

〈논 문〉

항적자료를 이용한 공항소음 피해예측

Prediction of Airport Noise Based on Flight Path Data

민 지 훈* · 김 정 태** · 손 정 곤***

Ji-Hoon Min, Jeung-Tae Kim and Jeung-Gon Son

(2000년 2월 24일 접수 ; 2000년 9월 25일 심사완료)

Key Words : Aircraft Noise(항공기소음), WECPNL(Weighted Equivalent Continuous Perceived Noise Level), INM(Integrated Noise Model), Flight Path Data(항적자료), Thrust Cutback Climb(추력제어 이륙 방식)

ABSTRACT

Aircraft noise in the vicinity of Kimpo international airport has damaged to large number of people who live in communities. This paper investigates noise exposed area due to aircraft flight based on prediction modeling program INM and flight path data. Especially effect on route for aircraft has been considered. It also examines noise impact for various flight modes, such as a thrust cutback climb method.

1. 서 론

항공산업은 현대문명의 발달에 기여하고 인간의 활동영역을 넓히는데 중추적인 역할을 담당하고 있다. 그러나 이러한 항공산업의 발전이 인간의 삶의 질을 높이는데 기여를 한 긍정적인 측면이 있는 반면, 항공기 소음과 같은 환경오염을 야기시키는 부정적인 측면도 갖고 있다. 특히 50년대부터 등장하기 시작한 상업용 제트 항공기는 심각한 소음피해를 일으켜 이에 대한 대책을 강구할 필요성이 제기되었다. 이에 따라 북미, 유럽, 일본 등에서는 60년대부터 적극적인 소음피해대책사업을 실시해 오고 있다.

우리나라에서 항공기 소음피해가 사회적인 문제로 본격적으로 대두되기 시작한 시기는 1987년으로 올림픽 특수와 그 이후의 해외여행 자유화 조치로 인해 항공기 운항 횟수의 증가가 주요 원인이었다. 더욱이 김포국제공항을 비롯하여 국내의 모든 공항들은 항공기 운항 횟수의 증가와 운항하는 항공기의 대형화 추세로 항공기에 의한 소음 피해

는 증가하고 있다. 따라서 공항주변의 항공기 소음피해는 심각한 수준이기 때문에 김포공항 주변의 민가에 거주하는 지역 주민들의 집단 민원이거세게 일고 있다.

하지만 우리나라의 경우 국내 모든 공항에 대해 항공기 소음에 대한 체계적이고 일관된 정책이 부족하고 소음피해 지역에 대한 보상이나 실태 파악도 미미한 실정이다.^(1~3)

본 연구에서는 항공기소음 예측 프로그램을 이용한 모델링을 통해 김포공항주변의 소음피해 범위와 항로에 따른 소음피해 지역 변화를 알아봄으로써 항로가 항공기 소음피해에 미치는 영향에 대해 알아보았다.

2. 항공기 소음 평가 단위

항공기 소음 평가는 개별 항공기 기종의 소음 평가와 공항 주변 등 주거지의 소음 평가로 나누어 고려된다. 개별 항공기 기종의 소음 평가는 항공기의 소음인가(noise certificate)의 기준으로 쓰이며, 공항 주변 주거지의 소음 평가는 다수 항공기의 이착륙을 대상으로 한다.

개별 기종에 대한 소음 평가는 전반적인 소음도 크기 뿐만 아니라 주파수 특성, 지속시간, 소음의 방향 분포성 등 소음 발생원인 항공기의 모든 특성이 고려된다. 공항주변

* 정회원, 홍익대학교 대학원 기계공학과

** 정회원, 홍익대학교 기계공학과

*** 정회원, (주)대우엔지니어링

의 소음평가는 이에 더하여 항공기 운항 회수와 운항 시기 등이 포함된다. 현재 국제적으로 사용되고 있는 공항주변 소음평가 방법으로는

- NEF (Noise Exposure Forecast)
- WECPNL (Weighted Equivalent Continuous Perceived Noise Level)
- L_{eq} (Day-Night Equivalent Noise Level) 등이 있다.^(4, 5)

3. 항공기소음예측 모델 및 등음선 작성 절차

항공기 소음은 항공기 기종 및 운항회수의 변화, 풍향에 따른 이·착륙 방향반전, 엔진출력 등에 의해 많은 변화의 양상을 나타낸다.

