

비행 데이터 분석 기반의 불안정 접근 경감방안

Unstable Approach Mitigation Based on Flight Data Analysis

김 현 덕*
한국항공대학교 항공운항학과

Kim Hyeon Deok*
Department of Aeronautical Science & Flight Operations, Korea Aerospace University, Gyeonggi-do 10540, Korea

[요 약]

IATA (International Air Transport Association)의 운송용 항공기 사고 집계에 의하면, 사고 건의 61%가 비행의 접근 및 착륙단계에서 발생 되었으며, 이중 항공기의 불안정한 접근으로 인한 사고가 16%인 것으로 파악되었다. 이는 조종사의 불안정한 접근 및 수정 조작 미흡에 따른 복행을 시행하지 않고, 무리하게 접근을 지속하여 사고로 이어진 것으로 식별되었다. 불안정 접근의 원인으로는 공항의 접근 절차, 조종사의 실수, 잘못된 계획, 업무 부하 (workload), ATC (Air Traffic Control) 혼잡 등 다양하게 있을 수 있다. 본 연구에서는 비행 데이터 분석 시스템을 활용하여, 불안정 접근 이벤트가 반복해서 발생하는 국내의 사례 공항과 기종을 선정하여, 주요 발생 이벤트, 공항 접근 절차, 조종사의 조작 뿐만 아니라 공항의 기상, 지리적 여건 등 다양한 환경적 요인을 포함한 비행 데이터 분석을 통해 불안정 접근 이벤트의 경향성과 발생 원인 및 위험 요소를 식별하고 제거하여 불안정 접근 이벤트의 경감조치 및 항행 안전 증진 방안 마련의 시사점을 도출하고자 한다.

[Abstract]

According to the International Air Transport Association (IATA), 61% of the accidents occurred during the approach and landing phase of the flight, with 16% of the accidents caused by unstable access of the commercial aircraft. It was identified that the pilot's unstable approach and poor manipulation of correction led to accidents by continuing the excessive approach without go-around maneuver. The causes of unstable access may vary, including airport approach procedures, pilot error, misplanning, workload, ATC (Air Traffic Control) congestion, etc. In this study, we use the flight data analysis system to select domestic case airports and aircraft type where unstable approach events occur repeatedly. Through flight data analysis, including main events, airport approach procedures, pilot operations, as well as various environmental factors such as weather and geographical conditions at the airport. It aims to identify and eliminate the tendency of unstable approach events and the causes and risks of them to derive implications for mitigating unstable approach events and for developing navigation safety measures.

Key word : Flight data analysis program, Unstable approach, Standard operation procedure (SOP), Corrective action, Go-around, De-identification & non-punishment.

<https://doi.org/10.12673/jant.2021.25.1.52>



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Received 31 January 2021; Revised 1 February 2021
Accepted (Publication) 24 February (28 February 2021)

*Corresponding Author; Hyeon Deok Kim

Tel: +82-2-300-0084

E-mail: hyeondkim@kau.ac.kr

I. 서론

전 세계 산업이 코로나-19로 인해 영향을 받는 가운데, 항공사는 새로운 전략으로 기존의 여객기 좌석을 제거하고, 객실 바닥에 화물을 탑재할 수 있도록 하는 여객기 개조 방안을 마련하여 국토교통부의 허가를 받아 운항하고 있다. 2022년까지 약 60억여 개의 코로나-19 백신이 항공 운송을 통해 전 세계로 수송될 것으로 예상하고, 업계에 따르면 단일 물품의 항공 운송으로는 사상 최대의 규모이며, 보잉 747 항공기 8,000대가 운항될 예정이라고 한다[1].

항공업계는 코로나-19로 인한 위기 상황을 극복하기 위한 여러 가지 대책을 모색하는 가운데, 2020년 국제민간항공기구 ICAO (International Civil Aviation Organization)의 안전 보고서에 의하면 2019년 상업용 항공기의 사고 발생 건수는 전년도 대비 16% 증가하였으며, 사고율은 12%나 증가하였다고 한다[2]. 기술 발전과 함께 항공기의 안전성도 여러 측면에서 개선되고 있음에도 불구하고, 항공기의 사고를 유발하는 위험 요소는 여전히 존재하고 있다. ICAO는 이러한 위험 요소를 사전에 식별하고 제거하려는 방안의 하나로 부속서(ANNEX) 6에 의하면, 최대 이륙 중량 2만 킬로그램을 초과하는 상업용 운송 비행기 운영자는 안전 관리 시스템 (SMS; safety management system)의 하나로 비행 데이터 분석 프로그램의 운영을 권고하고 있으며, 최대 이륙 중량 2만 7천 킬로그램을 초과하는 항공기는 비행 데이터 분석 프로그램을 반드시 수립하고 유지하여야 한다[3].

국내의 경우 K 항공사는 항공 업계의 법적 규정 준수와 함께 비행 안전을 저해하는 잠재적인 위험 요소를 제거하고, 안전 운항을 도모하기 위한 목적으로 1992년 9월부터 A300-600 항공기의 비행 데이터 분석 프로그램 운영을 시작하여, 1998년에는 B747-400, B777, A330 항공기의 비행 데이터 분석이 시작되었다. 2003년에는 조종사들이 비행 종료 후 본인이 비행한 편의 동영상 시청이 가능한 비행 데이터 애니메이션 시스템 (flight data animation system)을 운영하였으며, 2011년에는 비행 데이터 분석 프로그램의 업그레이드를 통해 A380 항공기 무선 통신

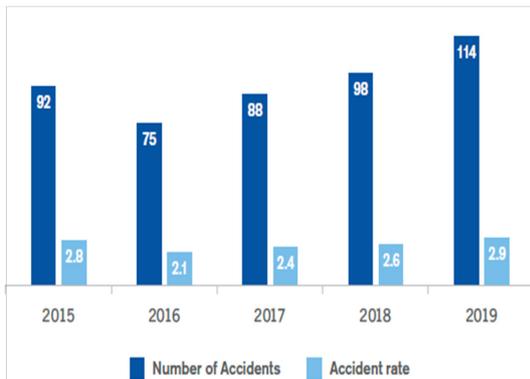


그림 1. 상업용 항공기 사고 발생 건수 및 사고율 (ICAO)
Fig. 1. Number of commercial aircraft accidents & rate (ICAO).

