

ORIGINAL ARTICLE

제주국제공항에서의 항공기 소음 예측에 관한 고찰

이준호 · 이기호^{1)*}

한국공항공사 부산지역본부, ¹⁾제주대학교 환경공학과

A Study on the Prediction of Aircraft Noise Level at Jeju International Airport

Jun-Ho Lee, Ki-Ho Lee^{1)*}

Kimhae International Airport Office, Korea Airport Corporation, Busan 618-702, Korea

¹⁾Department of Environmental Engineering, Jeju National University, Jeju 690-756, Korea

Abstract

This study is carried out to propose an empirical equation which can promptly predict the aircraft noise level at a specific point (a receptor) near Jeju international airport by using the information of the flight path data. For this purpose, Analyses of multiple linear regression with the slant distances (SD) calculated from the gate analyses of the flight path data, aircraft noise certification levels with unit of EPNL(effective perceived noise level) and noise levels measured at receptors are performed by SPSS package. From these regression analyses for approach and departure of aircraft, we can propose empirical equations which is statistically significant. The noise levels predicted by these empirical equations are highly correlated the measured data.

Key words : Jeju international airport, Multiple regression, Aircraft noise level

1. 서론

공항주변지역에 거주하는 주민들의 대부분은 통과하는 항공기에서 전달되어오는 항공기 소음 때문에 일상생활에 피해를 받고 있어 항공기 소음에 대하여 예민한 반응을 보이게 된다. 항공기 소음이 들리면 실제 크기와는 상관없이 높은 소리가 전달되어 오는 것으로 판단하고 공항에 소음피해를 호소한다.

민원인은 본인이 거주하는 지역 인근에서 측정된 항공기 소음 자료를 제시하더라도 대부분은 본인의 집에서 직접 측정해 줄 것을 요구하고 있으며 민원인

의 가옥에서 항공기 소음을 측정하더라도 항공기 소음의 특성상 공항 운영시간 동안 최소 7일 이상 항공기 소음을 연속적으로 측정해야 하는 시간적인 어려움이 있다(MOE, 2010). 그리고 민원인이 원하는 시간과 기간 동안에 항공기 소음을 측정해도 민원인이 생각했던 결과가 아니라고 판단되면 재측정을 요구하거나 결과를 수용하지 않으려는 경우가 많아 현실적으로 소음측정과 관련된 민원을 해소에 많은 어려움이 존재한다. 특히 주민이 민원을 제기한 시기의 항공기는 이미 상공을 통과하여 공항에 도착했거나 통과했기 때문에 재현하여 측정할 수도 없는 실정이다. 현

Received 19 August, 2013; Revised 27 November, 2013;
Accepted 5 December, 2013

*Corresponding author : Ki-Ho Lee, Department of Environmental Engineering, Jeju National University, Jeju 690-756, Korea
Phone: +82-64-754-3445
E-mail: leekih@Jeju.ac.kr

© The Korean Environmental Sciences Society. All rights reserved.
© This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

재 공항 주변에서 고정식 측정기로 항공기 소음을 측정하고 있어 고정측정기 인근지역은 어느 정도 소음도 값을 유추할 수 있으나 고정식 측정기가 설치되지 않은 지역에서는 소음을 측정하지 않고 신뢰성 있는 소음도 수치를 민원인에게 제시할 방법은 없다.

모든 소음은 기본적으로 거리에 따라 소음도가 감소되며 점음원 또는 선음원 거리 감쇠 공식으로 소음도 감소 정도를 설명할 수 있다. 현재 우리나라에서의 항공기 소음을 측정하는 방법은 이륙과 착륙하는 항공기가 상공을 통과하면서 수신되는 1초마다의 소음 중에서 최고 소음도를 기록한 순간의 데이터를 사용하므로 점음원에 가깝지만 선음원의 성격도 있다. 항공기 소음은 일반적인 소음과 비교해서 발생원과 수음원사이의 거리가 일반적인 소음보다 상당히 이격되어 있고, 이륙과 착륙의 엔진추력의 차이는 10배 이상까지도 사용하므로 엔진추력에 따라 소음의 크기가 결정된다(FAA, 2007). 항공기가 수음자 상공을 통과하면서 발생시킨 소음은 반사되고 중첩되면서 수음점에 전달되는데 항공기와 수음점 사이의 대기의 온도, 바람방향과 세기에 따른 굴절 등의 영향 때문에 상대적으로 근거리에서 적용되는 소음감쇠 공식으로 설명하기에는 불충분하다. 다시 말해 항공기에서 수음점까

지의 거리가 2배가 되면 6 dB(A)이 감소되는 점음원의 거리 감쇠 공식으로는 항공기 소음의 거리감쇠를 설명하는 것은 적합하지 않은 것으로 조사되었다(KAC, 2005).

이번 연구에서는 항공기 소음을 측정하지 않더라도 제주국제공항 주변에서 주민이 항공기 소음 피해를 호소하는 경우 민원인이 거주하는 지면을 확인하여 그 위치에 대해서 신뢰성 있는 산출된 기종별 항공기 소음도를 민원인에게 제시하는데 있다. 이에 본 연구는 공항주변 소음피해지역내 특정 지점에 대한 항공기 이착륙 소음도를 추정할 수 있는 경험식을 제시하고자 하였다. 특히 본 연구에서는 WECPNL(weighted equivalent continuous perceived noise level)의 차이가 dB(A)의 차이이므로(Lee, 2006a; Lee, 2010), 타 선행연구(CENVR, 2001)에서 ± 5 WECPNL 이내이면 신뢰할 만하다는 선행연구결과를 토대로 ± 5 dB(A) 미만의 신뢰성 있는 소음도 자료를 제시할 수 있는 예측 경험식을 얻고자 하였다.

