

論文

Controlled-Flight-Into-Terrain 항공 사고 예방에 관한 연구

- 괄사고, 목포사고, 김해사고 중심으로 -

변순철*, 송병흠**, 임세훈***

A Study on Prevention as result of Controlled-Flight-Into-Terrain
Accident

- Focusing on Guam accident, Mokpo accident, Gimhae accident

Soon Cheol Byeon*, Byung Heum Song**, Lim Se Hoon***

ABSTRACT

The purpose of this study is leading to prevent the major causes of commercial-aviation fatalities about controlled-flight-into-terrain(CFIT) in approach-and-landing accidents. The paper of major analysis for controlled flight into terrain(CFIT) was Guam accident, Mokpo accident and Gimhae accident in commercial transport-aircraft accidents from 1993 through 2002.

CFIT occurs when an airworthy aircraft under the control of the flight crew is flown unintentionally into terrain, obstacles or water, usually with no prior awareness by the crew. This type of accident can occur during most phases of flight, but CFIT is more common during the approach-and-landing phase.

Ninety-five percent of the Guam accident, Mokpo accident, and Gimhae accident where weather was known involved IMC¹⁾, fog, and rain. The paper believed that prevention for CFIT accident was education and training for flying crew and upgrade for equipment such as EGPWS, and need more research for professional organizations of airlines, and accomplishing precision approaches should be a high priority.

* **Key Words** : CFIT(controlled flight into terrain), EGPWS(Enhanced Ground Proximately Warning System), CRM(Crew Resource Management)

I. 서 론

최근 발생한 2002년 4월 15일 11:21:17경 베이징/부산 간을 운항하는 중국국제항공공사 소속 129편, 보잉 767-200ER 항공기가 부산/김해국제공항 활주로 18R로 선회접근 중 활주로 18R 시단(Threshold)으로부터 북쪽 4.km에 위치한 돛

대산 표고 204미터 지점에 충돌 후 추락하여 총 166명의 탑승자 중 기장과 2명의 객실 승무원 포함 37명이 생존한 사고는 외국항공기가 우리나라에서 발생한 전형적인 CFIT 사고이다. 또한, 2명의 부조종사를 포함 129명이 사망한 사고와 1997년 8월 6일 K항공사 B747-300(HL8468) 항공기가 미국령 괄의 아가나공항에 착륙 접근중 공향으로부터 약 6Km 떨어진 니미즈힐에 추락한 사고도 우리나라 국적항공사 항공기가 외국에서 발생한 전형적인 CFIT 사고입니다. 그리고 1993년 7월

* 한국항공대학교 항공운항관리학부 박사과정
연락처, E-mail : byeonsc@hanmail.net

** 한국항공대학교 항공운항관리학부 교수

*** 한국항공대학교 항공운항관리학부 박사과정

1) Instrument Meteorological Rule

26일 A항공사 B737-500 (HL7229) 항공기가 목포 공항 접근 착륙중 운거산에 충돌한 사고로 66명이 사망한 사고는 우리나라 국적항공사 항공기가 우리나라에서 발생한 전형적인 CFIT 사고이다.

이와 같이 “항공기 조종 및 시스템은 정상이고 관제와 정상적으로 관제가 이루어진 상태에서 목적지 공항에 계기접근 혹은 육안 접근 중에 조종사의 과도한 고도 강하율로 인하여 지표면, 지상장애물 또는 수면에 추락한 사고를 CFIT²⁾ 사고라고 하며 주로 조종사의 실수 또는 부주의로 인하여 발생하고 전 세계적으로 줄어들지 않는 항공사고이다.

CFIT에 의한 항공 사고의 중대성은 항공기가 목적지 공항에 접근중 사고가 발생시까지 조종사는 사고의 위험을 인지하지 못하고 있으며, 사고 발생시 대형사고로 수많은 인명피해를 가져 오게 됨으로 해당 항공사와 정부는 항공안전에 치명적인 타격을 받게 된다.

본 논문에서는 CFIT 사고의 원인은 직접적인 요인과 간접적인 요인으로 구분하여 분석하였으며, 직접적인 요인에는 운항승무원 인적요소, 환경요소 및 장비요소로 분류하여 사고예방대책을 강구하였으며, 간접적인요인으로는 회사정책을 결정하는 관리자의 의사결정요소와 운항압력관련 등 조직문화로 구분하여 CFIT 사고예방 방안을 구체적으로 제시하였다.

II. 본론

2.1. CFIT에 의한 사고 통계분석

CFIT 사고는 항공기 전손사고 및 인명손실의 주요한 요인으로 밝혀졌고 상용으로 제트항공기가 운용하기 시작한 이래 1950년 이후 CFIT 사고로 전 세계적으로 9,000명 이상이 사망하였으며, 국제민간항공기구(ICAO³⁾) 통계자료에 의하

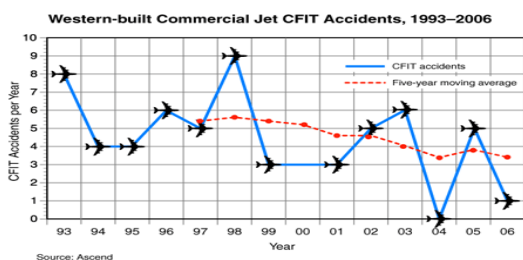


Fig.1 CFIT 항공기 사고발생현황

면 Fig. 1과 같이 최근 1993년부터 2006년까지의 CFIT 사고를 확인해 본 결과 총 62건의 CFIT 사고가 발생되었으므로 연평균 약 4 ~ 5건의 사고가 지속적으로 발생하는 것을 알 수 있다.

CFIT 사고율을 반드시 줄여야하는 이유는 상용항공기의 운항횟수가 크게 증가함에 따라 CFIT에 의한 사고는 줄어들지 아니하고 사고 발생시 대부분의 승객이 사망을 하기 때문이다.

오늘날 항공교통은 세계를 하나로 권역화하는데 결정적인 역할을 담당하고 있으며, 이러한 항공교통의 기능적 특성과 이점에 따라 항공교통의 수요는 지역간에 약간의 차이는 있으나, 전 세계적으로 지속적인 성장세를 보이고 있다. 특히 최근의 경제, 사회활동은 제 자원에 대한 효용가치의 증대와 보다 많은 부가가치를 생산하기 위하여 인적, 물적 교류가 크게 증가하고 있으며, 이는 새로운 항공수요의 창출과 항공교통의 기능과 역할을 더욱 중요 하게 하는 계기가 되고 있다.

