

한국의 항공로 설계의 법적 근거에 관한 연구***

양한모*, 김병중**

A Study on Standards for Establishing ATS Routes Defined by VOR in Korea***

H. M. Yang*, B. J. Kim**

목 차

I. 서	론
II. 한국 의 항공로 현황	
III. 항공로 설계의 이론적 고찰	
IV. 국제적 설계 기준 분석	
V. 설계기준의 비교 분석 및 대안	
VI. 결	론

Abstract

This paper addresses legislation status of air route design standard of Korea. Korea Ministry of Construction and Transportation's Order Number 300 (March 28, 2001) prescribes that firstly, the design of air routes in Korea should be in accord with International Civil Aviation Organization(ICAO)'s recommendations published in Annex 11: Air Traffic Service and Procedures for Air Navigation Services: Aircraft Operations (ICAO Doc 8168-OPS, 1986), and secondly, United States Federal Aviation Administration(FAA)'s Terminal Instrument Procedures (FAA, 1976). An investigation on the current air route specifications of Korea reveals that they are in accord with neither ICAO's recommendations nor FAA's standards in that the width of Korea's air routes are narrower than the international recommendations and standards. As a member state of ICAO, it is imperative for Korea to follow the international standards. In that purposes, Korea should legislate and regulate the detail standard for air route design.

For the legislation, FAA regulations are to be followed because FAA rules contains more detail specifications while ICAO recommendations includes allows a range of policy decisions, which may result in a confusion in practice.

* 한국항공대학교 항공교통학과 교수

** 한국항공대학교 항공교통학과 교수

*** 본 논문은 2000년 한국항공대학교의 교비지원에 의하여 연구됨

I. 서 론

항공법 제2조(정의)에서 “ 항공로란 항공기의 항행을 위하여 지구 표면에 설정된 회랑 모양의 통행로이다.” 라고 정하고 있다. 이렇게 항공로란 육상의 도로나 철도와 같이 항공기가 지점간을 이동하기 위하여 설정된 통행로로서 항공기의 신속하고 안전한 항행을 보장 할 수 있도록 설정되어야 한다. 항공로상을 비행하는 항공기의 안전을 보장하기 위해서는 항공로의 체계적인 운영 및 관리도 중요하지만 우선 항공로구조가 항공기의 성능 특성을 고려하여 안전을 보장할 수 있도록 설계되어야 한다.

따라서 국제민간항공기구(ICAO)에서는 국제민간항공의 안전한 운항을 위하여 국제민간항공조약 체결국들이 자국 관할구역 내를 안전하게 비행할 수 있도록 ICAO의 권고사항에 따라 자국의 설계 규정을 정하고, 이에 따라 항공로를 설정하도록 의무화하고 있다. 그러나 한국에서는 항공법 제38조에 건교부장관이 항공로를 지정한다 라고만 명시되어 있을 뿐 항공로 설계를 위한 별도의 설계규정을 정하지 않고 있다. 이로 인하여 이미 설정되어 운영중인 항공로들도 그 설계기준이 불분명한 실정이다. 특히, 항공로 설계 요소 중 항공로 폭은 항공기의 공중 충돌을 방지하고, 지상 장애물의 영향을 제거하는데 필요한 절대적인 요소임에도 명확한 기준 없이 8NM과 10NM의 두 종류를 이용하는 것은 한국과 같이 공역이 협소하고 복잡한 경우에는 대단히 위험하다.

따라서 본 논문에서는 항공로의 설계구조가 항공기의 안전운항에 미치는 영향 요소를 살펴보고, ICAO와 FAA의 항공로 설계기준을 비교 검토하여 한국의 항공로 설계 기준을 제시하고자 한다.

II. 한국의 항공로 현황

1. 항공로 설계의 법적 근거

한국에서는 항공로 설계에 관한 명확한 기준이 설정되어 있지 않다. 다만, 항공법 상의 항공로 지정에 관한 사항과 건설교통부 훈령 제300호(2001. 3. 28) 항공교통규정의 제4조 2항의 계기비행절차수립기준이 있을 뿐이다. 그러나 훈령에서는 계기접근절차를 수립시 국제민간항공기구(ICAO) 발행 항공기운항(Aircraft Operation, Doc8168) 규정을 우선 적용하거나, 지상 장애물이나 공역제한 등으로 절차수립이 불가능할 경우에는 미연방항공청(FAA)이 발행한 국지계기절차(Terminal Instrument Procedures)를 적용할 수 있도록 하고 있다. 그러나 위의 ICAO규정에는 항공로 설계에 관한 내용이 없고, FAA규정에는 항공로 설계에 관한 규정이 포함되어 있으나 법령 적용 상 적용이 준용보다 우선하므로 건교부의 훈령도 항공로 설계의 법적 근거로 하기에는 부족하다.

2. 우리 나라의 항공로 현황

우리 나라에는 11개의 국제항공로와 5개의 국내항공로 등 16개의 항공로가 설정되어 운영되고 있으며, 그 현황은 다음의 <표-1> 우리 나라의 항공로 현황과 같다.

3. 문제점

항공로의 폭 등 설정 기준은 ICAO 부속서 및 편람에 규정되어 있으며, 각 국가는 이를 기준으로 하여 자국의 설계기준을 제정하여 적용토록 되어 있다. 그러나 우리 나라에는 세부규정의 제정 없이 ICAO규정을 적용하거나 FAA규정을 준용토록 건설교통부 훈령에 명시하고 있으나, 설정된 항로들은 두 규정과는 다르게 설계되어 있다.

특히 한국은 공역이 협소하고 항공로 주위에 71개의 통제공역과 47개의 주의공역이 밀집되어 있어 항공로상에서 민간항공기와 군용항공기의 근접접근(Near Miss)이 빈번하게 발생하여 공중충돌의 위험이 상존하고 있는 실정이다. 항공로에 있어서 지상 장애물의 영향과 다른 항공기의 진입을 통제하는 기준인 항공로의 폭은 비행안전상 가장 중요한 사항임에도 불구하고 항공로 설계에 관한 규정도 없이, 국제적 기준에 비하여 협소하게 설정되어 있으며, 13개 항공로의 19개구간에서 일정 길이 (ICAO :50NM, FAA:102NM)이상의 항공로에는 항행안전시설로부터 먼 거리에 있어서의 항공기의 항공로 이탈의 가능성을 줄이기 위한 확장구간을 설정하지 않는 등, 비행안전을 보장하기 위한 국제적 기준에 부합되지 않는 문제점이 있다.

