

Original Article

<https://doi.org/10.12985/ksaa.2023.31.1.037>
ISSN 1225-9705(print) ISSN 2466-1791(online)

비행조건에 따른 항공기 성능을 반영한 소음기준 분석방법 연구 - A330-300 항공기와 김포국제공항을 중심으로 -

이명식*, 장성우**, 이준호***

A Study on the Analysis Method of Noise Standard Reflecting Aircraft Performance according to Flight Condition - Focusing on A330-300 at Gimpo International Airport -

Myeongsik Lee*, Sungwoo Jang**, Jun ho Lee***

ABSTRACT

In an effort to reduce aircraft noise, noise abatement areas are designated and notified, and noise abatement procedures are implemented. However, residents in noise abatement areas are increasingly complaining about the increase in noise, and airlines are exceeding the criteria for noise. In this study, A330-300 airplane set flight conditions that are predicted to generate the most noise when taking off 32 runway at Gimpo International Airport, and predicted the noise as the NPD curve of the INM and AEDT programs. As a result of the analysis, it was considered that the noise at a specific point would generate higher noise than the noise criteria. Therefore, to avoid exceeding aircraft noise criteria at a particular point, supplementing the departure procedures by reflecting aircraft performance under flight conditions would reduce complaints from both airlines and local residents.

Key Words : Aircraft Noise(항공기 소음), INM(통합소음모델), AEDT(항공환경디자인틀), Aircraft Performance(항공기 성능), Gimpo International Airport(김포국제공항)

I. 서 론

항공기 소음은 항공기 운항에 의하여 결정된다. 소음원과의 거리를 이격시키면 수음점에서의 소음이 감소되는 원리를 이용하여 한국에서는 저소음운항절차를 정하였고, 항공기 소음대책지역도 지정하여 고시하고

있다. 그러나 저소음운항절차 기준 소음도를 초과한 항공사의 이의신청 발생되고 있고 항공기 소음피해지역 주민들은 항공기 소음이 지속적으로 증가한다는 민원이 발생되고 있다(이준호, 2022).

이번 연구에서는 항공기의 비행 조건이 최대한 불리한 상태에서 발생하는 소음을 조사하여 항공기 소음이 증가하지 않는 방안을 강구하고자 한다.

II. 연구 방법

김포국제공항의 특정지점에서 소음이 가장 크게 발생될 것으로 예상되는 운항조건으로 통과하는 고도에

Received: 16. Jan. 2023, Revised: 30. Jan. 2023,

Accepted: 01. Mar. 2023

* 한국항공대학교 항공교통물류학과 박사과정

** 아시아나 항공 운항기술팀 이학박사

*** 한국공항공사 공학박사(항공기 소음)

연락처자 E-mail : 00ping1004@gmail.com

연락처자 주소 : 서울특별시 강서구 과해동 274

Table 1. A330-300 aircraft general information

Maximum takeoff weight	235t		
Number of seats	272-290(variable)		
Noise certificate	Class 6		
EPNL(dB) : PW4168A	AFM	Lateral	98.8
		Approach	98.3
		Fly over	92.5
	ICAO	Lateral	101.0
		Approach	104.3
		Fly over	98.0

출처: Airbus, 항공기술정보시스템, Ministry of Land, Infrastructure and Transport.



Fig. 1. A330-300 Asiana Airline

서 예측되는 통과 소음도를 항공기 소음예측 프로그램인 INM¹⁾과 AEDT²⁾의 NPD(Noise Power Distance) 곡선으로 추정하여 분석하고자 한다.

연구의 범위는 2021년 1월부터 2022년 6월까지 김포국제공항 저소음절차 관련 소음기준 초과항공기 중 가장 많이 발생한 A330-300 항공기로 하였고, 이륙 운항비율이 많은 활주로 32방향으로 이륙하는 경우로 한정하였다. A330-300 항공기의 개략적인 정보는 Table 1, Fig. 1과 같다. 항공기 통과고도는 항공사에게 사용하는 Fly Smart+ Manager 앱을 사용하였다.

