

제주국제공항에 대한 GPS 계기접근절차의 고안

유 병 선*, 송 병 흠**

A Design for GPS Instrument Approach Procedure in Cheju International Airport

B. S. Yoo, B. H. Song

목 차

- I. 서 론
- II. GPS 계기접근절차의 단계별 운용
- III. GPS 표준 계기접근절차의 설계 개념
- IV. 제주 국제공항에서의 GPS 계기접근절차 기준 설정
- V. 결 론

ABSTRACT

In case of KOREA, many difficulties are expected for pilots to adapt to the flight operational environment changes which we will meet suddenly in anytime of the future as the operating plan for GPS is not fully prepared yet. It is because GPS operation is rather difficult compared to other navigation equipments, and it takes much time and experience to be familiar with GPS instrument approach procedure.

First of all, it is keenly required to establish GPS instrument approach procedure for the local airports to be familiar with GPS instrument approach procedure. We would like to introduce GPS instrument approach procedure for the Cheju International Airport as a basic model to help you to understand it.

* 한국항공대학교 비행교육원 조종실기교수

** 한국항공대학교 항공운항학과 교수

I. 서 론

앞으로 맞이할 새 천년에는 새로운 항법시설 및 장비의 교체 운영 등 운항분야의 많은 변화가 예고되고 있다. 항공 선진국인 미국의 경우에는 GPS를 이용한 항법체계가 실험을 거듭하면서 이미 실용화 단계에 접어들었다.

운항환경이 빠르게 변모하는 세계적인 추세를 감안하여 볼 때, 우리는 과연 변화하는 환경에 적절하게 대응하고 있는지에 의구심이 생긴다. 미국에서는 비 정밀접근을 위한 GPS 계기접근절차가 이미 설정, 발간되어 운용되고 있으나 우리 나라의 경우에는 GPS에 대한 운용계획이 미진한 상태이므로 미래의 어느 시점에 갑자기 다가올 운항환경변화에 조종사가 적응하기에 많은 어려움이 예상되고 있다. 특히 최신 항법장비를 연계하여 운용하고 있는 운송용 항공기보다는 일반 항공에서 운용되고 있는 항공기의 조종사 경우에 변화된 운항환경에 적절히 적용하지 못하는 등, 새로운 인적요소에 의한 사고발생 가능성을 배제할 수 없는 실정이다. 그 이유는, 첫째로 GPS가 기존 항법장비에 비하여 취급방법이 다소 난이하기 때문이며, 둘째로 조종사가 GPS를 능숙하게 취급할 수 있어도 계기접근을 위한 GPS 운용절차를 숙달하기 위해서는 많은 기간과 경험이 필요하기 때문이다. 이러한 이유 중에서 GPS 장비 취급의 문제는 조종사의 노력으로 해결해더라도 계기접근을 위한 GPS 운용절차를 조종사가 숙달하기 위해서는 우선 단계별로 국내 공항에 대한 GPS 계기접근절차의 설정과 발간이 절실히 요구되고 있다.

이를 위하여 제주국제공항을 대상으로 GPS 단독 계기접근절차를 간략한 기본 모델로 제시, 소개하여 GPS 계기접근절차에 관한 이해를 돕고자 한다.

II. GPS 계기접근절차의 단계별 운용

미국의 경우, GPS 계기접근절차에 대한 순조로운 적용을 위하여 초기에는 기존의 항행안전시설 및 항법장비와 GPS를 중첩 운용하면서 점진적으로 GPS 단독 계기접근절차로 발전시키려는 3단계의 프로그램을 시행하고 있다. 우리 나라에서도 GPS 계기접근절차를 체계적으로 준비하고, 안전하게 운영하기 위한 계획의 수립이 요구되고 있다.

1. I 단계(Phase I)

GPS 항법장비는 발간된 절차에 요구되는 지상 항행안전시설이 운영되고 접근이 감시되는 한도에서 접근을 위한 IFR 비행유도장비로 사용될 수 있다. 접근은 "VOR RWY 32" 와 같이 발간된 접근절차의 명칭을 사용할 때에만 요청되고 인가된다. 미국에서 본 단계는 이미 완료되었다.

2. II 단계(Phase II)

GPS 항법장비는 해당 접근을 정하는 지상 항행안전시설의 적극적인 감시 없이도 접근을 위한 IFR 비행유도장비로 사용될 수 있다. 그러나 지상 항행안전시설은 운영되고 있어야 한다. 또한, 해당 항법장비는 장착되어 운영할 수 있어야 하나 접근하는 동안 작동시키지 않아도 된다(가능하면 예비 항법장비를 항상 감시하는 것을 권고함). 접근은 "VOR RWY 32" 와 같이 발간된 접근절차의 명칭을 사용할 때에만 요청되고 인가된다.

