

Analyzing Human-Caused Accidents in Aviation Maintenance

- Focusing on SHELL Model -

Byeong Pil Choi*

Department of Aviation Maintenance, Gyeongnam Namhae University, 30, Hwajeon-ro 78 beon-gil, Namhae-eup, Namhae-gun, Gyeongsangnam-do, Korea

Abstract

Whether aircraft accidents are caused by mechanical defects or human factors, the consequences are fatal to human life and property, which makes it critical to eliminate the causes and develop preventive measures. The research on human factors in aviation accident has been mainly conducted in relation to flight crews and then expanded into the field of aviation maintenance since the early 1990s. The basic concept of aeronautical maintenance is to maintain airworthiness in order to ensure the safety of the aircraft by perfect operation and service of all aircraft systems. This research studies on the theoretical background of human factors in the aviation field and examines the analytic model for the cause of aircraft accidents. In addition, it analyzes some cases which called attention to human factors in aircraft maintenance based on the 'SHELL Model', which is recognized as the basic theory of human factors in the aviation field.

Key words: human factors, SHELL model, swiss cheese model, the dirty dozen

1. 서론

인간은 누구나 실수를 할 수 있는 존재들이다. 이러한 실수의 크기에 따라 예기치 않은 사고로 이어질 수 있다. 따라서 이러한 실수가 사고로 연결되지 않도록 다양한 노력이 필요하다.

항공분야에서는 인적요인의 한계를 극복하기 위한 방안 마련들이 설계 단계에서부터 적용되고 있다. TCAS는 ATC(Air Traffic Control) 트랜스폰더(Transponder)가 장착된 항공기로부터 안전간격을 유지하도록 하여 주고 TCAS 컴퓨터(computer)는 지상

ATC와 독립적으로 작동하면서 항공기 주위를 트랜스폰더를 통해 감시하여 정보를 제공해주는 충돌방지 시스템이다(Hwang, 2018).

HUMS(Health Usage Monitoring System)는 헬기 등의 항공기에 장착되어 실시간으로 항공기의 이상 여부를 알려주거나 기록된 데이터를 통해 항공기 정비를 지원하는 항공기 탑재장비이다(Romero, *et al.*, 1996).

ANTI-CFIT(Controlled Flight into Terrain), HITS (Highway in the Sky) 등과 같이 다양한 시스템들이 구성되어 있다.

* Corresponding author: Byeong Pil Choi, Tel. +82-55-254-2594, Fax. +82-55-254-2599, e-mail. cbp@namhae.ac.kr

항공기 정비¹⁾와 관련된 인적 요인(Human Factors)에 대한 연구는 1990년대 초에 본격적으로 시작되었다. 그 계기는 이론적 배경에서 다루어질 내용으로 먼저 1988년 Aloha Airlines 243편의 사고이고, 그리고 1989년 BM AirTours 737 항공기 사고이며, 마지막으로 같은 해, 유나이티드 수 시티에 유나이티드 항공 DC-10이 충돌하여 111명이 사망한 사건이다(Mellema, 2018).

위의 사고사례는 그동안 사고에 관련된 연구가 주로 승무원(flight crew) 중심에서 정비분야로 확대된 중요한 사례이다. 'SHELL Model'은 정비사를 중심으로 주변의 요소들의 업무적 상호 연관성과 안전성, 효율성 확보를 위한 연구에 적합하다(Kim, 2015). 따라서 항공분야 인적요인의 기초이론으로 인정받고 있는 'SHELL Model'을 중심으로 사고사례를 고찰하고자 한다.

II. 이론적 고찰

1. 항공분야의 인적요인(Human Factors)

1) 인적요인의 개념

지난 반세기 동안 기계적 결함으로 인한 항공기 사고 수가 현저하게 감소하고 있지만 인적요인에 의한 사고는 기계적 결함에 의한 사고에 비해 크게 감소되지 않고 있다(Wiegmann & Shappell, 2001).

인적요인(Human Factors)은 인간공학(Ergonomics)으로도 알려져 있으며(Lee, et. al., 2014), 공학 심리학(Engineering Psychology)과 그 의미가 유사하지만 인적요인(Human Factors)라는 용어는 시스템에서 인간에게 적용되는 모든 생의학적 및 심리 사회적 고려사항에 대해 훨씬 더 포괄적인 의미를 지니고 있다. 여기에는 인간 공학(human engineering)뿐만 아니라 생명 유지, 인력 선발 및 교육, 훈련 장비, 직무 보조, 성과

측정 및 평가도 포함된다(Licht, et. al., 1993). 인적요인은 미국에서 주로 사용되고, 인간공학은 유럽에서 주로 사용되며, 공학심리학은 학술계에서 광범위하게 사용하고 있다(Kim, 2016).

위에 언급된 세 가지 용어 모두 시스템공학 체계 가운데 통합된 인간과학의 응용을 통하여 기계와 인간 사이의 관계를 최적화하는 데 관계된 과학의 한 분야이다(Kim, 2016).

Edwards(1985)에 의하면 인적요인은 먼저 사람에 관한 것이며, 그리고 일과 생활환경에 노출되어 있는 사람들에 관한 것이다. 또한 기계 및 장비와의 관계, 절차 및 환경에 관한 것이며, 마지막으로 다른 사람들과의 관계에 관한 것이다(Hawkins, 2017).

2) 항공분야 인적요인 도입 배경

항공분야에서의 인적요인(Human Factors)에 관한 사항은 주로 승무원(flight crew) 중심으로 연구가 이루어지다가 1990년대 초반부터 항공정비 분야로도 연구 영역이 확대되었다. 항공정비 분야의 인적요인 연구를 시작하게 된 계기는 1988년 알로하 항공 보잉737기에 항공정비사의 불충분한 검사로 순항비행 중에 동체천장이 탈락된 사고와, 1989년 BM AirTours 737 윈드실드(windshield)장착시 규격에 맞지 않는 볼트를 사용하여 비행 중에 윈드실드가 탈락된 사고, 같은 해, 유나이티드 항공 DC-10이 아이오와 주 수 시티(Sioux City)에서 지상 충돌 사고가 원인이 되었다(Mellema, 2018).

항공기 정비행위는 감항성을 유지하기 위한 필수적인 부분이며, 주목적은 완벽한 작동과 서비스를 통하여 항공기의 안전을 보장하는 것이다. 부주의한 정비행위의 결과는 <Table 1>에 나타난 것처럼 승객과 승무원의 안전을 위협하는 요인이 된다(Phillips, et. al., 2010).

1) 항공기정비는 안전하고 쾌적한 운항을 위하여 항공기 품질을 유지 또는 향상시키는 점검(Inspection, Check), 서비스(Service), 세척(Cleaning) 및 수리(Repair), 개조작업(Modification) 등을 총칭하며, 항공기 또는 항공기 장비품에 대한 운항정비, 오버-홀, 수리또는 개조 중 하나 또는 여러 가지를 결합한 행위를 말한다(Kim, 2015).

