

論文

복행실패로 발생한 CFIT사고의 공통요인 및 외항사 복행게이트 운영 실태에 대한 연구 (한국 대표적 CFIT사고의 TEM 분석을 중심으로)

최진국*

The Study on Common Factors of Typical CFIT Accident with Go-around Failure and Go-around Gate Operation of Foreign Carriers (An Analysis of Korean CFIT Accidents through TEM)

Jin-Kook Choi*

ABSTRACT

There have been CFIT(Controlled Flight Into Terrain) accidents that can be prevented if the crew executed go-around. This study is to analyse the common factors of three typical CFIT accidents of Korea in TEM(threat and error management) frame, and the examples of go-around gate and the countermeasures of eight airlines through the survey facilitating go-around to prevent CFIT. The common factors found in three typical CFIT accidents occurred in Korea or by Korean carriers turned out to be in mountainous terrain, in bad weather while in non-precision approach or circling approach by captain as PF(Pilot Flying) when crew make monitoring errors and communication errors. It also turned out that the crew in all three typical tragic CFIT accidents did not execute go-around in unstabilized approaches. The captains did not respond immediately when first officers advised them to go-around until it is too late. Seven out of eight Airlines answered that they use stabilized approach height as 1,000 feet to be stabilized earlier to have more safety margin by enhancing go-around gate regardless of the weather to prevent CFIT in the survey.

Key Words : Go-around(복행), CFIT(조종상태 지상충돌), Go-around gate(복행 게이트), TEM(위협 및 에러관리, Threat and Error Management)

1. 서 론

CFIT(Controlled Flight Into Terrain: 조종상태 지상충돌)사고란 항공기가 정상적인 비행 중 지표, 수면 또는 그 밖의 장애물과의 충돌하는 것을 의미한다[1]. 2003년부터 2012년까지 발생한 세계 상업용 제트항공기사고 75건 중 17건(23%)

이 CFIT으로 인하여 사고가 발생하였으며, 탑승 사망자 4,408명 중 이로 인해 971명(22%)이 사망하여 CFIT은 비행 중 조종능력상실 다음으로 가장 높은 사고원인으로 나타났다[2]. 따라서 CFIT 사고는 발생 빈도가 높고 사상자 발생이 많은 사고의 유형이므로, CFIT사고를 예방하기 위하여 CFIT사고에 대한 분석이 요구된다.

ICAO(International Civil Aviation Organization)는 운항 시에 TEM(Threat and Error Management: 위협 및 에러관리)기법으로 위협과 에러(Error)를 관리하여 CRM(Crew Resource Management: 승무원자원관리)을 운용하기를 권장하고 있다[3]. TEM은 운항승무원들이 위협을 식별하고 관리하

2014년 05월 30일 접수 ~ 2014년 09월 20일 심사완료
논문심사일 (2014.08.11, 1차), (2014.09.19, 2차)

* 극동대학교 항공운항학과 교수

연락처, E-mail : safeskyleader@gmail.com

충청북도 음성군 감곡면 대학길 76-32

며, 에러를 회피하고 탐지하여 약화하는 안전운항 기법이다[4]. 위협의 정의는 조종사의 영향 밖에서 발생하였지만 조종사의 관리를 요하고, 운영환경의 복잡성을 증가시켜서 조종사들로 하여금 에러를 발생하게 할 가능성이 있는 것이다. 위협의 유형은 악기상, 공항, 관제, 환경 운영 압박, 항공기, 항공사 운영 압박, 객실, 운항관리/문서(Documentation), 지상조업/램프, 지상 정비, 매뉴얼/차트 등이다. 에러는 실행을 하거나 실행하지 않아 조직이나 승무원의 의도나 계획으로부터 벗어나도록 초래하는 것을 의미한다. 에러의 유형은 항공기 조작, 지상 항법, 수동 비행, 시스템/라디오/계기, 브리핑, 콜아웃(Callout), 체크리스트, 문서, PF/PM 임무수행, 크로스체크, 기타 절차 오류, 외부 의사소통, 운항승무원간 의사소통 오류로 구분된다. 바람직하지 않은 항공기 상태(UAS: Undesired Aircraft State)는 항공기의 위치, 속도, 고도, 또는 자세(Configuration)가 운항 승무원에 의해 안전도가 급격히 낮아지는 상태로 정의되며, 유형은 항공기 조작, 지상 항법, 부정확한 항공기 자세로 구분된다[5].

TEM 모델은 사고나 준사고의 분석에 안전분석도구로 사용될 수 있으며, 취약점과 임무수행에 요구되는 항목들을 도출할 수 있고, 조직의 효율성을 높이도록 도와주는 훈련도구로 사용된다[6]. 따라서 한국 대표적인 CFIT사고를 TEM 모델에 의한 분석을 통하여 공통적인 위협과 에러, 바람직하지 않은 항공기 상태를 도출하면, LOSA(Line Operation Safety Audit:항공운항안전감사)등의 안전개선과 CRM 및 TEM훈련에 적용하여 안전을 강화할 수 있다.

