

보잉 B737의 항공사고 분석 연구

A Study on the Accident Analysis of Boeing B737

박영일^{1*}, 장조원²

한국항공대학교 일반대학원 항공운항관리학과¹, 한국항공대학교 항공운항학과 교수²

초 록

본 연구는 B737 항공기의 항공사고를 시리즈별로 분류하고 사고유형을 조사 연구하였다. 보잉의 B737은 세계적으로 가장 많이 생산된 기종 중에 하나이며, 최근까지도 가장 최신 모델을 생산해 낸 기종이다. 과거에는 기체결함 등의 기술적 요소로 인해 항공사고가 많이 발생하였으나 항공기술발전과 함께 사람과 기계가 연계된 인적요소를 강조한 안전관리 프로그램들을 시행하여 항공사고율을 감소시켰다. 따라서 항공사고의 원인을 바라보는 시각이 하드웨어에서 소프트웨어로 바뀌었고, 현재 대부분의 항공사들은 휴먼에러(Human error) 관리에 집중하고 있다. 하지만 최근 인도네시아에서 받음각(Angle of attack)센서 오류로 인해 항공사고가 발생했으며, 이처럼 기체결함 등의 기술적 요소로 인한 하드웨어적 사고가 다시 부각되고 있다. 이는 첨단기술이기는 하나 결국은 하드웨어에 해당하는 신하드웨어적 요인에 의한 항공사고 경향으로 회귀하고 있음을 보여준다. 따라서 인적요인과 더불어 하드웨어적 요인에 의한 항공사고관리의 중요성을 다시 한 번 확인하였다.

key word : 보잉 B737, 항공사고, 항공안전, 인적오류, 기술적 오류

1. 서 론

그리스 신화에 나오는 이카로스와 레오나르도 다빈치의 헬리콥터 설계 등 인간이 하늘을 날고 싶어 하는 욕망은 오래전부터 계속 이어져 왔다. 1903년 12월, 라이트형제가 현대 항공기의 시초가 되는 동력비행을 성공시킬 때까지 많은 이들이 비행실험을 계속했다. 제2차 세계대전 후, 항공선진국들은 민간항공에 눈을 돌렸고, 미국 보잉사가 1957년 B707 4발 제트여객기를 개발하여 민간항공수송에 큰 획을 그었다.

이후 보잉사는 B737, B747, B767, B777 그리고 B787기종들을 계속해서 개발하여 생산하고 있다. 그 중 B737은 최초 생산된 이후로 가장 많은 시리즈가 개발 및 생산 되었고, 크게 4세대의 시리즈 구분할 수 있다. 첫 번째, 오리지널 시리즈는 -100, -200모델이 해당된다. 두 번째, 클래식 시리즈는 -300, -400, -500모델이 해당된다. 세 번째, NG(Next Generation) 시리즈는 -600, -700, -800, -900모델이 해당된다. 그리고 네 번째로 최근에 생산된 시리즈가 Max이며, Max 7, 8, 9, 10모델이 여기에 해당된다.

이는 글라스 콕핏(Glass cockpit), 최신 엔진 기술, 보잉의 어드밴스드 테크놀로지 윙렛(Boeing's Advanced technology winglet), 첨단복합소재 등이 적용된 기종들이다. 보잉 B737기종은 2018년 10월 기준으로 주문된 14,985대중 10,314대가 생산 후 인도된 기체로서, 세계적으로 가장 많이 보급된 기종이라 할 수 있다.

이에 본 연구에서는 항공기가 발전함에 따라 전체적인 항공사고율은 감소하였으나 여전히 항공사고가 발생하고 있는 현황을 B737 시리즈를 중심으로 분류하고 조사 연구하고자 한다.

2. B737 기종의 세대별 특성

본 연구에서는 크게 오리지널, 클래식 시리즈를 컨벤셔널(Conventional)로 넥스트 제네레이션(Next Generation)과 맥스(MAX) 시리즈를 뉴 제네레이션(NEW Generation)으로 구분하였다. 그리고 항공기의 세대별 기체 발전 과정에 따른 사고 유형과 사고율의 변화를 살펴보았다.

