

항공기 준사고조사 보고서

착륙활주 중 활주로 이탈
(주)제주항공
B737-800, HL7780
김포공항 활주로 14R
2013. 2. 3.



2014. 7. 28.



항공 · 철도사고조사위원회

이 항공기 준사고 보고서는 대한민국 「항공·철도 사고조사에 관한 법률」 제25조에 따라 작성되었다.

대한민국 「항공·철도 사고조사에 관한 법률」 제30조에는

“사고조사는 민·형사상 책임과 관련된 사법절차, 행정처분절차, 또는 행정쟁송절차와 분리·수행되어야 한다.” 고 규정하고 있으며,

국제민간항공조약 부속서 13, 3.1항과 5.4.1항에는

“사고나 준사고 조사의 궁극적인 목적은 사고나 준사고를 방지하기 위함 이므로 비난이나 책임을 묻기 위한 목적으로 사용하여서는 아니 된다. 비난이나 책임을 묻기 위한 사법적 또는 행정적 소송절차는 본 부속서의 규정 하에 수행된 어떠한 조사와도 분리되어야 한다.” 고 규정하고 있다.

그러므로 이 보고서는 항공안전을 증진시킬 목적 이외의 용도로 사용하여서는 아니 된다.

만일 이 준사고조사 보고서의 해석에 있어서 한글판과 영문판의 차이가 있을 때는 한글판이 우선한다.

항공기 준사고조사 보고서

항공·철도사고조사위원회, 착륙활주 중 활주로 이탈, (주)제주항공, HL7780, B737-800, 김포공항 활주로 14R, 2013. 2. 3. 항공기 준사고조사 보고서 ARAIB/AIR1301, 대한민국 세종특별자치시

대한민국 항공·철도사고조사위원회는 독립된 항공사고조사를 위한 정부 기구이며, 「항공·철도 사고조사에 관한 법률」 및 「국제민간항공조약」 부속서 13의 규정에 의거하여 사고조사를 수행한다.

항공·철도사고조사위원회의 사고 또는 준사고 조사 목적은 비난이나 책임을 묻고자 하는 것이 아니라 유사 사고 및 준사고의 재발을 방지하고자 하는 것이다.

주 사무실은 세종특별자치시에 위치하고 있다.

주소: 세종특별자치시 다솜2로 94 국토교통부 5동 603호, 우편번호 339-012

전화: 044-201-5447

팩스: 044-201-5698

전자우편: araib@korea.kr

홈페이지: <http://www.araib.go.kr>

차 레

김포공항 착륙활주 중 활주로 이탈	1
개요	1
1. 사실 정보	2
1.1 비행 경위	2
1.2 인명 피해	4
1.3 항공기 손상	4
1.4 기타 손상	5
1.5 인적 정보	5
1.5.1 기장	5
1.5.2 부기장	6
1.6 항공기 정보	7
1.6.1 항공기 일반정보	7
1.6.2 항공기 제원	8
1.6.3 항공기 정비이력	8
1.6.4 중량 및 평형	9
1.7 기상 정보	10
1.8 항행안전시설	11
1.9 통신	12
1.10 비행장 정보	14
1.10.1 비행장 일반정보	14
1.10.2 김포공항 제설작업	15
1.10.2.1 제설작업 기준	15
1.10.2.2 제설작업 장비 및 제설제	15
1.10.2.3 제설작업 시행	17
1.10.2.4 제설작업 후 조치	18

1.11 비행기록장치	19
1.11.1 비행자료기록장치	19
1.11.2 조종실음성기록장치	21
1.12 잔해와 충격 정보	21
1.13 의학 및 병리학적 정보	21
1.14 화재	21
1.15 생존 분야	22
1.15.1 비상대응	22
1.16 시험 및 연구	22
1.17 조직 및 관리 정보	22
1.18 기타 사항	23
1.18.1 운항승무원의 진술	23
1.18.2 착륙준비	25
1.18.2.1 착륙거리 산출	25
2. 분석	27
2.1 일반	27
2.2 비행장 제설작업	27
2.3 활주로 상태 정보	27
2.3.1 활주로 노면 상태	28
2.3.2 활주로 제동상태	29
2.4 운항승무원의 강설 대응	30
2.4.1 착륙 전 준비	30
2.4.2 착륙 중 조작	31
2.4.2.1 착륙 접지	31
2.4.2.2 자동브레이크 및 수동브레이크의 사용	33
2.4.2.3 역추력장치의 사용	33
2.5 활주로 제동상태와 착륙거리	34

