

김포공항 항공기 저소음 운항절차 수립을 위한 연구

A Study on the Establishments of Aircraft Noise Abatement Procedures in Gimpo International Airport.

손정곤†·김연명*

Jung-Gon Son, Yeon-Myung Kim

Key Words : noise certification(소음적합증명), noise limits(소음한도), infringement rate(소음위반율), start of roll(출발시작점), mtow(최대이륙중량), swathe width(공역폭), Lateral attenuation(가로방향 감쇄).

ABSTRACT

The final purpose of this study is to develop noise abatement procedures for minimizing the environmental impacts caused by aircraft noise in the vicinity of Gimpo Int'l Airport, and to establish appropriate noise limits and monitoring system. The results of study suggests for more detail the crucial factors which one is reference noise level, $L_{MAX}=88dB(A)$ at 6.5km after take-off, and second one is to installation the additional three(3) noise monitoring system on both side of runway.

1. 서 론

항공기소음의 발생원 대책을 위해 김포공항을 시작으로 저소음운항절차 수립을 위한 다양한 연구가 진행되어 그 중 일부(1차)는 이미 발표되었다.⁽¹⁾ 항공선진국 들의 사례조사와 국내 및 국제 관련규정을 다 각도로 수집, 분석하여 김포공항에 적용 가능한 저소음운항절차를 개발하여 그 효과를 예측한 후 개선방안 및 개선효과를 검증한 전편의 기술적인 검토에 이어, 여기서는 그 후속(2차)으로 항공법 제8조의 2항에 규정할 하위법령(시행령 및 시행규칙)의 구체적인 내용을 기술코자 한다.

특히 저소음운항절차를 위한 항공기에 대한 적출을 위해 소음기준(Reference Noise Level)인 관련 소음한도(Noise Limit)를 수립하고 이를 측정하기 위한 측정위치 설정 등을 현실적으로 검토하여 이와 관련한 이해 당사자들(정부, 공항운영자, 항공사, 주민 및 관계 전문가 등)과 협의를 거쳐 합리적인 시행방안을 도출코자 한다.

2. 소음한도의 기준설정

2.1 설정배경

김포공항에는 이미 “저소음운항절차”에 대한 규정이 항공법 제108조의 2항(2003.12.30)에 고시하고 있으며 이에 대한 구체적인 소음저감절차(Noise Abatement Procedures)를 항공정보간행물(AIP)⁽²⁾에 고시하고 있다.(헬기제외) 착륙시는 지연된 플랩설정과정(Delayed Flap Setting Procedures)와 활주로 14R 방향 (김포시→신월동방향의 착륙시 오른쪽 활주로)을 우선 사용해야 하며 이륙시는 활주로 14 L(김포시→신월동방향의 이륙시 왼쪽 활주로)을 국제민간항공기구(ICAO)(이하 “민항기구”라 함)에서 정하는 저소음이륙절차(NADP 1)⁽³⁾를 사용하도록 규정하고 있다.

그러나 현재 까지 이 규정의 준수 여부를 확인할 수 있는 구체적인 방법이 없었으나 1차 연구에서 소음예측을 통해 그 감소효과를 확인해 본 결과 기대효과는 가구수 466 호, 세대수 769 세대 그리고 인구수 2,112 명이 소음피해로 부터 벗어나 방음 대책비를 최고 47 억원 정도 저감할 수 있다는 결론을 내린바 있다.

따라서 이들 방법의 구체적인 실행을 위해 이륙항공기에 대한 기준점(Reference Point)을 정하고 이 점의 기준소음도인 소음한도를 제시하여 관련법의 규제기준으로 적용코자 한다.

