

항공기 소음 측정 시 이동측정지점에 대한 소음도 예측방법

A Noise Prediction Method on the Movement Measuring Points at Measurement for Aircraft Noise

우정하* · 이병찬†
Jeong Ha Woo and Byung Chan Lee

(Received November 12, 2015 ; Revised December 3, 2015 ; Accepted December 3, 2015)

Key Words : Aircraft Noise(항공기 소음), Noise Prediction(소음 예측), Noise Measurement(소음 측정), WECPNL (가중등가감각소음도)

ABSTRACT

It is difficult to measure aircraft noise at many points, because the noise measurement is need to long time, 24 hours and consecutive 7 days, which results in high costs. As an alternative, movement measuring points are set to measure aircraft noise for less than 24 hours, and so it is needed to overcome the limitation of shorter measuring time. Thus, this study measured military aircraft noise on movement measuring points and conducted a comparative analysis on the data according to each measuring time. The data of measuring noise for 24 hours and less than 24 hours were compared to suggest appropriate measuring time on the movement measuring points. As a result of comparing data of measuring noise, an error was within 3 dB in case of measuring time of 3 hours, and an error was within 1 dB in case of 6 hours of measurement.

1. 서론

군용기의 비행 특성상⁽¹⁾ 일반 민간 여객기와는 달리 비행시간, 항로, 고도 등이 일반적으로 알려져 있지 않으므로 소음 실태 파악이 매우 어렵다. 그러므로 정확하고 신뢰할 수 있는 소음자료가 미비하여 향후 소음관리에도 어려움이 예상된다. 이에 대한 대비책으로 군용비행장 주변지역의 항공기 소음에 대한 현황파악이 선행되어 예방대책을 수립할 필요가 있다.

특히, 국내 항공기 소음은 24시간 동안 7일 측정을 하기 때문에 시간적, 경제적 비용이 크게 발생하

여 항공기 소음의 영향이 미치는 모든 지점을 측정하기가 어려운 실정이다. 비용 절감 차원에서 항공기가 많이 지나가는 시간대를 포함하여 수 시간 정도를 측정하는 이동측정지점을 선정하여 소음예측 오차를 줄이는 방편으로 활용한다.

이 연구에서는 이동측정지점을 통과하는 항공기의 소음도를 정확히 측정하기 위해 측정경과시간에 따른 실측값과 24시간 측정값을 비교·분석하여 짧은 시간 동안 측정하더라도 24시간 동안 측정하는 효과와 동등수준의 정확도를 나타내는 방법을 제시하고자 한다. 군용비행장은 훈련 등 특수한 경우 운항횟수 증가, 운항패턴의 변경 등으로 인하여 소음 영향 지역 범위가 달라지거나 증가할 수 있다. 그러므

† Corresponding Author ; Member, Dept. of Environmental Engineering, Korea National University of Transportation
E-mail : bcleee@ut.ac.kr

* Member, E.A Group Engineers Co., Ltd

‡ Recommended by Editor Myung Jun Kim

© The Korean Society for Noise and Vibration Engineering

로 군사비행이 빈번한 지역을 중심으로 소음 측정 및 분석을 통하여 이동측정지점에 대한 소음도 측정 기법을 제시하여 궁극적으로 시간적, 경제적 비용을 절감하는데 이 연구의 목적이 있다.

2. 연구 내용

2.1 연구 대상지역 현황

J비행장의 주 운항기종은 F-16과 KF-16이며 비행장 내 활주로는 36L/18R과 36R/18L 등 2개 활주로가 있다.

J비행장의 활주로는 정북 방향에서 서쪽 방향으로 약간 기울어진 형태로 남북 방향을 향하고 있다. 주 활주로인 36R 활주로를 이용하여 이륙과 착륙이 대부분 이루어지며 36L 활주로는 여러 대의 항공기가 동시에 이륙하는 경우 두 곳의 활주로에 나누어 이륙을 하는 경우에 주로 이용되고 있다.

36활주로방향 운항비율은 목적조사 및 측정지점의 관측 자료를 이용하였으며, 36L 활주로와 36R 활주로의 이용 빈도는 목적으로는 확인이 어려운 경우가 많아 관련 문헌 등을 참조하여 이용하였다.