Table 1. Aircraft maintenance related accidents

Airline	Location	Year	Incident
Aloha Airlines 737	Hawaii	1988	Inspection failure led to fuselage failure
BM AirTours 737	Manchester	1989	Wrong bolts led to windshield blowout
United Airlines DC10	Iowa	1989	Engine inspection failure led to loss of systems
Continental Express	Texas	1991	Tail failure as task not completed before flight
Northwest Airlines	Tokyo	1994	Incomplete assembly led to engine separation
ValueJet	Florida	1996	Fire in hold due to incendiary cargo

1998년에 실시된 ATSB (Australian Transport Safety Bureau)의 연구 결과에 따르면 호주 항공기 사고의 원인 중에 정비 관련 인적요인은 전체 항공기 사고의 4.5% 차지하며, 이러한 정비관련 인적요인의 대부분(95%)은 불안정한 정비행위와 불안정한 부품장착 의해 발생하였다(Hackworth, *et. al.*, 2007).

인적요인으로 인한 항공기 사고는 항공정비사 개인에 국한되어 발생할 수도 있지만 큰 틀에서 인적요인 시스템 안에서 살펴보는 것이 필요하다. 다시 말하면 항공정비 분야의 인적요인은 정비사 개인의 상태 뿐만 아니라 정비 현장에서 운영하고 있는 시설, 장비, 공구, 절차, 규정 등 다양한 환경적 요인까지 광범위한 연구가 필요하다.

시스템 관점에서 살펴보아야 할 내용은 항공분야의 인적요인이 조종사, 관제, 지상조업 등이 하나의 시스템 안에서 어떻게 상호작용하고 있는가? 하는 것이다(Said & Mokhtar, 2014).

2. 항공정비 인적요인 관련 규제

1) 우리나라의 인적요인 관련 규제

우리나라 항공안전법(2019) 제 77조의 2 항공기의 안전운항을 위한 운항기술기준은 “소유자 등 및 항공종사자는 제1항에 따른 운항기술기준을 준수하여야 한다.”라고 명시되어 있으며, 항공정비 인적요인에 관한 규제는 ICAO 기준에 맞춰서 운항기술기준과 항공기 기술기준에 반영되어 있다(Kim, 2016). 운항기술기준의 정비 분야 인적요인을 살펴보면 “정비조직은 정비계획, 정비인력관리, 정비정책 등 수립 시 인적요인

을 고려하여야 한다.”라고 명시하고 있다(국토부고시 제2017-397호).

2) 미연방항공청(FAA)과 유럽항공안전본부(EASA)의 인적요인 관련 규제

FAA의 항공 의학실(Office of Aviation Medicine)은 항공안전 인적요인 연구 프로그램을 진행하고 있으며, 인적요인정책(Human Factors Policy, FAA Order 9550.8A), 항공정비와 검사에 대한 인적요인 지침서(Human Factors Guide for Aviation Maintenance and Inspection) 등과 같이 항공정비 관련 인적요인 자료들을 제공하고 있다(Kim, 2016).

EASA IR(Implementing Rule) part 145와 part 66 (2003)에서 인적요인과 관련된 규제를 구체적으로 명시하고 있다. part145에서는 항공정비사를 포함한 항공종사자가 인적요인에 대한 교육을 받아야 한다고 명시하고 있으며, part66에서는 항공정비사 자격시험에 응시하기 위해서는 인적요인에 대한 교육훈련을 받아야 한다고 규정하고 있다(Kim, 2019).

III. 항공기 사고원인 분석 모델

인적요인(Human Factors)은 결정의 오류, 부적절한 행동과 누락된 행위 등의 결과라고 한다(Rothblum, 2000). 항공기 사고의 대부분은 승무원(flight crew)의 인적요인에 의한 결과라는 것은 다양한 지표들을 통하여 알 수 있다. 그러나 이러한 승무원(flight crew)의 인적요인 유발 인자는 승무원(flight crew)뿐만 아니라 승무원

(flight crew)을 둘러싼 다양한 환경적 요인이 존재하며, 특히 승무원(flight crew)의 인적요인에 의한 사고 발생에는 정비사의 인적요인이 잠재적 요인으로 작용할 수 있다는 것에 주목해야 한다(Choi & Eun, 2002).

미국과 영국, 캐나다를 비롯한 여러 나라에서는 인적요인으로 인한 항공기 사고에 대한 다양한 연구가 이루어지고 있으며, 항공정비 분야에 대한 연구도 활발하게 진행되고 있다. 이 연구들을 통해 인적요인이 항공기 사고에 미치는 영향을 설명하기 위한 다양한 인적요인 모델들이 제시되었는데, 항공정비 분야에서 발생하는 인적요인을 차단하기 위해 관련된 주요모델들은 아래와 같이 정리된다.

1. SHELL Model

1972년에는 미국의 심리학 교수인 Elayn Edward는 승무원(flight crew)와 항공기 사이에 상호 작용하는 개별적이거나 집단적인 요소들을 종합적이고 체계적으로 나타낼 수 있는 하나의 다이어그램을 고안하였는데 이를 처음에는 SHELL 모델이라고 하였다(Kim, 2016).

이어서 1975년 네덜란드 KLM 항공의 기장 출신인 Frank H. Hawkins 박사는 Elayn Edward가 고안한 SHELL 모델을 수정한 “SHELL모델”을 제안하였는데 이는 당시 발생했던 2건의 중요한 항공기 사고 원인을 뒷받침할 수 있는 이론적 근거가 됨으로써 현재 ICAO에서 추진하고 있는 인적요인이론의 모태가 되고 있다(Hawkins, 2017).

1990년대 초 이래로 항공기 정비와 관련하여 인적요인에 대한 많은 연구가 수행되었다. 그 결과 몇 가지 이론과 모델이 개발되었다. Dorn(1996)이 수행한 초기 정비관련 인적요인에 대한 연구는 1983년에서 1992년 사이에 발생한 101 명의 민간 및 군용 항공기 사고를 연구하기 위해 Edwards(1988)의 고전 SHELL 모델을 활용했다. 이 개념적 프레임 워크는 네 가지 요소 즉, 인간(Liveware), 소프트웨어(Software), 하드웨어(Hardware), 그리고 환경(Environment)이다. 이들 요소는 각각 하위 요소를 갖는다. Dorn은 SHELL 모델을 <Table 2>에 표시된 요소를 사용하여 항공정비 분야에 적용했다(Mellema, 2018).

SHELL 모델의 중심에는 Liveware가 있는데 이는 항공운항의 경우에는 조종사가 되며, 항공교통관제의 경우에는 관제사가 되고, 항공기정비의 경우에는 정비사가 된다(Kim, 2012).

