

論文

강화도 지역 소음저감을 위한 인천국제공항 계기비행절차 검토

유병선*, 송병흠**

A Study on Instruments Procedure of Incheon International Airport
for Noise Abatement in and around Gangwha Island

Byeong-Seon Yoo*, Byung-Heum Song**

Abstract

After analyzing each procedure from standard instrument procedures used at Incheon International Airport, which is believed to have caused noise problems in and around Ganghwa island, we came to a conclusion that some Standard Instrument Departure Procedures and Standard Instrument Approach Procedures need to be revised, and therefore we made some propositions with regard to noise abatement procedures(CDA, RNAV approach etc.). Additionally, we evaluated viability of the proposed flight procedures by conducting a number of demonstrations with use of flight simulation.

Key Words : Aircraft Noise Abatement Procedure(항공기소음저감절차), SID (Standard Instrument Departure), SIAP(Standard Instrument Approach Procedure), Flight Simulation(비행시뮬레이터), CDA(Continuous Descent Approach), RNAV Approach(RNAV 접근)

1. 서 론

인천국제공항 개항 후 공항 인근 주민들의 항공기 소음민원이 꾸준히 제기되고 있다. 특히 강화도를 포함한 주변 주민들은 항공기 소음으로 인한 가축피해 등을 호소하고 있는 실정이다. 이러한 시점에서 인천국제공항에서 적용하고 있는 각종 비행절차를 파악하고 강화도 지역의 항공기 소음 영향을 분석하여 해당 지역의 항공기 소음 저감절차를 제시하고자 한다. 항공기 소음저감방안은 매우 다양하여 모든 방안을 검토하기에 많은 제약이 있어, 본 연구에서는 강화도 주변 항공기 소음저감을 위한 방안의 하나로서 인천국제

공항의 비행절차를 검토하여 해결방안을 제시하는 것으로 국한하였다.

2. 본 론

2.1 인천국제공항 비행절차 현황

인천국제공항의 모든 이착륙 비행절차는 ICAO Doc. 8168 "Procedures for Air Navigation Services-Aircraft Operations" (일반적으로 "PANS-OPS"라고 함) 비행절차 설계 기준을 적용하여 수립·운영되고 있다.

인천국제공항에서 현재 수립·운영 중에 있는 시계비행 및 계기비행절차의 종류에는 교통장주, 표준출발절차(SID), 표준도착절차(STAR), 표준접근절차(SIAP) 등이 있다.

항공정보간행물(AIP)에 고시·운영 중에 있는 비행절차를 유형 별로 요약 정리하면 <Table 1>과 같다.

2010년 05월 21일 접수 ~ 2010년 6월 15일 심사완료

* 한국항공대학교 항공운항학과

** 한국항공대학교 항공운항학과

연락처, E-mail : bsyoo@kau.ac.kr

경기도 고양시 덕양구 화전동 200-1

Table 1 인천국제공항 비행절차 운용현황

비행방식	구분	활주로	수량(식)
시계비행 절차	교통장주 (TRAFFIC CIRCUIT)	ALL RWYS	1
	Chartered 시계비행절차 (CVAP)	RWY 15L	1
		RWY 15R	1
계기비행 절차	표준출발절차(SID)	RWY 33L/R, 34	11
		RWY 15L/R, 16	13
	표준도착절차(STAR)	RWY 33L/R, 34	8
		RWY 15L/R, 16	8
		RWY 33L/R, 34	8
표준접근절차(SIAP)	RWY 33L/R, 34	8	
	RWY 15L/R, 16	7	
계	58		

2.2 강화도지역의 소음영향 비행절차 현황

인천국제공항의 현용 58개 비행절차 중에서 강화도 상공 또는 인근을 비행함으로써 강화도 지역에 항공기소음 피해를 줄 것으로 예상 또는 우려되는 비행절차는 주로 계기비행절차로서 <Table 2>와 같다.

2.3 강화도지역 소음영향 비행절차의 검토

항공기의 소음영향은 비행횟수(주기), 비행고도, 출력, 외장상태, 기상조건 등 다양한 변수를 고려하여 판단하여야 하나 본 연구에서 검토되는 비행절차에서는 비행고도를 기준으로 검토하였으며 그 기준고도는 다양한 변수를 적용할 경우에도 일반적으로 항공기 소음피해가 거의 없다고 판단되는 3,000ft(AGL)를 적용하였다(송병훈, 2000). 따라서 <Table 2>에 표시된 비행절차 중 표준도착절차(STAR) RNAV SEL 1E는 강화도 통과 고도가 6,000ft 이상이므로 검토대상에서 제외하여 표준출발절차(SID)와 표준계기접근절차(SIAP) 총 4종을 검토하였다.

2.3.1 표준출발절차(SID)

2.3.1.1 RNAV SEL 1C 이륙 비행로

인천국제공항 33L/R 활주로 방향으로 이륙하여 강화도 상공을 통과하게 되는 표준계기출발절차(SID)는 <Fig. 1>의 RNAV SEL 1C 이며, RNAV SEL 1C 출발절차를 이용하여 출항하는 항공기는 상승률 최저 6.5% 상승률을 준수하여 비행하도록 수립되어 있다. 항공기는 이륙 후 GAMJA, SUPAN, AJANG, TAROO Way-point

를 차례로 거쳐 SEL VORTAC 상공까지 비행하게 되며, SUPAN-AJANG 비행 구간에서 강화도 상공을 통과 비행하게 된다.

Table 2. 강화도 상공 통과 비행절차 현황

구분	활주로	명칭	통과 예상고도	수량	비행 단계
표준도착절차 (STAR)	15L/R	RNAV SEL 1E	6,000ft 이상	1	도착비행 단계
		RNAV SEL 1C	3,000ft 이상	1	이륙상승 단계
표준출발절차 (SID)	33L/R	RADAR 3A	2,500ft 이상	1	이륙상승 단계
표준계기접근 절차 (SIAP)	15L/R	ILS/DME Z	2,600ft 이상	2	최종접근 단계
	33L/R	ILS/DME	2,000ft 이상	2	실패접근 단계
계				7	

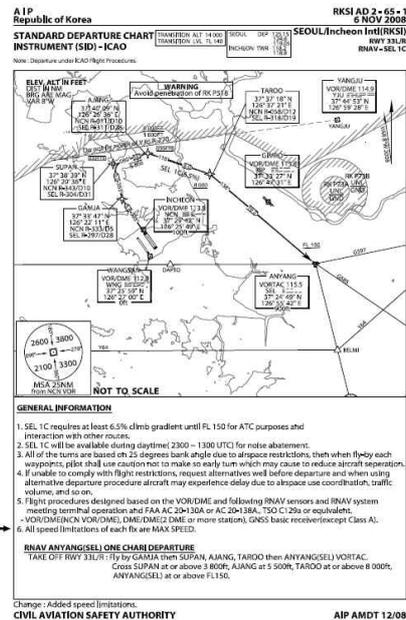


Fig.1 SEL 1C (SID) 차트

2.3.1.2 RADAR 3A 이륙 비행로

<Fig. 2>는 항공기가 강화도 상공을 통과하지는 않지만 인접하여 통과하게 되는 출발비행로인 RADAR 3A 절차이다.

