論文

AHP 기법을 활용한 조종사 피로요인의 상대적 중요도 분석

문우춘*, 강우정*, 최연철**, 김웅이**, 이구희***

Establishing the Importance Weights of Pilot's Fatigue Factors through AHP analysis

Woo-Choon Moon*, Woo-Jung Kang*, Youn-Chul Choi**, Woong-Yi Kim**, Koo-Hee Lee***

ABSTRACT

The traditional regulatory approach to managing pilots fatigue has been to prescribe limits on maximum daily, monthly, and yearly flight and duty hours, and require minimum breaks within and between duty periods. This approach comes from a long history of limits on working hours dating back to the industrial revolution. So, the Council of ICAO recently adopted International Commercial Air Transport regarding the development and implementation of fatigue risk management systems(FRMS). The FRMS can provide better safety outcomes than current prescriptive flight and duty regulations while allowing greater operational flexibility.

This study aim to analyzing relative importance of pilots' fatigue factors in order to minimize pilots' fatigue-related safety risks. More researches regarding monitoring and managing fatigue, based upon scientific principles, are required in the future.

Key Words : Fatigue(피로), ICAO(국제민간항공기구), Fatigue Risk Management System (피로위험관리시스템), safety risk(안전위험), 안전관리시스템(Safety Management System)

1. 서 론

항공기의 대형화와 고성능으로 항공수요는 급격한 증가하게 되었고 특히, 장거리 비행의 가능으로 전 세계는 일일 생활권의 편리한 시대가 개막되었다. 반면, 항공기의 대형화·고속화에 따라 사고 발생시 항공기 전소는 물론 막대한 재산과 탑승자의 전원이 사망하는 것이 일반 교통사고와는 차원이 다른 점이다. 이로 인해 사고발생 빈도는 낮으나 단 한번의 사고도 타 교통수단에 비

해 커다란 사회문제로 부각되어지는 것이다. 항공기술의 발달로 항공기로 인한 사고는 점차로 줄었으나 인간, 즉 인적요인으로 인한 사고는 좀처럼 줄지 않고 있다. 인적요인 중에 하나인 조종사 피로는 항공수요 증가에 따른 운항횟수 증가와 장거리 비행에 따른 누적근무시간 증가, 복잡해지는 비행환경 등으로 날로 가중되고 있는 실정이다.

피로는 항공업계의 중요한 이슈로 인식되어지고 있으며 피로에 대한 적절한 주의와 조치를 하지 않을 경우 안전과 생산성에 중대한 문제를 일으키게 된다. 피로로 인한 대표적인 사고사례로는 지금으로부터 약 50년 전인 1961년9월18일 전세기 더글러스 DC-6B 기종을 타고 가다 일어난 다그 함마슬드 유엔 사무총장의 비행기추락 사고로서 당시 콩고 내전의 평화협상을 중개하기 위해 비행기로 이동하던 중 아프리카의 밀림에서 당시 탑승자 15명 전원이 목숨을 잃은 사고를 들 수 있다. 당시 승무원들이 사고 전 몇 주 동안

2012년 07월 14일 접수 ~ 2012년 09월 12일 심사완료
논문심사일 (2012.07.16 1차), (2012.09.12, 2차)

* 한국교통대학교

연락처, E-mail : kwj996@ut.ac.kr

충청북도 충주시 대학로 50

** 한서대학교

*** 한국항공대학교

얼마나 힘든 비행일정에 시달렸는지에 대한 자료는 없지만 상당했을 것으로 추정된다고 있는데 그 이유는 유엔 비행기 조종사들은 정기적으로 여러 비행구간을 뛰는 경우가 많았고 이런 비행일정을 합하면 하루 8시간을 넘기는 것이 허다하였고 공항이나 활주로에서 몇시간이나 대기 상태로 있는 경우도 많았다고 한다. 운명의 그날도 조종사들은 은돌라로 7시간의 비행에 나서기 전에 레오폴드빌(지금의 킨샤사)공항에서 12시간이나 함마슬트를 기다렸다고 하니 조종사들의 피로가 상당했을 것임을 짐작할 수 있다. 또 하나의 사례로는 1999년 5월 8일 뉴욕의 JFK 공항에서 발생한 American Eagle Flight 4925편으로 당시 조종사들은 전날 늦은 비행으로 인해 새벽 01시 30분에 수면에 들고 다음날 오전 06시10분의 비행편을 위해 04시45분에 기상함에 따라 절대적인 수면이 부족한 상태에서 비행중 발생한 사고를 들 수 있다.