3. 결론	37
3.1 조사결과	37
3.2 원인	39
4. 안전권고	40

김포공항 착륙활주 중 활주로 이탈

- 항공기 운영자: (주)제주항공
- 항공기 제작사: 보잉사
- 항공기 형식: B737-800
- 항공기 등록부호: HL7780
- 발생장소: 김포공항 활주로 14R
- 발생일시: 2013년 2월 3일 22:20경 (한국표준시각¹⁾)

개 요

2013년 2월 3일 21:09경 (주)제주항공 소속 120편(B737-800, HL7780), 정기 여객 운송용 항공기가 제주국제공항을 출발하여, 22:18경 김포국제공항 활주로 14R로 착륙활주 중 활주로 14R 말단과 연결된 유도로 B1으로 개방하려고 했으나 지상 이동 속도로 감속하지 못하고 직진하면서 22:20경 활주로 14R 말단을 약 40m 지난 포장면 옆 녹지대로 이탈 후 정지하였다. 이 준사고로 인한 탑승 승무원 및 승객의 피해는 없었고, 항공기에도 손상은 없었다.

항공·철도사고조사위원회는 “①운항승무원이 착륙 전 활주로 상태를 주의 깊게 고려하지 못하여 착륙 중 악조건의 활주로 제동상태를 예측 및 선택하지 못하였고, PF와 PM사이에 착륙 중 착륙거리 및 감속계획 등을 공유하지 못하였다.”와 “②PF가 착륙활주 중 활주로를 개방할 수 있는 속도로 충분히 감속되기 전에 감속시스템을 모두 해제하였고, 이후 활주로 말단까지 남은 거리가 충분한 것으로 착각하여 활주로 마지막 1/3구간에서의 활주로 미끄럼 상태에 대응하지 못하였다.” 라를 이 준사고의 원인으로 결정한다. 그리고 PF가 착륙브리핑을 실시하지 않은 것과 활주로 14R에 대한 제설작업 후 활주로 노면 상태에 관한 정보가 항공기에 제공되지 않은 것을 기여요인으로 결정한다.

항공·철도사고조사위원회는 이와 관련하여 (주)제주항공에 4건, 한국공항공사에 1건의 안전권고를 발행한다.

1) 이 보고서상의 모든 시간은 24시를 기준으로 한 한국표준시간 임.

1. 사실 정보

1.1 비행 경위

2013년 2월 3일 21:09경 (주)제주항공 소속 120편 정기 여객 운송용 항공기 (B737-800/HL7780, 이하 “HL7780” 이라 한다.)가 김포국제공항(이하 “김포공항” 이라 한다.)을 목적지로 제주국제공항(이하 “제주공항” 이라 한다.)에서 이륙하였다. HL7780의 운항승무원은 기장과 부기장 2명이었으며, 기장이 좌측석에서 조종담당조종사(PF: Pilot Flying, 이하 “PF” 라 한다.) 임무를 수행하였고, 부기장은 우측석에서 감시담당조종사(PM: Pilot Monitoring, 이하 “PM” 이라 한다.) 임무를 수행하였다. 운항승무원은 제주공항에서 이륙하기 전 주기장에서 제주항공 운항담당으로부터 김포공항의 기상정보(Moderate snow, 제동상태: Medium to Good)를 받았다.

운항승무원은 21:14:46에 제주항공에 이륙완료 보고²⁾를 하면서 김포공항의 기상을 요구하였으며, 제주항공으로부터 김포공항 기상이 지상풍 120도에 6노트, 시정 1,200m, 약간의 강설(light snow)과 연무(mist), 1,000피트에 약간의 구름(scattered), 8,000피트에 구름 덮임, 기온 영하 2도, QNH 1021이라고 통보를 받았다.

운항승무원은 항로비행 중 기장의 기내방송이 끝나고 김포공항의 기상을 확인하기 위해 21:26:46에 공항자동정보방송시스템(ATIS) 코드 “S(sierra)” 를 청취하였다. 이에 따르면, 21:17 현재 김포공항은 활주로 14R이 사용 중이었으며 지상바람은 130도에 5노트, 시정은 600m, 기온은 섭씨 영하 2도, 활주로 가시거리는 접지 구간 1,400m, 중간 구간 1,300m, 마지막 구간 1,300m이었고, 활주로 상태는 중간정도의 눈(moderate snow)이 내리고 있어 젖어 있었고 활주로 제동상태³⁾는 “Medium to Good” 이었다. 활주로 14L은 제설 작업으로 인하여 폐쇄되어 있었다.