† 책임저자: 정희원, (주)동일기술공사, 소음, 진동팀
E-mail : dwhand@hanmail.net
Tel : (02)2163-6585-6, Fax : (02)2163-6589

* 한국교통연구원 항공교통연구실

2.2 소음한도의 산출방법

우선 기준점의 결정은 제작항공기의 소음적합증명서 (Noise Certification) 발급시 활주로 출발시작점(SOR, Start Of Roll, or Brake Release Point)부터 6.5 km 지점으로 하도록 민항기구 부속서 16⁽⁴⁾에서 정하고 있다. 통상 이점은 항공기가 이륙후 고도 300~450 m(1,000~1,500 ft)에 도달하고 소음감소를 위해 추력감소(Thrust Cut-back)를 시도하는 등 대체로 공항인근의 소음민감 지역이 이 거리를 중심으로 분포되어 있고 소음도 역시 높은 지역이다.

따라서 이 6.5 km는 기종과 공항위치 그리고 공항시설과 무관하게 국제적으로 정한 기준거리로서 이미 영국의 히드로우공항, 스텐스테드 그리고 갯워공항 등에서는 소음한도의 기준점으로 활용하고 있다.⁽⁵⁾

다음은 이 점의 기준소음도를 결정하기 위한 방법으로 가장 간단하면서 국제적으로 통용되고 있는 방안이 민항기에서 인정하는 인가소음도(Certified Noise Level)를 사용하는 것이다. 국내 보유기종에 대한 기종별 인가소음도는 Table 1과 같다. 소음이 가장 심한기종은 "A" 사의 B747-200/300으로 이륙소음도는 102.4 (EPN dB)이다.

그러나 소음도단위 "(EPN dB)"를 최고소음도(L_{max})의 단위인 dB(A)로 환산할 경우 이론적인 직접 환산은 불가하며 측정치를 활용한 경험식으로 산출한다. 이 경우 환산에 따른 오차가 발생한다. 그것은 항공기소음의 평가방법이 상호 다르기 때문으로 전자의 경우 항공기소음의 지속시간 보정과 암소음보정과 순음보정 등에 따른 것으로 보다 자세한 연구가 국내에서 진행되나 있다.⁽⁶⁾ 따라서 여기서는 이 두 값의 자세한 평가방법은 생략하고 두 소음값의 단순비교를 위해 동일위치와 동일시간대에 측정된 EPN- L_{max} 의 상관 및 회귀분석을 통한 결과만을 활용코자 한다. 통계분석에 사용한 샘플개수는 342 개 이고 대상기종은 B747-200/300이며 측정지점은 기존 자동측정국(NO #5)의 자료이다.

다음으로 위에서 결정한 기준점의 위치가 현실적으로 변경될 수 있다. 그것은 기준점이 강이나 기존 구조물과 같은 장애가 있을 수 있기 때문에 각 공항의 지형적인 여건에 따라 약간의 위치변경이 불가피 할 것이고 이 경우 기준소음도의 위치보정이 필요하다. 보정방법은 Fig 1과 같이 항공기 이륙시 기준점의 최소고도와 변경된 지점(수음점 또는 측정기가 설치된 지점)과 항공기와 의 최소거리(Slant Distance)에 일정한 거리감쇄상수를 도출하면 된다.

여기서는 김포공항에서 측정된 소음자료(2005년 1년간, 운항회수 171회 기종 747) 기준점의 실측 소음자료와 레이더 자료를 분석하여 최소거리와 소음도와 의 상관관계를 구한 후 거리감쇄 상수를 산출하였다.

<Table 1> Certified Noise Level of "A" Air Lines

(UNIT : EPN dB)

A/C TYPE (NUMBER)	Certified Noise Level		
	Takeoff	Landing	Sideline
B747-400B(24)	96.8	101.8	98.2
B747-400F(10)	97.4	102.0	98.2
B744ERF(5)	96.6	102.1	100.6
B747-300B(1)	102.4	105.8	101.3
B747-300F(1)	102.4	106.6	101.3
B747-200F(2)	102.4	106.6	101.3
B777-300(2)	93.1	101.1	98.5
B777-300(2)	94.4	99.9	97.3
B777-200(4)	92.6	99.1	98.3
B777-200(5)	93.3	99.1	98.3
MD-11F(2)	95.2	104.2	96.1
A330-223(3)	92.5	98.1	99.0
A330-323(6)	92.5	98.1	99.0
A330-323(5)	90.5	98.0	99.1
A330-322(2)	92.5	97.8	98.4
A330-322(3)	91.0	98.0	98.8
A330-600R(3)	92.1	101.7	97.7
A330-600R(7)	88.6	101.6	98.0
B737-800KAL(6)	88.6	96.4	92.1
B737-800GECAS(8)	85.5	96.4	92.5
B737-900(14)	86.6	96.4	92.1
CITATIONV Ultra	82.9	85.7	95.9