시스템의 비행 자료수집이 가능해졌고, 2017년에는 새로 도입한 B787 항공기의 비행 데이터 분석을 하게 되었다.

국내의 다른 A 항공사는 1995년부터 비행 데이터 분석이 시작되었으며, 2015년 8월 시스템 업그레이드로 기존의 기준치를 초과하는 비행 데이터만의 분석이 아니라, 모든 비행 데이터의 분석을 통해 항공사 전체의 비행 경향성을 분석하게 되었다[4].

본 연구는 비행 데이터 분석 시스템을 활용하여, 불안정 접근 이벤트가 반복적으로 발생하는 국내의 사례 공항과 기종을 대상으로 선정하여 주요 발생 이벤트, 공항 접근 절차, 조종사의 조작 뿐만 아니라 공항의 기상, 지리적 여건 등 다양한 환경적 요인 분석을 통해 불안정 접근 이벤트의 경향성과 발생 원인 및 위험 요소를 식별하고 제거하여 불안정 접근 이벤트의 경감조치 및 항행 안전 증진 방안 마련의 시사점을 도출하고자 한다.

II. 비행 데이터 분석 프로그램

2-1 운영 목적 및 배경

비행 데이터 분석 프로그램은 운항 품질보증 (FOQA; flight operational quality assurance) 또는 비행 데이터 모니터링 (FDM; flight data monitoring)으로 알려졌다. 비행 데이터 분석 프로그램은 항공기 운항 중에 발생하는 각종의 이벤트 관련하여 조종사의 조작과 공항의 접근 절차, 환경적인 요인, 항공기의 비행 성능 등의 데이터 분석 결과를 바탕으로 전체적인 안전 운항의 경향성을 모니터링하고, 표준 운항 절차(SOP; standard operating procedure)에서 벗어난 이벤트들의 발생 원인을 식별하여 재발 방지 방안 마련 및 표준화를 유도하며, 항공 교통 관제 (ATC; air traffic control) 시스템의 취약점, 항공기 성능의 이상 징후 등 불안정한 위험 요인들을 사전에 제거함으로써 항공기의 사고 예방과 안전 운항을 확보하는 것이 목적이다[5].

FAA(Federal Aviation Administration)는 항공기 운항에 잠재된 위험 요소를 식별하고, 사고율 감소와 안전 문제를 해결하기 위한 목적으로 여러 안전 관련 기관들의 연구 결과와 항공사의 경험을 바탕으로 비행 데이터 분석 프로그램 (FOQA)의 운영이 효과적이라고 결론을 내려, 자국 항공사들에게 비행 데이터 분석 프로그램의 자발적인 참여를 권유하고 있다[6].

국내의 경우는 항공 안전법 시행규칙 제130조의 2, 최대 이륙 중량 2만 킬로그램을 초과하는 비행기를 사용하는 항공 운송업자는 비행 데이터 분석 프로그램을 마련하여야 한다는 조항이 있으며, 항공 안전법 제58조 국가 항공 안전 프로그램 4항에 의하면 항공사는 항공 안전 관리 시스템을 구축할 때, 비행 데이터 분석 결과의 보호 및 활용에 관한 사항이 포함되어야 한다[7].

따라서 국내의 최대 이륙중량 2만 킬로그램을 초과하는 상업용 항공기를 운영하는 항공사는 국가 항공 안전 관리 시스템의 하나로 비행 데이터 분석 프로그램을 운영하여야 한다.

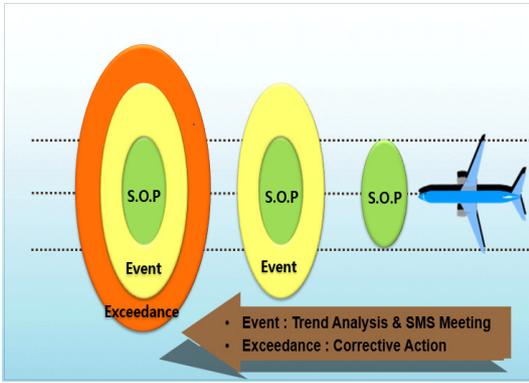


그림 2. 표준 운항 절차 및 이벤트, 초과 범주
 Fig. 2. Scope of Standard Operation Procedure & Event Exceedance.

2-2 비행 데이터 분석 프로그램 용어 정의

1) 이벤트 (Event)

비행 데이터 분석 내용이 표준 운항 절차(SOP; standard operating procedure)의 범위를 벗어났으나, 사전에 설정한 비행 안전을 보장하기 위한 이벤트 허용 기준치를 초과하지 않은 비행 자료로 전반적인 비행 안전의 경향성 분석과 SMS (safety management system) 의 통계 자료로 활용한다.

2) 초과 (Exceedance)

이벤트의 허용 기준치를 초과하는 데이터로 잠재적 위험 요인이 내포된 비행 자료를 뜻한다. 이러한 데이터는 위험 요인 제거와 재발 방지대책을 위한 비행 절차 개선과 운항승무원 교육 훈련 및 장비 개선 방안 마련 등의 자료로 사용된다.

