

<解説>

B747-400 항공기의 Missed Approach 비행자료 분석

신대원*, 박종혁*, 은희봉**

The analysis of flight data of B747-400 aircraft with Missed Approach

D. W. Shin*, J. H. Park*, H. B. Eun**

목 차

- I. 서 론
- II. UFDR 비행자료기록장치
- III. 비행자료 해독 및 분석
- IV. 관련규정 및 비행행위분석
- V. 결 론

Abstract

This study is performed to secure the safety of civil aviation by establishing systematic analysis ability of Flight Data Recorder. Through this study, readouting UFDR(Universal Flight Data Recorder) to personal computer, flight data numerical analysis and regulations of Missed Approach. In the analysis, the flight data of B747-400 model aircraft with Missed Approach in San Francisco(KSFO) was selected.

Key Words: FDR, UFDR, Parameter, B747-400, Missed Approach

* 한국항공우주연구원 품질인증센터

** 한국항공대학교 항공운항학과 교수

I. 서 론

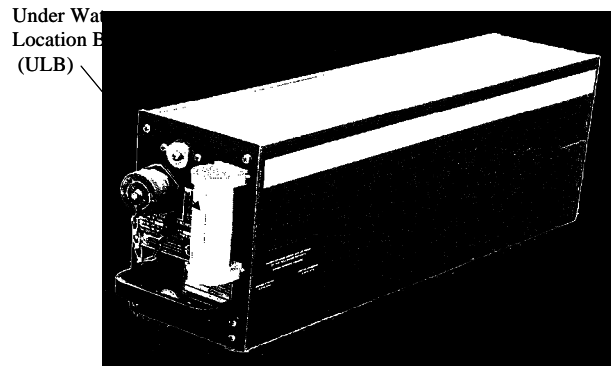
항공사고를 미연에 방지하기 위하여 항공선진국들은 항공기의 조작 및 비행상태 등에 대한 비행기록자료를 활용하여 항행안전시스템 구축에 지속적인 노력을 기울이고 있다. 이러한 시스템은 비행자료 해독 및 분석기술을 바탕으로 있으며, 비행자료를 활용하여 조종사의 비행행위 분석 및 항공기의 이상여부를 조기에 감지하여 항공사고를 예방하는 활동 등에 활용되고 있다.

본 연구는 우리나라의 FDR(Flight Data Recorder)해독 및 분석기술을 발전시키고, 항공기 항행의 안전성과 신뢰성을 확보할 수 있는 방안으로 활용하고자 함이며, 이 논문에서는 B747-400 항공기에 장착되었던 UFDR(Universal Flight Data Recorder)의 비행자료 중 미국 샌프란시스코 공항에 착륙을 위한 접근 중에 발생한 실패접근 사례에 대한 비행자료의 비행행위에 대하여 분석하였다.

II. UFDR 비행자료기록장치

현재 국내에서 운용되고 있는 항공기의 비행자료기록장치(FDR)는 대부분 자기테이프형식을 사용한 제2세대 DFDR(Digital Flight Data Recorder)과 UFDR 그리고 컴퓨터 메모리 칩을 이용한 제3세대 SSFDR(Solid State Flight Data Recorder)로 세 종류 중 한 가지 형식을 선택하여 사용하고 있다. 이들 세 종류는 기록매체에 다소차이는 있으나 항공기와 FDR간에 호환성이 있으므로 항공사가 FDR을 선택하여 항공기에 장착할 수 있다. 즉 UFDR을 장착한 항공기가 SSFDR을 장착하여 사용할 수도 있으며, 또한 SSFDR을 장착한 항공기가 DFDR을 장착 할 수도 있다. 다만, 항공기 형식마다 각기 다른 비행기록 parameter의 수가 문제가 될 수 있다. 이러한 문제는 비행기록 parameter가 적은 항공기의 경우 별다른 문제가 없으나 비행기록 parameter가 많은 최신기종의 경우에는 대부분 SSFDR을 사용한다.

이 논문에서 사용한 FDR은 자기테이프에 8개 Track으로 비행자료를 기록하는 UFDR로 그림 1에서처럼 오렌지색 바탕에 가로 5.03inch, 세로 7.65inch, 길이 19.56inch(Sundstrand사의 UFDR) 크기의 직육면체이다. UFDR 외부에는 운반용 손잡이를 비롯하여 수중에서 비행자료기록장치 위치를 자동적으로 알려주는 원기둥 형태의 수중위치알림장치(ULB: Underwater Location Beacon)와 비행자료 입/출력과 전원을 받기 위한 connector가 마련되어 있다. UFDR 전면부에 위치한 ULB는 수중에서 물과 접촉하게 되면 ULB내부에서 화학반응을 일으켜 장착된 배터리에 의해 37.5Khz주파수로 자신의 위치를 30일 이상 알려준다. UFDR은 자기 테이프가 PVC Tape이며, 25시간 이전에 기록된 자료들을 자동적으로 지우면서 새로운 비행자료를 기록하여 최근의 25시간 분량 비행자료를 유지하게 된다.