복행(Go-around)의 정의는 항공기가 착륙함에 있어서 관제탑으로부터의 지시, 기상불량, 진입고도불량 등의 이유로 착륙을 단념하고 재차 상승하여 착륙을 다시 하는 것이다[7]. FSF(Flight Safety Foundation:비행안전재단)는 ALAR(접근착륙 사고방지: Approach and Landing Accident Reduction)연구를 통해 복행정책의 향상을 권고하였다. 연구에 의하면, 복행을 해야 하는 적절한 시기에 복행의 필요성을 인지하지 못하는 경우가 접근착륙사고의 주요원인이 되는 것으로 나타났다. 따라서 항공사는 항공기가 안정되어야 하는 최저고도인 복행 게이트(Go-Around Gate)를 설정하고, 이 고도이하에서 항공기가 불안정 접근이 되는 경우 반드시 복행을 하도록 회사정책에 명시하고 운영할 것을 권고하였다[8].

2013년 브뤼셀에서 개최된 FSF복행 안전 포럼에서 대부분의 사고가 접근, 착륙, 복행단계에서

발생을 하며, 불안정접근 상황에서 5%이하만이 복행을 하고 95%가 계속 접근하는 것으로 나타나[9], 복행을 활성화하기 위해 안정접근(Stabilised Approach)기준과 복행주체의 향상이 요구된다.

본 연구 범위 및 목적은 다음과 같다. 한국 대표적 CFIT 항공기 사고의 공통요인을 찾아내기 위해, 국내에서 발생했거나 외국에서 일어난 국적항공기 사고 중에서 3개의 대표적인 CFIT사고를 TEM모델을 사용하여 분류하였다. 대표 사고 사례는 1993년 7월26일 목포공항 인근 운거산에 추락한 B737 항공기사고, 1997년 8월6일 팜 니미츠힐에 추락한 B747-300 항공기사고, 2002년 4월 15일 김해공항 인근 돛대산에 발생한 B767-200ER 항공기사고로 국한하였다. 또한 CFIT예방을 위하여 안정접근 기준고도 및 복행선언주체를 운영하는 사례를 알기 위해, 8개 외항사들의 복행게이트 운영 실태에 대해 살펴보았다. 본 연구의 목적은 한국 CFIT사고 공통요인들을 도출하여 항공사가 도출된 공통 위협과 에러들에 대해 CRM 및 TEM훈련을 실시하고 안전관리와 표준운항절차를 향상하도록 하는데 있다. 또한 외항사들이 복행게이트를 강화하여 운영하는 사례의 분석을 통해 국내 관련기관과 항공사들에게 복행에 대한 관리의 중요성을 인식시키고자 한다.

2. 본 론

2.1 한국 대표적 CFIT 항공사고의 TEM분석

국내에서 발생하였거나 국적기에 의해 발생한 대표적인 CFIT관련 사고인 목포 운거산 추락사고, 팜 니미츠힐 추락사고, 김해 돛대산 추락사고 등 3개 사례에 대해 각각의 사고 개요를 제공하고 TEM모델을 사용해 분류하였으며 이들의 공통점을 도출하였다.

2.1.1 B737항공기 목포 운거산 추락사고

1993년 7월26일 B737여객기가 기준 이하 시정의 비가 내리는 날씨 속에서 비정밀 접근으로 목포공항에 착륙을 시도하던 도중, 최종접근지점의 고도 이하로 강하하여 운거산에 추락해서 68명이 사망하였다. 기장이 PF(Pilot Flying: 임무 조종사)를 하였으며, 신임부기장인 PM(Pilot Monitoring: 모니터링 조종사)은 모니터링

(Monitoring)과 크로스체크(Cross-check), 그리고 콜아웃(Callout) 등이 미흡하였다. 2차 실패접근 시 ATC 보고를 누락하였으며, 2, 3차 접근 시에 시정이 최저기준치 이하 상태에서 접근하였다. 사고기는 충돌 3초 전에 엔진추력을 증가하였다 [10]. 또한 당시 목포공항은 길이가 1,500미터로 짧고, 한 쪽 방향밖에 사용할 수 없는 활주로와 자동 착륙유도장치인 ILS(Instrument Landing System)가 설치되지 않은 열악한 공항시설 상태였다[11].

Table 1. Threats and Errors of Aircraft Accident into Mt. Ungeo in Mokpo

위협(Threat)	에러(Error)	UAS
-악기상 -관계 -항공사 운영압박(신임 부기장과 편조) -공항(비정밀 접근, 짧은 활주로) -환경운영압박(지형지물)	-콜아웃 (Callout) -크로스체크 -의사소통 -자동화(낮은 고도선택) -기타절차(기준 이하 시정 시 접근지속, 복행 실패)	-항공기 조작(수직이탈, 불안정접근 후 지속착륙 시도)

2.1.2 B747항공기 괌 니미츠힐 추락사고

1997년 8월 6일 보잉 747항공기가 괌의 A. B. 윈 팻 국제공항에 심한 폭우 속에서, 공항의 MSAW(최저안전고도경고)시스템 및 활공각지시기(Glideslope) 부작동 상태에서 비정밀 접근 중 규정고도를 지키지 않고 강하하여 니미츠힐에 추락, 총 225명이 사망하였다.

충돌하기 9초 전에 지상접근 경고장치(GPWS: Ground Proximity Warning System) 경고가 울렸다. 부기장도 실패 접근 (missed approach)을 조언하였으나, 기장은 GPWS경고와 부기장의 콜아웃에 즉각 반응하지 못하였고 추락 약 3초 전에야 기장이 복행을 선언하며 기수를 들었으나 지형지물에 충돌하였다. 기장은 Localizer접근에 대한 브리핑이 미흡하였으며, 부기장과 기관사는 기장의 임무수행을 적절하게 모니터하거나 잘못된 것에 이의를 제기(challenge)하지 않았고, 활공각지시기를 따라가는 것에 대해 조언하지 못하였다. 또한 착륙차트의 유효기간이 지났으며, 기장의 비행스케줄은 두바이에서 괌으로 변경되었다. 근무를 많이 시킨다고 하였으며, 졸리다고 한

것이 음성 녹음에 나타났다[12].