2.1 항공기 소음

이번 연구에서는 김포공항의 항공기 소음피해지역으로 지정고시된 김포시 방향의 75WECPNL 지점을 조사지점으로 정하였다. 이 지점은 Fig. 2와 같이 32R 활주로(3,600m)의 시단 지점에서부터 거리는 6.72NM이고, 32L 활주로(3,200m) 시단으로부터는 6.47NM 떨

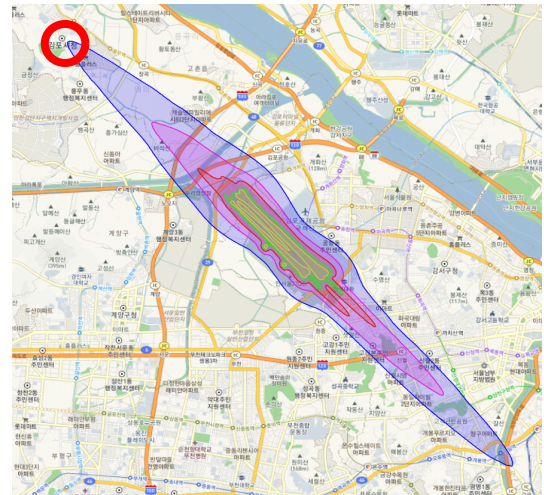


Fig. 2. Gimpo International Airport noise map

어져 있고 김포시 종합운동장 부근으로 신규 아파트가 밀집한 사우동 지역이다.

동 지점은 한국항공공사에서 시행한 김포공항 항공기 소음평가 용역 보고서의 측정지점(N-5, 김포시 돌문로 15번길 45)과 유사하고 N-5 지점의 항공기 소음 측정 결과는 Table 2와 같다. Table 2에 의하여 1일 평균 최고소음도(\bar{L}_{max} dB(A))와 WECPNL의 차이는 약 2 dB(A) 정도이고 동 지점은 제5차 공항개발 중장기 계획에 의한 일 평균운항회수를 적용하여 항공기

Table 2. Aircraft noise at Gimpo City

date	N^* ($N_1+3N_2+10(N_3+N_4)$)	WECPNL	\bar{L}_{max} dB(A)
09/17	335	67.3	69.0
09/18	338	68.7	70.4
09/19	328	67.9	69.7
09/20	301	69.2	71.4
09/21	303	68.3	70.5
09/22	302	68.5	70.7
09/23	264	68.5	71.3

* $N(N_1+3N_2+10(N_3+N_4))$ 은 일일간 항공기의 등가통과횟수(운항시간대 가중치 반영 통과횟수).

출처: 한국항공공사 소음평가용역보고서, 2016.

1) Integrated Noise Model (FAA) version 7.0.

2) Aviation Environmental Design Tool (FAA) version 3e.

Table 3. The number of annual aircraft operation at Gimpo International Airport

Year	Aircraft operation
2017	145,507
2018	141,080
2019	140,422
2020	113,580
2021	138,855

출처: 국토교통부 Ubikais.

소음대책지역 경계선인 75WECPNL 지점으로 지정고시되었다.

항공기 소음대책지역으로 지정고시된 75WECPNL 지점의 소음도를 유지하기 위해서 발생하는 1일 평균 최고소음도는 위의 산출방식에 의하여 운항회수를 대입하면 산출할 수 있다. Table 3과 같이 최근 5년간(2017년부터 2021년) 연간 운항회수 기준 중 코로나로 운항회수가 감소한 2020년을 제외하면 76.0~76.54 dB(A) 값으로 계산되므로 75WECPNL값을 유지하게 위해서는 약 평균 77dB(A)정도의 소음이 발생되어야 할 것이다.

2.2 항공기 성능분석 입력자료

A330-300 항공기의 성능 분석을 위해 Airbus사에서 A330 항공기를 운영하는 항공사에게 사용하는 Fly Smart+ Manager 앱을 사용하였다. 이 앱에서는 항공기 성능에 영향을 미치는 다양한 조건을 설정하여 항공기 성능을 계산할 수 있다. 상승성능을 검토하기 위한 조건은 Table 4와 같다.

항공기 상승성능과 관련하여 영향을 끼치는 것은 외기온도(outside air temperature), 바람(wind), 중량(weight), 상승추력 설정(climb thrust), 외장 설정(configuration), 에어컨(air conditioner) 사용 유무, 방빙장치(anti ice)의 사용 유무 등이다.

외기온도는 온도가 높을수록 상승성능에 불리하다. 본 연구에서 사용한 31℃는 공항표준온도에 가장 근접한 값으로, 공항표준온도란 5년간 연중 가장 더운 달(8월)의 일일 최고기온의 평균으로 김포국제공항의 공항표준온도는 30.8℃이다.

