

조종사 피로에 의한 항공사고의 TEM 적용을 통한 공통요인 도출에 관한 연구

전승준¹, 최진국^{2*}

¹가톨릭관동대학교 항공운항학과 교수, ²극동대학교 항공운항학과 교수

The Analysis of the Major Accidents caused by Fatigue of Pilot with TEM

Seung-Joon Jeon¹, Jin-Kook Choi^{2*}

¹Professor, Department of Aeronautical Science, Catholic Kwandong University

²Professor, Department of Aeronautical Science and Flight Operation, Far East University

요약 찰스 린드버그는 1927년 뉴욕에서 출발한 후 약 20시간 동안 대서양 횡단 비행 중 피로로 인해 잠든 동안 항공기가 통제되지 않는 상황을 경험하였다. NTSB(National Transportation Safety Board) 보고서에 따르면 매년 약 40건의 준사고가 피로와 관련되어 있는 것을 알 수 있다. 수면 손실은 알코올과 비슷한 효과를 유발할 수 있으며, NTSB에서 꾸준히 조사 중에 있는 부분이기도 하다. 피로는 특히 이륙 및 착륙 시 위협 및 오류 관리에 영향을 줄 수 있다. 본 연구에서는, NTSB가 일반적인 요인인 피로를 분석한 주요사고의 위협과 오류를 식별하고 피로의 심각성을 이해하고자 한다.

주제어 : 조종사 피로, 위협 및 에러관리, 항공사고, 피로위험관리시스템, 안전관리시스템

Abstract Charles Lindbergh has experienced the uncontrolled situation of the aircraft while he was asleep with open eyes during his Atlantic crossing flight around 20 hours after departure from the New York in 1927 because of the fatigue. According to the NTSB(National Transportation Safety Board) reports, about 40 incidents are related fatigue in each year. The sleep loss is the most wanted item for the NTSB and may cause the similar effect as the alcohol does. The fatigue may affect the management of the threats and errors especially during take-off and landing. In this study, threats and errors of major accidents that NTSB analysed fatigue as a causal factor will be identified in order to understand the seriousness of fatigue.

Key Words : Pilot Fatigue, TEM, Air Accident, FRMS, SMS

1. 서론

1927년 린드버그는 '세인트루이스의 정신'호를 몰고 대서양 단독 횡단에 도전하였다. 기자들의 성화로서의 잠을 자지 못한 린드버그는 이륙한 지 20시간째 정신이 가물가물한 상태에서 눈을 뜬 채로 졸다가 항공기가 통제 불능상태로 대서양에 추락할 뻔하였으나 1,600피트 상공에서 정신을 차려 조치를 하였다[1]. 린

드버그는 잠을 자지 못해서 피로로 인해 정신적 통제 능력을 잃어갔으며, 위험한 상황에까지 가게 되어 피로의 중요성에 대해 토로하였다. 이후 항공 산업이 발전하고 항공기의 운송 인원이 증대되면서, 사고가 발생하게 되면 인명과 재산피해가 커지게 되어 피로의 중요성은 더욱 증대되었다.

미 NTSB에는 1994년에서 1998년까지 227건의 피로 관련 준사고 보고가 접수되었으며 연간 45건의

*본 연구는 2013년 한국항공운항학회 춘계학술대회 발표를 수정 보완한 논문입니다.

*Corresponding Author : Jin-Kook Choi(safeskyleader@gmail.com)

Received October 20, 2019

Revised November 24, 2019

Accepted December 20, 2019

Published December 28, 2019

피로 관련 준사고가 발생하였다[2]. 1978년에서 1999년까지 미국 항공사들에서 발생한 55개의 사고에 대한 분석에 의하면 10-12시간의 근무한 경우 1.7배, 근무시간이 13시간 이상인 경우 정상 근무를 한 경우보다 5배 반이나 높은 것으로 나타나 근무시간이 많아질수록 사고의 발생할 확률도 높아지는 것으로 알 수 있다 [3]. 유럽 수면 연구학회의 연구에 따르면 모든 교통과 관련된 사고의 15%-20%가 피로로 인하여 발생하였고 알코올이나 마약 관련 사고율보다 더 심각하며 예방이 가능하다고 한다[4]. 또한 민간항공사고의 4-7%가 조종사의 피로가 원인으로 발생한 것으로 나타났다[5].