< 표 1 > 우리 나라의 항공로 현황

구분	항로명	국내구간	연결구간	항로폭	항로길이(NM)
관 계 구 역 항 공 로	A-582	SEL~APELA	동경FIR	10NM	201(SEL20-OSN22-SINSA10-AKLAS22-VAPKA15-PATGA39-TUG21-KALDO25-PSN27-APELA)
	A-586	INTOS~RUGMA	동경FIR	10	389(INTOS48-AGSUS65-BULGA63-PSN33-TOPAX47-GOSBO30-MAKET47-CJU56-RUGMA)
	A-593	ONIKU~LAMEN	동경FIR~ 상해FIR	50	140(ONIKU31-NIRAT56-SADLI53-LAMEN)
	A-595	CJU~SAMDO	동경FIR	8	85(CJU36-TAMNA49-SAMDO)
	B-332	KANSU~IGRAS	평양FIR~ 동경FIR	50	80(KANSU40-PAVLA20-SABET20-IGRAS)
	B-467	KAE~KANSU	평양FIR	10/50	218(KAE125-INTOS20-TENAS73-KANSU)
	B-576	SEL~ATOTI	나하FIR	10	461(SEL20-OSN22-NAMJA19-PATRO29-BOTKI24-ALADI24-KWA52-IPDAS52-CJU217-ATOTI)
	G-203	PSN~KALEK	동경FIR	10	43(PSN43-KALEK)
	G-339	PSN~INVOK	동경FIR	8	26(PSN26-INVOK)
	G-585	SEL~SAPRA	동경FIR	8	210(SEL12-KALMA18-ILJUK12-BULL19-HODOL11-BIGOB10-CUN30-PARROT38-KPO60-SAPRA)
	G-597	AGAVO~LANAT	청따오FIR~ 동경FIR	10	383(AGAVO20-GONAV60-NOPIK29-GYTIK14-DAEBU18-SEL22-ENKAS14-KARBU45-JINBU8-KAE30-SORAKI23-LANAT)
	V-11	SORAK~PSN	국내항로	10/8	145(SORAK19-WONDO47-BUKDO22-KPO37-NAMDO20-PSN)
	V-543	KWA~PSN	국내항로	10	108(KWA38-NIKET45-SAPDI25-PSN)
	V-547	KWA~TGU	국내항로	10	97(KWA56-IGDOK41-TGU)
	V-549	KUZ~KPO	국내항로	10	140(KUZ13-BOTKI35-OKISA48-TGU24-LATEP20-KPO)
	W-45	KWJ~PSN	국내항로	10	107(KWJ38-VENUS45-AMIK24-PSN)
16개 항로(국제항로 11개, 국내항로 5)					2833NM

항공로를 설계할 때에도 공역설계와 마찬가지로 공역설계요인과 정책요소 및 세부적인 사항들이 충분히 반영되어야 하고 체계적인 의사결정과정에 따라 과학적이고 합리적으로 이루어져야 하고 사전평가가 필요함에도 불구하고 단지 정책적 의사결정과정에서 항공로가 설정되고 있는 실정이다.

또한 한국의 항공로는 단일 항공로를 고도차이를 두고 왕복으로 사용하는 왕복항공로로 설정되어 있어 항공로상의 항공기 분리기준 적용에 따른 지연이 불가피하다.

III. 항공로 설계의 이론적 고찰

1. 항공로의 개념

항공로(airway)라 함은 건설교통부 장관이 항공기의 항행에 적합하다고 지정한 지구의 표면에 표시한 공간의 길을 말한다(법 제2조). 따라서 항공로는 항공기의 항행에 적합하여야 하고 공중에 설치된 통로로서 건설교통부 장관의 지정(법 제38조)을 받아야 항공로로서의 요건을 갖춘다.

여기에 관련하여 국제 민간항공조약 제 4부속서 및 제 11부속서는 항공로를 다음과 같이 정의하고 있다. 즉 항공로란 '무선항공 보안시설을 이용하여 회랑 상으로 설치한 관계구 또는 일부'라고 규정하고 있다. 따라서 이 조약 부속서에서 항공로란 관계구의 일부로 생각되고 있지만, 우리나라의 항공법이나 시행규칙에서는 이것과는 개별의 것으로 취급하고 있다고 할 수 있다.

건설교통부 장관은 항공기의 항행에 적합한 공중의 통로를 항공로로 지정하고 있는바, 그 항공로는 항공로의

지정에 관한 공고에 의하여 명칭이나 공역의 위치 및 범위가 건설교통부 장관이 발행하는 항공고시보 또는 항공정보간행물에 구체적으로 정하여 진다(법 시행령 제11조). 이것은 건설교통부 장관이 교통경로, 지리적 및 지형적 조건, 항공보안 시설의 특성 등을 고려하여 항공기의 비행에 적합한 통로로서 지정한 것이다. 여기서 말하는 '항공기의 항행에 적합한' 것이란 당해구간의 기상, 지형조건, 항행안전시설의 종류 및 성능 등에 의해 결정된다, 따라서 항공로는 국가가 항공기의 항행의 안정성에 관해 공인을 한 통로이다.

2. 항공로의 법적 특성

가. 국제법상의 특성

국제민간항공조약 제1조에서 이 조약 체결국들은 자국 영토 상공의 공역에 대하여 완전하고도 배타적인 주권을 갖고 있음을 명시하면서, 그 조약 부속서 제11권(ANNEX 11) 제2장에서는 영공은 물론 공해 상공까지 포함하는 관할 공역(비행정보구역 : FIR)내에 항공로를 포함하는 항공교통업무(Air Traffic Service : ATS)공역을 설정하도록 의무화하고 있다. 이 관할공역은 지역항공회의(Regional Air Navigation Meetings)에서 해당국가의 영공과 ATS제공능력 등을 고려하여 결정하고 ICAO 이사회에서 승인한 공간으로서, 주권이 행사되는 영공과는 달리 ATS업무 제공의 책임 공역으로서 특성을 갖는다. 그러나 대부분의 국가에 있어서는 ATS 업무가 그 국가의 행정권으로 시행되므로 공해상에서의 특정 국가의 주권의 행사라는 국제법적 문제도 내포하고 있다.

항공로는 ATS 공역 중에 하나이나 항공기의 지점간 이동 통로로서 항공기의 비행안전과 경제적 운항에 절대적인 영향을 미치므로 그 설계기준을 조약 부속서 11, 부록A에서 별도로 제시하고 각 국가는 이 기준에 따라 자국의 설계기준을 정하고, 그 기준에 따라 항공로를 설계하도록 하고 있다.

나. 항공법상의 특성

항공로(airway)라 함은 건설교통부 장관이 항공기의 항행에 적합하다고 지정한 지구의 표면상에 표시한 공간의 길을 말한다(법 제2조). 따라서 항공로는 항공기의 항행에 적합하여야 하고 공중에 설치된 통로로서 건설교통부 장관의 지정(법 제38조)을 받아야 항공로로서의 요건을 갖춘다.

여기에 관련하여 국제 민간항공조약 제 4부속서 및 제 11부속서는 항공로를 다음과 같이 정의하고 있다. 즉 항공로란 '무선항공 보안시설을 이용하여 회랑 상으로 설치한 관제구 또는 일부'라고 규정하고 있다. 따라서 이 조약 부속서에서 항공로란 관제구의 일부로 생각되고 있지만, 한국의 항공법이나 시행규칙에서는 이것과는 개별의 것으로 취급하고 있다고 할 수 있다.