바람의 경우 정풍(headwind)를 받을수록 항공기의 상승성능이 좋아지고 역풍일 경우 활주로 방향이 바뀌

Table 4. Flight condition

Outside air temperature	30.8 (≒31℃)
Wind	0knot
Atmospheric pressure	1,013 hpa
Runway condition	Dry
Weight	235 t /205 t
Climb thrust	CT/Derated Climb1/Derated Climb2
Takeoff thrust	OPT THRUST(STD)
Configuration	OPT CONF(STD)
Air conditioner	ON
Anti ice	OFF
Runway	32R/32L
SID	RNAV NOPIK 1T, OSPOT 1T, BULTI 1T

출처: Fly Smart+ Manager App, Airbus.

므로 무풍 조건으로 정하였다.

이륙중량은 무거울수록 항공기의 상승성능이 감소한다. A330 항공기의 최대이륙중량(MTOW: Maximum Takeoff Weight)은 235t이며, 다중 최대이륙중량(MMTOW: Multiple Maximum Takeoff Weight)은 205t이다. 다중 최대이륙중량은 운항거리가 짧을 경우 공항이용료 등을 절감하기 위해 항공사에서 실제 적용하는 최대이륙중량이다.

엔진 추력이 높을수록 상승 성능은 증가하며 상승추력은 3가지를 사용한다. CT(Climb thrust, 최대상승추력), Derated Thrust1(최대 상승추력의 90%), Derated Thrust2(최대 상승추력의 85%)이다.

더 많은 추력을 사용할수록 상승률이 좋아지나, 엔진수명은 감소하므로 항공사에서는 상승성능이 법적으로 조건을 충족할 경우, 더 낮은 추력 사용을 선호한다.

항공기 외장 설정의 경우 표준으로 설정하였다. 에어컨이나 방빙장치의 사용은 항공기의 상승 성능에 부정적인 영향을 끼치나 에어컨의 경우 여객편의를 위해서 여름철에는 항상 사용하므로 ON으로 설정하였으며, 방빙장치는 여름철이라 사용 가능성이 적어 OFF로 설정하였다.

이 중 이륙 중량과 상승추력을 Table 4의 조건으로 설정한 결과 평균 상승률은 Table 5와 같이 예상된다.

Table 5. Climb gradient for various weights, thrust settings and runways

Weight	Climb thrust	Climb gradient for runway 32R/32L (%)	
MTOW (235t)	CT	6.4	6.3
	DERATED THRUST1	5.5	5.4
	DERATED THRUST2	4.9	4.9
MMTOW (205t)	CT	8	7.9
	DERATED THRUST1	6.9	6.9
	DERATED THRUST2	6.4	6.3

출처: Fly Smart+ Manager App, Airbus.

Table 6. Gimpo International Airport standard instrument departure procedure, general information

General Information

- 6.5% climb is required until reaching FL170 for ATC purpose.
 - 1-1. Minimum 4.1% CG is required until 1,000ft for OBST ① avoidance.
- If unable to comply with flight restrictions or RNAV 1, advise ATC for alternative.

출처: AIP AD RKSS SID.

김포국제공항의 표준이륙절차인 RNAV NOPIK 1T, OSPOT 1T, BULTI 1T는 Table 6과 같이 관제목적에 따라 조종사에게 17,000ft까지 평균 6.5%의 상승률을 요구하는 비행제한이 있다. 비행 제한을 지키지 못할 시 조종사는 관제사에게 해당 내용을 조연해야 한다. 본 논문에서는 비행제한에 따라 MMTOW(205t)에서 Derated Thrust 1 및 CT일 때만 상승성능을 충족하므로 이 중 CT에 비하여 상승률이 낮아서 수음점과의 거리가 가까운 Derated Thrust 1으로 연구를 진행하였다.

2.3 항공기 상승고도 분석

이러한 조건 하에서 항공기의 예상 상승성능은 Fig. 3, 4와 같다. 32L 활주로 이륙시 수평거리가 6.47NM 지점에 도달시 상승 고도는 약 3200FT이며 ± 100 FT로 예상되며, 32R 활주로 이륙시 수평거리 6.72NM

