

INM을 이용한 항공기소음 예측시 주요변수에 관한 연구

Study on an Important Variable in the Prediction of Aircraft Noise Using INM

김 미 진† · 이 병 찬*

Mi-Jin Kim, Byung-Chan Lee

Key Words : INM, Aircraft Noise, WECPNL

ABSTRACT

Aircraft noise is a important problem to inhabitants near airports. INM is one of programs for determining the predicted noise impact in the vicinity of airports. It has been widely using for engineers to evaluate aircraft noise. However it is difficult to predict aircraft noise in case of lack of exact INM input data. The exact informations about a fighter plane are not known well for a security problem. This study presents methods of reducing errors between measurement and simulation when the exact INM input data is not known. Especially we adjusted the thrust force of aircraft engine and reduced the error.

기 호 설 명

DEP: 이륙, APP: 착륙

1. 서 론

항공기소음은 다른 교통소음(도로소음, 철도소음)에 비해 높은 음향출력으로 인하여 소음도가 높고 피해지역이 광범위하며, 음원이 공중을 고속으로 이동하기 때문에 소음대책(방음벽 등)을 수립하기도 쉽지가 않다. 모든 소음대책이 그러하듯이 소음원의 소음도를 정확히 파악하는 것부터 시작해야 하는 데 항공기소음은 복잡한 형태로 얽혀 있기 때문에 아직 전국의 모든 공항과 비행장의 소음도가 파악되어지고 있지 않다.

항공기소음의 소음도를 파악하려면 실측법과 프로그램을 이용한 예측방법이 있다. 먼저 소음도를 실측하는 방법은 정확한 소음도를 측정할 수 있긴 하지만 시간과 노력이 많이 필요하고, 실외에서 작업을 하는 것이기 때문에 날마다 측정을 하는 것이 어렵다. 그래서 자동측정망을 설치하여 항상 측정하는 곳도 있지만 설치비용이 고가여서 모든 지역

에 설치하기에는 예산상 한계가 있다. 또한 측정당일의 날씨와 주변의 상황에 따라 소음도의 오차가 심하게 날 수 있다. 그래서 주로 예측하는 방법을 많이 사용하게 되는 데, 예측기법은 개개의 항공기 종류에 대한 발생소음특성을 조사하여 데이터화 한 후에 이를 바탕으로 특정대상 공항주변의 항공기 소음분포를 도시화하는 것으로 비교적 정확하게 예측한다.

이러한 예측모델의 대표적인 예가 미연방항공국(FAA)에서 개발한 INM(Integrated Noise Model)기법이다.^{1)~6)} 본 연구에서는 군용비행기처럼 보안상이나 기타, 다른 이유로 인해 항공기 소음 예측시 소음예측프로그램의 입력데이터로 들어갈 내용이 정확히 파악되지 않을 경우 측정값과의 오차를 줄이는 방법을 제시하고자 한다.

2. 기본데이터를 이용한 예측

INM은 Version 6.1을 이용하였고 대상공항은 충주공군비행장으로 하였다. 공군비행장의 특성상 INM에 입력하는 데이터는 거의 모든 사항이 군사기밀에 속하므로 참고문헌 7)을 이용하여 가정하는 방식으로 하였다.

2.1 입력사항

(1) 공항정보

공항의 중심좌표와 활주로의 좌표 고도 등은 참고문헌 7)에 나와 있는 주변 마을들의 위경도 좌표를 이용하여

† 충주대학교 환경공학과 대학원
E-mail : mitra@naver.com
Tel : (043)841-5747, Fax : (043) 841-5350

* 충주대학교 환경공학과

가정하였다. 지점의 위치는 활주로에서 가까운 순서대로 번호를 붙였는데, 번호의 앞에 D로 표기한 것은 이륙지점으로서 D1~D5, A로 표기한 것은 착륙지점으로서 A1~A3이다.

(2) 항공기 종류

우리나라의 군비행장에서 주로 비행하는 F-16, F-5기를 택하였다.

(3) 비행경로(track)

비행경로는 이·착륙 경로만 표기하였고, 항공기가 주로 이용하는 것으로 보이는 이·착륙 경로를 각각 한 트랙만 표기하였다.

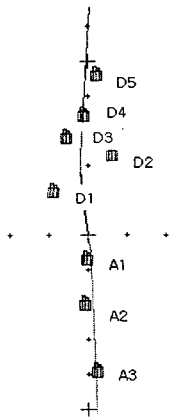


Fig. 1 이착륙 경로(track)

(4) 비행횟수

입력값은 D4와 A1지점의 3일간의 비행횟수를 기초로 하여 입력하였다.