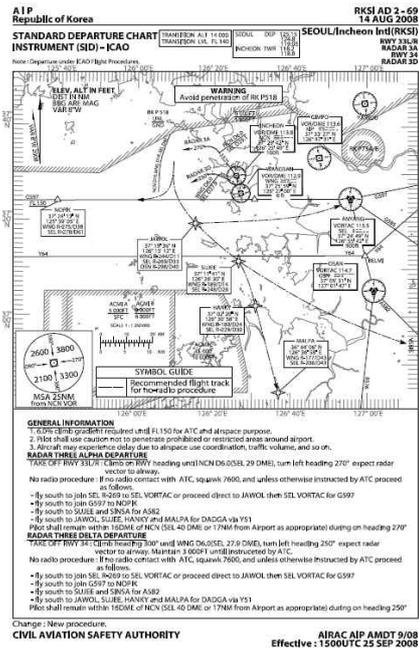
RADAR 3A 출발절차는 이륙항공기가 최저 6.0%의 상승률로 비행하도록 수립되어 있으며, 이륙 항공기는 NCN D6.0NM 지점까지 직진 비행하다가 좌선회 후 관제사의 레이더 유도를 받아 비행하도록 수립되어 있다.

이 출발절차의 경우에는 항공기가 NCN D6 지점에서 좌 선회 기동을 실시하게 되어 강화도 상공 통과 비행은 하지 않지만 선회 기동을 하는 동안에 항공기 후미로부터 배출되는 항공기 소음이 강화도 남단 지역에 미미한 영향을 줄 것으로 예상되나 항로가 강화도 지역과 떨어져 있고 7%로의 상승률을 적용한다면 소음피해는 거의 없다고 판단되어 이를 대안으로 제시한다.

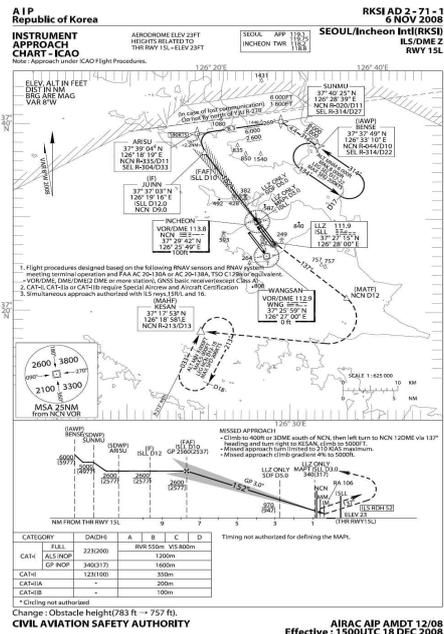
2.3.2 표준계기접근절차(IIAP)

2.3.2.1 계기접근비행로

강화도 상공 및 인근을 거쳐 인천국제공항 활주로 15L/R 방향으로 접근 및 착륙을 위한 계기 접근절차가 <Fig. 3>과 같이 수립되어 운영되고 있다.



<Fig. 2> RADAR 3A 차트



<Fig. 3> ILS/DME RWY 15L 차트

지점 별 통과예상고도는 Table 3에 명시되어 있다

Table 3 이륙 항공기 상승·통과 예상고도

구분	상승률 (ft/NM)	이륙 활주로 끝	경유지점 (NCN)	선회지점 (NCN D6)	비고	
상승 비행 거리	m	0	1,495	12,607		
	NM	0	0.81	6.81		
예상 비행 고도 (FT)	6.0% 상승	365	39	333	2,521	적용
	6.5% 상승	395	39	358	2,727	
	7.0% 상승	425	39	382	3,034	통계 평균

접근형태는 활주로 15L 및 15R 방향 모두 계기 정밀접근절차(ILS/DME)임. 또한 이들 절차에는 각 활주로별로 활공각장치가 고장인 경우(while Glide-Path is Inoperative)에 이용하도록 LLZ/DME 비정밀접근절차도 수립되어 있다.

LLZ/DME 접근절차를 ILS/DME 접근절차와 비교하면 착륙최저치만 상이할 뿐, 이용되는 비행로와 각 통과 지점별 비행고도는 ILS/DME 접근절차의 경우와 동일하다. 각 접근 픽스의 설정 위치와 통과고도는 다음과 같다.

- 첫 접근픽스(명칭: BENSE) : 인천국제공항 NCN VOR/DME의 R-040/D10NM 지점으로 설정됨. 고도 6,000ft로 접근 시작.
- 접근 시작 후 중간접근픽스까지 첫 번째 경유 지점인 SUNMU(첫 접근픽스로부터 4.4NM 떨어진 지점)를 5,000ft로 통과.
- SUNMU통과 후 두번째 경유지점인 ARISU (

8.3NM 이격지점)을 2,600ft로 통과.

- ARISU 통과 후 고도 2,600ft로 수평비행을 하면서 약 2.2NM 떨어진 중간접근픽스에서 최종접근코스스로 진입함. 중간접근픽스는 Localizer 코스 상의 ISRR-D12/ISLL-D12 지점으로 설정됨.

- 중간접근픽스 통과 후 2.0NM 떨어진 최종접근시작점에 도달할 때까지 고도 2,600ft로 수평비행을 하다가 3°활공비행로에 진입하여 3°하강각도로 접근함. 3°활공비행로에 진입하게 되는 지점인 최종접근지점은 착륙활주로 전단으로부터 약 7.9NM, LLZ/DME로부터 10NM 떨어진 지점임.

이상과 같이 항공기가 접근비행을 하는 동안, 강화도 상공을 통과하게 되는 구간은 SUNMU와 ARISU 구간이며, 비행고도는 대략 5,000ft ~ 2,600ft이다. ILS/DME RWY 15L/R 접근절차를 비행하는 동안의 구간별 비행고도를 정리하면 <Table 4>와 같다.

Table 4 ILS/DME RWY 15R/L 접근절차의

지점 별 통과고도와 강하율				
구분	명칭	통과고도 (ft)	비행거리 (NM)	강하율
첫 접근픽스	BENSE	6,000	4.4	227ft/NM (2.14° 강하)
경유 지점	SUNMU	5,000	8.3	289ft/NM (2.72° 강하)
경유 지점	ARISU	2,600	2.2	수평비행
중간접근 픽스	15L: JUINN 25R: MEARI	2,600		수평비행
최종접근 픽스	15L:SLL/D-10 15R:ISRR/D-10	2,600		318ft/NM (3.00° 강하)

2.3.2.2 ILS/DME RWY 33L/R 접근절차

활주로 33L/R방향으로 수립되어 있는 계기접근절차 중에서 강화도 지역에 항공기 소음 영향을 줄 것으로 우려되는 계기접근절차는 <Fig. 4>과 같은 ILS DME RWY 33L/R비행절차이다.