2.1 컨벤셔널(Conventional) [1]

Fig 1.에 제시된 쾨벤서날 기종은 복잡한 조종실 내부로 인하여 운항 중 조종사들에게 많은 부담을 주었다. 1967년부터 제작·생산된 중단거리용 쌍발엔진을 장착한 B737(-100,-200)을 오리지널 시리즈의 모델로 한다. 날개엔진장착, 고양력장치 장착 등 이착륙시의 성능을 향상시키고 항속거리를 연장시킨 모델이며, B737 모델 중 가장 많은 사고가 발생한 모델이기도 하다. 클래식에는 B737(-300, -400, -500)의 모델이 포함된다. 오리지널 시리즈보다 기체를 낮게 설계하여, 착륙할 때 엔진에 지면에 닿을 위험을 줄여주기 위해 엔진 덮개의 형태를 타원으로 설계하였다.



Fig 1. B737-200 cockpit

2.2 뉴 제네레이션(New Generation) [2]

Fig 2.에 제시된 뉴 제네레이션 기종은 글라스 콕핏(Glass cockpit)이라고 불리는 디지털 조종실을 채택하여 운항 중 조종사들의 부담이 크게 줄어들었다. B737 NG 라고 불리는 B737 넥스트 제네레이션은 B737(-600 /-700 /-800 /-900)시리즈를 말한다. B737 클래식에 이어 1980 년부터 생산을 시작하였으며 이전의 모델보다 엔진성능이 향상되어 대륙간 횡단이 가능해졌다.



Fig 2. B737 New Generation cockpit

B737-600모델은 500모델 대체로 제작되었고,

-700은 -300모델 대체를 위한 모델로서, 연료탱크 증설 등으로 최대항속거리 10,200km을 가진 -700ER모델을 포함된다. -800모델은 -400모델을 대체하여 A320경쟁 모델로 NG 시리즈중 가장 많은 기체가 생산되었다. -800모델 기반으로 항속거리와 탑승가능인원을 늘린 -900모델, 연료탑재량 증가 및 윙렛으로 항속거리를 늘리고, 동체크기를 늘려 탑승인원을 증대시킨 -900ER 모델 모두 NG시리즈에 해당한다.

B737맥스(-MAX7, -MAX8, -MAX9, MAX10)는 CFM 인터내셔널 LEAP-1B엔진기술 및 보잉의 최첨단 테크놀로지 윙렛을 포함한 항공기 설계상의 업데이트를 통해 저항력은 줄었다. 장거리비행에 최적화되었고, 항속거리는 B737 NG보다 629~1055km 늘어났다. 또한 맥스는 항공기가 배출하는 소음을 40% 감소시키기 위해 최신엔진소음 저감 기술을 적용하였다. 2018년 10말 현재, 맥스의 전체 주문량 4,783대이다.

3. B737 기종의 사고현황

3.1 B737 기종 사고통계

B737이 1967년 4월 최초 생산되어 1968년 2월 서비스가 시작된 이래 2018년 10월 말까지 일어난 전손(hull-loss occurrences)사고는 209건으로 확인된다.(출처: *Flight Safety Foundation, Aviation Safety Network*). B737의 사고현황은 전손사고(이하 '사고' 라함)를 기준으로 하여, B737의 시리즈별 사고현황과 비행단계별 사고유형을 조사 분석하였다.