Table 2. Threats and Errors of Aircraft Accident into Nimitz Hill at Guam

위협(Threat)	에러(Error)	UAS
-악기상 -환경운영압박(지형지물) -관계(MSAW시스템 부작동) -항공사 운영압박(스케줄변경, 조종사 피로) -공항(비정밀 접근, Glideslope 부작동) -차트(유효기간 지난 착륙차트)	-콜아웃 -크로스체크 -의사소통(적극적 조언실패, 복행권고 무시) -자동화(부작동 Glideslope 사용) -브리핑 -시스템(GPWS 경고 미조치) -기타절차(복행실패)	-항공기 조작(수직이탈, 불안정접근 후 지속착륙 시도)

2.1.3 B767-200ER 항공기 김해 돛대산 추락사고

2002년 4월15일 김해공항에는 바람이 강하게 불고 비와 안개로 시정이 나빴으며 낮은 구름으로 덮인 흐린 날씨였다. 기장이 선회접근 중 항공기가 선회접근 구역을 벗어났고, 활주로를 시야에서 잃어버렸을 때 복행을 하지 않아 돛대산에 충돌해 129명이 사망하였다. 김해공항의 활주로 18방향은 산이 있어 정밀접근이 불가능하다.

운항승무원은 접근 브리핑 시 실패접근 사항을 누락하였다. 관제사의 지시에 몇 차례 복창을 누락하였으며, 관제사가 조종사의 의도를 요청하였을 때에도 답변을 하지 않았다. 기장이 활주로를 찾는데 도와달라고 부조종사에 요청하였다. 그러나 부조종사는 활주로를 시각적으로 확인하였다는 응답을 하지 않았으며 복행도 조언하지 못하였다. 이후 기장이 다시 활주로를 봤냐고 물었을 때 부조종사는 안 보인다고 하였다. 또한 그 이전에도 활주로가 시야에 보이지 않은 것에 대해 기장에게 조언하지 않았다. 기장은 선회 접근 중 Downwind의 폭을 정상적인 폭보다 좁게 비행하였으며, 3선회 실시를 지연하였다. 충돌 5초 전에 부조종사가 복행을 조언하였으나 기장은 즉각적으로 반응하지 않았다. 부조종사도 복행하지 않았고, 부기장이 충돌 약 2초 전에 “Pull up, Pull up”을 콜아웃하였다. 기장이 조종간을 당기는 조작을 하였으나 이미 늦어서 항공기는 산에 충돌 후 추락하였다.

항공사는 GPWS기능개선조치를 하지 않았으며, CRM 교육이 미흡한 것으로 나타났다. 항공사는 잼슨 항공차트를 1 세트만 지급하여, 운항승무원 각자가 서로 확인하고 점검하기에는 부족하였다. 관제탑 관제사들은 항공기를 시야에서 상실하였을 때, 육안감시보조기기인 관제탑 BRITE를 사용하지 않았다. 관제탑에 설치된 MSAW시스템은 시각경고기능만 설계되어 있어, 청각경고를 포함하도록 하는 ICAO의 권고사항에 부합하지 않았다. 또한 기장의 비행 스케줄은 7일 전에 변경되었으며, 기장이 활주로 18R 방향으로 선회접근 경험이 없었던 것으로 나타났다. 선회접근차트에는 선회접근 시 참조할 수 있는 참조점과, 선회접근 구역 및 북쪽지역의 지형지물에 대한 표시가 되어있지 않았다.

사고기는 약 2초 전에 조종간을 당겼으나 엔진추력은 증가시키지 않았다. 모의비행장치 실험 결과에 의하면 지면과의 충돌 6초 전에 복행기동이나 장애물 회피기동을 실시했을 때, 항공기는 산과의 충돌을 회피할 수 있었다[13]. 충돌 6초 전에 복행을 실시하였더라면 결과가 달라졌을 수도 있어서, 복행결심을 몇 초라도 빨리 하도록 하는 것이 사고 예방에는 매우 중요한 것임을 시사한다.

Table 3. Threats and Errors of Aircraft Accident into Mt. Dotdae in Gimhae

위협(Threat)	에러(Error)	UAS
-악기상 -환경운영압박(지형지물) -항공사 운영압박(스케줄 변경, 김해 선회접근 경험 없는 조종사와 편조) -공항(선회접근, 익숙하지 않은 공항) -관제(활주로 변경, ICAO권고에 부적합한 MSAW, 시야에서 항공기 상실시 감시보조기기 미사용) -항공기(GPWS 미개선) -차트(잼슨차트-높은 지형 표시)	-콜아웃 -크로스체크 -의사소통(운항승무원간-부기장 복행 권고 무시, 외부의사소통-관제지시, 질문에 응답 실패) -자동화(고도이탈) -수동비행(고도이탈, 속도초과, 경로이탈, 선회접근절차) -브리핑 -기타절차(복행실패)	-항공기조작(수직이탈, 수평이탈, 불안정 접근 후 지속 착륙 시도)

안 됨, 잼슨차트 한 세트만 항공기 지급)		
-------------------------	--	--

2.1.4 국내 대표적 CFIT사고의 공통요인

국내 발생 및 국적기에 의한 대표적 CFIT 사고인 목포사고, 괌사고, 그리고 김해사고에서 나타난 공통적인 요인들을 TEM을 중심으로 분류하여 아래 Table 4와 같이 도출하였다.

