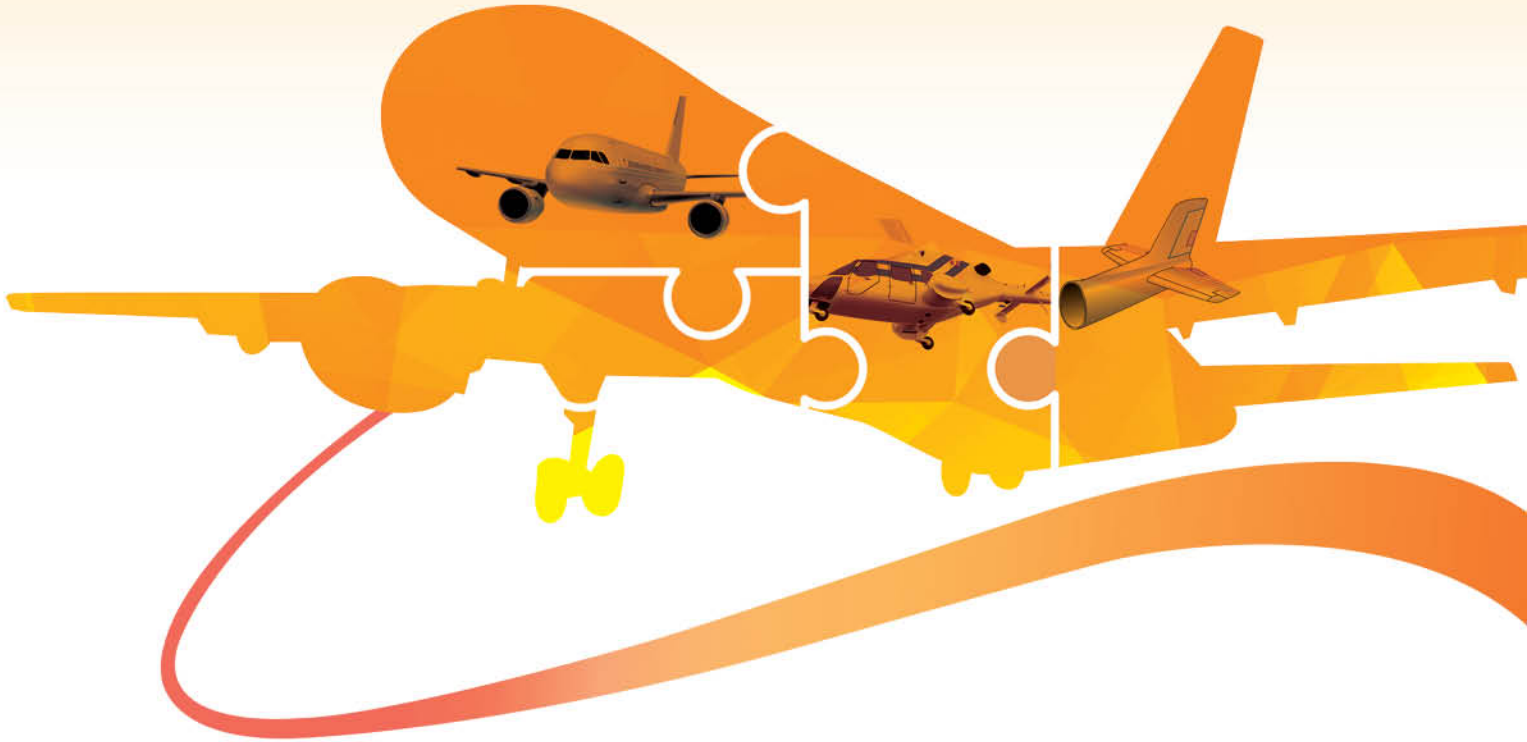


발 간 등 록 번 호

11-1613000-003209-01



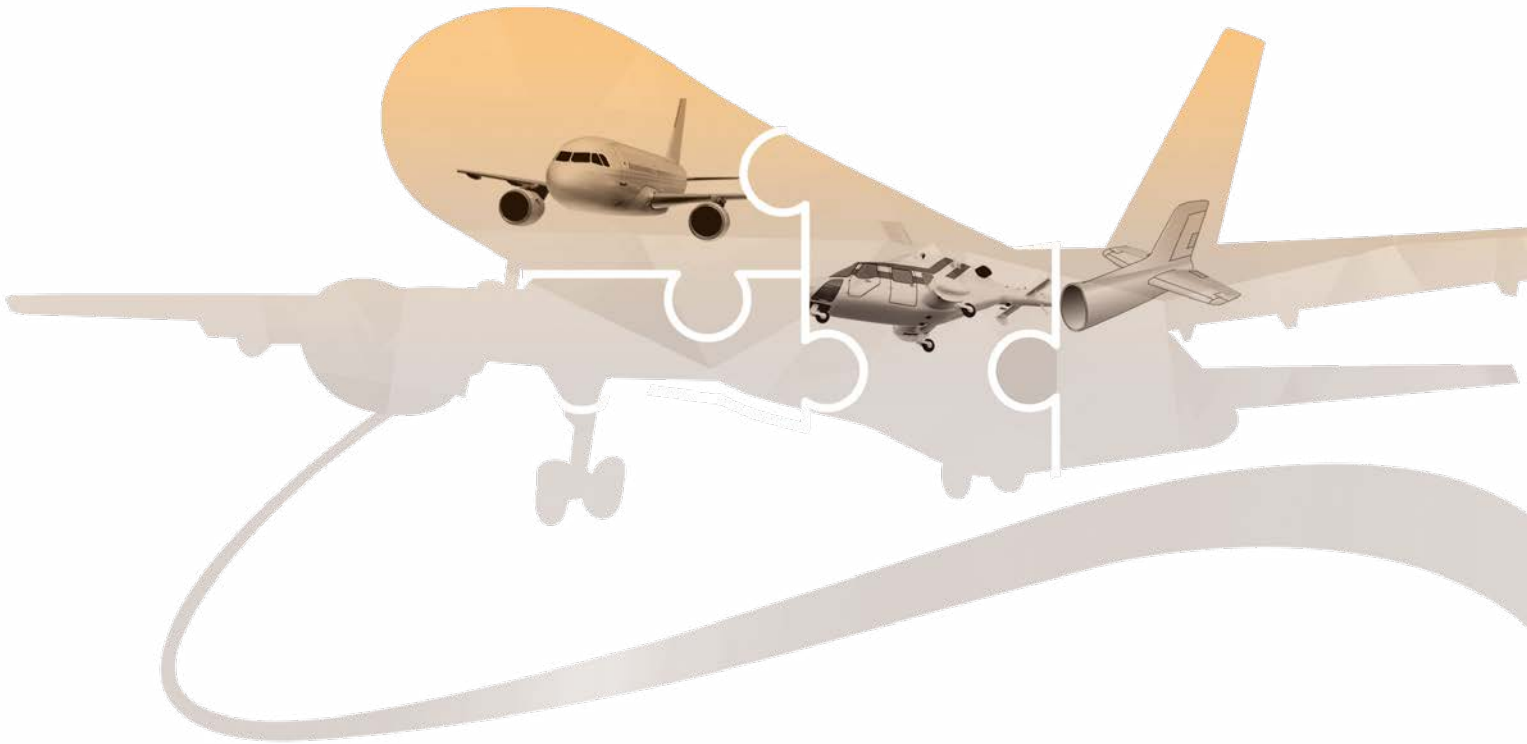
조종사 표준교재<개정판>  
Standard Pilot's Handbook

# 계기비행 Instrument Flying



국토교통부





조종사 표준교재<개정판>  
Standard Pilot's Handbook

# 계기비행 Instrument Flying



국토교통부

## 표준교재 이용 및 저작권 안내




### 표준교재의 목적

본 표준교재는 체계적인 글로벌 항공종사자 인력양성을 위해 개발되었으며 현장에서 항공안전 확보를 위해 노력하는 항공종사자가 알아야 할 기본적인 지식을 집대성하였습니다.

### 표준교재의 저작권

이 표준교재는 「저작권법」 제24조의2에 따른 국토교통부의 공공저작물로서 별도의 이용허락 없이 자유이용이 가능합니다.

다만, 이 표준교재는 “공공저작물 자유이용허락 표시 기준(공공누리, KOGL) 제3유형  ”에 따라 공개하고 있으므로 다음 사항을 준수하여야 합니다.

1. 공공누리 이용약관의 준수 : 본 저작물은 공공누리가 적용된 공공저작물에 해당하므로 공공누리 이용약관([www.kogl.or.kr](http://www.kogl.or.kr))을 준수하여야 합니다.
2. 출처의 명시 : 본 저작물을 이용하려는 사람은 「저작권법」 제37조 및 공공누리 이용조건에 따라 반드시 출처를 명시하여야 합니다.
3. 본질적 내용 등의 변경금지 : 본 저작물을 이용하려는 사람은 저작물을 변형하거나 2차적 저작물을 작성할 경우 저작인격권을 침해할 수 있는 본질적인 내용의 변경 또는 저작자의 명예를 훼손 하여서는 아니 됩니다.
4. 제3자의 권리 침해 및 부정한 목적 사용금지 : 본 저작물을 이용하려는 사람은 본 저작물을 이용함에 있어 제3자의 권리를 침해하거나 불법행위 등 부정한 목적으로 사용해서는 아니 됩니다.





## 표준교재의 이용 및 주의사항

이 표준교재는 「항공안전법」 제34조에 따른 항공종사자에게 필요한 기본적인 지식을 모아 제시한 것이며, 항공종사자를 양성하는 전문교육기관 등에서는 이 표준교재에 포함된 내용 이상을 해당 교육 과정에 반영하여 활용할 수 있습니다.

또한, 이 표준교재는 「저작권법」 및 「공공데이터의 제공 및 이용 활성화에 관한 법률」에 따른 공공 저작물 또는 공공데이터에 해당하므로 관련 규정에서 정한 범위에서 누구나 자유롭게 이용이 가능합니다.

그리고 「공공데이터의 제공 및 이용 활성화에 관한 법률」에 따라 이 표준교재를 발행한 국토교통부는 표준교재의 품질, 이용하는 사람 또는 제3자에게 발생한 손해에 대하여 민사상·형사상의 책임을 지지 아니합니다.

## 표준교재의 정정 신고

이 표준교재를 이용하면서 다음과 같은 수정이 필요한 사항이 발견된 경우에는 항공교육훈련포털 ([www.kaa.atims.kr](http://www.kaa.atims.kr))로 신고하여 주시기 바랍니다.

- 항공법규 등 관련 규정의 개정으로 내용 수정이 필요한 경우
- 기술된 내용이 보편타당하지 않거나, 객관적인 사실과 다른 경우
- 오타자 및 앞뒤 문맥이 맞지 않아 내용과 의미 전달이 곤란한 경우
- 관련 삽화 등이 누락되거나 추가적인 설명이 필요한 경우

※ 주의 : 표준교재 내용에는 오류, 누락 및 관련 규정 미반영 사항 등이 있을 수 있으므로 의심이 가는 부분은 반드시 정확성 여부를 확인하시기 바랍니다.

## 1편. 계기비행 일반

<b>1장 계기비행 관련 주요 법령</b> .....	<b>2</b>
1.1 항공안전법 및 항공안전법 시행규칙 .....	2
<b>2장 계기비행 관련 주요 행정규칙</b> .....	<b>16</b>
2.1 고정익 항공기를 위한 운항기술기준 .....	16
2.2 회전익 항공기를 위한 운항기술기준 .....	21

## 2편. 항법 시스템

<b>1장 무선장비 기본원리</b> .....	<b>26</b>
1.1 전자파가 전파되는 방법 .....	26
1.2 전파 수신 방해 .....	27
<b>2장 항법 장비</b> .....	<b>29</b>
2.1 무지향성 표지 시설(NDB) .....	29
2.2 초단파 전방향 지시계(VOR) .....	37
2.3 전술 항법 장치(TACAN) .....	46
2.4 VORTAC .....	47
2.5 거리 측정 장비(DME) .....	47
2.6 VOR/DME 또는 TACAN 픽스로 직행 .....	52
2.7 DME 오차(DME Errors) .....	53
2.8 지역 항법(Area Navigation, RNAV) .....	54
2.9 장거리 무선허법(LORAN) .....	57
2.10 Global Positioning System(GPS) .....	59
2.11 WIDE AREA AUGMENTATION SYSTEM(WAAS) .....	72
2.12 Ground Based Augmentation System(GBAS) Landing System(GLS) .....	75
2.13 Performance-Based Navigation(PBN) And Area Navigation(RNAV) .....	76

2.14 RNP	79
2.15 항적 정보 업무(Traffic Information Service)	79
2.16 Automatic Dependent Surveillance - Broadcast(ADS-B) Services	82
2.17 Traffic Information Service - Broadcast(TIS-B)	83
2.18 Flight Information Service - Broadcast(FIS-B)	84
2.19 Automatic Dependent Surveillance - Rebroadcast (ADS-R)	85
2.20 계기 착륙 장치(ILS)	87
2.21 단순 지향성 시설(Simplified Directional Facility)	95
2.22 방위각식 방향 보전의 항법 보조 장비(Localizer Type Directional Aid)	96
2.23 비행 관리 시스템(Flight Management Systems, FMS)	96
2.24 헤드업 디스플레이(Head-up Display)	97
2.25 Radar Navigation(Ground Based)	97

### 3편. 기본 계기비행

<b>1장 비행계기</b>	<b>102</b>
1.1 동·정압 계통	102
1.2 Compass System	113
1.3 자이로스코프 장치	118
1.4 비행 지시 장치	126
1.5 계기 장치 비행 전 절차	127
<b>2장 자세 계기비행</b>	<b>130</b>
2.1 조종과 성능 방법	130
2.2 절차적 단계	132
2.3 자세 조종	132
2.4 Primary and Supporting Method	133
2.5 기본 기술	135
2.6 계기 해석	137
2.7 항공기 조종	138

<b>3장 기본 비행 기동</b> .....	<b>139</b>
3.1 직진 수평비행 .....	139
3.2 직진 상승과 강하 .....	156
3.3 선회 .....	164
3.4 실속 접근 .....	172
3.5 비정상 자세와 회복 .....	173
3.6 계기 이륙 .....	175
3.7 기본 계기비행 패턴 .....	177


## 4편. IFR 비행

<b>1장 IFR 비행 계획</b> .....	<b>182</b>
1.1 비행 계획서의 제출 .....	182
1.2 비행 계획서의 내용 .....	182
1.3 비행 계획서 양식 .....	183
1.4 항공교통 업무(Air Traffic Service, ATS) 기입을 위한 지침서 .....	183
1.5 비행 계획의 계획된 재허가 .....	183
1.6 비행 계획서의 변경 .....	183
1.7 비행 계획서의 종료 .....	184
1.8 비행 전 계획(Preflight) .....	186
<b>2장 계기 비행 절차</b> .....	<b>192</b>
2.1 비행 인가 .....	192
2.2 출항 절차 .....	194
2.3 항로 절차 .....	197
2.4 체공 대기 절차.....	205
2.5 접근 .....	208
2.6 실패 접근 .....	226
2.7 착륙 .....	227

## 5편. 항공교통관제 시스템

<b>1장 항공교통관제 시스템</b> .....	<b>232</b>
1.1 통신 장비 .....	232
1.2 레이더와 트랜스폰더 .....	233
1.3 모드 C .....	234
1.4 통신 절차 .....	234
<b>2장 항공교통관제 구성</b> .....	<b>236</b>
2.1 Terminal Radar Approach Control .....	236
2.2 Tower En Route Control .....	238
2.3 Air Route Traffic Control Centers .....	240
2.4 Center Approach/Departure Control .....	241
2.5 항공 관제 센터 .....	243
2.6 터미널 레이더 접근관제소 .....	244
<b>3장 항공교통관제 업무</b> .....	<b>245</b>
3.1 업무 우선순위 .....	245
3.2 절차상 우선순위 .....	245
3.3 운영상 우선순위 .....	246
3.4 긴급 이행 .....	246
3.5 관제 이양 .....	247
3.6 무선통신 .....	248
3.7 공중 충돌 경고 장치 회피 조언 .....	250
3.8 RVSM 운영 .....	251
3.9 지형 인지 경고 체계 .....	252
3.10 조종사 응답/복창 .....	252
3.11 빗총 신호 .....	253





계기비행  
Instrument Flying



# 1편. 계기비행 일반

## 1장 계기비행 관련 주요 법령

### 1.1 항공안전법 및 항공안전법 시행규칙

## 2장 계기비행관련 주요 행정규칙

### 2.1 고정익 항공기를 위한 운항기술기준

### 2.2 회전익 항공기를 위한 운항기술기준



# 계기비행 관련 주요 법령

## 1.1 항공안전법 및 항공안전법 시행규칙

### 1.1.1 계기비행(항공안전법 제2조)

“계기비행”이란 항공기의 자세·고도·위치 및 비행방향의 측정을 항공기에 장착된 계기에만 의존하여 비행하는 것을 말한다.

“계기비행방식”이란 계기비행을 하는 사람이 제84조제1항에 따라 국토교통부장관 또는 제85조제1항에 따른 항공교통업무증명(이하 “항공교통업무증명”이라 한다)을 받은 자가 지시하는 이동·이륙·착륙의 순서 및 시기와 비행의 방법에 따라 비행하는 방식을 말한다.

### 1.1.2 계기비행증명(항공안전법 제44조 제1항)

운송용 조종사(헬리콥터를 조종하는 경우만 해당), 사업용 조종사, 자가용 조종사 또는 부조종사의 자격증명을 받은 사람은 1. 계기비행, 2. 계기비행 방식에 따른 비행을 하려면 그가 사용할 수 있는 항공기의 종류로 계기비행증명을 받아야 한다(항공안전법 제44조 제1항).

#### 1.1.2.1 응시자격(항공안전법 시행규칙 제75조)

계기비행증명을 받으려는 사람은 다음의 경력을 가진 사람이어야 한다.

(1) 해당 비행기 또는 헬리콥터에 대한 운송용 조종사, 사업용 조종사 또는 자가용 조종사 자격증명이 있을 것

(2) 비행기 또는 헬리콥터의 기장으로서 해당 항공기 종류에 대한 총 50시간(이 경우 실시하고자 하는 비행기 또는 헬리콥터 기장으로서 10시간 이상의 야외비행경력을 포함) 이상의 야외비행경력을 보유할 것

(3) 제89조제2항에 따른 전문교육기관 또는 외국 정부가 인정한 교육기관(항공기제작사의 교육기관을 포함한다)에서 해당 항공기 종류에 대한 계기비행과정의 교육훈련을 이수하거나 다음의 계기비행과정의 교육훈련을 이수할 것

1) 지상교육: (1)에 따른 전문교육기관의 학과교육과 동등하다고 국토교통부장관 또는 지방항공청장이 인정한 소정의 교육

2) 비행훈련: 40시간 이상의 계기비행훈련. 이 경우 최대 20시간의 범위에서 모의비행장치 또는 비행훈련장치는 20시간, 기본비행훈련장치는 5시간의 범위에서 조종교육증명을 받은 사람으로부터 지방항공청장이 지정한 모의비행훈련장치로 실시한 계기비행훈련시간을 포함할 수 있다.



1.1.2.2 시험의 실시 및 면제(항공안전법 제38조)

(1) 항공종사자 중 조종사 등의 자격증명시험

자격증명을 받으려는 사람은 항공업무에 종사하는 데 필요한 지식 및 능력에 관하여 국토교통부장관이 실시하는 학과시험 및 실기시험에 합격하여야 한다(항공안전법 제38조 제1항).

또한, 자격증명을 항공기의 종류, 등급 또는 형식 별로 한정(계기비행증명 및 조종교육증명을 포함)하는 경우 항공기 탑승경력 및 정비 경력 등을 심사하여야 하며, 이 경우 항공기의 종류 및 등급에 대한 최초의 자격증명의 한정을 실기시험으로 심사할 수 있다(항공안전법 제38조 제2항).

항공기 대신 국토교통부장관이 지정하는 모의비행장치를 이용하여 실기시험을 실시할 수 있으며 그러한 모의비행장치를 이용한 탑승경력은 항공기 탑승경력으로 본다(항공안전법 제39조 제1항 및 제2항).

① 학과시험의 과목 및 범위

자격별	한정을 받으려는 내용	과목	범위
조종사	계기비행 증명 (비행기·헬리콥터)	계기 비행	가. 계기비행 등에 관한 항공법규 나. 추측항법과 무선항법 다. 항공기용 계측기(개요) 라. 항공기상(개요) 마. 항공기상통보 바. 계기비행 등의 비행계획 사. 항공통신에 관한 일반지식 아. 계기비행 등에 관련된 인적 요소에 관한 일반지식

② 실기시험의 범위

자격증명의 종류	자격증명의 한정을 받으려는 내용	범 위
조종사	계기비행 증명 (비행기·헬리콥터)	가. 운항에 필요한 지식 나. 비행 전 작업 다. 기본적인 계기비행 라. 공중조작 및 형식 특성에 맞는 비행 마. 다음의 계기비행 1) 이륙 시의 계기비행 2) 표준계기출발방식 및 계기착륙 3) 체공방식 4) 계기접근방식 5) 복행방식 6) 계기접근·착륙 바. 계기비행방식의 야외 비행 사. 비상시 및 긴급 시의 조작 아. 항공교통관제기관과의 연락 자. 종합능력

1.1.3 운항승무원의 비행경험

1.1.3.1 조종사의 최근 비행경험(항공안전법 시행규칙 제121조)

(1) 항공안전법 제55조에 따라 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 조종사는 해당 항공기를 조종하고자 하는 날부터 기산하여 그 이전 90일 사이의 사이에 조종하려는 항공기와 같은 형식의 항공기에 탑승하여 이륙 및 착륙을 각각 3회 이상 행한 비행경험이 있어야 한다.

- 1) 항공운송사업 또는 항공기사용사업에 사용되는 항공기를 조종하려는 조종사
- 2) 제126조 각 호의 어느 하나에 해당하는 항공기를 소유하거나 운영하는 법인 또는 단체에 고용된 조종사. 다만, 기장 외의 조종사는 이륙 또는 착륙 중 항공기를 조종하고자 하는 경우에만 해당한다.

- (2) 제1항에 따른 조종사가 야간에 운항업무에 종사하고자 하는 경우에는 제1항의 비행경험 중 적어도 야간에 1회의 이륙 및 착륙을 행한 비행경험이 있어야 한다. 다만, 교육훈련, 기종 운영의 특성 등으로 국토교통부장관의 인가를 받은 조종사에 대해서는 그러하지 아니하다.
- (3) 제1항 또는 제2항의 비행경험을 산정하는 경우 제91조제2항에 따라 지방항공청장의 지정을 받은 모의비행장치를 조작한 경험은 제1항 또는 제2항의 비행경험으로 본다.

**1.1.3.2 계기비행의 경험(항공안전법 시행규칙 제124조)**

- (1) 법 제55조에 따라 계기비행을 하려는 조종사는 계기비행을 하려는 날부터 계산하여 그 이전 6개월까지의 사이에 6회 이상의 계기접근과 6시간 이상의 계기비행(모의계기비행을 포함한다)을 한 경험이 있어야 한다.
- (2) 제1항의 비행경험을 산정하는 경우 제91조제2항에 따라 지방항공청장의 지정을 받은 모의비행장치를 조작한 경험은 제1항의 비행경험으로 본다.
- (3) 제1항에도 불구하고 국토교통부장관이 제1항의 비행경험과 같은 수준 이상의 비행경험이 있다고 인정하는 조종사는 계기비행업무에 종사할 수 있다.

**1.1.4 항공계기장치 등(항공안전법 시행규칙 제117조)**

- (1) 항공안전법 제52조제2항에 따라 시계비행방식 또는 계기비행방식(계기비행 및 항공교통관제 지시 하에 시계비행방식으로 비행을 하는 경우

를 포함한다)에 의한 비행을 하는 항공기에 갖추어야 할 항공계기 등의 기준은 다음과 같다.

- 항공안전법 시행규칙 [별표 16] (개정 2021. 8. 27.)  
항공계기 등의 6기준(제117조제1항 관련)

비행 구분	계기명	수량			
		비행기		헬리콥터	
		항공 운송 사업용	항공 운송 사업용 외	항공 운송 사업용	항공 운송 사업용 외
시계 비행 방식	나침반 (MAGNETIC COMPASS)	1	1	1	1
	시계(시, 분, 초의 표시)	1	1	1	1
	정밀기압고도계 (SENSITIVE PRESSURE ALTIMETER)	1	-	1	1
	기압고도계 (PRESSURE ALTIMETER)	-	1	-	-
	속도계 (AIRSPEED INDICATOR)	1	1	1	1
계기 비행 방식	나침반 (MAGNETIC COMPASS)	1	1	1	1
	시계(시, 분, 초의 표시)	1	1	1	1
	정밀기압고도계 (SENSITIVE PRESSURE ALTIMETER)	2	1	2	1
	기압고도계 (PRESSURE ALTIMETER)	-	1	-	-
	동결방지장치(가 되어 있는 속도계 (AIRSPEED INDICATOR)	1	1	1	1
	선회 및 경사지시계 (TURN AND SLIP INDICATOR)	1	1	-	-
	경사지시계 (SLIP INDICATOR)	-	-	1	1
	인공수평자세지시계 (ATTITUDE INDICATOR)	1	1	조종석당 1개 및 여분의 계기 1개	
	자이로식 기수방향지시계 (HEADING INDICATOR)	1	1	1	1
	외기온도계 (OUTSIDE AIR TEMPERATURE INDICATOR)	1	1	1	1
승강계 (RATE OF CLIMB AND DESCENT INDICATOR)	1	1	1	1	
안정성유지시스템 (STABILIZATION SYSTEM)	-	-	1	1	

비고:

1. 자이로식 계기(회전축이 수평 위치로 유지되어 항공기 선회나 자세 변화의 영향을 받지 않고 방향, 위치, 수평 상태 등을 표시하는 기기)에는 전원의 공급상태를 표시하는 수단이 있어야 한다.
2. 비행기의 경우 고도를 지시하는 3개의 바늘로 된 고도계(Three Pointer Altimeter)와 드럼형 지시고도계(Drum Pointer Altimeter)는 정밀기압고도계의 요건을 충족하지 않으며, 헬리콥터의 경우 드럼형 지시고도계는 정밀기압고도계의 요건을 충족하지 않는다.
3. 선회 및 경사지시계(헬리콥터의 경우에는 경사지시계), 인공수평 자세지시계 및 자이로식 기수방향지시계의 요건은 결합 또는 통합된 비행지시계(Flight Director)로 충족될 수 있다. 다만, 동시에 고장 나는 것을 방지하기 위하여 각각의 계기에는 안전장치가 내장되어야 한다.
4. 헬리콥터의 설계자 또는 제작자가 안정성유지시스템 없이도 안정성을 유지할 수 있는 능력이 있다고 시험비행을 통하여 증명하거나 이를 증명할 수 있는 서류 등을 제출한 경우에는 안정성 유지시스템을 갖추지 않을 수 있다.
5. 계기비행방식에 따라 운항하는 최대이륙중량 5,700킬로그램을 초과하는 비행기와 제1종 및 제2종 헬리콥터는 주 발전장치와는 별도로 30분 이상 인공수평 자세지시계를 작동시키고 조종사가 자세지시계를 식별할 수 있는 조명을 제공할 수 있는 비상전원 공급장치를 갖추어야 한다. 이 경우 비상전원 공급장치는 주발전 장치 고장시 자동으로 작동되어야 하고 자세지시계가 비상전원으로 작동 중임이 계기판에 명확하게 표시되어야 한다.
6. 야간에 시계비행방식으로 국외를 운항하려는 항공운송사업용 헬리콥터는 시계비행방식으로 비행할 경우 위 표에 따라 장착해야 할 계기와 조종사 1명당 1개의 인공수평 자세지시계, 1개의 경사 지시계, 1개의 자이로식 기수방향지시, 1개의 승강계를 장착해야 한다.
7. 진보된 조종실 자동화 시스템[Advanced Cockpit Automation system(Glass Cockpit)-각종 아날로그 및 디지털 계기를 하나 또는 두 개의 전시화면(Display)으로 통합한 형태]을 갖춘 항공기는 주 시스템과 전시(Display)장치가 고장난 경우 조종사에게 항공기의 자세, 방향, 속도 및 고도를 제공하는 여분의 시스템을 갖추어야 한다. 다만, 주간에 시계비행방식으로 운항하는 헬리콥터는 제외한다.
8. 국외를 운항하는 항공운송사업 외의 비행기가 계기비행방식으로 비행하려는 경우에는 2개의 독자적으로 작동하는 비행기 자세 측정 장치(Independent Altitude Measuring)와 비행기 자세 전시 장치(Display System)를 갖추어야 한다.
9. 야간에 시계비행방식으로 운항하려는 항공운송사업 외의 헬리콥터에는 각 조종석마다 자세지시계 1개와 여분의 자세지시계 1개, 경사지시계 1개, 기수방향지시계 1개, 승강계 1개를 추가로 장착해야 한다.

(2) 야간에 비행을 하려는 항공기에는 별표 16에 따라 계기비행방식으로 비행할 때 갖추어야 하는 항공계기 등 외에 추가로 다음 각 호의 조명설비를 갖추어야 한다. 다만, 제1호 및 제2호의 조명설비는 주간에 비행을 하려는 항공기에도 갖추어야 한다.

- 1) 항공운송사업에 사용되는 항공기에는 2기 이상, 그 밖의 항공기에는 1기 이상의 착륙등. 다만, 헬리콥터의 경우 최소한 1기의 착륙등은 수직면으로 방향전환이 가능한 것이어야 한다.
- 2) 충돌방지등 1기
- 3) 항공기의 위치를 나타내는 우현등, 좌현등 및 미등
- 4) 운항승무원이 항공기의 안전운항을 위하여 사용하는 필수적인 항공계기 및 장치를 쉽게 식별할 수 있도록 해주는 조명설비
- 5) 객실조명설비
- 6) 운항승무원 및 객실승무원이 각 근무위치에서 사용할 수 있는 손전등(Flashlight)

(3) 마하 수(Mach Number) 단위로 속도제한을 나타내는 항공기에는 마하 수 지시계(Mach Number Indicator)를 장착하여야 한다. 다만, 마하 수 환산이 가능한 속도계를 장착한 항공기의 경우에는 그러하지 아니하다.

(4) 제2항제1호에도 불구하고 소형항공운송사업에 사용되는 항공기로서 해당 항공기에 착륙등을 추가로 장착하기 위한 기술이 그 항공기 제작자 등에 의해 개발되지 아니한 경우에는 1기의 착륙등을 갖추고 비행할 수 있다.

### 1.1.5 항공기의 연료

(항공안전법 제53조, 동법 시행규칙 제119조)

항공기를 운항하려는 자 또는 소유자등은 항공기

에 국토교통부령으로 정하는 양의 연료를 신지 아니하고 항공기를 운항해서는 아니 되며, 항공기에 실어야 하는 연료와 오일의 양은 다음과 같다.

■ 항공안전법 시행규칙 [별표 17]  
항공기에 실어야 할 연료와 오일의 양(제119조 관련)

구분	연료 및 오일의 양	
	왕복발동기 장착 항공기	터빈발동기 장착 항공기
항공운송 사업용 및 항공기사용 사업용 비행기	<p>계기비행으로 교체비행장이 요구될 경우</p> <p>다음 각 호의 양을 더한 양</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>이륙 전에 소모가 예상되는 연료(Taxi Fuel)의 양</li> <li>이륙부터 최초 착륙예정 비행장에 착륙할 때까지 필요한 연료(Trip Fuel)의 양</li> <li>이상사태 발생 시 연료 소모가 증가할 것에 대비하기 위한 것으로서 법 제77조에 따라 고시하는 운항기술기준(이하 이 표에서 “운항기술기준”이라 한다)에서 정한 연료(Contingency Fuel)의 양</li> <li>다음 각 목의 어느 하나에 해당하는 연료(Destination Alternate Fuel)의 양                     <ul style="list-style-type: none"> <li>가. 1개의 교체비행장이 요구되는 경우: 다음의 양을 더한 양                             <ol style="list-style-type: none"> <li>최초 착륙예정 비행장에서 한 번의 실패접근에 필요한 양</li> <li>교체비행장까지 상승비행, 순항비행, 강하비행, 접근비행 및 착륙에 필요한 양</li> </ol> </li> <li>나. 2개 이상의 교체비행장이 요구되는 경우: 각각의 교체비행장에 대하여 가목에 따라 산정된 양 중 가장 많은 양</li> </ul> </li> <li>교체비행장에 도착 시 예상되는 비행기의 중량 상태에서 순항속도 및 순항고도로 45분간 더 비행할 수 있는 연료(Final Reserve Fuel)의 양</li> <li>그 밖에 비행기의 비행성능 등을 고려하여 운항기술기준에서 정한 추가 연료의 양</li> </ol>	<p>다음 각 호의 양을 더한 양</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>이륙 전에 소모가 예상되는 연료의 양</li> <li>이륙부터 최초 착륙예정 비행장에 착륙할 때까지 필요한 연료의 양</li> <li>이상사태 발생 시 연료 소모가 증가할 것에 대비하기 위한 것으로서 운항기술기준에서 정한 연료의 양</li> <li>다음 각 목의 어느 하나에 해당하는 연료의 양                     <ul style="list-style-type: none"> <li>가. 1개의 교체비행장이 요구되는 경우: 다음의 양을 더한 양                             <ol style="list-style-type: none"> <li>최초 착륙예정 비행장에서 한 번의 실패접근에 필요한 양</li> <li>교체비행장까지 상승비행, 순항비행, 강하비행, 접근비행 및 착륙에 필요한 양</li> </ol> </li> <li>나. 2개 이상의 교체비행장이 요구되는 경우: 각각의 교체비행장에 대하여 가목에 따라 산정된 양 중 가장 많은 양</li> </ul> </li> <li>교체비행장에 도착 시 예상되는 비행기의 중량 상태에서 표준대기 상태에서의 체공속도로 교체비행장의 450미터(1,500피트)의 상공에서 30분간 더 비행할 수 있는 연료의 양</li> <li>그 밖에 비행기의 비행성능 등을 고려하여 운항기술기준에서 정한 추가 연료의 양</li> </ol>
	<p>계기비행으로 교체비행장이 요구되지 않을 경우</p> <p>다음 각 호의 양을 더한 양</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>이륙 전에 소모가 예상되는 연료의 양</li> <li>이륙부터 최초 착륙예정 비행장에 착륙할 때까지 필요한 연료의 양</li> <li>이상사태 발생 시 연료소모가 증가할 것에 대비하기 위한 것으로서 운항기술기준에서 정한 연료의 양</li> </ol>	<p>다음 각 호의 양을 더한 양</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>이륙 전에 소모가 예상되는 연료의 양</li> <li>이륙부터 최초 착륙예정 비행장에 착륙할 때까지 필요한 연료의 양</li> <li>이상사태 발생 시 연료소모가 증가할 것에 대비하기 위한 것으로서 운항기술기준에서 정한 연료의 양</li> </ol>

구분		연료 및 오일의 양	
		왕복발동기 장착 항공기	터빈발동기 장착 항공기
항공운송 사업용 및 항공기사용 사업용 비행기	계기비행으로 교체비행장이 요구되지 않 을 경우	<p>4. 다음 각 목의 어느 하나에 해당하는 연료의 양</p> <p>가. 제186조제3항제1호에 해당하는 경우: 표준대기 상태에서 최초 착륙예정 비행장의 450미터(1,500피트)의 상공에서 체공속도로 15분간 더 비행할 수 있는 양</p> <p>나. 제186조제3항제2호에 해당하는 경우: 다음의 어느 하나에 해당하는 양 중 더 적은 양</p> <p>1) 제5호에 따른 연료의 양을 포함하여 순항속도로 45분간 더 비행할 수 있는 양에 순항고도로 계획된 비행시간의 15퍼센트의 시간을 더 비행할 수 있는 양을 더한 양</p> <p>2) 순항속도로 2시간을 더 비행할 수 있는 양</p> <p>5. 최초 착륙예정 비행장에 도착 시 예상되는 비행기 중량 상태에서 순항속도 및 순항고도로 45분간 더 비행할 수 있는 연료의 양. 다만, 제4호나목1)에 따라 연료를 실은 경우에는 제5호에 따른 연료를 실은 것으로 본다.</p> <p>6. 그 밖에 비행기의 비행성능 등을 고려하여 운항기술기준에서 정한 추가 연료의 양</p>	<p>4. 다음 각 목의 어느 하나에 해당하는 연료의 양</p> <p>가. 제186조제3항제1호에 해당하는 경우: 표준대기 상태에서 최초 착륙예정 비행장의 450미터(1,500피트)의 상공에서 체공속도로 15분간 더 비행할 수 있는 양</p> <p>나. 제186조제3항제2호에 해당하는 경우: 제5호에 따른 연료의 양을 포함하여 최초 착륙예정 비행장의 상공에서 정상적인 순항 연료소모율로 2시간을 더 비행할 수 있는 양</p> <p>5. 최초 착륙예정 비행장에 도착 시 예상되는 비행기 중량 상태에서 표준대기 상태에서의 체공속도로 최초 착륙예정 비행장의 450미터(1,500피트)의 상공에서 30분간 더 비행할 수 있는 양. 다만, 제4호나목에 따라 연료를 실은 경우에는 제5호에 따른 연료를 실은 것으로 본다.</p> <p>6. 그 밖에 비행기의 비행성능 등을 고려하여 운항기술기준에서 정한 추가 연료의 양</p>
	계기비행으로 교체비행장이 요구될 경우	<p>다음 각 호의 양을 더한 양</p> <p>1. 최초 착륙예정 비행장까지 비행에 필요한 양</p> <p>2. 그 교체비행장까지 비행을 마친 후 순항고도로 45분간 더 비행할 수 있는 양</p>	
항공운송 사업용 및 항공기사용 사업용 외의 비행기	계기비행으로 교체비행장이 요구되지 않을 경우	<p>다음 각 호의 양을 더한 양</p> <p>1. 제186조제3항 단서에 따라 교체비행장이 요구되지 않는 경우 최초 착륙예정 비행장까지 비행에 필요한 양</p> <p>2. 순항고도로 45분간 더 비행할 수 있는 양</p>	
	계기비행으로 교체비행장이 요구될 경우	<p>다음 각 호의 양을 더한 양</p> <p>1. 최초 착륙예정 비행장까지 비행하여 한 번의 접근과 실패접근을 하는 데 필요한 양</p> <p>2. 교체비행장까지 비행하는 데 필요한 양</p> <p>3. 표준대기 상태에서 교체비행장의 450미터(1,500피트)의 상공에서 30분간 체공하는 데 필요한 양에 그 비행장에 접근하여 착륙하는 데 필요한 양을 더한 양</p> <p>4. 이상사태 발생 시 연료소모가 증가할 것에 대비하기 위한 것으로서 운항기술기준에서 정한 연료의 양</p>	
항공운송 사업용 및 항공기사용 사업용 헬리콥터	계기비행으로 교체비행장이 요구되지 않을 경우	<p>제186조제7항제1호의 경우에는 다음 각 호의 양을 더한 양</p> <p>1. 최초 착륙예정 비행장까지 비행에 필요한 양</p> <p>2. 표준대기 상태에서 최초 착륙예정 비행장의 450미터(1,500피트)의 상공에서 30분간 체공하는 데 필요한 양에 그 비행장에 접근하여 착륙하는 데 필요한 양을 더한 양</p> <p>3. 이상사태 발생 시 연료소모가 증가할 것에 대비하기 위한 것으로서 운항기술기준에서 정한 연료의 양</p>	
	계기비행으로 적당한 교체 비행장이 없을 경우	<p>제186조제7항제2호의 경우에는 다음 각 호의 양을 더한 양</p> <p>1. 최초 착륙예정 비행장까지 비행에 필요한 양</p> <p>2. 최초 착륙예정 비행장의 상공에서 체공속도로 2시간 동안 체공하는 데 필요한 양</p>	

구분		연료 및 오일의 양	
		왕복발동기 장착 항공기	터빈발동기 장착 항공기
항공운송 사업용 및 항공기사용 사업용 외의 헬리콥터	계기비행으로 교체비행장이 요구될 경우	다음 각 호의 양을 더한 양 1. 최초 착륙예정 비행장까지 비행하여 한 번의 접근과 실패접근을 하는 데 필요한 양 2. 교체비행장까지 비행하는 데 필요한 양 3. 표준대기 상태에서 교체비행장의 450미터(1,500피트)의 상공에서 30분간 체공하는 데 필요한 양에 그 비행장에 접근하여 착륙하는 데 필요한 양을 더한 양 4. 이상사태 발생 시 연료 소모가 증가할 것에 대비하여 소유자등이 정한 추가의 양	
	계기비행으로 교체비행장이 요구되지 않는 경우	다음 각 호의 양을 더한 양 1. 최초 착륙예정 비행장까지 비행에 필요한 양 2. 표준대기 상태에서 최초 착륙예정 비행장의 450미터(1,500피트)의 상공에서 30분간 체공하는 데 필요한 양에 그 비행장에 접근하여 착륙하는 데 필요한 양을 더한 양 3. 이상사태 발생 시 연료 소모가 증가할 것에 대비하여 소유자등이 정한 추가의 양	
	계기비행으로 적당한 교체 비행장이 없을 경우	다음 각 호의 양을 더한 양 1. 최초 착륙예정 비행장까지 비행에 필요한 양 2. 그 비행장의 상공에서 체공속도로 2시간 동안 체공하는 데 필요한 양	

### 1.1.6 모의계기비행의 기준

(항공안전법 시행규칙 제176조)

법 제67조에 따라 모의계기비행을 하려는 자는 다음 각 호의 기준에 따라야 한다.

- (1) 완전하게 작동하는 이중비행조종장치(Dual Control)를 장착하고 있을 것
- (2) 안전감독 조종사(Safety Pilot)가 조종석에 타고 있을 것
- (3) 안전감독 조종사가 항공기의 전방 및 양 측면에 대하여 적절한 시야를 확보하고 있거나 항공기 내에 관속승무원(Observer)이 있어 안전감독 조종사의 시야를 보완할 수 있을 것

### 1.1.7 계기 접근 및 출발 절차 등

(항공안전법 시행규칙 177조)

(1) 계기비행의 절차는 다음 각 호와 같이 구분한다.  
 <개정 2020. 2. 28.>

- 1) 비정밀접근절차: 전방향표지시설(VOR), 전술항행표지시설(TACAN) 등 전자적인 활공각(滑空角) 정보를 이용하지 아니하고 활주로 방위각 정보를 이용하는 계기접근절차
- 2) 정밀접근절차: 계기착륙시설(Instrument Landing System/ILS, Microwave Landing System/MLS, GPS Landing System/GLS) 또는 위성항법시설(Satellite Based Augmentation System/SBAS Cat I)을 기반으로 하여 활주로방위각 및 활공각 정보를 이용하는 계기접근절차



- 3) 수직유도정보에 의한 계기접근절차: 활공각 및 활주로방위각 정보를 제공하며, 최저강하 고도 또는 결심고도가 75미터(250피트) 이상으로 설계된 성능기반항행(Performance Based Navigation/PBN) 계기접근절차
  - 4) 표준계기도착절차: 항공로에서 제1호부터 제3호까지의 규정에 따른 계기접근절차로 연결하는 계기도착절차
  - 5) 표준계기출발절차: 비행장을 출발하여 항공로를 비행할 수 있도록 연결하는 계기출발절차
- (2) 제1항제1호부터 제3호까지의 규정에 따른 계기접근절차는 결심고도와 시정 또는 활주로나 시범위(Visibility or Runway Visual Range/RVR)에 따라 다음과 같이 구분한다. <개정 2020. 12. 10.>

종류	결심고도 (Decision Height/ DH)	시정 또는 활주로 가시범위 (Visibility or Runway Visual Range/RVR)
A형 (Type A)	75미터(250피트) 이상 *결심고도가 없는 경우 최저 강하 고도 를 적용	해당 사항 없음
B형 (Type B)	1종 (Category I)	60미터(200피트) 이상 75미터(250피트) 미만 시정 800미터 (1/2마일) 또는 RVR 550미터 이상
	2종 (Category II)	30미터(100피트) 이상 60미터(200피트) 미만 RVR 300미터 이상 500미터 미만
	3종 (Category III)	30미터(100피트) 미만 또는 적용하지 아니함(No DH) RVR 300미터 미만 또는 적용하지 아니함(No RVR)

- (3) 제2항의 표 중 종류별 구분은 「국제민간항공협약」 부속서 14에서 정하는 바에 따른다.

### 1.1.8 계기비행규칙 등 (항공안전법 시행규칙 제178조)

- (1) 계기비행방식으로 비행하는 항공기는 ㉗산악 지역에서는 항공기를 중심으로 반지름 8킬로미터 이내에 위치한 가장 높은 장애물로부터 600미터의 고도 ㉘가목 외의 지역에서는 항공기를 중심으로 반지름 8킬로미터 이내에 위치한 가장 높은 장애물로부터 300미터의 고도 미만으로 비행해서는 아니 된다. 다만, 이륙 또는 착륙하는 경우와 관할 항공교통업무기관의 허가를 받은 경우에는 그러하지 아니하다.
- (2) 계기비행방식으로 비행하는 항공기가 시계비행방식으로 변경하려는 경우에는 계기비행의 취소 및 비행계획의 변경사항을 관할 항공교통업무기관에 통보하여야 한다.
- (3) 제2항에도 불구하고 계기비행방식으로 비행 중인 항공기는 시계비행기상상태가 상당한 시간 동안 유지되지 아니할 것으로 예상되는 경우에는 계기비행방식에 의한 비행을 취소해서는 아니 된다.

### 1.1.9 계기비행방식에 의한 비행·접근·착륙 및 이륙(항공안전법 시행규칙 제181조)

- (1) 계기비행방식으로 착륙하기 위하여 접근하는 항공기의 조종사는 다음 각 호의 기준에 따라 비행하여야 한다.

1) 해당 비행장에 설정된 계기접근절차를 따를 것  
 2) 기상상태가 해당 계기접근절차의 착륙기상최저치 미만인 경우에는 결심고도(DH) 또는 최저강하고도(MDA)보다 낮은 고도로 착륙을 위한 접근을 시도하지 아니할 것. 다만, 다음 각 목의 요건에 모두 적합한 경우에는 그러하지 아니하다.

- ① 정상적인 강하율에 따라 정상적인 방법으로 그 활주로에 착륙하기 위한 강하를 할 수 있는 위치에 있을 것
- ② 비행시정이 해당 계기접근절차에 규정된 시정 이상일 것
- ③ 조종사가 다음 중 어느 하나 이상의 해당 활주로 관련 시각참조물을 확실히 보고 식별할 수 있을 것(정밀접근방식이 제177조 제2항에 따른 제2종 또는 제3종에 해당하는 경우는 제외한다)

가) 진입등시스템(ALS): 조종사가 진입등의 구성품 중 붉은색 측면등(Red Side Row Bars) 또는 붉은색 최종진입등(Red Terminating Bars)을 명확하게 보고 식별할 수 없는 경우에는 활주로의 접지구역표면으로부터 30미터(100피트) 높이의 고도 미만으로 강하할 수 없다.

- 나) 활주로스단(Threshold)
- 다) 활주로스단표지(Threshold Marking)
- 라) 활주로스단등(Threshold Light)
- 마) 활주로스단식별등
- 바) 진입각지시등(VASI 또는 PAPI)
- 사) 접지구역(Touchdown Zone) 또는 접지구역표지(Touchdown Zone Marking)

- 아) 접지구역등(Touchdown Zone Light)
- 자) 활주로 또는 활주로표지
- 차) 활주로등

3) 다음 각 목의 어느 하나에 해당할 때 제2호다목의 요건에 적합하지 아니한 경우 또는 최저강하고도 이상의 고도에서 선회 중 비행장이 육안으로 식별되지 아니하는 경우에는 즉시 실패접근(계기접근을 시도하였으나 착륙하지 못한 항공기를 위하여 설정된 비행절차를 말한다. 이하 같다)을 하여야 한다.

- ① 최저강하고도보다 낮은 고도에서 비행 중인 때
- ② 실패접근의 지점(결심고도가 정해져 있는 경우에는 그 결심고도를 포함한다. 이하 같다)에 도달할 때
- ③ 실패접근의 지점에서 활주로에 접지할 때

(2) 조종사는 비행시정이 착륙하려는 비행장의 계기접근절차에 규정된 시정 미만인 경우에는 착륙하여서는 아니 된다. 다만, 법 제3조제1항에 따른 군용항공기와 같은 조 제3항에 따른 아메리카합중국이 사용하는 항공기는 그러하지 아니하다.

(3) 조종사는 해당 민간비행장에서 정한 최저이륙기상기준값 이상인 경우에만 이륙해야 한다. 다만, 국토교통부장관의 허가를 받은 경우에는 그렇지 않다. <개정 2021. 8. 27.>

(4) 조종사는 최종접근진로, 위치통지점(FIX) 또는 체공지점에서의 시간차접근(Timed



Approach) 또는 비절차선회(No Procedure Turn/PT)접근까지 제5항제2호에 따른 레이더 유도(Vectors)를 받는 경우에는 관할 항공교통 관제기관으로부터 절차선회하라는 지시를 받지 아니하고는 절차선회를 해서는 아니 된다.

(5) 제1항제1호에 따른 계기접근절차 외의 항공로 운항 및 레이더 사용절차는 다음 각 호에 따른다.

- 1) 항공교통관제용 레이더는 감시접근용 또는 정밀접근용으로 사용하거나 다른 항행안전무선시설을 이용하는 계기접근절차와 병행하여 사용할 수 있다.
- 2) 레이더 유도는 최종접근진로 또는 최종접근지점까지 항공기가 접근하도록 진로안내를 하는데 사용할 수 있다.
- 3) 조종사는 설정되지 아니한 비행로를 비행하거나 레이더 유도에 따라 접근허가를 받은 경우에는 공고된 항공로 또는 계기접근절차 비행구간으로 비행하기 전까지 제199조에 따른 최저비행고도를 준수하여야 한다. 다만, 항공교통관제기관으로부터 최종적으로 지시받은 고도가 있는 경우에는 우선적으로 그 고도에 따라야 한다.
- 4) 제3호에 따라 관할 항공교통관제기관으로부터 최종적으로 고도를 지시받은 조종사는 공고된 항공로 또는 계기접근절차 비행로에 진입한 이후에는 그 비행로에 대하여 인가된 고도로 강하하여야 한다.
- 5) 조종사가 최종접근진로나 최종접근지점에 도착한 경우에는 그 시설에 대하여 인가된 절차에 따라 계기접근을 수행하거나 착륙 시까지

감시레이더접근 또는 정밀레이더접근을 계속할 수 있다.

(6) 계기착륙시설(Instrument Landing System/ILS)은 다음 각 호와 같이 구성되어야 한다.

- 1) 계기착륙시설은 방위각제공시설(LLZ), 활공각제공시설(GP), 외측마커(Outer Marker), 중간마커(Middle Marker) 및 내측마커(Inner Marker)로 구성되어야 한다.
  - 2) 제1종 정밀접근(CAT-I) 계기착륙시설의 경우에는 내측마커를 설치하지 아니할 수 있다.
  - 3) 외측마커 및 중간마커는 거리측정시설(DME)로 대체할 수 있다.
  - 4) 제2종 및 제3종 정밀접근(CAT-II 및 III) 계기착륙시설로서 내측마커를 설치하지 아니하려는 경우에는 항행안전시설 설치허가 신청서에 필요한 사유를 적어야 한다.
- (7) 조종사는 군비행장에서 이륙 또는 착륙하거나 군 기관이 관할하는 공역을 비행하는 경우에는 해당 군비행장 또는 군 기관이 정한 계기비행절차 또는 관제지시를 준수하여야 한다. 다만, 해당 군비행장 또는 군 기관의 장과 협의하여 국토교통부장관이 따로 정한 경우에는 그러하지 아니하다.
- (8) 제2종 및 제3종 정밀접근 계기착륙시설의 정밀계기접근절차를 따라 비행하는 경우에는 다음 각 호의 어느 하나를 적용한다. 다만, 「항공사업법」 제7조, 제10조 및 제54조에 따른 항공운송사업자의 항공기에 대해서는 제2호 및 제3호를 적용하지 아니한다.

1) 조종사는 결심고도가 있는 제2종 및 제3종 정밀접근 계기착륙시설의 정밀계기접근절차를 따라 비행할 경우 인가된 결심고도보다 낮은 고도로 착륙을 위한 접근을 시도하여서는 아니 된다. 다만, 국토교통부장관의 인가를 받은 경우 또는 다음 각 목의 어느 하나에 해당하는 경우에는 그러하지 아니하다.

- ① 조종사가 정상적인 강하율에 따라 정상적인 방법으로 활주로 접지구역에 착륙하기 위한 강하를 할 수 있는 위치에 있는 경우
- ② 조종사가 다음의 어느 하나의 활주로 시각 참조물을 육안으로 식별할 수 있는 경우

가) 진입등시스템. 다만, 조종사가 진입등시스템의 구성품 중 진입등만 식별할 수 있고 붉은색 측면등 또는 붉은색 최종진입등은 식별할 수 없는 경우에는 활주로의 표면으로부터 30미터(100피트) 미만의 고도로 강하해서는 아니 된다.

나) 활주로서단

다) 활주로서단표지

라) 활주로서단등

마) 접지구역 또는 접지구역표지

바) 접지구역등

2) 조종사는 결심고도가 없는 제3종 정밀접근 계기착륙시설의 정밀계기접근절차를 따라 비행하려는 경우에는 미리 국토교통부장관의 인가를 받아야 한다.

3) 제2종 및 제3종 정밀접근 계기착륙시설의 정밀계기접근절차 운용의 일반기준은 다음 각 목과 같다.

- ① 제2종 및 제3종 계기착륙시설의 정밀계기

접근절차를 이용하는 조종사는 다음의 기준에 적합하여야 한다.

가) 제2종 정밀접근 계기착륙시설의 정밀계기접근절차를 이용하는 기장과 기장 외의 조종사는 제2종 계기착륙시설의 정밀계기접근절차의 운용에 관하여 지방항공청장의 인가를 받을 것

나) 제3종 정밀접근 계기착륙시설의 정밀계기접근절차를 이용하는 기장과 기장 외의 조종사는 제3종 정밀접근 계기착륙시설의 정밀계기접근절차의 운용에 관하여 지방항공청장의 인가를 받을 것

다) 조종사는 자신이 이용하는 계기착륙시설의 정밀계기접근절차 및 항공기에 대하여 잘 알고 있을 것

- 조종사의 전면에 있는 항공기 조종계기판에는 해당 계기착륙시설의 정밀계기접근절차를 수행하는 데 필요한 장비가 갖추어져 있어야 한다.

- 비행장 및 항공기에는 별표 25에 따른 해당 계기착륙시설의 정밀계기접근용 지상장비와 해당 항공기에 필요한 장비가 각각 갖추어져 있어야 한다.

4) 「항공사업법」 제7조·제10조 및 제54조에 따른 항공운송사업자의 항공기가 제2종 또는 제3종 정밀접근 계기착륙시설의 정밀계기접근절차에 따라 비행하는 경우에는 별표 25에서 정한 기준을 준수하여야 한다.

(9) 조종사는 제8항제1호가목 및 나목의 기준에 적합하지 아니한 경우에는 활주로에 접지하기 전

에 즉시 실패접근을 하여야 한다. 다만, 국토교통부장관의 허가를 받은 경우에는 그러하지 아니하다.

### 1.1.10 교체비행장 등(항공안전법 시행규칙 제186조)

(1) 항공운송사업에 사용되거나 항공운송사업을 제외한 국외비행에 사용되는 비행기를 운항하려는 경우에는 다음 각 호의 구분에 따라 제183조 제8호에 따른 교체비행장을 지정하여야 한다.

- 1) 출발비행장의 기상상태가 비행장 착륙 최저치(Aerodrome Landing Minima) 이하이거나 그 밖의 다른 이유로 출발비행장으로 되돌아올 수 없는 경우: 이륙교체비행장(Take-Off Alternate Aerodrome)
- 2) 제215조제1항에 따른 비행기로서 제215조제2항에 따른 시간을 초과하는 지점이 있는 노선을 운항하려는 경우: 항공로 교체비행장(En-Route Alternate Aerodrome). 이 경우 항공로 교체비행장은 제215조제3항에 따른 승인을 받은 최대회항시간 이내에 도착 가능한 지역에 있어야 한다.
- 3) 계기비행방식에 따라 비행하려는 경우: 1개 이상의 목적지 교체비행장(Destination Alternate Aerodrome). 다만, 다음 각 목의 어느 하나에 해당하는 경우에는 그러하지 아니하다.
  - ① 최초 착륙예정 비행장(Aerodrome of Intended Landing)의 기상상태가 비행하

는 동안 또는 도착 예정시간에 양호해질 것이 확실시 되고, 도착 예정시간 전·후의 일정 시간 동안 시계비행 기상상태에서 접근하여 착륙할 것이 확실히 예상되는 경우

② 최초 착륙예정 비행장이 외딴 지역에 위치하고 적합한 목적지 교체비행장이 없는 경우

(2) 제1항제1호에 따른 이륙교체비행장은 다음 각 호의 요건을 갖추어야 한다.

- 1) 2개의 발동기를 가진 비행기의 경우에는 1개의 발동기가 작동하지 아니할 때의 순항속도로 출발비행장으로부터 1시간의 비행거리 이내인 지역에 있을 것
- 2) 3개 이상의 발동기를 가진 비행기의 경우에는 모든 발동기가 작동할 때의 순항속도로 출발비행장으로부터 2시간의 비행거리 이내인 지역에 있을 것
- 3) 예상되는 이용시간 동안의 기상조건이 해당 운항에 대한 비행장 운영 최저치(Aerodrome Operating Minima) 이상일 것

(3) 항공운송사업에 사용되는 비행기 외의 비행기를 계기비행방식에 따라 비행하려면 1개 이상의 목적지 교체비행장을 지정하여야 한다. 다만, 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 경우에는 그러하지 아니하다.

- 1) 최초 착륙예정 비행장의 기상상태가 비행하는 동안 또는 도착 예정시간에 양호해질 것이 확실시되고, 도착 예정시간 전·후의 일정 시간 동안 시계비행 기상상태에서 접근하여 착

- 륙할 것이 확실히 예상되는 경우
- 2) 최초 착륙예정 비행장이 외딴 지역에 위치하고 적합한 목적지 교체비행장이 없는 경우
- (4) 제3항 각 호 외의 부분 단서 및 각 호에 따라 목적지 교체비행장의 지정이 요구되지 않는 경우로서 다음 각 호의 기준에 적합하지 않은 경우에는 비행을 시작해서는 안 된다. <개정 2021. 8. 27.>
- 1) 최초 착륙예정 비행장에 표준계기접근절차가 수립되어 있을 것
  - 2) 도착 예정시간 2시간 전부터 2시간 후까지의 기상상태가 다음 각 목과 같이 예보되어 있을 것
    - ① 운고가 계기접근절차의 최저치보다 300미터(1천피트) 이상일 것
    - ② 시정이 5,500미터 이상이거나 표준계기접근절차의 최저치보다 4천미터 이상일 것
- (5) 항공운송사업에 사용되는 헬리콥터를 운항하려면 다음 각 호의 구분에 따라 교체헬기장(alternate heliport)을 지정해야 한다. <개정 2021. 8. 27.>
- 1) 출발헬기장의 기상상태가 헬기장 운영 최저치(heliport operating minima) 이하인 경우 : 1개 이상의 이륙 교체헬기장(Take-Off Alternate Heliport)
  - 2) 계기비행방식에 따라 비행하려는 경우 : 1개 이상의 목적지 교체헬기장(Destination Alternate Heliport). 다만, 다음 각 목의 어느 하나에 해당하는 경우에는 그러하지 아니하다.
    - ① 최초 착륙예정 헬기장(Heliport of Intended Landing)의 기상상태가 비행하는 동안 또는 도착 예정시간에 양호해질 것이 확실시되고, 도착 예정시간 전·후의 일정 시간 동안 시계비행 기상상태에서 접근하여 착륙할 것이 확실히 예상되는 경우
    - ② 최초 착륙예정 헬기장이 외딴 지역에 위치하고 적합한 교체헬기장이 없는 경우. 이 경우 비행계획에는 회항할 수 없는 지점(Point of No Return)을 표시하여야 한다.
- 3) 기상예보 상태가 헬기장 운영 최저기상기준값(Heliport Operating Minima)이하인 목적지 헬기장으로 비행하려는 경우 : 최소한 2개의 목적지 교체헬기장(Destination Alternate Heliport). 이 경우 첫 번째 목적지 교체헬기장의 운영 최저기상기준값은 목적지 헬기장의 운영 최저기상기준값 이상이어야 하고, 두 번째 목적지 교체헬기장의 운영 최저기상기준값은 첫 번째 목적지 교체헬기장의 운영 최저기상기준값 이상이어야 한다.
- (6) 제5항에 따른 교체헬기장(Alternate Heliport)은 교체헬기장으로 사용할 수 있는 헬기장 사용 가능시간과 헬기장 운영 최저기상기준값(Heliport Operating Minima) 등의 정보를 확인하고 지정해야 한다. <개정 2021. 8. 27.>
- (7) 항공운송사업에 사용되는 헬리콥터 외의 헬리콥터를 계기비행방식에 따라 비행하려면 1개 이상의 적합한 교체헬기장을 지정하여야 한다. 다만, 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 경

우에는 그러하지 아니하다.

- 1) 도착 예정시간 2시간 전부터 2시간 후까지 또는 실제 출발시간부터 도착 예정시간 2시간 후까지의 시간 중 짧은 시간에 대하여 최초 착륙예정 헬기장의 기상상태가 다음 각 목과 같이 예보되어 있는 경우

- ① 운고가 계기접근절차의 최저치보다 120미터(400피트) 이상
- ② 시정이 계기접근절차의 최저치보다 1,500미터 이상

- 2) 다음 각 목의 어느 하나에 해당하는 경우

- ① 최초 착륙예정 헬기장이 외딴 지역에 위치하고 적합한 교체헬기장이 없는 경우
- ② 최초 착륙예정 헬기장에 계기접근절차가 수립되어 있는 경우
- ③ 목적지 헬기장이 해상에 있어 회항할 수 있는 교체헬기장을 지정할 수 없는 경우

- (8) 제5항부터 제7항까지의 규정에 따른 교체헬기장이 해상교체헬기장(Off-Shore Alternate Heliport)인 경우에는 다음 각 호의 요건을 모두 갖추어야 한다. 다만, 해안 교체헬기장(On-Shore Alternate Heliport)까지 비행할 수 있는 충분한 연료의 탑재가 가능하면 해상 교체헬기장을 지정하지 아니할 수 있다.

- 1) 해상 교체헬기장은 회항할 수 없는 지점 외에서만 지정하고, 회항할 수 없는 지점 내에서는 해안 교체헬기장을 지정할 것
- 2) 적합한 교체헬기장을 결정하는 경우에는 주요 조종계통 및 부품을 신뢰할 수 있을 것
- 3) 교체헬기장에 도착하기 전에 1개의 발동기가

고장나더라도 교체헬기장까지 운항할 수 있는 성능이 확보될 수 있을 것

- 4) 갑판의 이용이 보장되어 있을 것
- 5) 기상정보는 정확하고 신뢰할 수 있을 것

- (9) 제5항제2호 단서에 따라 교체헬기장의 지정이 요구되지 아니하는 경우로서 제7항제1호의 기준에 적합하지 아니한 경우에는 비행을 시작하여서는 아니 된다.



# 계기비행관련 주요 행정규칙

## 2.1 고정익 항공기를 위한 운항기술기준

### 2.1.1 조종사 자격유지 : 계기비행

(Pilot Currency : IFR Operations)

- 가. 계기비행방식(IFR) 또는 계기비행기상상태 하에서 계기비행을 하고자 하는 조종사는 계기비행을 하고자 하는 날부터 기산하여 그 이전 6월까지의 사이에 6회 이상의 계기접근과 6시간 이상의 계기비행(모의계기비행을 포함한다)을 행한 경험이 있어야 한다.
- 나. 국토교통부장관이 인정한 자료부터 계기비행심사를 이수한 조종사는 심사 이후 6개월 동안은 계기비행 경험을 유지하고 있는 것으로 본다.

### 2.1.2 계기비행방식 비행시 목적공항 기상

(IFR Destination Aerodromes)

- (1) 계기비행방식(IFR)에 의한 비행을 하고자 하는 자는 다음에서 정한 기준을 충족하지 않는 한 비행을 시작하여서는 아니 된다.
  - 1) 출발공항의 기상이 최저기상치 이상일 것
  - 2) 대체비행장 요건에 따라 선정된 대체공항 또는 착륙예정공항의 기상보고 또는 기상예보가 공항사용예정시간에 최저기상치 이상인 경우에는 이륙 또는 재 비행계획지점을

초과하여 비행을 계속하여서는 아니 된다.

- (2) 각각의 교체공항에서 접근 및 착륙이 안전하게 실시될 수 있도록 운항증명소지자가 수립한 공항 최저기상치에 운고 및 시정 증가분을 가산하여 적절한 안전 마진(Margin)을 설정하여야 한다.

- (3) 국토교통부장관 또는 지방항공청장은 운항증명소지자 이외의 항공기운영자의 시간여유분(Margin of Time)을 포함한 공항 사용예정시간(Estimated Time of Use) 사용을 위한 기준을 승인할 수 있다.

주. '사용예정시간'은 도착 1시간 전후로 간주되며, 세부사항은 Flight Planning and Fuel Management Manual(Doc 9976)에 따른다.

### 2.1.3 계기비행방식으로 비행시 대체비행장 요건

(IFR Destination Alternate Requirement)

- (1) 계기비행규칙(IFR)에 의한 비행을 하고자 하는 자는 다음에서 정한 경우를 제외하고 비행계획서에 최소한 1개의 목적지 대체비행장을 정하지 아니하고 비행을 시작하여서는 아니 된다.
  - 1) 출발공항 또는 비행 중 재비행계획 지점(Point of In-Flight Re-Planning)부터 목



적지공항까지 비행하는 동안 비행과 관련한 모든 기상조건 및 운항정보를 고려하여 공항 사용예정시간에 다음 사항을 고려한 경우

- ① 시계기상상태(VMC) 하에서 접근 및 착륙이 가능
- ② 분리활주로(Separate Runways)가 공항사용예정시간에 사용가능하며, 적어도 1개의 활주로는 사용가능한 계기접근절차를 갖추고 있을 것

2) 목적지 공항이 고립공항인 경우

- ① 착륙하려는 공항에 표준계기접근절차가 수립되어 있을 것(운항증명소지자의 경우에는 적용하지 아니 한다)
  - ② 고립공항으로 비행하기 위해서는 귀환불능지점(Point of No Return)이 결정되어 있을 것
  - ③ 운항증명소지자의 경우에는 공항사용 예정시간에서의 기상상태, 교통량, 기타 운항상태가 안전한 착륙을 수행할 수 있음을 지지하지 않는 한 귀환불능지점을 초과하여 비행하지 말 것
  - ④ 운항증명소지자 이외의 경우에는 공항사용 예정시간에서의 기상상태가 다음 사항을 충족하지 않는 한 귀환불능지점을 초과하여 비행하지 말 것
- 가) 운고(雲高)가 계기접근절차의 최저치 보다 300미터(1,000피트) 이상
- 나) 시정이 5,500미터(3NM) 이상이거나 표준 계기접근 절차의 최저치보다 4,000미터(2NM) 이상

주1. 분리활주로는 동일 공항에 2개 이상의 활주로로 구성되어 있으므로 1개의 활주로는 폐쇄되더라도 다른 활주로로 운항할 수 있다.

주2. 고립공항까지의 운항계획 수립을 위한 세부사항은 Flight Planning and Fuel Management(FPFM) Manual(Doc 9976)에 수록되어 있다.

(2) 운항증명 소지자는 목적지공항의 기상상태가 다음 사항과 같은 경우 최소한 2개의 목적지 교체공항을 선정하여야 한다.

- 1) 사용예정시간에서의 기상상태가 운항증명소지자가 수립한 비행장 기상최저치 미만
  - 2) 목적지공항의 기상정보를 이용할 수 없는 경우
- (3) 이륙교체공항, 항로상교체공항 및 목적지교체공항의 요건에도 불구하고 운항증명소지자가 실시한 위험평가결과 동등한 수준의 안전이 보장됨을 증명할 경우 운항증명소지자는 국토교통부장관 또는 지방항공청장의 승인을 받아 교체비행장 선정기준을 변경
- 1) 운영증명소지자의 능력
  - 2) 비행기 및 관련 시스템의 전체 능력
  - 3) 이용가능한 공항의 기술, 능력 및 하부구조
  - 4) 기상정보의 신뢰성 및 품질
  - 5) 교체공항과 관련된 확인된 위험 및 위험평가
  - 6) 특정한 완화 조치

주. 안전위험평가, 편차샘플을 포함한 편차결정은 Flight Planning and Fuel Management(FPFM) Manual(Doc 9976) 및 Safety Management Manual(SMM)(Doc 9859)을 참조한다.

### 2.1.4 계기비행방식의 비행을 위한 교체비행장 선정 기준(IFR Alternate Aerodrome Selection Criteria)

- (1) 교체비행장 최저기상치가 공표된 경우 항공기 운영자는 계기비행방식(IFR)에 의한 비행계획 시 교체비행장 도착예정시간에서의 기상예보가 다음 사항을 충족하는 교체비행장을 선정하여야 한다.
  - 1) 운항증명소지자 이외의 경우에는 출발공항에서 이륙 시점에 교체비행장이 최저기상치 이상일 것
  - 2) 운항증명 소지자의 경우에는 다음 사항의 시점에서 운항증명 소지자가 수립한 최저기상치 이상일 것
    - ① 출발공항 이륙 시점 또는
    - ② 재 비행계획지점
- (2) 교체비행장 최저기상치가 공표되지 않았고 계기비행방식에 의한 교체비행장의 사용이 가능한 경우 기장은 교체비행장 도착예정시간의 기상조건이 다음 각 호에서 정한 기상치 이상임을 확인하여야 한다.
  - 1) 정밀접근 : 운고 180미터(600피트) 및 시정 3킬로미터(2 statute miles) 이상
  - 2) 비정밀접근 : 운고 240미터(800피트) 및 시정 5킬로미터(3 statute miles) 이상
- (3) 가항 및 나항의 규정에 불구하고 항공운송사업에 사용되는 항공기의 기장의 경우에는 운영기준(Operations Specifications)에 정하여 항

공당국의 인가를 받은 경우, 승인 받은 교체비행장 최저 기상치를 적용할 수 있다.

### 2.1.5 계기비행방식 비행을 위한 최소연료 탑재량 (Minimum Fuel Supply for IFR Flights)

- (1) 운송사업용 비행기 외의 비행기
  - 1) 항공기운영자는 항공기가 안전하게 비행을 완수할 수 있도록 비행노선의 기상조건 및 비행이 지연될 것을 고려하여 충분한 연료를 탑재하지 않으면 비행을 해서는 아니 된다.
  - 2) 항공기운영자는 고정익항공기 운항기술기준 8.1.9.10에 따라 교체비행장이 요구되지 않는 상태에서 계기비행방식으로 운항하거나, 고립공항으로 운항할 경우에는 목적지 비행장까지 비행 후에 순항고도로 최소 45분 간 비행할 수 있는 최종예비연료량 또는,
  - 3) 항공기운영자는 계기비행방식으로 운영하면서 목적지 교체비행장이 요구되는 경우, 목적지 교체비행장까지 비행 그리고 교체비행장까지 비행 후에 순항고도로 최소 45분간 비행할 수 있는 최종 예비연료(Final Reserve Fuel)
    - 주. 고립공항(Isolated Aerodrome) 운항계획 수립을 위한 세부사항은 Flight Planning and Fuel Management Manual(Doc 9976)에 따른다.
  - 4) 항공기운영자는 비행 전 계획했던 기존의 의도대로 비행이 시작되지 않았다면 연료 사용을 재분석하여야 하며, 필요할 경우 계획된 운항을 조정하여야 한다.



## (2) 운송사업용 비행기

1) 운항증명소지자는 비행 전 요구되는 탑재연료량 산정은 다음사항을 포함하여야 한다.

## ① 지상할주연료(Taxi Fuel)

이륙공항의 현지조건 및 보조동력장치(APU)의 연료소모량을 고려하여 이륙 전에 소모될 것으로 예측되는 연료

## ② 운항연료(Trip Fuel)

항공기가 이륙부터 또는 비행중 재 비행계획 지점(Point of In-Flight Re-Planning)부터 운항조건을 고려하여 목적공항에 착륙할 때까지 요구되는 연료

## ③ 보정연료(Contingency Fuel)

예상치 못한 요인(Unforeseen Factor)에 대비하기 위한 연료로서 계획된 운항연료의 5퍼센트 또는 비행중 재 비행계획 지점(Point of In-Flight Re-Planning)에서 요구되는 운항연료의 5퍼센트에 해당하는 보정연료를 탑재할 수 있다. 다만, 항로상 교체공항(En-Route Alternate)이 별표 8.1.9.13에서 정한 범위 내에 있는 경우 운항연료의 3퍼센트에 해당하는 보정연료를 탑재할 수 있다. 보정연료는 표준대기상태에서 목적공항 상공 450미터(1,500피트)에서 5분간 체공할 수 있는 양보다 적어서는 아니 된다.

주. 예측치 못한 요인들(Unforeseen Factors)은 목적공항까지의 연료소모에 영향을 미칠 수 있는 요인들로 예상연료 소모데이터와 각 비행기별 편차, 기상예보의 편차, 지연의 연장(지상 또는 공중), 계획된 항로·순항고도의 편차 등이다.

## ④ 목적지교체공항 연료

(Destination Alternate Fuel)

가) 목적지교체공항이 요구되는 경우, 다음을 수행하기 위해 필요한 연료량

㉠ 목적공항에서 실패접근

㉡ 예상 순항고도까지 상승

㉢ 예상항로 비행

㉣ 예상접근이 시작되는 시점까지 강하

㉤ 목적지교체공항에 접근 및 착륙

나) 두 개의 목적지 교체공항이 필요한 경우

1) ④ 가)에 따라 산정된 두 교체공항 연료 중 더 많은 연료량

다) 목적지교체공항 없는 비행의 경우 표준 대기상태에서 항공기가 목적공항 상공 450미터(1,500피트)에서 체공속도로 15분 동안 비행하기 위한 연료량

라) 목적공항이 고립공항(Isolated Airdrome)인 경우

㉠ 왕복엔진 항공기의 경우, 최종예비연료를 포함하여 순항고도에서 45분간 비행 할 수 있는 연료에다 순항고도에서 비행시간의 15퍼센트에 해당하는 연료를 합한 연료량 또는 2시간 연료 중 더 적은 연료량

㉡ 터빈엔진 항공기의 경우, 최종예비연료(Final Reserve Fuel)를 포함하여 목적공항 상공에서 정상적인 순항 연료소모율로 2시간 비행할 수 있는 연료량

## ⑤ 최종예비연료(Final Reserve Fuel)

목적공항 또는 목적지 교체공항이 요구되지 않을 때 목적공항에 도착 시의 예상중량을 이

용해 산정될 수 있는 연료로 다음과 같다.

가) 왕복엔진 항공기의 경우, 순항속도 및 순항고도로 45분 비행할 수 있는 연료량

나) 터빈엔진 항공기의 경우, 공항 450미터 (1,500피트) 상공, 표준대기 상태에서 체공속도로 30분 동안 비행할 수 있는 연료량

⑥ 추가연료(Additional Fuel)

②부터 ⑤까지 따라 산정된 최소연료가 다음을 수행하는데 불충분할 경우 추가로 탑재하는 연료이다.

가) 항공기가 항로상 가장 심각한 임계점에서 엔진고장 또는 여압장치 고장이 발생한 것을 가정하여, 둘 중 더 많은 연료를 필요로 하는 경우에 교체공항으로 비행하여 다음을 포함하는 연료

㉠ 표준대기 상태에서 공항 450미터(1,500 피트) 상공에서 체공속도로 15분 동안 비행

㉡ 접근 및 착륙

나) 회항시간 연장운항(EDTO) 임계연료 시나리오에 부합하여 항공기가 회항시간 연장운항을 수행하는데 필요한 연료(회항시간 연장운항 임계연료 시나리오에 관한 지침은 국제민간항공협약 부속서 6, 1권 첨부 D를 참조한다.)

다) 가) 및 나)에서 언급되지 않은 기타 추가요건을 충족하기 위한 연료

⑦ 재량연료(Discretionary Fuel)

항공기 기장의 재량에 의해 추가로 탑재되는 여분의 연료

2) 운영자는 항공기 형식 등을 고려하여 최종에 비연료를 정하여 운영할 수 있다.

3) 1) ①부터 ⑤까지 및 필요 시 ⑥의 요건을 충족하지 않는 한 비행을 시작해서는 아니 되며, 1) ②부터 ⑤까지 및 필요 시 ⑥의 요건을 충족하지 않는 한 재 비행계획 지점을 지나 계속 비행해서는 아니 된다.

4) 1) ①부터 ④까지 및 ⑥의 규정에도 불구하고, 국토교통부장관은 운영자가 동등한 안전수준을 증명하는 구체적인 안전위험평가를 근거하여 비행 전 지상할주연료, 운항연료, 보정연료, 목적지교체공항연료와 추가연료 산정방법을 예외적으로 적용하여 인가할 수 있으며, 안전위험평가는 적어도 다음 사항을 포함하여야 한다.

① 비행연료 산정

② 운영자의 능력

가) 연료소모 감시프로그램을 포함한 데이터 기반 방식에 대한 능력

나) 높은 수준의 교체공항 사용 능력

③ 구체적인 위험완화 조치

주. 구체적인 안전위험평가 지침, 연료소모량 감시프로그램 및 교체공항의 사용은 연료계획 교범(Doc 9976)을 참조한다.

5) 항공기운영자는 비행 전 수립한 계획에 따라 비행이 시작되지 않았을 경우 연료 사용을 재분석하여야 하며, 필요할 경우에는 계획된 운항을 조정하여야 한다.

주. 이륙 전 보정연료(Contingency Fuel) 사용을 시작할 경우 재분석, 조정, 재계획 검토를 포함한 비행 중 연료 관리 절차에 관한 세부 사항은 Flight Planning and Fuel Management Manual(Doc 9976)을 참조한다.

## 2.2 회전익 항공기를 위한 운항기술기준

### 2.2.1 모의계기비행(Simulated Instrument Flight)

- (1) 항공기로 모의계기비행을 하는 경우는 다음 각 호의 조건이 충족되어야 한다.
  - 1) 완벽하게 작동하는 이중 조종 장치(Dual Control)를 장착하고 있을 것
  - 2) 다른 조종석에는 최소한 자가용 조종사 자격 증명과 운항하고자 하는 항공기에 적합한 항공기 종류 및 등급 한정자격을 소지한 조종사가 안전한 비행이 이루어 질 수 있도록 착석하여 있을 것
  - 3) 안전한 비행이 이루어지도록 착석한 조종사가 항공기의 전방 및 양 측면에 대한 적절한 시계를 확보하고 있거나 또는 항공기내에 관속승무원(Observer)이 있어 안전한 비행이 이루어지도록 착석한 조종사(Safety Pilot)의 시계를 보완할 수 있을 것
- (2) 운항 시 비정상 또는 비상상황 등을 모의하여 비행하여서는 아니된다.

### 2.2.2 시계비행기상상태 이하로의 기상악화 (Weather Deterioration Below VMC)

관제비행 하에서 시계비행을 하는 조종사는 관계 기관에 제출한 비행계획에 맞추어 시계비행 기상조건을 유지하는 것이 불가능할 경우 다음 각 호의 1을 수행하여야 한다.

- (1) 항공기를 시계비행기상조건 하에서 목적지나 교체 공항으로 비행하거나 또는 관제허가가 필요한 공역을 벗어날 수 있도록 변경된 허가를 요청한다.
- (2) 허가를 득할 수 없을 경우에는 계속해서 시계비행상태를 유지하고 공역을 떠나거나 근처의 적합한 비행장에 착륙하기 위하여 취한 조치를 해당 관제기관에 통보한다.
- (3) 관제공역 내에서 운항하기 위하여 특별 시계비행 운항인가를 요청해야 한다.
- (4) 계기비행운항의 한정자격이 있으면 계기비행 운항허가를 요청한다.

### 2.2.3 시계비행방식에서 계기비행방식으로 변경 (Changing from VFR to IFR)

시계비행방식으로 운항하는 조종사가 계기비행방식으로 변경하고자 할 경우에는 다음과 같이 조치하여야 한다.

- (1) 비행계획을 제출하였다면 수정 변경된 비행계획을 실행하기 위하여 변경 사항을 항공교통관제기관에 통보하여야 한다.
- (2) 관제공역 내인 경우 해당 관제기관에 비행계획을 제출하고 계기비행을 시작하기 전에 허가를 득하여야 한다.

### 2.2.4 시계비행방식에서 양방향통신두절(Two-way Radio Communication Failure in VFR)

조종사는 항공교통관제(ATC) 하에서 시계비행방식으로 비행 중 통신두절 시 또는 통신두절 후 시계비행방식에 의한 운항이 가능할 경우 다음 각 호를 따라야 한다.

- (1) 시계비행방식으로 계속비행
- (2) 가장 가까운 착륙적합비행장에 착륙
- (3) 가능한 가장 신속한 수단을 이용하여 항공교통관제기관에 도착을 통보

### 2.2.5 관제구역에서의 계기비행방식(IFR in Controlled Airspace)

관제구역에서 계기비행방식으로 비행하고자 하는 경우에는 다음의 조건이 충족되어야 한다.

- (1) 계기비행계획서 제출
- (2) 관련 항공교통관제허가 획득

### 2.2.6 계기비행방식 운항을 위한 최저고도(Minimum Altitudes for IFR Operations)

- (1) 최저고도에서 항공기 운항 : 계기비행은 이·착륙을 제외하고 다음 각 호에서 정한 고도 이상에서 실시하여야 한다.
  - 1) 비행공역의 관할기관이 지정한 최저고도
  - 2) 지정된 최저고도가 없을 때-
    - ① 높은 지형이나 산악지역에서는 항공기 위치로부터 8킬로미터 이내에 있는 제일 높은 장애물로부터 600미터(2,000피트) 이상 높이

- ② 제1호에서 규정한 지역 이외에서는 항공기 위치로부터 8킬로미터 이내에서 가장 높은 장애물로부터 300미터(1,000피트) 이상 높이
- ③ 최저항로고도(MEA)와 최저장애물통과고도(MOCA)가 설정된 항로의 경우 운항하는 항공기가관련 항행안전시설(VOR, VORTAC, TACAN)로부터 22해리 이내에 위치하고 있다면 최저항로고도 이하로 강하하여 설정된 최저장애물통과고도까지 항공기를 운항시킬 수 있다.

#### (2) 장애물 통과를 위한 상승

- 1) 관제기관과 통신이 불가능할 때 조종사는 최저고도로 적용하는 지점을 지나는 즉시 더 높은 최저계기비행고도로 상승해야 한다.
- 2) 만일 지상 장애물의 장애를 받는다면, 조종사는 적용할 수 있는 최저통과고도 또는 그 이상에서 더 높은 최저고도가 적용되는 지점으로 상승해야 한다.

### 2.2.7 관제구역 내에서 계기비행고도 또는 비행고도(IFR Cruising Altitude or Flight Level in Controlled Airspace)

- (1) 관제구역 내에서 계기비행으로 순항중인 항공기의 조종사는 관제기관에 의해 지정된 비행고도를 유지하여야 한다.
- (2) 조종사는 관제기관이 운상(구름 위) 시계비행을 지시하면 시계기상조건에서 시계비행 순항고도를 유지해야 한다.

### 2.2.8 비 관제공역에서의 계기비행고도 또는 비행 고도(IFR Cruising Altitude or Flight Level in Uncontrolled Airspace)

- (1) 계기기상조건 하에서 지상 또는 해상 900미터 (3,000피트) 이상에서 순항중인 항공기의 조종사는 다음 각 호에서 정한 고도를 유지하여야 한다.
- 1) 자침로 0도에서 179도까지 5,000, 7,000피트 또는 FL210과 같은 홀수 천 단위 해발고도 또는 비행고도(FL)
  - 2) 자침로 180도에서 359도까지 4,000, 6,000피트 또는 FL220과 같은 짝수 천 단위 해발고도 또는 비행고도(FL)
- (2) 조종사는 다음 각 호의 경우 가항에서 규정한 순항고도에서 이탈할 수 있다.
- 1) 항공교통관제기관의 인가가 있을 때
  - 2) 대기장주 운항시, 또는,
  - 3) 선회기동시

### 2.2.9 계기비행방식 무선통신 (IFR Radio Communications)

관제공역에서 계기비행방식으로 항공기를 운항하는 기장은 해당 주파수를 지속적으로 청취하고 다음 각 호의 사항을 가능한 신속히 보고하여야 한다.

- (1) 지정된 각 보고지점 또는 관제기관이 지정된 보고지점의 통과시간과 고도. 단, 레이다 관제 지역 내에서는 관제기관의 필요에 의해 특별히 지정된 지점에 한 한다.
- (2) 예보되지 않은 기상상태 조우 시

- (3) 악기상, 비정상 무선국지시 같은 비행안전에 관한 정보

### 2.2.10 관제공역에서 계기비행방식 운항시 고장 보고(Operation Under IFR in Controlled Airspace : Malfunction Reports)

- (1) 관제공역에서 계기비행중인 기장은 비행 중 발생하는 항행, 접근, 통신장비의 고장에 대하여 가능한 신속히 관제기관에 보고해야 한다.
- (2) 기장은 가항에 규정된 사항을 보고하는 경우 다음 사항을 포함하여야 한다.
- 1) 항공기 식별부호
  - 2) 해당 장비
  - 3) 계기비행 하에서 관제장비 결함에 따른 조종사의 운항능력 저하정도
  - 4) 항공교통관제(ATC) 기관이 수행해 주어야 할 협조의 내용과 정도

### 2.2.11 목적지로 계기비행방식의 지속(Continuation of IFR Flight Toward a Destination)

조종사는 착륙예정비행장이나 적어도 하나의 교체비행장의 최신 기상정보가 도착예정시각에 설정된 계기 접근 기상최저치 이상이 되지 않으면 항공기 착륙장에 착륙하기 위하여 계기비행을 계속하여서는 아니 된다.

### 2.2.12 민간비행장으로의 계기접근(Instrument Approaches to Civil Aerodromes)

- (1) 항공기를 운항하는 자는 해당기관으로부터 별

도의 인가를 득하지 않는 한 당해 공항 관할기관에 의해 규정된 표준계기접근 절차를 적용해야 한다.

- (2) 인가된 결심고도(DH) 또는 최저강하고도(MDA) : 접근절차에서 인가된 결심고도나 최저강하고도는 다음 각 호에서 정한 고도 중 높은 고도로 한다.
  - 1) 접근절차에 설정된 결심고도 또는 최저강하고도
  - 2) 기장의 자격에 따른 결심고도 또는 최저강하고도
  - 3) 항공기 장착장비에 따른 결심고도 또는 최저강하고도

### 2.2.13 실패접근절차의 실행(Execution of a Missed Approach Procedure)

조종사는 다음 각 호의 1에 해당되는 경우 즉시 실패접근을 수행하여야 한다.

- (1) 다음 상황에서 요구되는 시각 참조물 기준이 충족되지 않은 경우
  - 1) 항공기가 최저강하고도(MDA) 이하로 비행시; 또는,
  - 2) 결심고도(DH)가 표시되어 있고 사용이 요구될 경우 결심고도를 포함하여 실패접근점 도달시, 그리고 그 후 접지시까지
- (2) 최저강하고도 또는 그 이상에서 선회접근 중 항공기의 정상적인 경사도(Normal Bank)로 공항을 육안으로 확인할 수 없는 경우를 제외하고는 선회기동 중 공항의 식별 가능한 부분이 조종사에게 분명히 보이지 않을 경우

### 2.2.14 주야간 시계비행방식 및 계기비행방식으로 운항하는 모든 항공기

#### 2.2.14.1 최소 비행 및 항법계기(Minimum Flight and Navigational Instruments)

어느 누구도 다음 각 호의 계기를 장착하지 않고는 항공기를 운항하여서는 아니된다.

- 1) 노트(Knots)로 나타내는 교정된 속도계
- 2) 비행중 어떤 기압으로도 조정할 수 있도록 헥토파스칼/밀리바 단위의 보조눈금이 있고 피트단위의 정밀고도계
- 3) 시, 분, 초를 나타내는 정확한 시계(개인 소유물은 승인이 불필요함)
- 4) 나침반

#### 2.2.14.2 계기비행방식으로 비행시 갖추어야 할 계기(IFR Instrument)

계기비행기상조건 또는 야간에 착륙하려는 항공기에는 다음에 각호의 지정위치까지 항법신호를 받으며 비행할 수 있도록 무선허법장비를 장착하여야 한다.

- 1) 시계착륙을 할 수 있는 지점
- 2) 계기비행기상조건에서 착륙이 계획된 비행장
- 3) 선정된 교체비행장



## 2편. 항법 시스템

### 1장 무선 장비 기본 원리

- 1.1 전자파가 전파되는 방법
- 1.2 전파 수신 방해

### 2장 항법 장비

- 2.1 무지향성 표지 시설
- 2.2 초단파 전방향 지시계
- 2.3 전술 항법 장치
- 2.4 VORTAC
- 2.5 거리 측정 장비
- 2.6 VOR/DME 또는 TACAN 픽스로 직행
- 2.7 DME 오차
- 2.8 지역 항법
- 2.9 장거리 무선항법
- 2.10 Global Positioning System(GPS)
- 2.11 Wide Area Augmentation System
- 2.12 Ground Based Augmentation System(GBAS) Landing System(GLS)

- 2.13 Performance-Based Navigation (PBN) And Area Navigation(RNAV)
- 2.14 RNP
- 2.15 항적 정보 업무
- 2.16 Automatic Dependent Surveillance-Broadcast(ADS-B) Services
- 2.17 Traffic Information Service-Broadcast(TIS-B)
- 2.18 Flight Information Service-Broadcast(FIS-B)
- 2.19 Automatic Dependent Surveillance-Rebroadcast (ADS-R)
- 2.20 계기 착륙 절차
- 2.21 단순 지향성 시설
- 2.22 방위각식 방향 보전의 항법 보조 장비
- 2.23 비행 관리 시스템
- 2.24 헤드업 디스플레이
- 2.25 Radar Navigation





# 무선 장비 기본 원리

## Basic Radio Principles

이 장은 항법 장비에 적용할 수 있는 기본 무선 장비 원리와 이 장비들을 어떻게 계기비행에 사용하는지를 설명하고 있다. 이 정보는 정확한 자세 계기비행과 항법 장비를 사용한 정확한 출항 절차(DP), 체공 대기 패턴(Holding Pattern), 접근을 포함한 모든 계기 절차의 틀을 제공한다.

### 1.1 전자파가 전파되는 방법 (How Radio Waves Propagate)

모든 물체는 무선파에 대하여 전도성과 저항의 정도가 변한다. 지구 자체는 무선파에 대하여 커다란 저항처럼 작용한다. 방사된 에너지는 지표 근처로 이동할 때, 지상에 전압을 유도하여 전파로부터 에너지를 빼앗는다. 안테나로부터 거리가 멀어지면 전파의 강도는 줄어들게 된다. 나무, 건물, 무기물 퇴적물은 다양하게 전파의 강도에 영향을 준다. 상층 대기에 방사된 에너지는 공기, 물, 먼지 분자에 의해 영향을 받는다. 무선파가 전파되는 특성은 신호 주파수, 설계, 사용, 장비 제한에 의해 변한다.

#### (1) 지상파(Ground Wave)

지상파는 지구 표면을 따라 이동한다. 지상파의 경로를 지구 표면이나, 전파가 우주로 나가는 것을 막아 주는 전리층에 의해 둘러싸인 터널이나, 계곡

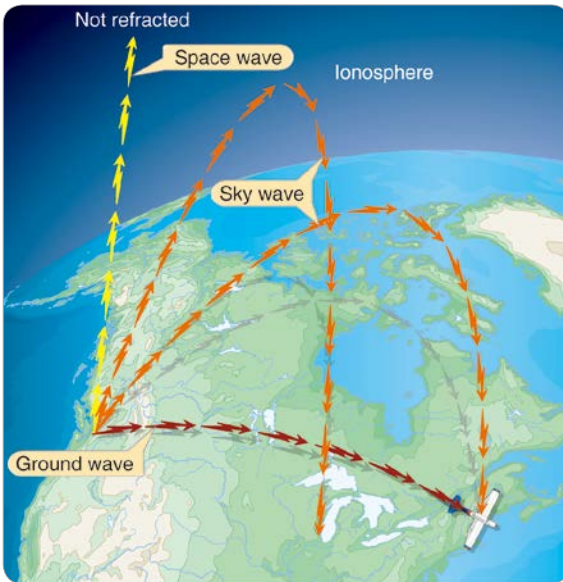
으로 상상할 수 있다. 일반적으로 주파수가 낮으면 신호는 더 멀리 간다. 지상파는 항법 목적에 유용하다. 왜냐하면, 믿을 수 있고 매일 예상되는 동일 경로를 이동하고, 많은 외부 요소에 의해 영향을 받지 않기 때문이다. 지상파 주파수대역은 일반적으로 무선 대역에서 낮은 주파수(대략 100Hz)에서 대략 1,000Hz(1MHz)까지이다. 비록 이 주파수 위에 지상파 구성 요소가 있더라도, 이보다 높은 지상파 주파수는 아주 짧은 거리에서 강도를 잃는다.

#### (2) 공중파(Sky Wave)

1에서 30MHz의 공중파는 장거리에 유용하다. 왜냐하면 이 주파수는 전리층에 의해 굴절되거나 휘기 때문에, 신호가 높은 하늘로부터 다시 지표로 돌아갈 수 있게 해 준다[그림 2-1]. 항공기에 사용되는 고주파(High Frequency, HF) Radio는, 메시지를 50~100와트(watts)의 파워(힘)만으로 대양을 건너 장거리 송신할 수 있다. 공중파를 만드는 주파수는 송신기에서 수신기까지의 신호 경로가 많이 변하기 때문에 항법에 사용되지 않는다. 이 전파는 도달되는 태양광선의 양(밤/낮, 계절에 따른 변화, 흑점 활동 등등)에 의해 변하는 전리층에서 반사된다. 공중파는 항법 목적으로는 믿을 수 없다.

항공통신의 목적으로, 공중파는 80에서 90% 정도 신뢰할 수 있다. HF는 점차 더욱 믿을 만한 위성통신으로 대체되고 있다.





[그림 2-1] Ground, space, and sky wave propagation

### (3) 공간파(Space Wave)

15MHz 이상 많은 GHz 대역의 주파수까지 전자파가 전리층을 통과할 수 있을 때 ‘공간파’로 간주한다. 대부분의 항법 장비는 공간파를 사용하여 신호를 전파시킨다. 100MHz 이상의 주파수는 거의 지상파나 공중파 요소를 가지고 있지 않다. 이 주파수는 공간파지만 항법 신호는 전리층에 도달하기 전에 사용되기 때문에 최소한의 전파 오차를 유발한다. 전리층을 통과할 때 발생하는 범 지구 위치결정 시스템(Global Positioning System, 이하 ‘GPS’라 한다) 오차는 문제가 될 수 있고, GPS 수신 장치에 의해 수정된다.

공간파는 사용자와 관련된 또 다른 특성을 가지고 있다. 공간파는 송신기와 수신기 사이에 물체가 있을 때 차단되거나 단단한 물체에 의해 반사될 수 있다. 지점이나 지형 오차, 초단파 전방향 무선표지(VHF Omni-directional Range, 이하 ‘VOR’이라

한다)에서의 프로펠러/로터 변조 오류(특정 프로펠러 RPM 설정이나 헬리콥터 로터 속도는 VOR 편차 지시계(Course Deviation Indicator, 이하 ‘CDI’라고 한다)가  $\pm 6$ 도 정도 흔들리게 만든다)는 이 반사에 의해 발생한다. ILS 경로의 비뚤어짐 또한 이 현상의 결과로, ILS 임계 지역 설정이 필요하게 되었다. 일반적으로 공간파는 가시선(Line of Sight)에서 수신할 수 있지만, 저주파수는 수평선의 물체에 의해 휘게 된다. 108~118MHz의 VOR 신호는 962~1213MHz의 거리측정장치(Distance Measuring Equipment, 이하 ‘DME’라 한다) 주파수보다 주파수가 낮기 때문에, 항공기가 VOR/DME 시설로부터 수평선으로 비행할 때 DME가 먼저 작동을 멈추게 된다.

## 1.2 전파 수신 방해(Disturbances to Radio Wave Reception)

공전 정전기(Static)는 전파를 왜곡하고, 통신과 항법 신호의 정상적인 수신에 간섭한다. 자동방향 탐지기(Automatic Direction Finder, 이하 ‘ADF’이라 한다)와 같은 낮은 주파수 대역의 비행 장비는 특별히 공전 왜곡을 받기 쉽다. 초단파(Very-high Frequency, 이하 ‘VHF’라고 한다)와 극초단파(Ultra-high Frequency, 이하 ‘UHF’라고 한다)를 사용하여 많은 방전 잡음 효과를 피할 수 있다. 항법 장비나 통신 장비 주파수에서 들을 수 있는 공전 잡음은 항법 장비 시현에 간섭을 하고 있다는 경고일 수 있다. 강수 공전(Precipitation Static: P-static)에 의해 야기되는 문제들은 다음과 같다:

- (1) VHF 통신의 완전 차단
- (2) 자기 나침반(Magnetic Compass)의 잘못된 지시
- (3) 자동조종장치(Autopilot)를 사용하는 동안 한 쪽으로 기울어진 비행
- (4) 오디오(Audio)의 고음의 끼익 소리
- (5) 오디오(Audio)의 모터보트(Motorboat) 소리
- (6) 모든 항공 전자 장비의 소실
- (7) VLF(Very-low Frequency) 항법 장비의 부(不)작동
- (8) 계기의 잘못된 지시
- (9) 약한 라디오(Radio) 송수신
- (10) St. Elmo's Fire(→ 세인트 엘모의 불: 비가 내릴 때나 번개나 폭풍이 칠 때 항공기의 날개와 같이 공중으로 솟아 있는 물체 끝에 나타나는 방전 현상)

# 2장

## 항법 장비

### 2.1 무지향성 표지 시설(Nondirectional Radio Beacon, NDB)

무지향성 표지 시설(Nondirectional Beacon 이하 'NDB'라고 한다)은 지상에 있는 무선송신기로서 모든 방향으로 무선 에너지를 송출한다. NDB와 함께 사용될 때, ADF는 항공기로부터 송신국까지의 방위(Bearing)를 결정한다. 이 계기는 항공기 패널에 분리된 계기로 장착된다. [그림 2-2] ADF 바늘은



[그림 2-2] ADF indicator instrument and receiver

송신국까지 상대 방위(Relative Bearing, 이하 'RB'라고 한다)를 결정하기 위해 NDB 지상국을 가리킨다. 자침로(Magnetic Heading, 이하 'MH'라고 한다)에 RB를 더하면 지상국까지의 자방위(Magnetic Bearing, 이하 'MB'라고 한다)가 된다.

#### 2.1.1 NDB 구성 요소(NDB Components)

지상 장비인 NDB는 190에서 535kHz의 주파수 범위에서 송신을 한다. 대부분의 ADF들은 NDB 대역 이상의 AM 방송 대역(550~1650kHz)의 주파수를 맞출 수 있다. 그러나 이 주파수들은 항법을 위해, 인가가 나지 않았다. 왜냐하면, 지상국을 계속 확인할 수 없고, 특히 황혼에서 새벽까지 공중파의 전파가 의심스럽기 때문이다. NDB 기지국은 음성을 송신할 수 있고 종종 자동 기상관측 장비(Automated Weather Observing System, 이하 'AWOS'라고 한다)로 정보를 송신하는 데 사용된다. 항공기는 NDB 운용 범위 안에 있어야 한다. ADF 지시에 의존하기 전에, 모스부호(Morse Code)를 듣고 지상국을 확인한다. NDB 지상국은 두 글자로 되어 있거나 문자-숫자 조합으로 되어 있다.

#### 2.1.2 ADF 구성 요소(ADF Components)

공중 장비는 두 개의 안테나, 수신기, 지시계기



[그림 2-3] Relative bearing(RB) on a fixed-card indicator



[그림 2-4] Relative bearing(RB) on a movable-card indicator

를 포함하고 있다. ‘Sense(센스)’ 안테나(무지향성)는 모든 방향으로부터 거의 동일한 효율로 신호를 수신한다. ‘Loop(고리)’ 안테나는 두 방향(양방향)에서 신호를 더 잘 수신한다. Loop와 Sense 안테나 입력이 ADF Radio에서 함께 처리된다면, 결과는 한 방향을 제외하고 모든 방향에서 무선 신호를 잘 수신하여 방향의 모호함을 해결한다. 지시계는 다음의 세 종류 중 하나이다: Card(카드)가 고정된(Fixed-card) ADF, Card(카드)를 움직일 수 있는(Movable-card) ADF, 무선 자방위 지시기(Radio Magnetic Indicator, 이하 ‘RMI’라 한다).

Fixed-card ADF 상대 방위 지시기(Relative Bearing Indicator, 이하 ‘RBI’라고 한다)는 계기의 꼭대기가 항상 0을 지시하고, 바늘은 지상국까지의 RB를 지시한다. [그림 2-3]은 RB 135도를 지시하고 있고, 만약 MH이 45도라면 지상국까지의 MB는 180도가 된다. (MH + RB = MB to the Station)

Movable-card ADF는 조종사가 항공기의 현재

방향을 계기의 꼭대기로 돌려 바늘의 머리가 지상국까지의 MB를 가리키게 하고, 바늘의 꼬리가 지상국으로부터의 MB를 가리키게 한다. [그림 2-4]는 방향 45도, 지상국까지의 MB는 180도, 지상국으로부터의 MB는 360도를 지시하고 있다.

RMI는 방위 Card가 자동으로 돌아간다(자이로 Compass에 의해 원격으로 조절된다)는 점에서 Movable-card ADF와 다르다. RMI는 바늘이 두 개 있다. ADF나 VOR 수신기로부터 항법 정보를 지시하는 데 사용된다. 바늘이 ADF에 의해 움직일 때, 바늘의 머리는 ADF 수신기에 설정된 지상국까지의 MB를 지시한다. 바늘의 꼬리는 지상국으로부터의 방위를 지시한다. RMI가 VOR 수신기에 의해 움직일 때, VOR 지상국으로부터 항공기가 어느 래디얼(Radial)에 있는지를 지시한다. 바늘은 방위 각(Azimuth) Card에 지상국까지의 방위를 지시한다. 바늘의 꼬리는 항공기가 현재 VOR의 어느 래디얼(Radial)에 있거나, 혹은 지나고 있는지를 지시한



[그림 2-5] Radio magnetic indicator(RMI)

다. [그림 2-5]에서 방향은 005도이고, 지상국까지의 MB는 015도이며, 지상국으로부터의 MB는 195도이다.

### 2.1.3 ADF의 기능(Function of ADF)

ADF는 위치 결정, 항적(Track) 입항(Inbound)과 내항(Outbound), Bearing Interception에 사용된다. 이 절차들은 체공 대기 절차 패턴과 비정밀계기 접근을 수행하는 데 사용된다.