2. 연구 방법

2.1. 연구 대상 지역

본 연구에서 사용된 항공기 소음 측정자료는 기본적으로 제주국제공항에서 이루어진 것이다. Fig. 1에

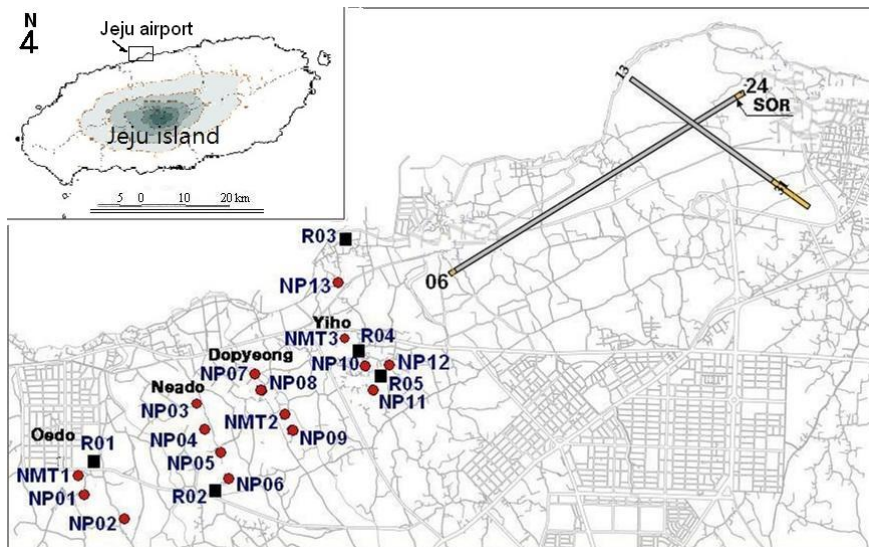


Fig. 1. Measurement sites of aircraft noise around Jeju international airport (NMT: stationary monitoring site, NP: temporary monitoring site, R: reference site).

서 보는 바와 같이 제주국제공항은 제주도의 북측 해안변에 위치하는데, 행정구역상으로는 제주시 용담2동에 위치하며, 동경 126°28', 북위 33°29'에 걸쳐 자리 잡고 있으며, 북쪽으로 제주 해안과 서쪽으로 외도천과 동쪽으로 한천 등 각 수계와 남쪽으로 신제주 및 저산성 구릉지에 자연취락이 형성되어 있다.

제주국제공항은 동서방향과 남북방향의 활주로가 교차하고 있다. 동서방향의 활주로(06-24 방향 활주로)는 길이 3,000 m, 폭 45 m로 동쪽은 60° 방향, 서쪽은 240° 방향으로 위치하고 있고, 남북방향의 활주로(13-31 방향 활주로)는 길이 1,910 m, 폭 45 m로 포장되어 있으나 이 활주로의 활용도는 아주 낮은 편이므로 본 연구에서는 이 활주로에 대한 항공기 운항은 고려하지 않았다.

2.2. 항공기 소음측정 자료

2.2.1. 측정기기

항공기 소음을 측정함에 있어서는 한국산업규격인 KSC 1505규격에 의한 Type 1 정밀 소음측정기(EMU

1200, Lochard)를 사용하였고, 소음계의 동특성은 slow mode, 주파수 보정은 A 특성으로 측정하였으며, 측정 시 바람으로 인해 발생하는 외부 소음을 피하기 위해 방풍스크린을 사용하였다. 본 연구에서 항공기 소음은 환경오염공정시험기준에 적합하게 측정하였다(MOE, 2010).

2.2.2. 측정 지점 및 시기

제주국제공항 주변에서의 항공기 소음 측정지점의 위치에 관해서는 Fig. 1에 나타냈으며, 본 연구에서 선정하한 각 측정점에 관한 자세한 사항은 Table 1에 제시하였다.

제주국제공항 주변에는 항공기 소음을 장시간에 걸쳐 연속적으로 자동으로 측정하는 전체 6곳의 고정 측정점 중에서 24 방향으로 설치된 세 곳의 자료를 이용하였는데, 이들 위치는 Fig. 1에 NMT로 표기되어 있다. 그림에서 보듯이 06 방향 활주로의 연장선은 바다 위이므로 본 연구에서는 이 방향으로의 항공기 이착륙에 대해서는 고려하지 않았다. 그리고 제주국제