조종사 피로에서 오는 성능저하는 단순히 조종사 개인의 문제만은 아니다. 최근 조종사 피로에 대하여 과학적이고 시스템적이며 종합적인 피로 관리의 필요성이 대두되고 있다. 비행피로로 인하여 발생되는 가장 큰 문제점은 행동의 당사자들이 인지하지 못한다는 점이며 이로 인해 항공사고나 준사고로 연결될 확률이 점차로 높아지게 된다. 따라서, 항공운항에서의 피로의 개념과 의미를 명확하게 파악하는 것이 매우 중요하다. 실제로 최근 국제민간항공기구(International Civil Aviation Organization, ICAO), 미연방항공청(Federal Aviation Administration, FAA), 유럽항공안전청(European Aviation Safety Agency, EASA) 등에서 비행시간제한 및 피로위험관리시스템(Fatigue Risk Management System, FRMS)에 대한 연구를 활발히 진행하고 있으며 관련법규 정비도 병행하고 있으나, 국내에서는 아직 관련 연구활동이 부족한 실정이다.

최근 발표된 연구논문에서 국내 피로관리와 관련하여 제안을 하였는데, 과학적이고 합리적인 피로관리를 통한 항공안전을 도모할 수 있는 기준을 수립해야 하고, 피로관리 기준 수립 시 생리현상, 출발시간대, 현지 적응 상태, 피로 회복 정도, 일일 비행 횟수, 추가 운항승무원 수 등을 다양하게 고려해야 하며, 합리적인 피로관리기준 수립 및 이행방법에 있어 중요한 사전 요소는 모든 관계자들의 협조체계 구축 등을 제안하고 있다(이구희, 2012).

본 연구에서는 조종사의 피로에 관한 이론적 연구를 실시하고 조종사를 대상으로 일차적으로

설문조사를 통해 항공운항에서의 피로요인 도출하고 도출된 피로요인의 중요도에 관한 설문조사를 실시하여 피로에 영향을 주는 주요 요인을 도출하고자 한다. 이러한 과정을 통해 시사점을 제시하고 향후 조종사 피로예방과 피로위험관리시스템 도입에 기여하고자 한다.

2. 본 론

2.1 조종사 피로에 대한 문헌 고찰

피로는 항공업계의 중요한 주제로 인식되고 있으며 이에 대한 적절한 주의를 하지 않을 경우 안전과 생산성에 대한 중대한 문제가 발생된다(NASA, 1999). 피로(疲勞)에 대한 사전적 정의는 심신기능이 떨어진 상태를 가리킨다. 무기력한 상태에서부터 노동이 일으키는 근육의 작열감에 이르기까지 고통을 수반한다고 말할 수 있으며 심지어는 발열을 일으키기도 한다. 또, 목숨과 건강을 유지하는 데 중요한 신호 가운데 하나이다. 피로의 정의에 대한 연구를 살펴보면, 피로는 인간이 개인적인 생활에서 경험하는 보편적인 현상으로 일상생활에서 개인의 능력을 저하시키고 질병이 나타날 수 있다는 경고 증상으로 간주되고 있다. 또 다른 연구에서는 피로는 각 개인이 정해진 일정기간 동안 요구되는 성과를 발휘하거나 유지하는데 어려움이 발생하는 현상으로 피로가 진행되면 토론이나 귀찮은 일을 적당하게 처리하려는 경향과 발생된 결함을 인지하지 못하고 오히려 현재의 임무수행 능력이 최대인 것으로 착각하는 현상도 나타나는 것으로 정의하고 있다. 이렇듯 연구마다 인간 피로에 대한 다른 정의를 내리고 있으며 각기 다른 정의로 쓰이고 있다(최의순 등, 2003).

비행에 관한 피로는 비행으로 인하여 발생하는 여러 요인이 피로를 악화시키는 것으로 신체의 정상적인 반응 가운데 신체적, 정신적인 효율을 떨어지게 하며, 회복하지 않고 축적이 되면 건강을 해쳐서 만성피로 증후군으로 발전될 수 있다. 피로의 증상으로는 졸림, 전반적인 불편, 과민, 무감정, 무관심, 신체·감정적 고립, 식욕부진, 불분명한 언어 사용, 시야 고정, 시각인식 손상, 명료도와 주의도 감소, 주의집중 감소, 반응시간 지체, 반응을 요하는 감각자극의 약화, 단기 기억 감소, 연속적인 업무 실수, 2차 업무의 소홀 등으로 제시되고 있다(항공안전관리론, 2005).