건설교통부 장관은 항공기의 항행에 적합한 공중의 통로를 항공로로 지정하고 있는바, 그 항공로는 항공로의 지정에 관한 공고에 의하여 명칭이나 공역의 위치 및 범위가 건설교통부 장관이 발행하는 항공고시보 또는 항공정보간행물에 구체적으로 정하여 진다(법 시행령 제11조). 이것은 건설교통부 장관이 교통경로, 지리적 및 지형적 조건, 항공보안 시설의 특성 등을 고려하여 항공기의 비행에 적합한 통로로서 지정한 것이다. 여기서 말하는 '항공기의 항행에 적합한' 것이란 당해 구간의 기상, 지형조건, 항공보안시설의 종류 및 성능 등에 의해 결정된다, 따라서 항공로는 국가가 항공기의 항행의 안전성에 관해 공인을 한 통로이다.

항로의 폭 등 설정 기준은 ICAO 부속서 및 편람에 규정되어 있으며, 각 국가는 이를 기준으로 하여 자국의 설계기준을 제정하여 적용토록 되어 있다. 그러나 우리 나라에는 세부규정의 제정 없이 ICAO와 FAA규정을 준용토록 건설교통부 훈령에 명시하고 있으나, 설정된 항로들은 두 규정과는 다르게 설계되어 있다. 특히 우리나라와 같이 공역이 협소하고 항로 주위에 통제공역과 주의공역이 밀집되어 있는 상황에서 항로에 있어서 지상 장애물의 영향과 다른 항공기의 진입을 통제하는 기준인 항로의 폭은 비행안전상 가장 중요한 사항임에는 불구하고 훈령의 내용과는 다르게 국제적 기준에 비하여 협소하게 설정되어 있어 비행안전의 저해요인이 되고 있다.

또한 한국의 항공로는 왕복항로로 설정되어 있어 항공로상의 항공기 분리기준 적용에 따른 지연과 항공로의 육상 전 구간을 걸쳐 통제공역과 위험공역과 접촉되어 있어 이공역내에서 비행하는 군 항공기와 충돌 위험이 상존 하며, 항공로 설계가 항행안전을 보장하기 위한 국제적 기준과 부합되지 않는 문제점이 있다.

3. 항공로의 설계의 특성

항공로는 공역의 일종으로서 항공로를 설계할 때는 공역 설계의 일반적 원칙과 항공로의 독자적 특성이 고려되어져야 한다. 특히 항공로 설계요소들은 해당 항공로를 비행하는 항공기의 비행안전과 경제적 운항에 절대적인 영향을 미치며, 인접한 다른 공역과 그 공역 내에서 비행하는 항공기와 전체 공역구조에도 영향을 미친다. 따라서 항공로를 설계할 때는 각각의 설계요소들을 정확하고도 면밀하게 적용하여야 한다. 공역설계의 일반적 원칙은 다음과 같다.

가. 공역설계의 일반적 원칙

1) 공역 설계의 목적

공역 설계의 목적은 공역의 설계와 관리를 통하여 국가공역시스템의 안전유지와 효율성을 증대시키기 위한 목적을 추구한다. 따라서 공역시스템 내의 지체(delay)를 감소시키고, 시스템 운영의 유연성과 예측성을 증대시키며, 공역 이용자의 이용성을 제고하고, 시스템의 생산성과 수용능력을 극대화하고자 한다.

2) 공역 설계 요인 및 전제조건

공역 설계에 영향을 미치는 요소와 영향은 다음과 같다.

- 가) 시스템의 효율 : 미래의 공역은 다양한 항공운항 형태를 공역 내에 수용할 수 있어야 하며 관제사와 조종사가 업무량을 안전하고도 효율적으로 처리할 수 있어야 한다.
- 나) 항공기술 : 항공기의 무선교신, 공중항법과 공중감시 분야의 항공기술의 진보로 인하여 공역사용자의 공역이용도와 시스템의 운영상의 융통성이 증가될 것으로 예상된다. 또한 항공교통관리시스템의 새로운 의사결정방법의 개발은 관제사가 미래의 시스템의 수요를 처리할 수 있는 능력을 갖추는데 있어 필수적이다.
- 다) 탑재장비의 성능 : 항공기술의 발달로 공역사용자는 특정한 비용-효용 면의 이익을 가져다 줄 항공장비의 탑재를 선택할 것이다. 고성능 항공기는 현재 정교한 지역항법(RNAV)시스템과 비행관리시스템(FMS)을 탑재하고 있어 더욱 정교한 비행루트(UPR)를 비행할 수 있다. 대다수의 공역사용자는 지상에 설치된 항행안전시설의 도움 없이도 항행이 가능하다.
- 라) 협력 정도 : 공역관리 부서는 계속해서 공역사용자와 이해단체의 의견을 존중하고 그들의 의견에 관심을 갖고 청취할 것이며, 공역의 개선에 앞서 관제사의 인력보강과 인적요인 환경의 개선을 통해 관제사의 업무량과다 문제가 해결되어야 한다.
- 마) 하부 시스템의 구조개선 : 국가공역시스템의 하부구조와 국가공역의 재설계는 상호의존적이며, 전체국가공역시스템의 기존 설비능력을 확충하여 미래의 수요에 대비하여야 한다.

3) 공역 설계의 정책요소

국가공역의 설계에 반영되어야 할 정책요소는 다음과 같다.

- 가) 공역사용 집단들과의 합의 : 공역사용의 계획된 변경사항은 서비스 제공부처와 사용자 집단들의 모든 관련 부처간의 합의에 의해 개발되어야 한다.
- 나) 기술적 혁신 : 계획된 변경사항은 항공기술의 발달과 균형을 이루어 사용자의 항행 요구기준을 충족할 수 있는 비 제한적인 공역규모에 일치하고 효율적인 항공교통업무 수행에 장애가 되어서는 안 된다.
- 다) 시간적 민감성 : 변경된 사항은 국가공역시스템의 혁신과 관련해서 시기적인 효과에 대한 평가와 함께 공역운영은 단기-중기-장기 계획에 기초하여 이루어져야 한다.
- 라) 일관성 : 공역구조의 변경은 공역체계의 하부구조와 사용자의 항공활동을 고려하여 변화하는 국가공역체계의 운영개념과 일치하여야 한다.
- 마) 동등한 공역사용 : 계획된 공역체계의 변경 시 민/군 항공의 균형 된 공역이용이 보장되어야 한다.
- 바) 경계선(Boundary) : 계획된 공역체계의 변경 시 운영상 또는 항공교통관제구역의 경계선에서의 항공기의 예상되는 활동이 억제되어야 한다.
- 사) 대체방안의 평가 : 공역체계의 변경 시 가능한 모든 대체방안에 대한 평가를 실시한다.
- 아) 비용-효율 분석 : 공역사용자 사회에 특정한 영향이 미치는 공역체계의 변화는 서비스제공자와 공역사용자 사회의 참여와 연구를 통해 비용-효율분석을 실시해야 한다.