운항승무원은 21:39:08에 강하점검(descent checklist)을 했으며, 이 때 기장이

2) 제주항공 종합통제용 무선주파수 129.075MHz 사용

3) 활주로 제동상태의 구분: “Good(좋음)”, “Medium(중간정도)”, “Poor(나쁨)” 또는 복합적으로 영어로 표현(예: Medium to Good 또는 Medium to Poor 등)

“Auto Brake 3” 으로 선택했다.

HL7780이 고도 13,000피트로 비행 중 21:46:17에 서울접근관제소에서 관제 중인 주파수 119.75MHz로 김포공항으로 입항하는 모든 항공기에 대해 “two aircraft has made a go-around due to poor breaking action(항공기 2대가 활주로 제동상태가 나빠 복행했다.)” 라고 맹목방송(blind broadcasting)을 하였으며, PF와 PM은 이를 청취하였고 PF는 그 상황에 대하여 회의적인 언급을 하면서 별다른 조치는 하지 않았다.

HL7780이 고도 10,000피트로 비행 중일 때 22:00:14에 서울접근관제소에서 김포공항으로 접근 중인 모든 항공기에 대해 김포공항 활주로 14R의 활주로 가지거리와 제동상태(“medium to poor”)를 방송하였고, 이를 청취한 PM이 공항자동정보방송을 더 청취 및 확인해보겠다고 했으나 PF는 기상이 자꾸 변하고 있다는 것을 알고 있어서 더 이상 불필요하다고 언급하였고 별다른 조치는 하지 않았다.

22:02:17에 HL7780은 고도 10,000피트로 안양(Anyang VORTAC)으로 접근 중 서울접근관제소로부터 활주로 14R로 계기접근 허가를 받았으며, 22:08:11에 운항승무원은 접근점검(Approach checklist)을 수행하였으며, 22:13:09에 활주로 14R의 계기착륙시설(ILS) 무선신호를 수신하였고, 22:15:29에 계기착륙시설에 정대하였다.

22:15:43에 HL7780은 활주로 14R 최종접근로 약 6.5NM에서 김포관제탑과 교신하였고, 잠시 후 착륙장치를 내리고, 플랩 30도 및 속도 점검을 하였으며, 22:16:35에 착륙 전 점검(Before landing checklist)을 수행하였고 22:16:47에 착륙 전 점검을 완료하였다.

22:17:03에 HL7780 운항승무원은 고도 1,000피트를 지날 때 김포관제탑으로부터 “진입등(Approach lights)이 고도 400피트에서 보이며 B737기가 보고한 제동상태는 Medium” 이라는 정보를 받았고, 지상바람 080도 방향에 4노트의 정보와 함께 활주로14R로 착륙허가를 받았다.

22:17:24에 HL7780은 활주로 14R 시단으로부터 약 2.3NM 지점에서 자동 조종장치(Auto Pilot)를 풀고 수동(Manual)으로 접근하였으며, 22:17:45에 고도 500피트에서 착륙자세가 안정(stabilized)되었고 진입등을 육안으로 확인하였으며, 와이퍼는 작동⁴⁾시키지 않았다.

22:18:24에 HL7780은 50피트를 지났고, 착륙 중 진입각지시등(PAPI)이 ‘3 RED’⁵⁾이었으며, 활주로 14R에 접지한 후 착륙활주 중 PM이 “Speed brakes up”, “Two reverser green”, “Auto brake disarm”, “80노트” 및 “50노트” 라고 말했다(Call out), PF는 “End of runway” 라고 말했다.

22:19:34에 HL7780은 관제탑으로부터 “유도로 B1과 B2를 경유하여 지상 이동” 하라는 지시를 받고 이를 복창하였으며, 약 5초 후 HL7780은 활주로를 이탈하기 시작하였고, 22:20경 활주로 14R 말단 포장면(stopway)⁶⁾의 좌측 녹지대에 정지하였다.

1.2 인명피해

HL7780에 탑승자는 운항승무원 2명, 객실승무원 4명, 승객 187명이었으며, 이 준사고로 인한 피해자는 없었다.