#### (1) 방위 측정(Orientation)

ADF 바늘은 항공기의 위치나 방향에 관계없이 지상국을 가리킨다. 지시된 RB는 항공기의 방향과 지상국의 각도 관계를 항공기의 방향으로부터 시계 방향으로 측정한 것이다. 기수 방향/후미 쪽과 왼쪽/오른쪽의 바늘 지시를 생각하여, 항공기 종축에 관련한 ADF를 시각화한다.

바늘이 0도를 지시할 때, 항공기는 지상국을 지시한다. 바늘이 210도에 있을 때, 지상국은 꼬리의 왼쪽 30도에 있다. 바늘이 090도에 있을 때, 지상국은 오른쪽 날개 끝에 있다.

RB는 자체만으로 항공기의 위치를 지시할 수 없다. RB는 지상국으로부터 TO, FROM 위치를 결정하기 위해 항공기의 방향과 같이 사용되어야 한다.

#### (2) 기지국 통과(Station Passage)

지상국 근처에 있을 때, 원하는 항적(Track)으로부터 약간 벗어나 있으면 바늘 지시는 많이 벗어나게 된다. 그러므로 가능한 한 빨리 올바른 편류 수정을 하는 것이 중요하다. 바늘이 경로에서 벗어나면 바로 5도가 넘지 않는 방향 수정을 실시하여, 바늘이 날개 끝 위치로 안정적으로 돌거나 왼쪽/오른쪽으로 불규칙적인 진동을 할 때까지 트래킹(Tracking) 한다. 바늘이 90도나 270도 위치에 있을 때 지상국으로부터 직각에 위치한다. 마지막 수정된 방향을 일정하게 유지한 다음, 바늘이 날개 끝 위치를 보이거나 180도 위치 근처에 안정되었을 때 시간을 잰다. 지상국 접근을 지시하는 첫 지시로부터 지상국 통과까지의 시간차는 고도에 따라 변한다. 저고도에서는 몇 초부터 고고도에서는 3분까지의 변화가 있다.

#### (3) 호밍(Homing)

ADF는 지상국으로 유도하는 데 사용될 수 있다. Homing은 항공기가 어느 방향에 있든 바늘이 곧바로 0도 RB 위치를 가리키도록 유지하는 것이다. 지상국으로 Homing 하기 위해 지상국 주파수를 맞추고, 모스부호(Morse Code) 신호를 확인한 다음



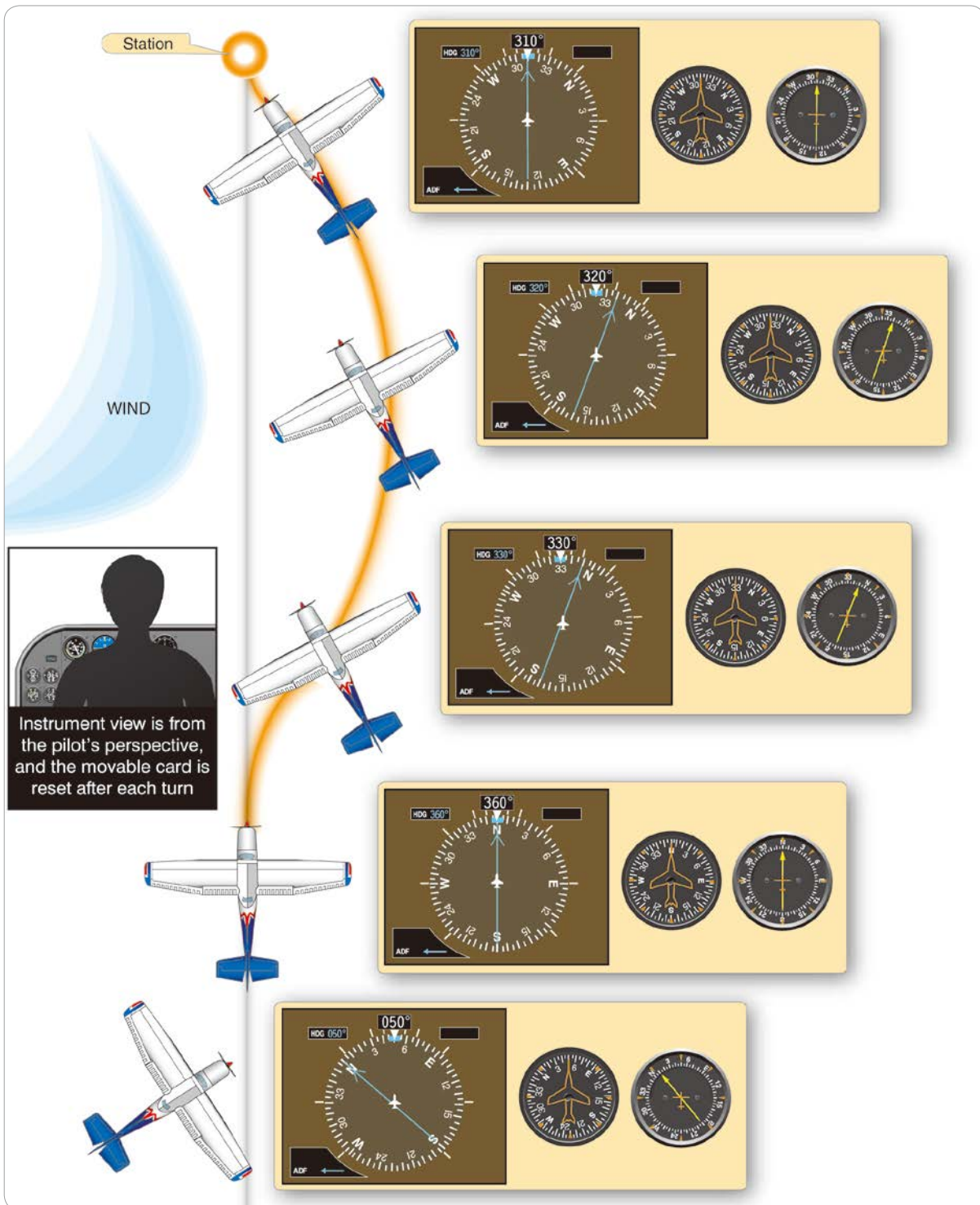
항공기의 ADF 방위 바늘이 0도 RB 위치를 가리키게 하면 된다. 선회는 방향지시기를 사용하여 실시한다. 선회가 완료되면, ADF 바늘을 확인한 다음 필요한 만큼 소량으로 수정한다. [그림 2-6]에서 Homing은 초기 MH 050도와 RB 300도에서 시작했고, RB 0도를 만들기 위해 왼쪽으로 60도 선회가 필요하다는 것을 보여 주고 있다. 왼쪽으로 선회하여, 50도-60도=350도에서 Roll-out한다. ADF 바늘을 0으로 만들기 위해 약간의 방향 수정이 필요하다. 바람이 불지 않는다면, 항공기는 지상의 직선 경로로 지상국까지 Homing 할 것이다. 측풍이 불면, 항공기는 측풍 쪽의 완곡한 경로를 따라 지상국까지 비행할 것이다.

#### (4) 트래킹(Tracking)

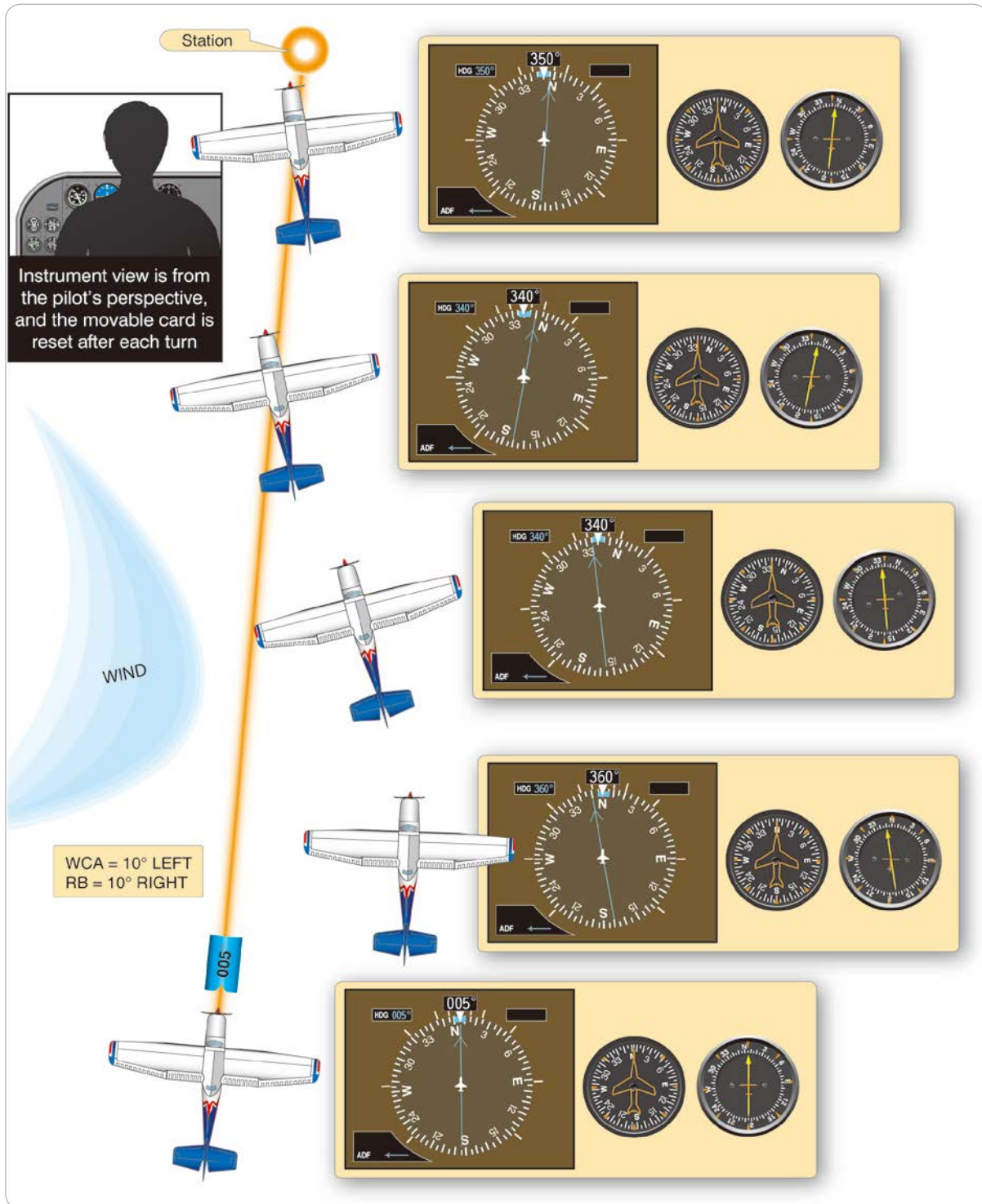
Tracking은 지상국으로 가까워지거나 멀어질 때, 측풍에 상관없이 원하는 항적(Track)을 유지하는 방향을 사용한다. 지상국으로부터 일정한 MB를 유지하기 위해 방향지시기와 바늘을 해석한다. 지상국 쪽으로 Tracking 하기 위해, 0 RB가 되는 방향으로 선회한다. 측풍에 의해 편류가 나타나는 것을 바늘이 지시할 때까지 이 방향을 유지해야 한다. (바늘이 왼쪽으로 움직이면 바람은 왼쪽에서 불고, 바늘이 오른쪽으로 움직이면 바람은 오른쪽에서 부는 것이다). 일정한 방향을 유지한 채로 방위가 변하면 강한 측풍이 불고 있거나, 지상국에 접근했거나, 아니면 둘 다이다. 바늘이 명확히(2도~5도) 변했다면, 초기 MB를 따라잡기 위해 바늘이 치우친 쪽으로 선회한다. Interception 각도는 편류된 각도보다 커야 한다. Interception 각도는 편류 비율, 항공기 속도, 지상국 근접에 달려 있다. 초기에 원래 경

로 선회를 할 때, RB에 두 배를 사용하는 것이 표준이다. 예를 들어, 만약 방향이 경로와 동일하고 바늘이 10도 왼쪽을 지시하면, 왼쪽으로 20도 선회한다. [그림 2-7] 만약 바늘이 20도 벗어났다면(편류가 Interception 각도와 같을 때), 항적(Track)을 따라잡은 것이다. 항공기는 RB가 바람 수정 각도(Wind Correction Angel, 이하 'WCA'라고 한다)만큼 유지되고 있을 때 항적(Track)에 계속 있게 된다. 항적(Track)을 지나치는 것을 막기 위해 선도점(Lead)을 잡는다. 내항(Inbound) 경로 쪽으로 10도를 선회한다. 그러면 비행기는 10도의 왼쪽 수정각(Correction Angle)을 가지고 내항(Inbound)하게 된다.

[그림 2-7]에서 항공기가 지상국에서 제일 가까운 항공기의 WCA는 왼쪽 10도이고, RB는 오른쪽 10도인 것을 확인할 수 있다. 만약 이 수치가 바뀌지 않는다면, 항공기는 곧바로 지상국으로 비행할 것이다. 만약 원래 방향에서 벗어나는 것을 발견했다면, 다시 원래 Interception 방향 쪽으로 선회해야 한다. 원하는 경로에 들어왔다면, 내항 경로(Inbound Course) 쪽으로 5도를 선회하여 15도의 편류수정각을 가지고 계속 내항(Inbound)한다. 만약 초기 10도의 편류 수정이 심해 바늘이 바람으로부터 멀어지는 것을 지시한다면, 원하는 경로에 평행하게 선회한 다음 바람에 의해 항공기가 원래 경로로 편류되게 한다. 바늘이 다시 초기화되면, 감소된 편류수정각으로 바람 쪽으로 선회한다. 항적(Track) 내항(Outbound)을 위해, 같은 원리가 적용된다. 바늘이 왼쪽으로 움직이면 바람은 왼쪽에서 불고, 바늘이 오른쪽으로 움직이면 바람은 오른쪽에서 불고 있는 것이다. 바람 수정은 바늘이 벗어난 쪽으로 이루

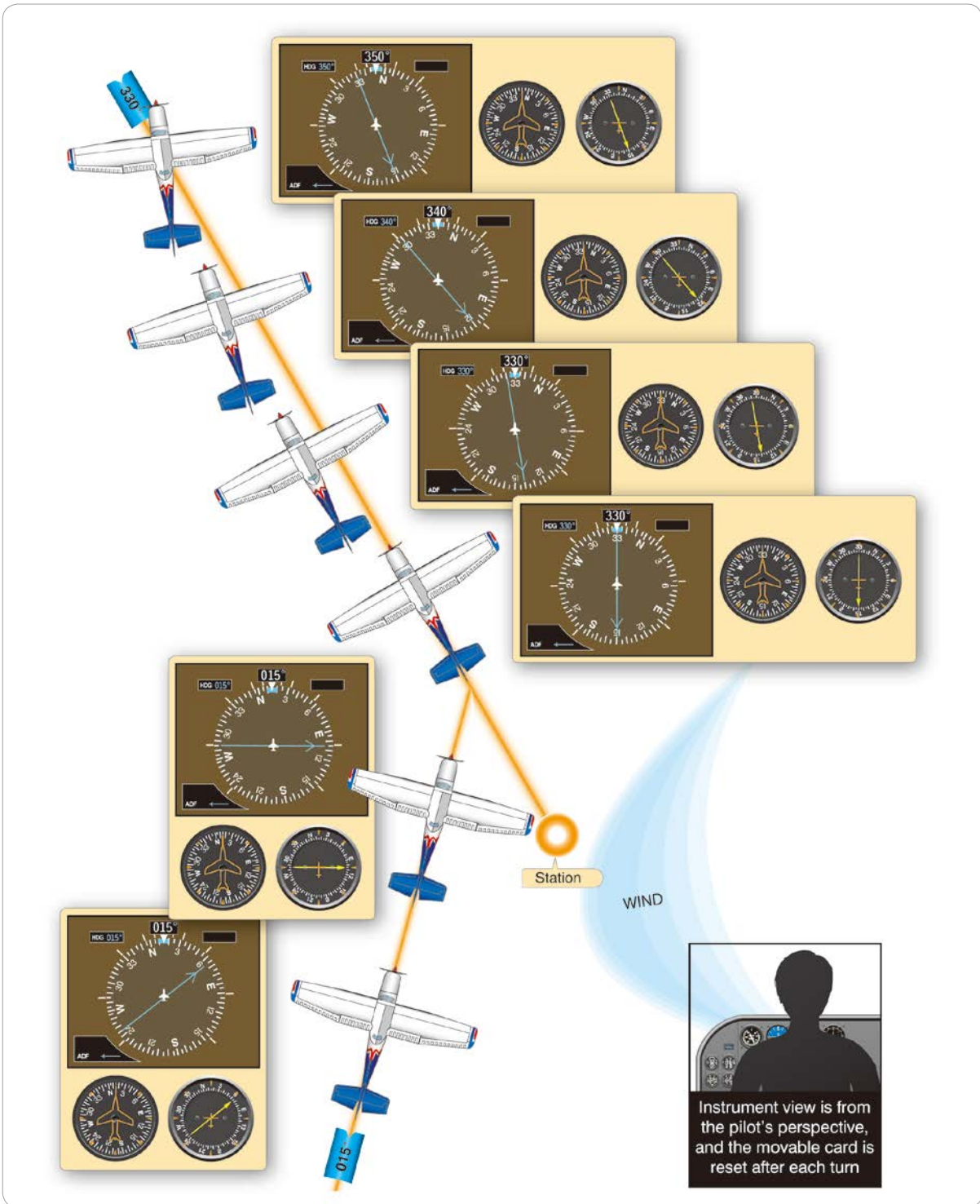


[그림 2-6] ADF homing with a cross wind



[그림 2-7] ADF tracking inbound





[그림 2-8] ADF interception and tracking outbound

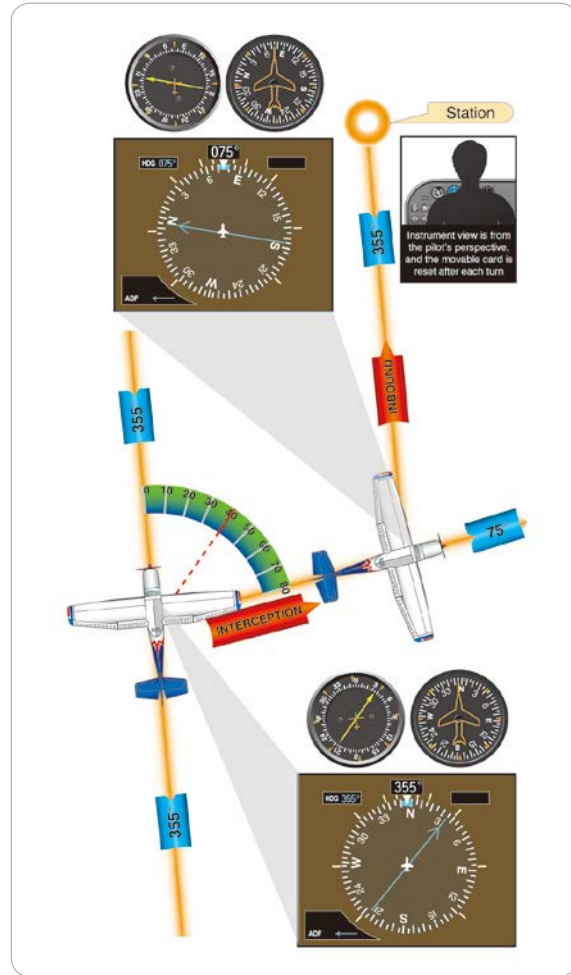
어진다. 한 가지 예외는 WCA를 만들기 위해 선회를 하는 동안 WCA가 이루어져, 방위 바늘 편류 방향이 확보되는 것이다. 항적(Track) 내향(Inbound)을 하면서 WCA를 만들기 위해 선회를 하면 바늘 편류는 줄어들고, 항적(Track) 외향(Outbound)을 할 때 바늘 편류는 증가한다. [그림 2-8]에서 경로 Interception과 외향(Outbound) Tracking의 예를 확인할 수 있다.

(5) Intercepting Bearings

ADF 방위 확인과 Tracking 절차는 특정 내향(Inbound)이나 외향(Outbound) MB를 Intercept 하는 데 적용될 수 있다. Inbound Bearing 335도를 Intercept 하기 위해,

다음의 단계들이 사용될 수 있다. [그림 2-9]

- 1) 원하는 내향(Inbound) Bearing과 평행하게 한 다음, 지상국에 관련한 항공기의 위치를 결정한다. 방향 355도로 선회를 한다.
- 2) 기수 위치에서 지상국이 왼쪽에 있는지 오른쪽에 있는지를 확인한다. 바늘이 0 위치에서 얼마나 벗어나 있는지를 확인하고, 벗어난 양에 두 배를 하여 Interception 각도를 구한다. 바늘은 오른쪽으로 40도 RB를 지시하고 있다.
- 3) Interception 각도를 위해 결정된 숫자만큼의 원하는 MB로 항공기를 선회시킨다. 방향 75도를 맞추기 위해 오른쪽으로 80도를 선회한다.
- 4) Interception 각도(방위 변화율에 적절한 선도 점(Lead)을 뺀)만큼 바늘이 동일하게 0 위치에서 벗어나는 때까지 Interception 방향을 유지한다.
- 5) 내향(Inbound) 선회를 실시하고 Tracking 절



[그림 2-9] Interception of bearing

차를 계속한다. 만약 바늘이 Intercept 각도 전을 지시한다면, Intercept 해야 할 Bearing에 도달하지 못한 것이다. 만약 Intercept 위치의 뒤를 지시한다면, Intercept 해야 할 Bearing을 지나친 것이다.

외향(Outbound) MB를 Intercept 하는 방법은, 바늘에 있어 0 위치를 180도 위치로 대신하는 것을 제외하고, 내향(Inbound) Intercept 절차와 동일하다.

## (6) ADF 운용상의 오류

(Operational Errors of ADF)

동일한 실수를 막는 데 도움을 주는, ADF 항법과 관련된 일반적인 조종사-유도 실수는 아래에 나열되어 있다. 실수는 다음과 같다.

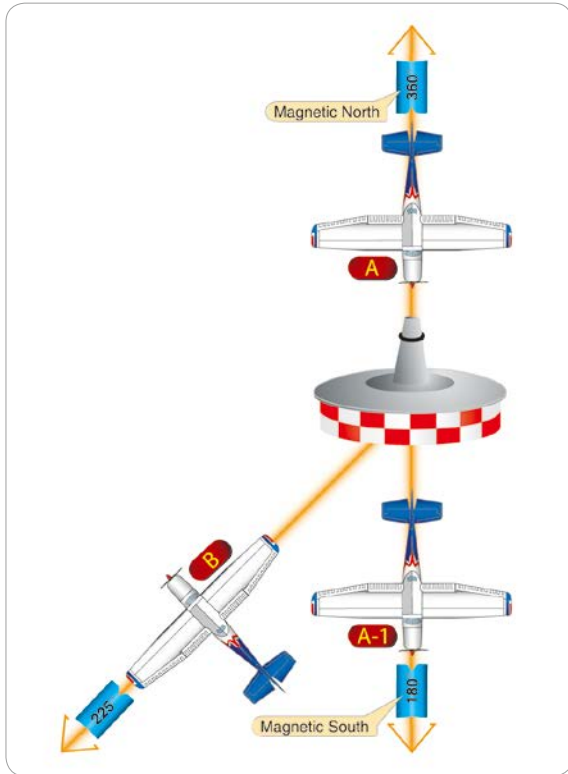
- 1) 부적절한 지상국 주파수와 식별(Identification)로 인해, 많은 조종사들이 다른 지상국으로 Homing을 하거나 Tracking을 한다.
- 2) RMI Slave 장치의 어떠한 고장을 적극적으로 확인하지 않거나, 경고 깃발(Warning Flag)을 무시한다.
- 3) 적절한 Tracking보다는 Homing에 의존한다. 이러한 결과 보통 방향 지시와 관련하여 계기를 보기보다는 ADF 지시만을 보기 때문이다.
- 4) Orientation과 Tracking을 하는 데에 적절한 단계를 따르지 않아 부적절한 방위 측정이 된다.
- 5) 초기 Orientation 절차를 서두름으로 인해 발생할 수 있는 부주의한 Interception 각도.
- 6) 사용하는 Course Interception Angle을 잊어버려, 선정된 MB를 지나치거나 거기에 못 미친다.
- 7) 선택된 방향을 유지하지 못한다. 어떠한 방향 변경도 ADF 바늘 변경에 의해 이루어지지 않는다. 어떠한 Interception을 하더라도 다른 계기와 연동하여 읽어야 한다.
- 8) ADF 사용에 영향을 주는 요소와 제한 사항을 이해하지 못한다.
- 9) 지상국에 접근하고 있는 것을 이해하지 못해, Track을 수정하는 데 있어 과조작(Overcontrol) 즉 ADF 바늘을 쫓아다니게 된다.
- 10) Magnetic Compass에 맞게 방향지시기를 설정하지 않는다.

## 2.2 초단파 전방향 지시계(Very-High Frequency Omnidirectional Range, VOR)

VOR은 민간항공에 의해 사용되는 최우선의 항행 안전시설(Navigational Aid, 이하 'NAVAID' 라고 한다)이다. VOR 지상국은 자북(MN)으로 맞추어져 있고, VOR 지상국으로부터 360도 TO나 FROM 정보를 제공한다. DME가 VOR과 함께 설치된 것을 'VOR/DME'라 하고, 방위와 거리 정보 둘 다 제공한다. 군 전술 항법 시설(Tactical Air Navigation, 이하 'TACAN'이라 한다)이 VOR과 함께 있는 것을 'VORTAC'이라 하고, 방위 정보와 거리 정보 둘 다 제공한다. 지상국에 FROM으로 위치 측정된 경로를 '래디얼(Radial)'이라 부른다. 항공기가 수신하는 VOR 정보는 고도나 방향에 영향을 받지 않는다.

[그림 2-10] 예를 들어, A항공기(방향 180도)가 360도 래디얼(Radial)로 내향(Inbound)한다. 지상국을 지난 다음에 항공기는 A-1에서 180도 래디얼(Radial)로 외향(Outbound) 한다. B항공기는 225도 래디얼(Radial)을 지나고 있다. 유사하게, 지상국 주변에 있는 어떠한 지점에서 항공기는 VOR 래디얼(Radial)상에 위치하게 된다.

VOR 수신기는 지상국으로부터 TO나 FROM을 지시하기 위해 방위를 측정하고 나타낸다. VOR이 송신하는 항법 신호에 추가하여, 시설을 확인하기 위해 모스부호(Morse Code)가 동시에 송신되고, 통신을 위한 음성과 기상 정보와 다른 정보를 송신할 수 있다. VOR은 운용상 사용에 따라 분류된다. 표준 VOR 시설은 대략 출력이 200와트(watt), 최대 이용 범위는 항공기 고도, 시설 분류, 시설의 위치



[그림 2-10] VOR radials

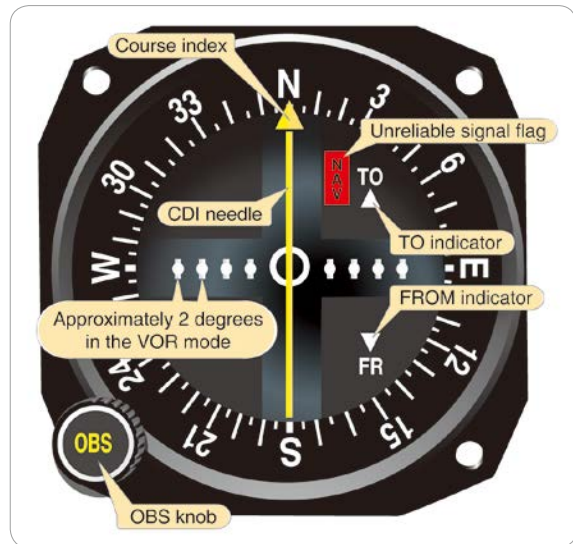
와 부지, 시설의 가용 지역 내의 지형 상태, 다른 요소들에 달려 있다. 특정 고도 이상이나 거리 제한 이상에서 다른 VOR 시설에 의한 신호 간섭과 약한 신호를 믿을 수 없게 만든다. 보통 최소 IFR 고도에서 신호 범위는 최소 40마일이 된다. VOR Service 범위에서 VOR 정확도 문제는 항공 정보 고시보 (Notices to Airmen, 이하 'NOTAM'이라 한다)와 NAVAID(항행 안전시설) 이름 아래에 나와 있다.

### 2.2.1 VOR 구성 요소(VOR Components)

조그만 VOR 지상국을 구성하는 지상 장비는 평평한 흰색 판으로 덮인 낮은 건물, 그 위에 VOR 안테



[그림 2-11] VOR transmitter (ground station)



[그림 2-12] The VOR indicator instrument

나와 유리섬유로 된 고깔 모양 탑이 위치한다. [그림 2-11] 지상국에는 자동 감시 장비가 있다. 이 모니터는 자동으로 탐지 장비를 끄고, 예비 송신기를 켜다. 일반적으로 지상국에서 나오는 신호의 정확도는 1도 이내이다.

공중 장비는 안테나, 수신기, 지시계기를 포함하고 있다. VOR 수신기는 108.0~117.95MHz 사이

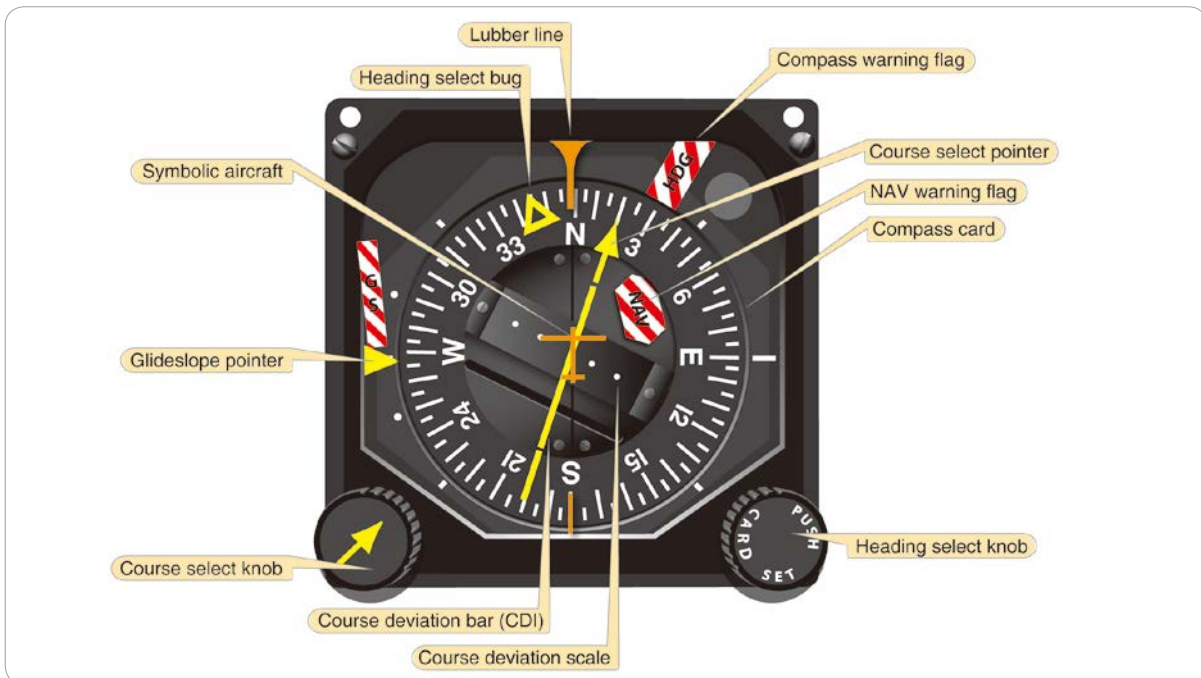


를 맞출 수 있는 주파수 버튼(Knob)을 가지고 있다. ON/OFF/volume Control은 항법 수신기를 켜고 음성 볼륨(Volume)을 조절한다. 볼륨(Volume)은 수신기 작동에 아무런 영향이 없다. 계기를 항법에 사용하기 전에 지상국 확인음을 청취해야 한다. VOR 계기는 적어도 [그림 2-12]에 나타나 있는 기본 구성 요소를 가지고 있다.

전방위 선택기(Omnibearing Selector, 이하 'OBS'라고 한다). 경로가 경로 눈금 표시와 정대(晶帶)되거나 경로 창(Course Window)에 시현될 때까지 OBS Knob을 돌려 원하는 경로를 선택한다. CDI는 '계기 면(Instrument Face)'과 계기 면에서 측면으로 움직이도록 Hinge가 된 '바늘'로 구성되어 있다. 바늘은 항공기가 선택된 레디얼(Radial)을 타고 있거나 반방위에 있을 때 중앙에 있게 된다. 눈금판의 중

간 위치에서 완전히 한쪽으로 바늘이 벗어났을 때, 항공기는 10도나 그 이상을 벗어난 것이다. 중앙 원의 바깥 가장자리는 경로에서 2도 벗어난 것이고, 각 점(DOT)은 다른 2도를 의미한다. VOR 시설은 모스 부호(Morse Code)나 음성, 또는 둘 다의 소리로 확인할 수 있다. VOR 시설은 항법 신호의 간섭 없이 공지 통신에 사용될 수 있다. VOR 시설은 108.0~117.95MHz 주파수 대역을 사용하고, 홀수 소수 첫째 자리 주파수를 사용하는 ILS 로컬라이저(Localizer) 주파수와 충돌을 피하기 위해 108.0~112.0MHz에서는 소수 첫째 자리가 짝수인 주파수를 사용한다.

TO/FROM 지시기는 선택된 경로를 지상국으로(TO), 또는 지상국으로부터(FROM) 항공기가 경로를 비행할 것인지를 보여 준다. 항공기가 지상국을 향하고 있는지, 지상국으로부터 향하고 있는지는



[그림 2-13] Horizontal situation indicator(HSI)

지시하지 않는다. 깃발(Flags), 또는 다른 신호 강도 표시기는 신호를 사용할 수 있는지 없는지('OFF' Flag)를 지시한다. 신호의 강도가 믿을 만한 계기 지시를 할 수 있으면 안 보이게 된다. 반대로, 불충분한 신호 강도는 TO/FROM 창에 빈 칸이나 OFF로 지시된다. 방향지시기와 CDI를 조합한 수평 자세 지시기(Horizontal Situation Indicator, 이하 'HSI'라고 한다) 또한 VOR 지시계가 될 수 있다. [그림 2-13] VOR/Localizer, GPS 항법 정보를 항공기 방향 정보와 조합하여 항공기의 위치와 방향을 시각적으로 지시한다. Course Interception, 역방향 접근 비행, 체공대기 패턴(Holding Pattern) 진입 시와 같은 비행을 할 때 조종사의 업무를 줄여 준다.

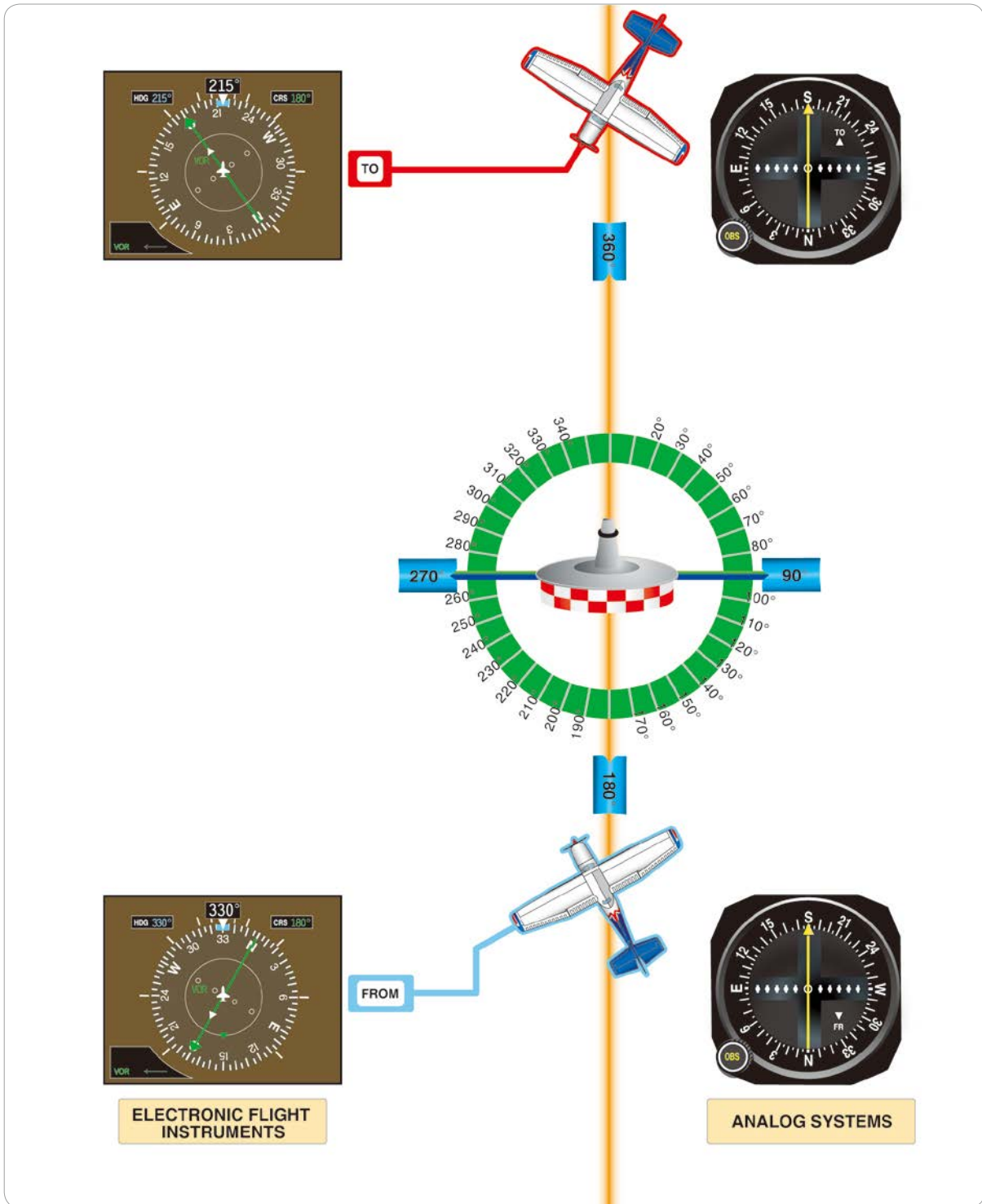
## 2.2.2 VOR의 기능(Function of VOR)

### (1) 방위 측정(Orientation)

VOR은 항공기의 방향을 고려하지 않고 지상국으로부터 항공기의 방향을 전달하며, 항공기 기수가 어디를 향하고 있든 동일하게 지시한다. VOR 지상국에 맞는 적절한 주파수를 설정하고 오디오 볼륨(Audio Volume)을 올린 다음 지상국 신호를 듣고 확인한다. 그런 다음 OBS를 돌려 CDI를 중앙에 맞추고, 눈금의 위나 아래의 경로(Course)를 읽는다. [그림 2-12]에서, 경로(Course)는 360도 TO가 되고, [그림 2-14]에서 경로(Course)는 180도가 된다. 후자에서 항공기는 지상국 직상공에 있거나 지상국 근처에 있을 때를 제외하고, [그림 2-14]의 I에서 S지점까지 360도 래디얼(Radial)의 어느 지점에 있을 수 있다. 지상국 상공에는 혼동 구역(Zone of

Confusion)이 존재하기 때문에, 항공기가 지상국 위나 근처를 지나가면 CDI는 한쪽 끝에서 다른 쪽 끝으로 움직인다. 혼동 구역(Zone of Confusion)은 지상국 안테나의 방사 형태와 반대되는 참조의 결과로 인해 가변 신호가 작고 연속적으로 변하기 때문에, 지상국 직상공에서의 적절한 신호의 부족으로 생기게 된다.

[그림 2-14]의 CDI가 180도를 지시하고 있다는 것은 항공기가 지상국의 180도나 360도 래디얼(Radial)에 있다는 것을 뜻한다. TO/FROM 지시기는 이 불분명함을 해결한다. 만약 TO 지시가 나타나면, 지상국이 180도에 있다는 것이다. FROM 지시는 항공기가 현재 있는 래디얼(Radial)을 나타낸다. CDI가 중앙에서 멀어지는 것은(비교적 일정한 비율로 일어난다면), 항공기가 180도/360도 선에서 벗어나고 있다는 것을 나타낸다. 만약 움직임이 빠르고 변동이 있다면, 이 지시는 지상국을 통과하고 있다는 것이다(항공기가 지상국 근처에 있음). 지상국에 대하여 항공기의 위치를 결정하기 위해, FROM이 나타날 때까지 OBS를 돌린 다음 CDI를 중앙에 맞춘다. 눈금은 항공기가 위치한 VOR 래디얼(Radial)을 지시한다. 지상국으로 내향(Inbound)하는 경로는 래디얼(Radial)의 반방위이다. 만약 VOR을 비행기 경로에 설정했다면, CDI에는 역감지(Reverse Sensing)가 나타날 것이다. 바늘이 벗어나는 것을 수정하기 위해, 바늘 쪽으로부터 멀어지도록 비행해야 한다. 이러한 역감지(Reverse Sensing) 상황을 피하기 위해, VOR을 의도한 경로에 맞게 설정한다. 하나의 NAVAID(항행안전시설)은 래디얼(Radial)에 관련하여 비행기 위치를 결정하게 해 준다. 이 래디얼(Radial) 상의 정확한 위치



[그림 2-14] CDI interpretation

를 결정하기 위해 두 번째 NAVAID를 참고할 필요가 있다.

(2) Tracking TO and FROM the Station

지상국 쪽으로 Tracking을 하기 위해, TO가 나 타날 때까지 OBS를 돌린 다음 CDI를 중앙에 맞춘다. 눈금이 지시하는 쪽으로 비행한다. 만약 CDI가 중앙에서 왼쪽으로 벗어나면, 바늘이 있는 왼쪽으로 방향을 20도 변경한다. 눈금이 지시하는 경로를 비행할 때, 왼쪽으로 바늘이 벗어나는 것은 왼쪽에 측풍 성분이 있다는 것을 지시한다. 만약 그 수정 양으로 바늘이 중앙에 오면, 왼쪽 경로 수정을 반으로 줄인다. 만약 CDI가 왼쪽이나 오른쪽으로 움직이면, 다음 반복을 위해 천천히 더 작은 방향 수정을 할 수 있다. CDI를 중앙에 유지하면 항공기가 지상국으로 비행하게 된다. 지상국을 Tracking 하기 위해 눈금판의 OBS는 변경되지 않는다. 지상국으로 Homing 하기 위해 CDI 바늘은 주기적으로 중앙에 맞춘 다음, 눈금 아래의 새로운 경로를 항공기 방향으로 사용한다. Homing은 ADF Homing처럼, 지상국 쪽으로 동근 경로를 따라갈 것이다. VOR 래디얼(Radial)에서 지상국으로부터 Tracking 하기 위해, 먼저 지상국으로부터 항공기의 위치를 결정하고 CDI를 중앙에 맞추어 원하는 외향(Outbound) Tracking을 시작한다. 항적(Track)은 지상국 위로 비행하거나 Intercept 방향을 맞추어 Intercept 할 수 있다. 원하는 래디얼(Radial)의 Magnetic Course는 OBS를 사용하여 설정하고 CDI가 중앙에 올 때까지 Intercept 방향을 유지한다. 그런 다음 지상국을 Tracking 하여 특정 래디얼(Radial)을 외향(Outbound)으로 비행하기 위한 절차에 사용한다.

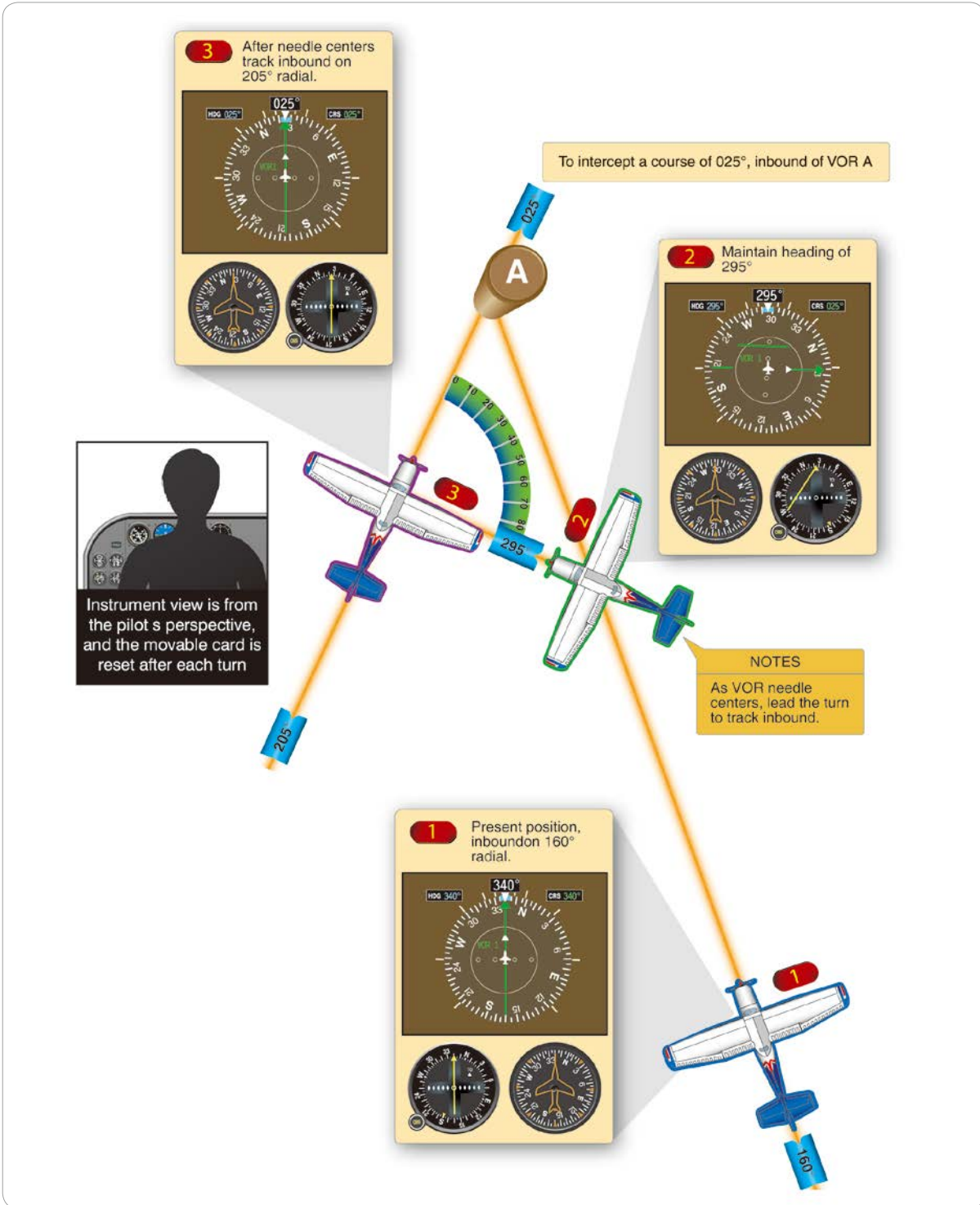
(3) Course Interception

만약 원하는 경로가 지금 비행하고 있는 경로가 아니라면, VOR 지상국에 관련된 위치와 비행할 경로를 파악한 다음 Intercept 방향을 유지한다. 다음의 단계들은 선정된 경로를 내향(Inbound)이나 외향(Outbound)으로 Intercept 하기 위해 사용된다. 1) ~3)단계는 초기에 원하는 경로로 평행하게 선회하지 않고, 곧바로 경로를 Intercept를 위해 선회했다면 생략할 수 있다.

- 1) 비행해야 할 경로와 같은 방향으로, 원하는 경로에 평행한 방향으로 선회한다.
- 2) 비행기가 위치한 래디얼(Radial)과 Intercept 해야 할 래디얼(Radial) 사이의 차이를 결정한다.
- 3) 20도보다 작지 않고 90도보다 크지 않은 각도에서, Interception 각도를 결정하기 위해 각도 차이에 두 배를 한다.
- 4) OBS를 원하는 래디얼(Radial)이나 내향 경로(Inbound Course)로 돌린다.
- 5) interception 방향으로 선회한다.
- 6) 항공기가 경로를 타 CDI가 중앙에 올 때까지 방향을 일정하게 유지한다.  
(경로 중심선에 다양한 접근율로 연습하여, 경로를 지나치지 않도록 선도점을 잡는 것을 배운다.)
- 7) 원하는 경로에 일치하는 MH로 선회하고, 내향(Inbound)나 외향(Outbound) Tracking 절차를 따른다.

Course Interception은 [그림 2-15]에서 확인할 수 있다.





[그림 2-15] Course interception (VOR)

### 2.2.3 VOR 운영상의 실수(VOR Operational Errors)

조종사에 의해 유도되는 전형적인 실수는 다음과 같다:

- (1) 부주의한 지상국 주파수 설정과 확인
- (2) 수신기의 정확도/감도 확인 실패
- (3) 위치 측정을 하는 동안 잘못된 방향으로 선회. 이 실수는 방향을 보는 대신 위치를 시각적으로 확인할 때까지 일반적으로 나타난다.
- (4) 특히 경로 반전(Course Reversal)을 할 동안 TO/FROM 지시기를 확인하지 못하여 잘못된 방향으로 수정하거나, 거꾸로 이해하는 역감지(Reverse Sensing).
- (5) Track Interception을 하는 동안 원하는 래디얼(Radial)로 평행하게 만들지 못한다. 이 단계가 없이는, 원하는 래디얼(Radial)로 Orientation 하는 것이 혼동될 수 있다. 왼쪽/오른쪽 관계로 생각하기 때문에, 항공기를 래디얼(Radial)/경로(Course)로 정대 하는 것이 기본적인이다.
- (6) Interception을 하는 동안 래디얼(Radial)을 Overshooting 하거나 Undershooting 하는 문제.
- (7) 특히 지상국에 가까워졌을 때, 수정이 과하게 조작된다.
- (8) 지상국 통과를 잘못 해석한다. ON/OFF Flag 가 없는 VOR 수신기에서, VOR을 위해 사용되는 통합된 통신과 항법 Radio(NAV/COM)에서 음성을 송신하는 것은 지상국을 통과할 동안 Ambiguity Meter의 TO/FROM 흔들림을 유발할 수 있다. 결정을 내리기 전에 모든 수신

기-TO/FROM, CDI, OBS-들을 읽어라. 송신을 할 동안 읽은 VOR 지시를 사용하면 안 된다.

- (9) CDI를 따라다니면 Tracking이 안 되고 Homing이 될 수 있다. 부주의한 방향 조절과 바람 수정은 이러한 실수를 만들어 낸다.

### 2.2.4 VOR 정확도(VOR Accuracy)

VOR의 효과는 지상과 공중 장비의 적절한 사용과 조절에 달려 있다. VOR의 경로 정대 정확성은 일반적으로  $\pm 1$ 도이다. 어떤 VOR에서는 약간의 경로 흔들림이 관측될 수 있고, 경로 니들(Needle)과 잠깐의 Flag 경고로 의해 확인할 수 있다. 소수의 지상국에서, 보통 산악 지형에서 조종사는 지상국에 접근할 때와 유사한 잠깐의 경로 바늘(Needle) 흔들림을 볼 수 있다. 익숙하지 않은 경로를 비행하는 조종사는 이러한 예상 밖의 지시를 주의하고, 적극적인 지상국 통과 결정을 하는 데에 TO/FROM 지시기를 사용해야 한다. 특정 프로펠러 RPM 설정과 헬리콥터 Rotor 속도는 VOR CDI를  $\pm 6$ 도까지 흔들리게 만들 수 있다. 약간의 RPM 설정을 변경하면 부드럽게 이러한 흔들림을 빠져나올 수 있다. 조종사는 VOR 지상국이나 항공기 장비의 불만족스런 작동을 보고하기 전에 이러한 변조 현상(Modulation Phenomenon)을 점검해야 한다.

- (1) VOR 수신기 정확도 확인  
(VOR Receiver Accuracy Check)

VOR 장치의 경로 감도는 OBS를 돌려 CDI를 중앙에서 양쪽의 마지막 점까지 움직여 각도를 확인하여 점검할 수 있다. 선택된 경로는 양쪽으로 10도나

12도를 넘어서는 안 된다. 추가적으로, 항공법규에서는 IFR 비행을 하기 30일 이전에 VOR 장비의 정확도 점검과 적절한 승인(Endorsement)을 명시한다. 이러한 요구 사항을 수행하고 공중 장비의 만족스러운 작동을 확신하기 위해, 다음의 VOR 수신기 정확도 점검 수단을 사용한다.

- 1) 적정 등급을 가진 무선 수리국으로부터 방사되는 VOT나 점검 신호.
- 2) 공항에 있는 증명된 점검 지점.
- 3) 증명된 공중 점검 지점.

## (2) VOT

VOR 점검 시설(VOR Test Facility, 이하 'VOT'라고 한다)은 VOT가 위치한 지상에서 VOR 수신기의 정확도와 운용 상태를 결정하는 데 편리하게 사용하도록 점검 신호를 송출한다. 두 가지 확인 수단이 사용된다. 하나는 일련의 점(Dot)이고, 다른 하나는 연속적인 음조(Tone)이다. VOT의 공중 사용은 허가되어 있다. 그러나 VOT의 사용은 법과 규정에 의해 인정된 지역/고도에 엄격히 한정되어 있다. VOT S(생략)서비스를 사용하기 위해, VOR 수신기에 108.0MHz의 주파수를 맞춘다. CDI를 중앙에 맞춘 다음에 OBS는 0도가 나오고 TO/FROM Indicator는 FROM을 지시하거나, OSB에 180도가 나오고 TO/FROM Indicator는 TO를 지시해야 한다. VOR 수신기로 작동되는 RMI는 OBS 설정에 180도를 지시할 것이다. 적정 등급의 무선 수리국에서 나오는 VOT는 신호와 같은 목적으로 제공되고 점검이 이루어진다. 일반적으로는 허가된 통상적인 주파수는 108.0MHz이다. 그러나 수리국은 연속적으로 VOR 점검 신호를 송출하도록 허가되지 않았다. 소유자

나 항공기 운용자는 점검 신호를 송출하기 위해 수리국과 조정을 거쳐야 한다. 수리국의 대표는 항공기 로그북(Logbook)이나 다른 영구 기록물에 래디얼(Radial) 정확도와 송출 날짜를 기록해야 한다.

## (3) 인가된 점검 지점(Certified Checkpoints)

공중과 지상 점검 지점은 신호를 수신해야 하는 공항 지표면의 특정 지점이나, 공중에서는 공항 바로 근처의 특정 경계표로 구성되어 있다. 지상 점검에서  $\pm 4$ 도나 공중 점검에서  $\pm 6$ 도를 초과하는 오차가 있을 때, 이러한 오차 원인을 수정하지 않고 IFR 비행을 시도해서는 안 된다. VOR 수신기 점검을 하는 데에 제작자가 제공하는 수정 카드 표(Correction Card)만을 사용해야 한다. 만약 항공기에 두 개의 VOR 안테나를 제외하고 서로 독립된 장치가 장착되어 있다면, 한 계기를 다른 것과 비교하여 점검할 수 있다. 두 장치에 하나의 VOR 지상 시설 주파수를 맞추고 지상국의 지시 방위를 확인한다. 두 기기 간의 최대 허용 방위 편차는 4도이다. 일상 정비 혹은 긴급 정비를 하는 동안 항공보안시설로부터 부호화된 식별 부호(혹은 부호 및 음성 중 해당되는 것)는 제거된다. 식별 부호의 제거는 그 시설이 전파 조정, 또는 보수 목적으로 공식적인 정비를 하고 있다는 것, 혹은 단속적으로 또는 일정하게 전파를 발신한다 할지라도 신뢰성이 없다는 것을 조종사에게 경고해 주는 것이다. 정비 기간 중에 T-E-S-T CODE(- ... -)를 방사할 수 있다. 식별이 된다 하더라도 서비스 중지라는 NOTAM이 있었다면 그 절차를 따라 비행하려 하면 안 된다. 어떤 경우에는 식별을 위한 신호가 점검의 일부분으로 단기간 동안 송신될 수도 있다.

## 2.3 전술 항법 장치 (Tactical Air Navigation, TACAN)

전술 항법 장치(Tactical Air Navigation 이하 ‘TACAN’이라 한다) 장비의 이론적, 기술적인 작동 원리는 VOR과는 다르지만, 조종사가 취급하기에는 같다. TACAN 지상 장비에는 고정용과 이동용 두 가지가 있다. [그림 2-16] 지상 기지국과 함께 공중 탑재 장비는 발신된 신호를 방위와 거리 정보의 시각적 표현을 변형시킨다. TACAN은 UHF 주파수대에서 작동한다. TACAN은 총 252개 채널이 사용 가능한데, 이는 1부터 126까지 숫자 채널에다 각 세트 사이의 식별을 위해 끝에 ‘X’ 또는 ‘Y’를 붙인 두 개의 세트로 구별된다.

### 2.3.1 TACAN 부작동

TACAN의 기능 고장에서는 몇 가지 형태가 있는데, 이는 계기반에 틀리게 또는 오차가 있게 나타난다.

- (1) 40도 방위 지시 오차 지시: TACAN 신호의 특성으로 인하여, 계기상에 어떤 경고 표시 없이 실제 방위에서 40도 배수의 방위를 지시할 수 있다. 조종사는 TACAN 방위의 정확성 여부를 확인하기 위하여 다른 항법 계기와 비교해 보아야 한다. 주파수를 다른 곳으로 돌려서 일부러 동조되는 것을 풀어 놨다가 다시 맞춤으로써 바로잡을 수 있다. 40도 오차를 제거할 수 있는 장치가 되어 있는 항공기라 할지라도 조종사는 필히 타 항법 계기와 방위를 점검해 보아야 한다.
- (2) 동일 채널 간섭: 이 현상은 항공기가 동일 채



[그림 2-16] 고정용/이동용 TACAN



널에서 한 개 이상의 지상 기지국으로부터 신호를 받을 때 발생하며, 통상 고고도에서 잘 일어난다.

- (3) 부정확한 지시: 이것은 항공기가 TACAN 채널을 잘못 동조시켰거나 수신기가 낡았을 때 발생한다. 돌렸다가 선택한 채널을 다시 맞추거나, 처음 맞추었던 방향의 반대 방향으로 다른 채널로 돌렸다가 다시 맞추어 주면 가끔은 이런 현상을 없앨 수가 있다.

## 2.4 VORTAC(VHR Omni-Directional Range/Tactical Air Navigation)

VORTAC은 VOR과 TACAN 두 가지로 구성되어, 세 가지 각각의 기능, 즉 VOR의 방위, TACAN의 방위, TACAN의 거리가 한 Site에서 제공된다. VORTAC은 한 개 이상의 장비와 한 개 이상의 주



[그림 2-17] VORTAC

파수, 한 개 이상의 안테나가 사용되지만 단일 항법 장비로 생각해야 옳을 것이다. VORTAC의 두 구성 요소가 동시에 작동되고, 세 개의 기능이 항상 제공된다. [그림 2-17]

### (1) 식별(Certified Checkpoints)

VOR과 TACAN의 전송된 신호는 각각 세 개의 문자 코드 전송에 의해 식별되고 연동하므로, TACAN 거리와 함께 VOR 방위를 사용하는 조종사는 수신된 두 개의 신호가 동일한 지상의 기지국으로부터 나온 것임을 확증할 수 있다. 각각의 VORTAC 시설에서 VOR, TACAN, DME의 주파수는 국가 차원에서 항공기 탑재 장비의 작동을 단순화시키기 위해 '쌍'을 이루게 하였다.

## 2.5 거리 측정 장비(Distance Measuring Equipment, DME)

VOR 장치와 같이 사용될 때, 거리 측정 장비(Distance Measuring Equipment 이하 'DME'라고 한다)는 조종사가 지상국으로부터 TO/FROM 방위와 거리를 포함한, 정밀한 항공기의 지형적 위치를 결정할 수 있게 해 준다. 항공기 DME는 질문하는 무선주파수(RF) 전파를 지상 시설에 있는 DEM 안테나로 송신한다. 이 신호가 질문하는 항공기에 지상 수신기가 응답하는 계기가 된다. 공중 DME 장비는 항공기가 보낸 질문 신호와 지상국에서 보낸 응답 전파 수신까지 걸리는 시간을 측정한다. 이 측정 시간을 지상국으로부터의 사거리를 마일로 전환한다. 어떤 DME 수신기는 지상국에 대한

항공기 위치의 상대적 변화율을 계산하여 대지속도를 제공한다. 대지속도 값은 지상국으로부터 곧바로 Tracking을 할 때만 정밀하다.

### 2.5.1 DME 구성 요소(DME Components)

VOR/DME, VORTAC, ILS/DME, LOC/DME 항법 시설은 구성 요소로부터 경로와 거리 정보를 제공한다. DME는 962MHz~1213MHz의 UHF 주파수 대역에서 작동한다. 자동 DME 선택을 제공하는 항공기 수신 장비는 지정된 VOR/DME, VORTAC, ILS/DME, LOC/DME가 선택했을 때 방위와 거리 정보를 수신한다. 어떤 항공기는 분리된 VOR과 DME 수신기를 가지고 있어 각각 적절한 항법 시설 주파수를 설정해야 한다. 공중 장비는 안테나와 수신기를 포함하고 있다. 조종사가 조절할 수 있는 DME 수신기는 다음을 포함하고 있다.

- (1) 주파수 선택 장치: 많은 DME들은 관련된 VHF Radio에 의해 채널이 설정되거나, 어떤 VHF Radio가 DME 채널을 선택할 것인가를 선택하게 해 주는 스위치를 가지고 있다. 자체 주파수 선택 장치를 가지고 있는 DME들은 관련된 VOR/DME나 VORTAC 지상국의 주파수를 사용한다.
- (2) On/Off/Volume Switch: DME 확인은 관련된 VOR이나 LOC보다 높은 음조로 된 모스부호(Morse Code)로 들을 수 있다. DME 모스부호(Morse Code)는 VOR이나 LOC 확인을 위한 3~4회 가청음에 한 번 포함될 수 있다. 만약 매 30초마다 한 번 들을 수 있다면 DME

는 작동하는 것이지만, 관련된 VOR이나 LOC는 작동하지 않는 것이다.

- (3) Mode Switch: Mode Switch는 해상 마일로 된 거리, 지상국까지의 대지속도와 시간을 선택할 수 있다. 다른 기능으로는 고정 위치에 스위치가 놓이기 전 선택할 주파수에 DME 채널이 고정되도록 하는 고정 기능이 있다. 이 기능은 ILS 접근을 할 때, 주변에 VOR/DME만 있고 ILS와 같이 위치한 DME가 없을 때 유용하다. 어떤 DME는 사거리 오류(Slant-range Error)를 수정하는 기능이 있다.

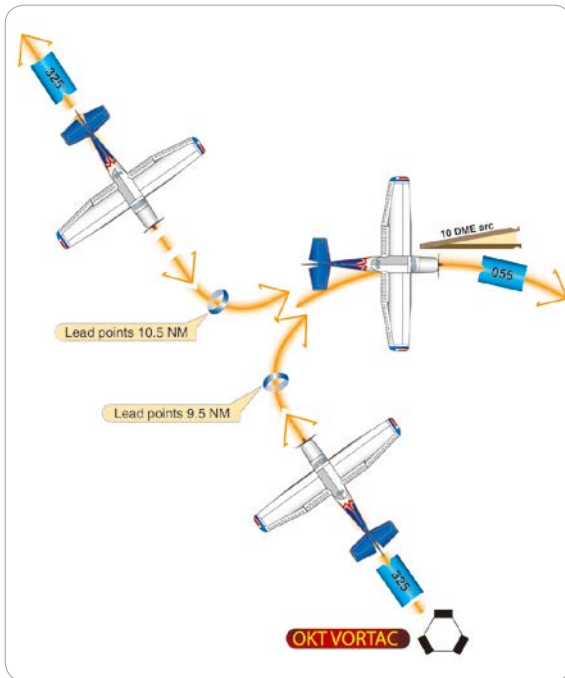
### 2.5.2 DME의 기능(Function of DME)

DME는 지상 DME 송신장치로부터의 거리를 결정하는 데 사용된다. VHF/UHF 항법 보조 장치와 비교하여 DME는 아주 정밀하다. 거리 정보는 항공기의 위치를 결정하는 데 사용되거나 지상국으로부터 일정 거리를 Tracking 하는 데 사용할 수 있다. 이것을 'DME 아크(Arc)'라 한다.

#### (1) DME 아크(Arc)

DME 아크(Arc)와 일체화되어 있는 많은 계기접근 절차들이 있다. 여기에 제시한 절차와 기술들은 DME 정보를 제공하는 시설로부터 그러한 아크(Arc)를 유지하고 Intercept 하기 위한 것이다. 그러한 시설은 최종 접근 유도를 제공하는 시설과 일체화되거나, 그러지 않을 수 있다. DME 아크(Arc)로 진입 비행을 하는 예로, [그림 2-18]과 같이 다음의 단계를 따른다.

- 1) OKT 325도 래디얼(Radial)을 항적(Track) 내향



[그림 2-18] DME arc interception

(Inbound)하면서, DME 거리를 자주 확인한다.

- 2) 150노트 이하에서는 0.5마일의 선도점이면 충분하다. 10.5마일에서 아크(Arc)로 선회를 시작한다. 높은 대지속도에서는 비례적으로 더 큰 선도점을 사용한다.
- 3) 표준을 선회 시: GS의 1/2%
- 4) 반표준을 선회 시: GS의 1%
- 5) 30도 Bank를 사용할 때
- 6) Mach No.  $\times$  10 - 2 (선회반경)
- 7) NM/MIN - 2 (선회반경) (마일)
- 8) (Mach No.) $\times$  10
- 9) 선회반경(ft)/1000
- 10) 대략 90도까지 선회를 계속한다. 무풍 시 Roll-out 방향은 055도가 된다.
- 11) Intercept 선회의 마지막 단계에서 DME를 열

심히 관찰해라. 만약 아크(Arc)를 지나쳤다면 (1.0마일 이상), 원래 계획한 Roll-out 방향을 지나 선회한다. 만약 아크(Arc)를 Undershoot 했다면, 선회를 일찍 Roll-out 한다. 외향 (Outbound)을 하면서 10DME를 Intercept 할 때의 절차도 기본적으로 동일하다. 선도점은 10마일에서 0.5마일을 빼 9.5마일이 된다.

바람이 부는 상황에서 DME 아크(Arc)를 비행할 때, 시설과 연관된 항공기 위치를 연속적으로 머릿속에 그리고 있는 것이 중요하다. 아크(Arc)를 비행하는 동안 바람 수정 각도가 연속적으로 변하기 때문에, 바람 방위 측정이 중요하다. 어떤 경우에 바람은 원하는 항적(Track)으로 되돌아가는 데 사용된다. 고속에서는 높은 이탈률과 수정률 때문에 조종사가 더 많은 주의를 기울여야 한다. 아크(Arc)를 유지하는 것은 기수를 약간 안쪽으로 놓는 것에 의해 간소화될 수 있다. 이런 식으로 아크(Arc)는 항공기 쪽으로 선회하고 직선 경로를 유지함으로써 Interception이 이루어진다. 만약 아크(Arc) 밖에 항공기가 있다면, 아크(Arc)는 돌면서 멀어지므로 더 많은 수정이 필요하다. VOR CDI를 사용하여 아크(Arc)를 비행하기 위해, 아크(Arc)를 Intercept 하기 위한 90도 선회를 한 다음 CDI를 중앙에 놓는다. 항공기의 방향은 계기의 왼쪽이나 오른쪽(270도나 90도 참조점) 근처에 있을 것이다. 아크(Arc)를 비행하는 동안 계기의 측면 위치에서의 지시는 주된 방향 정보를 제공할 것이다. 올바른 아크(Arc) 거리를 유지하기 위한 바람에 대한 보상과 거리 수정을 위해 항공기의 방향을 조절해야 하고, CDI가 2도~4도 벗어났을 때, CDI를 다시 중앙에 맞추고 새롭게

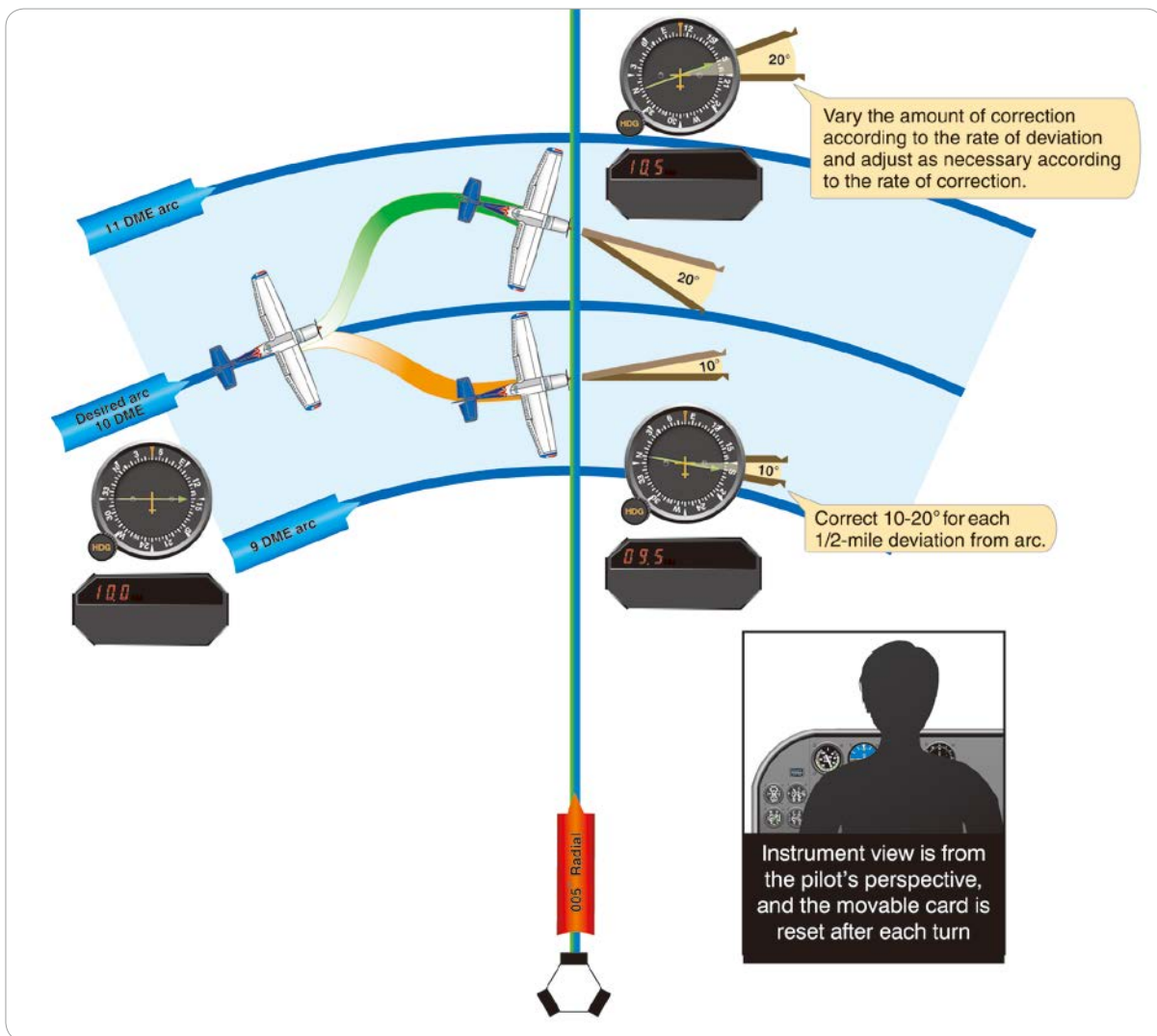
지시하고 있는 주된 방향을 확인한다. 무풍 상황에서 RMI로 시설 주변에서 90도나 270도 RB를 유지하면 이론적으로 정확한 원을 비행할 수 있다. 실제 연습에서는 짧은 구간을 연속적으로 비행한다.

[그림 2-19]의 DME 아크(Arc)를 유지하고 수정 비행하기 위해, 다음과 같이 진행한다.

1) 날개 끝(90도나 270도 위치)에 RMI 방위 지시

바늘(Bearing Pointer)을 놓고 항공기가 원하는 DME 거리에 있을 때, 일정한 방향을 유지하여 방위 지시 바늘(Bearing Pointer)이 날개 끝 아래로 5도~10도 움직이도록 한다. 그러면 거리가 약간 늘어날 것이다.

2) 방위 지시 바늘(Bearing Pointer)이 날개 끝 참조에서 5도~10도 위로 움직이도록 시설 쪽



[그림 2-19] Using DME and RMI to maintain arc



으로 선회를 한 다음, 방위 지시 바늘(Bearing Pointer)이 다시 날개 끝 아래로 움직일 때까지 방향을 유지한다. 대략적인 아크(Arc)를 유지하기 위해 이 절차를 반복한다.

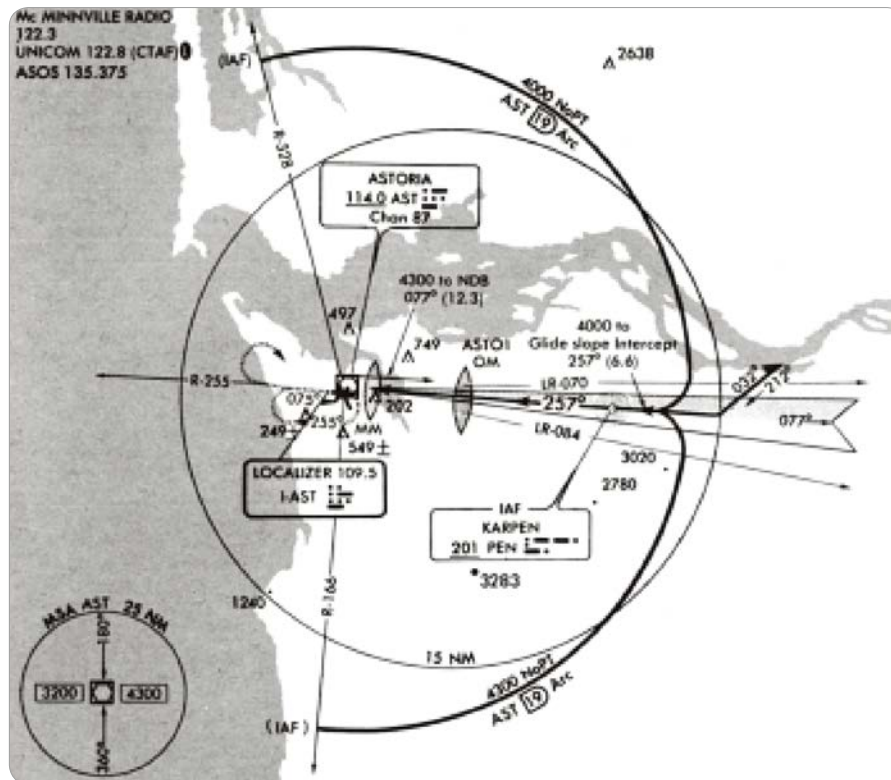
- 3) 만약 측풍으로 인하여 시설로부터 멀어지면, 방위 지시 바늘(Bearing Pointer)이 날개 끝 참조에서 앞쪽으로 올 때까지 항공기를 선회시킨다. 만약 측풍으로 인하여 시설 쪽으로 가까워지면, 방위 지시 바늘(Bearing Pointer)이 날개 끝 아래로 올 때까지 선회해야 한다.
- 4) 거리 수정을 위한 방법으로, 원하는 아크(Arc)로부터 매 0.5마일마다 10도~20도의 RB를 변경할 수 있다. 예를 들어, 무풍에서 비행기가

아크(Arc)에서 1/2~1마일 밖에 있고 방위 지시 바늘(Bearing Pointer)이 날개 끝 참조에 있을 경우, 아크(Arc)로 돌아가기 위해 항공기를 시설 쪽으로 20도 선회한다.

RMI가 없으면, 직접적인 방위 참조가 없기 때문에 방위 측정은 더 어려워진다. 그러나 OBS와 CDI를 방위 정보로 사용하고 DME를 아크(Arc) 거리로 사용하여 비행할 수 있다.

(2) Intercepting Lead Radials

선도 래디얼(Lead Radial)은 아크(Arc)로부터 내향(Inbound) 경로로 선회를 시작하는 지점이다. DME 아크(Arc)로부터 래디얼(Radial)을 Intercept



[그림 2-20] Localizer interception from DME arc

할 때, 선도점은 아크(Arc) 반경과 대지속도에 따라 변한다. 평균적으로 일반 민간 항공기가 대부분의 접근 항공지도에 나와 있는 아크(Arc)를 150노트 이하로 비행할 때, 선도점은 5도 이하가 된다. 아크(Arc)로부터 래디얼(Radial)을 Intercept 하는 것과 직선 경로에서 래디얼(Radial)을 Intercept 하는 것에는 차이가 없다. 아크(Arc)를 비행할 때, RMI가 있는 비행기에서 Bearing이 움직이는 비율을 열심히 확인해야 한다. 가능한 한 빨리 Intercept 할 래디얼(Radial) 경로를 설정하고, 대략적인 선도점을 결정해야 한다.

- 1) 표준을 선회 시:  $60/\text{Arc}(\text{GS} \times 1/2 \%)$
- 2) 30도 Bank를 사용할 때
- 3)  $60/\text{Arc} \times (\text{Mach No.} \times 10 - 2)$
- 4)  $60/\text{Arc} \times (\text{NM}/\text{MIN} - 2)$
- 5)  $60/\text{Arc} \times (\text{Mach No.})^2 \times 10$
- 6) (선회반경(ft) / 100) / Arc

이 지점에 도달하면, Intercept 선회를 시작해라. RMI가 없이 래디얼(Radial)을 Intercept 하는 기술은 OBS와 CDI에서 방위 정보를 이용할 수 있는 것만 제외하고 동일하다. DME 아크(Arc)로부터 로컬라이저(Localizer)를 Intercept 하는 기술은 래디얼(Radial)을 Intercept 하는 것과 동일하다. 하나의 VOR/LOC 수신기를 가지고 있는 조종사는 로컬라이저(Localizer) 주파수를 맞추어야 한다. 만약 조종사가 두 개의 VOR/LOC 수신기를 가지고 있다면, 하나는 방위 정보를 제공하기 위해 사용하고, 다른 하나는 로컬라이저(Localizer) 주파수를 맞춘다. 이 선도 래디얼(Lead Radial)이 7도의 선도점을 제공하므로, LOC 바늘이 중앙으로 움직일 때까지 반표준을 선회를 이용해야 한다.

## 2.6 VOR/DME 또는 TACAN 픽스로 직행

한 픽스에서 다른 어느 픽스로 직행하는 경우가 출항, 접근 또는 터미널 지역에서 기동할 때 종종 생긴다. VOR/DME, 또는 TACAN 시설로부터의 방위와 거리 정보는 수신 거리 내에서 어떤 픽스로 직접 항법 비행하는 데 충분하다. 다음은 FIX TO FIX(어느 한 Fix에서 다른 Fix로 가기)를 수행하기 위한 요령이다.

### (1) Tune

TACAN 또는 VOR/DME 장비에 주파수를 맞추고, 만약 원하는 픽스로의 대략적인 방향으로 가고 있지 않다면 Bearing Pointer의 머리와 원하는 픽스가 있는 래디얼(Radial) 사이의 중간 정도에 있는 방향으로 선회한다.

### (2) 선회

- 1) 정확한 방향을 산출하는 동안 픽스로부터 멀어지게 비행하는 것보다 원하는 픽스로의 대략적인 방향으로 선회하는 것을 목표로 한다.
- 2) HSI를 사용할 때에는 경로 Selector Window에 원하는 경로를 맞추고 방위 지시 바늘(Bearing Pointer) 머리 부분과 Course Arrow의 머리 부분 사이의 방향으로 선회해야 한다.
- 3) 현재의 위치와 원하는 픽스의 거리가 다를 경우, 초기 선회는 방위 지시 바늘(Bearing Pointer)과 원하는 픽스 사이의 중간이 아닌 방향에 선회가 중지되도록 조절되어야 할 것이다. 만약 거리가 줄어들어야 한다면 방위

지시 바늘(Bearing Pointer)에 가까운 방향에 선회 완료시키고, 거리를 늘리려면 원하는 래디얼(Radial) 쪽의 방향에 선회가 완료되도록 해야 한다.

- 4) RMI의 Compass Card 또는 이와 유사한 계기상에다 항공기 위치와 픽스를 눈으로 정해라. Compass Card 상에다 항공기 위치와 원하는 픽스를 그려 볼 때는 다음 사항을 이해하고 있어야 한다.
- 5) Station은 Compass Card 중심에 위치해 있고, Compass Rose(눈금)는 Station 주위의 래디얼(Radial)로 간주한다.
- 6) 항공기 위치는 Bearing Pointer의 꼬리를 따라 눈으로 그려 볼 수 있다.
- 7) 항공기 위치와 원하는 픽스의 거리를 비교하여 더 먼 거리의 픽스를 Compass Card의 외곽 가장자리에 정한다. Compass Card 외곽 가장자리의 거리를 기준으로 하되, 짧은 거리를 비례적으로 정하여 현재의 위치나 원하는 픽스를 잡는다.
- 8) 항공기 위치 거리가 60마일이고 가고자 하는 픽스 거리가 30마일이라면 항공기 위치는 외곽 가장자리에 정해지고, 원하는 픽스는 비례적으로 1/2에 정해진다. 만약 가고자 하는 픽스와 현 항공기 위치 거리가 서로 바뀌었다면 가고자 하는 래디얼(Radial) 거리를 60마일로 외곽 가장자리에 잡고 항공기 위치는 1/2 위치에 있도록 잡으면 된다.
- 9) 현 항공기 위치에서 원하는 픽스까지의 정확한 방향을 결정해야 한다. 현 항공기 위치에서 원하는 픽스까지 가상의 선을 연결하여 픽

스로의 방향을 결정하고, 가상의 선과 평행하게 Compass Card 중심에서 같은 방향으로 또 다른 가상의 선을 그리면 이 방향이 무풍시 원하는 픽스로 향하는 방향이다.

### (3) 방위 조절

- 1) 필요시 계속 항공기 방향을 조절하여 원하는 픽스로 진행한다.
- 2) 바람 수정량을 알고 있으면 이를 적용해라. 바람에 의한 편류와 초기 부정확한 방향 산출은, 원하는 픽스로 비행하면서 위의 절차를 계속 반복함으로써 수정될 수 있다. 원하는 픽스에 가까워지면 아크(Arc)나 래디얼(Radial)에 진입하거나, 또는 픽스 이후 인가된 항로를 따르는 데 필요한 방향을 조절한다.
- 3) 현 항공기 위치와 원하는 픽스 사이의 거리는 Compass Card의 중심에서 외곽 가장자리까지 설정된 거리에 비례하기 때문에 원하는 픽스까지의 거리는 대략적으로 산출할 수 있다.

### (4) 수정

픽스로 비행하는 중에 산출된 방향과 바람 수정을 계속하여 다듬도록 최신의 방향을 유지한다.

## 2.7 DME 오차(DME Errors)

DME/DME 픽스(두 개의 DME 시설로부터 두 개의 DME 선에 기초한 위치)는 VOR과 DME 픽스를 사용하는 것보다 더욱 정확한 항공기 위치를 제공

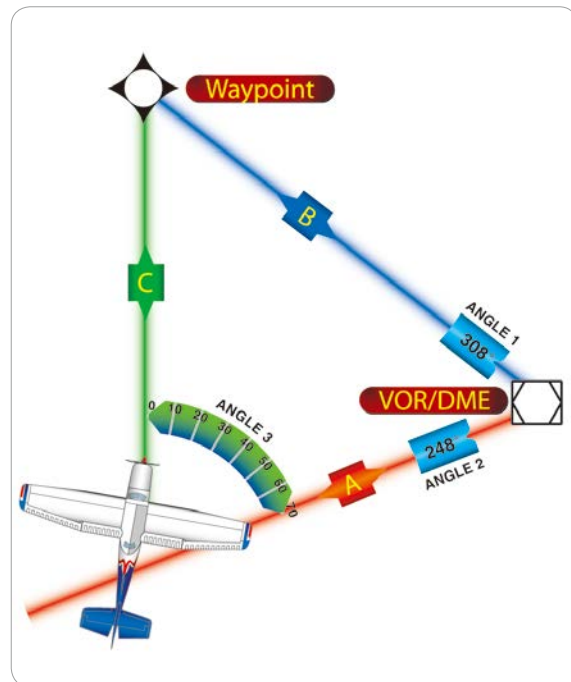
한다. DME 신호는 가시거리(Line-of-sight)이다. 거리 정보는 항공기로부터 지상에서는 DME 지상국까지의 직선거리이고, 공중에서는 '사선거리(Slant Range Distance)'라 한다. 사선거리는 항공기 안테나에서 지상국까지의 직선거리를 말하며, 지상국에서 항공기 아래의 지상 지점까지의 거리와는 다르다. 이 오차는 고도가 낮고 장거리일 때 최소가 되고, 항공기가 DME 상공 위에 있을 때 오차는 최대가 되며, DME 수신기는 지상국으로부터의 고도(마일)를 지시한다. 사선거리 오차는 항공기가 시설 표고 위에서 매 1000피트마다 1마일 이상 떨어져 있을 때 무시할 수 있다.

## 2.8 지역 항법(Area Navigation, RNAV)

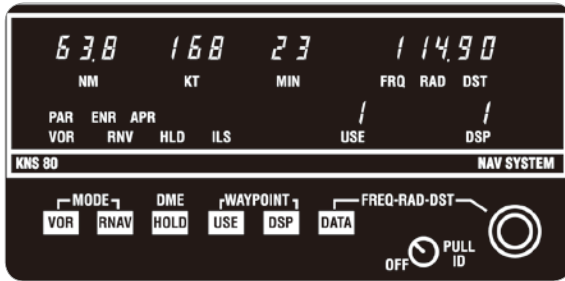
지역 항법(Area Navigation, 이하 'RNAV'라고 한다) 장비는 VOR/DME, 장거리 항행(Long Range Navigation, 이하 'LORAN'라고 한다), GPS, 관성항법장치(Inertial Navigation System, 이하 'INS'라고 한다)를 포함한다. RNAV 장비는 항공기 위치, 실제 항적, 대지속도를 계산한 다음 조종사에게 뜻있는 정보를 제공한다. 이 정보는 거리, Crosstrack Error, 선택된 항적(Track)이나 웨이포인트(Waypoint)에 관련된 시간 예상의 형태로 제공된다. 이에 추가하여, RNAV 장비 설치 시 IFR 상황에서 사용되도록 승인되어야 한다. 장착되어 있는 장비, 승인된 운용, 상세한 장비 사용법 등은 POH/AFM을 참조해야 한다. 어떤 항공기는 하나 이상의 RNAV Source로부터 정보를 입력하게 되어 있어, 아주 정확하고 믿을 만한 항법 자료를 제공한다.

### 2.8.1 VOR/DME RNAV

VOR RNAV는 탑재 컴퓨터를 사용하여 웨이포인트를 만들어 내기 위해, 현재 VORTAC이나 VOR/DME에 의해 생산되는 정보에 기초한다. [그림 2-21]에 나와 있듯이, Side A의 수치는 VOR/DME까지 측정된 DME 거리이다. VOR/DME에서 웨이포인트까지의 거리로 된 Side B Angle 1(웨이포인트까지의 VOR 래디얼(Radial)이나 VORTAC으로부터의 방위)은 조종석 장치에 설정한 수치이다. 탑재 컴퓨터는 마일로 된 거리와 항공기로부터 웨이포인트까지의 Magnetic 경로로 된 Angle 3과 Side C를 결정하기 위해 연속적으로 Angle 1과 2를 비교한다. 이 정보는 안내 정보로 조종실에 시현된다.



[그림 2-21] RNAV computation



[그림 2-22] Typical RNAV display

## 2.8.2 VOR/DME RNAV 구성 요소 (VOR/DME RNAV Components)

비록 RNAV 조종석 계기 시현이 제작자에 따라 달라지더라도, 대부분은 VOR이나 RNAV 안내를 선택하는 Switch나 Knob에 의해 항공기 CDI에 연결되어 있다. 보통 조종사에게 VOR이나 RNAV가 선택되었는지를 알리기 위해 등이나 지시기를 가지고 있다. [그림 2-22] 계기 시현은 웨이포인트, 주파수, 사용 중인 모드, 웨이포인트 래디얼(Radial)과 거리, DME 거리, 대지속도, 지상국까지의 시간을 포함하고 있다. 대부분의 VOR/DME RNAV 장치들은 다음의 탑재 조절 장치를 가지고 있다.

- (1) 사용할 VOR/DME 지상국의 주파수를 선택하는 데 사용하기 위해 Off/On/Volume Control.
- (2) VOR/DME Mode를 선택하는 데 사용되는 MODE 선택 스위치(Switch)
- (3) 각도로 된 경로 폭 이탈(표준 VOR 운용); 또는
- (4) 표준으로서 선형의 Crosstrack Deviation( $\pm$  5마일의 전체 눈금 CDI)
- (5)  $\pm$  5마일로 된 선형의 Crosstrack Deviation 과 Direct to 웨이포인트가 있는 RNAV Mode

(6) CDI 전체 눈금이  $\pm$  1.25마일인 선형 Deviation 지시가 있는 RNAV/APPR 접근 모드(Approach Mode)

(7) 어떤 장치는 하나 이상의 웨이포인트를 저장할 수 있다. 이 조절 장치는 저장되어 있는 어떠한 웨이포인트라도 선택할 수 있도록 해 준다.

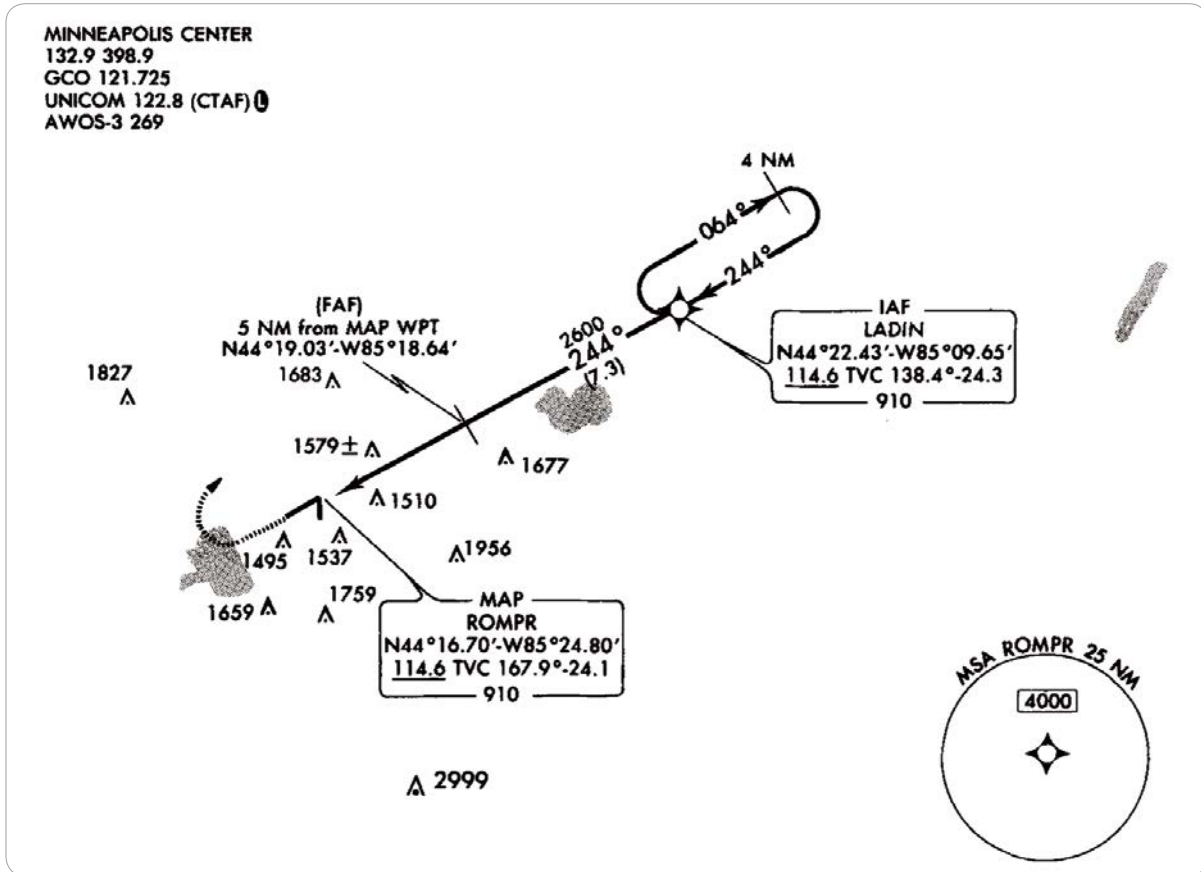
(8) 데이터 입력 조절 장치는 사용자가 웨이포인트나 VOR, LOC 주파수, 웨이포인트 래디얼(Radial)과 거리를 입력할 수 있도록 해 준다.

DME 대지속도 지시가 VOR/DME 모드에서 기지국 쪽이나 기지국으로부터 곧바로 Tracking 할 때만 정확하다. 하지만 RNAV 모드에서 DME 대지속도 지시는 어떠한 항적에서도 정확하다.

## 2.8.3 VOR/DME RNAV의 기능 (Function of VOR/DME RNAV)

VOR/DME RNAV 장치의 이점은 항공기가 VOR과 DME 시설 근처의 수신 범위에 있을 동안, 아무 때나 탑재 컴퓨터에 웨이포인트를 설정할 수 있다는 것이다. 이러한 연속된 웨이포인트로 RNAV 항공로를 만들 수 있다. 발간된 항공로에 추가하여 만약 ATC에 의해 허가가 났다면, IFR 상황하에서 Random RNAV 항공로를 비행할 수 있다. RNAV 출항 절차(Departure Procedure, 이하 'DP'라고 한다)와 표준 입항 경로(Standard Terminal Arrival Routes, 이하 'STAR'라고 한다)는 DP와 STAR 책자에 포함되어 있다. VOR/DME RNAV 접근 절차 항공지도 또한 사용할 수 있다. 웨이포인트 확인명 Box에는 다음 정보들을 포함하고 있다. : 웨이포인트 이름, 좌표, 주파수, 식별(Identifier),



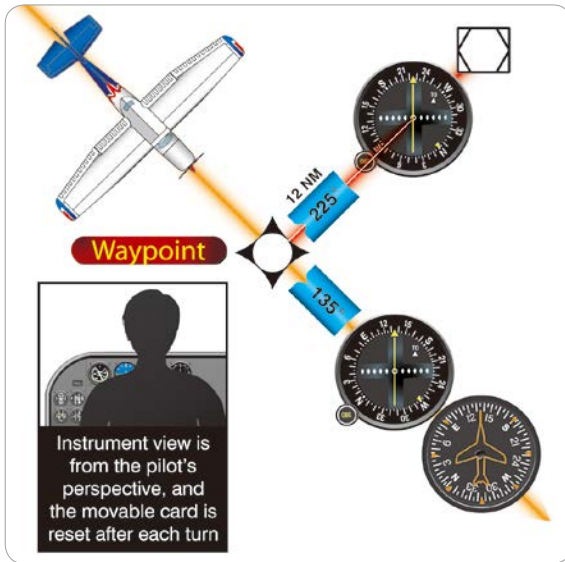


[그림 2-23] VOR/DME RNAV Rwy 25 approach(excerpt)

래디얼(Radial) 거리(시설에서 웨이포인트까지), 참조 시설 표고, 초기 접근 픽스(Initial Approach Fix, 이하 'IAF'라고 한다), 최종 접근 픽스(Final Approach Fix, 이하 'FAF'라고 한다), 실패 접근 지점(Missed Approach Point, 이하 'MAP'이라 한다)이라는 꼬리표가 붙어 있다. 항로 비행이나 IFR 상황에서 접근을 하기 위한 항공기 탑재 RNAV 장비는 적합한 IFR 운용을 위해 승인을 받아야 한다. Vertical Nav Mode에서 어떤 장비는 수직과 함께 수평 안내도 제공한다. 한 웨이포인트는 강하를 시작하는 곳에서 선택되고, 다른 웨이포인트는

강하가 끝나는 곳에서 선택된다. RNAV 장비는 대지속도와 관련하여 강하율을 계산하고, 어떤 장비는 글라이드 슬로프(Glide Slope) 지시기에 수직 안내 정보를 시현한다. 계기접근을 하는 동안 이런 형태의 장비를 사용할 때, 조종사는 제공되는 수직 안내 정보가 비정밀접근의 일부가 아니라는 것을 명심해야 한다. ATC에 의해 다른 방법으로 지시되지 않는 한, 발간된 비정밀접근 고도를 확인하고 따라야 한다.

RNAV를 사용하여 웨이포인트까지 비행하기 위해, 다음의 절차를 따른다.



[그림 2-24] Aircraft/VORTAC/waypoint relationship

[그림 2-24]:

- (1) VOR/DME 주파수를 선택한다.
- (2) RNAV Mode를 선택한다.
- (3) 웨이포인트(225도)를 지나가는 VOR의 래디얼(Radial)을 선택한다.
- (4) 선택된 웨이포인트까지 DME로부터의 거리(12마일)를 선택한다.
- (5) 모든 입력을 확인하고, TO 지시가 나타나고 CDI 바늘을 중앙에 맞춘다.
- (6) CDI를 중앙에 유지하기 위해 지시 방향  $\pm$ 바람 수정으로 항공기를 비행한다.
- (7) CDI 바늘은 점 하나당 경로에서 1마일씩 벗어난 것을 지시할 것이다. DME 지시는 웨이포인트로부터의 거리(마일)를 지시할 것이다. Ground speed는 웨이포인트까지의 접근 속도(Knots)를 지시한다. TTS(Time To Station)는 웨이포인트까지의 시간을 지시할 것이다.

## 2.8.4 VOR/DME RNAV Errors

이 시스템의 한계는 수신 범위이다. 발간된 계기 접근에 문제가 되지 않도록 시험을 거쳤다. VOR/DME 시설로부터 멀리 떨어진 공항으로의 강하/접근은 불가능할 것이다. 왜냐하면, 접근을 하는 동안 항공기는 그 거리에서 시설의 수신 고도 이하로 강하하기 때문이다.

## 2.9 장거리 무선항법 (Long Range Navigation)

장거리 무선항법(Long Range Navigation, 이하 'LORAN'이라 한다)은 정밀한 장거리 항법 시스템을 제공하기 위해 지상에 기초한 송신기 네트워크를 사용한다. 이 지상국에서 나오는 신호들은 면밀히 구성된 순서의 100kHz에 중심을 둔 간결한 무선전파들이다. 이 주파수에서 신호는 지상파처럼 상당한 거리를 여행하기 때문에 정밀한 항법 정보를 이용할 수 있다. 항공기 탑재 수신기는 선택된 네트워크 안의 모든 지상국을 감시한 다음, 신호 간의 도착 시간 차이를 측정한다. 지상국으로부터 동일한 도착 시간 차이를 가지고 있는 모든 지점들은 위치선을 만들어 낸다. 그러면 컴퓨터는 알려진 위치를 경도와 위도 좌표로 전환한다. 연속적으로 경도/위도 지점을 계산하는 동안, 컴퓨터는 다음 사항들을 결정하고 시현할 수 있게 된다.

- (1) 마지막 계산부터의 지상 Track.
- (2) 마지막 계산부터 움직인 거리를 마지막 계산 시간부터 경과된 시간으로 나누어 나온 Ground speed(그리고 이러한 몇 가지 것들의 평균).

- (3) 목적지까지의 거리.
- (4) 목적지 도착 시간.
- (5) Crosstrack Error.

LORAN은 적절한 신호가 수신된다면 아주 정밀한 항법 시스템이다. LORAN 정확도에 대해 말할 때 역점을 두어야 할 두 가지 형태의 정확도가 있다.

‘반복 정확도(Repeatable Accuracy)’는 사용자가 LORAN 위치를 확인하고, 그 위치로부터 움직인 다음, 초기 LORAN 위치로 돌아가기 위해 LORAN을 사용할 때 정확도를 측정하는 것이다. 초기 위치로부터의 거리가 오차가 된다. 전달과 지형 오차는 첫 위치를 잡았을 때와 기본적으로 동일하게 되어, 초기 위치를 사용하여 이 오차들은 해결이 된다. LORAN의 전형적인 반복 정확도는 낮에 짧은 시간(며칠) 안에 두 번째 위치가 결정되면 0.01마일이나 60피트 정도가 된다.

‘절대 정확도(Absolute Accuracy)’는 공간상에서 독립적으로 현재 위치를 결정하는 능력을 말하고, 조종사에 의해 가장 많이 사용된다. LORAN 수신기를 켜고 위치가 결정되면 절대 정확도가 적용된다. 전형적인 LORAN 절대 정확도는 지상국으로부터의 거리, TD LOP 교차 각도의 형태, 지형과 주변 상황, 신호 대 잡음 비율(신호의 강도), 수신기 제작자가 만든 설계 선택 등에 의해 0.1마일에서 2.5마일 까지 변한다.

### 2.9.1 LORAN 구성 요소(LORAN Components)

LORAN 수신기는 무선 수신기, 신호 처리 장치, 항법 컴퓨터, 조작/시현, 안테나와 통합되어 있다.

켰을 때, 수신기는 초기화를 하거나 Warm-up 시간을 가진 다음, 사용자에게 프로그램을 할 준비가 되었다고 알려준다. LORAN 수신기는 모양, 사용자가 프로그램 하는 방법, 항법 정보를 어떻게 시현하느냐에 따라 폭넓게 변한다. 그러므로 어떻게 프로그램을 하고 시현 정보를 어떻게 해석하는지에 익숙해지는 것이 필요하다. LORAN 작동 설명서를 항상 항공기에 비치하고 조종사가 사용할 수 있어야 한다. IFR-인가 LORAN 장치는 탑재된 설명서가 있어야 하고, 조종사는 비행 전에 장치의 기능에 익숙해져야 한다.

### 2.9.2 LORAN의 기능(Function of LORAN)

초기화 이후, 현재 위치 웨이포인트를 선택하고, LORAN이 잘 작동하는지를 확인하기 위해 GO TO를 선택한다. 올바른 작동은 적은 거리 지시(0~0.5마일)에 의해 지시된다. 항법의 가장 간단한 Mode는 GO TO이다. Database 중에서 웨이포인트를 하나 선택하고 GO TO Mode를 선택한다. 비행 중 사용하기 전에, 다른 승인된 정보 자료를 참조하여 선택한 웨이포인트의 경도와 위도가 정확한지를 확인해야 한다. 적절한 운용(예: 항로, 터미널, 계기 접근)을 지원하는 업데이트가 가능한 LORAN 데이터 베이스는 IFR에 사용할 때 요구된다. 방위, 거리, 웨이포인트까지의 시간, 지상 Track과 속도 시현에 추가하여, LORAN 수신기는 비행 계획(Flight Planning, 웨이포인트의 순서대로 저장), 몇 개의 근처 공항의 비상 위치, 수직 항법 능력 등과 같은 기능을 가지고 있을 수 있다.