<그림 1> UFDR의 외형

Ⅲ. 비행자료 해독 및 분석

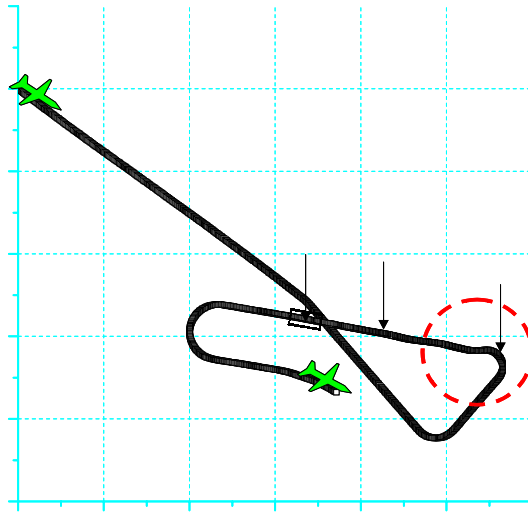
1. 비행자료 해독

본 연구에 사용된 B747-400항공기 비행기록장치인 UFDR해독은 한국항공우주연구원 품질인증 센터에서 보유한 AACO사의 MAGS(Maintenance and Analysis Ground Station)해독시스템을 활용하여 Readout하였는데 “#8 High Speed Mode”로 하여 2시간 7분이 소요되었고, 파일 크기는 11.513Mbs이었다. Readout된 Binary 형태의 파일은 정상적으로 해독하기 위해서는 Binary Data를 Engineering Data로 변환하기 위한 Interface 파일을 자체적으로 제작하여 전체 23,024 Frame의 비행자료를 얻었는데, 본 연구의 자료는 샌프란시스코공항에 착륙을 위한 접근도중 Missed Approach에 관계되는 부분인 3,995-4,445 frame사이의 30분간의 비행자료이다.

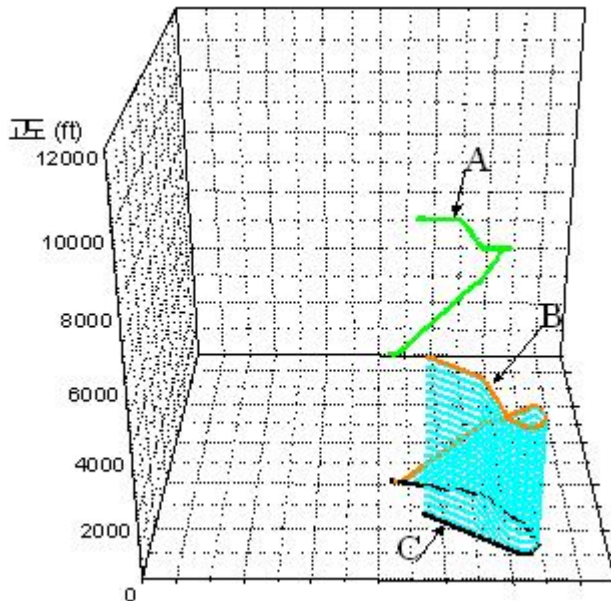
2. 경로분석

B747-400 항공기의 UFDR 해독된 비행자료에는 엔진계통, 자세와 조종계통, 항법계통, 경고계통, 위치 및 시간정보 등 모두 328종류의 Parameter들이며, 이들은 1초, 2초, 4초 또는 64초마다 기록되는 Parameter들로 구분된다. 해독된 비행자료에는 4초마다 기록된 항공기 위치 좌표로서 샌프란시스코공항(북위 37°53', 서경 122°4')에 착륙한 것을 확인할 수 있으며, 64초마다 기록되는 목적지1, 목적지2 Parameter들은 각2개의 문자인 KS, FO로 기록되어 KSFO(샌프란시스코)에 도착하는 비행자료임을 확인하였다.

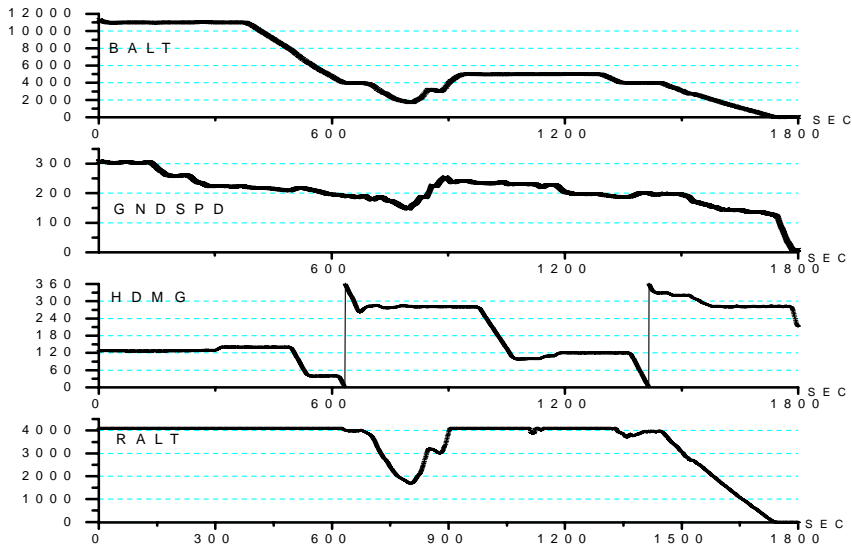
그림 2는 KSFO 착륙 30분전부터 착륙까지의 지상항적이다. 그림2의①지점은 착륙 30분전의 위치이며 당시의 고도는 11,000 ft로 착륙공항 상공부근까지 수평비행한 뒤 서서히 강하하여 고도 4,000 ft로 그림2의②지점을 통과하였다. 항공기는 Missed Approach를 시작한 지점인 그림2의③지점을 통과하여 Missed Approach절차를 수행하였다. 그림2의④에서 직사각형으로 표시된 부분은 착륙공항인 KSFO공항이며, 그림2의② 원호안의 화살표가 지시하는 부분은 조종사의 최종 선회시기 지연으로 인하여 Missed Approach를 결정하게 된 원인으로 보이는 지점이다. 그림2의⑤는 항공기의 착륙 10분전의 위치이다.