CFIT 사고는 근원적으로 항공기를 조종, 제어하는 운항승무원들이나 항공기가 정상적인 상태에서 발생한다는데 심각한 문제점이 있는 것이다. 일반적인 항공사고는 비상 또는 비정상 상태에서 발생하는 경우 운항승무원들의 응급대처나 항공기가 가지고 있는 성능에 의하여 어느 정도 위험상황을 극복할 수 있지만 CFIT사고의 경우는 항공기가 정상적인 상태에서 운항승무원들이 위험을 미처 인지하지 못하거나 착각한 상황에서 발생하므로 대책을 마련하는데 여러 가지 어려움이 있다. 그러므로 조종사들은 이러한 사고를 피하도록 훈련을 받아야 하며 CFIT 문제점을 숙지하도록 해야 한다.

CFIT 사고율은 전 세계적으로 1975년 이전에는 백만 이륙 비행 횟수당 0.85건의 사고가 발생하였으며 1975년 이후에는 백만 이륙 비행 횟수당 0.09건의 사고가 발생하였으며 1975년 이후의 항공기 형식에 관계없이 지상충돌경고시스템(GPWS⁴⁾) 개발에 의해서 CFIT 사고율이 급격히 감소하였으며 프로펠러 항공기가 전체의 CFIT 사고의 50%를 차지하였다.⁵⁾

조종사의 인적요소 및 공항 항법시설의 미비, 최신 장비에 대한 이해 부족 등으로 CFIT 사고의 지속적인 심각성은 여전히 문제점으로 남아있다.

항공·철도사고조사위원회의 통계에 따르면

- 2) Controlled Flight Into Terrain
- 3) International Civil Aviation Organization
- 4) Ground Proximately Warning System
- 5) 미국 보잉사 Statical Summary, June 1998, page 18

국내에는 1995년부터 2006년까지 지난 12년간 총 45건의 항공기 사고가 발생하였으며 260명이 사망하고 309명이 부상당하였으며, 3,438억원의 재산피해가 있었으며, 또한 12년간의 사고 중에서 대형사고는 콤팩트, 포항사고 및 김해사고와 같은 CFIT에 의한 사고인 것을 알 수 있다.

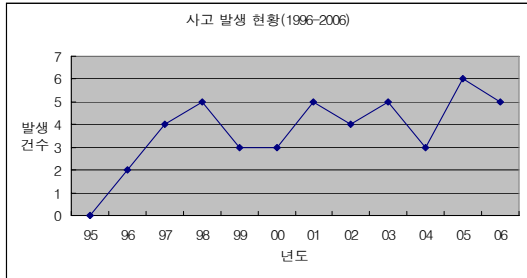


Fig.2 국내 항공기 사고 발생현황 및 피해현황(1995~2006)

2000년 이후 정기운송사업용 항공기의 무사고로 인하여 사망자수, 부상자수, 재산피해는 줄어들었지만 Fig. 2와 같이 사고 건수는 해마다 2~5건씩 발생하고 있는 상황이다.

또한 국내 항공기 기종별 사고발생 현황을 백분율로 나타내면 그림 3과 같이 운송용 고정익 항공기가 발생건수에 비해 치명도가 매우 높은 것을 알 수 있다.

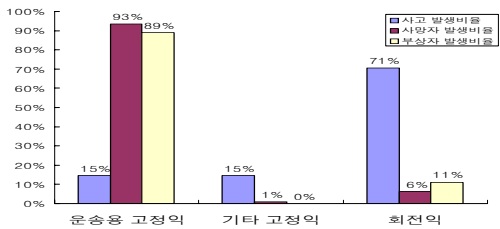


Fig.3 국내 항공기 기종별 사고발생 현황 (1995~2006)

미국 보잉사의 2006년 통계에 따르면 <Table. 1>과 같이 전 세계적으로 지난 10년간 385건의 상업용 제트항공기 사고가 있었으며 이중 중대한 사고(Hull loss⁶⁾ and/or fatal accidents⁷⁾는 199건으로, 5,957명이 사망하였으며, 2004년에 32건의 상업용 제트항공기 사고가 있었으며 그 중 중대사고 14건, 사망자 180명이 발생하였다.

Table.1 전 세계 상업용 제트항공기 사고

구분	전체사고		중대사고		승객 사망	
	1959-2005	1996-2005	1959-2005	1996-2005	1959-2005	1996-2005
Passenger	1,146	296	627	142	26,004	5,900
Cargo	199	78	135	49	227	43
Ferry*, Test	105	11	63	8	189	14
Others	2	0	2	0	11	0
합계	1,452	385	827	199	26,431	5,957

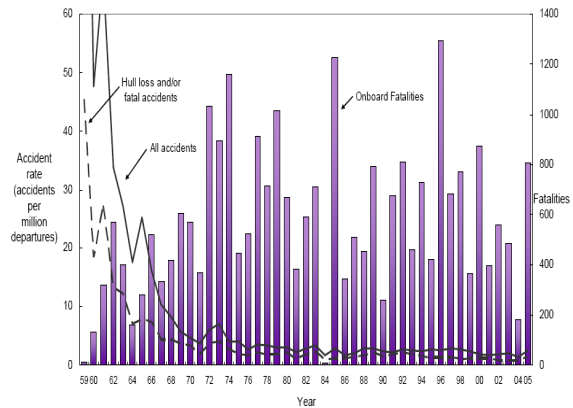


Fig.4 전 세계 항공기 사고율 및 치명도(1959~2005)*

Fig. 4와 같이 전 세계 항공기 사고율은 지속적으로 감소하고 있으며, 탑승한 승객이나 승무원이 입는 인적 피해와 물적 피해를 나타내는 치명도도 96년 이후 감소추세로 볼 수 있으나 크게 줄지는 않음. 10년 정도를 주기로 탑승객 치명도의 변동이 나타나고 있다.