Table 4. The Common Threats and Errors of three typical CFIT Accidents (Mokpo, Guam and Gimhae)

위협(Threat)	에러(Error)	UAS
-악기상 -지형지물 -공항(비정밀 접근/선회접근) -항공사 운영압박(스케줄 관련)	-콜아웃 -크로스체크 -의사소통실패(적극적인 의사소통미흡/권고무시) -기타절차(복행실패) -자동화(고도이탈)	-항공기조작(수직이탈, 불안정 접근 후 지속 착륙 시도)

한국 대표적 CFIT사고의 공통 위협 요인으로 악기상, 지형지물, 비정밀 접근/선회접근, 스케줄 관련 항공사 운영압박이 도출되었다. 공통 에러 요인으로는 콜아웃, 크로스체크 실패, 의사소통 실패, 기타절차(복행실패), 자동화(고도이탈)이 도출되었고, UAS로 수직이탈, 불안정접근 시 지속접근 등의 항공기 조작유형이 분류되었다. 또한 세 사고 모두 공통적으로 기장이 PF(Pilot Flying: 비행조작 조종사)로 임무 수행을 할 때 발생하였다.

2.2. 외항사의 CFIT 예방사례

각 항공사들은 CFIT사고를 예방하기 위하여 안정접근에 대한 기준을 운영하고 있다. 아래와 같이 8개 외국 항공사의 복행게이트와 복행주체에 대한 사례를 소개하고자 한다. 인간은 누구나 실수를 한다. 그러므로 CFIT의 위험을 효과적으로 관리하기 위해서는, 실수를 시스템적으로 예방하도록 복행 정책과 절차를 작성해야한다[8].

가장 바쁜 착륙 단계에서 두 명의 조종사가 짧은 시간에 실수 없이 복행여부에 대한 의사결정을 하기 위해서, 안전여유를 확보한 복행게이트와 복행주체운영이 요구된다. 아래에 응답한 외항사들은 공통적으로 2000년 이후에 사망사고가 한건도 발생되지 않아, 이 항공사들이 어느 고도에서 복행게이트를 적용하며 누가 복행을 결정하고 실행하는지에 대한 운영사례가 안전운항을 관리하는데 도움이 될 것이다.

2.2.1 복행 게이트(안정접근기준고도) 운영 사례

복행게이트는 빠르고 위험도가 높은 접근 및 착륙단계에서 중요하다. 조종사들이 신속하고 명확하게 의사결정을 해야 하므로 충분한 안전여유를 확보하고, 기준을 이해하기 쉽게 작성되어야 한다. 복행게이트는 이 기준고도에서부터 안정접근의 기준을 적용하는 구간을 의미한다.

FSF는 1999년에 ALAR(접근착륙 사고방지)연구결과로 항공사가 안정접근기준 고도로 계기접근 기상에서는 1000피트를 적용하고, 시계접근 기상상태에서는 500피트를 적용하여 복행게이트를 운영할 것을 권고하였다[8]. Table 5에서 보면 1개의 항공사만이 계기접근 기상상태에서는 1,000피트, 시계접근 기상상태에서는 500피트에서 안정접근 기준을 시작하는, 기존의 FSF 권고 복행 게이트를 지금까지도 사용하고 있었다. 이 한 개의 항공사를 제외하고 나머지 7개 항공사는 기상 상태에 관계없이 1,000피트에서부터 안정접근 구간이 시작되도록 복행게이트를 기존 FSF권고안보다 강화하여 적용하고 있다.

기상에 따라 두 개의 기준 고도를 설정하여 운영하던 것을, 항공기가 저고도에서 미리 안정하여 안전여유를 더욱 확보하기 위해 기상에 관계없이 1000피트에서 복행을 시작하도록 복행게이트를 향상하는 것이 항공업계의 최근 추세이다. 시계접근 시에 1000피트에서 미리 안정접근이 시작되도록 하면 복행율이 증가되어 지연이 되거나 비용의 증가가 발생될 수 있지만, 항공사가 안정접근의 중요성을 인식하여 정책적으로 복행게이트의 강화를 선택하여 운영하는 것이다. 이는 조종사가 긴박한 순간에 어느 기상의 기준 고도를 적용해야 하는지 생각하지 않고, 주저 없이 안정접근기준을 적용할 수 있도록 한다. 또한 계기접근 기상에서도 혼동하여 500피트를 적용하는 에러도 감소시킬 수 있다.