일반적으로 항공기 소음의 변화양상을 파악하고자 할 경우 변동상황을 장기간에 걸쳐 관측하고 이의 평균을 취해 평가하는 것이 통례적이다. 실제 대부분 공항에서는 비행 경로 직하와 측방에 측정점을 설정하여 상시 감시를 하고 있다

대부분의 지점에서 정기적으로 단기간 측정조사해서 이를 반영하고 있으나, 측정에는 많은 비용이 들고 공항주변 전역을 장기간에 조사, 소음분포를 얻는 것이 어렵기 때문에 측정치로 소음 분포도를 표시하기는 곤란하다.⁽⁶⁾

또한 장래상황을 예측하고 소음대책을 위한 비행조건 등을 변화시켜 그 효과를 조사하는 것은 실측으로는 불가능하므로 가상환경을 설정하여 예측 계산하는 것이다.^(7, 8)

예측모델 중 INM(Integrated Noise Model)은 1978년 미연방항공국(FAA)에 의해 공표된 이래 현재까지 5차례 정도의 Version Up을 실시, 현재 Version 6.0 a가 최신판이며 FAA의 항공기소음 예측에 대한 표준화도구(standard tool)로 적용되고 있다.

항공기 운항과 근접된 지상 각 지점에서의 소음은 여러 요인에 의해 결정된다. 소음전달의 가장 주된 요인으로는 항공기의 유형, 동력전달체계-출력도, 좌우날개의 위치, 비행절차에 따른 항공기 속도, 항공기와 지상으로부터의 거리, 지역의 지형형태, 기후 등을 들 수 있다.

대부분 공항은 운영 시 다양한 기종의 항공기와 비행절차, 넓은 범위의 운항중량 등을 반영하고 있다. 항공기 각각의 운항 시 발생하는 소음의 계산을 위해서는 항공기 및 공항특성과 관련된 방대한 자료가 요구되며 장기간에 걸친 평균 소음노출이 확실하게 반영되어야 한다.

일반적인 항공기 소음 계산 과정은 Fig. 1과 같이 크게 세 단계로 나누어지며 이는 ICAO의 공항주변의 등음선 계산방법의 주된 요소를 서술한 것으로 본 김포국제공항의 항공기소음 예측에 대해서도 동일하게 적용될 수 있다.

단순화된 예측은 유사한 항공기 형태를 하나로 집단화한 소음수준, 평균기후조건, 적용시간대의 평균 운항형태 등을 포함하여 만들어지며, 컴퓨터 하에서의 예측은 항공기 각각의 운항에 대한 보다 면밀한 조사에 의해 등음선 제작이 가능하다.

3.1 소음-엔진출력-거리에 관한 자료

소음-엔진출력-거리와의 관계는 Fig. 2와 같이 나타낼 수 있으며, 이들 자료는 세계 주요 공항들에서 평균적으로 나타나는 소음전달조건에 일정 거리범위를 포함시키기 위해 항공기 제작사에 의해 제시된 소음적합증명 중 일정거리에서 측정된 자료를 기본으로 하고 있다. 주의할 점은 소음적합증명에 의해 추정된 값 모두가 항상 동일한 조건이 아니라는 것이며 소음-엔진출력-거리의 성능곡선은 정상적인 이륙과 착륙과정동안 적용되는 한정된 항공기의 재