3. III 단계(Phase III)

본 단계에서 계기접근절차의 명칭은 “or GPS” (예를 들면, VOR or GPS RWY 32)로 사용된다. 지상 항행 안전시설은 운영되지 않아도 되며, 해당 항법장비의 장착, 운영가능, 작동, 감시등은 요구되지 않는다. GPS 접근은 “GPS RWY 32 ” 와 같이 GPS 명칭을 사용하여 요청하고 인가된다. (별지 1)

III. GPS 표준계기접근절차의 설계 개념

1. TAA(Terminal Arrival Area)에 있어서 절차수립의 목적은 FMS(and/or) GPS 항법장비를 장착한 항공기의 도착시 새로운 전환방법(Transition Method)을 제공하는 것이다. 일반적으로 TAA내에는 접근하는 항공기를 위하여, 절차선회가 필요치 않은 'T'자형의 구조를 포함한다. TAA는 조종사와 관제사에게 항로에서 공항부근으로 접근하는 전환체계에 많은 효율성을 제공할 수 있다.
2. T자형의 구조(그림 1)는 활주로 중심선의 연장선상 활주로 말단에 실패접근지점이 위치하고 이로부터 5NM 지점에 FAF, FAF에서 5NM 지점에 IF(IAF)가 위치한다. 이 IF(IAF)를 중심으로 수직으로 연결된 선상 3-6NM 지점에 각각 IAF가 위치하게 된다. TAA의 모든 Waypoint는 5문자로 만들어진 발음이 가능한 이름을 붙여야 한다. Initial Segment의 길이는 접근하는 항공기의 Category 혹은 필요로 하는 강하구배등에 따라 달라진다. Category A인 항공기를 위한 Initial Segment의 최소길이는 3NM이며 Category E인 항공기를 위한 Initial Segment의 최소길이는 6NM이다. Intermediate Segment와 Initial Segment는 90° 의 각도를 이룬다. IF(IAF)에는 Course Reversal을 위한 체공장주가 설정된다. 예를 들어, 조종사는 강하구배의 요구조건을 충족시키기 위해 절차선회를 수행할 수 있다. Missed Approach Segment는 최종 접근경로와 일직선상에 위치하는 것이 이상적이며 체공장주에 진입하는 지점에서 끝난다. 조건에 따라 상이한 설계를 필요로 한다(그림 2).

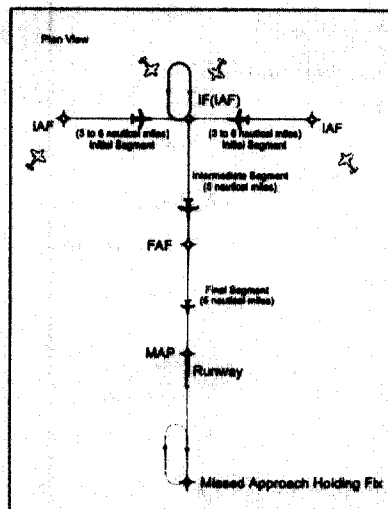


그림 1. BASIC 'T' DESIGN

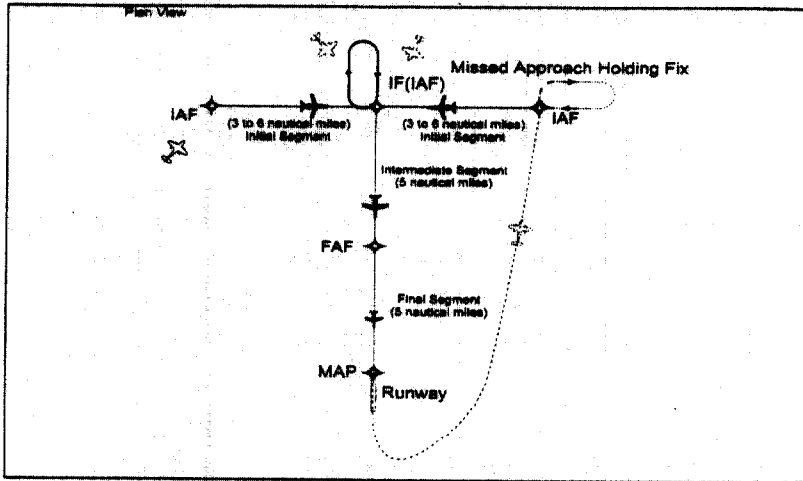


그림 2. BASIC 'T' DESIGN

3. 고고도 항로의 고도에서 Initial Segment의 고도로 용이한 강하를 위해서 기본적인 'T' 형태를 수정할 수 있다. 이런 경우, 절차선회 제공장주를 이용하여 강하에 필요한 거리를 연장시킬 수 있다. 이러한 목적으로 설계된 제공장주는 항상 IF(IAF) Waypoint상에 설정되어야 한다(그림 3).

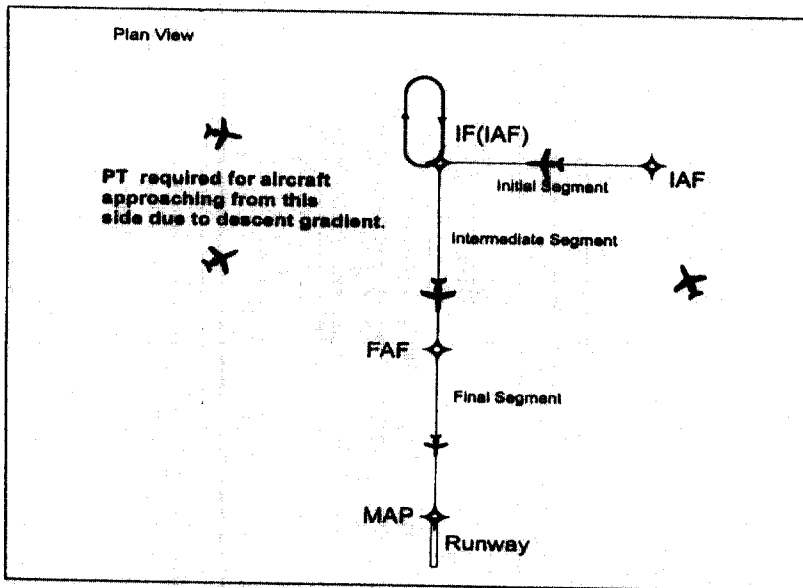


그림 3. MODIFIED BASIC 'T' DESIGN

4. 평행한 활주로에 대한 접근절차 역시 수정을 필요로 한다. 정상적인 T형태의 IAF는 평행한 활주로 모두에 이용될 수 있다. 그러나 착륙활주로를 위한 차트상에는 각각 하나의 Initial, Intermediate, Final Segment로 이루어진 계기접근절차만을 나타낸다(그림 4).