Table 5. The Examples of Go-around Gate

항공사	안정접근 기준고도	복행주체
Brussels Airlines (사망사고 없음)	1,000피트	1000피트 이하 한명이라도 "Go-Around" Callout 시 복행
Singapore air (2000년 이후 사망사고 없음)	기상조건에 관계없이 1000피트 예외사항: 시계 패턴 circuits 500피트, side step 500피트, 선회접근 시 300피트	
Copa Airlines (파나마) (1992년 이후 사망사고 없음)	1000피트	누구라도 "Go-Around"하면 복행 실시
Delta (1996년 이후 사망사고 없음)	1000피트	
Lufthansa (1993년 이후 사망사고 없음)	기상조건에 관계없이 직진 접근 시 1000 피트	책임기장이 복행 개시결심을 할 수 있으나, 1000 피트 미만에서 운항승무원이 "go-around"를 call out 하는 경우 반드시 복행을 실시
ANA (1999년 이후 사망사고 없음)	기상조건에 관계없이 1000피트 예외사항: 선회 접근 시 500피트 out해야 함.	PM이 접근이나 착륙이 우려되는 경우 기장이나 부기장 직급에 관계없이 "Go around"를 callout
Swiss Air (1998년 이후 사망사고 없음)	직진접근 시 기상조건에 관계없이 1000피트	
Croatia Airlines (사망사고 없음)	IFR 1000피트, VFR 500피트	누구나 "Go-around"를 Callout하면 복행

2.2.2 복행 주체 사례

Table 5에서 보면 복행주체에 대해 응답을 한 모든 항공사에서 조종사 중 누구라도 안정접근을 초과하면 복행을 콜아웃 할 수 있는 것으로 나타났다. 또한 누군가가 복행을 언급하게 되면 복행을 실시하도록 절차를 수립하여 운영하고 있다.

캐나다항공(Air Canada)은 안정접근 기준치에 도달하기 이전에, PM이 “Airspeed high” 등으로 Inquiry(질의)를 통하여 미리 수정하도록 활발한 의사소통 절차를 운영하고 있다고 답변하였다. PF가 안정접근 기준을 초과한 경우에 PM이 “Unstabilized”라고 call을 하면, 반드시 복행을 하도록 명시하였다. 운항승무원이 상황인식을 상실한 경우에는 즉시 안전고도로 상승하여 상황인식을 다시 한 이후에 재접근 하도록, 의식상실에 대한 절차를 운항규정(FOM)에 개정하여 운영하고 있다. 이렇게 선진항공사들은 적극적으로 의사소통을 하여 안정접근 기준치 이내로 수정하도록 하며, 누구나 복행을 콜아웃을 할 수 있는 절차를 운영하고 있다.

2.3. CFIT사고 공통요인 및 복행관련 개선 시사점

본 논문에서는 복행을 하지 않고 지속적으로 접근하여 발생한 3개의 대표적 사고사례에 대한 공통점과 외항사들의 복행게이트, 그리고 복행주체에 대해 검토해 보았다. 사고사례에서 나타난 문제점과 이에 대한 대책, 그리고 외항사들의 안정접근 기준과 복행주체에서 나타난 점에 대해 아래와 같이 개선에 대한 시사점을 살펴보았다.

2.3.1 모니터링/크로스체크 강화

앞에서 살펴본 사고사례에서 항공기와 공항간의 거리와 고도에 대한 모니터링과 크로스체크가 미흡하였거나, 항공기의 위치에 대한 상황인식이 되지 않아서 항공기가 지형지물에 충돌하여 추락한 것으로 나타났다.

모니터링과 크로스체크를 향상하기 위해서는 CRM 및 TEM(Threat and Error Management: 위협 및 에러관리)을 강화하여야 한다. 사내 SOP(Standard Operation Procedure: 표준운항절차)에 모니터링이 조종사의 주요 책임임을 명시하고, 특히 바쁜 구간을 위해 순항시기에 미리 준비를 하도록 하며, 강하 전에 접근 및 착륙 브리핑을 실시하여야 한다. 두 조종사 모두 고도 도달하기 1000피트부터 계기를 모니터링하며, 최

소한 한명의 조종사는 외부의 항적을 모니터링하도록 해야 한다[14]. 조종사에게 주의 분배와 업무부하 관리를 통해 효과적으로 모니터링을 하도록 훈련을 실시하는 것이 요구됨을 시사한다.

조종사가 모니터링에 실패해서 상황인식이 되지 않는 경우에 최후로 경고가 제공되도록, 항공기제작사는 GPWS경고, 저속경고, 실속경고 등의 안전경고를 강화하여 제작 및 설계를 개선하는 것이 요구된다.

2.3.2 항공기의 위치 및 상태에 대한 상황인식 강화

앞의 사고에서 공통적으로 거리에 따른 고도와 항공기의 위치 그리고 복행지점과 시기에 대한 상황인식이 부족한 것으로 나타났다. 항공기 조종 에러는 상황인식을 통하여 예방될 수 있다[15]. 상황인식은 조종사가 주변에서 일어나고 있는 것과 앞으로 일어나게 될 것에 대해 정확하게 인지하는 것이며, 조종사가 의사결정을 하기 전에 반드시 상황인식을 하고 있어야 하므로 비행 안전에 필수적이다[16].

특히 세 건의 사고가 모두 강하각을 제공하지 않는 비정밀 접근 또는 선회접근에서 위치에 대한 상황인식이 되지 않은 것으로 나타났다. 월스트리트저널은 샌프란시스코공항에서 공사로 인해 두 개의 활주로에서 정밀착륙유도시스템이 작동하지 않았던 2013년 6월 1일부터 아시아나 항공기 사고 일인 7월 6일 사이의 기간과, 정밀착륙유도시스템이 작동하던 2013년1월부터 5월말까지의 기간 동안 복행율을 분석 비교하였다. 분석 결과에 의하면, 조종사들의 복행율은 평균 2.4배가 증가하였다[17]. 강하각을 제공하는 정밀착륙시스템이 작동되지 않는 상황에서, 시계접근으로 착륙을 할 때에 복행율이 정밀착륙유도시스템이 작동할 때마다 더 높게 나타났음을 의미한다. 따라서 비정밀 접근에 대한 훈련으로 상황인식을 강화하는 것이 요구됨을 시사한다.

