

Article

비정밀접근절차 체크리스트 개발연구

길호성*, 전제형*, 김현수**, 송병흠***

Development of Non-precision Approach Procedures Checklist

Ho-Seong Gil*, Je-Hyung Jeon*, Hyun-Soo Kim** and Byung-Heum Song***

ABSTRACT

After a thorough investigation of aviation accidents involving Korean national carriers both inside and outside of Korea and also after reviewing catastrophic events involving foreign carriers in Korea, we found numerous accidents that caused fatalities and serious personal injuries. Although the aircrafts involved were found to have no specific defects, many of the accidents were caused by the pilot's misjudgement according to previous studies. Our research is to find a new procedure to help the prevention of similar accidents by focusing particularly on CFIT accidents during the procedural operations of Non Precision Approach, Circling Approach and Visual Approach. Therefore, we emphasize the significance of this research on the development of the new checklist that will help achieve a safe and effective procedural operation for non precision approaches.

Key Words : Non Precision Approach(비정밀접근), Circling Approach(선회접근), Visual Approach(시계접근), Controlled Flight Into Terrain(조종 상태 중 지상충돌)

I. 서 론

항공사고의 경우 특정한 위험요소의 독자적 원인 보다는 다양한 위험요소의 복합적 결합으로 발생하고 있으며 사고발생 시 인적, 물적 피해는 물론 막대한 사회적비용을 부담하여야한다.

이러한 항공사고를 예방하기위해 국내는 물론 국제민간항공기구(International Civil Aviation Organization; ICAO) 및 국제사회의 다각적인 활동이 진행되고 있지만 해마다 일정한 사고율은 계속해서 유지되고 있다[1].

2015년 국제민간항공기구 안전 보고서에 따르면 전년도 대비 7%의 사고 횟수가 증가하였고 2013년 백만 운항 당 사고율은 2.8건, 2014년엔 백만 운항 당 사고율은 3건으로 근본적으로 사고비율이 크게 바뀌지는 않았다[2].

이는 기존의 항공안전 예방활동만으로는 항공기의 안전을 보장하기에 한계가 있으며 이를 보완하기 위해서는 각 상황에 따른 사고 데이터를 활용하여 항공기사고 발생 요인을 최소화 하는 방안을 강구해야 할 것이다.

따라서 본 연구에서는 CFIT(Controlled Flight Into Terrain) 즉, 정상적인 운항 상태에서 지표면, 지상장애물 또는 수면에 추락한 사고 원인 중 하나인 비정밀접근절차 수행 중 발생한 사고와 관련하여 원인 및 유형을 분석하였고 이를 바

Received : 12. April. 2016. Revised : 11. Sep. 2016.
Accepted : 28. Sep. 2016

* 한국항공대학교 대학원 항공운항관리학과 박사과정

** 초당대학교 항공운항학과 교수

*** 한국항공대학교 대학원 항공운항관리학과 교수

연락처, E-mail : hypersonic81@naver.com

경기도 고양시 덕양구 화전동 200-1

탕으로 인적, 환경, 기술, 절차등과 관련된 문제 점을 파악하여 안전성 향상을 위한 Check List를 도출하고자 한다.

II. 본 론

2 이론적 고찰

2.1 접근절차 개요

운항중인 항공기는 통상 항로상(En-route)에서 목적지 공항의 기상 상태를 다시 한 번 파악한 후에 활주로별로 설정되어 있는 표준계기 접근절차(STAR) 또는 그에 준하는 접근계획에 대한 브리핑을 실시한 후에 강하를 시작한다. 표준계기접근절차 방식이나 레이더 관제를 통하여 항공기는 최초접근구간(Intial Approach Fix; IF), 중간접근구간(Inter Mediate Fix; IMF) 또는 최종접근구간(Final Approach Fix; FAF)을 경유 지정된 활주로를 유도 된다. 이후 착륙을 위한 접근절차를 수행하며 접근하는 방법에 따라 정밀접근절차(Precision Approach)와 비정밀접근절차(Non-Precision Approach)로 분류된다[3].

2.1.1 정밀접근

(Precision Approach)

정밀접근절차는 항행안전시설로부터 항공기 착륙을 위한 방위, 거리 및 강하각 정보를 제공받아 접근하는 절차로 ICAO에서는 정밀기준에 부합하는 진로와 항공로 이탈정보를 제공하는 항행안전시설을 이용하는 계기접근절차로 규정하고 있으며 국내 항공법의 경우 계기착륙 시설 및 위성항법시스템을 기반으로 하여 방위각, 활공각 정보를 이용하는 계기접근절차로 규정하고 있다. [4],[5].

정밀접근절차의 경우 ILS(Instrument Landing System), MLS(Microwave Landing System), PAR(Precision Approach Radar), LPV(Localizer Performance with Vertical Guidance approaches)등의 접근방법으로 분류되며 통상적으로 ILS절차를 주로 사용한다[3],[6].