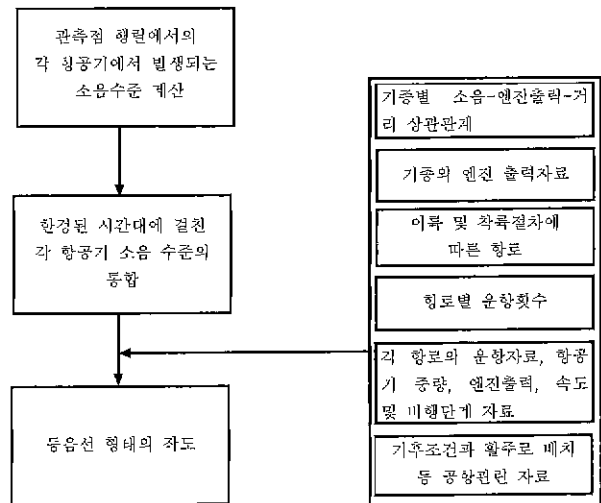


Fig. 1 Process of aircraft noise calculation

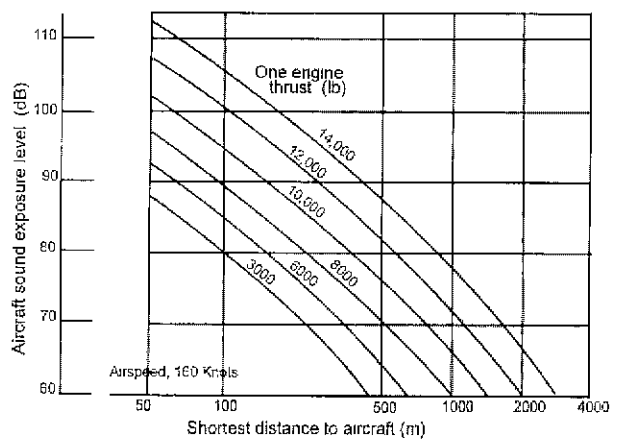


Fig. 2 Jet engine noise level vs. distance

원과 함께 빈번한 엔진출력의 모든 교정과정을 포함하고 있는 것이다.⁽⁹⁾

3.2 항공기 운전자료

일반적으로 항공기의 이륙과 착륙이 진행될 때 필요한 엔진추력과 항공기 속도와 연관된 비행프로파일은 항공기 제작사의 자체 실험 후 얻을 수 있다. 이들 사항에는 최대 이륙중량의 85% 선에서 이륙을 하며 지역사회에 대한 소음피해를 최소화하기 위한 추력제어(cut back)공정 및 착륙을 위해 필요한 항공기 최대 착륙중량의 90%에 해당하는 엔진 추력과 3°의 접근 프로파일 등이 포함되어 있다.

고도, 대기온도, 풍향, 비행체중량, 엔진추력 등의 항공기 운항과 연관된 상수들은 참고용 프로파일로부터의 차이점들이 계산, 수정된 비행프로파일에 의해 제공되며 INM 운영 시 내장된 프로그램 및 자체 보정절차에 의해 상기 각 자료가 교정되어 간다.

4. 항로를 고려한 소음예측 결과

본 논문에서는 보다 정확한 소음도 예측을 위해 김포 국제공항 레이다 수신소에서 입수한 항적자료를⁽¹⁰⁾ 모델링의 근거로 하였다. 항적자료는 공항을 이용하는 모든 항공기의 위치, 고도, 속도 등에 관한 정보가 5초마다 기록되어 있다. Fig. 3은 항적자료의 일부분을 보여주고 있다.

4.1 항공기 기종별 영향분석

항적자료를 근거로 한 김포공항의 일일(1999년 1월 27일자) 기종별, 방향별 이·착륙 회수는 Table 1과 Table 2와 같다. 항적자료에는 신활주로와 구활주로가 구분되어 있지 않기 때문에 모델링 시 두 활주로를 같은 비율로 이용한다고 가정하였다.

기종별 이착륙 항로를 항공기의 고도가 3000 ft에 도달할 때까지 알아봄으로써 기종별로 항공기 소음피해의 기여도를 알아보았다. Fig. 4와 Fig. 5에서 알 수 있듯이 대형 기종인 B747의 경우 중형기종인 B737에 비해 이륙거리가 상당히 길다는 것을 알 수 있다(그림에서 VOR이란 very high frequency omnidirectional radio range의 약자로 전방향 무선 표지소를 의미한다. 이 VOR은 항적자료에서의 기준점이 된다). 이는 B747 같은 대형 기종이 타 기종에 비해 항공기 소음 피해에 더 큰 영향을 끼친다는 것을 예상할 수 있고, 이를 검증하기 위한 모델링 결과가 Fig. 6, Fig. 7, 그리고 Table 3과 같다. 이와같은 기종별 영향분석은 한쪽 방향(32방향)으로 하나의 기종이 낮 시간

Table 1 Daily departure statistics(27th January, 1999, 06:13:13~22:48:00)

Aircraft	N1		N2		N3		Total
	14	32	14	32	14	32	
B727	1	-	-	-	-	-	1
B737	34	20	-	14	-	-	68
B744	1	-	-	-	-	-	1
B747	11	15	-	7	4	-	37
B767	20	7	-	4	-	-	31
B777	1	3	-	2	1	-	7
A300	21	17	-	5	3	-	46
A310	1	-	-	-	-	-	1
A321	2	-	-	1	-	-	3
A330	4	4	-	5	-	-	13
A340	3	1	-	1	-	-	5
MD11	3	2	-	1	1	-	7
MD82	13	12	-	6	-	-	31
F100	11	6	-	4	-	-	21
IL62	1	-	-	-	-	-	1
IL76	-	1	-	-	-	-	1
TU154	2	-	-	-	-	-	2
DC10	3	-	-	-	-	-	3
G4	-	-	-	-	-	-	-
AN124	1	-	-	-	-	-	1
BA146	1	-	-	-	-	-	1
계	161	88	-	50	9	-	308
	249		50		9		

Table 2 Daily approach statistics(27th January, 1999, 05:59:03~21:56:09)