3) 안정 접근 (Stable Approach)

모든 항공기는 계기비행기상조건 (IMC; instrument meteorological condition)의 경우는 접근하는 공항의 표고로부터 1,000피트 상공 또는 시계비행 기상 조건 (VMC ; visual meteorological condition)의 경우는 접근하는 공항의 표고로부터 500피트 상공까지는 아래의 상태를 유지하여야 한다.

- 항공기가 정확한 횡적 /종적 (lateral/ vertical) 비행경로 상에 위치
- 허용 범위 내의 목표 속도 (target speed)와 이를 유지하기 위한 항공기 파워 셋팅 (power setting)
- 착륙 브리핑, 착륙을 위한 항공기의 외장 (configuration)과 착륙 체크 리스트 (check list)가 완료된 안정된 접근 상태
- 1,000fpm을 초과하지 않는 강하율[8].

4) 불안정 접근 (Unstable Approach)

항공사의 표준 운영 절차에서 정의한 안정 접근 기준을 충족하지 못하는 상태의 접근을 의미하며, 불안정 접근 이벤트의

형태는 다양하게 나타날 수 있다. 만약 접근 단계에서 항공기의 강하율이 표준 운항 절차의 기준인 1,000 fpm을 초과하는 강하율로 불안정한 접근이 되어 착륙 단계로까지 이어진다면, 항공기는 정상적인 착륙을 위한 목표 속도(target speed) 보다 많은 속도로 착륙하게 된다. 이는 항공기의 하드 랜딩 (hard landing) 또는 바운스드 랜딩(bounced landing)으로 이어질 수 있으며, 잘못된 착륙 자세로 인해 항공기가 활주로 중심선 또는 제한된 접지 구역을 벗어난 접지가 되어, 항공기는 활주로를 이탈하는 사고로 이어질 수 있는 원인의 한 요인 (contributing factor)이 될 수 있다.

2-3 프로그램 운영도

항공기로부터 수집된 비행 데이터는 운항의 분석뿐만이 아니라, 정비, 운항 기술, 종합통계 부서에서도 유용하게 사용된다. 정비 부서에서는 비행 데이터를 이용하여 항공기의 기술적인 문제 해결 및 항공기 성능 감시에 사용한다. 이는 항공기의 비계획적인 정비 점검과 정비 비용을 감소시켜 줄 뿐만 아니라 항공기의 가용성을 증대시켜준다. 또한 최적의 항공기 연료 관리를 위한 연료 소비와 연료 탑재량을 개선하기 위한 비행 데이터로도 활용한다.

항공기 운항이 종료된 후의 비행 자료는 지상에서의 데이터 수집 과정을 거쳐, 전자 파일 형식으로 비행 데이터 모니터링 부서로 전송되게 된다. 전송된 비행 데이터는 분석 시스템을 통해 표준 운항 절차에서 벗어난 정도에 따라 FOQA 이벤트와 초과 (exceedance) 형식으로 분류되어, 비행 안전의 전체적인 경향성 분석에 이용된다. 비행 데이터 분석 결과가 이벤트 및 초과 (exceedance) 의 재발 방지를 위해서 교육 훈련과 절차 개선 등이 필요한 경우에는, 해당 부서와의 협의를 거쳐 적절한 재발 방지대책 수립과 피드백을 통해 항공기 운항의 불안정 위험 요인을 사전에 제거하여 안전 운항을 확보하는 일련의 예방 안전 활동 과정으로 이루어진다.

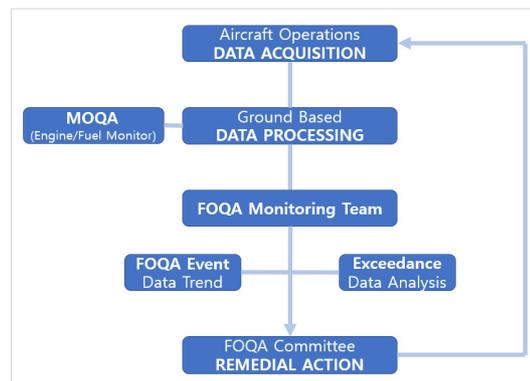


그림 3. FOQA 운영도
 Fig. 3. FOQA Process Chart.

2-4 조종사 개인 정보 보호 및 비처벌 (De-identification & Non punishment)

비행 데이터 분석 및 자료 활용에 있어 항공사 및 운항승무원과 관련된 개인 정보는 포함되지 않아야 한다. 하지만 안전을 저해하는 위험 요인의 제거를 위해, 해당 승무원의 수정 조치가 필요한 경우는 예외이다. 또한 운항승무원이 의도적으로 표준 운항 절차를 위반하거나 범죄적인 행위를 실行了 경우를 제외하고는 비행 데이터 분석 내용을 사용하여 항공사나 운항승무원에게 인사상의 불이익과 처벌을 할 수 없다[9].

III. 불안정 접근 이벤트 데이터 분석

IATA의 2012년부터 2016년까지의 운송용 항공기 사고 데이터 집계에 따르면, 항공기 사고 건의 61%가 비행의 접근 및 착륙단계에서 발생 되었다. 이중 항공기의 불안정한 접근으로 인한 사고가 16%인 것으로 파악되었으며, 조종사가 불안정한 접근 수정 조치 미흡에 따른 접근 및 착륙을 포기하고 안정된 재접근을 하기 위한 복행을¹⁾ 시행하지 않아 사고로 이어진 것으로 식별되었다. 불안정 접근의 원인으로는 기상, 배풍, 조종사 피로도, 업무 부하 (workload), 잘못된 계획, 조종사의 실수, ATC 교신 혼잡, 부적절한 공항의 접근 절차 등의 다양한 요인들이 있을 수 있다[8].