### 2.9.3 LORAN Errors

#### (1) System Errors

LORAN은 신호의 왜곡이나 간섭을 유발하는 외부 요인에 의해 간섭받기 쉽다. LORAN 수신기 제작자는 간섭을 줄이거나 없애기 위해 'Notch Filters'를 장착한다. 60Hz 교류 송전선에 근접, 정전기 방전, 강수 정전기, 발전기에서 나오는 전기 잡음, 교류 발전기, 섬광, 다른 탑재 전자 장비 등은 LORAN 수신기의 성능이 감소되는 지점의 신호 대 잡음 비율을 감소시킬 수 있다. 안테나의 적절한 장착, 양호한 전기적 접속, 효과적인 정전기 방전 장치는 LORAN 수신기 작동에 최소 요구 사항이다. 대부분의 수신기는 LORAN 전파와 수신기 시계의 시간 정합(Alignment)을 위해 내부 시험을 거치고, 측정하여 신호 대 잡음비를 시험한다. 만약 IFR 운용에 승인된 LORAN 장치가 믿을 만한 항법을 위한 매개 변수를 초과하면 조종사에게 경고 신호가 작동한다. LORAN은 신호가 낮에 바닷물을 건너올 때 가장 정확하고, 밤에 민물이나 얼음이 대부분인 곳이나 육지 위를 통해 신호가 전달될 때 가장 부정확하다. 더욱이, 지상국으로부터 거리가 증가하면 정확도는 감소한다. 그러나, 일반적으로 LORAN 정확도는 VOR 정확도보다 뛰어나다.

#### (2) 작동 오차(Operational Errors)

LORAN 운용에 있어 조종사가 유발하는 오차는 다음과 같다.

- 1) IFR 운용에 인가가 나지 않은 LORAN 수신기를 사용할 경우.  
조종사는 장치의 기능이 잘 설명되어 있는지,

항공기의 POH/AFM LORAN Supplement(이 Supplement는 인가된 IFR 운용을 위해 항공기 내에 있어야 한다)를 확인해야 한다.

- 2) 사용할 웨이포인트의 경도/위도 값을 중복 확인하지 않은 경우.  
웨이포인트 경도/위도 좌표를 공항, NDB, VOR, 교차 자료에서 얻었더라도 다른 승인된 자료와 비교하여 확인해야 한다. 만약 웨이포인트 자료가 사용자 Database에 들어 있다면, 사용하기 전에 정확도를 확인해야 한다.
- 3) 미약한 신호에서 나온 LORAN 정보를 사용하려 시도하는 것을 확인해야 한다.

### 2.10 Global Positioning System(GPS)

위성항법 시스템은 ICAO의 GNSS, 미국 GPS, 러시아 GLONASS, 유럽 GALILEO가 있지만, 본장에서 기술되는 내용은 미국의 GPS 기준으로 작성되었다. GPS는 전 세계 어느 곳에서나 정확한 위치를 결정하는 데 사용되는 위성 무선허행 체계이다. 전 세계 사용자들에게 적어도 5개의 위성이 항상 보이게 하기 위해 25개의 위성 배치가 설계되었다. 최소 4개의 위성이 정확한 3차원 위치를 수립하는 데 필요하다. 수신기는 Mask Angle(수신기가 위성을 사용할 수 있는 지평선 위의 가장 낮은 각도) 위에 있는 위성으로부터의 데이터를 사용한다. 미 국방부가 적절한 운영을 보장하도록 GPS 위성의 배열 및 GPS 위성의 감시 책임을 지고 있다. 각 위성의 궤도 변수(천문력 데이터)가 GPS 신호 내에 숨겨진 데이터 전문의 일부분으로 방송을 위

해 각 위성에 보내진다. GPS 좌표 체계는 세계 측지 체계 1984(World Geodetic System 1984, 이하 'WGS-84'라고 한다) 좌표이다. GPS 위성의 상태는 GPS 위성에 의해 전송된 데이터 전문의 일부분으로 방송된다. 추가적으로 위성 상태는 NOTAM 체계를 통해서도 알 수 있다. GNSS 운영적 상태는 사용되고 있는 장비의 유형에 따라 달라진다.

RAIM은 주어진 비행 단계의 무결성 요구 사항을 충족하는 가용한 위성 신호를 보장함으로써, 자체의 무결성 Monitoring을 수행하는 GPS의 보유 능력이다. RAIM 없이, 조종사는 GPS 위치 무결성을 보장할 수 없다. RAIM은 조종사에게 즉각적인 피드백을 제공한다. 잘못된 위성 송신이 탐지되고 위성 통제 Segment에 의해 수정될 때까지 2시간까지의 Display가 발생할 수 있기 때문에, 이 결점 탐지는 성능 기반 항법(PBN)에서는 매우 중요하다. 위성이 잘못된 정보를 제공하고 있는지, Navigation 성능 요구 기준치에 합당한지를 확인하기 위해 적어도 1개의 위성이 RAIM 기능을 수행하는 수신기의 시계 내에 있어야 한다.

RAIM은 무결성 이상을 탐지하는 데 최소 5개의 위성, 또는 4개의 위성 및 기압 고도 입력(Baro-Aiding)을 요구한다. Baro-Aiding은 5번째 위성 대신에 비위성 입력 소스를 사용함으로써 GPS 무결성 해결을 증가시키는 방법이다. 또한 약간의 GPS들은 'Fault Detection and Exclusion(FDE)'이라 불리는 RAIM 기능을 가지고 있는데, 이는 위치 해결에서 실패한 위성을 배제시킨다. FDE 능력을 가진 GPS 수신기는 6개의 위성, 또는 5개의 위성 및 Baro-Aiding을 요구한다. 이것은 GPS 수신기에서 잘못된 위성 신호를 격리하고 위치 해결에서 제거

하고, 무결성이 보장된 위치를 계속 제공하게 한다. Baro-Aiding이 사용되려면 운용 교범에 명시된 바와 같이 수신기에 현재의 Altimeter Setting을 입력해야 한다. 무결성 Monitoring 기능을 무효로 만들 수 있는 큰 GPS 수직 오차 때문에 GPS에서 나온 고도를 사용하면 안 된다.

일반적으로 2가지 종류의 RAIM Fault 메시지가 있다. 메시지의 첫 번째 종류는 RAIM 무결성 Monitoring을 제공하는 데 가용한 위성이 충분치 않음을 나타낸다. GPS 항법 해결책은 수용할 수 있지만 해결책의 무결성이 결정될 수 없다. 두 번째 종류는 RAIM 무결성 모니터에 잠재적 에러가 있음이 발견되고, 주어진 비행 단계를 위해 항법 해결책에 모순이 있다는 것을 나타낸다. RAIM 능력 없이, 조종사는 GPS 위치의 정확도를 보장받지 못한다. Selective Availability(SA)는 GPS의 정확도를 의도적으로 강등시키는 방법이다. 이 특성은 정확한



[그림 2-25] GPS Space element

위치 계산 데이터를 적국에서 사용하지 못하도록 설계된 것이다. SA는 2000년 5월 1일 중단되었지만 많은 GPS 수신기들이 SA가 여전히 작동되고 있다는 가정하에 설계되었다. 새로운 수신기들은 ICAO 부속서 10 내의 성능 수치에 기준을 둔 SA의 중단 이점을 취할 수 있을 것이며, 그 성능의 바깥에서 작동하도록 설계가 요구되지 않는다. 민간 항공사들은 대양 공역, 특정의 원격 지역, 국가 공역 체계 및 다른 국가들이 인정한 곳에서 인가된 GPS 장비를 사용할 수 있다. 원하는 운영을 위해 GPS가 아닌 다른 장비가 요구될 수 있다. GPS Navigation은 VFR 및 IFR 운영 모두를 위해 사용된다.

### 2.10.1 GPS의 IFR 사용

IFR 상태에서의 GPS 운영을 위해서는 아래의 사항이 요구된다.

- (1) RAIM 기능 상실의 발생이 예상되거나 발생했을 경우, 사용을 위한 절차가 수립되어야 한다. RAIM 기능 불가용이 예상되는 상황에서 비행은 인가된 다른 항법 장비에 의존해야 하거나, RAIM이 가용한 곳으로 경로 재설정을 하거나, 비행을 지연 출발시키거나 또는 취소시켜야 한다.
- (2) GPS의 운영은 FAA가 승인한 항공기 비행 교범(AFM) 또는 보조 비행 교범에 따라 이루어져야 한다. 비행 승무원은 항공기에 장착된 GPS 장비, 수신기 작동 교범 및 AFM 또는 보조 비행 교범에 대해 전반적으로 잘 알고 있어야 한다. GPS 장비의 작동, 수신기의 작동 및 기능 등 매우 다양하다. 이러한 차이 때

문에 IFR 하에서 다른 상표의 작동, 또는 동일 상표의 다른 모델조차도 특정 수신기의 작동 및 장착에 대한 완전한 지식 없이 시도되어서는 안 된다. 대부분의 수신기들은 항공기에서 작동을 시도하기 전에 조종사가 작동에 대해 잘 알도록 맞추어진 Simulator Mode를 가지고 있다.

- (3) IFR이 인가된 GPS에 의해 항행하는 항공기는 PBN 항공기로 간주되고 특별 장비 접미사를 가지고 있다. 만약 GPS 장비가 작동하지 않으면, 조종사는 ATC에 알리고 장비 접미사를 수정해야 한다.
- (4) GPS IFR 비행 전에 조종사는 해당 NOTAM과 비행 정보를 확인해야 한다.

GPS 운영을 위한 데이터베이스 요구 사항은 다음과 같다.

- (1) 탑재 항법 데이터는 계획된 운영 지역을 위해 최신의 것으로 적절해야 하고 출발, 도착 대체 공항을 위해 Navigation Aids, 웨이포인트 및 해당되는 코드화된 터미널 공역 절차를 포함해야 한다.
- (2) 비행해야 할 모든 접근 절차들은 장비 제작자가 제공한 최신의 탑재 항법 데이터베이스, 또는 다른 FAA가 인가한 Source에서 끌어낼 수 있어야 한다. 이 시스템은 수동으로 입력한 일련의 웨이포인트가 아닌, 항공기 항법 데이터베이스로부터 명칭에 의해 절차를 끌어낼 수 있어야 한다. 위도/경도 또는 Place/Bearing을 사용한 웨이포인트의 수동 입력은 접근 절차를 위해 허용되지 않는다.

(3) 탑재 항법 데이터베이스로부터 끌어낸 절차, 또는 웨이포인트를 사용하기 전에 조종사는 데이터베이스의 유효 일자를 확인해야 한다. 이 확인은 아래의 비행 전, 및 비행 중 단계를 포함해야 한다.

비행 전:

- 1) 데이터베이스 발부 일자를 확인하고 계획된 사용의 일자/시간이 만료 일자/시간 전인가를 확인해라.
- 2) 데이터베이스 제공자가 특정의 웨이포인트 또는 절차의 사용을 제한하는 통지를 발간했는지를 확인해라.

비행 중:

- 1) 웨이포인트 및 Transition 명칭들이 Procedure Chart에서 나오는 명칭들과 일치하는지를 확인해라. 발간된 Procedure Charts에서 보여 주는 절차가 일치하지 않는 웨이포인트는 사용하지 마라.
- 2) 웨이포인트가 위치 및 정확한 순서에서 논리적인지, 그리고 서로에 대한 그들의 성향이 Procedure Chart에서 보여 주는 것과 횡적, 종적으로 모두 같은지를 확인해라. 각 웨이포인트 위도 경도, 웨이포인트의 종류 및 고도 제한, 오로지 절차에서의 일반적 관계, 또는 각각의 웨이포인트 위치의 논리를 점검하라는 특별 요구 사항은 없다.

앞에서 명시한 절차 논리 또는 각각의 웨이포인트들의 위치에 대한 피상적 점검이 잠재적 오류를 나타낸다면 위도 및 경도, 웨이포인트 종류 및 고도 제한의 검증이 발간된 데이터와 완전하게 일치할 때까지, 끌어낸 절

차 또는 웨이포인트를 사용하지 마라.

(4) 항공사 및 상업 사업자들은 그들의 승인된 운영 사양 및 해당 규정을 준수해야 한다.

사업용 또는 대여용으로 국내 항공을 운영하는 동안, 항공사들은 복귀 또는 비상 운영의 능력을 가진 제2의 항법 시스템을 가지고 있어야 한다. 항공사들은 비행할 항로에 적절한 2개의 독립적인 항법 시스템을 가지고 있거나, 또는 한 개는 적합하고 다른 한 개는 항공사에서 다른 비행장으로 안전하게 비행하고 착륙하게 하는 독립적인 백업 능력을 가지고 있어야 하고 항공기는 충분한 연료를 가지고 있어야 한다.

이 규칙들은 단일 고장을 방지함으로써 운영의 안전을 보장한다. 멀티 센서 항법을 위해 인가되고 단일 항법 시스템을 장착한 항공기는 FMS를 포함하여 항법 시스템의 어느 한 개의 부품이 고장 날 경우, 안전하게 항행하거나 비행할 수 있는 능력을 갖추어야 한다. FMS-독립적 VOR 능력을 갖추면 이런 요구 사항을 충족한다.

두 번째 시스템을 위한 요구 사항은 무선허법 수신기와 같은 시스템의 개별적인 품목이 아닌 항법 능력을 수행하는 데 필요한 장비의 전체 세트에 적용한다. 예를 들면, 요구 사항을 준수하려고 2개의 RNAV 시스템(즉, GPS 및 DME/DME/IRU)을 사용하려면 항공기는 2개의 독립된 무선허법 수신기와 2개의 독립된 항법 컴퓨터(즉, FMS)를 장착해야 한다. 또한, VOR 기능이 장착되고 운영 가능한 Single RNAV 시스템을 사용하여 요구 사항을 준수하려면 VOR 기능은 FMS에서 독립되어야 한다.



2개의 독립된 항법 시스템을 위한 요구 사항을 만족하려면, 주 항법 시스템이 GPS 기반이면 두 번째 시스템은 GPS에서 독립되어야 한다(예를 들면, VOR 또는 DME/DME/IRU). 이것은 GPS 또는 WAAS 서비스의 고장인 경우, 항법을 계속하게 해 준다. GPS 간섭과 GPS 서비스 상실의 결과인 Test Event가 더 일반화되는 것을 인식하여 FAA는 항공사에 IFR 운영이 항로와 터미널 운영을 위해 DME/DME, IRU 또는 VOR, 그리고 Final Approach를 위해 VOR 및 ILS 중 하나로 구성되는 non-GPS 항법 능력을 유지하도록 요구한다. 이 시스템이 되돌아가는 기능으로 사용할 수 있기 때문에 단일 장비가 충분하다.

## 2.10.2 Departures & Instrument Departure Procedures(DPs)

GPS 수신기는 발간된 IFR 항공지도화 된 출발 절차를 비행하기 위해서 데이터베이스 내에 포함된 터미널( $\pm 1$ 마일) CDI sensitivity 및 항법 경로로 설정되어야 한다. 터미널 RAIM은 수신기에 의해 자동적으로 제공되어야 한다.(첫 번째 목적지로 직접 진행하기보다 웨이포인트들이 실제 비행 계획의 부분이 지 않는 한, 출항을 위한 Terminal RAIM은 가용하지 않을 수도 있다.)

한 DP의 특정 구간은 조종사에 의한 수동 간섭을 요구할 수도 있다. 특히 한 경로로 레이더 벡터(Radar Vector)될 때, 또는 웨이포인트로의 특정 경로로 진입하는 것이 요구될 때, 데이터베이스는 모든 활주로로부터의 전이 또는 출항의 모든 것을 포함하지 않을 수 있고, 어떤 GPS 수신기는 데

이터베이스 내에 DPs를 포함하지 않는다. 헬기 출항 절차와 실패 접근 절차는 Fixed Wing Obstacle Clearance Surface(OCS)의 2배인 20:1 OCS를 사용하고, 선회 지역도 이 속도에 기준을 두기 때문에 헬기 절차는 70Knot 또는 이하로 비행되어야 하는 것이 필요하다.

## 2.10.3 GPS Instrument Approach Procedures

GPS Overlay Approaches는 조종사에게 GPS 항공전자 장비를 이용해서 비행하도록 인가된 비정밀접근 절차로 지정되어 있다. Localizer(LOC), Localizer type directional aid(LDA), 및 simplified directional facility(SDF) procedures는 인가되어 있지 않다. Overlay procedures는 제목 ‘절차의 명칭’ 및 ‘or GPS’(즉 VOR/DME or GPS RWY 15)에 의해 식별된다. 인가된 절차는 현재 탑재된 항법 데이터베이스에서 끌어내야 한다. 항법 데이터베이스는 전통의 NAVAID Approach 상에 정보를 포함하는 지도를 시현시킴으로써 위치 방향성을 증가시킬 수 있다. 이 접근(Approach) 정보는 GPS Overlay Approach와 혼동되지 않아야 한다. GPS 시스템을 위해 특별히 설계된 Stand-alone approach procedures는 원래의 Overlay Approaches의 대부분을 대체했다. 제목에 ‘GPS’를 포함하는 모든 Approaches(즉, ‘VOR or GPS RWY 24’, ‘GPS RWY 24’, 또는 ‘RNAV(GPS) RWY 24’)는 GPS를 사용하여 비행할 수 있다. GPS를 장착한 항공기는 기본 지상 기반 NAVAID 또는 Approach를 비행하는데, 관련된 항공기 항전 장비를 필요로 하지 않는다. 가능할 때 지상 기반 NAVAID와 함

계하는 기본 Approach를 모니터링 하는 것이 추천된다. 기존의 Overlay Approaches는 GPS 제목을 사용하여 요청할 수 있다. 예를 들면 VOR or GPS RWY24는 'GPS RWY 24'로 요청될 수 있다. 어떤 GPS 절차들은 기본 RNAV Approach와 함께하는 Terminal Arrival Area(TAA)를 가진다. 비행 계획 목적을 위해 항법 시스템에 고장 검출 및 배제(FDE) 기능을 장착한 사용자들(GPS 사용자들), 그리고 RNAV(GPS) Approach를 비행해야 할 공항에서 Approach 무결성을 위해 비행 전 RAIM 예측을 수행하고 GPS 기반 IAP를 비행하도록 적절한 지식을 가지고 있거나 어떤 요구된 훈련과 승인된 자격의 사용자는 목적지 또는 대체 공항 중앙 위치에서가 아닌, 한 공항에서 GPS 기반 IAP에 근거를 두어 기입해야 한다. 대체 공항에서 조종사들은 다음 사항을 위한 계획을 세워야 한다.

- (1) LNAV 또는 Circling Minimum Descent Altitude(MDA)
- (2) 인가된 Barometric Vertical Navigation (Baro-VNAV) 장비를 장착하고 사용한다면, LNAV/vertical navigation(LNAV/VNAV) DA
- (3) 그들이 인가된 Baro-VNAV 장비를 사용하는 특별히 승인된 사용자이고, 조종사가 인가된 예측 프로그램을 통해 Required Navigation Performance(RNP) 유효성을 확인했다면, RNAV(RNP) IAP 상에서 RNP 0.3 DA.

앞의 조건을 충족할 수 없다면 모든 요구된 대체 공항은 도착 예정 시간에 작동되고 가용하다는 것이 예상되고, 항공기가 비행하도록 장비를 갖추고 있는

GPS 근간이 아닌 다른 인가된 계기접근 절차를 가지고 있어야 한다.

#### GPS 수행을 위한 절차

(1) RNAV(GPS) 절차는 Terminal Arrival Area(TAA)와 관련되어 있어야 한다. RNAV 절차의 기본 설계는 'T' 형 계기절차설계디자인(design) 또는 'T'의 변형이다.

(2) RNAV(GPS) 절차를 위해 ATC로부터 인가를 받은 조종사는 Initial Approach Waypoint(IAWP) 또는 Feeder Fix로부터 Full Approach를 비행해야 한다. 중간 Fix에서 임의로 Approach에 합류하는 것은 Terrain Clearance를 보장하지 못한다.

(3) Approach가 항법 시스템에 입력되어 있을 때, GPS 수신기는 Airport/Heliport Reference Point로부터 30마일 직선거리에서 'arm' 되었다는 음성신호를 제공한다. Arm 되지 않았다면 조종사는 이때 Approach Mode를 Arm 시켜야 한다(어떤 수신기들은 자동으로 Arm 된다). Arming이 안 된 상태에서 수신기들은 En Route CDI 및 Centerline 양측 ±5마일의 RAIM Sensitivity에서 ±1 마일 Terminal Sensitivity로 변경되지 않을 것이다. IAWP가 이 30마일 Point 이내에 있는 곳에서 CDI Sensitivity의 변경은 Approach Mode가 Arm 되고 항공기가 30마일 이내에 있을 때 일어날 것이다. IAWP가 Airport/Heliport Reference Point로부터 30마일 밖



에 있는 곳에서 Approach가 Arm 되었다면, CDI Sensitivity는 항공기가 Airport/Heliport Reference Point로부터 30마일 이내에 들어올 때까지 변경되지 않을 것이다. Feeder route obstacle clearance는 수신기가 Airport/Heliport Reference Point로부터 30마일 이내의 터미널( $\pm 1$ 마일) CDI Sensitivity 및 RAIM에 있는 것에 근거를 둔다. 그러므로 수신기는 30마일 Annunciation보다 늦지 않게 항상 arm 되어야 한다.

- (4) 조종사는 특정 수신기가 선회 예상을 계산하기 위해 Bank Angle/Turn Rate를 사용하는 것과, 그리고 바람과 속도가 수신기 계산에 포함된다는 것을 알고 있어야 한다. 이 정보는 수신기 작동 교범 내에 있어야 한다. 마지막 접근 경로(Final Approach Course)상으로의 선회로 Over 또는 Under Banking은 On Course 상에 들어가는 데 상당한 지연을 만들 수 있고, 다음 구간 고도에 도달하는 데 높은 강하율을 초래할 수도 있다.
- (5) Approach Mode Arm 된 상태에서 Final Approach Waypoint(FAWP)의 2마일 이내에 있을 때, RAIM 및 CDI가 Approach Sensitivity로의 변경되는 Approach Mode가 Active로 전환될 것이다. FAWP 2마일 전부터 시작하여 Full Scale CDI Sensitivity는 FAWP에서  $\pm 1$ 마일~ $\pm 0.3$ 마일로 서서히 변경될 것이다. CDI가 중앙에 있지 않은 상태에서 FAWP에 접근하면서 Sensitivity가  $\pm 1$ 마

일~ $\pm 0.3$ 마일로 변경될 때, CDI 변위의 증가는 비록 그것이 수용할 만한 진입 Heading에 있다 하더라도 항공기가 계획된 경로로부터 더 멀리 이동하고 있다는 인상을 줄 수 있다. 따라서 Approach Mode 사용 가능시, 조종사는 디지털 변위 정보(Cross Track Error)를 참조하여 위치 정보를 지원받을 수 있다. 2마일에서 감도 변화 시작 전에 Final Approach Course에 진입하는 것은 Ramp Down 동안 CDI Display를 해석하는 데 있어 문제를 방지하게 해 줄 것이다. 그러므로 FAWP의 2마일 이내에서 항공기에 마지막 접근 경로(Final Approach Course)에 진입케 하는 벡터를 요청하거나 수용하는 것은 추천되지 않는다.

- (6) Final로의 벡터를 수신할 때, 대부분의 수신기 작동 교범은 수신기를 FAWP 상의 Non-sequencing Mode 내에 위치시키고 수동으로 Course를 setting하는 것을 추천한다. 이것은 항공기가 활주로와 정렬된 기존의 모든 Segment의 외부 Final Approach Course로 벡터 되는 곳인 경우, 연장된 Final Approach Course를 제공한다. 지정된 고도들이 발간된 Approach의 Segment 상에 진입할 때까지 유지되어야 한다. FAWP 또는 Step down Fix들 바깥의 웨이포인트들에 요구되는 고도들이 고려되어야 한다. FAWP까지의 거리 계산은 적절한 위치에서 강하하기 위하여 요구된다.
- (7) 접근하는 동안 자동으로 선택된 Sensitivity를 Override 하는 것은 적절한 Mode

Annunciation을 취소시킬 것이다. Approach Mode가 FAWP 2NM 전에서 Arm 되지 않았다면 Approach Mode는 FAWP 2마일 전에서 Active되지 않고, 장비는 Flag 상태를 보일 것이다. 이러한 조건들에서 RAIM 및 CDI Sensitivity는 Ramp Down되지 않을 것이며, 조종사는 MDA로 강하해서는 안 되고, MAWP로 비행하여 실패 접근(Missed Approach)을 수행해야 한다. Approach Active Annunciation 및/또는 수신기는 Approach Mode가 FAWP 이전에 Active 되도록 Check해야한다.

(8) 탑재 데이터베이스 내의 절차가 현재의 것이고 Approach Chart 상에 'GPS'로 식별되지 않는 한, Approach로 비행을 시도하지 말아야 한다. 항법 데이터베이스는 재래의 NAVIAD를 사용하여 이 절차들을 비행하는 동안 지도를 제공함으로써 위치 지행성을 증가시키는 non-Overlay Approach Procedures에 대한 정보를 포함해야 한다. 이 Approach 정보를 GPS overlay approach와 혼동해서는 안 된다. Approach 상에서 지점으로부터 지점으로의 비행은 발간된 접근 절차를 준수하는 것을 보장하지 못한다. 적절한 RAIM Sensitivity는 사용 가능하지 않을 것이며, CDI Sensitivity는  $\pm 0.3$ 마일로 자동으로 바뀌지 않을 것이다. 수동으로 CDI Sensitivity를 setting하면 일부 수신기들은 RAIM Sensitivity가 자동으로 변경되지 않는다. 일부 기존의 비정밀접근들은 GPS와 함께 사용하도록 코딩할 수 없으며 Overlay로 사용할 수 없을 것이다.

(9) 조종사들은 체공 대기 절차를 실행시키기 위한 그들의 GPS 수신기들의 정확한 작동에, 그리고 Overlay Approach의 경우에는 절차 선회와 같은 운영에 특별한 주의를 기울여야 한다. 이 절차들은 수신기에 의한 웨이포인트의 순서를 중지시키고, 기동이 완료되면 자동 GPS 항법 순서로 되돌리도록 조종사 수동 개입이 요구될 수 있다. 동일 웨이포인트가 비행경로상에 연속으로 한 번 이상 나타날 수 있다(예를 들면, Procedure Turn 상의 IAWP, FAWP, MAHWP). 특히 1개 이상의 Fly-over가 생략된다면 수신기가 비행해야 할 절차의 segment를 위한 적절한 웨이포인트로 순서 매김이 보장되도록 주의를 기울여야 한다.(예를 들면, 절차 선회를 비행하지 않는다면 IAWP보다는 FAWP). 웨이포인트들 순서 매김을 할 때, 적절한 지점에서 GPS 자동 순서 매김을 시작하기 위하여 조종사는 동일 웨이포인트의 지나간 한 개 이상의 Fly-over의 순서 매김을 해야 할 것이다.

(10) GPS에 부정확한 입력은 접근하는 동안은 매우 위험하다. 어떤 경우, 부정확한 입력은 수신기로 하여금 Approach Mode를 떠나게 한다.

(11) DME 픽스로 식별된 Overlay Approach 상의 한 픽스는 그 픽스에 지정된 발간된 명칭이 있지 않는 한, GPS 수신기 상에서 웨이포인트 순서 내에 있지 않을 것이다. 명칭이 지정되었을 때 웨이포인트까지의 Along Track Distance(ATD)는 Approach Chart에 언급

된 DME보다는 오히려 Zero가 될 것이다. 조종사는 원래의 접근(Approach)이 DME를 사용하는 모든 Overlay 절차(Procedure)상에서 이것을 경계해야 한다.

- (12) Visual Descent Point(VDP)가 발간되었다면, 그것은 웨이포인트들의 순서 내에 포함되지 않을 것이다. 조종사들은 ATD와 같은 Visual Descent의 시작을 위해 정상적인 조종 기술을 사용할 것이다.
- (13) Final Approach Segment 내의 명칭이 없는 Stepdown Fix들은 항공기의 항법 데이터베이스의 웨이포인트 순서 내에 코드화될 수 있고, 또는 안 될 수도 있지만, ATD를 사용하여 식별해야 한다. RNAV(GPS) Approaches들의 Final Approach Segment 내에 있는 Stepdown Fix들은 명칭이 있고, ATD에 의해 식별된다. 그러나 GPS 항전 장비는 FAF와 MAP 사이의 웨이포인트들을 수용하거나, 또는 수용하지 않을 수 있다. 조종사들은 그들의 GPS 장비의 기능을 알아야 하고, 필요시 ATD를 사용하여 계속 Stepdown Fix들을 식별해야 한다.

#### 2.10.4 Missed Approach

GPS 실패 접근(missed approach)은 MAWP를 지난 후 절차의 Missed Approach 부분까지 수신기의 순서 매김을 해야 하는 조종사 조치를 요구한다. 조종사는 항공기에 장착된 특정 GPS 수신기에 대

해 사용하고 있는 절차들을 완전하게 알아야 하고, MAWP 이후 적절한 조치를 시작해야 한다. MAWP 이전에 Missed Approach를 실시하는 것은 CDI Sensitivity를 즉시 Terminal( $\pm 1$ 마일) Sensitivity로 변경시키고 수신기는 MAWP로 계속 항행하게 할 것이다. 수신기는 MAWP를 지나면 순서 매김을 하지 않을 것이다. MAWP 이전에 선회를 시작해서는 안 된다. Missed Approach가 실행되었다면 GPS 수신기는 Inbound Final Approach Course의 연장을 시현할 것이며, ATD는 MAWP부터 MAWP를 지난 후 그것이 수동으로 순서 매김이 될 때까지 증가될 것이다. 첫 번째 항적(Track)이 다음의 웨이포인트로 Direct 하기보다, 한 경로를 통하게 하는 Missed Approach Routing은 조종사에게 경로를 설정하게 하는 추가적인 조치를 요구한다. 요구되는 입력들 모두를 아는 것이 이 비행 단계 동안 특히 중요하다.

#### 2.10.5 GPS NOTAMs/비행 정보

GPS 위성 고장은 국내 및 국제 모두 GPS NOTAM으로 발부된다. 그러나 조종사가 NOTAM 정보를 근간으로 서비스 고장이 예견된 위성을 배제시키는 RAIM Availability Prediction Program을 가지고 있지 않는 한, 조종사가 계획된 운영에서의 고장 영향은 판별할 수 없다. 'UNRELIABLE 및 MAY NOT BE AVAILABLE'이라는 용어는 GPS와 함께 사용된다. UNRELIABLE 및 MAY NOT BE AVAILABLE 모두 조종사에게 서비스 예상 Level이 가용하지 않을 수 있다는 것을 나타내는 것이다. UNRELIABLE은 GPS 신호 무결성에 문제가 있

다는 것을 의미하지 않는다. LNAV 또는 LNAV/VNAV service가 가용하다면 조종사는 Approach를 비행하는 데 시현된 서비스 level을 사용할 수 있다. GPS 운영은 Test 또는 이상으로 인해 UNRELIABLE 또는 MAY NOT BE AVAILABLE이 NOTAM화 될 수 있다. GPS testing NOTAMS이 발간되고 Testing이 실제로 일어났을 때, ATC는 GPS가 가용하지 않을 수 있는 GPS or RNAV(GPS) Approach를 요청하거나, 인가한 조종사에게 조언할 것이며, 의도를 물을 것이다. 만약 조종사가 GPS 이상을 보고했다면, ATC는 조종사의 의도를 물을 것이며, 또는 가용하고 운영 중인 다른 Approach를 조종사에게 인가할 것이다.

민간 조종사는 제작자가 공급한 RAIM Prediction Tool을 사용하여, 또는 FAA En Route 및 Terminal RAIM Prediction Website에 있는 Service Availability Prediction Tool(SAPT)을 사용하여 비정밀접근 절차에 대한 GPS RAIM 가용성 정보를 얻을 수 있다. 조종사는 비행 전 브리핑 시, Flight Service Station에 GPS RAIM 항공 정보를 요청할 수 있다. GPS RAIM 정보는 3시간 주기로 얻을 수 있고(예를 들면, 1215에 도착하는 스케줄이라면 GPS RAIM 정보는 1100부터 1400까지 사용 가능하다), 또는 특정의 공항에서는 24시간 Time frame을 얻을 수 있다. 특정 Time frame을 조종사가 요청하지 않는 한, FAA 브리퍼는 ETA 시간 1시간 전부터 1시간 후 기간을 위한 RAIM 정보를 제공할 것이다.

발간된 GPS departure를 비행한다면, RAIM Prediction은 출항 공항을 위해 또한 요청되어야 한다. 군은 군 공항에서 비정밀접근 절차를 위해 공항 특정의 GPS RAIM NOTAM을 제공한다. RAIM 고

장은 M 시리즈 NOTAM으로 발부되고, 요청 시간부터 24시간 동안 얻을 수 있다. 수신기 제작자들 및 데이터베이스 공급자들은 데이터베이스 에러에 관한 'NOTAM' 형태의 정보를 제공해야 한다. 그들의 전자적 데이터베이스에 관한 가장 최신의 정보를 가지는 것을 보장하기 위하여 조종사들은 사용 가능할 때 이러한 소스들을 Check 해야 한다.

### 2.10.6 Receiver Autonomous Integrity Monitoring(RAIM)

RAIM 고장은 불충분한 수의 위성, 또는 위치 해결(Position Solution)에서 너무 크게 오차를 만드는 부적절한 위성 공간의 기하학 때문에 발생할 것이다. 위성 수신 손실 및 RAIM 경고는 항공기 동역학 때문에 발생할 수 있다(Pitch 및 Bank Angle에서의 변화). 항공기에 있는 안테나 위치, 수평선에 대한 위성 위치, 그리고 항공기의 자세가 한 개 이상의 위성들 수신에 영향을 줄 것이다. 위성의 상대적 위치들이 계속 바뀌기 때문에 공항에 대한 사전 경험이 항상 수신을 보장하지 못하고, RAIM 가용성이 항상 체크되어야 한다. RAIM 가용성이 없다면 다른 종류의 항법과 접근(Approach) 시스템을 사용하고 또 다른 경로 또는 목적지를 선택하거나, 또는 RAIM이 Arrival에 사용 가능하다고 예상될 때까지 비행을 연기해야 한다. 긴 비행에서 조종사들은 비행 동안 목적지를 위한 RAIM Prediction을 다시 체크하는 것을 고려해야 한다. 이것은 이륙 후 예상치 않은 위성의 고장이 발생했다는 사전 표시를 제공한다. RAIM Failure/Status Annunciation이 FAWP 이전에 발생했다면, Approach는 GPS가 더 이상 요

구된 무결성을 제공하지 않기 때문에 Approach가 완료되어서는 안 된다. 수신기가 Approach Mode에 진입하기 위한 조건으로서 RAIM의 가용성을 보장하려고 FAWP 2마일 전에 RAIM Prediction을 수행한다. 조종사는 수신기가 FAWP 전에(보통 2마일 전에 발생한다) Armed로부터 Approach로 순서가 바뀌도록 해야 한다. 순서 바뀔의 실패는 위성의 탐지, 수신기의 Arm기능 상실 또는 Approach 비행을 배제하는 다른 문제들의 표시가 될 수 있다. 수신기가 Approach Mode로 바뀌지 않거나, 또는 RAIM Failure/Status Annunciation이 FAWP 이전에 발생했다면 조종사는 Approach 또는 강하를 시작해서는 안 되고, 대신에 FAWP를 통해 MAWP로 진행하여 실패 접근(Missed Approach)을 수행하고 가능한 한 빨리 ATC에 Contact 해야 한다. GPS 수신기는 RAIM Failure/ Status Annunciation이 나타난 후에도 작동을 계속할 것이며, 항법 정보는 단지 Advisory로만 고려되어야 한다. FAF 이전 RAIM Failure에 관련된 특성의 표시 및 지시들을 위해 수신기 작동 교범을 참조하라. RAIM Failure/Status Annunciation이 FAWP 이후에 나타났다면 조종사는 상승을 시작하여 Missed Approach를 시작해야 한다. GPS 수신기는 RAIM Failure/ Status Annunciation이 나타난 후에도 작동을 계속할 것이며, 항법 정보는 단지 Advisory로만 고려되어야 한다.

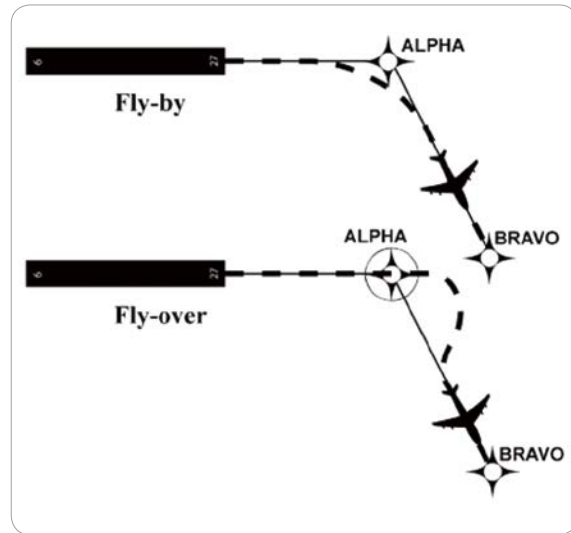
### 2.10.7 웨이포인트(Waypoint)

GPS 수신기들은 한 지정된 지점으로부터 항공기 탑재 항법 데이터베이스에서 끌어낸 또 다른 지

점으로 향한다. 이 지점들이 웨이포인트(5글자 발음 가능한 명칭), 기존의 VHF 교차점들, 5글자로 발음할 수 있는 명칭을 가진 DME 픽스 및 3글자의 NAVAID ID들이다. 각 웨이포인트는 경도/위도 지리적 좌표로 정의되는 지리적 위치들이다. 이 5글자 웨이포인트들, VHF 교차점, 5글자 발음 가능한 DME 픽스 및 3글자 NAVAID ID들은 다양한 FAA 항공 항법 발간물(IFR Enroute Charts, VFR Charts, Terminal Procedures Publications 등)에 발간되어 있다. 컴퓨터 네비게이션 픽스(Computer Navigation Fix, 이하 'CNF'이라 한다) 또한 위도/경도 좌표로 정의된 점이며, 성능 기반 항행(Performance-Based Navigation, 이하 'PBN'이라 한다) 운영을 지원하는 데 요구된다. GPS 수신기는 점에서 점으로 향하도록 웨이포인트들과 함께 CNF를 사용한다. 그러나 CNF는 ATC에서 인정하지 않는다. ATC는 그들의 데이터베이스 내에 CNF를 유지하지 않으며, 그들은 어떠한 ATC 목적으로도 CNF를 사용하지 않는다. FAA 항공 항법 발간물에 항공지도화 될 수도 있고 또는 되지 않을 수도 있는 CNF는 항공지도 범례에 목록화되지만 단지 조언 목적이다. 조종사들은 지점 대 지점 항법(Direct으로 진행), Flight Plan에 기입, 또는 항공기와 ATC 간의 통신을 위해 CNF를 사용하는 것이 아니다. 항공지도에 나타내는 CNF는 조종사에게 항공지도상의 지점들과 함께 항공기 데이터베이스 비행경로 내에서 지점들을 식별하게 함으로써 상황 인지를 증가시켜 준다. CNF는 임의의 5글자 식별 부호들이고, 웨이포인트와 같이 발음할 수 있는 것이 아니고 괄호 내에 위치한다. 결국 모든 CNF는 'CF'로 시작해서 3개의 자음(예를 들면, CFWBG)이 뒤



따른다. 이 5글자 식별 부호는 항로 항공지도상에서 'X' 옆에서 찾을 수 있으며, 접근 항공지도상에서도 가능하다. 터미널 절차 발간물 내의 계기접근 절차상에서 CNF는 DME Arc의 시작과 끝 지점인 명칭이 없는 DME Fix 및 Sensor(지상 근간 신호, 즉 VOR, NDB, ILS) GPS Overlay Approach 상의 Final Approach Fix들을 묘사할 수 있다. 이러한 CNF는 GPS에 Overlay Approach에 지상 근간 센서 Approach를 반영하게 해 주는 절차상의 지점들을 제공한다. 이러한 지점들은 항법을 위해 오직 GPS 시스템에 의해 사용되어야만 하고, Approach 상에서 어떤 다른 목적을 위해 사용되어서는 안 된다. CNF 개념은 ICAO에 의해 채택되지 않았으면 인정되지도 않았다. GPS Approach들은 Approach 상에서 Route Segment에 합류하려고 Fly-over 및 Fly-by 웨이포인트들을 사용한다. Fly-by 웨이포인트는 다음 웨이포인트로의 경로에 Roll out 되도록 하기 위해 항공기에게 현재의 웨이포인트 전에 선회하게 하여 2개의 Segment를 연결한다. 이것을 '선회 예상'이라 하며, 공역 및 지형 회피에 대해 보상된다. MAWP 및 Missed Approach Holding Waypoint(MAHWP)는 일반적으로 Fly-by가 아닌 Approach 상의 2개의 웨이포인트이다. Fly-over 웨이포인트들은 항공기가 새로운 경로로 선회를 시작하기 전에 웨이포인트 상공을 비행해야 할 때 사용된다. Fly-over 웨이포인트의 심볼은 원이 둘러진 웨이포인트이다. 약간의 웨이포인트들은 이중으로 사용할 수 있다(예를 들면, NoPT 경로를 위해 IP로 사용되었을 때 Fly-by 웨이포인트로, 그리고 동일 웨이포인트가 PT 대신에 IAF/IF로 사용되었을 때 Fly-over 웨이포인트로). 이것이 발생했을



[그림 2-26] Fly-by and Fly-over Waypoint

때, 덜 제한적인(Fly-by) 심볼이 차트화될 것이다. Overlay Approach Charts 및 몇몇 초기 Stand-alone GPS Approach Charts는 이 규칙을 반영하지 않을 수 있다. 각 공항을 위한 명칭 없는 웨이포인트들은 데이터베이스 내에서 유일하게 식별될 것이다. 식별 부호가 다른 공항에서 사용될 수도 있다 하더라도(예를 들면 RW36는 Runway 36를 가진 각 공항에서의 식별 부호가 될 수 있다), 각 공항에서 실제의 지점은 명확한 위도/경도 좌표에 의해 정의된다. Runway Threshold 웨이포인트는 일반적으로 MAWP는 5개 글자(예를 들면, SNEEZ)의 식별 부호를 가질 수 있거나, 또는 RW##로 코드화될 수 있다(예를 들면, RW36, RW36L). Threshold에 위치하지 않은 MAWP는 5개 글자의 식별 부호를 가지는 반면, Runway Threshold에 위치한 MAWP는 RW## 식별 부호로 변경될 수 있다. 이것은 모든 변경이 완료될 때까지 Approach Chart가 항공기 데이터베이스와 다르게 만들어질 수 있다. 또한



Runway Threshold 웨이포인트는 대부분의 GPS Approach에서 Minimum Safe Altitude(MSA)의 중앙으로 사용된다.

## 2.10.8 Position Orientation

GPS를 사용할 때 조종사들은 Position Orientation에 특별한 주의를 기울여야 한다. 거리 및 항적(Track) 정보는 Fixed Navigation Aid가 아닌, 다음의 실제 웨이포인트로 제공된다. 조종사가 기상을 위해 벡터를 받거나 이탈한 것과 같은 경우, 실제의 항로를 비행하지 않을 때 항로의 다른 웨이포인트에 근접하기 때문에 수신기들은 순서 매김을 해야 한다. 이것은 수신기를 Non-sequencing Mode에 놓아 방지될 수 있다. 수신기가 Non-sequencing Mode에 있을 때는 Bearing 및 거리가 선택된 웨이포인트로까지 제공되고 수신기를 Auto Sequence Mode로 원위치 시키거나, 또는 조종사가 다른 웨이포인트를 선택할 때까지 항로의 다음 웨이포인트로 순서 매김이 되지 않을 것이다. 수신기가 VOR 또는 ILS Ground Station까지의 DME가 아닌, 다음 웨이포인트까지의 ATD를 보여 주기 때문에 Stepdown Fixes 또는 Overlay Approach 상의 다른 지점들까지의 ATD를 계산해야 할 것이다.

PBN 시스템에서 Magnetic Variation의 영향

- (1) PBN 시스템과 지상 근간 NAVAID 계기비행 절차(IFP), 항로 항공지도, 접근 항공지도, 및 SID/STAR 항공지도상에 지도화된 Magnetic Course들 사이에는 차이가 존재한다. 이 차이들은 Magnetic Course를 계산하는 데 사용된

Magnetic Variance 때문이다. 한 계기 절차의 모든 Leg는 True North를 기준으로 한, 원하는 지상 Track을 따라 처음 계산된다. 그러므로 발간을 위한 Magnetic Course를 계산하기 위해 Magnetic Variation 수정이 True Course에 적용된다. 절차의 종류는 어떤 Magnetic Variation 값을 True Course에 더하는지를 결정할 것이다. 지상 근간 NAVAID IFP는 항공 지도화 된 Magnetic Course를 얻으려고 True Course에 기록된 Facility Magnetic Variation을 적용한다. PBN 절차에서의 Magnetic Course는 2 개의 다른 방법으로 계산된다. SID/STAR 절차들은 기록된 공항 Magnetic Variation을 사용하고, IFR Route Chart는 Magnetic Reference Bearing을 사용한다. PBN 시스템은 항공기 위치에 기초한 알고리즘과 함께 계산된 Magnetic Variation을 더해 주거나, 또는 항법 데이터베이스 내에 코드화된 Magnetic Variation을 더해 줌으로써 진북에 대해 수정을 한다. 이것은 PBN 시스템과 다른 Magnetic Variation을 사용하는 절차 설계자에게서 PBN 시스템에 의해 시현된 Magnetic Course와, IFP 상에 차트화된 Magnetic Course가 달라지게 하는 현상을 발생시킬 수 있다. 그러나 PBN 시스템(VOR/DME RNAV 장비 제외)이 진북을 참조하여 항행하고 조종사 참조용으로만 Magnetic Course를 시현한다는 것을 이해하는 것이 중요하다. 예컨대, 현재의 정확한 항법 데이터베이스를 포함하여 적절히 작동하는 PBN 시스템은 Magnetic Variation 적용에 기인될 수 있는 이미 시현된 Magnetic

Course 내의 차이에도 불구하고 모든 입력된 계기 절차를 위해 정확한 Ground Track을 비행해야 한다. Approach Chart와 항법 데이터 베이스의 PBN 시스템 항전 장비의 적용 사이에 심각한 차이가 발생한다면, NOTAM에 의해 보충되어 발간된 Approach Chart가 우선권을 갖는다. 측지 경로의 PBN 시스템 항전 장비의 계산, 웨이포인트들 사이의 거리 및 Magnetic Variation 적용에서의 차이 때문에, 한 웨이포인트로 들어가는 경로는 이전의 웨이포인트를 떠나는 경로로부터 항상 다른 180도 위치에 있지 않을 수 있다. PBN 시스템 웨이포인트까지의 거리가 다음 웨이포인트까지 계산된 ATD이기 때문에 거리에서의 변화가 또한 발생할 수 있고, 기본 절차들에 발간된 DME 수치들은 Station까지 측정된 Slant Range 거리이다. 이 차이들은 항공기 고도 및 NAVAID에 가까울수록 증가한다.

## 2.11 WIDE AREA AUGMENTATION SYSTEM(WAAS)

FAA는 GPS 신호의 정밀도, 신뢰도, 유용성을 증가시키기 위해 광역 보정 시스템(Wide Area Augmentation System, 이하 'WAAS'이라 한다)을 개발했다. WAAS는 GPS가 완벽할 때, 이로부터 Category 1 정밀 접근까지 항공 항행 체계로 사용이 허락될 것이다. WAAS는 수용 능력과 안전을 증대시키면서 민간항공용 완벽한 위성 항법 체계를 위한 FAA의 전략적 목표의 주요 요소이다.

ICAO는 WAAS와 같은 Satellite-Based Augmentation Systems(SBAS)을 위한 표준 규칙(SARP)을 정의하였다. 일본, 인도 및 유럽들은 유사한 체계를 구축 중에 있다. EGNOS, the European Geostationary Navigation Overlay System 인도의 GPS and Geo-Augmented Navigation(GAGAN) System 그리고 Japan's Multi-functional Transport Satellite (MT-SAT)-based Satellite Augmentation System(MSAS). 이들 시스템은 정밀도, 신뢰도, 유용성이 증가되면서 GPS와 유사한 완벽한 범세계적 항법 능력을 창조할 것이다. 재래의 지상 설치 항행 안전 시설과는 달리 WAAS는 더 넓은 서비스 지역을 망라할 것이다. 정밀하게 측량된 Wide-Area Reference Stations(WRS)은 US, WAAS 네트워크(Network)와 연결되어 있다. 위성 시계(Clock)와 위성 궤도 수정을 결정하고, 전리층(電離層)의 전파 효과를 모델링하기 위해 이들 WRS는 GPS 위성들의 신호들을 감시한다. Network 내의 각 Station들은 수정 정보를 계산하는 Wide-Area MasterStation(WMS)에 자료를 중계한다. 수정 메시지가 준비되고 Ground Earth Station(GUS 지상 지구국)에 위치한 Ground Uplink Station(GUS)을 통해 Geostationary Earth Orbit Satellite(GEO: 정지 지구궤도 위성)에 Uplink 된다. 그리고 메시지는 GPS(L1, 1575.42MHZ)와 같은 주파수로 WAAS GEO의 방송 지역 내에서 WAAS 수신기들을 향해 방송된다. 보정 신호를 제공하는 것에 추가하여, WAASGEO는 사실상 시계 내에 추가 GPS 위성을 제공함으로써 GPS의 가용성을 증대시키며, 항공기 수신기에 추가적인 의사거리(擬似距離) 측정을 제공

한다. GPS의 무결성은 실시간의 감시로 향상되었고, 정확성 역시 오차를 줄이도록 차별적인 수정치의 제공으로 향상되었다. 성능 개량은 GPS/WAAS Glide Paths(Vertical Guidance)와 함께 접근 절차를 가능하게 하였다. FAA는 WAAS Network를 지원하기 위해 3개의 GEO satellite links, 38 WRSs, 3WMSs, 6 GES 및 2개의 운영 통제 센터를 포함하는, 요구되는 지상의 통신의 구축을 완료하였다.

공공용 사용을 위해 WAAS를 취역시키기 전에, FAA는 일련의 Test 및 확인 활동을 수행하였다. 추가로 Dual Frequency Operations가 계획되었다. GPS 및 WAAS를 포함하는 GNSS 항행은 WGS-84 좌표 System을 참조한다. 그것은 오직 Aeronautical Information Publications(Electronic Data 및 항공용 지도)가 WGS-84 또는 동등한 것을 따르는 지역에서만 사용되어야 한다. 다른 국가의 민간항공 당국은 그들의 SBAS System 사용에서 추가적인 제한 사항을 강요할 것이다. WAAS의 계기접근은 Vertical Guidance를 제공하지만, ICAO Annex10의 정밀 접근 요구 조건을 충족시키지 못하는 등급의 Approach가 전 세계 항공 적용을 위해 위성 항법 사용을 지원하도록 많은 발전을 하였다. 이 절차들은 정밀 접근이 아니고 'Approach with Vertical Guidance(APV)'라 부르고, ICAO Annex 6에 정의되어 있으며, LNAV/VNAV 및 localizer performance with vertical guidance(LPV)와 같은 Approach들을 포함한다. 이 Approach들은 Vertical Guidance를 제공하지만 정밀 접근의 보다 엄격한 표준을 충족하지는 못한다. 완전하게 인가된 WAAS 수신기들은 Barometric Altimetry

사용에 생길 수 있는 Error들을 제거하는 WAAS Electronic Glide Path를 사용하여 LPV minima 및 LNAV/VNAV minima까지 비행할 수 있을 것이다. LPV Minima는 WAAS에 의해 제공된 높은 정확도의 유도 및 증가된 완전성의 이점을 갖는다. WASS가 생성한 이 Angular Guidance는 ILS 접근을 위해 사용된 것과 동일한 TERPS 접근 기준을 사용하게 해 준다. LPV Minima는 Terrain과 Airport의 구조가 가장 낮은 Minima를 지원할 때, 시정 1/2 마일에서 접지 지점 상공 200피트의 Decision Altitude를 가질 것이다. LPV Minima는 RNAV(GPS)Approach Charts에 발간된다. 'Localizer Performance'라 불리는 Minima의 다른 WAAS 기반 Line은 지형 또는 장애물들이 Vertical Guided LPV Procedure의 발간을 허가하지 않는 지역 내에 추가되고 있다. LP는 ILS Localizer와 유사한 Lateral Procedure만 제공하도록, WAAS에 의해 제공된 Angular Lateral Guidance 및 더 작은 Position Error의 이점을 취한다. LP Procedure는 좁은 Obstacle Clearance 표면 때문에 LNAV Procedure보다 더 낮은 Minima를 제공할 수 있다. LP 절차를 비행할 수 있는 능력을 가진 수신기들은 수신기가 다른 WASS 및 GPS 접근 절차 형태들을 위한 능력과 마찬가지로 LP 능력을 가지고 있다는 것을 언급하는 Aircraft Flight Manual(AFM), AFM Supplement 또는 인가된 Supplemental Flight Manual 내에 진술문을 포함해야 한다. WASS는 System의 Coverage 내에서 LNAV, LP, LNAV/VNAV 및 LPV Lines of minima까지의 RNAV(GPS) 접근들을 포함하여 비행의 모든 단계를 지원하는 서비스 단계를 제공한다. Coverage

의 가장자리에 가까운 어떤 위치들은 Vertical Guidance의 가용성이 낮을 수도 있다.

### 2.11.1 WAAS 비행 절차

WAAS 수신기는 모든 기본적인 GPS 접근 기능을 지원하고 추가적인 기능을 제공할 것이다. 중요한 개선 사항 중 하나는 지상 장비나 Barometric Aiding에 의존하지 않고 Glide Path를 만드는 능력이다. 이것은 Hot 및 Cold Temperature 효과, 부정확한 고도계 Setting, 또는 Local Altimeter Source가 없는 것과 같은 문제를 제거하고, 각 공항 또는 활주로에 지상 Station 장치 비용을 들이지 않고 접근 절차의 수립을 가능하게 한다. 몇몇 접근이 인가된 수신기들은 단지 Baro-VNAV와 유사한 성능으로 Glide Path를 만들 수 있으며, RNAV(GPS) 접근 차트에서 Minima의 LNAV/VNAV Line으로 비행하도록 인가된다. 추가적인 능력을 가진 수신기(더 빠른 Update Rates와 더 작은 Integrity Limits를 포함하여)는 Minima의 LPV Line을 비행하는 것이 인가될 것이다. Lateral Integrity(횡적 무결점)는 GPS, LNAV와 LNAV/VNAV 접근 모드를 위한 0.3NM(556m) Limit으로부터 LPV를 위한 40미터로 변한다. 그것은 또한 250피트 또는 그 이상의 Minima를 가진 LNAV/VNAV와, LPV 접근이 50미터까지 수직 예러가 튀고 250피트 미만의 Minima를 가진 LNAV/VNAV와, LPV 접근이 35미터까지 수직 예러가 튀는 수직 Integrity Monitoring을 제공한다. 접근 절차가 선택되고 사용될 때, 수신기는 선택된 접근 절차의 Minima Line에 명칭이 있는 규칙을 사용하

여 조종사에게 WAAS Signal, 수신기 및 선택된 접근의 결합에 의해 지원된 가장 정확한 수준의 서비스를 알릴 것이다. 예를 들면, 만일 접근이 LPV Minima와 함께 발간되고 수신기가 오직 LNAV/VNAV을 위해서만 인가되었다면, WAAS Signal이 LPV를 지원한다 하더라도 장비는 'LNAV/VNAV 가용성(Available)'을 시현할 것이다. 현존하는 LPV Minima가 없는 LNAV/VNAV 절차를 비행한다면, 비록 수신기가 LPV를 위해 인가되고 Signal이 LPV를 지원하더라도 수신기는 조종사에게 'LNAV/VNAV 가용성(Available)'을 알릴 것이다. Signal이 LPV 및/또는 LNAV/VNAV minima를 가진 절차상에서 Vertical Guidance를 지원하지 않는다면, 수신기 Annunciation은 'LNAV 가용성(Available)'을 읽을 것이다. LP 및 LNAV Minima를 가진 Lateral Only Procedure 상에서 수신기는 사용 가능한 Lateral Service의 단계에 기준을 둔 LP Available 또는 LNAV Available을 나타낼 것이다. 일단 Service 단계 통지가 주어졌으면 수신기는 Service 단계가 Unavailable 되지 않는 한, Approach Procedure 동안 이 Mode에서 작동할 것이다. 수신기는 다음번 접근이 실행될 때까지 좀 더 정확한 수준의 서비스로 되돌릴 수 없다. Approach가 일단 Active 되면(작동되면) 수신기들은 더 낮은 정도의 서비스로 'Fail Down' 되지 않는다. 단지 Vertical Off Flag가 나타나고 절차(Procedure)를 시작한 후 비행이 운영되고 있는 규칙이 비행하고 있는 Approach의 종류를 변경하게 한다면 조종사는 LNAV Minima를 사용하도록 선택해야 한다. Lateral 무결성 제한치가 LP Approach에서 초과한다면, Approach가 Active되는(작동되는) 동안

Lateral Alarm Limit를 Reset 하는 방법이 없기 때문에 Missed Approach가 필요할 것이다. WAAS 수신기의 또 다른 추가적인 특성은 GPS의 나쁜 신호를 차단하고 정상적으로 작동을 지속하도록 하는 기능이다. 이것은 보통 WAAS 수정 정보에 의해 수행된다. WAAS 유효 범위 밖, 또는 WAAS가 사용 가능하지 않을 때 그것은 'FDE'라 불리는 수신기 연산 방식을 통해 수행된다. 대부분의 경우에 수신기는 나쁜 신호를 제거한 후에 다른 이용 가능한 위성 과 함께 작동을 계속하기 때문에 이런 작동은 조종사에게 보이지 않을 것이다. 이런 기능은 항행의 신뢰도를 증대시킨다. LNAV/VNAV, 그리고 LPV 접근 절차를 위한 횡적, 종적 Scaling은 기본 GPS의 선형 Scaling과는 다르다. 발간된 정확한 절차대로 비행할 때, FAF 2마일 전까지  $\pm 1$ 마일의 선형 Scaling이 제공되는데, 그곳에서의 민감도는 ILS의 Angular Scaling과 비슷하도록 증가된다. WAAS Scaling과 ILS에는 두 가지 차이점이 있다. :

- (1) 긴 최종 접근 구간에서는, GPS와 동등한 성능을 얻도록 초기 Scaling은  $\pm 0.3$ 마일이 될 것이다(그리고 ILS보다 더 나은, ILS 민감도는 활주로로부터 먼 곳에서 떨어진다).
- (2) Threshold에 가까울수록 Scaling은 더 민감해지는 것을 계속하는 대신에 선형으로 변화한다.

최종 접근 경로의 폭은 맞추어져 있기 때문에 종합적인 폭은 활주로 Threshold에서 대개 70피트이다. Final에서 각도 부분을 위해 횡적 바깥쪽으로 퍼진 부분(Splay)의 기준점이 로컬라이저(Localizer)와 같이 안테나 위치 때문에 고정되어 있지 않으므로,

길이가 다른 활주로의 최종 접근 경로로 벡터링을 받고 있는 항공기를 위해 일치하는 Final의 폭을 만들면서 바깥쪽으로 퍼진 부분은 고정시킬 수 있다. 발간 절차대로 완전하게 비행하지 않을 때는 항공기가 ILS와 비슷한 확장된 최종 접근 경로로 Capture를 요구하는 대신에 Vector to Final(VTF) 모드가 사용된다. VTF 하에서는 FAWP로부터의 거리와 상관없이 ILS의 각도를 갖고 바깥쪽으로 퍼진 부분이  $\pm 1$ 마일의 폭에 도달하는 지점까지 Scaling은  $\pm 1$ 마일의 선형이 된다.

## 2.12 Ground Based Augmentation System(GBAS) Landing System(GLS)

GLS는 항공기가 활주로에 접근하는 데 있어 정확한 정대와 강하를 위한 정밀 항법을 제공한다. 이는 Global Navigation Satellite System(GNSS)으로의 다른 증진을 제공한다. GBAS는 Local Area Augmentation System(LAAS)를 위한 ICAO 용어이다. LAAS는 조종사 관점으로부터 'ILS'와 흡사한 System으로 개발되었다. LAAS는 지상 장비에 의해 증강시킨 GPS 신호에 근거를 두고 비행장에서 ILS와 유사한 GLS 정밀 접근을 제공하기 위하여 발전시켰다. GNSS는 Final Approach Segment를 위해 ILS와 유사한 유도를 제공한다. Final Approach Segment 전후, GLS Approach 부분은 Area Navigation(RNAV) 또는 Required Navigation Performance(RNP)에 근거를 둘 것이다. 장비는 GBAS Ground Facility(GGF), 4개의 Reference Station, VHF Data Broadcast(VDB)



Uplink Antenna 및 항공기 GBAS 수신기로 구성된다. 조종사는 FMS menu 내에서 해당 Approach의 5개 Digit GBAS CH NO, 또는 수동으로 5개 Digit(System에 직접)를 선택해야 한다. 또한 GBAS CH NO.의 선택은 VDB를 동조시킨다. 절차를 선택한 다음, 정확한 LAAS 절차의 입력 확인은 도표화된 Reference Path Indicator(RPI), 또는 Cockpit Displayed RPI와 함께 Approach ID나 모스부호와 함께 RPI의 음성 식별을 Cross Check함으로써 수행될 수 있다. 조종사는 일단 선택되고 식별되었다면 ILS와 같은 Technique을 사용하여 GLS Approach를 비행해야 한다.

## 2.13 Performance-Based Navigation (PBN) And Area Navigation(RNAV)

항공 여행의 발전에 따라, 항행 방법은 항공사에 더 많은 유연성을 제공하도록 개선되었다. 지역 항법에는 기존 방법 및 Performance-Based Navigation(PBN) 방법이 있다. 기존 방법은 미국 국가 공역 체계 내에서 2차원 지역 항법(2D RNAV)을 허용하는 아래에서 인가된 시스템들을 통합하는 운영을 포함한다. 많은 항공사들은 PBN의 이점을 얻으려고 시스템을 Upgrade시키고 있다. PBN 내에 2가지 카테고리의 항법 방법이 있다. : Area Navigation(RNAV)과 Required Navigation Performance(RNP).

RNAV의 요구 사항을 충족하는 항공기를 위해 지정된 RNAV 정확도는 비행시간의 95 %를 충족해야 한다. RNP는 성능 모니터링 및 경고 기능을 포함한다.

RNAV 시스템(예를 들면, Receiver Autonomous Integrity Monitoring(RAIM))이다. PBN 또한, 정의된 공역 개념 내 항법 적용을 지원하는 데 필요한 한 Set의 항공기 및 조종사 요구 사항인 항법 사양(NavSpecs)의 개념을 도입한다. 모든 RNP와 RNAV 지정에 있어서 숫자 지정은 공역, 항로, 또는 절차(Procedure) 내에서 운영되는 항공기군에 의해 비행시간의 95 % 이상을 달성할 것으로 예상하는 Nautical Miles의 횡적 항법 정확도를 의미한다.

### 2.13.1 Area Navigation(RNAV)

RNAV은 지상 근간 또는 공중 근간의 항법 보조 장비의 유효 범위 이내, 또는 자체 항행 장비의 능력 한계 이내, 또는 이들의 혼합적인 결합으로 어떤 원하는 비행경로상에서 항공기 운영이 허용되는 항행에 의한 방법이다. 항후에는 지상 항행 시설에 의해 정의된 Route 대신에 RNAV의 사용에 의존하는 비율이 증가될 것이다. 출항 절차(DPs)와 표준 도착 절차(STARs)를 포함한 RNAV 경로와 Terminal 절차는 RNAV 체계를 고려하여 설계되었다. RNAV 경로와 절차에는 여러 가지 장점이 있다. 시간 및 연료 절감, 요구되는 ATC Radio 송신을 감소케 하는 Radar Vectoring, 고도 및 속도 지정에 대한 의존도 감소, 보다 효율적인 공역 사용이 그 예이다.

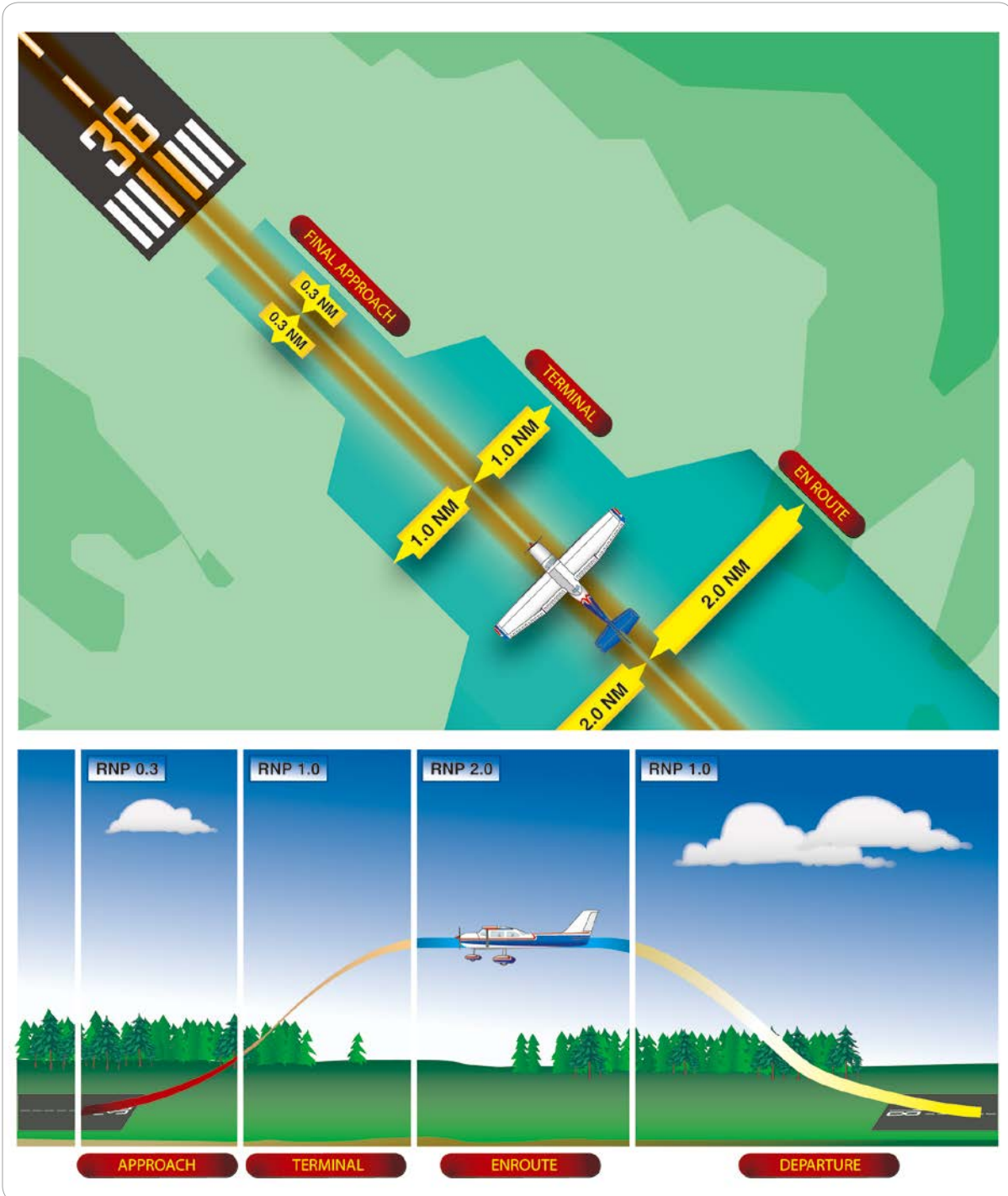
### 2.13.2 RNAV 운영

DP 및 STAR와 같은 RNAV 절차는 조종사의 정확한 속지와 Centerline의 유지를 엄격하게 요구한다. 조종사는 RNAV 절차가 적절한 방법으로 진행



되도록 항공기 항법장비의 작동 방법 지식을 갖추어야 한다. 게다가 조종사는 다양한 웨이포인트와 RNAV 절차에 사용된 Leg의 종류들에 대해 이해하고 있어야 한다. 자세한 사항은 아래에 언급되어 있다. Waypoint는 위도/경도로 정의된 좌표로 미리 정해져 있다. 웨이포인트는 공간상 또는 현존하는 Navaids, 교차점이나 Fixes 등과 관련된 간단하게 명칭이 있는 지점이 될 것이다. 웨이포인트는 원하는 경로를 따라 방향, 속도 및 고도의 변화를 나타내는데 가장 많이 사용되고 있다. RNAV 절차는 Fly-by와 Fly-over의 두 방법을 모두 사용한다. Fly-by 웨이포인트는 항공기가 두개의 경로단계를 분리하는 웨이포인트에 도착하기 전에 다음 경로(course)로 선회를 시작해야 할 때 사용된다. 이것은 선회 예측으로 알려져있다. Fly-over Waypoint는 항공기가 선회를 시작하기 전에 그 지점을 반드시 지나야 할 때 사용한다. RNAV Leg Types, Leg 형태는 RNAV 절차의 Waypoint 앞이나 뒤에서 또는 중간에서 원하는 경로를 묘사한다. Leg 형태는 경로(즉 Heading, Course, Track 등) 및 종료 지점(즉 경로가 고도, 거리, fix 등에서 종료됨)을 묘사하는 두 개의 문자 Code에 의해 식별된다. 절차 설계를 위해 사용된 Leg 형태는 항공기 Navigation Data base 내에 포함되지만, 통상, 절차 Chart 상에는 제공되지 않는다. RNAV 차트의 이야기식 묘사는 절차를 어떻게 비행할 것인가를 설명한다. Path 및 Terminator 개념은 절차의 모든 Leg마다 종료지점과 그 종료지점으로 가는 몇 종류의 경로를 가지고 있다는 것을 정의한다. 가용한 몇 가지 Leg 형태를 아래에 서술하였다. Track to Fix, Track to Fix(TF)Leg는 다음 Waypoint로의 비행경로로

서 도중 진입되거나 유지하고 있어야 한다. 이런 이유로 'Track to a Fix legs'를 종종 'Point-to-Pointlegs'라 부른다. Direct to Fix(DF)Leg는 초기 지역에서 직접 다음 Waypoint까지 항공기 Track에 의해 묘사된 경로(Path)이다. Course to Fix는 특정항로와 함께하는 Fix로서 그 Fix에서 끝나는 경로이다. Radius to Fix는 한 Fix에서 종료되는 정의된 선회 중심 주위로 일정한 반경의 선회경로로 정의된다. Heading Leg는 제한되지 않지만 고도까지의 Heading(Va), DME 까지의 Heading(Vd) 및 수동 종료까지의 Heading 즉 Vector(TM)으로 정의되어질 것이다. 조종사는 더 나은 정보화된 결심을 하기 위하여 항법계통의 입력, 경고 및 시현에 대하여 알고 있어야 한다. 그리고 특정의 센서/계통의 가용성 및 적합성이 고려되어야 한다. RNAV Navigation Specifications(Nav Specs)Nav Specs은 정의된 공역개념 내에서 항법 적용을 지원하는데 필요한 세트의 항공기와 조종사 요구사항이다. 모든 RNP와 RNAV 지정에 있어서, 숫자 지정은 공역, 항로, 또는 Procedure내에서 운영되는 항공기 군에 의해 비행시간의 95% 이상을 달성할 것으로 예상하는 Nautical Miles의 횡적 항법 정확도를 의미한다. 일반적으로 RNAV 1은 DP 및 STAR를 위해 사용되고 Charts 상에 나타난다. 항공기는 총비행시간의 95%가 1마일보다 크지 않은 Total 시스템 에러를 유지해야 한다. 일반적으로 RNAV 2는 달리 지정하지 않는 한, 항로 운영을 위해 사용된다. T-Route 및 Q-Route들은 이 Nav Spec의 예이다. 항공기는 총비행시간의 95%가 2마일보다 크지 않은 Total 시스템 에러를 유지해야 한다. 일반적으로 RNAV 10은 대양 운영에 사용된다.



[그림 2-27] Required navigation performance

## 2.14 RNP

RNP는 Onboard Navigation Monitoring & Alerting을 가진 RNAV이다. 또한 RNP는 지정된 공역 내에서 운영에 필요한 항법 성능의 서술이다. RNP의 중요 구성 요소는 수행된 항법 성능을 감시하고 운영하는 동안 운영상의 요구 사항이 충족하는지, 충족하지 않는지를 조종사가 식별할 수 있는 항공기 항법 시스템(System)의 능력이다. 그러므로 이 탑재된 성능 감시 및 경고 능력은 운영의 종합적인 안전이 이루어지게 하는 항공교통관제의 간섭(Radar Vectoring, Automatic Dependent Surveillance(ADS), Multilateration, Communications) 및/또는 Route Separation에 더 적절하게 의존하게 해 준다. 항공기의 RNP 능력은 운영의 종합적인 내용의 충족을 보장하도록 분리 기준을 결정하는 데 있어서 중요한 구성 요소이다. 항공기 RNP 능력은 항공기 장비 및 항행 기반시설에 따라 변화한다. 예를 들면, 항공기가 RNP 1.0에 인증된 장비를 장착하고 있지만, 제한된 Navaid 유효 범위 때문에 RNP 1.0 운용 능력이 가능하지 않을 수 있다.

## 2.15 항적 정보 업무 (Traffic Information Service)

현재 미국에서 사용되고 있는 항적 정보 업무(Traffic Information Service, 이하 'TIS'라고 한다)는 조종석의 데이터 링크를 통해 보통 음성으로 수신된 VFR 레이더 항적 조언과 유사한 정보를 제공한다. 처음 FAA가 제공한 데이터 업무 사이에서

'TIS'는 조종사에게 가까이 있는 항적 및 잠재적인 충돌 상황을 알려주는 자동 디스플레이를 통해 'See and Avoid' 비행에 안전 및 효율을 증진시키기 위한 것이다. 이 항적 디스플레이는 이 항공기들의 육안 포착시 조종사에게 정보를 지원하기 위함이다. TIS는 적절하게 장비를 갖춘 항공기(TIS Client로 알려진)에 이 정보를 Uplink 시키도록 요구된 데이터 링크는 물론, 감시 데이터도 포함하는 터미널 모드(Mode S) 레이더 시스템의 향상된 능력을 사용한다. TIS는 예정된 위치, 고도 경향 및 지상 항적(Track) 정보를 TIS Client의 수평으로 7마일, 수직으로 +3500 및 -3000피트 이내에 8대까지의 침입 항공기를 제공한다. 7NM 이상에서 보고된 Target은 단지 이 Target이 34초 이내에 위협이 될 수 있다는 것을 나타내고, 정확한 거리를 나타내지 않는다. TIS는 고도차에 관계없이 34초 이내에 잠재적인 충돌이 될 수 있다는 것이 예상되는 항공기(Mode S 레이더의 감시하에)를 조종사에게 경고할 것이다. TIS 감시 데이터(Data)는 ATC에 의해 사용된 동일한 레이더로부터 나온다. 이 Data는 각 Radar Scan마다 Client 항공기로 Uplink 되어 있다(명목상 매 5초). TIS를 사용하기 위하여 Client 및 위협 항공기는 적절한 조종석 장비가 장착되어야 하며, TIS를 제공할 수 있는 Mode S 레이더의 유효 반경 이내를 비행하여야 한다. 일반적으로 55NM 이내여야 할 것이다. 비록 TIS가 사용되고 있는 특정 공역 또는 비행 운영에서 요구될 수 있더라도, ATC 통신은 TIS 수신에 있어서 요구 사항은 아니다. 이 업무를 수신하도록 TIS Client 항공기에 요구된 조종석 장비 성능은 다음으로 구성된다. : Altitude Encoder를 가진 Mode S Data link Transponder, 장착된 TIS Software를

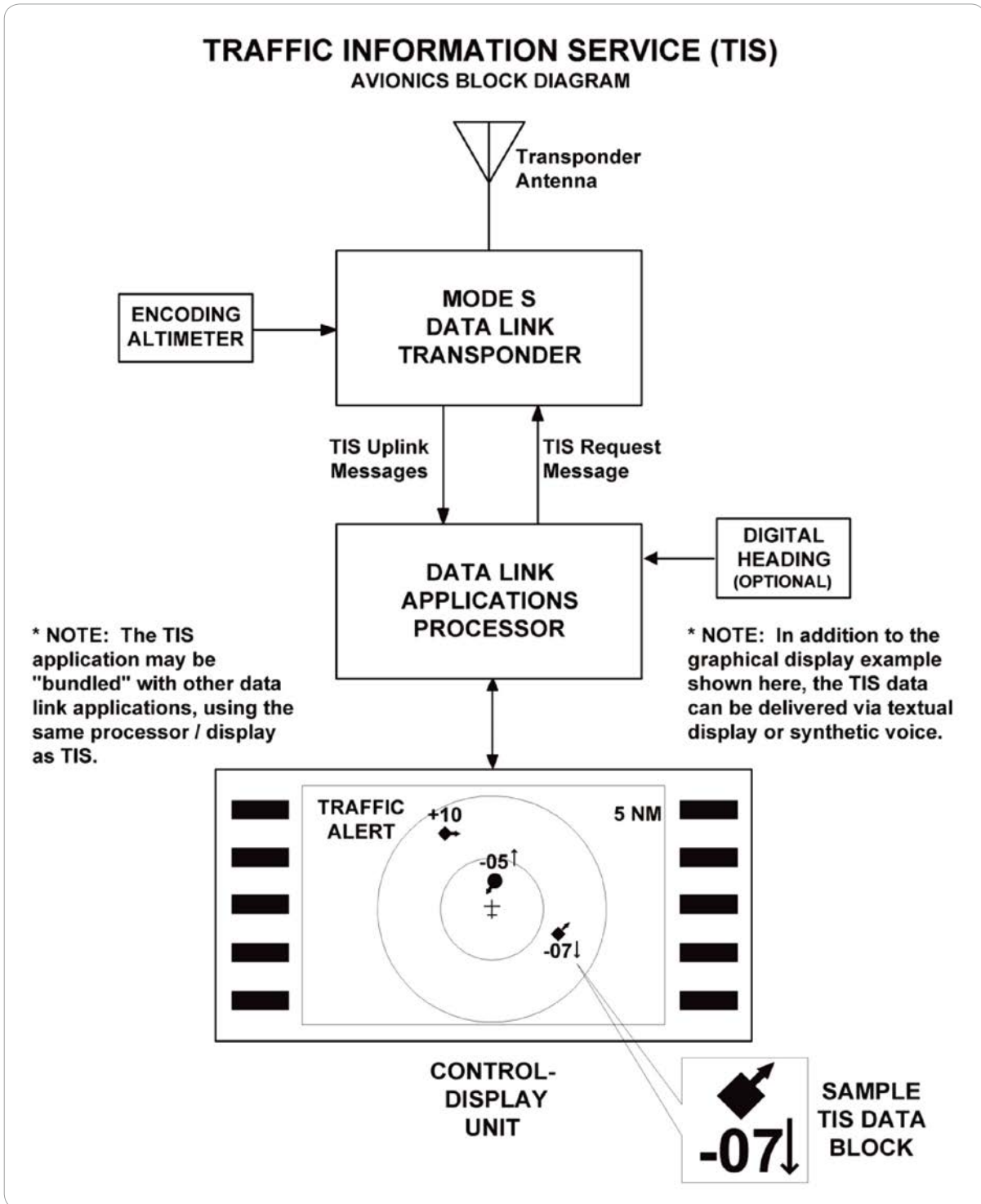
가진 Data Link Application Processor, Control Display Unit, 그리고 운영 장비는 Crab Angle 및 선회 기동에 의해 야기된 Display 오차를 수정하도록 Digital Heading Source를 포함한다. TIS Client에게 보이게 하려면, 위협 항공기는 최소한 작동되는 트랜스폰더(Mode A, C 또는 S)를 가지고 있어야 한다.

위협 항공기로부터 TIS에 의해 제공된 모든 고도 정보는 만약 적절하게 장비가 장착되었다면 Mode C 보고로부터 나온다. TIS는 초기에 ASR-9 Digital Primary 레이더와 쌍을 이루는 Terminal Mode S 시스템에 의해 제공된다. 이 시스템들은 항적 밀도가 가장 높은 위치에 있어, 가장 큰 초기 이점을 제공할 것이다. ASR-7 또는 ASR-8 Analog Primary 레이더와 쌍을 이루는 나머지 Terminal Mode S 센서들은 TIS 미정의 변형, 또는 이 사이트들의 재배치를 제공할 것이다. TIS는 Mode S Data Link를 통해 적절하게 장비를 갖춘 Client 항공기에, 가까운 공중 항적에 대한 육안 포착을 도와주도록 지상에 기지를 둔 감시 정보를 제공한다. 각 장비의 실제적인 Avionics 능력은 다양하고, TIS를 사용하기 전에 보충 Handbook을 참조해야 한다. 최대 8개의 침입 항공기가 Display 될 수 있을 것이다. : 8대 이상의 항공기를 침입 Parameter에 결합시킨다면 8개의 가장 중대한 침입기가 Uplink 된다. 이 가장 중대한 침입기들은 항상 가장 가까운 것들이며, TIS Client에게 커다란 위협이다.

TIS는 Mode S Ground Sensor을 통해 다음과 같이 각 침입 항공기에 대한 Data를 제공한다. : 6도 간격의 상대 방위 정보, 1/8~1마일 간격의 상대 거리 정보(거리에 따라 갈라짐), 침입 항공기가 작동

되는 고도 보고 능력을 가지고 있다면 100피트 이내에서는 100피트 단위, 1000피트~3500피트에서는 500피트 단위의 상대 고도, 45도 간격의 예상되는 침입 항공기 Ground Track, 침입 항공기가 작동되는 고도 보고 능력을 가지고 있다면 고도 경향 Data(500fpm 이내일 때 Level, 500fpm이상일 때 상승/강하),

TIS는 많은 저고도 지역, 특히 산악 지형에서는 사용할 수 없을 것이다. 또한 특정 지역에서 레이더 영역의 바닥 부근을 비행할 때 자신보다 낮은 항적은 TIS가 탐지하지 못할 수도 있다. 다른 인접국에서 서비스를 하지 않는다면, 레이더 기지 직상공을 비행할 때 순간적인 간섭이 있다. VOR이나 NDB같이 지상 기지 레이더는 가끔씩 혼란 영역, 고요 영역으로 불리는 천정 영역(ZENITH CONE)이 있다. 이것은 방위 정보를 믿을 수 없는 해당국의 바로 위 직상공으로, 불확실의 지역이다. TIS의 zenith cone은 34도로 설정되어 있다. 레이더 수평선에 대하여 이 각도 이상의 항공기는 이 34도 각도 아래에 내려올 때까지 TIS 범위를 벗어나게 된다. 인접 레이더가 TIS를 제공하기 때문에 여러 레이더의 영역 안에 있을 때는 서비스가 계속된다. TIS가 가능한 레이더가 없을 때 'Goodbye' 메시지가 수신되고, TIS 영역 내로 다시 진입할 때까지 TIS는 종료된다. 특히 안테나의 다양성(항공기의 위와 아래에 설치된 레이더)이 없는 트랜스폰더라면 선회나 다른 기동 중 TIS 작동이 가끔씩 중단될 수 있다. TIS는 항공기와 Mode S 레이더 간의 양자 간 가시거리 통신이다. 항공기의 다른 구조물들이 트랜스폰더 안테나(통상 항공기의 아래에 위치함)와 지상 레이더 안테나 사이에 위치할 때 신호의 단속적인 간섭이 일어날 수 있다.



[그림 2-28] Traffic Information Service



## 2.16 Automatic Dependent Surveillance – Broadcast(ADS-B) Services

ADS-B는 감시 기술이다. ADS-B System은 항공기내 항공전자장비와 지상의 기반 시설로 구성된다. 탑재 항전 장비는 GNSS를 사용하여 항공기의 위치를 결정하고 ATC 및 다른 ADS-B Service에 의한 사용을 위해 항공기에 대한 추가적인 정보와 함께 그의 위치를 지상 Station에 송신한다. 이 정보는 약 매 1초마다 송신된다. 미국에서는 ADS-B 장착 항공기 교환 정보는 두 주파수가 하나로 이루어진다. 978MHz 또는 1090MHz.

1090MHz 주파수는 Mode A, C, 및 S 트랜스폰더(Transponder) 운영과 결합된다. 통합된 ADS-B 기능을 가진 1090MHz Transponder는 추가적인 ADS-B 정보를 가진 Transponder 메시지 set를 확장한다. 이 추가적인 정보는 ‘extended squitter’ 메시지로 알려져 있고, 1090ES로 취급된다. 978MHz에서 작동되는 ADS-B 장비는 Universal Access Transceiver(UAT)로 알려져 있다. ADS B 항전 장비는 정보를 송신 및 수신할 수 있는 능력을 가질 수 있다. 항공기로부터의 ADS-B 정보의 송신은 ‘ADS-B Out’으로 불리고, 항공기에 의한 ADS-B 정보의 수신은 ‘ADS-B in’으로 불린다. ADS-B는 특히 지형 때문에 레이더가 비효과적인 지역, 또는 비실용적이거나 비용으로 엄두도 못 내는 지역에서 공대공(空對空) 및 공대지(空對地) 모두 개선된 감시 서비스를 가능케 한다. 공대공 ADS-B의 초기의 NAS 적용은 공중이나 지상에서 장비가 장착된 근처의 항공기에 대한 조종사의 육안 식별 능력을 증대시키는 오직 ‘Advisory’용이다. 추가로 ADS-B는

ATC와 항공기 운영사로 하여금 가용한 지상국의 감시 범위를 통해 항공기를 감시할 수 있게 해 줄 것이다. 등록 번호, 또는 항공사 비행편명으로도 알려진 항공기 비행 식별 부호(FLT ID)는 ADS-B Out 항전 장비에 의해 전송된다. FLT ID는 최대 7자리의 문자와 숫자로 구성되고, 또한 ATC 비행 계획(Flight Plan)에 제출한 항공기 식별 부호와 일치한다. 항공사 및 통근 항공기 FLT ID는 회사 명칭과 항공편 번호(예를 들어, AAL3342)와 관련되어 있다. FLT ID는 일반적으로 비행 관리 시스템(FMS) 인터페이스(컨트롤 디스플레이 장치/CDU), 또는 트랜스폰더 제어판을 통해 비행 전, 조종사에 의해 입력된다. 일반적인 항공(General Aviation)의 항공기 FLT ID는 항공기의 등록 번호와 연관된다. 항공기 등록 번호는 고정 숫자이기 때문에, 항공기 소유자는 항공기 등록 번호(예를 들면, N235RA)를 FLT의 ID를 미리 설정하거나 비행 전에 조종사가 ADS-B Out 시스템에 입력할 수 있다. ATC 시스템들은 주어진 공역 내에서 각 항공기를 유일하게 식별하도록 송신된 FLT ID를 사용하고, 그것들은 감시 및 분리 서비스의 제공을 위해 제출된 비행 계획(Flight Plan)과 상관관계가 있다. 만일 FLT ID가 정확하게 입력되지 않았다면 ATC 자동화 시스템은 제출된 비행 계획(Flight Plan)에 항공기에 대한 감시 항적(Track)을 연관시키지 않을 수 있다. 그러므로 항공 교통 서비스는 그것이 정확해질 때까지 지연되거나 가용치 않을 수 있다. 결과적으로 비행 조종사와 일반 항공기 조종사가 정확하게 입력한 FLT ID가 제출된 비행 계획(Flight Plan) 내의 기입한 항공기 식별 부호와 일치하는지 확인하는 것이 필수적이다. 트랜스폰더와 통합된 ADS-B 시스템은 7500, 7600



또는 7700이 트랜스폰더 내에 입력되었을 때 자동으로 적용 가능한 비상 상태를 설정할 것이다. 트랜스폰더와 결합되지 않은 ADS-B, 또는 선택적인 비상 코드를 가진 시스템들은 적절한 비상 코드를 조종사 간섭을 통해 입력하는 것이 요구된다. ADS-B는 비행 및 공항 지상 사용을 위한 것이다. ADS-B 시스템은 공중에서 운영하거나, 공항의 지상에서 움직일 때 'on'에 위치시키고 'on'을 유지해야 한다. 'Stand-by'로의 변경이 ATC의 요청 시 이전에 수행되지 않는 한, 민간 및 군용 Mode A/C 트랜스폰더 및 ADS-B 시스템들은 가능한 빨리 'on'으로, 또는 정상 작동 위치로 조절되어야 한다. 항적의 ADS-B 조종석 시현은 충돌 회피 체계로 사용되도록 고안되지 않았고, 다른 항공기를 보고 회피하는 조종사의 책임을 경감시켜 주지 않는다. ADS-B는 IMC 또는 다른 시간 동안 침범 항공기를 육안으로 확인하지 못했을 때 회피 기동을 위해 사용되어서는 안 된다. ADS-B는 다른 항공기를 육안으로 식별하는 데 도움을 주기 위해서 고안되었다. 조종석에 시현되는 ADS-B Target에 의한 직접적인 결과로 회피 기동이 제공되어서도 안 되고, 인가되지도 않는다.

## 2.17 Traffic Information Service—Broadcast(TIS-B)

TIS-B는 지상국으로부터 ADS-B를 장착한 (1090ES 또는 UAT) 항공기에게 항적 정보를 제공하는 ATC 방송이다. 이 항적 정보는 지상 항공교통 감시 센서로부터 나온다. TIS-B 서비스는 지상 센서로부터의 적절한 감시 범위 및 ADS-B 지상 무선국으

로부터의 적절한 방송 범위 내의 NAS에 있는 동안 가능할 것이다. TIS-B가 제공하는 항적 정보의 질은 TIS-B Source로 가용한 지상 센서의 수와 형태, 그리고 보고된 데이터의 적시성에 좌우된다. TIS-B 서비스를 수신하기 위해서 다음 조건이 되어야 한다. :

항공기는 UAT ADS-B 송신기/수신기 또는 송수신기, 그리고 CDTI(Cockpit Display of Traffic Information)를 갖추어야 한다. 항공기는 TIS-B uplinks를 위해 조건을 갖춘 적합한 지상 무선국의 커버 범위 내에서 비행해야 한다.(레이더 탐지 거리의 부족이나 Radar Feed가 유용하지 않기 때문에 모든 지상 무선국이 TIS-B를 제공하는 것은 아니다.) 항공기는 사용 중인 지상 무선국이 사용하는 적어도 한 개의 ATC 레이더의 범위 내에 있어서 탐지되어야 한다. TIS-B는 근처에 있는 모든 항공기가 ADS-B Out를 장착하지 않은 상황에서 ADS-B 장착 항공기에 좀 더 완벽한 항적 상황을 제공하도록 고안되었다. 이러한 Advisory-only Application은 조종사의 타 항적 육안 식별 능력을 증대시킬 것이다. 트랜스폰더만 장착된 항적들(예: Mode A/C, Mode S 트랜스폰더)은 ATC 지상 시스템 구성을 통해 전송된다. 현재의 레이더 배치는 어떤 공항 근처의 낮은 고도에서 레이더 감시 범위의 제한과 그에 따른 제한된 TIS-B 서비스 범위를 초래한다. 어떤 지역에 레이더 식별 범위가 없으면 그 지역에 TIS-B 범위도 없을 것이다. TIS-B는 충돌 회피 시스템(System)으로 사용되도록 고안되지 않았고, 다른 항공기를 보고 회피하는 조종사의 책임을 경감시켜 주지 않는다. TIS-B는 항적을 육안 확인하지 못한 때에 회피기동에 사용되어져서는 안 된다. TIS-B는 다른 항적의 육안식별을 돕기 위해서 고안되었다. 조종실에 시현되는 TIS-B 목표물로 인한 회

피 기동이 인가되지 않는다. TIS-B가 육안 항적 회피에 유용한 도구이지만, 적절한 사용을 위해서 고유의 제한 사항들을 이해해야 한다. 레이더가 ADS-B와 같이 빠르게 항공기를 추적하지 못하기 때문에 기동할 때(예: 상승 선회) 간헐적인 TIS-B 신호를 수신해야 한다. 지상 System 내에서 ADS-B와 레이더 연동 과정은 가끔 ADS-B 보고를 같은 항공기로부터의 해당 레이더 반사파와 연관시키는 데 어려움을 겪는다. 이 때 조종사는 중복된 항적 표시 모양(예: 'TIS-B shadows')이 시현되는 것을 볼 수 있다. TIS-B의 항적 보고의 Update는 ADS-B 항적 Update보다 적게 일어난다.(TIS-B 위치 Update는 레이더 범위 내에서 사용 중인 레이더 시스템(System)의 종류에 따라 매 3~13초마다 발생된다. 반면 ADS-B의 Update 주기는 정상적으로 매 1초이다).

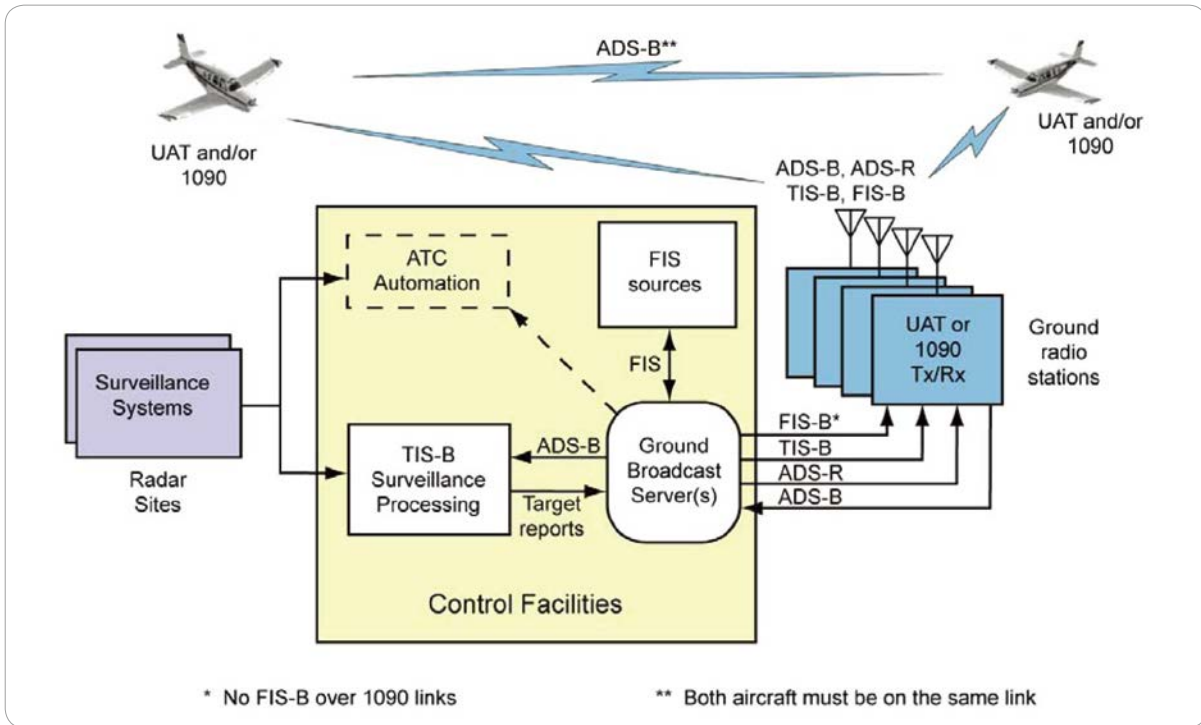
TIS-B System은 트랜스폰더 장착 항공기에 관한 데이터만 Uplink 한다. 트랜스폰더가 없는 항공기는 TIS-B 항적으로 시현되지 않는다. 어떤)) 항공기가 TIS-B 서비스 영역 안, 혹은 밖에 있는지의 정보를 제공하는 표시가 없다. 그러므로 어떤 항공기가 Uplink된 항적 정보를 수신했는지를 알기가 어렵다. 조종사와 항공사들은 TIS-B 항적이 시현되는 장비가 조종사의 상황 판단을 위해서이지, 공중 충돌 방지 도구로 인가되지 않았음을 명심해야 한다. 즉각적인 행동이 요구되는 절박한 위험이 아니면 TIS-B의 조종석 시현 정보를 근거로 한 ATC 허가로부터의 이탈은 기동을 실시하기 전에 해당 ATC 기관으로부터 사전 승인을 얻어야 한다. 협조되지 않은 이탈로 인해, 탑재 장비에 시현되지 않는 ATC의 지시를 받고 있는 다른 항공기에 근접할 수 있어서 한 조종사의 이탈 및 다른 사고를 초래할 수 있다. TIS-B 사용자

들은 원치 않은 시스템(System) 성능의 사례들을 보고함으로써 고장의 수정에 귀중한 도움을 제공받을 수 있다. TIS-B 성능은 ATC보다는 오히려 정비 요원에 의해 Monitoring되기 때문에 가까운 FSS에 무선이나 전화로 고장을 보고해라. 보고자들은 다음과 같이 구별하여 보고하여야 한다. :

1. 관측된 조건
2. 관측된 날자 및 시간
3. 관측된 고도 및 지역
4. 항공기의 종류 및 Call Sign
5. 항전 장비 시스템의 종류 및 소프트웨어 Version

## 2.18 Flight Information Service-Broadcast(FIS-B)

FIS-B는 978MHz UAT 데이터 링크에 ADS-B 서비스 네트워크를 통해서 제공된 지상 방송 서비스이다. FIS-B 체계는 적절한 장비를 탑재한 항공기의 조종사 및 승무원에게 특정 항공 날씨 및 항공학적 정보를 조종실 Display를 통해 제공한다. FIS-B 수신은 지상 인프라의 서비스 범위 내에서 가시거리(Line of Sight)이다. FIS-B 정보는 비행 및 항공기 이동의 안전 운항을 위해 조종사에 의해 사용될 수 있다. : 그러나, 그 정보는 기상 또는 항공 정보의 유일한 소스여서는 안 된다. 조종사는 개별적인 산출물들과 관련된 제한치 및 보장 문제에 대해 경계를 해야 하고 이해해야 한다. 이것은 차세대 기상레이더(NEXRAD) 영상의 그래픽 표현 및 NOTAM/일시적 비행제한(TFR)을 포함한다. FIS-B 사용자들은 원치 않은 System 성능의 사례들을 보고함으로써



[그림 2-29] ADS-B, TIS-B, and FIS-B: Broadcast Services Architecture

써, 고장의 수정에 귀중한 도움을 제공받을 수 있다. FIS-B 성능은 ATC보다는 오히려 정비 요원에 의해 Monitoring 되기(모니터링 되기/감시되기) 때문에 가까운 FSS에 무선이나 전화로 고장을 보고해라. 보고자들은 다음과 같이 구별하여 보고하여야 한다. : 관측된 조건, 관측된 날짜 및 시간, 관측된 고도 및 지역, 항공기의 종류 및 Call Sign 등이다.

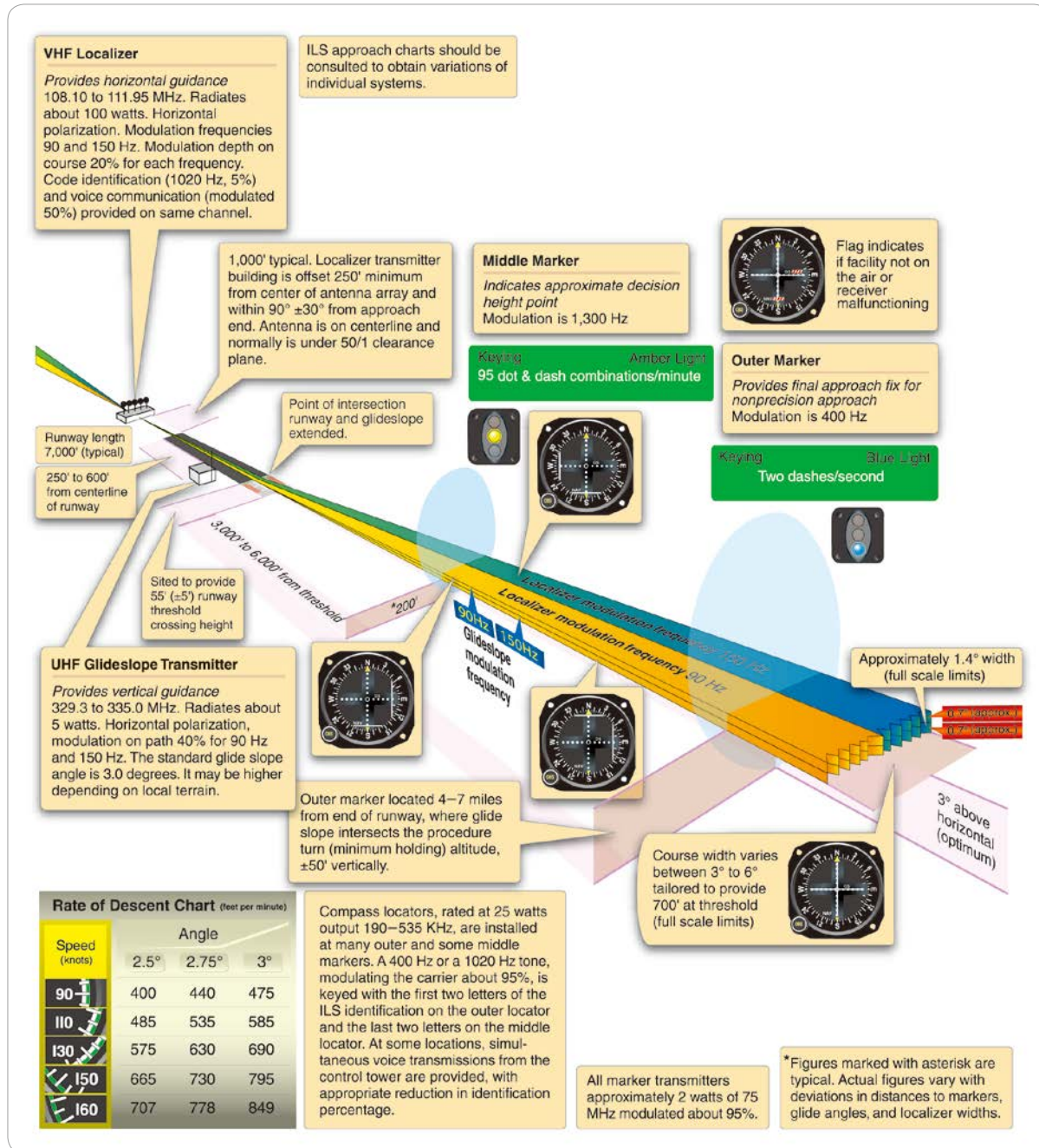
## 2.19 Automatic Dependent Surveillance - Rebroadcast(ADS-R)

ADS-R은 2개의 별도 운영 주파수(978MHz 및 1090ES)의 수용이 요구되는 ADS-B 지상 체계의

데이터-링크 번역 기능이다. ADS-B 체계는 1개의 주파수로 송신된 ADS-B 메시지를 수신하고, ADS-R은 재방송을 위한 정보를 번역하고 다시 형식을 만들고 다른 주파수를 사용한다. 이것은 다른 항공기가 운영하고 있는 Link에 관계없이 ADS-B IN을 장착한 항공기에게 가까이 있는 ADS-B Out Traffic을 볼 수 있게 해 준다. 동일한 ADS-B 주파수를 사용하는 항공기는 직접 정보를 교환하고 ADS-R 번역 기능을 요구하지 않는다. ADS-R 사용자들은 원치 않은 시스템(System) 성능의 사례들을 보고함으로써, 고장의 수정에 귀중한 도움을 제공받을 수 있다. ADS-R 성능은 ATC보다는 오히려 정비 요원에 의해 Monitoring 되기 때문에 가까운 FSS에 무선이나 전화로 고장을 보고해라. 보고자

들은 다음과 같이 구별하여 보고하여야 한다. : 관측된 조건, 관측된 날짜 및 시간, 관측된 고도 및 지

역, 항공기의 종류 및 Call Sign, 항전 장비 시스템의 종류 및 소프트웨어 Version 등이다.