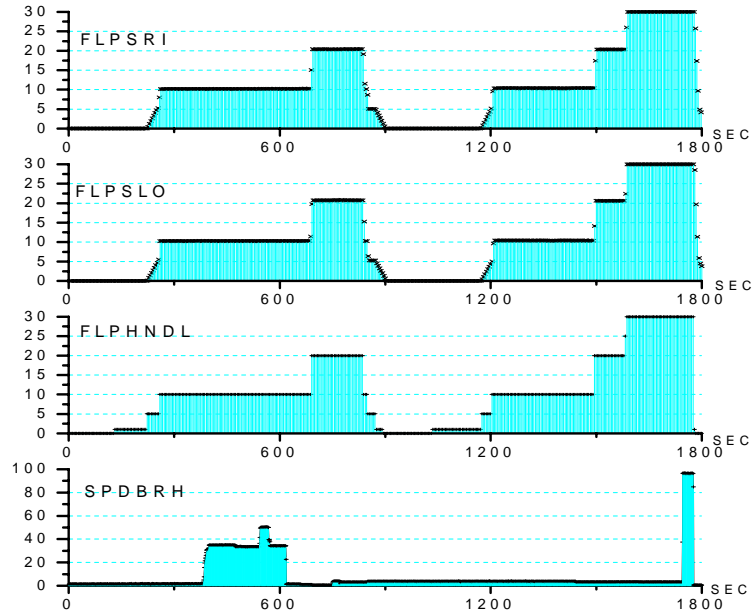
<그림 2> B747-400항공기의 KSFO공항 착륙 전 30분전부터 20분간의 지상항적(가로·세로 단위간격 10.4 Km)



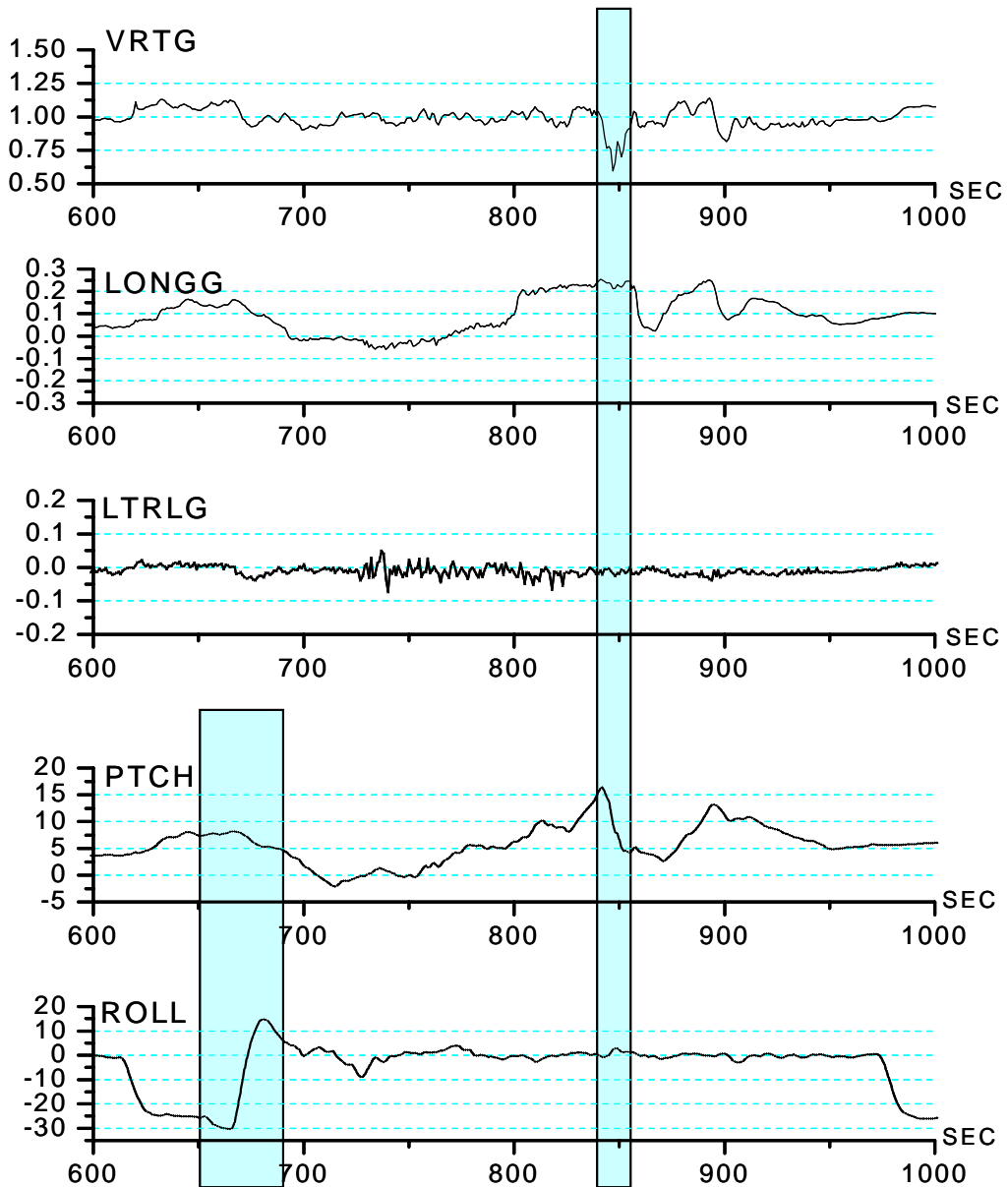
<그림 3> B747-400항공기의 KSFO공항 착륙 10분전부터 착륙까지의 비행항적 (A: 비행항적에 대한 고도변화, B: 3차원으로 표시한 항공기의 비행항적, C: 지상항적, 가로·세로 단위간격 5.2 Km)