Table 1. Location of measurement sites of aircraft noise at Jeju International Airport

| | | Distance (m) | | | Measurement period |
|------------------|------|---------------|-------------------------|----------------|--------------------|
| | | height, amsl* | the sides of centerline | route from SOR | |
| Stationary sites | NMT1 | 39 | 170 | 6,880 | annual |
| | NMT2 | 33 | -212 | 5,078 | annual |
| | NMT3 | 26 | 8 | 4,178 | annual |
| Temporary sites | NP01 | 50 | 42 | 6,987 | '04.11.23~11.27 |
| | NP02 | 55 | -294 | 6,770 | '04.11.23~11.27 |
| | NP03 | 15 | 206 | 5,642 | '04.11.18~11.22 |
| | NP04 | 26 | 8 | 5,702 | '04.11.18~11.22 |
| | NP05 | 31 | -275 | 5,815 | '04.11.18~11.22 |
| | NP06 | 38 | -496 | 5,754 | '04.11.18~11.22 |
| | NP07 | 22 | 145 | 5,067 | '04.11.28~12.02 |
| | NP08 | 27 | -20 | 5,116 | '04.11.28~12.02 |
| | NP09 | 38 | -310 | 5,058 | '04.11.28~12.02 |
| | NP10 | 38 | -303 | 4,153 | '04.11.23~11.27 |
| | NP11 | 41 | -451 | 4,193 | '04.11.23~11.27 |
| | NP12 | 31 | -399 | 3,968 | '04.11.18~11.22 |
| | NP13 | 8 | 486 | 3,916 | '04.11.18~11.22 |

* amsl means above mean sea level

공항을 왕래하는 항공기의 이착륙 소음도를 추정하기 위한 경험식을 유도할 목적으로 고정 측정점 이외의 지점에서 항공기 소음을 추가로 측정하였는데 이 경우에는 활주로 중심선에 대해서 가능한 좌우 직각 방향으로 측정점이 배열되도록 했으며, 이들 임시 측정점은 Fig. 1에 NP로 표시하였다.

Table 1에서 활주로의 이륙대기지점(start of roll, SOR)에서 24 방향 활주로의 진행 방향으로의 거리를 항로거리(route from SOR)라고 하며, 만일 이 거리가 음의 값이면 SOR 지점에서 24 방향 활주로 진행 방향과 반대되는 방향의 거리를 의미하게 된다. 그리고 좌우 거리는 항로 중심선에서 측정 지점까지의 최단 거리를 말하는데 + 는 24 방향 활주로 진행방향의 우측으로의 거리이고, - 는 24 방향 활주로 진행방향의 좌측으로의 거리를 의미한다.

Table 1에서 보는 바와 같이 제주국제공항의 고정 측정점에서 얻어진 자료는 2004년 한 해 동안 측정된 자료를 사용하였으며, 본 연구에서 추가한 측정점에서는 2004년 11월 18일에서 12월 2일 사이에 각 측정점에서 5 일간씩 측정을 실시하였다. 그리고 Fig. 1에는 R로 표기된 5곳의 측정점 (R01~R05)이 있는데, 이는 실제 민원이 제기되어 2004년 12월 12일~12월 31일, 그리고 2005년에 2월 17일~3월 22일, 4월 3일~6월 12일, 8월 31일~9월 29일에 현장에서 직접 소음 측정이 실시되었던 곳으로, 이 소음측정자료를 본 연구의 항공기 이착륙 소음도 예측 경험식의 검증에 활용하였다.

2.3. 항적자료 분석

2.3.1. 항공기의 이착륙 패턴 및 위치

공항주변 지역에서 항공기 소음을 직접 측정하지 않고 항공기 이착륙 소음도를 예상할 수 있는 경험식을 제시하기 위해서는 우선 항공기가 통과하는 위치를 정확하게 파악하여야 한다. 이를 위해서 본 연구에서는 제주국제공항에서 항공기를 관제하는 레이더의 정보를 활용하였다.

Fig. 2에서 항공기의 통과지점을 보면 활주로에서의 거리가 멀어질수록 고도와 좌우 편차가 발생하고, 통상 착륙에 비하여 이륙과정에서는 편차가 크게 발생한다. 착륙하는 항공기는 강하속도를 유지하면서

지정된 지점에 착지하므로 활주로 중심선과 거의 일치하는 코스를 통과한다. 하지만 이륙하는 항공기는 안전한 이륙속도가 확보되어야만 활주로에서 상승하므로 활주로에서 이탈하는 지점이 일정하지 않다.

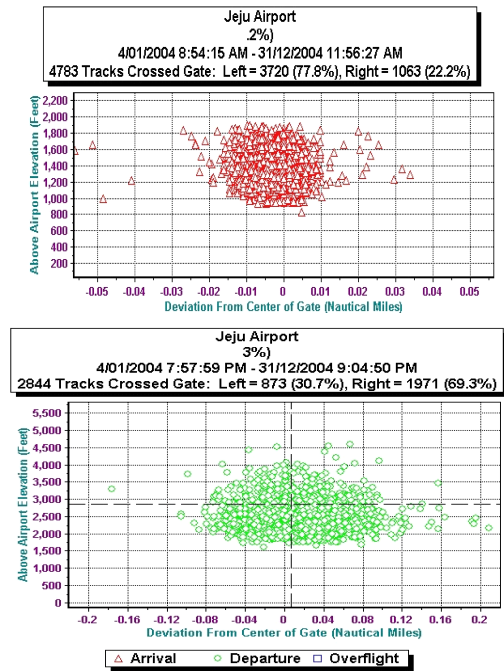


Fig. 2. The flight profile of aircraft during approach (top) and departure (bottom) near airport.

Fig. 3은 항공기가 이륙할 때의 이동경로를 개략적으로 나타낸 그림이며, 착륙의 경우에는 항공기가 진입하는 각도는 다르겠지만 이와 유사한 형태로 표현될 수 있다. 그림에서 이륙하는 항공기가 통과하는 gate를 통과할 때 고도(Y)는 해발고도를 기준으로 환산했으며 좌우 편차(W)는 활주로 중심선의 연장선을 기준으로 활주로를 등진 방향에서 좌측 방향은 -, 우측 방향은 +로 표시하였다.