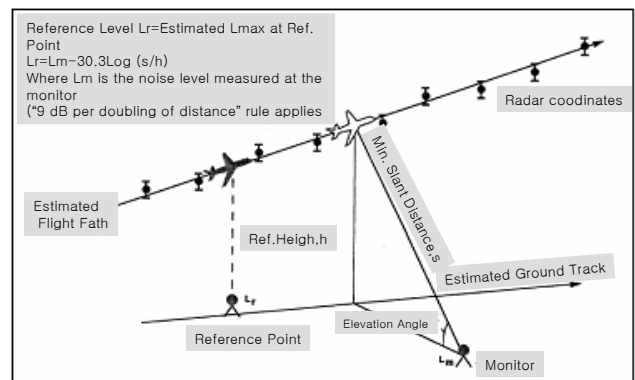


Fig 1. Estimation of Reference Level

2.3 산출결과

EPNL- L_{max} 의 분석결과 Fig 2 및 Fig 3과 같이 환산결과와는 $LEPN=102.4$ (EPN dB)는 $L_{max}=88$ dB(A)와 같은 값을 가진다. 영국의 경우 소음기준을 B747-100의 인가소음도 110 (PN dB)를 환산하여 $L_{max}=97$ dB(A)로 사용하다가 현재는 3 dB 낮추어(이 기종은 2002 까지만 운항) 94 dB(A)를 주간소음도 기준(야간은 87 dB(A))으로 적용하고 있다.⁽⁷⁾ 국적이 동일기종(B747-200/300)에 대해 영국의 환산방식을 사용한 소음도는 각각 $L_{max}=89$ dB(A) 및 90 dB(A)로 이것은 엔진형식에 따라 인가소음도가 다소 차이가 있기 때문이다.

기준소음도의 결정요인 중 가장 큰 영향인자는 항공기의 최대이륙중량(MTOW)으로 B747-200/300의 경우 236 톤으로 가장 무거운데 보잉사 및 영국에서 산출한 자료에 의

하면 이륙중량이 1 톤 증가하면 소음도가 최대 0.08 dB 증가(B747-400, 엔진 : RB211-524G, T=250C, V=0 m/s, Cut-back 1,000 ft)하며, 다음은 속도(Head Wind)로 1 kt(0.5 m/s) 증가하면 소음도는 0.1 dB 낮아지고 온도의 경우 1 °C 상승하면 최대 0.04 dB 씩 소음도가 증가하는 경향⁽⁸⁾이 있기 때문에 이들에 대한 영향을 고려해야 할 것이다.

또 하나의 기준소음도 결정시 고려해야 하는 요소로 소음 위반율(Noise Infringement Levels)이다. 이는 항공사와 공항운영자 사이의 민감한 문제로 사전에 충분한 검토를 요한다. 따라서 여기서는 기준점과 가장 유사한 곳에 위치한 김포공항의 소음측정국(No #5, SOR에서 6.3 km 이격)의 기존 자료를 분석하여 기준소음도와 위반율 사이의 상관관계를 분석 하였다.

분석결과 Table 2 및 Fig 4에서 소음한도가 88 dB(A)일 경우 B747-200/300 항공기의 위반율은 4.2 %로 100회 운항시 약 4 대가 적발되며 이 보다 3 dB 낮은 85 dB(A) 일 경우 위반율은 18.8 %로 증가한다.