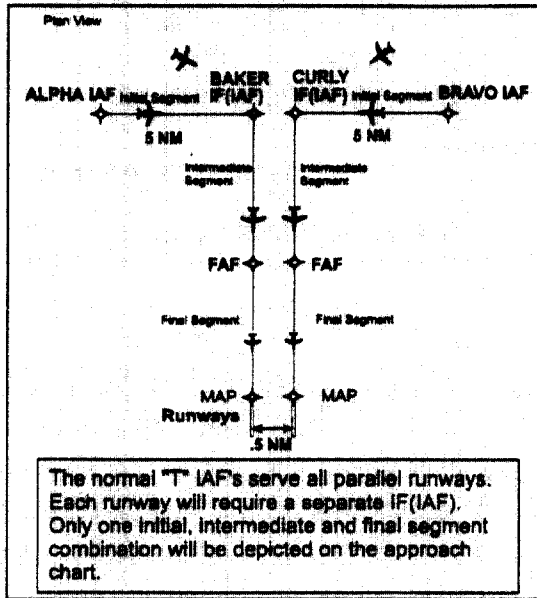


그림 4. MODIFIED BASIC 'T' DESIGN

5. 표준 TAA는 기본 T자형의 각 변을 연장하여 분할되는 3개의 구역으로 구성된다. 이 3개의 구역을 각각 Straight-in, Left base, Right Base 지역이라 한다. 각 구역의 30NM 반경의 호는 각 구역의 경계선을 이루며 Feeder Fix와 동등한 역할을 한다. 각 구역의 경계선을 통과하거나 통과인가를 ATC로부터 받은 조종사는 비행중인 구역의 IAF Waypoint로 바로 진행될 것을 예상할 수 있다. 또한 조종사는 구역에 관계 없이 Course Reversal을 위해 체공장주로 직진할 수 있다. IF(IAF)상의 체공장주는 표준체공장주로 설정된다. 각 구역의 경계는 IF(IAF)를 향한 Magnetic Course로 표시한다. TAA구역 내를 비행하는 조종사는 지도상에 표시된 해당지역의 고도를 유지해야 한다(그림 5).

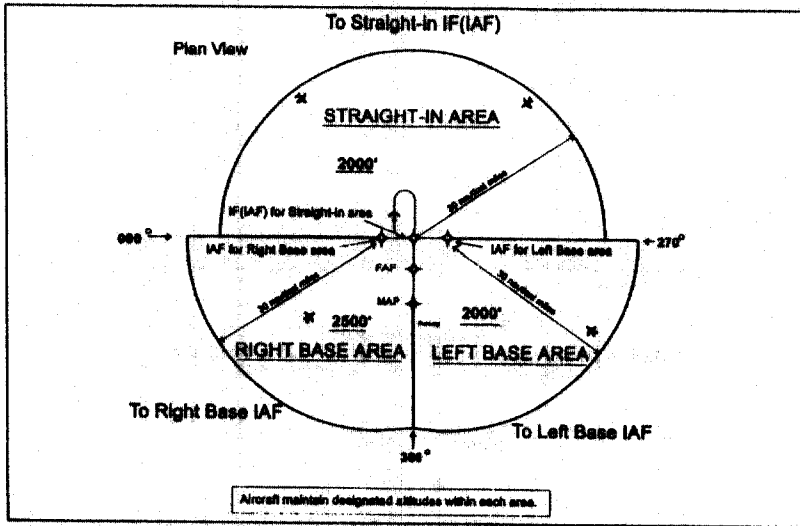


그림 5. TAA

6. 일반적으로 TAA 안에서 지정된 최저고도와 절차선회 제공장주의 최저고도는 동일하다. 그러나 지형적 특성이나 운항상 조건 등에 의하여 최저고도가 별도로 지정된 구역을 설정할 수 있다. (그림 6)에서, 조종사는 Right Base 혹은 Left Base 구역으로 비행시 IF(IF)로부터 17NM까지는 최저고도 6000피트를 유지하고 그 이후 접근절차에 명시된 고도로 강하할 수 있다. 또한 북서쪽에서 접근하는 조종사는 IF(IF)로부터 22NM 까지는 최저고도 6000피트를 지켜야하고 그 이후 IF(IF)에 도착할 때까지 2000피트 이하로 강하하면 안된다.