4) 공역 설계 시 고려 사항

항공로를 설계할 때에는 일반적으로 공역을 계획할 때에 고려하여야 할 다음과 같은 세부적인 사항이 고려되어야 한다.

- 교통수요
- 계기비행 보호공역
- 항공교통의 혼잡도
- 기타 공역의 존재
- 항행안전시설
- 공역의 신축적 사용
- 비행로와 체공장주
- 산악 지형
- 공역의 등급
- 관할 구역의 분할
- 레이더 포착범위
- 환경요소
- 관제사의 인력 수준
- 국제적인 필수요건
- 상호 관련 구역

5) 공역설계의 단계

공역설계 및 변경에 대한 단계는 일반적 의사결정과정과 같이 다음과 같다.

- 가) 문제의 성격과 범위의 인식
- 나) 대체방안의 식별과 평가를 통한 초기평가 실시
- 다) 공역설계팀 발족 및 공역연구
- 라) 대체방안, 모델, 자료수집을 통한 공역연구 수행
- 마) 연구결과 종합, 최적안 선정 및 최종 결재와 공역사용자에 대한 브리핑
- 바) 시행
- 사) 시행결과의 평가

나. 항공로 설계의 구조적 요인

항공로를 설계할 때는 일반적으로 공역을 계획할 때에 고려하여야 할 여러 가지 사항들을 고려하여야 한다. 특히 항공로 설계요소들은 해당 항공로를 비행하는 항공기의 비행안전과 경제적 운항에 절대적인 영향을 미치며, 인접한 다른 공역과 그 공역 내에서 비행하는 항공기와 전체 공역구조에도 영향을 미친다. 따라서 항공로를 설계할 때는 각각의 설계요소들을 정확하고도 면밀하게 적용하여야 하며, 다음과 같은 세부적인 사항이 설정되고, 고려되어야 한다.

- 이용 항행안전시설 및 정밀도, 명칭
- 각 항행안전시설로부터의 입·출항 방위
- 항공로의 폭
- 항공로의 길이
- 공역의 상·하한 고도
- 항공로의 최저 사용고도(MEA)
- 항행목표 변경점(COP)
- 필수보고지점 및 비필수보고지점(fix)
- 각 지점(fix)사이의 거리
- 항공로 명칭
- 항공로 관리 기관

IV. 국제적 설계기준의 분석

한국에서는 항공로 설계에 관한 명확한 기준이 설정되어 있지 않다. 다만, 건설교통부 훈령 제300호(2001. 3. 28)의 제4조 2항의 계기비행절차수립기준에서 국제민간항공기구(ICAO) 발행 항공기운항(Aircraft Operation, Doc8168) 규정을 우선 적용하거나, 지상 장애물이나 공역제한 등으로 절차수립이 불가능할 경우에는 미연방항공청(FAA)이 발행한 국제계기절차(Terminal Instrument Procedures)를 적용할 수 있도록 하고 있다. 그러나 위의 FAA 규정에는 항공로 설계기준이 포함되어 있으나, ICAO 규정에는 항공로 설계규정이 없으므로 이 훈령의 적용에도 문제가 있다. 따라서 ICAO와 FAA의 항공로 설계에 관한 규정을 비교 검토함으로써 한국에서의 항공로 설계기준을 설정할 수 있다.

본문에서의 두 규정의 비교 · 검토는 항공로 설계의 여러 가지 요인 중에 항공기의 안전 비행에 가장 영향이 크고 두 규정 사이에 차이가 있는 항공로 폭의 설계에 관한 사항에 국한하여 검토한다. 다른 요인들은 ICAO의 규정을 그대로 적용하더라도 시행 상 문제가 없다.

1. 국제민간항공기구(ICAO)의 설계기준

가. 기준 설정 배경

국제민간항공기구에서는 전방향무선표지시설(VOR)을 이용한 항공로의 설계기준만을 조약 체결국들에게 권고하고 있다. 국제민간항공기구(ICAO)의 항공로 설계에 관한 규정은 국제민간항공조약 부속서 11 항공교통업무(ICAO ANNEX 11, Air Traffic Service)의 참조A와 동 부속서의 편람인 항공교통업무 계획 교범(Doc 9426-AN/924 : Air Traffic Services Planning Manual) 제5장에 수록되어 있으며 기타 이와 관련되는 여러 기준들이 다른 부속서와 편람에 규정되어 있다.

이 규정은 1972년의 유럽과 1978년에 미국에서 수행된 연구를 기초로 하고 있다. 특히 “평행비행로구조 사이의 분리 최저치 산출 방법(Methodology for the Derivation of Separation Minima Applied to the Spacing Between Parallel Tracks in ATS Route Structures)”에 관한 유럽의 연구 결과는 ICAO 회람(Circular) 120으로 채택되었다. 또한 항공로 설계에 있어 가장 중요한 항공로의 중심선을 설정하는데 사용되는 전파선의 방사 시설인 전방향무선표지시설(VOR)의 성능 기준에 관하여는 부속서 10(Aeronautical Tele-Communication)과 이의 편람인 Doc 8071(Manual on Testing of Radio Navigation Aids)에서 규정한 요구 조건을 충족하도록 되어 있다.

나. 항공로 폭의 설계기준

1). 적용 기준

항공로 설계에 있어 가장 중요한 항공로의 중심선을 설정하는데 사용되는 전파선의 방사 시설인 전방향무선표지시설(VOR)의 성능 기준에 관하여는 부속서 10 (Aeronautical Tele-Communication)과 이의 편람인 Doc 8071 (Manual on Testing of Radio Navigation Aids)에서 규정한 요구 조건을 충족하도록 되어 있다.

또한 항공기가 일정 구간의 항공로를 비행할 때에는 전 비행시간동안 보호공역(항공로의 폭) 내에서 비행할 수 있는 수용율(Containment)이 최소 95% 이상이 되도록 항공로의 폭을 설정하여야 한다. 이러한 항공로의 폭은 해당공역에서 항공기의 측면이탈이 레이더에 의해 감시될 때는 축소시킬 수 있고, 반대로 항공로가 비행금지, 제한, 또는 위험구역, 군용기의 상승 또는 강하통로에 근접해 있는 경우에는 항공로의 폭을 증가(수용율을 높여서)시킬 수 있다. 측정단위는 미터법을 사용하도록 규정하고 있다.

2). 주요 기술 기준

VOR항공로의 폭을 결정하는데 영향을 주는 주요 기술 기준은 다음과 같다.