2.1.2 비정밀접근

(Non Precision Approach)

비정밀접근절차는 전자적인 활공각 정보를 이용하지 아니하고 활주로방위각 정보를 이용하는 계기접근절차로서 제한적인 수직정보 및 방위, 거리정보만을 제공받아 접근하는 절차로 통상 비정밀접근절차의 MDA(Minimum Descent Altitude)는 정밀접근절차의 DA/DH(Decision Altitude/Decision Height)보다 높다[7].

ICAO에서는 비정밀접근절차를 정밀접근이외의 계기접근 절차로서 항공기가 항행안전시설로부터 제한적인 수직정보 MDA, MAP(Missed Approach Point) 및 방위, 거리정보만을 제공받아 접근하는 절차라고 정의하고 있으며 FAA(Federal Aviation Administration)에서는 전자 활공각 정보를 제공하지 않는 표준계기절차라고 정의하고 있다[8],[9].

Table 2.1 Comparison Approach

접근	정보제공	비교
정밀 접근	활주로 방위정보 거리정보 활공각정보	
비정밀 접근	활주로 방위정보 거리정보	활공각 (G/P)정보 비제공

통상적으로 VOR(VHF-Omnidirectional Range)접근 방식을 주로 사용하며 정보를 제공받는 항행안전시설에 따라 NDB(Non-Directional Beacon), LOC(Localizer), LDA(Localizer-type Directional Aid), LNAV(Lateral Navigation), SDF(Simplified Directional Facility), LNAV/VNAV(Lateral Navigation/Vertical Navigation) 등의 접근방법으로 분류할 수 있으며 상황과 필요 따라 선회접근절차(Circling approach)

및 시계접근절차(Visual Approach)를 수행할 수도 있다.

선회접근절차는 계기비행 기상상태에서 운용되는 시계비행절차의 형태로서 계기접근을 수행중인 항공기가 직진입 착륙단계에서 운항환경 및 기상조건으로 착륙이 불가능할 경우 시계비행으로 전환하여 공항지역을 선회한 후 진입활주로로 반대방향으로 착륙하는 절차이다[6], [10].

ICAO PANS-OPS, Doc8168-OPS, Volume 1에서는 선회접근을 시계비행으로 간주하고 있으며, 선회접근절차를 수행하기 위해 최저강하고도 내에서 활주로의 외부참조물 및 주변상황의 지속적으로 육안 확인이 가능해야 한다고 규정하고 있다. 또한 만약 착륙을 위해 선회접근을 수행하는 동안 시각 참조를 상실한 경우 해당 공항에 설정된 계기접근절차에 따라 실패접근절차를 수행할 것을 규정하고 있다[10].

실패접근절차 수행 시 접근로 선상에서는 장애물로부터 안전하지만 이외에 지역에서는 안전을 보장받을 수 없으며 실패접근을 이행하지 않을 경우 주변 장애물로의 충돌의 위험이 존재하게 된다[11].

선회접근절차의 경우 특정한 운용환경(기상조건, 공항운영환경)에 따라 정밀접근수행중인 항공기가 마지막단계에서 비정밀접근으로 전환하는 혼합적인방식으로서 기상조건의 영향이 의사결정과 비행안전에 혼란을 야기할 수도 있다[12].

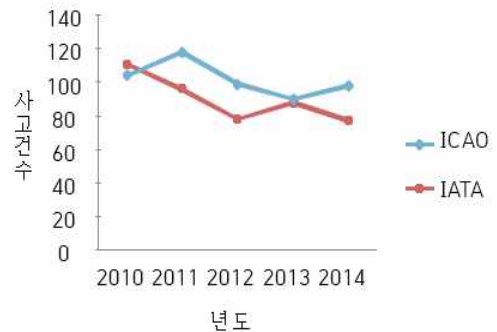
이와 같이 선회접근은 일반적인 정밀접근절차에 비하여 추가적인 절차의 수행, 기상조건, 공항의 형태, 항공기위치, 외부참조물의 육안식별, 고도 및 속도 등을 모두 고려하여야 함으로 조종사의 Load가 증가하며 순간적인 판단의 실수를 행하게 되면 안전운항에 심각한 문제를 초래할 수 있다.

또한 비정밀접근절차에서 최종접근단계에서 MDA까지는 절차상 안전한 강하가 가능하지만 MDA를 초과하여 강하할 경우 조종사가 육안으로 시각참조물을 확인하고 강하해야 한다[6],[10].

2.2 접근절차에 따른 사고의 원인

수직정보가 제공되지 않는 비정밀접근절차의 경우 정밀접근절차보다 CFIT등 사고가능성이 높으며 정밀접근절차에 비하여 안전운항을 위한 조종사의 주의가 더 많이 필요하다고 할 수 있다. 특히 기상조건이 좋지 않은 경우 정밀접근절차의 DA보다 높은 비정밀접근절차의 MDA로 인하여 착륙을 위한 정확한 판단을 위한 결정 가능시간이 부족할 수 있으며 복합적인 상황에서의 부족한 결정가능 시간에 따른 잘못된 판단은 치명적인사고로 이어질 수 있다.