Aircraft	N1		N2		N3		Total
	14	32	14	32	14	32	
B727	-	-	-	1	-	-	1
B737	38	20	-	8	-	-	66
B744	1	-	-	-	-	-	1
B747	18	8	-	13	-	5	44
B767	21	6	-	5	-	-	32
B777	2	2	-	-	-	-	4
A300	27	10	-	6	-	-	43
A310	-	1	-	-	-	-	1
A321	2	1	-	-	-	-	3
A330	10	3	-	-	-	-	14
A340	3	1	-	1	-	-	5
MD11	3	1	-	3	-	1	8
MD82	21	9	-	2	-	-	32
F100	13	6	-	3	-	-	22
IL62	2	-	-	-	-	-	2
IL76	-	-	-	1	-	-	1
TU154	1	-	-	-	-	-	1
DC10	1	1	-	1	-	-	3
G4	1	-	-	-	-	-	1
AN124	-	1	-	-	-	-	1
BA146	-	-	-	1	-	-	1
계	163	71	-	46	-	6	286
	234		46		6		

DATE	TIME	A/C ID	CODE	ALT	X	Y	SPEED	TRK	AZM
19990127	125334	KAL1248	5172	017	3.63	-4.39	012	5.70	140.41
19990127	125339	KAL1248	5172	016	3.54	-4.31	012	5.55	140.34
19990127	125344	KAL1248	5172	015	3.45	-4.15	012	5.40	140.26
19990127	125349	KAL1248	5172	016	3.36	-4.03	012	5.25	140.18
19990127	125354	KAL1248	5172	015	3.23	-3.88	012	5.05	140.22
19990127	125356	KAL1248	5172	015	3.14	-3.72	012	4.89	140.06
19990127	125403	KAL1248	5172	015	3.05	-3.62	012	4.72	139.73
19990127	125408	KAL1248	5172	015	2.96	-3.48	012	4.57	139.62
19990127	125413	KAL1248	5172	014	2.84	-3.26	012	4.40	139.79
19990127	125418	KAL1248	5172	014	2.75	-3.23	012	4.24	139.59
19990127	125423	KAL1248	5172	013	2.65	-3.08	012	4.06	139.29
19990127	125427	KAL1248	5172	012	2.56	-2.9	012	3.94	139.43
19990127	125432	KAL1248	5172	012	2.47	-2.77	012	3.79	139.28
19990127	125437	KAL1248	5172	011	2.38	-2.75	012	3.64	139.13
19990127	125442	KAL1248	5172	011	2.29	-2.62	012	3.48	138.85
19990127	125447	KAL1248	5172	010	2.20	-2.50	011	3.33	138.65
19990127	125452	KAL1248	5172	010	2.11	-2.38	011	3.18	138.44
19990127	125456	KAL1248	5172	009	2.01	-2.26	011	3.02	138.35
19990127	125501	KAL1248	5172	009	1.92	-2.14	011	2.86	138.10
19990127	125506	KAL1248	5172	008	1.83	-2.01	011	2.72	137.88
19990127	125511	KAL1248	5172	008	1.74	-1.92	011	2.56	137.57

Fig. 3 Flight path data : raw data from RADAR

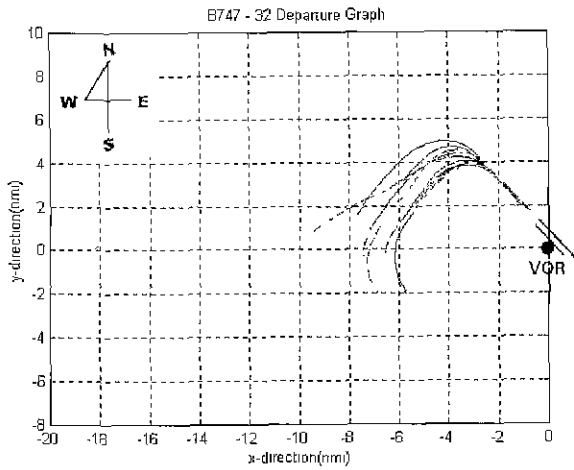


Fig. 4 Actual flight path of B 747(2D) (*1 nmi = 1.852 km)

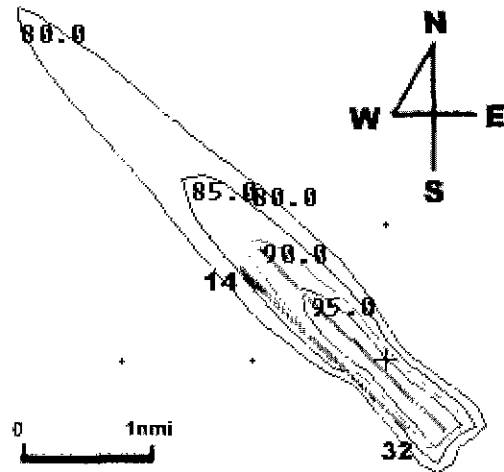


Fig. 6 Noise contour of B747 [WECPNL]