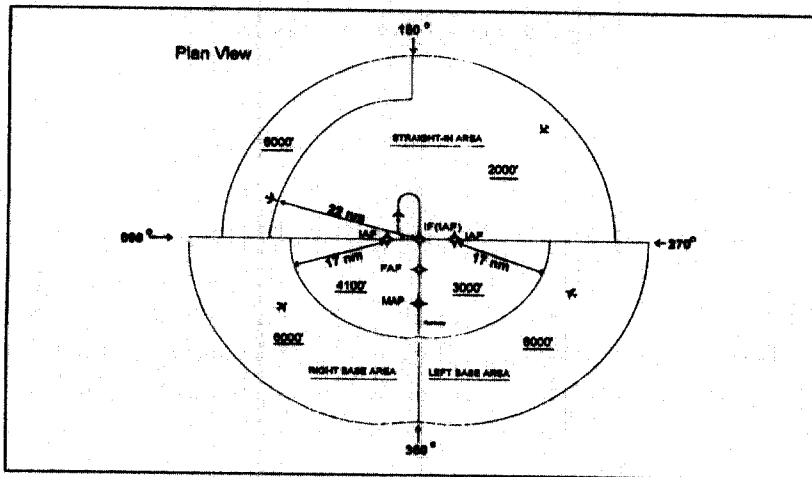


그림 6. Sectored TAA

7. 운영상 요구조건에 의해 표준 TAA의 구역이 수정될 수 있다. 예를 들어, Right Base와 Left Base는 수정되거나 삭제될 수 있다. 특정구역에서 접근하는 항공기는 절차선회 제공장치를 필요로 할 수 있다(그림 7). IF(IAF)로 접근하는 조종사는 최종접근경로에 대하여 최대 Intercept 각도인 120° 이하의 각도로 접근이 이루어져야 하며 절차선회 없이 Straight-in Approach로 접근이 수행된다. 만약 절차선회가 필요한 상황이 발생되면 ATC에 의도를 알려야 한다. 최종접근경로에 대하여 최대 Intercept 각도인 120° 이상의 각도로 접근하는 항공기는 절차선회를 수행하여야 한다.

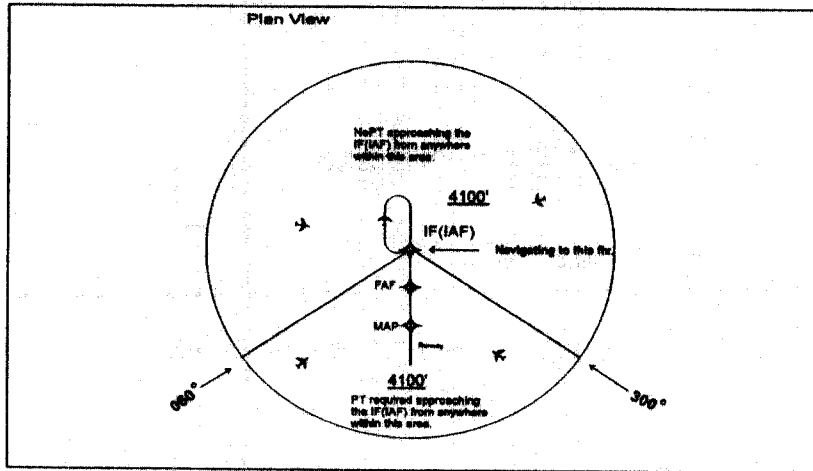


그림 7. TAA with Left and Right Base Areas Eliminated

8. (그림 8)은 또다른 형태의 수정된 TAA를 보여주고 있다. 그림에서 Right Base는 생략되었다. 360°에서 시계방향으로 060° 사이에서 IF(IAF)로 접근하는 조종사는 절차선회를 수행할 필요가 있다. 060°에서 270° 까지의 각도에서 접근하는 조종사는 절차선회 없이 Strait-in 접근을 실시한다. Left Base 안에는 IAF가 위치하며 절차선회는 요구되지 않는다. 일반적으로 항로는 TAA상을 통과하며 (그림 9)에서와 같이 모든 항로가 TAA의 외부를 지날 경우 항로에서 'T' 형태의 IAF로의 적절한 Feeder Route가 필요하다.