접근형태는 활주로 33L/R 방향 모두 계기정밀접근절차(ILS/DME)이며, 또한 이들 절차에는 각 활주로 별로 활공각 장치가 고장인 경우(while Glide-Path is Inoperative)에 이용하도록 LLZ/DME 비정밀접근절차도 수립되어 있다.

LLZ/DME 접근절차를 ILS/DME 접근절차와 비교하면 착륙최저치만 상이할 뿐, 이용되는 비행로와 각 통과 지점별 비행고도는 ILS/DME 접근절차의 경우와 동일하다. <Fig. 4>의 비행절차

가 강화도 지역에 항공기 소음 영향을 주게 되는 비행구간은 실패접근 단계이다.

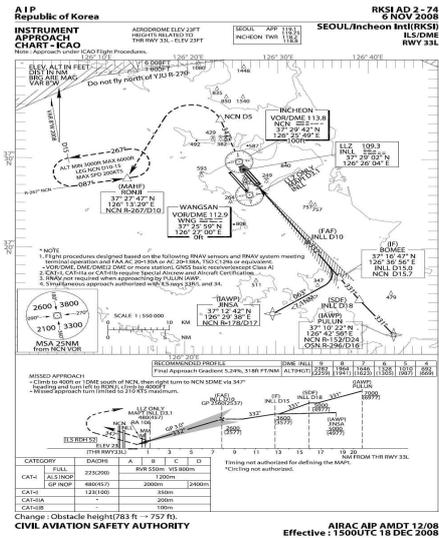


Fig. 4 ILS/DME RWY 33L 접근절차

비행통계 자료에 의하면 실제로 계기접근 항공기가 실패접근의 빈도는 거의 희박한 것으로 보고되고 있지만, 실패접근절차는 최악의 경우를 대비하여 수립되는 절차이다. 수립된 실패접근비행로(Missed Approach Route)는 고도 400ft에 도달하는 즉시 강화도 방향으로 기수방향(Heading) 347°를 유지하여 NCN VOR/DME로부터 D5 지점까지 비행한 다음, 좌 선회하여 NCN R-267/D10 지점인 RONJI 체공장주까지 비행하여 고도 4,000ft로 체공하도록 수립되어 있다.

2.4 검토된 비행절차분석 및 소음저감방안제시

강화도 지역에 항공기소음 피해를 줄 것으로 예상되는 인천국제공항의 현용 이착륙비행로는 다음 3종의 비행로이므로 이 절차들에 대하여 세부적인 분석과 대안을 제시하고자 한다.

- RNAV SEL 1C (활주로 33R/L 이륙 후 제 1 선회 기동 단계)
- ILS DME RWY 33R/L(활주로 33R/L 계기접근 후 실패접근단계)
- ILS DME Z (활주로 15L/R 계기접근절차의 첫·중간접근단계)

2.4.1 RNAV SEL 1C

본 표준출발 비행로를 따라 상승하는 항공기에

의해 강화도지역에 미치게 될 소음 피해를 저감시키기 위한 방안으로는 다음 2가지 방안이 고려될 수 있다.

○ 제 1 개선방안 : 이륙 후 강화도 상공을 통과하기 직전의 비행로를 활주로 연장선상에 놓이도록 개선하는 방안

현용 비행로는 이륙 후 약 5.8NM 거리가 되는 GAMJA 픽스에 도달할 때까지는 활주로 방향으로 직진 상승하다가 약 18° 우선회하여 비행하도록 수립되어 있다.

GAMJA 픽스 통과 후 약 18°우선회하지 않고 계속 직진 상승하도록 한다면, 강화도로부터 약간 더 멀리 떨어지는 형태의 비행을 하게 되어 소음 저감 효과는 기대할 수 있게 되지만, 앞서 언급한 바와 같이 인천국제공항은 제 3 활주로 운영 개시로 동시 접근 및 출발(Simultaneous Approaches & Departures) 운영이 가능한 공항 운영체제로 구축되어야 하고, 그러기 위해서는 평행하는 상대 출발절차의 출발비행코스과 최소한 30°이상 차이가 나는 코스로 설정되어야 하는 운영 요건* 때문에 이 출발비행로의 변경은 불가능하다.

○ 제 2 개선방안 : 현재의 비행로를 따라 상승하는 항공기에 의해 강화도지역에 소음 피해를 줄 것으로 예상되는 비행구간은 항공기가 SUPAN-AJANG 구간을 비행하는 동안이라고 할 수 있다

위 구간을 비행하는 동안의 비행고도는 다음 <Table 5>와 같이, 최저 상승률인 6.5%로 상승한다고 하더라도 SUPAN 통과 시 비행고도는 최저 4,300ft 이상이 될 것으로 검토되므로, 소음 피해는 크게 우려되지 않을 것으로 검토된다.

인천공항에서 적용한 6.5% 상승률은 국제민간항공공기규에서 항공기 소음 저감 목적 달성을 위해 적용·권고한 평균 상승률 7.0% 보다 0.5% 낮게 설정된 값이다.**

Table 5. SEL 1C 계기출발비행로 이용 항공기의 각 지점 별 예상 비행고도

통과지점	GAMJA	SUPAN	AJANG
상승비행거리(NM)	5.81	10.81	15.81
비행고도(6.5%상승)	2,333	4,307	5,500
비행고도(7.0%상승)	2,509	4,636	5,500
비행고도(7.5%상승)	2,685	4,964	5,500

* ICAO DOC 4444-ATM/501, 제6장 제6.7.3.2.1c)항의 기준

** ICAO Doc 8168 Vol.2 Part 1. Section 3. Chapter 3. [Table I-3-3-App-1. Average flight path determination]

주 *** : ICAO DOC 4444-ATM/501, 제6장 제6.7.3.2.1c)항의 기준

2.4.2 ILS DME RWY 33R/L

강화도지역의 항공기 소음 목적만을 성취하려 한다면, 현재 설정되어 있는 실패접근코스(347°)를 착륙활주로 중심선 연장선과 일치하는 직진코스(332°)로 변경하면 될 것으로 생각될 수 있겠으나, 인천국제공항은 제 3 활주로 운영 개시로 동시 접근 및 출발(Simultaneous Approaches & Departures) 운영이 가능한 공항운영체제로 구축되어야 하고, 그러기 위해서는 평행하는 상대 접근절차의 실패접근코스는 최소한 30° 이상 차이가 나는 코스로 설정되어야 하는 운영 요건*** 때문에 실패접근코스의 변경은 불가하다.