비행경로의 경우 이·착륙하는 경우에 따라 다양하게 변하고 있어 비행시점마다 목적에 의한 것과 측정지점에서의 관측 자료를 이용하여 파악하였다.

2.2 측정 대상지역 조사

이 연구 수행과정에 필요한 군용기의 비행경로, 비행고도 등과 관련된 자료는 군사기밀 및 기지의

특성으로 인하여 정보를 확보하는데 한계가 있다.

국내 항공기 소음 측정방법과 기준은 소음·진동 공정시험기준에 준하여 소음측정지역에서 3지점을 선정하여 항공기 소음에 대한 영향을 측정하였다.

연구기간동안 조사원들이 직접 목적측으로 현장 상황을 조사하여 확보한 항공기 비행특성 자료를 바탕으로 항공기 소음을 측정하였다.

2.3 항공기 소음측정방법

소음진동공정시험기준에 정한 항공기 소음 측정 방법상에는 연속 측정을 원칙으로 하고 있으나 군용 항공기의 특성상 비행이 없는 날도 있을 수 있어 주말이나 기타 이유로 인해 비행이 없는 날은 측정에서 제외하였다.

이동측정지점은 고정측정지점 3지점(Fig. 1)에서 측정하였으며 고정지점은 측정 기간 동안의 연속된 자료를 확보하고 목적에 의한 비행을 보완하여 이륙, 착륙 등 비행 패턴을 분석하기 위한 목적으로 측정을 하는 지점이며, 이동지점은 비행이 있는 경우 각 지점의 소음도를 측정하게 되며 주로 소음 모델 결과(지형보정²⁾ 포함)와의 비교 교정을 위한 자료로 활용된다. 또한 이동측정지점은 운항경로를 중심으로 시뮬레이션에서 표현되는 각 소음 등고선의 경계선에서 보다 정확한 소음도를 확인하기 위해 필요하며, 고정측정지점은 활주로 및 운항경로에서 가까운 지점에 위치시켜 운항대수를 정확하게 파악하기 용이한 지점으로 한다.

2.4 운항특성

J비행장의 운항패턴은 다양한 패턴으로 비행이 이루어지고 있다. 조사 기간 동안 확인 된 36활주로 이륙 패턴의 경우에도 그대로 북쪽으로 직진하는 경우를 비롯하여 동·서 양쪽 여러 방향으로 이륙 후 선회하기 때문에 패턴별 구분이 쉽지 않다. 착륙의 경우에도 여러 경로를 이용하여 장주비행을 하면서 착륙하기 때문에 패턴별 구분에 있어 많은 어려움이 있었다.

가시거리가 좋은 조사일의 경우에는 비행 방향 확인이 가능하지만, 가시거리가 좋지 않은 경우 이륙 후 운항 경로를 확인할 수 없어 목적에 의한 조사를 이용하였으며, J비행장의 활주로는 전방위에 걸쳐 산으로 둘러싸여 있으므로 운항특성을 파악하



Fig. 1 J-airfield location

기가 쉽지 않다.

2.5 패턴별 운항횟수 조사방법

J비행장의 운항패턴은 군용기의 특성상 민간 항공기처럼 단순한 이·착륙 이외에도 착륙순간에 곧 이륙하는 T&G(touch and go), 장주비행을 위한 선회 등 다양한 운항 패턴을 보이고 있으므로 운항특성 중 패턴별 운항횟수는 이륙, 착륙, 통과, T&G, 선회로 구분하여 조사하였다.

2.6 항공기 소음 측정기간

소음조사는 기상 및 운항특성을 고려하여 수행하였다. 소음 측정기간은 2014년 6월말부터 7월 초 사이에 기상상황이나 혼련 상황을 고려하여 총 5일 동안 측정하였다.

3. 연구 결과 및 분석

3.1 항공기 소음 측정결과

고정측정지점은 공정시험기준에 따라 24시간 7일 연속 소음측정을 수행하기 때문에 시간적, 경제적 비용이 많이 발생하나, 이동측정지점은 하루 3~5시간 동안 소음을 측정하여 그에 대한 영향을 평가한다. 그러나 1~2시간 동안 측정된 소음도 자료가 정확하지 않기 때문에 운항대수 보정을 통한 소음도를 예측함으로써 시간적, 경제적 비용을 감소시키며, 짧은 시간에 보다 넓은 항공기 소음피해 지역을 선정하여 예측함으로써 해당 소음측정대상지역에 대한 정확한 소음도 영향을 조사·분석할 수 있다고 사료된다.

