3.2 각 측정국의 측정자료 분석

기준점의 B747기종에 대한 소음한도 초과율(β)을 산정하기 위해 우선 자동 측정국 9개소에서 1년동안 측정한 소음도를 기초자료로 사용한다.

이들을 이용하여 구한 B747기종의 기준소음도 초과율은 Table 3과 같고 이에 대한 누적도수분포도는 각각 Fig. 6과 같다[2].

3.3 측정국 감시효율 산정 및 비교

항공기 출발점부터 6.5 km 지점을 기준으로 설정하여 이 지점의 모든 항공기 이륙 시 기준소음도(Lr)는 김포국제공항의 경우 Lmax=88 dB(A)를 초과하지 못하도록 항공법에 규정되어 현재 시행중에 있다.

이 경우 김포국제공항을 이륙하는 B747기종의 항공기가 이 기준 소음도를 초과하는 비율은 Table 3과 같이 4 %를 나타내고 있다.

다음 측정국의 소음한도(Lm)는 기존자료[1]를 활용하여 #3,#5 및 #6번 측정국의 값을 사용하고 아울러 이들 측정국에서의 소음위반율(α)을 활용하고자 한다.

Table 4에서 #3번 측정국의 감시효율이 약 14 %란 것은 만약 1,000대의 항공기가 운항할 경우 초과율 4 %에 해당하는 40대중 약 6대만 적출이 되고 나머지 34대는 적출되지 않는 것으로 해석할 수 있다. #5번 측정국의 경우 약 7대 적출 33대 미적출 그리고 #6번 측정국의 경우 약 12대 적출과 28대 미적출로 판단할 수 있다.

Table 4 Noise infringement and noise limit of permanent noise monitor

RWY	Monitor	Lr	Lm	α	η
32	#3	88	86.2	0.57	14.3
		87	85.2	1.11	15.9
		86	84.2	2.05	17.1
		85	83.2	3.06	18.9
14	#5	88	85.9	0.74	18.5
		87	84.9	1.31	18.7
		86	83.9	2.72	22.7
		85	82.9	5.12	26.9
	#6	88	86.1	1.17	29.3
		87	85.1	2.42	34.6
		86	84.1	4.57	38.1
		85	83.1	8.88	46.7

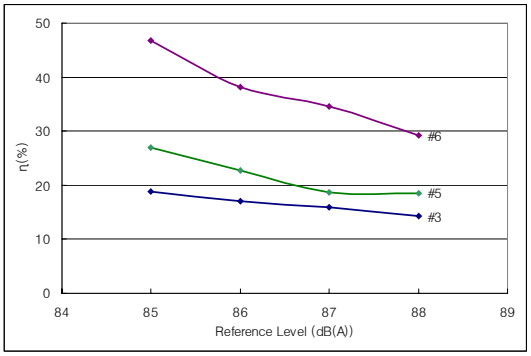

Fig. 7 Relationship between reference level and monitoring efficiency

3.4 감시효율 개선방안

공항주변에 설치하는 항공기소음 자동측정망의 주된 용도는 항로감시와 기준 소음도를 위반하는 항공기를 적출하여 저소음운항을 유도하는데 그 목적이 있다. 이는 자동차도로의 과속단속카메라 설치로 교통사고를 예방하는 것과 유사하며, 이를 위해 각 지점에 설치된 측정국의 감시효율을 극대화 시킬 수 있는 방안이 수립되어야 할 것이다.

감시효율에 영향을 주는 주된 요인으로는 기준점의 소음도 크기와 측정국의 위반율이 있는데, 특히 후자의 경우 설치위치에 따라 Fig. 7과 같이 #6번 측정국이 가장 높고 다음이 #5번 그리고 #3번 측정국이 가장 낮은 경향을 보이고 있다.

이는 #6번 측정국의 경우 이륙 시 주 항로 직하에 있으나 #5번 측정국의 경우 항로 좌측에 설치되어 있기 때문으로 추정된다. 두 활주로의 중앙에 설치된 #3번 측정국의 경우 역시 항공기 이륙 시 대부분 좌측으로 선회하여 운항하기 때문에 측정국을 우회하는 것으로 생각한다.

따라서 기준점의 소음도가 일정할 경우 측정국의 감시효율을 높이는 방안으로 첫째, 기준점인 6.5 km 가까이 설치하고, 둘째 이륙항로를 회피하지 못하도록 일정한 간격으로 가급적 많은 지점에 설치할 것을 권장한다.

4. 결 론

김포국제공항의 1년간 측정 자료를 기초로 기존에 설치된 12개의 자동 측정국 중 3곳에 대한 감시효율을 검토하였다.

이 기간 중 활주로 양측방향으로 이륙한 항공기의 총 회수는 47,392회 이고 이중 측정에 사용한 자료는 총 25,463개 이다. 대상항공기는 고소음기종인 B747기종을 대상으로 총 1,889개의 자료를 분석하여 이 기종의 소음도에 따른 초과정도를 산출하였다. 기준점의 소음도는 현행 항공법에서 규정한 최고소음도 88 dB(A)를 적용하였으며, 아울러 측정국의 소음한도는 기존의 측정국 자료를 활용하였다.

이 결과 김포국제공항을 이륙하는 B747 기종의 감시효율은 #3번 측정국이 14.3 %, #5번 측정국이 18.5 %, 그리고 #6번 측정국이 29.3 %으로 전체적으로 낮은 감시효율을 나타내는 것으로 분석되었다.

추후 김포국제공항에 추가 설치된 3개를 포함하여 각 측정국의 소음한도를 보다 정밀하게 산출하고 현재 12곳의 감시효율을 구한 후 효율이 낮은 측정국의 감시효율을 현재보다 높이는 연구를 계속할 것이다.

참 고 문 헌

(1) Son, J.-G., Kim, Y.-M., Park, J.-W. and Kim, Y.-I., 2006, “A Study on the Establishments of Aircraft Noise Abatement Procedures in Gimpo International Airport,” Proceedings of the KSNVE Annual Autumn Conference, KSNVE06A-21-01.

(2) Son, J.-G. and Kim, Y.-M., 2007, “A Study on the Establishments of Aircraft Noise Abatement Procedures in Gimpo International Airport(Ⅱ),” Transactions of the KSME, Vol. 17, No. 9, p. 877.

(3) Aviation act. No.109.

(4) Cadouxviation, R. E. and Kelly, J. A., “Departure Noise Limits and Monitoring Arrangements at Heathrow, Gatwick and Stansted Airports,” ERCD REPORT 0207, p. 3.

(5) Cadoux, R. E. and Ollerhead, J. B. 1995, “Review of the Departure Noise Limits at Heathrow, Gatwick and Stansted Airports,” CS Report 9539.

(6) MLTM, KICTEP, 2006, “A Study on the Establishment of Noise Abatement Procedure.”