실패접근을 하는 항공기의 각 지점별 예상비행고도는 그 항공기가 실행하는 상승률에 따라 차이가 있게 되며, 만약 실패접근 항공기가 6% 상승률로 실행한다면 <Table 6>에 정리한 바와 같이, 강화도 남단 지역에 소음 피해를 줄 수도 있는, 선회지점(NCN D5 지점)을 통과할 무렵에는 최저비행고도는 약 2,946ft 정도로 예측된다.

실패접근 항공기가 7% 상승률로 실행한다면 선회지점(NCN D5 지점)에서 약 3,400ft 정도의 고도로 비행하게 될 것으로 예측된다.

Table 6. ILS DME RWY 33R/L 실패접근 단계에서의 통과지점별 예상 비행고도 (Cat' I)

통과지점	결심고도 지점	RWT	SOCx	NCN	NCN D5
비행고도 (6.0%상승)	223	223	223	1,123	2,946
비행고도 (7.0%상승)	223	223	223	1,274	3,400

2.4.3 ILS DME Z(RWY 15R/L)

이 유형의 접근절차는 이용하는 지상항행안전시설인 계기착륙시설(ILS)의 특성상 중간 및 최종 접근단계의 비행로는 반드시 착륙 활주로 중심선의 연장선과 일치하도록 수립하여야 하므로, 이 접근절차의 최종 및 중간접근단계 비행로의 수정은 불가능하다.

향후 GBAS나 GNSS를 이용하는 차세대 접근절차도 수립될 것으로 예상되지만, 그러한 접근

절차의 최종접근 비행로도 착륙활주로 연장선상으로 놓이도록 설정하는 것이 주변 지상 장애물의 회피는 물론 항공기 저감 효과를 거두는데 바람직하겠다.

첫 접근 시작지점으로부터 중간접근 픽스를 연결해 주는 첫 접근단계의 비행로는 현재 강화도 상공을 동-서 방향으로 관통하는 형태로 설정되어 있다.

이 비행로는 다음과 같은 현재의 공역 여건과 절차수립기준을 고려하여 설정한 최선의 비행로인 것으로 조사된다.

- 첫 접근 비행로가 현재보다 더 북쪽으로 놓이게 할 경우에는, 비행로 보호구역이 P-518 비행금지구역 안에 놓이게 됨.*
- 첫 접근단계에서 비행로 변경 시의 선회량은 120°를 초과할 수 없음.**
- 최종접근코스 진입 직전 중간접근단계 직전 최소 길이는 2NM임.***
- 강화도 상공을 통과하는 동안에 접근 항공기는 고도 5,000ft로부터 2,600ft로 강하하면서 통과 비행을 하는 것으로 조사되며, 강화도 지역의 항공기 소음 저감을 위해서는 이 비행고도는 약간 높여야 할 필요가 있음.

○ 제 1 개선방안 : 현용 ILS 접근절차를 연속강하접근(CDA, Continuous Descent Approach) 기법을 접목한 RNAV 절차로 전환하는 방안

현재 운용 중인 ILS 접근은 ILS Capture 문제로 항공기 조작 상 문제를 초래하지만 CDA를 RNAV 절차와 접목시킬 경우에는 아무런 문제가 야기되지 않으므로 접근방식을 RNAV (LNAV/VNAV) 절차로 개선 필요하다.

<Table 7>에서 언급한 것같이 강화도 상공을 통과하면서 강하하도록 설정한 최저비행고도 (ARISU에서부터 IF 구간까지 2,600ft 수평비행)는 제 1 개선방안 적용 시 ARISU 3829ft, IF 3229ft로 통과하도록 개선하여 현재보다 1200~600ft

이상 높게 비행 가능하다.

CDA 기법은 최초 및 중간접근단계에서 일정한 저 출력을 유지하여 강하함으로써 항공기 소음을 저감시키는 절차로서 홍콩 국제공항과 독일 프랑크푸르트 공항 등 세계 여러 나라에서 운용 중에 있다. CDA 절차는 소음저감 효과는 물론 항공기 연료절감과 배기가스 감소효과도 있다.

Table 7. 현 절차와 CDA 강하 시 지점별 항공기 통과고도 비교

거리 (단위: NM)		비행고도 (단위: Feet)		
		현 절차	CDA	고도차
Fix 명칭	RWT 기준	MSL	MSL	
BENSE	24.80	6,000	6,000	0
SUNMU	20.40	5,000	5,000	0
SUNMU 통과 후 4.9NM	15.46	3,573	5,000	1,427
ARISU	12.10	2,600	3,829	1,229
중간접근픽스	9.90	2,600	3,229	629
최종접근픽스	7.93	2,600	2,600	0
결심고도점	0.46	223	223	0
RWT	0	76	76	0

○ 제 2-1 개선방안 : P-518 비행금지구역 일부 추가 개방 후 CDA를 접목한 RNAV 절차로 전환하는 방안

2008년 4월 29일 제6차 공역위원회에서 의결한 내용대로 2011년까지 강화도 지역 P-518 비행금지구역에 대한 민 항공기 사용 범위가 현재까지 허용된 2NM 범위에서 3.8NM 범위까지 확대 허용된다면, 현재의 접근비행로를 <Fig. 5>에 표현한 것같이 1.8NM 더 북쪽으로 놓이도록 설정할 수 있겠다.

고도 5,000ft에서부터 3°강하 각도를 지속 유지하면서 접근(CDA)하도록 하여 강화도 상공을 통과하게 되는 구간의 비행고도를 약간 높이고 항

주 * : 2008년 4월 29일 제6차 공역위원회에서 인천국제공항 북쪽의 P-518 비행금지구역 일부 공역을 민 항공기가 이용할 수 있도록 하는 의안이 의결되었음. 국방부와 국토해양부는 인천국제공항의 제 3 활주로 운영 시 최대 수용능력이 시간당 80대가 될 수 있다는 점을 이해하고 인천국제공항의 연도별 실질적인 교통량 증가율을 고려하여 2011년까지 단계적으로 최대 수용능력을 처리할 수 있도록 협조하며, 인천국제공항 제2단계 개항('08.6.20)과 동시에 종속접근방식을 기준으로 P518(강화도지역) 북쪽 2NM 범위의 공역(고도 6,000ft)을 민항공기 계기비행절차 보호구역으로 활용할 수 있도록 하며, 인천국제공항에서 시간당 80대의 항공기 처리능력을 확보하기 위해서는 독립접근방식을 기준으로 P518 북쪽 3.8NM 범위 내에서 상호 협조하여 민항공기가 활용할 수 있도록 하기로 한다는 합의를 승인하였음. 현용 비행로는 이상과 같은 KAC 의결사항 중에서 인천국제공항 2 단계 개항(제 3 활주로 운영 개시)과 동시에 P518(강화도 지역) 남쪽 경계선으로부터 북쪽으로 3.7km(2NM) 범위 안의 공역(고도 6,000ft 이하)을 민항공기 계기비행보호구역으로 활용할 수 있도록 한다는 합의 승인 결과에 따라 수립된 것임.