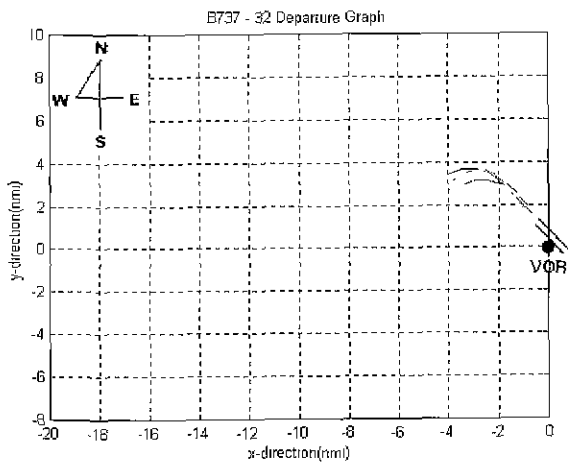


Fig. 5 Actual flight path of B 737(2D)

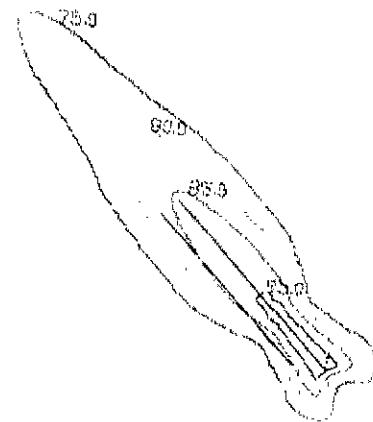


Fig. 7 Noise contour of B737 [WECPNL]

Table 3 Noise exposed area of B 747 and B 737

WECPNL (dB)	Area [km ²]	
	B747	B737
80	8.542	7.729
85	4.113	3.3999
90	2.165	1.678
95	1.106	0.749

Table 4 Noise exposed area resulting from modeling

WECPNL (dB)	Area [km ²]	
	Flight path data	AIP
80	17.198	16.252
85	8.076	6.797
90	3.973	2.456

대(07:00~18:00)에 100회 운항한다고 가정하였다. 표에서 알 수 있듯이 WECPNL 80 이상에 노출된 지역에 있어서 B 747이 B 737보다 소음피해면적이 약 10% 더 넓게 나타났다.

4.2 항로에 따른 김포공항 주변 소음도 예측

항공기 항로의 결정은 풍향 등을 고려한 항공기 안전이 우선이며, 항공기소음 감소 대책은 이 범위 내에서 고려된다. 또한 한 곳의 소음노출을 피하기 위하여 다른 방향으로 코스를 결정할 때 새로운 소음피해 지역이 발생할 수 있으므로 운항코스의 선정에는 공항주변 지역의 인구분포 상황에 대한 다각적인 고려가 필요하다. 공항 특성에 따른 계절적 요인에 맞춰서 몇 가지 다른 운항코스를 사용하는 경우도 있다. 세계적으로 큰 공항들은 대개 두 개 이상의 활주로를 갖고 있으며, 이들 활주로의 이착륙 방향 조절도 공항주변 항공기소음 감소에 도움이 될 수 있다. 그러나 김포공항의 경우, 주변에 주거지역이 광범위하게



Fig. 8 Actual flight path of KIMPO Airport

밀집되어 있기 때문에 운항항로를 어느 방향으로 변경하더라도 소음피해를 받는 지역을 배제시킬 수 없는 실정이다⁽¹¹⁾.

따라서 항로에 따른 소음도의 변화를 알아보았는데, 실제 하루동안 김포공항을 이용한 항공기의 X-Y방향 항로(공중에서 내려보았을 때의 항로)는 Fig. 8과 같이 매우광범위하게 분포되어, 일정한 항로가 지켜지지 않고 있는 실정이다. 이러한 현실은 더욱 넓은 지역을 항공기 소음 피해 지역에 노출시키고 있으며, 이를 모델링을 통해 검증해보았다. AIP(항공정보간행물)에 제시되어 있는 항로는 주항로의 경우 32방향 이륙 5개, 착륙 2개, 14방향 이륙 2개, 착륙 1개의 항로를 규정해 놓고 있으나,^(12, 13) 항적자료를 근거한 모델링에서는 이보다 많은 32방향 이륙 5개, 착륙 2개, 14방향 이륙 4개, 착륙 4개의 항로를 선정하였다. 우선 항적자료를 근거로 한 모델링 결과는 Fig. 9와 같고, 규정된 항로를 그대로 따른다고 가정했을 때의 모델링 결과는 Fig. 10과 같다. Table 4를 보면 두 가지의 경우가 WECPNL 85(소음피해 3중구역)의 피해면적에서 약 16%의 차이를 보이고 있다.