1.3 항공기 손상

HL7780은 [그림 1]과 같이 활주로를 벗어나 전방착륙장치(nose landing gear) 및 주 착륙장치(main landing gear)가 모두 녹지대로 들어가면서 바퀴 직경의 절반정도가 지면 속으로 빠졌으나 기체에 손상은 없었으며, 양쪽 엔진은 내시경 검사(BSD)를 실시한 결과 손상이 없었다.

HL7780은 주기장으로 견인된 후 착륙장치 및 제동장치에 대한 특별점검이 수행되었으며 특별한 결함이 발견되지 않았으나, 제주항공은 잠재적인 결함 가능성을 제거하기 위해 전방 및 주 착륙장치의 모든 타이어와 주 착륙장치의 제동장치(brake assembly)를 교환하였다.

4) 조종실음성기록: “Wiper는 요? 됐어, 됐어”

5) 기장의 진술이며, 정상 활공각 3도보다 낮은 각도로 접지

6) 김포공항에서는 “Stopway(정지로)” 가 설정되어 있지 않아 정지리로 명명하지 않고 포장면으로 표기 함

활주로 이탈로 인한 항공기의 상태를 점검하기 위해 정비교범⁷⁾에 따른 시험비행이 수행되었고, 그 결과 모든 기능이 정상상태였다.



[그림 1] 활주로 이탈 후 항공기 모습

1.4 기타 손상

이 준사고로 인한 기타 손상은 없었다.

1.5 인적 정보

1.5.1 기장

기장(57세, 남)은 2012년 3월 12일 제주항공에 입사하였고 유효한 운송용 조종사 자격증명⁸⁾, B737 한정증명⁹⁾, 제1종 항공신체검사증명¹⁰⁾, 항공무선통신사자격증¹¹⁾, ICAO 4등급¹²⁾ 영어구술능력증명을 보유하고 있었다. 기장의

7) AMM 05-51-01

8) 자격번호: 11-001255 (1996. 7. 27. 취득)

9) 취득일: 2012. 8. 6.

10) 발급번호: 122-2593(2013. 3. 31.까지 유효)

11) 자격번호: 90-34-0-0136 (1990. 4. 4. 교부)

12) 유효기간만료일: 2015. 1. 27.

총비행시간은 16,367시간, 총기장시간은 11,370시간, B737 기장시간은 370시간, 최근 3개월 비행시간은 226시간, 최근 1개월 비행시간은 68시간이었다.

B737 기종 자격취득을 위하여 2012년 6월 17일부터 7월 15일까지 모의비행장치 훈련(Simulator Training)을 받은 후 2012년 7월 16일 실시한 기량심사(Proficiency Check)에 합격하였고 2012년 9월 5일 노선비행심사에 합격하였다.

비행전 72시간 행적으로서 2013년 2월 1일은 비행이 없어 집에서 휴식을 하였고, 2월 2일은 오후 인천-나고야-인천구간의 비행을 마친 후 20:00경 퇴근하여 24:00경 취침을 하였다. 비행 당일인 2월 3일은 08:00경 기상하여 13:00경 회사에 출근하였고, 16:05경 김포-제주 구간의 비행을 시작으로 제주-김해, 김해-제주 구간의 비행을 하였다.

준사고 비행 전 24시간 이내에 음주나 허가되지 않은 약물은 복용하지 않았고 비행 당시 건강은 양호하였다.

1.5.2 부기장

부기장(36세, 남)은 2012년 10월 8일 제주항공에 입사하였고, 유효한 운송용 조종사 자격증명¹³⁾, B737 한정증명¹⁴⁾, 제1종 항공신체검사증명¹⁵⁾, 항공무선통신사자격증¹⁶⁾, ICAO 4등급¹⁷⁾ 영어구술능력증명을 보유하고 있었다. 총비행시간은 7,036시간, B737 기종은 238시간, 최근 3개월 비행시간은 153시간, 최근 1개월 비행시간은 48시간이었다.

B737 기종 전환과정으로 2012년 11월 2일부터 11월 14일까지 모의비행장치 훈련(Simulator Training)을 받은 후 2012년 11월 15일 실시한 기량심사

13) 자격번호: 11-002926 (2006. 10. 12. 취득)

14) 취득일: 2012. 2. 6.

15) 발급번호: 111-1451 (2013. 7. 31.까지 유효)

16) 자격번호: 98-34-8-0038 (2012. 5. 3. 교부)

17) 유효기간만료일: 2013. 10. 31.