주 ** : ICAO DOC 8168-OPS/611, 제2권, Part 3, Section 3, Chapter 2, 제2.3.1항의 기준

주 *** : ICAO DOC 8168-OPS/611, 제2권, Part 3, Section 3, Chapter 2, 제2.4.2.2항의 기준

공기 소음을 줄이는 방안이다.

강화도 상공을 통과하면서 강하하도록 설정한 최저비행고도(최저 2,600ft)는 제 1 개선방안보다 약 600ft 더 높아진 최저 4,400ft 이상으로 개선 가능하고 현재 절차보다 강화도 북쪽 상공으로 통과할 것으로 예상된다.

○ 제 2-2 개선방안 : P-518 비행금지구역 일부 추가 개방 후 ILS/DME 절차로 연계시키는 방안

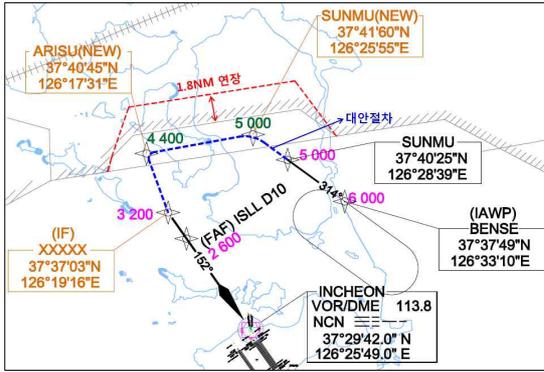


Fig. 5. P-518 비행금지구역 추가 개방 후 예상 RNAV 도착 비행경로

기존에 수립되어 있는 ILS/DME 방식의 접근절차를 그대로 사용하되, 첫 접근 비행로(New SUNMU에서 New ARISU) 구간을 1.8NM 북쪽으로 더 멀리 설정한다.

강화도 상공을 통과하면서 강하하도록 설정한 최저비행고도(최저 2,600ft)를 New ARISU 4,200ft, IF 3,000ft*로 통과하도록 개선하여 현 비행절차의 경우보다 약 1600ft ~ 400ft 이상 높게 비행하도록 개선 가능하고 현재의 비행로보다 북쪽으로 1.8NM 더 멀리 우회하여 강화도 북쪽 상공으로 통과할 것으로 예상된다.

2.4.4 소결론

검토된 각 절차 별 결론은 다음과 같다.

○ RNAV SEL 1C

- 강화도지역 항공기소음 저감 목적의 달성을 위해, 활주로 33R/L 계기출발비행로를 개선할 수 있는 부분은 없음.

- 현용절차는 최저 상승률이 6.5%로 설정되어 있어 강화도 상공 통과 시 비행고도는 최저

4,300ft 이상이 될 것이므로 크게 염려할 정도도 아님.

- ICAO에서 권고한 평균상승률 7.0%를 적용한다면 SUPAN 픽스를 4,636ft로 항공기가 통과하게 되므로 항공기 소음피해는 거의 없을 것으로 판단됨

○ ILS DME RWY 33R/L

- 강화도지역 항공기소음 저감 목적의 달성을 위해, 활주로 33R/L 계기접근절차의 실패접근 비행로를 개선할 수 있는 부분은 없음.

- 실패접근 항공기가 7%상승률로 실행한다면 선회지점(NCN D5 지점)에서 약 3,400ft 정도的高도로 비행하게 될 것으로 예측됨.

- 과거 항공관제 실적(통계) 자료로 미루어 볼 때, 착륙하려고 접근하던 항공기가 실패접근을 하게 되는 경우는 거의 희박한 것이 사실이므로, 실패접근항공기에 의한 소음 피해는 크게 우려되지 않을 것으로 예상됨.

○ ILS DME Z(RWY 15R/L)

- 강화도지역의 항공기 소음 저감 목적의 달성을 위해서는 강화도 상공을 통과하는 동안의 비행고도를 높이는 방향으로의 비행절차 개선이 필요함.

- 이를 위한 비행로 개선은 P-518 비행금지구역에 대한 민항공기 이용 특례 정책의 변경이 선행된 후 추진되어야 함

- 현재의 공역여건에서는 비행로를 개선할 수 있는 부분은 CDA방식을 접목시킨 RNAV 절차를 수립하여 접근고도를 높이는 방안이 추천된다.

2.5 비행 Simulation

2.5.1 비행 Simulation의 목적

- 운항 환경 별 항공기의 성능을 파악
- 현행비행절차를 운용 시 실제항공기궤적을 분석
- 강화도 지역에 적용할 수 있는 합리적인 저소음 운항절차를 도출
- 도출된 개선 방안의 적합성을 검증하고, 보완이 필요한 절차를 제시하고자 함

2.5.2 비행 Simulation 운항환경 설정

* 제 2-1 개선방안과 제 2-2 개선방안에서 IF의 고도가 각각 차이 나는 이유는 ILS 접근의 경우 고도가 높을 경우 ILS 신호를 Capture 하지 못하기 때문에 IF 지점의 고도를 3,000ft로 설정하였음.

- 비행 Simulation 대상 항공기 : B747-400*
- 대기온도, 바람, 이륙중량 : 30℃, 배풍 10 Knots, 최대이륙중량 870,000 lbs**
- 비행 Simulation은 일반적으로 항공기가 소음 영향을 줄 수 있는 지표면으로부터 3,000ft까지의 고도에 초점을 맞추어 해당 비행절차를 수행.

2.5.3 비행 Simulation 수행

비행 Simulation 수행을 위하여 기장(PF), 부기장(PM), Operator, 및 Coordinator 총 4명이 해당 분야 별로 임무를 수행하였고 자료 수집을 위하여 고도정보는 기장이 특정지점을 통과 시 Call-Out 한 고도를 Coordinator가 실시간 수기하였으며, 비행항적은 해당 항공기의 프로그램된 자료를 Operator가 매 비행 시 출력하여 활용함. 비행 Simulation은 <Table 8>와 같이 총 3차에 걸쳐 수행되었다.

Table 8 비행차수 별 Simulation 내용

비행차수	활주로	명칭	비행단계
1차	33L/R	RNAV SEL 1C	이륙상승단계 (7회)
2차	33L/R	RNAV SEL 1C	이륙상승단계
		RADAR 3A	이륙상승단계
	15L/R	ILS/DME Z	최초접근단계
3차	33L/R	ILS/DME	실폐접근단계
	15L/R	ILS/DME Z	최초접근단계

2.5.3.1 1차 비행

- 운항 환경 별로 B747-400 항공기의 출항 성능과 제원 파악을 위하여 총 7회의 표준출발절차(RNAV SEL 1C)를 항공기의 상승속도, 외장(Configuration) 및 풍향/풍속 등 각기 다른 조건으로 수행한 결과, 항공기의 성능이 가장 저하되는 조건(대기온도 30℃, 배풍 10 Knots, 최대이륙중량 870,000 lbs) 하에서 현행 절차를 무난히 수행할 수 있는 환경은 <Table 9>와 같이 상승속도 210Knots/10° Flap으로 검토되었다.