소음측정 시 항공기 운항이 없는 시간동안 측정된 배경소음도와 항공기 운항 시 측정소음도는 대부분 10dB(A)이상의 차이를 보이고 있어 배경소음이 측정결과에 미치는 영향은 미미한 것으로 사료된다⁽³⁾. WECPNL은 평균 L_{max} 값과 가중비행횟수를 이용하여 WECPNL계산 간이식[WECPNL = 평균 $L_{max} + 10 \times \text{Log}\{N(\text{가중비행횟수})\} - 27]$ 을 이용하여 산출한 값이고, 지점평균은 측정일별 값을 파워평균하여 산출한 값이다⁽⁴⁾.

3.2 비행특성

소음계를 이용한 소음측정뿐만 아니라 비행 특성에 대한 조사도 수행하였다⁽³⁾. 비행특성 확인을 위

하여 항공기 이·착륙 확인이 용이한 활주로(36R, 36L) 끝단에서 비행횟수 및 비행특성을 파악하였으며, 야간 비행의 경우는 측정지점에서의 운항 시간대를 분석하여 파악하였다.

비행횟수는 낮(07:00 ~ 19:00), 밤(19:00 ~ 22:00), 심야(22:00 ~ 00:00, 00:00 ~ 07:00) 시간으로 나누어 정리하여 보정하였다. 가중 비행횟수는 각 시간대별로 가중치를 부여한 비행횟수를 의미하며 밤 시간대는 3배, 심야 시간대는 10배의 가중치를 부여하여 계산한다. 이는 소음·진동 공정시험기준에 제시되어 있는 1일 단위의 WECPNL을 구하는 식 중 $N = N_2 + 3N_3 + 10(N_1 + N_4)$ 을 근거하여 산정하였다.

3.3 항공기 소음도 보정결과

이동측정지점에서의 운항대수(n, N)를 실제(00:00 ~ 24:00) 측정된 대수만큼을 최소소음도의 평균값으로 대입하여 예측한 값은 Table 2와 같다. 여기서 n은 항공기 측정횟수를 말하며, N은 등가통과횟수로서 WECPNL계산 간이식에 있는 $N = N_2 + 3N_3 + 10(N_1 + N_4)$ 값을 말한다.

J비행장은 이·착륙 시 표준운항절차로 운항하여 일정한 패턴을 가지고 있으나, 활주로 주변에서는 엔진추력조절 및 급격한 고도상승(T&G)혼련을 하여 일정한 소음 패턴을 예측하기 어렵다⁽⁴⁾.

이에 운항패턴이 다양한 점을 고려하여 활주로에서 일정거리(약 2 km 이상)에서 운항하는 군용기의 운항대수(n, N)를 보정함으로써 측정지점에서의 소음도를 예측하였다.

해당시간(13:00 ~ 18:00)에 실측한 운항대수(n, N) 값을 실제 측정된 보정용 예측값(00:00 ~ 24:00)에 운항한 운항대수 값으로 대입한다. 이동측정지점에

Table 1 Flight times according to flight pattern

Time	Flight patterns				Total
	Take off	Landing	Pass	T&G	
N ₁ (00-07)	0	0	0	0	0
N ₂ (07-19)	270	293	16	159	738
N ₃ (19-22)	110	92	0	0	202
N ₄ (22-00)	0	0	0	0	0
Total	380	385	16	159	940

Table 2 WECPNL correction of measured values and predicted results

Type	Fix1		Fix2		Fix3	
	Measured	Predicted	Measured	Predicted	Measured	Predicted
1day	84.4	83.2	68.8	66.7	79.7	77.1
2day	87.6	87.4	71.6	72.1	79.2	78.4
3day	88.4	86.5	71.9	66.4	77.9	74.1
4day	88.6	87.6	70.2	69.0	78.1	76.2
5day	89.2	87.6	70.8	67.5	79.7	75.1
Average	87.6	86.5	70.7	68.3	78.9	76.2
Error	1.2		2.3		2.7	