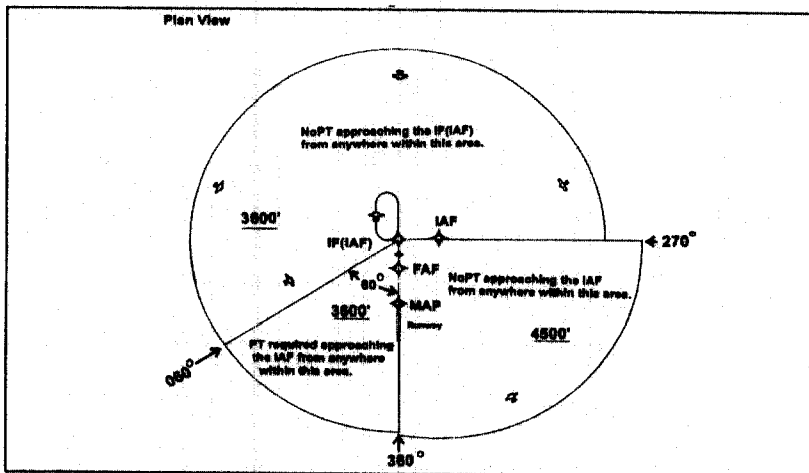


그림 8. TAA with Right Base Eliminated

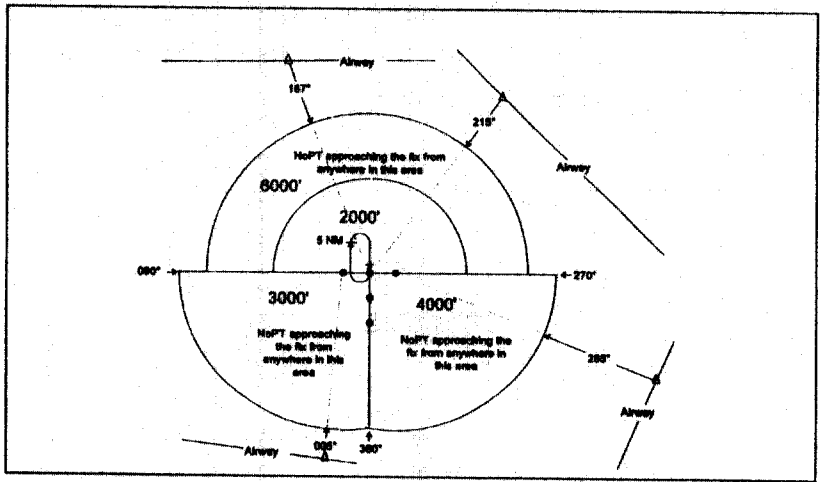


그림 9. Examples of a TAA with Feeders from an Airway

IV. 제주국제공항에서의 계기접근 기준 설정

제주국제공항에 대한 GPS 단독 계기접근절차를 수립하기 위하여 수정된 T형의 구조로 접근 SEGMENT별 표준을 적용하여 간략히 설계하여 보았다.

1. Initial Approach Segment

가. 정렬(Alignment)

IWP(Intermediate Waypoint)에서의 코스변경은 120° 이하가 표준이며 설계시 T형 구조를 선택하였으므로 90° 로 작도하였다.

나. 구역(Area)

(1) 길이(Length)

길이는 3~6NM이 표준이며 설계시 5NM을 적용하였다

(2) 폭(Width)

폭은 IAWP(Initial Approach Waypoint)의 latest position까지 En-route의 기준과 같으며(그림 10) IWP로 진행함에 따라 Primary Area는 중심선으로부터 좌우 각각 2NM, Secondary Area는 1NM으로 줄어든다. 이 표준을 그대로 적용하였다.

(3) 장애물 회피(Obstacle Clearance)

장애물 회피를 위한 최저고도는 Primary Area에서 1,000피트이며 Secondary Area에서는 안쪽 가장자리에서 500피트로 시작해서 바깥쪽 가장자리에서 0피트로 줄어든다.

(4) 강하구배(Descent Gradient)

최적 강하구배는 250피트/NM, 최대 강하구배는 500피트/NM 이나 본 절차에서는 등 고도를 유지하도록 설계하였다.

2. Intermediate Segment

가. 정렬(Alignment)

본 Segment는 최종접근경로와 일직선으로 정렬되어야하나 이를 적용할 수 없을 경우 FAWP(Final Approach Waypoint)에서의 코스변경은 15° 이하가 표준이다. 이상적인 접근을 위하여 제주공항에서는 최종접근경로와 일직선으로 정렬, 작도하였다.

나. 구역(Area)

(1) 길이(Length)

표준 길이는 최소 5NM, 최대 15NM이며 설계시 5NM을 적용하였다.

(2) 폭(Width)

Primary Area의 폭은 IWP의 earliest point에서 FAWP 전방 4NM까지 코스 중심선으로부터 좌우 각각 2NM이며 이후 FAWP까지 1NM로 줄어든다. Secondary Area는 Primary Area로부터 1NM의 폭을 지속적으로 유지한다(그림 10).

다. 장애물 회피(Obstacle Clearance)

장애물 회피를 위한 표준은 Primary Area에서 최소 500피트이며 Secondary Area에서는 안쪽 가장자리에서 500피트로 시작해서 바깥쪽 가장자리에서 0피트로 줄어든다.

라. 강하구배(Descent Gradient)

최적 강하구배는 150피트/NM이며 최대 강하구배는 300피트/NM이다. 설계시 160피트/NM을 적용하였다.

3. Final Approach Segment

가. 정렬(Alignment)

Straight-in 접근을 위한 정렬은 활주로 중심선의 연장선과 15° 이하가 표준이며 설계시 일직선으로 정렬 작도하였다.

나. 구역(Area)

(1) 길이(Length)

표준 최적 길이는 5NM이며, 최대 길이는 10NM이다. 설계시 5NM을 적용하였다.

(2) 폭(Width)

Primary Area의 폭은 FAWP의 Earliest Point에서 Latest Point까지 코스 중심선으로부터 좌우 각각 1NM이며 이후 MAWP(Missed Approach Waypoint)의 Latest Point까지 0.5NM(Crosstrack Displacement Tolerance)로 줄어든다. Secondary Area는 FAWP에서 1NM의 폭이나 MAWP의 Latest point까지 0.5NM로 줄어든다(그림 10).