항공 선진국인 미국과 캐나다의 사고발생율을 살펴보면, Fig. 5와 같이 1950년대 이후로 급속한 항공기 기술발전에 의해 항공기 사고율이 대폭

6) Hull loss(전손)는 항공기 손상이 상당하여서 경제적 수리가 불가능할 때를 의미하며 항공기의 실종 및 위치파악을 못하여 잔해수색을 종료하거나 항공기가 상당히 손상되었지만 접근이 불가능한 경우를 포함함(IATA)
 7) Fatal accident는 사망자가 발생한 사고를 의미함(IATA)

낮아졌으며, 미국과 캐나다의 항공기 사고율이 전 세계에 비해 상대적으로 낮다는 것을 알 수 있으며, 60년대 이후 항공기 사고율은 큰 변화를 보이지는 않으나 지속적으로 낮아지고 있는 현상을 볼 수 있다.

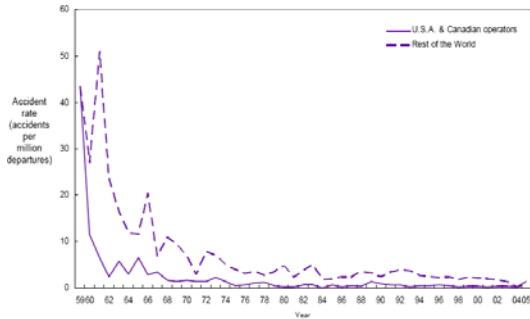


Fig.5 북아메리카 및 전 세계 사고율 비교

2.2. 비행단계별 사고 발생 분석 및 특징

보잉사에서는 전 세계 제트항공기 사고를 비행 단계별로 분석하여 제시하고 있으며, 사망 사고 건수는 착륙단계에서 가장 많이 발생하였다.

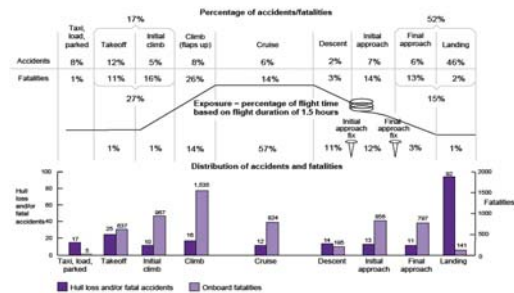


Fig.6 전 세계 제트항공기의 비행단계별 사고 현황(1995-2005)

Fig. 6과 같이 이륙 및 이륙 초기 상승시 발생한 사고가 전체 사고의 20%를 차지하고 이때 발생한 인명피해는 전체의 25%를 차지하고 이륙 후 순항고도로의 본격 상승단계에서는 전체 사고의 9%를 차지하며, 착륙단계에서는 동체파손 등의 전과 사고가 전체 사고의 45%를 차지하고 있어 이에 대한 사고 발생을 줄이는 노력이 더욱 필요하다고 판단된다.

Fig. 7과 같이 국내에서 지난 12년간(1995~2006)발생한 총 45건의 항공기 사고를 비행단계별로 살펴보면 시운전중이 4건, 이륙후 상승중이

2건, 비행중(방제작업, 산불진화, 화물인양중 등 포함)이 22건, 착륙중이 17건이었다.

	시운전중	상승중	비행중	착륙중
사고건수	4건(14.3%)	2건(4.4%)	22건(48.9%)	17건(37.8%)
사망자수	1명(7.7%)	12명(4.6%)	18명(6.9%)	22명(68.1%)
부상자수	3명(1.0%)	41명(13.3%)	12명(3.9%)	253명(81.9%)

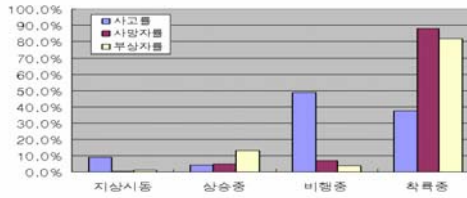


Fig.7 국내 항공기 사고의 비행단계별 사고 현황(1995~2006)

2.3. 일반적인 CFIT 사고요인

FSF(Flight Safety Foundation)의 “A Study of Fatal Approach-and landing Accidents Worldwide, 1980-1996” 연구결과에 따르면 영국의 CAA⁸⁾ global database 통계자료를 기초로 287건의 CFIT 사고를 분석하였다. 분석결과 CFIT 사고로 탑승객의 63%가 사망하였고 항공기는 거의 대파되었다. 아래 표와 같이 대체로 CFIT 사고는 저시정의 악기상에서 발생하며 승무원의 상황인식, 의사결정 등의 인적요소가 많은 부분을 차지한다. 그리고 CFIT 사고는 대부분 EGPWS⁹⁾가 장착되지 않은 항공기일 경우 많이 발생하였으며 항법장비(NAVIDs)가 작동하지 않거나 비정밀 접근절차시 많이 발생하였다. 간접적인 측면으로 시간적인 압박이나 CRM¹⁰⁾의 훈련을 충분히 시키지 않은 것도 사고에 영향을 미쳤다.

일반적으로 CFIT사고를 유발하는 유형은 다음과 같이 분류할 수 있다.

- ① 비행 단계(Flight)
 - 이륙 및 이륙 초기단계, 상승단계, 순항단계 및 착륙단계별로 사고 유형을 분류
- ② 공항과 접근(Airport and Approach)
 - 항공기가 착륙하는 공항의 시설 및 공항에 착륙 접근 절차에 따라 사고 유형을 분류
- ③ 관제 절차(ATC¹¹⁾)
 - 항공기가 목적지 공항에 계기접근시 관제사

8) Civil Aviation Administration
 9) Enhanced Ground Proximity Warning System
 10) Crew Resource Management
 11) Air Traffic Control

- 절차 및 계기비행 접근절차에 따른 분류
- ④ 항공기 장비(Aircraft Equipment)
항공기의 장비중에서 항법장비 및 GPWS 또는 EGPWS 장비 장착여부에 따른 분류
 - ⑤ 항공사 종류(Air Carrier)
항공사가 조직문화 및 관리자의 안전문화 등 분류
 - ⑥ 감독상의 문제(Regulator Issues)
항공안전에 대한 항공사 지도감독 등 분류