[그림 2-30] Instrument landing systems



## 2.20 계기 착륙 절차(Instrument Landing Systems, ILS)

계기착륙 장치(Instrument Landing System, 이하 'ILS'이라 한다), 이 장치는 특정 활주로로 경로와 고도 안내를 제공한다. ILS 장치는 정밀 계기접근 절차나 정밀 접근을 수행하는 데 사용된다. [그림 2-30] 이 장치는 다음의 요소들로 구성되어 있다.

- (1) Localizer는 연장된 활주로 중앙선을 따라 수평(왼쪽/오른쪽) 안내를 제공한다.
- (2) Glide Slope는 활주로 Touchdown 지점으로 (보통 3도 경사) 수직(위/아래) 안내를 제공한다.
- (3) Marker Beacon은 접근 경로를 따라 거리 정보를 제공한다.
- (4) Approach Light는 계기에서 시계 비행으로 전환하는 데 도움을 준다.

다음의 보조 요소들은 시스템의 특정 요소들이 아니더라도, 안전성과 실용성을 증대하기 위해 통합할 수 있다.

- (1) Compass Locator는 항로 NAVAID에서 ILS 장치로 전환하는 데 도움을 준다. Compass Locator는 체공 대기 절차, Localizer 경로 Tracking, Marker Beacon Site 확인, ADF 접근을 위한 FAF를 제공한다.
- (2) Glide Slope 송신기와 같이 위치한 DME는 Touchdown까지 거리를 제공하거나, 만약 접근 절차에 지정되었다면 다른 관련된 근처 시설(VOR이나 독립 장치)까지 DME를 제공한다.

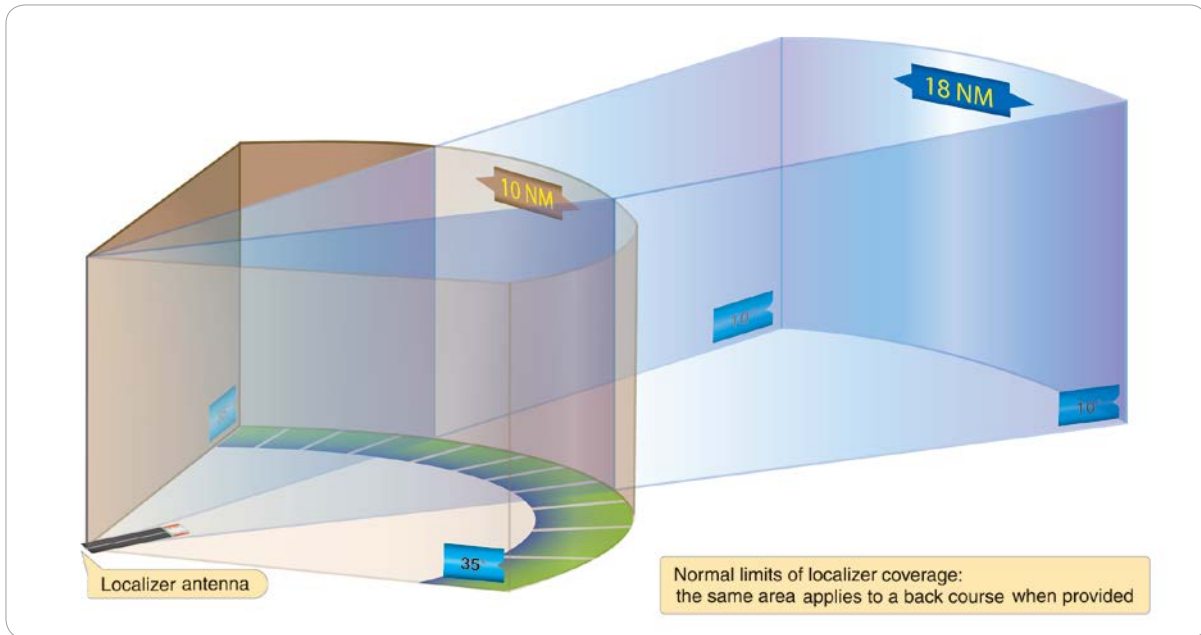
ILS 접근들은 공항의 장비와 조종사의 숙련도에 기초하여 세 가지 다른 형태의 접근으로 분류되어 있다. Category I 접근은 Touchdown 지점 위에서 200피트 이상의 접근 높이를 제공한다. Category II 접근은 Touchdown 지점 위에서 100피트 이상의 접근 높이를 제공한다. Category III 접근은 결심 고도 최저치 없이 접근 시 더 낮은 최저치를 제공한다. 조종사는 계기 자격이 있어야 하고, 항공기는 Category I 접근을 하기 위해 적절한 탑재 장비를 가지고 있어야 하며, Category II, III 접근은 조종사, 지상 장비, 탑재 장비를 위한 특별한 증명이 필요하다.

### 2.20.1 ILS 구성 요소(ILS Components)

ILS는 여러 가지 지상 시설들은 사용한다. 이 시설들은 ILS 장치의 일부분으로 사용될 수 있고, 다른 접근의 일부분으로도 사용될 수 있다. 예를 들어, Compass Locator는 NDB 접근에서 사용될 수 있다.

#### (1) Localizer

로컬라이저(Localizer) 지상 안테나 세트는 충돌 위험을 줄이기 위해 접근 반대편 활주로 끝에서 충분히 떨어진 계기 활주로의 중앙선 연장선 위에 위치한다. 이 장치는 활주로 중앙에서 MM(Middle Markers), OM(Outer Markers), Localizer Back 경로로 형성하는 전파 영역을 발신한다. 이것들을 각각 Front와 Back경로라 부른다. Localizer는 108.1~111.95MHz(홀수로 된 소수 첫째 자리만) 주파수대에서 안내하는데, 안테나에서 18마일 되는 거리, 그리고 안테나 Site에서 4,500피트 고도로부



[그림 2-31] Localizer Coverage

터 활주로 Threshold까지의 경로 안내를 제공한다.

[그림 2-31]

Localizer 경로 폭은 완전 'Fly-left'(CDI가 완전히 왼쪽으로 치우침)에서 완전 'Fly-right'(CDI가 완전히 오른쪽으로 치우침)까지 경로를 따라 어느 지점에서의 각도 폭으로 정의된다. 각 Localizer 시설은 세 글자 명칭을 들어서 확인할 수 있고, 일정한 간격으로 전송된다. ILS 확인은 글자 'I'(두 점)로 시작한다. 예를 들어, Localizer는 관련 ATC 시설이 접근과 착륙 지시를 하는 데 사용하도록 이 주파수에 음성을 전송할 수 있다. Localizer 경로는 아주 좁기 때문에(보통 5도) 높은 바늘 감도(Needle Sensitivity)를 유발한다. 이 경로 폭에서 항공기가 중앙에서 어느 쪽으로 2.5도에 있으면, 바늘이 완전히 편향(Deflection)하게 된다. 이 감도는 착륙 활주로로 정밀한 위치 파악을 하게 해 준다. 편향이 1/4 눈금을

넘지 않으면 항공기는 활주로와 정대 될 것이다.

## (2) Glide Slope

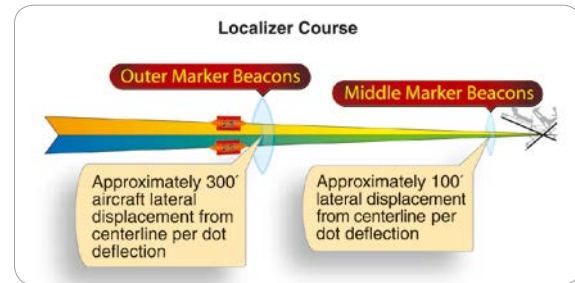
글라이드 슬로프(Glide Slope)는 지상 시설의 전파 방사 형태를 만들어 내고, 수신하며, 지시하는 시스템(System)을 말한다. Glide Path는 항공기가 FAF에 접근하면서 GSIA(Glide Slope Intercept Altitude)와 Glide Slope가 교차하는 곳에서 활주로 접지 지점까지 접근을 위해 강하하며 비행해야 할 직선의 경사진 선이다. Glide Slope 장치는 접근 활주로 끝에서 대략 750~1,250피트 아래, 그리고 중앙선에서 한쪽으로 400~600피트 사이에 있는 건물 안에 덮여 있다. Glide Slope 장비에 의해 투영된 경로는 Localizer에 의해 만들어지는 경로와 근본적으로 동일하다. Glide Slope 각도는 보통 활주로 표고에서 MM은 200피트, OM은 1,400피트 위에서 교차



하도록 수평에서 2.5도~3.5도로 맞추어져 있다. 정상 최대 Glide Slope 각도로 표준 최소 장애물 안전 고도를 유지할 수 없는 곳에서, Glide Slope 장비는 활주로 길이가 여유 있다면 활주로 끝에서 더 멀리에 위치한다. 또는, Glide Slope 각도는 4도까지 증가될 수 있다. Localizer와 다르게, Glide Slope 송신기는 Front 경로의 최종 접근 방향으로만 신호를 발송한다. 이 시스템(System)은 Back 경로 접근 시 수직 안내를 제공하지 않는다. Glide Path의 두께는 보통 1.4도가 된다. 접지 지점으로부터 10마일 되는 곳에서, 수직거리는 대략 1,500피트가 되고, 접지 지점에서는 좁아져 몇 피트 정도가 된다.

### (3) Marker Beacons

두 개의 VHF Marker Beacon(Outer Marker, Middle Marker)은 보통 ILS 시스템(System)에서 사용된다. 세 번째 Beacon(Inner Marker)는 Category II 운용이 인가된 것에 사용된다. Marker Beacon은 ILS Back 경로에서 FAF를 지시하기 위해 사용될 수 있다. OM은 항공기가 어디에 있는지 위치를 지시하기 위해 공항으로부터 4~7마일 Localizer Front 경로상에 위치한다. Localizer 경로의 적절한 고도에서 Glide Path를 타게 될 것이다. Glide Slope 중앙선이 접지 구역 표고에서 200 피트 위에 위치한 MM은 Localizer Front 경로의 중앙선상에 있는 착륙 Threshold로부터 대략 3,500 피트에 위치한다. IM(Inner Marker)은 MM과 착륙 Threshold 사이의 Front 경로에 위치한다. 이것은 Category II ILS 접근을 하는 동안 항공기가 Glide Path 상의 결심 고도(Decision Height)에 있는 것을 의미한다. Back 경로 Marker가 있는 곳은 Back



[그림 2-32] Localizer Course

경로의 FAF를 지시한다. [그림 2-32]

### (4) Compass Locator

Compass Locator들은 낮은 출력의 NDB이고, ADF 수신기에 의해 수신되고 시현된다. ILS Front 경로와 같이 사용될 때, Compass Locator 시설은 OM 그리고/또는 MM 시설과 같이 위치한다. Outer Locator의 코드 확인명은 관련된 LOC의 세 글자 확인명의 첫 두 글자를 구성한다. 예를 들어, Dallas/Love Field(DAL)의 Outer Locator는 'DA'로 확인된다. DAL의 Middle Locator는 두 글자 'AL'로 확인된다.

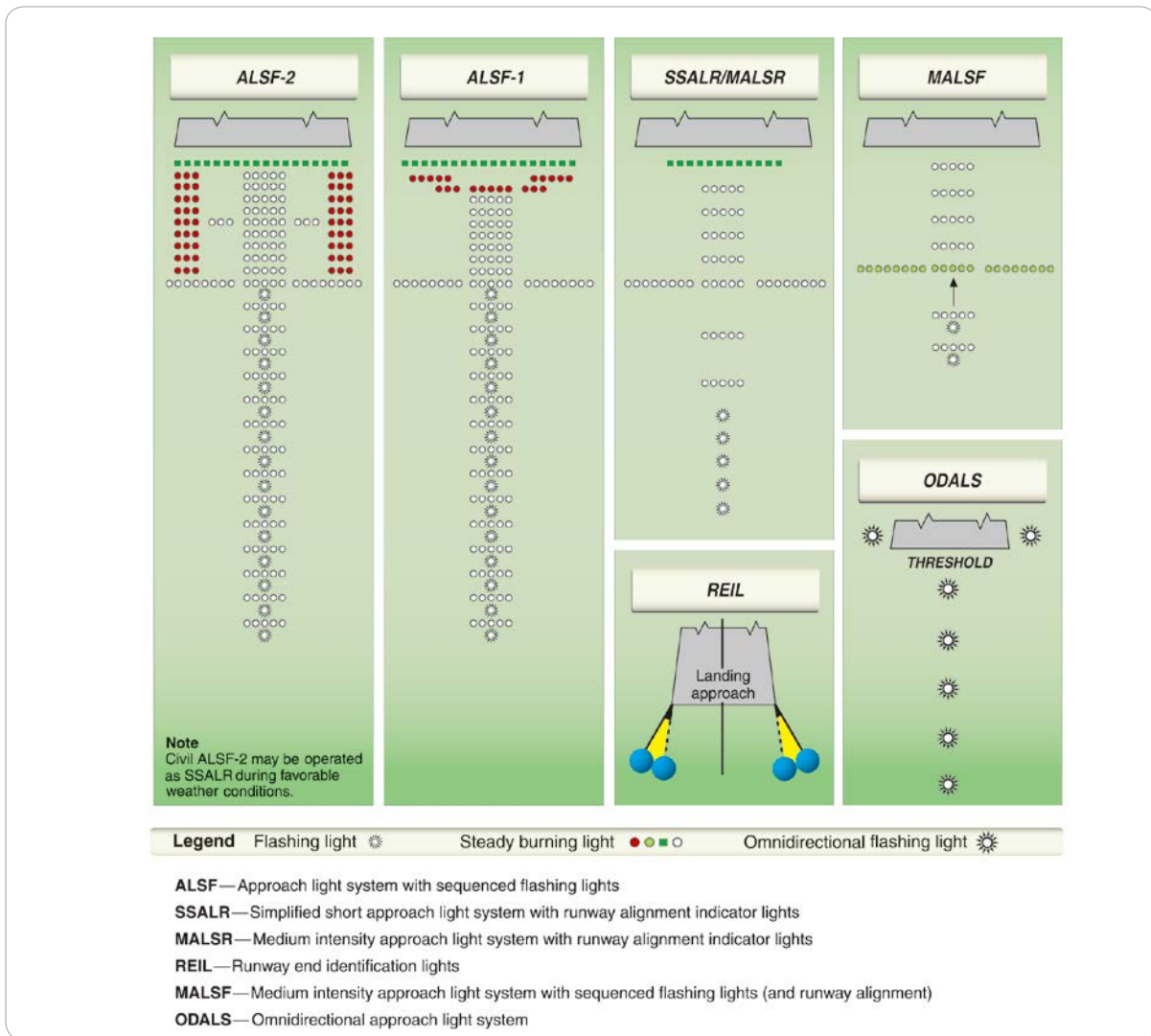
### (5) 접근 등화 장치

#### (Approach Lighting Systems, ALS)

ILS의 일반 접근과 Letdown(고도 낮추기)은 두 개의 명백한 단계로 나뉜다. : 전파 안내만을 사용하는 계기접근 단계와, 지상 활주로 주변을 눈으로 보았을 때 정밀도와 안전을 위해 필요한 시각 단계이다. 특히 낮은 운고/시정 상태에서 계기접근의 가장 치명적인 시기는 조종사가 착륙을 해야 하는지 실패 접근(Missed Approach)를 해야 하는지 결정하는 시점이다. 활주로 Threshold에 접근함에 따라 시각

Glide Path는 개별적인 두 개의 등들로 나뉜다. 이 지점에서, 활주로 Touchdown Zone Marker를 보면서 접근을 계속해야 한다. ALS는 안전한 시계 전환(Visual Transition)을 위해 충분히 대기를 침투하도록 Touchdown으로부터의 방향, 거리, Glide Path를 위한 빛을 제공한다. 조종사의 ALS 시각적 확인은 즉각적이어야 한다. 그래서 접근을 시작하기

전에 ALS의 종류를 아는 것이 중요하다. 계기비행을 하기 전에 목적지 공항의 등화 시설의 종류를 알기 위해 계기접근 차트를 확인해라. 특히 최소한의 등화 시설로 선회 접근(Circling Approach)을 하거나, 시나 지상 시설의 불빛이 방해가 되는 도시의 한 가운데에 위치한 큰 터미널 공항에서 시정이 감소된 상태에서 낮선 활주로에 대한 재빠른 상황 파악



[그림 2-33] Precision and nonprecision ALS configuration

은 어려울 수 있다. 종종 ‘Rabbit(토끼)’이라 불리는 High-intensity Flasher System(고강도 점멸 장치)은 많은 큰 공항에 설치되어 있다. 밝은 파랑-흰색의 배열로 구성된 점멸등은 접근등을 따라 순서대로 반짝이고, 빛으로 된 공이 활주로 방향으로 이동하는 효과를 제공한다. 전형적으로 ‘Rabbit’은 초당 2회의 이동을 한다.

REIL은 계기 활주로의 빠르고 적극적 확인을 위해 설치되었다. 이 장치는 접근 구역을 보면서 활주로 Threshold의 양옆에 측면으로 위치하면서 동시에 작동하는 한 쌍의 반짝이는 등으로 구성되어 있다.

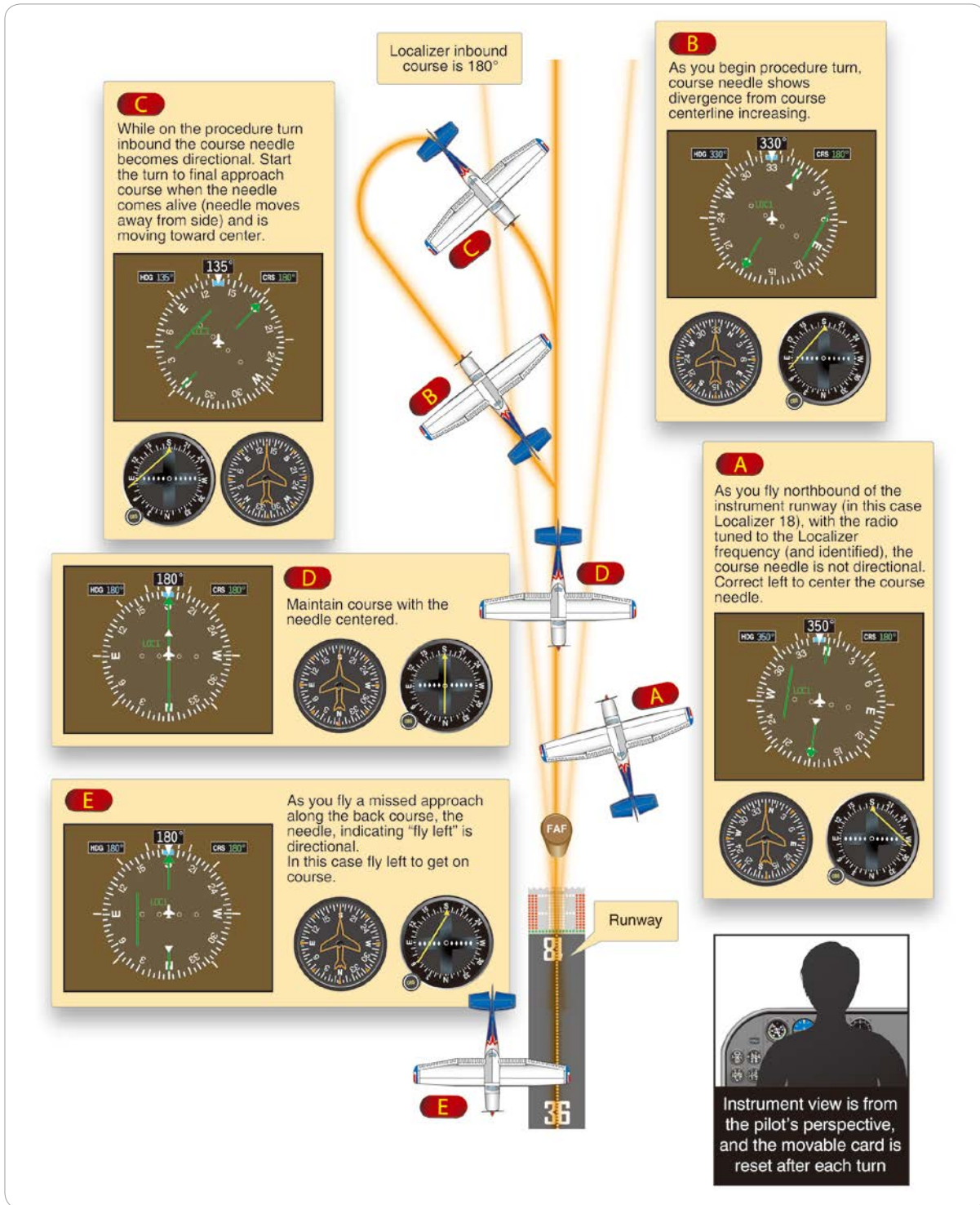
## 2.20.2 ILS 탑재 장비 구성 요소

### (ILS Airborne Components)

ILS 장치의 탑재 장비는 Localizer 수신기, Glide Slope, Marker Beacon, ADF, DME, 각각의 지시계기들을 포함한다. 전형적인 VOR 수신기는 일반적인 주파수 설정이 되고 지시가 되는 Localizer 수신기이기도 하다. 어떤 수신기는 독립된 기능의 선택 스위치(Switch)를 가지고 있으나, 대부분 108.00~111.95MHz 사이의 홀수 소수점 첫째 자리가 선택되면 자동으로 선택된다. 그렇지 않으면 VOR과 Localizer 주파수 설정은 같은 버튼(Knob)과 스위치(Switch)로 설정할 수 있고, CDI는 VOR 래디얼(Radial)에서처럼 ‘On Course’를 지시한다. 비록 어떤 Glide Slope 수신기가 독립적으로 주파수를 설정하더라도, 전형적인 Glide Slope 지시 장비는 Localizer 주파수를 맞추었을 때 자동으로 적절한 주파수로 설정된다. 108.10~111.95MHz 대역에서 각각의 40개 Localizer 채널은 연관된 Glide

Slope 주파수와 쌍을 이루고 있다. Localizer 지시계가 Glide Slope 바늘을 포함하고 있을 때, 이 계기를 ‘Cross-pointer(교차 지시침) 지시계’라 부른다. 교차하고 있는 수평(Glide Slope)과 수직(Localizer) 바늘은 Localizer 경로와 Glide Path 위치를 지시하도록 표준 다섯 점 편향(Five-dot Deflection)을 통해 움직인다. 항공기가 Glide Path 상에 있을 때, 바늘은 수평이 되고 참조점 위에 있게 된다. Glide Path가 Localizer 경로(Full Up에서 Full Down 편향까지 대략 1.4도)보다 많이 좁기 때문에, 바늘은 항공기를 On-Path 정렬하는 데에 아주 민감하다. Glide Slope Interception을 하는 데 있어, 적절한 강하율로 아주 조금씩 수정을 해야 항공기가 정대 된 채로 있게 된다. Localizer와 Glide Slope 경고 깃발(Warning Flag)은 바늘을 움직이는 데 충분한 전압이 수신되었을 때 지시계에서 사라진다. 깃발은 불안정한 신호와 수신기 고장이 발생했을 때 나타난다. OM은 낮은 음조, 초당 두 개의 연속적인 Dash, 보라/파랑의 Marker Beacon Light로 확인된다. MM은 중간 음조, 분당 95 Dot/Dash의 비율로 교차하는 Dot와 Dash, 황색 Marker Beacon Light로 확인된다. IM이 설치된 곳에서 IM은 높은 음조, 초당 6개의 비율로 된 연속적인 Dot, 흰색 Marker Beacon Light로 확인된다. Back 경로 Marker가 설치된 곳에서 높은 음조의 분당 72~75회의 Two-dot 조합, 흰색 Marker Beacon Light로 확인된다.

Marker Beacon 수신기의 감도는 많은 장치에서 High나 Low를 선택할 수 있다. 낮은 감도(Low-sensitivity) 위치는 위치 지시를 하는 데 있어 가장 명백한 지시를 하고, 접근을 할 때 사용해야 한다. 높은 감도(High-sensitivity) 위치는 항공기가 Marker



[그림 2-34] Localizer course indications



Beacon 지점에 접근할 때 이른 경고를 제공한다.

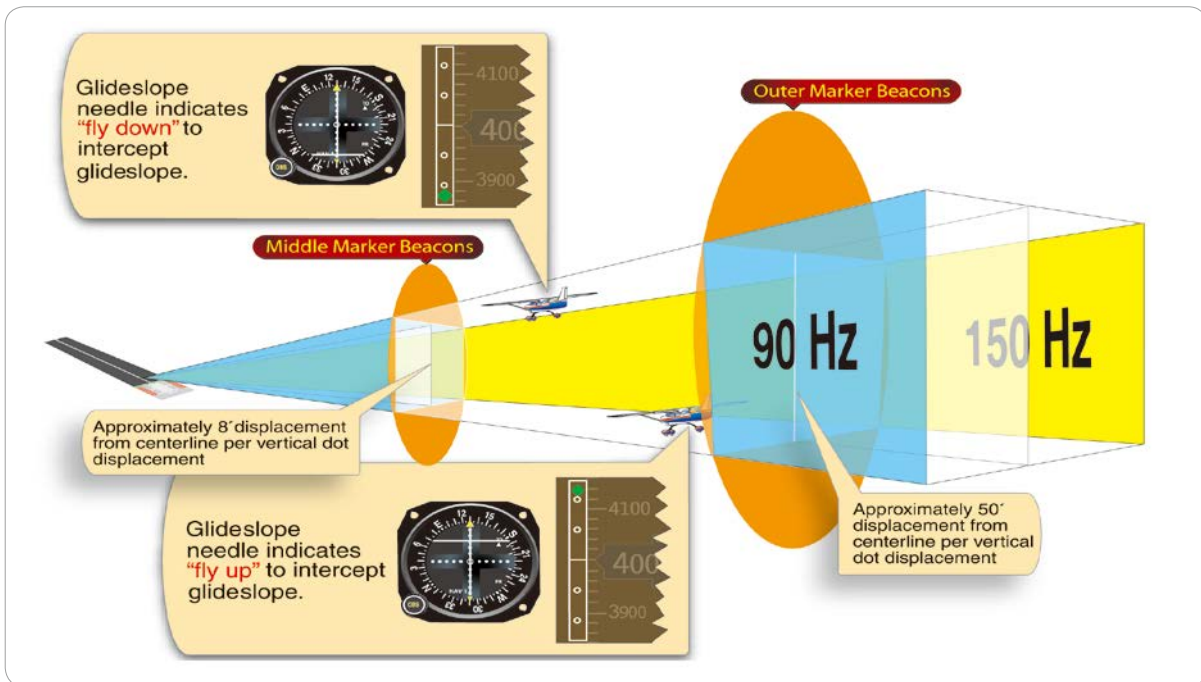
### 2.20.3 ILS 기능(ILS Function)

Localizer 바늘은 항공기의 위치나 방향에 상관없이, 항공기가 Localizer 중앙선의 왼쪽에 있는지 오른쪽에 있는지 편향에 의해 지시한다. 비록 경로 지시(Index) 아래에 OBS를 돌려 LOC Inbound 경로를 맞추는 데 유용할지라도, OBS를 돌리는 것은 Localizer 바늘이 움직이는 데 아무런 영향을 미치지 못한다. Front 경로를 Inbound 할 때나 Back 경로를 Outbound 할 때, 경로 지시는 지향성으로 남아 있게 된다. ([그림 2-34], 항공기 C, D, E 참고)

항공기가 Reverse Sensing 기능을 가지고 있지 않다면, Back 경로를 Inbound할 때나 Front 경로를

Outbound할 때, On-course 쪽으로 방향 수정은 바늘이 편향된 반대쪽으로 이루어진다. 이것은 'Flying away from the needle(바늘로부터 멀어지며 비행하기)'로 설명된다. Back 경로 신호는 특정 활주로 Back 경로 접근 절차를 위해 발간되었고, ATC에 의해 인가되지 않았다면 접근을 위해 사용해서는 안 된다. Localizer 중앙선에 도착하면, CDI가 중앙에서 벗어날 때까지 Inbound 방향을 유지해라. 편류 수정은 경로가 좁아지면서 작고 비례적으로 감소되어야 한다. 방향 수정이 2도를 넘지 않으면서 접근이 완료되도록, OM에 도달할 때까지 편류 수정은 정밀하게 이루어져야 한다.

가장 많이 조종사 기술을 요하는 단계는 OM에서 MM까지 강화할 때이다. Localizer 경로를 유지할 때, 적절한 강하율을 유지하기 위해 Pitch 자세를 조



[그림 2-35] Glide path



절하고, 적절한 속도를 유지하기 위해 Power를 조절한다. 동시에 고도를 확인해야 하고, 지상으로 시각적 전환을 하거나 실패 접근(Missed Approach)을 위한 강하가 이루어져야 한다. CDI와 Glide Path 바늘 지시의 관계와 Localizer와 Glide Path 중앙선으로부터 항공기 위치의 관계를 알았을 때, ILS 접근을 하면서 정밀한 계기 해석과 항공기 조종의 필요성을 절실하게 느낄 것이다. Glide Slope 바늘의 편류는 Glide Path와 관련한 항공기의 위치를 지시한다. 항공기가 Glide Path보다 높게 있을 때, 바늘은 아래로 편향된다. 항공기가 Glide Path보다 낮게 있을 때, 바늘은 위로 편향된다. [그림 2-35]

#### 2.20.4 ILS 오차(ILS Errors)

ILS와 그 구성 요소들은 아래에 명시된 것과 같은 일정한 오차들을 가지고 있다. 로컬라이저(Localizer)와 Glide Slope 신호들은 공간과처럼 단단한 물체로부터 동일한 형태로 반사된다.

- (1) 반사: 지상 차량과 5,000 피트 AGL 이하에서 비행하고 있는 다른 항공기는, 접근하고 있는 항공기에 전달되는 신호를 방해할 수 있다.
- (2) 거짓 경로: 원하는 경로에 추가하여, Glide Slope 시설은 본래 더 높은 수직 각도로 추가적인 경로를 만들어 낸다. 이 거짓 경로의 가장 낮은 각도는 대략 9도~12도에서 만들어진다. LOC/Glide Slope 경로를 일정한 고도로 비행하는 항공기는 거짓 경로를 지나가면서 Glide Slope 바늘과 Glide Slope 경고 깃발

(Warning Flag)이 반복해서 나타나는 것을 발견할 것이다. 이 거짓 경로를 타면 혼동(반대로 된 Glide Slope 바늘 지시)을 유발하고, 아주 높은 비율로 강하를 하게 된다. 그러나 적절한 접근 차트에 명시된 고도로 접근을 하면 이런 거짓 경로를 만나지 않을 것이다.

#### (3) Marker Beacons

Marker Beacon 송신기의 아주 낮은 출력과 지향성 안테나는, 송신기로부터 멀리 떨어진 지점에서는 신호 수신에 되지 않는다는 것의 이유가 된다. 신호 수신과 관련한 문제들은 탑재 수신기가 켜져 있지 않거나, 부정확한 수신기 감도 때문에 발생한다. 어떤 Marker Beacon 수신기들은 무게와 가격을 줄이기 위해 자체 동력원이 없이 설계되었다. 이 장치들은 Avionics Stack(항공 전자 장비를 쌓아서 장착해 놓은 것)에 있는(종종 ADF와 같은) 다른 Radio로부터 나오는 전원을 사용한다. 어떤 항공기는 Marker Beacon 수신기를 작동시키기 위해 ADF를 켜 놓아야 하지만 경고 깃발(Warning Flag)은 필요치 않다. 다른 문제의 원인으로 'High/Low/Off' 세 위치의 스위치(Switch)이다. 이 Switch는 수신기를 작동시키고 수신기 감도 위치를 선택한다. 보통, 'Test' 글자 위치는 단지 Marker Beacon Light의 전구가 작동하는지 점검하는 것이다. 그러므로 어떤 장비가 Marker Beacon이 실제로 작동하는지 아는 기능적 방법은 Marker Beacon 송신기 위를 비행하면서 신호가 잡히고 지시하는지 확인(예: 소리와 Marker Beacon Light)하는 것 외에는 없다.

### 2.20.5 운용상 실수(Operational Errors)

- (1) 특히 경로 특징의 차이와 같은 ILS 지상 장비의 원리를 이해하지 못한다. VOR 수신기가 Localizer 경로에 사용되기 때문에, Interception과 Tracking 기술이 로컬라이저(Localizer) 경로와 VOR 래디얼(Radial)에서 동일하다고 추측을 하게 된다. CDI 반응은 Localizer 경로에서 예민하고 빠르다는 것을 기억해라.
- (2) 빈약한 계획과 모든 탑재 장비를 이용하는 대신에 하나의 수신기를 이용하여 ILS로 전환하는 동안 Disorientation(방향감각 상실)이 된다. 이용할 수 있는 모든 보조 장비를 사용하라. 바쁜 시간에 한 수신기만을 사용하다 고장날 수 있다.
- (3) 위에서 언급한 첫 오차 때문에, Localizer 경로에서 Disorientation(방향감각 상실)이 된다.
- (4) 부정확한 Localizer Interception 각도. 큰 Interception 각도는 Overshooting이나 방향감각 상실(Disorientation)의 원인이 될 수 있다. Interception을 할 때, 가능하면 바늘이 처음 움직일 때 즉시 Localizer 경로 방향으로 선회해라. ADF 수신기는 ILS 접근을 할 동안 Localizer나 NDB가 Inbound 경로상에 있다면, 항공기 위치를 파악하는 데 훌륭한 도움이 된다.

- (5) 비행 전에 접근을 충분히 연구하지 않았을 때 CDI와 Glide Path 바늘을 쫓아다니게 된다.

## 2.21 단순 지향성 시설 (Simplified Directional Facility)

미국에서 사용되는 단순 지향성 시설(Simplified Directional Facility, 이하 'SDF'이라 한다)은 ILS 로컬라이저와 유사하게 최종 접근 경로를 제공한다. SDF 경로는 활주로와 정대 될 수도 있고 안 되어 있을 수도 있으며, 경로가 표준 ILS 로컬라이저보다 넓기 때문에 덜 정밀하다. 사용할 수 있는 Off-Course 지시는 경로 중앙선에서 좌우 5도로 제한되어 있다. 경로 중앙선으로부터 35도와 90도 사이의 계기 지시는 조절이 안 되며 무시해야 한다. SDF 안테나는 활주로 중앙선에서 비껴 설치될 수 있다. 이런 이유로 인해 최종 접근 경로와 활주로 방위가 수렴하는 각도는 계기접근 차트에 의해 결정되어야 한다. 이 각도는 보통 3도를 넘지 않는다. 접근 경로는 안테나 지점으로부터 파악되고, 활주로 시단을 넘어 계속되는 접근은 항공기를 활주로 중앙선보다는 SDF Offset 위치로 비행하게 만들기 때문에 조종사는 이 각도를 확인해야 한다. 송신기로부터 발송되는 SDF 신호의 경로 폭은 최대 비행 가능과 최적의 접근 경로 품질을 제공하기 위해 6도나 12도에 고정되어 있다. SDF 주파수로 세 글자의 확인명(Identifier)이 송신된다. 이는 로컬라이저와 달리, 지상국 확인명 앞에 'I'가 붙지 않는다. 예를 들어, Lebanon Missouri SDF의 확인명은 LBO가 된다.

## 2.22 방위각식 방향 보전의 항법 보조 장비 (Localizer Type Directional Aid)

미국에서 사용되는 방위각식 방향 보전의 항법 보조 장비(Localizer Type Directional Aid, 이하 'LDA'이라 한다)는 유용성과 정밀도에서 로컬라이저와 비교할 수 있지만, 완전한 ILS의 부분이 아니다. LDA 경로 폭은 3도와 6도 사이여서 SDF보다 더 정밀한 접근 경로를 제공한다. 어떤 LDA는 글라이드 슬로프를 가지고 있다. LDA 경로는 활주로에 정대 되어 있지 않지만, 활주로 중앙선과 LDA 경로가 30도를 넘지 않는 곳은 직진입 최저치가 발간 되어 있을 수 있다. 만약 각도가 30도를 넘으면 단지 선회 접근 최저치만이 발간된다. 확인명은 LDA 주파수로 전파되며 'I'가 먼저 오는 세 글자로 되어 있다. 예를 들어, Van Nuys, California, LDA는 I-BUR이다.

## 2.23 비행 관리 시스템 (Flight Management Systems, FMS)

비행 관리 시스템(Flight Management Systems, 이하 'FMS'이라 한다)은 그 자체로는 항법 장비가 아니다. 그렇다기보다는 탑재된 항법 장비의 관리 업무를 자동화하는 장치이다. FMS는 다른 탑재 관리 업무를 실행하지만, 이 논의는 항법 기능에 제한되어 있다. FMS는 비행 승무원과 조종실 장치 사이에 접속되어 있다. FMS는 공항과 NAVAID의 위치와 관련 자료, 항로, Intersection, DPs와 STARs로 된 데이터베이스를 가지고 있는 컴퓨터로 생각할

수 있다. FMS는 또한 수많은 사용자-정의 웨이포인트, 출항을 구성하는 비행 항로, 웨이포인트, 도착, 접근, 대체 공항 등을 받아들이고 저장할 수 있다. FMS는 항공기의 현재 위치에서 지구상의 다른 지점까지 원하는 항로를 빨리 정의하고, 비행 계획 계산을 수행하며, 승무원에게 전체 비행 항로를 시현할 수 있다. FMS는 또한 VOR, DME, LOC NAVAID를 조절(선택)하고, 그런 다음 이 시설로부터 항법 자료를 수신하는 기능을 가지고 있다. INS, LORAN, GPS 항법 자료는 FMS 컴퓨터에 의해 받아들여질 수 있다. FMS는 승무원과 항법장치 사이에서 'Go-between(중개자)이 되도록 탑재 항법장치를 위해 입력/출력 장치처럼 작동할 것이다.

### 2.23.1 FMS의 기능(Function of FMS)

시동 시에, 승무원은 항공기의 위치, 출발 활주로, DP(만약 적용된다면), 항로를 규정짓는 웨이포인트, 접근 절차, 사용할 접근, 대체 공항까지 항로를 프로그래밍화 한다. 이것은 수동으로 입력되거나, 저장된 비행 계획의 형태가 되거나, 다른 컴퓨터에서



[그림 2-36] FMS CDU in flight plan mode

계획하고 디스크나 전자적으로 FMS 컴퓨터에 전송될 수 있다. 승무원은 이 기본 정보를 조절/시현 장치(Control/Display Unit, 이하 'CDU'이라 한다)로 입력한다. [그림 2-36]

이륙을 하면, FMS 컴퓨터는 적당한 NAVAID의 주파수를 맞추고 래디얼(Radial)/거리 정보를 얻거나, 두 개의 NAVAID 주파수를 맞추고 더욱 정밀한 거리 정보를 얻는다. 그런 다음, FMS는 위치, 항적(Track), 원하는 방향, 대지속도, 원하는 항적(Track)과 관련된 위치를 지시한다. 더 복잡한 항공기에서 FMS는 HSI, RMI, Glass Cockpit Navigation Display, HUD(Head-up Display), Autopilot, Autothrottle 장치에 입력을 제공한다.

## 2.24 헤드업 디스플레이 (Head-up Display)

헤드업 디스플레이(Head-up Display, 이하 'HUD'라고 한다)는 조종사와 윈드실드(Windshield) 사이의 투명한 스크린에 항법과 Air Data(접근 참조속도와 관련한 속도, 고도, 왼쪽/오른쪽과 Glide Slope의 위/아래) 영상을 제공하는 장치이다. 항공기의 기수에 연관된 활주로 목표를 포함한 다른 정보들이 시현될 수 있다. 이 장치는 조종사가 Windshield 밖을 보는 동안 접근에 필요한 정보를 조종사가 보도록 해 준다. 이 장치는 계기판과 밖을 보는 사이의 시선 이동을 줄여 준다. 만약 항공기의 비행 컴퓨터를 이용할 수 있고 사용자가 디스플레이를 정의할 수 있다면, 실제로 필요한 어떤 정보라도 HUD에 시현될 수 있다.



[그림 2-37] Example of HUD

## 2.25 Radar Navigation(Ground Based)

레이더는 RF 에너지 파장을 특정 방향으로 송신하여 작동한다. 표적으로부터 반사파가 돌아오거나 전파가 튕기는 것은 정밀하게 시간을 측정할 수 있다. 이로부터 전파가 이동한 거리와 반사파가 측정되고, 표적까지의 거리와 방위가 즉시 결정되어 레이더 스크린에 시현된다. 레이더 송신기는 극히 높은 출력 수준을 감시하여 공중으로 송신할 수 있어야 하고, 관련된 레이더 수신기는 극히 적은 수준의 반사파를 감지할 수 있어야 한다. 레이더 시현 장치는 관제사에게 레이더 시설의 탐지 범위 안에 있는 항공기의 레이더 반사파를 지도처럼 시현한다. 전자적으로 만들어 낸 거리 표시와 방위를 지시하는 장치에 의해, 관제사는 각각의 레이더 표적을 레이더 시설과 관련하여 위치시킬 수 있거나, 하나의 레이더 표적을 다른 것에 관련하여 위치시킬 수 있다. Video-mapping 장치는 실제 항로나 공항 지도를 만들어 내고 그것을 레이더 시현 장비에 나타





[그림 2-38] Typical display and control unit(s) in general aviation

낼 수 있다. Video-mapping 기능을 사용하여 항공 교통관제사는 항공기 표적을 볼 수 있을 뿐만 아니라, 활주로, 항법 보조 시설들, 구역 안의 위험한 지상 장애물에 연관된 이 표적들을 볼 것이다. 그러므로 레이더는 항법 보조 시설이 되고, 가장 중요한 교통 분리 수단이 된다. 12개나 그 이상의 표적을 시현하는 데 있어, 1차 감시레이더 장치는 하나의 특정 레이더 표적을 확인할 수 없고, 특히 레이더 시설과 항공기 사이에 강수나 폭풍우가 있다면 상당한 거리에 있는 작은 표적을 보는 데 어려움이 있다. 이 문제는 ATCRBS(Air Traffic Control Radar Beacon System)에 의해 해결되었다. 종종 2차 감시레이더 (Secondary Surveillance Radar, 이하 'SSR'라고 한다)라 불리는, 항공기에 있는 '트랜스ponder'를 이용한다. 지상 장비는 질문 장치로서 Beacon 안테나가 장착되어 감시 안테나와 같이 돌아간다. 질문 장치는 암호화된 전파 순서를 보내어 항공기 트랜스ponder를 작동시킨다. 트랜스ponder는 강한 대답 신호와 적극적인 항공기 확인, 항공기 고도와 같은 특정 자료를 포함하는 미리 선택된 암호 순서를 지상 장비에 송신하여 답한다.

### 2.25.1 Radar Navigation의 기능(Functions of Radar Navigation)

ATC가 사용하는 레이더 시스템은 항로 감시레이더(Air Route Surveillance Radar, 이하 'ARSR'이라 한다), 공항감시레이더(Airport Surveillance Radar, 이하 'ASR'이라 한다), 정밀 접근 레이더(Precision Approach Radar, 이하 'PAR'이라 한다), 공항 표면 탐지 장치(Airport Surface Detection Equipment, 이하 'ASDE'이라 한다)이다. 감시레이더는 360도 방위를 탐지하고 표적 정보를 관제탑이나 접근관제소에 있는 레이더 디스플레이에 나타낸다. 이 정보는 독립적으로 사용되거나, 항공교통관제에 있어 다른 항법 보조 시설과 연계하여 사용된다. ARSR은 우선적으로 넓은 지역을 담당하도록 설계되었고, 터미널 구역 사이의 항로에 있는 항공기 시현을 제공하는 장거리 레이더 장치이다. ARSR은 항공기가 ARSR 범위 안에 있을 때 ACC(Air Control Center) 관제사가 레이더 서비스를 제공할 수 있도록 해 준다. ARSR은 ACC(Air Control Center)가 Radar Approach



Control에 의해 제공되는 것과 비슷하지만, 더 제한된 Terminal Radar Service를 제공할 수 있도록 해 준다. ASR은 공항 주변에서 상대적으로 짧은 거리 범위 안에 서비스를 제공하도록 설계되었고, 레이더 스코프 상의 정밀한 항공기 위치를 관찰하여 터미널 구역 교통 흐름의 빠른 처리 수단을 제공한다. 인가된 감시레이더 접근 절차를 가지고 있는 공항에서 비정밀 계기접근을 할 수 있다. ASR은 최종 접근 경로로 레이더벡터(Radar Vector)를 제공하고, 그런 다음 접근을 하는 동안 조종사에게 방위 정보가 제공된다. 활주로부터의 거리에 따라 조종사는 MDA, 강하시기에 있을 때 조언을 받는다. 만약 요청한다면, 최종 구간에서 매 마일마다 추천 고도(Recommended Altitude)가 제공될 것이다. PAR은 항공기 순서나 간격을 위해서 설계되었다기보다는 거리, 방위, 고도 정보를 시현하는 착륙 보조 시설로 사용되기 위해 만들어졌다. PAR 장비는 우선적인 착륙 보조 장비로 사용되거나, 다른 형태의 접근을 감시하는 데 사용될 수 있다. PAR 배열에 두 개의 안테나가 사용되는데, 하나는 수직면을 탐지하고 다른 하나는 수평으로 탐지한다. 범위는 10마일, 방위는 20도, 고도는 7도로 제한되어 있기 때문에 최종 접근 구역만 담당한다. 관제사의 스코프는 두 부분으로 나누어져 있다. 위쪽 반은 고도와 거리 정보를 나타내고, 아래쪽 반은 방위와 거리 정보를 나타낸다. PAR은 관제사가 아주 정밀한 방위와 고도 안내를 조종사에게 제공할 수 있게 해 준다. 조종사에게 비행할 방향이 제공되고 항공기가 착륙 활주로 중앙선 연장선상에 정대 되도록 해 준다. 조종사에게 Glide Path Interception이 되기 10~30초 전에 말을 해 주고, 언제 강하를 시작

해야 하는지 말해 준다. 발간된 결심 고도(Decision Height, 이하 'DH'이라 한다)는 조종사가 요구할 때만 제공된다. 만약 항공기가 Glide Path의 위나 아래로 멀어진다면, 조종사에게 벌어진 양에 따라 'Slightly'나 'Well'을 사용하여 알려주고, 조종사는 Glide Path로 돌아가기 위해 강하/상승율을 조절해야 한다. 경향 정보는 항공기 고도와 관련하여 제공되고, 'Rapidly'와 'Slowly'를 사용하여 수식한다. 예는 다음과 같다. "Well above Glide path, coming down rapidly"

접지 지점으로부터의 거리는 매 마일마다 제공된다. 만약 항공기가 방위나 고도로 제한된 특정 안전 구역에서 멀어지며 계속 밖으로 비행하고, 조종사가 활주로 주변(활주로, 접근 등화, 기타)을 보고 있지 못하면 특정 경로로 비행하거나 실패 접근을 수행하도록 지시한다. 방위와 고도의 항법 안내는 항공기가 발간된 DA(Decision Altitude)/DH에 도달하기 전까지 조종사에게 제공된다. 관제사는 항공기가 착륙 Threshold를 지나갈 때까지 권고 경로와 Glide Path 정보를 제공한다. 이 지점에서 조종사는 활주로 중앙선에서 멀어진 정도를 조언받는다. 레이더 서비스는 접근이 완료되면 자동으로 종료된다.

#### (1) 공항 표면 탐지 장치

(Airport Surface Detection Equipment)

이 레이더 장비는 항공기와 차량을 포함한 공항 지표면상의 모든 기본적인 지형을 탐지하도록 특별히 설계되었고, 관제탑에 있는 레이더 Indicator Console에 전체 모습을 시현한다. 이 장치는 활주로나 유도로상의 항공기와 차량 움직임을 관제탑에 있는 사람이 시각적으로 관찰하는 데 도움을 준다.

(2) 레이더 제한 사항(Radar Limitations)

- 1) 레이더 서비스에는 한계가 있고, ATC 관제사들은 레이더에 보이지 않거나 ATC 관제하에 있지 않은 항공기에 관련된 항적 정보를 항상 제공할 수 없다는 사실을 아는 것은 항공 관련자에게 아주 중요하다.
- 2) 무선전파의 특성은 기온 역전과 같은 비정상적인 대기 현상에 의해 휘지 않는 이상, 계속 직선으로 이동한다는 것이다. 짙은 구름, 강수, 지상 장애물, 산 등에 의해 반사되거나 감쇄된다. 또는 높은 지대 지형에 의해 걸러진다.
- 3) 1차 레이더 에너지는 단단한 물체에 의해 반사되고 관제사의 스크프에 시현된다. 그로 인하여 동일한 거리에 있는 항공기를 보이지 않게 하고, 먼 거리에 있는 표적의 시현을 약하게 하거나 완전히 제거한다.
- 4) 상대적으로 낮은 고도에 있는 항공기는 산에 의해 차폐되거나, 지구의 곡선 때문에 레이더 파의 아래에 있게 되어 보이지 않을 것이다.
- 5) 항공기의 반사면의 양은 레이더 반사의 크기에 의해 결정될 것이다. 그러므로 작고 가벼운 항공기나 매끄러운 제트기는 큰 상업용 제트기나 군용 폭격기에 비해 1차 레이더로 보기 힘들다.
- 6) ACC 레이더와 많은 공항감시레이더는 적절한 장비를 갖춘 항공기에 대한 모드(Mode C) 질문 능력을 가지고 있고, 고도 정보를 관제사에게 시현할 수 있다. 그러나 몇몇 공항감시레이더는 모드(Mode C) 시현 능력을 가지고 있지 않다. 그러므로 고도 정보는 조종사로부터 얻어야 한다.



## 3편. 기본 계기비행

### 1장 비행계기

- 1.1 동·정압 계통
- 1.2 Compass System
- 1.3 자이로스코프 장치
- 1.4 비행 지시 장치
- 1.5 계기 장치 비행 전 절차

### 2장 자세 계기비행

- 2.1 조종과 성능 방법
- 2.2 절차적 단계
- 2.3 자세 조종
- 2.4 Primary and Supporting Method
- 2.5 기본 기술
- 2.6 계기 해석
- 2.7 항공기 조종

### 3장 기본 비행 기동

- 3.1 직진 수평비행
- 3.2 직진 상승과 강하
- 3.3 선회
- 3.4 실속 접근
- 3.5 비정상 자세와 회복
- 3.6 계기 이륙
- 3.7 기본 계기비행 패턴



# 비행계기 Flight Instruments

정밀한 비행계기를 사용함으로써 조종사가 지상을 계속 보고 있어야 하는 것으로부터 자유롭게 되었을 때, 항공기는 실질적인 운송 수단이 되었다. 자가용이나 그 이상의 자격을 갖춘 모든 조종사가 외부 수평선 참조가 없이 수평비행과 안전한 선회를 할 수 있을 때 안전은 강화된다.

VFR 상황에서 비행하는 데는 기본 비행계기들과 Magnetic Direction Indicator가 필요하다. 이 계기들에 추가하여, IFR 상황에서 비행하는 데는 Gyroscopic Rate-of-turn Indicator, Slip-skid Indicator, 기압 고도를 설정할 수 있는 정밀 고도계, 시·분·초를 표시하는 시계나 디지털시계, Gyroscopic Pitch-and-bank Indicator(Artificial Horizon), Gyroscopic Direction Indicator(Directional Gyro나 장비)가 필요하다.

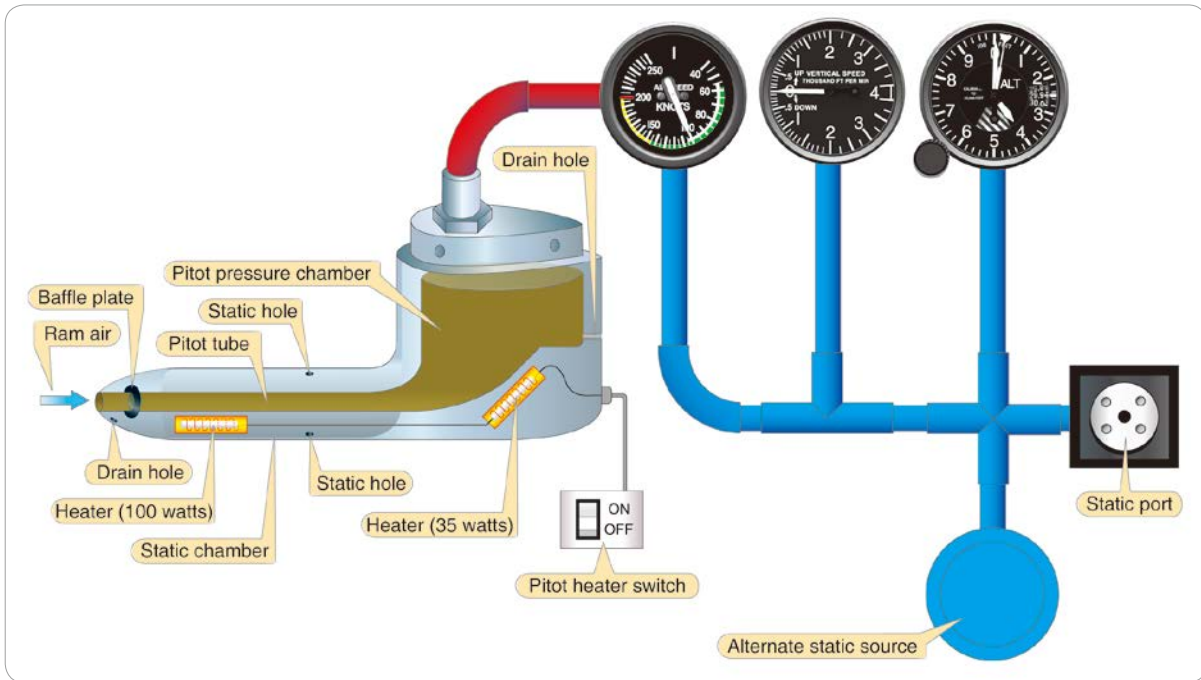
IMC에서 비행하는 항공기는 외부 시계 참조점이 없거나 제한될 때 이륙에서 착륙까지 정밀하게 비행하도록 하는 무선항법 계기와 자세와 방향 참조를 제공하는 계기를 장착하고 있다. 이 장에서 논의되는 계기들은 Pitot-static Instruments, Compass Systems, Gyroscopic Instruments로 구성되어 있다.

## 1.1 동 · 정압 계통(Pitot-Static System)

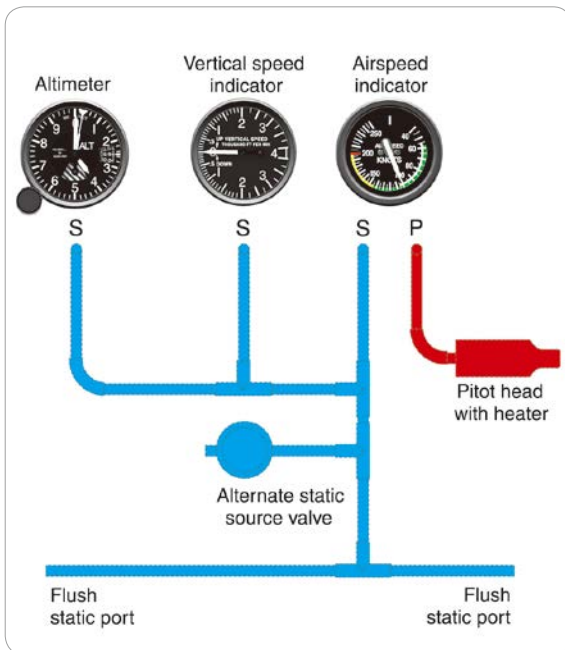
대부분의 항공기 계기판에서 세 개의 기본 압력-작동 계기들을 찾아볼 수 있다. 이 세 계기는 정밀기압고도계, 속도계, 승강계이다. 이 계기들은 항공기 동 · 정압 시스템(Pitot-Static System)에서 측정된 압력을 받는다. 비행계기들은 공기 중에서 항공기의 수평, 수직 움직임과 높이, 속도를 결정하는 데 있어 주변 대기 압력의 정확한 추출에 의존한다. 이 압력은 항공기의 동 · 정압 시스템(Pitot-Static System)에 의해 외부의 둘 이상의 위치에서 추출된다.

정지 상태의 공기 압력(정압)은 공기가 영향받지 않는 곳의 평평한 구멍(Flush Port)에서 측정된다. 어떤 항공기에서는 [그림 3-1]처럼 전기로 가열되는 Pitot-Static Head의 측면에서 측정된다. 다른 항공기는 동체나 수직 날개 측면의 평평한 구멍(Flush Port)을 통해 정압이 측정된다. 이 구멍들은 시험 비행을 통해 공기가 영향을 받지 않는 곳에 위치하고 한 쌍으로 되어 있어, 항공기의 양 측면에 하나씩 달려 있다. 이처럼 양 위치는 항공기의 측면 움직임에서 발생하는 오차를 막아 준다. 이 Static Port 주변은 전기 가열 장치로 가열할 수 있어, 구멍(Port) 위에 얼음이 생겨 정압(Static Air) 진입이 차단되는 것을 방지한다.

동압(Pitot Pressure), 또는 충돌 공기압(Impact Air Pressure)은 항공기 주변을 흐르는 공기 방향을 곧바



[그림 3-1] A typical electrically heated pitot-static head



[그림 3-2] A typical pitot-static system

로 향하고 있는, 끝이 뚫린 튜브(Tube)를 통해 얻어진다. Pitot Tube는 속도계로 연결되어 있고, Static Port는 속도계, 고도계, 승강계로 연결되어 있다. 만약 Static Port가 얼음으로 덮여 있거나 다른 것에 의해 막혀 있다면, 조종사는 항공기 내부 압력을 제공하기 위해 예비 정압 밸브(Static-System Alternate Source Valve)를 연다. 이렇게 하면 Pitot-Static 계기에 정밀하지 않은 지시를 할 수 있다. 오차의 양은 Pilot's Operating Handbook/Airplane Flight Manual(POH/AFM)에서 확인할 수 있다.

### 1.1.1 위치 오차(Position Error)

Static Port는 가능한 한 표면에서 공기가 영향받지 않는 곳에 위치한다. 그러나 비행 상태에 따라서,



특히 착륙장치(Landing Gear)와 플랩(Flap)을 내린 높은 받음각(양력이 0이 되는 각도)에서 Static Port 주변의 공기는 고도계와 속도계의 지시에 영향을 줄 정도의 오차를 유발한다. 이 계기들은 정확도가 중요하기 때문에 Static System의 위치 오차 점검은 항공기 증명 검사의 일부분이다. POH/AFM은 플랩(Flap)과 착륙장치(Landing Gear)의 다양한 외장에 따른 속도에 적용되는 수정치를 포함하고 있어야 한다.

### 1.1.2 동 · 정압 계기(Pitot-Static Instruments)

#### 1.1.2.1 정밀기압고도계

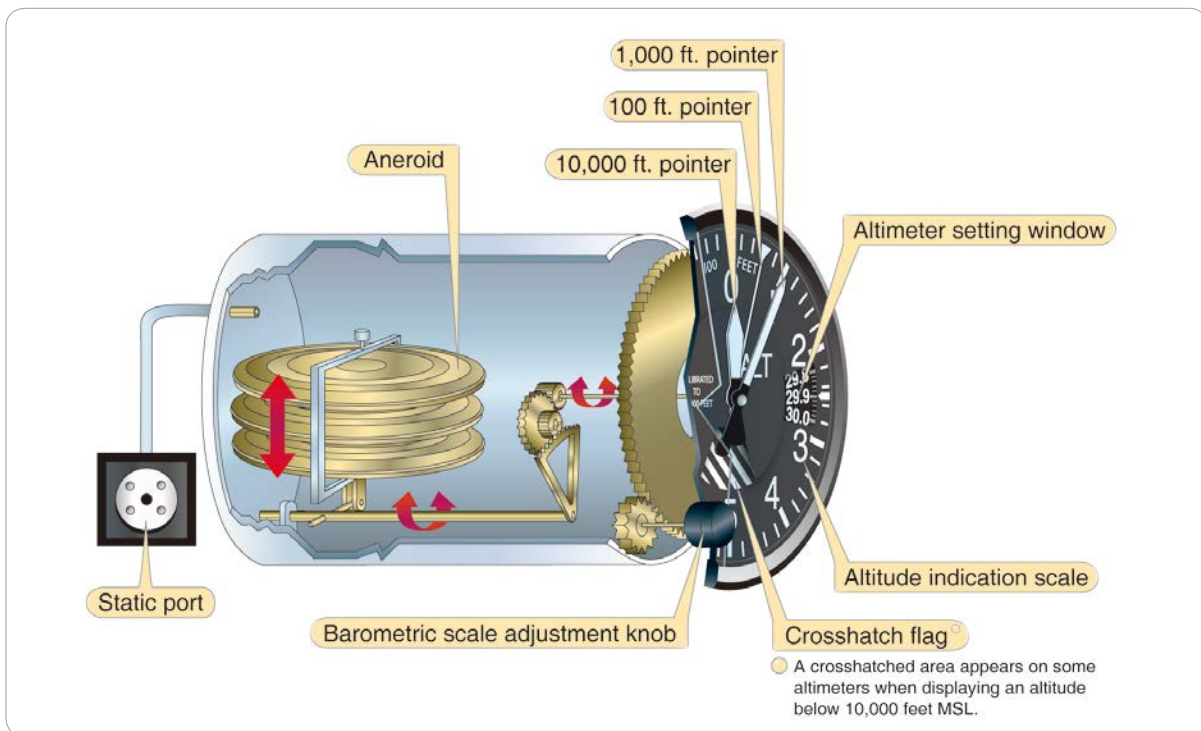
정밀기압고도계는 주변 공기의 절대 압력을 측정

하고 선택된 압력 수준을 피트나 미터로 표시하는 아네로이드(Aneroid) 기압계이다.

#### 1.1.2.2 작동 원리(Principle of Operation)

정밀기압고도계의 정밀기압측정장치는 [그림 3-3]에서 보듯이 속이 비어 있고, 주름이 진 청동 아네로이드 캡슐(Aneroid Capsule) 더미이다. 아네로이드(Aneroid)에 작용하는 압력은 아네로이드(Aneroid)를 팽창하게 하는 원래 탄성에 반하여 이를 누른다. 그 결과로 기압이 변하면서 두께가 변한다. 몇 개의 아네로이드(Aneroid)를 쌓아 놓으면 압력이 계기의 사용 범위 내에서 변할 때, 부피 변화를 증가시킨다.

10,000피트 이하에서 줄무늬 부분을 볼 수 있다.



[그림 3-3] Sensitive altimeter components



[그림 3-4] Three-pointer altimeter

고도계의 다른 형태는 [그림 3-5]에 나와 있는 것 같은 Drum-type이다. 이 계기들은 바늘이 하나로 매 1,000피트마다 한 바퀴씩 돈다. 각 숫자는 100피트를 나타내고, 각 눈금은 20피트를 나타낸다. 1,000피트 단위로 표시된 Drum은 기계장치에 Gear로 맞물려 있어 바늘을 움직인다. 이런 형태의 고도계는 1,000피트 단위를 읽기 위해 Drum을 본 다음, 100피트 이하의 단위를 읽기 위해 바늘을 본다.

정밀기압고도계는 조절할 수 있는 하나의 기압 눈금을 가지고 있어 고도가 측정되는 곳의 참조 기압을 설정할 수 있다. 이 눈금은 작은 창으로 볼 수 있고, 'Kollsman Window'라 부른다. 이 눈금은 계기에 달려 있는 손잡이로 조절할 수 있다. 눈금의 범위는 28.00~31.00" Hg, 또는 984~1,050 Millibar이다. 손잡이를 돌리면 기압 눈금과 고도계 바늘이 동시에 바뀌게 되어 기압 눈금 1" Hg가 변하면 1,000피트의 바늘 변화가 생긴다. 이것은 5,000피트 이하에서의 표준 기압 변화율이다. 기압 눈금을 29.92" Hg나 1,013.2 millibar로 조절할 수 있다면 바늘은



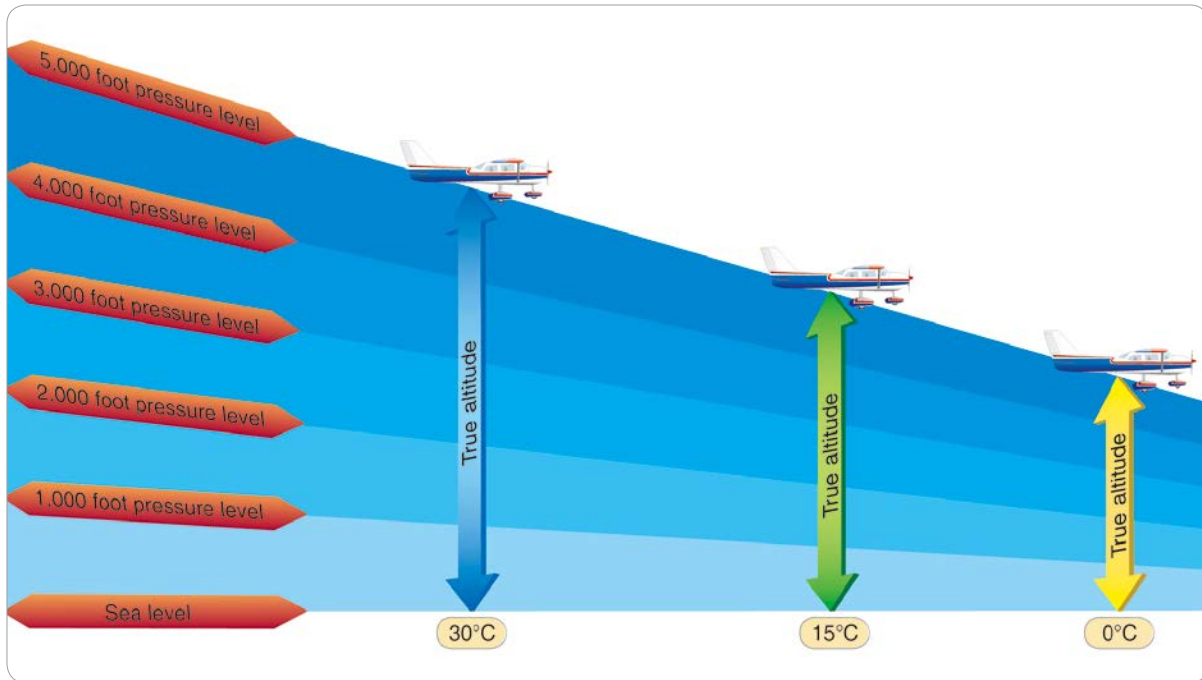
[그림 3-5] Drum-type altimeter

기압 고도를 지시한다. 지시 고도를 나타내고 싶다면, 기압 눈금에 Local Altimeter Setting을 설정하고 고도계는 실제 해수면 기압상의 고도를 지시하게 된다.

### 1.1.2.3 고도계 오차(Altimeter Errors)

정밀기압고도계는 표준 상태에서 표준 변화를 지시하기 위해 만들어졌지만, 대부분의 비행은 비표준 상태의 오차를 포함하므로, 이런 오차를 수정할 수 있어야 한다. 두 가지 형태의 오차가 있다. 기계적 오차, 고유 오차이다.

고도계의 상태를 결정하기 위한 비행 전 점검은 ATC가 조언해 주는 Altimeter Setting을 기압 눈금에 설정하는 것으로 이루어진다. 고도계 바늘은 측량된 공항 고도를 지시해야 한다. 만약 고도계 지시가 측량 고도로부터 75 피트 이상 차이가 나면, 그 계기는 인가된 계기 수리소에 재조정을 의뢰하여야 한다. 주변 기온과 기압과의 차이는 고도계의 지시 오차의 원인이 될 수 있다.



[그림 3-6] Effects of nonstandard temperature on an altimeter

[그림 3-6]은 비표준 온도가 고도계에 영향을 주는 방식을 보여 주고 있다. 항공기가 표준보다 따뜻한 곳을 비행할 때, 공기는 밀도가 떨어지고 기압 수준은 멀리 벌어지게 된다. 항공기가 지시 고도 5,000피트를 비행하고 있을 때 그 고도의 기압 수준(Pressure Level)은 표준 온도에 있을 때 보다 높게 되고, 공기가 차가운 곳보다 항공기는 높게 비행하게 된다.

만약 공기가 표준보다 차갑다면 공기는 밀도가 높아지고 기압 수준은 서로 가까워진다. 항공기가 지시 고도 5,000피트로 비행할 때 공기가 더운 곳을 비행할 때보다 진고도는 낮게 된다.

주변 온도와 표준 온도 사이의 극심한 차이는 CFIT(Controlled Flight into Terrain)를 방지하기 위해 고려해야 한다. [그림 3-7] 낮은 높이에서

1,000피트당 1”Hg가 떨어지는 표준 기온 감률과 기압 감률이 다를 때, 지시 고도는 진고도와 다르다. 예를 들어, [그림 3-8]에서 A 지점에 있는 항공기는 고도계 설정(Altimeter Setting)이 29.92”Hg인 표준 상태의 공기 속을 비행하고 있다. 고도계가 5,000피트를 지시할 때, 진고도 또한 5,000피트이다.

그런 다음, 항공기는 기압이 표준보다 낮고 고도계 설정(Altimeter Setting)이 28.36”Hg인 B 지점으로 비행하면서 조종사는 새로운 고도계 설정(Altimeter Setting)으로 고도계를 변경하지 않았다. 고도계가 5,000피트를 지시할 때, 진고도나 해발고도는 3,500피트밖에 안 된다. [그림 3-8] 고도 지시가 언제나 맞지 않다는 사실을 기억하기 위해 더운 곳에서 추운 곳으로 비행할 때, 또는 기압이 높은 곳에서 낮은 곳으로 비행할 때, 아래를 조심해야 한다.

### ICAO Cold Temperature Error Table

저온에 의해 발생하는 고도 오차는 온도가 표준보다 낮을 때 장애물 회피 고도를 고려하는 것이 아주 중요하다. 조종사는 아주 추운 온도 상태에서 비행할 때 최저 지형 회피 고도와 통상적인 최소치로부터 높은 고도를 유지하고자 한다. 낮은 장애물 회피 고도로 비행할 때 더 높은 고도로 비행할 필요가 있으며 이때 에어데이터 컴퓨터(Air Data Computer)와 연동되는 FMS(Flight Management System)는 저온 오차를 보상한다. 이 System을 가지고 비행하는 조종사는 이 장치가 자동으로 보상해야 하는 상황을 인지하고 있는지를 확인해야 하며, 만약 보상이 FMS나 수동으로 이루어진다면, ATC는 항공기가 정해진 고도를 비행하는지를 알려주어야 한다. 그렇지 않으면, 다른 항공기로부터 수직 분리가 줄어들

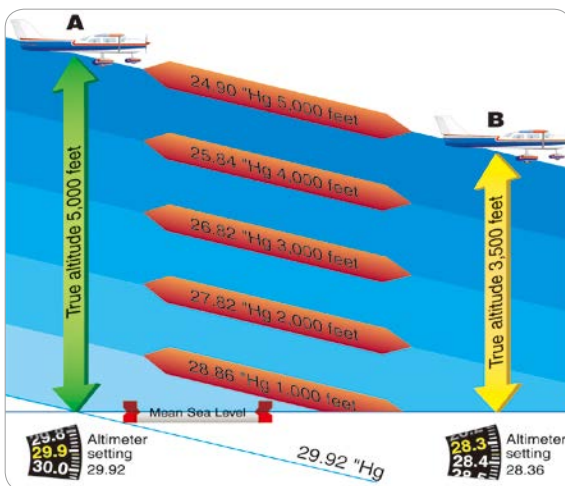
들어 잠재적인 위험 상황을 만들 수 있다.

ICAO 표준 공식에서 뽑아낸 다음 표는 온도가 아주 낮을 때 어느 정도의 오차가 있는지를 보여 준다. 이 표를 사용하기 위해 왼쪽 열에서 보고된 온도를 찾은 다음, Airport/Reporting Station으로부터의 높이를 알기 위해 맨 윗줄을 읽어라(예: Final Approach Fix에서 공항 고도를 뺀다). 이 때 행과 열이 만나는 지점이 가능한 오차의 양이다.

예: 온도는  $-10^{\circ}\text{C}$ , 공항 고도로부터 FAF는 500피트이다. 보고된 현재 Altimeter Setting은 고도계가 지시한 것보다 항공기를 50피트 아래에 위치하게 한다.

		Height Above Airport in Feet													
		200	300	400	500	600	700	800	900	1,000	1,500	2,000	3,000	4,000	5,000
Reported Temp $^{\circ}\text{C}$	+10	10	10	10	10	20	20	20	20	20	30	40	60	80	90
	0	20	20	30	30	40	40	50	50	60	90	120	170	230	280
	-10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	150	200	290	390	490
	-20	30	50	60	70	90	100	120	130	140	210	280	420	570	710
	-30	40	60	80	100	120	130	150	170	190	280	380	570	760	950
	-40	50	80	100	120	150	170	190	220	240	360	480	720	970	1,210
	-50	60	90	120	150	180	210	240	270	300	450	590	890	1,190	1,500

[그림 3-7] Cold temperature corrections chart



[그림 3-8] Effects of nonstandard pressure on an altimeter

#### 1.1.2.4 인코딩 고도계(Encoding Altimeter)

공역에서 조종사만이 항공기의 고도 지시를 알고 있는 것만으로는 충분하지 않다. 지상에 있는 관제사도 항공기의 고도를 알아야 한다. 이 정보를 제공하기 위해 항공기는 Encoding Altimeter를 장착하고 있어야 한다. ATC 트랜스폰더가 Mode C를 설정하고 있을 때, Encoding Altimeter는 항공기가 비행하고 있는 Flight Level(100피트 단위)을 확인해 주는 연속되는 전파를 트랜스폰더에 제공한다. 이 연속되는 전파는 지상 레이더에 전송되어 관제사 스크ope에 항공기 주변 영문 숫자로 나타난다. 트



랜스폰더는 관제사 관제하의 항공기를 확인할 수 있게 하고, 비행하는 기압 고도를 알 수 있게 해 준다. Encoding Altimeter 안에 있는 컴퓨터는 29.92” Hg 기준으로 기압을 측정하고 이 데이터를 트랜스폰더에 전송한다. 조종사가 기압 눈금을 Local Altimeter Setting에 설정할 때, 트랜스폰더에 보내지는 Data는 영향을 받지 않는다. 14 CFR Part 91에 따르면, 트랜스폰더에 보내지는 고도는 계기에 지시하는 고도의 125피트 이내에 있어야 한다.

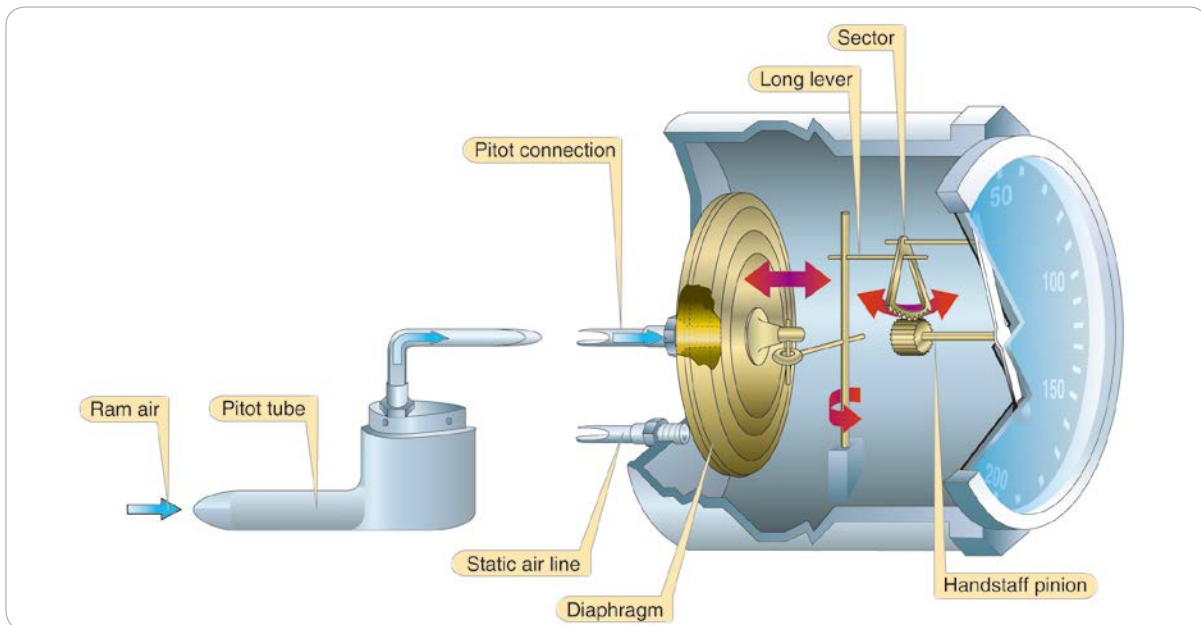
### 1.1.2.5 절대 고도계(Absolute Altimeter)

‘레이더 고도계’, ‘Radio 고도계’라고 불리는 절대 고도계는 지형으로부터 항공기 고도를 측정한다. 이 고도계는 Radio 신호와 주파수-변조 연속파나 전파를 지상으로 보내어, 정확하게 신호가 항공기에서 지상까지 도달했다 돌아오는 시간을 측정한다.

다. 이 이동 시간은 Time Delay로 수정되어 지시계에 피트 단위 거리로 나타낸다. 대부분의 절대 고도계는 Decision Height/Decision Altitude(DH/DA)나 Minimum Descent Altitude(MDA)를 설정할 수 있어, 항공기가 이 고도에 도달했을 때 불이 켜지고 소리를 들을 수 있다. 절대 고도계는 Ground Proximity Warning Systems(GPWS)과 비행 지시기(Flight Director)와 연동된다.

### 1.1.2.6 속도계(Airspeed Indicator)

속도계는 항공기가 비행하는 공기의 동압(Dynamic Pressure)을 측정하는 차이 압력계이다. ‘동압’은 주변의 정압(Static Air Pressure)과 공기 중을 이동하는 항공기에 의해 발생하는 전압(Total Pressure 또는 Ram Pressure)과의 차이이다. 이 두 압력은 Pitot-Static System에서 얻어진다. [그



[그림 3-9] Mechanism of an airspeed indicator



림 3-9]의 속도계 기계장치는 얇고 주름진 형광체-청동 아네로이드(Aneroid)나 Diaphragm으로 구성되어 있고, Pitot Tube에서 압력을 받는다. 계기 케이스는 밀봉되어 있고 Static Port에 연결되어 있다. Pitot 압력이 증가하거나 정압(Static Pressure)이 감소함에 따라 Diaphragm은 팽창하고, 이 용적 변화는 Rocking Shaft에 의해 측정되고, Gear들에 의해 계기 Dial 넘어 바늘을 움직인다. 대부분의 속도계는 Knots나 MPH(Miles Per Hour)로 눈금이 되어 있다. 어떤 계기들은 Statute Mil/es Per Hour로 표시되어 있고, 어떤 계기들은 둘 다 표시되어 있다.

#### 1.1.2.7 속도의 종류(Types of Airspeed)

많은 종류의 고도가 있듯이, 많은 종류의 속도도 있다. : 지시 속도(IAS: Indicated Airspeed), 수정 속도(CAS: Calibrated Airspeed), 진대기 속도(TAS: True Airspeed), 대지 속도(GS: Ground Airspeed)

##### (1) 지시 속도(Indicated Airspeed)

지시 속도는 계기 오차나 System 오차를 수정하지 않은 계기의 눈금판에 보이는 속도이다.

##### (2) 수정 속도(Calibrated Airspeed)

수정 속도는 항공기가 공기 중을 비행할 때, 지시 속도에서 계기 오차와 장착 오차를 수정한 속도이다. POH/AFM에는 지시 속도에서 이러한 오차를 수정하기 위한 차트나 그래프를 가지고 있고, Flap과 Landing Gear의 다양한 위치에 따른 올바른 수정 속도를 제공한다.

##### (3) 대등 속도(Equivalent Airspeed)

대등 속도는 수정 속도에서 Pitot Tube 내부의 공기 압축을 수정한 속도이다. 대등 속도는 표준대기 해면 고도에서 수정 속도와 동일하다. 속도와 기압 고도가 증가하면서 수정 속도는 실제보다 높게 지시하고, 압축 수정을 위해 오차를 수정 속도에서 빼야 한다.

##### (4) 진대기속도(True Airspeed)

진대기속도는 수정 속도에서 비표준 압축과 온도를 수정한 속도이다. 진대기속도는 표준대기 해면 고도에서 수정 속도와 동일하다. 그러나 비표준 상태에서 진대기속도는 수정 속도에서 압력 고도와 온도를 수정하여 구할 수 있다. 어떤 항공기들은 계기 Case 안에 온도-보상 Aneroid Bellow를 장착하고 있다. 이 Bellow는 바늘이 실제 진대기속도를 지시하도록 계기 Case 내부의 Rocking Shaft의 움직임을 수정한다. 진대기속도 지시계는 진대기속도와 지시 속도, 둘 다 제공한다. 이 계기들은 보통의 속도 기계장치와 함께, 보통 눈금 안에 도려낸 부분을 통



[그림 3-10] 진대기 속도 지시계는 비표준 온도와 기압 하에서 속도를 수정함

해 볼 수 있는 하위 눈금을 가지고 있다. 계기에 있는 손잡이를 돌려 하위 눈금판을 돌리면서 외부 공기 온도 지시를 항공기가 비행하고 있는 기압 고도에 맞춘다. 이렇게 맞추면 바늘이 하위 눈금판의 진대기속도를 가리킨다. [그림 3-10]

(5) 대지속도(Ground Speed)

지표면을 기준으로 비행하는 항공기의 실제 속도를 말한다. 즉, 진대기 속도(TAS)에 바람을 적용한 값이다. 정풍(Headwind)이 불면 대지속도(GS)는 감소하고, 배풍(Tailwind)이 불면 대지속도(GS)는 증가한다.

1.1.2.8 마하수(Mach Number)

항공기가 음속에 접근함에 따라, 특정 부분을 지나는 공기 흐름은 음속에 도달할 때까지 속도가 증가하고 충격파가 발생한다. 이런 상태에서 지시 속도는 온도와 함께 변화하므로, 이런 경우의 대기속도는 문제 발생이 임박했음을 조종사에게 알려주는데 적합하지 않아 마하수(Mach)를 사용하는 것이 더욱 유용하다. 마하수는 동일한 대기 상태에서 항공기의 진대기속도와 음속의 비율로, 음속과 동일한 속도로 비행하는 항공기의 경우 마하 1.0으로 표시한다. 대부분의 고속 항공기들은 비행 가능한 최대 마하수가 제한되어 있다. 이 수는 마하수 지시계에서 소수점으로 나타낸다.

[그림 3-11] 예를 들어, 만약 표준 상태에서 음속이 589.5knots인 30,000피트를 비행할 때, 마하수 지시계가 .83을 지시하면 Airspeed는 489.5knots이다. 음속은 온도에 따라 변화하고, 만약 항공기가 공기 온도가 더 따뜻한 10,000피트에서 .83으로 비



[그림 3-11] 마하수는 음속 대 항공기가 비행하는 진대기 속도의 비율

행할 때 Airspeed는 530knots가 될 것이다.

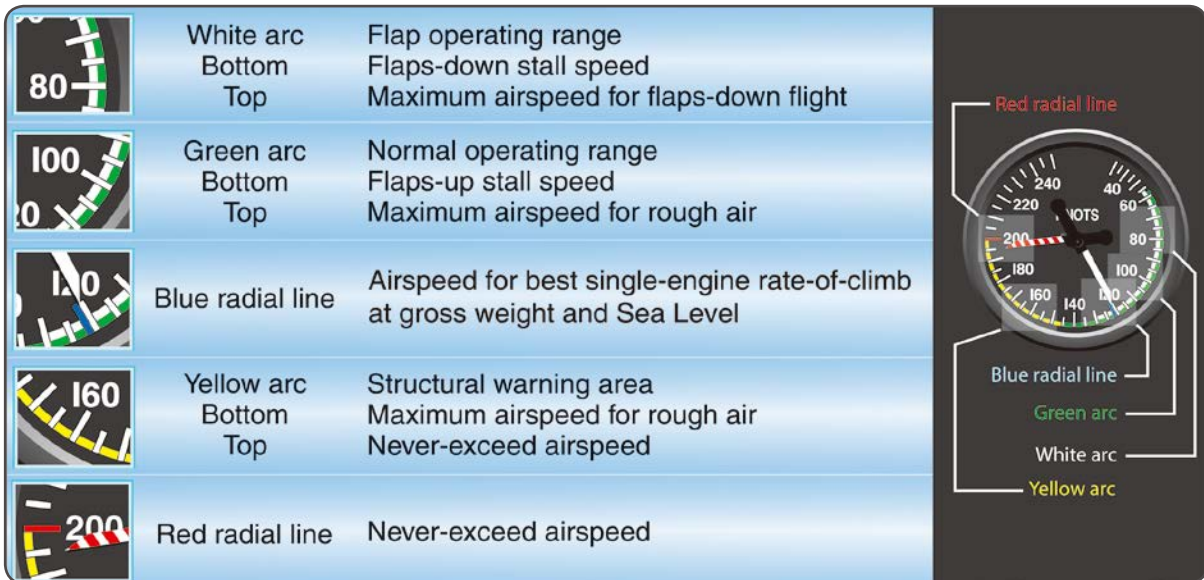
1.1.2.9 최대 허용 속도

(Maximum Allowable Airspeed)

음속보다 약간 느린 아음속(亞音速)으로 비행하는 어떤 항공기들은 [그림 3-12]와 같은 최대 허용 속도 지시계를 장착하고 있다. 이 계기는 Knots로 수



[그림 3-12] 최대 허용 속도 지시계는 Never-exceed Speed를 지시하는 바늘과, 천음속 충격파 발생을 피하기 위해 고도에 따라 변함



[그림 3-13] Color codes for an airspeed indicator

정되는 표준 속도계처럼 보이지만 붉은색, 바둑판 무늬, 줄무늬 바늘을 하나 더 가지고 있다. 최대 속도 바늘은 Aneroid에 의해 작동하거나, 공기 밀도가 감소하면 수치가 낮아지는 고도계 기계장치에 의해 작동된다. 속도계 바늘을 최대 바늘 수치 이하로 유지함에 따라 천음속(遷音速, 음속보다 느린 부분과 빠른 부분이 공존하는 속도의 범위)의 충격과 발생을 피할 수 있다.

1.1.2.10 승강계(Vertical Speed Indicator(VSI))

[그림 3-14]에 나와 있는 Vertical Speed Indicator(VSI: 수직 속도 지시계)는 ‘Vertical Velocity Indicator(VVI)’라고도 불리며, 이전에는 Rate-of-climb Indicator로 알려져 있다. 이 계기는 기압변화를 계기로서, 일정 기압 고도에서 벗어나는 것을 지시한다.

VSI Case 내부에, 속도계에 들어 있는 것과 아주



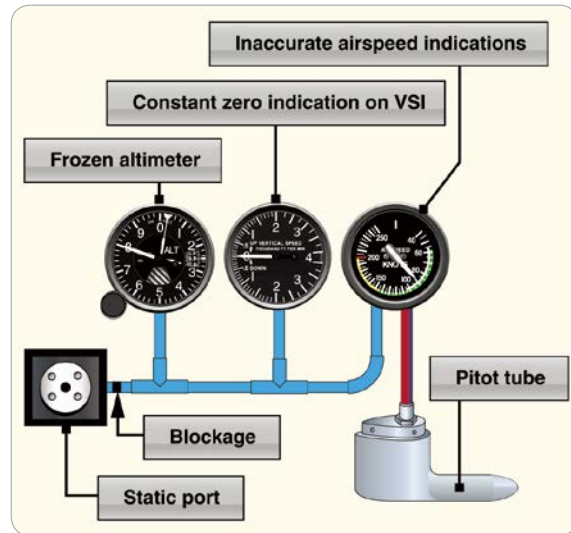
[그림 3-14] VSI 분당 1000 피트 단위로 상승, 강하를 표시

비슷한 아네로이드(Aneroid)가 있다. Aneroid 내부와 계기 Case 모두 Static System에 연결되어 통기가 되지만, Case는 Calibrated Orifice(계량된 구멍)을 통해 통기가 되어 Aneroid 내부 압력보다 Case 내부 압력이 더 천천히 변한다.

항공기가 상승하면 정압이 낮아져 Case 내부 압력이 Aneroid를 누르게 된다. 이렇게 되면 바늘을 위로 움직여 항공기 상승을 ‘Feet Per Minute’ (FPM)로 지시한다. 항공기가 Level Off 하면 압력은 더 이상 변하지 않아 Case 내부 압력은 Aneroid 내부 압력과 동일하게 되어 바늘은 수평이나 0의 위치로 돌아간다. 항공기가 강하하면 정압은 Aneroid를 팽창하게 하여 바늘이 아래로 움직이고 강하를 지시한다. VSI 바늘 지시는 실제 기압 변화보다 몇 초 늦게 지시하지만, 고도계보다 더 민감하여 조종사에게 위나 아래쪽으로 움직이려는 경향을 지시하고, 그것에 의하여 일정 고도를 유지하는 데 도움을 준다. Instantaneous Vertical Speed Indicator(IVSI)라 불리는 더욱 복잡한 VSI들은 두 개의 Accelerometer(가속도계)로 작동하는 Air Pump를 가지고 있어, 위쪽 또는 아래쪽으로 항공기의 Pitch 변화를 감지하여 즉각적인 기압 차이를 만들어 낸다. Pitch 가속에 의해 발생한 압력이 사라질 때까지 고도 기압 변화를 효과적으로 지시한다.

### 1.1.3 ASI Errors Caused by a Blocked Static Vent(정압 계기가 막혔을 때 ASI의 오작동)

Static Vent나 Pitot Tube가 봉합되거나 얼음으로 막히면 압력 계기로 통하는 그 특정 계통 내에 압력이 갇히게 된다. 만약 상승하고 있는 중에 Static Vent가 얼음으로 덮이면, 계통 내에 갇힌 정압은 항공기가 상승한 그 고도에서의 실제 정압보다 높을 것이다. 계기로 측정된 전압과 정압의 차이는 실제 차이보다 더 적을 것이고, ASI는 낮게 지시될 것이다



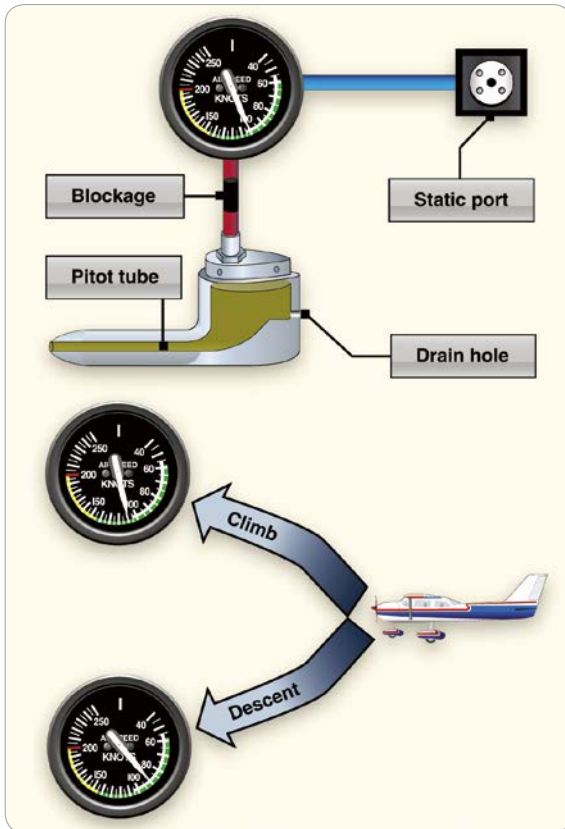
[그림 3-15] Blocked static system

(실제보다 더 낮은 지시 속도를 나타낸다). 강하할 때는 반대 경우가 되는데, 정압관이 막히면 ASI는 높게 지시를 한다(실제보다 더 높게 지시 속도를 나타낸다). 결국 항공기는 지시 속도보다 더 낮은 속도로 날고 있는 것이기 때문에, 조종사가 그것을 인지하지 못하고 속도를 줄여 버리는 것은 위험한 일이다.

### 1.1.4 ASI Errors Caused by Blocked Pitot Tube (피토관이 막혔을 때 ASI의 오작동)

결빙에 의해 Pitot Tube가 막히면 Pitot Tube 내에 갇힌 일정한 전압이 ASI에 들어오게 될 것이고, 정압관으로부터 들어오는 일정치 않은 정압과 차이를 재게 된다. 따라서 고도가 상승을 하면 외부의 정압은 감소하므로 속도계는 실제 속도보다 더 높게 지시를 할 것이다. 반대로, 결빙이 일어나는 고도 아래로 강하를 하면, 실제 속도보다 더 적은 속도를 나타낼 것이다. [그림 3-16]





[그림 3-16] Blocked pitot system with clear static system

### 1.2.1 나침반(Magnetic Compass)

가장 오래되고 간단한 방향 지시계기는 Magnetic Compass이다. 또한 VFR이나 IFR 비행을 하는 데 요구되는 계기이다. 자석은 물질의 하나로 보통 철을 함유하고 있고, 자기력선을 당겨 잡고 있다. 모든 자석은 크기에 관계없이 두 개의 극을 가지고 있다(북극과 남극). 어떤 자석이 다른 자석의 영역에 놓여 있을 때, 다른 극은 서로 당기고 같은 극은 서로 밀친다.

[그림 3-17]와 같은 항공기 Magnetic Compass는 Kerosene(케로신)과 비슷한 깨끗한 Compass 용액이 들어 있는 밀봉된 용기 안에 두 개의 작은 자석이 금속 Float에 부착되어 있다. 카드(Card)라 불리는 눈금 표시는 Float 주변을 감싸고 있고, Lubber Line이 그려진 유리창을 통해 이 눈금을 볼 수 있다. 이 Card는 기본 방향을 나타내는 글자(North, East, South, West, 이 글자들 중간에 매 30도마다 있는 숫자)가 표시되어 있다. 마지막 자리 '0'은 생략되어 있다(예를 들어, 3=30도, 6=60도, 33=330도). Card에는 문자와 숫자 사이에 길고 짧은 눈금 표시가 있

## 1.2 Compass Systems

지구는 우주에서 회전하고 있는 거대한 자석으로서, 보이지 않는 자력선으로 구성된 자기장으로 둘러싸여 있다. 이 선들은 Magnetic North Pole(자기 북극) 표면에서 나와 Magnetic South Pole(자기 남극)으로 다시 들어간다. 자기력 흐름은 두 가지의 중요한 특성을 가진다. 자유롭게 움직일 수 있는 모든 자석은 지자기(地磁氣)와 정렬이 되고, 이 자기력선에 직각인 도체에는 전기가 유도된다. 항공기에 장착된 대부분의 방향 지시계기는 이 두 특성 중 하나를 사용한다.



[그림 3-17] A magnetic compass



어, 긴 눈금은 10도를 나타내고 짧은 눈금은 5도를 나타낸다. Float와 Card 부품은 중심에 강화된 축을 가지고 있어, 스프링이 장착된 특별한 강화유리 보석 컵에 올려져 있다.

Float의 부력은 축에 걸리는 대부분의 무게를 지탱하고, 액체는 Float와 카드(Card)의 진동을 완화한다. 이러한 Jewel-and-pivot 형태의 장착은 Float가 자유로이 돌고, 대략 18도까지 Bank가 질 수 있도록 해 준다. 더 경사진 Bank 각에서 Compass 지시는 불규칙적이고 예측할 수 없게 된다. Compass 덮개는 Compass 액체로 가득 차 있다. 온도가 변하면서 액체의 팽창이나 수축으로 인한 손상이나 누출을 막기 위해 Compass Case 뒷면은 유연한 Diaphragm으로 밀봉되어 있거나, 어떤 Compass는 금속 Bellow로 밀봉되어 있다. 자석은 지구의 자기장에 정렬되어 있고, 조종사는 Lubber Line 반대 방향 눈금을 읽는다.

[그림 3-17]에서 조종사는 Compass Card의 뒷면을 본다. Compass에서 볼 수 있는 것처럼 북쪽으로 비행할 때 East는 오른쪽에 있지만, Magnetic Compass에서 330도를 나타내는 '33'과 North의 오른쪽에 있게 된다. 명백히 뒷면 눈금이 나오는 이유가 있다. Card는 가만히 있고 조종사와 Compass 틀이 Card 주변을 돌기 때문에, 항상 Card를 뒷면에서 보게 되는 것이다. Compass의 윗면이나 바닥에 장착되어 있는 보상 장치는 항공 정비사가 Compass 틀 안에 자기장을 생성하여 국지 자기장의 영향을 없앨 수 있도록 해 준다. 이 장치는 자차(磁差, 항공기 내의 자기장이 지구의 자기장에 상호 작용을 하면서 발생하는 나침반의 오차)를 수정할 수 있도록 해 준다. 보상 장치는 Compass 전면에서 돌릴 수 있도록 해

주는 Screwdriver 홈을 가진 두 개의 축을 가지고 있다. 각각의 축은 하나 또는 두 개의 작은 보상 자석을 돌리도록 해 준다. 한 축의 끝은 E-W로 표시되어 있고, 이 자석들은 항공기가 동이나 서를 가리킬 때 영향을 준다. 다른 축은 N-S로 표시되어 있고, 항공기가 남이나 북을 가리킬 때 영향을 준다.

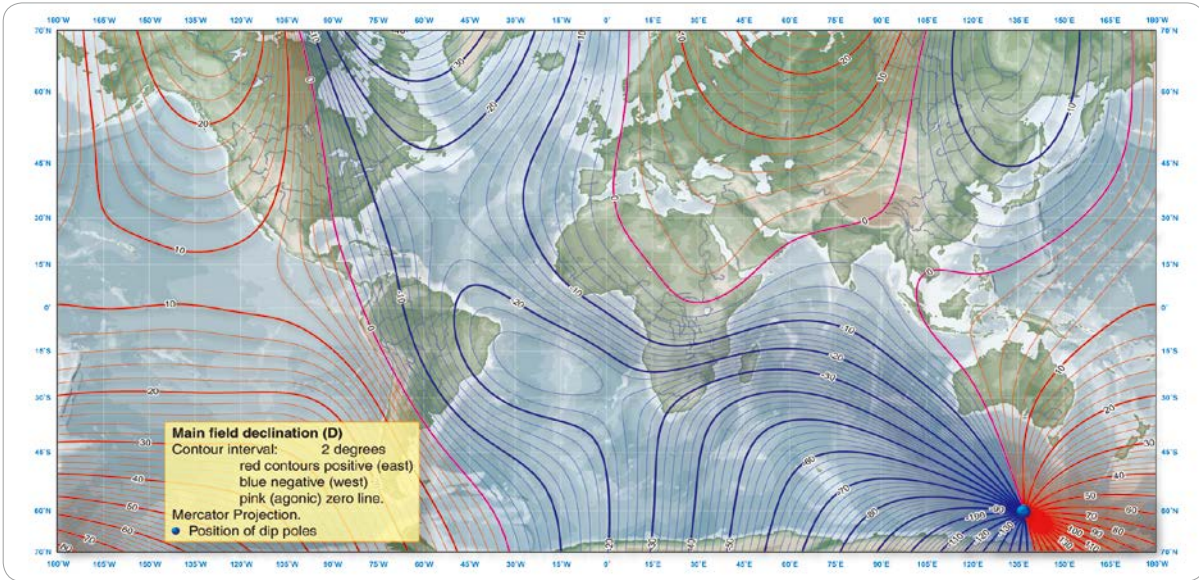
### 1.2.2 Compass 오차(Compass Errors)

Magnetic Compass는 계기판에서 가장 간단한 계기이지만 고려해야 할 몇 가지 오차가 있다.

#### (1) 편차(Variation)

지구는 지리학적 축을 중심으로 돌고, 지도와 차트는 지리학적 극을 지나는 자오선(子午線)의 경도를 사용하여 그려졌다. 지리학적 극에서부터 측정된 방위를 '진방위(True Direction)'라 부른다. 나침반(Magnetic Compass)이 가리키는 자북은 지리학적 북극과 일치하지 않고 1,300Mile 떨어져 있으며, 자북으로부터 측정된 방위를 '자방위'라 부른다. 항법에서 진방위와 자방위의 차이를 '편차(Variation)'라 부른다. 측량과 지상 항법에서는 이 각도 차이를 '편위(Declination)'라 한다.

[그림 3-18]은 지역의 편차를 숫자로 나타낸 등편각선(Isogonic Lines)을 나타낸다. 시카고 쪽 지나는 선을 무편각선(Agonic Line)이라 부르고, 이 선을 따라 두 극은 일치하며 편차는 없다. 이 선의 동쪽에서 자북은 지리학적 극의 서쪽에 있고, Compass 지시에서 진방위를 얻기 위해 수정을 해야 한다. 예를 들어, Washington DC 구역으로 비행할 때 편차는 10도 West이고, 만약 True Course South(180도)로 비



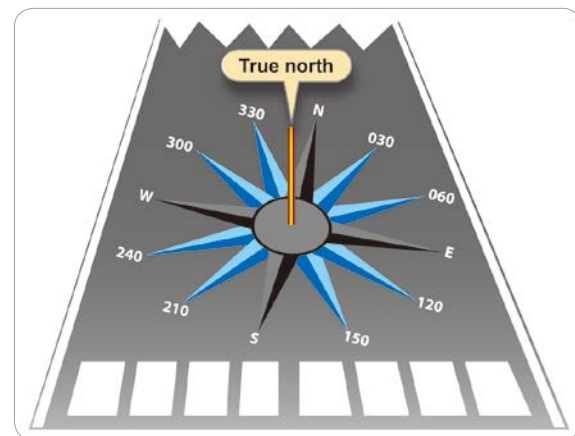
[그림 3-18] 등편각선(Isogonic Lines)과 무편각선(Agonic Line)

행하고 싶다면 이 각도에 편차를 더하여 Magnetic Course는 190도가 된다. California Los Angeles에서 비행할 때, 편차는 15도 East이다. 그곳에서 True Course 180도로 비행하기 위해서 Magnetic Course 165도에서 편차를 빼야 한다. 편차 오차는 항공기의 방향에 따라 달라지지 않는다. 등편각선(Isogonic Line)을 따라서 어디든 동일하다.

(2) 자차(Deviation)

Compass 내부의 자석은 다른 자장과 정렬한다. 배선이나 구조의 자성화된 부분 근처에서, 구조를 흐르는 전기에 의해 발생하는 항공기 내 자기장(Local Magnetic Field)은 지구의 자기장과 충돌하여 '자차(磁差)'라는 Compass 오차를 발생시킨다. 편차와는 달리 자차는 각각의 방향마다 다르지만, 지형적 위치에 의한 영향은 받지 않는다. 편차 오차는 줄이거나 바꿀 수 없지만, 자차 오차는 항공 정비

기술자가 정비('Swinging the Compass')를 하면 최소화할 수 있다. 대부분의 공항들은 자기 간섭이 없는 Taxiway나 Ramp의 어느 지역에 여러 줄로 구성된 Compass Rose를 가지고 있다. 자북에 맞춰진 선들은 [그림 3-19]처럼 매 30도마다 표시되어 있다. 항공 정비 기술자는 각각의 Magnetic 방향에 정



[그림 3-19] 진북(True North)과 자차(Deviation) 관계

렬시키고 Compass 지시와 실제 항공기 Magnetic 방향의 차이를 줄이기 위해 Compensating Magnet(보상 자석)을 조절한다. 제거할 수 없는 오차는 [그림 3-20]처럼 Compass Correction Card에 기록하고, Compass의 Card Holder에 붙여 놓는다. 만약 항공기의 Radio를 켜 놓은 상태에서 Magnetic 방향 120도로 비행하고 싶다면 Compass 방향 123도로 비행하여야 한다.