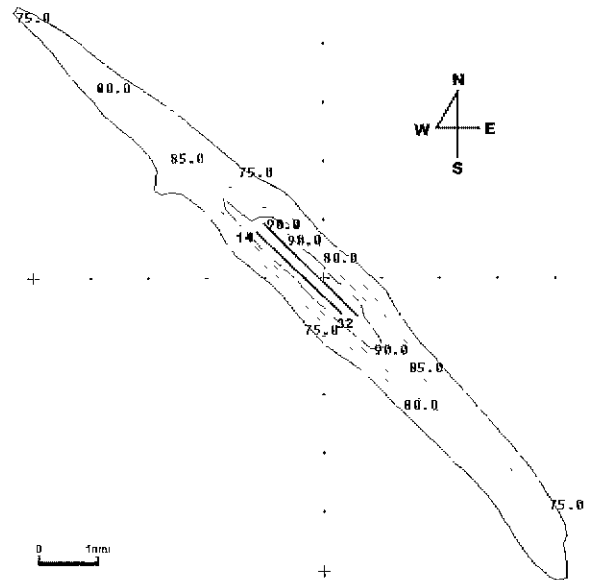


Fig. 9 Noise contour based on flight path data [WECPNL]

Table 4 Noise exposed area resulting from modeling

WECPNL (dB)	Area [km ²]	
	Flight path data	AIP
80	17.198	16.252
85	8.076	6.797
90	3.973	2.456

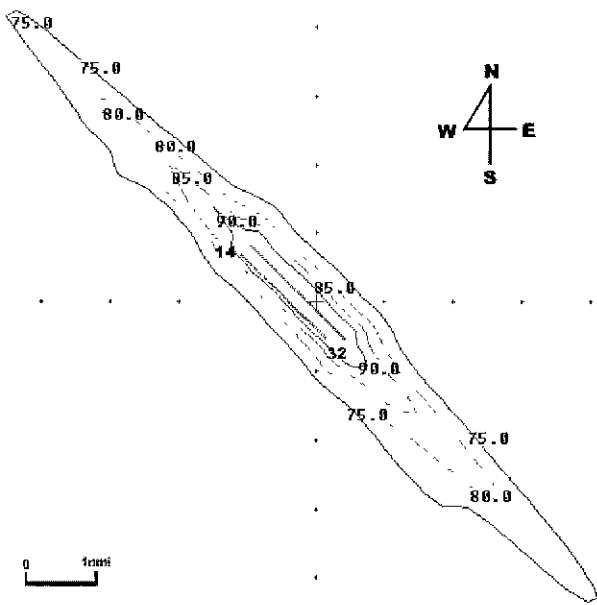
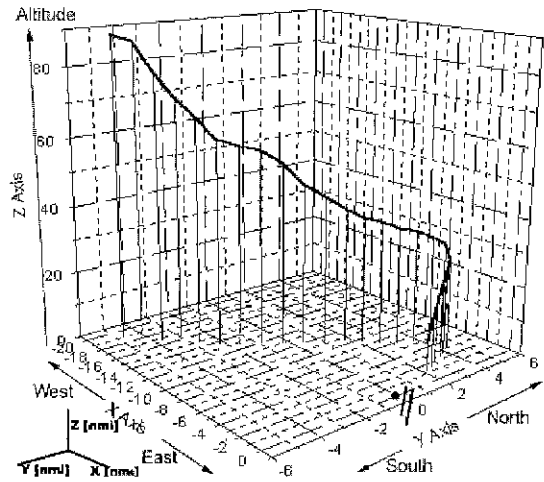


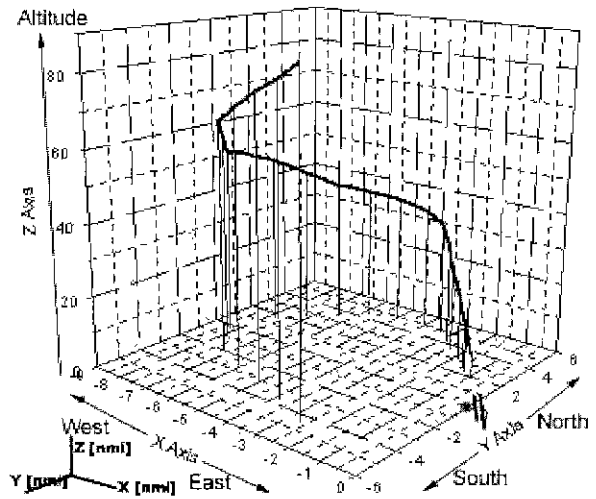
Fig. 10 Noise contour based on AIP[WECPNL]