가) 진로정보를 제공하는 항행안전시설의 정밀도

- o $\pm 3.5^\circ$: 지상장비의 오차
- o $\pm 1.0^\circ$: 감시 오차
- o $\pm 2.7^\circ$: 항공기내 수신장비 오차
- o $\pm 2.5^\circ$: 비행기술상 오차

- 총 오차(요인들의 제곱근의 합) : $\pm 5.2^\circ$
- 교차진로의 오차 : $\pm 4.5^\circ$
- 보호공역의 범위 : $\pm 7.8^\circ$

나) 항로감시용 레이더의 정밀도

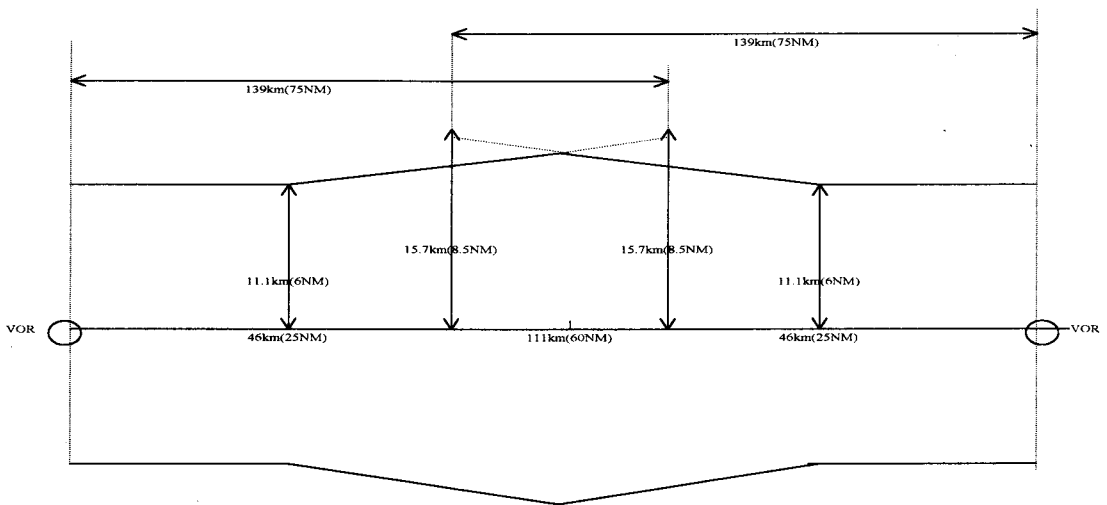
- 레이더 지도 정밀도 : $\pm 2.2\text{km}(1.2\text{NM})$
- 방향 정밀도 : $\pm 1.5\text{km}(0.8\text{NM})$
- 비행기술상 오차 : $\pm 1.4\text{km}(0.7\text{NM})$
- 관제사 기술상 오차 : $\pm 1.1\text{km}(0.6\text{NM})$
- 총오차(제곱근의 합) : $\pm 3.2\text{km}(1.7\text{NM})$

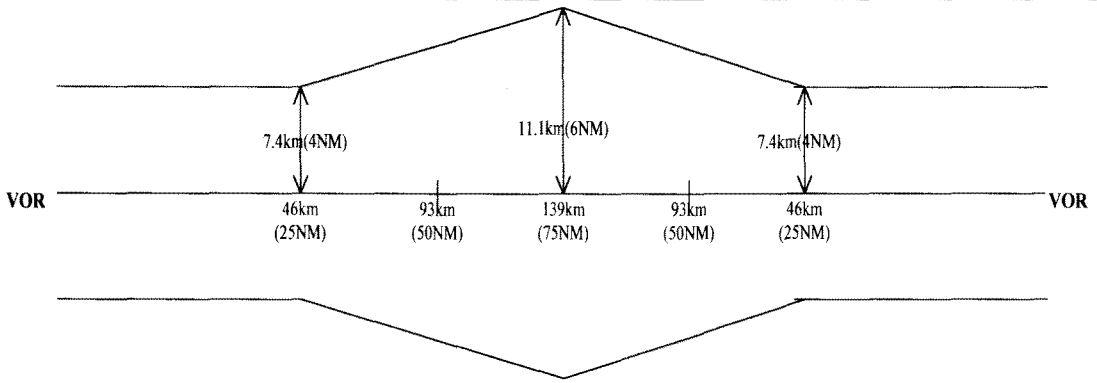
다. 단일 항공로의 폭

단일 항공로의 폭은 정책적으로 결정되는 수용율과 해당 항공로의 길이에 따라 결정된다. VOR항공로를 구성하는 VOR간의 간격은 최대 150NM이며, Containment가 95%인 경우 VOR로부터 25NM까지는 4NM, 25NM을 초과하여 75NM까지는 6NM로 확대된다. 항공로의 길이가 150NM 이상인 경우에는 아직 기준이 없으나 VOR로부터 75NM까지는 위의 기준을 적용하고 그 이상 되는 부분은 VOR로부터 ± 5 도의 각도로 확대되는 선의 교점으로 폭을 결정해도 무방한 것으로 간주하고 있다. 다음의 <표-2> 과 <그림-1> 은 수용율과 항공로의 길이에 따른 항공로의 폭을 나타내고 있다.

<표-2> 수용율과 항공로의 폭

구분		수용율 (Percentage containment)					
		95	96	97	98	99	99.5
25NM까지 폭	km	± 7.4	± 7.4	± 8.3	± 9.3	± 10.2	± 11.1
	NM	± 4.0	± 4.0	± 4.5	± 5.0	± 5.5	± 6
50NM까지 폭	km	± 11.1	± 11.1	± 12.0	± 12.0	± 13.0	± 15.7
	NM	± 6.0	± 6.0	± 6.5	± 6.5	± 7.0	± 8.5

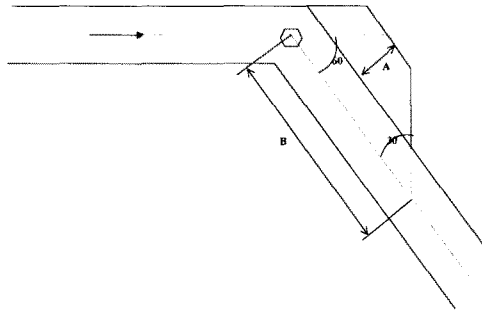




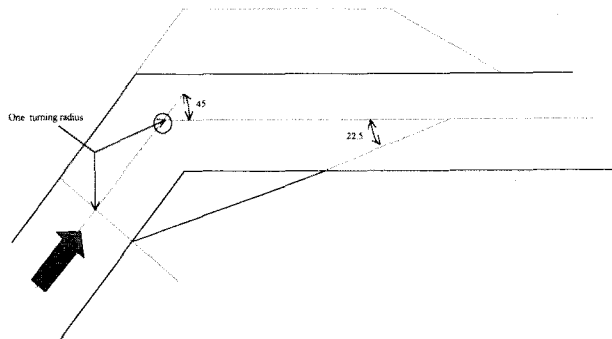
〈그림-1〉 항공로 폭의 결정

라. 선회구역 설정

VOR을 이용하여 설정된 두 개의 항공로가 25도를 추가하는 각도로 교차할 경우 선회부분의 내·외 외곽에 추가보호공역을 설정해야 한다. 이 추가공역은 25도를 초과하는 방향변경도중 실제로 증가하는 항공기의 측면 이동에 대한 완충용으로 교차각도의 크기에 따라 다르다. 이 구역의 크기를 결정하는 요소에는 항공기 속도, 선회각도, 예상풍속, 위치오차, 조작지연 및 새 비행로로 변경하기 위해 30도 이상의 각도로 진입, 95%의 수용을 확보 등이 있다. ICAO에서는 추가보호공역의 설정을 용이하게 하기 위하여 30도, 45도, 60도, 75도 및 90도의 각도로 선회하는 항공기를 수용하는데 필요한 단순화된 모형(template)를 제시하고 있다. 다음 〈그림-2〉, 〈그림-3〉 및 〈표-3〉은 추가보호공역과 설정기준을 나타낸다.