국제민간항공기구에서는 피로는 수면부족 또는

승무원의 항공기 안전운항 또는 안전관련 근무의 수행능력을 저하시키는 과도한 각성상태 또는 신체 활동의 결과로 발생하는 정신적 또는 신체적 기능이 저하된 상태를 말한다(ICAO, 2010). 피로의 요인에는 대개 노동, 정신적 스트레스, 과대자극, 과소자극, 시차증, 활발한 레크리에이션, 우울증, 권태의 결과이다. 또한, 중독, 미네랄, 비타민 부족과 같은 화학적 원인일 수도 있다. 과도한 출혈도 원인이 될 수 있다. 다른 연구에서 제시된 요인에는 인체 생리학적 기능(생체리듬, 24시간 주기리듬, Circadian), 시차, 항공기 진동, 소음 등과 같은 비행환경, 기내여압과 습도, 개인 지병, 수면 방해, 스트레스나 불규칙한 식사, 불충분한 휴식, 통제할 수 없는 기상, 장비고장 또는 항공교통지연과 같은 예기치 않은 사건으로 인한 지연이나 일정변경도 피로를 가중시킨다고 하고 있고 그 외에 피로에 관계된 요인에는 연령, 경험, 숙련, 관습, 건강상태 등 작업자의 내적 요인과 함께, 비행과 관련된 요인으로서 소음, 진동, 기온, 낮은 습도, 저기압, 전자파, G-force, 조명, 시차 등 물리적 환경조건과 비행의 난이도, 비행시간 등 작업 환경조건 등이 있다고 제시되고 있다.

2.2 국내외 기준 및 동향

조종사의 피로 및 실수는 항공기 사고와 매우 밀접한 관계를 가지고 있다. 조종사 피로에서 오는 성능저하는 단순히 조종사 개인의 문제가 아니다. 조종사에 피로에 대하여 과학적이고 시스템적이고 종합적인 피로관리의 필요성이 대두되고 있는데, 이러한 요구에 발맞춰 최근 ICAO, FAA, EASA가 주도가 되어 관련 항공법규의 개정작업이 활발하게 진행되고 있다.

다음에는 우리나라, 국제기구 및 주요 국가의 적용사례를 제시하고자 한다.

2.2.1 국내 적용사례

우리나라는 ICAO 체약국으로서 부속서 정한 표준 및 권고 기준을 국내 항공법규에 반영하여 준수하고 있는데 1991년 12월에 항공기승무원에 대한 승무시간 등과 관련하여 항공법(제4435호)을 개정하였고, 2001년 9월 항공법(제6513호)을 개정하여 객실승무원을 추가하였다. 구체적인 내용을 살펴보면, ICAO Annex 6(항공기 운항)에서 정한 기준을 항공법 제46조(승무시간 기준 등), 동법 시행규칙 제143조(운항승무원의 승무시간

등의 기준 등), 제143조의 2(객실승무원의 승무시간 기준 등) 및 고시인 운항기술기준 8.4.9(승무시간, 비행근무시간 및 휴식시간)에서 이를 반영하여 정하고 있다.

운항승무원의 연속 24시간 동안 최대승무시간·비행근무시간 기준(휴식시간이 제공되지 않은 경우에 한함)은 다음과 같다.

Table 1. 운항승무원의 연속 24시간 동안 최대승무시간·비행근무시간 기준

(단위 : 시간)

운항승무원 편성	승무시간	비행근무시간
기장 1명	8	13
기장 1명, 기장의외 조종사 1명	8	13
기장 1명, 기장 외의 조종사 1명, 항공기관사 1명	12	15
기장 1명, 기장 외의 조종사 2명	12	16
기장 2명, 기장의외 조종사 1명	13	17
기장 2명, 기장의외 조종사 2명	16	20
기장 2명, 기장의외 조종사 2명, 항공기관사 2명	16	20

운항승무원의 비행근무시간에 따른 최소휴식시간 기준은 다음과 같다.

Table 2. 운항승무원의 비행근무시간에 따른 최소휴식시간 기준

비행근무시간	휴식시간
8시간까지	8시간이상
8시간초과 ~ 9시간까지	9시간이상
9시간초과 ~ 10시간까지	10시간이상
10시간초과 ~ 11시간까지	11시간이상
11시간초과 ~ 12시간까지	12시간이상
12시간초과 ~ 13시간까지	13시간이상
13시간초과 ~ 14시간까지	14시간이상
14시간초과 ~ 15시간까지	15시간이상
15시간초과 ~ 16시간까지	16시간이상
16시간초과 ~ 17시간까지	18시간이상
17시간초과 ~ 18시간까지	20시간이상
18시간초과 ~ 19시간까지	22시간이상
19시간초과 ~ 20시간까지	24시간이상

비고 :

1. 항공운송사업자 및 항공기사용사업자는 운항승무원이 승무를 마치고 마지막으로 취한 지상에서의 휴식 이후의 비행근무시간에 따라서 위 표에서 정하는 지상에서의 휴식을 부여해야 한다.
2. 항공운송사업자 및 항공기사용사업자는 운항승무원이 연속되는 7일마다 연속되는 24시간 이상의 휴식을 취할 수 있도록 해야 한다.