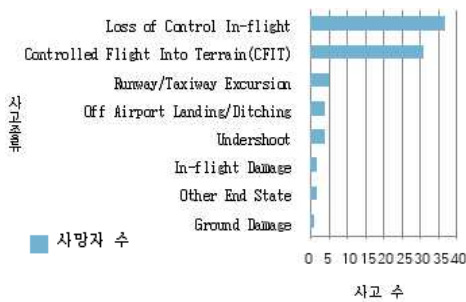
ICAO, 국제항공운송협회(International Air Transport Association; IATA)의 보고서에 따르면 항공기사고는 매년 일정수준을 유지하고 있으며 IATA의 2015년 발표한 항공기사고의 원인별 통계자료에 의하면 Loss of Control In-flight 총 37건 CFIT 총 31건으로 항공기사고의 각 43%, 36%를 차지하고 있다[2],[13].



Source: ICAO Annual Safety Report 2015 Edition, IATA Safety Fact Sheet-Result as of 31 December 2015.

Fig 2.1 Accident Trends

항공기사고의 높은 비율을 차지하고 있는 CFIT사고의 원인으로 2015년 Safety Report에서는 2010년부터 2014년까지의 CFIT사고의 약 42%, 2014년 Annual Report의 경우 2009년부터 2013년까지의 CFIT사고의 52%가 비정밀접근절차 수행중 발생된 것으로 분석하였다[13],[14].



Source: 2010-2014 Controlled Flight Into Terrain Accident Analysis Report

Fig 2.2 Accident by Category

관련한 국내연구는 변순철(2008) “Controlled-F light-Into-Terrain 항공사고예방에 관한 연구”에서는 CFIT사고의 60%가 비정밀접근절차 수행 중 발생되었다고 분석하였다[15].

이와 같이 비정밀접근절차의 경우 정밀접근절차에 비하여 안전성이 낮은 편이며 절차 수행 시 조종사의 경험에 의존하여 판단한 속도 및 강하율로 접근하는 등 비표준화 절차 사용 시 안전운항에 영향을 줄 수 있다.

따라서 항공기의 안전을 고려한 비정밀접근절차의 표준화가 필요하며 이를 위해서는 비정밀접근절차 수행 중 발생한 안전 위해요소, 사고사례 등을 바탕으로 안전운항에 영향을 주는 기여요인들의 연구가 선행되어야 할 것이다.

3. 연구의 방법

본 연구를 진행하기 위해 먼저 국내외에서 발생한 주요 국적기 비정밀접근 사고사례를 분석하여 비정밀접근절차 수행 시 문제점 및 고려사항을 ICAO의 사고예방교범(Accident Prevention Manual; APM) 및 안전관리교범(Safety Management Manual; SMM)에 준하여 인적요인(Human), 기술·절차적요인(Technical), 환경적요인(Environment)으로 분류하였고 사고의 기여요인(Probable Cause)을 분석하여 세부요인들을 도출하였다[16],[17].

이를 바탕으로 1차 설문을 실시하였고 사용된 기법은 통계빈도분석(Statistical Package for the

Social Sciences; SPSS)이다. 이후 분석된 설문을 바탕으로 각 요인에 따라 세분하여 계층화 의사결정(Analytic Hierarchy Process; AHP)기법을 통한 2차 설문을 실시하였다. 최종적으로 분석된 결과를 바탕으로 비정밀접근절차 Check List를 도출하였다.

3.1 비정밀접근절차 사고사례분석

1989년 7월 리비아 트리폴리공항 인근에서 대한항공 DC-10 항공기가 NDB비정밀접근절차 수행 중 발생하였으며 인적피해 75명 사망, 139명 중경상, 물적피해 항공기 전손사고로 짙은 안개로 인해 시계불량상태에서 무리하게 강하 시도 중 활주로말단 약 1.6km 부근 지상장애물에 충돌하였다[18].

사고조사보고서에 따르면 사고의 원인은 안개에 의한 저시정, 급강하(약 2000fpm), 부기장의 복행권고의 무시가 가장 큰 기여요인으로 분석되었으며 앞서 기술된 세 가지 요인 중 인적요인과 환경적요인이 결합한 사고로 분류할 수 있다.

두 번째 사고는 1993년 7월 목포공항 인근에서 아시아나 B737-400 항공기가 VOR 비정밀접근절차 수행 중 발생하였으며 탑승자 116명 중 조종사 2명을 포함한 68명 사망한 사고로 사고기는 기상악화로 인해 3회에 걸쳐 정상적으로 복행을 수행하였고 네 번째 공항 접근 중 낮은 고도로 인하여 조종사는 급상승을 시도하였지만 실속(Stall)하여 공항 동쪽 약 10km부근 야산에 충돌하였다 [19].

사고조사보고서에 따르면 사고의 원인은 악천후(비, 안개등), 수차례에 걸친 무리한 착륙강행이 기여요인으로 분석되었고 이는 인적요인과 환경적요인이 결합된 사고로 분류할 수 있다.