(5) 예측소음도 결과

Table 1의 결과에서 볼 수 있듯이 정확한 입력값을 알지 못한 채 모델링을 한 결과 실측치와 예측치의 차이가 약 1~12 WECPNL 정도의 오차를 보이는 것을 알 수 있다.

Table 1 예측소음도 결과 (단위:WECPNL)

Point	Measurement noise level ³⁾	F-16 simulation	F5 simulation	(F16+F5) simulation
D1	79	77.0(-2)	80.1(+1.1)	78.0(-1)
D2	83	78.5(-4.5)	74.1(-8.9)	77.8(-5.2)
D3	88	84.3(-3.7)	82.4(-5.6)	83.9(-4.1)
D4	89	85.5(-3.5)	90.9(+1)	87.1(-1.9)
D5	82	80.1(-1.9)	82.1(+0.1)	80.7(-1.3)
A1	92	75.2(-16.8)	83.8(-8.2)	79.9(-12.1)
A2	78	68.3(-9.7)	76.7(-1.3)	72.9(-5.1)
A3	80	72.9(-7.1)	77.9(-2.1)	75.2(-4.8)

또한 이륙보다는 착륙지점의 오차범위가 큰 것을 알 수 있다. Fig. 2의 등고선은 (F16+F5) simulation의 결과이다. F5의 단독비행인 경우가 소음도가 가장 크긴 하지만 비행장에서 한 가지 기종만으로 운행을 하는 경우는 거의 없기 때문에 총주비행장에서 운행하는 실질적인 데이터를 기초로 하였다.

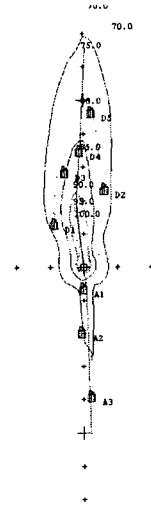


Fig. 2 예측소음 결과 등고선

3. 예측 결과 보정

항공기 소음을 결정짓는 입력데이터는 여러 가지가 있을 수 있겠으나 본 연구에서는 항공기소음의 원인이 되는 여러 가지 요소 중 가장 소음의 피해가 크다고 판단되는 이착륙 과정(profile)중의 소음을 우선 보정대상으로 정하였다. 앞서서 항공기별로 예측소음도의 결과에서 F-16과 F5의 소음도 중 F5의 소음도는 충분히 크다고 판단되어 보정하는 것은 F-16만을 대상으로 하였다.

3.1 고도에 따른 예측 소음도의 변화

주민들이 민원을 제기할 때에 소음도를 줄이기 위한 방안으로 가장 많이 개진하는 의견이 비행횟수 규제, 비행고도 조정 등이다.⁸⁾ 군은 그 특성상 수송보다는 훈련이라는 성격을 지니고 있으므로 고도가 민항과 비교하여 낮다고 볼 수 있다.

(1) 고도보정

Table 2는 3가지의 case로 나누어서 고도를 조절한 것이다. 항공기의 최소한의 안전고도라는 것이 있으므로 최대한 프로파일의 기본에서 많이 벗어나지 않는 범위와 측정자의 눈으로 확인할 수 있었던 범위 안에서 조절을 하였다.

Table 2 고도조정 케이스(case) (단위: m)

step	F-16							
	DEP				APP			
	INM	1	2	3	INM	1	2	3
1	0	0	0	0	3048.0	3048	3048	3048
2	0	0	0	0	1524.0	1524	1524	1524
3	30.5	30.5	25.5	30.5	457.2	762	457.2	457.2
4	152.4	145.0	130	100	457.2	609	457.2	400
5	1524.0	1524.0	1500	1000	457.2	228.6	228.6	200
6	2438.4	2438.4	2438.4	2438.4	95.1	85	75	60
7	4572.0	4572.0	4572.0	4572.0	15.2	15.2	15.2	15.2
8					0	0	0	0
9					0	0	0	0

(2) 고도보정 결과

지점별 보정결과를 보면 case 3을 제외하고는 많은 변화가 없음을 알 수 있고, 오히려 D1지점의 경우 소음도 오차가 점점 더 벌어짐을 알 수 있다.