피로사고와 관련하여 위협과 에러로 분류한 연구는 문은 거의 없어서, 항공사가 훈련에 적용하여 관리를 하기 위해서는 피로와 관련된 공통적인 위협과 에러가 도출이 요구된다. 본 연구에서는 피로로 인한 사고의 심각성을 이해하고 적극적으로 대처하기 위하여 피로와 관련된 4개의 대표적 사고사례에 대해서 살펴보고 위협과 에러를 식별하고자 한다.

2. 본론

2.1 연구 범위 및 목적

이 연구의 범위는 피로에 의해 발생한 사고의 공통적인 위협과 에러를 식별하기 위해 NTSB에서 피로를 사고의 원인으로 지목한 4개의 대표적인 항공사고사례를 TEM(Threat and Error Management) 모델을 사용하여 분류하였다. 대표적인 피로에 의한 사고사례는 관타나모만 추락사고, 리틀락 추락사고, 팜사고, 콜간에어 추락사고이다.

본 연구의 목적은 사고 조종사에게 가해진 위협과 항공기 사고에서 발생한 조종사의 에러를 살펴보고, 각 항공기관에서의 FRMS(Fatigue Risk Management Systems) 운영 시에 조종사의 피로를 적극적으로 관리하도록 공통적인 위협 및 에러를 도출하여 피로와 관련된 위협과 에러의 중요성을 전달하고자 한다.

2.2 용어의 정의

TEM은 Threat and Error Management를 의미하며, 조종사에게 사전 예방적인 안전관리철학을 증진시키고, 운항환경의 복잡성에도 불구하고 안전 여유를 최대한시키는 기법을 제공한다[6].

ICAO(International Civil Aviation Organization)는 조종사가 위협과 에러를 관리하여 TEM을 통해 안전하게 운항하도록 계도를 해왔다. 위협은 운항승무원의 영향 밖에서 발생한 사건이나 오류로 비행 운영의 복잡성을 증가시키고, 안전을 확보하기 위해 운항승무원의 주의와 관리를 필요로 하는 것으로 정의된다. 운항승무원의 에러는 잘못 실행하거나 실행하지 않아 승무원의 의도나 계획으로부터 이탈되도록 하는 것이며, 운항에 불안정한 결과의 발생률을 증가시키는 것으로 정의된다. 불안정한 항공기 상태(UAS: Undesired Aircraft State)는 운항승무원에 의해 불필요한 위협에 처해 지는 상황으로 정의한다. 불안정한 항공기 상태는 사고나 준사고의 전 단계로 위협과 에러가 관리실패 되어 발생한다[7].

2.3 정신적 피로 증상 및 수면 부족 결과

피로는 과도한 운동 후 힘이 없는 상태에서 정상적인 능력을 발휘하지 못하는 육체적 피로와 수면의 부족, 졸음 또는 집중도가 저하된 상태 등의 정신적인 피로가 있다. 정신적인 피로는 Table 1과 같은 증상과 영향을 주게 되어, 운항승무원으로 하여금 에러를 발생시키고 위협 및 에러관리 실패 시 준사고 및 사고로 연계되므로, 위와 같은 사고를 예방하기는 환경을 유발하므로, 정신적인 피로의 심각성을 인지하여 사전에 적극적으로 관리하도록 해야 한다[8].

Table 1. The Effect of the Symptoms of Psychological Fatigue and Personal Relationships (Transport Canada, 2007)

The Symptoms of Psychological Fatigue	The Effect of Psychological Fatigue in Personal Relationships
Difficulties in focusing on duties	Depression
Difficulties in attention	Helplessness
Difficulties in remembering	Lost confidence
The failure of delivering important information	Nervousness
Difficulties in estimation of event	Doldrums
The omission or commission of actions	Anger

17-19시간 수면을 취하지 않으면 음주운전 단속기준인 혈중 알콜의 농도가 0.05에 해당하며, 인식반응의 정확성과 민첩성이 같은 농도의 음주 시 측정값보다 50%나 더 저하되는 연구결과가 영국의학협회 전문지 “직업-환경 의학”에 발표되었다. 시험 대상은 운송업계 종사자와 군인이었으며, 28시간 동안 수면을 박탈하는 경우 운전면허 취소기준인 혈중 알콜 농도 0.1%와 유사한 반응을 나타냈다. 18시간 이상 깨어 근무하는 경우 항공기 조종 시 음주와 유사한 현상을 나타낼 수 있음을 시사하였다[9]. 또한 95%의 보고된 피로는 부적절한 수면의 결과로 나타났으므로 피로를 적극적으로 관리하기 위해서는 수면이 보장되도록 규정 제정하며 스케줄을 운영하는 것이 요구된다[10].