편차와 자차의 수정은 올바른 순서대로 적용되어야 한다.

True Course를 알고 있을 때 Compass Course를 알기 위해:

$$\text{True Course} \pm \text{Variation} = \text{Magnetic Course} \pm \text{Deviation} = \text{Compass Course}$$

Compass Course를 알고 있을 때 True Course를 알기 위해:

$$\text{Compass Course} \pm \text{Deviation} = \text{Magnetic Course} \pm \text{Variation} = \text{True Course}$$

FOR STEER	000	030	060	090	120	150
RDO. ON	001	032	062	095	123	155
RDO. OFF	002	031	064	094	125	157

FOR STEER	180	210	240	270	300	330
RDO. ON	176	210	243	271	296	325
RDO. OFF	174	210	240	273	298	327

[그림 3-20] 자차(Deviation) 수정 표

(3) 경차(傾差), 자기 굴절(Magnetic Dip)

자기력선은 자기 북극을 떠나서 자기 남극으로 들어간다. 양 위치에서 자기력선은 지구 표면에 수직이다. 양극 사이의 중간인 자기 적도에서, 자기력선은 지구 표면과 평행하다. Compass 내부의 자석은 이 자기장에 정대 하고 극 근처에서는 Float와 Card

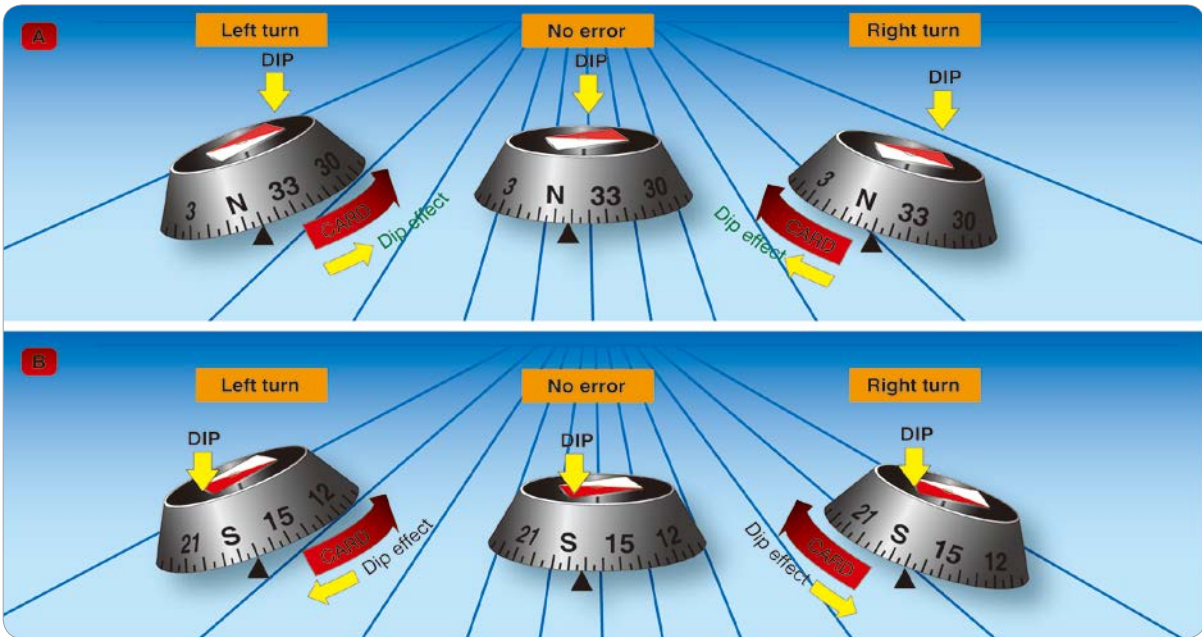
는 기울게 된다. Float는 작은 경사 보상 추(Dip-compensating Weight)에 의해 균형이 맞추어져 북반구의 중위도에서는 비교적 수평 상태에 머물게 된다. 무게와 함께 이 경차(Dip)는 두 가지 현저한 오차를 유발한다. 북선 오차(Northerly Turning Error)와 가속 오차(Acceleration Error)이다. 지구 자기장의 수직 성분이 당기는 힘은 남쪽이나 북쪽 방향에서 현저한 북선 오차를 유발한다. 항공기가 북쪽으로 비행할 때, 항공기가 동쪽으로 선회하기 위해 오른쪽으로 Bank를 주면 Compass Card는 오른쪽으로 기울어진다. 지구 자기장의 수직 성분은 북쪽을 찾고 있는 자석의 끝을 잡아당겨 Float가 돌아가고 Card를 서쪽으로 돌게 하여 선회하는 쪽의 반대 방향으로 선회가 이루어진다.

[그림 3-21]처럼 만약 북에서 서쪽으로 선회를 한다면, 항공기는 왼쪽으로 Bank를 주고 Card는 왼쪽으로 기울어진다. 자기장은 자석의 끝을 잡아당겨 Card가 동으로 돌게 만든다. 계기 지시는 선회 방향의 반대가 된다.

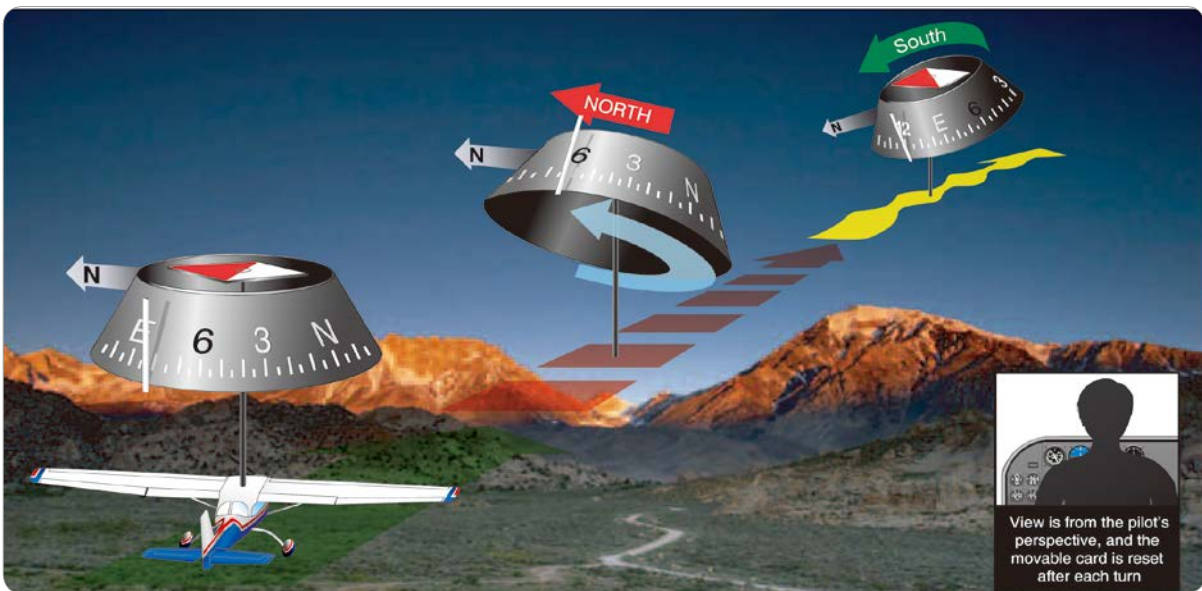
이 오차의 규칙성은, 북쪽 방향에서부터 선회를 할 때 Compass 지시는 선회보다 지연되어 지시한다. 항공기가 남쪽 방향으로 비행할 때, 동쪽으로 선회를 하면 지구의 자기장은 자석의 끝을 잡아당겨 Card를 동쪽으로 돌아가게 하고, 같은 방향의 선회가 이루어진다. 만약 남에서 서로 선회를 한다면, 자기장은 Card를 서쪽으로 당기고 선회 방향과 같은 방향으로 돌아간다.

이 오차의 규칙성은, 남쪽 방향에서부터 선회를 할 때 Compass 지시는 선회보다 앞서 지시한다. 가속 오차에서 경사 보상 추(Dip-correction Error)는 N이 표시되어 있는 Float와 Card의 끝을 반대쪽보





[그림 3-21] 북선 오차(Northerly turning error)



[그림 3-22] 가속 오차(acceleration error)

다 무겁게 한다. 항공기가 동쪽이나 서쪽 방향에서 동일한 속도로 비행하고 있을 때, Float와 Card는

수평이다. Magnetic Dip과 무게의 영향은 거의 동일하다. 만약 항공기가 [그림 3-22]처럼 동쪽 방향

에서 가속하면 무게의 관성은 Float를 뒤로 잡고 있게 되고, Card는 북쪽으로 돌아가게 된다. 항공기의 속도가 안정되면 Card는 동쪽 지시로 되돌아온다.

만약, 동쪽으로 비행하고 있을 때, 항공기가 감속하면 관성은 무게를 앞으로 움직이게 하고 속도가 다시 안정될 때까지 Card를 남쪽으로 돌아가게 한다. 서쪽으로 비행하고 있을 때 같은 일이 발생한다. 가속에 의한 관성은 무게가 처지게 하고, Card는 북으로 돌아간다. 서쪽으로 비행하고 있을 때 항공기를 감속하면, 관성은 무게를 앞으로 움직이게 하고 Card는 남쪽으로 돌아간다.

(4) 와동 오차(Oscillation Error)

진동(와동)은 모든 오차의 결합으로 Compass Card를 비행하는 방향의 앞뒤로 움직이게 한다. Gyroscopic 방향 Indicator를(지시계기를) Magnetic Compass와 일치하게 설정할 때, 흔들림의 평균 지시치를 사용한다.

1.2.3 Vertical Card Magnetic Compass

Compass의 Floating-magnet 형태는 이전에 언급했던 오차뿐만 아니라, 읽는 데 있어 혼동을 유발한다. Card가 반대 방향에 나타나기 때문에 반대 방향으로 선회하기 쉽다. East는 서쪽에 표시되어 있다. Vertical Card Magnetic Compass는 이런 오차와 혼동을 제거한다. Compass의 눈금판은 주요 방향과 매 30도마다 숫자, 매 5도마다 눈금으로 표시되어 있다. 눈금판은 축이 장착된 자석에 Gear로 연결되어 돌아가고, 계기 유리에 있는 비행기 그림은 눈금판의 항공기 방향을 읽는 Lubber Line을 의



[그림 3-23] A vertical card magnetic compass

미한다. 자석의 진동은 알루미늄 Damping Cup에 있는, 유도되는 와상 전류 흐름(Eddy Currents)에 의해 완화된다. [그림 3-23]

1.3 자이로스코프 장치(Gyroscopic Systems)

볼 수 있는 수평선이 없을 때 자이로스코프 계기 장비를 이용하여 안전하게 비행할 수 있다. 자이로스코프의 두 가지 특성은 강직성(Rigidity)과 선행성(Precession)이다. 이 장치로는 동력원과 함께 있는 자세계, 방향 지시계기(Indicator), Rate 계기가 있다. 이 계기들은 무게가 주위에 집중된 작은 바퀴 모양의 자이로스코프(Gyroscope 또는 Gyro)를 포함하고 있다. 이 바퀴(Wheel)가 빠른 속도로 회전하면, 회전축 이외에 다른 방향으로 기울이거나 돌리려 하는 힘에 저항하는 강직성을 갖게 된다. 자세계와 방향 계기는 이 강직성의 원리로 작동된다. 이 계기들의 자이로는 Case 안에서 강직성을 갖고, 항공기는 이 주변을



돌게 된다. 선회 지시계기와 Turn Coordinator와 같은 Rate 계기는 선행성의 원리로 작동된다. 이 Case 안에서 항공기가 하나 또는 그 이상의 축을 중심으로 돌아가는 비율에 비례하여 Gyro는 선행하게 된다.

### 1.3.1 동력원(Power Sources)

항공기와 계기 제작자는 한 계기가 고장 났을 때 조종사가 안전하게 비행을 끝낼 수 있도록, 비행계기의 기능이 대체될 수 있도록 설계한다. 자이로 계기들은 계기비행에 있어 중요하므로, 전기나 공기(Pneumatic Source)에 의해 독립적으로 동력이 공급된다.

#### (1) 전기장치(Electrical Systems)

공기식 자세계를 사용하는 많은 민간 항공기들은 전기식의 Rate 계기들을 사용하고, 그 반대도 마찬가지이다. 어떤 계기들은 눈금에 동력원을 확인할 수 있도록 되어 있지만, 모든 계기들의 동력원이 고장 났을 때 어떠한 조치를 해야 하는지 POH/AFM을 확인하는 것이 아주 중요하다. 항공기의 전기장치에 따라 직류 전기 계기들은 14나 28volt Model들을 사용할 수 있다. 교류는 자세 자이로와 자동조종장치(Autopilot)를 작동시키기 위해 사용된다. 직류 전기 System만을 가지고 있는 항공기는 14나 28volt의 직류를 삼상 115volt, 400Hz 교류로 변환해 주는 반도체 변환 장치를 장착하여 교류 계기들을 사용할 수 있다.

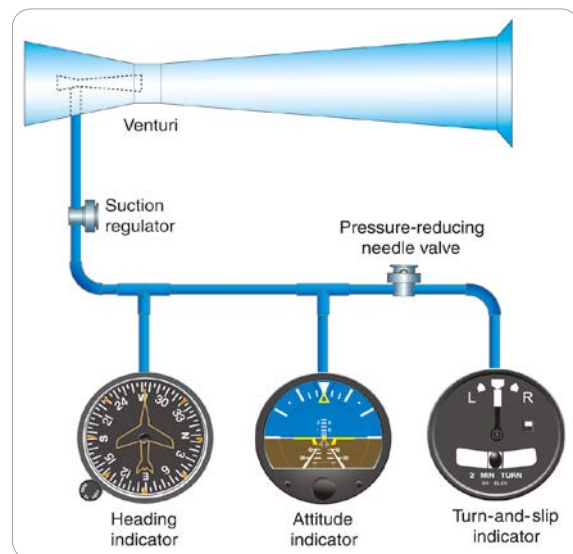
#### (2) 공기식 장치(Pneumatic Systems)

공기식 자이로는 바퀴(Wheel) 주변의 홈(Bucket)

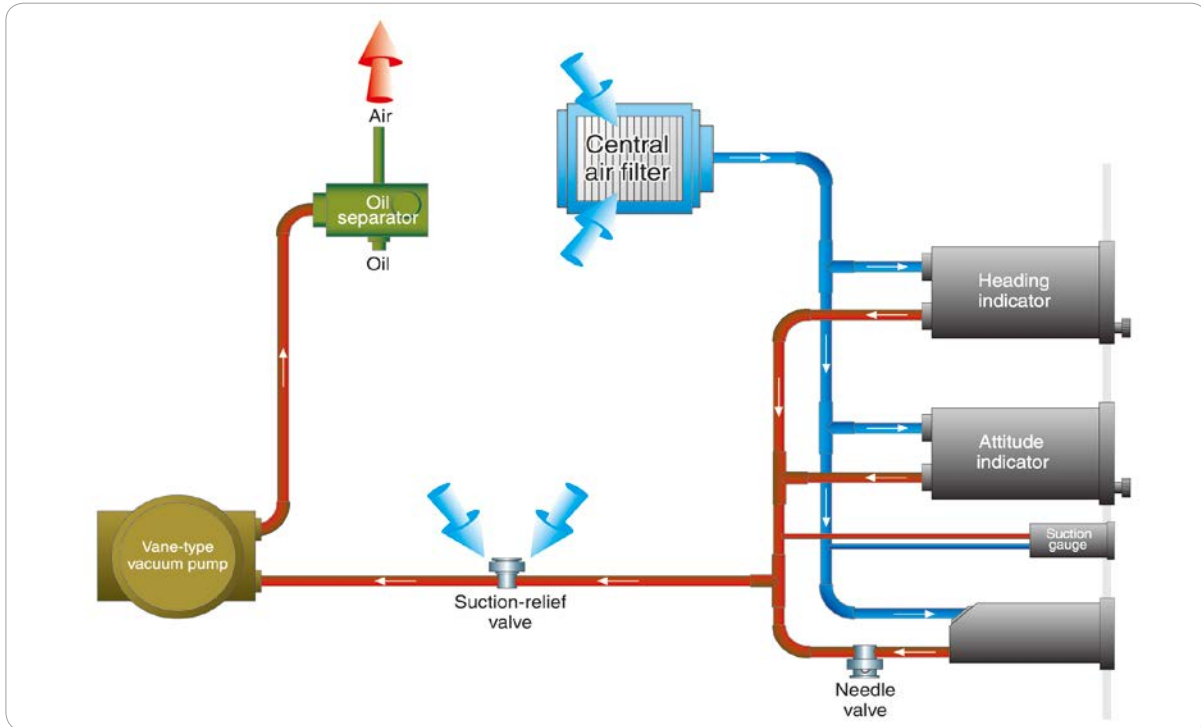
에 부딪히는 공기 분출에 의해 돌아간다. 많은 항공기에서 이 공기 흐름은 계기 Case의 공기가 빠져나가게 하고, 걸러진 공기가 노즐을 통해 Case 안으로 흐르도록 하여 바퀴를 돌린다.

#### (3) 벤투리관 장치(Venturi Tube Systems)

계기 Case 안의 공기를 빼내는 공기 펌프를 가지고 있지 않은 항공기는 [그림 3-24]와 유사하게 항공기 외부에 장착된 벤투리관을 사용할 수 있다. 이 관을 지나는 공기 흐름은 베르누이의 원리에 따라 좁은 부분에서 속도가 증가하고 압력이 떨어진다. 이 위치는 Tube를 통해 계기 Case에 연결된다. 두 개의 자세계가 대략 4”Hg의 진공 압력으로 작동된다. 선회 및 경사 지시계(Turn-and-slip Indicator)는 2”Hg만 필요하기 때문에, 압력을 줄이기 위해서 감압 니들 밸브가 사용된다. 걸러진 공기가 계기 Case 안에 장착된 필터(Filter)를 통해 계기



[그림 3-24] 벤투리관은 계기 Case 내부의 자이로를 움직이기 위해 저압을 제공한다



[그림 3-25] Single-engine instrument vacuum system using a steel-vane wet-type vacuum pump

안으로 들어온다. 이 장치에서 계기가 압력을 가장 많이 필요로 할 때 얼음은 벤투리관을 막을 수 있다.

(4) 습식 진공펌프 장치

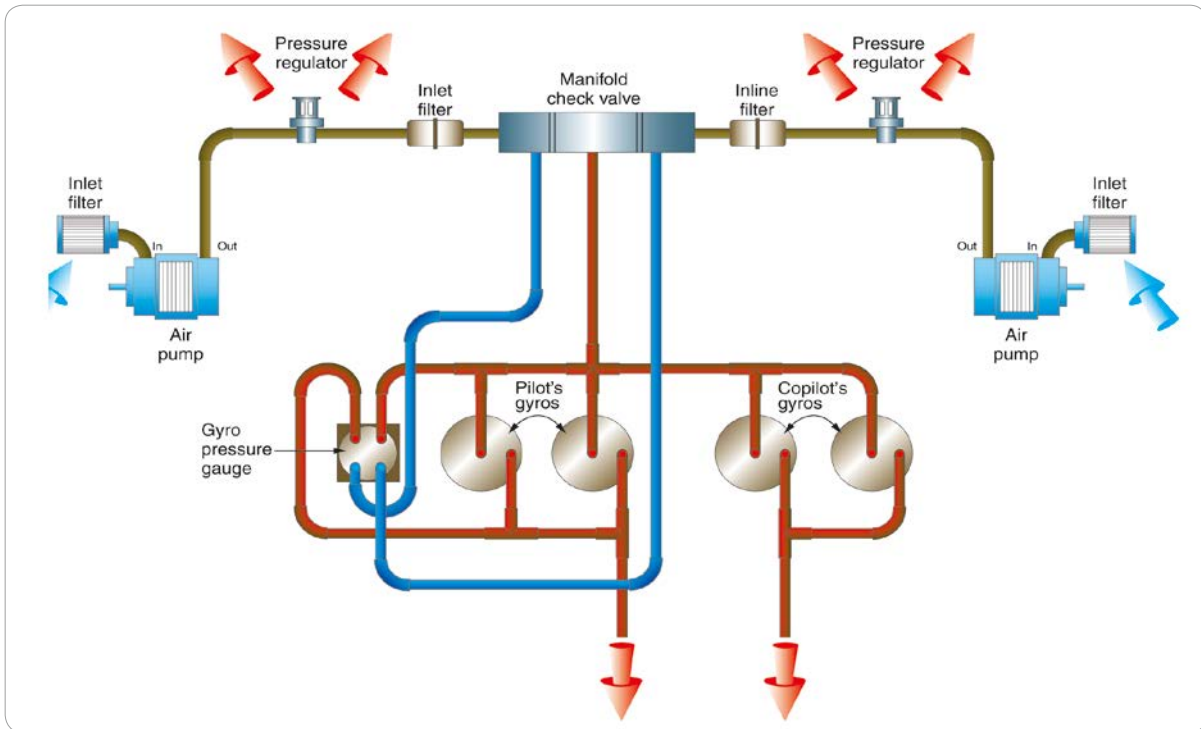
(Wet-Type Vacuum Pump Systems)

계기 Case의 공기를 배출시키는 데에 Steel-vane 공기 펌프가 여러 해 동안 사용되었다. 배출 공기는 날개와 후방 동체 Leading Edge 고무 제빙 Boot 를 부풀리는 데 사용된다. 이 펌프의 Vane들은 펌프 안으로 유입되는 작은 양의 계량된 엔진 Oil에 의해 윤활되고 이 Oil은 공기와 함께 배출된다. Oil이 고무 Boot의 성능을 저하시키는 것을 막기 위해 [그림 3-25]와 같은 Oil 분리기로 Oil을 제거해야 한다. 진공펌프는 계기가 필요한 양보다 더 많이 공기를 공

급하기 때문에, 펌프의 흡입 측면에 진공압 안전밸브(Suction-relief Valve)가 장착되어 있다. 스프링이 장착된 이 Valve는 계기판의 Suction Gauge에 보이는 계기 내부의 필요한 저압을 유지하기 위해 충분한 공기를 끌어들인다. 걸러진 공기는 중앙 공기 필터(Air Filter)를 통해 계기 Case로 들어온다. 항공기가 상대적으로 낮게 비행할 때 자이로를 돌리기에 충분한 공기가 계기 Case 안으로 들어온다.

(5) 건식 펌프 장치(Dry-Air Pump System)

비행고도가 증가하면, 공기 밀도가 떨어지고 계기에 더 많은 공기가 들어와야 한다. 고공을 비행하는 항공기는 Oil과 배출 공기가 섞이지 않는 공기 펌프가 사용된다. Steel Housing 안의 Steel Vane은 운



[그림 3-26] Twin-engine instrument pressure system using a carbon-vane dry-type air pump

활이 필요하지만, Carbon Housing 안의 Carbon Sliding의 특별한 조직으로 만들어진 Vane은 자체적으로 윤활이 되어 극미하게 닳게 된다.

#### (6) 압력 시스템(Pneumatic Systems)

[그림 3-26]은 쌍발 민간 항공기의 계기 공기 장치의 도표이다. 두 개의 건식 펌프(Dry Air Pump)가 Pump 내의 깨지기 쉬운 Carbon Vane에 손상을 줄 수 있는 오염 물질을 걸러내기 위해 흡입구에 Filter와 함께 사용된다. Pump로부터 방출된 공기는 적합한 수준의 압력을 유지하기 위해 과도한 공기를 배출시키는 조절기(Regulator)를 통해 흐른다. 그런 다음 조절된 공기는 Pump에서 나온 오염 물질을 제거하기 위해 Inline Filter를 지나

Manifold Check Valve로 들어간다. 만약 한 엔진이 고장 나거나 한 Pump가 고장 나면 Check Valve는 부작동하는 시스템(System)을 고립시키고, 계기는 작동하는 시스템으로부터 나온 공기로 움직일 것이다. 계기를 지나면서 자이로를 작동시킨 공기는 Case 밖으로 배출된다. 자이로 압력 게이지는 계기의 압력 저하를 측정한다.

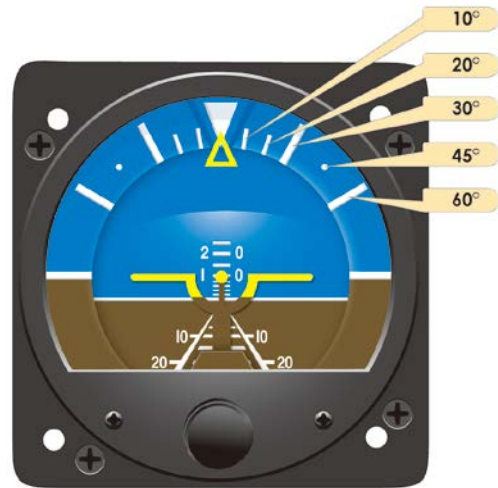
### 1.3.2 자이로스코프 계기(Gyroscope Instruments)

#### 1.3.2.1 자세계(Attitude Indicators)

초창기 자세계(Attitude Instrument; AI)는 원래 '인공 수평(Artificial Horizon)'이라 불리고, 나중에 '자이로 수평(Gyro Horizon)'이라 불렸다. 지

금은 정확히 ‘자세계’라 불린다. 작동하는 기계장치는 전기모터를 사용하거나 바퀴(Wheel) 주변에 있는 홈에 공기가 부딪혀, 수직 회전축을 가진 황동 Wheel을 높은 속도로 회전시킨다. 자이로는 이축 짐벌(Gimbal)에 장착되어, 항공기가 공간상 고정되어 있는 자이로 주위로 Pitch와 Roll을 할 수 있다. 수평판(Horizon Disk)은 짐벌에 부착되어 있어 자이로와 같은 평면에 있게 되고, 항공기는 이것 주위로 Pitch와 Roll을 한다. 초창기 계기에서는 단지 수평을 나타내는 Bar가 있었지만, 지금은 수평과 Pitch 표시, Bank-angle Line을 나타내는 Disc로 되어 있다. 계기 눈금과 수평판(Horizon Disc)의 반은 파란색으로 하늘을 나타내고, 나머지 반은 갈색으로 지상을 나타낸다. 계기 윗부분의 Bank 눈금은 10도, 20도, 30도, 60도, 90도를 나타내는 눈금으로 Bank 각도를 나타낸다. [그림 3-27] 작은 모형 항공기(Symbolic Aircraft)가 계기 Case 안에 부착되어 있어, 수평선과 비교하여 비행하는 것을 나타낸다. 계기 Case의 중앙 아래에 있는, 돌리는 버튼(Knob)은 항공기 속도 변화에 의한 Pitch Trim 변화를 보상하기 위해 Symbolic Aircraft를 올리거나 내린다. Symbolic Aircraft의 날개폭과 중앙의 점은 대략 2도의 Pitch 변화를 나타낸다.

자세계가 잘 작동하기 위해서 항공기가 자이로 주변으로 Pitch나 Roll을 할 동안 자이로가 수직으로 세워져 있어야 한다. 이 계기들의 베어링은 최소한의 마찰을 가지고 있다. 그렇지만, 이 작은 양의 마찰력은 자이로에 선행하는 힘을 만들어 내어 자이로가 기울게 한다. 기울어지는 것을 최소화하기 위해 자이로가 수직 위치로부터 기울어질 때마다 직립시키는 장치가 계기 Case 내부에 있다. 이 힘은 이러



[그림 3-27] 자세계

한 방식으로 돌아가는 자이로를 수직 위치로 되돌아가게 한다. 이전의 자세계는 Pitch와 Roll이 제한되어 있어 보통 Pitch는 60도, Roll은 100도로 제한되어 있다. 이러한 제한치를 넘으면 자이로 틀에 짐벌이 닿게 되어 선행력이 자이로를 흔들리게 만든다. 이러한 제한 때문에 이런 계기들은 제한치를 넘기는 기동을 하는 동안 자이로를 수직축에 고정시키는 구속 장치를 가지고 있다. 새로 나온 계기들은 이러한 제한적인 흔들림 한계(Tumble Limit)가 없기 때문에 구속 장치가 없다. 항공기 시동을 건 후, 처음에 공기나 전기가 계기에 공급되면 자이로는 직립되어 있지 않다. 계기 안에 들어 있는 중력에 의해 작동되는 자가 직립 장치가 선행력(Precessive Force)으로 인해 자이로가 수직 위치로 직립하게 만든다. 직립은 5분 정도 걸릴 수 있지만 보통 2~3분 이내에 이루어진다. 자세계는 대부분의 오차로부터 자유롭지만, 직립 장치 기능의 속도에 따라 급속한 가속 시에는 약간의 Nose-up 지시를 하고, 급속한 감속 시에는 Nose-down 지시를 할 수 있다. 또한, 180도 선

회 후에는 약간의 Pitch와 Bank 오차가 발생할 수 있다. 이러한 고유 오차는 아주 약간이고, 몇 분 후에는 스스로 수정되거나 직진 수평비행으로 돌아오면 수정된다.

### 1.3.2.2 방향지시기(Heading Indicators)

Magnetic Compass는 믿을 만한 계기이고 예비 계기로 사용된다. 그러나 몇 가지 특유의 오차를 가지고 있어 자이로 방향지시기(Heading Indicators)에 의해 보조된다. 자세계의 자이로는 Double Gimbal에 장착되어 있어 회전축은 수직이 된다. 자세계는 Pitch와 Roll을 감지하지만, 수직 축이나 회전축의 회전을 감지할 수 없다. 방향지시기의 자이로는 Double Gimbal에 장착되어 있지만, 회전축이 수평으로 되어 있어 항공기의 수직 축 회전을 감지한다. 원격 조종 자이로 지시계를 제외한 자이로 방향지시기는 북쪽을 스스로 찾을 수 없어, 나침반(Magnetic Compass)을 참고하여 적당한 방향을 설정하여야 한다. Magnetic Compass의 고유 오차나 진동에 상관없이 자이로의 강직성이 방향 지시를 유지하게 만든다.

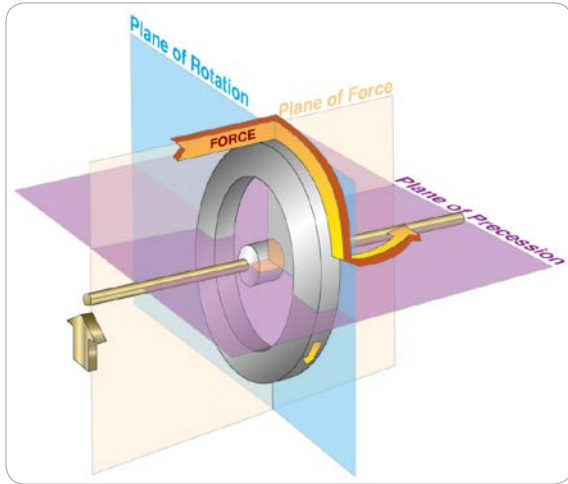
오래된 방향 자이로(Directional Gyro)는 Magnetic Compass Card와 같은 방식으로 표시된, 드럼같이 생긴 카드를 사용하였다. 자이로와 Card는 Case 안에서 강직성을 가지고 있어 Card를 뒤에서 보게 된다. 뒤에서 보기 때문에 잘못된 방향으로 선회를 할 가능성이 있다. 계기의 앞에 있는, Dial 아래의 Knob을 눌러 Gimbal에 맞물리게 할 수 있다. Knob을 누르면 Gimbal을 고정시키고 Lubber Line 반대쪽의 숫자를 Magnetic Compass와 동일하게 될 때까지 자이로와 Card를 돌릴 수 있다. Knob을 누르고 있다



[그림 3-28] The heading indicator is not north-seeking, but must be set to agree with the magnetic compass

놓게 되면 자이로는 강직성을 갖게 되고, 항공기는 Card 주변을 자유롭게 돌게 된다. Directional Gyro들은 거의 대부분 공기에 의해 작동된다. 계기 Case에서 공기가 빠져나가고 필터(Filter)를 거친 공기가 Case로 들어간다. Case로 들어가는 공기는 노즐을 통해 Wheel 주변에 파인 홈으로 분사된다. 베어링 마찰은 자이로가 선행하도록 만들고, 계기 지시에 오차를 만든다. 이러한 계기들을 사용할 때, 매 15분마다 Magnetic Compass와 동일하도록 설정하는 것이 기본 절차이다. [그림 3-28]과 같은 방향지시기는 이전의 Horizontal Card 지시계와 원리가 같지만, 자이로가 Vertical Card Magnetic Compass의 눈금처럼 보이는 수직 눈금판을 움직인다. 항공기의 방향은 Lubber Line 역할을 하는 계기 유리의 항공기 Nose가 지시하는 곳이다. 계기 앞의 Knob을 눌러 돌리면 자이로와 눈금을 돌릴 수 있다. Knob은 스프링이 장착되어 있어 놓으면 Gimbal에서 분리된다. 이 계기는 Magnetic Compass와 동일한지 확인하기 위해 매 15분마다 점검해야 한다.





[그림 3-29] 세차(Precision)



[그림 3-30] turn-and-slip indicator

### 1.3.2.3 선회 지시계(Turn Indicators)

자세계와 방향지시기는 강직성의 원리를 이용하지만, 선회 및 경사 지시계(Turn-and-slip Indicator)는 선행성을 이용하는 계기이다. 선행성은 자이로의 특성으로, 자이로를 움직이기 위해 힘을 가하면 힘을 가한 곳에 움직임이 발생하지 않고 회전 방향으로 90도 지난 지점에 움직임이 나타난다. [그림 3-29]

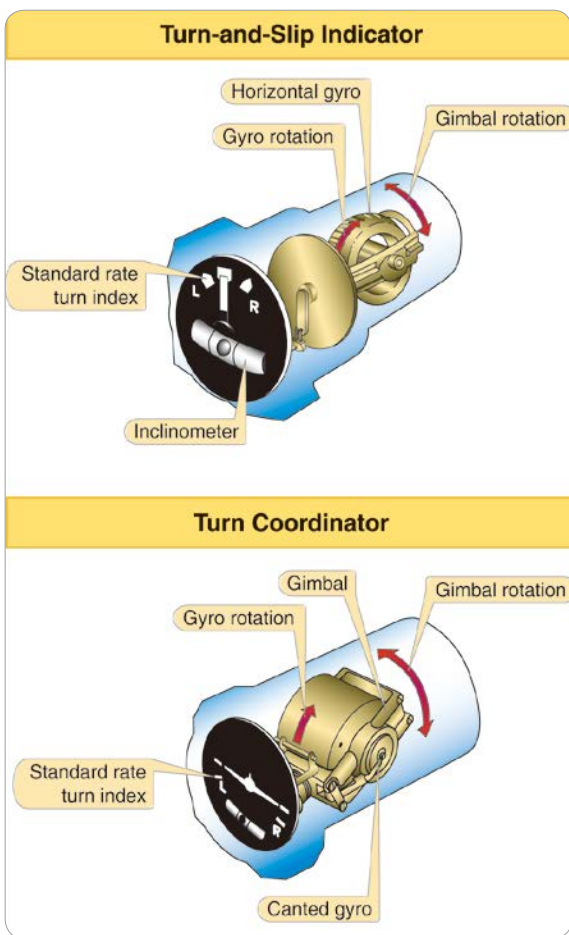
#### (1) Turn-and-Slip Indicator

항공기의 첫 번째 자이로 계기는 바늘과 Ball로 구성된 선회 지시계(Turn Indicator)나 Turn-and-bank Indicator로, 최근에 'Turn-and-slip Indicator'로 불린다. [그림 3-30]

계기 안의 경사계(Inclinometer)는 검은색 유리 Ball이 휘어진 유리관 속에, Compass 액체와 비슷하면서 부분적으로 채워진 액체와 함께 밀봉되어 있다. 이 Ball은 중력과 선회에 의해 발생하는 관성의 상대적 크기를 측정한다. 항공기가 직진 수평으로 비행하면 Ball에 관성이 없어 Ball은 유리관의 두 선

사이 중앙에 머물게 된다. 너무 과도한 경사(Bank)로 선회를 하면, 중력이 관성보다 크게 되어 Ball은 선회 안쪽으로 내려간다. 만약 선회가 너무 작은 Bank 각도로 이루어지면, 관성이 중력보다 크게 되어 Ball은 선회 바깥쪽 위로 올라가게 된다. 경사계는 Bank량을 지시하지 않고 Slip을 지시하는 양이 제한되어 있다; 다만 Bank 각도와 Yaw 비율의 관계를 지시한다. 선회 지시계는 공기나 전기모터에 의해 작은 자이로가 돌아간다. 자이로는 회전축이 항공기의 횡축과 평행한 Single Gimbal에 장착되어 있고, Gimbal 축은 종축에 평행하도록 되어 있다. [그림 3-31]

항공기가 수직축에 대해 Yaw가 발생하거나 돌아가면 수평면에 힘을 만들게 되어, 선행성 때문에 자이로와 짐벌이 짐벌 축 중심으로 돌게 된다. 이것은 조절 스프링에 의해 회전면에 구속되어 있다. 항공기가 표준을 선회를 할 때, 지시 바늘이 눈금판에 표시된 눈금을 지시할 때까지 기울게 된다. 이 계기들의 눈금판에 '2 MIN TURN'이라 표시되어 있다. 고속 항

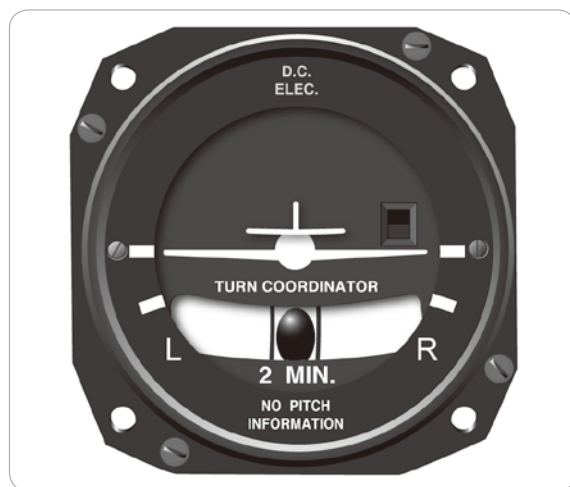


[그림 3-31] turn-and-slip indicator와 turn coordinator

공기에 사용되는 어떤 Turn-and-slip Indicator에는 '4 MIN TURN'이라 표시되어 있다. 두 가지 계기 모두 표준을 선회는 바늘이 눈금(Doghouse)을 가리킬 때 이루어진다.

(2) Turn Coordinator

오래된 Turn-and-slop Indicator의 주요한 제한 사항은 항공기의 수직 축 회전만을 감지한다는 것이다. 항공기가 선회를 하기 전 직진 비행을 할 때 종축 주위의 회전을 지시하지 못한다는 것을 뜻한다.



[그림 3-32] turn coordinator

Turn Coordinator은 Turn Indicator와 같이 선회성을 이용하지만 짐벌 구조가 항공기의 종축으로부터 위로 30도 각도로 기울어져 있다. 이것이 Roll과 Yaw를 둘 다 감지하도록 해 준다. 어떤 Turn Coordinator 자이로는 두 가지 동력을 사용하고 공기나 전기에 의해 작동된다. 지시계로서 바늘을 움직이기보다는 짐벌이 눈금판을 움직인다. 계기의 눈금은 수평비행과 표준을 선회 Bank 각도를 지시하기 위해 표시되어 있다. [그림 3-32]

Turn-and-slip Indicator에 있는 것과 비슷한 경사계(Inclinometer)는 'Coordination Ball'이라 불리며, Bank 각도와 Yaw 비율의 관계를 보여 준다. Ball이 표시 선의 중간에 있을 때 선회는 Coordinate(조화)된 것이다. 항공기는 Ball이 선회 바깥쪽으로 가 있을 때 Skidding 하는 것이고, 선회 안쪽으로 가 있을 때 Slipping 하는 것이다. Turn Coordinator는 Pitch를 감지하지 않는다. 어떤 계기에서는 이를 알리기 위해 눈금판에 'NO PITCH INFORMATION'이라고 표시되어 있다.

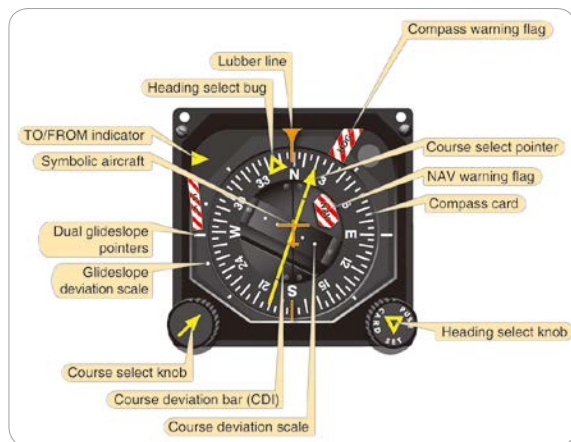
## 1.4 비행 지시 장치(Flight Director Systems)

### 1.4.1 수평 자세 지시계

#### (Horizontal Situation Indicator(HSI))

수평 자세 지시계(HSI)는 방향 지시계로, Flux Valve에서 나온 신호로 Compass Card처럼 작동하는 눈금판을 움직인다. [그림 3-33]에 나와 있는 계기는 Magnetic Compass와 Navigation Signal(항법 신호), Glide Slope을 조합한 것이다. 이것은 조종사에게 선택한 경로에서 항공기의 위치 관계를 지시한다.

[그림 3-33]에서, Lubber Line 아래 돌아가는 Azimuth Card에 지시되는 항공기 방향은 175도이다. Course-indicating Arrowhead(경로 지시 화살표 머리)는 205도에 설정되어 있고, 화살표 꼬리는 반(反)방위 025도를 지시하고 있다. Course Deviation Bar는 VOR/Localizer(VOR/LOC) Navigation Receiver와 함께 사용되어, Course-indication Arrow(경로 지시 화살표)와 함께 선택한 경로(Course)로부터 왼쪽이나 오른쪽으로 벗어나는



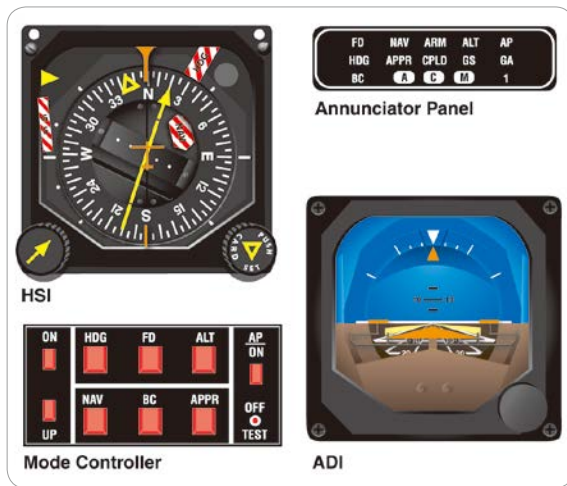
[그림 3-33] Horizontal situation indicator(HSI)

지를 지시한다. 보통의 VOR/LOC 바늘이 Course로부터 벗어난 각도를 지시하는 것처럼 동일한 방법으로 지시한다. 원하는 Course는 Course Select Knob을 사용하여 Course-indicating Arrow를 돌려 설정한다. 이 계기는 그림처럼 보여 준다. : 고정된 항공기 모형(Aircraft Symbol)과 Course Deviation Bar는 조종사가 항공기를 내려다보고 있는 것처럼 항공기와 선택된 Course의 관계를 보여 준다.

TO/FROM Indicator는 삼각형 모양의 지시침이다. 지시침이 Course Arrow의 머리 쪽을 가리키고 적절히 Course를 타고 비행한다면, 항공기는 선택한 항법 시설 쪽으로 비행할 것이다. 지시침이 Course Arrow의 꼬리 쪽을 가리키고 적절히 Course를 타고 비행하면, 항공기는 곧바로 선택한 항법 시설로부터 멀어질 것이다. Glide-slope Deviation Pointer는 항공기와 활공각(Glide Slope)의 관계를 지시한다. 지시침 중앙 위치 아래에 있으면 항공기는 Glide Slope의 위에 있는 것으로 강하율을 증가시켜야 한다. 어떤 계기에서는 Azimuth Card가 Remote Indication Compass(원격 지시 컴퍼스)로 되어 있다. 그러나, 다른 계기들의 방향은 Magnetic Compass를 보고 때때로 점검해서 Course Select Knob을 재설정하여야 한다.

### 1.4.2 Attitude Director Indicator(ADI)

자세 지시의 진보는 HSI와 같이 Gyro Horizon과 다른 계기를 통합하여, 조종사가 분리되어 있는 계기에 주위 분배를 줄일 수 있게 하였다. Attitude Director Indicator(ADI)는 자세계가 발전된 예이다. 통합된 Flight Director System(비행 지시 장



[그림 3-34] Integrated flight system

치)는 이전에 선택된 비행 상태를 유지하는 데 요구되는 항공기 자세를 지시하고 계산하는 전기장치로 구성되어 있다.

[그림 3-34]의 ADI는 자세계와 같은 정보를 제공하지만, 추가로 컴퓨터 작동 나비넥타이 모양 Steering Bar를 가지고 있다. 모형 항공기 (Symbolic Aircraft) 대신에 '삼각형 모양'이 비행하는 항공기를 대신한다. Mode Controller는 Steer Bar를 움직이기 위해 ADI에 신호를 제공한다. 조종사는 Steering Bar의 V 모양에 삼각형을 위치하기 위해 항공기를 조종한다. 명령 지시계(Command Indicator)는 조종사에게 원하는 결과를 얻기 위해 어느 쪽으로 방향과 자세를 변경해야 되는지 말해준다. 계산된 명령 지시는 조종사가 계기비행을 하는데 요구되는 많은 정신적 계산을 덜어 준다. 아래에 나와 있는 Flight Director/Autopilot System은 복잡한 General Aviation Aircraft에 사용되는 전형적인 계기의 모습이다. 이 계기판은 Mode Controller, ADI, HSI, Annunciator Panel로 구

성되어있다. 이 장치들은 [그림 3-34]에 나와 있다.

Mode Controller는 비행 지시 계통(Flight Director System)을 켜고 Mode 선택이 가능하며, Autopilot Engagement Switch, Trim Switch, Preflight Test Button 등 여섯 개의 Pushbutton Switch를 가지고 있다. ADI는 Pitch-and-roll 자세, Pitch-and-roll 명령, 결심 고도(Radar Altimeter와 함께 사용될 경우)와 관련된 정보를 시현한다. HSI는 Slave된 Gyro Magnetic 방향 정보, VOR/LOC/Area Navigation (RNAV) Course Deviation, Glide-slope Deviation 지시를 시현한다. Annunciator Panel은 신호를 획득하기(Capture) 전의 모든 Armed(활성화된) Mode를 포함한 수직, 수평의 Flight Director/Autopilot Mode를 시현한다. 간단히 말해서, 조종사에게 언제 선택한 Mode가 수신되었고 System이 받아들였는지를 알려주고, Armed(활성화된) Mode가 선택되었다면 신호 획득(Capture)이 시작되었을 때를 알려준다. 또한, 통합된 Marker Beacon Light와 Trim 고장 경고를 포함하고 있다. Approach Coupler(접근 연결 장치)가 있는 Autopilot과 Flight Director System으로 구성된 Flight Control Guidance System(비행 조종 유도장치)은 Category II 운용을 위해 요구된다.

## 1.5 계기 장치 비행 전 절차(Instrument Systems Preflight Procedures)

계기 장치를 점검하는 것은 전체 시간에서 상대적으로 작은 부분을 차지하지만, 비행 전 준비에 필요한 것으로 그 중요성은 강조해도 지나치지 않다. 계기를 참조하여 항공기를 조종하기 전에 모든 계기를



점검하고 적절한 작동을 위해 계기의 동력원을 점검해야 한다.

### 1.5.1 시동 전 절차(Before Engine Star)

- (1) 둘러보기 점검 - 모든 안테나를 점검하고 Pitot Tube가 이물질로 막히지 않았는지를 점검하고 덮개를 제거한다. Static Port에 먼지나 이물질이 없는지 확인하고, Port 위를 흐르는 공기 흐름을 방해하는 구조물이 주변에 없는지 확인한다.
- (2) 항공기 기록물 - 고도계와 Static System이 과거 24-Calendar Month 내에 점검되었고 제한치 내에 있는지 확인한다. 정비 기록에 있는 ELT 건전지의 교환 날짜를 확인하고, 기간 내에 교체 되었는지를 확인한다.
- (3) 비행 전 일지 기록 - 비행에 사용될 모든 항법 시설 주파수와 상태를 알기 위해 Airport/Facility Directory(A/FD)를 확인하고 모든 NOTAM을 확인한다. 출항, 항로, 목적지, 대체 공항에 필요한 Handbook, En Route Chart, Approach Chart, Computer, Flight Log를 구비해야 한다.
- (4) Radio equipment - switch off.
- (5) Suction gauge - proper markings.
- (6) Airspeed indicator - proper reading.
- (7) Attitude indicator - uncaged, if applicable.
- (8) Altimeter - 현재의 altimeter setting을 설정하고 바늘이 공항의 표고를 지시하는지 점검.
- (9) Vertical speed indicator - 0을 지시.
- (10) Heading indicator - uncaged, if applicable.

- (11) Turn coordinator - miniature aircraft level, ball approximately centered(level terrain).
- (12) Magnetic compass - 액체로 가득 차 있고 Correction Card가 유효하며 바른 위치에 있는지 확인.
- (13) Clock - 올바른 시간 설정.
- (14) Engine instruments - proper markings and readings.
- (15) Deicing and anti-icing equipment - 액체의 양을 확인하고 사용 가능한지 점검.
- (16) Alternate static-source valve - 필요하면 열 수 있고 완전히 닫을 수 있는지 확인.
- (17) Pitot tube heater - 켜올 때 Ammeter를 확인하거나 POH/AFM에 명시된 방법을 사용.

### 1.5.2 시동 후 절차(After Engine Start)

- (1) Master Switch를 켜올 때 - 자이로 회전이 증가할 때의 소리를 청취한다. 회전 지체나 비정상적인 잡음은 비행 전에 점검해야 한다.
- (2) Suction Gauge나 전기계기 - 자이로 계기의 동력원을 점검한다. Suction 압력은 특정 항공기 계기에 적합해야 한다. 만약 자이로가 전기로 작동되면 적절한 작동을 위해 Generator와 Inverter를 점검해야 한다.
- (3) Magnetic Compass - Card가 자유롭게 움직이는지 확인하고 계기 Case가 액체로 가득 차 있는지 확인한다. 항공기가 정지하거나 직진으로 Taxi하는 동안 알려진 방향(Runway Heading)을 지시 방향과 비교하여 Compass 정확도를 확인한다. 원격 지시 Compass는 알



- 려진 방향과 비교해야 한다. 이륙 활주로 방향과 비교하여 Compass Card 수정을 기록한다. Taxi를 하고 있을 때 Magnetic Compass를 보고 방향지시기를 설정한다.
- (4) 방향 Indicator - 자이로 가속을 위해 시동 후 5분을 기다린다. Taxi 하기 전이나 직진으로 Compass는 Slaving 움직임을 점검하고 Magnetic Compass와 비교한다.
- (5) Attitude Indicator - 자이로가 가속할 때까지 5분을 기다린다. Horizon Bar가 수평 위치에 직립하고 비행기의 자세가 올바른 위치에 있거나, 자세가 수평 위치에 직립하면서 진동하다 서서히 멈추면 그 계기는 적절히 작동하고 있는 것이다.
- (6) Altimeter - 현재 보고된 Altimeter Setting을 설정하고, 고도계 지시와 알려진 표고 사이에서 진동하면 기록한다. 편차가 75피트 정도 이내면 고도계가 정확하고, 이상이면 가능한 수리를 위해 정비소(Repair Station)에 맡겨야 한다. Altimeter Setting을 이용할 수 없을 때, 비행 전 계기 점검을 할 때 인쇄되어 있는 Field Elevation을 설정한다.
- (7) Vertical Speed Indicator - 이 계기는 0을 지시해야 한다. 그렇지 않으면 Panel을 부드럽게 두드린다. 0에서 벗어나 있고 조절할 수 없다면, 지상에서 지시하는 수치를 비행 중 0의 위치로 해석해야 한다.
- (8) Carburetor Heat - 작동하는지 확인하고 Cold 위치로 되돌려 놓아야 한다.
- (9) Engine Instruments - 적절히 지시하는지 확인한다.

- (10) Radio Equipment - 잘 작동하는지 확인하고 필요한 주파수를 설정한다.
- (11) Deicing and Anti-icing Equipment - 작동하는지 확인한다.

### 1.5.3 Taxiing and Takeoff

- (1) Turn Coordinator - Taxi 선회를 할 때, Miniature Aircraft가 선회를 잘 지시하는지 확인한다. Ball은 자유롭게 움직여야 한다. Ball은 선회 반대 방향으로 움직여야 한다. 선회계는 선회 방향을 지시해야 한다. 직진 Taxi를 할 때, 비행기 모형은 수평에 있어야 한다.
- (2) 방향 Indicator - 이륙 전에 방향을 재점검한다. Magnetic Compass와 Deviation Card(자차 카드)가 정확하다면, 항공기가 활주로나 Taxi Way에 정대했을 때 방향지시기는 5도 이내에서 활주로나 Taxi Way 방향을 지시해야 한다.
- (3) Attitude Indicator - 만약 Horizon Bar가 직진 Taxi 중 수평 위치에 있지 않거나, Taxi 선회 중 5도 이상 기울어졌다면 그 계기는 믿을 수 없다. 특정 항공기가 지상에 있을 때, Miniature Aircraft는 Horizon Bar를 참조하여 조절한다. Tricycle-gear 비행기는 지상에서 약간 낮은 자세가 순항 중의 수평비행 자세가 될 것이다.

### 1.5.4 Engine Shut Down

엔진을 정지할 때 비정상적인 계기 지시를 기록한다.

# 2장

## 자세 계기비행

### Airplane Attitude Instrument Flying

자세 계기비행은 외부의 시각 참조물보다는 계기를 사용하여 항공기의 공간상 위치를 조종하는 것이다. 사용 항공기나 비행할 항로에 상관없이 어떤 비행도 기본적인 기동으로 구성되어 있다. 시계비행은 항공기의 특정 참조점을 사용하여 수평선에 관련하여 항공기의 자세를 조종한다. 계기비행은 비행계기를 참조하여 항공기를 조종한다. 계기의 올바른 해석은 시계비행에서 외부 참조물이 하는 역할처럼 동일한 기본 정보를 제공할 것이다. 원하는 항공기의 자세를 만들고 유지하는 데 있어 계기의 역할을 알게 되면, 하나 또는 그 이상의 주요 계기가 고장 난 비상시 항공기를 조종할 수 있는 능력을 갖게 될 것이다. 자세 계기비행을 배우는 데 사용되는 두 가지의 기본 방법은 ‘Control and Performance’, ‘Primary and Supporting’이다. 두 방법은 동일한 계기를 사용하고, 자세 조종을

위해 동일한 응답을 사용한다. 두 방법은 자세계의 의존도 다른 계기의 해석면에서 다르다.

### 2.1 조종과 성능 방법 (Control and Performance Method)

항공기의 성능은 자세와 Power를 조절하면서 조절된다(받음각과 추력 대 항력의 관계). 항공기의 자세는 지구 수평에 대한 종축과 횡축의 관계이다. 항공기는 원하는 성능을 만들어 내기 위해 자세와 Power를 조종하여 계기비행을 한다. 이것을 자세 계기비행에서 Control and Performance Method라 하고, 기본 계기 기동에 적용된다. [그림 3-35] 계기의 세 가지 일반적인 종류는 Control,



[그림 3-35] Control instrument



[그림 3-36] Performance instruments



[그림 3-37] Navigation instruments

Performance, Navigation 계기이다.

(1) 조종 계기(Control Instruments)

조종 계기(Control Instruments)는 자세와 Power

의 즉각적인 지시를 시현하고, 정밀하게 자세와 Power를 조절할 수 있게 해 준다. 이 장에서 'Power'는 기술적으로 올바른 용어인 'Thrust나 Drag 관계'를 대신하여 사용된다. Control은 자세계와 Power

계기를 참조하여 결정된다. Power 계기는 항공기마다 다르며 Tachometer, Manifold Pressure, Engine Pressure Ratio, Fuel Flow 등을 포함한다.

(2) 성능 계기(Performance Instruments)

성능 계기는 항공기의 실제 성능을 지시한다. 성능(Performance)은 Altimeter, Airspeed or Mach Indicator, Vertical Speed Indicator, 방향 Indicator, Angle-of-attack Indicator, Turn-and-slip Indicator를 참조하여 결정할 수 있다.

(3) 항법 계기(Navigation Instruments)

항법 계기는 선택된 항법 시설이나 지점으로부터 항공기의 위치를 지시한다. 이 계기로는 다양한 형태의 Course Indicators, Range Indicators, Glide-slope Indicators, Bearing Pointers를 포함한다.

## 2.2 절차적 단계(Procedural Steps)

(1) Establish - 원하는 Performance를 얻기 위해 Control 계기들에 자세와 Power를 맞춘다. 알려지거나 계산된 자세 변경과 대략적인 Power 설정은 조종사의 업무를 줄여 줄 것이다.

(2) Trim - 조종간 압력이 중립이 되도록 Trim을 사용한다. Hand-off Flight을 위한 Trim 사용은 부드럽고 정밀한 항공기 조종을 위해 필수적인 것이다. Trim의 사용은 조종사가 원하는 자세로부터 최소한으로 벗어나면서 주의를 다른 조종석 내 업무를 하는 데 분배할 수 있도록 해 준다.

(3) Cross-check - 맞추고 있는 자세나 Power 설정이 원하는 성능을 제공하는지를 결정하기 위해 Performance 계기들을 Cross-check 한다. Cross-check은 보고 해석하는 것을 포함한다. 만약 오차를 발견하면 원하는 성능을 맞추기 위해 조종의 정도와 방향을 결정해라.

(4) Adjust - 필요한 만큼 Control 계기에서 자세와 Power 설정을 조종한다.

## 2.3 자세 조종(Attitude Control)

적절한 항공기 자세 조종은 일정한 자세의 유지, 언제 얼마만큼의 자세를 변경하고 자세를 부드럽게 정밀한 양으로 변경하는지의 결과다. 항공기 자세 조종은 자세 지시를 적절하게 사용하여 이루어진다. 자세 참조는 항공기 Pitch, Bank 자세의 즉각적이고 직접적이며 대응하는 변화를 지시한다.

(1) Pitch Control

Pitch 변경은 Miniature Aircraft의 'Pitch 자세'나 Fuselage Dot를 수평선에 대하여 정밀한 양으로 변경함으로써 이루어진다. 이러한 변경은 Degree(도)나 분수, 항공기 자세 참조의 형태에 따른 Bar 쪽으로 측정된다. 원하는 성능으로부터의 오차 양은 수정 정도를 결정지를 것이다.

(2) Bank Control

Bank는 Bank 눈금에 대해 정밀한 양으로 'Bank 자세'나 'Bank 지침'을 변경하여 조종할 수 있다. Bank 눈금은 0도, 10도, 20도, 30도, 60도, 90도로

되어 있고, 자세 참조의 위나 아래에 위치할 수 있다. 보통, 선회를 하기 위해 30도를 넘지 않는 Bank를 사용한다.

### (3) Power Control

적절한 Power 조종은 자세 변화와 연계하여 부드럽게 원하는 속도를 유지하는 능력에 달려 있다. Power 변경은 Throttle 조절과 Power 계기의 참조에 의해 이루어진다. Power 계기는 Turbulence, 부적절한 Trim, 부주의한 Control Pressure에 영향을 받지 않는다. 그러므로, 대부분의 항공기에서 Power 설정을 일정하게 유지하는 데 최소한의 주의가 필요하다. 항공기 조종 경험으로부터 Power를 필요한 만큼 변경하기 위해 Throttle을 얼마만큼 움직여야 하는지를 대략 알게 된다. 그러므로, Power를 변경하기 위해 우선 Throttle을 움직이고 정확한 설정을 하기 위해 계기를 Cross-check 한다. 요점은 Power를 설정하는 데 계기에 픽스(고착)되지 않는 것이다. 다양한 비행 외장에 따른 대략적인 Power 설정을 아는 것이 Power Over control을 막는 데 도움이 된다.

## 2.4 Primary and Supporting Method

자세 계기비행을 하는 다른 방법은 Control 기능과 관련된 계기를 항공기 성능으로 분류하는 것이다. 모든 기동은 어느 정도의 횡축(Pitch), 종축(Bank/Roll), 수직 축(Yaw) 움직임을 포함한다. 이 Handbook에서 강조하고 있는 자세 Control은 Pitch Control, Bank Control, Power Control이다.

[그림 3-38] 계기들은 Control 기능과 항공기 성능으로 다음과 같은 그룹으로 나뉜다.

### (1) Pitch 계기

- 자세계
- 고도계
- 속도계
- VSI(Vertical Speed Indicator)

### (2) Bank 계기

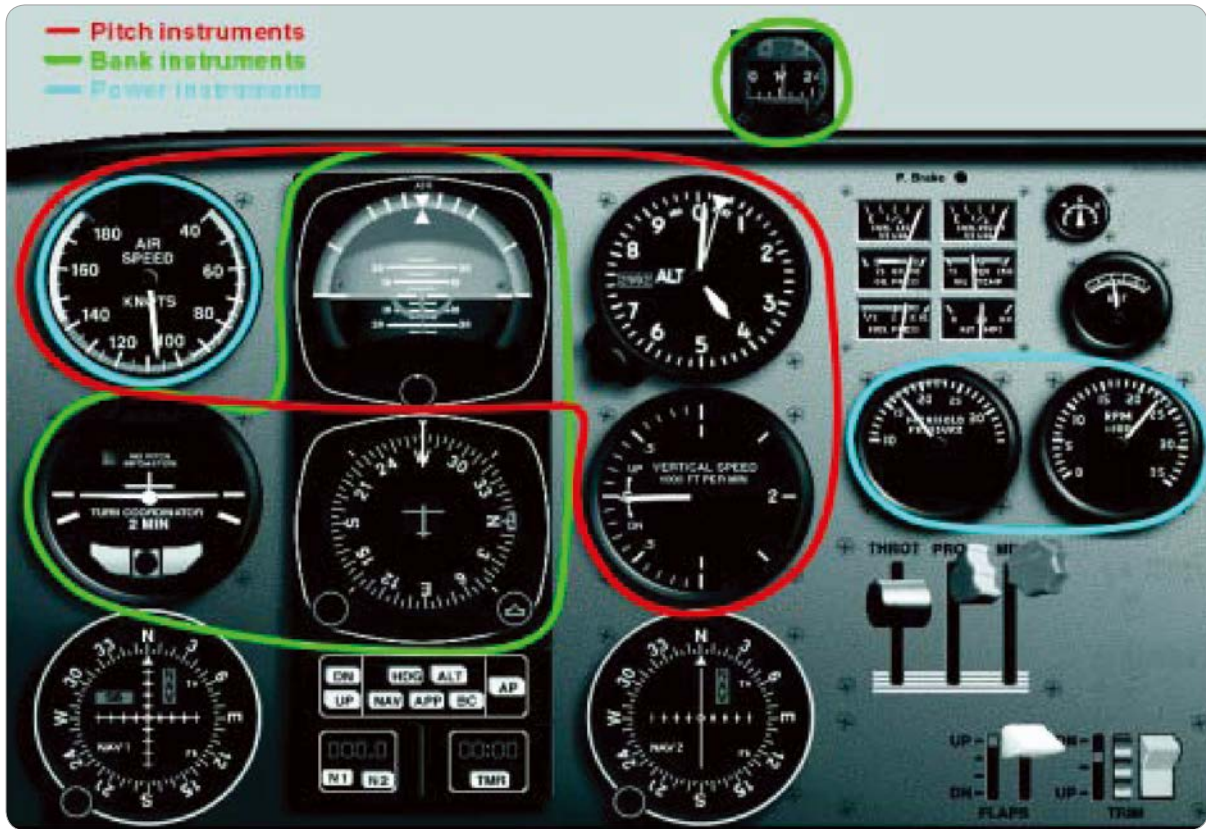
- 자세계
- Heading Indicator
- Magnetic Compass
- Turn Coordinator

### (3) Power 계기

- Airspeed Indicator
- Engine Instruments
- Manifold Pressure Gauge(MP)
- Tachometer/RPM
- Engine Pressure Ratio(EPR)—Jet

어떠한 기동이나 비행 상태의 Pitch, Bank, Power Control 요구량은 특정 주요 계기(Key Instrument)에 의해 명확하게 지시된다. 적절하고 기본적인 정보를 제공하는 계기를 Primary Instrument라 한다. 보조 계기들(Supporting Instruments)은 Primary 계기에 나타나는 정보를 보조한다. 예를 들어, 정속 수평비행은 일정 속도에서 0도 Bank(일정 방향)로 고도를 유지하고 있다는 것을 뜻한다. Pitch, Bank, Power 계기들은 어떻게 이러한 비행 상태가 유지하고 있는지를 말해 준다:





[그림 3-38] Primary/Supporting cross-check method

- (1) Altimeter - 적절한 고도 정보를 제공하므로 Pitch 지시의 Primary가 된다.
- (2) 방향 Indicator - 가장 적절한 Bank나 방향 정보를 제공하므로 Bank 지시의 Primary가 된다.
- (3) Airspeed Indicator - 수평비행 시 출력에 관하여 성능과 관련된 가장 적절한 정보를 제공하므로 Power 지시의 Primary가 된다.

비록 자세계가 기본자세 참조물이라 해도, Primary and Supporting 계기 개념은 특정 비행계기의 중요도를 감소시키는 것은 아니다. 자세계가 직접적이고 빠른 실제 비행 자세를 나타내는 유일한 계기는 아

니다. 사용할 수 있을 때, Pitch와 Bank 자세를 맞추고 유지하는 데 항상 사용되어야 한다. 뒤에 나오는 'Airplane Basic Flight Maneuvers'에 자세히 묘사된 기본 계기 기동들이 설명될 때, Primary and Supporting 계기의 사용을 더욱 잘 이해할 수 있을 것이다. 다음 Page에서 '직접 지시계기'와 '간접 지시계기' 용어를 볼 수 있게 될 것이다. '직접' 지시는 자세계의 Horizon Bar에 관련하여 Miniature Aircraft에 의해 Pitch와 Bank 자세의 실질적이고 즉각적인 표시이다. 고도계, 속도계, VSI는 주어진 Pitch 자세에서 보조(간접) 지시를 한다. 방향지시기와 Turn Needle은 Bank 자세의 보조 지시를 한다.

## 2.5 기본 기술(Fundamental Skills)

자세 계기 훈련 중, 모든 계기비행 기동에 포함된 세 가지 기본 기술을 익혀야 한다. : 계기 Cross-Check, 계기 해석, 항공기 조종. 비록 이 세 가지 기술을 계획된 순서대로 각각 배웠더라도, 정말 비행에 있어 숙달 정도는 이러한 기술들을 통합하여 제시된 비행경로를 유지하기 위해 통일되고 부드러우며 적극적 조종을 하는 것을 통해 판단될 것이다.

### (1) Cross-Check

첫 번째 기본 기술은 Cross-Check이다(또한 'Scanning'이나 'Instrument Coverage'라 부른다). Cross-Check은 자세와 성능 정보를 위한 연속적이고 논리적인 계기의 관찰이다. 자세 계기비행에서, 조종사는 성능에 있어 원하는 결과를 만들어 내는 계기를 참조하여 자세를 유지한다. 다양한 환경과 하중 상태에서 인적 오차, 계기 오차, 항공기 성능의 차이 때문에 장시간 동안 자세와 성능을 일정하게 유지하는 것은 불가능하다. 이러한 가변 요소들 때문에 조종사는 연속적으로 계기를 확인하고 적절하게 비행기 자세를 변경해야 한다.

#### 1) 선택된 Radial Cross-Check(Selected Radial Cross-Check)

선택된 래디얼(Radial) Cross-Check을 사용할 때 조종사는 시간의 80~90%를 자세계를 보는 데 사용하고, 비행계기 중 하나를 힐끔 보기 위해 자세계에서 시선을 옮긴다. 이 방법으로 조종사의 눈은 비행계기 간 직접 이동하지 않고 자세계를 경유한다. 실행되는 기동에 따라



[그림 3-39] Selected radial cross-check pattern



[그림 3-40] Inverted-V cross-check

Cross-Check Pattern 안에서 어떤 계기를 보아야 하는지가 결정된다. [그림 3-39]

#### 2) Inverted-V Cross-Check

눈을 움직여 자세계에서 선회 계기로, 다시 자세계로, 아래 방향 VSI로, 다시 자세계로 돌아오는 것을 'Inverted-V Cross-Check'라 부른다.

[그림 3-40]



[그림 3-41] Rectangular cross-check pattern

### 3) The Rectangular Cross-Check

만약 조종사의 눈이 위쪽 세 개의 계기(속도계, 자세계, 고도계)를 가로질러 움직인 다음, 아래쪽 세 개의 계기(VSI, 방향 Indicator, 선회 계기)를 훑어본다면, 움직인 경로는 사각형이 될 것이다(시계 방향이나 반시계 방향은 개인적 선택이다). [그림 3-41] 이 Cross-Check 방법은 실행되는 기동에 따른 계기 중요도에 상관없이 각 계기로부터의 정보에 동일한 중요도를 부과한다. 그러나, 이 방법은 기동에 중요한 계기로 돌아오는 데 걸리는 시간을 연장한다.

### 4) Common Cross-Check Errors

초보자는 어떤 계기를 보는지 정확히 모르고, 빠르게 계기를 Cross-Check할 것이다. 기본 계기비행 경험 증가와 관련하여 계기 지시에 친숙해지면, 언제 무슨 계기를 봐야 하고 어떻게 대응해야 하는지를 배우게 될 것이다. 더욱 숙련되면, 습관으로부터 비행 상황에 요구되는 Scan 횟수와 순서에 맞는 Cross-Check을 할 것이다.

만약 조종사가 훈련하는 동안 기본 계기 숙련도를 유지하지 못한다면, 훈련을 하는 동안이나 차 후에 다음의 Common Scanning Error가 생길 수 있다:

- 한 계기를 주시하거나 Fixation(고착)되는 것은 좋은 의도에서 발생하지만 나쁜 결과를 가져온다. 예를 들어, 어떻게 바늘이 내려갔는지 의아해하며 할당된 고도보다 200피트 아래인 고도계를 주시하고 있는 자신을 발견할 것이다. 아마도 이 계기를 주시하는 동안 조종간에 압력을 증가시키면서 방향 변화를 발견하지 못하고 더 많은 오차가 쌓이게 될 것이다. 다른 일반적인 Fixation은 자세를 변경할 때 생길 수 있다. 예를 들어, 90도 선회를 위해 Shallow Bank를 맞춘 다음, 다른 적절한 계기들을 Cross-Check 하는 대신 선회 내내 방향 지시기를 주시한다. 선회를 시작하고 대략 25초 동안 방향지시기를 Cross-Check할 필요가 없다는 것을 알지만 이 계기에서 눈을 땔 수 없다. 여기에서의 문제는 모두 Cross-Check Error 때문이 아니다. 다른 기본적인 기술 중 하나 또는 두 가지 어려움에 관련될 수 있다. 조종사는 방향지시기를 읽는 데 있어 불확실성이나 선회 Roll out의 불일치 때문에 픽스될 수 있다.
- Cross-Check 하는데 계기를 Omission(생략)하는 것은 다른 비슷한 잘못이다. 이것은 자세 변화 다음에 중요한 계기 지시를 예상하지 못해서 발생할 수 있다. 예를 들어, 180도 선회 후





Power와 조종사가 선택한 자세로 성능은 계기에 나타난다. 동일한 그림을 Jet기의 자세계에 맞추어 보아라. 첫 예에서 볼 수 있는 것과 같은 동일한 비행기 자세로 Jet기의 VSI는 2,000fpm, 속도는 300 kts를 지시한다. 훈련하고 있는 항공기의 성능 능력을 배우게 되면서, 항공기 자세에 관하여 자세 지시를 적절히 해석할 것이다. 만약 Pitch 자세가 결정되어야 한다면 속도계, 고도계, VSI, 자세계는 필요한 정보를 제공할 것이다. 만약 Bank 자세가 결정되어야 한다면 방향지시기, Turn Coordinator, 자세계 지시가 해석되어야 한다. 각 기동에서 어떠한 성능을 기대하고 기동을 하는 동안 항공기를 조종하기 위해 어떤 계기를 조합하여 해석해야 하는지 배우게 될 것이다.

## 2.7 항공기 조종(Aircraft Control)

세 번째 기존적인 계기비행 기술은 항공기 조종이다. 계기를 외부 참조물 대신에 사용할 때 필요한 조종 반응과 생각은 외부 참조물을 보고 항공기를 조종하는 방법과 동일하다. 수평선이나 계기 수평선을 보고 원하는 항공기 자세를 알고, 적절히 조종간을 움직여 자세를 유지하거나 변경한다. 항공기 조종은 네 가지 요소로 구성되어 있다: Pitch Control, Bank Control, Power Control, Trim.

- (1) Pitch Control은 Elevator를 움직여 횡축을 중심으로 항공기 회전을 조종한다. 적당한 비행계기로부터 Pitch 자세를 해석한 다음, 수평선을 참조하여 원하는 Pitch 자세를 맞추기 위해

조종간을 움직인다.

- (2) Bank Control은 날개와 수평선이 만드는 각도를 조종하는 것이다. 적절한 계기를 해석하여 Bank 자세를 해석한 다음, Aileron을 움직여 종축을 중심으로 항공기를 회전시키기 위해 필요한 압력을 가한다.
- (3) Power Control은 비행계기를 해석했을 때 추력 변경 필요가 있다면 사용한다.
- (4) Trim은 원하는 자세를 만든 후 모든 조종간 압력을 덜어 주기 위해 사용한다. 부적절하게 Trim이 조절된 항공기는 계속 압력을 가해야 하고, 압력을 만들어 내며 Cross-Check 하는데 주의가 흩어지고, 급격하고 잘못된 자세 조종을 야기할 수 있다. 조종간에서 느끼는 압력은 계획된 항공기 자세 변화를 위해 조종할 때 느끼는 것이고, 압력을 유지하고 있지는 말아야 한다. 왜냐하면 항공기가 조종사를 조종하게 놓아두는 것이기 때문이다.



# 3장

## 기본 비행 기동 Airplane Basic Flight Maneuvers

계기비행은 항공기 Type, Class, 성능, 기계장치에 따라 달라진다. 그러므로, 따라야 할 절차와 기술은 다른 항공기 형태에 맞게 적용할 수 있도록 수정될 필요가 있다. 비행 기동을 하기 위한 특정 항공기의 추천 절차(Recommended Procedures), 성능 자료(Performance Data), 운용 한계(Operation Limitations), 비행 특성(Flight Characteristics)은 조종사의 Pilot's Operating Handbook/Airplane Flight Manual(POH/AFM))에서 찾아볼 수 있다. 여기에서 논의되고 있는 비행 기동은 Single-engine, 접히는 바퀴와 플랩을 가지고 있는 소형 프로펠러 비행기, 3편에서 논의된 비행계기들을 사용한다고 가정한다. 계기 이륙을 제외하고, 모든 기동은 자세계와 방향지시기를 가리거나 작동을 멈추게 한 후 실행할 수 있다.

### 3.1 직진 수평비행 (Straight-and-Level Flight)

#### (1) Pitch Control

비행기의 Pitch 자세는 비행기의 종축과 실제 수평선과의 각도이다. 수평비행을 할 때, Pitch 자세는 속도와 무게에 따라 변한다. 훈련 목적으로, 무게는 소형 비행기에서 무시할 수 있다. 일정한 속도에서 수평비행을 할 때 한 가지 자세만이 있다. 저속에서

서의 수평비행 자세는 Nose-high가 된다. 빠른 속도에서의 수평비행 자세는 Nose-low가 된다. [그림 3-43]은 저속 순항 상태에서의 자세, [그림 3-44]은 고속 순항 상태에서의 자세, [그림 3-45]은 정상 순항속도에서의 자세를 보여 준다. Pitch 계기들은 자세계, 고도계, 승강계, 속도계이다.

#### 1) 자세계(Attitude Indicator)

자세계는 Pitch 자세의 직접적인 지시를 한다. 항공기 모형(Miniature Aircraft)을 Horizon Bar에 관련하여 Elevator를 사용하여 올리거나



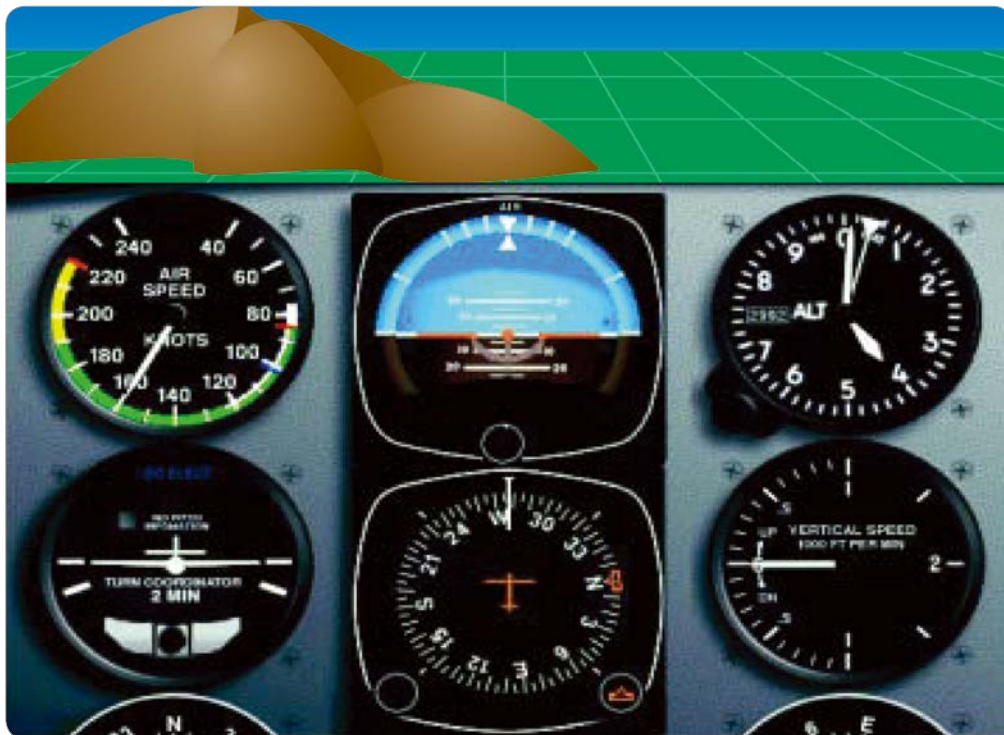
[그림 3-43] Pitch attitude and airspeed in level flight, slow cruise speed



[그림 3-44] Pitch attitude and airspeed in level flight, fast cruise speed

내려서 원하는 Pitch 자세를 얻는다. 이것은 시계 비행에서 비행기의 기수를 수평선에 관련하여 올리거나 내려서 Pitch 자세를 조절하는 것과 동일하다. 그러나 속도가 일정하지 않다면, 그 속도에서의 수평 자세를 만들고 확인하기 전까지 고도계, VSI, 속도계에 보이는 것처럼 수평 비행을 하는지 알 수 없다. 만약 자세계에 있는 Miniature Aircraft가 이륙 전에 지상에서 적절히 조절되었다면, 상승에서 Level-off를 할 때, 순항속도에서 대략적인 수평비행을 지시할 것이다. 만약 Miniature Aircraft를 더 조절할 필요가 있다면, 조절을 하는 동안 수평비행을 유지하기 위해 다른 Pitch 계기를 사용해야 한다.

자세계만을 사용하여 수평비행을 위한 Pitch



[그림 3-45] Pitch attitude and airspeed in level flight, normal cruise speed



[그림 3-46] Pitch correction for level flight, half-bar width



[그림 3-47] Pitch correction for level flight, two-bar width

조종을 연습할 때, Horizon Bar를 1Bar 폭 위나 아래로 제한한 다음, 1/2Bar 폭, 1과 1/2 Bar 폭의 순으로 움직임을 제한한다. 1/2, 2, 3Bar 폭의 Nose-high 자세는 [그림 3-46, 3-47, 3-48]에 나와 있다. 자세계의 지시와 수평선에 대한 비행기 위치를 비교하는 동안 교관 조종사는 이런 Pitch 수정 조작 시범을 보여 줄 것이다.

자세를 참조하여 수평비행을 위한 Pitch 자세 변화는 시계비행에 사용되는 변화보다 상당히 적다. 수평비행을 위해 적절히 Trim이 조절된 비행기에서 이러한 표준 Pitch 변화 효과가 나타나기 위해 필요한 엘리베이터(Elevator) 움직임과 조종 압력(Control Pressure)은 아주 조금이다.

다음의 내용은 얼마만큼의 Elevator Control Pressure가 필요한지 결정하는 데 도움을 주는 몇 가지 정보들이다. 첫째, 조종간을 세계 잡으면 조종 압력 변화를 느끼기 어렵다. 근육 대신



[그림 3-48] Pitch correction for level flight, three-bar width

에 ‘눈과 머리로’ 긴장을 풀고 조종을 배우는 것은 계기 훈련의 초기 단계에서 상당한 의식적 노력이 필요하다. 둘째, 적극적인 조종으로 부드럽



고 작은 Pitch 변화를 시킨다. 위나 아래로 Pitch 수정을 할 수 있을 때까지 자세계에 1/2, 1, 1과 1/2 폭으로 일정하게 유지하는 작은 수정을 연습한다. 셋째, 수평비행을 위해 적절히 Trim이 조절된 비행기에서 조종간 압력을 인지하게 되었을 때, 잠시 Elevator의 압력을 놓아 보아라. 이렇게 하면 비행기가 안정적이라는 것을 재인식할 것이다. Turbulence 상황이 아니라면, 조종간을 놓았을 때 수평비행이 유지될 것이다. 눈으로 보았을 때 아무런 조종 변화가 필요 없다는 것을 알게 됐더라도 조종간을 움직이고 싶은 충동을 억누르기 힘들 것이다. 이것이 초기 비행 훈련의 가장 힘든 점이 될 것이다.

## 2) 고도계(Altimeter)

일정한 Power 상태에서, 수평비행을 하는 동안 고도가 바뀌는 것은(Turbulence Air를 제외하고) Pitch 변화의 결과일 것이다. 그러므로, 일정 Power에서 고도계는 수평비행일 때 Pitch 자세를 간접적으로 지시한다. 비행기가 수평비행에서 일정하게 지시하기 때문에 원하는 고도에서 벗어나는 것은 Pitch 변화가 필요하다는 신호다. 만약 고도가 올라가면 Nose를 내려야 한다. [그림 3-49, 3-50]

자세계 지시를 사용하지 않고 수평비행을 유지하는 데 있어, 고도계 바늘이 움직이는 비율은 움직이는 방향만큼 아주 중요하다. 수평비행에서 과도한 Pitch 변화는 상대적으로 과도한 고도 변화가 나타나게 한다. 적은 Pitch 변화는 적은 고도 변화가 있게 된다. 이렇게 고도계 바늘이 시계 방향으로 빨리 움직이면, 수평 자세에서 상



[그림 3-49] Using the altimeter for pitch interpretation, a high altitude means a nose-high pitch attitude



[그림 3-50] Pitch correction following altitude increase—lower nose to correct altitude error

당한 Nose-high 변화가 있다는 것을 예상할 수 있다. 반대로, 바늘이 반시계 방향으로 천천히 움직이면 약간 Nose-low 자세를 지시하고, 원하는 고도를 얻기 위해 필요한 약간의 수정이 필요하다. 자세계 Cross-check을 할 때 고도계를 추가하면, 자세계에 나타나는, 주어진 Pitch 변화에 따른 고도계 바늘이 움직이는 비율을 인지할 것이다. 만약 자세계 없이 정확한 Pitch 조종을 연습한다면, 수평선을 참조하여 조금씩 Pitch를 변화시키고, 고도계 바늘이 움직이는 비율을 기록해라. 얼마만큼의 Pitch 변화가 고도계에서 가장 느린 안정적 변화를 만드는지 기록해라. 그런 다음 정밀한 해석과 바늘이 움직이는 비율

을 조종하여 적은 Pitch 수정을 연습한다. 교관 조종사는 과도한 Nose-down Deviation(고도계 바늘의 과도한 움직임 지시)을 시범으로 보인다. 부적절한 수정 조작의 결과를 보여 줄 것이다. 정상적인 충동은 서둘러서 큰 Pitch 수정을 하는 것이다. 그러나 이것은 필연적으로 과조작(Over Control)이 된다. 바늘은 강하를 지시한 다음 방향을 바꾸고, 결국에는 Nose-high Deviation을 지시한다. 결과적으로 조종간에 압력이 생기고, 불규칙한 조종간 반응으로 인해 점차적으로 조종간이 과도하게 움직인다. 올바른 수정 조작은 천천히 부드럽게 하는 것이고, 비행기는 원하는 자세로 Positive Control과 혼동 없이 더 빠르게 돌아갈 수 있다. Pitch Error를 인지했을 때, 수정 조작은 즉각 이루어져야

하지만, 적은 조종간 압력과 함께 두 단계로 자세를 변경해야 한다. 먼저 바늘이 움직이는 것을 멈추기 위해 자세를 변경하거나, 원하는 고도로 돌아가기 위해 자세를 변경한다. 바늘이 원하는 고도에서 멀어지고 있다는 것을 알게 되었을 때, 바늘이 움직이는 비율을 늦추기 위해 필요한 Elevator Pressure를 가한다. 만약 급격히 바늘 움직임이 줄어들면, 바늘이 계속 움직일 수 있도록 조종간 압력을 천천히 줄인다. 바늘 움직임이 적은 것은 비행기가 수평비행에 가깝다는 것이다. 바늘이 움직이는 것을 멈추기 위해 약간의 수정 압력을 가한다. 이 시점에서 비행기는 수평비행이 된다. 바늘이 반대로 움직인다면 비행기 자세가 수평을 지났다는 뜻이다. 속도의 변화는 주어진 조종간 압력의 효과를 변화시키기 때문



[그림 3-51] Altitude error, less than 100 feet



[그림 3-53] Altitude error, greater than 100 feet



[그림 3-52] Pitch correction, less than 100 feet-1/2 bar low to correct altitude error



[그림 3-54] Pitch correction, greater than 100 feet-1 bar correction initially



에, Cross-check을 계속하는 동안 주의하여 조종간 압력을 늦춘다. 그다음, 고도계 바늘의 움직임 비율에 맞게 Elevator 압력으로 Pitch 자세를 조종한 다음 원하는 고도로 돌아간다. 실질적으로 100피트 이하의 오차에서는 1/2Bar 폭으로 수정한다. [그림 3-51, 3-52] 100피트 이상 되는 오차에서는 1Bar 폭으로 수정한다. [그림 3-53, 3-54] 고도계 만을 사용하여 예정된 고도 수정을 한 다음, 자세계 지시와 연관 지어야 한다.

### 3) 승강계(Vertical Speed Indicator)

VSI는 Pitch 자세를 간접적으로 지시하는 경향(Trend) 계기이며 비율(Rate) 계기이다. 경향 계기로서, 비행기의 즉각적인 초기 수직 움직임을 지시하므로 Pitch 변화의 반영으로 여길 수 있다. 수평비행을 유지하기 위해 VSI를 고도계, 자세계와 연계하여 사용하라. 0으로부터 위나 아래로 바늘이 움직이는 경향을 주목하여, 아주 조금 Elevator Pressure를 가하여 수정한다. 바늘이 0으로 돌아가면 수정 압력을 푼다. 만약 조종 압력이 부드럽거나 적으면, 계기 바늘은 즉각적이고 천천히 반응할 것이고 고도계는 약간 변화하거나 또는 고도의 변화가 없다. 비율 계기로 사용됨으로써, VSI의 지연 특성을 고려해야 한다. Pitch 변화 후에 바늘이 안정된 지시를 하기 전까지 나타나는 지연을 예상해야 한다. 지연은 속도와 Pitch 변화의 강도와 직접적으로 비례한다. 느리고 부드럽게 Pitch 변화가 된다면, 바늘은 Pitch가 변화한 만큼의 최소 지연으로 움직이다가 상승이나 강하에서 공기력(Aerodynamic

Force)이 균형을 이루면 안정될 것이다. 크고 급격한 Pitch 변화는 바늘이 안정되기 전까지 불규칙적이고, 반대로 지시하거나, 큰 시간 지연을 만들어 낼 것이다. 조종사는 불규칙적인 바늘 움직임을 만드는 Turbulence 속을 비행할 동안에는 바늘을 따라다니지 않도록 해야 한다.

VSI를 비율 계기로 사용하고 고도계, 자세계와 연계하여 수평비행을 유지하는 데 사용할 때, 다음을 명심해야 한다. 원하는 고도에서 떨어진 고도는 원하는 고도로 돌아갈 때의 비율과 관련이 있다. 어림셈으로 Vertical-speed Rate에는 고도 오차의 두 배를 적용한다. 예를 들어, 고도가 100피트 벗어났다면, 돌아가는 비율은 200분당 피트(fpm)가 된다. 만약 100피트 이상 차이가 나면, 수정은 상응하여 더 커야 한다. 그러나 주어진 속도와 외장에서 비행기의 최적 상승률이나 강하율을 넘어서는 안 된다. 원래 고도로 돌아가기 위한 비율(Rate)에서 200fpm 이상이 되는 것은 과조작(Over Control)으로 본다. 예를 들어, 200fpm으로 원하는 고도로 돌아가려고 한다면 400fpm을 넘기는 것은 과조작(Over Control)이 된다. 원하는 고도로 돌아갈 때 VSI는 Primary Pitch 계기가 된다. 때때로 비행기가 수평비행 중일 때, VSI 조정이 안 되어 약간 상승이나 강하를 지시할 수 있다. 만약 계기를 조정할 수 없다면, Pitch 조종을 할 때 오차를 고려해야 한다. 예를 들어, 수평비행 시 바늘이 200 fpm 강하를 지시하면, 그 지시를 0으로 간주한다.

### 4) 속도계(Airspeed Indicator)

속도계는 Pitch 자세의 간접적인 지시를 나



[그림 3-55] Constant power plus constant pitch equals constant airspeed



[그림 3-57] Constant power plus increased pitch equals decreased airspeed



[그림 3-56] Constant power plus decreased pitch equals increased airspeed

타낸다. 동일한 Power 설정과 Pitch 자세에서 Airspeed는 동일하게 유지된다. [그림 3-55] Pitch 자세를 낮추면, Airspeed는 증가하고 Nose를 들어야 한다.

[그림 3-56] Pitch 자세가 증가하면, 속도가 줄어들고 Nose를 낮추어야 한다.

[그림 3-57] 급격한 속도 변화는 Pitch가 많이 변한 것을 나타내며, 속도가 천천히 변하는 것은 Pitch 변화가 적다는 것을 나타낸다.

Pitch가 변함에 따른 속도 지시의 지연은 비행기에 따라 다른데, Pitch가 변했을 때 가속되거나 감속되는 데 필요한 시간에 따라 달라진다. 계기의 구조나 작동에 따라 뚜렷한 지연은 없다. 부드럽고 천천히 Pitch를 변경하면 즉각적인 속

도 변화를 가져온다. 수평비행에서 Pitch 조종은 Cross-Check과 계기 정보를 위한 계기판 해석의 문제다. Cross-Check 기술에 있어서의 개인적 차이와 상관없이, 모든 조종사는 주어진 기동에 있어 비행기를 조종하는 데 최선의 정보를 제공하는 계기를 사용해야 한다. 조종사는 또한 Primary 계기가 원하는 지시를 유지하도록 다른 계기들을 확인해야 한다. Primary 계기는 특정 기동을 하는 데 가장 타당한 정보를 제공하는 계기이다. 이 계기는 조종사가 일정한 지시를 유지해야 하는 계기이다. 예를 들어, 어떤 계기가 수평비행을 하는데 ‘Pitch Control의 Primary 계기인가?’ 하는 이 질문은 특정 비행기, 기상 상황, 조종사 경험, 운용 상태, 다른 요소들의 상황을 고려해야 한다. 고성능 비행기에 있어 자세 변화는 즉각적인 조종을 위해 빠르게 발견하고 해석해야 한다. 이와는 반대로 속도가 느린 비행기에 속달된 계기 조종사는 특히 자세계를 많이 의존하면 정확한 자세 정보를 제공받기 힘들다고 판단되었을 때, Primary Pitch 정보를 위해 고도계에 의존할 것이다. 조종사가 고도계나 자세계 지시를 Primary 계기로 간주하는 것은 어

편 접근이 자세를 조종하는 데 최선의 도움이 되는지에 달려 있다. 고도계는 보통 수평비행을 하는 동안 Primary Pitch 계기로 여긴다.

(2) Bank Control

비행기의 Bank 자세는 수평선과 비행기의 횡축 간의 각도이다. 직진 수평비행 경로를 유지하기 위해, 조종사는 비행기의 날개를 수평선과 수평을 이루어야 한다(비행기가 Coordinated Flight이라는 가정하에). Bank 오차에 의해 직진 수평비행에서 멀어지는 것은 Aileron과 Rudder Pressure의 조화 된 조종으로 수정해야 한다. Bank 조종에 사용되는 계기들은 자세계, 방향지시기, Turn Coordinator 이다. [그림 3-58]

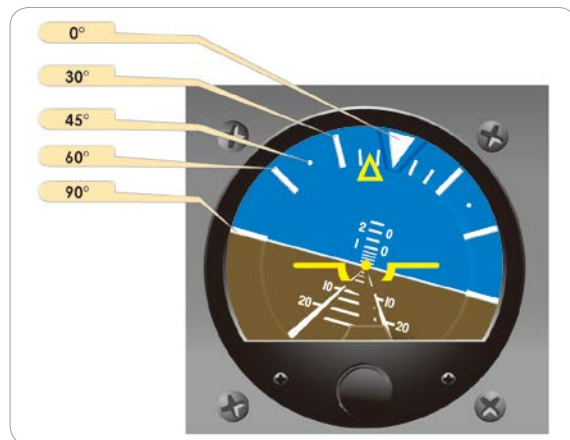


[그림 3-58] Instruments used for bank control

1) 자세계(Attitude Indicator)

자세계는 Bank 자세의 변화를 직접적으로나 간접적으로 보여 준다. 표준 자세계에서, Bank 각도는 Miniature Aircraft와 Artificial Horizon Bar의 관계로 보여 주고, 지침과 계기의 윗부분의 Bank 눈금과의 정렬로 보여 준다. 표준 3인치 계기의 전면에서 작은 Bank 각도는 특히 한쪽으로 기대거나 앉는 위치를 약간 움직이면 Miniature Aircraft를 참조하여 확인하기 힘들다. 눈금 지침의 위치는 Miniature Aircraft의 위치에 대해 좋은 Check가 된다. 선행성 오차를 무시하고, 직진 비행에서 조금 벗어나는 것은 눈금 지침에서 쉽사리 발견할 수 있다. Bank 눈금은 [그림 3-59] 처럼 눈금이 매겨져 있거나, 10도와 20도가 빠져 있을 수 있다.

[그림 3-59]에 있는 계기는 Miniature Aircraft가 나타내는 Bank 방향으로 움직이는 눈금 지침을 가지고 있다. 어떤 자세계는 Miniature Aircraft가 나타내는 Bank 반대 방향으로 눈금 지침이 움직인다. 0의 오른쪽 30도에 있는 Bank 지



[그림 3-59] Bank interpretation with the attitude indicator

시는 30도 왼쪽의 Bank 자세를 지시한다. 이런 계기의 구조에서 오는 실수는 자주 일어날 수 있고 예상할 수 있지만, 자세계의 이점은 한번 힐끔 봐서도 Pitch 자세와 Bank 자세를 곧바로 알 수 있다는 것이다. 많은 자세계와 관련된 선행성 오차가 있더라도 자세계 지시는 다른 계기보다 조종하는 데 필요한 시간과 노력이 적게 든다.

## 2) 방향지시기(Heading Indicator)

Coordinate된 비행 중에 Bank가 발생하면 이로 인해 선회가 발생하고, 기수 방향이 변하므로, 항공기의 Bank 자세는 방향지시기에 간접적으로 나타난다. 두 예에서 속도가 같다고 가정하고, 방향지시기 바늘이 급격히 움직이는 것은 Bank 각이 많이 졌다는 것을 뜻하고, 반면에 바늘이 천천히 움직이는 것은 Bank 각이 약간 졌다는 것을 의미한다. 만약 방향지시기가 움직이는 비율을 인지하고 자세계의 Bank 각과 비교했다면, 방향지시기에서 중요한 Bank 정보를 얻을 수 있는 방법을 배우게 될 것이다. 이와 같은 경우는 자세계의 선행성 오차가 있기 때문에 특히 직진 수평비행을 유지하는 데 있어 방향 정보를 정밀하게 점검할 필요가 있다. 방향지시기를 보고 직진 수평비행에서 벗어나는 것을 인지했을 때, 원하는 방향으로 돌아가기 위해 선회할 방향 각도의 양을 초과하지 않는 Bank를 사용하여 수정한다. 즉 방향 10도 이내 변화 시 10도 Bank로 수정하고 그 이외의 경우에도, Bank 수정을 위한 Bank 각은 표준을 선회를 넘어서는 안 된다. 더 많은 Bank각을 사용하는 것은 높은 수준의 실력이 필요하고, 과조작(Over Control)과 비정

상적인 Bank Control의 결과를 가져올 수 있다.

## 3) Turn Coordinator

Turn Coordinator의 Miniature Aircraft는 비행기의 Bank 자세를 간접적으로 지시한다. Miniature Aircraft가 수평일 때, 비행기는 직진 비행이 된다. 만약 Ball이 중앙에 있을 때, Miniature Aircraft가 왼쪽으로 치우치면 왼쪽 날개가 내려가 있는 것이고 비행기는 왼쪽으로 선회하고 있는 것이다. 그러므로, Miniature Aircraft가 안정적으로 기울어져 있다면, 비행기는 지시하고 있는 방향으로 선회하고 있는 것이다. 직진 비행으로 돌아가는 것은 Aileron과 Rudder 압력을 Coordinate 되게 사용하여 Miniature Aircraft를 수평으로 맞추면 된다. Cross-check를 할 때 Miniature Aircraft를 포함시키고 원하는 위치에서 조금이라도 벗어나면 수정해라. 수평비행을 하는 데 계기를 사용할 때, 조종간 압력은 부드럽게 아주 조금 사용해야 한다. Turn Coordinator에 있는 Ball은 실제로 분리된 계기이다. 두 개의 계기가 함께 사용되기 때문에 편하도록 Miniature Aircraft 아래에 위치한 것이다. Ball 계기는 선회의 질을 나타낸 것이다. 만약 Ball이 중앙에서 벗어나 있으면, 비행기는 Slipping이나 Skidding을 하고 있는 것이고, 이 상태에서 Miniature Aircraft는 Bank 자세의 Error를 보여 준다. [그림 3-60]과 [그림 3-61]는 각각 Slip과 Skid를 할 때의 계기 지시를 보여 주고 있다. 만약 Wing이 Level 상태이고 적절히 Trim이 조절되어 있다면, Ball은 중앙에 머물러 있고, 비행기는 직진 비행을 할 것이다. 만약 Ball이 중앙에





[그림 3-60] Slip indication



[그림 3-61] Skid indication

없으면, 비행기는 부적절히 Trim이 맞추어진 것이거나 적절한 Trim 설정에 반하여 Rudder 압력을 가하고 있는 것이다.

적절한 조절로 직진 수평비행을 유지하기 위해, Ball이 벗어난 방향을 확인해야 한다. 만약 Ball이 왼쪽에 있고 왼쪽 날개가 내려가 있으면, Ball을 중앙에 위치시키고 Slip을 수정하기 위해 왼쪽 Rudder를 차야 한다. 또는 오른쪽 Rudder를 차고 있다면, 풀어야 한다. Ball을 중앙에 위치시킬 때, 방향지시기와 자세계를 Cross-check 하면서, 동시에 오른쪽 Aileron Pressure를 가한다. 만약 날개가 수평이고 Ball이 중앙에서 벗어나 있으면, 비행기는 Skidding을 하고 있는 것이다. Ball이 벗어난 것을 확인하고 Slip에 사용되는 동일한 수정 조작을 사용하라. Ball을

중앙에 맞추고(왼쪽 Ball/왼쪽 Rudder, 오른쪽 Ball/오른쪽 Ball), Bank 조종을 위해 Aileron을 사용한 다음, Trim을 다시 조절한다. Turn Coordinator만을 사용하여 비행기를 조절하기 위해, Aileron을 사용하여 Miniature Aircraft를 수평으로 맞추고 Rudder를 사용하여 Ball을 중앙에 맞춘다. 이러한 지시 상태를 조종 압력으로 유지하고, 모든 Rudder 압력을 털어 주기에 충분한 Rudder Trim을 적용하여 점차적으로 이 압력을 풀어 준다. 만약 가능하다면, Aileron 압력을 털어 주기 위해 Aileron Trim을 적용하라. 모든 계기가 정상적으로 작동할 때 비행기 Trim을 조절하면서 사용 가능한 모든 계기를 참조하여 수평 자세를 유지한다.

### (3) Power Control

Power는 적절한 날개 받음각, 중력의 극복, 항력, 항공기의 성능을 결정짓는 관성과 함께 추력을 만들어 낸다. Power 설정의 변경은 비행기의 속도나 고도를 변화시키는 결과를 가져오기 때문에, Power Control은 고도와 속도에 대한 영향과 연관 지어야 한다. 어느 주어진 속도에서의 Power 설정은 비행기가 수평, 상승, 강하 상태에 있는지를 결정짓는다. 만약 직진 수평비행에서 속도를 일정하게 유지하고 Power를 증가시키면 비행기는 상승할 것이고, 속도를 일정하게 유지하고 Power를 감소시키면 비행기는 강하할 것이다. 반면에, 고도를 일정하게 유지하고 Power를 적용하면 속도가 결정될 것이다. 고도와 속도의 관계는 Pitch나 Power를 변경할 필요성을 결정한다. 만약 속도가 원하는 수치와 다르다면, Power변경이 필요한지를 결정하기 전에 항상 고도계를 확





[그림 3-62] Airspeed low and altitude high(lower pitch)



[그림 3-63] Airspeed and altitude high(lower pitch and reduce power)

인해라. 만약 고도와 속도가 교환될 수 있다고 생각 되면, Nose를 내려 고도를 속도로 변경하거나, Nose를 들어 속도를 고도로 변경할 수 있다. 만약 고도가 원하는 수치보다 높고 속도가 느리다면, Pitch만을 변경하여 원하는 고도와 속도로 돌아갈 수 있다. [그림 3-62] 만약 속도와 고도의 수치가 모두 높거나 낮으면, 원하는 고도와 속도로 돌아가기 위해 Pitch와 Power 둘 다 변경할 필요가 있다. [그림 3-63]

직진 수평비행 중에 속도를 변경하는 데 있어, 일정한 고도와 방향을 유지하기 위한 Pitch, Bank, Power는 Coordinate 되어야 한다. 직진 수평비행을 할 때의 속도가 변하면, 단발 Propeller 비행기는 모든 축을 중심으로 자세가 변한다. 그러므로, 일정한 고도와 방향을 유지하기 위해, Power 변경에 비례하여 다양한 Control Pressure를 가해야 한다. 속도

를 증가시키기 위해 Power를 증가시킬 때, 속도가 증가하면서 앞으로 Elevator Pressure를 가하지 않으면 Pitch 계기들은 상승을 지시할 것이다. Power를 증가시킬 때, 비행기의 반대 방향으로 Aileron과 Rudder Pressure를 가하지 않으면 비행기는 왼쪽으로 Yaw와 Roll을 할 것이다. 이러한 변화에 앞서기 위해 비행기의 형식과 Torque 특성, Power와 속도 변화의 정도, Power를 변경시키는 기술에 따라 달라지는 Cross-check 속도를 증가시켜야 한다.