다음 기준점 위치보정과 관련하여 Fig 5의 분석결과 항공기와 수음자 사이의 거리가 2배로 되면 소음도는 약 9.1 dB($30.3 \log r$) 씩 감소하는 경향이 있는데 이는 자유공간에서 점음원의 거리감쇄 6 dB($20 \log r$)와 약 3 dB 정도 차이가 나며 다른 공항(영국 히드로우공항)의 소음한도 추정시 사용하는 8 dB($26.6 \log r$)와 비슷한 값을 가진다. 이러한 차이는 측정위치의 주변환경(반사 또는 흡음 등)에 따른 것으로 향후 타공항의 기준점 소음도 보정은 충분한 측정자료의 검토를 바탕으로 거리감쇄 상수를 산정해야 할 것이다.

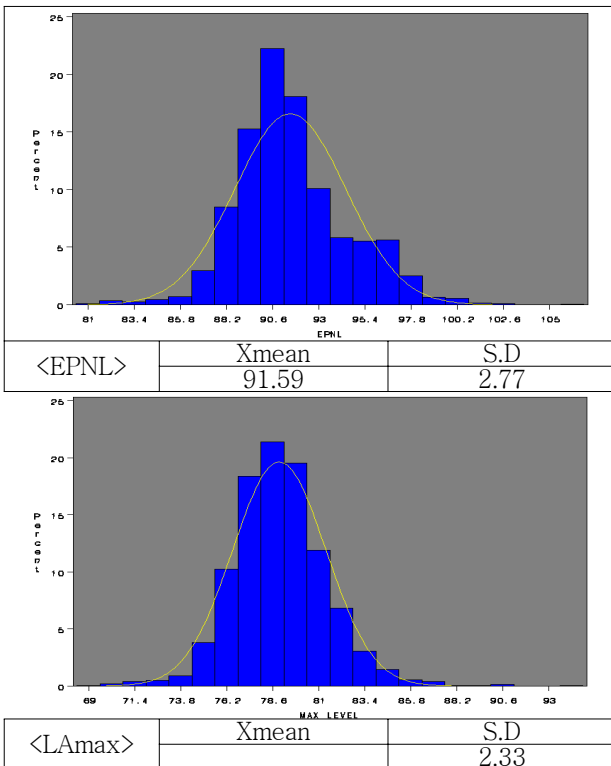


Fig 2. Histograms of EPNL and Lmax

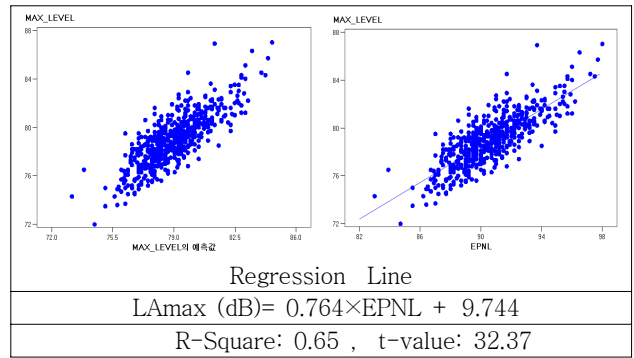


Fig 3. Estimated Correlation Between EPNL and Lmax

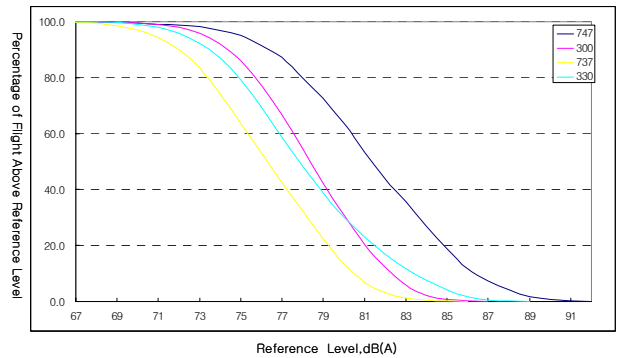
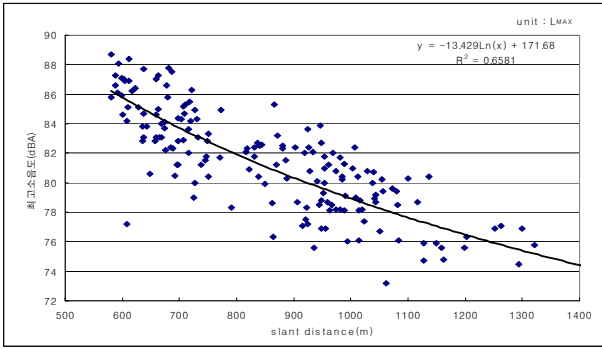