2.2.2 국제민간항공기구 적용사례

국제민간항공기구는 전세계에 걸쳐서 국제민간항공의 안전과 질서있는 발전을 촉진할 것을 목적으로 하는 국제연합의 전문기구로써 규칙적이

며 효율적이고 경제적인 항공운송을 위해 필요한 각종 국제표준 및 규칙을 정하고 있다. 조종사 피로에 관해서는 부속서 6(항공기운항) Part I 에서 피로관리 가이드를 제시하고 있다.

조종사 피로에 관련하여 2009년 11월에 개정된 부속서 6에서는 첫째, 1995년 이후 확일적으로 적용해오던 비행시간, 비행근무시간, 휴식시간 요건 이외에 근무시간 요건을 추가하였으나 구체적인 적용시간 등은 정하지 않고 있다. 둘째, 피로 관리에 대한 일반적인 가이드를 제시하고 구체적인 제한시간 등은 각 계약국에서 기준을 설정하도록 하고 있다.

2010년 6월 다양한 피로관련 요인을 관리하고 안전을 향상시키기 위하여 시스템적 관리를 기반으로 한 포괄적 접근 방법으로서 다음과 같은 피로위험관리시스템(FRMS) 도입을 제시한다. 피로위험관리시스템이란 다양한 피로위험 요인을 관리하는 시스템으로 승무원이 임무를 수행하는데 있어 적절한 각성도를 유지할 수 있도록 과학적 원리와 지식을 바탕으로 비행시간, 시차 적응 여부, 수면 환경 등 다양한 피로관련 안전 위험요인을 지속적으로 감시하고 관리하는 데이터 기반 시스템이다. 피로위험관리시스템 도입을 위해 국가가는 과학적 근거 및 지식을 바탕으로 운항승무원 및 객실승무원이 적절한 수준의 각성도를 유지하도록 하기 위하여 피로관리를 위한 비행시간·비행근무시간·근무시간·휴식시간 기준 및 운영자의 피로위험관리시스템 승인에 관한 기준 등의 규정을 마련하도록 하고 있다.

Fig 1. 피로위험관리시스템 구성 및 흐름

운영자는 다음 세 가지 기준중 선택하여 적용하도록 하고 있다. 첫째, 비행시간·비행근무시간·근무시간·휴식시간 기준 적용, 둘째, 피로위험관리기준, 셋째, 첫째와 둘째 기준 혼용이다(이구희, 2011).

피로위험관리시스템은 안전관리체계(Safety Management System, SMS)와 밀접한 관계를 가

지고 있다. 피로위험관리시스템은 안전관리와 연동되어야 하며 내용적인 측면에서 안전관리의 일부분으로 볼 수 있다. 따라서, 피로위험관리시스템은 안전관리와 유사한 절차를 필요로 한다(ICA0, 2010).

Table 3. FRMS와 SMS 구성 비교

SMS Framework	FRMS
Safety Policy and Objectives	FRMS policy and documentation
Safety Risk Management	FRM processes <ul style="list-style-type: none"> • Identification of hazards • Risk assessment • Risk mitigation
Safety Assurance	FRMS safety assurance processes <ul style="list-style-type: none"> • FRMS performance monitoring • Management of operational and organizational change • Continuous FRMS improvement
Safety Promotion	FRMS promotion processes <ul style="list-style-type: none"> • Training programs • FRMS communication plan

2.2.3 미국 적용사례

미국 교통안전위원회(National Transportation Safety Board, NTSB)에 조사에 따르면 5월달에 오전 7시 이전에 운행한 2600여대의 여객기를 조사한 결과 대부분의 조종사가 피로에 시달리고 있다고 한다. 또한 항공업계가 신형 항공기의 운항횟수를 늘리고 있지만 예전과 같은 규모의 조종사를 고용해 조종사의 피로가 늘고 있는데, 이는 조종사의 과로로 인한 졸음이 항공기 사고에 큰 영향을 미칠 수도 있다는 점에서 우려의 목소리가 커지고 있다. 실제로 지난 1993년 이후 조종사의 피로가 졸음 비행으로 이어져 발생한 사고는 15건(사망 24명)에 이른다고 한다. 이를 방지하고자 미국 정부는 항공기 조종사의 피로를 예방하기 위해 조종사의 비행시간 등을 규제하고 있다.