#### (4) Power Settings

Power 조절과 속도 변경은 직진 수평비행에 필요한 다양한 Power 설정을 미리 알고 있을 때 더 쉬워진다. 그러나 적당한 정도의 속도를 변경하기 위해, 속도 변화율을 가속화하기 위해 초기 Power 변경에



[그림 3-64] Straight-and-level flight(normal cruising speed)



[그림 3-65] Straight-and-level flight(airspeed decreasing)

사용되는 절차는 Underpower나 Overpower이다(적은 속도 변경이나, 급하게 가속되거나 감속되는 비행기에는 Underpowering이나 Overpowering은 필요하지 않다). 140노트의 순항속도를 유지하는 데 23 인치가 필요하고, 100노트의 속도를 유지하는 데 18 인치의 Power가 필요한 비행기의 경우를 살펴보자. 직진 수평비행을 하는 동안 140노트에서 100노트로 감속하는 경우를 아래에서 언급하고 [그림 3-64, 3-65, 3-66]에 나타냈다.

Power를 줄이기 전의 계기 지시는 [그림 3-64]에 나타나 있다. 자세계에 기본자세가 맞추어져 유지되고 있고, 이 Primary 계기들에서 Pitch, Bank, Power Control에 필요한 양을 확인할 수 있다.:

Altimeter—Primary Pitch

Heading Indicator—Primary Bank

Airspeed Indicator—Primary Power

Supporting Pitch-and-bank 계기들은 그림에 묘사되어 있다. Supporting Power 계기는 Manifold Pressure Gauge이다. 또는 Propeller가 Fixed-pitch일 경우, Tachometer가 된다. 대략 15”Hg (Underpower)까지 부드럽게 Power를 변경할 때, Manifold Pressure Gauge는 Primary Power 계기가 된다. [그림 3-65] 연습을 할 때, Throttle 움직임, 소리의 변화, 조종간 압력의 변화를 느낌으로써 Power 계기를 잠깐 보고 Power 설정을 변경할 수 있다.

추력이 감소하면서 Cross-check 속도를 증가시키고, 왼쪽 Rudder, Back-elevator와 Aileron Control Pressure를 가할 준비를 하고 있어야 한다.



[그림 3-66] Straight-and-level flight(reduced airspeed stabilized)



즉각적으로 Pitch-and-bank 계기들은 고도와 방향이 변하는 것을 지시한다. 숙달이 되면, 방향과 고도의 변화 없이 Cross-check, 계기 해석, Control 하는 방법을 배우게 될 것이다. 부드러운 대기와 이상적인 Control 능력이 있을 때, 속도가 감소할수록 일정한 고도를 유지하기 위해 비례적인 비행기 Pitch 증가가 필요하다. 비슷하게, 효과적인 Torque Control은 Rudder Pressure로 Yaw 움직임에 대응하는 것이다. Power가 줄어들면서, 고도계는 Pitch에 Primary가 되고, 방향지시기는 Bank에 Primary가 되며, Manifold Gauge는 일시적으로 Power에 Primary가 된다(이 예에서는 15”Hg). 비행기가 Pitch가 감소하면서 Control Pressure는 Trim을 사용하여 없애야 한다. 속도가 원하는 속도인 100 kts에 도달하면서, Manifold Pressure는 대략 18”Hg에 맞추고 Supporting Power 계기가 된다. 속도계가 다시 Power에 Primary가 된다. [그림 3-66]

### 3.1.1 직진 수평비행에서 속도 변경(Airspeed Changes in Straight-and-Level Flight)

직진 수평비행에서 속도 변경하는 연습은 모든 세 가지 기본 계기 기술을 숙달시켜 주는 훌륭한 수단이다. 직진 수평비행 훈련에서 발생할 수 있는 Common Error를 알 수 있게 해 준다. Clean Configuration(최소 항력 상태)에서 비행기를 조종하는 것을 배웠다면, Flap과 Landing Gear를 내리거나 접은 상태에서 속도 변경을 연습하면 Cross-check과 Control 능력을 증가시킬 수 있다. 훈련을 하는 동안 POH/AFM에 나와 있는 Gear와 Flap의 작동 제한을 지켜야 한다. 어떤 비행기에 있어 급격하거나 과장

된 자세 변화는, Landing Gear와 Flap이 내려가 있는 상태에서 직진 수평비행을 유지하기 위해 필요할 수도 있다. Gear가 내려가면 Nose Pitch는 내려가는 경향이 있고, Flap을 내리면 양력이 순간적으로 증가하다가(Partial Flap 설정에서), Flap을 최대한 내리면 항력이 현저히 증가한다. Control Technique는 각각의 비행기 양력과 항력 특성에 따라 변한다. 따라서 속도, Gear, Flap의 다른 조화에 따른 Power 설정이나 Trim 변화에 관한 지식은 계기 Cross-check과 해석 문제를 줄여 줄 것이다. 예를 들어, 비행기가 Manifold Pressure 22”Hg/2,300 RPM, Gear와 Flap을 올리고 145kts로 직진 수평비행을 하고 있다고 가정하자. Gear와 Flap을 모두 내리고 속도를 줄인 후에, 동일한 고도에서 Manifold Pressure 25”Hg/2,500 RPM이 필요하다. Maximum Gear Extension Speed는 125kts이다. ; Maximum Flap Extension Speed는 105kts이다. 속도를 95kts로 줄이고 Gear와 Flap을 줄이는 방법은 다음과 같다. :

- (1) Full Drag Configuration에서 High Power Setting이 사용될 예정이므로 RPM을 2,500으로 증가시킨다.
- (2) Manifold Pressure를 10”Hg로 줄인다. 속도가 줄어들수록 Cross-check 속도를 증가시킨다.
- (3) 받음각 증가와 Torque의 감소에 맞게 Trim을 설정한다.
- (4) 125kts에서 Gear를 내리면 Nose는 내려가려는 경향을 보이고, 감속률은 증가한다. 일정 고도를 유지하기 위해 Pitch 자세를 증가시키고, Back-elevator Pressure를 덜기 위해 Trim을 사용한다. 이 시점에서 Flap을 모

두 내리면, Cross-check, 해석, Control은 더 빨라져야 한다. 좀 쉬운 방법은 Flap을 내리기 전에, Gear를 내린 상태에서 속도와 고도를 안정시키는 것이다.

- (5) Gear를 내린 상태에서 18" Hg Manifold Pressure로 95kts 수평이 유지되므로, 대략 속도가 100kts가 될 때 부드럽게 Power 설정을 맞추고 Trim을 다시 설정한다. 자세계는 대략 직진 수평비행에서 2와 1/2 Bar 폭의 Nose-high를 지시한다.
- (6) Flap Control과 함께 원하는 속도에 맞게 Power(25" Hg)를 설정하고, 일정한 고도와 방향을 유지하기 위해 필요한 압력은 Trim을 사용하여 떨어 준다. 이렇게 하면 자세계는 95kts 직진 수평비행에서 한 Bar 폭의 Nose-low 자세를 지시한다.

이 언급된 Trim 변화에서 부드러운 Pitch, Bank, Power, Trim을 사용하여 일정한 고도와 방향을 유지할 수 있을 때, 직진 수평비행에 포함된 기본 기술에 있어 높은 수준의 실력을 발전시킬 수 있을 것이다.

#### 1) Trim Technique

모든 비행 단계에서 적절한 Trim 사용 기술은 부드럽고 정밀한 항공기 조종의 기본이 된다. 모든 조종간 압력을 떨어 줌으로써 주어진 자세를 유지하기 더욱 쉬워지고, 조종사는 더 많은 주의를 다른 조종석 업무에 할당할 수 있다. 항공기는 조종 압력으로 원하는 자세를 맞춘 다음, 조종간을 놓았을 때 그 자세가 유지되도록 Trim을 조절한다. Turn-and-slip Indicator의 Ball을 중앙에 맞추어 Coordinate

Flight가 되도록 항공기의 Trim을 조절한다. 이 작은 Ball이 중앙에서 벗어난 쪽으로 Rudder Trim을 사용하면 된다. 다발 항공기에서 상이한 Power 조작은 Coordinate Flight에 영향을 주는 추가 요소가 된다. 가능하면, Coordinate Flight를 유지하는데 도움을 주기 위해, 균형적인 Power나 추력을 사용하라. 자세, Power, 외장의 변화는 대부분의 경우에서 Trim 조절이 필요하다. 항공기 자세를 변경하기 위해 Trim만을 사용하는 것은 항상 이상한 항공기 조종의 결과를 가져올 수 있다. 부드럽고 정밀한 자세 변경은 Control Pressure와 Trim 조절이 조화를 이룰 때 이루어진다. 그러므로 올바르게 사용되었을 경우, Trim 조절은 부드러운 항공기 조종에 도움이 된다.

### 3.1.2 직진 수평비행에서의 일반적 실수(Common Errors in Straight-and-Level Flight)

#### (1) Pitch

Pitch 실수는 보통 다음의 잘못으로부터 발생한다. :

- 1) 자세계의 Miniature Aircraft를 Wing-level 자세로 부적절하게 조절.

상승하다 Level-off을 한 후, 자세계를 확인하고 순항속도 수평비행 지시에 맞는 Miniature Aircraft를 조절한다.

- 2) 충분하지 않은 Cross-check과 Pitch 계기의 해석.

예를 들어, 속도를 적게 지시할 때 Nose-high 자세라 믿고, 낮은 Power 설정이 속도 부족의 원인이라는 것을 모르고 Forward Pressure를 가한다. 조종을 하기 전에 관련된 모든 계기 지



시에 대한 Cross-check 속도를 높인다.

- 3) 비행기가 수평비행이 아닐 때, 자세계를 Uncage 시키는 것(만약 Cage 시킬 수 있는 자세계일 경우).

만약 순항속도에서 계기가 직진 수평비행을 지시할 거라 예상된다면, 고도계와 방향 지시계는 Cage Knob을 잡아당겼을 때 순항속도에서 안정되어야 한다.

- 4) 현재의 속도에 관련한 자세계의 부적절한 해석.

- 5) 낮은 Pitch 수정.

조종사는 일반적으로 혼자 내버려 두기를 좋아한다. 고도계가 20피트 오차를 보일 때, Overcontrol의 두려움 때문에 수정하려 하지 않는다. Overcontrol이 오차의 원인이라면, 소량 수정을 연습하고 Overcontrol의 원인을 찾아낼수록 더욱 정확하게 고도를 유지할 수 있게 된다. 만약 오차를 무시하면, 조종사 오차는 커질 것이다.

- 6) VSI를 따라다니는 것.

이러한 경향은 적절히 다른 Pitch 계기들을 Cross-check 하고 계기의 특성을 이해하여 수정할 수 있다.

- 7) 고도계를 보고 과도한 Pitch 수정을 하는 경우.

Pitch 수정을 위해 과도한 Pitch 수정을 하는 것은 오차를 더욱 키우고 시간이나 노력이 더 많이 들게 된다.

- 8) 성립된 Pitch 수정을 유지하지 못하는 것.

이것은 Cross-check와 Trim Error와 관련된 Common Error이다. 예를 들어, 고도 오차를 수정하기 위해 Pitch를 변경하는 데 있어 비행기가 새로운 Pitch 자세에서 안정되

기를 기다리며 Cross-check 속도를 늦추는 경향이 있다. 자세를 유지하기 위해 Cross-check을 계속해야 하며 조종사가 유지하고 있는 Control Pressure를 Trim을 사용하여 덜어 주어야 한다.

- 9) Cross-check 하는 동안의 고착(Fixation).

예를 들어, 방향 수정을 시작한 후에 Bank Control에만 신경 쓰고 Pitch Error를 소홀히 하게 된다. 마찬가지로, Airspeed Change를 할 동안, 불필요하게 Power 계기를 응시하게 된다. Power Setting에 있어 적은 Error는 커다란 고도와 방향 Error보다 영향이 적다는 것을 명심해라. 비행기는 Cross-check을 계속하는 것보다 Manifold Pressure Gauge를 응시한다면 그리 빠르게 감속하지 않을 것이다.

## (2) Heading

방향 Error는 다음의 실수로부터 발생한다. :

- 1) 특히 Power나 Pitch 자세를 변경하는 동안 방향지시기를 Cross-check 하지 못하는 것.
- 2) 방향 변화를 잘못 해석하고 틀린 방향으로 수정을 하는 것.
- 3) 미리 결정된 방향을 인식하고 기억하지 못하는 것.
- 4) 방향 변화율과 Bank 자세와의 관계를 관찰하지 못하는 것.
- 5) 방향 변화에 과도하게 반응하여 과조작(Overcontrol)하는 것.
- 6) 방향 변화를 기대하여 설부른 Rudder Control을 적용하는 것.

- 7) 작은 방향 변화를 수정하는 데 실패하는 것.  
방향 Error가 0이 되는 것이 목표가 아니라면, 점점 큰 방향 차이를 그냥 놔두는 자신을 발견할 것이다. 20도의 Error를 수정하는 것보다 1도의 Error를 수정하는 데 적은 시간과 집중이 필요하다는 것을 명심해라.
- 8) 부적절한 Bank 자세로 수정하는 것.  
만약 10도의 방향 Error를 20도의 Bank로 수정한다면, Bank가 다 들어가기 전에 원하는 방향을 지나칠 것이고, 반대 방향으로 다른 수정 조작이 필요하다. 수정 조작에서 발생하는 Error로 현재 Error를 증폭시키지 마라.
- 9) 이전 방향 Error의 원인을 인지하지 못하여 동일한 Error를 반복하는 것.  
예를 들어, 비행기 Trim이 고장 나 왼쪽으로 기울려는 경향이 있다. 조종사는 Trim 상황을 알지 못한 채, 약간 왼쪽으로 선회하려는 것을 반복적으로 수정한다.
- 10) 방향지시기를 적절히 설정하지 못했거나, Uncage 시켜 놓지 않는 것.

### (3) Power

Power Error는 다음의 실수로부터 발생한다. :

- 1) 다양한 속도와 비행기 외장에 맞는 Pitch 자세와 Power Setting을 알지 못하는 것.
- 2) 급작스런 Throttle의 사용.
- 3) Power를 변경할 때 속도를 Lead 하지 못하는 것.  
예를 들어, Gear와 Flap이 내려져 있고 수평 비행에서 속도를 줄이는 동안, 속도가 원하는 낮은 속도에 도달하기 전에 Throttle을 조절한다.

다. 그러지 않으면 비행기는 원하는 속도 이하로 감속할 것이고, 추가적인 Power 조절이 필요하다. 얼마나 많이 속도를 Lead 하느냐는 비행기가 얼마나 빠르게 Power 변화에 반응하느냐에 달려 있다.

- 4) 속도 변경을 할 동안 속도계나 Manifold Pressure 계기에 픽스되는 것은 속도와 Power의 비정상적 Control을 유발한다.

### (4) Trim

Trim Error는 다음의 실수로부터 발생한다. :

- 1) 발과 다리의 편안한 위치를 위해 부적절하게 의자와 Ruder Pedal을 조절하는 것.  
발목의 긴장은 Rudder 압력을 완화하는 것을 어렵게 만든다.
- 2) 다양한 비행기 형식에 따른 Trim 장치 작동의 혼동.  
어떤 Trim Wheel은 비행기의 축에 적절히 정렬되어 있지만 아닌 것들도 있다. 어떤 Trim은 조종사가 예상하는 반대 방향으로 돌아간다.
- 3) Trim 사용 기술에서의 잘못된 순서.  
Trim은 Wheel(Stick)과 Rudder의 조종 대응으로 사용되어서는 안 되고, 안정된 자세를 유지하기 위해 조종간 압력을 덜어 주는 데 사용해야 한다. 점점 속달될수록 Power 설정과 함께 Trim 설정에 익숙해진다. 약간의 의식적인 노력에 의해 조종사는 연속적으로 조종간 압력을 덜 수 있다.
- 4) 과도한 Trim Control.  
과도한 Trim은 조종사가 다시 Trim을 적절히

맞출 때까지 조종간 압력을 유지하고 있어야 한다. Trim은 자주 적은 양으로 사용한다.

5) Trim 변화의 원인을 알지 못하는 것.

기본 계기 기술에 관련된 기본 항공역학을 이해하지 못하면 계속 비행기 움직임에 뒤처지게 된다.

### 3.2 직진 상승과 강하 (Straight Climbs and Descents)

(1) 상승(Climb)

주어진 Power 설정과 하중 상태에 있어 최고의 효율적 상승을 제공하는 자세는 하나밖에 없다. 이 상승 자세를 결정하는 속도와 상승 Power 설정은 POH/AFM에 있는 성능 데이터(Performance Data)에서 찾아볼 수 있다. 상승을 시작하는 자세한 기술은 진입 속도와 원하는 상승(Constant Airspeed나 Constant Rate)의 형태에 따라 변한다(방향과 Trim Control은 직진 수평비행에서 언급한 방법으로 유지한다).

1) 진입(Entry)

순항속도로 Constant-air-speed Climb에 진입하기 위해, Miniature Aircraft를 선정된 상승 속도에 맞는 대략적인 Nose-high 자세로 들어올린다. 이 자세는 조종하고 있는 비행기의 형식에 따라 달라진다. 상승 자세를 맞추고 유지하기 위해 약간의 Back-elevator Pressure를 가해라. 이 Pressure는 비행기가 감속하면서 변한다. Power는 상승 Power로 증가하면서 동시에

Pitch를 변경하거나, Pitch가 만들어진 다음 속도를 상승 속도로 변화시킨 후 Pitch를 증가시킨다. 만약 수평비행에서 상승으로의 변환이 부드럽다면, VSI는 곧바로 상승을 지시하기 시작하여 안정된 속도와 고도에 맞는 비율에서 멈출 것이다. (상승 진입을 위한 Primary와 Supporting 계기들은 [그림 3-67]에 나와 있다.)

비행기가 Constant Airspeed와 자세에서 안정된 다음, 속도계는 Pitch의 Primary 계기가 되고 방향지시기는 Bank의 Primary가 된다. [그림 3-68] 적절한 상승 Power 설정이 유지되는지를 확인하기 위해 Primary 계기로 조종사는 Tachometer나 Manifold Pressure Gauge를 주시할 것이다. 만약 선택된 Power 설정시의 상승 자세를 유지한다면, 속도는 원하는 속도에서 안정이 될 것이다. 만약 속도가 높거나 낮다면, 적절한 약간의 Pitch 수정을 하면 된다. Constant-air-speed Climb에 진입하기 위해, 직진 수평비행을 하면서 먼저 순항속도에서 상승 속도로 속도를 줄인다. 상승 진입은 Pitch 자세를 증가시키면서 동시에 Power를 증가시키는 것을 제외하고는, 순항속도에서 진입하는 것과 동일하게 된다. Partial Panel 상황에서 상승 속도로 상승에 진입하는 것은 더욱 쉽고 정밀하게 조종된다. Constant-rate Climb에 진입하는 기술은 순항속도에서 Constant-air-speed Climb에 진입하는 데 사용되는 방법과 아주 유사하다. 대략적인 설정에 원하는 비율로 Power가 증가되면서, 동시에 원하는 속도와 상승률에 맞도록 Miniature Aircraft를 들어올린다. Power가 증가되면서 속도계는 VSI가 원하는 수치에 도달하



[그림 3-67] Climb entry for constant-airspeed climb



[그림 3-68] Stabilized climb at constant airspeed





[그림 3-69] Stabilized climb at constant rate



[그림 3-70] Airspeed low and vertical speed high—reduce pitch



기 전까지 Pitch Control의 Primary 계기가 된다. VSI가 안정되면서 VSI는 Pitch Control의 Primary가 되고, 속도계는 Power Control의 Primary가 된다. [그림 3-69] Pitch와 Power 수정은 즉각적으로 이루어져야 하고 친밀하게 조화를 이루어야 한다. 예를 들어, 만약 VSI가 맞고 지시속도가 적다면, Power를 증가시킨다. 속도가 증가되면서, 일정한 수직 속도를 맞추기 위해 Miniature Aircraft를 약간 내려야 한다. 만약 VSI가 많고 지시속도가 적다면, Miniature Aircraft를 약간 내리고 Power가 필요하지 필요하지 않은지를 결정하기 위해 속도 증가를 확인한다. [그림 3-70] 대략적인 Power 설정에 익숙해지면 Pitch와 Power의 수정을 최소한으로 하는 데 도움이 된다.

## 2) Leveling Off

상승을 하다 Level-off를 하고 고도를 유지하기 위해서는, 원하는 고도에 도달하기 전에 Level-off를 시작하는 것이 필요하다. Lead의 양은 상승률과 조종사의 기술에 따라 변한다. 만약 비행기가 1,000fpm으로 상승한다면, 수평비행으로 전환하는 동안 감소된 비율로 상승할 것이다. 효과적인 연습은 수직 속도의 10% 전에 Level-off를 시작하는 것이다(500 fpm은 50-foot lead, 1,000 fpm/100-foot lead). 순항속도로 Level-off 하기 위해, 원하는 속도의 자세에 맞게 부드럽고 일정한 Forward-elevator Pressure를 가한다. 자세계가 Pitch 변화를 지시하면서, VSI 바늘은 천천히 0으로 움직이고, 고도계 바늘은 더욱 천천히 움직이며, 속



[그림 3-71] Level-off at cruising speed



[그림 3-72] Constant airspeed descent, airspeed high—reduces power

도계는 가속을 지시할 것이다. [그림 3-71] 고도계, 자세계, VSI가 수평비행을 지시하면서, 속도 증가와 함께 연속적인 Pitch와 Torque Control이 이루어져야 한다. 속도가 순항속도에 도달하면서, 순항 Power를 설정한다. Lead 양은 비행기가 가속하는 비율에 달려 있다. 상승 속도로 Level-off 하기 위해, 수평비행 속도에 맞게 Pitch 자세를 낮춘다. Power는 동시에 수평비행에 맞게 줄인다. 만약 Power를 줄이는 비율이 Pitch 변화와 비례적으로 이루어진다면 속도는 일정하게 유지될 것이다.

(2) 강하(Descents)

강하는 Power를 줄이고 항력을 증가시키며 선정된 자세로 Nose를 내려 다양한 속도와 자세에서 실행

시킬 수 있다. 머지않아 속도는 일정하게 안정될 것이다. 이러한 동안, 자세 참조를 제공하는 유일한 비행계기는 자세계이다. 자세계 없이(Partial-panel 강하를 할 때와 같이), 속도계, 고도계, VSI는 비행기가 일정 자세에서 일정 속도로 감속할 동안 변하는 비율을 나타낼 것이다. 강하로 전환을 할 동안 Control Pressure와 Trim 변화, Cross-check과 해석은 적극적인 조종을 원한다면 아주 정확해야 한다.

1) 진입(Entry)

다음의 강하 진입 방법은 자세계가 있을 때나 없을 때나 유효하다. 먼저, 직진 수평비행을 하면서 선택된 강하 속도로 속도를 줄인 다음, 추가로(미리 정해진 설정으로) Power를 줄인다.

Power를 맞춤과 동시에, 일정 속도를 유지하기 위해 Nose를 내리고 조종간 압력을 Trim으로 떨어 준다.

정속 강하를 하는 동안, 원하는 속도에서 벗어나면 Pitch 조절이 필요하다. 정률강하를 할 때는 진입은 동일하지만, VSI가(원하는 강하율 근처에서 안정되었을 때) Pitch 조절에 Primary가 되고, 속도계는 Power 조절에 Primary가 된다. Pitch와 Power는 상승에서와 마찬가지로 수정이 이루어진 다음 조화를 이루어야 한다. [그림 3-72]

## 2) Leveling Off

강하로부터 Level-off를 할 때는 원하는 고도에 도달하기 전에 시작해야 한다. Lead의 양

은 강하율과 조종 기술에 달려 있다. 너무 적은 Lead는 조작이 빠르지 않다면 선택된 고도를 지나칠 수 있다. 500fpm으로 강하를 할 때, 강하 속도보다 빠른 속도로 Level-off를 할 경우 100-150피트의 Lead가 필요하다. Lead 지점에서, Power를 적절한 수평비행 순항 설정으로 증가시킨다. [그림 3-73] 속도가 증가하면서 Nose가 들리려 하므로, 대략 원하는 고도 50피트 전까지 VSI 강하율을 유지하기 위해 Forward-elevator Pressure를 유지한 다음, 부드럽게 Pitch 자세를 선택된 속도의 수평비행 자세로 조절한다. 강하 속도로 Level-off 하기 위해, 대략 원하는 고도 50피트 전에서 Lead하고, 동시에 Pitch 자세를 수평비행 자세로 조절하면서 일정 속도가 유지되도록 Power를 증가



[그림 3-73] Level-off airspeed higher than descent airspeed



[그림 3-74] Level-off at descent airspeed

시킨다. [그림 3-74] 조종간 압력을 Trim으로 떨어 준 다음, 직진 수평비행 Cross-check을 계속한다.

### 3.2.1 직진 상승과 강하 시 일반적 실수(Common Errors in Straight Climbs and Descents)

일반적 실수는 다음의 실수로부터 발생된다. :

(1) 상승 진입에서 Pitch의 Overcontrol.

Pitch 자세가 상승과 강하 시 사용되는 특정 Power 설정과 관계되어 있다는 것을 알기 전까지는, 필요한 Pitch 조절보다 크게 조절하려는 경향을 보일 것이다. 계기비행 훈련을 하는 동안 습득하기 힘든 습관은 어떤 결과가 초래 될 것인가를 알기 전에 비행 자세를 교란하려

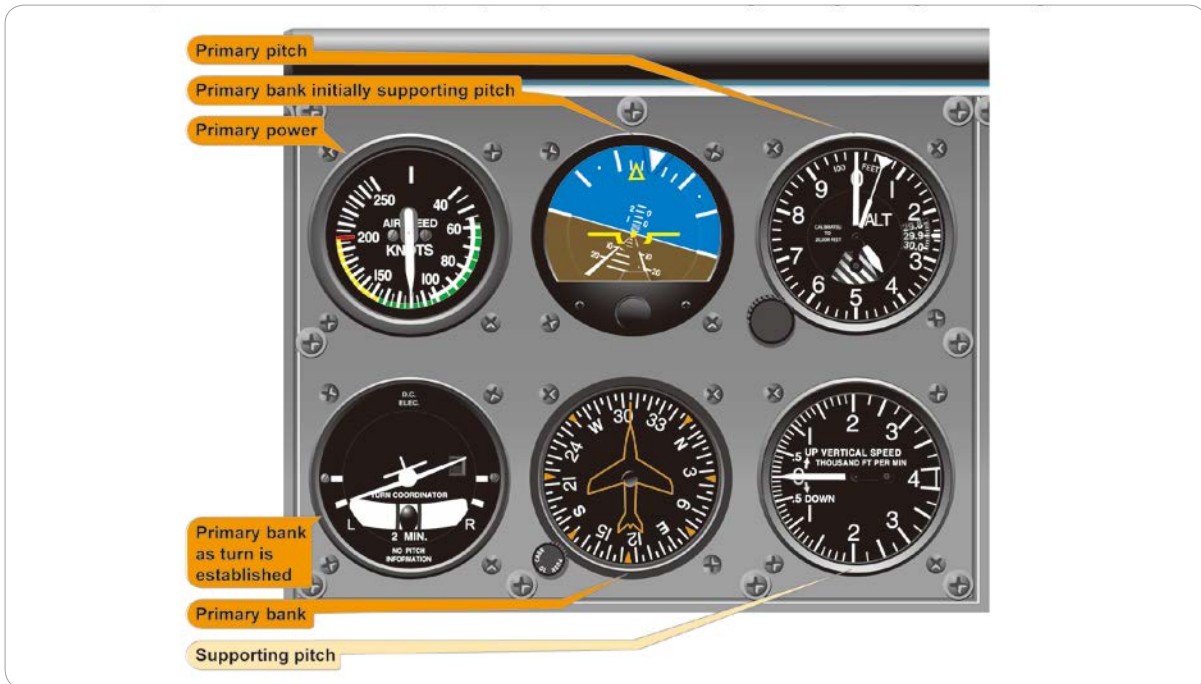
는 충동을 억제하는 것이다. Pitch 변화에 대해 커다란 수정 조작을 하려는 경향을 극복하고, 적은 Control Pressure를 부드럽게 적용하는 방법을 배우며, 변경의 결과를 빠르게 Cross-check 하고, 계기가 원하는 결과를 보여 줄 동안 조종간 압력을 계속 유지한다. 작은 Pitch 변화는 쉽게 조절하고 멈출 수 있고 수정할 수 있다. 큰 변화는 더욱 조종하기 힘들다.

(2) 속도, Power, 자세 변화나 상승, 강하 진입 시 Cross-check 비율 변화의 실패.

(3) 새로운 Pitch 자세를 유지하는 데 실패.

예를 들어, 상승 자세 수정을 위해 Nose를 들고, 속도가 감소하자 Overcontrol을 하고 Pitch 자세를 더 들거나 Nose가 떨어지게 놓아둔다. 속도 변화와 함께 Control Pressure





[그림 3-75] Standard-rate turn, constant airspeed

- 가 변하면서, Cross-check은 증가되어야 하고 Pressure는 재조절되어야 한다.
- (4) 조종간 압력을 Trim으로 털어 주는 데 실패. Trim을 사용하지 않으면, Control Pressure가 공기역학적 변화에 의해 유도되었는지, 아니면 조종사 조작에 의해 유도되었는지를 판단하는 데 어려움이 있을 것이다.
- (5) 적절한 Power 설정을 사용하거나 배우는 데 실패.
- (6) Pitch 나 Power 조절을 하기 전에 속도와 Vertical Speed를 Cross-check 하는 데 실패.
- (7) 느린 속도와 고도계 지시 Cross-check로 인한, 저속 Level-off에서의 부적절한 Pitch와 Power Coordination
- (8) Vertical Speed를 따라다니는 결과를 가져 오는, 다른 Pitch 조절 계기들에 대한 VSI Cross-check 실패.
- (9) Level-off를 위한 Lead를 결정하는 데 상승률, 강하율 확인 실패로 인해 원하는 고도를 지나치거나 미달하는 결과를 가져오는 것.
- (10) 강하에서 Level-off 시 Ballooning(Nose가 들리는 것을 허용함). Power를 수평비행 순항 설정으로 증가시키면서 Forward-elevator Pressure로 강하 자세를 유지하지 못하면서 비롯되는 것.
- (11) Level-off를 하면서 직진 수평비행 지시에 접근하는지를 인지하는 데 실패. 적극적으로 직진 수평비행이 될 동안, 가속된 Cross-check을 유지해야 한다.



### 3.3 선회(Turns)

#### (1) 표준율 선회(Standard-Rate Turns)

표준율 수평 선회에 진입하기 위해, 원하는 선회 방향으로 Coordinate된 Aileron과 Rudder Pressure를 가한다. 조종사들은 보통 너무 빠른 비율로 선회 Roll을 한다. 선회를 배우는 초기 단계에서 Control Pressure를 Cross-check과 해석하는 비율에 맞게 가한다. 계기 지시 변화를 따라갈 수 없을 만큼 비행을 빠르게 조작하는 것에서는 얻을 것이 없다. Roll-in을 하는 동안, 자세계를 대략적인 Bank 각도를 맞추는 데 사용한 다음, 표준율 선회를 하기 위해 Turn Coordinator의 Miniature Aircraft를 확인한다. Turn Coordinator의 Miniature Aircraft를 Primary Bank 참조로 사용하고 자세계를 보조 Bank 계기로 사용하면서, 표준율 선회를 위한 Bank를 유지해라. [그림 3-75] Turn Coordinator가 표준율 선회를 지시할 때, 자세계의 Bank 눈금의 정확한 각도를 확인해라. Roll-in을 하는 동안, Bank가 증가하면서 수직 양력 성분이 감소하므로, 고도계, VSI, 자세계를 필요한 Pitch 수정을 위해 확인해라. 만약 일정한 속도가 유지된다면, 속도계는 Power의 Primary가 되고, 항력이 증가하면서 Throttle을 조절해야 한다. Bank가 유지되면, Pitch와 Power가 변할 동안 조종간 압력을 Trim으로 덜어 준다.

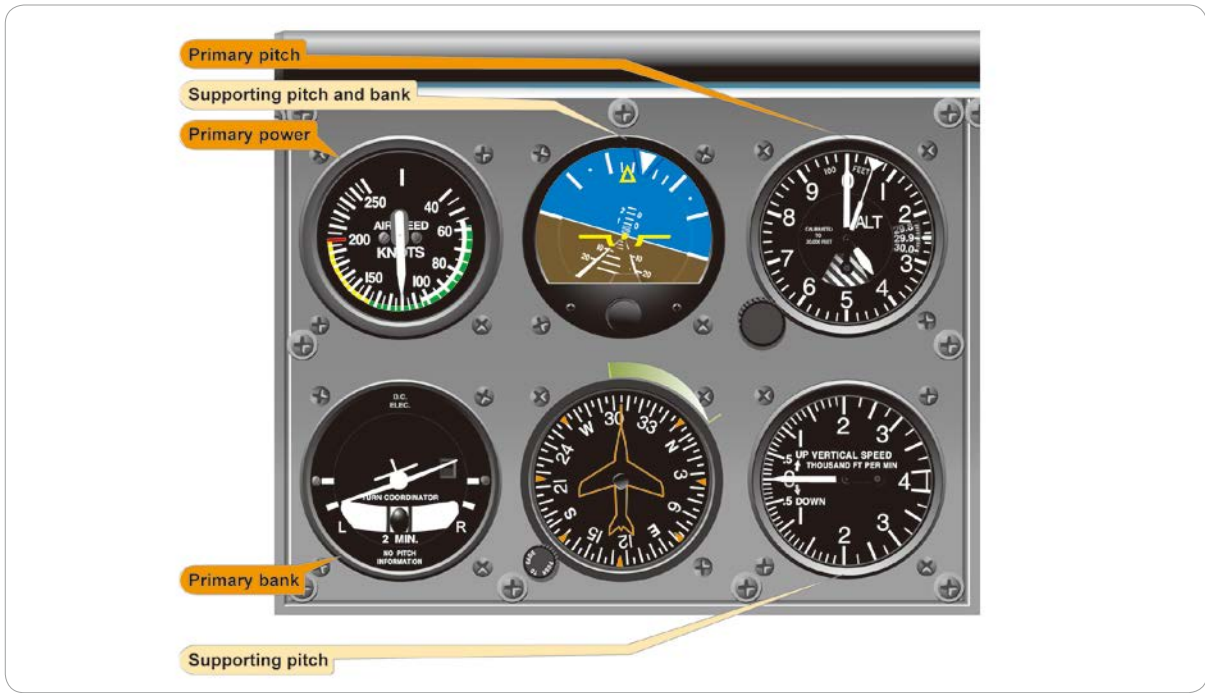
직진 수평비행으로 회복하기 위해, 선회 반대 방향으로 Coordinate된 Aileron과 Rudder Pressure를 가한다. 만약 선회 Roll-in을 할 때와 같은 비율의 Roll-out을 하기 위해 노력한다면, 특히 Partial-panel 기동을 할 경우, 정확한 방향에 Roll-out을 하기 위한 Lead를 잡는 데 문제가 줄어들 것이다.

선회에서 회복할 동안 자세계는 Primary Bank 계기가 된다. 비행기가 대략 수평일 때, 직진 수평비행에 있어 방향지시기는 Primary Bank 계기가 된다. Pitch, Power, Trim 조절은 수직 양력 성분과 속도가 변할 때 이루어진다. 특히 Trim을 사용하지 않고 Control Pressure를 유지하고 있는 동안, 선회 내내 Ball을 확인해야 한다. 어떤 비행기는 선회 내내 아주 안정적이고, 약간의 Trim 조절이 비행기가 맞추어진 자세에서 움직이지 않아 손을 떼고 비행이 되도록 해 준다. 다른 비행기들은 Overbanking Tendency를 수정하기 위해 일정하고 빠른 Cross-check과 Control이 필요하다. 선회를 할 동안 Pitch, Bank, 속도의 이탈이 서로 관련이 있기 때문에, Cross-check은 오차가 쌓이는 것을 막기 위해 빨라야 한다.

#### (2) 선정된 방향으로의 선회

##### (Turns to Predetermined Headings)

비행기가 Coordinate된 Bank에 있을 때, 선회는 계속된다. 그러므로 원하는 방향으로의 Roll-out은 방향에 도달하기 전에 시작해야 한다. Lead의 양은 선회율, Bank 각, 회복 비율에 따라 달라진다. 약간의 방향 변경을 위해, 선회하려는 방향 각도를 초과하지 않는 Bank를 사용해라. 사용된 Bank의 1/2을 원하는 방향의 Lead로 사용해라. 예를 들어, 만약 10도를 방향 변경을 위해 사용했다면, 원하는 방향 5도 전에서 Roll-out을 실시한다. 더 많은 방향 변경을 위해서 Lead의 양은 표준율 선회가 True Airspeed에 따라 변하기 때문에 Lead 양도 변하게 된다. 각자의 기술에 맞는 정확한 Lead 양을 결정하기 전까지는 Bank 각의 1/2로 연습을 해라. 만약



[그림 3-76] Turn coordinator calibration

Roll-in과 Roll-out 비율이 일정하다면, 방향을 안정되게 Undershoot 하거나 Overshoot 하는 양을 확인하여 각자의 특정 Roll-out 기술에 맞는 정확한 Lead 양을 결정할 준비가 된 것이다.

### (3) 시간 선회(Timed Turns)

시간 선회는 주어진 시간에 특정 각도의 방향을 변경하기 위해 시계와 Turn Coordinator를 사용하는 선회이다. 예를 들어, 표준을 선회(초당 3도)로 15초 동안 비행기는 45도를 선회한다. 반 표준을 선회로 비행기는 30초 동안 45도를 선회한다. 시간 선회를 시작하기 전에 정확한 지시를 결정하기 위해 Turn Coordinator를 조정해야 한다. [그림 3-76] Turn Coordinator의 지시처럼 표준을 선회를 맞추고, 시계의 초바늘이 주요 지점(12, 3, 6, 9)을 지날 때 방

향지시기의 방향을 10초 간격으로 확인한다. 만약 비행기가 10초 동안 30도를 더 선회하거나 덜 선회하면, 표준을 선회를 하기 위해 Turn Coordinator의 Miniature Aircraft를 적거나 많게 기울여야 한다. 양방향으로 선회를 할 동안 Turn Coordinator를 조정했다면, 수정된 기울어짐 정도를 확인하고 모든 시간 선회에 적용한다. 동일한 Cross-check와 조작 기술이 시계가 방향지시기를 대신하는 것을 제외하고 선정된 방향으로 선회를 실시하는 것처럼 시간 선회에 사용된다. Turn Coordinator의 Miniature Aircraft는 Bank Control의 Primary가 되고, 고도계는 Pitch Control의 Primary가 되며, 속도계는 Power Control의 Primary가 된다. 시계의 초침이 주요 지점(3, 6, 9, 12)을 지날 때 Roll-in을 시작하고, 수정된 표준을 지시(또는, 작은 방향

변화를 위한 반 표준율)에서 선회를 유지하며, 계산된 초가 경과하면 Roll-out을 시작한다. 만약 Roll-in과 Roll-out 비율이 동일하다면, 진입과 회복 시 경과한 시간은 시간 계산에서 고려할 필요가 없다. 만약 시간 선회를 Full-instrument Panel로 연습을 한다면, 선회의 정확도를 위해 방향지시기를 확인해라. 만약 선회를 Gyro 방향지시기 없이 실시했다면, Compass 자차를 고려하면서, 선회 완료 시 선회의 정확도를 확인하기 위해 나침반(Magnetic Compass)을 확인한다.

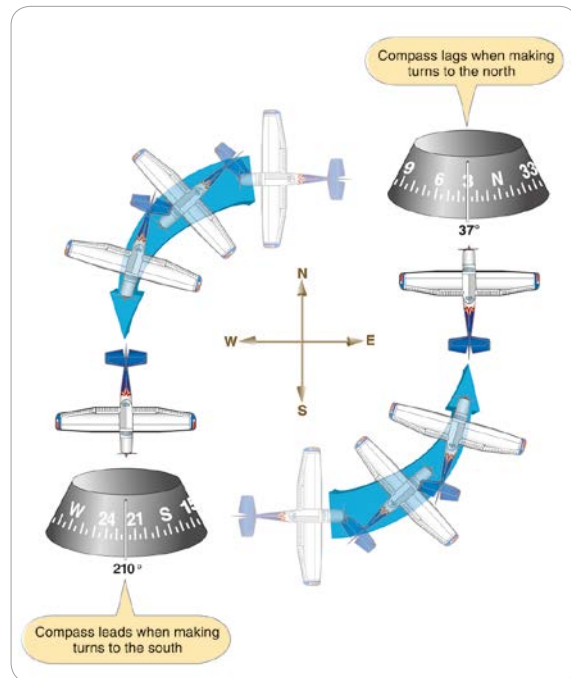
(4) Compass Turns

대부분의 소형 비행기에서 Magnetic Compass는 다른 비행기 계기와 비교할 때 비행기 동력원과 독립적인 유일한 방향 지시계기이다. Compass Error라 불리는, 이 계기의 작동 특성 때문에 조종사는 방향지시기를 설정하는 데만 사용하지만, Magnetic Compass 특성의 이해는 조종사가 비행기를 올바른 방향으로 선회하고 유지하는 데 사용할 수 있도록 해준다. Magnetic Compass 방향으로 선회를 할 때나, 또는 Magnetic Compass를 방향지시기를 설정하는데 사용한다면, 다음 사항들을 명심해야 한다. :

- 1) 만약 북쪽으로 방향을 유지하다 동쪽이나 서쪽으로 선회를 한다면, Compass 지시는 지연이 생기거나, 반대 방향으로 선회를 지시한다.
- 2) 만약 남쪽으로 방향을 유지하다 동쪽이나 서쪽으로 선회를 한다면, Compass 지시는 선회를 앞서고, 실제 선회한 양보다 더 많이 지시한다.
- 3) 동쪽이나 서쪽으로 방향을 유지하다 어느 쪽으로 선회를 하든 Compass는 올바르게 지시한다.

- 4) 동쪽이나 서쪽으로 방향을 유지하다 가속을 하면 북쪽으로 선회를 지시하고, 감속을 하면 남쪽으로 선회를 지시한다.
- 5) 만약 북쪽이나 남쪽으로 방향을 유지한다면 강하, 상승, 속도 변화에도 아무런 변화가 없다.

15도에서 18도 사이의 Bank 각으로 북쪽이나 남쪽으로 선회를 할 때 Lead나 Lag의 양은 선회를 실시하고 있는 지역의 위도에 따라 달라지고 대략 위도와 동일하다. 북쪽 방향으로 선회를 할 때, Roll-out에 사용되는 Lead의 양은 위도의 숫자에 다 선회 회복 시에 사용되는 Lead의 양을 더한다. 남쪽 방향으로 선회를 할 때는, Compass가 위도 숫자에서 Roll-out Lead를 뺀 만큼을 지나치도록 선회를 유지한다. [그림 3-77]



[그림 3-77] Northerly and southerly turn error

### (5) 급선회(Steep Turns)

일반 비행기의 계기비행 훈련 목적으로, 표준율보다 더 큰 선회는 Steep으로 간주할 수 있다. [그림 3-78] 보통 선회가 Steep이 되는 정확한 Bank 각은 중요하지 않다. 중요한 것은 계기에서 보통 사용하는 Bank 자세를 넘어 비행기를 조종하는 것을 배운다는 것이다. Steep Turn을 연습하는 것은 기본 계기비행 기술에 있어 조종사의 숙달을 증진시키고, 계기비행 상태에서 예상되지 않은 비정상 비행 자세에 대해 부드럽고 재빠르며 자신감을 가지고 대응하며 조작할 수 있게 해준다.

점진적으로 Bank 자세가 깊어질 때, 공기역학적 효과에 있어 언급한 변화가 발생한다. 비록 선회 진입, 유지, 회복의 기술이 Shallower Turn과 Steep Turn이 동일하지만, Cross-check, 해석, 조종의 기술은 변화의 양에 비례하여 세심한 조작이 필요하다. Shallower Turn과 마찬가지로 Steep Turn에 진입하지만, 선회가 깊어지면서 Cross-check을 빨리할 준비를 해라. 수직 양력 성분이 상당히 감소하기 때문에, Pitch 조절이 이 기동에서 가장 어려운 요소가



[그림 3-78] Steep left turn

된다. Pitch 증가를 즉각적으로 확인하고 수정하지 않으면, 수직 양력의 손실은 고도계, 속도계, VSI 바늘을 빠르게 움직이도록 만든다. Bank 변화율이 빠를수록, 더 급히 양력 변화가 발생한다. 만약 Cross-check가 Pitch 변화의 필요를 즉시 확인할 만큼 빠르다면, 부드럽고 안정적인 Back-elevator Pressure는 일정한 고도를 유지하게 할 것이다. 그러나, Bank가 변하면서 Pitch를 조절하지 않은 채 과도한 각도로 Bank를 주면, Pitch 수정은 점진적으로 강한 Elevator Pressure를 필요하게 된다. 수직 양력의 손실과 날개 하중의 증가는 결국에 Nose가 들리지 않은 채 추가적인 Back Elevator Pressure가 선회를 팽팽하게 만드는 지점에 이르게 만들 것이다.

어떻게 Overbanking과 낮은 Pitch 자세를 인지하는가? 그것을 수정하기 위해 무엇을 해야 하는가? Bank-elevator Pressure를 가했음에도 불구하고 속도가 늘어나면서, 고도계와 VSI의 바늘이 아래로 빠르게 움직이는 것을 발견했다면 Diving Spiral 중이다. [그림 3-79] 즉시 Coordinate 된 Aileron과 Rudder Pressure로 Bank를 풀고, Elevator Pressure를 유지하거나 약간 푼 다음, 자세계, 고도계, VSI의 Cross-check을 증가시킨다. 만약 속도 증가가 빠르다면 Power를 줄인다. Vertical Speed가 위로 움직이기 시작하면, 고도계 바늘은 천천히 움직이면서 수직 양력은 증가할 것이다. Elevator가 Nose를 들어 올리는 데 효과를 나타낸다는 것을 확인했을 때, 자세계에 나타난 Bank 자세를 유지하고, 유지하고 있는 Bank 자세에 맞는 Nose-high 자세를 위해 Elevator Control Pressure를 부드럽게 조절한다. 만약 Pitch 조절이 변함없이 Steep Turn 진입 시 늦다면, 직진 수평비행을 위해 즉시





[그림 3-79] Diving spiral

Roll-out을 하고 실수를 분석해라. 자세 변화와 필요한 조종 반응을 따라잡을 때까지 Shallower Turn을 연습한 다음, Bank를 증가시켜 더욱 빠르고 정밀한 조종 기술을 발전시킨다.

일정한 속도를 유지하는 데 필요한 Power는 Bank와 Drag이 증가하면서 같이 증가한다. 연습을 통해 특정 Bank 자세에 필요한 Power 설정을 빨리 배울 수 있고, 속도와 Power 계기들에 의한 과도한 주의 분배가 없이 Power를 조절할 수 있다. 다른 어떠한 기동과 마찬가지로, Steep Turn 훈련을 할 동안, 첫 번째 일에 주의를 집중해야 한다. 만약 Pitch 자세를 비교적 일정하게 유지한다면, 정밀한 속도와 Bank 조절을 하는 데 있어 Cross-check, 해석, 조종을 하는 데 더 많은 시간을 갖게 될 것이다. Steep Turn에서 직진 수평비행으로 회복할 동안, Elevator와 Power Control은 공기역학상의 힘 변화에 비례하여 Bank Control과 함께 Coordinate

되어야 한다. Back-elevator Pressure를 풀면서 Power를 줄여야 한다. Steep Turn과 관련된 Common 실수는 이 장의 뒤에 언급할 내용과 동일하다; 그러나, 세 가지 기본 계기비행 기술의 숙달 수준과 함께 선회 진입과 회복 비율이 일정하지 않다면, 실수는 더욱 커 보이며 분석하고 수정하기가 어렵다는 것을 기억해야 한다.

### 3.3.1 상승과 강하 선회 (Climbing and Descending Turns)

상승과 강하 선회를 실행하기 위해, 직진 상승과 강하에 사용되는 기술을 다양한 선회 기술과 연계한다. 양력과 Power 조절에 영향을 주는 항공역학적 요소들은 Power 설정을 결정하는 데 고려해야 하고, Cross-check 비율과 해석은 Bank를 Pitch 변화와 함께 조종할 수 있도록 증가되어야 한다.



(1) 선회를 하는 동안의 속도 변화

(Change of Airspeed in Turns)

선회 중 속도 변화는 모든 세 가지 기본 계기 기술을 숙달 시키는 데 효과적인 기동이다. 이 기동은 조종의 모든 요소가 동시에 변하기 때문에, 적절한 기동을 위해 빠른 Cross-check과 해석, 부드러운 조종이 필요하다. 기동의 숙달은 더욱 복잡한 기동에서 자세와 Power가 변할 동안, 계기에 대한 자신감을 갖는 데 기여를 한다. Pitch와 Power 조작 기술은 직진 수평비행에서의 속도 변화에 사용되는 방법과 동일하다. 주어진 선회에 필요한 Bank 각은 True Airspeed에 비례한다. 표준을 선회를 실시할 동안, Bank 각은 일정한 선회율을 유지하기 위해 속도 변화에 비례하여 변해야 한다. 속도가 줄어들 동안, 고도를 유지하고 표준을 선회를 유지하기 위해 Bank 각을 줄이고 Pitch 자세를 증가시켜야 한다.

고도계와 Turn Coordinator 지시는 선회 내내 일정해야 한다. 고도계는 Pitch 조절에 Primary가 되고, Turn coordinator의 Miniature Aircraft는 Bank 조절에 Primary가 된다. 속도가 변하는 동안 매니폴드 압력계(Manifold Pressure Gauge), 또는 회전속도계(Tachometer)는 Power 조절의 Primary가 된다. 속도가 새로운 수치에 도달하면, 속도계는 Power 조절의 Primary가 된다.

선회 중 속도 변경에는 두 가지 방법이 사용된다. 첫 번째 방법으로, 선회를 들어간 다음 속도를 변경하는 것이다. [그림 3-80] 두 번째 방법으로, 선회 진입과 동시에 속도를 변경하는 것이다. 첫 번째 방법은 더 쉬우나, 사용되는 방법에 상관없이 Cross-check 비율은 Power를 줄이면서 증가되어야 한다. 비행기가 감속되면서 필요한 Pitch 변경을 위해 고도계와 VSI를 확인하고, Bank 변경을 위해



[그림 3-80] Change of airspeed in turn

Bank 계기들은 확인한다. 만약 Turn Coordinator의 Miniature Aircraft가 적절한 기울기에서 벗어나면 Bank를 변경해라. 고도를 유지하기 위해 Pitch 자세를 조절한다. 원하는 속도에 도달할 때, 속도는 Power 조절의 Primary가 되고, Manifold Pressure Gauge(또는, Tachometer)는 원하는 속도를 유지하기 위해 조절한다. Trim은 조작 내내 Control Pressure를 덜어 주는 데 중요하다. 조작 기술이 아주 부드러워질 때까지, 자세계의 잦은 Cross-check이 과조작(Overcontrol)을 막고 속도 변화에 적절한 Bank 각을 제공하는 데 기본이 된다.

### 3.3.2 선회 중 일반적 실수(Common Errors in Turns)

#### (1) Pitch

Pitch 실수는 다음의 실수로부터 발생한다. :

- 1) 선회 진입과 회복 시에 Bank 조절에 몰두한다. 만약 선회에 진입하는 데 5초가 걸린다면, Bank Pressure를 가하기 시작할 때, Pitch 계기들을 확인해라. 만약 Bank Control Pressure와 Bank 변화율이 일정하다면, 자세를 변경하는 데 얼마나 오랜 시간이 걸리는지를 알 수 있는 시간 감각을 발전시킬 수 있을 것이다. 이 조작을 하는 동안 Pitch, Power, Trim과 함께 Bank를 한 번에 하나씩 조절하는 대신에 전체 자세를 조절한다.
- 2) 진입을 할 동안 수직 양력 성분이 변하면서 Pitch 자세를 변경할 필요를 잊었거나 이해하지 못해 고도가 상실되는 결과를 가져온다.
- 3) Pitch 자세 변화가 필요하기 전에 미리 변경한다.

이 실수는 Cross-check가 느리고 진입률이 너무 빠를 때 발생한다. 이 실수는 선회를 하는 동안, 기계적이고 미숙한 Back-elevator Control Pressure의 적용에 의해 발생한다.

#### 4) Pitch 변화를 Overcontrol 한다.

이 실수는 일반적으로 앞의 Error와 함께 발생한다.

#### 5) Roll-out을 하는 동안 수직 양력 성분의 증가로 적절히 Pitch 자세를 조절하지 못하여, 안정적인 고도 증가가 나타난다.

#### 6) 선회 진입과 회복을 할 동안 Trim 사용이 안 된다(만약 선회가 지속된다면).

#### 7) Roll-out을 한 후, 직진 수평 Cross-check이 안 된다.

이 실수는 보통 선회가 완벽히 이루어진 후에 나타난다.

#### 8) 양력 변화에 적합한, 안정된 기술로 Pitch 계기의 Cross-check가 안 되어, 선회 진입과 회복 시 Bank 변화율이 불규칙하다.

#### (2) Bank

Bank와 방향 실수는 다음의 실수에 의해 발생한다. :

#### 1) 선회 진입 시 Overbank의 결과를 가져오는 과조작(Overcontrol).

과감한 Pitch, 속도, Trim Error와 함께 방향의 Overshooting과 Undershooting.

#### 2) 하나의 Bank 계기에 시선이 고착되는 것.

예를 들어, 90도 방향 변경을 할 때 표준을 선회를 성립한 다음 대략 20초 동안 방향지시기를 Cross-check 하지 않는다. 왜냐하면, 초당 3도를 선회하기 때문에 이 시간이 경과할

동안 Lead Point에 도달하지 않기 때문이다. Cross-check을 선택적으로 한다. 적절한 시기에 어떠한 것을 봐야 하는지 확인해라.

- 3) 선회에서 회복을 한 후 Horizon Bar의 선행 (Precession)을 확인하지 못하는 것.

만약 자세계가 수평을 지시하는 동안 방향지시기의 방향이 변하면, 비행기는 선회를 하고 있는 것이다. 만약 Ball이 중앙에 있다면, 자세자이로가 선행한 것이다. 만약 Ball이 중앙에 있지 않으면, 비행기는 Slipping이나 Skidding Turn을 하고 있는 것이다. Rudder를 사용하여 Ball을 중앙에 맞추고, 자세계와 방향지시기를 확인하여 방향 변화를 멈춘다. 만약 방향 변화가 계속되면 Trim을 다시 맞춘다.

- 4) 원하는 방향 변화를 위한 적절한 Bank 각을 사용하지 못하는 것.

10도 방향 변경을 위해 20도 Bank로 선회하면 보통 원하는 방향을 지나칠 것이다. 원하는 방향 변경 양에 적합한 Bank 자세를 사용해라.

- 5) 선회 하려는 방향의 상실. 이 실수는 기동을 서두를 때 나타난다.

- 6) 방향지시기를 잘못 읽거나 잘못 해석하거나, 또는 Compass의 지점 위치를 혼동해서 틀린 방향으로 선회하는 것.

주어진 방향에 도달하기 위해 가장 짧은 방향으로 선회해라. 그러지 않으면 틀린 방향으로 돌아서 선회가 될 수 있다. 방위 주변으로 적어도 주요한 여덟 개의 지점을 떠올릴 수 있도록 Compass Rose를 공부해라. 방향 변경을 빨리 계산하는 데 적합한 많은 방법들이 사용될 수 있다. 예를 들어, 방향 305도에서 방향 110

도로 선회하기 위해, 짧게 돌기 위해 왼쪽으로 선회하는가, 오른쪽으로 선회하는가? 305에서 200을 빼고 20을 더하면, 305도의 반(反)방위로 125도를 얻을 수 있다. 그러므로, 오른쪽으로 선회해라. 마찬가지로, 180도 이하의 방향에서 반방위를 얻기 위해 200을 더하고 20을 뺀다. 실제 방향에서 180도를 더하고 빼는 것보다 100자리와 10자리를 증가시켜 더 빨리 계산할 수 있다면, 위에서 제시한 방법은 시간을 절약하고 혼동을 막아 줄 것이다.

- 7) Bank 정보를 위해 계기를 해석할 때 Turn Coordinator의 Ball을 확인하는 데 실패.

만약 Roll Rate가 0으로 감소되었다면, Turn Coordinator의 Miniature Aircraft는 방향과 선회율만을 지시한다. Ball이 중앙에 있지 않으면, 선회가 Bank 진 자세로 인해 이루어진다고 볼 수 없다.

### (3) Power

Power와 속도 실수는 다음의 실수로 인해 발생한다. :

- 1) Pitch 변경을 하면서 속도계를 Cross-check 하지 못한다.

- 2) Power Control의 불규칙한 사용.

이것은 부적절한 Throttle 마찰 조절, 정확하지 않은 Throttle 설정, 속도 수치 추적(Chasing), 급격하거나 Overcontrol된 Pitch-and-bank 변경, 또는 Power 조절의 효과를 확인하기 위해 속도를 재확인하지 못해 발생한다.

- 3) 늦은 Cross-check나 선회와 관련된 공기역학적 요소를 이해하지 못하는 것과, 관련된

Pitch와 Bank 변경과 함께 Throttle Control 의 부조화.

(4) Trim

Trim 실수는 다음의 실수에 의해 발생한다. :

- 1) 낮은 Cross-check와 해석으로 인해 Trim 변경의 필요성을 인식하지 못한다.  
예를 들어, 조종사의 Cross-check 보다 빠른 선회 진입은 조종간의 압력을 유발하고, Cross-check와 해석에 혼동을 가져온다.
- 2) Trim 과 자세/Power 변동 간의 관계를 이해하지 못한다.
- 3) VSI 바늘을 따라다닌다.  
Overcontrol은 조종간 압력을 만들어 내고, Trim을 사용하여 떨어야 할 압력의 감지를 방해한다.
- 4) Power 변경에 따른 Trim 사용이 안 된다.

**3.3.3 Compass 선회하는 동안의 일반적 실수  
(Common Errors in Turns)**

위에서 언급한 실수에 추가하여, 다음의 실수는 Compass 선회와 관련되어 있고 확인해야 한다.

- (1) Lead와 Lag를 잘못 이해하고 있거나 잘못 계산하는 것.
- (2) Roll-out을 하는 동안 Compass에 시선이 고정되는 것.  
비행기가 비(非)가속 직진 수평비행을 할 때까지, 지시 방향을 읽는 것은 의미가 없다. 그러므로, Roll-out을 시작한 다음에 선회의 정확성을 확인하기 전에, 직진 수평비행을 위한 Cross-check를 실시한다.

**3.4 실속 접근(Approach to Stall)**

다양한 비행기 외장에서 실속 회복에 접근하는 것을 연습하는 것은 예상하지 못한 상황에서 비행기를 조종하는 자신감을 만들어 줄 것이다. 실속의 접근은 직진 비행이나 Shallow Bank 선회에서 연습해야 한다. 연습의 목적은 실속 접근을 인지하고 회복하는 것을 연습하는 데 있다. 실속 회복 연습 전에 지형으로부터 안전한 고도, 공중 항적 충돌로부터 안전한 지역, 적절한 기상을 선택하고, Radar Traffic Advisory Service를 사용해야 한다.

실속으로의 접근은 다음의 외장에서 실시한다. :

- (1) 이륙 외장 - 수평비행을 하면서 Lifftoff 속도 근처에서 시작해야 한다. 받음각의 증가가 동시에 실속 지시를 유도하도록 Power를 적용해야 한다.
- (2) Clean 외장 - 장주 속도처럼, 수평비행을 하면서 감속된 상태로 시작해야 한다. 받음각의 증가가 동시에 실속 지시를 유도하도록 Power를 적용해야 한다.
- (3) 접근이나 착륙 외장 - 접근이나 착륙 속도에 적합한 속도에서 시작해야 한다. 받음각은 실속 지시를 유도하기 위해 부드럽게 증가시켜야 한다.

회복은 실속 경고 장치나 공기역학적 지시에 반응하여 즉시 이루어져야 하고, 부드럽게 받음각을 줄이고 최대 Power를 적용하거나 POH/AFM에 추천된 방법을 사용한다. 회복은 과도한 고도 손실이 없고 선정된 방향, 고도, 속도에서 이루어져야 한다.



### 3.5 비정상 자세와 회복 (Unusual Attitudes and Recoveries)

비정상 자세는 보통 계기비행에 필요하지 않은 비행 자세이다. 비정상 자세는 Turbulence, Disorientation (방향감각 상실), 계기 고장, 혼동, 조종석 임무에 대한 지나친 몰두, Cross-check을 하는 데 있어 부주의, 계기 해석의 실수, 항공기 조종 능력의 부족 등과 같은 수많은 상황에서 발생한다. 비정상 자세는 훈련을 제외하고 계기비행을 하는 동안 의도하지 않은 기동이기 때문에, 예상 밖의 비정상 비행 자세에 대한 경험이 적고 부적절하게 훈련된 조종사의 반응은, 지적이거나 신중하지 못하고 본능적이 된다. 재빠른 근력의 수고와 함께 이 개인적 반응은 무의미하고, Turbulence 상황, 과도한 속도, 낮은 고도에서 위험할 수 있다. 그러나, 연습을 통해, 비정상 자세에서 빠르고 안전하게 회복하는 기술을 배울 수 있다. Cross-check를 하면서 비정상 자세를 인식했을 때, 즉각적인 문제는 ‘어떻게 비행기가 그런 상황이 되었느냐?’가 아니고, ‘무엇을 하고, 어떻게 직진 수평비행으로 가능한 한 빨리 돌아가느냐?’이다.

#### 3.5.1 비정상 자세의 인식 (Recognizing Unusual Attitudes)

일반적인 규칙으로 이미 배웠던 기본 계기비행 기동과 관련된 지시나 계기의 움직임이 아니라는 것을 확인했을 때 ‘비정상 자세’라 가정하고 자세 확인, 계기 오차, 계기 고장을 확인하기 위해 Cross-check 속도를 높여야 한다. Nose-high 자세는 고도계 바늘, VSI 바늘, 속도계 바늘이 움직이는 방향을 확인



[그림 3-81] Unusual attitude—nose high



[그림 3-82] Unusual attitude—nose-low

하여 알 수 있고, 자세계 지시를 통해 즉시 알 수 있다. 극한 자세를 제외하고 [그림 3-81] Nose-low 자세는 같은 계기로 알 수 있지만 바늘은 반대 방향으로 움직인다.



### 3.5.2 비정상 자세로부터의 회복 (Recovery From Unusual Attitudes)

보통의 비정상 자세에서, 조종사는 자세계상에서 수평비행 지시를 만들어 다시 방향을 파악한다. 그러나, 조종사는 다음의 이유로 계기에 의존하지 않는다.

만약 자세계가 Spillable 형태라면 뒤집힘 한계를 넘을 수 있다. 기계적인 고장에 의해 자세계는 작동하지 않을 수 있다. 만약 자세계가 Nonspillable 형태이고 잘 작동한다면, Pitch와 Bank Error는 5도까지 나타날 수 있고, 극한의 자세에서 계기를 해석하기 힘들다. 비정상 자세를 확인했다면 POH/AFM에 있는 추천 회복 절차를 시작해야 한다. POH/AFM에 추천되는 절차가 없다면, 회복은 속도계, 고도계, VSI, Turn Coordinator를 보고 시작해야 한다.

#### (1) Nose-High 자세(Nose-High Attitudes)

만약 속도가 줄고 있다면, 또는 원하는 속도 이하라면, 감속되는 비율에 따라 필요한 만큼 Power를 증가시켜야 한다. 실속을 막고 Nose를 내리기 위해 Forward-elevator Pressure를 가하고, Coordinate된 Aileron과 Rudder Pressure를 가하여 Bank를 수정한다. 수정 조작은 거의 동시에 적용되지만, 순서는 위와 같다. 수평 Pitch 자세는 속도계와 고도계 바늘의 움직임이 반대로 바뀌고 안정되는 것을 보고 알 수 있다. 직진 Coordinate된 비행은 Miniature Aircraft가 수평이 되고 Turn Coordinator의 Ball이 중앙에 있을 때 이루어진다.

#### (2) Nose-Low 자세(Nose-Low Attitudes)

만약 속도가 증가하고, 또는 원하는 속도 이상일 때 과도한 속도와 고도 손실을 막기 위해 Power를 줄여라. Turn Coordinator를 참조하여 직진 비행을 하기 위해 조정(Coordinate)된 Aileron과 Rudder Pressure를 사용하여 Bank 자세를 수정한다. 부드러운 Back-elevator Pressure를 가하여 Nose를 수평비행 자세로 들어올린다. 모든 조종 요소들은 부드럽고, 능숙한 회복을 위해 동시에 변경되어야 한다. 그러나 초기 훈련 단계에서 위에 제시한 번호 순서대로 능동적이고 자신 있는 회복 조작이 되어야 한다. 기억해야 할 아주 중요한 요점은 Nose-down 자세에 본능적인 반응은 Elevator 조종으로 조종간을 당기는 것이다. 초기 조작을 시작한 다음, 초기 Control Pressure가 클 수 있기 때문에, Overcontrol에 대비하여 Cross-check을 빨리한다. 고도계와 속도계의 바늘 움직임이 감소하면, 자세는 수평비행에 접근하고 있는 것이다. 바늘이 멈추고 반대로 움직이면, 항공기는 수평비행을 지나치고 있는 것이다. 속도계, 고도계, Turn Coordinator의 지시가 안정적이 되면, 자세계를 Cross-check 하는 데 포함시킨다. 자세계와 Turn Coordinator는 Bank 자세를 알기 위해 확인해야 하고, 수정을 위해 Aileron과 Rudder Pressure가 가해져야 한다. Ball은 중앙에 있어야 한다. 만약 그렇지 않으면, Skidding과 Slipping 느낌이 쉽게 Disorientation(방향감각 상실)을 악화시키고 회복을 방해할 수 있다. 만약 IFR 상황에서 교관이나 ATC에 의해, 주어진 고도에서 비정상 자세에 진입했다면 직진 수평비행으로 안정시킨 다음 원래 고도로 돌아간다.

### 3.5.3 비정상 자세에서의 일반적 실수 (Common Errors in Unusual Attitudes)

비정상 자세와 관련된 일반적 실수는 다음의 실수를 포함하고 있다. :

- (1) 비행기에 적절한 Trim이 맞춰지지 않은 것.  
조종사가 Pressure를 유지하고 있는 동안, 조종석의 혼란은 쉽게 부주의한 비정상 자세로 진입하게 만든다.
- (2) 조종석이 정리되지 않은 것.  
차트, Log, 항법 컴퓨터 등을 찾느라 계기로부터 주의를 빼앗길 수 있다.
- (3) 늦은 Cross-check와 고착(Fixation).  
만약 즉각적인 인식에 필요한 기술을 충분히 훈련하지 않았다면 계기 고장을 확인했을 때, Cross-check를 멈추고 주시하려는 충동이 생긴다.
- (4) 시야에 의존하지 않고 감각 기관에 의존해 회복을 시도하는 것.  
1장 (Human Factors)에서 언급한 Disorientation (방향감각 상실)은 계기를 신뢰하는 것의 중요성을 보여 준다.
- (5) 기본 계기 기술을 배운 다음 이를 연습하지 않은 것.  
기본 계기 기술과 연관된 모든 실수는 기본적인 기술을 숙달할 때까지, 비정상 자세 회복이 악화된다.

## 3.6 계기 이륙(Instrument Takeoff)

낮은 시정, 비, 낮은 운고, 야간의 Disorientation (방향감각 상실) 상황에서 계기 이륙을 할 때 조종사의 자격은 숙달과 자신감을 제공할 것이다. '시계 비행'에서 '계기비행'으로의 급격한 전환은 심각한 Disorientation(방향감각 상실)과 조종 문제를 야기할 수 있다. 계기 이륙 기술은 비행기 형식에 따라 변하지만, 아래에 언급된 방법은 비행기가 단발이든, 쌍발이든, Tricycle-gear든, Conventional-gear든 상관없이 적용된다. Nosewheel이나 Tailwheel을 사용하여 비행기를 활주로의 중앙선에 정대 시킨다(교관 조종사는 학생이 Hood나 Visor를 쓰고 계기를 점검할 동안 Taxi하여 비행기를 정대 시킨다). 만약 Tailwheel이 장착되어 있다면 고정을 시키고, 이륙을 준비하는 동안 비행기가 밀리지 않도록 Brake를 꼭 밟고 있어야 한다. 방향지시기를 발간된 활주로 방향에 가까운 5도 눈금의 Nose Index에 맞추어, 이륙을 할 동안 약간의 방향 변화를 바로 알 수 있도록 한다. 만약 Cage 기능이 있다면 Uncage를 시키고 Knob을 돌려 일정한 방향 지시가 유지되는지를 확인한다. 만약 돌릴 수 있는 바늘을 가지고 있는 전기 방향지시기를 사용한다면, Top Index 아래에 Nose 위치를 지시하도록 바늘을 돌려놓는다. 실질적인 Partial Rudder Control이 되는 RPM까지 Throttle을 증가시킨다. Brake를 놓고 부드럽게 Power를 이륙 설정까지 증가시킨다. 이륙 활주를 할 동안, Rudder를 사용하여 방향지시기의 방향을 일정하게 유지한다. 다발 Propeller 비행기에서는 또한, Throttle을 차이 나게 사용하여 방향을 유지한다. Brake의 사용은 과

조작(Overcotrol)이 생기게 하고 활주 거리를 연장시킬 수 있기 때문에, 최후의 수단을 제외하고 사용해서는 안 된다. Brake를 놓은 다음 방향이 달라지는 것은 즉각 수정해야 한다. 비행기가 가속되면서, 속도계와 방향지시기를 둘 다 빨리 Cross-check 한다. 자세계는 약간 Nose-up 자세로 선행(Precess)할 수 있다. 비행 속도에 접근하면(이륙 속도에서 대략 15-25knots 전), 자세계에 원하는 이륙 자세를 맞추기 위해 Elevator Control을 적용한다. 이 자세는 대부분의 소형 비행기들에서 대략 2-bar 폭의 상승 지시가 된다. 비행기가 지상을 떠나면 방향지시기와 자세계를 계속 빠르게 Cross-check 한다.

비행기를 당겨서 들어올리지 마라. 선택된 자세를 일정하게 유지하여 비행기가 상승하게 해라. 자세계를 참조하여 Pitch와 Bank 자세 조종을 하고, 방향지시기의 방향이 변할 때 조정(Coordinate)된 수정을 한다. 고도계와 VSI를 Cross-check 하여 Positive Rate 상승(고도계 바늘이 안정적인 비율로 시계 방향으로 회전하고, VSI는 비행기에 알맞은 안정적인 상승률을 지시함)을 유지한다. 고도계가 안전한 고도를 지시할 때(대략 100피트), Landing Gear와 Flap을 올리고 자세계를 참조하여 고도를 유지한다. Gear와 Flap이 작동될 동안 Control Pressure가 변하므로 Pitch 지시를 정확하고 빠르게 확인하지 않으면 Overcontrol이 될 수 있다. 안정적인 상승 자세를 유지하기 위해 Trim을 사용하여 Control Pressure를 덜어 준다. 선정된 상승 속도로 부드럽게 가속하기 위해 고도계, VSI, 속도계를 확인한다(고도와 속도는 증가하고 수직 속도는 안정됨). 상승 속도가 되면, Power를 상승 설정

으로 줄인다(만약 POH/AFM과 Trim에 의해 Full Power가 추천되지 않는다면). 계기 이륙을 할 동안, Cross-check와 해석은 빨라야 하고, 적극적이고 부드럽게 조종한다. Lift-off, Gear와 Flap Up, Power 감소, 조종 반응을 변경할 때 빠른 Cross-check, Control Pressure의 조절, 정확한 Trim 변경이 필요하다.

### 3.6.1 계기 이륙의 일반적 실수 (Common Errors in Instrument Takeoffs)

계기 이륙을 하는 데 있어 다음의 일반적 실수를 포함한다. :

- (1) 이륙 전에 적절한 조종석 점검을 실시하지 않는 것.  
조종사는 서두르거나 부주의 때문에 부작동하는 속도계(Pitot Tube 막힘), Cage된 자이로, 고정된 조종간, 그리고 계기들을 보지 못한 채 계기 이륙을 시도할 수 있다.
- (2) 활주로에 부적절하게 정대 하는 것.  
이것은 부적절한 Brake 적용, 정대 후 비행기가 밀리는 것을 허용, 또는 Nosewheel이나 Tailwheel에 뼈딱한 채로 정대 함으로 발생한다. 많은 경우에, 이륙을 시작하면서 짜 맞춰진 방향 조종상의 문제로 나타난다.
- (3) 부적절한 Power 적용.  
급격한 Power의 적용은 방향 조종을 악화시킨다. Power를 부드럽고 연속되게 증가시켜라.
- (4) 부적절한 Brake의 사용.  
발을 불편한 위치에 놓은 채로 부적절한 의

자나 Rudder Pedal 조절은, 자주 부주의한 Brake 사용과 과도한 방향 변경을 야기시킨다.

- (5) Rudder Pedal의 Overcontrol.  
이 실수는 방향 변화의 늦은 발견, Control에 대한 긴장감, 방향지시기의 잘못된 해석, (그리고 틀린 방향으로의 수정), 비행기 감속에 따른 Rudder Control 효과의 변화를 인지하지 못하거나 다른 요소들에 의해 발생한다. 만약 방향 변경을 확인하고 작은 양의 Rudder로 즉시 수정했다면 벗어나려는 경향을 줄일 수 있다.
- (6) 이륙 후 자세 유지가 안 되는 것.  
만약 비행기가 이륙 후 Seat-of-the-pants 감각으로 반응한다면 Pitch 조절은 억측(Guesswork)이 될 것이다. Trim 변화 반응에 의존하면, 과도한 Pitch나 과도한 Forward-elevator Pressure를 허용할 수 있다.
- (7) 부적절한 Cross-check, Trim 변경, 자세 변경, Gear와 Flap Up, Power 변경 시 고착(Fixation)이 일어날 수 있다. 계기를 확인했거나 조종간을 움직인 후, Cross-check를 계속하고 다음 Cross-check 순서까지 조종 효과를 확인해라.
- (8) 계기의 부적절한 해석. 계기 지시를 즉각적으로 이해하지 못하면 기동에 대한 추가적인 연구가 필요하다.

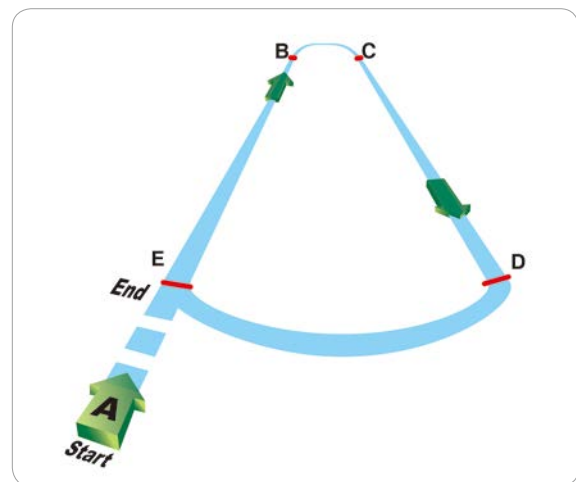
### 3.7 기본 계기비행 패턴 (Basic Instrument Flight Patterns)

기본적인 기동에 적절한 정도의 자신감을 얻은 후에, 다양한 각각의 기동 조합에 기술을 적용할 수 있다. 다음의 연습 비행 Pattern은 계기비행 운용에 곧바로 적용할 수 있다.

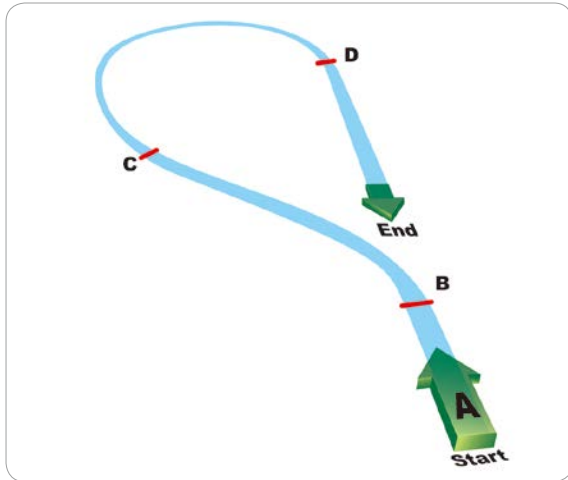
#### (1) Racetrack Pattern

- 1) A에서 B까지 3분간 직진 수평비행. [그림 3-83] 이 구간 동안 항공기에 맞는 Holding 속도로 감속한다.
- 2) B에서 180도 표준을 선회를 시작하고, A에서의 방향과 반대 방향으로 C에서 Roll-out 한다.
- 3) C에서 D까지 1분간 직진 수평비행을 한다.
- 4) D에서 180도 표준을 선회를 시작하고, 원래 방향에 Roll-out 한다.

이 Pattern은 기본 기동과 시계를 조합한 훈련이다.



[그림 3-83] Racetrack pattern(entire pattern in level flight)



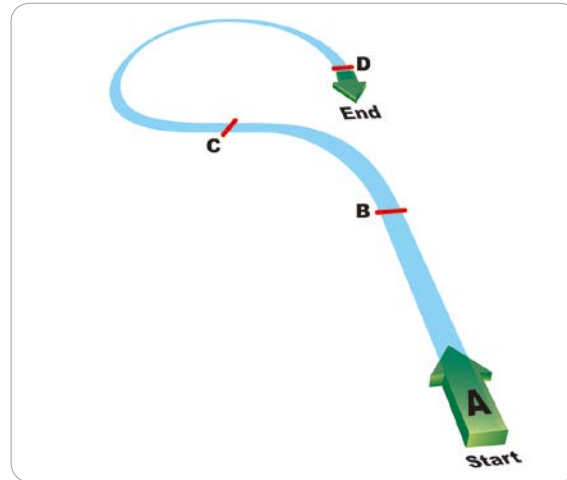
[그림 3-84] Standard procedure turn(entire pattern in level flight)

(2) 표준 절차 선회(Standard Procedure Turn)

- 1) A에서, A에서 B까지 2분간 시간을 잰다. [그림 3-84]
- 2) B에서, 45도를 선회한다(표준율). Roll-out 을 한 후, C까지 1분간 비행한다.
- 3) C에서 180도를 선회한다.
- 4) 선회 완료 후, D에서 E까지 45초를 잰다.
- 5) E에서, 45도를 선회하여 기동 시작 반(反)방 위로 변경한다.

(3) 80/260 Procedure Turn

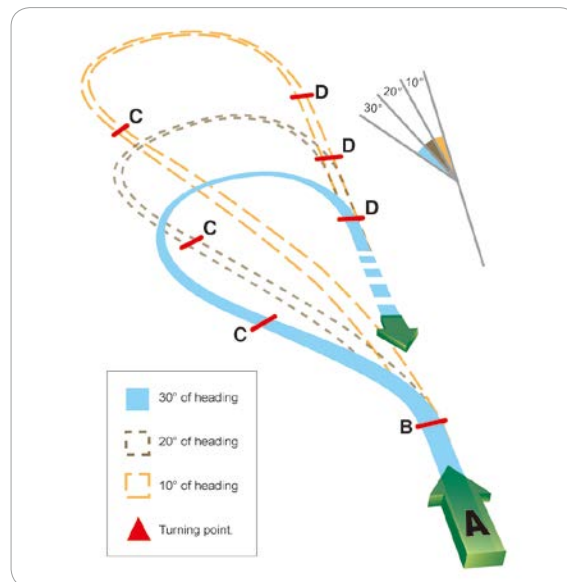
- 1) A에서, A에서 B까지 2분간 시간을 잰다. [그림 3-85]
- 2) B에서, 방향을 80도 변경하기 위해 왼쪽으로 표준율 선회를 시작한다.
- 3) C에서 80도 선회를 마친 후, 오른쪽으로 방향을 260도 변경한 후, 시작 방향의 반(反)방향에 Roll-out 한다.



[그림 3-85] 80/260 procedure turn(entire pattern in level flight)

(4) Teardrop Pattern

- 1) A에서, A에서 B까지 2분간 시간을 잰다. [그림 3-86] 이 구간에서 Holding 속도로 줄인다.
- 2) B에서, 방향 30도 변경하기 위해 표준율 선회를 시작하고, B에서 C까지 1분간 비행한다.



[그림 3-86] Teardrop pattern(entire pattern in level flight)

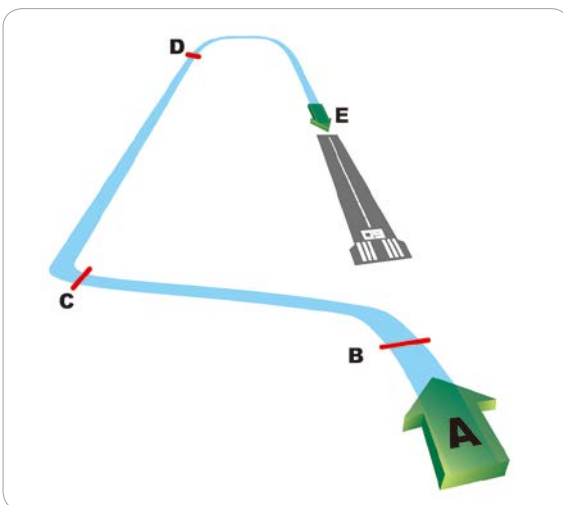


3) C에서, 방향을 210도 변경하기 위해 표준을 선회를 시작하고, 원래 진입 방향의 반(反)방위에 Roll-out 한다.

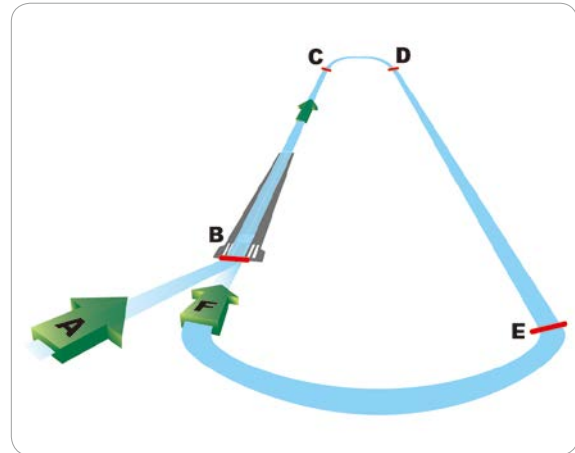
(5) 선회 접근 패턴(Circling Approaches Pattern)

**Pattern I 절차:**

- 1) A에서, A에서 B까지 2분간 시간을 잰다. ; 속도를 접근 속도로 줄인다. [그림 3-87]
- 2) B에서, 왼쪽으로 45도 표준을 선회를 실시 한다.
- 3) 선회를 완료한 후, C까지 45초를 비행한다.
- 4) C에서, 원래 방향으로 선회한다. ; D까지 1분간 비행하면서 Landing Gear와 Flap을 내린다.
- 5) D에서, 오른쪽으로 180도 선회를 한 후, E에서 시작 방향의 반(反)방위에 Roll-out 한다.
- 6) E에서, 500fpm으로 강하한다. 500피트를 강하한 후, 직진 정속 상승을 시작하고 Gear와 Flap을 올린다.



[그림 3-87] Patterns applicable to circling approaches  
(runways are imaginary)




[그림 3-88] Patterns applicable to circling approaches  
(runways are imaginary)

**Pattern II 절차:**

- 1) A에서, A에서 B까지 2분간 시간을 잰다. ; 속도를 접근 속도로 줄인다. [그림 3-88]
- 2) B에서, 왼쪽으로 45도 표준을 선회를 시작한다.
- 3) 선회를 완료한 후, C까지 1분간 비행한다.
- 4) C에서, 오른쪽으로 180도 선회를 한다. ; E까지 1분 30초간 비행하면서 Landing Gear와 Flap을 내린다.
- 5) E에서, 오른쪽으로 180도를 선회하고 F에서 Roll-out한다.
- 6) F에서, 500fpm 강하를 시작한다. 500피트를 강하한 후, 직진 정속 상승을 하면서 Gear와 Flap을 올린다.



A graphic featuring a white cloud with the text '계기비행 Instrument Flying' inside. To the right of the cloud is a small white cloud icon. Below the cloud is a white silhouette of an airplane flying upwards and to the right, leaving a white trail that curves downwards and then upwards, resembling a wave or a flight path.

계기비행  
Instrument Flying

## 4편. IFR 비행

### 1장 IFR 비행 계획

- 1.1 비행 계획서의 제출
- 1.2 비행 계획서의 내용
- 1.3 비행 계획서 양식
- 1.4 항공교통 업무(Air Traffic Service, ATS) 기입을 위한 지침서
- 1.5 비행 계획의 계획된 재허가
- 1.6 비행 계획서의 변경
- 1.7 비행 계획서의 종료
- 1.8 비행 전 계획(Preflight)

### 2장 계기 비행 절차

- 2.1 비행 인가
- 2.2 출항 절차
- 2.3 항로 절차
- 2.4 체공 대기 절차
- 2.5 접근
- 2.6 실패 접근
- 2.7 착륙



# IFR 비행 계획

## IFR Flight Plan

### 1.1 비행 계획서의 제출 (Submission of a Flight Plan)

다음의 비행을 하고자 하는 자는 비행을 시작하기 전에 VFR 또는 IFR의 비행 계획서를 제출하여야 한다.

- (1) ATC 업무를 제공받는 비행(이 경우 일부 구간의 비행인 경우를 포함한다.)
- (2) 조연 구역 내에서의 계기비행 방식에 의한 비행
- (3) 국토교통부 장관이 지정한 구역 또는 항공로를 따라 행하는 비행으로서, 비행 정보 업무, 경보업무, 수색 및 구조 업무를 용이하게 하기 위하여 항공교통관제 기관이 요구하는 경우
- (4) 국토교통부 장관이 지정한 구역 또는 항공로를 따라 행하는 비행으로서, 군 기관 또는 인접 국가의 항공교통관제 기관과의 피아(彼我) 식별을 용이하게 하기 위하여 항공교통관제 기관이 요구하는 경우
- (5) 국가 간 경계선을 통과하는 비행기장은 반복 비행 계획서가 제출된 경우를 제외하고, 출발 전 또는 비행 중에 반드시 비행 계획서를 항공교통관제 기관에 제출하여야 한다.

기장은 항공교통관제 당국이 별도로 정하지 않는 한, 다음 중 하나에 따라 항공교통관제 기관에 비행 계획서를 제출하여야 한다. :

- (1) 항공기 출발 최소 60분 전
- (2) 비행 중 제출할 경우, 다음 각 목에서 정한 지

점의 도착 예정 시각 최소 10분 전

- 1) 관제구(Control Area) 또는 조연 구역(Advisory Area)으로의 진입이 계획된 지점
- 2) 비행로(Airway) 또는 조연 항공로(Advisory Route)를 횡단하는 지점

### 1.2 비행 계획서의 내용 (Contents of a Flight Plan)

IFR 또는 VFR에 의한 비행 계획서에는 다음 정보가 포함되어야 한다. :

- (1) 항공기의 식별 부호
- (2) 비행의 방식 및 종류
- (3) 항공기의 대수(1대 이상의 항공기일 경우) · 형식 및 최대 이륙 중량 등급(Wake Turbulence 등급)
- (4) 탑재 장비
- (5) 출발 비행장 및 이륙 교체 비행장(요구될 경우)
- (6) 출발 예정 시간
- (7) 순항속도
- (8) 순항고도
- (9) 운항 예정 항공로
- (10) 최초 착륙 예정 비행장(목적 공항) 및 교체 비행장(요구될 경우)
- (11) 탑재된 연료로 비행할 수 있는 최대 시간 (Fuel Endurance)

(12) 승무원을 포함한 총 탑승 인원

(13) 비상 및 구명 장비

(14) 기타 정보

주: 비행 계획서에는 교체 비행장을 포함한 항공로의 전부 또는 일부 내용을 포함하고 있어야 한다.

### 1.3 비행 계획서 양식(Flight Plan Form)

규정되어 있는 양식 및 자료 기술 방식을 준수한다. 첫 번째 칸부터 자료를 기입한다. 만일 칸이 남는다면 빈칸으로 남겨 둔다. 모든 시간은 협정세계시(Universal Coordinated Time, 이하 'UTC'라 한다) 4자리 숫자로 기입한다. 모든 소요 예상 시간은 4자리 숫자(시간 및 분)로 기입한다. 비행 계획 전문의 발송에 대한 책임 기관이 지정되지 않았을 경우, '항목 3' 앞의 음영으로 표시된 부분은 항공교통 업무 기관 및 항공통신 업무 기관에서 작성한다. 비행 계획에 사용한 '비행장'이라는 용어에는 특정 형태의 항공기, 예를 들어 헬리콥터 또는 기구가 사용할 수 있는 비행장 이외의 지역도 포함된다.

### 1.4 항공교통 업무(Air Traffic Service, ATS) 기입을 위한 지침서

항목 7에서 18까지는 아래에 지시된 방법으로 작성한다. 관계 항공교통 업무 당국의 요청, 또는 필요하다고 판단될 때는 항목 19 역시 아래에 지시된 방법으로 작성한다. :

(1) 항목 번호가 ATS 전문의 필드 유형 번호와 일

치하므로 양식의 항목 번호는 연속된 일련번호는 아니다.

(2) ATS Data System은 제출된 비행 계획서 내의 통신, 또는 정보에 대한 처리 제한을 부과할 수 있다. 예를 들면, 가능성 있는 제한들은 항목 길이, 항공로 항목에서 요소들의 숫자, 또는 전체 비행 계획 길이에 대한 것들로 제한될 것이다. 중요한 제한들은 해당 항공 정보 간행물(Aeronautical Information Publication, 이하 'AIP'라 한다) 내에 기록되어 있다.

### 1.5 비행 계획의 계획된 재허가(Planned Reclearance)

탑재된 연료(Fuel Endurance) 소모에 따라 목적지 변경 가능성이 있으나, 비행 계획상 법정 탑재 연료량 요건을 충족하는 비행 계획을 수립한 자는 항공교통관제 기관에 비행 계획서를 제출할 때 그 가능성을 함께 통보하여야 한다.

### 1.6 비행 계획서의 변경(Changes to a Flight Plan)

모든 조종사는 관제 기관의 관제하에 비행하는 계기비행 또는 시계비행을 위하여 제출한 비행 계획서에 변경 사항이 발생한 경우, 가능한 빠른 시간 내에 관련 항공교통관제 기관에 이를 보고하여야 한다. 위의 내용을 제외한 시계비행을 하는 경우, 비행 계획에 중요한 변경 사항이 발생한 경우, 기장은 관



런 항공교통관제 기관에 가능한 빠른 시간 내에 이를 보고하여야 한다. 항공기 출발 전에 제출된 탑재 연료량 또는 탑승객 수 등이 항공기 출발 시점에 변경된 경우에는 이를 중요한 변경 사항으로 간주하여 항공교통관제 기관에 보고하여야 한다.

### 1.7 비행 계획서의 종료 (Closing a Flight Plan)

기장은 항공교통관제 기관에서 자동적으로 비행 계획서를 종료시키지 않는 경우를 제외하고, 목적 공항에 착륙한 후 가능한 빠른 시간 내에 인편

이나 무선을 통하여 항공교통관제 기관에 도착 보고를 하여야 한다. 목적지에 도착하지 않았으나 비행의 일부 구간에 대하여만 비행 계획서를 제출하였을 경우, 조종사는 항공로상에서 관련 항공교통관제 기관과 협의하여 해당 비행 계획서를 종료시켜야 한다. 도착 공항에 항공교통관제 기관이 없을 경우, 조종사는 착륙 후 가능한 빠른 시간 내에 가장 빠른 방법으로 인접한 항공교통관제 기관에 연락을 취하여 비행 계획을 종료시켜야 한다. VFR 비행의 경우, 비행 계획서에 명시한 도착 예정 시간 (Estimated Time of Arrival, 이하 'ETA'라 한다)

U.S. DEPARTMENT OF TRANSPORTATION FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION		(FAA USE ONLY) <input type="checkbox"/> PILOT BRIEFING <input type="checkbox"/> VNR			TIME STARTED	SPECIALIST INITIALS	
FLIGHT PLAN							
1. TYPE	2. AIRCRAFT IDENTIFICATION	3. AIRCRAFT TYPE/SPECIAL EQUIPMENT	4. TRUE AIRSPEED	5. DEPARTURE POINT	6. DEPARTURE TIME		7. CRUISING ALTITUDE
<input type="checkbox"/> VFR <input checked="" type="checkbox"/> IFR <input type="checkbox"/> DVFR	N1230A	C182/G	140 KTS	DTW	PROPOSED (Z)	ACTUAL (Z)	4000
8. ROUTE OF FLIGHT							
DCT LFD DCT CMI							
9. DESTINATION (Name of airport and city)		10. EST. TIME ENROUTE		11. REMARKS			
CMI-WILLARD AIRPORT SAVOY, IL		HOURS	MINUTES				
		01	42				
12. FUEL ON BOARD		13. ALTERNATE AIRPORT(S)		14. PILOT'S NAME, ADDRESS & TELEPHONE NUMBER & AIRCRAFT HOME BASE		15. NUMBER ABOARD	
HOURS	MINUTES			WARREN SMITH, 123 MAIN STREET DETROIT, MI 48123 217-555-1212 DTW		2	
04	20	ALN		17. DESTINATION CONTACT/TELEPHONE (OPTIONAL)			
16. COLOR OF AIRCRAFT		CIVIL AIRCRAFT PILOTS. FAR Part 91 requires you file an IFR flight plan to operate under instrument flight rules in controlled airspace. Failure to file could result in a civil penalty not to exceed \$1,000 for each violation (Section 901 of the Federal Aviation Act of 1958, as amended). Filing of a VFR flight plan is recommended as a good operating practice. See also Part 99 for requirements concerning DVFR flight plans.					
BLUE/WHITE							

FAA Form 7233-1 (8-82)

CLOSE VFR FLIGHT PLAN WITH \_\_\_\_\_ FSS ON ARRIVAL

[그림 4-1] FAA 비행계획서 양식



30분 이내에 비행 계획을 종결하지 않는다면 수색이 시작된다.

## 1.8 비행 전 계획(Preflight)

계획된 비행의 성공 여부는 철저한 비행 전 계획에 의해 크게 좌우된다. 비행 전날 밤 기상예보에 주의를 기울이고 비행 준비를 시작한다.

기상 방송에서는 멕시코 만으로부터 수증기를 동반한 큰 저기압이 중서부에 자리 잡고 있는 관계로 며칠간의 낮은 운고와 시정을 예보하고 있다. 비행 준비에 필요한 최신의 차트와 자료(En Route Charts, Approach Charts, DP, STAR Charts, Navigation Logs, POH/AFM등)를 준비한다. 차트는 출발 공항과 도착 공항, 그리고 계획한 대로의 비행이 이루어지지 않을 경우를 위한 예비 공항을 포함하여야 하며, 출발 및 도착 공항, DTW와 CMI 간의 추천 경로(Preferred Routing)를 파악하기 위하여 A/FD를 참조한다. 그리고, 비행에 관련된 접근 경로와 DP 또는 STAR를 검토한다. 마지막으로 예상되는 경로의 항로 차트와 항로 최저 고도 및 장애물 회피 고도를 파악한다.

위 사항에 대한 검토 후 DTW로부터는 Palace Two DP를 이용하여 HARWL Intersection까지 직행하고 V116을 이용하여 Jackson VOR(JXN)에 도착하며, V221을 이용하여 Litchfield VOR(LFD)에 도착 후 GPS를 이용하여 CMI로 직행하는 것으로 비행을 계획하였다. 고도는 항공기 성능이나 규정상 아무 문제가 되지 않는 4,000피트를 계획하였다. 다음으로는 비행경로상의 기상예보 브리핑을 듣기 위하여 1-800-WX-BRIEF에 전화를 건다. 이렇게

함으로써 출발 및 도착 공항과 상층풍 정보를 포함한 항로상의 기상예보를 제공받을 수 있으며 해당되는 NOTAM도 확인할 수 있다.

기상 브리퍼는 예상 출항 시간대에 DTW와 CMI의 기상이 착륙 최저치에 가까울 것이라고 예보하였다. 또한 명일 CMI(목적지)의 활주로 4/22가 폐쇄되고, 활주로 14R로의 localizer Back-course 접근이 불가능하다는 NOTAM을 알려 주었다. 곳은 날씨가 예상되지만 비행 준비를 계속하기 위하여 항법 계획서(Navigation Log)에 경로상의 각 픽스와 해당되는 거리, 주파수, 고도 등의 필요한 자료를 기입하였다. 이렇게 잘 짜인 항법 계획서는 비행 중의 업무량을 줄여 줄 것이다. 다음날 아침에 일어나 보니 이슬비가 내리고 운고가 낮았다.

컴퓨터를 이용하여 비행경로상의 표준 기상 브리핑(Standard Weather Briefing)을 출력해 보니 두 공항의 현재 기상은 시정이 1/4 마일로 IFR 상태였다.

### SURFACE WEATHER OBSERVATIONS

METAR KDTW 111147Z VRB04KT 1/4SM FG -RN  
VV1600 06/05 A2944 RMK AO2 SLP970

METAR KCMI 111145Z 27006KT 1/4SM FG OVC001  
08/07 A2962 RMK AO2 SLP033

작은 온도/이슬점 차이가 저고도 운고와 시정 약화의 원인이었다. 기온이 상승함에 따라 오후 늦게 기상이 호전될 것이라는 확신을 공항 예보(Terminal Forecast)를 통해 갖게 되었다.

### TERMINAL FORECASTS

TAF KDTW 101146Z 101212 VRB04KT 1/4SM FG  
OVC001 TEMPO 1316 3/4SM VV1800

FM1600 VRB05KT 2SM BR OVC007 TEMPO 1720





3SM DZ BKN009  
 FM2000 24008KT 3SM BR OVC015 TEMPO 2202  
 3SM BR OVC025  
 FM0200 25010KT P6SM OVC025  
 FM0800 27013KT P6SM BKN030 PROB40 1012  
 2SM -RN OVC030  
 TAF KCMJ 101145Z 101212 2706KT 1/4SM FG  
 VV1600 BECMG 1317 3SM BR OVC004  
 FM1700 2910KT 3SM BR OVC005  
 FM0400 2710KT 5SM SCT080 TEMPO 0612 P6SM  
 SKC

공항 예보 이외에 Area Forecast에서도 비행경로상의 기상 호전을 나타내고 있다. 공항 예보는 공항 주변 반경 5마일 내의 기상 정보만 제공하지만, Area Forecast는 비행경로상의 전반적인 기상예보와 기상 악화에 대해 파악할 수 있다.

#### SYNOPSIS AND VFR CLOUDS/WEATHER FORECASTS

CHIC FA 111045

SYNOPSIS AND VFR CLDS/WX

SYNOPSIS VALID UNTIL 120500

CLDS/WX VALID UNTIL 112300...OTLK VALID

112300-120500

ND SD NE KS MN IA MO WI LM LS MI LH IL IN KY

SEE AIRMET SIERRA FOR IFR CONDS AND MTN OBSCN.

TS IMPLY SEV OR GTR TURB SEV ICE LLWS AND IFR CONDS.

NON MSL HGTS DENOTED BY AGL OR CIG.

SYNOPSIS...AREA OF LOW PRESSURE CNTD OVR AL RMNG GENLY STNRY BRNGNG MSTR AND WD

SPRD IFR TO GRT LKS RGN. ALF...LOW PRES TROF ACRS CNTR PTN OF THE CHI FA WILL GDLY MOV EWD DURG PD...KITE...MO CIG BKN020 TOPS TO FL180. VIS 1-3SM BR. SWLY WND. 18Z BRK030. OTLK...MVFR CIG. WI LS LM MI LH IN CIG OVC001-OVC006 TOPS TO FL240. VIS 1/4-3/4SM FG. SWLY WND. 16Z CIG OVC010 VIS 2SM BR. OCNL VIS 3-5SM -RN BR OVC009. OTLK...MVFR CIG VIS IL NRN 1/2 CIG OVC001 TOPS LYRD TO FL250. VIS 1/4-1SM FG BR. WLY WND THRUT THE PD. 16Z CIG OVC006. SCT -SHRN. OTLK...IFR. SRN 1/2...CIG SCT-BKN015 TOPS TO FL250. WLY WND THRUT THE PD. 17Z AGL BRK040. OTLK...MVFR CIG VIS.

아직 SIGMET과 PIREP에 대한 자료는 없지만, 여러 AIRMET을 통해 비행경로상에 IFR 기상 상태와 난류가 있고 비행경로 북쪽 지역에 착빙(着氷)이 되는 지역이 있음을 파악하였다.

AIRMET TURB...MN WI MI LM IN IL IA MO OH FROM MSP TO TVC TO CLE TO FAM TO BUM TO MSP

OCNL MOD TURB BLW 080. CONDS CONTG BYD 11Z THRU 17Z.

AIRMET ICE...WI MI MN

FROM MBS TO MSN TO INL TO AFW TO MBS LGT-OCNL MOD RIME ICGIC BTN 040 AND 100. CONDS CONTG BYD 11Z THRU 18Z.

FRZLVL...SFC-040 NRN MN SLPG 050-100



RMNDR  
 FA AREA FM NW TO SE.  
 AIRMET IFR...IA MO IL IN WI LM LS MI LH MN  
 FROM INL TO AFW TO PIT TO BNA TO ICT TO INL  
 OCNL CIG BLW 010/MIS BLW 3SM PCPN/BR/FG.  
 CONDS CONTG BYD 09Z THRU 15Z.  
 RMNDR...NO  
 WDSPRD IFR EXP.

NOTAM의 재확인을 통해 Champaign의 활주로 4/22가 폐쇄되고, 활주로 14R로의 Localizer Back-course 접근에 대한 업무가 제공되지 않음을 인지하였다. 또한 전화 브리핑에서는 언급이 되지 않았던 Palace-Two Departure에 관한 NOTAM에 대해서도 알게 되었다. 만약에 활주로 21로 출항한다면 Climb Restriction을 준수할 수 있는지에 대해 확인했어야만 했다. 이 ‘Palace-Two Departure NOTAM(below)’은 NOTAM 해당 지역을 확인하기 위해서는 두 번째 공항 식별 부호까지 확인해야 하는 것이 중요함을 말하는 좋은 예이다. 만약 첫 번째의 식별 부호만 보고 지나쳤다면 DTW가 아닌 USD에 관한 NOTAM으로 알고 지나쳤을지도 모른다.