Table.2 일반적 CFIT 사고 주요요인

사고요인/ 사고구분		일반적인 CFIT 사고의 주요요인
직접적인 요인	운항승무원 인적 요소	상황판단 · 고도판단 실수 · 항공기 위치 상실
		의사결정 · 시간압박으로 목적지까지 무리한 착륙 시도 · 부적절한 의사결정을 했을 때 CRM 부재
		비행절차 · SOP(표준운영절차) 위반 · 비행 체크리스트 및 브리핑 생략
		감시/조치 · 다른 승무원에 교정 제안을 안함 · 복행 권고하지 않음
		항법 · FMS 입력실수로 잘못된 Heading 또는 Waypoint 오류 · 부적합한 접근차트 또는 해독 오류
		항공기 운영 · 공항접근시 Autopilot 잘못 사용 · GPWS 작동에 부적합한 반응
	의사소통 · Read Back 불량 · ATC와 효율적인 의사소통 실패	
환경요소	기상 · 안개 및 강수 · 저시정 · 야간비행	
	공항 시설/ 접근절차 · NAVIDs 작동불능 · 비정밀 접근절차시 발생	
장비요소	EGPWS /GPWS · 대부분 EGPWS 미장착 · No look-ahead alerting · 허위경고 · MSAWS 미작동	
간접적인 요인	관리자 의사결정 · 회사 정책/지침 · On-Time Culture · 비정상적인 항공기 운영	

요인	요소	내용
요인	조직구조	운항압력/훈련 체계 · CRM 훈련 실패
	비고	인명손상 · CFIT 1건 사고당 평균 25명 사망, 항공기 탑승객의 63% 사망에 이르는 수치
	항공기 파손	대파

2.4. CFIT 사고 요인분류

CFIT 사고의 요인은 직접적인 요인과 간접적인 요인으로 구분할 수가 있으며 CFIT의 직접적인 사고 요인으로는 인적요소(Man), 환경요소(Environment), 장비요소(Machine)로 나눌 수 있으며 간접적인 사고 요인으로는 관리자의 의사결정 요소와 조직 구조 요소로 나눌 수 있다.

2.4.1 직접적인 사고 요인

1) 운항승무원의 인적 요소(Human Factor)

미국 비행안전기구(FSF) 자료에 의하면 기장이 비행조종(Pilot Flying)을 수행중 사고가 발생한 경우가 74%를 차지하고 있는데 주목할 필요가 있으며, 이러한 기장이 비행조종중 CFIT 사고를 분석한 결과 기상이 나쁘거나 열악한 환경으로 인해 기장이 비행조종(PF) 임무를 수행함으로써 발생하였으며, 또한, 기장이 비행조종임무를 수행하는데 부기장이 기장에게 적극적으로 기장에게 조언을 하지 못하거나 협조를 하지 못함으로 인해서 사고가 발생하였다.

다음은 인적인 요소로 인하여 발생할 수 있는 7가지 주요한 오류에 대하여 살펴본다.

① 상황 판단(Situational Awareness)의 불량

적절한 상황 판단에 실패하였을 경우, 예를 들면 강하최종접근지점(FAF)에 도달하기 전에 최저강하지점(MDA)까지 강하하는 것 등이며 상황 판단(Situational Awareness)의 불량으로 인하여 사고가 전체 CFIT 사고의 가장 많은 44.9%를 차지하고 있다.

② 의사 결정(Decision Making)의 불량

부적절한 의사결정을 했을 경우, 예를 들면 착륙을 위하여 공항접근 중에 아무 이유 없이 공항으로부터 떨어지는 관제지시를 받아들인다든지 활주로 시각 참조물을 발견하지 못한 채 결심고도(Decision Height)이하로 강하하는 것 등이다. 의사 결정(Decision Making)의 불량으로 인하여 사고가 전체 CFIT 사고의 44.2%를 차지하고 있다.

③ 비행 절차(Procedure)의 불량

비행 절차(Procedure)의 불량으로 인하여 발생한 전체 CFIT 사고의 34%를 차지하고 있으며 사고의 유형은 다음과 같다.

- 체크리스트(Checklist)나 브리핑을 하지 않았거나 완전히 하지 않았을 경우
- 체크리스트(Checklist)에 기술된 사항을 따르지 아니하였을 경우
- 절대고도(Radio Altimeter) 확인 미실시

④ 감시 및 조치(Monitoring & Challenging)의 불량

다른 승무원에 의한 부적절하거나 잘못된 행동에 대한 감시 또는 교정 제의를 하지 못했을 경우, 예를 들면 기장이 비행조종(PF) 임무를 수행하면서 결심고도(DH)에서 활주로 시각 참조물을 발견하지 못한 상태에서 계속 강하시 이에 대한 감시 또는 복행(Go-around)을 제의하지 아니한 경우 등 이다. 감시 및 조치(Monitoring & Challenging)의 불량으로 인하여 사고가 전체 CFIT 사고의 28.7%를 차지하고 있다.

⑤ 항법(Navigation)의 불량

항법 보조 시설의 주파수를 잘못 맞추었을 경우에 항공기가 공항으로부터의 방향(Radial)을 잘못 맞추었을 때와 항공기 방위각(Heading)을 잘못 맞추었을 경우에 비행시 조종사가 공항접근 시 참조하는 켈슨(Jeppesen) 차트를 잘 못 판독하였을 경우가 전체 CFIT 사고의 11.5%를 차지하고 있다.

- 항공기 장비 취급 미숙과 오작동
- 비행관리시스템(FMS), 자동조종장치(Auto-Pilot), 항법장비 입력 소홀 및 미확인

⑥ 항공기 운영(System Operation)의 불량

항공기 조종에 관련된 시스템을 부적절하게 조작했을 경우, 예를 들면 지상충돌경고시스템(GPWS)을 끄고 비행을 하거나 자동조종장치(Autopilot)를 잘못 사용하였거나 연료계기를 잘

못 판독하는 경우 등으로 인하여 사고가 전체 CFIT 사고의 8.3%를 차지하고 있다.