* 비행 7은 비행 6과 동일한 조건이나 GAMJA에서 SUPAN으로 비행하지 않고 활주로 연장선상(Straight Out)으로 10DME/NCN 지점까지 비

행 후 AJANG으로 비행한 경우임. 비행 7의 경로는 인천공항 제3활주로 운영 시에는 독립적으로 사용할 수 없는 경로이나 항공기 성능파악을 위하여 비행한 것임.

- 또한 <Table 10>에 정리된 것과 같이 검토된 조건(비행 6, 상승속도 210Knots/10° Flap)으로 비행 시 GAMJA에서 2,900ft, SUPAN에서 4,,500ft 이상으로 비행할 수 있음이 확인되었다.

Table 9 . 1차 비행결과 (항공기 이륙/상승 및 제원/성능 검토)

비행 순번	조건 (속도/Flap)	출항 FIX 통과고도(ft)/FPM			비고
		GAMJA	SUPAN	AJANG	
비행 1	210Knots/10°	2,980/1,150	4,300/1,300	AJANG 1.2마일 전에 5,500	무풍
비행 2	230Knots/5°	2,960/1,200	4,200/550	5,500	무풍
비행 3	230Knots/10°	2,680/1,150	3,700/900	5,300	배풍 10Knots
비행 4	190Knots/20°	2,720/1,200	4,200/2,100	5,500	배풍 10Knots
비행 5	200Knots/10°	2,700/1,250	4,050/900	6,250/1,200	배풍 10Knots
비행 6	210Knots/10°	2,900/1,500	4,500/1,500	6,250/1,250	배풍 10Knots
비행 7	210Knots/10°	2,950/1,550	10DME/NCN 4,600/1,600	AJANG 1.1마일 전에 5,500/1,550	배풍 10Knots

Table 10. 비행 6 통과지점 별 세무고도

지점	고도	FPM
1DME/NCN	900	2,050
2DME/NCN	1,500	3,000
3DME/NCN	2,100	1,750
4DME/NCN	2,500	1,650
GAMJA(5DME)	2,900	1,500
6DME/NCN	3,300	700
7DME/NCN	3,400	1,550
8DME/NCN	3,940	1,750
SUPAN	4,500	1,500
AJANG	6,250	1,250

비행 6 : 210Knots/10° Flap, 배풍 10knot

2.5.3.2 2차 비행

- 현행 인천공항 비행절차 중 강화도 지역에 소음 영향을 미칠 수 있는 표준출발절차(RNAV SEL 1C, RADAR 3A) 및 표준계기접근절차(ILS DME Z, ILS DME RWY 33L/R)를 수행함.

* B747-400 항공기는 인천공항에서 운항하는 항공기 중 출력이 가장 큰 항공기로서 강화도 지역에 가장 소음영향을 줄 것으로 판단하여 지표 항공기로 선정하였음. 제원은 길이 70.67m, 기폭 64.44m, 기고 19.41m이며 최고 순항속도가 507knots, 최대항속거리가 7,670NM임

** 항공기 성능이 가장 열악해지는 환경을 설정하였음. 그 이유는 현행 비행절차가 최악의 상승성능 조건 하에서 적용할 수 있는 지의 여부를 판단하기 위함. 이를 위하여 혹서기의 온도와 인천공항에서 활주로를 변경하는 기준이 되는 배풍 10 Knots 그리고 B747-400 항공기의 최대이륙중량(875,000 lb)을 적용하였음

- 표준계기출항절차(RNAV SEL 1C) : 표준계기출발절차 RNAV SEL 1C는 1차 비행에서 수행한 비행 6의 제원을 활용하여 비행하였으며, 그 내용은 1차 비행에서 언급한 바와 같이 NCN 6 DME에서 약 3,300ft SUPAN에서 4,500ft 이상으로 비행할 수 있음이 확인됨.<Fig. 7 참조>

을 따라 RWY 15L로 강하접근을 수행하였음. <Fig. 8>와 <Fig. 9>와 같이 계기접근 차트에 명시된 절차를 수행함에 따라 SUNMU(5,000ft MSL)에서 강하를 시작하여 대략 ARISU 직전에서 2,600ft를 유지하면서 수평비행을 하게 되는데 이 지점이 화도면 서쪽해안에서 삼산면(석모도) 남단 지역임

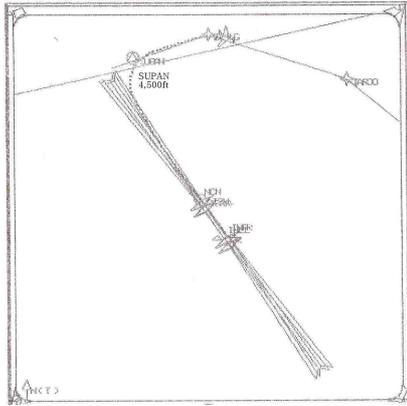


Fig. 6 RNAV SEL 1C(Cross 4,500ft at SUPAN)

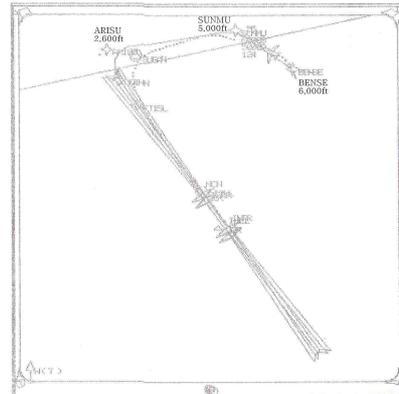


Fig. 8 ILS DME Z RWY 15L/R(Plan View)

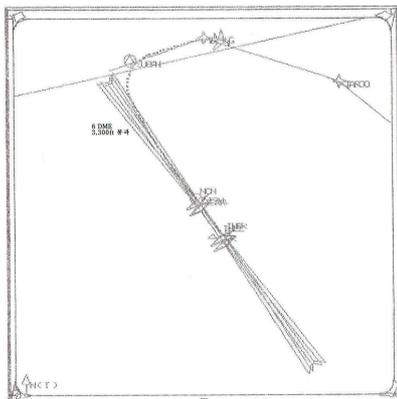


Fig. 7 RNAV SEL 1C(Cross 3,300ft at 6DME/NCN)

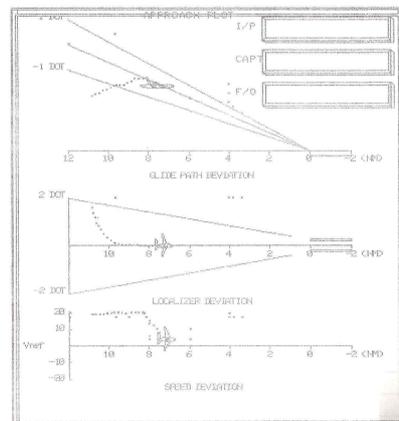


Fig. 9 ILS DME Z RWY 15L/R(Profile View)