(Proficiency Check)에 합격하였고, 2012년 12월 10일 노선비행심사에 합격하였다.

비행전 72시간 행적으로서 부기장은 2013년 1월 30일부터 2월 1일까지 가족여행을 하였고, 2월 2일은 집에서 휴식을 한 뒤 23:00경 취침을 하였다. 비행 당일 2월 3일은 08:00경 기상하여 가벼운 운동을 한 뒤 13:00경 회사에 출근하였고, 16:05경 김포-제주 구간의 비행을 시작으로 제주-김해, 김해-제주 구간의 비행을 하였다.

준사고 비행전 24시간 이내에 음주나 허가되지 않은 약물은 복용하지 않았고 비행 당시 건강은 양호하였다.

1.6 항공기 정보

1.6.1 항공기 일반정보

HL7780은 2000년 1월 29일 미국 보잉사에서 B737-800 모델 여객기로 제작¹⁸⁾된 후 2008년 7월 20일 제주항공이 임차형식¹⁹⁾으로 도입하여 대한민국 정부에 등록하였으며, 유효한 감항증명²⁰⁾을 보유하고 있었다.

이 항공기의 총비행시간은 39,033 시간이고, 총 착륙횟수는 24,148회였다.

이 항공기에는 미국과 프랑스 합작회사인 CFMI²¹⁾사에서 생산된 2개의 CFM56-7B26 엔진이 장착되어 있었으며, 엔진정보는 [표 1]과 같다.

장착위치	일련번호	사용시간	착륙횟수	장착일자
좌측(1번)	875520	40,387	24,033	2011. 12. 20.
우측(2번)	876201	37,929	23,159	2011. 9. 20.

[표 1] HL7780 엔진 정보

18) 제작 일련번호: 28827, 매뉴얼 적용 번호: 007

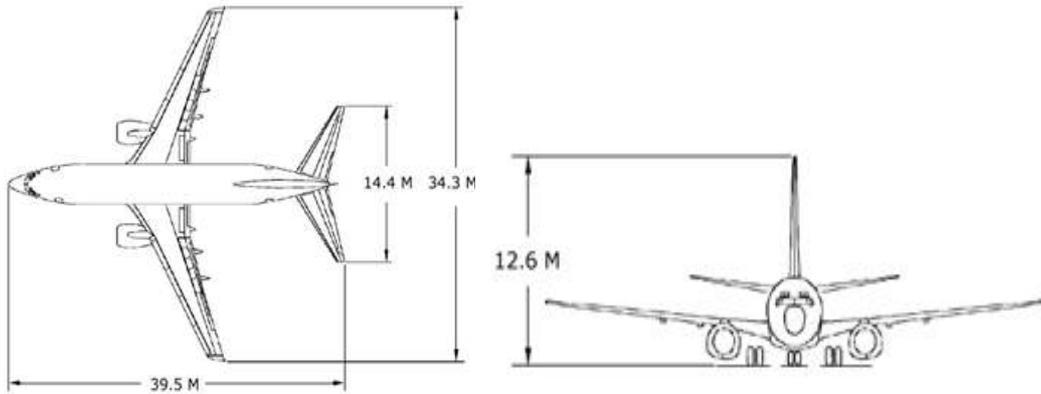
19) 임대자(Lessor): 맥쿼리 그룹(Macquire Group), 호주

20) 감항증명서 번호: AB08008

21) CFM International

1.6.2 항공기 제원

HL7780의 일반적인 항공기 제원은 아래 [그림 2]와 같다.



[그림 2] 항공기 제원

제작사에서 정한 HL7780의 표준 착륙활주거리는 1,633m이며, 「운항기술 기준」 8.3.4.8항(착륙성능제한)의 규정에 따라 목적지인 김포공항의 활주로 14R에서 착륙활주는 활주로 길이 3,200m의 60%인 1,920m이내에 이루어져야 한다. 활주로가 미끄러운 상태에서는 1,633m의 115%인 1,878m이내에 완전한 착륙정지를 할 수 있어야 한다.

1.6.4 항공기 정비이력

HL7780은 준사고 당일 국내선에 투입되어 총 8회의 비행을 하였으며, 마지막 구간인 ‘제주공항-김포공항’ 비행을 위하여 제주공항 주재 정비사가 비행 전 점검절차²²⁾에 따라 항공기 점검을 수행한 후 비행을 허가(release) 하였다.