Hawkins의 SHELL 모델에서 중앙의 ‘L’은 정비사를 의미하며, 하단의 ‘L’은 정비사의 주변에 있는 사람들로서 직·간접적으로 관련된 사람들을 의미한다. ‘H’는 항공기 정비 업무를 수행하기 위한 각종 시설, 장비 및 공구 등을 의미하고, ‘S’는 항공기 정비와 연관된 법, 규정, 절차와 각종 매뉴얼 등을 포함한다. ‘E’는 정비 업무와 관련된 주변 환경을 의미하며, 또한 날씨, 온도, 조명, 소음 등 물리적인 환경도 포함된다. 설명한 바와 같이 항공정비사를 중심으로 주변의 다른 요소들이 항공정비 업무와 관련성을 가지고 있으므로

Table 2: SHELL model adapted for aviation maintenance(Mealmen, 2018)

Software	Hardware	Environment	Liveware
Maintenance Instruction	Tools	Lighting	Mechanic
Regulation / Policy	Ground Equipment	Noise	Inspector
Accepted Practice	Supplies / Parts	Ventilation	Depot Mechanic
Schedule	Aircraft Equipment	Weather	Supervisor
Automated Forms	Aircraft	Workspace	Other Manager
	Clothing / Gear	Aircraft Off-Station	Pilot
	Computers		Logistics Manager
			Trainer
			Admin / Clerical
			Inspection Agency

원활한 정비업무 수행 및 안전성 확보를 위하여 관련된 모든 상황들을 최적의 상태로 유지하는 것이 매우 중요하다. 이러한 요소들의 통합적 관리가 중요한 인적요인의 이론적인 배경이다(Kim & Kim, 2006).

2. Reason의 사고원인 모델(Swiss Cheese Model)

스위스 치즈모델은 인간 실수 모델의 맥락에서 능동적이고 잠재적인 실패에 대한 원인(Shappell & Wiegmann, 2001), 즉, 인적요인을 조사하는 데 널리 사용되고 있다. 1990년대 James Reason에 의해 소개된 스위스 치즈 모델은 스위스 치즈의 연속 조각에 오류를 나타내는 홀이 있고, 그 홀을 연속적으로 통과 할 경우 오류가 사고로 발전할 수 있다고 보고 있다.

각 슬라이스는 피해를 방지하도록 설계된 시스템 또는 프로세스이다. 또한 각 슬라이스에는 시스템 또는 프로세스의 오류를 나타내는 홀이 있다. 각 오류는 자주 발생할 수 있지만 결합, 즉 각각의 슬라이스 홀이 정렬(lined up)되면 사고로 이어지게 된다(Nazeri, et al., 2008).

인간 실수에 대한 “스위스 치즈” 모델은 사고의 원인에 대한 순차적인 이론이 인간 실수의 대부분에서 일관되게 받아들여지고 있다. 이 점에서 특히 유용하게 사용 된 것은 인적요인의 “스위스치즈모델”과 관련된 활동적이고 잠정적 인 실패에 대한 Reason(1990)의 설명이다.

<Figure 1>과 같이 Reason은 네 가지 수준의 인간 실패를 설명하며 각각의 실패는 다음 단계로 진행된

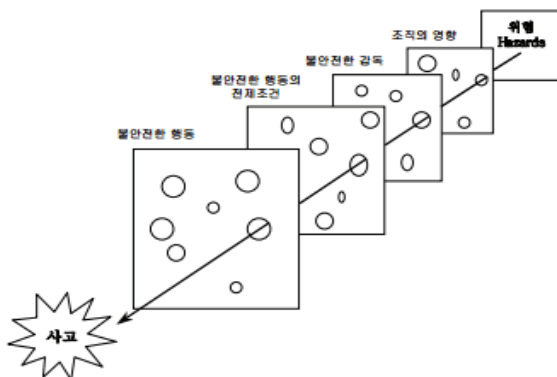


Figure 1. Reason’s “Swiss Cheese” model(Han & Noh, 2008)

다고 했다. Reason에 의하면, 조직의 영향은 종종 불안정한 감독의 사례로 이어지고, 결국 불안정한 행동의 전제 조건과 궁극적으로는 불안정한 행동으로 이어진다고 했다(Shappell & Wiegmann, 2001).

3. HFACS(Human Factors Analysis and Classification System)

HFACS는 Reason의 Swiss Cheese 모델(1990)에 근거해 1999년 Shappell & Wiegmann이 개발하였으며, 치즈의 홀에 해당하는 인적요인을 구체화하여 발전시켰다. HFACS는 잠재 및 능동 장애에 대한 이유(1990) 개념을 바탕으로 불안정한 행동, 불안정한 행위를 위한 전제 조건, 불안정한 감독 및 조직적 영향 의 4 가지 수준의 실패를 설명한다. 조직의 영향에는 자원관리, 조직문화, 조직과정으로 분류되며, 불안정한 감독에는 부적절한 감독, 계획상 부적절한 운영, 문제 교정 실패, 감독자 위반으로 나누어진다. 불안정한 행위의 전제조건에는 환경적 요인과 운영자의 조건, 인적관리 요인으로 구분되며, 불안정한 행위는 오류와 위반으로 구분된다(Shappell & Wiegmann, 2000).

4. 더티 더즌(The Dirty Dozen)

1993년에 캐나다 교통당국(Transport Canada)의 Gordon Dupont(1997)은 정비작업 관련 인적요인에 관한 사고 및 사고보고서 2,000건 이상을 검토 한 결과 정비작업 중 발생할 수 있는 실수유발 요인들을 다음과 같이 12가지로 분류하였다(Čekanová & Kelemen, 2011).

- ① 의사소통의 결여(Lack of Communication)
- ② 자만심(Complacency)
- ③ 지식의 결여(Lack of Knowledge)
- ④ 주의산만(Distracted)
- ⑤ 팀워크의 결여(Lack of Team Work)
- ⑥ 시간압박(Time Pressure)
- ⑦ 인식의 결여(Lack of Awareness)
- ⑧ 스트레스(Stress)
- ⑨ 제 자원의 부족(Lack of Resources)

- ⑩ 자기주장의 결여(Lack of Assertiveness)
- ⑪ 피로(Fatigue)
- ⑫ 관행(Norm)

5. 페어 모델(The PEAR Model)

PEAR 모델은 Maddox & Johnson(2007)에 의해 개발되었으며, 주요내용은 SHELL 모델과 유사하나 일치하는 모델로서 정비부문에 특화 시켜서 정비인적요인들을 분석하기 쉽게 하였다. PEAR의 P는 People, 작업을 수행하는 작업자를 의미하며, E는 Environment이며, 작업환경을 의미한다. A는 Actions로 작업자의 행동을 나타내며, R은 Resources로서 작업에 소요되는 자원들을 의미한다. People은 작업자의 신체적, 생리학, 심리학, 심리 사회학적인 면에 초점을 맞추고 있다. 즉, 개인별 신체 한계, 정신 상태, 인지 능력 및 기타 타인과의 상호작용에 영향을 주는 조건 등이 고려된다. Environment는 항공정비의 환경을 의미하며, 계류장, 격납고, 수리 작업장과 같은 물리적 환경과 기업 내 조직적 환경으로 나누어지며, 두 가지 환경 모두가 고려되어야 함을 강조하고 있다. Actions은 효율적이고 안전하게 작업을 완수하기 위해 행해지는 모든 작업자의 행동을 의미한다(Kim, 2015).