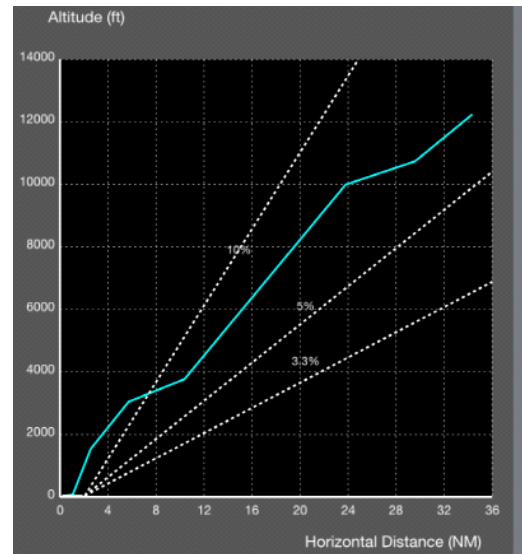


Fig. 3. Altitude-horizontal distance climb performance graph -Gimpo International Airport (RWY 32L)

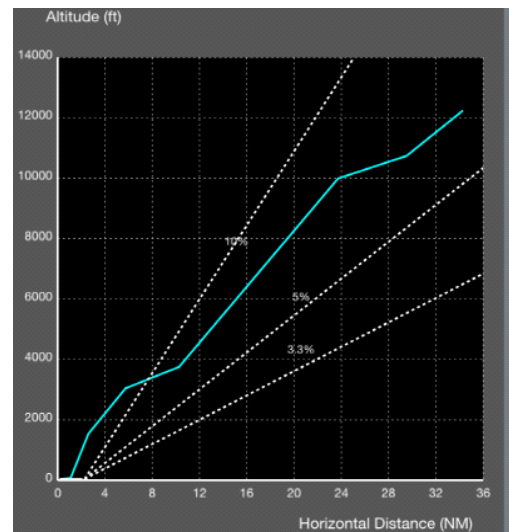


Fig. 4. Altitude-horizontal distance climb performance graph -Gimpo International Airport (RWY 32R)

지점에 도달시 상승 고도는 약 3200FT에서 ± 100 FT로 예상된다. 김포국제공항의 경우 소음저감 정책 및 저소음 이륙절차인 Table 7과 같이 NADP1을 적용한다(김영록 외, 2018). Fig. 3, 4에서와 같이 1500ft, 3000ft까지는 고도가 급격하게 상승하며, 그 이후 가속 과정을 거친다.

Table 7. NADP 1 at Gimpo Internation Airport

-
1. Noise Abatement Departure Procedure One (NADP ONE)
- Thrust reduction at 1,000ft or 1,500ft above aerodrome elevation recommended.
-

출처: AIP AD RKSS TEXT.

2.4 항공기 소음분석

A330-300 항공기의 경우 엔진 옵션은 3가지가 있다. 첫 번째로 General Electric 사의 CF6-80E1의 첫 번째로 추력은 68,000lbs이며 두 번째는 Pratt & Whitney 사의 PW4168로 추력은 68,000lbs이다. 세 번째로 Rolls-Royce 사의 TRENT 772-60 엔진으로 추력은 72,000lbs이다. Airbus사에서 제공하는 항공기 특성, 공항 및 정비계획(A330: AIRCRAFT CHARACTERISTICS AIRPORT AND MAINTENANCE PLANNING)에서는 3개 엔진 비교시, 유상하중(payload) 및 항속거리(range)에서 차이가 크게 나타나지 않으며 모두 상용화되어 운항 중에 있다.

본 연구에서는 INM, AEDT의 NPD 곡선을 적용하기 위해 General Electric 사의 CF6-80E1을 적용하였다. INM, AEDT는 FAA에서 소음평가를 위한 공식적인 표준도구(standard tool)로써 INM은 1978년부터 2015년까지 사용하였으며 2015년 이후에는 AEDT를 공식적으로 사용하고 있다. CF6-80E1 엔진의 최대 추력은 68,000lbs이나, 본 연구에서 적용하는 Derated Thrust 1은 엔진 수명증가를 위해 최대추력의 90%까지 적용하기 때문에 최대 추력의 10% 감소값인 61,200lbs이며 NPD(Noise Power Distance) 곡선에서 적용은 가장 근접한 값인 62,000lbs를 사용하였다.

이 때 예상되는 항공기의 소음은 INM과 AEDT에서 CF6-80E1 엔진중 62,000lbs의 NPD곡선을 수식화($y = -12.68 \ln(x) + 180 (R^2 = 0.99)$)하여 예측된 해당 통과 고도 $3,200\text{ft} \pm 100$ 를 대입하였더니 $77.7 \pm 0.4\text{dB(A)}$ 로 환산할 수 있다.