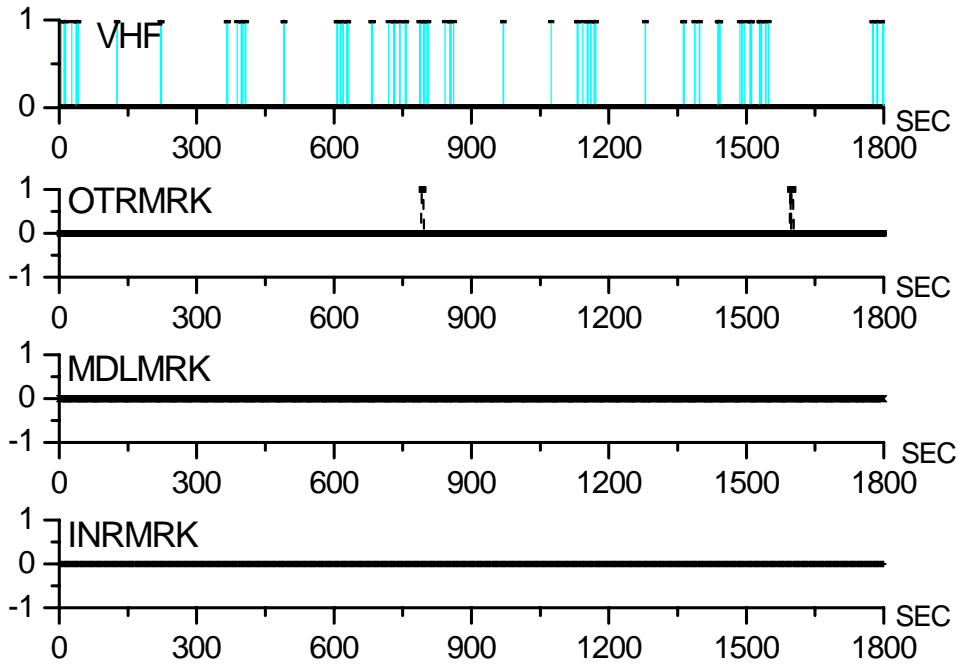
<그림 4> B747-400항공기의 KSFO공항 착륙 전 30분부터 착륙까지 시간(초)에 대한 고도, 속도, 항공기 기수방향 변화 (BALT: 기압계에 의한 고도(ft), GLDSPD: 대지속도(knots), HDMG: 항공기 기수방위(°), RALT: Radio altitude(ft))



<그림 5> B747-400항공기의 KSFO공항 착륙 전 30분부터 착륙까지 시간(초)에 대한 Flap계통 변화 (FLPSRI: 우측 Flap(°), FLPSLO: 좌측 Flap(°), FLPHNDL: Flap 손잡이 위치각도(°), SPDBRH: Speed Brake 최대작동에 대한 %율)



<그림 6> B747-400항공기의 KSFO공항 착륙 전 20분부터 400초간에 대한 3축 가속도계, 항공기 기수들림각 및 선회경사각 변화 (VRTG: 수직축 가속도계(g), LONGG: 세로축 가속도계(g), LTRLG: 가로축 가속도계(g), PTCH: 항공기 기수들림각(°), ROLL: 선회경사각(°))



<그림 7> B747-400항공기의 KSFO공항 착륙 전 30분부터 착륙까지의 시간(초)에 대한 VHF 및 Marker변화 (VHF: VHF 주파수 교신 상태(0=미사용, 1=key), OTRMRK: Outer Marker(0=미작동, 1=marker), MDLMRK: Middle Marker(0=미작동, 1=marker), INRMRK: Inner Marker(0=미작동, 1=marker))

그림 3은 KSFO공항 착륙 10분전부터 착륙까지의 비행항적으로 “C”는 지상항적이며, “A”는 고도변화를 나타내었고, “B”는 3차원 비행항적으로 비행절차에 따라서 접근하여 활주로에 착륙한 모습을 보여주고 있다.

그림 4는 KSFO공항 착륙 30분전부터 착륙까지의 고도, 대지속도, 기수방위 및 Radio altitude의 변화를 보이고 있다. 고도 4000 ft이하 공항부근에서의 Radio Altitude는 기압계에 의한 고도(BALT)보다 더 섬세하게 기록되므로 여기에서는 이것을 바탕으로 이야기하고자 한다. KSFO공항 Missed Approach절차에 따라 항공기가 첫 번째 Outer Marker(790-794초)를 지나고 3초 뒤(21시19분20초(797)) 고도 1,728ft 까지 강하하였으며, 항공기는 다시 5,000 ft(Radio Altitude에는 4000 ft로 기록되었음)까지 상승하여 Missed Approach절차를 따랐다.

그림 5는 Flap과 Speed Brake의 작동상태를 보여준다. 조종사는 KSFO공항의 Base Leg부근 500초 전/후에서 접근속도 보다 항공기속도가 많아 속도를 줄이기 위한 것으로 판단되는 Speed Brake 작동을 보여주며, Missed Approach결정전까지 5단계 Flap중 4단계(20°)까지 Flap을 내렸던 것으로 나타났다. 항공기의 Flap 손잡이 위치각도를 나타내는 FLPHNDL그래프는 계단식으로 표시되고 있으나 항공기 Flap의 실질적인 작동상태를 나타내는 FLPSRI와 FLPSLO에서 보듯 서

서히 작동된 것으로 나타났다. 복행행위를 하면서 Flap을 단계적으로 접었으며, 최종착륙을 위한 접근에서 Flap을 5단계까지 다 내려 Flap Fulldown상태로 착륙하였고, 접지와 동시에 Speed Brake를 100% 작동한 것으로 나타났다.

그림 6은 KSFO공항 착륙 20분전부터 Missed Approach를 결정하기 전/후 단계의 400초간의 3축가속도계(수직축 가속도계(VRTG), 세로축 가속도계(LONGG), 가로축 가속도계(LTRLG)), 항공기 기수들림각(PITCH) 및 선회경사각(ROLL) 변화를 나타내고 있다. 그림6의①에서는 Missed Approach를 결정하게 된 원인으로 보이는 720초 부근에서 최종선회시 좌측선회경사각이 30°까지 갔다가, 다시 우측 선회각이 15°까지 가는 불안정한 선회조작이 있었음을 ROLL 그래프를 통해 볼 수 있다. Missed Approach 실행 중 850초 전/후에서는 기수들림각이 16°까지 들렀다가 급격히 줄어들었으며 이때 수직축가속도계는 0.6g까지 급격하게 감소하였었다.