3.2 보잉 B737 기종 사고통계

3.2.1 보잉 B737 시리즈의 사고현황

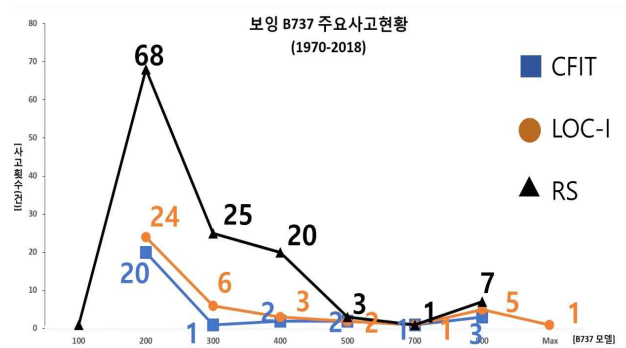


Fig. 3. B737 주요 사고현황

Fig.3은 B737 전체 모델의 사고현황을 나타낸

그래프다. ICAO가 항공안전에 있어서 가장 중점적으로 파악하는 주요사고인 CFIT, LOC-I, RS(Ground Handling시 발생한 사고포함)를 중심으로 하여 분석하였다. B737-200모델의 경우 CFIT, LOC-I, RS 모든 유형에서 사고가 가장 많이 발생한 것을 알 수 있다. -200모델이 총 1,114대가 생산되어 인도된 것을 감안하면, 사고 발생률은 10.1% 정도 이다. 이에 반해 총 5,036대를 생산하여 인도한 -800계열의 모델은 사고가 15건 밖에 발생하지 않았다. 약 0.3%의 사고율을 나타내었는데 200계열 모델과 비하면 그 차이를 확연히 파악할 수 있다. 기체의 개선과 발전이 거듭되면서 전체적인 사고의 발생건수가 감소되고 있음을 확인할 수 있다.

3.2.2. 보잉 B737의 세대별 사고현황 비교

4세대로 구분된 B737의 시리즈를 오리지널과 클래식을 묶어 컨벤셔널, 넥스트 제네레이션과 맥스시리즈를 하나로 묶어 뉴 제네레이션으로 구분하였다. 그리고 이 두 세대의 주요 사고유형을 분석하여 Fig.4.의 그래프 결과를 얻었다.

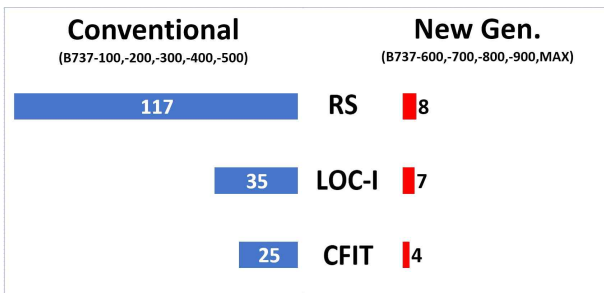


Fig. 4. B737 Conventional/New Gen. 사고현황비교

두 세대를 나누는 가장 큰 변화는 글라스 콕핏 등 최첨단 항공기술을 적용여부이다. 그래프를 보면 뉴 제네레이션 세대에 해당하는 기종들의 사고가 월등히 감소하였음을 알 수 있다.

보잉 B737이 1967년 100시리즈를 최초 제작한 이후 500시리즈까지 생산하여 인도한 컨벤셔널 세대의 기체는 3,132대이고, 1998년 이후 생산된 600시리즈부터 최근 맥스시리즈까지 생산하여 인도한 기체는 7,182대이며, 아직 인도되지 않은 뉴 제네레이션의 주문수량도 4,671대에 해당된다. 보잉 B737의 전체 인도된 기체대비 2018년 10월말 현재까지 전체사고비율 1.9%정도이며, 세대별 생산량 대비 비율을 각각 살펴보면 컨벤셔널은 5.6%, 뉴 제네레이션의 경우 0.26%의 사고율로 나타났다.

3.2.3. 보잉 B737 비행단계별 사고현황

통상 '마의 11분'이라고 하여 이륙 후 3분, 착륙 전 8분 동안 항공사고의 발생 확률이 가장 높다. 보잉 B737의 사고현황을 비행단계별로 분석하여 본 결과 그 확률을 확인할 수 있었다. 비행단계의 구분은 이륙/착륙(TO/LD)에 Ground Handling까지 포함하여 사고 현황을 분석하였으며, 접근(Approach) 단계는 별도 단계로 구분했다. 총 3단계(TO/LD, Approach, En Route)로 나누어 분석하였다. 구체적인 결과 그래프는 Fig.5.와 같다.