- 항공기가 안정되지 않은 상태의 방치, 글라이드 슬롭(G/S) 또는 로칼라이저(LOC)로부터 과도한 이탈, 결심고도(DH) 또는 최저강하고도(MDA)에서 육안확인(Visual Cue)이 되지 않은 경우 문제가 있어도 실패 접근을 하지 않는 행위
- 지상충돌경고시스템(GPWS)의 경고를 계속적으로 무시하고 접근실시
- 계기착륙시스템(ILS) 정밀접근 대신 비정밀 절차 접근시도

⑦ 의사소통(Communication)의 불량

부정확한 복명복창으로 인한 부정확한 의사 전달이 전체 CFIT 사고의 7.1%를 차지하며 예를 들면 주파수 변경을 복명복창(Read Back)하지 않거나 관제탑에서 지시한 내용에 대하여 부정확한 위치 정보를 제공하는 등 의사소통에 불량한 상태에서 CFIT 사고를 발생할 수 있다.

- 접근(Approach) 브리핑을 실시하지 않거나 부적절한 브리핑 실시
- 표준속도와 고도 복명복창(Call-out) 미실시

사고의 원인 중에서 운항 요소와 관련된 부분을 살펴보면 다음과 같다.

- 사고기 조종사들은 관제지역을 확인한 후 계기비행상태로 팜 국제공항에 접근하였으며 사고 직전 소나기성 강한비(Heavy Rain Shower)를 벗어났으나 팜공항과 니미즈힐 사이에 또 다른 소나기로 조종사는 팜공항을 육안으로 확인할 수 없었다.
- 기장은 계기접근절차 브리핑을 부적절하게 실시하였으며 기장이 계기접근절차에 대한 충분한 브리핑을 하지 않음으로 인하여 비교적 복잡한 로칼라이저만을 사용한 접근절차에 있어 기장, 부기장 및 기관사 각자가 해야 할 임무를 제대로 이행하지 못했다. 기장의 불충분한 접근브리핑 때문에 부기장과 기관사는 접근중 기장에 대한 충분한 비행 모니터 안내를 받지 못하게 되었다. 시계비행에 대한 기장의 기대가 로칼라이저 접근브리핑이 부적절하게 이루어진 요인이 되었으며 야간 또는 계기비행 가능조건시에는 계기비행접근절차에 대한 충분한 브리핑을 하지 않을 경우, 안전에 심각한 저해요소가 발생한다.

- K항공사에서 운영하고 있는 팜공항의 비디오 시청각교재는 팜공항에 시계비행(Visual)으로 접근하는 절차에 대해서는 강조되어 있지만, 팜공항 주변의 산과 같은 지상장애물과 거리측정장비 수정요소(Offset DME factors)에 대해서는 적

절하게 강조되어 있지 않았다.

- 광국제공항은 특별한 운항승무원 자격이 요구되는 특수공항으로 지정하여 운영함이 요구된다.

- 기장은 활공각(Glideslope) 장비의 상태에 대하여 혼동하고 있었다. 광국공항에 로칼라이저(LOC¹²) 6L)만으로 비정밀접근시 어떤 활공각(Glide Slope) 지시도 무시했어야 했다.

- 활공각(Glideslope) 수신기와 다른 항법(Navigation) 수신기는 잘못된 무선신호의 영향을 받을 수 있다.

- 기장은 니미츠 전방향 무선 표지소(활주로 끝으로부터 3.3마일 거리)로부터 거리측정장비(DME: Distance Measure Equipment) 정보를 활주로 끝으로부터의 거리정보로 착각하여 활주위에 실제보다 더 가깝게 접근한 것으로 인식하였을 가능성이 있으며 DME Fix 개념을 무시한 것으로 판단된다.

- 기장의 활공각 상태에 대한 혼동과 선입관으로 접근차트상에 나타난 고도와 항공기 위치에 대한 상호확인을 적절히 수행하지 못하였으며 시계비행에 대한 기대감으로 로칼라이저만을 사용한 계기착륙시스템에서 자신의 위치인식을 상실하였다. 기장이 중간접근고도인 2,000피트와 1,440피트 이하로 부적절하게 강하한 것이 사고의 원인이 되었다.

- 부기장과 기관사는 기장에게 지상충돌경고장치(GPWS)의 경고를 알려주었고 부기장은 복행할 것을 적절하게 조언하였으나, 기장은 지상충돌경고장치(GPWS) 최저고도(Minimum)경고음에 적절히 대처하지 못하였으며, 부기장이 직접회복조작을 하였다면 사고를 막을 수 있었을 것이다.

- 부기장과 기관사의 기장의 비행조작에 대한 적절한 관찰(Monitor)과 대응부족도 사고의 요인이 되었으며, 행하는 상호감시하의 접근(Monitored Approach)의 경우 조종사의 업무량을 덜어주며 승무원 상호간의 확인절차를 증진시킨다.

- 기장의 피로는 비행능력을 약화시켰으며, 항공기 접근절차를 적절히 수행함에 실패한 요인으로 작용하였다.

- K항공사의 비정밀접근에 대한 훈련은 비효과적이었으며, 승무원 능력저하에 기여하였다.

2) 환경 요소(Environment Factor)

환경 요소에는 기상(Weather) 요소와 공항 시설 요소가 포함되어 있다.

① 기상 요소

총 156건의 CFIT 사고 중 확인 가능한 107건

중 93건(87%)이 계기비행조건에서 발생하였으며 주간(Day), 야간(Night)은 CFIT 사고에 영향을 미치지 않았으며, 안개의 경우는 특별히 CFIT 사고 78건 중에서 55건으로 약 71%를 차지하였다.

강수(Precipitation)는 사고 건수의 약 1/4에 직접 또는 간접적으로 영향을 미쳤으며 운고(Cloud base)는 확인 가능한 CFIT 사고 49건 중 운고가 1,000피트이하인 경우가 사고의 약 63.3%를 차지하고 있으며 시정(Visibility)은 확인 가능한 CFIT 사고 54건 중 시정이 0.5마일 이하인 경우가 약 27.8%를 차지한다.

위의 내용과 같이 강수 또는 주간·야간 상태는 사고에 별다른 영향을 주지 않은 반면에 계기비행조건·시계비행조건, 안개와 운고 및 시정은 CFIT 사고에 큰 영향을 미쳤으며 특별히 시계비행조건에서 계기비행조건으로 변경되는 경우에 사고의 빈도가 높았다.