그림 7에서는 KSFO공항 착륙 전 30분간의 비행 중 Middle과 Inner Marker는 작동되지 하지 않았고, 2차례 Outer marker만 작동되었다. 첫 번째 Outer Marker는 790-794초 사이에서, 두 번째 Outer Marker는 1,595-1,602초 사이에서 작동되었다. 우리는 그림 7의 VHF그래프에서 조종사가 비행 중 VHF(Very High Frequency)를 사용하여 ATC(Air Traffic Control)와의 교신을 하였으며 Missed Approach 결정에 따라 많은 횟수의 교신을 하였음을 볼 수 있다.

2. 시간별 항공기 조작

다음은 샌프란시스코공항 착륙 30분전(UTC(Co-Ordinated Universal Time)시간으로 21시 06분 03초)부터 착륙까지 조종사의 시간별 주요 조작내용이다. 시간 뒤에 있는 괄호 안의 숫자는 초 단위 숫자로 그래프상에서 표시된 이륙30분전을 (0)으로 하여 표시하였다. 매초마다 기록되는 VHF Parameter는 조종승무원이 ATC와의 교신을 위해 key를 조작했음을 의미한다.

- 21시06분03초(0) 기수방위(HD) 127°, 고도 11,008ft
- 21시06분07초(4) VHF 2초간 교신
- 21시06분12초(9) VHF 5초간 교신
- 21시06분29초(26) VHF 6초간 교신
- 21시06분39초(36) VHF 2초간 교신
- 21시08분08초(125) VHF 2초간 교신
- 21시08분13초(130) 1차 Flap Down 1.01°, 고도 11,008ft, 305knots
- 21시09분13초(190) VHF 3초간 교신
- 21시09분45초(222) 2차 Flap Down 5.01°, 고도 11,008ft, 261knots
- 21시10분21초(258) 3차 Flap Down 10°, 고도 11,040ft, 236knots
- 21시11분07초(304) 좌선회 시작
- 21시11분20초(317) 선회완료, HD 140°
- 21시12분08초(365) VHF 3초간 교신
- 21시12분25초(382) Speed Brake 작동 34.75 %
- 21시12분31초(388) VHF 1초간 교신
- 21시12분39초(396) VHF 4초간 교신

- 21시12분48초(405) VHF 2초간 교신
- 21시14분12초(489) VHF 3초간 교신
- 21시14분16초(493) 좌선회 시작
- 21시15분05초(542) 선회완료, HD 040°
- 21시15분06초(543) Speed Brake 작동 50.25%
- 21시15분36초(573) Speed Brake 작동 34.75%
- 21시16분08초(605) VHF 3초간 교신
- 21시16분12초(609) VHF 2초간 교신
- 21시16분19초(616) 좌선회 시작과 동시에 Speed Brake 작동 1.5%
- 21시16분21초(618) VHF 2초간 교신
- 21시16분30초(627) VHF 4초간 교신
- 21시17분24초(681) VHF 3초간 교신
- 21시17분33초(690) 4차 Flap Down 20.7°, 고도 3,904ft, 187knots
- 21시18분01초(718) VHF 1초간 교신
- 21시18분10초(727) Landing Gear Down
- 21시18분12초(729) VHF 4초간 교신
- 21시18분13초(730) 선회완료, HD 280°
- 21시18분25초(742) VHF 2초간 교신
- 21시18분37초(754) VHF 3초간 교신
- 21시19분09초(786) VHF 2초간 교신
- 21시19분13초(790) Outer Marker 5초간 작동
- 21시19분17초(794) VHF 3초간 교신
- 21시19분20초(797) 고도 1,728ft까지 강하, 148knots, HD 282°
- 21시19분25초(802) VHF 3초간 교신
- 21시19분31초(808) 상승시작, HD 282°
- 21시19분34초(811) Landing Gear Up
- 21시20분01초(838) 1차 Flap Up 10°
- 21시20분04초(841) VHF 1초간 교신
- 21시20분13초(850) 2차 Flap Up 5°
- 21시20분15초(852) VHF 4초간 교신
- 21시20분23초(860) VHF 1초간 교신
- 21시20분37초(874) 3차 Flap Up 1°
- 21시20분57초(894) 4차 Flap Up 0°, 고도 4,000ft, 245knots, HD 280°
- 21시21분48초(945) 고도 5,000ft 수평비행
- 21시22분11초(968) VHF 2초간 교신
- 21시22분20초(977) 좌선회 시작 HD 280°
- 21시23분17초(1,034) 1차 Flap Down 1.01°, 고도 4,992ft, 237knots
- 21시23분56초(1,073) VHF 1초간 교신