Table 3 고도조정 결과 소음도 (단위:WECPNL)

point	measurement noise level	case 1	case 2	case 3
D1	79	77.9(-1.1)	77.7(-1.3)	77.1(-1.9)
D2	83	77.8(-5.2)	77.8(-5.2)	77.5(-5.5)
D3	88	83.9(-4.1)	84.0(-4.0)	85.1(-2.9)
D4	89	87.1(-1.9)	87.3(-1.7)	90.4(+1.4)
D5	82	80.7(-1.3)	80.8(-1.2)	83.6(+1.6)
A1	92	79.9(-12.1)	79.9(-12.1)	79.8(-12.2)
A2	78	73.2(-4.8)	73.2(-4.9)	73.2(-4.9)
A3	80	74.3(-5.7)	75.2(-4.8)	78.4(-1.6)

많은 변화를 보인 case3의 경우, 그 지점에 해당하는 step의 고도를 약 50m정도 낮게 조정해주었다. 하지만 D4 지점의 소음도가 크게 오른 반면에 D1 지점의 소음도는 더 떨어진 것을 볼 수 있는데, 이는 profile step과 point의 거리가 일치하지 않는 것에서 원인을 찾을 수 있다. 이를 해결하는 방안은 새로운 profile step을 만드는 것을 생각해볼 수 있는데, 그 step에 입력되는 데이터역시 정확한 값을 알 수 없으므로 어려울 것이라 예상된다.

3.2 추력 보정에 따른 예측소음도의 변화

INM 입력사항 중 고도나 운항횟수 등은 눈으로 대략 확인할 수 있으나, 항공기 엔진의 추력은 비행당사자의 정보 제공이 없으면 확인할 방법이 없으므로 가정에 의존할 수밖에 없다. 본 연구에서 고도 다음으로 가정한 주요변수는 항공기소음이 발생하는 데 가장 큰 원인을 제공한다고 볼 수 있는 추력이다.

(1) 추력보정

추력보정은 5가지의 case로 나누어서 수행하였고, 고도와는 별개의 case로 프로그램을 진행시켰다.

Table 4 추력조정 케이스(case) (단위: lb)

step	case 1		case 2		case 3		case 4		case 5	
	DEP	APP	DEP	APP	DEP	APP	DEP	APP	DEP	APP
1	95	83	95	85	98	87	98	90	98	92
2	95	78	95	80	98	82	98	80	98	87
3	95	83	95	85	98	87	98	85	97	88
4	95	83	95	85	98	87	95.5	85	97	87
5	95	80	95	82	98	84	95.5	82	96	85
6	90	78	90	80	93	82	95.5	82	93	85
7	90	78	90	80	93	82	90	82	93	85
8		78		80		82		82		85
9		78		80		82		82		85

(2) 추력보정 결과

추력의 경우 고도와는 조금 다른 양상을 보이고 있는데 추력값을 다르게 주어지는 만큼 소음도가 민감하게 반응하고 있음을 알 수 있다. 또한 많은 차이가 났었던 착륙지점의 경우에도 Fig. 3을 보면 Fig. 2와 비교하여 볼 때 소음등고선의 범위가 넓어진 것을 확인해 볼 수 있다.

Table 5 추력조정 결과 소음도 (단위:WECPNL)

point	case 1	case 2	case 3	case 4	case 5
D1	78.0(-1)	78.0(-1)	79.2(+0.2)	78.2(-0.8)	78.8(-0.2)
D2	77.8(-5.2)	77.8(-5.2)	79.9(-3.1)	77.8(-5.2)	79.0(-4)
D3	83.9(-4.1)	83.9(-4.1)	85.3(-2.7)	83.9(-4.1)	84.7(-3.3)
D4	87.1(-1.9)	87.1(-1.9)	88.1(-0.9)	87.1(-1.9)	87.6(-1.4)
D5	80.7(-1.3)	80.7(-1.3)	82.1(+0.1)	80.7(-1.3)	81.2(-0.8)
A1	81.0(-11)	82.3(-9.7)	84.0(-8)	84.0(-8)	87.2(-4.8)
A2	74.2(-3.8)	75.7(-2.3)	77.7(-0.3)	76.5(-1.5)	79.7(+1.7)
A3	77.4(-2.6)	79.5(-0.5)	81.9(+1.9)	79.5(-0.5)	82.1(+2.1)

① 추력 case 1의 소음도 분석

앞서 기본 데이터를 이용한 예측소음도에서 착륙소음도가 이륙소음도보다 차이가 많이 났었기 때문에 착륙추력만 각 단계별로 동일하게 3 lb를 올려주었다. 그 결과 이륙지점의 소음도에는 변화가 없었고, 착륙 지점에서 약 1~5 WECPNL 정도의 차이를 보였다.

② 추력 case 2의 소음도 분석

case 2에서도 착륙소음이 실속소음도와 많은 차이를 보였으므로 case 2에서도 case 1과 마찬가지로 착륙추력에만 각 단계별로 동일하게 5 lb를 올려주었다. 그 결과 실속소음도와 예측소음도의 차이가 줄어들었음을 알 수 있었고, case 1보다 약 1.5 WECPNL정도 상승하였다.