세 번째 사고사례로 1997년 8월 괌 아가냐공항 인근에서 대한항공 B747-300 항공기가 LLZ(Localizer) 비정밀접근절차 수행 중 발생하였으며 탑승자 254명중 운항승무원 3명을 포함한 총 228명이 사망한 사고로 야간 국지성호우를 동반한 상황에서 LLZ 비정밀접근절차 수행 중에 공항인근 야산에 충돌하였다. NTSB(National Transportation Safety Board)에서 발표한 사고원인은 국지성집중호우로 인한 시계불량, 비정밀접근 절차에

대한 적절한 브리핑과 절차를 준수하지 못한 조종사들의 과실, 복행권고 무시, 피로에 의한 집중력저하 및 공항에 설치된 최저안전고도 경보 장치의(Minimum Safe Altitude Warning System; MSAW) 고장이 기여요인으로 분석되었다[20].

이는 인적요인, 환경적요인, 기술·절차적요인이 모두 결합되어 발생한 사고로 분류할 수 있다.

네 번째 사고는 1999년 3월 포항공항에서 대한항공 MD-83 항공기가 LLZ비정밀접근절차 수행 중에 발생하였으며 총 156명 중 34명이 중경상사고로 첫 번째 착륙 실패 후에 두 번째 착륙 과정에서 항공기가 활주로말단을 약 100여 미터 지나쳐 이탈하였다[21].

사고조사보고서에 따르면 착륙 후 항공기를 감속시키지 못한 조종사 과실, 짧은 가용 활주로 길이, 악천후(강풍을 동반한 비), 인덕산의 영향으로 인한 강하각을 사고 기여요인으로 분석되었고 인적요인과 기술·절차적요인이 결합되어 발생한 사고로 분류할 수 있다.

다음 사고 사례는 2002년 4월 김해공항에서 Air China B767항공기가 선회접근절차 수행 중 발생하였으며 인적피해 129명사망, 38명부상, 물적피해 항공기 전손사고로 공항인근 북쪽 뚝다산에 충돌하였다. 사고조사보고서에 따르면 조종사들이 김해공항 선회접근 국지절차를 안정적으로 수행하지 못하였고 부조종사의 복행권고의 무시 등을 주요 사고원인으로 판명하였다. 또한 관제사가 최저안전고도 경보시스템의 작동을 확인하지 못한 사항에 대하여 사고조사결과 보고서 부록에 수록하였다[22].

이는 앞서 기술된 세 가지 요인 중 인적요인과 환경적요인(운고, 비)이 결합한 사고로 분류할 수 있다.

여섯 번째 사고는 2007년 1월 일본 아키타공항에서 대한항공 B737항공기가 VOR 비정밀접근절차 수행 중에 발생하였으며 부상자는 없었다. 기상상태는 비가 내리고 있었으며 시정은 10km 정도였고 사고의 원인으로 조종사의 착각으로 인하여 유도도에 착륙한 것으로 확인 되었다[23].

해당사고의 경우 조종사의 판단착오, 부기장의 적극적이지 못한 조언 등 인적요인으로 분류할 수 있다.

끝으로, 2013년 7월 샌프란시스코공항에서 아시아나 B777-200ER항공기가 시계접근절차 수행 중에 발생하였으며 승무원을 포함한 307명의 탑승자중 3명이 사망한 사고로 활주로말단에 Under Shoot하였다. 사고 당시 기상상태는 양호했으며 전환훈련중인 기장과 교관 그리고 한명의 부기장이 비행임무를 수행 중에 있었다. NTSB는 사고조사보고서를 통하여 비정밀접근절차 수행에 필요한 항공기 속도제어, 고도처리 미숙, 교육훈련 부족, 승무원간의 상호협력 부족, 교관의 부적절한 지휘감독 등이 사고의 주요원인이라고 발표했다. 이는 인적요인과 기술·절차적요인으로 분류할 수 있다[24].

Table 3.1 Accident Cause Analysis

사고사례	비정밀접근절차	원인분석
KE 1989년 트리폴리	NDB	인적, 환경 요인
OZ 1993년 목포	VOR	인적, 환경 요인
KE 1997년 괘	Localizer	인적,환경 기술·절차적 요인
KE 1999년 포항	Localizer	환경, 기술·절 차적 요인
중국민항 2002년 김해	Circling (선회접근)	인적, 환경 요인
KE 2007년 아키타	VOR	인적요인
OZ 2013년 샌프란시스코	Visual (시계접근)	인적, 기술·절차적 요인

각 요인의 분류는 사고사례의 원인을 바탕으로 앞서 언급한바와 같이 ICAO의 APM, SMM에 준하여 인적요인, 환경적 요인, 기술·절차적 요인으로 분류하였고 세부적인 기여요인은 Table 3.2와 같다.

Table 3.2 Details contributing factor

원인	세부기여요인
인적요인	CRM, PM의 조언, 복행인지, 신체적비정상상태, 피로, Event 기억, 개인적 심리상태, PM반응, PM의식, 이견
환경적 요인	기상상태, 야간비행, Curfew, 외부참조물, 가용환경, 활주로 길이, 연료잔량, 운항지연, 깊은 강하각, ATC, 회사의 이익
기술·절차적 요인	FOQA Event, 항공기 운영능력, 복행, 절차 및 규정, 통일되지 않은 절차, 교육훈련, PF 경험부족, 계기 Cross Check, 외부 Cross Check, Briefing 부족

분류된 요인의 세부적인 기여요소를 살펴보면 먼저 인적요인의 경우 CRM, 신체 및 정신적 비정상상태, 피로 등 인적오류를, 환경적인 요인의 경우 기상상태, 회사, 가용 활주로 등과 같이 내·외부 환경에서 오는 오류를 포함하였다.