이러한 불안정 접근 데이터의 분석을 통해 위험 요인을 사전에 제거하고 안전 운항을 확보하는데 비행 데이터 분석 프로그램의 활용은 매우 효과적이라고 판단된다. 본 연구에서는 불안정 접근 이벤트가 반복적으로 발생하는 특정 기종과 사례 공항들을 선정하여 해당 이벤트의 경향성, 공항별 발생 현황, 접근 절차, 환경적인 요인 등 위험 요인의 분석 및 원인 파악을 통해 사전 예방 안전 활동 (proactive and precautionary measures)을 도출하고자 한다.

3-1 불안정 접근 이벤트 경향성 분석

일정 기간에 발생한 특정 이벤트 분석을 통해 발생 빈도가 증가하거나, 주기적으로 발생 되던 이벤트의 감소 추세 등을 항공기 기종 또는 공항 별로 파악하여 이벤트의 경향성을 판단할 수 있다. 그림4는 2015년 삼사분기부터 약 2년간의 국내 항공사 B-737 기종에서 발생한 접근 단계에서의 항공기 강하율이 1,000 fpm을 초과하여 발췌된 강하율 (sink rate high) 이벤트 분석 내용이다. 2016년 일사분기와 2017년 일사분기의 이벤트 발생 건수가 유사함을 알 수 있다. 이는 겨울철의 불안정한 대기 영향으로 인해, 항공기의 강하율이 일시적으로 1,000 fpm을 초과하는 이벤트로 계절적인(seasonal) 경향성으로 분석된다.

1) Go-around : 항공기가 여러 가지 이유로 안전한 착륙을 하지 못하고 다시 상승하는 비행 방식

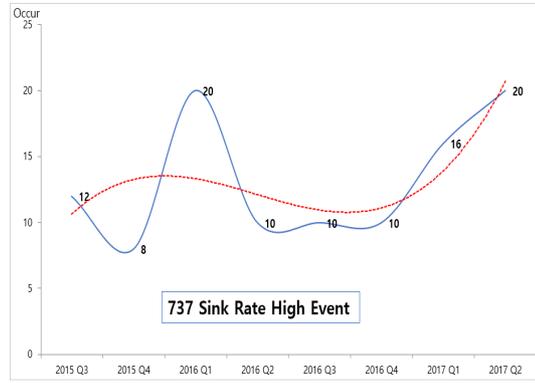


그림 4. B737 강하율 이벤트 경향성 분석
Fig. 4. B737 Sink Rate High event trend analysis.

이러한 경향성 분석 결과는 운항 부서에 전달되어 운항승무원들에게 공지됨으로써 겨울철 운항의 사전 위험 요인을 식별하는 데 도움이 된다. 아울러 2017년 일사분기의 경우는 전년도 일사분기와 비교했을 때 해당 이벤트가 증가하는 경향성을 보이며 2) 이벤트의 증가 원인을 파악하기 위해서는 보다 추가적인 데이터 분석이 필요하다.

3-2 PUS 공항 불안정 접근 이벤트 분석

1) 강하율 초과 이벤트 발생 현황

2016년 삼사분기부터 2017년 일사분기까지 1년간의 항공기 강하율 (sink rate high) 불안정 접근 이벤트의 경우는 부산, 인천, 광주, 제주 공항 순으로 이벤트가 빈번하게 발생 되었음을 알 수 있다. 기타 다른 공항들의 경우는 비행 편수 10,000편 당 해당 이벤트가 발생할 수 있는 비율로는 높아 보이나, 운항 편수가 적어 실제 이벤트의 발생 건수는 많지 않다.

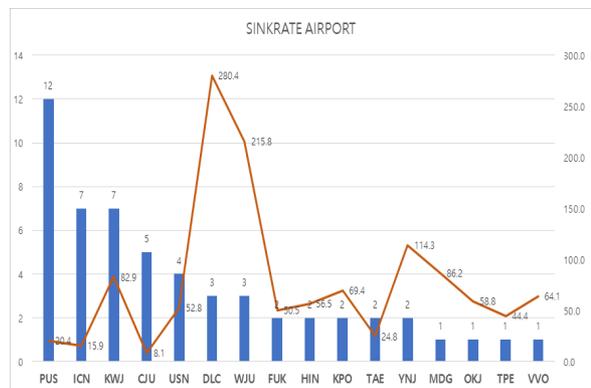


그림 5. 공항별 발생 현황
Fig. 5. Status of occurrence by airport.

2) “B737 FOQA Trend Analysis” 국내 항공사 SMS(Safety Management System)회의발표 자료. (2017)

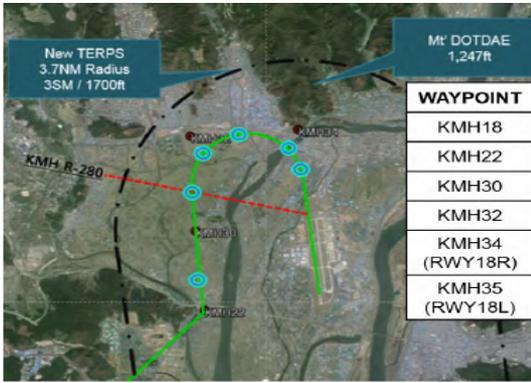


그림 6. PUS RWY 18 선회 접근 절차
Fig. 6. Circling approach procedure for RWY 18.