③ 추력 case 3의 소음도 분석

case 3에서는 이·착륙 추력에 모두 변화를 주었는데 이륙추력은 약 3 lb를 올려주었고, 착륙추력은 7 lb를 올

려주었다. 소음의 범위가 조금 넓어져서 이륙 구간의 소음도가 실측소음도보다 높게 나온 지점이 있었다. 착륙 추력의 경우 착륙 지점에서 가장 먼 A3지점이 실측 소음도를 초과하였는데 이는 비행기의 항로(track)가 A3의 바로 위를 통과하기 때문인 것으로 해석된다.

④ 추력 case 4의 소음도 분석

case 3에서 보여졌던 실측소음도를 초과하는 지점을 보정하기 위하여 프로파일의 각 단계별로 추력을 조금씩 조정하였다. 착륙지점의 소음도는 1,2 단계에서의 추력을 2 lb정도만 올려서 분석하였다. 그 결과 대부분의 지역이 실측소음도보다 낮게 예측되었다.

⑤ 추력 case 5의 소음도 분석

지금까지의 모든 case를 토대로 이·착륙 추력에 모두 변화를 주되, 각 단계별의 거리를 보아가며 조금씩 추력에 변화를 주었다. 그 결과 각 case 중 실측소음도와 가장 가까운 예측소음도가 나왔고, 착륙지역의 두 지점이 실측 소음도를 웃돌았다. case 5에서의 모든 지역의 예측소음도는 실측소음도와 비교하여 볼 때 오차범위가 ± 5 WECPNL이내였다. 선진연구자들의 연구 결과에 의하면 INM상의 예측소음도의 오차범위가 ± 5 WECPNL이내이면 신뢰할 만한 연구결과라 볼 수 있다고 한다.⁶⁾

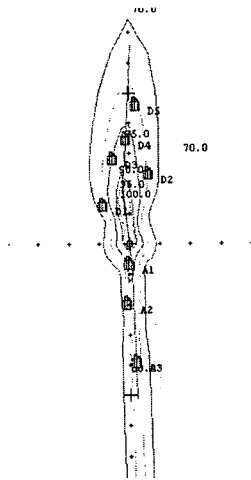


Fig. 3 추력 조정 case 5의 소음등고선

4. 결 론

INM에서 제시되어 있는 기본적인 데이터만을 가지고 예측을 한 경우에는 실측소음도와 예측소음도가 많은 차이가 난다. 실측치와 예측치의 오차를 줄이기 위한 보정을 하기 위해 이착륙 운항절차상의 입력데이터들 중 고도와 추력을 변수로 가정하였다. 고도를 변수로 취한 결과 항공기소음도에 큰 영향을 미치지 못하여 만족할 만한 결과를 얻지 못했고, 추력을 변수로 취한 결과 추력이 변하는 만큼 소음도가 민감하게 변하는 것을 알 수 있었다. 하지만 INM이라는 프로그램 상에서 항공기소음을 예측하는 데 필요로 하는 인자는 항공기의 기종과 그 기종에 따른 추력, 또는 운항형태도 이착륙뿐만이 아니기 때문에 반드시 추력이 가장 큰 영향을 미치는 요인이라고는 단정 짓기 어렵다. 때문에 앞으로 항공기 소음에 영향을 미칠만한 다른 요인들에 대해서 지속적인 연구가 필요하리라 본다.

참 고 문 헌

- (1) FAA, 1999, "INM 6.0 USER'S GUIDE"
- (2) "제주국제공항 항공기 평가용역보고서", 2002, 한국공항공사 제주지사.
- (3) 강대준, 1999, "울산 공항 주변 항공기 소음", 춘계학술발표회 논문집, 한국소음진동공학회, pp. 604~609.
- (4) 강대준, 2000, "항공기 소음 예측", 창립 10주년 기념 논문집, 한국소음진동공학회, pp. 110~116.
- (5) 임문혁 등, 2004, "항공기 소음 실측자료를 이용한 소음모델(INM)보정과 활용에 관한 연구", 춘계학술발표회 논문집, 대한환경공학회, pp. 724~725.
- (6) 서울대학교 환경소음진동연구센터, 2001, "군용비행장 주변 소음평가 연구 보고서", 국방부.
- (7) 이병찬 등, 2004, "충주 공군비행장 주변지역 주민들의 소음피해 의식 조사", 추계학술연구발표회, 대한환경공학회, pp. 616~620.
- (8) 신태명, 2003, "충주 공군 비행장 주변지역의 소음 영향 조사 연구", 충북지역환경기술개발센터.