2.4 항공사고 사례 분석

NTSB에서 피로를 사고의 원인으로 분석한 주요사고 4개 사례에 대해 각각의 사고 개요와 ICAO Doc 9803과 FAA(Federal Aviation Administration) AC(Advisory Circular) 120-90를 참고하여 분석해서 위협, 에러, 불안전 항공기 상태를 도출하여 도표로 작성을 하였다.

2.4.1 관타나모 해군기지 추락사고

1993년 8월 18일 쿠바 관타나모만 미 해군기지에서 활주로 1/4마일 전 조종능력상실로 DC8 항공기가 추락하여 충돌 후 화재로 전소되었다. American International Airways 808편은 비정기 운항편이었으며, 피로에 의한 조종사들의 판단 장애와 부적절한 의사결정 그리고, 비행능력 저하가 사고의 원인으로 나타났다. NTSB에서 이 사고에 처음으로 운항승무원의 피로를 사고의 원인으로 지목하였다. 세 명의 운항승무원 모두 누적된 수면 부족, 지속 되어 깨어있는 시간, 일주기 시간(Circadian time)에 노출되어 있었다[11].

ICAO DOC9803의 기준에 의하여 관타나모 사고 조사보고서를 분석해서 나타난 TEM의 위협 요인은 아래의 Table 2과 같이 분류하였으며, 에러는 Table 3에 분류하였고, 불안전 항공기 상태는 Table 4와 같이 분류하였다. ICAO 매뉴얼에 따라 위협으로는 10개의 요인이 분류되었으며, 12개의 조종사 에러와 8개의 불안전 항공기상태가 분류되었다.

Table 2. The Threats of AIA 808 Accident

Threat Types	Threats	Contents
Environmental	Airport	Strobe light out of service
	Airport	Strobe light out of service unnoticed
	Airport	Non-precision Approach
	Airport	Difficult visual approach
	Scheduling	schedule changed
Airline	Scheduling	Multiple legs (4 legs from early morning a day before and 5 legs on the day)
	Operation Pressure	Business oriented Company culture
	Operation Pressure	Extended duty periods (18 hours)
	Operation Pressure	Fatigue
	Other Operation Pressure	Unfamiliar airports

Table 3. The Errors of AIA 808

Error Types	Errors	Contents
Procedural	Briefing	Not detailed briefing
	Other Procedural	Runway choosing decision failure
	Cross Verification	Failure monitoring the course
	Cross Verification	Speed monitoring failure
Aircraft Handling	Callouts	Callout failure
	Other Procedural	Missed approach failure
	Manual handling	Low on the approach speed
	Manual handling	Over Banking
Communication	Manual handling	Lateral deviation
	System	Failure after the stall warning
	Internal Communication	Communication Failure
	Internal Communication	Failure providing critical information

Table 4. The UAS of AIA 808

UAS Types	Contents
Aircraft Handling	Unstable Approach
	Lateral deviation
	Vertical deviation
	Speed deviation
	Stall
	Continued approach after unstable approach
	Over banking
	Crash before reaching runway

2.4.2 AA 1420편 리틀락 추락사고

1999년 6월에 아칸소주 리틀락의 아담스 필드공항에서 기장을 포함하여 11명이 사망하고 105명이 부상을 입었으며, 악기상 하에서 조종사 피로와 착륙에 대한 잘못된 의사결정으로 인해 사고가 발생한 것으로 NTSB에서 분석되었다. American Airlines 1420편은 MD82 기종으로 23:50에 착륙한 후 활주로를 이탈하여 접근 등 구조물에 충돌하였다[12].