2.3.2. SD(slant distance) 산출

항공기는 활주로에서 이륙하면 고도 상승도 있지만 측풍에 의한 좌우 편차가 발생한다. 비행하는 항공기와 측정지점 사이의 직선거리는 Fig. 3과 같이 활주로 중심선에서 좌우 편차(W)와 고도(Y)에 따라 달라

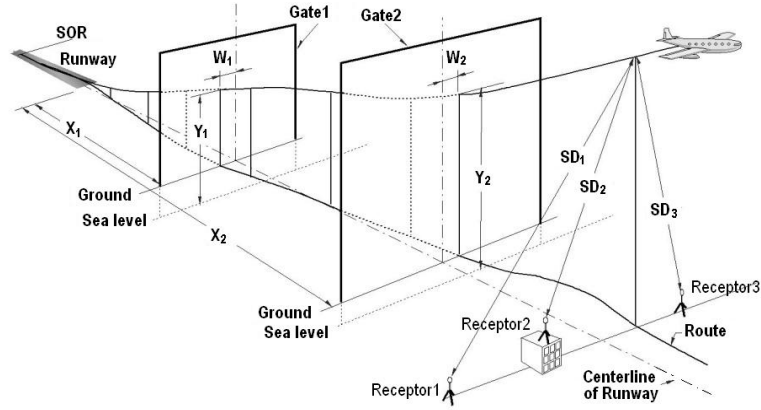


Fig. 3. The chase of the flight path of aircraft near airport.

진다. 항공기는 이륙 후 고도상승을 하면서 활주로 중심선에서 좌우의 편차만큼 이동하여 비행하게 되므로, SD는 활주로 중심선의 연장선으로부터의 거리로 표현할 수 없다. 따라서 Fig. 3에서처럼 활주로에서 측정지점까지의 거리 X에 따른 해당 항공기종의 통과고도 Y와 좌우 편차 W를 산출한 후 항공기 통과지점과 수음점인 측정지점과의 거리를 계산하였다.

본 연구에서는 제주국제공항에서 X, Y 그리고 W 사이의 관계를 파악하기 위해 2004년 1년간 제공된 레이더 정보 (항적자료) 를 바탕으로 항공기 위치 분석 (gate 분석)을 실시하였다. 이 분석에서 제주국제공항을 운항하는 항공기의 80% 이상을 차지하는 여섯 기종 (A306, A321, A333, B734, B738, B739)을 대상으로 하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 이착륙 항공기의 위치(좌표)

Fig. 4에는 이륙과 착륙에 대해서 활주로 끝단에서부터의 거리에 대한 항공기의 비행고도의 변화를 나타낸 것이다. 그림에서 보면 제주국제공항에서 이륙하는 항공기는 평균적으로 활주로에서 1 km를 이동하면 400 m보다 높은 고도를 통과하여 활주로에서 4 km를 지나면 750 m 이상의 고도로 상승함을 알 수 있다. 착륙하는 항공기는 거의 직선으로 착륙하고 있으며 활주로 끝단 도착 1 km 전에는 고도 100 m 미만으로 진입하고 있음을 알 수 있다.

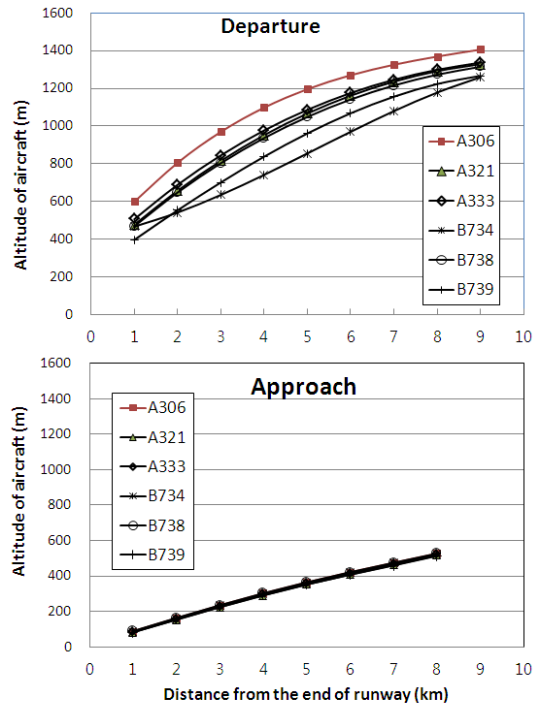


Fig. 4. The calculated altitude of aircraft according to the distance from the end of runway.