2.3.3 조종사 편조 스케줄 강화(저경력 조종사 및 익숙하지 않은 공항 관리)

사고사례의 공통요인으로 갑작스러운 비행스케줄 변경, 또는 저경력 조종사와 편조되거나 익숙하지 않은 공항에 운항하게 된 스케줄 등의 운영압박이 도출되었다. 이러한 위협을 저감하기 위해서는 등급에 따른 공항 및 승무원 편조의 운영이 요구된다. 특히 저경력 조종사는 숙련된

조종사보다 주의분배에 대한 자동적인 패턴 인식이 늦으므로, 저경력 조종사들이 주의분배를 통한 모니터링 방법을 익히기 위해서 시뮬레이터를 통해 주의분배를 하여 계기를 모니터링 하는 훈련이 필요하다[18]. 따라서 저경력 조종사들이 모니터링을 통해 상황인식을 하기 위해서는 모니터링을 CRM교육에서 이론적으로만 훈련할 것이 아니라, 모의비행장치를 사용하여 실질적인 시나리오를 통해 구체적으로 실습을 하도록 훈련하는 것이 도움이 될 것이다.

비정상 상황에서 숙련된 조종사집단의 상황인식 정확도가 저경력 조종사보다 유의하게 높다는 연구결과가 있다[19]. 부기장이나 기장 임명 후 일정기간까지는 운항이 용이한 공항으로 스케줄을 편성하며, 비정상 상황에 대한 훈련으로써 경험을 보충하는 것이 필요하다. 특히 장거리 기종의 경우에 이착륙하는 기회가 소형기보다 많지 않으며, 비정밀 접근도 자주 발생하지 않는다. 따라서 이착륙경험을 충족하도록 단거리 비행도 적절히 스케줄 하도록 하며, 필요시 모의비행장치로 이착륙 훈련을 보강해주는 것이 경험유지에 도움이 된다.

2.3.4 복행개선 및 안정접근 관리 강화

위의 대표적인 CFIT사례에서 부기장이 기장에게 복행 조언을 하였지만 기장이 즉각적으로 반응을 하지 않았거나, 부기장의 적극적인 조언이 누락된 경우에, 충돌에 임박해서야 복행을 시도하다가 추락한 것으로 나타났다.

2013년 브뤼셀에서 열린 FSF 복행 안전 포럼에서는 8가지의 안전개선전략을 도출하였다. 조종사들의 상황인식, 안정접근 기준, 의사결정, 복행 시나리오 훈련, 복행정책 및 절차, 저경력 조종사에 대한 강화와 전문가의 의견을 반영할 것을 제안하였다[9]. 따라서 조종사들의 상황인식을 위하여 안정접근기준과 복행정책에 대한 강화가 요구된다.

사례에 나타난 대부분의 외항사와 같이, 누구든지 복행을 콜아웃 하면 즉각 PF가 복행을 실시하고, 기장이 무대응 시에는 PM이 복행을 하도록 복행절차를 수립하여 명시하고 훈련하는 것이 필요하다. 또한 외항사들은 안전여유를 확보하기 위해, 기존의 시계접근기상 기준인 500피트를 1,000피트로 복행게이트를 상향하여 운영하고 있으며, 이후 사망사고가 발생하지 않고 있다는 점에 주목하여야 한다. 시계접근기상에서 1000피트를 복행게이트로 운영하고, 운항승무원 중 누구라도 콜아웃하면 즉시 복행을 실시하고, 복행

조언을 콜아웃해도 복행을 안 할 경우에 바로 PM이 복행을 하는 절차가 확산되기를 기대한다.

2.3.5 의사소통 및 규정준수의 안전문화 강화

앞서 분류한 사고의 공통점으로 부기장이 기장에게 복행을 조언하였을 때 반응하지 않았거나, 부기장이 적극적으로 콜아웃하거나 조언을 하지 않은 의사소통에러가 나타났다. 따라서 위기상황을 복행으로 회피하도록 부기장의 적극적인 의사소통 능력이 요구된다. 안정접근 기준을 벗어나기 이전에 조금이라도 이상하면 승무원편조가 기존 계획을 검토하기 위해서 질의(Inquiry)를 하고 서로 활발한 명확한 의사소통을 하여 [20], 미리 수정을 할 수 있도록 라인 조종사들이 CRM과 TEM을 실질적으로 운영하여야 한다.

상황인식을 위해서는 운항승무원들의 의사소통이 필수적이다[16]. 따라서 조종사가 항공기의 계기를 모니터링하고 모니터링 결과에 대해 서로 원활한 의사소통으로 상황인식을 하여, 바람직한 의사결정을 할 수 있도록 조종실의 의사소통문화의 정립이 요구된다. 국내 한 항공사에서 실시한 설문조사에서 자동화 된 조종실에서는 보다 많은 대화가 필요하다는 문항에 34%가 동의하였으며, 대화가 필요하지 않다고 응답한 조종사는 약40%를 차지하여[21], 의사소통에 대한 훈련이 요구됨을 시사한다.