ICAO DOC9803의 기준에 의하여 리틀락 사고조사 보고서를 분석해서 나타난 TEM의 위협 요인은 아래의 Table 5과 같이 분류하였으며, 예러는 Table 6에 분류하였고, 불안전 항공기 상태는 Table 7과 같이 분류하였다. ICAO 매뉴얼에 따라 위협으로는 10개의 요인이 분류되었으며, 14개의 조종사 예러와 6개의 불안전 항공기상태가 분류되었다.

Table 5. The Threats of AA 1420

Threat Types	Threats	Contents
Environmental	Weather	Thunderstorm, winds
	Airport	Wet runway
	ATC	Black and white weather radar
	ATC	Runway change
	Other Environmental	Night flight
Airline	Scheduling	Unfamiliar crew
	Scheduling	Multipul legs (3rd Leg)
	Operation Pressure	Fatigue
	Operation Pressure	Delayed departure (2hours 12minutes)
	Dispatch	The guidance of weather information was poor

Table 6. The Errors of AA 1420

Error Types	Errors	Contents
Procedural	Other Procedural	Operation into the thunderstorm
	Other Procedural	Missed approach failure
	Briefing	Inadequate Briefing
	Other Procedural	Continued approach after unstable
	Cross Verification	Failure of monitoring on over-speed
	Callouts	Callout missing
	Cross Verification	Spoiler Arm failure
	Cross Verification	Spoiler operation monitoring failure

Aircraft Handling	Aircraft Handling	Omitted Spoiler after landing
	Aircraft Handling	Omitted Reverse thrust
	Aircraft Handling	Spoiler Arm Omitted
	Manual handling	Lateral deviation
Communication	Internal Communication	Communication Failure
	Internal Communication	Failure providing critical information

Table 7. The UAS of AA 1420

UAS Types	Contents
Aircraft Handling	Unstable Approach
	Continued approach after unstable approach
	Spoiler operation failure
	Lateral deviation(Runway)
	Reverse thrust operation Failure
	Low speeds

2.4.3 괄 사고

1997년 8월 6일 Guam 국제공항의 활주로 06L에 착륙허가를 받은 보잉 747-300 항공기가 01:42에 니미즈 힐에 충돌하여 228명의 사망자가 발생하였으며, NTSB에서 피로가 사고원인 중 하나라고 발표하였다 (NTSB, 2000). 기장은 불충분한 접근 및 착륙 브리핑과 접근 조작 예러를 발생시켰으며, 부기장과 항공기관사는 기장의 접근조작상태와 항공기 계기에 대한 감시 및 상호 확인 예러를 발생하였다[13].

ICAO DOC9803의 기준에 의하여 괄 사고조사보고서를 분석해서 나타난 TEM의 위협 요인은 아래의 Table 8과 같이 분류하였으며, 예러는 Table 9에 분류하였고, 불안전 항공기 상태는 Table 10와 같이 분류하였다. ICAO 매뉴얼에 따라 위협으로는 14개의 요인이 분류되었으며, 15개의 조종사 예러와 6개의 불안전 항공기상태가 분류되었다.

Table 8. The Threats of 1997 Guam Accident

Threat Types	Threats	Contents
Environmental	Other Environmental	Night Flight
	Terrain	Terrain(Hill)
	Weather	Rains, IFR
	Airport	Non-precision Approach
	Airport	Glide slope inoperative
	ATC	MSAW(Minimum Safety Altitude Warning) inoperative
	Airport	Offset DME (Distance Measurement Equipment)

Airline	Scheduling	schedule changed
	Operation Pressure	Fatigue
	Dispatch	Self/SOF-Briefing system
	Dispatch/ Document	Approach plate not validated
	Operation Pressure	No proper training aids for the off-set DME
	Operation Pressure	No proper training for Non-precision Approach
	Aircraft	classic types Instrument panel(difficult for situation awareness)