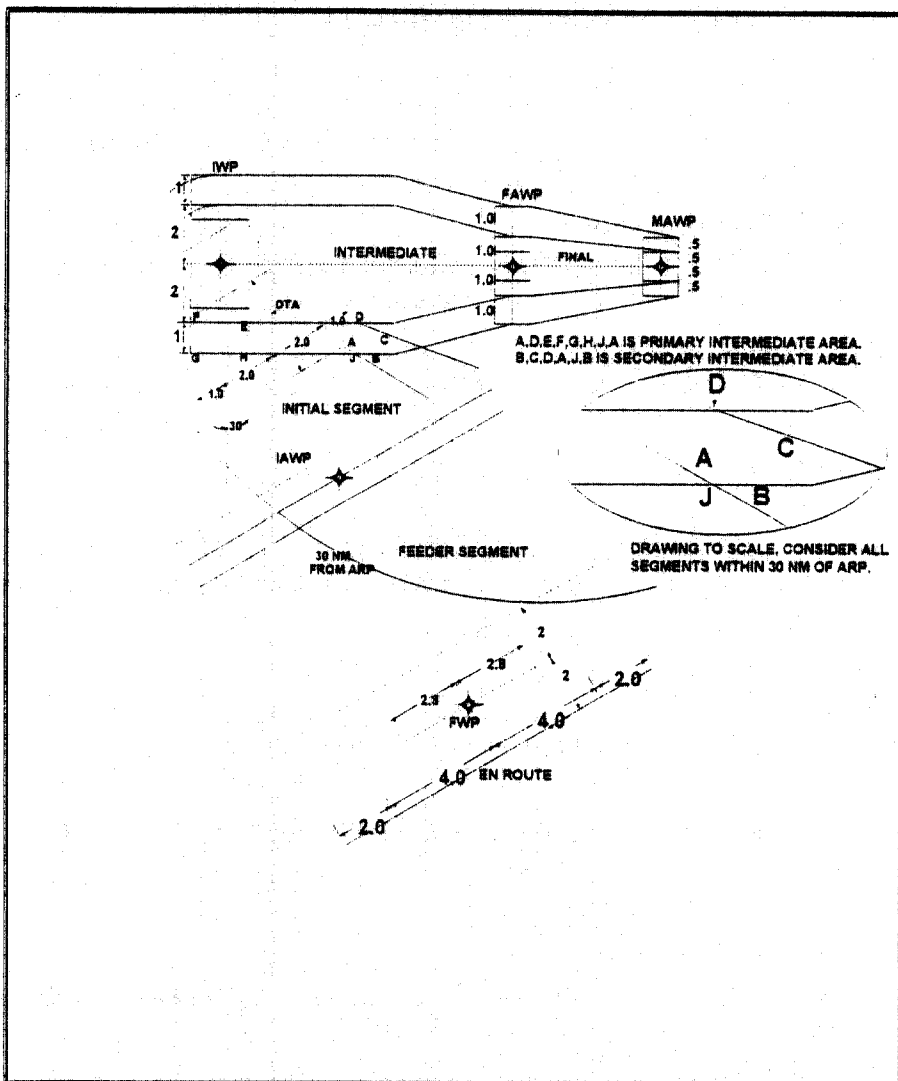


그림 10. Turn Area Expansion

(3) 장애물 회피(Obstacle Clearance)

Straight-in 접근을 위한 장애물 회피의 표준은 Primary Area에서 최소 250피트이며, Secondary Area에서는 안쪽 가장자리에서 250피트로 시작해서 바깥쪽 가장자리에서 0피트로 줄어든다.

(4) 강하구배(Descent Gradient)

최적 강하구배는 300피트/NM 이며, 깊은 강하구배가 요구될 때 최대 허용 강하구배는 400피트 /NM이다. 설계시 240피트/NM을 적용하였다.

4. Missed Approach Segment

가. Missed Approach Procedure

접근실패절차를 수행하는 방법에는 Straight, Turning, 그리고 Combination Straight and Turning 절차가 있는데, 제주공항의 경우 비행장 남쪽의 산악지형과 북쪽의 해안지형 등을 고려하여 Direct Turning Missed Approach 절차를 선택하였다.

나. 구역 및 장애물 회피(Area and Obstacle Clearance: 그림 11)

MAWP에서 우선회하여 MAHWP(Missed Approach Holding Waypoint)로 진행되는 경우 해안 지역을 비행하게 되므로 MAWP displacement area의 가장자리에서부터 40:1 지표면 회피 기준을 모두 만족한다.