Fig 4. Cumulative Distributions of Reference Level for Gimpo Airport

Table 2. Equivalent Cumulative Normal Distributions of Reference Level for B747 Aircraft

Base Limit $L_{max}, dB(A)$	Percentage of Aircraft in Exceeding Base Limit		
	Frequency	Number of Sample	Cumulative Frequency(%)
67	2	1889	100.0
68	3	1887	99.9
69	6	1884	99.7
70	7	1878	99.4
71	5	1871	99.0
72	9	1866	98.8
73	26	1857	98.3
74	36	1831	96.9
75	66	1795	95.0
76	80	1729	91.5
77	138	1649	87.3
78	137	1511	80.0
79	171	1374	72.7
80	195	1203	63.7
81	182	1008	53.4
82	151	826	43.7
83	165	675	35.7
84	155	510	27.0
85	131	355	18.8
86	86	224	11.9
87	59	138	7.3
88	45	79	4.2
89	22	34	1.8
90	9	12	0.6
91	2	3	0.2
92	1	1	0.1



※Note: Considering of the lateral attenuation effect of aircraft noise, we only includes the noise data within 60° "V" above a noise monitor but excludes without 60° "V".
Fig 5. LAMAX v Minimun Slant Distance

3. 소음한도의 측정

소음한도의 높고 낮음에 따라 위반항공기의 적발율 (Infringement Rate)이 다르듯이 소음측정 위치 역시 항공기의 지상 소음감시에 매우 중요한 요인이 될 수 있다.

위치설정은 비행로의 공역폭(Swath Width)과 이를 감시하기 위한 소음측정기기의 성능과 밀접한 관계가 있다. 공역폭에 대한 규정은 공항마다 법으로 정해져 있는데 통상 활주로를 중심으로 좌우 약 1.5 km 정도이고, 측정기의 경우 상시측정 시 소음자동측정국(이하 "측정국"이라 함)을 운용하는데 측정장비 및 설치방법에 대한 일반적인 규정은 민항기구의 부속서 16의 부록5⁽⁹⁾와 소음진동공정시험법에 명시되어 있기 때문에 자세한 설명은 생략한다.

여기서는 주로 소음한도의 측정위치 선정에 대한 기본적인 방법만을 언급코자 한다.

첫째는 측정 유효범위의 결정이 필요하고 다음은 측정개소의 선정이 중요하다.

측정범위를 만들기 위해 항공기가 활주로를 따라 이륙할 때 지상에 그 비행로를 투영하고 그 위에 임의의 측정점 (Measuring Point or Monitor)을 설정한다. 이점을 포함한 수직평면을 만들 경우 측정점의 범위는 Fig 6과 같이 고도와 좌우폭의 거리에 따라 달라질 것이다. 즉 일정고도에서 비행로의 중심과 좌우 이동거리에 따라 측정국과 항공기 사이의 거리가 달라지고 이 범위 내의 거리차에 의해 소음도의 편차가 발생한다. 통상 그 편차는 양각(Elevation Angle)이 60°일 경우 최대 약 1.7 dB 만큼 발생한다. 이것은 항공기소음의 가로방향 감쇄(Lateral attenuation)에 의한 것으로 이러한 현상은 지면의 반사와 회절효과 그리고 항공기동체의 차폐효과 (Airplane shielding effect) 등으로 발생하는데 양각에 따른 편차의 보정은 INM의 기술자료에 자세히 언급되어 있다.⁽¹⁰⁾