IV. 항공기 사고 사례 및 원인에 대한 분석

1. 사고사례 분석

Hawkins 박사는 Edward가 고안한 ‘SHEL’모델을 수정한 “SHELL모델”을 제시하였다. 이 모델의 중심에는 ‘L(Liveware)’이 있는데, 이것은 자기 자신(정비사)를 의미한다. 정비사를 중심으로 주변의 요소들은 업무적으로 상호 연관되어 있다. 따라서 업무의 안전성과 효용성 확보를 위해 최적의 상태를 유지하는 것이 매우 중요하다(Kim & Kim, 2006).

본 연구에서 정비분야의 인적요인에 의한 사고 사례 분석을 위해 정비사 중심으로 연구하기에 유용한 “SHELL모델”을 중심으로 사고 사례를 분석하였다.

1) 알로하 항공의 B737-200 항공기 사고

(1) 개요

알로하 항공, 243편, 보잉 737-200, N73711 1988년 4월 28일, 알로하 항공사에서 243편으로 운항하는 보잉 737-200, N73711은 24,000 피트에서 폭발적인 감압 및 구조적 고장을 경험했으며, 하와이 힐로(Hilo)에서 하와이 호놀룰루로 가는 도중. 기내 항공기 외피(skin) 약 18피트 정도가 분리되는 사고가 발생하였다. 승무원(flight crew)은 마우이 섬의 카홀루이 공항에서 비상하강 및 착륙을 수행했다(NTSB Accident Report Aloha Airlines, Flight 243).

알로하 B737-200항공기 243편은 순항비행 고도에서 항공기 기체의 결합부위의 피로손상으로 인하여 전방동체의 객실바닥라인(passenger floor-line) 위쪽으로 캐빈 스킨(cabin skin)과 지지 구조물(supporting structure)이 탈락되면서 기내는 급격한 감압 상태로 변화되었지만 더 이상 붕괴(disintegration)되지 않고 비상착륙에 성공한 사례이다. 이 항공기는 1969년에 제조되었으며 이후 35,496 항공기 비행시간과 89,680건의 착륙(landings)을 기록하고 있다(Wanhill, et. al., 2015).

(2) 인적요인(Human Factors)측면에서 분석

① Software(정비지시, 규정, 절차, 훈련, 매뉴얼 등)

B737-200 기종 항공기의 해당 항공기 권장비행 횟수는 27년간 75,000회 및 비행시간 51,000시간을 보증해준다. 그런데 사고기는 19년간 비행횟수 89,090회, 비행시간 33,133시간을 기록하고 있다. 알로하 항공사는 15,000시간을 비행할 때마다 중정비를 시행했는데, 보잉사에서 권고하는 시간은 20,000시간이기 때문에 정비주기에 아무런 문제가 없는 것처럼 보일 수 있지만 이착륙 횟수로 분석을 해보면 알로하 항공사는 보잉사가 권고한 정비주기보다 무려 1.5배나 넘게 된다는 것을 알 수 있다. 대부분 항공기들은 비행횟수보다 비행시간이 더 많지만 알로하 항공의 항공기들은 하와이의 섬들 사이의 짧은 거리를 하루에 여러 차례 비행(9회 비행 중 사고발생)하였기에 비행시간보다

비행횟수가 초과 되었다. 비행횟수 초과상황을 파악하지 못했으며, 또한 알로하 항공기들은 대부분 하와이 섬들을 중심으로 비행을 했기 때문에 해풍과 염분이 많은 해상비행에 대한 점검계획이 불충분했다.

② Hardware(항공관련 시설, 항공장비 및 공구 등) 동체의 외피(Skin)는 동체골격과 더불어 항공기에 작용하는 하중을 일부분 담당한다. 따라서 외피는 각각의 판들의 가장자리에 리벳과 접착제를 사용하여 응력에 견딜 수 있도록 한다. 그러나 초기에 출시된 B737 항공기들은 콜드본드(Cold Bond)만을 사용해 외피 판을 서로 접착하였다. 이 콜드 본드는 가격은 저렴했지만 보존방법과 작업공정이 어려워 본드가 균일하게 발라지지 않는 문제점을 가지고 있었다. 문제의 본드는 1972년에 사용이 중단되었고, 보잉사는 콜드본드를 사용한 초기 출시된 항공기들에 대한 개선사항들도 발표하였지만 알로하 항공은 이를 제대로 수행하지 않았다.

알로하 항공 243편 항공기는 다른 항공기보다 빠른 속도로 비행주기(flight cycles)가 누적되는 항공기였으므로 많은 이착륙으로 인하여 랩 조인트부분의 손상이 가속화되었다(National Transportation Safety Board Washington, D.C. 20594 Safety Recommendation).

③ Environment(조명, 소음, 통풍, 날씨, 작업영역 등) 알로하 항공은 일일 비행을 최대로 사용하였기 때문에 비행전후점검을 제외한 나머지 정비행위는 야간에 격납고에서 진행하였다. 햇빛에 비하면 밝지 않는 전깃불은 항공기 동체 외피의 균열 상태를 발견하기 어려웠다고 판단된다.

④ Liveware(항공정비사)

알로하 항공사 운항은 짧은 거리를 여러 차례 비행을 하는 형태이므로 비행주기(flight cycles)가 다른 항공사 항공기의 비행주기보다 훨씬 더 빠르게 진행되고 있다는 것을 인식하고 고려하지 못하였다고 지적하고 있

다. NTSB(National Transportation Safety Board)는 비행주기를 주의 깊게 살펴야 하는 이유는 항공기가 비행을 위하여 조종석과 객실에 가압을 하게 되는데 이로 인하여 동체에서 피로 균열 발생 및 착륙 하중으로 인한 손상이 축적 될 수 있기 때문이라고 지적했다. 또한 알로하 항공의 정비방식은 시간을 기반으로 하는 점검주기만 유지하였으므로 비행주기를 기반으로 하는 점검주기는 정상범위의 1.5배를 초과하게 되었다고 판단했다(National Transportation Safety Board Washington, D.C. 20594 Safety Recommendation).

NTSB는 이 사고의 가능한 원인이 정비 프로그램이 중대한 분리 및 피로 손상의 존재를 감지하지 못하여 발생한 것이며, 경영진이 유지 보수 인력을 제대로 감독하지 못한 것이 사고의 원인이라고 했다(NTSB Accident Report Aloha Airlines, Flight 243).