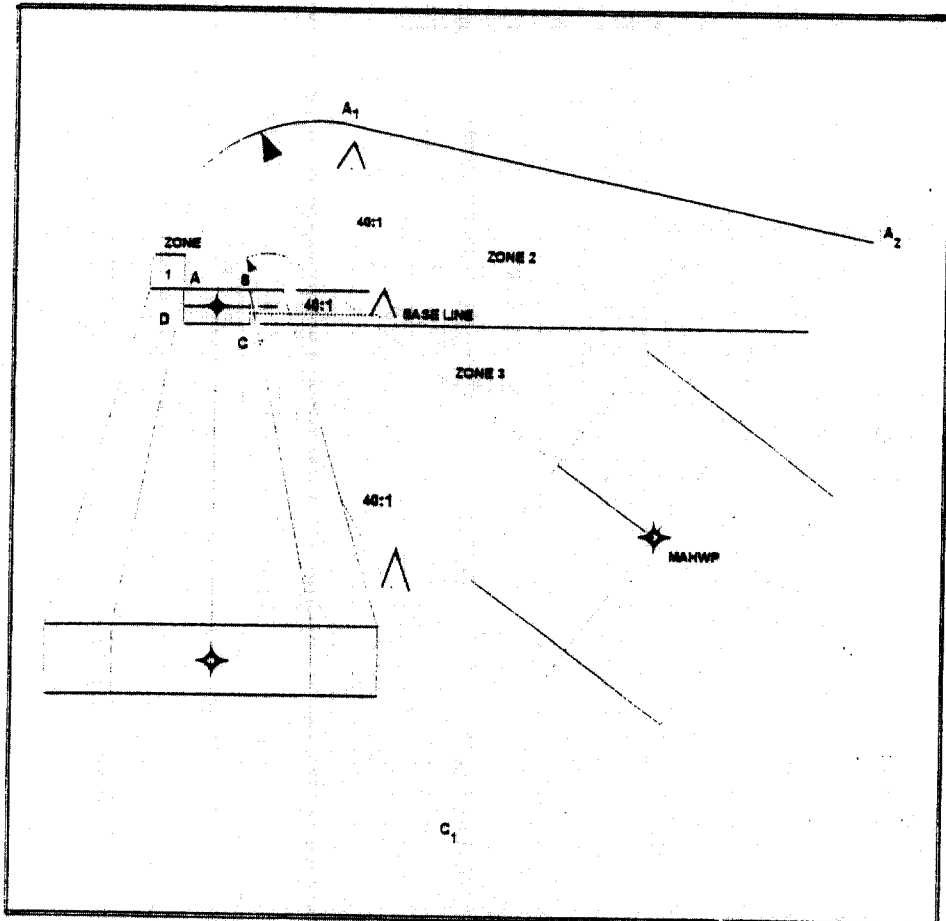


그림 11. Direct Turing Missed Approach

다. Approach Minimum

GPS Minimum 중 시정 최저치는 모든 카테고리에 1SM(Circling 접근은 표준을 적용)을 적용하였으며, 최저강하고도(MDA)는 기존 VOR DME RWY 24의 설정치가 등화시설 등과 정확한 설계에 의한 값으로 계산되었다고 간주하여 그 값을 그대로 반영하였다.

5. 기 타

가. FIX명

IAF는 CANDY(126° 37'13"E, 33° 40'00"N), IF(IAF)는 OMEGA(126° 40'15"E, 33° 35'40"N)로, FAF는 SPOON(126° 35'20"E, 33° 33'20"N)으로 설정하였다. Left Base Area는 항로를 구성하는 제주 VORTAC으로부터의 고도처리를 위하여 삭제되었으며 고도처리 및 절차선회를 위한 체공장주를 IF에 설정하였다.

나. Feeder Route

항로 B576 상의 HALLA로부터 OMEGA로 향하는 Feeder Route, 항로 W46 상의 MAKET으로부터 OMEGA(IF/IAF)로 향하는 Feeder Route, 항로 A595 상의 TAMNA로부터 OMEGA로 향하는 Feeder Route와 제주 VORTAC으로부터 OMEGA로 향하는 Feeder Route를 설정하였다.

다. MSA

현재 제주국제공항에 기 설정된 값을 그대로 적용하였다.

V. 결 론

제주국제공항에 대한 GPS 단독 계기접근절차를 GPS 표준계기접근절차의 설계 개념과 계기접근을 위한 각 SEGMENT별로 표준을 적용하여 그림 12와 같이 설계하였다. 미국의 경우, 계기비행기상조건(IMC)에서 실제 GPS 계기접근을 수행하기 전에 숙달된 GPS 장비취급과 더불어 시계비행기상조건(VMC) 하에서 GPS 계기접근을 충분히 연습하도록 권고하고 있다. 따라서 우리 나라에서도 본 논문에서 제시한 설계 개념을 토대로 국내 공항에 대한 GPS 계기접근절차를 설정하고, 운영단계에 의한 점진적인 적용을 통하여 미래의 운항환경변화에 조종사가 쉽게 적용할 수 있도록 장기계획의 수립이 요구된다. 이를 위하여 해당 관계기관의 GPS 운용에 관한 많은 준비와 관심이 필요하다 하겠다.