Fig. 5는 Fig. 4과 같은 위치에서 활주로 중심선 위치로부터 항공기가 통과하는 지점의 좌우 거리를 표현한 것이다. 착륙하는 항공기는 활주로 연장선과 거의 일치하게 나란히 진입하는데 비해 이륙하는 항공

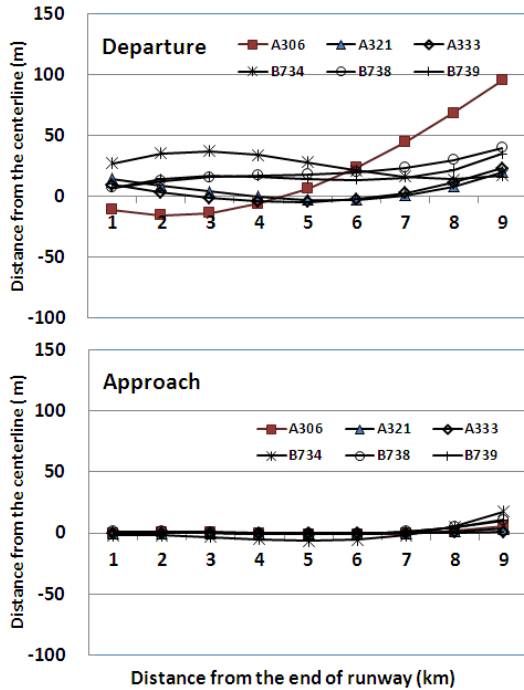


Fig. 5. The distance from the centerline according to the distance from the end of runway.

기는 활주로에서 멀어질수록 좌우 편차가 발생하는데 4 km 부근에서 평균적으로 40 m 정도 범위 내에서 통과하고 있었다. 기종에 대해서 보면 A306과 B734 기

종이 타 기종에 비해 상대적으로 좌우 분산이 크게 나타남을 볼 수 있다. 착륙하는 항공기는 이륙에 비해서 좌우 분산정도가 아주 좁은 범위로 진입한다는 것을 알 수 있다.

3.2. 항공기 이착륙 소음도

Table 2는 항공기 소음자동측정지점 (고정 측정점)에서 측정된 소음도 (L_{max})의 연간 평균값 (연평균 소음도)와 본 연구 기간 동안에 측정된 소음도의 평균값 (일시적 소음도)을 비교하여 나타낸 것이다. 연평균 소음도가 해당 측정지점의 소음도를 대표한다고 볼 수도 있지만 일정 기간 동안에 측정된 소음도 자료만으로도 그 지점의 소음도를 평가해야 하는 경우도 있다. 따라서 고정 측정점에서 일정 기간 동안 측정된 L_{max} dB(A) 값의 평균인 일시적 소음도와 그 지점의 연평균 소음도를 비교함으로써 일시적 소음도를 해당 지점의 대표 소음도로 활용 가능한 지를 확인하였다. Table 2에서 보는 바와 같이 연평균 소음도와 일시적 소음도의 차이는 아주 적지만 유의한 차이가 있다고 판단하여 세 곳의 고정 측정점에서 나타난 연평균 소음도와 일시적 소음도의 차이를 평균한 값으로써 이동 소음 측정기로 측정된 지점(임시 측정점)의 소음도를 보정을 해 주고 이를 임시 측정점의 대표적인 항공기 소음도라고 간주하였다.

Table 3에는 임시 측정점에서의 일시적 소음도의

Table 2. Comparison of annual averaged L_{max} and temporary-term averaged L_{max}

| Classification | Measurement site | Type of aircraft | | | | | | |
|----------------|------------------|-------------------|------|------|------|------|------|------|
| | | A306 | A321 | A333 | B734 | B738 | B739 | |
| Departure | NMT1 | Annual average | 77.9 | 75.5 | 78.5 | 78.9 | 75.2 | 76.2 |
| | | Temporary average | 77.6 | 75.0 | 79.4 | 79.1 | 75.8 | 76.3 |
| | NMT2 | Annual average | 81.8 | 78.8 | 83.6 | 81.0 | 79.9 | 80.8 |
| | | Temporary average | 81.6 | 78.2 | 84.2 | 80.0 | 80.6 | 80.1 |
| | NMT3 | Annual average | 86.6 | 85.2 | 88.3 | 85.2 | 84.6 | 86.4 |
| | | Temporary average | 86.8 | 85.3 | 88.4 | 85.4 | 85.7 | 87.2 |
| Approach | NMT1 | Annual average | 81.6 | 77.0 | 79.5 | 81.3 | 79.4 | 80.3 |
| | | Temporary average | 81.6 | 77.4 | 79.5 | 81.8 | 80.2 | 80.9 |
| | NMT2 | Annual average | 81.1 | 75.5 | 79.4 | 80.2 | 77.8 | 79.0 |
| | | Temporary average | 81.7 | 75.8 | 79.4 | 80.6 | 78.2 | 79.2 |
| | NMT3 | Annual average | 94.5 | 89.0 | 91.3 | 91.5 | 90.4 | 90.9 |
| | | Temporary average | 93.7 | 89.3 | 91.1 | 91.2 | 89.8 | 90.8 |

Table 3. Maximum and minimum noise data during temporary-term measurement

| | point | Departure, L_{max} , dB(A) | | | | | | point | Approach, L_{max} , dB(A) | | | | | |
|---------|-------|------------------------------|------|------|------|------|------|-------|-----------------------------|------|------|------|------|------|
| | | A306 | A321 | A333 | B734 | B738 | B739 | | A306 | A321 | A333 | B734 | B738 | B739 |
| Max (A) | NP10 | 85.5 | 82.5 | 86.4 | 83.6 | 81.4 | 83.4 | NP08 | 90.7 | 83.3 | 86.9 | 86.2 | 84.8 | 85.8 |
| Min (B) | NP02 | 79.1 | 75.4 | 77.8 | 78.6 | 73.9 | 76.5 | NP11 | 72.6 | 68.6 | 71.7 | 71.6 | 70.0 | 70.7 |
| A-B | | 6.4 | 7.1 | 8.6 | 5.0 | 7.5 | 6.9 | | 18.1 | 14.7 | 15.2 | 14.6 | 14.8 | 15.1 |