⑤ Liveware(항공정비업무와 직·간접적으로 관련된 자)

NTSB는 FAA가 MPD(Maintenance Planning Document)에 요약된 것보다 크게 수정된 항공사 정비계획의 승인을 위해 PMI(Principal Maintenance Inspector)에 대한 지침을 개발하고 제공해야 한다고 했으며, 알로하 항공사 경영진은 품질관리 향상을 위하여 적절한 작업 환경, 정비를 수행하기에 충분한 항공기 가동 중지 시간(예: 유연한 일정) 및 비행기의 감항성을 보장하기 위한 의무의 중요성에 대한 이해뿐만 아니라 적절한 교육, 안내 및 절차가 필요하다고 했다. 또한 교육훈련 부서에서는 비파괴 검사 기능을 수행하는 항공 정비 검사관 정식 교육에는 견습 및 정기 기술 시연이 포함되어야 한다고 했다(National Transportation Safety Board Washington, D.C. 20594 Safety Recommendation).

2) 아메리칸 항공의 DC-10(191편) 항공기 사고

(1) 개요

1979년 5월 25일 오후 3시, American Airlines 191 편, McDonnell-Douglas DC-10 항공기는 일리노이 주 시카고 오헤어 국제공항에서 32R 활주로를 출발한 직후

추락하여, 탑승자 271명 전원이 사망하였다. 191편 항공기는 이륙도중 1번 엔진이 폭발음과 함께 항공기에서 떨어져 나가면서 유압유가 방출되면서 이륙직후 191편 항공기는 조종 불능 상태에 빠지면서 추락하고 말았다(Air Accidents Investigation Branch, B.A. 5390).

사고경위를 살펴보면 아메리칸 항공 191편은 이륙하면서 생긴 진동으로 파일론이 항공기 날개에서 분리되었고, 그 결과 이륙직전에 활주로 바닥에 1번 엔진이 떨어져 나가게 되었다. 관제탑에서는 이 상황을 목격하고 191편에 긴급하게 통신을 하지만 통신이 두절되었다. 엔진이 떨어져 나가면서 유압 및 전기 계통 공급이 중단되어 좌측 플랩이 작동하지 않았고 동시에 조종석의 중요한 계기들이 정상 작동하지 조종석에서 상황 판단이 어려워 졌다고 사료된다. 좌측플랩은 접히지 않고 우측플랩만 작동하여 항공기는 심하게 기울어졌다. 조종사들은 1번 엔진이 떨어져 나감에 따라 경보장치 동력이 떨어져 울리지 않았고 조종사들은 아예 엔진이 떨어져 나간 사실을 감지하지 못하고 단지 엔진이 작동을 멈춘 것으로 인지하여 매뉴얼에 따랐고, 기수를 내리고 속력을 올릴 생각을 하지 못했다고 추정되며, 결국 항공기는 실속 후 추락하였다고 판단된다(Aviation Survey White Paper, 2018).

사고의 원인을 살펴보면, 사고 발생 2개월 전에 사고 항공기는 일상 점검(routine check)을 위해 아메리칸 항공 정비시설(maintenance facility)에 입고되어 이틀 정도 머무르는 동안 베어링 교체작업을 위해 항공기 날개에서 엔진과 파일론(pylon)을 장탈 하였다.

McDonnell Douglas는 몇 년 전에 모든 DC-10 항공기를 운영하는 항공사에 베어링교체를 위한 지침서를 발송하였고, 이에 대해 아메리칸 항공은 1978년 12월부터 베어링을 교체하기 시작했다. 같은 기종을 보유한 유나이티드와 컨티넨탈 항공은 이미 자체 교체를 완료한 상태였다. 아메리칸 항공의 엔지니어들은 다른 항공사들이 맥도넬 더글러스의 지시에 따라 한 번에 하나씩 장탈 하지 않고 항공기 날개로부터 파일론과 엔진을 동시에 장탈 한다는 정보를 입수하고 그 절차를

따르기로 결정하였다. 날개로부터 엔진과 파일론을 하나의 모듈처럼 장탈 작업을 할 경우 항공기 당 200시간의 유지보수비용을 절감할 수 있었고, 하나의 모듈 형태로 장탈 할 경우 작업공정이 획기적으로 단축할 수 있어서 오히려 손상과 정비관련 인적요인을 줄일 수 있는 더 좋은 절차라고 판단하였다(Vatz, 2004).

(2) 인적요인(Human Factors)측면에서 분석

① Software(정비지시, 규정, 절차, 훈련, 매뉴얼 등)

정비행위의 가장 기본은 철저하게 매뉴얼을 근거로 작업이 수행되어야 함에도 불구하고 그 절차를 준수하지 않았다.

해당 항공기의 엔진을 정비할 때에는 전용장비를 이용해서 급유 호스와 전기 계통 케이블을 파일론 부근에서 분리한 후 엔진을 파일론에서 분리한 후 정비해야하는데 그 절차를 준수하지 않았다.

② Hardware(항공관련 시설, 항공장비 및 공구 등)

항공기 제조회사인 McDonnell Douglas에서 권고하는 방식과 절차를 따르지 않고 항공정비를 위해 부적절한 장비인 지게차를 사용하여 엔진을 분리하는 방식을 사용하였다(wikipedia. American Airlines Flight 191). 또한 항공기 시스템의 설계상의 문제점은 항공기 엔진이 유실이 되더라도 비행제어 계통의 기능은 정상 작동되어야 한다. 그러나 사고기는 엔진 유실로 인하여 비행 제어, 유압 및 전기 시스템의 중요한 부분이 동시에 작동하지 않는 상황이 발생하였다(National Transportation Safety Board Washington, D.C. 20591 Safety Recommendation).

③ Liveware(항공정비사)

아메리칸 항공 191편(DC-10)은 1979년 5월 25일 오헤어공항에서 로스앤젤레스로 가는 항공편으로 사고 발생 8주전에 엔진정비를 시행하였다. 정비행위의 가장 기본은 철저하게 매뉴얼을 근거로 작업이 수행되어야 한다. 특히 사용되는 장비는 전용장비를 사용하

여야 함에도 불구하고 정비 절차를 따르지 않았다.

또한 날개와 파일론을 연결하는 볼트는 단 세 개였고, 파일론과 엔진을 고정하는 볼트는 수십 개가 넘었으므로 정비의 편의성만 추구하였다.

⑤ Liveware(항공정비업무와 직간접적으로 관련된 자)

McDonnell Douglas는 DC-10 항공기를 운영하는 항공사에 베어링교체를 위한 지침서를 발송하였고, 아메리칸 항공은 1978년 12월부터 베어링을 교체를 하였는데, 다른 항공사에서 항공기 날개로부터 파일론과 엔진을 동시에 장탈 한다는 정보를 입수하고 그 절차를 따르기로 결정하였다.