② 공항 시설 및 접근 절차 요소

최근에 발생한 약40건의 CFIT 사고는 모두 공항 반경 약15마일 이내에서 발생하였으며 이는 공항 시설 및 접근 절차가 CFIT 사고에 미치는 영향이 크다는 것을 알 수 있다. CFIT 사고의 60%는 공항 근처에 높은 장애물이 있는 경우에 발생하였으나, 약 40%의 CFIT 사고는 높은 장애물이 없는 경우에 발생하여 주목을 끌고 있다. 이것은 곧 특정한 장애물이 존재하지 않더라도 접근 절차상의 문제로 인하여 CFIT 사고가 발생할 수 있다는 것을 보여 주고 있다.

접근절차상의 문제로는 CFIT 사고의 60%가 비정밀 접근절차를 수행 중이었고 VOR/DME 절차 수행은 약25%를 차지하고 있어 비정밀 접근이 정밀 접근에 비해 사고 발생 위험도가 높은 것으로 알 수 있다.

3) 장비 요소(Equipment Factor)

1970년대 초 CFIT 사고가 많이 발생하자 1972년도에 미국 국가교통안전위원회(NTSB)는 미연방항공청(FAA)에 미연방항공국을 취항하는 항공기는 FAR 121을 적용받는 모든 항공기에 지상충돌경고시스템(GPWS)을 의무장착토록 권고하였다. 1974년에 지상충돌경고시스템(GPWS)은 보잉항공기의 표준장비가 되었으며 국제민간항공기구(ICAO)는 1978년 8월 10일 부속서(Annex) 6장에 최대이륙중량 15,000kg을 초과하거나 30인승 이상을 수송하는 항공기에는 지상충돌경고시스템

12) Localizer

(GPWS)을 의무적으로 장착토록 권고하여 1979년 7월 1일 이후 감항 증명 시 이를 검사토록 하였다.

새로운 지상충돌경고시스템(GPWS)의 표준 장착절차는 1998년 12월 31일부터 최대이륙중량이 5,700kg(12,500lbs)이상 또는 9인승 이상 수송하는 국제운송 또는 일반항공기도 의무 장착토록 권고를 하였다. 이후 지상충돌경고시스템(GPWS)은 CFIT 사고예방에 크게 기여하였으며 최근에는 기능을 강화한 개선된 지상충돌경고시스템(EGPWS)이 개발되어 보다 CFIT 사고예방에 도움을 주고 있다.

개선된 지상충돌경고시스템(EGPWS)의 작동원리를 간단히 살펴보면 항공기의 위치와 항공기 데이터베이스(Data Base)내에 저장된 지형지물(Terrain)과의 접근속도를 계산하여 장애물에 충돌하기 전에 경고해주는 방식이다. 이 때 위치의 정확한 측정을 위하여 비행관리시스템(FMS) 또는 GPS가 활용되고 있으며 장애물과의 고도가 2,000피트 이상이면 기상 레이더 역할을 하고 2,000피트 미만이면 장애물을 나타내주고 있다. 일반적인 지상충돌경고시스템(GPWS)의 경고는 충돌 전 수초에서 30초 정도까지이나 통상 10~15초 전에 경고를 준다.

2.4.2 간접적인 사고 요인

1) 관리자의 의사 결정 요소

CFIT 사고와 관련된 많은 요인들이 결정을 내릴 수 있는 관리계층에서 운항에 관련된 사항을 계획하는 회사 정책과 지침에 따라 영향을 미칠 수 있으므로 CFIT 사고를 예방하려는 노력은 비행승무원과 다른 운전자뿐만이 아닌 회사의 정책과 지침을 결정하는 관리자가 승인하고 지원할 때만 달성 가능하다.

사실상 조종사에게 추천하는 CFIT 방지대책 대부분은 회사 내에서 의사결정자들이 이 대책을 지원하고 이행할 경우에만 사고를 예방하는데 성공적으로 이루어 질 수 있다.

인간은 실수를 하고 있으며 또 실수를 계속하기 때문에 항공산업분야와 관련된 위험수준이 어느 정도는 항상 있게 마련이다. 회사내의 의사결정 수준에서의 목표는 이러한 위험요소를 관리하는 것이어야 한다. 관리의 각 계층은 사고예방차원에서 제공되고 있는 CFIT 사고방지대책을 실행하는 능력을 갖추고 있으며 각 계층이 독자적으로 긍정적인 결과를 달성하게 된다. 항공기를 운

영하는 조직내의 모든 계층이 서로 협조하는 가운데 CFIT 방지대책을 수행할 경우에 최대의 효과를 얻을 수 있다.

의사결정능력에서 각 조직마다 다르겠지만 항공회사 관리가 일반적으로 안전에 매우 큰 영향을 미치며 특히 CFIT 사고를 예방하는데 매우 중요한 역할을 한다는 사실을 인식하는 것이 무엇보다도 중요하다. 항공회사의 관리자는 조직의 안전문화를 창조하며 조직 구성원 모두에게 비행안전에 큰 영향을 미친다.

역사적으로 안전조치는 사고 발생에 가장 밀접한 조직인 항공사에서 시작되었으며 이러한 접근 방법은 성과를 가져왔고 비행안전을 향상시켜 왔지만 이제는 거의 한계점에 도달하였다고 볼 수 있다. 그러므로 이제는 항공사 자체의 운영에 더 많은 자원을 소비한다고 할지라도 그에 비하여 안전상 이익을 가져오지 않을 것이다. 앞으로는 CFIT 항공기 사고예방대책을 항공사를 지도하는 건설교통부와 항공산업과 그 하부기구 등 전체를 고려할 필요가 있다.

항공사들이 수행할 경우에 많은 CFIT 사고방지 대책들은 동 사고를 유발하는 조직요소 및 기타 요소들을 관리함으로써 CFIT 사고에 대한 위험요소를 감소시킬 수 있으며 조직요소들은 CFIT 사고요인으로 노출되기 전까지는 계속적으로 노출되지 않고 존재한다.

최초에 운항 잘못된 것으로 보이는 상황이 내면적으로 전반적인 훈련 프로그램에 CFIT 사고예방훈련이 빠진 결과일 수도 있고 또는 효과적인 안전실태 파악 프로그램이 없는 결과일 수도 있다. 항공사의 의사결정위치에 있는 관리자들은 운항 안전대책이 성공적으로 수행되도록 체계적으로 관리 수행을 하여야 한다.