피로와 관련하여 미국은 조종사의 비행시간 규제를 시행하였는데, 1940년대부터 국내선에서는

24시간 주기 동안 8시간으로 제한하였다. 다만, 근무시간에 대한 제한은 없었다. 이후 24시간 주기 동안 최소 8시간의 휴식시간을 보장토록 하였는데 이 규정은 1990년대 중반까지 지속되었다. 1995년에 미연방항공청은 2명의 조종사로 편성된 경우 10시간의 비행시간을 포함한 14시간의 근무시간을 허용하고 조종사의 휴식보장시간을 10시간으로 연장하였으나 이러한 미연방항공청의 제안은 항공업계와 합의할 수 없었다(항공안전관리론, 2005).

최근 미국은 승무원 피로관리를 위해 ICAO의 동향에 부응하여 2010년 '2010 항공사 안전 및 FAA 적용법(Airline Safety and FAA Extension Act of 2010)'을 통과시켰으며, FAA는 항공사가 피로위험관리플랜(FRMP)을 의무적으로 이행하게 하였다. 또한, Flag, Domestic, Supplemental operations에 동일한 기준을 적용할 Part 117을 신규로 제정하여 입법예고를 거쳐 최종법규를 공포 및 수정공포 하였는데, 2014년 1월 4일부터 적용되는 동 기준은 다양한 피로관리 요소들을 반영하고 있다.(이구희 2012)

2.2.4 유럽 항공안전청 적용사례

유럽은 오랫동안 승무원 비행근무시간 등 피로 관리에 대한 통일된 기준을 적용하지 못했다. 피로관리와 관련하여 미국연방항공청과 함께 국제민간항공기구의 변화를 주도한 유럽항공안전청(EASA)은 오랜 연구 끝에 2010년 12월 비행시간, 근무시간, 휴식시간 요건에 대한 통합된 규정을 제정하였다. 목적은 상업용 항공운송사업을 위한 비행시간 및 근무시간 제한, 휴식기준에 대하여 합리적이고 수용 가능한 이행기준을 마련하는데 있다. 기존 규정대비 과학적, 생리적 현상을 고려하여 비행근무시간, 휴식시간 기준 등을 정하고 있으며 피로위험관리를 증진할 수 있는 이행기준을 포함하고 있다. 구체적으로 위험요소 제거 및 안전수준 유지를 위해 다양한 피로 요인, 예컨대, 출두시간, 휴식시설, 비행 횟수, 추가 승무원 수, 타임존 등을 관리하도록 요구하고 있다. 항공사는 충분한 시간 전에 승무원 근무 스케줄을 계획하여 승무원이 사전에 충분히 피로관리를 할 수 있도록 하여야 하며, 승무원은 주어진 휴식시간 등을 이용하여 충분히 피로관리를 하여야 하고, 피로관리 노력에도 불구하고 예기치 못한 피로를 경험하는 경우 회사에 보고 및 근무 변경 등의 사전 조치를 함으로써 피로로 인한 항공기 사고를 미연에 방지할 수 하는 시스템

정착을 제시하고 있다.(이구희, 2011).

2.3 연구방법 및 절차

2.3.1 피로요인의 상대적 중요도 조사

현재 조종사는 정기항공사, 부정기운송업체, 사용사업체, 자가용 조종사를 포함하여 4,000여명이 근무하는 것으로 집계되고 있다(항공현황, 2010).

표본선정 및 자료수집은 피로요인의 상대적 중요도를 살펴보기 위해 첫째, 정부, 연구기관, 학계관련 전문가를 대상으로 조종사에게 영향을 주는 피로 요인을 '대항목'과 '소항목'으로 나누어 도출하였고, 둘째, 이에 대한 중요도를 조종사 집단을 대상으로 설문조사를 실시하였다. 표본의 동질성을 위하여 조종사집단은 정기항공운송사의 조종사를 표본으로 선정하였다. 조사기간은 2012년 6월 1일부터 2011년 7월 6일까지 실시하였고, 조사대상은 정기항공사 조종사들로 조사대상 인원은 총 30명 이었다.

설문지의 평가척도로 5점 척도를 사용하였고, 각 피로영향 요인들의 간단한 설명을 포함시킴으로써 피로영향 요인에 대한 이해를 높였다.

조사내용은 조종사 피로요인에 상대적 중요도로써 9개 대항목군과 24개 소항목군에 대해서 계층분석기법(AHP)을 이용해 5점 척도로 요인별 중요도로서 총 10개 문항이었다.