4.3 비행방식에 따른 항공기소음 영향

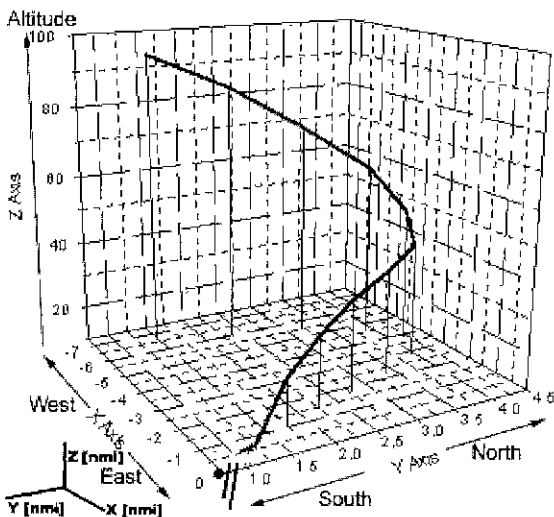
우리나라의 경우, 항공기가 이·착륙할 때 소음 저감을 위한 비행방식의 규정이 없기 때문에, Fig. 11과 같이 비행방식 역시 일정하지 못한 실정이다. 따라서 항공기가 이륙할 때, 비행방식의 차이에 따른 소음피해의 영향을 알아보았다. Fig. 12는 일반적인 이륙방법과 추력제어 이륙방법(thrust cutback climb)을 운항 거리와 고도와의 관계 그래프로 비교한 것이다. 추력제어 이륙방법은 공항주변 인구밀집지역에서 항공기의 출력을 낮추어 소음발생원의



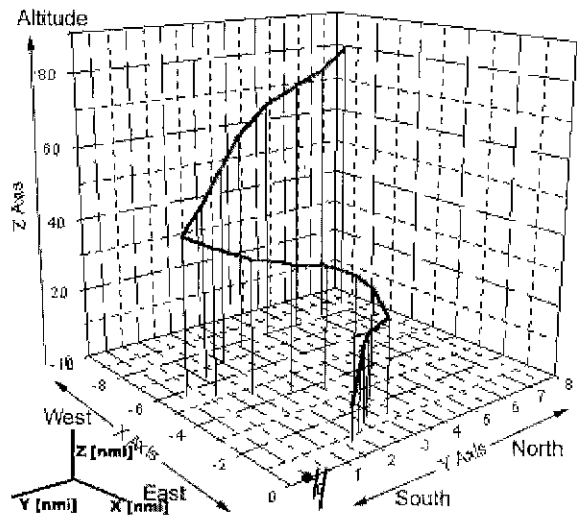
(b) B737



(c) B747-1



(a) A300



(d) B747-2

Fig. 11 Actual flight path(3D)

5. 결론

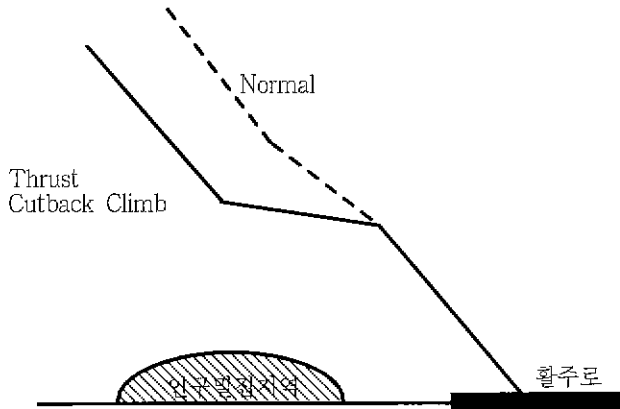


Fig.12 The procedure of thrust cut back climb

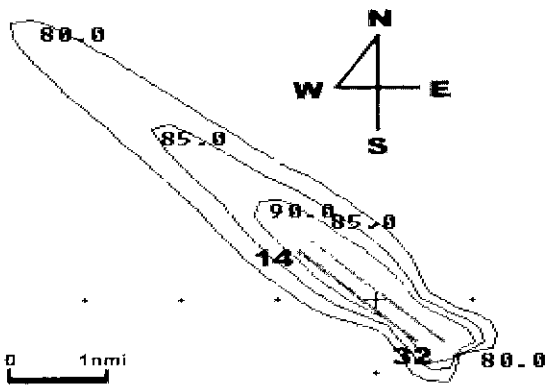


Fig.13 Noise contour of normal climb[WECPNL]

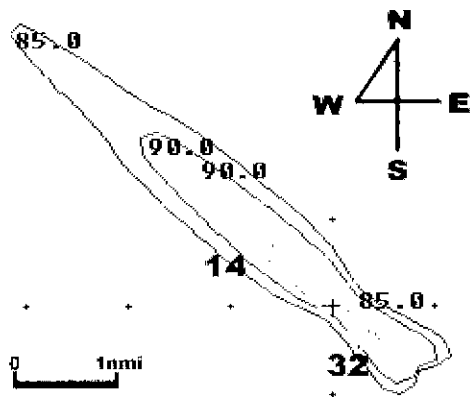


Fig.14 Noise contour of thrust cut back climb [WECPNL]

본 연구에서는 기존의 항공기 소음예측 모델링과는 달리, 항적자료라는 보다 정확한 항공기 운항 자료를 바탕으로 모델링을 수행하였다.