〈그림-2〉 외측 추가공역



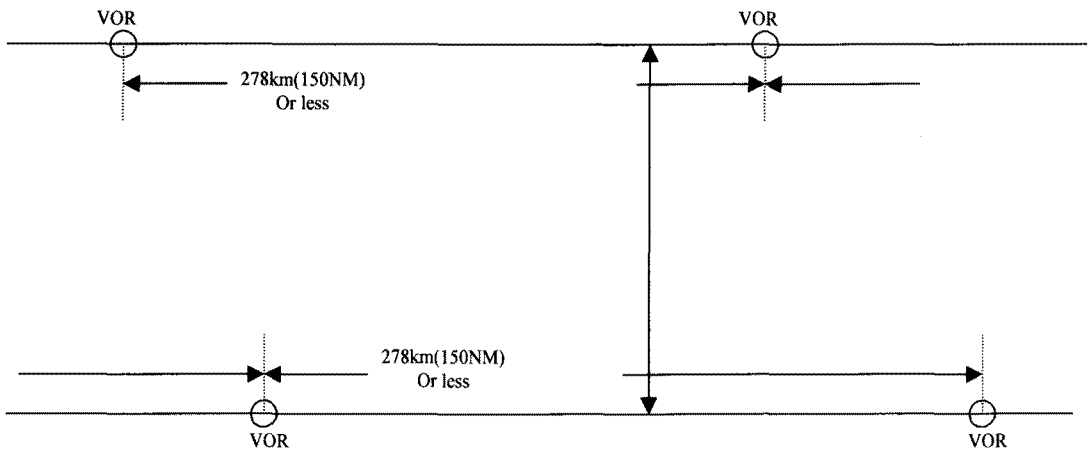
〈그림-3〉 내측 추가공역

〈표-3〉 추가보호공역의 크기

교차점		교차각도	30°	45°	60°	75°	90°
VOR	거리 "A"	km	5	9	13	17	21
		NM	3	5	7	9	11
	거리 "B"	km	46	62	73	86	92
		NM	25	34	40	46	50
픽스	거리 "A"	km	7	11	17	23	29
		NM	4	6	9	13	16
	거리 "B"	km	66	76	88	103	111
		NM	36	41	48	56	60

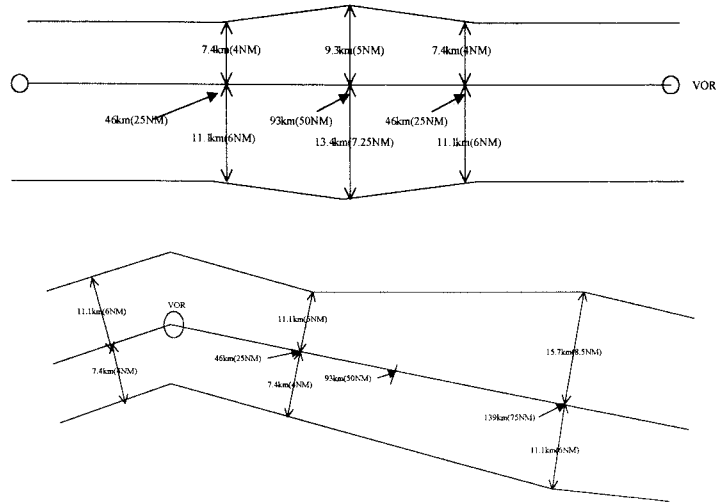
마. 평행항공로간의 간격

충돌위험계산(target level of safety method)에 의한 연구 결과에 의하면, 조사된 여건의 종류에 따라 VOR을 이용한 항공로가 평행비행로의 조건을 갖춘 경우에 150NM 이하의 항공로 중심선간의 거리는 레이더 감시가 이루어지지 않는 경우에는 〈그림-4〉과 같이 반대방향으로 비행하는 평행항공로는 33.3km(18NM), 평행하게 비행하는 항공로는 30.6km(16.5NM)의 간격을 유지해야 한다. 이 간격은 평행항공로의 항공기가 동일 고도를 비행하지 않는 경우 등과 같이 특정한 경우에 한하여 정밀한 연구를 통하여 0.5 내지 3NM까지 축소할 수 있다. 레이더감시 및 측면이탈통제가 이루어지는 경우에는 충분히 만족스러운 수학적 모형을 개발하고 간격의 축소에 관련된 요소들에 대한 정밀한 검증과 다년간의 경험에 의하면 간격을 8 내지 10NM까지 축소할 수 있으나 단축간격체제로 운영시에는 여러 가지 항행상의 주의가 필요하다.



〈그림-4〉 평행항공로의 간격

VOR항공로가 인접해 있고 각도의 차이가 10도를 초과하는 경우에는 인접 항공로간의 보호공역이 겹치지 않고 99.9%의 수용율이어야 한다. 또한 항공로 구간간에 25도를 초과하는 각도차이가 있을 경우는 〈그림-5〉과 같이 인접한 부분에 추가보호공역을 설정해야 한다.



<그림-5> 비평행 항공로간의 간격

바. 항행목표 변경지점(COP)

VOR로 구성된 항공로의 간격이 110km(60NM) 이상인 경우에 한하여 항공로에 항행목표 변경지점을 설정해야 한다. 이 지점은 항행안전시설의 성능 또는 주파수보호기준에 따라 달리 설정하지 않는 한 직선비행로의 경우에는 시설사이의 중간지점에 설정하여야 하며, 시설 사이에서 방향이 변경되는 경우에는 교차점에 설정하여야 한다. 이 COP가 중간지점에 위치하게 되면 양쪽 항공로의 모양은 대칭을 이루나, 중간지점이 아닌 경우에는 항공로의 보호구역(폭)의 모양과 크기가 달라진다.

2. 미국 연방항공청(FAA)의 설계기준 분석

가. 기준설정 배경

미국 연방항공청(FAA)에서는 ICAO 규정을 그대로 적용하지 않고 독자적인 규정을 제정하여 적용하고 있으며, 전방향표지시설(VOR)과 무지향표지시설(NDB)을 이용한 항공로 설계기준을 제정하여 미국내의 군·민 항공기에 모두 적용하고 있으나 한국에서는 NDB항공로가 사용되지 않으므로 분석에서 NDB기준은 제외한다.

FAA의 항공로 설계규정은 FAA 기술규정 8260.3B인 “The United States Standard for Terminal Instrument Procedures(TERPS)” 제17장에 수록되어 있으며, 기타 이와 관련되는 여러 기준들이 다른 항공규정 및 교범(HANDBOOK)에 규정되어 있다. 이 규정은 ICAO의 항공로 설계에 관한 권고 사항과 1978년 및 1984년 미국에서 수행된 연구를 기초로 하고 있으며, 항공로의 폭을 결정하는데 있어서 ICAO와는 다르게 ICAO Containment 99.5%에 해당하는 고정된 항공로의 폭을 적용하고 있다.