- 표준계기접근절차(ILS DME Z RWY 15L/R, ILS DME RWY 33L/R) :

· ILS DME Z RWY 15L/R : 최초접근경로지점 (IAWP)인 BENSE(6,000ft MSL)에서 강하를 시작하여 SUNMU(5,000ft MSL)를 경유, 계속 강하하여 2,600ft MSL에서 수평비행을 유지하면서 ARISU와 중간접근픽스(IF, ISLL D12)를 거쳐 최종접근픽스(FAF, ISLL D10)에서 활공경사각(GS)

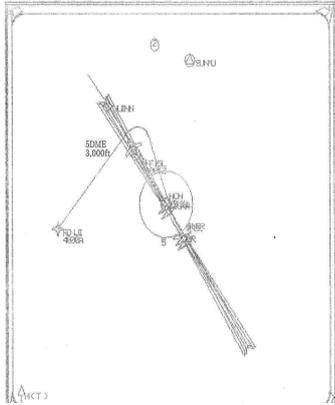


Fig10. ILS DME RWY 33L/R 계기접근 후 실패접근

표준계기접근절차(ILS DME Z RWY 15L/R, ILS DME RWY 33L/R) 중 ILS DME Z RWY 15L/R는 SUNMU(5,000ft MSL)에서 강하를 시작하여 대략 ARISU 직전에서 2,600ft를 유지하면서 화도면 서쪽해안에서 삼산면(석모도) 남단 지역을 통과하므로 항공기 소음의 영향을 줄 수 있다. ILS DME Z RWY 15L/R 계기접근은 RNAV로 최초계기접근 수행 후 중간접근 단계부터는 ILS의 구성요소인 로컬라이저(Localizer)와 활공경로(Glide Slope)를 이용하여 공향으로의 접근이 이루어지므로 ARISU 통과고도를 높이기 불가능하다. ARISU 통과고도를 높이기 위해서는 RNAV 접근절차로 변경이 필요하며, 한편 ILS DME RWY 33L/R 접근 후 실패접근을 수행하는 경우에는 NCN 5DME에서 고도 4,000ft 이상을 유지할 수 있으므로 항공기 소음 영향이 미미할 것으로 판단된다.

2.5.3.4 3차 비행

강화도 지역에 항공기 소음 영향을 줄 수 있는 인천공항의 표준계기접근절차(ILS DME Z RWY 15L/R)의 개선방안을 적용하여 비행

- 표준계기접근절차(ILS DME Z RWY 15L/R) :

· 제1안 : RNAV, 연속강하접근(CDA) 적용 방안

<Fig. 11>과 같이 ILS DME Z RWY 15L/R 계기접근절차를 RNAV RWY 15L/R 계기접근절차로 수립하고, 3° 활공경로각을 유지하여 연속강하접근은 수행함. 이를 위하여 SUNMU 픽스를 5,000ft로 통과하여 4.9NM 비행 후 일정한 강하율로 ARISU 픽스를 약 3,800ft로 통과함

· 제2안 : SUNMU 픽스와 ARISU 픽스의 위치

를 북쪽으로 1.8NM 이동하여 항공기가 강화도 지역을 통과하는 고도를 높이는 방안

· 제2-1안 : <Fig. 12>와 같이 ILS DME Z RWY 15L/R 계기접근절차를 RNAV RWY 15L/R 계기접근절차로 수립하고, 3° 활공경로각을 유지하여 연속강하접근은 수행함. 이를 위하여 SUNMU 픽스를 5,000ft로 통과하여 일정한 강하율로 ARISU 픽스를 약 4,400ft로 통과함

· 제2-2안 : <Fig. 13>과 같이 현행 표준계기접근절차(ILS DME Z RWY 15L/R)를 그대로 운영하되 SUNMU 픽스(5,000ft MSL)에서 강하를 시작하여 강화도 남서쪽에 위치한 ARISU 픽스를 3,200ft로 통과한 후 활공경로각(GS)을 따라서 계기접근수행

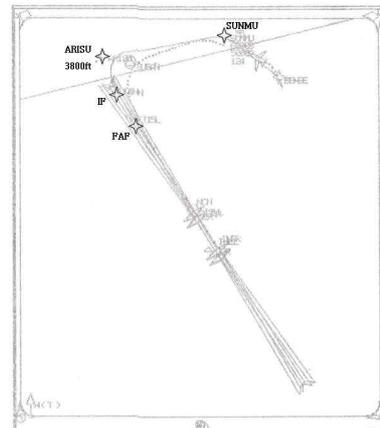


Fig. 11 RNAV(CDA) RWY 15L/R 접근절차

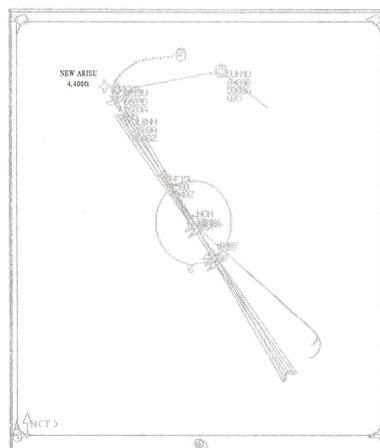


Fig12. Fix가 이동된 RNAV(CDA) RWY 15L/R 접근절차

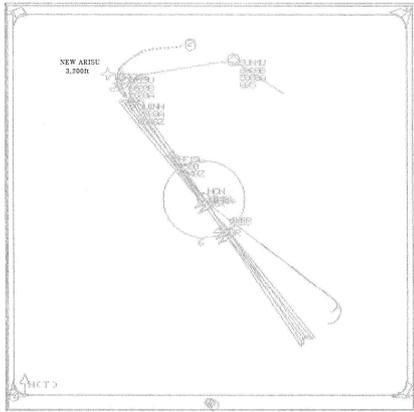


Fig. 13 Fx가 이동된 ILS DME Z RWY 15L/R 접근절차

2.5.4 비행 Simulation 결론

2.5.4.1 항공기 소음영향 예상 운항절차분석

표준출발절차(RNAV SEL 1C)의 비행 Simulation 결과, NCN 6 DME에서 약 3,300ft로 통과하며 SUPAN에서 4,500ft 이상으로 통과가 가능하여 항공기 소음영향이 미미할 것으로 판단된다. 아울러 SUPAN과 AJANG 픽스를 북쪽으로 1.8NM 이동하여 표준출발절차를 수립하는 경우 역시 통과고도는 동일하나 비행항적이 북쪽으로 이동함으로써 현재 민원이 제기되는 마을을 회피할 수 있다.