항공기의 공역폭은 기차가 철로를 주행하는 것과는 다르

다. 넓은 공역내를 비행하기 때문에 이 범위를 전부 감시하려면 측정점의 가로방향 배치기술이 필요한데, 한곳의 측정점이 감시할 수 있는 유효범위의 결정은 기준점(6.5 km)의 항공기 통과 최저고도와 관계가 있다. 즉 기준점의 최저고도에서 60° V 범위내 수평거리를 지상에 투영 했을 때 이때 좌우 거리를 최적 유효측정범위라 할 수 있다.

김포공항 경우 기존측정국(N0 #3)의 최저고도는 Fig 7과 같이 약 300 m(1,000 ft)이고 또 다른 Fig 8의 기존측정국(N0.#5)의 것은 약 450 m(1,500 ft)로 이때 수평거리는 각각 166 m와 264 m가 된다. 이를 지상에 투영하여 위치를 표시하면 Fig 9 및 Fig 10과 같다. 즉 김포공항은 2 개의 새로운 측정국 설치가 필요하며 신월동 방향은 1 개의 추가적인 설치가 필요함을 알 수 있다.

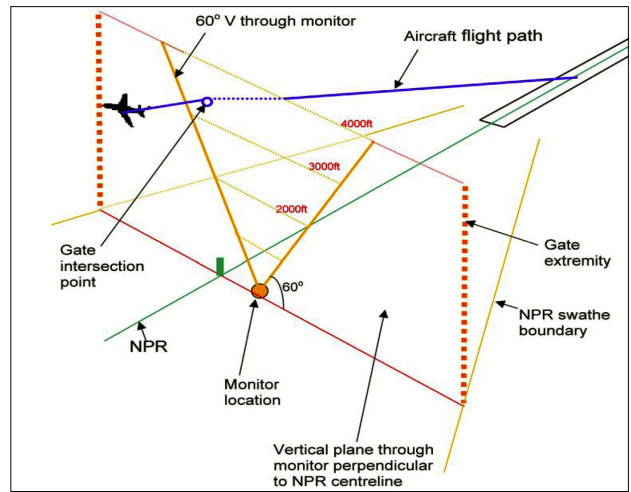


Fig 6. Diagram of Monitor Location and Measuring Range

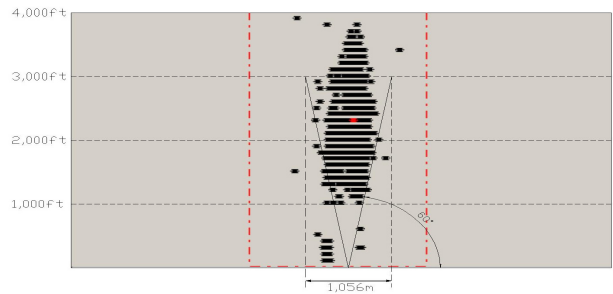


Fig 7. Altitude at NMS No.#3

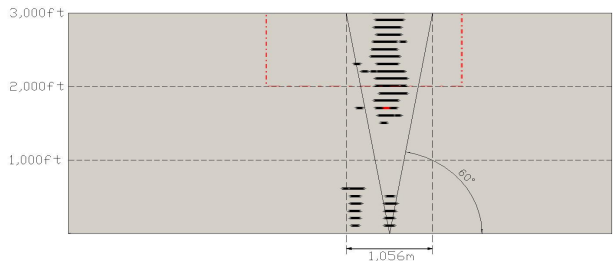


Fig 8. Altitude at NMS No.#5

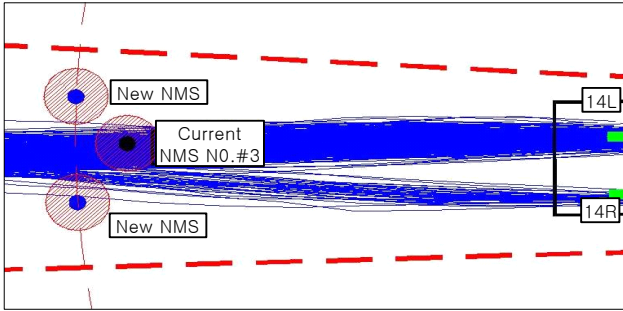


Fig 9.NMS Array at Reference Point(RWY32 L/R Take-off)