최고값과 최저값을 비교한 것이다. 표에서 보면 6종의 항공기들에 대해서 이륙 시에는 NP10 지점에서 최대 소음도를 나타냈고 최저 소음도는 NP02에서 나타났다. 그리고 착륙 시에는 NP08에서 최대를 보이고 최저는 NP11에서 나타났다. 최대와 최소 소음도간의 차이를 보면 이륙 시에는 5.0~8.6 dB(A) 정도였고 착륙 시에는 14.6~18.1 dB(A) 정도였다. 이처럼 착륙 시에는 거리별 소음도에 비교적 큰 차이를 보이지만 이륙 시에는 거리별 소음도에서 큰 차이를 보이지 않았다. 항공기가 공항 활주로에 접근하는 과정에서 측풍의 영향이나 양력손실로 이동된 고도와 좌우 폭을 수정하기 위해 엔진출력을 사용하여야 하므로, 착륙시

에는 상대적으로 SD가 가깝기 때문에 약간의 엔진출력 상승으로도 소음도 변화는 크게 나타날 수도 있다 (Lee, 2006b; Lee, 2007).

Fig. 6에는 항공기 이륙대기지점으로부터 5.1 km와 5.7 km 이격된 거리에서 활주로 중심선의 좌우 직각 방향으로 위치하고 있는 임시 측정점들에서 측정된 소음도를 이륙 시와 착륙 시로 구분하여 나타냈다. 그림에서 항공기가 착륙하는 경우를 보면 활주로 중심선상으로부터 좌우로 멀어짐에 따라 소음도가 감소하는 경향이 뚜렷함을 볼 수 있다, 반면 이륙하고 있는 경우에는 좌우 거리에 따른 소음의 감쇠가 뚜렷하게 나타나지 않음을 볼 수 있다. 통상 거리가 멀어지면 소

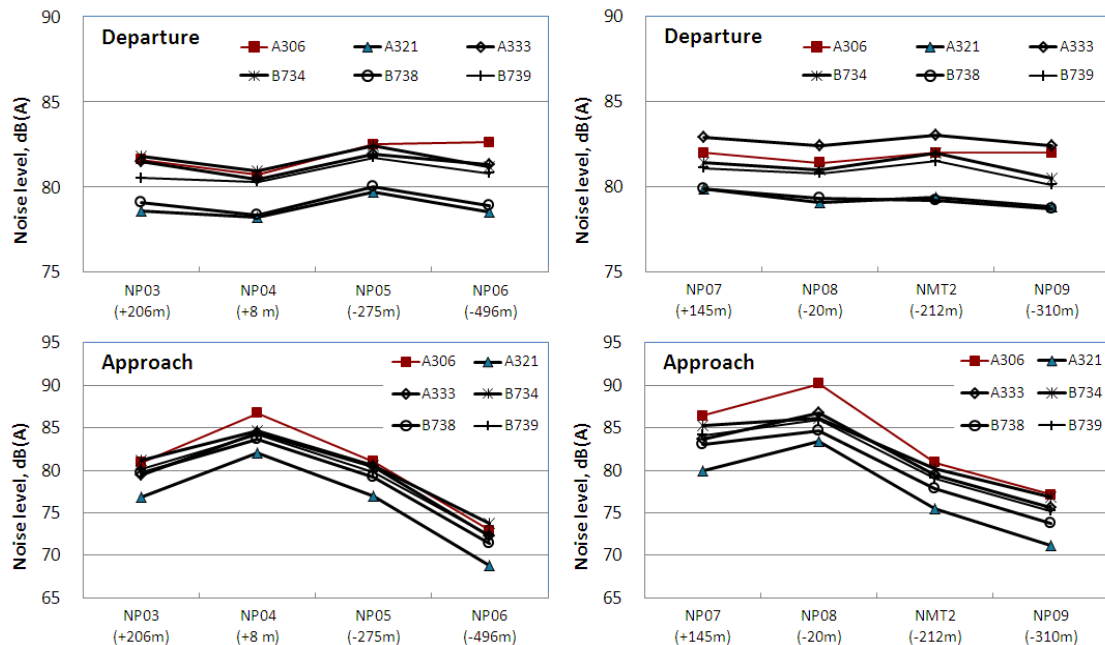


Fig. 6. Noise level at each site located on the line perpendicular to runway centerline at 5.1 km (left) and 5.7 km (right) from SOR.

음도는 감소되어야 하지만 항공기가 이륙할 때는 각 측정점에서 좌우거리에 따라 일정한 패턴으로 소음이 감소되지 않았다. 이는 이륙 시에는 항공기의 고도를 재빠르게 높이기 때문에 각 측정점에서의 SD에 있어서 차이가 아주 적어 거리감쇠 효과가 제대로 반영되어 나타나지 않지만 착륙하는 항공기는 고도가 낮기 때문에 각 측정점에서의 SD 차이로 인한 거리감쇠 효과가 비교적 뚜렷하기 때문으로 생각된다.