기종별 영향분석의 결과 B747기종이 B737기종보다 WECPNL 80에서 0.813 km², WECPNL 85에서 0.7131 km², WECPNL 90에서 0.487 km² 만큼 소음피해 지역이 더 넓다는 것을 알 수 있었다. 즉 B747과 같은 대형항공기가 타 기종에 비해 공항주변 소음피해에 큰 영향을 미치는 것을 알 수 있고, 현재 김포공항을 운항하는 항공기들 중 약 10%를 차지하고 있는 B747기종의 운항을 줄일 필요가 있음을 알 수 있다 그러나 항공수송 효율성으로 봐서 대형기종의 운항회수 증가는 불가피한 실정이므로 B747과 같은 기존의 대형 항공기를 차세대 저소음 항공기로 대체해 나가야 할 것이다.

그리고 김포공항을 운항하고 있는 실제 항공기 항로(X-Y방향)와 AIP에서 규정되어 있는 항로에 대한 소음피해도를 비교함으로써, 항로가 항공기 소음에 미치는 영향에 대해 알아보았다. AIP에 규정되어 있는 항로를 그대로 지킬 경우 현재의 상태보다 WECPNL 80 영역에서 0.946 km², WECPNL 85에서 1.279 km², WECPNL 90에서 1.517 km² 만큼의 소음피해지역 감소효과를 거둘 수 있음을 알 수 있었다. 이는 항공기의 X-Y방향 항로를 철저히 관리, 단속하는 것이 항공기 소음피해지역을 줄일 수 있는 한가지 방법임을 보여주고 있다

마지막으로 비행방식에 따른 소음피해 지역의 변화를 살펴본 결과 추력제어 이륙방법(thrust cutback climb)을 활주로에서 조금 떨어진 지역을 대상으로 적용했을 때 효과적인 소음 피해 저감을 요할 수 있었다. 모델링 결과에서 알 수 있듯이 추력제어 이륙방법의 경우 WECPNL 80의 소음피해 지역은 나타나지 않고, WECPNL 85 영역에서 일반적인 비행방식보다 2.491 km², WECPNL 90에서 1.331 km² 만큼 넓게 소음피해를 미치고 있다. 즉 추력제어 이륙방법은 일반적인 비행방법에 비해 전체적인 소음피해 지역은 증가하지만 인간이 불편함을 느끼는 소음도는 줄어드는 결과를 보이고 있다. 따라서 인구밀집지역이 어디인가에 따라 비행방식을 적절하게 적용해야 한다. 김포공항의 경우 김포시가 신월동보다 활주로로부터의 이격거리가 멀기 때문에 항공기의 고도가 높아 상대적으로 소음영향을 적게 받을 수 있고, 신월동과 같이 직항로 바로 하부에 있으면서 활주르에 인접해 있을수록 소음의 영향이 크다. 따라서 14방향 이륙시는 기존의 방식을, 32방향 이륙시는 추력제어 이륙방법을 적용하면 소음피해를 줄일 수 있을 것이다.

Table 5 Contour area of climb procedure

WECPNL(dB)	Area [km ²]	
	Normal	Thrust Cutback Climb
80	20.798	-
85	10.078	12.569
90	4.991	6.322

참 고 문 헌

- (1) 한국공항공단. 1998. 8. "항공기 소음대책 현황".
- (2) 한국공항공단. 1997. 9. "김포공항 항공기소음 평가 보고서".
- (3) 김영우. 1999. "국내 항공기소음 실태와 대책", 서울대학교.
- (4) ICAO. 1988. "Aircraft Noise", Annex 16.
- (5) P.M. Nelson. 1989. "Aircraft Noise", Transportation Noise Reference Book. Cambridge Univ.
- (6) 교통부. 1989. "김포공항 항공기 소음피해 방지 종합대책".
- (7) 일본공항 환경센터, "항공기소음 평가를 위한 ICAO 동향".
- (8) FAA, "Integrated Noise Model Version 5.1", User's Guide.
- (9) FAA, "Noise Standard", FAR PART 36.
- (10) 한국공항공단. 1999. 5. "항공기 소음대책 제도 개선 방안 연구".
- (11) 김정태. 1999. "항공기소음의 영향평가 : 환경기준과 방지대책", 국방부.
- (12) 건설교통부 항공국. 1998. "AIP(항공정보간행물)".
- (13) 교통부. 1998. 8. "김포공항 항공기소음 및 주변 정비종합대책".