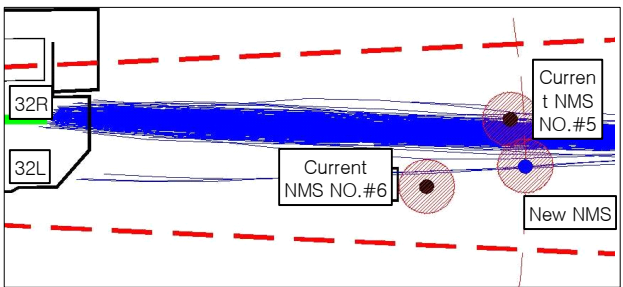


Fig 10.NMS Array at Reference Point(RWY14 L/R Take-off)

5. 결론

지금까지 언급한 김포공항의 “저소음 항공기 운항절차 수립을 위한 연구”는 국내 항공기소음의 발생원대책에 대한 시작으로 이를 계기로 향후 국내 다른 민간공항도 관련분야의 폭넓은 연구를 기대하고 아울러 연구결과가 항공법 관련법규의 개정에 도움이 되기를 바라면서 다음과 같이 연구결과를 요약한다.

첫째, 김포공항에 적용 가능한 저소음운항절차를 수립하고(제1편) 이 절차의 위반여부를 판단하기 위한 소음기준을 수립한 결과 소음한도 값은 최고소음도(L_{max})로 88 dB(A) 이하로 규정하였다.

둘째, 소음기준의 측정을 위해 기준점을 항공기 출발점부터 6.5 km로 정하고 소음기준의 적발율을 높이기 위해 추가로 3 개소의 설치 위치를 결정하고 이곳에 소음자동측정망 신설을 건의 하였다.

후 기

본보고서는 2005년도 건설기술평가원의 연구과제로 본 연구에 도움을 주신 서울지방항공청 및 한국공항공사 관계자 여러분께 감사드립니다.

참고문헌

- (1) Son, J.G., Kim, Y.M., 2006, "A Study on the Establishments of Aircraft Noise Abatement Procedures in Gimpo International Airport", Proceedings of the KSNVE Annual Autumn Conference.
- (2) MOCT, 2006, "RKSS AD 2.21 NOISE ABATEMENT PROCEDURES", Aeronautic Information Publication.
- (3) ICAO, 2001, "NOISE ABATEMENT DEPARTURE CLIMB GUIDANCE", PANS-OPS Doc 8168 VOL 1, Part V, Appendix to Chapter 3.
- (4) ICAO, 2005.7, "Environmental Protection", Annex 16, Vol.1, Part II.
- (5) R E Cadoux, J A Kelly, "Departure Noise Limits and Monitoring Arrangements at Heathrow, Gatwick and Stansted Airports", ERCD REPORT 0207, P.3.
- (6) Lee, J.H., 2005, "A Comparative Research between WECPNL of ICAO and WECPNL of dB(A)(1)", Journal of Aviation Development, Vol.3.
- (7) R E Cadoux, J B Ollerhead, 1995, "Review of the Departure Noise Limits at Heathrow, Gatwick and Stansted Airports", CS Report 9539.
- (8) R E Cadoux, J B Ollerhead, 1996, "Review of the Departure Noise Limits at Heathrow, Gatwick and Stansted Airports: Additional Study of Boeing 747 Departures", CS Report 9539 Supplement.
- (9) ICAO, 2005.7, "Environmental Protection", Annex 16, Vol.1, Part II, Appendix 5.
- (10) FAA, 2002, "INM Version 6.0 Technical Manual", FA265/A2012, PP.53-56.