준사고일 기준 최근 1주일간 비정상적인 결함으로 인한 대수리 정비작업은 없었으며, 주 착륙장치(main landing gear)의 타이어 마모 결함으로 준사고 1일전²³⁾ 4번 바퀴 전체(wheel & tire)가 정비교범²⁴⁾에 따라 교환되었다.

22) B737-800 Transit Check Sheet (JJA-MA-006)

2번 엔진의 역추력장치 카울 개폐 작동기 로드(thrust reverser cowl opening actuator rod)가 구부러져 2013년 1월 7일 작동기(actuator)가 교환되었다.

1.6.4 중량 및 평형

HL7780의 중량 정보는 [표 2]와 같다

(단위: kg)

이륙중량(TOW)	64,732	최대이륙중량(MTOW)	79,015
무연료중량(ZFW)	56,912	최대무연료중량(MZFW)	61,688
착륙중량(LDW)	61,840	최대착륙중량(MLDW)	65,317
이륙연료(Takeoff Fuel)	7,820	소모연료(Trip Fuel)	2,892
승객중량	14,049	화물중량	1,084

[표 2] HL7780의 중량 정보

HL7780의 이륙 및 착륙 시 무게중심은 [표 3]과 같이 비행교범에서 정한 무게중심(C.G.)의 허용범위 내에 있었다.

(단위: C.G. % MAC)

구 분	이륙중량무게중심 (TOW CG)		착륙중량무게중심 (LDW CG)	
	전방	후방	전방	후방
허용범위	11.3	30.3	9.5	29.5
실제 무게중심 위치	22.63		19.2	

[표 3] HL7780의 이륙 및 착륙 시 무게중심

23) 2013. 2. 2.

24) AMM 32-45-11-000

1.7 기상정보

HL7780이 22:20경에 김포공항에 착륙하였으며, 이 당시 김포공항의 정시 관측 기상은 다음과 같다.

METAR 1300Z 11004노트 0800 R14R/1300V1600U R14L/1300V1600U SN BR BKN004 OVC020 M02/M04 Q1020hPa NOSIG= (지상 바람 110도 방향에 4노트, 시정은 보통정도의 강설과 박무 상태로 인해 우시정 800m 활주로 14R 1,300m에서 1,600m까지 가변, 하늘상태 400피트에 많은 구름 2,000피트에 하늘 덮임, 기온 섭씨 영하 2도, 기압 1020헥토파스칼)

김포공항 21:17 특별관측 기상이 자동공항정보방송시설(ATIS) 코드 S로 방송되었으며 HL7780은 제주공항을 이륙한 후 21:57경까지 3차례 이 정보를 수신²⁵⁾하였다. 그 내용은 아래와 같다.

“Gimpo international airport information SIERRA, time 1217 Zulu. Expect ILS/DME RWY14R approach. Runway condition damp. Braking action Medium to Good reported by B737. Runway 14R runway condition reading 19 30 40 by SFT at 1205 Zulu. Runway 14R touchdown wind 130 at 5 knots, visibility six hundred meters with MOD SN BR. Runway 14R touchdown RVR one thousand four hundred meters mid RVR one thousand three hundred meters end RVR one thousand three hundred meters. Cloud BKN five hundred feet, OVC three thousand feet. Temperature minus 02 centigrade, dew point minus 04. QNH 1021 hectopascal, 3015 inches. Trend weather NOSIG. Runway 14L closed due to snow removal.”

HL7780이 고도 27,000피트로 순항비행 후 김포공항으로 접근 및 착륙하기 위해 서울접근관제소 및 김포관제탑의 관제를 받으며 관제사로부터 직접 통보 받은 김포공항의 활주로 제동상태 정보는 다음 같다.

25) 조종실음성기록장치의 기록으로 확인

통보시각	관 제 석	기상정보 내용
21:46:06	접근관제	Be advised all aircraft inbound Gimpo, 2 aircraft has made a go-around due to poor braking action.
22:00:29	도착관제	Gimpo runway 14R braking action medium to poor.
22:10:08	도착관제	Attention all aircraft, now braking action 14R is medium to good reported by B737.
22:17:01	국지관제	JJA120, advise approach light insight 400ft, braking action medium reported B737.

2013년 2월 3일 15:40에 항공고정통신망(AFTN)으로 발표²⁶⁾된 김포공항 대설경보는 다음과 같다.