아메리칸 항공과 유나이티드 항공, 컨티넨탈 항공은 인건비를 인건비와 시간 단축을 위하여 매뉴얼의 절차를 따르지 않고 시행하는 도중 치명적인 실수를 하게 되는데, 파일론과 엔진을 동시에 장탈 하는 중에 유압관이나 전기배관이 손상되는 것을 방지하기 위하여 지게차를 사용하여 엔진을 파일론을 장탈 하였다. 관리자들은 이러한 방식을 검증하지 않고 그대로 도입한 결과이다.

3) 영국항공의 BAC-111(5390편) 항공기 사고

(1) 개요

1990년 6월 10일, 영국항공의 5390편은 스페인 말라가 행 항공기로 오전 7시 20분에 영국 버밍엄(Birmingham) 출발하였다. 항공기는 순조롭게 순항 고도(17,300feet)에 도달했을 때 사고가 발생했다.

갑자기 조종실 기장 쪽의 좌측 윈드실드(windshield)가 떨어져 나갔다. 조종석에 편히 앉아있던 기장이 항공기 내부와 외부의 기압차에 의해 항공기 바깥쪽으로 빨려나갔다. 다행히 기장의 발이 조종간(flight controls)에 걸려서 완전히 빠져 나가지 않았지만 상체가 밖으로 빨려나감으로 기온이 매우 낮고(영하17도 정도), 공기밀도도 낮아 의식을 잃은 상태였다. 부조종사는 비상 급강하를 시도했고, 객실에 있던 승무원이 이 상황을 목격하고 빨려나가려는 기장을 필사적으로

붙잡았다. 무사히 5390편 항공기는 사우스샘프턴(Southampton) 공항에 비상착륙을 하게 되었다. 사고 조사에 따르면 고장 난 윈드실드(windshield)를 고정한 볼트 90개 중 84개가 지정된 볼트의 직경(diameter) 규정보다 작았다(Air Accidents Investigation Branch, BA 5390).

순항 고도에서 항공기 내부와 외부의 압력차이가 크게 나게 되는데, 지정된 볼트의 직경보다 작은 부적절한 볼트로 체결된 윈드실드는 압력차를 충분히 견딜 수 없다. 결과적으로 잘못된 볼트의 사용이 사고로 이어지는 결정적인 원인이었다. 항공정비사는 정비행위를 할 때 규정과 절차를 따르지 않아서 발생한 사고였다(Oosthuizen, 2007).

사고의 근본적인 발단은 영국항공의 정비사의 전반적인 안일한 태도라고 볼 수 있다. 5390편 항공기 윈드실드에 장착이 되어 있었던 볼트는 A211-7D이었는데, 자재 관리실 담당자는 해당 볼트는 A21 1-8D이라고 조언을 해주었는데도 불구하고, 그 조언을 무시하고 해당 정비사는 오래된 볼트(A211-7D)가 올바른 유형이라고 가정하고 직접 자재실에서 눈대중으로 같은 유형의 비슷한 볼트(A211-8C)를 선택하였다(Drury, 2001).

이 사고로 강조된 문제 중 일부는 부품 보관, 야간 교대 문제, 직원 배치 수준 및 정비행위에 대한 관리자의 개입 등이었다(Hobbs, 2008).

(2) 인적요인(Human Factors)측면에서 분석

① Software(정비지시, 규정, 절차, 훈련, 매뉴얼 등) 압력 점검이나 중복 검사에 대한 정비 매뉴얼에는 요구 사항이 없었다.

② Hardware(항공관련 시설, 항공장비 및 공구 등) 항공기 설계상에 문제를 살펴볼 수 있다. 항공기 윈드실드는 내부에서 외부로 볼트를 사용하여 고정하는 것이 일반적인데 비해 해당 항공기는 외부에서 내부로 볼트를 사용하여 윈드실드를 고정하는 방식을 채

택하였다. 이럴 경우 고정된 볼트가 약해질 경우 비행 중에 발생하는 압력의 차이로 인하여 윈드실드가 떨어져 나갈 수 있는 구조상의 취약성을 가지고 있었다. 또한 비치된 작업용 스탠드로는 윈드실드에 쉽게 접근할 수 없었다. 그로 인해 정상적인 정비행위를 수행하기가 어려웠다.

③ Environment(조명, 소음, 통풍, 날씨, 작업영역 등) 야간작업을 통한 피로감이 가중되었을 것이라고 추정되며, 야간 정비 작업 시 관련된 시설의 적절한 배치와 자재실에서 부품을 찾을 때 조명시설의 불충분 등의 원인을 들 수 있다. 또한 작업영역에 적절한 정비 및 관리 인원의 배치가 요구된다.

④ Liveware(항공정비사)

항공정비 매뉴얼에 의한 정비행위를 하지 않았으며 부품 카탈로그(Illustrated Part Catalog)를 참조하여 해당 볼트의 종류를 확인하지 않았고, 장탈한 볼트를 근거로 눈대중으로 볼트를 찾았다.

정확한 볼트 규격을 알려주려는 자재관리 담당자의 말을 무시하고 직경이 더 작은 볼트를 선택하였다.

작업에 적절하지 않은 스탠드를 사용하여 윈드실드에 접근성이 나쁜 상태에서 안일한 방법으로 볼트를 장착하였다.

⑤ Liveware(항공정비업무와 직간접적으로 관련된 자)

정비사의 정비작업의 인적요인을 최소화하기 위해 자재 관리자는 조언보다 더 적극적인 개입이 없었고 판단되며, 특히 정비작업 종료 후 정비행위에 대한 관리감독이 결여되었다.

4) 중화항공의 B747-200B(611) 항공기 사고

(1) 개요

2002년 5월 25일 보잉 747-200(ROC 등록 번호 B-18255)인 중국 항공(CAL) 항공 CI611은 약 23해리의

대만해협에 추락했다. 대만 타이페이의 Chiang Kai-Shek (CKS) 국제공항에서 홍콩의 Chek Lap Kok 국제공항으로 향하는 정기 여객기이며, 206명의 승객과 19명의 승무원을 포함하여 CI611 비행기에 탑승 한 225명의 탑승자 전원 사망한 사고였다. 사고기는 1980년 2월 7일, 사고 항공기는 홍콩에서 테일 스트라이크 사고를 일으킨 후 가압되지 않은 당일 대만으로 다시 운항되었으며 그 다음날 수리가 이루어졌는데, 테일 스트라이크 수리와 관련해서 CAL정비사들이 임의 수리 후 비행하였다. 또한 CAL항공사는 사고 전의 일부 정비활동에 대한 기록이 불완전하거나 존재하지 않았다(Aviation Occurrence Report Volume I, ASC-AOR-05-02-001).

(2) 인적요인(Human Factors)측면에서 분석

① Software(정비지시, 규정, 절차, 훈련, 매뉴얼 등)

테일 스트라이크에 대한 정비 절차가 보잉에서 권고하는 방식을 준수하지 않았다.