2) 조직 구조(Organization Factor)

조직구조는 사고의 간접적인 요인으로 많이 작용하고 있다. 예를 들면 정시운항에 대한 강박관념을 심어 준다거나 연료 절감에 대한 지나친 요구 또는 복행(Go-around)에 대한 그릇된 인식 등이 사고를 유발하고 있으며 CFIT 예방훈련에 대한 적절한 교육 훈련이 이루어지지 않을 경우도 사고를 유발하는 요인이 된다.

2.4.3 종합적인 CFIT의 사고원인

CFIT 사고의 원인은 직접적인 요인과 간접적인 요인으로 나눌 수 있으며, 직접적인 요인에는 운항승무원 인적요소, 환경요소 및 장비요소로

분류할 수 있다.

운항승무원 인적요소에는 조종사의 상황판단, 의사결정, 비행절차, 항법, 항공기 운영 및 의사소통으로 구분되며, 그중에서 가장 큰 CFIT 사고원인은 조종사의 고도판단 실수, 항공기 위치상실 등 미숙한 상황판단과 부적절한 의사결정이다.

환경요소는 안개, 강수, 저시정등 기상과 항법장비 작동불능 관련하여 공항시결 및 접근절차가 있으며, 장비요소에는 GPWS 또는 EGPWS의 장착 여부로 구분할 수 있다.

또한, 간접적인요인으로는 회사정책을 결정하는 관리자의 의사결정요소와 운항압력관련 등 조직문화로 구분할 수 있다.

III. 결론

3.1. CFIT 사고예방 대책

3.1.1 운항승무원의 인적 요소 (Human Factor)

운항승무원의 인적 요소(Human Factor)로 인한 CFIT 사고를 방지하기 위해서는

첫째, 승무원자원관리(CRM)를 극대화시켜야 한다.

의사소통, 상황 판단, 의사 결정, 감시 및 조치는 모두 승무원자원관리(CRM)에 관련된 사항으로 승무원자원관리(CRM) 훈련을 통하여 CFIT 사고를 감소시킬 수 있다. 특히 상황 판단(Situational Awareness)에 문제가 있을 경우 상황을 악화시킬 수 있으며 부적절한 의사 결정(Decision Making)은 비행안전의 최후의 공중 지휘관인 기장으로서의 조종사가 할 수 있는 최악의 선택이다. 만약에 이러한 부적절한 의사 결정(Decision Making) 과정에서 승무원자원관리(CRM)가 잘 훈련되어 있다면 상황 재검토를 통하여 승무원들이 취할 수 있는 잘 못된 행동이나 결정을 수정할 수 있다. 그러나 이 과정마저 지나쳤다면 마지막으로 감시·감독(Monitoring) 및 확인·재확인(Challenging)을 통하여 사고 요인을 악화시킬 수 있다. 상황 판단이 CFIT 사고의 44.9%, 의사 결정이 CFIT 사고의 44.2%를 차지할 정도로 사고에 결정적인 영향을 미친다.

둘째, 비행절차의 잘못된 수행이나 생략을 함으로써 발생하는 사고가 약34%를 차지하고 있으며 이와 같은 요인으로 인하여 CFIT 사고가 발

생하는 것을 방지하기 위하여 현장 감독(Line Audit) 또는 현장위주 실제훈련(LOFT)과 같은 훈련 및 절차를 통하여 절차를 재점검해야 한다.

셋째, 항공기 시스템 운영의 실수로 인하여 발생할 수 있는 사고는 충분한 지상 교육이나 주기적인 시스템 교육을 통하여 CFIT 사고를 최소화시킬 수 있다.

넷째, 기능이 강화한 개선된 지상충돌경고시스템(EGPWS)을 항공기에 장착하여 사용함으로써 CFIT 사고예방에 도움을 주도록 한다.

개선된 지상충돌경고시스템(EGPWS)의 위치와 항공기 데이터베이스(Data Base)내에 저장된 지형지물(Terrain)과의 접근속도를 계산하여 장애물에 충돌하기 전에 경고해주는 방식에 대한 교육 및 훈련 프로그램을 개발·운영하도록 한다.

3.1.2 환경 요소(Environment Factor)

① 기상 요소

기상 요소는 CFIT 사고의 결정적인 요소로 작용하고 있다. 특별히 계기 비행조건(IMC)에서는 CFIT 사고에 중대한 영향을 미치고 있는 것으로 판단되며 안개와 저운고(Low Ceiling) 역시 사고에 큰 영향을 미치고 있다.

그러므로 기상 변화에 대하여 확인 및 재확인 을 통하여 기상 예측을 조종사에게 직접적으로 통보해 줄 수 있는 시스템을 갖추어야 하며 이에 대한 대처 방안으로는 기상 제한치를 준수하고 접근절차를 상호 재확인하며 관제탑으로부터 관제의 신뢰도에 의문이 발생시 반드시 재확인을 해야 하고 레이더 관제지시(Radar contact) 여부를 문의하여야 한다.

안개로 인한 시정 불량 시 켈슨 차트의 정확한 이해와 위치확인을 통하여 주변 장애물에 접근하지 않도록 하여야 하며 계기 정밀접근(CAT II 접근)이 인가되어 있을 경우에 최대한 활용을 해야 한다.

저운고 상태에서는 반드시 최저안전고도를 기압고도계와 함께 절대고도를 재확인(Cross Check)하여야 하는 절차를 수립하여야 한다. 또한 시계비행조건(VMC)에서 접근중 계기비행조건(IMC) 상황으로 바뀌면 무리하게 접근할 것이 아니라 계기 접근 절차를 재 수행하거나 복행하여 안정된 접근(Stabilized Approach)을 재 시도한다.

② 공항시설 및 접근 절차 요소

공항 주변 장애물, 시설 및 접근 절차 또한 사고에 큰 영향을 미치고 있다. 예를 들어 비정밀 접근절차로 인한 CFIT 사고의 약 57%를 차지하고 있다. 이에 대한 대처 방안으로 승무원들은 정확한 위치 파악, 비정밀 접근에 대한 위험도 인식을 하여 승무원자원관리(CRM)를 적극적으로 활용하고 접근 차트 제작사는 주변 장애물에 대한 명확한 표기 및 색깔을 사용한 시각적 인식도를 높여야 한다. 항공사에서는 CFIT 체크리스트(붙임 1)를 활용하여 접근 공항의 위험도 분석과 조종사 교육에 활용하여야 한다.