Table 9. The Errors of 1997 Guam Accident

Error Types	Errors	Contents
Procedural	Briefing	Not detailed briefing
	Cross Verification	Failure Cross Verifying the distance to airport
	Cross Verification	missed monitoring the instrument
	Callouts	Outer Marker omitted
	Callouts	Speed and distance Call-out omitted
	Callouts	Altitude call-out omitted
	Cross Verification	Outer Marker check failure
Aircraft Handling	Automation	Mis-selected the approach mode
	Handling	Altitude deviation
	System/ Instrument	Using incorrect Glide-slope
	System/ Instrument	Failure to act on GPWS
	Other Procedural	Missed approach failure after unstable
	Other Procedural	Missed approach failure after Minimum altitude
Communication	Internal Communication	Communication Failure
	Internal Communication	Failure providing critical information

Table 10. The UAS of 1997 Guam Accident

UAS Types	Contents
Aircraft Handling	Vertical deviation
	Unstable Approach
	Continued approach after unstable approach
	Failure on action for GPWS
	Failure on missed approach
	Crash before reaching runway

2.4.4 콜간에어 추락사고

2009년 2월 12일 터보프롭 쌍발 Q400 기종인 Colgan Air Flight 3407편이 뉴저지 Newark에서 뉴욕 Buffalo로 접근 중 22:17 EST(Eastern Standard Time)에 갑작스럽게 항공기가 실속 상태에 빠졌으며 피로한 상태에서 두 조종사가 당황하여 적절한 조작을 실패해서, 공항으로부터 북동쪽으로 5NM(Nautical mile)에 있는 주택에 추락해 승무원, 승객 전원과 지상에 있던 1명을 포함하여 50명이 사망하였다(NTSB, 2010). 이 사고로 인하여, 미국의 피로 관련 비행시간과 근무 기간 관련 규정이 개정되었다[14].

ICAO DOC9803의 기준에 의하여 콜간에어 사고조사보고서를 분석해서 나타난 TEM의 위협 요인은 아래의 Table 11과 같이 분류하였으며, 에러는 Table 12에 분류하였고, 불안전 항공기 상태는 Table 13와 같이 분류하였다. ICAO 매뉴얼에 따라 위협으로는 11개의 요인이 분류되었으며, 13개의 조종사 에러와 8개의 불안전 항공기상태가 분류되었다.

Table 11. The Threats of Colgan Air Flight 3407

Threat Types	Threats	Contents
Environmental	Other Environmental	Night Flight
	Weather	Icing conditions
Airline	Operation Pressure	Fatigue
	Operation Pressure	Inadequate procedure for speed selection
	Scheduling	First Officer commuted long distance from SEA to New Jersey
	Operation Pressure	Inadequate procedure for stall training
	Operation Pressure	Inadequate procedure for missed approach
	Aircraft	Aircraft design for difficult detection of low speed
	Aircraft	Aircraft not equipped with proper warning sound for stall
	Operation Pressure	Inadequate procedure for active monitoring
	Operation Pressure	No captain's leadership training provided

Table 12. The Errors of Colgan Air Flight 3407

Error Types	Errors	Contents
Procedural	Cross Verification	Captain failed monitoring first officer's input
	Cross Verification	Failed cross-checking the attitudes by low speed
	Checklist	Late checklists action
	Briefing	Late and not detailed briefing
	Aircraft handling	Failed on cross-checking the low speed
	Callouts	speed Callout omitted
	Other Procedural	Failure on the recovery action for stall
	Other Procedural	Non standard procedure for stall recovery by first office
Aircraft Handling	System/ Instrument	Mis=selection of speed for approach
	Aircraft handling	Inadequate speed Setting
	Automation	Automation error
Communication	Internal Communication	Sterile Communication Failure
	Internal Communication	Failure providing critical information

Table 13. The UAS of Colgan Air Flight 3407

UAS Types	Contents
Aircraft Handling	Speed deviation
	Roll
	Stall
	Incorrect stall recovery(Nose high)
	Incorrect power
	Non standard Flap operation on missed approach
	Lateral deviation
	Crashed

3. 분석결과 및 개선 시사점

3.1 공통 TEM 요인 도출 분석결과

조종사의 피로에 의한 대표적 사고인 관타나모 해군 기지 추락사고, 리틀락 추락사고, 괌사고, 그리고 콜간 에어 추락사고에서 나타난 공통적인 TEM 요인들을 ICAO DOC9803의 기준에 의하여 사고조사보고서를 분석해서 Table 14와 같이 분류하였다. ICAO 매뉴얼

에 따라 위협으로는 4개의 요인이 분류되었으며, 6개의 조종사 에러와 5개의 불안전 항공기상태가 분류되었다.