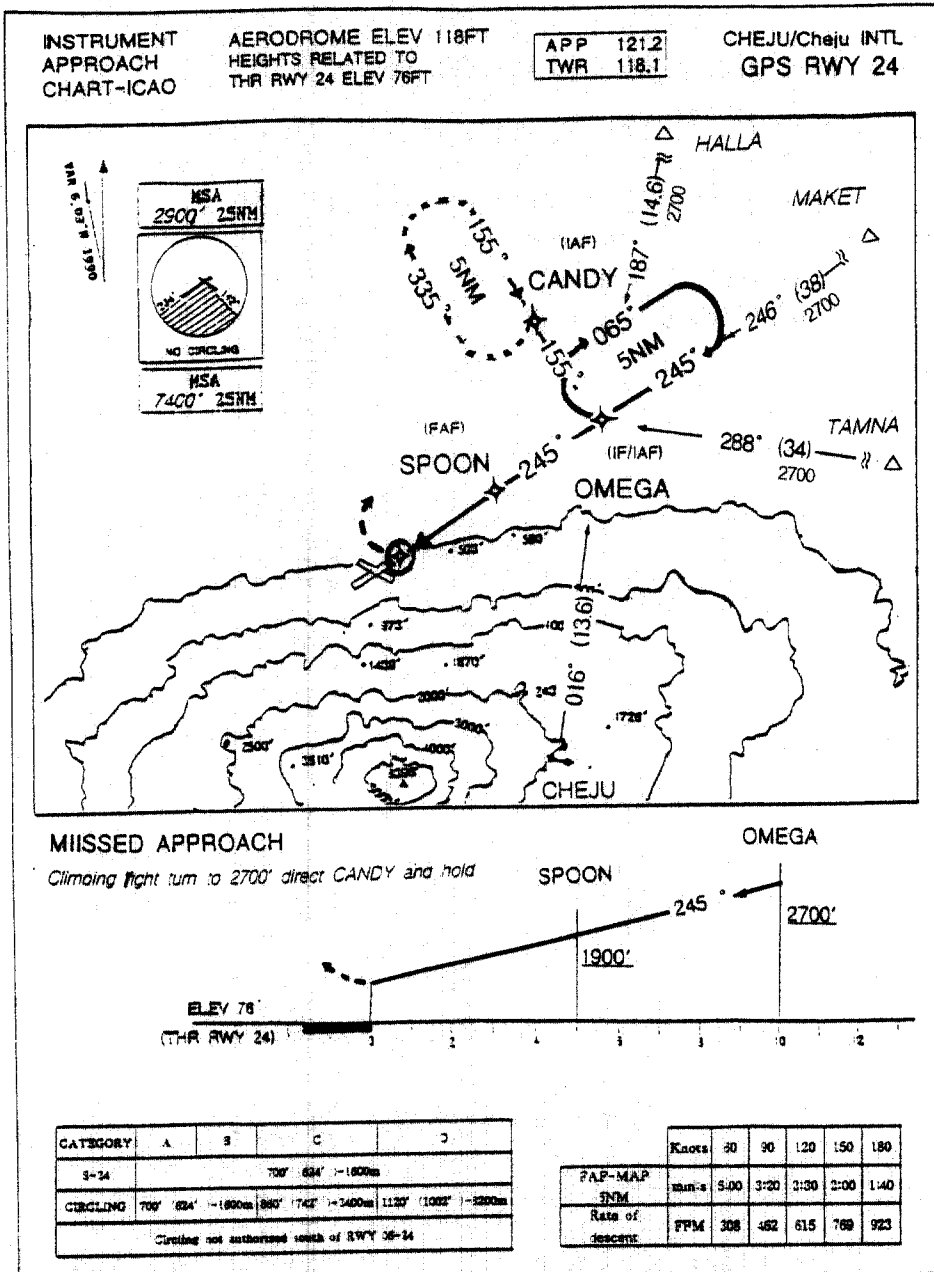
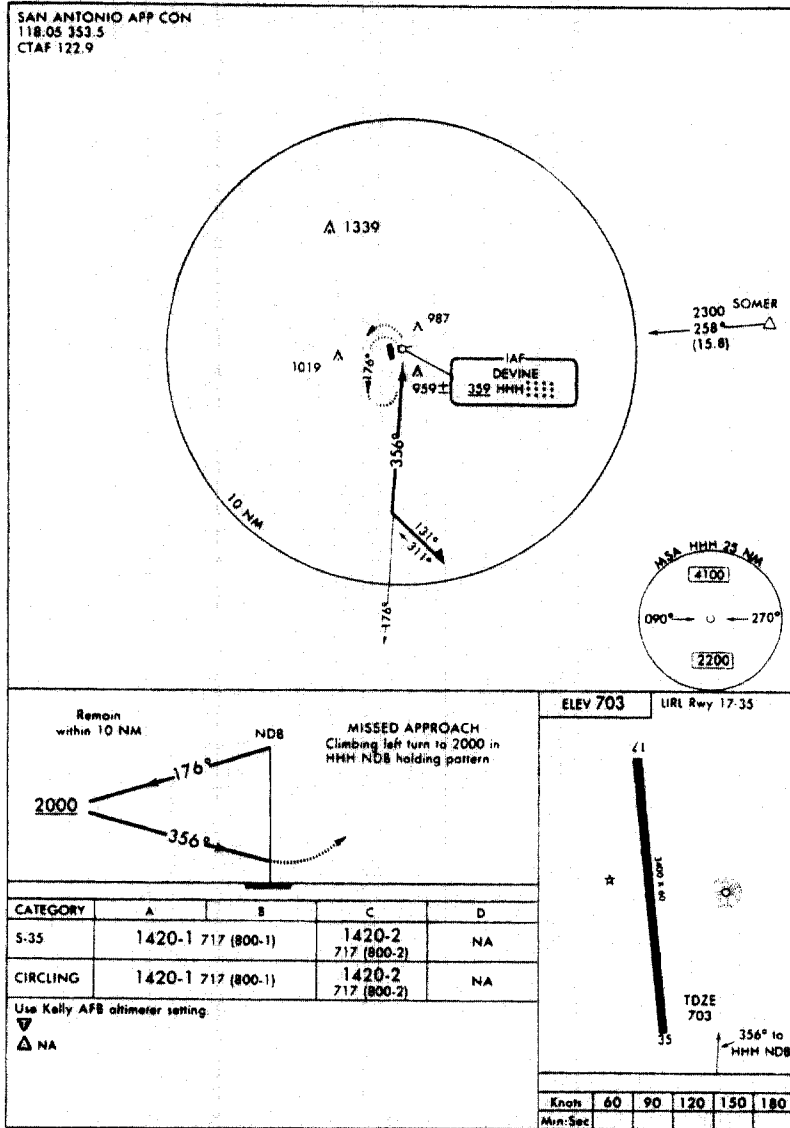


그림 12. Stand Alone GPS Approach : Cheju International Airport RWY 24

▣ 참고 문헌

1. FAA, Terminal Instrument Procedure(TERPS), 1976.7 3rd Edition
 - Order 8260.3B
 - Order 7130.3
 - Order 8260.48
2. FAA, Civil Utilization of GPS(TERPS: Order 8260.38A), 1995.4.5
3. FAA, Aeronautical Information Manual, 1999
4. FAA, A guide for the approval of GPS receiver installation and operation. 1996.10
5. JEPPESEN, Instrument Commercial Manual, Jeppesen Sanderson Inc, 1998
6. JEPPESEN, Airway Manual, Jeppesen Sanderson Inc, 1999
7. FAA, Instrument Flying Handbook(AC 61-27C), 1994
8. 대한민국 건설교통부 항공국, 항공정보간행물(AIP), 1998

별지 1



NDB or GPS RWY 35 29°08'N-98°56'W
Amdt 2 94342

DEVINE, TEXAS
DEVINE MUNI (23R)
SC-2, 30 MAR 1995