- 21시24분40초(1,117) 선회 완료 HD 102°
- 21시24분53초(1,130) VHF 3초간 교신
- 21시25분05초(1,142) VHF 1초간 교신
- 21시25분14초(1,151) VHF 3초간 교신
- 21시25분23초(1,160) VHF 3초간 교신
- 21시25분30초(1,167) VHF 4초간 교신 및 2차 Flap Down 5.01°
- 21시26분05초(1,202) 3차 Flap Down 10°, 고도 5,056ft, 202knots, HD 120°
- 21시27분21초(1,278) VHF 2초간 교신
- 21시28분44초(1,361) VHF 1초간 교신
- 21시28분46초(1,363) 좌선회 시작, 고도 4,000ft, 180knots, HD 120°
- 21시29분09초(1,386) VHF 2초간 교신
- 21시29분19초(1,396) VHF 2초간 교신
- 21시30분00초(1,437) VHF 6초간 교신
- 21시30분48초(1,485) VHF 1초간 교신
- 21시30분52초(1,489) VHF 2초간 교신
- 21시30분57초(1,494) 3차 Flap Down 19.99°, 고도 3,200ft, 198knots
- 21시30분59초(1,496) VHF 1초간 교신
- 21시31분10초(1,507) VHF 5초간 교신
- 21시31분31초(1,528) VHF 5초간 교신
- 21시31분44초(1,541) VHF 2초간 교신
- 21시31분51초(1,548) VHF 1초간 교신
- 21시32분06초(1,563) Landing Gear Down
- 21시32분19초(1,576) 선회 완료, 고도 2,144 ft, 157knots, HD 282°
- 21시32분25초(1,582) 4차 Flap Down 30.01°, 고도 1952ft, 153knots
- 21시32분48초(1,605) Outer Marker 2초간 작동
- 21시32분51초(1,608) Outer Marker 4초간 작동
- 21시35분03초(1,740) Radio Altitude 0ft
- 21시35분05초(1,742) 주착륙장치 접지, 140knots
- 21시35분06초(1,743) 전방착륙장치 접지, 137knots
- 21시35분07초(1,744) Speed Brake 작동 99.5%
- 21시35분10초(1,747) 역추력 장치 작동
- 21시35분35초(1,772) 역추력 장치 정지
- 21시35분37초(1,774) VHF 3초간 교신
- 21시35분38초(1,775) Speed Brake 접음
- 21시35분41초(1,778) Flap Up
- 21시35분47초(1,784) VHF 3초간 교신
- 21시35분48초(1,785) Taxiway 진입을 위한 방향전환
- 21시35분59초(1,796) VHF 2초간 교신

3. 단계별 조작 분석

가. Base Leg에서 Outer Marker까지의 접근단계

항공기는 기수방위 140°로 KSFO공항의 Base Leg를 고도 4000 ft로 통과하면서 속도를 줄이기 위한 조작 Speed Brake 조작을 하였으며, ATC와의 교신 및 Flap작동 등 모든 조작들이 정상적으로 이루어졌다. 그러나 Final Approach를 위한 최종선회 시점을 놓쳐 무리한 선회조작이 이루어졌다(그림 2의②부근). 최종선회 후 항공기는 활주로 연장축선상에 있어야 하는데 상대적으로 선회시기가 늦어져 조종사는 무리하게 항공기를 Final Approach단계에 진입시키려고 저고도에서 좌측 30°의 경사각을 사용하였다가 다시 우측으로 15°의 경사각을 사용하여 기수방위를 263°에서 Roll out 하였다. 이때 항공기의 위치는 활주로 연장축선 우측에 있었으므로 조종사는 기수방위를 263°로 유지하면서 38초간 접근비행을 하는 과정에 Flap을 20.7로 내렸다. 21시17분57초(714)에 항공기는 다시 KSFO공항 활주로 방위 282° 연장선의 좌측에 있었으며 조종사는 서서히 방위를 285°로 유지하여 16초간 비행하면서 착륙장치를 내려 Final Approach에 진입하여 방위를 281° 유지하였다. 지속적으로 강하접근비행을 하면서 조종사는 21시19분13초(790)에 KSFO공항 활주로말단으로부터 4.8NM떨어진 Outer Marker 위치에서 5초간 작동된 Marker신호를 확인하였으며, 이후 조종사는 고도 1728ft, 속도 148knots, 기수방위 282°, Pitch 5°로 기수가 들린 상태를 유지하면서 VHF로 교신을 하였다. Outer Marker 통과 전/후 있었던 잦은 VHF교신은 FDR자료로서는 알 수 없지만 조종사가 Missed Approach를 결심한 후 ATC 관제사에게 Missed Approach 돌입을 통보한 것으로 판단된다.

나. Missed Approach Point에서 착륙단계

Outer Marker 통과 전/후 Missed Approach를 통보한 것으로 보이는 VHF교신이 있는 뒤 KSFO공항의 Missed Approach절차에 따라 1,728ft 까지 강하하였다가 상승을 시작하였다. 상승 조작 당시 기수 들림각은 7°에서 급격히 증가하여 16°까지 증가하였다. 상승은 엔진출력을 증가시키면서 착륙장치를 올렸으며, 단계적으로 Flap 올림 조작을 하였다. VHF 교신 횟수로 보아 ATC 관제사의 지시에 따라 Missed Approach 절차를 수행한 것으로 판단된다.

Missed Approach 절차에 따라 1선회하면서 착륙을 위한 항공기 조작순서에 따라 Flap과 착륙장치를 조작하였다. 착륙을 위한 최종선회는 정상적으로 이루어졌으며, Outer Marker지점에서 Localizer와 Glideslope의 정상상태 및 고도 1,768ft를 유지하면서 정상적인 접근절차가 이루어졌다. 착륙을 위한 접근 중 측풍에 의한 항공기의 흐름을 방지하기 위한 조작으로 보이는 주조종면의 변화가 많았다. 착륙은 주착륙장치가 140knots에서 활주로에 닿았고, 1초 뒤 전방착륙장치가 137knots에서 활주로에 닿았으며, 착륙 후 Speed Brake와 역추력장치를 사용하였다.

4. 비행자료 분석결과

B747-400항공기의 UFDR비행자료 Readout과 해독을 위한 Interface 작업은 해독자료 분석을 통하여 성공적으로 작업이 이루어졌음을 확인할 수 있었다. 해독자료분석결과 접근 및 착륙기간 중 #3 착륙장치의 지상접지상태 센서에 의한 주기적인 자료 오류를 제외하면, 엔진상태, 항공기 조종계통 등, 항공기 구조나 기능상의 문제는 없었던 것으로 판단된다.