② Hardware(항공관련 시설, 항공장비 및 공구 등)

테일 스트라이크에 대한 제작사의 권고에 따라 수리를 하지 않고 임의로 진행한 결과 구조 강도가 취약해졌으며, 피로 파괴가 진행되어 다중 부위 손상으로 확산되었다. 사고 항공기에는 숨겨진 구조적 결함이 있었지만 고주파 와전류 검사를 통해 균열을 감지하지 못했다.

③ Environment(조명, 소음, 통풍, 날씨, 작업영역 등)

조명, 소음, 통풍, 날씨 등의 특별한 영향은 없었다.

④ Liveware(항공정비사)

제작사 권고사항은 테일 스트라이크로 심하게 손상된 부위는 제거 후 교환 하도록 명시되어 있다. 당시 사고 항공기는 심하게 손상되었으므로 손상 부위를 교체해야 하는 상황이었지만 CAL정비 팀은 손상 부위에 보강재를 덧대는 것으로 수리를 완료했다.

⑤ Liveware(항공정비업무와 직간접적으로 관련된 자) 사고 항공기의 첫 번째 부식 방지 및 제어 프로그램(CPCP) 검사는 1993년 11월에 이루어졌으며 1997년 11월에 하부 로브 동체에 대한 두 번째 CPCP 검사를 수행했다. CAL 유지 보수 일정 컴퓨터 제어 시스템에 맞추기 위해 CAL은 각 항공기의 평균 비행시간 또는 비행주기를 추정하고 연도 별 검사를 예약했다. 항공기 사용률이 감소하면 비행시간 검사 날짜가 연기되어 해당 CPCP 검사 날짜가 지났는데, CAL의 감독 및 감시 프로그램은 누락 된 검사를 탐지하지 못했다(Aviation Occurrence Report Volume I, ASC-AOR-05-02-001).

V. 결론

Aloha Airlines 737-200편 및 American Airlines 191편 등과 같은 사건을 통해 항공기정비 관련하여 인적 요인으로 인한 잘못된 정비방식에 대한 관심이 집중되었으며, 93건의 중대한 사고의 원인을 분석한 결과 정비 및 검사(maintenance and inspection)에 의한 사고가 12%에 해당한다는 것을 알 수 있었다(Johnston & McDonald, 2017).

알로하항공 243편의 경우, 정비관련 근본체계가 잘못 된 결과라고 판단된다. 해당 항공기의 비행횟수 허용한계를 초과하였음에도 불구하고 그 내용을 파악하지 못하였으며, 정비개선사항을 실시하지 않은 태만한 정비행위 열악한 작업환경을 들 수 있다. 낮에 계속 되는 비행으로 야간정비로 집중이 결여되어 있고, 어두운 조명으로 인하여 균열 상태를 파악하기 어려움이 있었을 것이라고 판단된다. 단조롭고 지루한 동일한 점검을 분할하지 않은 잘못된 작업지시 등 모든 조건이 사고유발인자로 작용하고 있다.

아메리칸 항공 191(DC-10)편의 경우, 항공정비 행위의 가장 우선해야 할 일이 매뉴얼을 근거로 정비행위를 진행해야함에도 불구하고 검증되지 않은 타 항공사의 잘못된 정비방식을 도입 적용하였으며, 오히려 더 좋은 방법이라고 판단하고 정비를 진행한 사건

으로 매우 부적절한 행위라고 판단된다. 이러한 편의 위주의 정비방식을 진행하는 데 있어서 적절히 제어하는 시스템이 결여되어 있었으며, 특히 적절한 장비를 사용하지 않고 지게차를 사용하여 엔진을 장탈한 상황은 매우 부적절하다고 판단된다.

영국항공의 BAC-111(5390편)의 경우, 부품 보관, 야간 교대 문제, 직원 배치 수준 및 정비작업을 종료한 작업에 대한 정비 관리자의 확인 및 개입이 부적절했다고 판단된다.

비록 항공기정비로 인한 사고의 빈도수는 낮다고 할지라도 항공기 사고 발생은 치명적인 인명피해를 초래할 수 있기에 사고를 원천적으로 차단하려는 노력이 매우 중요하다고 본다. 더 나아가 항공정비 분야의 실수로 인하여 운항승무원의 실수로 연결될 가능성을 배제할 수 없다. 따라서 안전운항을 위한 노력은 항공운항, 항공정비, 지상조업을 비롯하여 항공관련 모든 분야에서 적용되고 실행되어야 한다. 아울러 주변 생활 환경 내에 환경적 요소도 다루어져야 할 것이다.

항공사에서는 항공정비사의 개인적인 기량과 능력을 향상시키기 위한 많은 교육과 훈련이 시행되고 있다. 더 나아가서 이러한 교육 훈련에 정비사들에 대한 인적요인을 고려한 교육훈련의 개발과 적용이 더 많이 이루어져야 한다고 본다. 끝으로 관심 있는 분들의 전문적인 연구가 지속되기를 기대한다.

References

- Čekanová, T. and M. Kelemen. 2011. Partial Results of The Testing of Future Aircraft Technical Personnel in The Field of Flight Safety. *Review of the Air Force Academy*. 18(1): 48-52.
- Choi, Se Jong and Hui Bong Eun. 2002. A Study on Human Factors Related to Aviation Maintenance. *Monthly KOTI Magazine on Transport*. 12(58): 22-30.
- Drury, C. G. 2001. *Human factors in Aircraft Maintenance*. NY: State Univ of New York.
- Hackworth, C., K. Holcomb, J. Banks, D. Schroeder, and W. B. Johnson. 2007. A Survey of Maintenance Human Factors