2) PUS RWY 18 접근 절차 및 강하율 이벤트 분석

이벤트가 주로 발생한 부산 공항의 경우는 국토교통부에서 지정한 특수 공항으로 활주로(runway) 18 접근 절차는 공항 북쪽에 위치한 1,247ft의 뚝대산의 산악 지형 장애물을 회피하기 위해 VOR DME-A 절차를 사용하여 항공기는 공항 남서쪽으로부터 접근하여 각각의 경유지점 (waypoint)을 통과하여 활주로 18쪽으로 선회 접근(circling Approach)하는 절차이다. 항공기는 선회 접근하는 동안 시각 기동 구역 내에 있어야 하며 조종사는 시각 참조물을 지속해서 보고 있어야 한다. 특히 항공기가 활주로 정대 시 뚝대산으로부터의 간격 분리 (clearance)를 유지하기 위한 타 공항에 비해 작은 선회 반경으로 선회가 이루어짐과 동시에 높은 고도를 처리하여야 하는 특성이 있다.

총 12건의 해당 이벤트 중 활주로 18 선회 접근 중에 9건이 집중적으로 발생하였다. 주로 활주로 18에 최종 위치 정대하는 과정에서 발생하였으며, 600ft ~ 115ft 저고도에서 항공기의 강하율이 최대 2200 fpm 까지 증가하는 이벤트가 발생하였다. 공항의 특성상 활주로 18의 선회 접근은 경험이 많은 기장이 대부분 조종(PF ; pilot flying)을 하였으며, 고도 300ft 부근에서는 측풍 성분이 20kts까지 증가하였다. 이벤트 중 5건이 복행 (go-around)을 실시하였으며, 나머지 4건의 경우는 복행 없이 착륙하였다.

Landing Runway	APP Mode	RALT	IVV	G/A	Landing VRTG	PF	Month of Flight	H. WIN	C. WIN
PUS-18L	VOR-A	115.	-1392	G/A	-	CPT	MAR	4.7	1.6
PUS-18L	VOR-A	414.	-1776	G/A	-	CPT	APR	10.9	3.7
PUS-18L	VOR-A	379.	-1688		1.39	CPT	APR	7.5	-0.4
PUS-18L	VOR-A	558.	-2224		1.36	F/O	JUN	11.9	1.5
PUS-18R	VOR-A	389.	-1752		1.42	CPT	APR	10.9	3.5
PUS-18R	VOR-A	291.	-1512		1.34	CPT	APR	7.9	5.2
PUS-18R	VOR-A	390.	-1696	G/A	-	CPT	AUG	10.5	19.9
PUS-18R	VOR-A	301.	-1536	G/A	-	CPT	AUG	11.	19.6
PUS-18R	VOR-A	213.	-1440	G/A	-	F/O	JUN	10.5	4.7
PUS-36R	ILS	51.	-1160		1.39	F/O	JAN	18.3	-2.4
PUS-36R	ILS	43.	-1128		1.30	F/O	MAR	3.6	-7.7
PUS-36R	ILS	51.	-1168		1.41	CPT	JUN	-15.6	10.

그림 7. 강하율 이벤트 분석
Fig. 7. Sink Rate High event analysis.

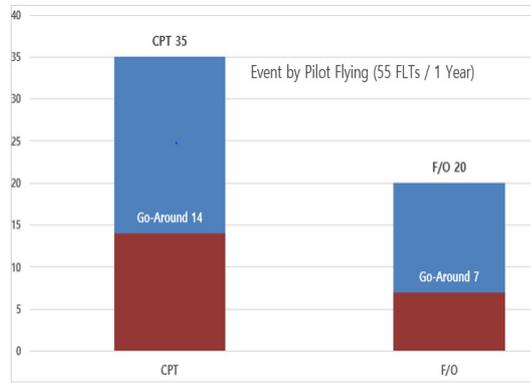


그림 8. 강하율 이벤트 항공기 조종 (기장 / 부기장)
Fig. 8. Sink Rate High event analysis by pilot flying.

B737 기종의 1년간 모든 공항에서 발생한 강하율 이벤트 총 55건을 대상으로 항공기 조종 (PF; pilot flying)을 분석한 결과, 기장이 35건, 부기장이 20건으로 파악되었다. 이 중 해당 이벤트 발생 시 항공기의 복행 비율은 기장이 40%, 부기장의 경우는 35%로 비슷한 비율을 보였다. 시계비행 상태로 접근 시 500ft 미만 고도에서 강하율의 순간적인 이탈 (deviation)로 인해 일시적인 강하율 (sink rate) 이 증가하였을 경우, 기장이 접근 및 착륙단계의 모든 비행 상태를 확인하고 안전하게 수정을 할 수 있다고 판단한다면 접근을 계속할 수도 있지만, 그렇지 않은 불안정 접근 상태라면 조종사는 반드시 복행하여야 한다. 복행 후 재접근하여 안전하게 착륙한 경우의 비행 데이터는 불안정 접근으로 분류되지 않는다.

3-3 CJU 공항 불안정 접근 이벤트 분석

1) CJU 이벤트 발생 현황

2017년 이사분기 전체 비행 편수 39,739편의 운항에서, 불안정 접근으로 인한 복행 절차를 수행한 경우를 제외하고, 이벤트가 발생한 건수는 총 421건으로 이중 제주 공항에서 발생한 이벤트는 63건으로 전체 이벤트의 17.6%로 타 공항에 비해 높은 이벤트 발생 건수를 기록하였다.

제주공항 비행 편수 4,335편 중에서 비행 단계별로는 접근과 착륙 구간에서 발생한 이벤트가 전체 공항 발생 건수 291건의 약 20%에 해당하는 58건이 발생하였다. 이륙 및 상승 구간에서는 11.3%에 해당하는 13건의 이벤트가 발생하였고, 이륙 및 상승 구간보다는 접근 및 착륙단계에서 더 많은 이벤트가 발생하고 있음을 확인할 수 있다.