B747-400 항공기의 UFDR에 기록된 자료는 3축가속도계에 대한 16종류의 Parameter들을 비롯

하여 엔진계통, 자세와 조종계통, 항법계통, 경고계통, 위치 및 시간정보 등 모두 328종류의 Parameter들이며, 이들은 1초, 2초, 4초 또는 64초마다 기록되는 Parameter들로 구분된다. 해독된 비행자료에는 연도를 나타내는 Parameter가 “0”으로 기록되어 2000년도, 달을 나타내는 Parameter에서는 “5”로 기록되어 5월, 일자를 나타내는 Parameter에서는 “2”로 기록되어 있어 2000년 5월 2일 이루어진 비행임을 확인할 수 있었다. 또한 4초마다 기록된 항공기 위치 좌표로서 KSFO공항(북위 37°53′, 서경 122°4′)에 착륙한 것을 확인할 수 있으며, 64초마다 기록되는 목적지1, 목적지2 Parameter들은 각2개의 문자인 KS, FO로 기록되어 KSFO에 도착하는 비행자료임을 확인하였다. 이러한 비행자료를 조종사가 기록하는 Flight Log를 통하여 확인하였으며, Flight Log에서는 엔진시동(11시 37분)부터 정지(21시 39분)까지 총 10시간 02분간 엔진이 가동된 것으로 기록되고 있으며, 비행시간은 이륙(12시 02분)에서 착륙(21시 36분)까지 9시간 34분의 비행이었고, 전체 연료 사용량은 (시동시 248,700 lbs, 정지시 23,300 lbs) 225,400 lbs로 기록되어 있었다. 또한 도착지는 SFO(샌프란시스코공항)이며 날자는 2000년 5월 2일로 비행자료와 일치함을 확인하였다.

IV. 관련규정 및 비행행위분석

1. 실패접근 관련규정 및 조종사와 관제사의 역할

항공기의 안전한 착륙을 위하여 조종사 또는 ATC관제사의 판단에 의해 실패접근을 할 수 있다. 그러나 이러한 조종사 또는 ATC관제사 행위는 항행안전에 관련된 규정에 적합하여야 한다. 실패접근에 관련된 규정들은 다음과 같다.

○ 계기비행방식에 의한 접근 및 착륙(항공법 시행규칙 제200조)

제3항 다목 : 조종사가 다음 중 1이상의 당해 활주로 관련 시각 참조물을 확실히 보고 식별할 수 있을 것(정밀접근방식이 제199조의 규정에 의한 제2종 또는 제3종에 해당하는 경우를 제외한다)

- (1) 진입등 : 조종사가 진입등의 구성품중 적색 측면등(red side row bars) 또는 적색 말단등(red terminating bars)을 명확하게 보고 식별할 수 없는 경우에는 활주로의 접지구역표면으로부터 30미터(100피트) 높이의 고도 미만으로 강하할 수 없다.
- (2) 활주로말단(threshold)
- (3) 활주로말단표지(threshold marking)
- (4) 활주로말단등(threshold light)
- (5) 활주로말단식별등
- (6) 진입각지시등(VASI 또는 PAPI)
- (7) 접지구역(touchdown zone) 또는 접지구역표지(touchdown zone marking)
- (8) 접지구역등(touchdown zone light)
- (9) 활주로 또는 활주로표지
- (10) 활주로등

제4항 : 다음 각목의 1에 해당하는 시기에 상기 제3호 다목의 요건에 적합하지 아니하는 경우 또는 최저강하고도이상의 고도에서 선회 중 비행장이 육안으로 식별되지 아니하는

경우에는 즉시 실패접근을 하여야 한다.

가. 최저강하고도 보다 낮은 고도에서 비행중인 때

나. 실패접근지점에 도달한 때

다. 실패접근지점에서 활주로에 접지 할 때까지의 임의의 시기에 있는 때

○ 정밀접근계기비행(CAT II, III) : 일반운항규칙(운항기술기준 제401조)

④ 건설교통부장관으로부터 별도의 승인을 득한 경우를 제외하고 결심고도(DH)의 사용이 요구되는 CAT-II 또는 CAT-III 운항을 하고자 하는 조종사는 다음의 조건이 충족되지 않은 상태에서 인가받은 결심고도(DH) 이하로 계속 접근을 하여서는 아니된다.

1. 항공기가 정상적인 조작 및 강하율로 강하하여 활주로의 접지구역내에 접지, 착륙할 수 있는 위치에 있어야 한다.

2. 조종사가 다음의 시각참조물(Visual references)중 최소한 1개는 명확히 보고 이를 식별할 수 있어야 한다.

가. 접근등 시스템 (Red terminating bar 또는 Red side row bar가 명확하게 보이고 인식할 수 있지 않는 한, 조종사가 접근등을 참조물로 사용하여 접지대 상방 100 피트 아래로 강하할 수 없는 경우는 제외)

나. 활주로 말단

다. 활주로 말단 표시

라. 활주로 말단등

마. 착륙접지대 또는 착륙접지대 표시

바. 착륙접지대등

⑤ 건설교통부장관으로부터 별도의 허가를 득하지 않는 한 항공기를 조종하는 각 조종사는 제4항의 요건이 충족되지 않을 경우 즉시 실패접근을 수행하여야 한다.

○ 실패접근절차의 실행(운항기술기준 제455조)

① 조종사는 다음 각 호에 해당되는 경우 즉시 실패접근을 수행하여야 한다.

1. 다음 상황에서 요구되는 시각참조물 기준이 충족되지 않은 경우

가. 항공기가 최저강하고도 이하로 비행시 또는,

나. 결심고도가 표시되어 있고 사용이 요구될 경우 결심고도를 포함하여 실패접근점 도달시, 그리고 그 후 접지시까지

2. 최저강하고도 또는 그 이상에서 선회접근 중 항공기의 정상적인 경사도(Normal bank)로 공항을 육안으로 확인할 수 없는 경우를 제외하고는 선회기동 중 공항의 식별 가능한 부분이 조종사에게 분명히 보이지 않을 경우

○ 실패접근시 조종사와 관제사의 역할과 임무[7]

가. 조종사

(1) 다음과 같은 경우중 한가지라도 발생하였을 때 실패접근을 하여야 한다.