공통 위협으로는 공항, 스케줄, 기상, 운항승무원의 피로가 나타났으며, 공통 에러로는 브리핑, 항공기 조작, 교차확인, 복창, 의사소통, 복행 실패로 나타났다. 공통적인 UAS로는 불안정접근, 비정상 추력, 속도이탈, 불안정접근으로 지속 착륙시도, 활주로 이탈 또는 도달 전 지상 충돌로 나타났다.

Table 14. The Common Threats and Errors of Accidents related with Fatigue

Threats	Errors	UAS
Airport	Briefing	Unstable Approach
Scheduling	Cross Verification	Incorrect power
Fatigue	Callouts	Speed deviation
Weather/ Nights	Internal Communication	Continued approach after unstable approach
	Aircraft handling	Crash before reaching runway
	Missed approach	

3.2 사고의 개선 시사점

위에서 나타난 대표적 피로관련 사고의 위협 및 에러의 공통 TEM요인을 기초로 사고사례에서 나타난 위협과 에러, 불안전항공기 상태에 대하여 사고조사보고서의 상세 내용을 살펴보고 개선 시사점을 도출하였다.

첫째로, 조종사 편조 스케줄관리향상이 요구된다. 공통 위협에 언급된 위협의 사고내용들을 보면 . 근무시간 연장, 항공기 지연, 연속된 구간 비행, 스케줄 변경 장거리 통근 등의 스케줄 위협과 새벽 비행 등으로 수면 부족과 깨어나 있는 시간이 증가 되어 운항승무원이 피로할 때에 착빙, 측풍, 폭풍우, 미끄러운 활주로 노면 등의 악기상과 시계가 불량한 야간에 비행하며, 공항 접근 시설이나 저고도 경고 장비 부작동과 비정밀접근, Offset DME, 어려운 접근절차 등의 공항위협 속에서 사고가 발생하였다. 또한 지형지물의 환경 위협, 속도를 경고하는 계기 설계 미흡과 실속경고음 미반영, Glass Cockpit 등의 안전 옵션 미채택 등의 항공기 위협, 그리고 리더십 훈련 미실시, 비정밀훈련 미흡과 불완전한 SOP(Standard Operating Procedure)등의 항공사 위협이 결합이 될 때 사고들이 발생하였다.

둘째로, 운항관리사의 기상 및 입출항브리핑 강화가 요구된다. 장거리 비행이나 연속되는 다구간 비행, 연이

은 새벽 출근 등으로 피곤한 경우, 운항관리사의 비행 전 브리핑을 통해 운항 중 발생 가능한 위협들을 예측하고 계획적인 관리로 조종사의 업무 부하를 줄이고 상황인식을 향상하는 것이 필요하다. 외국항공사들은 입출항 경로 및 접근에 대해서 자세한 브리핑을 제공하여 조종사들의 업무부하를 줄여주고 의사결정이 용이하도록 브리핑을 제공하고 있다. ANA(All Nippon Airways)항공의 예를 들면 국내선을 제외하고는 운항관리사가 대면 브리핑을 실시하여, 지상 활주, 입출항 경로, 주요 NOTAM(Notices to Airmen)과 실시간 항공기상브리핑으로 운항승무원의 상황인식과 위협관리 능력 향상을 위해 적극적인 관리를 하고 있다.

셋째로, 모니터링과 교차점검의 강화가 요구된다. 피로사고의 공통 에러로는 브리핑, 항공기 조작, 교차확인, 복창, 의사소통, 복행 실패로 나타났다. 이미 대부분의 위협은 이륙을 하기 전에 알려져 있으나 피곤한 상태에서 저하된 인지능력으로 모니터링과 교차점검이 미흡하여서 상황인식이 느리고 비상 발생 시 유기적이고 계획된 대처를 하지 못하여 사고로 이어지므로, 조종사의 모니터링과 교차점검의 강화가 핵심적이라 볼 수 있다.

넷째로, 기장과 부기장 간에 의사소통의 강화가 요구된다. 사고 시 부기장이 기장에게 조언하였을 때 반응하지 않았거나, 부기장이 적극적으로 돌아오거나 조언을 하지 않은 의사소통에러가 나타났다.