수집된 설문지에 대해서 일관성 검증을 실시하였고, 그 중 일관성 비율(C.R : Consistency Ratio)이 0.1 이상의 값을 가진 설문 10부는 일관성이 낮아 신뢰도가 떨어지는 것으로 판단하여 최종분석에 포함하지 않았다.

Table 4. 조종사 피로영향요인

영향요인		설 명
대항목	소항목	
근무 (4)	비행근무	항공기운행자의 지시에 수행토록 요구하는 모든 비행 임무
	행정업무	항공기 운영자가 비행근무 외에 요구하는 모든 행정업무
	훈련	항공기 운영자의 지시에 의해 이루어진 모든 훈련
	비임무 이동	운영자의 지시에 의해 비행업무 승무원이 아닌 승객자격으로 한 장소에서 다른 장소로 이동하는 것
운항상황 (2)	예측불가 운항상황	운영자가 통제할 수 없는 기상, 장비 고장 또는 항공교통지연(Air Traffic Delay)과 같은 예기치 않은 사건
	초장거리 운항	계획된 비행이 16시간 초과한 비행이나 비행근무시간이 18시간을 초과하는 장거리 비행
승무원 (2)	승무원 편성	계획된 비행을 위해 구성된 운항 승무원

	추가 운항 승무원	항공기 운항에 필요한 최소 운항 승무원 외에 추가된 운항승무원
역할 (2)	PF(Pilot Flying) 역할	항공기의 조종간을 잡고 비행업무를 수행하는 역할
	PM(Pilot Monitoring) 역할	항공기의 조종간을 가지지 않고 비행 업무를 수행하는 역할
시간 (4)	승무시간	운항승무원이 비행업무를 수행하기 위하여 항공기에 탑승하여 이륙을 목적으로 항공기가 최초로 움직이기 시작한 시각부터 비행이 종료되어 최종적으로 항공기가 정지한 시각까지의 총 시간
	비행근무 시간	운항승무원이 비행업무를 수행하기 위하여 항공운송사업자가 지정한 장소에 출두한 시각부터 1개 또는 연속되는 2개 구간 이상의 비행을 종료한 후 디브리핑 시각까지의 비행준비시간, 승무시간, 지상 또는 기내 휴식시간을 포함한 총 시간
	누적근무 시간	연속되는 날짜 동안에 총 근무시간 또는 연속되는 총 근무시간
	신체리듬 저하 시간대	승무원이 신체적으로 적용된 타임존 내에서 새벽 2시부터 05시59분 사이의 시간대
	휴식시간	승무원이 근무 후 그리고/또는 전에 모든 근무로부터 벗어나 있는 연속적이고 한정된 시간
휴식 (2)	휴게시간	승무원이 모든 근무로부터 벗어나 있지만 여전히 근무시간대로 간주되는 시간
	휴게시간	승무원이 모든 근무로부터 벗어나 있지만 여전히 근무시간대로 간주되는 시간
생리 (2)	수면장애	수면이 양적·질적 요인으로 장애를 받는 것
	생체리듬	24시간 주기 리듬 서캐디안(Circadian, 생물학적 주기) 리듬
심리 (2)	업무부하	어떤 과제를 수행하는데 부과되는 주의 또는 노력의 양
	스트레스	적응하기 어려운 환경에 처할 때 느끼는 심리적·신체적 긴장 상태
시설 (4)	항공기 종류	승무원이 비행업무를 수행하는 항공기 종류
	공항시설	항공기의 이륙과 착륙 등을 위한 시설
	숙박시설	적절한 휴식을 위해 필요한 설비가 갖추어진 침실
	기내휴식 시설	승무원에게 수면을 위해 제공되는 시설로서 병크, 좌석, 방 등의 적합한 휴식가능시설

2.3.2 적용 결과

본 연구에서는 신뢰도가 떨어지는 설문 10부를 제외한 20부(CR = 0.024, CR값 < 0.1이하)를 대상으로 하였다.

2.3.2.1 대항목 지표간 상대적 가중치

조종사 피로영향요인의 대항목은 근무, 운항상황, 승무원, 역할, 시간, 휴식, 생리, 심리, 시설의 총 9개 항목으로 구성되어 있다. 이들 대항목지표간 상대적 가중치 결과값은 다음 표와 같다.