또한 기술·절차적 요인의 경우 기계적인(Mechanical) 결함 이 아닌 절차, 교육, 규정 등과 같은 운영기술적인(Technical) 오류를 포함하고 있다.

3.2 빈도분석 및 기술통계 분석

비정밀접근절차 수행 시 발생한 사고사례를 바탕으로 분류된 요인들 중 직접적인 영향을 주는 요인들을 선별하기 위해 1차 설문을 진행하였다. 1차 설문을 위한 연구의 모형은 다음과 같다.

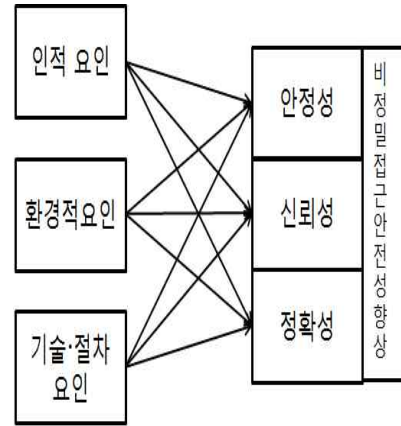


Fig. 3.1 Non-precision approach accident cause model

설문의대상은 비정밀접근절차 수행 횟수가 상대적으로 많으며 김해공항을 모기지로 두는 A항공사 운항승무원으로 한정하였다.

김해국제공항은 국토교통부에서 지정한 특수공항으로 설정되어 있으며 계절적 영향에 의해 RWY 18R선회접근절차를 자주 수행하고 평소에도 RWY 36L에 대한 VOR 비정밀접근절차를 수행한다.

1차 설문은 총 150부를 배포하여 124부를 회수하였고 그중 6부는 신뢰성 문제로 분석에서 제외하였고 118부만을 분석에 사용하였다.

응답자의 직급은 교관이상 12명, 기장 56명, 부기장 50명으로 비행시간은 Fig 3.2와 같다.

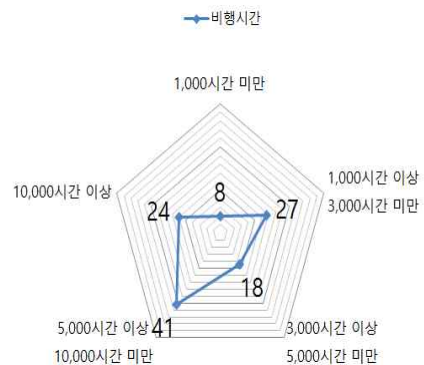


Fig 3.2 Respondents flight time

빈도 분석은 프로그램은 SPSS Ver.22을 사용하였고 분석 결과는 다음 Table 3.3과 같다. 여기서 평균은 발생빈도 및 비정밀접근절차 수행 시 영향력을 나타낸다.

Table 3.3 Non-Precision Approach Analysis

기여요인	평균	표준편차
기상상태	4.3051	.51488
CRM	4.2203	.81791
계기 Cross Check	4.1453	.63334
외부참조를 가용환경	4.1017	.83092
외부 Cross Check	4.0769	.57466
PM의 조언	4.0342	.84007
교육훈련	4.0339	.63961
절차 및 규정	3.9915	.74531
통일되지 않은 절차	3.8814	.80776
피로	3.8475	1.12946
PF 경험부족	3.8205	.74989
깊은 강하각	3.8034	.73390
Briefing 부족	3.7949	.70146
신체적 비정상상태	3.7458	1.03103
이건	3.7458	.90758
항공기 운영능력	3.6864	.75898
FOQA Event	3.6780	.80470
선행기 복행인지	3.5678	1.09762
회사의 이익	3.5470	1.17073
PM반응	3.5169	.98478
연료잔량	3.4068	1.24884
PM의식	3.3983	.92579
Event 기억	3.3220	1.08511
활주로 길이	3.3051	1.15846
개인적 심리상태	3.3051	1.06625
Curfew	3.2881	1.16283
복행의 부담	3.2797	.93265
야간비행	3.2712	1.02666
운항지연	3.1453	1.03611
ATC	3.0769	1.04348

설문의 정확성을 판단하기 위하여 베리맥스 회전(Varimax Rotation)을 실시하였다. 다섯 번의 반복계산 이하로 요인회전(Factor Analysis)이 수렴되었고 요인 간의 공통성이 존재함을 확인 하였다.

요인분석의 1단계는 상관행렬을 분해(factoring)하여 기초구조를 얻고, 2단계는 그 구조를 회전(rotation)하여 최종구조를 얻는 것으로 해당 고유치(eigen value)값은 각각 2.050, 2.013, 1.819로 나타났으며, 이들 요인의 기여도는 65.362로서, 약 65% 정도를 설명하고 있음을 알 수 있다.