3.3. 항공기 이착륙 소음도 예측을 위한 경험식

3.3.1. 기종별 소음도 예측 경험식

각각의 항공기가 이륙 및 착륙하는 사이에 각 측정지점에서 측정된 소음도와 각 측정지점에서의 SD와의 관계를 분석하여 그 결과를 Table 4에 정리했다. Table 4에서 제주국제공항을 운항하는 항공기의 80% 이상을 차지하는 6개 항공기 기종에 대한 회귀분석 결과를 보면 R² 값이 몇몇 기종을 제외하면 항공기가 착륙하는 경우가 이륙하는 경우에 비해 대체로 큰 값을 나타냄을 알 수 있다. 이는 항공기와의 거리와 엔진추력의 크기에 의한 소음도의 관계가 기종별로 일정하지 않기 때문으로 판단된다. 그리고 B734기종의 경우 이륙시의 R² 값이 특히 낮게 나타났는데, 이는 이 기종의 항공기는 이륙 상승각이 다른 항공기에 비해 낮기 때문에 항로거리에 대한 SD의 분포 범위가 다른 기종들에 비해 좁아서 분석 자료가 아주 제한된 범위 내에만 집중되어 있기 때문으로 판단된다.

제주국제공항에서 측정된 항공기 소음도와 그에 따른 항적자료를 활용하여 도출한 항공기별 이착륙

소음도 예측 경험식을 실제 항공기 운항 상황에 대해서 적용해 보고자 했다. 이를 위해서 제주국제공항 인근 5개 지점 (R01 ~R05) 에서 실측한 소음자료 그리고 그때의 항적자료를 파악하였다. Table 4에서 제시한 각 기종별 이착륙 소음 예측 경험식에 의해 기종별 예상 소음도를 산출하고 이를 실제 측정소음도와의 차이를 살펴보았다 (Fig. 7). Fig. 7에서 보면 전체적으로 이륙 시에는 -3.4 ~+2.8 dB(A), 착륙 시에는 -1.5 ~ 4.3 dB(A) 정도 범위 내에서 차이를 보였다. 모델링과

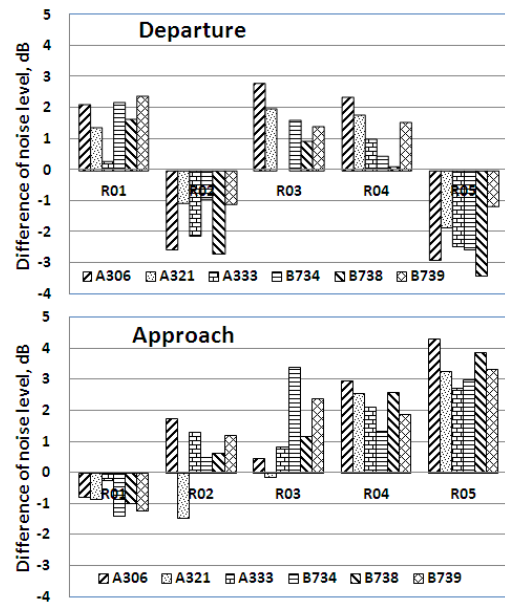


Fig. 7. The difference between predicted noise level and measured noise level.

Table 4. The results of regression analysis with noise level(y) and slant distance(x)

| Type of aircraft | Departure | | Approach | |
|------------------|----------------|-------------------------|----------------|-------------------------|
| | R ² | equation | R ² | equation |
| A306 | 0.7971 | y=-12.842 ln(x) +168.85 | 0.8678 | y=-12.353 ln(x) +151.15 |
| A321 | 0.8558 | y=-11.826 ln(x) +157.1 | 0.8575 | y=-10.483 ln(x) +134.91 |
| A333 | 0.9209 | y=-15.719 ln(x) +185.76 | 0.8718 | y=-10.263 ln(x) +137.2 |
| B734 | 0.5513 | y=-9.171 ln(x) +140.3 | 0.8466 | y=-10.078 ln(x) +136.83 |
| B738 | 0.8234 | y=-11.927 ln(x) +156.55 | 0.8585 | y=-10.838 ln(x) +139.42 |
| B739 | 0.9209 | y=-12.372 ln(x) +159.71 | 0.8564 | y=-10.179 ln(x) +136.22 |

씬 큰 것으로 나타났다. 이 F값은 회귀모형에 의해서 설명되는 변량과 설명되지 못하는 변량의 비를 말하므로 이 값이 이론적인 F분포에서 임계값보다 크다면 회귀모형이 적합하다고 판단할 수 있는데(Ko와 Kim, 1992), 본 연구에서 이 F 값이 이륙과 착륙에 대해서 각각 105.29과 294.06이고 유의도가 0.000으로써 회귀식은 통계적으로도 유의한 식이라 할 수 있다. 즉 설명력이 좋은 식이라고 할 수 있다. 그리고 Table 6에서 보듯이 각 독립변수의 유의성을 판단하기 위해서 t 값을 산출하였는데, 이 값은 클수록 유의성이 높아지는데 이륙과 착륙에 있어서 SD와 ANL은 모두 유의성이 있는 것으로 나타났다. 그리고 Table 6에서 beta 계수의 값은 독립변수들마다 단위가 다를 때 단위를 표준화한 회귀계수를 도출하여서 독립변수들의 상대적 중요도를 나타내는데 (Ko와 Kim, 1992; Chae와 Kim, 1988), 본 연구에서 이륙의 경우에 SD도 중요하지만 음원의 소음도도 중요한 것으로 나타났다. 착륙인 경우에는 ANL보다는 SD가 상대적으로 더욱 중요한 것으로 나타났다.