또한 안정접근 기준을 이탈하는 경우에 즉각 복행절차를 실시하는 규정을 준수하는 안전문화가 정착되어야 한다. 안전문화는 조직이 에러의 발생과 심각도를 저감하고, 라인 조종사와 관리자 간에 안전에 대하여 의사소통을 원활하게 하며, 안전관련 규정과 절차를 지키고, 훈련하려는 강한 의지의 결과이다[22]. 그러므로 항공사 내 관리자와 조종사들이 안전에 대한 규정준수와 의사소통이 원활하도록 관리하는 것이 요구된다. 또한 107건의 CFIT사고의 연구결과에 따르면, 사고의 50%가 규정 미준수로 밝혀져[14], 규정을 준수하도록 항공 안전문화를 정착시키는 것이 필요함을 시사한다.

2.3.6 TEM훈련 강화

앞의 대표적 CFIT 사고사례에서 악기상, 지형지물, 비정밀 접근/선회접근, 스케줄관련 운영압박 위협이 공통적으로 실패되었다. 또한 콜아웃, 모니터링/크로스체크 실패, 의사소통 실패, 복행

실패, 고도이탈에러가 관리되지 않아, 불안정접근, 수직이탈, 불안정접근 시 지속 접근하는 등의 UAS가 관리실패된 것으로 나타났다. 위협과 에러가 운항 안전에 급박한 영향을 미칠 수 있으며, 이에 대한 관리가 되지 않을 때 사고가 발생할 수 있으므로[15], 앞에서 도출된 위협과 에러의 훈련이 요구된다.

델타항공에서는 조종사 보수교육 시에 TEM이론을 이용하여 에러의 발생여부와 관리정도를 측정하여 등급을 부여하고 차기 훈련에 반영하여 [23], TEM을 기반으로 위협 및 에러를 관리하도록 훈련을 실시하고 있으며, 1996년 이후로 사망사고가 발생하지 않고 있다.

또한 세 사고 모두 공통적으로 기장이 PF(Pilot Flying: 비행조작 조종사)로 임무 수행을 할 때 발생을 하였다. 따라서 안전하게 운항하기 위해서는 각자가 맡은 PF와 PM역할에 따라 조종임무와 모니터링임무를 수행하도록 구체적인 책임을 부여하고 효과적인 훈련을 통해 향상하는 것이 요구된다. 표준 절차를 준수하도록 하기 위해서는 PF와 PM의 임무를 명확하게 정의하여야 하며[14], 위협과 에러의 상황이 갑작스럽게 발생하는 시나리오에 의한 훈련을 통하여 PF와 PM의 모니터링이 향상이 요구됨을 시사한다.

3. 결 론

본 연구는 한국 대표적 CFIT사고의 공통 위협과 에러 그리고 복행게이트 개선과 관련하여 살펴보았다. 앞에서 도출된 한국 대표적 CFIT사고의 공통요인을 정리하면, 조종사의 비행스케줄이 변경되었거나 저경력 조종사와 스케줄 편조가 된 경우, 지형지물이 있는 공항에서, 악기상조건 하에, 활공각지시기가 제공되지 않은 비정밀접근 또는 선회접근 중에 발생하였다. 이러한 복잡성 하에서 복행이나 거리 별 고도 등에 대한 모니터링과 크로스체크가 미흡하였고, PM(Pilot Monitoring: 모니터링 조종사) 임무를 하는 부기장이 조언을 소극적으로 하거나, 표준 콜아웃 절차(Standard Callout Procedure)에 따라 콜아웃을 수행하지 않은 경우에 CFIT사고가 발생한 것으로 나타났다. 또한 이 상황에서 PF인 기장이 부조종사의 조언에 무대응하고 복행을 지연하여, 접근을 지속하며 강하하여 지형지물에 충돌하기 직전에야 조종간을 들거나 복행을 시도하다가 추락한 점이다.

복행게이트 운영사례와 관련하여 8개의 외항

사 중 7개 항공사는 FSF권고안보다 강화하여 기상 상태에 관계없이, 1,000피트에서부터 안정접근 구간이 시작되도록 복행게이트를 향상하여 적용하고 있는 것으로 나타났다. 또한 복행주체에 대해 응답을 한 8개 외항사 전부에서, 조종사 중 누구라도 안정접근을 초과하면 복행을 콜아웃 할 수 있는 것으로 나타났다. 또한 이들 항공사들은 누구나 복행을 언급하게 되면 복행을 실시하도록 절차를 운영하여, 최근 14년 동안 사망사고가 없었던 것으로 나타났다.

본 연구에서 도출한 CFIT사고 공통요인 및 복행관련 개선방향에 대한 시사점은 아래와 같다.

- 1) 모니터링/크로스체크 강화
- 2) 항공기 위치 및 상태에 대한 상황인식강화
- 3) 조종사 편조 스케줄 강화(저경력 조종사 및 익숙하지 않은 공항 관리)
- 4) 복행개선 및 안정접근 관리 강화
- 5) 의사소통 및 규정준수의 안전문화강화
- 6) TEM훈련 강화

외항사 사례 중에서 특히 주목할 만한 점은 캐나다항공(Air Canada)이 안정접근 기준치에 도달하기 이전에 PM이 PF에게 Inquiry(질의)를 통하여 미리 수정하도록 활발한 의사소통 절차를 운영하는 것이다. 또한 운항승무원이 상황인식을 상실하는 경우에 안전고도로 상승하여 상황인식을 하여 재접근 하도록 의식상실에 대한 절차를 FOM에 포함하여 운영하고 있다. 델타항공에서는 TEM이론을 이용하여 에러의 발생여부와 관리정도를 측정하여 TEM을 기반으로 위협 및 에러를 관리하도록 훈련을 실시하고 있다. 항공사들이 이론적인 CRM 및 TEM훈련보다는 모의비행장치에서 실제상황에서 발생하는 위협과 에러의 시나리오에 따라 활발한 의사소통과 실질적인 TEM기법을 훈련하면, 조종사들이 실제상황 발생 시에 훈련받은 데로 TEM기법을 적용하여 사고를 예방할 수 있다.