그림 10의 제주공항 주요 발생 이벤트 분석에 의하면, 2016년 삼사분기부터 1년간의 발생 빈도가 높은 5가지 이벤트로는 윈드시어(windshear) 이벤트가 6건, 접근 속도 초과 24건, 플랩 (flap) 속도 초과 20건, 활공경사각 이탈 (glideslope deviation) 이벤트가 27건으로 가장 많이 발생하였으며, 이벤트들이 제주도의 환경적 요인인 강한 바람과 연관성이 있는 것으로 분석되었다.

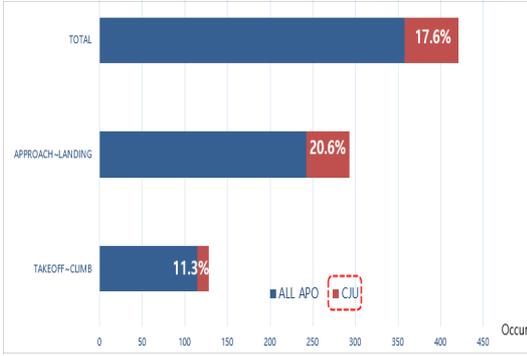


그림 9. CJU 이벤트 발생 현황
Fig. 9. CJU event occurrence status.

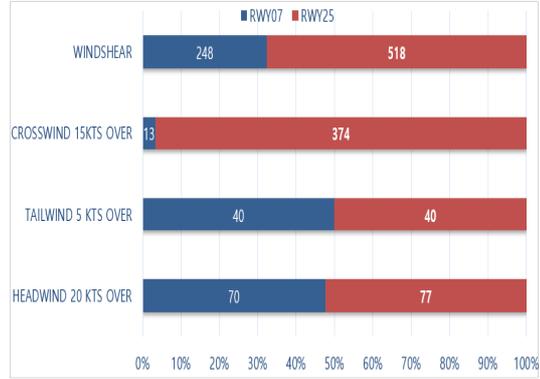


그림 12. CJU 환경적 요인 분석
Fig. 12. Event analysis by wind factor.

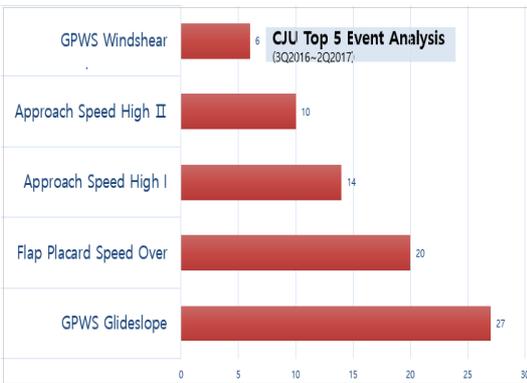


그림 10. CJU 주요 발생 이벤트
Fig. 10. CJU top 5 Occurrence event..

2) CJU 활주로 별 이벤트 발생 현황

이벤트들을 활주로 별로 분석해 보면, 활주로 07의 경우는 이륙과 상승 구간에서 17건의 이벤트가 발생하였으며, 접근 및 착륙단계에서는 63건이 발생하였다. 활주로 25의 경우는 이륙과 상승 구간에서 39건과 접근 및 착륙 구간에서 총 81건의 이벤트가 발생하여 활주로 07에 비해 상대적으로 높은 이벤트 발생 빈도를 보인다.

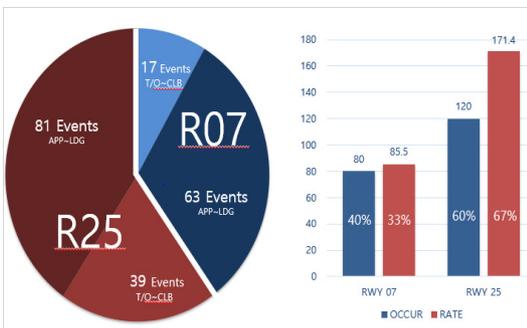


그림 11. 이벤트 발생 활주로 분석
Fig. 11. Event analysis by runway.

3) CJU 환경적 요인 분석

제주 공항에 착륙한 16,363편의 실제 착륙 시점의 기상 보고가 정풍 (headwind) 성분의 경우는 20kts 초과, 배풍 (tailwind) 성분 5kts, 측풍 (crosswind) 성분이 15kts를 초과한 기상 조건과 공항의 윈드시어(windshear) 경보가 발령된 경우를 활주로 별로 분석하였다.

활주로 25 접근 시의 윈드시어 경보는 518건으로 전체 발령 건수인 766건의 68%이며, 측풍 성분 15kts 초과도 374건으로 전체 건수의 97%를 차지하여 접근 및 착륙단계에서의 불안정 접근에 영향을 미치는 것으로 파악되었다. 배풍의 경우는 40건으로 양쪽 활주로에서 같게 발생 되었으며, 이 중에는 활주로의 양쪽으로 배풍이 함께 부는 예도 있었다. 정풍 성분이 20kts를 초과한 예도 77건으로 양쪽 활주로에서 유사하게 발생하였다.

4) CJU 활공경사각 이탈 (glideslope deviation) 이벤트 분석

활주로 25의 접근 단계에서 주로 발생하였던 활공경사각 이탈과 관련된 이벤트 31편을 대상으로 500ft 이하에서의 활공경사각 이탈 정도를 분석하였다. 대다수의 이벤트 발생 시점이 항공기가 바다에서 육지로 들어서는 해안선 (sea bank) 부근에서 집중되어 발생하는 경향성을 보였다.