Table 5. 대항목지표간 가중치분석결과

대항목	가중치	백분위
운항상황 (2)	0.207	100%
휴식 (2)	0.151	73%
시간 (4)	0.134	65%
심리 (2)	0.111	53%
생리 (2)	0.100	48%
역할 (2)	0.089	42%
시설 (4)	0.081	39%
승무원 (2)	0.074	36%
근무 (4)	0.053	26%

조종사 피로영향요인의 대항목 간 가중치 분석 결과 운항상황(0.207)이 가장 높은 가중치를 얻었고, 휴식(0.151), 시간(0.134), 심리(0.111) 순으로 나타났다. 반면 근무가 0.053으로 가장 낮은 결과값을 얻었다.

2.3.2.2 소항목 지표간 상대적 가중치

조종사 피로요인의 각 대항목별 소항목은 비행근무, 행정업무, 훈련, 비임무이동, 예측불가운항상황, 초장거리운항, 승무원편성, 추가 운항승무원, PF역할, PM역할, 승무시간, 비행근무시간, 누적근무시간, 신체리듬저하시간대, 휴식시간, 휴게시간, 수면장애, 생체리듬, 업무부하, 스트레스 항목 종류, 공항시설, 숙박시설, 기내휴식시설 총 24개 항목으로 구성되어 있다.

이들 각 대항목의 소항목 지표간 상대적 가중치 결과값은 다음 표와 같다.

Table 6. 소항목지표간 가중치분석결과

대항목	소항목	가중치	순위
근무 (4)	비행근무	0.464	1
	행정업무	0.107	3
	훈련	0.346	2
	비임무 이동	0.083	4
운항상황 (2)	예측불가 운항상황	0.759	1
	초장거리 운항	0.241	2
승무원 (2)	승무원 편성	0.695	1
	추가 운항승무원	0.305	2
역할 (2)	PF(Pilot Flying) 역할	0.778	1
	PM(Pilot Monitoring) 역할	0.222	2
시간 (4)	승무시간	0.141	4
	비행근무 시간	0.187	3
	누적근무 시간	0.237	2
	신체리듬 저하 시간대	0.435	1
휴식 (2)	휴식시간	0.575	1
	휴게시간	0.425	2
생리 (2)	수면장애	0.791	1
	생체리듬	0.209	2

심리 (2)	업무부하	0.407	2
	스트레스	0.593	1
시설 (4)	항공기 종류	0.161	4
	공항시설	0.304	2
	숙박시설	0.224	3
	기내휴식 시설	0.311	1

2.3.2.3 피로영향요인별 최종 가중치

위의 항목별 상대적가중치 부여결과를 종합해서 최종가중치를 산출하였고 그 결과는 다음 표와 같다.

Table 7. 최종 가중치분석결과

대항목	소항목	가중치	백분위	순위
근무 (4)	비행근무	0.025	16%	12
	행정업무	0.006	4%	23
	훈련	0.018	12%	20
	비임무 이동	0.004	3%	24
운항 상황 (2)	예측불가 운항상황	0.157	100%	1
	초장거리 운항	0.050	32%	9
	승무원 편성	0.051	33%	8
승무원 (2)	추가 운항승무원	0.023	14%	16
	PF(Pilot Flying) 역할	0.069	44%	4
역할 (2)	PM(Pilot Monitoring) 역할	0.020	13%	18
	승무시간	0.019	12%	19
시간 (4)	비행근무 시간	0.025	16%	13
	누적근무 시간	0.032	20%	11
	신체리듬 저하 시간대	0.058	37%	7
	휴식시간	0.087	55%	2
휴식 (2)	휴게시간	0.064	41%	6
	수면장애	0.079	50%	3
생리 (2)	생체리듬	0.021	13%	17
	업무부하	0.045	29%	10
심리 (2)	스트레스	0.066	42%	5
	항공기 종류	0.013	8%	22
시설 (4)	공항시설	0.025	16%	14
	숙박시설	0.018	12%	21
	기내휴식 시설	0.025	16%	15

조종사 피로영향요인간 가중치 분석결과 예측불가 운항상황(0.157)이 가장 높은 가중치를 얻었고, 휴식시간(0.087), 수면장애(0.079), PF역할(0.069) 등의 순으로 나타났다. 반면, 비임무이동(0.004)이 가장 낮은 결과 값을 얻었다.

3. 결 론

본 연구에서는 조종사 피로영향요인에 관한 상대적 중요도 분석을 통해 어떠한 요인이 피로에 큰 영향을 주는가를 추정하였다.

조종사 대상으로 조종사 피로영향요인의 대항목과 소항목에 대한 상대적 중요도를 분석한 결과 대항목에서는 운항상황, 휴식, 시간 요인이 상

대적으로 중요한 것으로 파악되었고 이를 바탕으로 최종 가중치를 적용한 결과, 소항목에서는 예측불가 운항상황, 휴식시간, 수면장애 항목의 가중치가 높은 것으로 파악되었다.