나. 항공로 폭의 설계 기준

1) 적용 기준

FAA는 항공로의 폭(진로의 보호구역)을 결정하는데 해당 항행안전시설의 정밀도(오차범위)를 적용하여 항공기가 오차범위 내에서 비행함으로써 보호구역의 이탈 확률을 최소화하도록 하고 있다. 항행안전시설의 정밀도는 ICAO의 기준을 따르지 않고 ICAO보다 낮은 기준을 독자적으로 적용하고 있다. 또한 지상장애물의 영향을 고려하여 항공로 중심선으로부터 먼거리의 보호구역에 대하여는 지상장애물로부터의 안전고도(장애물회피기준)를 감소하여 적용하도록 항공로의 폭을 기본구역(Primary Area)과 부수구역(Secondary Area)으로 나누고 있다.

2) 주요 기술 기준

항공로의 폭을 결정하는데 영향을 주는 주요 기술 기준은 다음과 같다.

가) VOR의 정밀도

- o 진로의 정밀도 : ± 4.5°

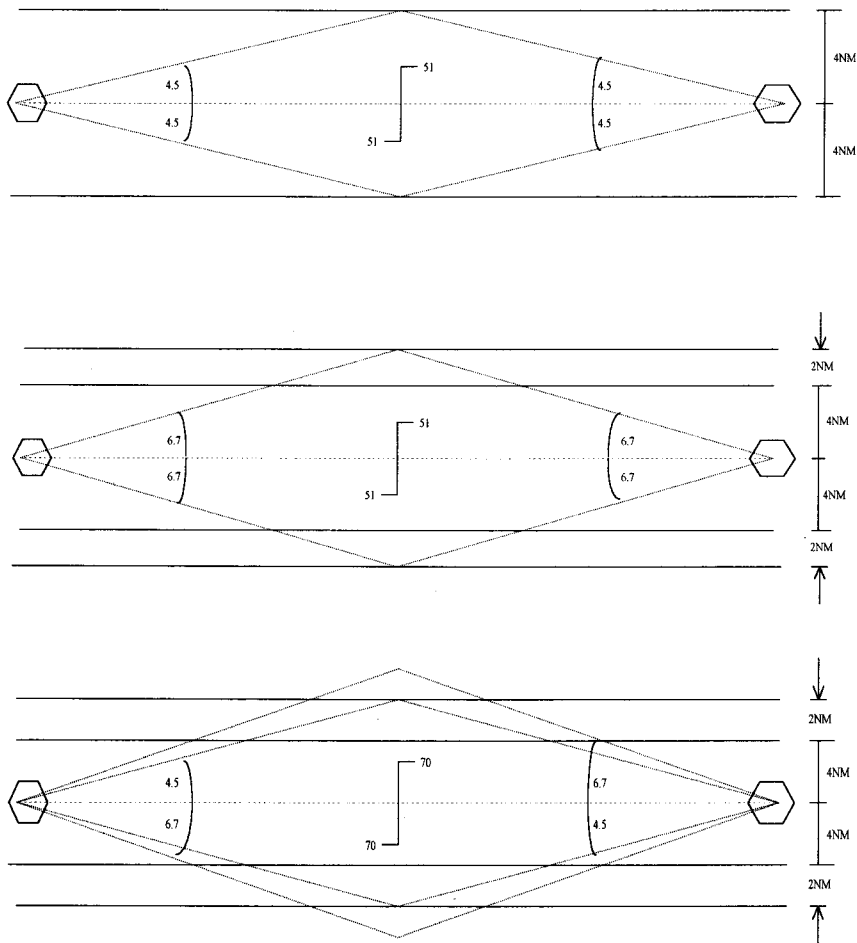
- 교차진로의 정밀도 : $\pm 3.6^\circ$
- 보호구역 범위 : $\pm 6.7^\circ$

나) NDB의 정밀도

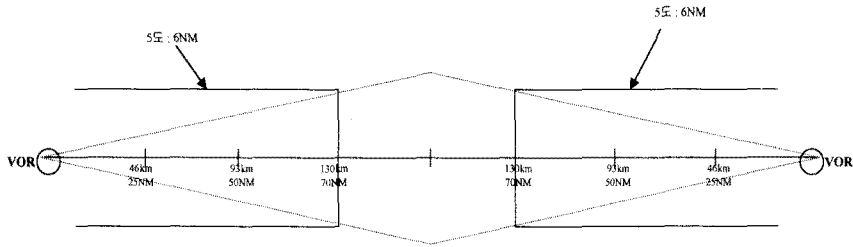
- 진로의 정밀도 : $\pm 5.0^\circ$
- 교차진로의 정밀도 : $\pm 5.0^\circ$
- 보호구역 범위 : $\pm 7.5^\circ$

다. 단일 항공로의 설계

단일 항공로의 폭은 항공로 설정에 이용되는 항행안전시설의 정밀도와 해당 항공로의 길이 및 VOR주파수 변경지점(COP)의 위치에 따라 결정된다. VOR항공로를 구성하는 VOR간의 간격은 최대 140NM까지 제시되었으나, FAA Handbook 7110.65(Air Traffic Control)에서 VOR의 유효 사용거리를 고도에 따라 130NM까지도 제시하고 있다. 항공로의 폭은 <그림-6> 에서 보는바와 같이 기본구역은 VOR 진로의 오차범위(정밀도) $\pm 4.5^\circ$ 의 넓이로서 VOR에서 51NM되는 지점에서 항공로의 중심선에서 양쪽으로 ± 4 NM, 70NM되는 지점에서 5.51NM이 된다. 부수구역은 보호구역의 범위 $\pm 6.7^\circ$ 를 적용하여 51NM되는 지점에서 ± 6 NM, 70NM되는 지점에서는 8.22NM로 확장된다. 만약에 항공로의 길이가 140NM이상 되는 경우이고 항행안전시설의 유효거리가 내려면 <그림-7> 과 같이 진로의 오차범위와 보호구역의 범위를 이용하여 확장된 항공로를 구성할 수 있다.



<그림-6> 항공로의 폭



<그림-7> 140NM 이상의 항공로의 폭

라. 선회구역 설정

FAA에서는 항공로 구조상에 30도 이상의 교차각이 있는 항공로 구간이 있는 경우에 선회가 이루어지는 외곽에 추가 보호공역을 설정한다. 이 공역은 ICAO선회구역과는 달리 외측 외곽에만 설정한다. 이 추가보호공역의 설계를 용이하게 하기 위하여 1 : 500,000 축적의 지도상에 추가보호공역을 그릴 수 있는 템플레이트를 제작하여 이용하고 있다.