RKSS AD WRNG 1 VALID 030840/032100 HVY SN MORE THAN 05CM=(3일 17:40부터 4일 06:00사이에 5cm이상의 대설경보)

2013년 2월 3일 20:00에 항공고정통신망(AFTN)으로 발표된 김포공항 저시정 경보는 다음과 같다.

RKSS AD WRNG 2 VALID 031200/031500 SFC VIS LESS THAN 600M=(3일 21:00부터 24:00사이에 600m미만의 시정경보)

1.8 항행안전시설

HL7780이 김포공항 활주로 14R로 착륙할 때 계기착륙시설(ILS/DME)을 이용하였으며 정상으로 작동하였다.

김포공항 항공등화제어소에 설치된 “항공등화점·소등기록장치”의 기록에 따르면, HL7780이 활주로 14R로 착륙할 때 진입등시스템, 진입각지시등, 활주 로등²⁷⁾ 및 유도로등이 점등되어 있었다.

항공기가 활주로 14R로 착륙하여 활주로 말단과 연결된 유도로 B1으로 지상이동(taxi)하는 것을 안내하는 등화의 점등상태는 [그림 3]과 같다.

26) 제주항공을 포함한 국내 모든 항공사에 통보

27) 활주로스단등 및 활주로말단등도 연동하여 점·소등



[그림 3] 활주로 및 유도로 중심선등

활주로 14R의 말단을 표시하는 등화의 점등 및 그 말단을 지난 포장면의 상태는 [그림 4]와 같다.



[그림 4] 활주로 14R 말단등

1.9 통신

HL7780기 김포공항으로 접근 및 착륙하기 위해 서울접근관제소 및 김포 관제탑 관제사와 교신할 때 통신에 장애는 없었으며, HL7780과 관제기관 간 주요교신 내용은 [표 4]와 같다.

시각	송신자	송신 내용
21:37:51	JJA120	Approach, good evening, JJA120 approaching OLMEN, descending flight level 160, Sierra.
21:39:56	SAPP	JJA120 descend to 13,000, Gimpo QNH 1021.
21:40:00	JJA120	13,000, JJA120.
21:46:06	SAPP	Be advised all aircraft inbound Gimpo, 2 aircraft has made a go-around due to poor braking action.
21:50:40	SAPP	JAL95 how long would you like to hold?
21:50:46	JAL95	Well...ah..until runway 14 left open. We cannot land in the braking action very poor. (B767-300)
21:55:59	SAPP	JJA120 contact Gimpo arrival 119.9.
22:00:13	GARV	Attention all aircraft, Gimpo runway 14R touch down RVR 1,700m, mid 1,800, roll out 1,800.
22:00:29	GARV	Gimpo runway 14R braking action medium to poor.
22:08:41	GARV	KAL1248 current RVR runway 14R 1,700 1,700 1,500 and braking action medium to poor.
22:08:50	KAL1248	Roger, KAL1248.
22:10:02	TWR	KAL1252, approach light insight와 braking action 상태 어떻습니까?
22:10:06	KAL1252	approach light는 550피트 정도에서 insight 됐고요, braking action은 medium정도 되는 것 같습니다. Poor까지는 안 되고요. (B737-900)
22:10:08	GARV	Attention all aircraft, now braking action 14R is medium to good reported by B737.
22:13:36	ABL883	활주로 450에서 보이고 braking action medium입니다.
22:15:28	JJA120	Seoul arrival, JJA120 established.
22:15:32	GARV	JJA120 roger, contact Tower 118.1.
22:15:35	JJA120	118.1, JJA120 good night.
22:15:42	JJA120	김포 Tower, JJA120 established 14R.
22:15:47	TWR	JJA120 Tower, continue approach runway 14R.
22:15:50	JJA120	Continue 14R, JJA120.
22:17:01	TWR	JJA120, advice approach light insight 400 feet and braking action medium reported by B737.

시각	송신자	송신 내용
22:17:11	JJA120	Roger, thank you.
22:17:13	관제사	JJA120 now cleared to land runway 14R, wind 080 at 4.
22:17:16	JJA120	JJA120 cleared to land 14R.
22:19:03	JJA120	Tower, JJA120 vacate via end of runway.
22:19:07	TWR	ROGER
22:19:32	TWR	JJA120 cross runway 14L, B1 then B2.
22:19:57	JJA120	JJA120 overrun 했습니다.