그림 11은 항공기가 정상적인 3도 활공경사각을 유지 못하고 정상 강하 각보다 아래로 비행한 편들의 고도별 변화 추이 선을 나타내는 그래프이다. 각각의 표식은 활공경사각 이탈 이벤트가 발생한 개별 비행편을 의미하며, 전체 이벤트 발생 편들로부터 도출한 선형 통계적 추세선은 붉은색 실선의 곡선과 같이 나타났다. 해당 이벤트가 발생한 비행편들은 전체적으로 정상 활공경사각으로부터 0.5 dot 내외로 400ft까지 접근하여 바다에서 육지로 들어서는 해안선 (sea bank) 부근을 통과하는 지점에서 항공기가 일시적인 상승 (lift up) 현상을 보였다가 다시 정상 강하 각 3도 아래로 내려가는 추세를 보였다. 노란색 원형 표식의 비행 데이터는 불안정 접근임에도 불구하고 복행을 시행하지 않고 무리하게 착륙한 사례를 보여준다.

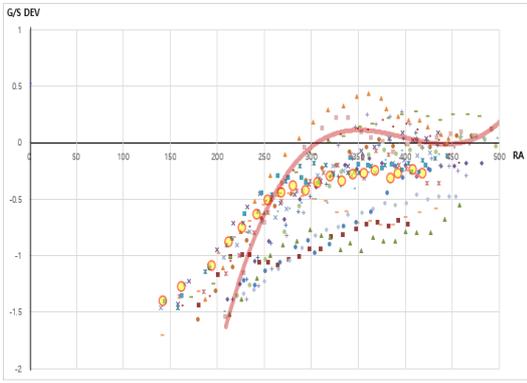


그림 13. G/S (glideslope) 이탈 정도와 고도
 Fig. 13. G/S deviation analysis by altitude.

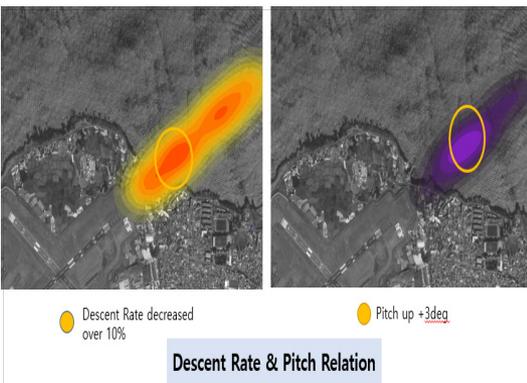


그림 14. 상승기류 밀도 분석
 Fig. 14. Lift up location density map.

그림12는 접근 중에 항공기의 강하율이 (descent rate) 10% 이상 줄어들고 일시적인 상승 (lift up) 현상을 보이는 비행 데이터를 밀도 맵으로 표시하였다. 노란색 원안에 가까워질수록 일시적인 상승 현상이 집중됨을 보이며, 해안선 (sea bank) 위를 지나가기 일정한 시점 전에서 일시적인 항공기의 강하율 감소와 기수 상승 (pitch up) 현상의 추이를 나타낸다. 이러한 저고도에서의 항공기 기수 변화는 착륙까지의 일정한 3도 강하 각 유지를 저해하는 요인으로 식별된다.

IV. 결 론

본 논문은 비행 데이터 분석 프로그램을 활용하여 PUS과 CJU 사례 공항의 주요 발생 이벤트, 공항 접근 절차, 공항의 환경적인 요인을 바탕으로 다음과 같은 불안정 접근의 원인을 식별할 수 있다.

첫째, PUS 공항의 활주로 18의 선회 접근 절차는 공항 북쪽에 있는 산악 지형을 회피하기 위해 공항 남서쪽으로부터 접근하여 활주로 18쪽으로 최종 위치 정대 시 장애물과 간격 분리 (clearance)를 유지하기 위한 작은 선회 반경으로 높은 고도 처리를 해야 한다. 또한 선회 때 강한 측풍으로 인해 조종사는 항

공기가 활주로 연장선을 넘어가지 (overshoot) 않게 항공기의 에너지 관리를 해야 하는 잠재된 불안정 접근 위험 요인이 내포된 특수 공항이다. 아울러 정상 강하율 초과 불안정 접근 이벤트 발생 시 복행 (go-around)의 비율은 약 40%로 분석되었다.

둘째, CJU 공항의 경우는 이벤트 발생 비율이 타 공항보다 상대적으로 높게 나타났으며, 접근 시의 윈드시어와 강한 측풍 및 배풍 성분이 불안정 접근의 환경적 요인으로 분석되었다.

셋째, CJU 공항의 활주로 25는 활주로 07에 비해 상대적으로 높은 이벤트 발생 빈도를 보였다. 항공기 활공경사각 이탈 (glideslope deviation)의 이벤트 분석에 의하면, 대다수의 이벤트 발생 시점이 항공기가 바다에서 육지로 들어서는 해안선 (sea bank) 부근 400ft 이하 저고도에서 집중되어 발생하는 경향성을 보였다. 해안선 부근에서 항공기의 일시적인 강하율 감소와 기수 상승 (pitch up) 현상 추이를 확인할 수가 있었으며, 이러한 저고도에서의 기수 변화는 항공기가 착륙하기까지의 일정한 3도 강하 각 유지를 저해하는 요인으로 식별되었다. 이와 같은 비행 데이터 분석을 기반으로 한, 사례 공항들의 비행 절차 및 공항의 주요 이벤트 특성과 환경적인 요인 분석에서 식별된 위험 요인들을 제거하기 위한 불안정 접근 경감방안을 다음과 같이 제시하고자 한다.