Table 4의 조건을 선행연구와 비교하면 풍속, 풍향, 대기압, 온도, 습도의 변화에 의하여 실제 착륙소음은 $-1.1 \sim +0.36\text{dB(A)}$, 이륙소음은 $-2.1 \sim +1.8\text{dB(A)}$ 의 차이가 예상되고(이준호, 2011), 항공기 소음모델링을 고려할 때 온도, 습도의 영향으로 최대 $\pm 4\text{dB(A)}$ 까지 변동될 수 있음이 조사되었다(Kenneth, 2006).

III. 결 론

A330기종을 악조건의 상태의 운항조건 대로 비행하였을 것을 예상하여 프로그램으로 조사해본 결과 75WECPNL 지점에서 예측된 77dB(A)보다 약간 높은 소음도 $77.7 \pm 0.4\text{dB(A)}$ 가 예상되었다.

악조건은 평균적인 상황의 자료를 사용하였기 때문에 평균보다 편차가 발생하는 운항과 기상상황에서는 예측된 소음도 보다 높은 소음이 발생되어 해당지점의 소음기준을 초과하는 결과가 예상된다.

따라서 검토된 운항조건보다 상승성능이 확보되지 않으면 항공기 소음은 증가될 것이고 조건은 다음과 같다.

- 1) 해당 조건보다 이륙중량의 증가
- 2) 해당 조건보다 상승추력의 감소
- 3) 김포공항 표준온도보다 더 높은 외기온도
- 4) 조종사의 표준이륙절차(SID) 미이행
- 5) 상승률 6.5% 이하의 비행 승인으로 인한 이륙
- 6) 항공기의 활주로 중간 이륙

위와 같은 운항조건에서도 비행(운항)횟수가 증가할수록 평균 소음도는 증가되고 운항조건이 불리할수록 평균소음도와 저소음운항절차 위반이 증가될 것이다. 또한 항로의 특정지점에 위치한 곳에서 측정되는 소음도를 낮추기 위해서는 각 기종별 운항조건을 비교하여 엔진추력과 통과고도를 분석하고 거리에 따른 소음도를 기준으로 정해야 한다. 정해진 운항조건 중 소음도를 더 낮출 수 있는 방안이 있는지 고려 조건을 추가적으로 검토하여야 할 것이다.

- 1) 여름철 외기온도가 높지 않은 시간을 활용
- 2) 상승성능의 확보(중량감소 및 상승추력 증가)
- 3) 불필요한 활주로 중간 이륙 자제
- 4) 현재 저소음운항절차에 의한 고소음기준 설정 방식을 운항 기종의 성능 검토방식으로 재검토

공항과 주변지역 주민들이 함께 공생하기 위해서는 이번 연구에서 검토한 바와 같이 소음도를 줄일 수 있는 방안을 검토하고 기 수립된 출발절차를 소음도를 연계하여 수정할 필요가 있다.

항공기 소음을 감소시킬 수 있는 검토 방향을 제시하였으므로 정부 당국에서는 항공기 소음을 감소시킬 수 있는 제대로 된 효과 분석을 시행하여 지역주민들이 신뢰할 수 있는 소음감소 정책을 제시하여야 할 것이다.

References

1. Lee, J. H., "A study on the airport activate using aircraft noise limiting system", Transactions of the Korean Society for Noise and Vibration Engineering, 32(3), 2022, pp.66-67.
2. Song G. H., "A Study on the Establishment Plan to Improve the Noise Burden Imposition System", Korea Transport Institute, 2016, pp.66-67.
3. Korea Airport Corporate, "Aircraft Noise Automatic Monitoring System Monthly Report", 2021.01-2022.06.
4. Korea Airport Corporate, "Gimpo International Airport Noise Assessment Service Report", 2016, pp.37-187.
5. Kim, Y. R, Lim J, H, Choi, Y. C, Song, K. H., and Shin, H. W., "Comparison of noise reduction policy in medium-sized airports", Journal of the Korean Society for Aviation and Aeronautics, 26(4), 2018, pp.155-163.
6. Lee, J. H., "The study on fluctuation of aircraft noise level by external factors", Korea Aviation Association Aviation Promotion, 57, 2011, pp.21-40.
7. Kenneth, J. P., "Analysis of Acoustic Modeling and Sound Propagation in the Aircraft Noise Prediction", NASA, 2006, pp.3-14~4-1.
8. Airbus, "Aircraft Characteristics Airport and Maintenance Planning", 2005, pp. 7-9(3-2-1 paragraph).