공통성은 0.7을 상회하며, KMO=.738, Bartlett의 구형성 검정치가 333.540이고 유의확률은 0.000으로 나타나고 있어 요인분석의 사용이 적합하며, 각 요인 간에 공통요인이 존재하는 것으로 해석된다.

요인회전은 초기요인 적재 값의 경우 측정변수와 각 요인들의 관련성 분석이 어렵기에 이를 명확하게 구분하는 것이다.

또한 설문의 신뢰성측정을 위해 신뢰도 분석을 실시하였고 모든 요인들의 Cronbach's Alpha 값이 0.8이상으로 신뢰성이 확인되었다.

Table 3.4 Factor Analysis

항목	요인		
	1	2	3
CRM	.839	.009	.036
PM의 조언	.820	.375	.029
복행인지	.812	-.203	.002
신체적 비정상상태	.804	.032	.183
Event 기억	.798	-.096	.132
개인적 심리상태	.776	-.243	.009
PM반응	.750	.132	-.089
PM의식	.720	-.131	.190
이건	.718	-.142	.297
기상상태	.001	.901	.054
야간비행	.011	.886	.102
Curfew	-.121	.878	.402
외부참조물	.031	.870	-.089
가용환경	-.203	.833	-.106
운항지연	.005	.821	-.342
연료잔량	.342	.790	.344

ATC	-.236	.763	.007
회사의 이익	-.162	.698	.407
FOQA Event	.316	.028	.819
복행	.039	.003	.808
항공기 운영능력	.403	-.214	.782
절차 및 규정	.067	.087	.774
통일되지 않은 절차	.124	-.130	.769
교육훈련	.007	-.421	.732
PF 경험부족,	.232	.005	.702
Cross Check	.172	.338	.694
Briefing 부족	.391	-.147	.661
Eigen value	2.050	2.013	1.819
공통변량(%)	22.780	22.369	20.213
누적변량(%)	22.780	45.149	65.362
KMO=.738, Bartlett's $\chi^2=333.540$ ($p<.001$) 5반복계산에서 요인회전 수렴			

3.2 연구의 모형

1차 분석을 통해 도출된 결과들을 2차 분석에 사용하기 위해 3.5이상의 빈도를 갖는 요소들을 추출하였고 Table 3.5와 같다.

Table 3.5 Initial attributes

1차속성	2차속성
환경적 요인	기상상태, 외부참조물 가용 환경, 지형지물 영향의 깊은 강하각 회사이익을 고려한 운항
인적 요인	CRM, 이견, PM반응, PM의조언 심리적 비정상 상태, 피로, 선행기 복행인지
기술·절차적 요인	계기 Cross Check, 외부 Cross check, PF경험부족, 항공기운영능력 FOQA Event, 교육훈련, 절차 및 규정, 통일되지 않은 절차, Briefing 부족

이후 설문 집단의 인터뷰, 피드백, 실제운항환경 등을 고려하여 기존의 기술·절차적 요인을 기술적(Technical Skill) 및 절차적(procedures) 요인으로 세분하였고 최종적으로 Table 3.6과 같이 1차 속성 및 그 하위 속성으로 재분류 하였다.

Table 3.6 The Concept of Attribute

1차속성	2차속성
환경적 요인	기상상태
	외부참조물 가용 환경, 지형지물 영향의 깊은 강하각
	회사이익을 고려한 운항
인적 요인	CRM, 이견, PM반응, PM의조언
	심리적 비정상 상태, 피로
	선행기 복행인지
기술적 요인	계기 Cross Check, 외부 Cross check
	PF경험 부족, 항공기운영능력
절차적 요인	FOQA Event
	교육훈련
	절차 및 규정, 통일되지 않은 절차
	Briefing 부족

도출된 최종 구성요소를 기초로 Fig. 3.3과 같이 연구모형을 작성하였다.

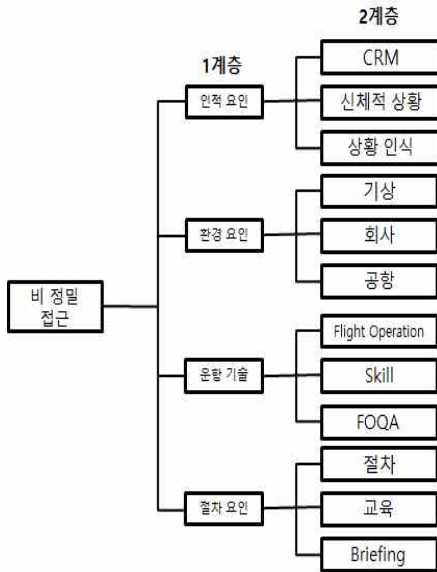


Fig. 3.3 Attributes of Non-Precision Approach

3.3 가중치 도출

도출된 연구모형을 바탕으로 계층화분석기법을 사용하여 2차 설문을 실시하였다. 설문 대상은 A항공사 운항승무원 및 항공관련 대학교수로 한정 하였으며 총 120부의 설문지를 배포하여 세 차례 피드백을 통한 설문을 진행하였다. 유효 표본의 경우 최종적으로 모든 항목의 CR값이 0.1이하인 응답지만을 선정하였다.