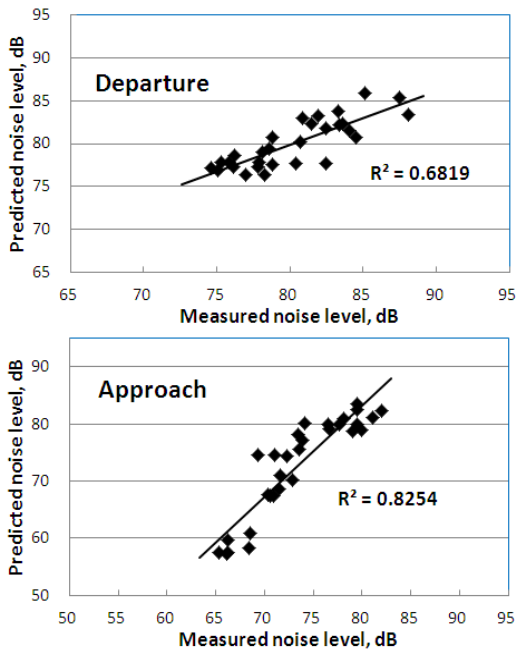


Fig. 8. Comparison of noise levels predicted by empirical equations and measured at sites.

이 경험식을 실제 민원을 해결하기 위해 실측한 지점들 (R01~R05)에 대해서 적용해 본 결과는 Fig. 8에 나타났다. 그림에서 경험식에 의해 예측된 소음도와 실측소음도 간의 상관성을 보면 이륙시에는 R^2 이 0.6819, 착륙시에는 0.8254로 아주 높은 상관성을 나타냄을 확인하였다.

항공기의 이착륙시 소음도를 예상하기 위해 회귀분석을 실시하여 얻어진 이 경험식이 물론 제주국제공항을 운항한 항공기의 운항정보와 환경여건에 국한되어 제시된 결과이지만 활주로의 형태와 길이, 이착륙 항공기종 그리고 항공기의 하중 및 기후조건 등이 어느 정도 유사한 공항에서는 큰 무리없이 적용이 가능할 것으로 판단된다.

4. 결론

본 연구에서는 항공기의 이착륙에 따른 공항 주변의 특정 지점에서의 소음 수준을 신속하게 파악하고자 항공기 운항 정보를 활용하여 이미 지나간 항공기 운항 상황을 재현하고 그 당시 소음도를 신속하게 예측할 수 있는 경험식을 제시하고자 했다.

항공기의 이륙과 착륙을 구분하고, 항적자료의 gate 분석을 실시하여 수음점 (측정점)과 항공기 사이의 직선거리 (SD)를 우선적으로 산출하였으며, 이를 각 항공기의 인가소음도 (ANL)와 함께 수음점에서의 실측소음도에 대해 회귀분석을 실시하여 항공기 이착륙 소음도를 예측할 수 있는 경험식을 제안하였다.

실제 민원이 제기된 경우에 대해서 본 경험식으로 예측한 소음도와 측정된 소음도 사이의 상관성(R^2)을 보면 이륙시에는 0.6819, 착륙시에는 0.8254로 매우 높은 상관성을 나타냈다.

이 경험식이 제주국제공항에서의 운항정보와 환경여건에 맞춰 제시된 결과이지만 단일 활주로를 사용하면서 운항하는 항공기종이 유사한 국내 공항에서도 적용이 가능할 것으로 기대한다. 그렇지만 여기서 제시된 경험식은 비교적 단기간의 자료에 의존하였으므로 오차를 내재하고 있을 것이며, 또한 이 경험식의 일반화 과정에서도 보다 광범위한 정량적인 분석을 통한 검증이 더 필요하다는 한계는 있을 것으로 판단된다.

감사의 글

이 논문은 2013학년도 제주대학교 학술진흥연구비 지원사업에 의하여 연구되었습니다.

참 고 문 헌

- CENVR (Center for Environmental Noise & Vibration Research), 2001, A study on noise assessment around military airport, The Defence Ministry.
- Chae, S. I., Kim, B. J., 1988, Statistical analysis by using SPSS/PC+, Bummunsa, Seoul, Korea.
- FAA, 2007, INM 6.0 User's Guide.
- KAC (Korea Airport Corporation), 2005, Assessment of Aircraft noise at Jeju International Airport. Jeju-do.
- Ko, H. H., Kim, B. S., 1992, Methods for data analyses by using SPSS/PC+, Sungwonsa, Seoul, Korea.
- Lee, J. H., 2006a, Proposal for indoor housing standard in areas by affected the aircraft noise, J. Civil Aviation Promotion, 41(2), 128~160.
- Lee, J. H., 2006b, A study on the evaluation metric of a civil aircraft noise, 2006, Transactions of the Korean Society for Noise and Vibration Engineering, 16(5), 503-513.
- Lee, J. H., 2007, Common knowledges 100 about aircraft, Jeju International Airport Office, Korea Airport Corporation. 158-159.
- Lee, J. H., 2010, Comparative Study on the aircraft noise measurement index, J. Civil Aviation Promotion, 55, 104-121.
- MOE (Ministry of Environment), 2010, Measurement method of aircraft noise heard on the ground for management standards, Korean standard method for measuring noise and vibration, <http://www.law.go.kr>.
- SPSS, 1993, Base system user's guide, release 6.0, SPSS Inc.