다섯째로, 즉각적인 복행을 하도록 개선이 요구된다. 피로관련 사고에서 불안정 접근 시 복행을 실시하지 않고 무리한 접근을 지속하는 불안정 항공기 상태(UAS)를 발생하거나, 실속경고나 GPWS(Ground Proximity Warning System) 경고 발생 시 즉각적인 실속회피 조작과 복행 절차 실시 실패가 공통적으로 발생하여 가장 중요한 사고의 연결 고리로 나타났다. 따라서 이와 관련된 절차개선과 교육 평가 반영, 바람직한 복행 문화 형성을 위한 노력이 요구된다.

여섯째로, CRM(Crew Resource Management)과 TEM훈련 강화가 요구된다. 공통적 에러는 의사소통, 팀워크, 리더십, 상황인식, 의사결정, 업무 부하 관리, 모니터링 등의 인적요인이 실패되어 발생하므로, 인적요인의 보안을 위한 CRM과 TEM훈련 강화가 필요하다. 비행분야의 인적오류로 나타나는 세부요소는 주로 의사소통, 의사결정, 리더십과 관련된 비기술능력 요소

이며 조종사 비행기술에 직·간접적으로 관련이 있으므로, 조종사 수행도 관점에서 조종실내에서 자원을 최대한 활용하여 인적오류를 줄이기 위해 CRM을 훈련하고 있다[15]. 특히 갑작스러운 위협 발생 시와 바쁠 때를 대비한 업무 부하 관리, 원활한 의사소통, 효과적인 브리핑, 상황인식 등이 미흡하여, 이들에 대해 필요한 과목을 지속적으로 식별하여 훈련에 반영하고 CRM(Crew Resource Management) & TEM이 결합된 SOP 수립 등의 시스템적 관리의 검토가 필요하다.

마지막으로 안전문화 정착이 요구된다. 가장 중요한 접근비행 단계에서 콜간에어 조종사들이 저고도에서 비행과 관련이 없는 잡담을 하여서 피로한 상태에서 필요한 비행계획과 브리핑, 체크리스트 실시, 모니터링 등에 영향을 받아 발생한 사고를 방지하기 위해서는, 안정접근 기준을 이탈하는 경우에 즉각 복행 절차를 실시하는 규정을 준수하는 안전문화가 정착되어야 한다[16].

4. 결론

NTSB에서 피로를 사고의 원인으로 분석한 주요사고 중 4개의 대표적 피로관련 사고의 공통 TEM요인으로 공통 위협에는 공항, 스케줄, 기상, 운항승무원의 피로가 나타났으며, 공통 에러로는 브리핑, 항공기 조작, 교차확인, 복창, 의사소통, 복행 실패로 나타났고, 공통 불안정 항공기상태로는 불안정접근(Unstable approach), 비정상 추력, 속도이탈, 불안정접근으로 지속 착륙시도, 활주로 이탈 또는 도달 전 지상 충돌로 나타났다.

본 논문에서는 피로로 인하여 발생한 4개의 대표적 사고사례에 대한 공통점에서 나타난 개선 시사점은 다음과 같다.

첫째로, 조종사 편조 스케줄관리향상이 요구된다.

둘째로, 운항관리사의 기상 및 입출항브리핑 강화가 요구된다.

셋째로, 모니터링과 교차점검의 강화가 요구된다.

넷째로, 기장과 부기장 간에 의사소통의 강화가 요구된다.

다섯째로, 즉각적인 복행을 하도록 개선이 요구된다.

여섯째로, CRM과 TEM훈련 강화가 요구된다.

일곱째로, 안전문화 정착이 요구된다.

캐나다 교통국의 항공업계 피로 위험 관리 시스템에 의하면 피로 위험을 관리하는 데 5단계 방안이 제시되어 있으므로, 각 관련 기관은 다음의 참고사항을 참조하여 스케줄을 운영이 가능하다.

제1단계 (조직적) : 근무 스케줄이 적절한 수면을 취할 수 있도록 할 것.

제2단계 (개인별) : 근무 스케줄이 실제로 적절한 수면을 취하게 하도록 할 것.