USD 11/004 DTW PALACE TWO DEPARTURE: PROP  
 AIRCRAFT DEPARTING RWY 21 WESTBOUND  
 CROSS  
 DXO 3.5 DME AT OR ABOVE 2500 MSL. IF  
 UNABLE TO MAKE THE CLIMB RESTRICTION  
 ADVISE  
 DTW TOWER PRIOR TO DEPARTURE.  
 CMI 12/006 CMI RWY 22R/4L CLSD  
 CMI 12/008 CMI LOCBAC 14R OTS

기상은 비행경로의 남쪽이 대체적으로 양호하여, 현재 기상과 예보상으로는 Alton Regional Airport가 대체 공항으로 적절하다.

METAR KALN 111049Z 25010KT 2SM BKN014  
 OVC025 03/M03 A2973  
 TAF KSTL 101045Z 101212 2510KT 2SM BR  
 OVC020 BECMG 1317 3SM BR OVC025  
 FM1700 2710KT 4SM BR OVC030  
 FM0400 2714KT 5SM OVC050 TEMPO 0612 P6SM  
 OCV080

하지만 기상이 착륙 최저치 미만인 관계로, 더 나은 기상이 될 때까지 몇 시간 정도 출항을 미루기로 하였다. 이제 비행 준비하는 시간을 조금 더 확보하게 되었고, POH/AFM를 이용하여 진대기 속도, 순항비행 출력, 예상 기온과 기압 고도를 근거로 한 연료 소비량, Weight and Balance Information, 이 착륙 거리 등을 계산하여 Navigation Log를 완성하였다. 기상 상황에 의해 CMI에 ILS 활주로 32L 직진입 착륙을 하게 된다면, 배풍 착륙이 될 것이다. 그래서 배풍 10노트 상황에서의 착륙 거리를 계산하여 활주로 길이가 적절한지 확인하였다. 그리고 상층풍 바람 정보를 바탕으로 총 비행시간과 연료 소비량을 파악하고, Alton공항이 대체 공항으로 적합한지 확인하였다. 연료를 가득 채운다면 목적지와 대체 공항까지 논스톱으로 비행하고도 1시간 10분 정도 비행 가능한 예비 연료가 남을 것 같았다.

Surface Analysis Chart는 기압 배치 상태를 보여 주고, Weather Depiction Chart는 IFR 기상 지역을 나타냄으로써 기상 상태가 호전되는 지역을 파악하는 데 도움을 주니, VFR 비행으로 전환할 필요



가 있을 때 좋은 정보가 된다. 레이더를 통해 비행 경로상에 강수가 있음을 확인하고, 위성사진을 통해 Weather Depiction Chart가 나타내고 있는 상태를 재확인하였다.

항법 계획서 작성 후 비행 계획서(Flight Plan)를 작성하였다. 몇 시간 후 기상이 호전되고 있는 것 같아 최신 기상 브리핑을 위해 AFSS에 전화해 보니 기상이 실제로 호전되고 있음을 알았다. Detroit Metro공항(출항지)은 현재 시정 3마일에 700overcast이고, Champaign(목적지)은 시정 2마일에 400overcast이며, 대체 공항인 Alton Regional 공항은 약한 강수와 시정 3마일에 2,000overcast이다.

약한 착빙에 관한 조종사 보고가 몇 가지 있지만, 비행경로의 북쪽에 관한 사항이다. 운고가 궁금하지만 현재까지 이에 관한 조종사 보고는 들어오지 않았다는 브리퍼(Briefer)의 설명이다. 그러나 Area Forecast에 의하면 운고는 FL240를 예보하고 있다. 기상이 호전되고 있어서 기상 브리퍼(Briefer)에게 전화상으로 비행 계획서를 제출하였다.

기상을 최종적으로 점검한 후 비행을 실시하기로 결심하였다. 기상 최저치 이상의 날씨가 현재 유지되고 있고, 비행경로상의 착빙에 관한 보고는 없는 상태에서 기온이 점점 상승 중이어서 착빙에 대한 염려는 없을 것 같다.

하지만 이륙 전 점검 시 Pitot Heat를 작동시키는 것, 그리고 비행 중 가벼운 착빙과 조우하면 즉각적인 회피를 해야 할 것을 염두에 두었다. 결국 출항지로 되돌아와야 하거나 목적 공항 전의 중간 기착지에 착륙을 해야 할지도 모르는 일이다. 비행 중 지속적인 Go/No-go 결심이 이루어져야 할 것이다. 이

러한 생각들을 하면서 항공기로 가서 비행 전 점검을 실시하였다.

IFR 비행을 수행하는 데 필요한 동, 정압 계통과 트랜스폰더 점검이 24개월 이내에 수행되었는지를 포함하여 감항 상태를 Logbook을 통해 확인하였다. 그리고 VOR 장비도 30일 이내에 점검이 이루어졌음을 확인하였다. Master Switch와 Pitot Heat 전원을 켜고 이상 유무를 확인하고 나서, 나머지 항공기 외부 점검 절차를 수행하였다. 계기비행 기상 조건에서 비행이 이루어질 것이므로 외부 점검 시 Alternator Belt와 안테나를 포함한 IFR 장비의 점검에 신중을 기하였다. 외부 점검 후, 비행 중 용이하게 사용할 수 있도록 각종 차트, 필기도구, 항법 계획서를 정리 정돈하였다.

Weather Briefing			
LOCATION		TERMINAL AERODROME FORECASTS	
DTW		AFTER 8AM 70VCL3 WIND 090@8	
CMJ		AFTER 10AM 60VCL14 WIND 140@9	
ALN		200VCL3 WIND 140@8	
LOCATION		WINDS & TEMPERATURES ALOFT FORECASTS	
		ALT 3	ALT 6
FWA		110@20	130@30 135@35
LOCATION		PIREPS/SIGNIFICANT WEATHER/NOTAMS	
CMJ		14X LOC BAC 05 RWY 22/4 CLSD	
Weight and Balance			
	WEIGHT	X	ARM = MOMENT
EMPTY WEIGHT AIRCRAFT	1802		139988
FRONT PASSENGERS	378	81	30618
REAR PASSENGERS	-	-	-
FUEL GAL x 6#/GAL=	420	95	39900
BAGGAGE	55	142	7810
TOTAL GROSS WEIGHT	2655	TOTAL MOMENT	218316
CG = TOTAL MOMENT / TOTAL WEIGHT		82.2	
GROSS WEIGHT AND CG WITHIN LIMITS? YES			

[그림 4-5] Navigation log



# 계기 비행 절차 Instrument Flight Procedure

## 2.1 비행 인가(Clearances)

ATC Clearance는 관제구역 내의 특정한 교통 상황하에서 식별된 항공 기간의 간격 분리를 제공받으며 비행할 수 있도록 해 준다. 복잡하지 않은 지역에서 저고도 단거리 비행 계획서를 제출한 항공기에게는 다음과 같은 비행 인가가 주어질 수 있다. :  
“Cessna 1230 Alpha, cleared to Doeville airport direct, cruise 5,000.”

인가 내용 중 ‘cruise’라는 용어는 최저 IFR 고도로 부터 5,000피트 사이에서 원하는 고도로의 비행을 인가한 것이다. 조종사는 이 고도 사이에서 원하는 고도로 상승 또는 강하하여 비행할 수 있다. 그러나, 이 고도 사이에서 어느 고도를 떠난다고(Leaving) 보고했다면 다시 ATC 인가를 수령하기 전까지는 그 고도를 다시 유지할 수 없다. 만약 ATC에서 비공표된 경로(Unpublished Route)와 함께 Cruise Clearance를 인가했다면 고도 정보가 이용 가능한 지점, 또는 항로에 항공기가 도달할 때까지 지면과의 고도 분리를 위해 적절한 교차 고도(Crossing Altitude)를 지정할 것이다. 교차 고도는 항공기가 공표된 경로, 또는 계기접근 절차 구간에 들어오는 지점까지 IFR 장애물 회피를 보장해 준다.

비행 계획서가 제출되었다면 ATC는 다음과 같은 지시의 인가를 발부할 것이다. :

“Cessna 1230 Alpha is cleared to Skyline

airport via the Crossville 055 radial,

Victor 18, maintain 5,000. Clearance void if not off by 1330.”

또는, 다음과 같은 복잡한 인가를 수령할 수도 있다. :

“Cessna 1230 Alpha is cleared to Wichita Mid-continent airport via Victor 77,

left turn after takeoff, proceed direct to the Oklahoma City VORTAC.

Hold west on the Oklahoma City 277 radial, climb to 5,000 in holding pattern before proceeding on course. Maintain 5,000 to CASHION intersection. Climb to and maintain 7,000. Departure control frequency will be 121.05. Squawk 0412.”

복잡한 대도시 공항에서 출항 인가를 기다린다고 가정할 때, 관제탑은 보통 평균 2분당 1대의 출항 항공기를 관제하게 되고, 제트 여객기를 포함한 수많은 항공기는 출항을 위한 우선순위가 정해질 것이다. Clearance Delivery는 계기 출항 절차(DP)를 포함한 다음과 같은 “Abbreviated Clearance”를 발부할 수도 있다.

“Cessna 1230 Alpha, cleared to La Guardia as filed, RINGOES 8 departure Phillipsburg transition, Maintain 8,000. Departure control



frequency will be 120.4, Squawk 0700.”이 인가 내용을 다음과 같이 속기로 받아 적을 수 있다. :  
“CAF RINGO8 PSB M80 DPC 120.4 SQ 0700.”

조종사는 인가를 수령하기 전 설정된 항법 시설의 위치, 경로와 지점 간 소요 시간을 알고 있어야 한다. 계기 출항 절차(DP)는 비행 계획서를 제출하기 전 출항에 대해 세부적으로 연구하고 이해할 수 있도록 해 주며, 관제탑으로 IFR 비행 인가를 요청하기 전 조종사로 하여금 출항 준비에 필요한 통신 주파수와 항법 장비 정보를 제공한다. 인가를 수령했다면, 조종사는 ATC의 지시 사항을 준수하여야 한다. 더 나은 다른 방법이 있거나, 항공기 탑재 장비의 제한 사항 때문이거나, 인가 사항을 준수하지 못한다고 조종사 판단 시 발부된 인가와 다른 인가를 요청할 수 있다. 인가 내용을 완전히 이해하지 못했거나, 비행 안전에 저해된다고 조종사가 판단했을 때도 설명이나 수정된 인가를 요청할 수 있다. ATC에서 규칙, 규정을 위배하게 하거나 항공기를 위험에 처하게 할 수 있는 인가를 발부하였을 때, 수정된 인가를 요청하는 것도 조종사의 책임이다.

### 2.1.1 인가 분리(Clearance Separations)

ATC는 IFR 비행 인가로 비행하는 항공기에게 다음과 같이 다른 IFR 항적으로부터의 간격 분리를 업무를 제공한다. :

- (1) 서로 다른 고도 지정을 이용한 수직 분리
- (2) 같은 경로상의 항공기에게 시간 조절을 이용한 종적 분리
- (3) 다른 경로 지정을 이용한 횡적 분리

(4) 레이더를 이용한 모든 간격 분리  
ATC는 다음과 같은 경우에 간격 분리를 하지 않는다. :

- (1) 관제공역 밖
- (2) IFR 비행 인가를 가지고
  - 1) 지정된 고도 대신에 ‘VFR-On-Top’ 인가 비행 시
  - 2) VFR 상태에서 상승 또는 강하를 명시했을 때
  - 3) 비(非)관제 VFR 항적이 같은 공역 내에서 운항 중이더라도 VFR 상태일 때

기수 방위와 고도 지정 외에도 간격 분리를 목적으로 ATC는 필요에 따라 가끔 속도 조절을 지시하기도 한다. 예로, “Cessna 30 Alpha, slow to 100 knots.”와 같은 속도 조절 지시를 받은 조종사는 지시된 속도의  $\pm 10$ 노트 이내를 유지해야 한다. 어떠한 이유로 인하여 속도 지시를 따를 수 없을 경우, 조종사는 ATC에 통보하여야 한다. 항공기 간격 분리를 위해 ATC에서 가끔 육안 회피(Visual Separation) 방법을 사용하기도 한다. 다른 항공기를 보고 있는 조종사에게 육안 회피를 하거나 그 항공기를 따르도록 지시한다. 예로, “Cessna 30 Alpha, maintain visual separation with that traffic, climb and maintain 7,000.”이다. 조종사가 육안 회피를 하거나 그 항공기를 뒤따르도록 하는 지시를 수락했다면, 필요에 따라 안전한 간격 분리를 위한 기동을 할 수 있으며 와류 회피(Wake Turbulence Avoidance)에 대한 책임도 져야 한다. 레이더에 의한 식별이 이루어지지 못할 경우, 적절한 간격 분리를 위해 ATC는 조종사의 위치 보고에 의존하게 된다. ATC는 조종사의 보고 사항에 의한 비행 추적을 하여 간격 분리 업



무를 제공하므로 조종사의 정확한 보고는 IFR 비행 계획으로 운항 중인 다른 모든 항공기의 비행과 안전에 영향을 미칠 수 있다.

## 2.2 출항 절차(Departure Procedures)

계기 출항 절차는 터미널 구역에서 적절한 항로 시설까지의 장애물 회피를 보장하고 조종사가 공항을 출발하여 항로 시설까지 안전하게 출항할 수 있는 방법을 제공하는 사전 계획된 IFR 절차이다. 14 CFR 파트 91에서는 조종사들에게 DP를 이용할 수 있을 때 이에 따라 계획하고 비행할 것을 강력히 권장한다. [그림 4-6]

DP에는 문자 또는 그래픽으로 인쇄되는 장애물 출발 절차(ODP)와 항상 그래픽으로 인쇄되는 표준 계기 출발(SID)의 두 가지 유형이 있다. 텍스트 또는 그래픽을 포함한 모든 DP는 기존 또는 지역 항법(RNAV) 기준을 사용하여 설계할 수 있다. RNAV 절차에는 제목에 RNAV가 인쇄되어 있다. (예: SHEAD TWO DEPARTURE(RNAV))

### 2.2.1 장애물 출항 절차

#### (Obstacle Departure Procedures(ODP))

ODP는 터미널 구역에서 적절한 항로 시설까지 부담이 최소화되는 경로를 통해 장애물 회피를 보장한다. ODP는 장애물 회피를 위해 권장되며, ATC에 의해 대체 출항 절차(SID 또는 레이더 벡터)가 특별히 지정되지 않은 한 ATC 인가 없이 비행할 수 있다. 그래픽 ODP에는 절차 제목에

(OBSTACLE)이 인쇄되어 있다. (e.g., GEYSR THREE DEPARTURE (OBSTACLE), CROWN ONE DEPARTURE (RNAV)(OBSTACLE)).

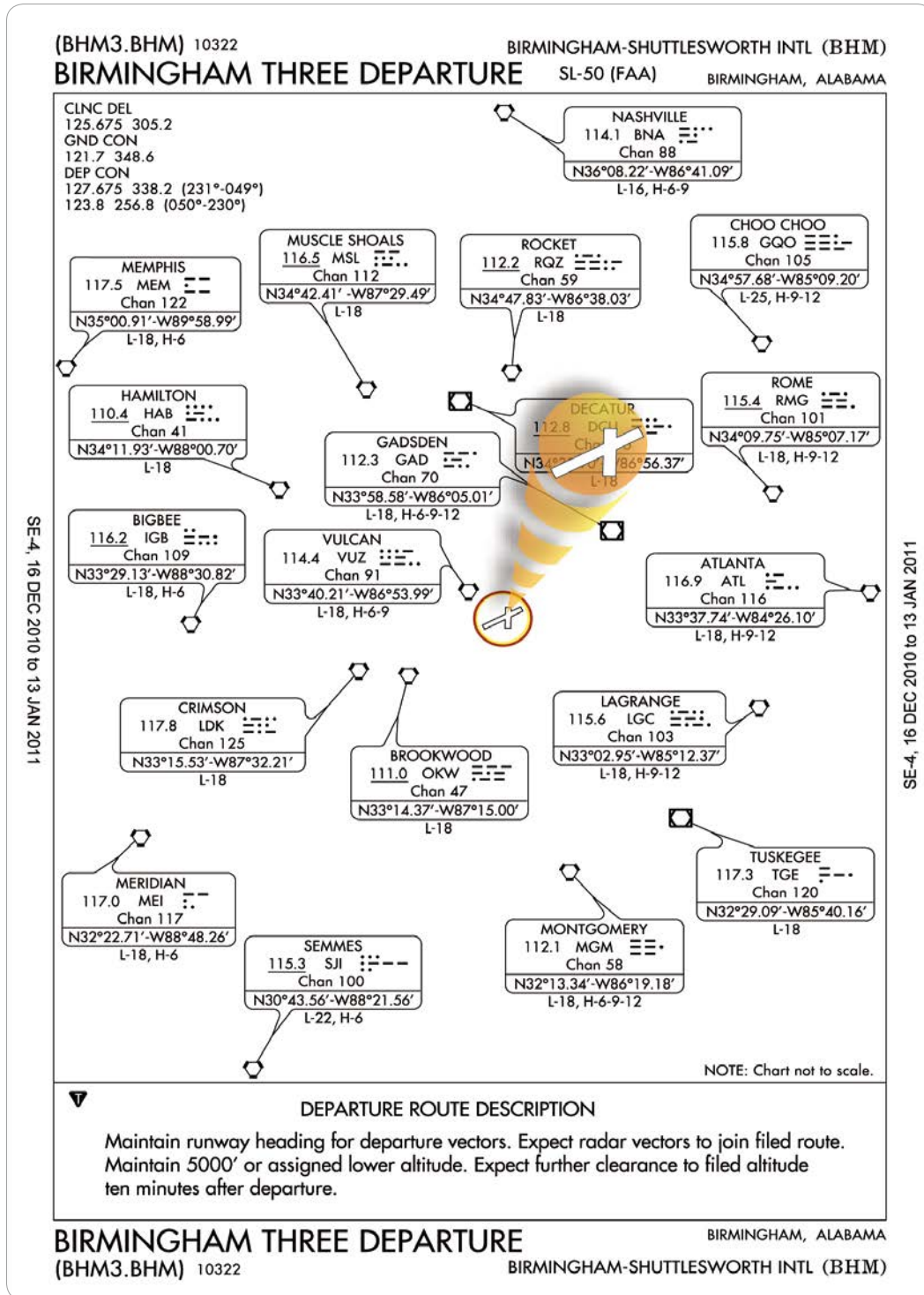
### 2.2.2 표준 출항 절차

#### (Standard Instrument Departures(SID))

SID는 조종사/관제사에게 장애물 회피와 터미널 구역에서 적절한 항로 시설로의 전환을 제공하기 위해 그래픽 형태로 인쇄된 ATC 절차이다. SID는 주로 시스템을 개선하고 조종사/관제사의 업무량을 줄이기 위해 설계되었다. SID를 따라 비행하기 전에는 ATC 인가를 받아야만 한다.

ODP는 "IFR 이륙 최저치"와 함께 AeroNav 제품, TPP에서 지역적으로 발행한 책자의 섹션 C에서 찾을 수 있으며 SID는 해당 공항의 접근 절차와 함께 배치된다. DP 개발에 대한 추가 정보는 AIM의 단락 5-2-7에서 찾을 수 있으며, 다음 사항을 기억하는 것이 중요하다.

- (1) DP 사용할 수 있는 공항에서 IFR 항공기의 조종사는 DP가 포함된 ATC 인가를 예상할 수 있다. 이때 조종사가 DP를 사용하려면 승인된 DP에 대한 최소한 텍스트 차트를 소지하고 있어야 한다.
- (2) DP 차트를 소지하지 못했거나 어떠한 이유로 인하여 DP를 이용한 출항을 원하지 않을 경우, 비행 계획서상의 remarks란에 'No DP'라고 표기하거나, ATC에 통보하여야 한다.
- (3) 비행 인가 내용상의 DP를 수락했다면 조종사는 그 절차를 따라야 한다.



[그림 4-6] Departure Procedure

### 2.2.3 레이더관제 출항 (Radar Controlled Departures)

복잡한 공항에서 계기비행으로 출항하는 조종사는 출항 관제소(departure control)로부터 레이더 유도(radar vector)를 통한 항법 안내를 받을 수도 있다. 이륙 직후 항법 유도에 의한 출항이 되었다면, 비행해야 할 기수 방위를 이륙 전에 지정할 것이다. 이것은 출항 중 무선통신 고장 상황에 조우 시 아주 중요한 정보가 된다.

레이더 출항은 아주 간단하다. 이륙 후 관제탑 지시에 의해 지정된 출항 관제소와 교신한다. 이 때 출항 관제소는 레이더에 의한 식별(Radar Contact)을 하고, 빠르고 안전하게 공항 구역(Terminal Area)을 벗어날 수 있는 기수 방위, 고도, 상승 지시(Climb Instructions)를 할 것이다. 비행 인가 내용과 관련되는 항로, 다른 관제 기관과의 교신 또는 “resume your own navigation” 이라는 지시가 있을 때까지 지정받은 기수 방위와 고도를 유지한다. 출항 관제소는 무선향법 시설이나 출항 인가와 관련 있는 항로, 또는 보다 나은 관제를 위해 다른 관제사와 교신하라고 할 때까지 레이더 유도를 할 것이다. 레이더 유도를 통한 출항일지라도 기장으로서의 책임을 덜어 주지는 않는다. 조종사는 ATC 인가대로 비행을 수행하기 위해 이륙 전에 항법 장비 수신기를 점검하고 적절한 주파수를 선택해야 한다. 레이더관제를 받을지라도 비행 인가 사항대로 비행이 진행되고 있는지 계기를 확인하고 저점에서는 시간을 기록해 두는 것이 좋다.

### 2.2.4 관제탑 운용 없는 공항 출항 (Departures from Airports Without an Operating Control Tower)

관제탑이 없는 비행장에서 출항하고자 할 때는 예상 출항 시간 최소한 30분 이전에 최신 ATC로 전화를 이용하여 비행 계획서를 제출해야 한다. 기상 상황이 허락할 때는 VFR로 출항하여 ATC와 무선 통신이 가능할 때 계기비행 인가를 요청할 수 있다. 기상 상황에 의해 VFR 출항이 불가능할 때는 전화로 IFR 비행 인가를 요청할 수 있다. 이러한 경우에 관제사는 아마도 무선 교신이 이루어지기까지의 간소화된 비행 인가(Short-range Clearance)를 발부하고 어떠한 시간까지 출항해야 하는 제한을 할 것이다. 예를 들면, “Clearance void if not off by 0900.” 이것은 지정된 시간 안에 출항하여 인가된 대로 비행하라는 지시이다. 다른 특정한 출항 지시가 없을 경우에는 최단 거리를 이용한 경로 비행을 하여야 하는 것으로 예상해야 한다.

### 2.2.5 출항(Departure) 절차 예시

엔진 시동을 건 후 ATIS를 청취하여 이 정보를 항법 계획서에 기록하였다. 현재 기상은 기상 브리핑에서와 동일한 Visibility 3마일에, Ceiling은 700overcast였다. Clearance delivery를 호출하여 비행 인가를 받았다.

“Departure Clearance, Cessna 1230A IFR to Champaign with information Kilo, ready to copy.”

“Cessna 1230A is cleared to Champaign via the PALACE 2 departure, HARWL, Victor 116 Jackson,

Victor 221 Litchfield, then direct. Climb and maintain 4,000. Squawk 0321.”

비행 인가를 복창한 후 DP를 재확인하였다. 비행 인가 내용에는 출항 관제 주파수(Departure Frequency)에 대한 언급이 없었지만, 프롭 항공기는 118.95로 출항 관제소와 교신하라고 DP에 표기되어 있었다. 또한 Runway 3C 에서의 출항이 예상되기 때문에 이륙 후 1100피트까지 직진 상승 비행 후 선회하라는 지시 사항을 확인하였다. NOTAM에서 확인하였던 사항은 runway 21 출항에 관한 사항이기에 관련이 없었다. 적절한 교신 주파수와 출항 경로에 필요한 항법 장비를 설정한 후 지상관제소(Ground Control)와 교신하여 다음의 인가를 수령하였다. :

“Cessna 1230A taxi to runway 3 center via taxiways Sierra 4, Sierra, Foxtrot, and Mike. Hold short of runway 3 right at taxiway Foxtrot.”

Hold short instruction과 항공기 호출부호를 포함하여 비행 인가를 복창하였다. Airport diagram을 통해 지상 활주 지시 사항을 확인한 후 지상 활주를 하면서 비행계기의 이상 유무를 점검하였다. 지시 사항에 의해 runway three right at Foxtrot에서 체공 대기할 때 지상관제소가 다음과 같은 인가를 발부하였다. :

“Cessna 30A taxi to runway 3 center via Foxtrot and Mike.”

Runway 03C로 지상 활주를 하고 이륙 전 점검과 엔진 runup을 수행한 후, 관제탑에 이륙 준비가 완

료(Ready for Takeoff)되었음을 통보하자, 다음과 같은 인가를 주었다. :

“Cessna 30A cleared for takeoff runway 3 center. Turn left Heading 270.

Caution wake turbulence for departing DC9.”

활주로 정대 후 이륙 시간을 항법 계획서에 기록하고 방향 지시계기와 나침반의 일치, 트랜스폰더의 ALT 위치, 필요한 각 항공기 등화의 점등 여부를 확인하고 이륙 활주를 하였다. 운중에서의 비행이 이루어질 것에 대비하여 pitot heat도 이륙 전에 작동시켰다. 이륙 활주 거리는 DC9 보다 확연하게 짧기 때문에 비행 와류(Wake Turbulence)의 영향은 받지 않을 것이다.

## 2.3 항로 절차(En Route Procedures)

항로 비행 절차는 계획된 경로, 교통 환경, 항공교통관제 기관 등에 의하여 다양하게 이루어질 것이다. 출항부터 입항 시까지 레이다 감시하에서 관제가 이루어지는 항공기들이 있는 반면에, 또 다른 항공기들은 완전히 조종사의 자체 항법 비행으로 이루어지기도 한다. 관할권이 없는 곳에서의 ATC는 IFR 인가를 부여하지 못하며, 이 경우에는 관제를 하지도 않고 조종사는 다른 항적으로부터의 분리 업무도 제공받지 못한다.

### 2.3.1 ATC 보고(ATC Reports)

모든 조종사는 예상하지 못한 악기상이나 비행 안

전에 관련되는 정보 사항을 ATC에 보고해야 한다. 관제구역 내에서 IFR 비행 중인 조종사는 다음과 같은 탑재 장비의 고장 시에도 즉시 ATC에 보고하여야 한다. :

- (1) VOR, TACAN 또는 ADF 수신기의 고장
- (2) ILS 수신기의 부분 또는 완전 고장
- (3) 무선통신기기의 고장

각 보고 시 조종사는 호출부호, 해당 장비, 계기비행 지속 가능 정도, ATC로부터의 요청 사항 등을 포함하여야 한다.

### 2.3.2 위치 보고(Position Reports)

ATC 레이더와 교신이 되지 않았다면 조종사는 보고 지점(Reporting Points)에서 위치 보고(Position Report)를 해야 한다. 위치 보고는 항로상의 각 의무 보고 지점(▲) 상공에서 고도, VFR-On-Top Clearance에 상관없이 이루어져야 한다. 모든 계기 비행 항공기들은 비행경로를 명확하게 하기 위해 경로상의 모든 보고 지점 상공에서 보고가 이루어져야 한다. 비의무 보고 지점(△)에서의 보고는 ATC의 요청이 있을 때만 이루어진다. 위치 보고 시 다음의 내용이 포함되어야 한다. :

- (1) 항공기 호출부호
- (2) 위치
- (3) 비행 형태(AFSS에 보고가 이루어졌을 때)
- (4) 다음 보고 지점에서의 ETA
- (5) 경로상의 다음 보고 지점 명칭
- (6) Remarks

항로상의 위치 보고는 항로 차트에 명시된 해당 ACC 통신 주파수를 통해 ACC 관제사에게 전달된

다. 위치 보고를 포함하여 지역 관제소(ACC)에 최초 교신 시 다음과 같이 한다. : “Incheon Control, Cessna 1230 Alpha at HARWL intersection.”

### 2.3.3 추가 보고(Additional Reports)

다음과 같은 경우에도 ATC에 보고하여야 한다. :

#### (1) RADAR/NONRADAR Reports

- 1) 새로 지정받은 고도를 위하여 이전에 지정받았던 고도를 떠나는 경우
- 2) VFR-On-Top Clearance 하에서 비행 중 고도 변화 시
- 3) 최소 500fpm의 속도로 상승/하강할 수 없을 때
- 4) 실패 접근 시(다른 대체 공항이나 접근 인가 등을 요청한다.)
- 5) 비행계획서에 제출된 진대기속도(TAS)의 평균 값이 5% 또는 10knot 중 큰 값으로 변화할 때
- 6) 체공 대기 지점이나 인가된 지점 도착 시의 시간과 고도
- 7) 지정된 체공 대기 지점을 떠날 때
- 8) 관제 구역에서 VOR, TACAN, ADF, 저주파 항법 수신기 기능의 손실, 설치된 IFR 인증 GPS/GNSS 수신기를 사용하는 동안의 GPS 이상, ILS 수신기 기능의 전체 또는 부분 손실 또는 공중/지상 통신 기능의 손상 시
- 9) 항공기 안전과 관련된 정보

#### (2) NONRADAR Reports

- 1) 최종 접근을 위해 Final Approach Fix(FAF)를 떠날 때
- 2) 보고되었던 시간과 3분 이상의 차이가 있을 경우



### 2.3.4 속도 조절(Speed Adjustment)

항공기 간에 필요한 공간의 확보·유지를 위한 속도 조절 지시는 최소한으로 하여야 하며, 속도 조절 지시를 할 때, 감속/증속을 번갈아 가며 요구하는 것은 피해야 한다. 앞서 지시한 속도 조절이 더 이상 필요치 않을 때, 조종사에게 정상 속도로 복귀할 것을 지시한다. 지시받은 속도 조절이 항공기 비행 성능상 적합하지 않거나 과도하다고 판단될 경우, 조종사는 속도 조절 지시를 거부할 권한 및 책임이 있다.

(1) 속도 조절을 지시할 때, 다음 사항을 고려하여야 한다. :

- 1) 필요한 간격 및 필요한 간격 확보가 가능한 지점을 결정한다.
- 2) 속도 조절은 다음 원칙을 근거로 적용한다.
  - ① 속도 조절 지시의 우선순위는 관련 항공기의 상대 속도와 위치 및 필요한 간격에 의하여 결정된다.
  - ② 속도 조절은 즉각 이루어지지 않는다. 항공기의 형태, 비행 고도 및 속도 등이 속도 조절을 하는 데 소요되는 시간과 거리를 결정한다.
  - ③ 속도 조절을 지시할 때, 다음의 기법을 사용한다.
    - 동일 방향으로 앞서가는 항공기를 뒤따르는 상황인 경우, 다음 중 한 가지 기법을 사용하여 간격을 확보한다.
    - 가. 뒤따라가는 항공기에게 먼저 감속을 지시한다.
    - 나. 앞서가는 항공기에게 먼저 증속을 지시한다.

다. 두 항공기 간의 간격이 지속적으로 유지되도록 필요시, 특정 속도 유지를 지시한다.

- 3) 속도 조절 시 다음의 경우, 다소 많은 시간과 거리가 소요됨을 고려하여야 한다.
    - ① 고고도(Higher Altitude)
    - ② 고속(Greater Speed)
    - ③ Clean Configuration
  - 4) 상황이 허락하는 한, 항공기가 Clean Configuration 상태로 비행할 수 있도록 하여야 한다.
  - 5) 공간 확보 및 유지를 위하여 개별 항공기에 지시하는 속도 조절은 최소한으로 하여야 한다.
- (2) 다음 항공기에는 속도 조절을 지시하여서는 안 된다.
- 1) FL390 이상의 고도에서 조종사 동의가 없는 경우
  - 2) 발간된 고고도 계기접근 절차를 수행 중인 항공기
  - 3) 체공 대기 장주에 있는 항공기
  - 4) 최종 접근 진로상의 최종 접근 픽스, 또는 활주로로부터 5마일 되는 지점 중 활주로로부터 가까운 지점에 있는 항공기
- (3) 접근 허가를 발부할 때 필요시, 종전에 발부한 속도 조절 지시를 다시 발부한다.
- (4) 접근 허가는 앞서 발부한 모든 속도 조절 지시의 취소를 의미한다.

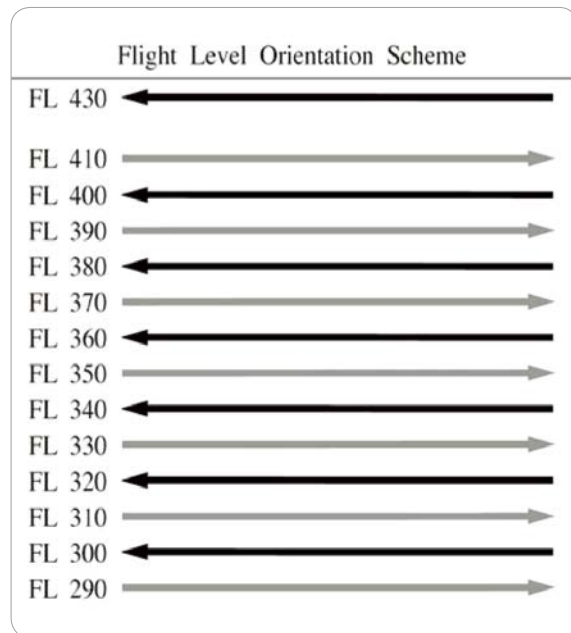
속도 조절을 다시 언급하지 않는 경우, 조종사는 비행 절차에 필요한 속도 조절을 한다.

- (5) 10노트 단위의 지시대기속도(IAS)를 발부하여야 한다. FL240 이상에서 마하 속도(Mach Meter : 예를 든다면 0.69, 0.70, 0.71 등)로 비행하는 터보제트 항공기에 대하여는 마하 0.01 간격으로 지시할 수 있다. 속도 조절 지시를 실행하는 조종사는 지시한 속도에서 ± 10노트, 또는 마하 0.02 이내의 속도를 유지하여야 한다. 다른 고도로 비행하는 항공기 간격을 확보하기 위하여 속도조절 지시를 할 때에는 비행 고도에 따라 대지속도(Ground-speed)가 차이가 있음을 고려하여야 한다. 따라서 원하는 간격을 취하기 위하여서는 추가적인 속도 조절이 필요할 수 있다. 최종 접근과 중간 접근로상에 있는 항공기에는 ± 20knots 이하로 적은 범위의 속도 조절만 요구할 수 있다.

### 2.3.5 수직 분리 최소화 (Reduced Vertical Separation Minimums)

고고도를 위한 수직 분리 최소화(Reduced Vertical Separation Minimums, 이하 'RVSM'이라 한다) 2000피트는 고도계가 FL290 이상에서는 정확하지 않던 시기에 만들어졌다. 더욱더 나은 비행과 항법 계기와 더불어, 수직 분리는 세계 많은 지역에서 1000피트로 감소되었다. RVSM 공역은 항공기가 1000피트의 수직으로 분리되는 고도 FL290과 FL410 내의 모든 공역을 말한다. 이

것은 공역의 수용력을 증가시키고, 항공기가 더욱 적절한 상태에서 비행함으로써 연료를 절감할 수 있게 한다. RVSM은 고도 FL290과 FL410 사이에 추가적으로 사용할 수 있는 6개의 고도를 더했다. 미국 Domestic Reduced Vertical Separation Minimum(DRVSM) 공역 내에서 비행 시, ATC는 수직 1000피트 간격으로 항공기를 분리시킬 것이다. RVSM을 활용하는 항공기가 비행하기 위해서 조종사와 항공기는 법과 규칙을 따라야 한다. 일반적으로 경량 항공기 조종 시에는 RVSM을 경험해 보지 못한다. 그러나 만약 전문적인 조종사로서 경력을 추구한다면, RVSM을 많이 사용할 것이다. ACAS(TCAS)를 장착하고 RVSM 공역 내를 운항하는 항공기에 ACAS II(TCAS II)가 장착되도록 추천한다(Version 7.0인 TCAS II System은 ICAO ACAS II 표준을 충족한다).



[그림 4-7] RVSM 공역

### 2.3.6 계획된 강하와 접근

#### (Planning the Descent and Approach)

기상 상황, 항공교통량, 항법 장비, 레이더 성능 등에 의하여 계기접근 절차와 조종석 내에서의 업무량은 영향을 받는다. 접근 관제 업무가 제공되고 2가지 이상의 접근 절차가 수립된 공항에 착륙할 때 예상될 접근 형태에 관한 정보를 받거나 시각 접근을 위해 레이더 유도가 될 것이라는 정보가 도착 전에 자동 공항 정보 업무(Automatic Terminal Information Service, 이하 'ATIS'라고 한다)나 관제사에 의하여 제공될 것이다. 시정이 3마일 이상이고 운고 저고도용 계기접근 절차상의 초기 접근 고도보다 높은 경우는 생략될 것이다. 이러한 정보는 조종사가 접근을 계획하는 데 도움을 주기 위함이지, 결코 ATC 인가가 아니며 변경될 수도 있다. 가변적인 기상, 풍향 변화, 폐쇄된 활주로와 같은 상황에 의하여 이전의 접근에 관한 정보는 수정될 수 있다. 접근을 수행할 수 없거나 다른 형태의 접근을 원할 때에 바로 ATC에 통보하여야 한다. 목적지가 관제탑은 운영되지 않지만 자동 기상 정보 제공 능력이 있는 공항이라면 현재 기상 상태를 파악하기 위하여 자동기상관측 장비(ASOS/AWOS)의 주파수를 감청하여 ATC에 의도를 통보해야 한다. 어떠한 접근이 수행될 것인지 알고 있다면, 조종사는 초기 접근 픽스(Initial Approach Fix, 이하 'IAF'라고 한다)나 계기접근 절차에 도시된 Transition Route 이전에 강하할 계획을 세워야 한다. Transition Route에서는 "cleared for the approach"라는 접근 인가를 받고 접근 구간의 경로에 진입할 때까지 최종적으로 지시받은 고도를 유지하여야 한다. 적절한 최초 접근 고도를 위해

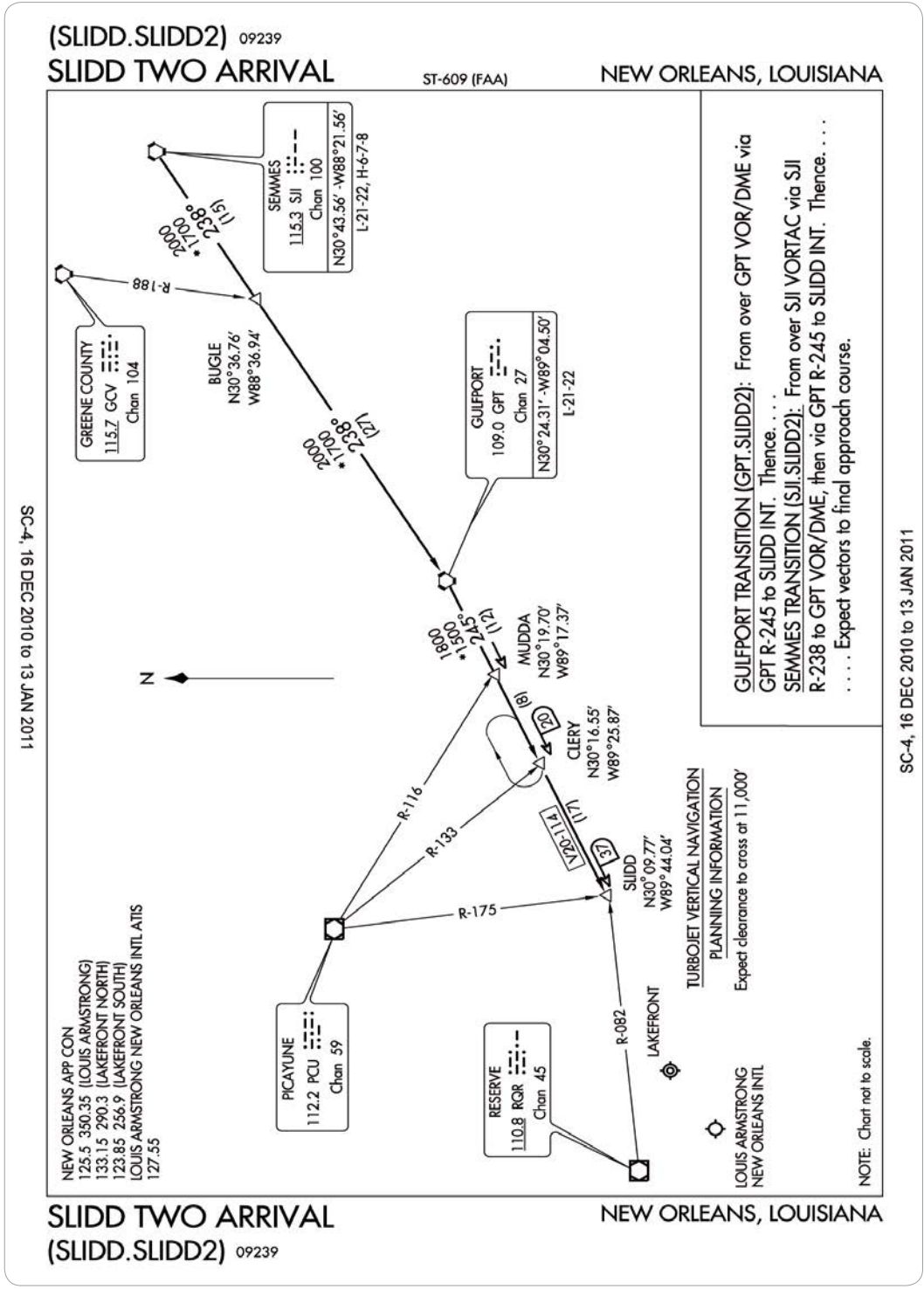
Transition Route에서 더 낮은 고도를 원할 시 조종사는 "request lower"를 요청할 수 있다. ATC에서 고도 정보에 관한 인가로서 'at pilot's discretion'이라는 용어를 사용하였다면, 조종사는 원하는 강하율로 강하하여 원하는 고도를 유지할 수 있도록 인가한 것이다. 하지만 일단 떠난 고도로의 재진입은 불가능하다. ATC의 'at pilot's discretion' 용어나 강하에 대한 어떠한 한정된 지시가 없었다면 조종사는 비행인가를 받고 응답한 즉시 강하를 시작하여야 한다. 지시된 고도의 1,000피트 전까지는 항공기의 성능을 고려한 최대의 강하율을 유지한 후 500~1,500fpm으로 지시된 고도까지 강하한다. 만일 최소한 500fpm의 강하율을 유지할 수 없다면 ATC에 통보하여야 한다. 강하 중 중간 고도에서 수평비행을 해야 할 필요가 있을 때에도 ATC에 통보하여야 한다. 단, 강하 중 감속을 위해 10,000MSL 또는 공항 상공 2,500피트(Class B, Class C, or Class D surface area 진입 전)에서 수평비행 할 때는 예외이다.

### 2.3.7 표준 입항 경로

#### (Standard Terminal Arrival Routes, STAR)

항공교통이 복잡한 지역으로 입항하는 항공기의 비행 인가 전달 절차를 간소화하기 위하여 표준 입항 경로(Standard Terminal Arrival Routes, 이하 'STAR'라 한다)가 수립되었다. STAR는 출항하는 항공기를 위해 DP와 같은 목적으로 설정되었다. 다음의 STAR에 관한 내용은 중요하다.

- (1) 모든 STAR는 목적지 공항이 실린 TPP에 계기 접근 절차 차트와 같이 수록되어 있다. AIM에도 STAR 절차에 대해 언급되어 있다.



[그림 4-8] STAR

- (2) 목적지에 STAR가 설정된 공항일 경우, ATC는 적절하다고 여긴다면 STAR 절차가 포함된 비행 인가를 발부할 것이다.
- (3) 발부된 STAR를 받아들이거나 거절하는 것은 조종사의 책임이다. STAR를 원하지 않을 경우에는 비행 계획서상의 Remarks란에 'NO STAR'라고 표기하거나 ATC에 의도를 통보하여야 한다.
- (4) 비행 인가 내용 중 STAR를 수락한 조종사는 그 내용을 준수하여야 한다.

### 2.3.8 항로(En Route)절차 예시

이륙 후 Palace 2 Departure 절차에 의해 1,100 피트까지 직진 상승 후 좌선회하여 지시받은 270도로 기수 방위를 유지하면서 4,000피트의 고도로 상승하였다. 선회를 완료할 때 관제탑에서 다음과 같이 통보하였다. :

“Cessna 30A contact Departure.”

지시 사항 수령 후, DP에 수록된 주파수로 출항 관제소와 교신하였다. 출항 관제사가 계기 고도와 encoded altitude의 차이를 확인할 수 있도록 현 고도를 통보하였다.

“Detroit Departure Cessna 1230A climbing through 2,700 Heading 270.”

그러자 관제사가 다음과 같이 응신하였다. :

“Cessna 30A proceed direct to HARWL intersection and resume your own navigation. Contact Cleveland Center on 125.45.”

인가 내용 복창 후, Cleveland Center와 교신하고 계기비행용으로 인가된 GPS 장비를 사용하여 HARWL 교차점 직진 후 적절한 비행 점검표를 활용 및 수행하고, Jackson VOR을 경유하여 Litchfield VOR로 비행하였다. 각 지점 도착 시간을 항법 계획서(Navigation Log)에 기록하면서 비행 진행 상황을 확인하였다. Litchfield VOR에 도착 후, 다시 GPS를 사용하여 CMI로 직행하였다. Cleveland Center에서 다음과 같이 통보하였다. :  
“Cessna 30A radar contact. Fort Wayne altimeter 29.87.

Traffic at your 2:00 position and 4 miles is a Boeingn727 descending to 5,000.”

비록 계기비행 중일지라도 조종사는 다른 항공기를 보았다면 회피해야 하는 책임을 가지고 있다. 하지만 항적 정보가 통보되었을 때 계기비행 기상 조건하에 있었으므로 이러한 상황에 대해 ATC에 통보하였다.

“Roger, altimeter setting 29.87. Cessna 30A is in IMC.”

여기에서 현재의 목적지 기상을 파악하고 Pilot Report를 보고하기로 결심하였다. 최근 AFSS의 통신 주파수를 알아보기 위해 근처 VOR을 찾아 VOR Information Box 위를 보았더니, 121.1 주파수로 수신만 가능하다고 되어 있는 Goshen(GSH) VOR이었다. Cleveland Center에 통신 주파수 변경을 요청한 후, 113.7의 Goshen VOR을 수신하면서 122.1의 Terre Haute와 교신을 시도하였다.



“Terre Haute Radio Cessna 1230A receiving on frequency 113.7, over.”

“Cessna 30A, this is Terre Haute, go ahead.”

“Terre Haute Radio, Cessna 30A is currently 20 miles southeast of the Goshen VOR at 4,000 feet en route to Champaign, IL. Requesting an update of en route conditions and current weather at CMI, as well as ALN.”

“Cessna 30A, Terre Haute Radio, current weather at Champaign is 300 overcast with 3 miles visibility in light rain. The winds are from 140 at 7 and the altimeter is 29.86. Weather across your route is generally IFR in light rain with ceilings ranging from 300 to 1,000 overcast with visibilities between 1 and 3 miles. Alton weather is much better with ceilings now at 2,500 and visibility 6 miles. Checking current NOTAMs at CMI shows the localizer back-course approach out of service and runway 4/22 closed.”

“Roger, Cessna 30A copies the weather. I have a PIREP when you are ready to copy.”

“Cessna 30A go ahead with your PIREP.”

“Cessna 30A is a Cessna 182 located on the Goshen 130 degree radial at 20 miles level at 4,000 feet. I am currently in IMC conditions with a smooth ride. Outside air temperature is plus 1-degree Celsius. Negative icing.”

“Cessna 30A thank you for your PIREP.”

기상 확인과 PIREP 종료 후 Cleveland Center와 교신을 재개하였다.

“Cleveland Center, Cessna 30A is back on your frequency.”

“Cessna 30A, Cleveland Center roger, contact Chicago

Center now on frequency 135.35.”

“Roger, contact Chicago Center frequency 135.35, Cessna 30A.”

“Chicago Center, Cessna 1230A level at 4,000 feet.”

“Cessna 30A, Chicago Center radar contact.”

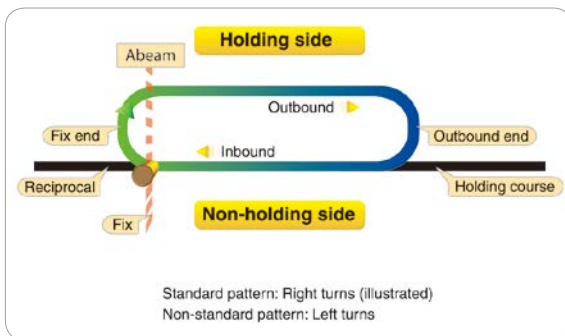
AFSS에 의해 제공된 기상 보고에 의하면 CMI의 기상은 좋지 않으며 사실 기상 최저치인 상태이다. 더군다나 ILS runway 32L로만 접근이 가능하며, 현 기상으로는 선회 접근이 불가능하다. 현재 바람 상태는 140도에서 7knots로서 배풍 상태로의 접근 및 착륙이 이루어질 것이다. 계획된 비행으로의 계속적인 진행에 대한 여부(Go/No-go)를 고려한 후, CMI로의 비행을 계속하기로 결정하였다. CMI의 ATIS를 청취할 때까지 악기상이 지속된다면 대체 공항인 ALN으로 비행할 것이다. Champaign으로의 비행을 계속하던 중 날개의 전면부에 mixed ice가 형성되려고 하고 있고, 외기 온도가 0도씨로 떨어진 것을 알게 되었다. 최선의 선택은 더 높은 고도로 상승하는 것이라고 결정하고, Chicago Center에 5,000피트로의 상승을 요청하였다. 비록 비행 방향과는 맞지 않는 고도이지만 Chicago Center는 이에 대한 인가를 해 주었고, 즉시 상승하였다. 5,000피트에 도달하니 구름층 사이였고, 외기 온도는 2도씨로서 기온 역전을 보여 주었다. 이러한 정보를 Chicago Center에 보고하였다.

## 2.4 체공 대기 절차(Holding Procedures)

항공교통량과 기상 상황에 의하여 체공 대기(Holding)가 필요한 경우도 있다. 체공 대기(Holding)는 ATC로부터의 차기 비행 인가를 기다리는 동안 항공기를 지정된 공역 내에 유지시키기 위한 조작이다. 표준 체공 대기 장주(Standard Holding Pattern)는 우선회를, 비표준 체공 대기 장주(Nonstandard Holding Pattern)는 좌선회를 사용한다. 비표준 대기 장주가 사용될 경우 ATC 인가에는 '좌선회'라고 명시될 것이다.

### 2.4.1 표준 체공 대기 장주(무풍) (Standard Holding Pattern(No Wind))

표준 체공 대기 장주는 Racetrack 형태로서, [그림 4-9] 항공기는 지정된 경로를 통해 체공 대기 픽스로 진입한 후 체공 대기 픽스에서 180도도 우선회하여 체공 대기 경로와 평행하게 1분간 진입 반대 방향으로 직진 비행한다. 그 후 180도도 우선회하여 체공 대기 픽스로 향하는 경로에 진입 비행하는 것이다.



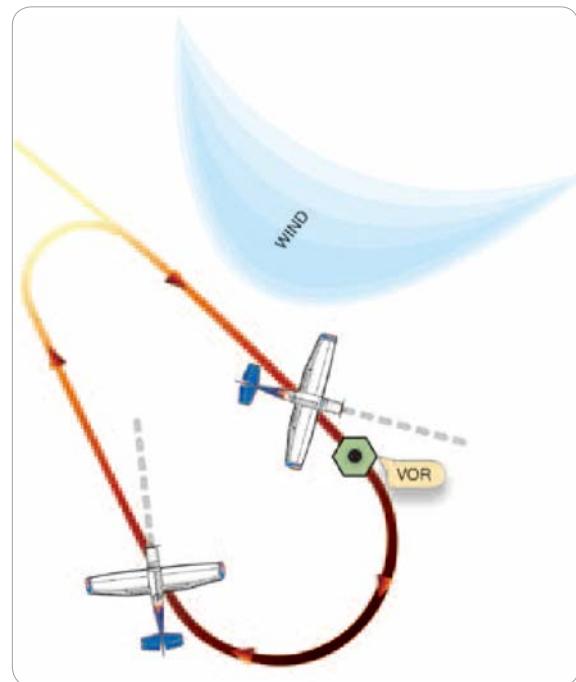
[그림 4-9] Standard holding pattern - no wind

### 2.4.2 표준 대기 장주(바람 적용) (Standard Holding Pattern(With Wind))

바람이 분다면 대칭 형태의 대기 장주는 유지되지 않을 것이다. 조종사는 다음 사항을 고려하여야 한다. :

- (1) 선회 시를 제외하고 바람의 영향을 고려하여야 한다.
- (2) 입항 구간 시간이 1분(14,000피트 초과)의 고도에서는 1-1/2분이 될 수 있도록 출항 시간을 조절한다.

[그림 4-10]는 좌측풍이 불 때의 체공 대기 장주를 나타내고 있다. 입항 구간과 출항 구간에서 편류 수정을 하고, 출항 구간에서 시간 조절을 하여 바람



[그림 4-10] Drift correction in holding pattern

의 영향을 상쇄시킬 수 있다. 체공 대기 시 바람의 영향을 보상하기 위해서는 입항 구간에서 적용한 편류 수정치의 3배를 출항 구간에서 적용해야 하는데, 예를 들어 입항 경로를 유지하기 위하여 좌로 8도 편류 수정을 하였다면, 출항 구간에서는 우로 24도 편류 수정을 해야 한다.

### 2.4.3 체공 대기 지시(Holding Instructions)

비행 인가 지점에 도착할 때까지 이후에 대한 인가를 받지 못했다면 조종사는 ATC가 최종적으로 지시한 고도를 유지하여 차트에 도시된 대로의 체공 대기 장주를 유지하여야 한다. 체공 대기 장주가 도시(圖示)되지 않았다면, 픽스에 진입한 경로로의 표준 체공 대기 장주를 유지하면서 차기 비행 인가를 빨리 요청하여야 한다. 일반적으로 지연이 예상되지 않을 경우, ATC는 픽스 도착 최소한 5분 이전에 체공 대기 지시를 발부해야 한다. 체공 대기 장주가 도시되지 않았다면 ATC의 인가에는 다음과 같은 지시를 포함할 것이다. :

- (1) 8방위(N, NE, E, SE, etc.) 용어를 사용한 픽스로부터의 체공 대기 방향
- (2) 체공 대기 픽스(비행 인가 내용 중 비행 인가 한계 지점으로 포함되었다면 픽스는 생략될 수 있다.)
- (3) 항공기가 체공 대기하게 될 래디얼(Radial), Course, Bearing, Airway, 또는 Route
- (4) DME나 Area Navigation(RNAV)가 사용될 경우 경로 길이(경로 길이는 조종사 요청이나 관제사 판단에 의해 시간(분)으로 지정될 수도 있다.)

- (5) 선회 방향(좌선회가 요구된다면)
- (6) Expect-Further-Clearance(EFC)시간과 기타 추가적인 지연 정보 사항

다음과 같은 상황에서 ATC 지시가 발부될 것이다. :

- (1) 1시간 이상의 지연이 예상될 때
- (2) EFC 시간이 수정될 때
- (3) 여러 종류의 항법 시설물(Navigation Aids)과 접근 절차가 있는 공항 구역에서는 어떤 접근 절차가 이루어질지에 대해서 비행 인가에 명확하게 언급되지 않을 수도 있다. 최초 교신 시 또는 그 이후 접근관제소에서 예상되는 접근 형태에 대해 조종사에게 조언할 것이다.
- (4) 기상이 해당 공항에 설정된 가장 높은 'circling minimums' 이하일 경우에, 시정이나 운고가 보고된다. ATC는 필요시 현재 기상과 기상 변화 상태를 통보할 것이다.
- (5) 체공 대기를 하면서 접근 인가를 기다리는 동안 보고된 기상 조건이 비행 운영 최저치라고 조종사가 보고하였다면, ATC는 기상이 호전되기를 기다리면서 체공 대기를 하거나 다른 공항으로 회항하든지 하는 적절한 지시를 발부할 것이다.

### 2.4.4 표준 진입 절차(Standard Entry Procedures)

항공기가 예정된 체공 대기 구역 내에 위치할 수 있도록 표준 진입 절차가 수행되어야 한다. 체공 대기 픽스의 ETA 3분 이내에 체공 대기 속도로 감속해야 한다. 이렇게 체공 대기 속도로 미리 감속하는 이유는

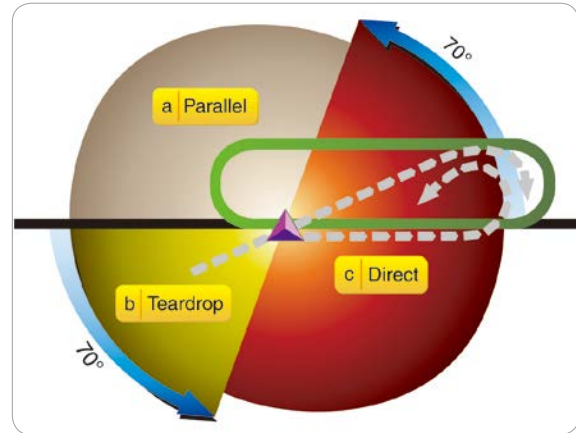
체공 대기 장주가 서로 인접한 곳에서 다른 체공 대기 구역으로 침범하는 것을 방지하기 위한 것이다. 보고한 ETA의 3분 이내에 지정된 체공 대기 속도로 픽스에 도착했다면 속도를 줄이는 정확한 시간은 중요하지 않다. 감속을 하고 픽스의 위치 식별, 항법 및 통신 장비 조절, 체공 대기 장주 진입, 보고 등을 완료하는데 3분 이상 소요된다고 판단될 경우에는 이에 대한 필요한 시간을 고려해야 한다. 모든 항공기의 최대 체공 대기 속도는 해당 고도에서 다음과 같다.

Altitude (MSL)	Airspeed (KIAS)
MHA - 6,000피트	200
6,001 - 14,000피트	230
14,001피트 and above	265

다음은 최대 체공 대기 속도의 예외 사항이다.

- (1) 6,001~14,000피트에서의 체공 대기 장주의 최대 속도는 210KIAS로 제한될 수 있다. 이러한 비표준 체공 대기 장주는 아이콘으로 표시된다.
- (2) Category A, B 항공기는 일반적으로 계기접근 절차 차트상에서 175KIAS으로 제한될 수 있다.
- (3) 다르게 지정되지 않는 한 미공군 비행장: 310 KIAS
- (4) 다르게 지정되지 않는 한 미해군 비행장: 230 KIAS
- (5) 최대 체공 대기 속도를 초과해야 될 경우에는 ATC에 통보한다.

체공 대기를 하는 조종사는 연료 절감을 위해 최대 체공 가능 속도(Maximum Endurance Speed)



[그림 4-11] Holding Pattern entry procedures

를 원할 수도 있다. 하지만 체공 대기 시 최대 체공 가능 속도를 사용하지 않는 이유는 항공기의 안정된 조종, 연료 절감, 실속 방지 등을 위한 것이다. 다른 진입 방법으로도 안전이 보장되는 구역 내에서 체공 대기 장주를 진입 및 유지할 수 있지만, 일반적으로 Parallel, Teardrop 그리고 Direct 진입 절차를 권고하고 있다. [그림 4-11]

- (1) Parallel Procedure: (a)구역에서 체공 대기 픽스 도착 시, 비표준 체공 대기 쪽 출항 경로로 1분간 체공 대기 Course와 평행하게 비행한 후 입항 경로로 진입한다.
- (2) Teardrop Procedure: (b)구역에서 체공 대기 픽스 도착 시, 체공 대기 side쪽의 출항 경로로 30도 off 하여 1분간 비행한 후 입항 경로로 진입한다.
- (3) Direct Entry Procedure: (c)구역에서 체공 대기 픽스 도착 시, 우선회를 하여 체공 대기 장주를 따라 비행 조종사는 체공 대기 장주에 진입 및 체공 대기 시 사용하는 모든 선회를 다음 중에서 적은 경사각으로 해야 한다.

- 1) 초당 3도 선회
- 2) 30도 경사각
- 3) Flight Director System 사용 시는 25도 경사각

### 2.4.5 시간 요소(Time Factors)

ATC에 통보하는 체공 대기 장주 진입 시간은 픽스 상공에 도착하는 최초의 시간이다. 체공 대기 장주 진입 시 14,000피트 이하의 고도일 때는 최초 Outbound Leg를 1분간 비행하며 14,000피트 초과 고도에서는 1분 30초간 비행한다. 그다음부터의 Outbound Leg들은 적절한 Inbound Leg 시간을 맞추기 위하여 필요에 따라 조절하여야 한다. Outbound Timing 하는 시기는 픽스 상공, 또는 Abeam에 오는 위치 중 더 늦은 경우에 한다. 만약 Abeam 위치를 파악하는 데 어려움이 있다면, Outbound로의 방향 전환이 이루어진 후에 Timing을 시작한다. EFC 시간은 무선통신이 안 되는 경우를 대비하기 위한 것이므로 이를 위한 시간 조절은 필요치 않다. 비행 중 일반적으로 EFC 시간 이전에 인가를 수령할 것이다. 만약 인가를 받지 못하였다면 ATC로부터 수정된 EFC 시간을 요청하여야 한다. 체공 대기 픽스를 떠나는 시간을 ATC에 통보하여야 뒤따르는 항공기에 그 공역을 사용할 수 있게 할 것이다.

다음과 같은 각 경우에는 체공 대기 픽스를 떠날 수 있다. :

- (1) ATC에서 항로 비행 인가나 접근 인가를 발부하였을 경우
- (2) VFR 기상 상태에서 체공 대기 중 IFR 비행 계획서를 취소한 이후

### 2.4.6 DME 체공 대기(DME Holding)

DME Holding은 시간 대신에 거리(Nautical Miles)가 사용된다는 것을 제외하고, 같은 진입 방법과 대기 절차가 적용된다. Outbound Leg의 길이는 관제사에 의해 지정될 것이고, Leg의 끝은 DME를 통해 파악할 수 있다. 체공 대기 장주를 비행하는 데 소요되는 시간을 알고 있으면 EFC를 보다 더 정확하게 맞출 수가 있다. 대략적으로 TAS의 1/100이 30도 경사각으로 360도 선회 시 소요되는 시간이다. 예를 들어 TAS가 250KTS인 경우, 360도 선회 시 소요 시간은 2.5분이다. 표준을 선회 시 360도 선회 소요 시간은 2분이므로, 선회 시의 소요 시간보다 입항과 출항 구간의 소요 시간을 더하면 된다.

## 2.5 접근(Approaches)

### 2.5.1 발간된 표준 계기접근 절차의 준수

#### (Compliance with Published Standard Instrument Approach Procedures)

접근 차트의 접근 절차를 준수함으로써 항공기를 최종 접근 경로에 정대 시키는 데 필요한 항법 유도 정보와 장애물 회피가 보장된다. 어떤 상황하에서는 역(逆)경로 조작(Course Reversal Maneuver)이나 절차 선회(Procedure Turn)가 필요하지만, 다음과 같은 경우에는 해당되지 않는다. :

- (1) 접근 차트의 평면도에 'NoPT'라고 접근 경로에 표시될 때
- (2) 최종 접근 경로로 Radar Vectoring이 제공될 때



- (3) 절차 선회 대신에 체공 대기 장주가 설정되어 있을 때
- (4) 체공 대기 픽스로부터 Timed Approach를 수행할 때
- (5) ATC 지시에 의할 때

## 2.5.2 민간공항 계기접근

### (Instrument Approaches to Civil Airports)

다르게 지시받지 않는 한, 공항으로의 계기비행 강하를 위해서는 해당 공항의 표준 계기접근 절차를 수행하여야 한다. 계기접근 절차(IAP)는 TPP의 IAP 차트에 도시되어 있다. ATC 접근 절차는 공항의 이용 가능한 시설물, 수행될 계기접근 형태, 기상 상황에 의하여 영향을 받는다. ATC 시설, 항법 시설물(NAVAIDs), 각각의 표준 계기접근에 필요한 해당 주파수는 접근 차트에 명시되어 있다.

각 차트에는 다음의 시설물과 관계있는 표준 접근 절차가 발간되어 있다.

- (1) Nondirectional Beacon(NDB)
- (2) Very-high Frequency Omnidirectional Range(VOR)
- (3) Very-high Frequency Omnidirectional Range with Distance Measuring Equipment(VORTAC or VOR/DME)
- (4) Localizer(LOC)
- (5) Instrument Landing System(ILS)
- (6) Localizer-type Directional Aid(LDA)
- (7) Simplified Directional Facility(SDF)
- (8) Area Navigation(RNAV)
- (9) Global Positioning System(GPS)

IAP는 Full Approach나 Radar Vector의 유도 형태로 수행될 것이다. IAP가 Full Approach로 수행 될 때는 IAP 차트에 도시된 경로와 고도를 자체 항법으로 수행해야 한다. Full approach는 조종사가 ATC의 최소한의 도움으로 항로로부터의 전환, 계기접근, 착륙을 수행하는 것이다. 이러한 접근 형태는 조종사가 요청하여 이루어지나, 대개는 레이더가 포착할 수 없는 구역에서 이루어진다. 또한 무선 통신기기가 고장일 경우에도 마찬가지다.

Radar Vector의 지원 형태로 접근이 이루어질 경우에는 항공기를 최종 접근 경로에 진입시키기 위한 기수 방위와 고도가 ATC로부터 제공된다. 여기에서부터 조종사는 IAP 차트를 이용해 최종 접근 경로에 진입하여 접근을 수행한다. 이러한 접근이 Full Approach보다 편리한 방법으로 종종 사용되면서 ATC에서는 입항하는 항공기들의 간격 분리를 제공할 수 있다. 레이더관제 하에서 운항하는 조종사는 일반적으로 최종 접근 경로까지의 Radar Vector 지원을 예상할 수 있다.

### 2.5.3 관제탑 운용 없는 공항 접근(Approach to Airport without an Operating Control Tower)

[그림 4-11]은 관제탑이 운영되지 않는 공항으로의 접근 절차이다. 이러한 접근 시에는 최신의 기상 정보를 파악하기 위하여 가능하다면 AWOS/ASOS를 청취해야 한다. 조종사와 관제사 간의 무선 교신이 더 이상 필요하지 않을 때 ACC나 Approach Controller는 계기접근을 인가하며 “change to advisory frequency approved.”라고 지시할 것이다. 만약 ‘cruise’ clearance 상태로 입항한다면 ATC

의 차기 접근과 착륙에 대한 인가는 없을 것이다. 접근 인가가 필요할 경우에 ATC는 'Cleared for the approach'라는 용어로서 원하는 표준 계기접근(2개 이상의 접근이 수립되어 있을 때)을 수행하도록 인가하며, 무선 교신 주파수의 변경을 지시할 것이다. 여기서부터 ATC와의 교신 없이 다르게 지시받지 않았었다면 접근 차트대로 계기접근 절차를 수행한다. 그리고 착륙 전에 VFR 상태에서 계기비행 계획서를 종결시키거나, 착륙 후 전화로 종결시켜야 한다.

#### 2.5.4 접근관제소 없이 관제탑이 운영하는 공항 접근 (Approach to Airport with an Operating Tower, With No Approach Control)

관제탑은 운영되고 있지만 접근관제소가 없는 공항으로 접근 시, ATC는 적절한 정보와 함께 다음과 같은 지시 사항을 포함하여 접근/outer 픽스를 인가할 것이다. :

- (1) 픽스 이름
- (2) 유지할 고도
- (3) 체공 대기 정보와 예상되는 접근 인가 시간(필요하다면)
- (4) 다음과 같은 무선 교신에 대한 지시 사항
  - 1) 교신할 시 설명
  - 2) 교신 시간과 장소
  - 3) 교신 주파수

관제탑에서 ATIS를 운영하고 있다면 접근관제소와 최초 교신하기 전에 운고, 시정, 풍향/풍속, 기압수정치, 사용 중인 계기접근과 활주로 등에 대한 정보를 위하여 ATIS 주파수를 청취하여야 한다. 만약 ATIS가 운영되지 않는다면 ATC에서는 최초 교신

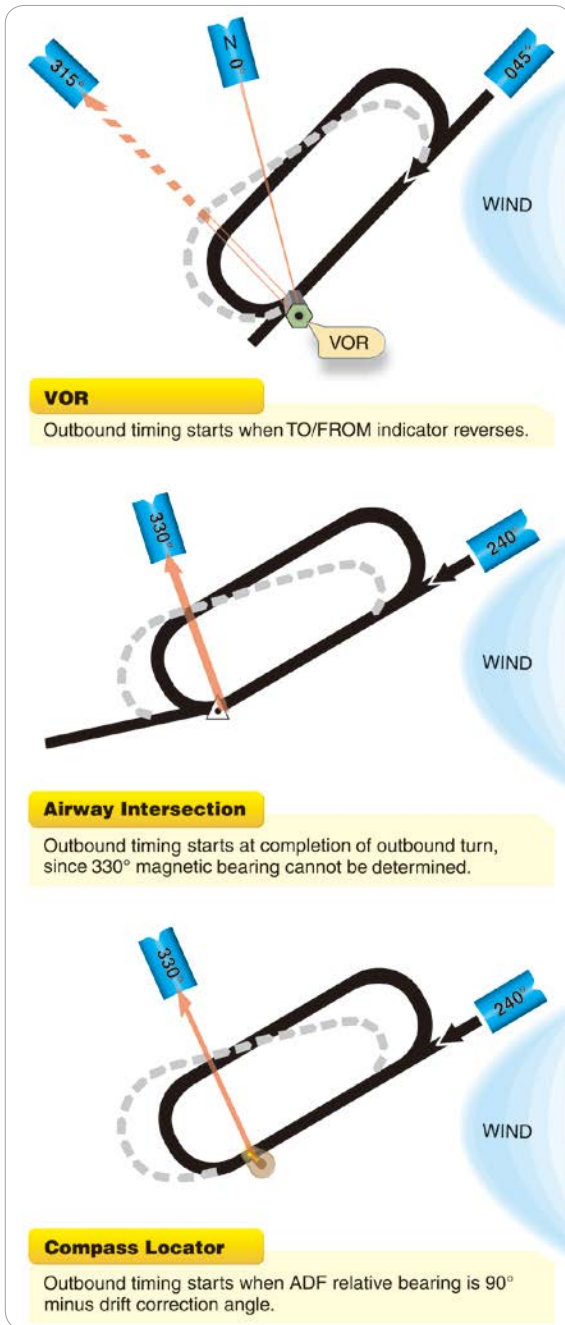
시나 직후에 목적지 인근 기상 보고소의 기상 정보를 제공할 것이다.

#### 2.5.5 접근관제소와 관제탑이 운용되는 공항 접근 (Approach to an Airport with an Operating Tower, With an Approach Control)

접근 관제 업무가 가능하도록 인가된 레이더는 발간된 IAP와 관련된 방위 정보를 제공할 수 있다. Radar Vector는 경로 유도과 설정된 IAP의 최종 접근 경로로 신속하게 항공기를 유도시킬 수 있다. [그림 4-12]는 많은 ATC 시설물을 활용할 수 있는 IAP 차트를 보여 주고 있다. 레이더관제 업무를 제공하는 접근관제소는 다음과 같이 운영하고 있다. :

- (1) 입항하는 항공기들은 고도 분리가 된 상태에서 비행할 경로에 적절한 픽스까지 인가되며, 필요시 체공 대기 정보를 받는다.
- (2) ACC와 접근관제소 간이나 접근관제소 간에 레이더관제 업무 이양 시, 항공기가 픽스 도착 전에 관제 이양이 될 수 있도록 공항이나 픽스까지 비행 인가가 될 것이다.
  - 1) 레이더관제 업무 이양 시, 연이어 입항하는 항공기들은 고도 분리 대신에 레이더 간격 분리로서 접근관제소에 관제 이양될 것이다.
  - 2) 접근관제소에 관제 이양된 후에는 적절한 최종 접근 경로로 유도된다.
- (3) 항공기의 간격 분리를 위해 필요에 따라 Radar Vector와 고도가 지시될 것이다. 이때에 조종사는 접근관제소에서 지시한 기수 방위를 준수해야 한다.

(4) 간격 분리나 기타 이유로 인하여 최종 접근 경로를 가로지르는 Vector를 지시할 필요가 있



[그림 4-12] Holding-outbound timing

을 때에는 일반적으로 사전에 조종사에게 인지를 시킬 것이다. 접근 경로를 지나치도록 유도될 것이라는 사전 통보를 받지 않았는데 접근 경로의 통과가 임박했을 경우에는 관제사에게 문의해야 한다. 접근 인가를 받지 못했을 경우에 최종 접근 경로로 선회해서는 안 된다. 최종 접근 경로에 진입시키기 위하여 접근관제소는 최종 Vector와 함께 인가를 줄 것이며, 이러한 Vector는 항공기를 Final Approach 픽스 도착 이전에 최종 접근 경로로 진입시킬 것이다. 최종 접근 경로에 이미 진입하였다면 Final Approach 픽스 도착 이전에 접근 인가를 받을 것이다.

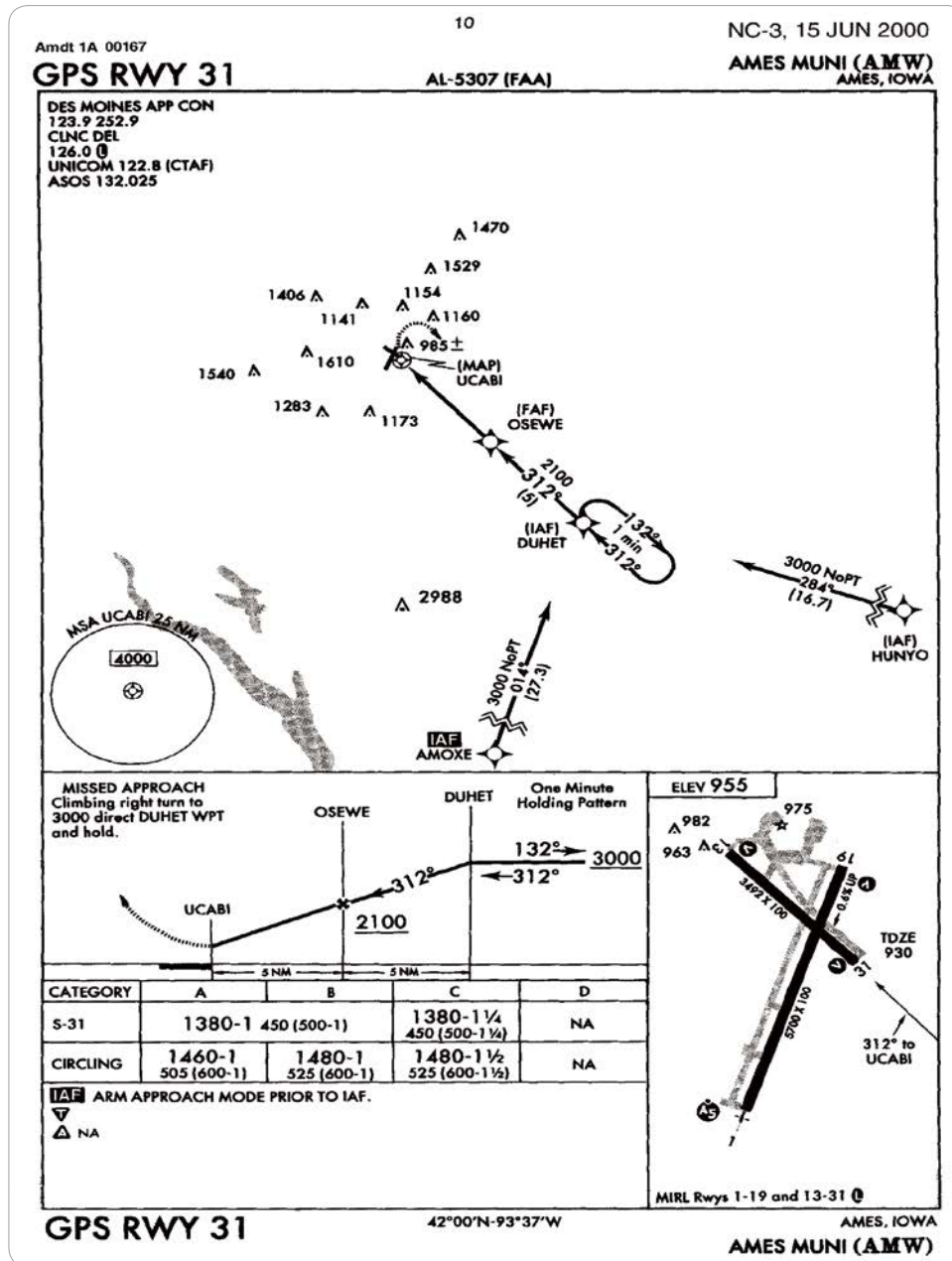
- (5) 최종 접근 경로에 이미 진입하였다면 다른 항공기와 레이더 간격 분리가 이루어질 것이고, 비행 인가(ILS, VOR, NDB, GPS, etc.)에 지정된 NAVAID를 이용한 접근을 수행하여야 한다.
- (6) Final Approach 픽스를 통과한 후에는 공항으로의 접근을 계속 수행하거나, 발간된 실패 접근(Missed Approach) 절차를 수행하여야 한다.
- (7) 착륙이 완료되었거나 관제탑에서 항공기를 보았다고 한 것 중에서 먼저 이루어진 시기에 레이더 업무는 자동 종결될 것이다.

### 2.5.6 레이더 접근(Radar Approaches)

레이더 접근은 관제사가 레이더를 이용 항공기의 진로를 추적하여 착륙을 유도한다. 이러한 접근에는 레이더 시설과 무선통신 장비가 필요하며, 비상이나 위험 상황에 처한 조종사에게도 유용하게 이

용될 수 있다. 감시(Surveillance), 또는 정밀 레이더 접근(Precision Approach Radar(PAR))을 위한 초기의 레이더 포착은 접근관제소에서 이루어진다.

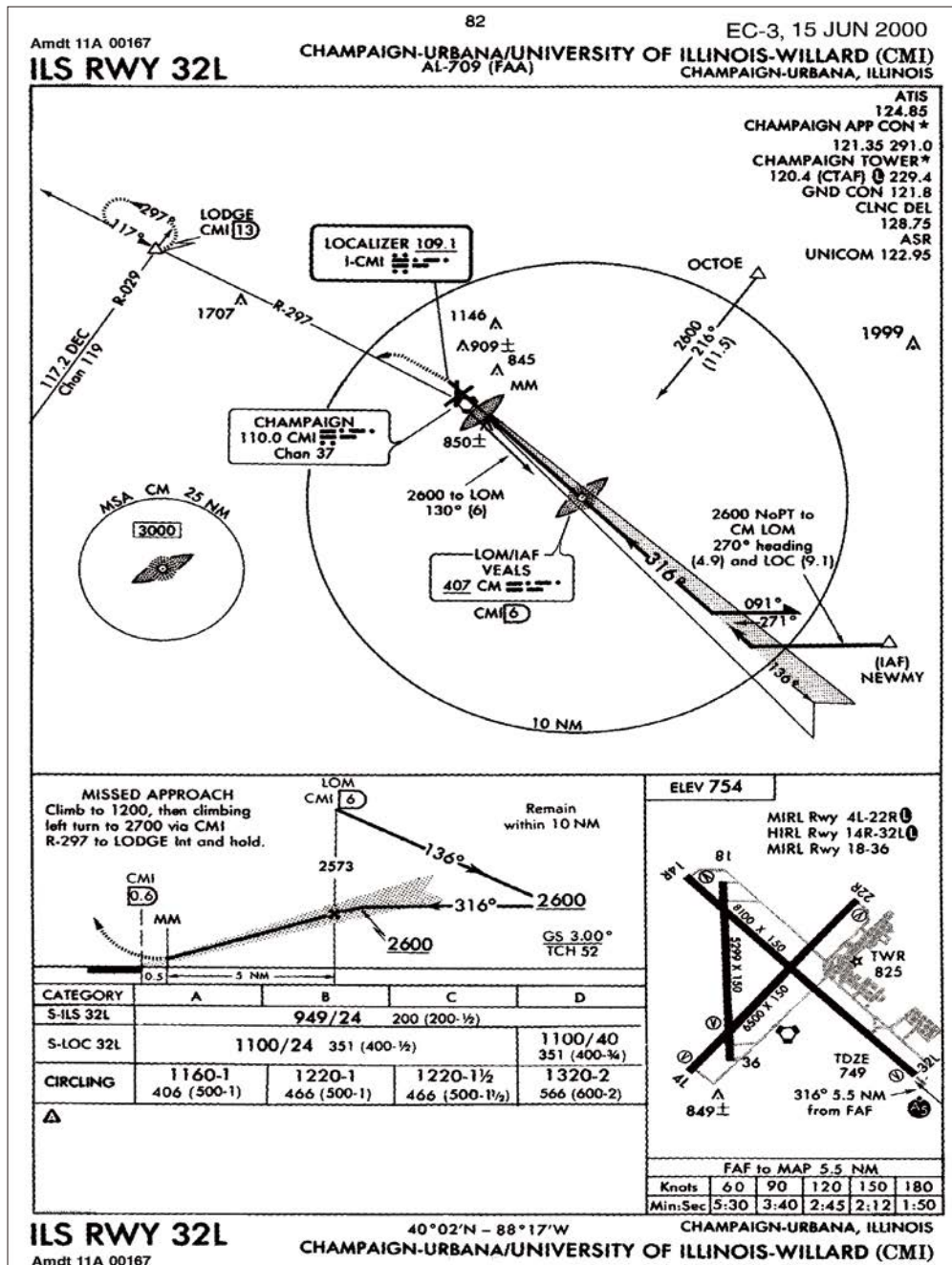
이 접근을 수행하는 조종사는 모든 지시 사항을 신속하게 수행하여야 한다. 레이더 접근의 가용 여부는 해당 공항의 En route Low Altitude Chart와



[그림 4-13] Ames, Iowa(AMW) GPS Rwy 31 approach

IAP Chart를 참조하면 된다. 감시 또는 정밀 레이더의 최저치는 각 TPP에 알파벳 순서로 된 공항 목록에

‘Radar Instrument Approach Minimums’라는 제목으로 수록되어 있다. 직진입과 선회 접근



[그림 4-14] Champaign, IL(CMI) ILS Rwy32L approach



<b>FORT HUACHUCA/SIERRA VISTA, AZ</b> Amdt. 20A, NOV 14, 1999 <span style="float: right;">ELEV4716</span> <b>SIERRA VISTA MUNI-LIBBY AAF</b> <b>RADAR 1 - 134.45 327.15</b>									
	RWY	GS/TCH/RPI	CAT	DH/ MDA-VIS	HAT/ HAA CEIL-VIS	CAT	DH/ MDA-VIS	HAT/ HAA CEIL-VIS	
PAR	8		ABCDE	<b>4916</b> -¾	200 (200-¾)				
	26		ABCDE	<b>4826</b> -¾	200 (200-¾)				
ASR	26		ABCDE	<b>4900</b> -1	274 (200-1)				
CIRCLING			A	<b>5100</b> -1	384 (400-1)	B	<b>5180</b> -1	464 (500-1)	
			C	<b>5180</b> -1½	464 (500-1½)	DE	<b>5280</b> -2	564 (600-2)	
ASR	8		AB	<b>5440</b> -1	724 (800-1)	C	<b>5440</b> -2	724 (800-2)	
CIRCLING			D	<b>5440</b> -2¼	724 (800-2¼)	E	<b>5440</b> -2½	724 (800-2½)	
			AB	<b>5440</b> -1	724 (800-1)	C	<b>5440</b> -2	724 (800-2)	
			D	<b>5440</b> -2¼	724 (800-2¼)	E	<b>5440</b> -2½	724 (800-2½)	

PAR/ASR opr 1500-2300 Monday-Friday, except for holidays.  
 No NOTAM maintenance period 1500-1900 on the first Thursday of the month.  
 Circling not authorized south of runways 8 and 29.

▽  
 ▲ NA

**SW-1**

**RADAR INSTRUMENT APPROACH MINIMUMS**

[그림 4-15] Radar instrument approach minimums for Ft. Huachuca, AZ(FHU)

최저치도 모두 수록되어 있다. [그림 4-15] 계기접근이 레이더 감시하에 수행되더라도 레이더 조연은 단지 보조적인 것이다. 접근을 위한 주요 장비로 ILS나 VOR과 같은 NAVAID를 선택했다면 해당 접근의 접근 최저치를 적용해야 한다. 레이더와 군 비행장에서는 Final Approach 픽스에서 활주로까지의 최종 접근 경로가 PAR 경로와 일치하는 NAVAID의 계기접근이 설정되어 있다. 이러한 곳에서 접근 시에는 레이더 감시가 이루어지고, 보고된 기상 이 VFR 기상 최저치(1,000 and 3)미만이거나, 야간 또는 조종사 요청에 의해 레이더 조연을 해 줄 것이다. 최종 접근 시작 전에 조연이 제공될 주파수를 알려 줄 것이다. 만약 어떠한 이유로 인하여 레이더 조연 업무를 제공할 수 없다면 이에 대해 통보할 것이다.

### 2.5.7 레이더 감시 접근(Surveillance Approach)

공항 감시레이더(Airport Surveillance Radar 이하 'ASR' 이라 한다) 접근 시에 관제사는 공항이나 지정된 활주로까지 강하를 시작할 수 있는 지점으로 유도할 것이다. 접근 초기에 조종사는 무선통신 고장/실패 접근 시의 지시에 대하여 통보받을 것이다. 강하 전 관제사는 설정된 직진입 최저 강하 고도(Minimum Descent Altitude, 이하 'MDA' 라고 한다)를 통보하지만, 조종사가 항공기 Category를 통보하고 요청하지 않는 한 선회 접근 MDA 정보는 제공되지 않을 것이다. 최종 접근 시 관제사는 항법 유도로서 방위각 정보만 제공할 것이다. 고도에 대한 유도는 제공되지 않지만 MDA까지의 강하 시작 시기를 통보할 것이다. 추가적으로 실패 접근 지점(Missed Approach Point, 이하 'MAP'이라 한다)의

위치와 활주로, 공항 또는 필요시 MAP로부터의 항공기 위치를 각 거리(마일)별로 통보받을 것이다. 그리고, 조종사 요청 시에 관제사는 수립된 절차의 강하 각도에 기준된 MDA까지의 각 거리별 추천된 고도를 통보할 것이다. 조종사는 보통 MAP까지 항법 유도될 것이다. MAP 상공에서는 유도가 종결되며, 이 지점에서 조종사가 활주로 또는 공항을 보지 못하였거나 헬리콥터의 접근 구역 지점에 위치했을 때, 또는 지표면의 시각 참조물을 확인하지 못하였을 때에 조종사에게 실패 접근을 지시할 것이다. 접근 중에는 접근이 완료될 때까지 항법 유도가 제공되지 않으며 실패 접근이 지시될 것이다.

항법 유도의 종료와 실패 접근은 조종사의 요청에 의하기도 하지만, 조종사가 활주로, 공항/헬리포트, 접근 구역상의 저명한 지표물을 보았다거나 유도가 더 이상 필요치 않다고 통보했을 때에 항법 유도를 종결할 것이다. 레이더 업무는 레이더 접근 완료 시 자동적으로 종결된다.

### 2.5.8 레이더 정밀 접근(Precision Approach)

정밀 접근 레이더(Precision Approach Radar, 이하 'PAR' 이라 한다)가 설치되어 운영되는 민/군 공항은 비상시를 제외하고, 사전 인가 하에 계기비행 하는 민간 항공기에 PAR 업무를 제공한다. PAR은 시각이 아닌 청각(관제사의 지시)에 의한 유도 정보에 의해, 조종사로 하여금 ILS와 같은 정밀 접근을 수행하게 할 수 있다. PAR은 일반적으로 ILS와 일치된다. PAR 접근 시 조종사에게는 기수 방위와 고도에 대한 정밀한 유도가 제공된다. 정밀 접근은 항공기가 정밀 레이더의 포착 범위 내에 위치해 있

고 PAR 관제사에 의한 포착이 이루어졌을 때 시작된다. 이 지점은 보통 감시레이더에 의해 유도되었거나, 비(非)레이더 접근 절차에 의해 위치하는 지점으로 활주로 접지 지점으로부터 대략 8마일에서부터 시작된다. 착륙할 활주로 연장선상에 항공기의 정대가 이루어질 수 있도록 조종사에게 기수 방위가 제공된다. 활공각(Glidepath) 진입 전에 조종사에게는 무선통신 고장/실패 접근 절차에 대한 통보와 함께, 더 이상 관제사의 지시에 응신(복창)하지 말라는 통보가 이루어질 것이다. 그리고, 대략 15~30초 전에 활공각에 진입할 것이라는 것과 강하 시작 시기를 통보할 것이다. 강하율 산정에 사용되는 다음의 공식을 이용하여 초기 강하율을 적용하면 더욱 안정된 강하를 할 수 있게 될 것이다. :

- (1) 3도 활공각 VSI= 대지속도 X 10/2
- (2) 2.5 도 활공각 VSI= 대지속도 X 10/2- 100

예로, 최종 접근 구간 속도가 120KTS이고 강하 각도가 3도인 경우 VSI=120X10/2=600FPM이다.

결심 고도/결심 높이(Decision Altitude/Decision Height, 이하 'DA/DH' 이라 한다)에 대한 정보는 조종사 요청 시에만 제공될 것이다. 최종 접근 중에 관제사는 'slightly/well above glidepath'나 'slightly/well below glidepath'와 같은 고도 정보와 'slightly/well right of course'나 'slightly/well left of course'와 같은 경로에 대한 정보를 제공할 것이다.

조종사는 이 정보를 토대로 기수 방위와 강하율을 정확하게 수정하고 유지하여야 한다. 관제사는 지시한 기수 방위가 유지되고 있다는 확신을 토대로

다음 지시를 할 것이다. 접지 지점으로부터의 항공기 거리는 최소한 매 마일당 제공될 것이다. 만약 항공기의 기수 방위나 고도가 지정된 안전 지역 경계를 지나서 계속 비행이 이루어질 경우에, 조종사가 활주로 주변을 보고 있지 않다면 관제사는 실패 접근이나 지정된 경로를 비행하도록 지시할 것이다. 조종사에게는 DA/DH까지 기수 방위와 고도에 대한 항법 유도가 계속 이루어지며, 항공기가 활주로 threshold 상공을 지날 때까지 경로와 강하각 정보를 제공할 것이다. 레이더 업무는 접근 종료 시 자동 종결된다.

### 2.5.9 No-Gyro Approach Under Radar Control

항공기의 방향 지시계기 또는 나침반이 고장 났거나 다른 이유로 인해 더 적극적인 레이더 유도가 필요시, ATC는 조종사 요청에 의해 No-gyro Vector나 접근 업무를 제공할 것이다. 이러한 접근이 수행되기 전에 관제사는 접근 형태(Surveillance or Precision Approach and Runway Number)와 선회방법에 대해 통보할 것이다. 모든 선회는 최종 접근 시(반표준을 선회)를 제외하고 표준을 선회로 한다. 관제사는 선회 시작과 종료 시기(When to Start and Stop Turns), 추천된 고도 정보를 통보하고 접근을 완료하는 데 필요한 유도와 정보를 제공할 것이다.

### 2.5.10 체공 대기 지점에서의 시간 접근 (Timed Approaches From a Holding Fix)

많은 항공기들이 접근 인가를 기다리고 있을

때 체공 대기 지점으로부터의 시간 접근(Timed Approaches)이 수행된다. 관제사가 특별히 “timed approaches are in progress”라는 언급을 하지 않더라도 접근 진입을 위해 FAF를 떠나는 시간(비정밀 접근)이나, Outer Marker나, Outer Marker대신에 사용되는 픽스를 떠나는 시간(정밀 접근)을 지정하였다면 시간 접근 절차가 수행되고 있음을 의미한다. FAF와 Outer Marker, 또는 Outer Marker 대신에 사용되는 픽스와 공항 간의 적절한 시간 조절(연속적인 항공기의 접근)을 위한 항공기간의 거리 간격 분리를 위하여 관제사는 체공 대기 대신에 최종 접근 경로로의 레이더 유도를 사용하기도 한다. 모든 조종사는 공항으로의 접근을 위해 체공 대기 지점을 떠나는 시간에 대해 사전에 통보받는다. 체공 대기 지점을 떠나는 시간에 대해 통보받은 조종사는 지정받은 시간에 픽스를 떠날 수 있도록 비행경로를 조절해야 한다. 다음과 같은 경우에 시간 접근이 수행된다. :

- (1) 접근이 진행 중인 공항의 관제탑이 운영되고 있을 때
- (2) 조종사에게 관제탑과 교신하라는 지시가 있을 때까지, 조종사와 Center 또는 접근 관제사와의 직접 무선 교신이 유지되고 있을 때
- (3) 2개 이상의 실패 접근 절차가 설정되어 있고 역(逆)경로(Course Reversal) 진입이 필요치 않을 때
- (4) 1개의 실패 접근 절차만이 설정되어 있는 경우, 다음의 조건을 충족하여야 한다.
  - 1) 역(逆)경로(Course Reversal) 진입이 필요하지 않고

2) 보고된 시정과 실링(Ceiling)이 가장 높은 선회 접근 최저치 이상일 때

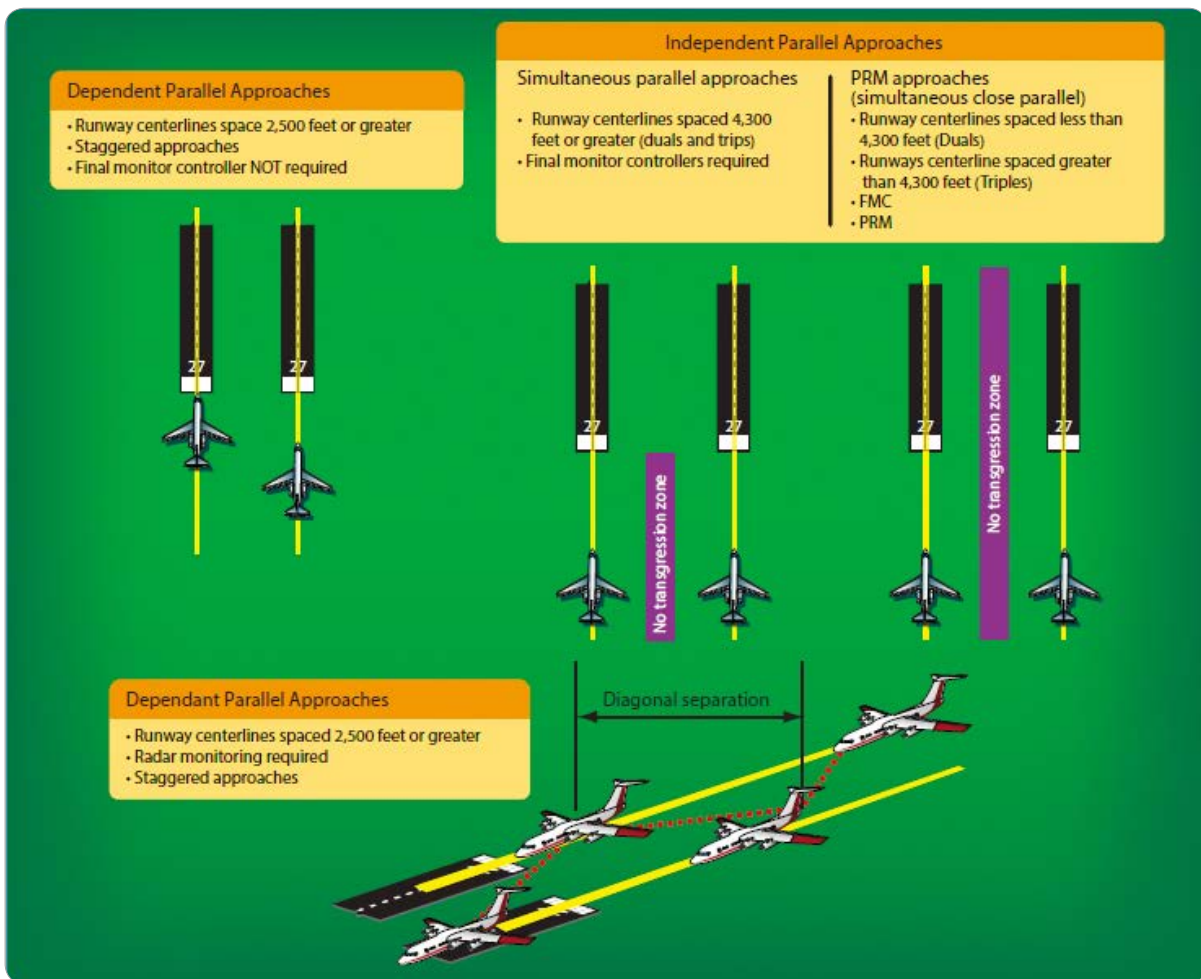
계기접근 운영을 허용한다. 평행 활주로 ILS/MLS 접근은 3가지 형태로 나뉜다.;평행(의존적) ILS/MLS 접근;동시 평행(독립적) ILS/MLS 접근;그리고 동시 근접 평행(독립적) ILS/MLS 접근.

2.5.11 평행 활주로 접근

(Approaches to Parallel Runways)

2.5.11.1 평행 활주로 ILS/MLS 접근(ILS/MLS Approaches to Parallel Runways)  
ATC 절차는 2개 또는 3개의 평행 활주로로 ILS

평행 활주로 접근 절차의 분류는 평행 활주로 중심선 간격, ATC 절차, 그리고 공항 ATC Radar 관찰, 그리고 통신 용량에 달려 있다. 1개 이상의 평행 Localizer 코스가 있는 공항에서는 3°까지 Offset 할 수 있다. Offset Localizer는 Category II가



[그림 4-16] Parallel(dependent) ILS approach

되지 않고 결심 고도는 50피트 증가한다. 평행 활주로 운영은 더 높아진 조종사의 상황 인식을 요구한다. 접근 절차 차트 Review는 최소한 다음에 나와 있는 접근표 정보는 강조되어야 한다.: 접근의 이름과 번호, Localizer 주파수, 입항 Localizer/방위코스, Glide Slope Intercept Altitude, 결심 고도, 복행 명령 절차, 특별 사항/절차, 그리고 지정된 활주로 위치/근접 활주로 위치.

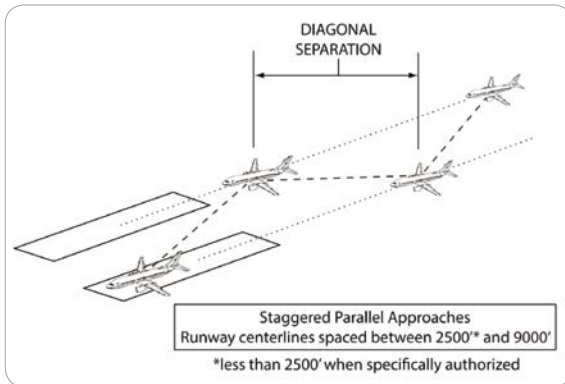
조종사는 사용 중인 동시 ILS/MLS 접근을 조언 받을 것이다. 이 정보는 ATIS를 통해서 제공된다. 동시 평행과 동시 근접 평행 ILS/MLS 접근을 수행 중인 인근 항공기의 가까운 근접은 조종사에게 모든 ATC 인가를 이행하라고 명령한다. 속도, 고도, 침로를 지시한 ATC는 시간에 맞게 수행되어야만 한다. 자동 조종으로 하는 ILS/MLS 접근은 최종 감시 관제사의 관제를 최소화하기 위해서 정밀한 Tracking을 필요로 하고, No Transgression Zone(NTZ)을 침투하지 말아야 한다. 돌발적인 상황에서는 ATC는 Minimum Vectoring Altitude보다 더 낮은 고도를 지정하지 않을 것이다. 조종사는 만약 비행기 또는 항법 장비가 고장 난다면 즉각 ATC에 알려야 한다. 직접적인 무선 교신을 평행 ILS/MLS 접근 운영을 하는 동안 꼭 유지해야 한다. 이것은 경고 방송 청취와 경계가 포함되고, 길게 말하는 것과 불필요한 무전 송신은 피해야 한다. 또 다른 비행기에게 주어진 인가의 부주의한 실행을 막기 위해서 적당한 호출부호 사용에 유의해야 한다. 단축된 호출부호의 사용은 비슷하게 들리는 호출부호를 가진 비행기의 예상되는 혼동이 일어나지 않게 하기 위해서 피해야만 한다. 조종사는 그들의 무선수신기가 비정상적으로 조용하거나 어떤

이상한 잡음이 있을 경우에 위험을 느껴야만 한다. Microphone을 계속 잡고 있으면, 동시 평행과 동시 근접 평행 ILS/MLS 접근을 하는 동안 최종 감시 관제사에 의한 ATC 명령의 발행이 끊기게 된다. 공중 충돌 방지 시스템의 사용은 평행 접근 운영을 위한 추가적인 안전 요소를 제공한다.

#### 2.5.11.2 평행 ILS/MLS 접근(의존적)(Parallel ILS/MLS Approaches, Dependent)

평행 접근은 평행 활주로의 중심선과 중심선 간의 간격이 최소한 2,500피트로 분리된 활주로를 가진 공항에서 평행 ILS, MLS 접근을 할 수 있도록 하는 일종의 ATC 절차이다. 전 체제의 종합 구성 요소는 ILS, 레이더, 통신기, ATC 절차 및 적절한 탑재 장비 등이다. 평행 접근(의존적)이 동시 접근(독립적)과 다른 것은 평행 활주로 간의 최소 거리가 감소된 것, 레이더 감시 또는 조언의 요구 조건이 없다는 것, 그리고 옆의 Localizer Course 상에 있는 항공기와 서로 다르게 고도 분리를 하는 것이다. 항공기는 활주로 중심선 사이의 간격이 2,500피트 이상, 4,300피트 이하일 때 1.5마일이 레이더 간격 분리를 받으며, R/W 끝으로부터 10마일 사이에 있는 활주로 중심선 사이의 간격이 4,300피트 초과~9,000피트 이하일 때 2마일의 레이더 간격 분리를 제공받는다. 동일 Localizer Course 상에 있는 항공기와는 최소 2.5마일의 레이더 간격 분리를 받는다. 평행 최종 접근 경로(Course)로 선회 중인 항공기 사이에는 최소 1,000피트의 수직 분리 또는 최소 3마일의 레이더 간격 분리를 해 준다. 평행 접근이 시행 중일 때 접근을 위하여 양쪽 활주로를 사용 중에 있다는 것을 조종사는 통보받게 된다. 추가로 관제탑





[그림 4-17] Staggered ILS Approaches

관제사가 레이더 간격 분리의 책임을 지지 않는 공항에서 레이더관제사는 관제탑 관제사의 주파수를 제치고 우선적으로 관제할 수 있다.