AHP분석의 경우 CR값이 0.1이하는 적절(Ap propriate) 0.2이하인 경우 허용(Tolerable)될 수 있는 수준이지만 행정학분야, 기타 특정한 절차 수립 및 정밀데이터를 요구하는 연구에서는 일반적으로 CR값이 0.1이내를 일관성 한계범위로 설정하고 있다. 또한 Saaty(1983)는 "Priority setting in complex problems"에서 0.1이하만 용인(Acceptable)이 가능하다고 기술하였다[25].

따라서 비정밀접근절차 개발연구의 질적 향상을 위해 불성실한 응답(누락, 중복 체크 등)과 CR값이 0.1을 초과하는 40부를 제외한 80부를 실제 분석에 사용하였고 도출된 가중치의 종합은 Table. 3.6과 같다.

Table 3.6 Weighted Value Calculation Results

	평가기준 (Level 1)	평가기준 (Level 2)	Level 3 가중치
비정밀 접근 안정성 향상	인적요인 0.376	CRM	0.200
		신체적 상황	0.098
		상황인식	0.076
	환경요인 0.272	기상	0.168
		회사	0.035
		공항	0.067
	운항기술 0.134	Flight Operation	0.064
		Skill	0.05
		FOQA	0.019
	절차적 요인 0.218	운항절차	0.090
		교육	0.074
		Briefing	0.053
Consistency Ratio			
GCI:0.02 CR:0.043			

3.4 분석결과

분석된 결과는 먼저 1차 속성의 상대적인 우선순위의 경우 인적요인(37.6%), 환경적요인(27.2%), 절차적요인(21.8%), 운항기술적요인(13.4%) 순으로 인적요인이 비정밀접근절차 수행 시 영향력이 가장 높은 것으로 분석되었다.

2차 평가 속성의 경우 먼저 인적요인의 하위 속성은 CRM(53.4%)으로 가장 높은 수치를 나타내었고 신체적 상황(26.3%), 상황인식(20.3%)은 비슷한 수치를 나타내었다.

다음으로 환경적요인은 기상(61.9%), 공항(24.9%), 회사(13.2%)순으로 기상환경이 절대적인 수치를 나타내었다.

운항기술적요인은 Flight Operation(48.3%), Skill

1(37.5%)로 영향력이 높은 수치인 반면 FOQA(14.2%)의 경우 상대적으로 낮은 수치로 분석 되었다. 마지막으로 절차적요인의 경우 운항절차(41.3%), 교육(34.0%), Briefing(24.7%) 순으로 분석되었다.

4. CHECK LIST의 도출

비정밀접근절차 수행 시 발생한 사고의 원인, 문제점 및 고려사항들의 분석결과를 바탕으로 Table. 4.1과 같이 비정밀접근절차 Check List를 도출하였다.

Table 4.1 Non-precision Approach Checklist

<u>Non-precision Approach Check List</u>	
1. HUMAN FACTOR ITEMS (인적요인)	
*CRM & Conditions	"Aware"
*Situation Awareness	"Consider"
2. ENVIRONMENTAL ITEMS (환경적요인)	
*Weather conditions	"Re Checked"
*Airport Environment	"Discussed"
3. PROCEDURE ITEMS (절차적요인)	
*Flight Procedures	"Double Checked"
*Briefings	"Confirm Again"
4. FLIGHT TECHNIQUE ITEMS (기술적요인)	
*Flight Operation	"Follow"
(High,Low,Left,Right,SPD,Pitch,Power)	
*Flight Technique	"Reminds"

도출된 가중치 값에 따라 인적요인, 환경요인, 절차적요인, 기술적요인의 순으로 수행 우선순위를 결정하였고 상대적으로 가중치가 낮은 FOQA, 회사의 요인은 Check List에서 배제하였다.

완성된 비정밀접근절차 Check List는 일반적인 조종실의 기술적 조작여부의 수행을 위함이 아닌 인적오류를 방지하는 목적으로 각 위해요소들의 중요성을 다시 한번 강조하는 내용들로 구성하였고 비정밀접근절차 수행 전에 실시함을 원칙으로 한다.

III. 결 론

항공운송의 수요는 매년 지속적으로 증가하고 있으며 항공 산업의 첨단화, 정밀화, 자동화되어 감에 따라 항공기의 자체의 결합에 의한 기술적 오류에 따른 사고빈도는 감소하는 반면 운항승무원 인적오류에 의한 사고발생 가능성은 줄어들지 않고 있다. 이러한 취지에서 운항승무원의 인적오류를 최소화하기 위한 사전적, 예측적측면의 관리를 통한 안전위해요소의 제거가 반드시 필요하 다.

대부분의 인적오류에 의한 사고는 본문의 분석 결과와 같이 크게 인적요인, 환경적요인, 운항기술적요인, 절차적요인의 복합적인 작용에 의해 발생되어진다.

따라서 비행 중에 효과적으로 사용가능한 Check List의 필요성이 부각되었고 이를 위해 본 연구에서는 비정밀접근(선화·시계접근 포함) 사고 사례 별 원인을 분석하여 사고의 유형과 기여요인을 도출하였다. 다음으로 설문지 및 SPSS분석, AHP분석을 실시하였고 최종적으로 도출된 결과에 따라 정밀접근절차 Check List를 완성하였다.