공항 접근절차는 가능한 계단식강하접근(Step down) 절차를 지양하고 일정한 강하율접근(Constant Stabilized Approach)이 될 수 있도록 비행계획을 세워야 하며 공항에는 정밀접근 장비를 설치하도록 노력하여야 한다.

특히 접근로에 높은 장애물이 존재할 때 항공사는 기압 고도계와 함께 절대고도(Radio Altimeter)를 Call-out하는 절차를 수립하여 시행하여야 한다.

③ 장비 요소(Machine Factor)

항공기 탑재장비는 위험에 노출되었을 때 또는 승무원이 인지하지 못한 위험에 직면했을 때에도 이를 경고해 줄 수 있는 기능이 사고예방에 도움이 된다. 특히 지상충돌경고시스템(GPWS)은 CFIT 사고를 방지할 수 있는 중요한 장비중의 하나이다. 최근에는 이의 기능이 강화된 개선된 지상충돌 경고시스템(EGPWS)이 개발되어 사용중에 있으며 이장비의 장착으로 인하여 CFIT 사고 예방에 도움을 줄 것으로 예상된다. 또 하나는 항공기 항법 표시기(Navigation Display)에 전시되는 그래픽을 3차원으로 나타내 주는 프로그램 채택한다면 더욱 바람직할 것이다.

다음은 현재 항공기의 항법 표시기(Navigation Display)에 재현되는 횡적정보(Lateral Information)와 종적 정보(Vertical Information)가 조종사의 모드(Mode) 선택에 따라 재현된다면 최종 접근단계에서의 CFIT 사고는 방지될 것으로 판단된다. 현재 종적 모드 표시기(Vertical Mode

Display)는 비행 강하각 벡터(Flight Path Vector)로만 사용할 수 있으며 실질적으로는 비정밀 접근 중에는 별 효용가치가 없다. 따라서 종적 모드(Vertical Mode)를 항법 표시기(Navigation Display)에 그래픽으로 나타내 준다면 조종사로 업무량이 줄어들고 정확한 판단을 하는데 도움이 될 것이다.

④ 조직 구조 요소

조직 구조는 사고를 유발할 수 있는 잠재 요인으로 볼 수 있다. 따라서 사고를 방지하기 위하여서는 임무에 대한 강박관념을 갖지 않도록 유도하고 승무원자원관리(CRM) 훈련과 교육을 강화하여 조직 전체가 안전을 지향하는 풍토를 조성해 주어야 한다.

이상에서 우리는 CFIT 사고의 유형과 사례를 살펴보고 CFIT 사고를 유발하는 요인을 분석하였으며 그에 대한 대책을 알아보았다.

CFIT 사고는 단일 사고로서는 가장 큰 인명 피해와 항공기 손실을 유발하는 치명적인 사고이다. 항공기의 장비가 아무리 첨단화되고 최신화 되었다고 할지라도 이를 운영하는 승무원이 실수를 일으키는 한 사고율 0%를 기대할 수 없다. 다만 그 실수를 최소화하여 치명적인 사고를 막아야 한다는 명제하에 CFIT 사고를 방지하기 위한 새로운 경각심을 고취하여야 하며, 끝으로 우리가 해야 할 일을 다시 한번 정리하면 다음과 같다.

- CFIT 사고를 방지하기 위하여 승무원자원관리(CRM)를 극대화시켜야 한다. 의사소통, 상황 판단, 의사 결정, 감시 및 조치는 모두 승무원자원관리(CRM)에 관련된 사항으로 승무원자원관리(CRM) 훈련을 통하여 CFIT 사고를 감소시킬 수 있다.

- 비행절차의 잘못된 수행이나 생략을 함으로써 발생하는 CFIT 사고를 방지하기 위하여 CFIT 사고예방 위주의 현장 감독(Line Audit) 또는 현장위주 실제훈련(LOFT)과 같은 훈련 및 절차를 지속적으로 교육시켜야 한다.

- CFIT 사고를 방지하기 위하여 기능이 강화된 개선된 지상충돌경고 시스템(EGPWS)을 항공기에 장착하도록 하며 개선된 지상충돌경고시스템(EGPWS)의 위치와 항공기 데이터베이스(Data Base)내에 저장된 지형지물(Terrain)과의 접근속도를 계산하여 장애물에 충돌하기 전에 경고해주는 방식에 대한 교육 및 훈련 프로그램을 개발·운영하도록 한다.

- 항공기 접근용 썸스 차트는 장애물 판독이 용이하도록 칼라를 사용하여 장애물의 위험도를 승무원에게 인식시키도록 한다.

- 공항 주변 장애물, 시설 및 접근 절차 또한 사고에 큰 영향을 미치고 있으므로 항공사에서는 CFIT 체크리스트(Check List)를 활용하여 접근 공항의 위험도 분석과 조종사 교육에 활용하여야

한다.

2006", P4

참고문헌

- [1] Flight Safety Foundation(FSF), "Controlled Flight Into Terrain", 2006, P.17
- [2] Flight Safety Foundation(FSF), "Flight Safety Digest, 1999", P.18
- [3] Flight Safety Foundation(FSF), "CFIT Education & Training AID", P23
- [4] 한국항공사고조사위원회(Korea, Aviation & Railway Accident Investigation Board), 2006년 통계자료, P14
- [5] The Boeing, "Statistical Summary of Commercial Jet Airplane Accident, 2006", P4
- [6] CFIT에 의한 항공기 사고예방, "항공진흥 12호", 1996.9
- [7] Flying Crew Human Factors 사고예방에 관한 연구, "항공진흥 32호", 2004.5
- [8] 김해 중국 민항기사고조사 보고서, "항공사고조사위원회", 2005.5
- [9] 괌 대한항공 사고조사 보고서, "미국 NTSB (교통안전위원회)", 1999.12
- [10] 포항 아시아나항공 사고조사 보고서, "건설교통부", 1994
- [11] Aviation Safety Network, "Airliner Accident Statistic, 2006", P21
- [12] 국제민간항공기구(ICAO Annual Report) 연간 통계자료, 2006, P21