Table 3 The number of flight calibration status - Fix1 point

Type		1day	2day	3day	4day	5day	Average
Measured (0~24)	n	51	49	46	55	73	54.8
	N	51	49	46	55	73	54.8
Predicted (08~24)	n	117	122	105	111	143	119.6
	N	117	176	163	143	195	158.8
Error	n	66	73	59	56	70	64.8
	N	66	127	117	88	122	104

서의 실측값은 평균 n = 54.8, N = 54.8이나, 08시부터 24시까지 측정된 운항대수 평균값은 n = 119.6, N = 158.8로 차이가 2배 이상 나며, 이동측정시간의 측정값과 실측값의 오차는 n = 64.8, N = 104로 소음도에 큰 영향을 미치는 것으로 사료된다.

이 연구에서 선정된 고정측정지점 3개 지점을 이동측정지점이라고 가정하여 24시간 측정된 운항대수 중 13시부터 18시까지의 데이터를 산출하여 분석한 후 예측한 결과, 해당시간의 측정값과 실측값의 차이는 낮게 산출된 것을 알 수 있다.

이동측정지점의 선정 특성상 운항경로를 중심으로 INM 시뮬레이션 상 소음도 경계에 대한 정확한 판단을 위해 예측해야 하며⁵⁾, 운항대수에 대한 정보는 활주로 및 운항경로에서 가까운 고정측정지점에서 운항대수를 파악할 수 있다.

3.4 측정시간에 따른 보정결과

이동측정지점을 운항하는 군용기의 예측소음도의

Table 4 Measurements and analysis results for aircraft noise(Unit : WECPNL)

Type	Fix1	Fix2	Fix3	Average
24hr measured	87.6	70.7	78.9	79.1
1hr predicted	83.0	64.0	71.1	72.7
2hr predicted	84.2	65.7	73.7	74.5
3hr predicted	86.5	68.3	76.2	77.0
4hr predicted	86.7	69.1	78.0	77.9
5hr predicted	86.8	69.2	77.9	78.0
6hr predicted	87.3	69.7	78.7	78.6

Table 5 Average error and standard deviation for measurement time(Unit : WECPNL)

Measurement time	Average error	Standard deviation
1 hour	6.4	3.2
2 hour	4.6	2.5
3 hour	2.1	1.5
4 hour	1.2	1.1
5 hour	1.1	1.2
6 hour	0.5	0.9

적정한 측정시간을 파악하고자, 측정경과시간을 1 ~ 6시간으로 구분하여 비교·분석하였다.

Table 4는 13시부터 19시 중 임의적으로 1시간동안 10대 이상 지나간 항공기를 기준으로 소음을 측

정한 결과값이다.

Table 5와 같이 운항대수(n , N)로 보정한 각 측정지점에 대한 예측 소음도의 표준편차 평균은 WECPNL 3.2, 오차평균은 WECPNL ± 6.3 으로, 예측된 소음도와 실측치가 ± 3 이상의 범위를 가지므로 1시간동안 임의로 측정한 소음도는 정확한 그 지점의 1일 소음도를 예측할 수 없음을 나타낸다.

2시간 이내로 측정한 소음도에 대한 표준편차 평균은 WECPNL 2.5, 오차평균은 WECPNL ± 4.5 로, 예측된 소음도와 실측치가 ± 3 이상의 범위를 가지고 있어 예측이 어려울 것으로 산출되었으나, 3시간 이상 측정한 소음도에 대한 표준편차 평균은 WECPNL 1.5, 오차평균은 WECPNL ± 2.1 로, 예측된 소음도와 실측치가 ± 3 이내의 범위를 가지고 있어 예측이 가능할 것으로 사료된다.

군용기의 훈련특성상 일정한 패턴과 시간으로 운항하지 않기 때문에 최소 3시간 이상 측정하여야 예측이 가능할 것으로 사료된다.

이 연구에서는 6시간 이상 측정한 소음도에 대한 표준편차는 WECPNL 0.9, 오차평균은 WECPNL ± 0.5 로, 예측된 소음도와 실측치가 ± 1 이내의 범위를 가지며 비교적 정확하게 예측이 가능한 적정시간으로 사료된다.