### 2.5.11.3 동시 평행 ILS/MLS 접근(독립적) (Simultaneous Parallel ILS/MLS Approaches, Independent)

접근 체제는 평행 활주로의 중앙선과 중앙선 간의 간격이 4,300피트에서 9,000피트로 분리된 활주로를 가지고 최종 감시 관제사가 있는 공항에서 동시 ILS/MLS 접근을 할 수 있게 한다. 동시 평행 ILS/MLS 접근은 인접한 평행 접근 코스에서 비행기 사이의 분리를 확인하기 위해서 Radar 관찰을 요구한다. 비행기의 위치는 지정된 Localizer Course로부터 벗어남이 관찰된 비행기에 명령을 발행하는 최종 감시 관제사에 의해서 추적된다. 엇갈리게 되는(Staggered) Radar 분리 절차는 사용되지 않는다. 전 체제의 종합 구성 요소는 ILS/MLS, 레이더, 통신기, ATC 절차 및 요구되는 탑재 장비 등이다. 동시 평행 ILS/MLS 접근을 허용하는 접근 절차 도표(Approach Procedure Chart)에는

‘Simultaneous Approach Authorized Runways 14L and 14R’(활주로 14L 및 14R로 동시 접근을 허가한다)라고 쓴 주석이 달려 있다. 이것은 경우에 따라 적절한 활주로를 식별하도록 한 것이다. 동시 평행 ILS/MLS 접근 시행 중이라는 것을 통보받았을 때, 조종사는 고장 난 수신기 또는 작동하지 않은 수신기를 즉시 접근 관제사(Approach Control)에다 통보하여야 하고, 또 동시 접근을 원치 않을 때도 마찬가지로 통보하여야 한다. 레이더 감시 업무는 비행기가 최종 접근 코스로부터 벗어나지 않는 것을 확실히 하기 위해서 각각의 동시 평행 ILS/MLS 접근을 위해 제공된다. 레이더 감시에는 항공기가 공표된 비행 금지 구역에 접근을 하거나 침범하는 경우의 지시 사항이 포함된다(평행 최종 접근 코스 사이의 등거리에 위치한 폭 2,000피트의 지역) 이 업무는 평행 최종 접근을 하려 선회하는 동안 항공기는 3마일의 Radar 분리, 또는 최소 1,000피트의 수직 분리를 받을 것이다. 항공기는 30°도 이상의 각도로 최종 접근 코스로 Intercept 되게 Vector 되지는 않을 것이다. 또한 최종 감시 관제사는 관제탑 주파수를 사용하는 관제탑 관제사로 전환할 수 있는 능력을 갖게 될 것이다. 그리고 조종사는 조언이나 지시 사항을 수신할 수 있도록 관제탑 주파수를 감청하라는 조언을 받게 될 것이다. 최종 접근 경로로부터 비행 금지 구역을 침범할지도 모르는 지점으로 이탈하는 비행기는 올바른 최종 접근 코스로 즉시 되돌아올 것을 지시받게 될 것이다. 또한, 최종 접근 관제사는 이탈한 항공기에 ‘복행 또는 Breakout’ 명령을 발행할 수 있다. Breakout 명령 예시는 다음과 같다. : “YOU HAVE CROSSED THE FINAL APPROACH

COURSE, TURN(LEFT /RIGHT) IMMEDIATELY AND RETURN TO THE LOCALIZER/AZIMUTH COURSE,” OR “TURN(LEFT/RIGHT) AND RETURN TO THE LOCALIZER/AZIMUTH COURSE.”

만약 벗어난 비행기가 그 같은 명령에 응답을 하지 않거나 NTZ를 침범하는 것이 관찰된다면 최종 접근 코스 근처에 있는 항공기는 대체 항로를 명령받을 것이다. 대체 항로 명령 예시는 다음과 같다. : “TURN(LEFT/RIGHT) IMMEDIATELY HEADING(DEGREES), CLIMB AND MAINTAIN(ALTITUDE).”

레이더 감시는 시각 분리가 제공되거나, 항공기가 접근등 또는 활주로를 봤다고 보고했을 때, 활주로 Threshold로부터 1마일 이하일 때(활주로 중앙선 사이의 간격이 4,300피트 이상일 때), 자동적으로 종결된다. 최종 감시 관제사는 Radar 감시가 종결될 때 조종사에게 알릴 것이다.

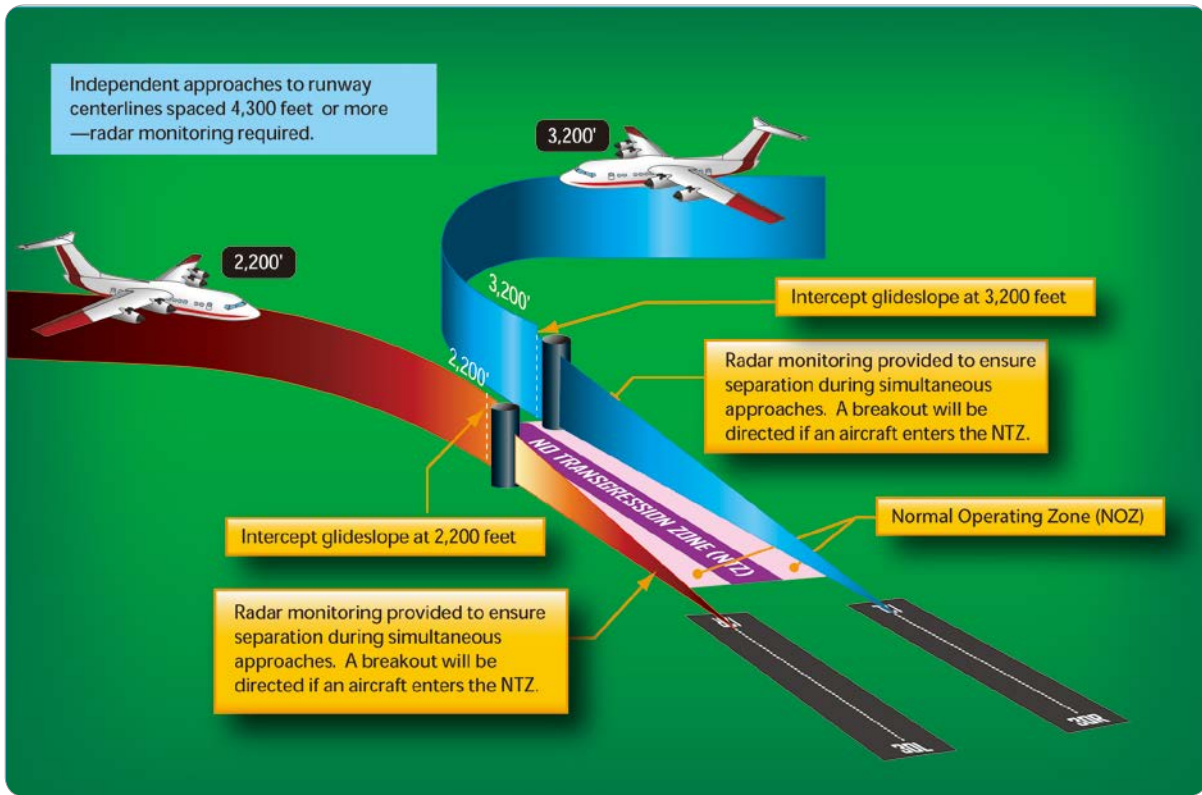
#### 2.5.11.4 동시 근접 평행 ILS/MLS 접근(독립적) (Simultaneous Close Parallel ILS/MLS Approach, Independent)

접근 체제는 두 개의 활주로 간격이 4,300피트 이하이고 최종 감시 관제사가 있다면, 동시 ILS/MLS 접근을 허용한다. 단축된 횡측 활주로 분리를 하기 위해서 최종 접근 관제사는 최신의 Radar와 분석력이 높은 ATC Radar 표시 장치로 구성된 Precision Runway Monitor(PRM) System을 가지고 있어야 한다. PRM 장치는 레이더 정보를 거의 순간적으로 표시한다. 자동적으로 Tracking 하는 소프트웨어는 시각과 청각으로 관제사에게 경고할 뿐만 아니

라 항공기 식별, 위치, 10초간 투사된 위치를 제공해 준다. PRM System을 동시 근접 평행 접근에 있어서는 추가적인 요구 사항이다. 게다가 이 시스템은 동시 평행 ILS/MLS 접근에 대해서는 필수 사항이다. 동시 근접 평행 ILS/MLS 접근은 접근 절차 도표에 두 가지 방법 중 한 방법으로 인식된다. 만약 근접 평행 접근이 기존의 ILS/MLS 접근에 겹친다면, 절차 도표에는 ‘Close Parallel Approaches Authorized with Runways(number) L/R’와 ‘Glide Slope Required’라고 써어 있을 것이다. 만약 분리된 새로운 절차가 있다면 근접 평행 접근이라고 서술된 접근 표에는 ‘Close Parallel’이라고 쓴 다음에, 다음과 같이 접근 제목 인식을 쓸 것이다. : ‘Close Parallel ILS/MLS RWY(NUMBER)’

조종사는 항법 수신기의 고장이나 작동 불능 시, 또는 동시 근접 평행 접근을 원하지 않는다면 즉시 접근 관제사에게 알려야 한다.

동시 근접 평행 ILS/MLS 접근은 이미 서술된 표준 분리를 충족하는지 확인하기 위하여 Precision Runway Monitor System을 사용하는 최종 감시 관제를 필요로 한다. 절차와 통신 방법은 2.5.11.1에 서술하였다. 분리가 유지되는지 확인하기 위하여, 그리고 동시 근접 평행 ILS/MLS 접근을 하는 동안 절박한 상황을 피하기 위하여 조종사는 최종 감시 관제사의 명령을 즉시 수행하여야 한다. 최소한 3마일의 Radar 분리, 또는 1,000피트의 수직 분리가 근접 평행 최종 접근 코스로 선회하는 동안 제공될 것이다. 실패 접근인 경우, Radar 감시는 출발 활주로 끝을 넘어서 1/2마일이 제공된다. 최종 감시 관제사는 레이더 감시가 끝날 때 조종사에게 알리지 않을 것이다.



[그림 4-18] Simultaneous Parallel ILS Approaches

### 2.5.11.5 동시 수렴 계기접근(Simultaneous Converging Instrument Approaches)

ATC가 활주로에 동시에 수렴토록 계기접근을 시킬 수 있다. 즉 15도~100도 사이 각을 갖는 활주로는 그 공항에서 그러한 계획이 특별히 허가되어 있다. 기본 개념은 각각 분리된 표준 계기접근 절차가 각각의 수렴 활주로에 수립되어 있다. 실패 접근 지점은 최소 3마일 이상 분리되어야 하며, 실패 접근 절차는 실패 접근 공간이 중복되지 않도록 해야 한다. 기타 요구 사항은 레이더 유효성, 비(非)교차 최종 접근 경로, 활주로 정밀(ILS/MLS) 접근 체계, 그리고 활주로는 교차된다면 관제사는 교차 활주로 분리 기준으로 육안 분리를 적용해야만 한

다. 교차 활주로 최저 요구치는 700'와 2마일이며, Straight-in 접근과 착륙을 해야 한다. 동시 수렴 접근 중일 때 관제사는 최초 교신이나 ATIS 등의 가능한 수단으로 항공기들에 동시 수렴 접근 중임을 알려야 하며, 추가적으로 레이더관제사는 분리 책임이 관제탑에 위임되지 않은 지역의 관제탑 관제사와 직접 교신 능력을 보유하여야 한다.

### 2.5.11.6 사이드 스텝 조작(Side-Step Maneuver)

활주로의 간격이 1,200피트 이하인 2개의 평행 활주로 중 하나에 'Straight-in' 접근을 한 다음, 인접 활주로는 'Straight-in' 착륙을 하는 비정밀 접근 절차를 ATC는 허가할 수도 있다. '사이드 스텝'

조작을 할 조종사는 설정된 계기접근을 하고 난 다음, 인접 평행 활주로에 착륙하기 위한 인가를 받게 된다. 인가의 예시는 다음과 같다. : “CLEARED FOR ILS RUNWAY 7 LEFT APPROACH, SIDE-STEP TO RUNWAY 7 RIGHT.”(좌측 활주로 7의 ILS 접근을 허가하며, 우측 활주로 7에 착륙을 허가한다.)

조종사는 활주로 또는 활주로의 주변 시설을 발견한 후, 가능한 한 빨리 ‘사이드 스텝’ 조작을 실시하여야 한다. 인접 활주로의 착륙 최저치는 주 활주로의 최저치보다 높다. 그러나 설정된 선회 접근 최저치(Circling Minimums)보다는 보통 낮다.

#### 2.5.11.7 시각 접근(Visual Approach)

Visual Approach는 IFR 비행 계획상에서 수행되고, 조종사에게 시각적으로 보고 구름을 회피해서 공항으로 진입하도록 허가된다. 조종사는 공항 또는 전방 항공기를 시야에 두고 있어야 한다. 이 접근은 적절한 ATC 기관에 의해서 인가되고 관제된다. 공항에서 보고된 기상은 Ceiling이 1,000피트 이상이고 시정이 3마일 이상이어야 한다. ATC는 운영상 이익이 있을 때, 이러한 종류의 접근을 허가할 것이다.

시각 접근은 시계 기상 상태에서 IFR 하에서 수행되는 IFR 절차이다. 기상 보고 업무가 없는 공항에서의 운영(Operating to an Airport without Weather Reporting Service) ATC는 목적 공항의 기상을 모를 때 조종사에게 알릴 것이다. ATC는 공항의 운고가 1,000피트 이상이고 시정이 3마일 이상이라는 합당한 확신이 있을 때 시각 접근(Visual Approach)을 시작한다. 다른 항공기가 또 다른 평행, 교차, 또는 Converging 활주로에 IFR 또는

VFR 접근을 하고 있는 동안에도 항공기는 한 활주로에 시각 접근을 하도록 허가받을 수 있다. 평행 활주로의 간격이 2,500피트 이하인 공항으로 접근할 때, 후방에 있는 조종사는 ATC에 의거해 기준 분리가 되고 있지 않는 한, 전방 항공기를 시야에 두고 있다는 것을 보고하여야 한다. 평행 활주로의 간격이 2,500피트 이상 4,300피트 이내의 운영에서 레이다, 수직 혹은 수평 분리가 제공되지 않는다면, 관제사는 30°도 이하의 각도로 항공기를 최종 접근로 상에 유도할 것이다. 30°도 교차각의 목적은 최종 선회에 Over-shoot할 가능성을 줄이고, 한 대 또는 두 대 모두 Belly-up 상태에서 선회 중 Side-by-Side 기동이 되는 것을 배제하기 위함이다. 일단 항공기는 최종 진입 혹은 진입 선상의 30°각 이내로 정대 한다. 이러한 운영은 동시에 수행된다. 평행 활주로가 4,300피트 이상의 간격이거나, 혹은 교차/전환 활주로를 사용함에 있어서 관제사는 모든 항공기에 다른 항공기는 다른 활주로를 사용하고 있음을 알린 다음, 시각 접근을 인가할 수 있다. 이것은 ATIS 사용을 통해서 수행된다.

만일 조종사가 공항은 시야에 두고 있으나 전방 항공기를 볼 수 없을 때라도 ATC는 시각 접근을 인가할 수 있다. 그러나 상호간의 간격 분리 및 비행 요란(Wake Vortex)을 피하게끔 하는 책임은 ATC에 있다. 시각 접근 인가를 받아 전방 항공기를 시각적으로 보고 뒤따를 때, 안전한 접근 거리 유지 및 비행 요란을 적절히 피할 책임은 조종사에게 있다. 시각 접근은 계기접근 절차가 아니기 때문에 실패 접근 구간이 없다. 관제 공항에서 비행하는 항공기가 어떤 이유로 복행을 할 필요가 있을 때, 그 조종사는 관제탑으로부터 조언/비행 인가/지시 사항을 통보



받게 된다. 비관제공항에서 조종사는 구름으로부터 벗어나 있어야 하고, 가능한 한 빨리 착륙하여야 한다. 만일 착륙할 수 없다면 조종사는 구름으로부터 벗어나 있어야 하고, 차후 비행 인가를 받기 위하여 가능한 한 빨리 ATC와 교신하여야 한다. 이런 상황에서 다른 IFR 항공기로부터의 간격 분리는 유지된다. 시각 접근(Visual Approach)은 조종사/관제사의 일을 감소시켜 주고 비행장으로 향한 비행경로를 짧게 하여 항공교통을 신속하게 한다. 시각 접근을 원치 않을 때 즉시 ATC에 알리는 것은 조종사의 책임이다. 시각 접근을 하도록 하는 허가는 IFR 허락을 받는 것이지, IFR 비행 계획을 취소하는 것은 아니다.

#### 2.5.11.8 콘택트 접근(Contact Approach)

IFR 비행 계획에 의거하여 비행을 하는 조종사는 ATC에 Contact Approach에 대한 허가를 요청할 수도 있는데, 단 조종사는 구름을 피할 수 있고 또 비행 시정이 최소 1마일은 되어야 하며, 이런 기상 상태에서 목적지 공항으로 적절히 계속 비행할 수 있어야 한다. 관제사는 다음과 같은 조건일 때 콘택트 접근을 허가한다.

- (1) 조종사가 콘택트 접근을 요청한다. ATC가 먼저 이 접근을 시킬 수 없다. (예:REQUEST CONTACT APPROACH)
- (2) 목적지 공항의 보고된 지상시정은 최소 1SM이다.
- (3) 표준 계기접근 절차, 또는 특수 계기접근 절차가 있는 공항에서 콘택트 접근이 이루어진다.
- (4) 인가된 간격 분리는 접근 인가를 받은 항공기

간에 적용시키며, 이들 항공기와 다른 IFR 또는 특수 VFR 항공기 간에 적용시킨다. (예: CLEARED CONTACT APPROACH(필요시), AT OR BELOW(고도) (경로) IF NOT POSSIBLE(예비 절차) AND ADVISE.)

콘택트 접근은(ATC로부터 사전 허가를 받아) 조종사가 활용할 수 있는 일종의 접근 절차인데, 표준 계기접근 절차 또는 특수 계기접근 절차로 비행하는 대신에 하는 절차이다. 이 절차는 IFR 비행을 가지고, 설정되어 운영되고 있는 계기접근 절차가 없는 공항으로 비행하기 위하여 조종사가 활용하도록 의도된 것은 아니다. 또한 어떤 공항 접근을 한 후, 구름 주위를 뚫고 나왔을 때('In the Clear') 그 계기접근을 중단하고 시각 비행으로 다른 공항에 진입하도록 한 절차도 아니다. 콘택트 접근을 할 때 조종사는 장애물 회피 책임을 갖는다. 만일 레이더관제 업무를 받고 있을 경우, 조종사가 조연 주파수로 변경하라는 지시를 받았을 때 이 업무는 자동적으로 종결된다.

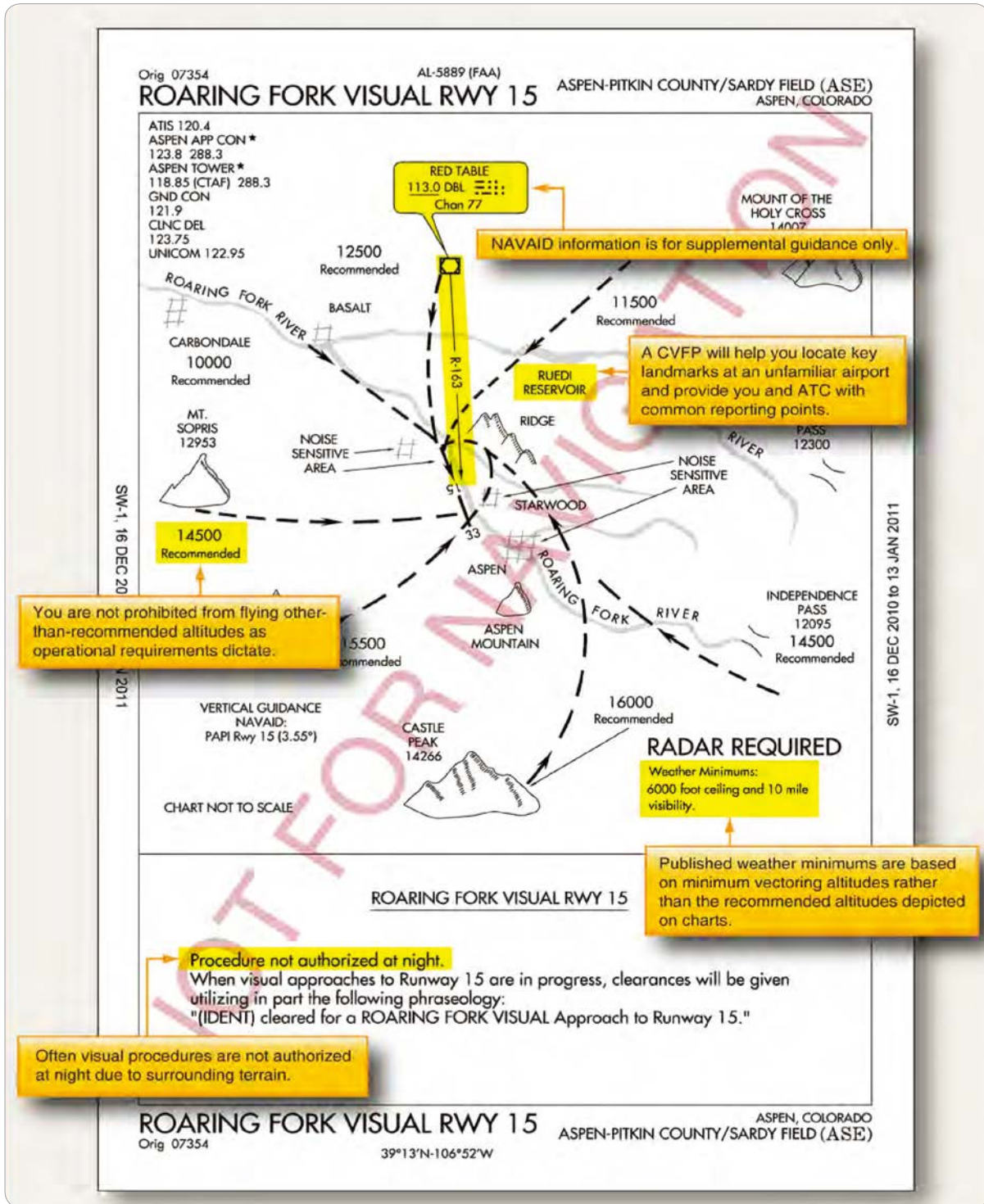
#### 2.5.11.9 차트화된 시계비행 절차

##### (Charted Visual Flight Procedures)

차트화된 시계비행 절차(Charted Visual Flight Procedures, 이하 'CVFP'라고 한다)는 관제탑이 있는 공항에서 환경 문제나 소음 문제, 항공교통 운항의 안전과 효율성을 위해 필요한 경우 수립된다. Turbojet 항공기를 위해 주로 설계된 CVFP는 중요한 랜드 마크, 항로, 특정 활주로의 권고되는 고도가 설명되어 있다.

아래 그림에서 보듯이 조종사가 Roaring Fork



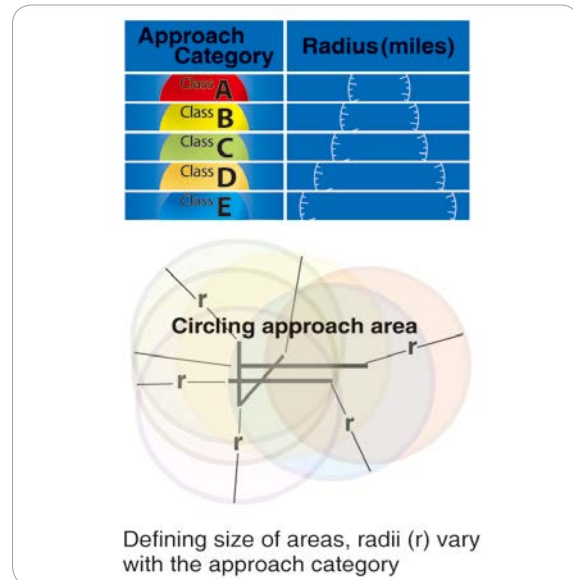


[그림 4-19] Charted visual flight procedures(CVFP)

Visual RWY 15를 비행할 때, VORs, NDBs, DME 픽스 대신에 산, 강, 마을이 Colorado's Sardy Field의 Aspen으로 안내하는 기능을 한다. 조종사는 명시된 시각적 랜드 마크(Visual Land mark) 또는 선행 항공기를 육안으로 확인해야 하며, 기상 은 ATC가 CVFP 허가를 발부하기 전에 규정된 최저치 이상이 되어야 한다. ATC는 착륙 예정 공항의 보고된 운고가 MVA/MIA 상공 500피트 이상, 시정 이 3SM 이상인 경우, ATC 조종사에게 CVFP 허가를 발부한다. 선행 항공기를 따라 비행하도록 하는 허가를 수신할 때, 조종사는 안전한 접근 간격과 후류(後流) 요란 분리를 유지할 책임을 갖는다. 명시된 시계 접근을 계속하기 위한 어느 지점이 불가능하거나 조종사가 선행 항공기를 확인할 수 없을 때 조종사는 ATC에 즉시 알려야 한다.

### 2.5.12 선회 접근(Circling Approaches)

착륙을 위한 기상 최저치는 접근 차트의 'CIRCLING' 하단에 나와 있다. 선회 접근 기상 최저치(Circling Minimum)는 착륙을 위하여 공항 상공을 선회하거나, 기동 또는 접근 차트에 직진입 기상 최저치(Straight-in Minimum)가 지정되지 않았을 때 적용된다. [그림 4-20] 계기접근 차트의 선회 접근 기상 최저치는 선회 구역 안에서 최소한 300피트의 장애물 회피를 보장한다. 선회 접근(Circling Approach) 중의 조종사는 착륙할 활주로를 지속적으로 보면서 착륙을 위한 최종 강하를 시작할 위치에 오기 전까지는 선회 접근 기상 최저치 고도 이하로 내려와서는 안 된다. 선회 접근 기상 최저치는 말 그대로 가장 낮은 최저 고도라는 것을 명심해야 한다. 만약 운고가 허용한

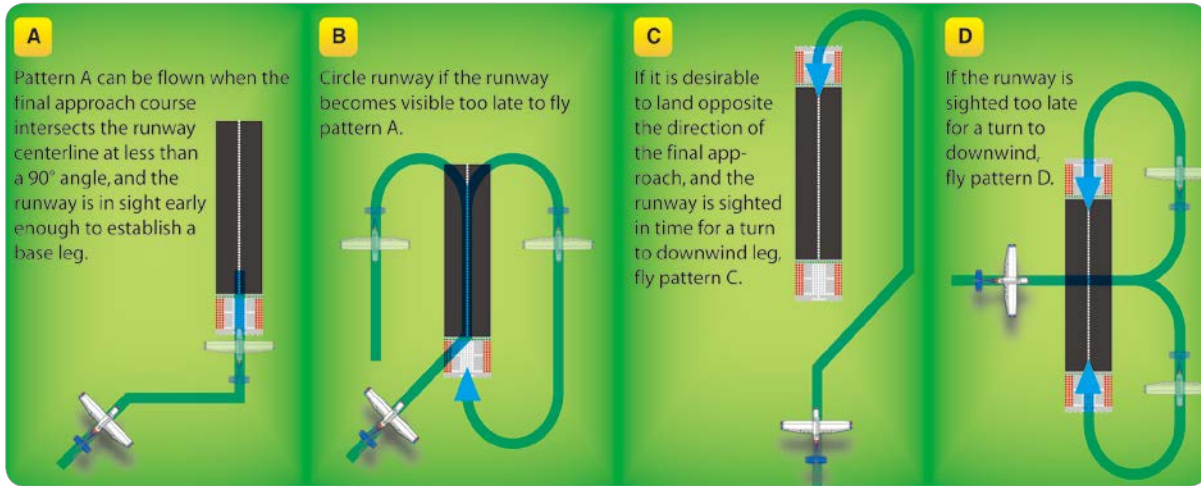


[그림 4-20] Circling approach area radius

다면 장주 고도에 가까운 고도를 유지해야 한다. 이렇게 함으로써 착륙 활주로가 평상시와 같이 보여 안전하게 기동을 할 수 있을 것이다.

[그림 4-21]는 선회 접근 시 사용될 수 있는 형태를 보여 주고 있다. Pattern 'A'는 최종 접근 경로와 활주로 연장선과의 각도가 90도 미만이고, 조종사가 활주로를 빨리 파악하여 Base Leg를 설정할 수 있는 경우에 적용될 수 있다. Pattern 'A'를 수행하기에는 너무 늦게 활주로를 보았을 경우에는 'B'와 같이 선회할 수 있다.

Pattern 'C'는 최종 접근 반대 방향으로 착륙이 수행되어야 하고, Downwind Leg로 선회할 수 있는 시기에 활주로를 보았을 경우에 적용할 수 있다. Downwind Leg로 선회할 수 있는 시기를 지나서 활주로를 보았을 경우에는 Pattern 'D'를 적용할 수 있다. 어떠한 선회 형태가 이루어지든지 지정된 선회 구역 이내에서 기동이 이루어져야 한다. 선회 접



[그림 4-21] Circling approaches

큰 카테고리의 설명을 위해서는 각 TPP의 Section A('Terms and Landing Minima Data')를 참조하라. Sound Judgment, 조종사의 능력과 항공기의 성능은 각 거리에서 선회 형태를 결정하는 요소들이며, 조종사는 다음과 같은 사항들을 고려하여야 할 것이다.

### 2.5.13 IAP Minimums

조종사는 다음과 같은 조건이 되지 않을 경우에는, 공항의 설정된 MDA 미만 고도에서 항공기를 운항하거나 설정된 DA/DH 미만으로 접근을 수행해서는 안 된다. :

- (1) 정상적인 기동과 강하율로 착륙할 활주로에 지속적인 강하를 할 수 있는 위치에 놓여 있을 때
- (2) 기상 이 수행되고 있는 접근 절차의 착륙 기상 최저치 이상일 때
- (3) 착륙할 활주로의 시각적인 참조물로서, 최소한

다음 중의 한 가지를 보고 식별할 수 있어야 한다.

- 1) Approach Light System
- 2) Threshold
- 3) Threshold Markings
- 4) Threshold Lights
- 5) Runway end Identifier Lights(REIL)
- 6) Visual Approach Slope Indicator(VASI)
- 7) Touchdown Zone or Touchdown Zone Markings
- 8) Touchdown Zone Lights
- 9) Runway or Runway Markings
- 10) Runway Lights

### 2.6 실패 접근(Missed Approaches)

실패 접근 절차는 설정된 각 계기접근마다 공식화 되어 있고, 항공기가 장애물로부터 회피되면서 향로

구조에 위치하도록 한다. 절차는 접근 차트에 문장과 그림 형식으로 나와 있다. 실패 접근은 조종사의 가장 바쁜 상황 아래에서 이루어지기 때문에, 접근 시작 전에 절차가 연구되고 숙지되어야 한다. 실패 접근을 실시할 때는 항공기의 상승 출력과 상승 자세가 유지되어야 한다. 항공기의 상승을 위한 외장을 유지하고 적절한 방향으로 선회하며 ATC에 '실패 접근을 수행 중'이라고 통보하면서 다른 인가를 요청한다. 만약 실패 접근이 MAP 이전에서 시작되었을 경우에는 ATC로부터의 다른 인가가 없는 한, 선회를 시작하기 전에 MDA 또는 DA/DH 이상의 고도를 유지하여 계기접근 절차상의 MAP까지 비행해라. 계기접근 후 착륙을 위한 선회 접근 중에 지상의 시각 참조물을 놓쳤을 경우에도 실패 접근을 실시해라. 초기 상승 선회는 착륙 활주로 방향으로 한 후 실패 접근 경로로 진입하여 비행해야 한다.

조종사는 다음과 같은 경우에 즉시 실패 접근을 수행해야 한다. :

- (1) 항공기가 MDA 고도 이하에 있을 때나 MAP에 도착해서 착륙할 때까지 DA/DH 또는 MDA 미만의 고도에서 운영할 수 있는 조건이 이루어지지 않았을 때
- (2) MDA 이상의 고도로 선회 접근 조작 중 공항의 시설물이 보이지 않을 때
- (3) ATC의 지시가 있을 때

실패 접근 절차는 FAF의 위치와 관계가 있다. FAF가 비행장 안에 있지 않을 경우, 실패 접근 절차는 접근 시설물로부터 MAP까지의 거리를 명시할 것이다. IAP의 비행장 그림에 다양한 대지속도하에

서 시설물로부터 실패 접근까지의 소요 시간이 나와 있는데 조종사는 속도, 바람, 거리를 고려해야 할 것이다. 이 시간은 적용할 기상 최저치가 없을 경우, 실패 접근을 수행할 때 적용한다. 실패 접근에 관한 지시는 ASR 또는 PAR 접근 시 최종 접근 시작 전에 언급될 것이다.

## 2.7 착륙(Landing)

법과 규정에 의하여 비행 시정이 수행되고 있는 IAP의 시정 최저치 미만일 경우에 조종사는 착륙을 하면 안 된다. ATC는 사용 활주로에 관한 적절한 최신 시정 정보를 조종사에게 제공할 것이다. 이러한 정보에는 Prevailing Visibility, Runway Visual Value(RVV), Runway Visual Range(RVR)가 있지만, 조종사는 접근 차트의 착륙 최저치에 대해 비행 시정(Flight Visibility)만을 고려하여 비행 시정이 최저치 이상일 경우에는 접근하여 착륙을 수행하지만, 미만일 경우에는 보고된 시정에 관계없이 실패 접근을 하여야 한다. IAP 차트의 착륙 최저치는 수행될 접근에 관계되는 모든 장비와 시각 보조물이 정상적으로 운영될 때(Full Operation of All Components and Visual Aids)를 기준으로 한 것이므로, 장비나 시각 보조물이 정상적이지 않을 경우에는 더 높은 최저치를 적용해야 한다. 예를 들어 ALSF-1 접근 등화 시설이 운영되지 않을 경우의 ILS 접근을 위한 시정 최저치는 1/4마일 증가되어야 한다. ILS Glide-slope이 작동하지 않을 때의 최저치는 계기접근 절차에 Localizer 최저치로 설정되어 있다.



### 2.7.1 도착, 접근 및 착륙 예시

이제 CMI로부터 대략 북동쪽 50마일 지점에 이르렀다. Center 관제사에게 주파수 변경을 요청한 후 ATIS 주파수를 청취하였으나, 기상은 AFSS와 교신할 때와 같은 상태이고 접근은 ILS runway 32L였다. Center 주파수로 다시 전환하여 실패 접근 절차에 특히 유의하며 접근 차트를 재검토했다. 기상이 호전된다면 Runway 14 Right로 선회 접근 착륙할 것이므로 선회 접근 기상최저치도 재확인하며 관련 Checklist를 수행하였다. Chicago Center가 Champaign Approach Control로 관제 이양을 하여 접근관제소와 교신하였다.

“Champaign Approach, Cessna 1230A level 5,000 feet with information TANGO.”

“Cessna 30A, Champaign Approach, descend and maintain 3,000 feet, turn left heading 240 for radar vectors to the ILS approach to runway 32 left.” “Descend to 3,000, turn left to 240, radar vectors to ILS 32L, Cessna 30A.”

240도로 선회하며 3,000피트로 강하하였다. Radar vector 상태이므로 접근을 위하여 항법 장비를 조절하였다. Number 1 Navigation에는 ILS 주파수 109.1을 맞추고, OBS는 최종 접근 경로인 316도를 맞추었다. Number 2 Navigation에는 실패 접근을 대비하여 VOR 주파수 110.0을 맞추고, OBS는 297도를 맞추었다. 마지막으로 ADF에는 VEALS Compass Locator 주파수인 407을 맞추고, 각 항법 장비의 수신 신호를 점검한 후 Number 2 Communication Radio에는 Champaign Tower를

선택하였다. 이제 인가를 받고 접근하는 일만 남아 있다.

“Cessna 30A your position is 7 miles from VEALS, turn right heading 290 maintain 3,000 feet until intercepting the localizer, cleared for the ILS runway 32 left approach.”

인가를 복창하고 localizer 경로에 진입한 후 접근 차트의 절차에 의해 2600피트로 강하하였다. Champaign Approach Control에서 다시 Champaign 관제탑으로 관제 이양하였다.

“Cessna 30A contact Tower on 120.4.”

“120.4, Cessna 30A.”

“Champaign Tower, Cessna 1230A outside VEALS on the ILS runway 32 left.”

“Cessna 30A Champaign Tower, the weather is improving at Champaign. The ceiling is now 600 overcast and the visibility is 4 miles. Plan to circle north of the field, cleared to land runway 14 right.”

“Circle north, cleared to land runway 14 right, Cessna 30A.”

접근 비행 중 관련 체크리스트를 수행하고, Outer Marker를 통과하면서 Glide Slope을 유지하기 위해 강하를 시작하였다. 1,600피트 MSL에서 구름이 뚫려 비행장이 보였다. 비록 선회 접근 최저치가 1,160피트이지만 1,500피트로 선회 접근을 수행하기로 하였다. Runway 14 Right의 Left Downwind를 위하여 비행장 북쪽으로 선회하여 착륙 지점(Touchdown)이 Abeam되었을 때 착륙



을 위한 정상 강하를 시작하였다. 활주로에 착륙을 하자 Champaign Tower에서 다음과 같은 지시를 주었다. :

“Cessna 30A turn left at taxiway Bravo and taxi to the ramp on this frequency.” “Roger, Cessna 30A.”

활주로를 개방하고 관련 checklist를 완료하자 비행을 성공적으로 수행했다는 성취감으로 흡족했다. IFR flight plan은 관제탑에서 자동으로 종결시켜 주었다. 세밀한 비행 전 계획과 준비에 의해 성공적인 비행이 이루어진 것이다.





## 5편. 항공교통관제 시스템

### 1장 항공교통관제 시스템

- 1.1 통신 장비
- 1.2 레이더와 트랜스폰더
- 1.3 모드 C
- 1.4 통신 절차2

### 2장 항공교통관제 구성

- 2.1 Terminal Radar Approach Control
- 2.2 Tower En Route Control
- 2.3 Air Route Traffic Control Centers
- 2.4 Center Approach/Departure Control
- 2.5 항공 관제 센터
- 2.6 터미널 레이더 접근관제소

### 3장 항공교통관제 업무

- 3.1 업무 우선순위
- 3.2 절차상 우선순위
- 3.3 운영상 우선순위
- 3.4 긴급 이행
- 3.5 관제 이양
- 3.6 무선통신2
- 3.7 공중 충돌 경고 장치 회피 조언
- 3.8 RVSM 운영2
- 3.9 지형 인지 경고 체계
- 3.10 조종사 응답/복창
- 3.11 빗총 신호

# 1장

## 항공교통관제 시스템 Air Traffic Control System

### 1.1 통신 장비 (Communication Equipment)

민간항공 조종사는 VHF 주파수 범위 내에서 ATC와 교신한다. ATC와의 원활한 교신을 위해서는 25kHz의 주파수 간격을 조절할 수 있는 무선송수신기가 필요하다. 탑재된 장비로는 ATC가 지시한 주파수를 선택할 수 없다면 다른 주파수를 요구해라.

[그림 5-1]은 전형적인 무선 장비로서 좌측에는 송수신기, 우측에는 항법을 위한 수신기이다. 많은 무선 장비들은 하나 이상의 주파수를 저장시키고, 송수신을 위해서는 하나의 주파수만 사용한다. 122.1MHz로 Automated Flight Service Stations(AFSS)에 송신하고 VOR 주파수를 통해 수신하여 AFSS와 교신하는 것도 가능하다. 이것을 '양방향 교신 방식(Duplex Operation)'이라 한다.



[그림 5-1] Typical navigation/communication installation



[그림 5-2] Audio panel



[그림 5-3] Combination GPS-Com unit

오디오 패널(Audio Panel)은 선택한 수신기의 음량을 조절하고, 원하는 송신기를 선택할 수 있으며, [그림 5-2] 수신을 위해 기내 스피커(Cabin Speaker)와 헤드폰(Headphone)의 2가지 위치가 있다.

깨끗한 교신을 위해서는 붐 마이크(Boom Microphone)이 달린 헤드셋이 추천되며, 조종실의 소음으로 인해 관제사가 잘 알아듣지 못할 수도 있으므로 마이크(Microphone)를 입술에 가까이 대야 한다. ATC와 교신하면서 다른 수신기로는 ATIS를 청취할 때와 같이 송신하면서 다른 주파수를 감청할 필요가 있을 경우에는, 송신 선택기를 COM1/COM2에 위치시키고 수신 선택 스위치는 수신기(Receiver), 교신(Communication), 항법(Navigation) 등을 선택한다. 정확한 식별을 위해 항법 장비의 수신 신호를 감청하는 것은 스위치 패

널(Switch Panel)을 사용하는 또 다른 이유이다. 대부분의 오디오 스위치 패널에는 마커 비콘(Marker Beacon) 수신기가 포함되어 있으며, 모든 마커 비콘(Marker Beacon)은 75MHz를 송신하기 때문에 주파수 선택기가 없다.

[그림 5-3]은 대중화되어 가고 있는 NAV/COM Radio 형태로서 GPS 수신기와 무선송수신기가 장착되어 있다. 이 장비는 항법 성능에 의해 공역 경계나 픽스 통과 시기를 결정해서 현 위치에 적합한 통신 주파수를 자동으로 선택해 주는 기능이 있다.

## 1.2 레이더와 트랜스폰더 (Radar and Transponders)

ATC 레이더에는 항공기의 금속 표면으로부터 반사되는 1차 반사 에너지를 시현하는 제한적인 기능이 있지만, 지상의 질문 신호에 대한 트랜스폰더의 2차 반사 신호를 시현하는 기능에 의해 자동화가 가능해졌다. 트랜스폰더는 계기 패널에 장착된 레이더 비콘 송신기/수신기이다. ATC 비콘 송신기는 레이더 안테나가 회전하면서 지속적으로 질문 신호를 보내고 항공기의 트랜스폰더에 의해 이 질문 신



호가 수신이 되면 암호화된 응답 신호를 보내 관제사의 스크프에 시현된다. 레이더의 질문 신호를 수신하고 응신할 때마다 트랜스폰더의 'Reply' 불빛이 깜박거린다. 트랜스폰더 코드는 ATC에 의해 지정된다. 관제사의 'Ident' 지시에 의해 Ident 버튼을 누르게 되면 관제사의 스크프 상에서 항공기의 명확한 식별을 가능하게 한다. 조종사는 요청받았을 때 간단히 Ident 버튼만 누르면 되고, 코드를 변경하거나 Ident 버튼을 누를 때 구두로 확인하는 것은 좋은 습관이다.

### 1.3 모드 C(Mode C)

Primary Radar Returns는 레이더 안테나에 의해 목표물에 대한 거리와 위치를 가리키지만, Secondary Radar Returns는 항공기가 Encoding Altimeter나 Blind Encoder를 탑재했다면 Altitude Mode C를 관제 스크프 상에 시현시킨다. 트랜스폰더 스위치가 ALT Position에 놓여져 있다면 항공기의 기압 고도(Pressure Altitude)가 관제사에게 전달된다. 기압계의 고도 수정치를 수정해도 관제사가 보고 있는 고도에는 영향을 주지 않는다. 관제공역 내에서 운항할 때에는 트랜스폰더를 항상 ON 해야 한다. Class B, Class C의 Primary Airport로부터 30마일 이내에서는 규정에 의해 트랜스폰더의 고도 보고 기능이 요구되며, 고도 보고 기능 또한 항상 ON 시켜야 한다.

### 1.4 통신 절차 (Communication Procedures)

필수적인 것으로서, 조종사와 관제사 간에 쉽게 인지할 수 있는 공통된 용어를 사용해야 하는데, Aeronautical Information Manual(AIM)의 Pilot/

[표 5-1] Phonetic pronunciation guide

Character	Morse Code	Telephony	Phonic (Pronunciation)
A	•—	Alfa	(AL-FAH)
B	—•••	Bravo	(BRAH-VOH)
C	—•—•	Charlie	(CHAR-LEE) or (SHAR-LEE)
D	—••	Delta	(DELL-TAH)
E	•	Echo	(ECK-OH)
F	••—•	Foxtrot	(FOKS-TROT)
G	—•—•	Golf	(GOLF)
H	••••	Hotel	(HOH-TEL)
I	••	India	(IN-DEE-AH)
J	•—•••	Juliett	(JEW-LEE-ETT)
K	—•—	Kilo	(KEY-LOH)
L	•—••	Lima	(LEE-MAH)
M	—•—	Mike	(MIKE)
N	—•	November	(NO-VEM-BER)
O	—•••	Oscar	(OSS-CAH)
P	•—•••	Papa	(PAH-PAH)
Q	—••—	Quebec	(KEH-BECK)
R	••—•	Romeo	(ROW-ME-OH)
S	•••	Sierra	(SEE-AIR-RAH)
T	—	Tango	(TANG-GO)
U	••—	Uniform	(YOU-NEE-FORM) or (OO-NEE-FORM)
V	•••—	Victor	(VIK-TAH)
W	•—•—	Whiskey	(WISS-KEY)
X	—••—	Xray	(ECKS-RAY)
Y	—•—•	Yankee	(YANG-KEY)
Z	—••••	Zulu	(ZOO-LOO)
1	•—••••	One	(WUN)
2	••—••	Two	(TOO)
3	•••—•	Three	(TREE)
4	••••—	Four	(FOW-ER)
5	•••••	Five	(FIFE)
6	—••••	Six	(SIX)
7	—•••••	Seven	(SEV-EN)
8	—•••—••	Eight	(AIT)
9	—••••••	Nine	(NIN-ER)
0	—•••••••	Zero	(ZEE-RO)

Controller Glossary에 수록된 용어와 정의가 가장 좋은 자료이다. AIM은 수정되면서 새로운 용어가 추가될 수 있으므로 Glossary를 자주 복습해야 한다. 비행 인가와 지시는 크게 문자와 숫자로 이루어지므로, 이에 대한 음성학적인 발음법이 제시되었다.

[표 5-1]

항공교통관제사는 조종사와 교신 시, 항공교통관제 절차의 지침을 따라야 한다. 매뉴얼에는 각기 다른 상황 아래에서 관제사가 사용해야 할 정확한 전문 용어가 기술되어 있다. 이것은 조종사가 무선 통화의 일정한 형식을 이해하고 있을 때 차기 관제사의 지시를 예상할 수 있기 때문에 조종사에게 도움이 된다. 관제사는 조종사의 경력, 숙련도, 전문성에 의한 다양한 교신 스타일에 직면하게 된다. 조종사는 AIM의 예문을 복습하고 다른 조종사들의 교신을 들어본 후, 이를 토대로 ATC와의 교신 시 적용시켜야 한다. 조종사는 비행 인가나 지시의 명확성을 위해 필요하다면 이해를 쉽게 하기 위하여 평어를 사용할 수 있고, 관제사도 이와 같은 방법으로 응신하게 될 것이다. 안전한 계기비행은 관제사와 조종사 간의 협력에 의해 이루어진다.

# 2장

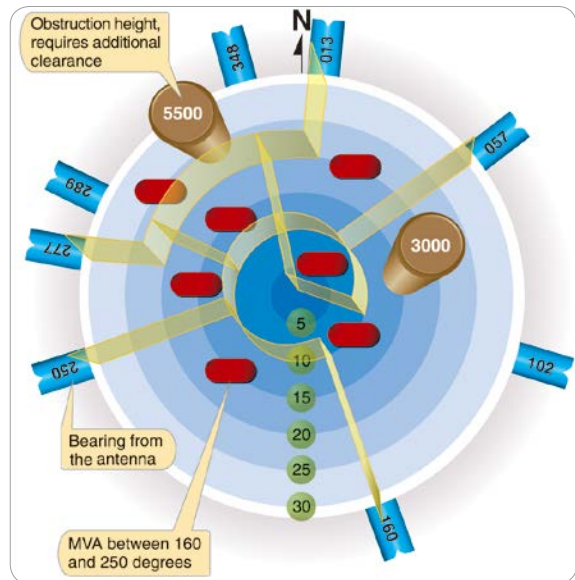
## 항공교통관제 구성 ATC, Air Traffic Control Structure

### 2.1 Terminal Radar Approach Control (TRACON)

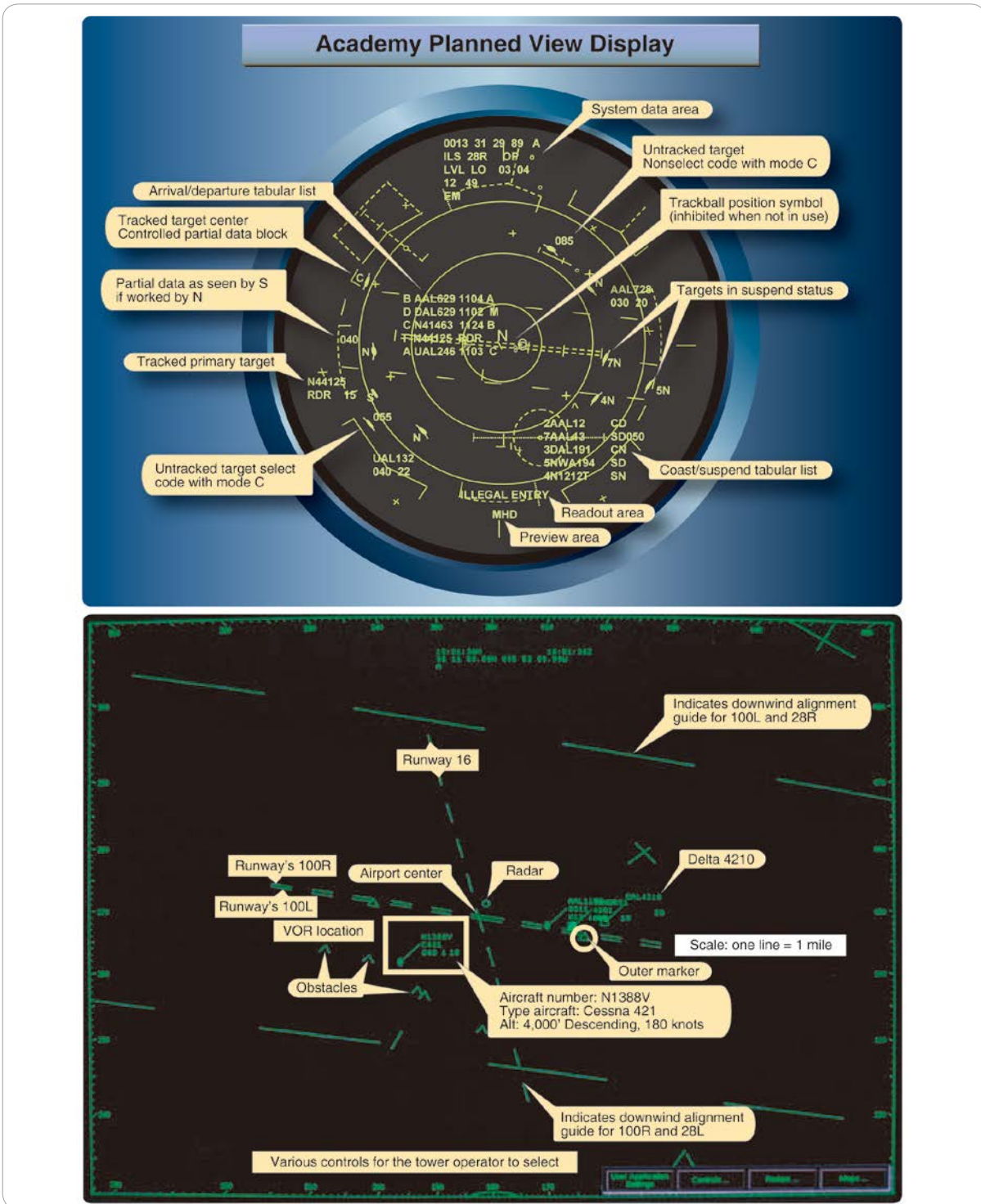
미국에서 사용되는 TRACON은 출항 공항과 NAS의 항로 체계 사이를 연결하기 때문에 터미널 시설로 간주한다. Terminal 구역은 보통 시설로부터 30마일, 수직으로는 10,000피트까지이지만 범위는 다양하다. Class B와 Class C 구역 범위는 Aeronautical Chart에 도시되어 있다. 터미널 레이더 시설 구역은 여러 구역(Sector)으로 나뉘어져 있으며, 각 구역을 담당하는 관제사와 지정 주파수가 배정되어 있다. 모든 터미널 시설들은 접근관제소(Approach Controls)이고, 다르게 지시("Contact departure on 120.4") 받지 않는 한 "Approach"라고 부르면 된다. 터미널 레이더 안테나는 공항 근처에 설치되어 있으며, [그림 5-4]는 전형적인 형태이다. 터미널 관제사는 수립된 절차의 고도보다 낮은 Minimum Vectoring Altitudes(MVA)를 지정해 줄 수도 있다. 이 고도는 공식적으로 공표되지는 않았지만 조종사가 받아들일 수 있으며, [그림 5-5]와 같이 관제사의 콘솔에 표시가 되어 있다. 하지만 조종사가 판단하기에 지정받은 고도가 너무 낮다고 여겨진다면, 강하게 하기 전에 관제사에게 문의해야 한다. 조종사가 비행 인가를 수령한 후 이륙 준비가 되었다고(Ready for Takeoff) 보고하면, 관제탑 관제사는 이륙을



[그림 5-4] Combined radar and beacon antenna



[그림 5-5] Minimum Vectoring Altitude Chart



[그림 5-6] The top image is a display as seen by controllers in an air traffic facility



시킴을 위하여 TRACON에 연락을 하는데 출항 관제사가 출항을 시키기 위한 준비가 될 때까지 이륙 인가는 발부되지 않을 것이다. 조종사가 이륙 인가를 받았을 때 출항 관제사는 해당 항공기의 비행에 대해 이미 알고 있으며 조종사의 호출을 기다리고 있을 것이다. 관제사에게 필요한 모든 정보는 Departure Strip이나 컴퓨터 화면에 나오기 때문에 관제탑의 지시에 의해 출항 관제사와 무선 교신을 할 때는 비행 인가를 반복할 필요 없이 간단하게 교신만 이루어지면 된다. 터미널 컴퓨터는 지정된 코드를 식별하는 순간부터 해당 항공기의 트랜스폰더를 포착하여 추적하게 될 것이다. 이러한 이유로 이륙 인가가 나오기 전까지는 트랜스폰더를 Standby 위치에 두어야 한다. 관제사의 레이더에 항공기가 포착되면 항공기의 이동에 따라 관련된 자료 블록(Aircraft Identification, Aircraft type, Altitude, Airspeed)도 따라 움직인다. TRACON 관제사는 초기 식별을 위해 Airport Surveillance Radar(ASR)를 사용하고, 트랜스폰더 신호를 수신하기 위해 Automated Radar Terminal Systems(ARTS)을 이용하게 되는데, 이 두 가지는 관제사의 스크ope에 결합되어 있다. [그림 5-6]

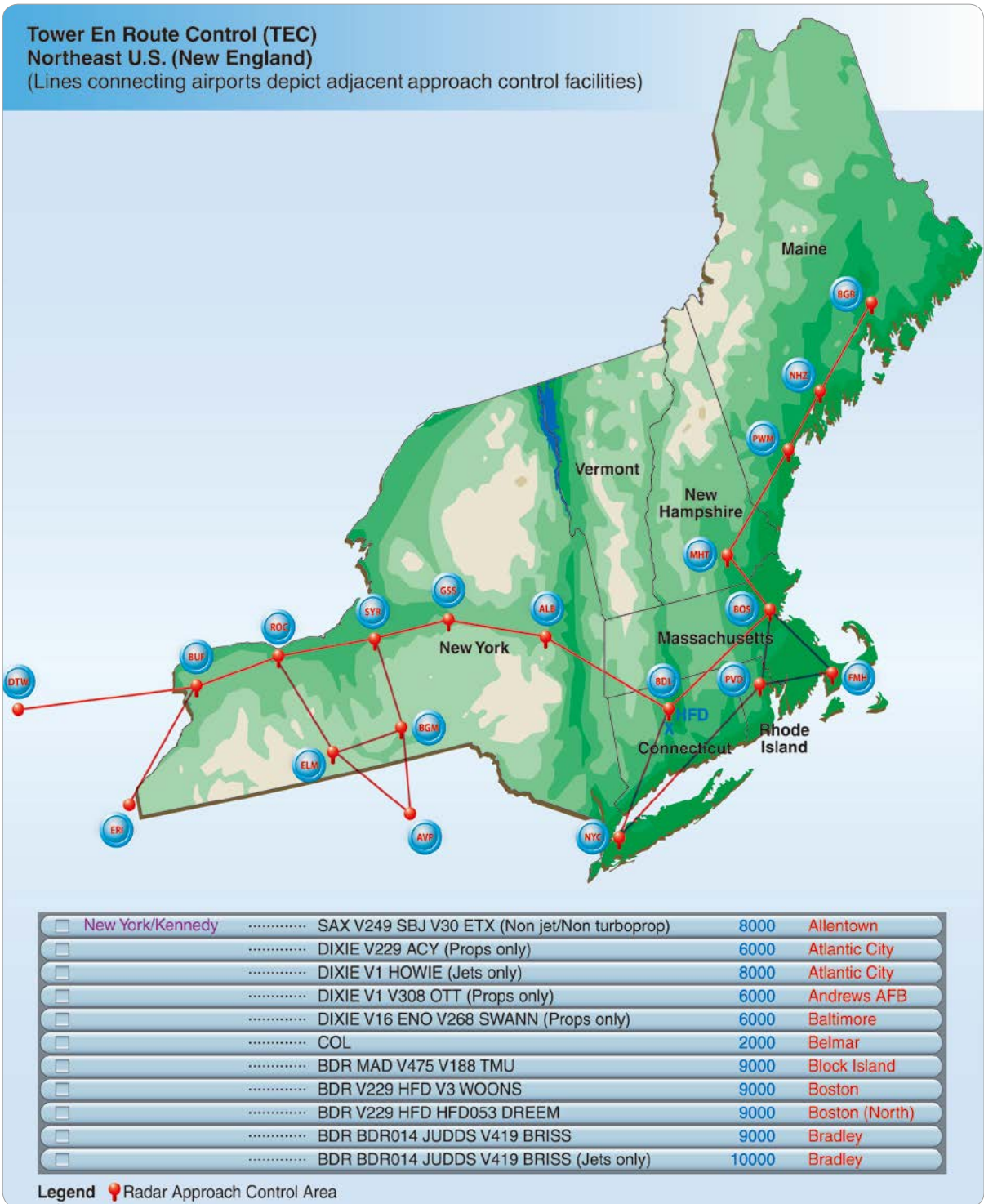
ASR-3 장비에서는 강수에 의해 반사되는 레이더의 강도가 다양하게 시현되지 않으므로 관제사는 기상 회피 조언을 조종사 보고나 경험에 의존하여 제공해야 한다. ASR-9 장비로는 강도 6까지 관제사가 설정할 수 있다. Level 1 강수는 회피할 필요가 없지만, Levels 2나 3은 조종사에게 주의를 주어야 한다. 높은 강도의 반사파에 의해 항공기의 자료 블록(Data Block)이 잘 보이지 않게 된다면 조종사의 요청에 의해서만 더 높은 강도로 설정할 수 있다.

경로 전방의 기상에 대해 의심이 간다면 관제사에게 강수의 강도가 시현되는지 문의하고, 경항공기는 Levels 3 이상의 강도를 회피해야 한다.

## 2.2 Tower En Route Control(TEC)

미국에서 사용되는 절차인 Tower En Route Control(이하 'TEC'라고 한다)는 미국 내 많은 지역에서, 대부분 터미널 구역 내에서 운영된다. 일반적으로 10,000 미만의 고도에서 운영하는 항공기를 위하여 TEC 경로가 설정되어 있으며, A/FD에서 이에 관해 찾아볼 수 있다. TEC를 원하는 조종사는 비행 계획서의 Remarks란에 이에 대한 사항을 기록해야 한다. 조종사는 A/FD에 수록된 도시의 큰 공항으로만 비행이 제한되지 않는다. 예를 들면, 뉴욕(NYC) 구역 내 공항으로부터의 TEC 비행은 Hartford(HFD)공항과 같이 Bradley International(BDL) Airspace로부터 대략 30마일 이내의 아무 공항으로나 비행을 종료할 수 있다. [그림 6-7] 터미널 레이더 시설의 자동 레이더 장비에 의해 제공되는 유용한 업무는 Minimum Safe Altitude Warnings(MSAW)이다. 이 장비는 항공기 현 위치에서의 비행경로로부터 2분 이내의 예상 경로가 장애물 지역이 될 것 같으면 관제사로 하여금 안전 경고를 발령하게 한다. Nonprecision Approach시의 비정상적인 급격한 강하율을 감지했을 경우에도 이러한 경고를 발령한다.





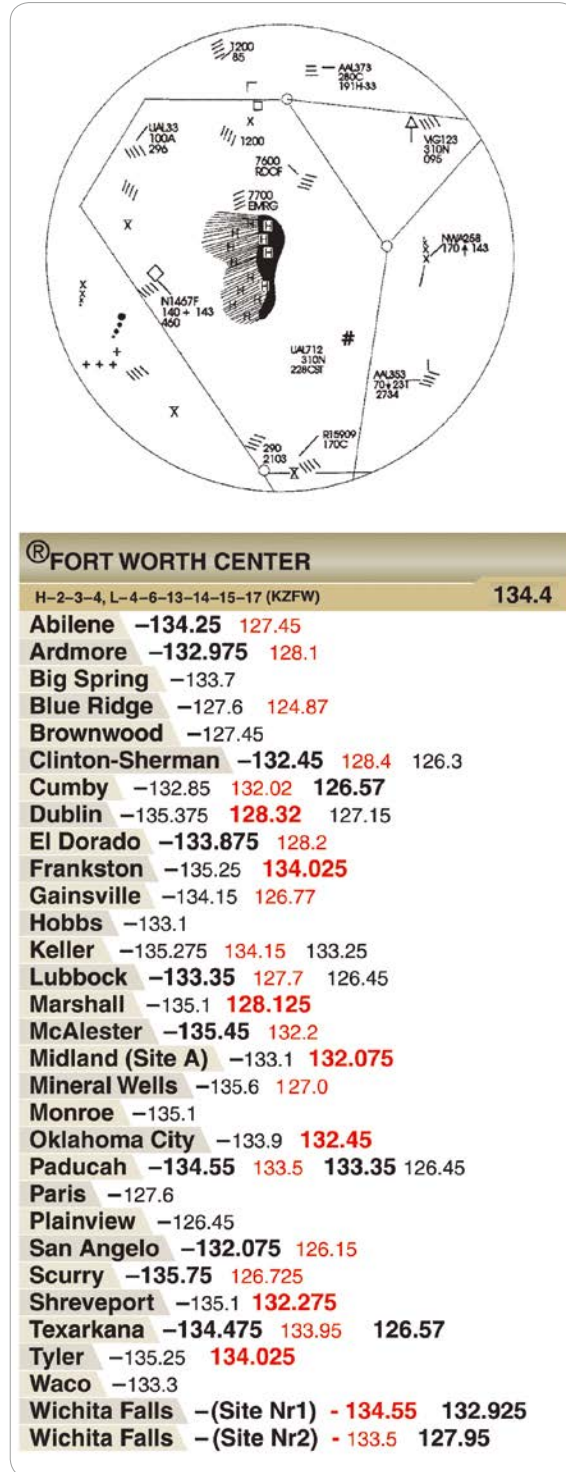
[그림 5-7] A portion of the New York area Tower En Route list

### 2.3 Air Route Traffic Control Centers (ARTCC)

항공교통관제소(Air Route Traffic Control Center)는 미국 내 항로 체계 내에서의 계기비행 항공기 간의 간격 분리에 대한 책임이 있다. ARTCC는 미국에서 ‘지역별 Center’라고 호출한다. 센터 레이더(Air Route Surveillance Radar)는 터미널 레이더와 동일한 기본 방법에 의하여 트랜스폰더의 신호를 포착한다. [그림 5-8] 구형의 고출력 레이더에서는 [그림 5-9]와 같이 사선(약한 강수)과 ‘H’ (Moderate Rainfall) 철자들로 이루어진 구역으로 기상을 시현시킨다. 더 심한 강수에 대한 탐지를 할 수 없기 때문에 조종사는 Moderate Rainfall로 시현되는 지역에 대해서 신중한 경계를 하여야 한다. 신형 레이더는 3단계의 청색으로 기상을 시현시킨다. 관제사는 시현시키고자 하는 기상 단계를 선택할 수 있다. 매우 강한 강도의 기상이 시현되면 관제사는 항공기의 자료 블록을 알아보기 힘들기 때



[그림 5-8] Center Radar displays



[그림 5-9] A Center controller's scope

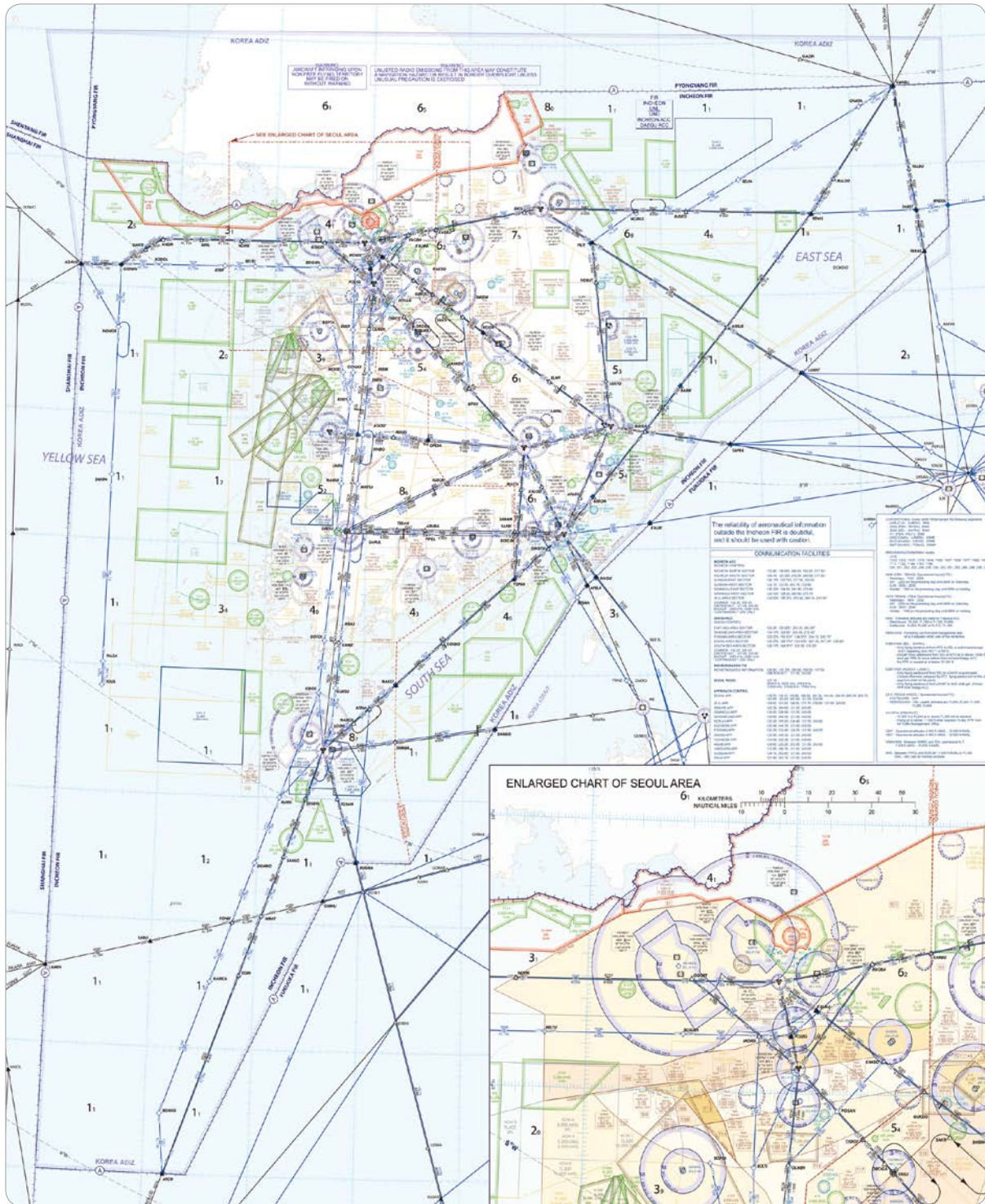
문에, 조종사는 이때에 ATC로부터의 지속적인 기상 정보 제공을 기대해서는 안 된다. 센터 공역도 터미널 공역과 같이 Sector들로 나뉘어져 있는데, 추가적으로 대부분의 센터 공역은 고도로 분할되어 High and Low Sectors로 되어 있다. 각 센터는 원거리 송수신국(Remote Transmitter/Receiver Sites)들에 의해 연결되어 있기 때문에 sector마다 전담 관제사와 통신 주파수가 배정되어 있다. 센터의 모든 주파수들은 [그림 5-9]와 같이 A/FD의 뒷부분에 실려 있으며 항로 차트에서도 찾아볼 수 있다. 각 ARTCC의 관할구역은 여러 개의 주를 포함하고 있다. 어떤 원거리 교신소(Remote Communication site) 부근에서 다른 곳으로 비행하게 됨에 따라 다른 주파수를 통해 동일한 관제사와 교신하게 될 것이다.

## 2.4 Center Approach/Departure Control

계기접근이 운영되는 대부분의 공항들은 터미널 레이더 공역 이내에 위치하지 않으며, 이러한 공항으로, 혹은 공항으로부터 운항할 때는 바로 센터 관제사와 교신할 것이다. 관제탑이 운영되고 있는 공항을 출항한다면 관제탑에서 센터 관제사와 교신하라고 지시할 것이다. 관제탑이 운영되지 않는 공항에서 출항한다면 비행 인가에는 ‘Upon entering controlled airspace, contact Houston Center on 126.5.’와 같은 지시를 포함할 것이다. 관제사의 MVA에 도달할 때까지 지상 장애물 회피에 대한 책임은 조종사에게 있다. 관제사로부터 단순히 “Radar contact”라고만 들었다면, 지속적으로 조종사가 장애물 회피에 대한 책임을 져야 한다. 출항 경

로상의 장애물로 인하여 표준 상승률보다 더 높은 상승률이 요구된다면 관제사가 조언할 것이다. 그러나 확실성을 기하기 위해서는 출항 경로상에 나무나 전선이 놓여 있는지 조종사가 A/FD에 수록된 출항 공항을 면밀히 검토해야 한다. 의심이 가면 관제사에게 요구되는 상승률을 질문해야 한다. 이러한 상황 하에서 “When able, proceed direct to the Astoria VOR……”이라는 비행 인가를 받았을 때에 ‘when able’이라는 의미는 장애물 회피를 유지하면서 비행하라는 의미이지, 항법을 위한 NAVAID 신호를 수신하자마자 지시 사항대로 비행하라는 의미가 아니다. 표준 상승률을 유지하면 선회를 위한 안전 고도(400피트 AGL)에 다다르기 전에 출항 활주로 끝으로부터 2마일 정도의 지점에 위치하게 될 것이다. 센터 관제사가 기수 방위, 직선 경로를 지시하거나 ‘direct when able’이라는 용어를 사용한다는 것은 장애물 회피에 대한 책임을 진다는 의미이다. 또 다른 센터의 비행 인가로 ‘Leaving(Altitude) fly(Heading) or proceed direct when able.’이 있다. 이때는 최저 IFR 고도 이상이 될 때까지 지상 장애물 회피에 대한 책임이 조종사에게 있다. 조종사가 시계비행 기상 조건으로 상승할 수 없는 한, 최저 IFR 고도 이상이 될 때까지 관제사는 IFR 비행 인가를 발부할 수 없다. 센터 관제사의 스코프 상에서 1/28인치가 1마일이다. 센터 관제사가 레이더 안테나로부터 상당한 거리의 공항에서 접근/출항 관제 업무를 제공하고 있다면 기수 방위와 거리를 판단하는 것은 매우 어려울 것이다. 관제사가 최종 경로로의 벡터를 제공한다면 스코프 상에서의 거리가 125마일을 초과하지 않도록 조절하여야 한다. 이것은 진입 방위를 위한 정확성을 기하기 위함이다. 따라





서 센터 레이더 안테나로부터 상당한 거리에서는 벡터제공이 줄어들 것으로 조종사는 예상해야 한다.

## 2.5 항공 관제 센터 (Air Control Center, ACC)

항공관제센터(Air Control Centers, ACC)는 해당 관제 공역 내에서 IFR로 운영하는 항공기의 안전하고 신속한 움직임을 제공하는 항공로 항공교통관제 시스템 공중/지상 라디오 통신을 포함한다.

ACC는 IFR 허가 발부와 전국적으로 각 IFR 비행 감시에 대한 중심이 되는 권한을 가진다. 이것은 우선적으로 항공로 구간에 적용되며, 기상 정보와 다른 운항 서비스를 포함한다. 국내에서는 인천과 대구 ACC가 있으며 각각의 센터는 교통 흐름, 항공로 구조, 업무량에 따라 결정되는 각각의 크기, 모양, 고도와 함께 섹터를 포함한다. 적절한 레이더와 통신 현장이 마이크로파 링크와 전화 회선으로 센터들과 연결되어 있다. 항공당국의 규정은 관제공역 내의 IFR로 비행하는 기장들이 지속적으로 적절한 인천 혹은 대구 ACC나 다른 접근관제주파수를 확인할 것을 요구한다. 이륙 후 상승할 때 IFR 비행은 레이더가 장착된 국지 출발 관제에 의해 접속되거나, 혹은 몇몇 지역에서는 ACC 기관에 의해 접속된다.

항공로 구간으로 비행을 전환할 때, 조종사들은 일반적으로 출발관제에서 인천 혹은 대구 ACC나 다른 접근관제주파수로의 이양을 예상한다. 국가 항공 지도 발간은 섹터 주파수를 알려주는 항공로 지도를 발행했다. 하나의 센터에서 다른 섹터로 이양되는 동안, 이전의 관제사는 새로운 주파수를 할당해준

다. 항공로 구간 동안, 비행이 하나의 섹터시설에서 다음 섹터로 전환될 때, 관제의 이양이나 인계가 이전에 설명된 대로 이루어져야 한다. 이양 절차는 출발이나 접근 관제와 같은 다른 레이더 시설 사이의 이양과 비슷하다. 관제사로부터의 레이더 유도에 대한 조종사의 준수는 지시 수용 그 자체가 비행 안전을 위한 조종사의 책임을 완화시키지는 않는다.

단순하게 “레이더포착”(RADAR CONTACT)을 청취했다고 해서 조종사의 회피책임이 없어지는 것은 아니다. ATC장비는 구름의 유무를 탐지하지 못한다. ATC의 레이더 장비는 강수지역의 강도를 결정할 수 있지만, 그 지역의 기상현상을 결정하는 수준은 아니다(예: 우박, VIGRA 등). ATC는 이러한 이유 때문에 레이더 화면에 표시되는 지역기상현상을 “강수지역”으로 언급한다.

조종사들은 반드시 안전 고도를 유지하고, 눈, 비, 그들의 위치를 계속 파악하고 있어야 하며, 관제사에게 질문하거나 수정된 허가를 요청하거나 비상 상황에서 비행의 안전이 의심되는 경우에는 지시를 벗어나는 것 등은 조종사의 의무이다. 상승하거나 비행의 다른 모든 구간에서 고도와 위치를 계속 파악하는 것은 상황 인식의 기본적인 요소이다. 향상된 지상근접 경보시스템(Enhanced Ground Proximity Warning System, EGPWS)이나 지형인식경보시스템(Terrain Awareness And Warning System, TAWS)을 장착한 항공기는 조종사가 안전하지 않은 고도와 항공기 근접을 감지하고 수정할 수 있도록 해준다. 장비와 관계없이 조종사들은 그들의 위치와 주변 항공기의 위치에 대한 상황인지를 유지하고 있어야 한다.



## 2.6 터미널 레이더 접근관제소 (Terminal Radar Approach Control)

접근 관제는 그 책임 지역 내에서 운항하는 모든 계기비행을 관제할 책임을 가진다. 접근 관제는 하나 이상의 공항에 서비스를 제공한다. 관제는 주로 조종사와 관제사의 통신과 공항 감시레이더(Airport Surveillance Radar, 이하 'ASR'라 한다.)를 통해 이루어진다. 초기 접근 지점(Initial Approach Fix, 이하 'IAF'라 한다.)에 도착하기 이전에 특정 주파수로 접근 관제와 연결하기 위해 ACC로부터 지시 사항을 전달받아야 한다. 접근 관제 서비스를 위해 승인되는 레이더는 레이더 접근뿐만 아니라 기존의 항행 안전시설(Navigation Aid, 이하 'NAVAID'라 한다), 또는 RNAV/GPS(Area Navigation/Global Positioning System, 이하 'RNAV/GPS'라 한다)를 사용하는 비(非)레이더 접근과 관련한 진로 안내에도 사용된다. 레이더 이양(Hand-off)이 ACC와 접근 관제 사이에서, 또는 두 접근 관제 시설 간에 시작할 때, 항공기는 비행하는 경로로 수직 분리와 함께 가장 적절한 픽스로 허가를 얻는다. 또는 항공기는 공항으로 허가를 얻거나, 항공기가 픽스에 도착하기 전에 이양이 완료되는 경우에는 픽스로의 허가를 얻는다. 레이더 이양(Hand-off)이 사용되는 경우, 연속적인 도착 항공기들은 수직 분리 대신 레이더 분리와 함께 접근 관제로 이양된다. 접근 관제 제공 후, 항공기는 최종 접근 코스를 따라 운항한다. ATC는 때때로 간격 분리 요구 조건을 위해 최종 접근 코스를 따라 항공기를 안내할 것이다. 조종사는 접근 허가가 내려지지 않으면 최종 접근 코스로 진입하지 않는다. 이 허가는 보통 최종 접근 코스의 차

단을 위해 최종 진로 안내와 함께 발부되며, 진로 안내는 조종사가 최종 접근 지점(Final Approach Fix, 이하 'FAF'라 한다)에 도착하기 이전에, 최종 접근 코스에 위치하게 할 것이다.



## 항공교통관제 업무 ATC Service

항공교통관제 시스템의 목적은 시스템 내 항공기 간의 충돌 방지, 항공교통의 질서 유지를 위한 항공교통 흐름의 조절 및 촉진에 있다. 기능에 부가하여 항공교통관제 시스템은(일정하게 제한된 범위 내에서) 부가적 업무를 제공할 수 있는 능력을 갖추고 있다. 부가적인 업무를 제공할 수 있는 능력은 다양한 요인, 즉 교통량, 주파수 혼잡, 레이더 성능, 관제사 업무량, 우선순위 업무 및 동 범주에 속하는 상황을 탐색하고 발견해 낼 수 있는 물리적 능력에 따라 제한된다. 업무 환경이 상기 요인에 의하여 불가능하게 된 경우, 부가적인 업무를 제공할 수 없음이 인정된다.

앞에서 명시한 조건과 같이 관제사는 업무 우선순위 및 다른 상황에 따라 최대한으로 인가된 부가적인 업무를 제공하여야 한다. 부가적인 업무는 관제사 업무 수행상 선택 사항이 아니며, 업무 여건이 허락할 때 요구되는 사항이다. 다음의 경우를 제외하고는 이 규정의 절차 및 최저치에 의거하여 항공교통관제 업무를 수행하여야 한다.

### 3.1 업무 우선순위(Duty Priority)

- (1) 이 절차에 명시된 바에 따라 항공기 분리와 안전 경보 발부를 최우선적으로 수행하여야 한다. 당시 상황에 근거하여 이 절차의 모든 조

항의 우선순위를 정함에 있어 관제사는 최대한 주의를 기울여야 한다. 항공교통 상황은 많은 변수를 내포하고 있으므로, 모든 상황에 통일적으로 적용되는 업무 우선순위의 표준 목록을 설정하는 것은 불가능하다. 따라서 각 관제사는 자신의 기량으로 당시 상황을 잘 판단하여야 하며, 둘 이상의 조치를 동시에 취하여야 하는 상황일 때는 인지된 사실과 상황을 바탕으로 최선의 판단을 내려야 한다. 비행 안전을 위하여 중요한 조치를 최우선으로 취하여야 한다.

- (2) 우선순위 업무 및 기타 레이더 제한 사항(교통량, 주파수 밀집과 업무량 등을 포함)을 고려하여 가능한 최대한으로 부수적인 업무도 수행하여야 한다.

### 3.2 절차상 우선순위 (Procedural Preference)

- (1) 업무량, 통신, 장비 성능이 허용하는 한, 자동화 절차가 수동 절차에 우선하여 적용된다.
- (2) 운영상 효율적이고 업무량, 통신 및 장비가 허용될 때, 레이더 분리를 비(非)레이더 분리에 우선하여 적용한다.
- (3) 운영상 효율적인 경우는 비(非)레이더 분리를

레이더 분리에 우선하여 적용할 수 있다. 무리한 레이더 유도보다는 수직 분리가 더 바람직할 경우가 있다.

### 3.3 운영상 우선순위 (Operational Priority)

다음의 경우를 제외하고 ‘First Come, First Served’ 원칙에 의거해 항공교통관제 업무를 제공하여야 한다. 계기비행의 취소는 조종사 고유의 권한이며, 조종사가 계기비행을 취소하지 않았다 하여 VFR 항공기보다 우선권이 부여되는 것은 아니다. 예를 들면, IFR 항공기가 착륙하는 VFR 항공기의 뒤를 따라 장주 진입을 위하여 진로를 조정하여야 할 경우도 있는 것이다.

- (1) 조난 항공기는 다른 모든 항공기보다 통행 우선권을 갖는다.
- (2) 민간 환자 수송기에 우선권을 부여하여야 한다. 수송기/소형 여객기의 Lifeguard 호출부호 사용은 우선권을 요청하였음을 의미한다. 구두 요청 시, 군 구조 항공기(AIR EVAC, MED EVAC) 및 계획된 수송기/근거리용 소형 여객기에 우선권을 부여하여야 한다. 악기상, 또는 항적 난기류(Wake Turbulence)가 심한 지역을 회피하여 비행할 수 있도록 환자 수송기의 조종사를 지원하여야 하며, 조종사 요구 시, 환자 또는 긴급 의약품이 신속하게 처리될 수 있도록 정보를 관련 부서에 통보하여야 한다. 복잡한 교통 상황은 관제사가 우선권을 부

여하는 데 영향을 미칠 수 있으나 안전에 저해되는 일이 없다면 환자 수송기가 신속하게 이동할 수 있도록 협조하여야 한다.

- (3) 수색 구조 업무를 수행하는 항공기에 최대한 편의를 제공하여야 한다.
- (4) 교통 상황과 통신 시설이 허락하는 한, 관련된 통제 전문에 의거해 대통령 탑승기 및 경호기와 구조 지원 항공기에 우선권을 부여한다.
- (5) 비행 점검 항공기의 신속한 업무 수행을 위하여 특별 취급을 하여야 한다. 예상치 않은 바람상태, 기상, 과중한 교통량으로 인하여 특정 시간에 요구한 우선권 및 특별 취급이 곤란한 경우도 종종 있다.
- (6) 미(未)식별 항공기가 식별될 때까지 실제 방공 임무를 수행하는 요격기의 운항에 최대한 협조하여야 한다.
- (7) IFR 항공기는 특별 시계비행(SVFR) 항공기보다 우선권을 가진다.

### 3.4 긴급 이행(Expeditious Compliance)

- (1) 긴급(Immediately)이란 용어는 긴박한 상황의 회피가 필요하며 신속한 이행이 요구되는 경우에만 사용한다.
- (2) 신속(Expedite)이란 용어는 긴박한 상황으로 진전됨을 회피하기 위하여 즉각 이행이 요구되는 경우에만 사용한다. ATC에 의하여 신속(Expedite)한 상승 또는 강하 허가가 발부되었고, 이어서 신속(Expedite)이란 용어를 사용하지 않고 고도가 변경되었거나 재발부되었다면

신속(Expedite) 지시는 취소된 것이다.

- (3) 위의 (1)과 (2)에 의한 지시를 발부할 때, 시간이 허용되는 범위 내에서, 이유를 설명하여야 한다.

### 3.5 관제 이양(Control Transfer)

- (1) 다음의 조건과 일치할 경우 관제를 이양하여야 한다.

- 1) 지정된 또는 합의된 위치, 시간, 픽스, 고도.
- 2) 인수 관제사에 대한 레이더 이양 및 주파수 변경이 완료된 시간, 또는 이양되는 관제의 형태 및 범위에 관하여 별도 합의서 또는 운영 내규에 정한 시간.
- 3) 분리 책임이 있는 다른 항공기와 충돌 요인 제거 후.
- 4) 별도의 협의 또는 합의서·운영 내규에 명시하지 않은 한, 항공기가 관할구역으로 진입 후, 관제 책임을 인수하여야 한다.
- 5) 인수 관제 기관의 동의 없이, 항공기의 관제 책임을 다른 항공교통관제 기관으로 이양하여서는 안 된다.
- 6) 이양 관제 기관은 인수 관제 기관이 요구하는 비행 계획상 필요한 부분 및 이양에 필요한 관제 정보를 통보하여야 한다.
  - ① 레이더관제 이양 시, 이양에 필요한 관제 정보에는 이양 직전 레이더 스킵 상의 위치 및 필요시 항적·속도를 포함하여야 한다.
  - ② ADS를 이용한 관제 이양 시, 이양에 관한

관제 정보에는 4차원의 위치 정보 및 필요시 기타 정보를 포함한다.

- 7) 인수 관제 기관은 다음과 같이 조치하여야 한다.

- ① 두 기관 간에 사전 협의가 이루어지지 않은 한, 이양 관제 기관이 지정하는 조건으로 항공기의 관제권을 인수할 의사를 표시하여야 하며, 의사 표시를 하지 않은 경우, 이는 지정한 조건의 수락을 의미하므로 필요시 이에 대한 변경을 요구하여야 한다.
- ② 이양 시 항공기에 요구되는 다른 정보 또는 허가 사항을 요구할 것
- ③ 두 관련 기관 간에 합의되지 않은 한, 인수 관제 기관은 항공기와 양방향 음성 또는 데이터링크 통신이 이루어지고 관제권을 인수하였을 때 같은 사실을 이양 관제 기관에 통보하여야 한다.
- ④ 관제 이양 지점을 포함한, 관련 협조 절차에 관한 사항을 합의서 및 운영 내규에 명시하여야 한다.

- (2) 항공교통관제 기관 간의 이양 시기 및 장소, 항공교통관제 기관 간의 항공기의 관제권 이양 절차는 다음과 같다.

- 1) 지역 관제 업무를 제공하는 기관 간 : 항공기에 대한 관제권을 가지고 있는 지역관제소가 예상하는 관제구 경계선 통과시간 또는 두 기관 간 합의된 지점·시기
- 2) 지역 관제소와 접근 관제 기관 간 - 두 기관 간에 합의된 지점 또는 시기

3) 접근 관제 업무 기관과 비행장 관제 업무 기관 간

① 도착 항공기 : 착륙하기 위하여 접근 중인 항공기 관제에 대한 책임은 다음 중 가장 빠른 시기에 접근 관제 기관으로부터 비행장 관제 기관으로 이양하여야 한다.

• 항공기가 비행장 주변에 있을 때

- 가. 지상을 육안으로 참조하여 접근 및 착륙을 완료할 수 있을 것으로 판단될 때
- 나. 완전한 시계비행 기상 상태에 도달하였을 때
- 다. 합의서 또는 관제 업무 규정에 명시한 지점 · 고도

라. 착륙을 완료하였을 때

접근관제소가 있는 경우에도 지역 관제소 또는 관제탑이 부분적으로 접근 관제 업무를 제공하도록 관련 기관 간에 사전 협의가 된 경우, 항공기에 대한 관제권이 지역 관제소로부터 직접 관제탑으로 (또는 그 반대로) 이양될 수 있음.

② 출발 항공기 : 비행장 관제 업무 기관으로부터 접근 관제 업무 기관으로 이양

• 비행장 주변이 시계비행 기상 상태(VMC)일 때

- 가. 항공기가 비행장 주변을 떠나기 전
- 나. 항공기가 계기비행 기상 상태(IMC)와 조우하기 전

다. 합의서 또는 운영 내규에 의한 지점 또는 고도

③ 비행장이 계기비행 기상 상태(IMC)일 때

- 항공기 이륙 직후
- 합의서 또는 운영 내규에 의한 지점 또는 고도

④ 동일 항공교통관제 기관 내의 섹터 · 좌석

간 - 동일 항공교통관제 기관 내의 섹터 · 관제석 간의 항공기 관제 책임은 관제 업무 규정(민적용)/시설 운영 내규(군적용)에 명시한 지점, 고도, 시기에 이양한다.

### 3.6 무선통신(Radio Communications)

(1) 사전 협의, 합의서, 운영 내규에 명시된 경우를 제외하고는 항공기가 인수 관제사의 관할구역으로 진입하기 전에 무선통신을 이양하여야 한다.

(2) 다음 사항을 명시하여 무선통신을 이양하여야 한다. 무선통신 이양 절차는 합의서에 명시하거나 군 훈련 경로(MTR)의 비행경로 설명에 포함할 수 있다.

1) 교신할 시설명이나 지명 및 터미널(Terminal) 관제석 : 동일 시설 내에서 다른 관제사에게 통신을 이양할 때는 지명을 생략한다. 단, 최종 접근을 위하여 항공기에 주파수 변경을 지시할 때, 시설 명칭을 포함하여 지시하여야 한다.

2) 사용할 주파수. 단, 다음의 경우에는 생략할 수 있다.

① 출발 주파수 : 사전에 발부하였거나 표준 계기 출발(SID) 절차에 등재되었을 때

② 터미널(Terminal)

- 지상 또는 터미널(Terminal) 관제 주파수 : 조종사가 사용 주파수를 알고 있는 것으로 판단될 때
- 지상관제 주파수가 121MHZ 대역일 때,



소수점 앞의 숫자  
 “Contact Ground.”  
 “Contact Ground point seven.”  
 “Contact Ground, one two zero point eight.”  
 “Contact Seoul Radio.”  
 “Contact Departure.”  
 “Contact Gimpo, one three three decimal/point seven.”

- 시간, 픽스, 고도 또는 항공교통관제 기관과 교신할 시기가 특별히 정해지거나, 조종사가 주파수 변경 지시를 받은 후, 즉시 따라야 할 경우에는 생략할 수 있다.

시간, 픽스, 고도가 지정될 때까지 조종사는 인계 관제사의 주파수를 계속 경청하여야 한다.

- (3) 관제사는 관할 섹터(Sector)에 통신 이양이 예정/요구되거나 최초 교신(Initial Contact)이 예정/요구되는 모든 항공기와 교신이 되도록 적당한 시간 내에서 적절한 조치를 취해야 한다.

- (4) 운영상 이점이 있을 때, 인수 관제사와 협의 후 지상의 항공기에 인수 관제사의 주파수를 경청하도록 지시할 수 있다.

**예 :** “MONITOR GROUND.”  
 “MONITOR TOWER.”  
 “MONITOR GROUND POINT SEVEN.”  
 “MONITOR GROUND, ONE TWO ZERO POINT EIGHT.”

- (5) 복수 주파수를 운영 중이거나 관제석을 통합하여 복수 주파수를 사용할 때, 주파수 변경이 필요한 경우에는 다음과 같은 용어를 사용한다.

**관제 용어 :** (항공기 호출부호), CHANGE TO MY FREQUENCY(주파수 통보).

**예 :** “Korean air one fifty-two change to my frequency one two two decimal/point four.”

- (6) 단좌 헬리콥터가 AIR-TAXING, HOVERING 또는 저고도 비행을 할 때, 주파수 변경 지시를 지양하여야 한다. 가능한 한 조종사가 주파수 변경이 가능할 때까지 현재 사용 주파수를 이용하여 필요한 관제 지시를 한다. 대부분의 경량 헬리콥터는 1명의 조종사가 비행을 하며, 비행 조작을 위하여 양 손발을 계속 사용한다. 비행 조작 장치가 조종사를 돕고 있지만, 지상 가까이에서 주파수를 변경함으로써 조작할 수 없는 경우도 있다. 조종사는 주파수 변경이 불가능할 때는 관제사에게 단좌 조종 상태임을 알리는 것이 바람직하다.

- (7) 관제사는 주파수 변경을 원하지 않고 있으나, 조종사가 주파수의 변경을 기대하거나 원하고 있을 때, 다음의 관제 용어를 사용한다.

**관제 용어 :** REMAIN THIS FREQUENCY.

### 3.7 공중 충돌 경고 장치 회피 조언 (TCAS Resolution Advisories)

(1) 관할 구역 내에서 비행 중인 항공기가 TCAS RA 경고에 따르고 있음을 통보할 때, RA 경고 대응 절차에 반하는 관제 지시를 발부하여서는 안 된다.

RA 경고를 따르는 항공기 및 관할구역 내의 다른 모든 항공기에 지형·지물 또는 장애물에 관한 안전 경보 및 교통정보 조언을 적절히 발부하여야 한다.

(2) TCAS RA 경고를 따르고 있는 항공기 근처에서 비행 중인 다른 항공기가 RA 회피 기동 중인 항공기에 대한 정보를 인지하고 있음을 보고하지 않는 한, TCAS RA 경고 대응 절차를 따르는 항공기의 근처에 있는 다른 항공기가 RA 기동과 연관이 있거나 동 항공기의 의도를 인지하고 있는 것으로 가정하여서는 안 되며, 다른 항공기에 관제 지시·안전 경보 및 교통정보 조언을 계속 발부하여야 한다.

**예 :** “Asiana two fifty-seven, be advised 12 o'clock traffic is under TCAS RA, climb(or descent), (적절한 지시).”

(3) 항공기가 TCAS RA 경고에 대한 대응 절차를 시작한 경우, 관제사는 같은 항공기와 다른 항공기, 공역, 지형지물 또는 장애물 간 표준 분리를 취하여야 할 책임이 없다. 표준 분리에 대한 책임은 다음 상황 중 하나와 일치할 때 다시 재개된다.

1) 회피 기동하는 항공기가 배정된 고도로 다시 복귀한 경우

2) 운항 승무원이 TCAS 기동을 완료하였음을 관제사에게 통보하고, 관제사가 표준 분리가 다시 취해진 것을 확인한 경우

3) 회피 기동하는 항공기가 대체 허가를 수행하였고, 관제사가 표준 분리가 다시 취해진 것을 확인한 경우

(4) TCAS RA 경고에 의한 기동을 시작할 때, 조종사는 가능한 한 조속히 항공교통관제(ATC) 기관에 다음과 같이 통보하여야 한다.

**조종사 용어 :** (항공기 호출부호) TCAS RA CLIMB/DESCENT.

**관제사 :** (항공기 호출부호) ROGER.

**예 :** “Incheon control, Korean air three twenty-one, TCAS RA”

“Korean air three twenty-one, Incheon control, ROGER.”

(5) TCAS RA 대응이 완료된 경우, 조종사는 ATC에 사전에 배정된 허가나 그 이후에 발부한 지시대로 복귀를 시작하고 있거나 완료하였음을 통보하여야 한다.

**조종사 용어 :** (항공기 호출부호) CLEAR OF CONFLICT, RETURNING TO (배정된 허가 또는 지시).

**관제사 :** (항공기 호출부호) ROGER(또는 대체 지시)

**조종사 용어 :** (항공기 호출부호) CLEAR OF CONFLICT(배정된 허가 또는

지시) RESUMED.

**관제사 :** (항공기 호출부호) ROGER(또는 대체 지시)

**예 :** "Incheon control, asiana three twenty-one, clear of conflict, returning to assigned altitude."

(6) 조종사가 RA 경고로 인하여 관제사가 발부한 허가를 따를 수 없는 경우, 다음과 같이 보고하여야 한다.

**조종사 용어 :** (항공기 호출부호) UNABLE, TCAS RA.

**관제사 :** ROGER.

### 3.8 RVSM 운영(RVSM Operation)

관제사의 책임은 다음과 같으나 이에 제한되어 있지 않다. :

(1) RVSM 공역 내에서 운용되는 비(非) RVSM 항공기.

1) 비 RVSM 항공기가 제외 항공기의 기준에 적합하고 감독자/CIC에 의해 사전에 인가되지 않는 한, RVSM 공역 내로 진입이 허가되지 않도록 해야 한다.

다음의 항공기들은 제외한다. : 군 항공기, 경찰, 세관 항공기, Lifeguard, 개발/자격을 위해 운항하는 제조 항공기, 그리고 외국 항공기.

이러한 예외는 업무량, 또는 교통 상황이 허락하는 것에 기초하여 수용된다.

2) RVSM 공역 내 모든 비 RVSM 항공기 운용에 대한 섹터 간 협조를 확인한다.

3) 비 RVSM 예외 비행의 RVSM 공역 진입 승인이 거부되거나, 또는 RVSM 공역으로부터 이탈 시 감독자/CIC에 통보한다.

(2) 비 RVSM 항공기 RVSM 공역 통과.

감독자/CICs 비 RVSM 항공기가 RVSM 공역을 통과할 때 이를 인지해야 한다.

(3) 항공로상에서 장비로 인하여 RVSM이 불가능할 경우, 적절한 분리 기준을 적용하고 RVSM 공역에서 벗어나도록 조언한다.

(4) RVSM 공역 내 운항 승인이 되는 동안, 비 RVSM 항공기에 관련된 모든 지대지 구두 통신(교신)으로 'Negative RVSM'이라는 표현을 사용한다.

**예 :** "Point out Baxter 21 climbing to FL 360, Negative RVSM."

(5) 다음 상황에서는 다음과 같은 용어를 사용한다. :

1) RVSM 공역 내로 진입 승인 거부 시.

**관제 용어 :** "UNABLE CLEARANCE INTO RVSM AIRSPACE"

2) 조종사에게 RVSM 재개가 가능할 경우, 보고하도록 요구 시.

**관제 용어 :** "REPORT ABLE TO RESUME RVSM"

(6) 항공기의 항법 능력에 변동이 있을 경우, 장비

부호(접미사)를 수정하여 관제사 디스플레이에 비 RVSM 항공기가 적절히 식별될 수 있도록 한다.

3) TAWS에 응답한 항공기에 대체 허가를 발부하고 관제사가 표준 분리로 복귀된 것을 확인한 경우

### 3.9 지형 인지 경고 체계(Terrain Awareness Warning System Alerts)

(1) 관제사의 관할 공역 내에 있는 항공기가 지형 인지 경고 체계(Terrain Awareness Warning System, 이하 'TAWS'라고 한다. 또는, 항공기에 설치된 다른 경보 장치)에 반응하고 있다고 관제사에게 통보할 때, 조종사가 관제사에게 TAWS 절차가 시행되고 있다고 조언한 그 절차에 반하는 관제 지시를 발부하여서는 안 된다. TAWS 경보에 응답하는 항공기와 해당 관제사 관할하에 있는 다른 모든 항공기에게 지형이나 장애물을 포함하는 안전 경보와 교통 조언을 발부하여야 한다.

(2) TAWS 경보에 대한 반응으로 항공기가 기동을 시작했다면 관제사는 TAWS 경보에 따르는 항공기와 기타 다른 항공기, 공역, 지형이나 장애물 간의 표준 분리를 제공할 의무가 없다. 그러나, 다음의 기준 중 하나를 만족할 경우에는 표준 분리의 책임이 있다.

- 1) TAWS에 응답한 항공기가 배정된 고도로 복귀하는 경우
- 2) 조종사가 관제사에게 TAWS 기동이 완료되었다고 알려주고, 관제사가 표준 분리로 복귀된 것을 확인하거나, 또는 확인한 경우

### 3.10 조종사 응답/복창 (Pilot Acknowledgment/Readback)

(1) 조종사는 관할 항공교통관제 기관에서 음성으로 전달된 항공 안전 관련 항공교통관제의 허가 또는 지시 사항을 복창하여야 한다. 이 경우, 다음 각 호의 사항은 반드시 복창하여야 한다. 또한 조종사의 응답이 없을 때, 관제사는 재교신을 시도하여야 하며, 추가 시도 후에도 교신이 되지 않으면 시설의 장/책임 관제사(근무 조장)에게 보고한다.

- 1) 항공교통관제(ATC) 비행로 허가
- 2) 활주로에 진입(Enter), 착륙(Land On), 이륙(Take Off On), 활주로 가까이 대기(Hold Short of), 횡단 활주(Cross Taxi) 및 역주행(Backtrack) 허가 및 지시
- 3) 사용 활주로, 고도계 수정치, 2차 감시레이더 코드, 고도 지시, 기수 및 속도 지시, 전이 고도(관제사 발부 또는 ATIS에 포함 여부에 관계없이)

(2) 항공기의 조종사는 관할 항공교통관제 기관의 허가 또는 지시 사항을 이해하고, 그에 따르겠다는 것을 명확한 방법으로 복창하거나 응답하여야 한다.

- (3) 항공교통관제사는 (1)에 따른 항공교통관제의 허가 또는 지시 사항에 대하여 항공기의 조종사가 정확하게 인지하였는지 여부를 확인하기 위하여 복창을 경청하여야 하며, 그 복창에 틀린 사항이 있을 때에는 즉시 시정 조치를 하여야 한다.
- (4) (1)항을 적용할 때에 관할 항공교통관제 기관에서 달리 정하고 있지 아니하면 항공교통관제사-조종사 간의 데이터 통신(CPDLC)에 의하여

항공교통관제의 허가 또는 지시 사항이 전달되는 경우에는 음성으로 복창을 아니 할 수 있다.

### 3.11 빛총 신호(Light Signals)

무선 교신이 이루어지지 않을 때에 항공기 또는 차량의 이동, 장비 및 이동 지역의 인원을 통제하기 위하여 아래 표의 규정에 의한 ATC 빛총 신호(Light Signals)를 이용한다.

[표 5-2] ATC 빛총 신호(Light Signals)

신호의 색깔과 형태	의 미		
	지상 항공기	비행 중인 항공기	차량, 장비 및 인원의 이동
연속 녹색등 (STEADY GREEN)	이륙을 허가한다	착륙을 허가한다	횡단, 진행, 전진을 허가한다
점멸 녹색등 (FLASHING GREEN)	지상 활주를 허가한다	착륙을 위하여 귀환하라. (적당한 시간에 연속 녹색신호가 뒤따른다)	적용 안 됨
연속 적색등 (STEADY RED)	정지해라	다른 항공기에게 진로를 양보하고 계속 선회해라	정지해라
점멸 적색등 (FLASHING RED)	사용 중인 착륙 지역, 또는 활주로로부터 이탈해라	공항이 불안정하다 - 착륙하지 마라	활주로 또는 유도로부터 이탈해라
점멸 백색등 (FLASHING WHITE)	공항의 출발 지점으로 귀환해라	적용 안 됨	공항의 출발 지점으로 귀환해라

교차되는 적색등과 녹색등 : 일반적인 경고 신호 - 최대의 주의를 요한다.





## ● 집필위원

---

김학근(한서대학교)

## ● 개정연구 및 감수위원

---

김세준(한서대학교)

조영진(한서대학교)

## ● 기획 및 관리

---

유경수(항공안전정책과장)

강정현(항공안전정책과)

김홍일(항공안전정책과)

## ● 편집 및 디자인

---

도서출판 성진문화

주소 | 서울특별시 영등포구 당산로41길 11 당산 SK V1 Center W동 430호

TEL | 02-2272-4641 FAX | 02-2272-4643

출판등록 | 2007년 9월 20일 제 2015-000120호

ISBN 978-89-85682-38-1 95550

---

## 조종사 표준교재(개정판) 계기비행

---

발행일 | 초판 2018년 4월 / 개정판 2022년 2월

발행처 | 국토교통부 항공안전정책과(세종특별자치시 도움6로 11)

---





# 조종사 표준교재<개정판>

Standard Pilot's Handbook



9 788996 017691

ISBN 978-89-960176-9-1