본 연구에 대한 한계점으로는 먼저 본 연구에서 조사한 CFIT사고의 수와 복행게이트관련 응답 항공사의 수가 제한적이라는 점이다. 따라서 향후 더 많은 사고와 복행항공사에 대한 연구가 필요하다.

앞에서 살펴본 사례들에 의하면 조종사들이 모니터링을 실패하여 상황인식을 상실하거나 의사결정을 부적절하게 하는 경우에 사고가 발생할 수 있으므로, 향후 경고장치에 대한 지속적인 개선과 연구가 요구된다. 복행이 수초만 빨랐더라도 참사를 막을 수 있었으므로, 향후 항공당국, 항공사, 학계, 공항과 관제기관, 제작사들이 실속

이나 경로이탈, 고도이탈 등의 비정상상황에서 즉각적으로 복행하도록 안정접근정책과 훈련시스템 보완에 대한 유기적인 협력과 연구, 지원이 요구된다. 무엇보다도 복행절차를 준수하는 항공안전문화 정착에 대한 지속적인 연구와 감독이 요구됨을 시사한다.

참고문헌

- 1) "항공법 시행규칙", 국토교통부, 2014
- 2) "Statistical Summary of Commercial Jet Airplane Accidents Worldwide Operations 1959- 2012", Boeing, 2013, p22.
- 3) ICAO, "Human Factors Training Manual: Doc. 9683", International Civil Aviation Organization, Montreal, Canada 2003, pp. 2-2-8, 2-2-12, 2-2-15, 2-2-17,
- 4) Gunter, Don and Tesmer, Bruce, "Threat and Error Management Training", 11th Int'l Symposium on Aviation Psychology, Ohio State University, Columbus Ohio, Mar. 7, 2001, pp. 1-3.
- 5) Merritt, Klinect, "Defensive Flying for pilots: An introduction to Threat and Error Management", The University of Texas Human Factors Research Project, TLC, Austin Texas, pp.5, 9, 2006.
- 6) Maurino, Dan, "Threat and Error Management", Canadian Aviation Seminar, Vancouver, BC, 18-20 April, 2005, pp 1-6
- 7) "항공우주공학용어사전, 새넛출판사, 2012 <http://terms.naver.com/entry.nhn?docId=1647080&cid=2914&categoryId=2914>
- 8) "Killers in Aviation: FSF Task Force Present Facts about Approach-and-Landing" (ALAR: Approach and landing and Controlled-flight-into-terrain Accidents)", Flight Safety Digest, Vol.17 No.11-12, Vol.18 No.1-2, 1999, pp. 4, 6, 34-36, 79, 80, 83, 250.
- 9) "Go around Safety Forum: Findings and Conclusions", Flight Safety Foundation[FSF], 2013
- 10) "아시아나항공 B737 여객기 사고조사결과", 교통부, 1993
- 11) 허광준, "국내선 여객기는 군소공항이 두렵다", 시사저널, 197호, 1993
- 12) "Controlled Flight Into Terrain, Korean Air Flight 801, Boeing747-300, HL7468, Nimitz Hill, Guam, August 6, 1997. Aircraft Accident Report", National Transportation Safety Board, 2000
- 13) "항공기 사고조사 보고서 공항접근(CFIT) 사고 中國國際航空公司(CA) 129편 B767-200ER, B2552 김해, 롯데산 2002. 4. 15", 건설교통부 항공사고조사위원회, 2005
- 14) FAA AC 120-71A, "Standard Operating Procedures for Flight Deck Crewmembers", FAA, 2003, pp. 3, 7, app.19-2
- 15) Timothy Graham, "Threat and error Management: An Analysis of Reported Safety Occurrences to the Civil Aviation Authority of New Zealand", Master, Massey University, Palmerston North, New Zealand, 2010, pp 89,
- 16) "Flight Operations Briefing Notes", Airbus, 2007, pp. 2, 5, 10
- 17) Rob Barry, Tom Mcginty and Andy Pasztor, "The Wall Street Journal Analysis: Foreign Airline Crews Had Difficulties With San Francisco Landings", Wall Street Journal, 2013
- 18) 박상수, 김기우, 명노해, "숙련급 조종사와 초급 조종사와의 주의 배분 차이 분석", 대한인간공학회 Vol.23, No.1, 2004
- 19) 손영우, "조종사 상황인식의 적응적 전문성: 전문가와 초보자의 인지과정비교", 2009
- 20) Clinton, Eames-Brown, "Regional Airline Operation Safety Audit", Australian Transport Safety Bureau, Canberra, Australia, 2007.p.25
- 21) 권보현, 김철영, "자동화된 조종실에서의 조종사 태도에 관한 연구" 한국항공운항학회지, 제13권, 제2호, 2005년 6월, p.7
- 22) Helmeich, Wilhelm, Klinect & Merritt, "Culture, Error, and Crew Resource Management", University of Texas, Austin, Texas, 1999, p 5.
- 23) 송병흠, "조종사 훈련, 심사에 대한 정부관리방안 연구", 한국항공대학교 안전관리연구소, 2011, P. 3-27