제3단계 (행동적) : 피로한 것을 나타내는 증상을 모니터링할 것.

제4단계 (에러) : 피로로 인해 에러나 준사고를 발생하지 않도록 운용할 것.

제5단계 준사고 : 에러와 준사고에서 피로의 역할을 판단할 것[8].

수면 부족은 음주와 유사한 결과를 초래할 수 있으므로, 향후 과제로 피로에 대한 심각성을 인식하여 조종사들의 스케줄에 과학적인 피로 분석을 적용하여 연구하는 것이 요구된다.

REFERENCES

- [1] Lindbergh. (2003). *The Spirit of St. Louis*, Scribner, New York,
- [2] NASA. (1999). *An Analysis of Part 121/135 duty schedule-related fatigue incidents, Aviation Safety Reporting System, Prepared for the Deputy Associate Administrator for Regulation and Certification*, FAA, Washington, DC
- [3] Goode. (2003). Are Pilots at Risk of Accidents Due to Fatigue?, *Journal of Safety Research*, 34.
- [4] Aserstedt. (2000), Consensus Statement: Fatigue and accidents in transport operations, *Journal of Safety Research*, 395.
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1046/j.1365-2869.2000.00228.x>
- [5] E. G. Lyman & H. W. Orlady. (1981), *Fatigue and Associated performance Decrements in Air Transport Operations*, NASA, pp.3-20.
- [6] Merrit & Klinect. (2006). *Defensive Flying for Pilots: An Introduction to Threat and Error Management*, The University of Texas Human Factors Research Project.
- [7] ICAO. (2002). *Line Operations Safety Audit (LOSA)*, ICAO Doc 9803, pp.2-1-2-4.
- [8] Transport Canada. (2007). *Fatigue Risk Management System for the Canadian Aviation Industry - Developing and Implementing a Fatigue Risk Management System*, Transport Canada,
- [9] A. M. Williamson & A. M. Feyer. (2000). Moderate sleep deprivation impairments in cognitive and motor performance equivalent to legally prescribed levels of alcohol intoxication. *British Occupational & Environment Medicine*, 57(10).
- [10] J. A. Caldwell & J. L. Caldwell. (2003). *Fatigue in Aviation: A Guide to Staying Awake at the Stick*, Ashgate Publishing, Aldershot
- [11] NTSB. (1994). Aircraft Accident Report: Uncontrolled collision With Terrain Americal International Airways 808. *National Transportation Safety Board*, 6-79.
- [12] NTSB. (2001). *Aircraft Accident Report: Runway Overrun during Landing American Airlines 1420*, National Transportation Safety Board, pp.1-174.
- [13] NTSB. (2000). Aircraft accident report: Controlled Flight Into Terrain Korean Air 801. *National Transportation Safety Board*, 1-175.
- [14] NTSB. (2010). Aircraft accident report: Loss of Control on Approach Colgan Air Inc. Operating as Continental Connection Flight 3407. *National Transportation Safety Board*, 1-160.
- [15] D. H. Kim. (2018). The Study for Status of an Aviation Safety Management based on the Performance of Pilots. *Journal of the Ergonomics Society of Korea*, 37(3), 273-281.
DOI : 10.5143/JESK.2018.37.3.273
- [16] J. K. Choi. (2014). 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), *Journal of the Korean Society for Aviation and Aeronautics*, 22(3), 15-23.
DOI : 10.12985/KSAA.2014.22.3.015

전승준(Seung-Joon Jeon)

[정회원]



- 1995년 5월 : Massey University
항공운항 학사 졸업
- 2005년 12월 : 한국항공대학교
항공운항관리학과 석사 졸업
- 2007년 8월 : 한국항공대학교 항공
교통물류학과 박사 수료

- 관심분야 : 항공운항/관리/안전/보안
- E-Mail : massey2006@gmail.com

최진국(Jin-Kook Choi)

[정회원]



- 2011년 2월 : 한국항공대학교 항공
운항관리학과 박사 졸업
- 2013년 3월 ~ 현재 : 극동대학교
항공운항학과 부교수

- 관심분야 : 항공안전관리시스템(SMS), 항공운항안전감사
(LOSA), 무인항공기(UAV)통계, 미분
- E-Mail : safeskyleader@gmail.com