V. 설계기준의 비교 분석 및 대안

1. ICAO 및 FAA 규정의 비교

가. ICAO 규정의 특성

항공로 설계에 관한 ICAO 규정은 국제적 표준(Standards)이 아니라 조약 체결국들에 대한 권고사항(Recommendations) 사항이며 각 국가들이 자국의 설계규정을 제정하는데 필요한 이론적 준거를 제시하는데 있다. 따라서 ICAO의 부속서 및 교범에 제시된 내용에는 여러 가지 가변적 고려요소들을 포함하고 있으며 이런 요인에 대하여는 해당국가의 공역과 항행의 특성을 고려하여 정책적으로 결정하여야 한다. 특히 교통량 및 특성, 항행안전시설의 정밀도, 레이더 감시의 유무 및 숙련도, 항공로주변의 통제공역과 주의공역의 유무 및 복잡성 등을 고려하여 해당 항공로에 적용하는 수용율을 결정하여야 하며, 이런 모든 요인들을 모두 고려하여 충분히 만족스러운 수학적 모형을 개발하여 충돌위험 확률모형(Conflict-risk/target level of safety method)상 1억분의 1의 신뢰도가 있어야 한다. 그러므로 각 국가들은 이 권고 사항을 고려하여 자국의 특성에 맞는 항공로 설계규정을 제정하여 자국 내에서 적용하여야지 자국의 독자적 규정없이 ICAO의 규정을 적용한다고 하는 것은 타당치 않다.

나. FAA 규정의 특성

항공로 설계에 관한 FAA의 규정인 TERPS는 미국내의 민·군 항공기관뿐만 아니라 해외 주둔 미국 기관에서도 적용되는 실행 규정이다. 이 규정은 ICAO의 권고 사항뿐만 아니라 미국의 항공교통과 공역의 특성을 고려하여 항공로 설계에 영향을 주는 모든 요소들을 고려하여 1978년과 1984년에 행하여진 연구를 기초로 하여 제정되었으며, 항공로 설계자들이 항공로 설계를 쉽게 하도록 간소화된 절차를 적용하고 있다. 특히 항공로 설계에 영향을 줄 수 있는 모든 가변 요인들을 사전에 검토하여 항공로 구성에 사용되는 항행안전시설의 오차 범위를 항공로 폭 결정요인으로 하여 기본 항공로의 폭을 12NM로 결정함으로써 ICAO의 수용율 99.5%를 유지할 수 있도록 하여 비행안전을 보장하고 있으며, 레이더감시에 따른 항공로 폭의 감소 가능성과 주변 공역의 위험성 정도에 따른 항공로 폭의 증가 요소를 제거하여 항공로 설계의 일반화를 도모하였다. 특정 항공로 폭의 증가나 감소는 해당되는 항공로에 대한 개별적 연구를 통하여 이루어지도록 하였다.

2. 한국의 항공로설계 규정의 대안

한국의 공역은 대단히 협소하고 복잡하며 교통량이 많으므로 항공안전 상 장애요인이 많다. 이 공역 내에서 항공기의 지점간 이동에 사용되는 통로인 항공로는 매우 중요하며 항공안전과 효율적인 항공교통의 흐름이 보장될 수 있도록 설계되어야 하고 항공로망이 구성되어야 한다. 그러기 위해서는 우선적으로 항공로를 설계

하는데 필요한 세부 규정이 제정되어야 한다. 또한 항공로 주변에 여러 가지 위험요인이 상존하고 있으므로 항공로 상에서의 안전을 최대한으로 보장하기 위해서는 ICAO 수용율 99.5%인 항공로로 설계되어야 하며, 장방형의 항공로 구조 이외에 확장구간이 항공로 폭에 포함되어야 한다. 이 규정안에는 항공로 설계 및 지정, 관리와 평가에 관한 사항이 포함되어 있어야 하며, 항공로 설계에 필요한 세부적인 기술기준과 실행방법이 명시되는 동시에 실행이 용이하도록 제정되어야 한다. 그런 측면에서 볼 때 여러 가지 가변요인을 결정해야 하는 ICAO의 권고방안보다는 시행이 간편하고 시행오차가 더 작은 FAA의 규정을 채택하는 것이 바람직하다. 시행단계별로는 항공로 설계규정을 제정하되 FAA의 규정을 적용하는 것으로 정하고, 한국의 공역과 항공교통의 특성에 맞는 방안을 연구하여 새로운 규정 내용을 제정하는 것이 바람직하다.

VI. 결론

항공로는 특별한 경우를 제외하고 지점간 이동을 위한 통로로서 많은 항공기가 운항하는 공역이다. 따라서 항공로의 구조는 항공기의 안전과 항공교통의 효율성에 지대한 영향을 준다. 한국은 공역이 협소하고 복잡하며, 항공로 주위에 많은 군항공기가 특수목적으로 이용하는 통제공역과 주의공역이 밀집하여 있어 민·군항공기간에 근접접근이 빈발하는 등 항공로상의 항공안전에 문제점이 많다. 그럼에도 불구하고 한국에는 항공로설계에 관한 세부 규정이 마련되어 있지 않고 개별 항공로에 대한 심층적인 연구 없이 정책적으로 지정되고 있는 실정이며, 이미 지정된 항공로도 국제기준에 부합되지 않게 협소하다.

본 연구는 문헌조사를 통하여 항공로설계의 정책결정과정과 설계요인을 검토하였으며, ICAO와 FAA의 항공로 설계규정을 비교·분석함으로써 우리 나라에서의 항공로 설계의 기본지침을 제시하였다. 한국의 공역과 항공교통의 특성을 고려하고 규정 적용의 일관성 및 용이성을 고려할 때 FAA의 항공로 설계규정을 적용하는 것이 바람직하다고 분석되었다.

또한 시행의 단계에서 초기에는 FAA의 규정을 적용하는 것으로 관련 훈령을 보완하고, 이 내용을 기준으로 하여 한국의 특성에 맞는 설계방안을 연구하여 적용하는 것이 타당하다.

■ 참고 문헌

1. 건설교통부, 항공법, 2001.1
2. 건설교통부, 항공정보간행물(AIP), 2001.3
3. FAA, Airspace Management Handbook-Guidelines, 1999
4. FAA, Airspace Management Handbook-Metrics, 2001
5. FAA, Air Traffic Control(7110.65M), 2001
6. FAA, Air Traffic Quality Assurance, 1999.3
7. FAA, National Airspace Redesign Strategic Management Plan, 2000.3
8. FAA, Terminal Instrument Procedures(TERPS), 1976.7
9. ICAO, Aircraft Operations(Doc8168-OPS/611), 1986
10. ICAO, Annex 2, Rules of the Air, 1990
11. ICAO, Annex 6, Operation of Aircraft, 1995
12. ICAO, Annex 10, Aeronautical Tele-Communication, 1996
13. ICAO, Annex 11, Air Traffic Services, 1994
14. ICAO, Air Traffic Service Planning Manual(Doc 9426-AN/924), 1984
15. RTCA SC-192, Government and Industry Guidelines and Concepts for NAS Analysis and redesign, RTCA/DO-224, Washington, DC., 1998