(가) 실패접근점(MAP: Missed Approach Point) 또는 결심고도(DH: Decision Height)에

도달 이후, 착륙을 위한 활주로 주변시설을 충분히 볼 수 없을 경우.

- (나) 안전한 착륙을 할 수 없다고 판단하는 경우
- (다) ATC 관제사가 실패접근을 하라고 지시하는 경우
- (2) 실패접근을 한다는 것을 ATC에 통보하여야 한다. ATC 관제사의 지시에 의하여 실패 접근을 하지 않는 한, 실패접근이유를 통보하여야 한다.
- (3) ATC 관제사가 별도의 실패접근 지시사항을 지정하지 않는 한 AIP(Aeronautical Information Publication)의 실패접근 지시사항을 이행하여야 한다.
- (4) MAP 또는 DH 도달전에 실패접근을 해야 한다면 선회조작을 하기 전에 MDA (Minimum Descent Altitude) 또는 DH 고도 이상으로 계기접근절차대로 비행하여야 한다.
- (5) ATC가 레이더 벡터관제 중 실패접근을 시키고 있는 중이라는 것을 통보할 때, 그전에 주어진 실패접근 절차는 무효가 된다.
- (6) 레이더 접근시 실패접근을 해야 할 경우, 그전에 지시받은 실패접근 절차대로 비행해야 하거나 또는 관제사가 지시한 고도로 상승하고 또 주어진 침로로 비행하여야 한다.
- (7) 실패접근을 하면서 특별한 행동 즉, 또 다른 접근이나 비행조건이 개선될 때까지 대기 를 하든가 혹은 교체공항으로 비행하는 인가를 요청한다.

나. 관제사

- (1) 계기접근 차트에 설정된 실패접근절차 외의 다른 절차로 비행시켜야 할 필요가 있다면 허가된 예비 실패접근절차를 통보하여야 한다.
- (2) 조종사 또는 관제사에게 운영상 유리할 때 실패접근을 시키기 위하여 포착된 항공기를 레이더 벡터로 유도할 수도 있다.
- (3) 조종사가 통보한 의도에 따라, 교체공항 또는 대기 Fix로 비행할 인가를 통보하거나, 또는 항적상태가 허락하는 한, 접근순위에 다시 진입시키는 인가를 통보하여야 한다.

2. 비행행위분석

조종사의 Base Leg비행단계에서 Speed Brake사용 및 최종선회 도중 저고도에서 좌측 30°와 우측 15°의 선회조작 등은 실패접근 할 수 있는 가능성을 암시해 주고있다. 최종선회지연으로 인해 무리한 최종선회를 하였음에도 Final Approach단계에서 항공기의 위치는 활주로 연장선상 우측에 위치하였다가 수정조작을 통하여 다시 좌측으로 위치하였으며 Outer Marker도달 전까지 조종사는 Aileron과 Elevator를 지속적으로 사용하여 항공기의 자세를 수정하였다. 조종사는 1차 Outer Marker까지의 접근단계에서 최종선회시기지연으로 인하여 무리한 착륙시도를 하였으나, 항공기를 안전하게 착륙할 수 없다고 판단하여 Missed Approach절차를 선택한 것으로 판단된다. 조종사는 VHF 교신을 통하여 Missed Approach를 ATC 관제사에게 통보한 것으로 보이며, VHF 교신 시간과 횟수로 보아 관제사의 유도에 따라서 Missed Approach절차를 수행하였던 것으로 판단된다.

조종사는 착륙을 위하여 착륙장치를 내린 상태에서 무리한 착륙보다는 운항절차를 준수한 안전한 착륙을 위하여 실패접근을 선택하였으며, ATC간의 교신내용이 담긴 CVR(Cockpit Voice Recorder)자료를 포함하지 않은 상태에서 FDR자료만으로 알 수 있는 항공기의 상태나 위치 등

으로 미루어 보아 제한적이지만 위의 실패접근과 관련된 규정 및 조종사와 관제사의 역할을 준수하여 비행하였던 것으로 판단된다.

V. 결 론

우리는 B747-400 항공기의 UFDR에 저장된 비행자료를 Readout하여 Interface 파일 작성과정을 거쳐 비행자료의 해독 및 분석까지의 각 단계를 성공적으로 수행하였으며 이를 조종사가 기록한 Flight Log를 통해 확인하였다. 우리가 선택한 ‘실패접근’ 비행자료분석에 대하여 FDR 비행자료만으로 조종사의 비행행위나 항공기의 운항상태 및 위치 등에 대한 분석을 하였다. 그러나, 비행당시의 조종사의 교신내용이나 기상정보자료, 레이더 자료 등이 추가되었다면 당시의 정확한 상황을 파악하는데 매우 효과적이었을 것으로 판단된다. 따라서, 우리가 지향하고 있는 항공사고 예방 및 항행안전기술 개발을 위하여 항공선진국들이 추진하고있는 통합적인 항행안전체계 방식으로 지속적인 연구가 이루어져야 한다.

참고문헌

- (1) AACO Inc., Operation of the Maintenance and Analysis Ground Station, Doc. No. GGA-0011-001, Seattle, WA., 1996. 12
- (2) Boeing, Signal Details - Flight Recorder/AIDS, 1986. 6
- (3) Boeing, 747-400 Digital Flight Data Acquisition Card Interface Control Document, 1992.2
- (4) 항공법, “항공관계법규집” 노해출판사 2002.
- (5) FDR 분석 및 안전성 평가기술개발, 한국항공우주연구원, 2001. 12. 31
- (6) 운항기술기준, 건설교통부 항공국, 2002. 6. 12
- (7) 박용한 외2, 항공운항정보 및 절차, 2000. 11. 15