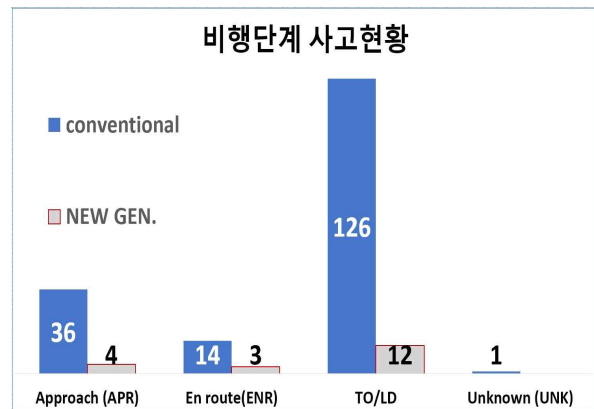


Fig. 5. 비행단계 사고현황

4. 항공안전 프로그램의 발전과정

4.1 기술적 에러(Technical errors) 관리

민간항공산업이 태동하던 1950년대부터 60년대 후반까지는 항공기 기체에 대한 결함을 없애는 것으로써 사고를 예방하고 항공안전을 관리하는 우선정책으로 여겼다. 즉, 기술적인 안전결함이 발견되면 이것을 조사하여 기술적 요소를 개선하는데 중점을 두었다.[3][4]

4.2 휴먼 에러(Human errors) 관리

항공안전규정이 강화되면서 항공사고는 다소 감소하였으나, 여전히 사고의 위험은 존재했다. 그러므로 항공안전의 요소를 기술적 요소에서 이것을 다루는 인적관련요소로 확대하기 시작하였다. 이는 운항승무원간의 의사소통, 의사결정, 리더십 결여와 같은 휴먼팩터(Human Factors)까지 안전위험요인을 확대하여 에러를 감소시키는 것을 주요 항공안전정책의 중점으로 삼았다. 이를 통해 운항승무원에 대한 훈련프로그램인 CRM(crew cockpit resource management)이 실시되었으며, 항공사고의 감소효과(단편적이기는 하나, CR

M시행으로 약 49%의 사고율 감소)에 가장 큰 기여와 성과를 거둔 훈련프로그램이었다.[5] 그런데 이것은 오류의 책임소재를 개인에게만 두었다는 측면에서 여전히 항공사고를 완벽히 예방하는데 한계점을 드러냈다.[6]

4.3 조직적·시스템적 관리

1980년대 중반이후 항공사고의 감소가 정체되자, 이전까지 인적자원에 대한 에러의 관리에 집중했던 항공사고예방, 즉 항공안전에 대한 정책이 실효를 거두고 있지 못하다는 것을 파악하였다. 이에 90년대 후반부터 항공사고 원인을 ‘인간의 오류-인적요인’에서 찾는 것이 아니라, 휴먼 에러를 사전에 예방할 수 있는 조직적 요인을 관리하는데 중점을 두기 시작했다. 즉, ‘시스템안전’의 개념이 항공 안전 정책에 적용된 것이다.[7]

ICAO는 세계 항공안전 예방을 위해 글로벌 항공안전계획(Global Aviation Safety Plan : GASP)을 바탕으로, 국가항공안전계획(State Safety Program: SSP), 항공사, 항공항행서비스공급자 및 공항 등이 실시하는 안전관리시스템(Safety Management System: SMS), 항공안전감독 및 안전자료의 수집과 분석, 그리고 각국의 공유를 통해 세계 민간항공이 항공안전에 도모하는 부속서 19를 신설하게 되었다. 또한 ICAO는 체약국의 항공안전 감독하기 위해 항공안전종합평가(USOAP)를 실시하였고, 2013년 이후에는 이를 상시감독체제로 전환하여 항공안전에 대한 모니터링을 시행하고 있다.[8] 또한, 항공운송사업자는 운항승무원의 피로도관리시스템(Fatigue Risk Management System : FRMS)를 통해 사고를 예방하도록 하고 있다.