첫째, 기존의 불안정 접근 경감방안이 각 항공사 내부에 국한되어 이루어졌던 소극적인 예방 안전 활동이 아닌, 국가적 차원의 국내 각각의 항공사에서 발생하는 불안정 접근 비행 데이터의 통합된 수집과 분석이 필요하다. 각 항공사로부터 수집된 불안정 접근 데이터들을 각각의 공항별, 기종별, 환경적 요인 등의 통합적 분석 시스템을 통하여, 전체적인 불안정 접근의 발생 현황과 원인을 명확하게 파악할 수 있으며, 국가적인 불안정 접근 경감방안 마련으로 비행 안전 증진에 이바지할 수 있다.

둘째, 불안정 접근 비행 데이터의 국가적인 통합된 관리분석을 위해서는 불안정 접근 비행 데이터와 관련된 조종사의 개인 정보 및 항공사의 정보가 노출되지 않아야 한다 (de-identification). 조종사가 고의로 표준 운항 절차를 위반하거나 범죄적인 행위를 실行了 경우를 제외하고는, 비행 데이터를 사용하여 조종사에게 인사의 불이익을 주거나 해당 항공사를 처벌할 수 없는 비 처벌 (non-punishment) 정책의 법적인 실효성이 입증될 때, 비행 데이터 분석 프로그램의 근본적인 목적인 비행 안전 증진에 부합되는 조종사와 항공사의 적극적인 참여로 불안정 접근 경감의 예방 안전 활동이 원활히 이루어질 수 있다.

셋째, 항공사로서는 불안정 접근의 발생 원인 및 문제점을 단순한 조종사의 조작 미숙으로 분류하여 추가 훈련을 시행하는 정량적이고 사후적인 대책 방안을 마련하기보다는, 비행 데이터 분석을 통해 도출된 각 공항의 불안정 접근 발생 원인과 유의사항 등의 비행 정보를 사전에 현장의 운항승무원들과 적극적인 공유와 의사소통을 통해, 불안정 접근 위험 요인을 제거하는 예방 안전 시스템 (proactive safety system)의 활성화가 필요하다.

넷째, 조종사로서는 항공기의 불안정 접근 방지를 위한 안

정 접근의 기준 (criteria) 또는 표준 운항 절차에 의해 계획된 비행 경로, 속도 또는 강하율로부터 어떠한 이탈 (deviation)이 발생하거나 이탈 가능성이 있다면, 비행을 모니터링하는 조종사 (PM; pilot monitoring)는 반드시 이벤트 내용을 적극적으로 콜아웃 (callout) 하여, 조종을 수행하는 조종사 (PF ; pilot flying)로 하여금 이를 수정하게 하여야 한다. 그렇지 않은 경우는 반드시 복행 (go-around)을 수행하여 불안정 접근이 사고로 이어지는 것을 차단하여야 한다. 또한 특정 공항의 절차나 환경적인 요인 등의 비행 데이터 분석을 통해 발췌된 불안정 접근 이벤트를 운항승무원의 모의비행 (simulator) 훈련 시나리오에 반영하여 이를 훈련함으로써, 조종사가 특정 공항의 비정상 상황에서 안정된 접근을 수행할 수 있는 능력을 향상시켜 불안정 접근을 방지할 수 있다.

추후 연구 방향으로는 국가적인 항공 안전 관리 시스템 구축을 위한 비행 데이터 분석 프로그램 활용 방안으로, 국내 각 각의 항공사에서 집계 및 분석되고 있는 불안정 접근 비행 데이터의 국가적인 통합된 분석을 위한 플랫폼 개발과 운영방안에 관한 추가적인 연구가 필요한 시점이다.

References

[1] The stat trade times, covid-19 (Oct, 2020), WFS launches project coldstearn to prepare for global air cargo deliveries,

[Online].Available:<https://www.stattimes.com/news/covid19-wfs-launches-project-coldstream-to-prepare-for-global-air-cargo-deliveries/>

[2] ICAO, Safety Report, International Civil Aviation Organization, Montreal, Quebec, Canada, Technical Report H3C 5H7, pp 5-6, 2020.

[3] ICAO, Annex 6 Part 1, 3.3 Safety management, pp 3.2-3.3, 10th ed. Jul.2016.

[4] The traffic news, Asiana completes pahse 1 of FOQA, [Internet].Available:cartvnew.com/news/articleView.html?id_xno=288850

[5] ICAO, Doc 10000, Manual on Flight Data Analysis Programmes (FDAP), pp1.3-1.4, 1st ed. 2014.

[6] Advisory Circular, Flight Operational Quality Assurance, Federal Aviation Administration, U.S.Department of Transportation, AC No:120-82, pp. 1-3, 2004, Dec.

[7] Article 58 of the Korea Aviation Safety Act (National Aviation Safety Program, etc.), revision 2019.8.28.

[8] IATA Safety Flight Operation, *Unstable Approach*, 3rd ed.. Montreal, Quebec, Canada: IATA, pp. 2-10, 2017.

[9] Advisory Circular, Flight Operational Quality Assurance, Federal Aviation Administration, U.S.Department of Transportation, AC No:120-82, Appendix A FOQA Enforcement policy, pp. 24, 2004, Dec.



김 현 덕 (Kim Hyeon Deok)

1997년 3월 ~ 2020년 2월 : 대한항공 운항승무원
 2015년 2월 : 한국항공대학교 운항관리학과 박사수료
 2017년 5월 ~ 2020년 2월 : 대한항공 B777 기장, 안전보안실 사고조사관
 2020년 3월 ~ 현재 : 한국항공대학교 항공운항학과 부교수
 ※ 관심분야 : Flight data analysis, Accident Investigation, Safety Management System