완성된 Check List는 복합적인 작용에서 오는 인적오류의 최소화를 목적으로 하며 내용은 다음과 같다.

인적요인의 경우 CRM과 관련하여 발생했던 문제점들에 대한 안전장치의 일환으로 승무원간 의사소통의 필요성을 다시 한 번 강조하였고 복합적인 상황의 오류의 방지를 위한 전체적인 상황인식의 중요성과 운항승무원의 신체적(physical) 상태의 공유 및 인지를 명시하였다.

환경적 요인에 해당하는 기상상태는 비정밀접근절차 수행에 매우 특별한 의미를 가지고 있다. 거의 대부분의 사고가 기상상황에 영향을 받았음에 주목하여 악기상하에서 절차수행 시 고려해야 할 사항들과 해당공항 환경에 효과적으로 대처하기 위한 승무원간의 합의를 명시했다.

절차적요인은 접근절차에 대한 제한사항, 기재취급시점을 시나리오 형식으로 Briefing하며 기타 필요한 세부사항들에 대하여 최종적으로 재확인하는 절차이다.

운항기술요인은 기본적으로 PF비행능력 향상 및 극대화에 초점을 맞추었으며, PM의 적극적인

조언의 중요성 강조를 통한 해당 공항 절차에 대한 운항경험 측면에서의 승무원간 협조에 대한 동의를 의미한다.

완성된 Check List는 비정밀접근절차 수행 시 인적오류에서 오는 복합적인 운항환경에 적절한 대처, 사고율 감소 및 안전운항을 위한 목적으로 개발하였고 운항 안정성 및 신뢰성 향상의 효과를 기대해 볼 수 있을 것이다. 또한 Check List의 개선해야 할 점 또는 발전시켜야 할 부분들에 대한 지속적인 연구가 필요 할 것이다.

Reference

1. Maeng-Sun Kim . (2005). A Study on the Systemic Improvement of Civil Aviation Safety. Journal of Aviation Development of Korea, (2), 75-103.
2. ICAO, (2015). Safety Report, Appendix 1, 2 1-24
3. Ho-Seong Gil, Je-Hyung Jeon, Byung-Heum Song.(2015). Non Precision Approach Procedures Accident Case Studies. Fall Conference of the Korean Society for Aviation and Aeronautics , 257-260.
4. ICAO, Annex (10). Standards and Recommended Practices (SARPS).
5. Ministry of Transportation, (2015). Flight procedures based on business, Chapter 1, Section 2.2
6. FAA, (2015). Instrument Procedures Handbook. 8083-16A. chapter 4, 57-75
7. Ministry of Transportation, (2015). Flight procedures based on business. 2, Section 5.1.
8. ICAO, Annex(6). International General Aviation
9. FAA(2016). FAR/AIM2016, p7
10. ICAO, (2006) Aircraft Operation, Doc 8168 ops/611 Volume1.
11. Ja-Young Kang, YM Kim. (2004). Application of GNSS Non-Precision and Precision Approaches to a Circle-to-Land Approach Airport. Journal of the Korean Society for Aviation and Aeronautics, 12(3), 83
12. Han-Mo Yang, Hyon-Sam Shin. (2006). An Empirical case Study on the Improvement of Surveillance Systems in performing Circling Approach at the airport. Journal of the Korean Society for Aviation and Aeronautics, 14(4), 111.
13. IATA, (2015). Safety Fact Sheet-Result as of 31 December, 1-9, 25-26.
14. IATA, (2014). Annual-Reviewr, 20.
15. Soon-Cheol Byeon, Byung-Heum Song, Se-Hoon Lim, (2008). A Study on Prevention as result of Controlled-Flight-Into-Terrain Accident - Focusing on Guam accident, Mokpo accident, Gimhae accident. Journal of the Korean Society for Aviation and Aeronautics, 16(1), 24
16. ICAO, (1984). 9422-AN/923. Accident Prevention Manual.
17. ICAO, (2012). Doc 9859 Safety Management Manual.
18. Mateou, C. A., & Michaelides-Mateou, S. (2012). Flying in the Face of Criminalization: The Safety Implications of Prosecuting Aviation Professionals for Accidents, Ashgate Publishing, Ltd..
19. Ministry of Transportation(1993). Report of Asiana Airlines B737 aircraft accident investigation
20. NTSB, (2000). Aircraft Accident Report, AA R-00/01 PB00-910401.
21. Seoul Administrative Court(2002). Guhab 530
22. Aviation Accident Investigation Board, (2005). Aircraft Accident Investigation Final Report, KAIB/AAR F0201
23. JTSA, (2008). Aircraft Serious Investigation Report: korea Air Lines Co. Ltd, Tokyo, Japan, AI2008-1.
24. NTSB, (2013). Aircraft Accident Report, AA R-14/01 PB2014-105984.
25. Saaty, L. (1983). Priority setting in complex problems. IEEE Transactions on Engineering Management, 30(3), 140-145.