4. 결 론

항공기 시뮬레이션 프로그램 INM 모델에 적용된 항공기는 표준화⁽⁶⁾되어 비교적 일정한 비행경로, 일정한 엔진추력, 고도를 유지하면서 소음을 발생하는 것으로 소음도가 계산되며, 지속시간과 관련한 요인은 고려되지 않고 있다. 그러나 실측 소음도는 실제 항공기의 이·착륙 소음을 측정한 결과로 항공기의 노후 상태, 조종사의 습관에 대한 영향, 운항 패턴 등이 반영되어 있다.

이 연구에서는 군용기의 이·착륙이나 다양한 훈련에 대한 군용기의 소음도를 예측하는 것이 아닌, 이동측정지점으로 통과하는 군용기의 소음도를 예측하고 최소 측정시간을 분석하여 적정 시간에 따라 측정하고자 한다.

운항대수(n , N)로 보정한 측정지점에 대한 예측 소음도의 표준편차 평균은 WECPNL 1.5, 평균오차 평균은 WECPNL ± 2.1 로 예측된 3시간 측정소음도

가 실측치와의 오차를 ± 3 이내의 범위를 가지면서 운항대수 보정(n , N)에 따른 예측소음도의 오차가 적정한 범위에 있고, 시간적 경제적 대비하여 가장 효율적인 측정시간일 것이라고 사료된다.

이 연구에서는 짧은 측정시간동안 L_{max} 를 평균한 값을 실제 측정한 운항대수로 보정하면⁽⁷⁾, 짧은 시간동안 측정하는 이동측정지점의 소음도가 예측이 가능하므로 시간적, 경제적 비용을 감소시킬 수 있는 것으로 판단되며, 이동측정지점을 통과하는 군용기 소음도를 예측하기 위해서 최소 3~5시간 이상 측정하고, 비교적 정확한 예측을 위해서는 6시간 이상 측정을 하여야 한다.

후 기

이 연구는 2014년도 충북녹색환경지원센터의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다.

References

- (1) Kim, M. J. and Lee, B. C., 2007, A Study on the Reduction of Simulation Errors in the Prediction of Military Aircraft Noise, Transactions of the Korean Society for Noise and Vibration Engineering, Vol. 17, No. 3, pp. 249~256.
- (2) Woo, J. K., Kim, B. S., Koo, M. S., Kang, J. S., and Lee, S. H., 2009, The Application of Land Surface for Air Craft Noise Evaluation, Proceedings of the KSNVE Annual Autumn Conference, pp. 619~620.
- (3) Yu, J. S., 2010, A Study on the Relation between WECPNL and Lden as Domestic Aircraft Noise Assessment Unit-focused on the Gimpo International Airport, Thesis of Master Degree, University of Seoul.
- (4) Kang, S. J., 2013, A Study on the Correlation Among WECPNL-Lden-Leq as Aircraft Noise Assessment Units, Thesis of Master Degree, University of Seoul.
- (5) Kim, M. J. and Lee, B. C., 2005, Study on an Important Variable in the Prediction of Aircraft Noise Using INM, Proceedings of the KSNVE Annual Autumn Conference, pp. 53~56.
- (6) Lee, J. Y., Lee, C. and Kil, H. G., 2008, Analysis of the Noise Effects due to the Variation of

Military Aircraft Flight Patterns of Takeoff and Approach, Proceedings of the KSNVE Annual Spring Conference, pp. 626-629.

(7) Woo, J. H., 2014, A Study on the Effectiveness of the Measurement Points and Correlation of Aircraft Noise Assessment Units, Thesis of Master Degree, Korea National University of Transportation.



Jeong Ha Woo received master's degree from Dept. of environmental engineering at Korea National University of Transportation in 2014. He is currently works in EA Group Corporation. He has interest on the environmental noise and aircraft modeling and mapping.



Byung Chan Lee received B.S. degree from Seoul National University in 1985, M.S. and Ph.D. degrees from KAIST in 1987 and 1996. He worked LG Electronics Lab. Dr. Lee is currently a professor at the department of environmental engineering at Korea National University of Transportation in Chungju, Korea. His research interests are in the areas of environmental noise and vibration.