이는 조종사가 일반적인 상황 하에서 근무하는 경우와 그렇지 않은 상황 하에서 근무하는 경우(예측불가 운항상황, 수면장애)에 느끼는 피로감이 차이가 난다는 것으로 판단되어 진다. 또한, 본 연구를 통해 PF역할, 스트레스, 신체리듬 저하 시간대 등 현행 피로관리제도에 포함되지 않은 요인의 중요도가 높게 나왔다는 점인데 이러한 결과를 통해 조종사의 피로관리를 위해 일률적으로 적용되고 있는 현행 비행근무시간 및 휴식시간 제한규정이 조종사의 피로상태에 맞게 맞춤형 피로관리가 되도록 현행 규정이 개선되어야 하고 본 연구에서는 다루어지지 않았지만 조종사의 피로영향요인은 항공사 규모와 문화에 따라 차이가 있을 것으로 예측됨으로 항공사별로 적합한 피로관리 체계가 마련되어야 할 것으로 판단되어 진다.

앞에서도 언급한 바와 같이 조종사의 피로는 항공기 사고와 매우 밀접한 관계를 가지고 있다. 항공교통 수요가 날로 늘어남에 따라 운항횟수 증가, 장거리 비행, 공역의 혼잡 등 조종사의 피로감은 가중되는 상황에서 국제기구가 조종사 피로예방을 위한 피로위험관리시스템 도입을 위해 나서고 있는 것과 최근 우리나라 정부도 이를 위한 연구활동을 진행하는 것은 바람직한 흐름이라고 생각된다. 가급적 조속한 시일내에 이러한 제도가 시행되길 바란다.

이러한 예방활동과 함께 무엇보다 중요한 것은 조종사가 스스로 수면과 영양 섭취, 적절한 운동과 휴식에 의한 피로 해소, 수면제와 각성제의 사용금지, 비행환경의 부적절한 요인해소 등 피로 예방 또는 감소를 위한 노력이 필요로 하고, 비행을 보다 안전하게 수행할 수 있도록 정부, 항공사, 항공기 제작사 등에서 피로에 영향을 주는 근본적 요인을 해소하거나 감소시키려는 제도적, 시스템적인 장치와 이를 위한 노력이 끊임없이 이루어져야 할 것이다.

끝으로, 이러한 피로예방 활동은 조종사뿐만 아니라 객실승무원도 마찬가지로 필요로 하고 더 나아가 관련 종사자도 필요하다고 보는데, 그 이유는 미국에서 피로로 인한 관계사의 줄음으로 항공기가 관계사 유도없이 착륙하는 사고가 2011년 들어서 6번이나 발생하였다. 이러한 측면에서 피로위험관리시스템은 사업용 조종사, 관제사 및 정비사 등에게도 적용되는 것이 필요할 것으로

예상되어 진다. 따라서, 본 연구에서 다루어진 운송사업용 조종사 이외에 객실승무원, 사업용 조종사, 관제사, 정비사 등 관련 종사자의 피로영향에 관한 다양한 연구가 필요하다고 본다.

후 기

“이 논문은 2012년도 한국교통대학교 교내학술연구비의 지원을 받아 수행한 연구임”

참고 문헌

- [1] 최의순, 송민선, “피로의 개념분석”, 2003.
- [2] 김철영, 최연철, 강현도, 문봉섭, “항공안전관리론, 2005.
- [3] 이구희, “승무원 피로관리 개선방안에 대한 연구”, 2011.
- [4] 이구희, 황호원, “항공법규에서의 승무원 피로관리기준 도입방안에 관한 연구”, 2012.
- [5] 대한민국, 항공법, 항공법 시행령, 항공법 시행규칙, 2012.
- [6] 국토해양부, 운항기술기준, 2012.
- [7] ICAO, Annex 6 Operation of Aircraft Part I (9th edition), 2010.
- [8] ICAO, Fatigue Risk Management Manual _Draft, 2010.
- [9] USA FAA, Fatigue Risk Management Systems, US/Europe International Aviation Safety Conference, 2010.
- [10] USA FAA AC 120-100, Basics of Aviation Fatigue, 2010.
- [11] USA FAA AC 120-103, FRMS for Aviation Safety, 2010
- [12] EASA, FRMS: The European approach, US/Europe International Aviation Safety Conference, 2010
- [13] EUROCONTROL, "Some Perspectives on Fatigue Risk Management Systems, 2012
- [14] Expressjet, 2010, US/Europe International Aviation Safety Conference