표준계기접근절차(ILS DME Z RWY 15L/R, ILS DME RWY 33L/R) 중 ILS DME Z RWY 15L/R는 SUNMU(5,000ft MSL)에서 강하를 시작하여 대략 ARISU 직전에서 2,600ft를 유지하면서 화도면 서쪽해안에서 삼산면(석모도) 남단 지역을 통과하므로 항공기 소음의 영향을 줄 수 있다. ILS DME Z RWY 15L/R 계기접근은 RNAV으로 최초계기접근 수행 후 중간접근 단계부터는 ILS의 구성요소인 로컬라이저(Localizer)와 활공경로(Glode Slope)를 이용하여 공항으로의 접근이 이루어지므로 해당 항행안전시설(ILS) 계기접근절차 수립을 위해 ARISU 통과고도를 높이기 불가능하다. ARISU 통과고도를 높이기 위해서는 최신 항행방식으로의 접근절차 변경이 필요하며, 한편 ILS DME RWY 33L/R 접근 후 실패접근을 수행하는 경우에는 NCN 5DME에서 고도 4,000ft 이상을 유지할 수 있으므로 항공기 소음 영향이 미미할 것으로 판단된다.

2.5.4.2 소음영향이 예상되는 운항절차개선안

- 표준출발절차(RADAR 3A) :
RADAR 3A 출발절차의 경우, 이륙 항공기가 최저 6%의 상승률로 비행하도록 수립되어 있어 이 기준을 7% 이상으로 상향조정하여 NCN 6 DME 지점을 3,000ft 이상으로 통과하도록 표준출발절차를 수립할 경우 항공기 소음영향이 더욱 저감될 수 있으므로 절차의 개선이 요구됨. 항공기의 상승성능은 운항절차분석에서 언급한 것처럼 7%의 상승률을 충분히 만족함.

- 표준계기접근절차(ILS DME Z RWY 15L/R)
· 제1안 : RNAV 접근절차 수립 및 연속강하접근(CDA)을 적용하는 방안

표준계기접근절차(ILS DME Z RWY 15L/R)를 최신 항행방식인 RNAV(VNAV/LNAV) 접근절차로 변경이 필요하다. 이와 아울러 3° 활공경로각을 유지하여 연속강하접근을 수행토록 함으로써 ARISU 픽스를 보다 높은 고도(현행 2,600ft에서 3,800ft로 개선)로 통과할 수 있도록 절차를 수립하는 방안이 요구된다.

· 제2안 : SUNMU 픽스와 ARISU 픽스의 위치를 북쪽으로 1.8NM 이동하여 항공기가 강화도 지역을 통과하는 고도를 높이는 방안

· 제 2-1안 : ILS DME Z RWY 15L/R 계기접근절차를 RNAV RWY 15L/R 계기접근절차로 수립하고, 3° 활공경로각을 유지하여 연속강하접근은 수행함. 이를 위하여 SUNMU 픽스를 5,000ft로 통과하여 일정한 강하율로 ARISU 픽스를 약 4,400ft로 통과함

· 제2-2안 : 현행 표준계기접근절차(ILS DME Z RWY 15L/R)를 그대로 운영하여 SUNMU 픽스(5,000ft MSL)에서 강하를 시작하여 강화도 남서쪽에 위치한 ARISU 픽스를 3,200ft로 통과한 후 활공경로각(GS)을 따라서 계기접근수행토록 개선하는 방안

표준계기접근절차 ILS DME Z RWY 15L/R의 두 가지 개선안 중에서 제2-1안(SUNMU 픽스와 ARISU 픽스의 위치를 북쪽으로 1.8NM 이동하고 RNAV 접근절차 수립하여 연속강하접근을 적용하는 방안) 적용 시 강화도 지역을 통과하는 고도가 가장 높이 설정되므로 소음저감을 위한 최적안으로 판단된다.

III. 결론

강화도 지역의 항공기 소음저감을 위한 방안의

일환으로 인천국제공항의 비행절차를 검토하고 비행 시뮬레이션을 통하여 실제 운영가능성을 확인한 결과, 표준계기출발(RNAV SEL 1C, RADAR 3A)절차의 경우 이륙 후 상승률을 현행 6%~6.5%에서 ICAO에서 권고하고 있는 7%를 적용하여 보완하는 경우 인천국제공항에서 이륙한 항공기가 강화도 주변지역을 모두 3,000ft 이상의 고도로 통과할 수 있음을 알 수 있었다.

표준계기접근절차(ILS DME Z RWY 15L/R, ILS DME RWY 33L/R) 중 ILS DME RWY 33L/R 접근 후 실패접근을 수행하는 경우에는 NCN 5DME에서 고도 4,000ft 이상을 유지할 수 있기 때문에 항공기 소음 영향이 미미할 것으로 판단되나 ILS DME Z RWY 15L/R 접근절차는 비행경로와 접근방식의 보완이 요구된다. 이에 대한 권고 방안으로는 ILS DME Z RWY 15L/R 계기접근절차를 SUNMU 픽스와 ARISU 픽스의 위치를 북쪽으로 1.8NM 이동하여 RNAV RWY 15L/R를 연속강하접근으로 수행토록 하는 것이다.

본 연구는 항공기 소음저감을 위한 비행절차의 보완 및 개선에 초점을 맞추어 수행되었으며 차기 연구에서는 인천국제공항의 항공기 소음 자동 측정망의 운영 및 실태, 다양한 항공기 소음저감 방안 별 분석, 미래 소음예측 및 소음관련 법 검토 등을 통하여 종합적인 항공기 소음저감 연구를 지속하여 추진할 예정이다.

참고문헌

- 1) ICAO DOC 4444-ATM/501, Chapter6-6.7.3.2.1c pp46~48
- 2) ICAO Doc 8168 Vol.2 Part I. Section 3. Chapter 3. [Table I-3-3-App-1. Average flight path determination]
- 3) ICAO DOC 8168-OPS/611, Vol 2, Part 3, Section 3, Chapter 2, 2.3.1.1
- 4) 국토해양부, 운항기술기준, 국토해양부, 2008
- 5) 국토해양부, 항공법(법률 제9780호), 국토해양부, 2008
- 6) 국토해양부, 항공법 시행령(대통령령 제21473호), 국토해양부, 2009
- 7) 국토해양부, 항공법 시행규칙(국토해양부령 제164호), 국토해양부, 2009
- 8) 건설교통부/한국건설교통기술평가원, 「저소음 항공기 운항절차 수립을 위한 연구」, 2006
- 9) 건설교통부/한국건설교통기술평가원, 「저소음 항공기 운항절차 수립을 위한 연구보고서(소

음저감분야 해외사례조사)」, 2005

10) 항공안전본부, 「고시 제 2009-303호 항공교통관제절차」, 2009

11) 항공안전본부, 「항공정보간행물 제1권 및 제 2권」

12) International Civil Aviation Organization

<http://www.icao.int>

13) Federal Aviation Administration

<http://www.faa.gov>

14) 국토해양부 항공정책실

<http://www.casa.go.kr>