5. 결론

2018년 10월 29일 인도네시아의 라이온항공 610편 B737 항공기가 자카르타 공항을 이륙한지 13분 만에 바다로 추락한 사고가 발생하였다. 해당사고기는 보잉사가 최고의 효율성을 내세우며 생산한 최신예 항공기인 B737-Max8이었다. 미국 연방항공국(FAA)에 따르면, B737-MAX8 항공기의 받음각 센서의 입력 신호 오류에 의한 사고라고 발표하였다.

항공기 발달초기에는 항공기술이 미비하여 항공기기체 및 장비결함에 의한 하드웨어적인 항공사

고가 큰 비중을 차지하였다. 이후 항공기술의 발달로 하드웨어적인 항공사고는 감소하였지만, 인적요인에 의한 에러로 항공사고가 발생하는, 이른바 소프트웨어적인 항공사고가 지속적으로 발생하였다. 이를 감소시키기 위하여 항공관련 구성원 모두가 GASP, SSP, SMS 그리고 FRMS등의 항공안전관리를 위한 끊임없는 노력으로 소프트웨어적인 항공사고가 상당히 감소하였다.

이번 라이온에어 610편 사고에서 잠정적으로 파악된 결과로 알 수 있듯이 하드웨어로 인한 항공사고는 현재까지도 지속적으로 발생하고 있다. 이는 항공사고의 발생경향이 초기 하드웨어적인 요인에서 소프트웨어적인 요인으로 변화하였다가 다시 신하드웨어적 요인(첨단기술이기는 하나 결국은 하드웨어에 해당하는)에 의한 항공사고 경향으로 회귀하고 있음을 보여준다. 따라서 민간항공의 안전을 위하여 기술적 선두국가 뿐만 아니라 모든 항공관련 국가 및 구성원들은 지금까지 집중했던 소프트웨어적인 항공안전관리와 더불어 고장 및 기체결함 등 신하드웨어적인 안전관리에도 지속적으로 집중해야 할 것이다.

참고문헌

- [1] http://www.airportal.go.kr/knowledge/aircrafts/KhMain01P1.jsp?df_id=188
http://www.airportal.go.kr/knowledge/aircrafts/KhMain01P1.jsp?df_id=191 (최종접속일:2018.11.20.)
- [2] http://www.airportal.go.kr/knowledge/aircrafts/KhMain01P1.jsp?df_id=1114 (최종접속일:2018.11.20.)
<https://www.boeing.co.kr/%EC%A0%9C%ED%92%88-%EB%B0%8F-%EC%84%9C%EB%B9%84%EC%8A%A4/737max.page> (최종접속일:2018.11.26.)
- [3] 김철영, 최연철, 권보현, 최진국, 2011, 항공안전관리론, 한국항공대학교, 경기, pp.2-4.
- [4] 이강준·권오영, 2002년, 항공안전과 인적요인, 제24회 항공우주의학학술대회, 서울, pp. 7-10.
- [5] 김철영, 최연철, 권보현, 최진국, 2011, 항공안전관리론, 한국항공대학교, 경기, pp.160-183.
- [6] 이강준·권오영, 2002년, 항공안전과 인적요인, 제24회 항공우주의학추계학술대회, 서울, pp.7-10.
- [7] 송기한, 2016, 항공분야 안전관리체계 현황과 발전방안, 월간교통, 2016.3.Vol.217, 항공교통연구원, p.26.
- [8] 송기한, 2016, 항공분야 안전관리체계 현황과 발전방안, 월간교통, 2016.3.Vol.217, 항공교통연구원, pp. 27-28.