- Programs Across The World. *The International Journal of Applied Aviation Studies*. 7(2): 212-231.
- Han, Gyeong Geun and Noh Yo Seop. 2008. The Case Study of Aircraft Accident Analysis by HFACS. 2008 Spring Conference. *Korea Safety Management & Science*. 2008(4): 93-100.
- Hawkins, F. H. 2017. *Human Factors in Flight*. London: Routledge.
- Hobbs, A. 2008. *An Overview of Human Factors in Aviation Maintenance*. Canberra: Australian Transport Safety Bureau.
- Hwang, In Su. 2018. *Aircraft Equipment*. Seoul: Seonhag Publishers.
- Johnston, N., and McDonald, N. 2017. *Aviation Psychology in Practice*. London: Routledge.
- Kim, Cheon Yong. 2015. An Empirical Study on Safety Culture of Aviation Maintenance Organization in Korea, Doctoral Dissertation. Korea Aerospace University.
- Kim, Cheon Yong. 2016. *Aviation Human Factors and Maintenance Safety*. Seoul: NodeMedia.
- Kim, Cheon Yong. 2019. A Study on Improvement of Aviation Maintenance Human Factors Training for Aviation Safety Promotion. *Journal of Korea Academia-Industrial Cooperation Society*. 20(2): 115-121.
- Kim, Chil Yeong. 2012. *Aviation and Human Factors*. Korea Aerospace University Press.
- Licht, D. M., D. J. Polzella, and K. R. Boff. 1993. *Human factors, Ergonomics and Human Factors Engineering: An Analysis of Definitions*. Dayton, OH: Crew System Ergonomics Information Analysis Center.
- Mellema, G. M. 2018. Application of Dupont's Dirty Dozen Framework to Commercial Aviation Maintenance Incidents. Doctoral Dissertation. Embry-Riddle Aeronautical University.
- Oosthuizen, P. H. 2007. Use of Aircraft Crash Cases in Teaching Engineering. *American Society for Engineering Education, Engineering Teaching and Learning Practices*. Queen's University.
- Phillips, P., D. Diston, A. Starr, J. Payne, and S. Pandya. 2010. A review on the optimisation of aircraft maintenance with application to landing gears. In *Engineering Asset Life cycle Management*. 2015(1): 68-76.
- Romero, R., H. Summers, and J. Cronkhite. 1996. Feasibility Study of a Rotorcraft Health and Usage Monitoring System (HUMS): Results of Operator's Evaluation. NASA Contractor Report 198447.
- Said, M. N. and A. Z. Mokhtar. 2014. Significant Human Risk Factors in Aviation Maintenance. *Sains Humanika*. 2(2): 31-36.
- Shappell, S. and D. Wiegmann. 2001. Unraveling The Mystery of General Aviation Controlled Flight into Terrain Accidents Using HFACS. OH: The Ohio State University.
- [1] https://assets.publishing.service.gov.uk/media/5422faa7e5274a131400078d/1-1992_G-BJRT_2_.pdf
- [2] https://araib.molit.go.kr/USR/BORD0201/m_34540/DTL.jsp?mode=view&idx=234814 Board
- [3] http://www.law.go.kr/lsInfoP.do?lsiSeq=182178&efYd=20190330#searchI_d2
- [4] http://www.asc.gov.tw/upload/acd_att/5542a63a-c165-49cd-b9b5-2fb41ad852da.pdf
- [5] https://www.nts.gov/safety/safety-recs/recletters/A79_98_105.pdf
- [6] https://www.nts.gov/safety/safety-recs/RecLetters/A89_53_69.pdf
- [7] <https://www.nts.gov/investigations/AccidentReports/Pages/AR8903.aspx>
- [8] http://www.better.go.kr/rz.law.NationLawSl.laf?tmatt_no=0000017698 &link_mini_cd=
- [9] https://ko.wikipedia.org/wiki/%EC%95%84%EB%A9%94%EB%A6%AC%EC%B9%B8_%ED%95%AD%EA%B3%B5_191%ED%8E%B8_%EC%B6%94%EB%9D%BD_%EC%82%AC%EA%B3%A0
- [10] http://www.bowles-langley.com/wp-content/files_mf/humanerrorandmarinesafety26.pdf
- [11] <https://dspace.mit.edu/bitstream/handle/1721.1/39430/59008054-MIT.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- [12] <https://apps.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/a387808.pdf>
- [13] <https://reports.nlr.nl/xmlui/bitstream/handle/10921/1065/TP-2015-193.pdf?sequence=1>
- [14] <https://commons.erau.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1062&context=aircon>
- [15] http://www.molit.go.kr/USR/10204/m_45/dtl.jsp?idx=16053

Korean References Translated from the English

- 고정의항공기를 위한 운항기술기준(국토부고시 제2017-397).
2017. http://www.molit.go.kr/USR/I0204/m_45/dtl.jsp?idx=16053
- 김천용. 2015. 우리나라 항공기정비조직의 안전문화에 관한 실증적 연구. 박사학위논문. 한국항공대학교.
- 김천용. 2016. 항공인적요인과 정비안전. 노드미디어.
- 김천용. 2019. 항공안전증진을 위한 항공정비인적요인 교육훈련 개선방안 연구. 한국산학기술학회지. 20(2): 115-121.
- 김철영. 2012. 항공과 인적요소. 한국항공대학교 출판부.
- 최세중, 은희봉. 2002. 항공정비 분야 인적요인관련 규제에 관한 연구. 월간교통. 12(58): 22-30.
- 한경근, 노요섭. 2008. HFACS 를 이용한 항공기사고 분석 사례 연구. 2008년도 대한안전경영과학회 춘계학술대회. 93-100.
- 항공사고조사백서. 2018. 항공철도사고조사위원회. https://arai.b.molit.go.kr/USR/BORD0201/m_34540/DTL.jsp?mode=view&idx=234814Board.
- 항공안전법. 2019. <http://www.law.go.kr/lsInfoP.do?lsiSeq=182178&efYd=20190330#searchId2>
- 황인수. 2018. 항공기장비. 인천: 선학출판사.

Received: Aug. 18, 2019 / Revised: Oct. 4, 2019 / Accepted: Oct. 10, 2019

항공정비분야의 인적요인에 의한 사고사례분석

- SHELL Model을 중심으로 -

국문초록 항공기 사고는 기계적인 결함에 의한 것이든 인적요인(Human Factors)의한 것이든 그 결과는 치명적인 인명과 재산의 피해를 수반하기에 그 원인제거 및 예방대책 강구가 매우 중요하게 다루어져야한다. 항공분야에서의 인적요인에 대한 연구는 주로 승무원(flight crew) 중심으로 이루어져 오다가 1990년대 초반부터 항공정비 분야에 관한 연구가 본격적으로 시작되었다. 항공정비의 기본 개념은 감항성을 유지하여 항공기 모든 시스템의 완벽한 작동과 서비스를 통하여 항공기의 안전을 보장하는 것이다. 그러나 항공기 정비와 관련이 있는 다양한 사고사례들이 존재하며 또한 일어날 가능성이 잠재되어 있다. 본 연구는 항공분야의 인적요인의 이론적 배경을 연구하고, 항공기 사고원인 분석 모델을 분석하기로 한다. 또한 항공기 정비 분야의 인적요인에 대한 관심을 집중시킨 몇몇 사례를 항공분야의 인적요인의 기초이론으로 인정받고 있는 ‘SHELL Model’을 중심으로 고찰하고자 한다.

주제어 : 인적요인, SHELL 모델, 스위스치즈 모델, 더티더즌 모델

Profiles **Byeong Pil Choi** : He received his Ph.D. from Seoul Christian University, Korea in 2015. He is a Professor of the Department of Aviation Maintenance at Gyeongnam Provincial Namhae University, in which he has taught since 2019. He is currently the director of the Gyeongnam Aviation Education Center, a specialized educational institution designated by the Ministry of Land, Infrastructure and Transport(cbp@namhae.ac.kr).