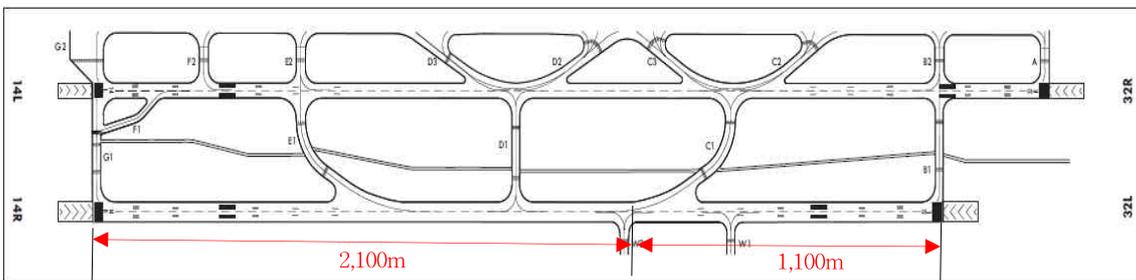
※ JJA: JEJU AIR; JAL: JAPAN AIR; ABL: AIR BUSAN; SAPP: 서울접근관제소 접근관제석; GARV: 서울접근관제소 도착관제석; TWR: 김포관제탑

[표 4] HL7780과 관제기관간 주요교신 내용

1.10. 비행장 정보

1.10.1 비행장 일반정보

김포공항 활주로 배치도는 [그림 5]와 같으며, HL7780이 착륙한 활주로 14R의 제원은 길이 3,200m, 폭 60m로서 아스팔트로 포장되어 있으며, 활주로 14R 시단으로부터 고속개방유도로 C1까지의 길이는 약 2,100m, 유도로 C1으로부터 직각유도로 B1까지의 길이는 약 1,100m이다.



[그림 5] 김포공항 활주로 배치도

1.10.2 김포공항 제설작업

1.10.2.1 제설작업 기준

김포공항에 강설이 있을 때 「항공법」 제111조의2, 「공항운영기준」 제4장제14절 제설계획, 「공항운영규정」 4.15항 및 같은 규정 부록 2 ‘김포공항제설계획’에 정하는 바에 따라 활주로 점검을 실시하고 활주로 점검결과 제설작업이 필요하다고 판단²⁸⁾되면 관제탑 등과 협조하여 한국공항공사에서 제설작업을 실시한다.

제설작업은 적설량이 2.5cm이하일 때, 30분당 3.5cm 또는 5cm일 때를 기준으로 1단계, 2단계 및 3단계로 구분하여 제설작업 지역을 우선순위를 정하여 실시하는 것으로 정하고 있다.

1.10.2.2 제설작업 장비 및 제설제

준사고 당일 김포공항 제설작업에 [그림 6]과 같은 형식의 차량 8대가 동시에 투입되었으며, 그 차량에는 삽날, 솔 및 송풍기가 일체식으로 장착되어 있고 그 규격은 [표 5]와 같다.

구분	제 원	단 위	규 격
일 반 제 원	삽 날 폭	m	5.6m 이상
	Working Speed(Max, Normal)	Km/h	40km/h 이상
	Main Engine Power(Gross, Net)	HP/rpm	320HP 이상
	Working Weight	Kg	30,000Kg 이하
	전 장	mm	13,000mm 이하
	전 폭	mm	2,900mm 이하
	전 고	mm	3,800mm 이하
	축간거리	mm	6,760mm 이하
	최저 지상고	mm	330mm 이상
	최소회전반경(Inner, Outer)	mm	Inner-17m이하, Outer-20m이하
	Wheel 구동방식	-	4 X 4 이상

[표 5] 제설차량의 규격

28) 활주로 노면 표지가 보이지 않을 정도로 적설



[그림 6] 일체식(삽날, 솔, 송풍기) 제설차량

제설작업이 완료된 후 활주로 노면에 잔류된 눈·얼음을 화학반응으로 어는 온도를 낮추어 눈·얼음을 녹이는 제설제 “GREEN SR-100²⁹⁾” 가 [그림 7]과 같은 차량으로 약 5톤이 활주로 14R에 살포되었다.

환경표지인증 기준에 따르면, 이 제설제의 품질기준은 섭씨 영하 5도 및 영하 12도의 조건에서 10분, 30분 및 60분간 용빙량이 염화나트륨의 90% 이상이어야 하는 것으로 정하고 있다.



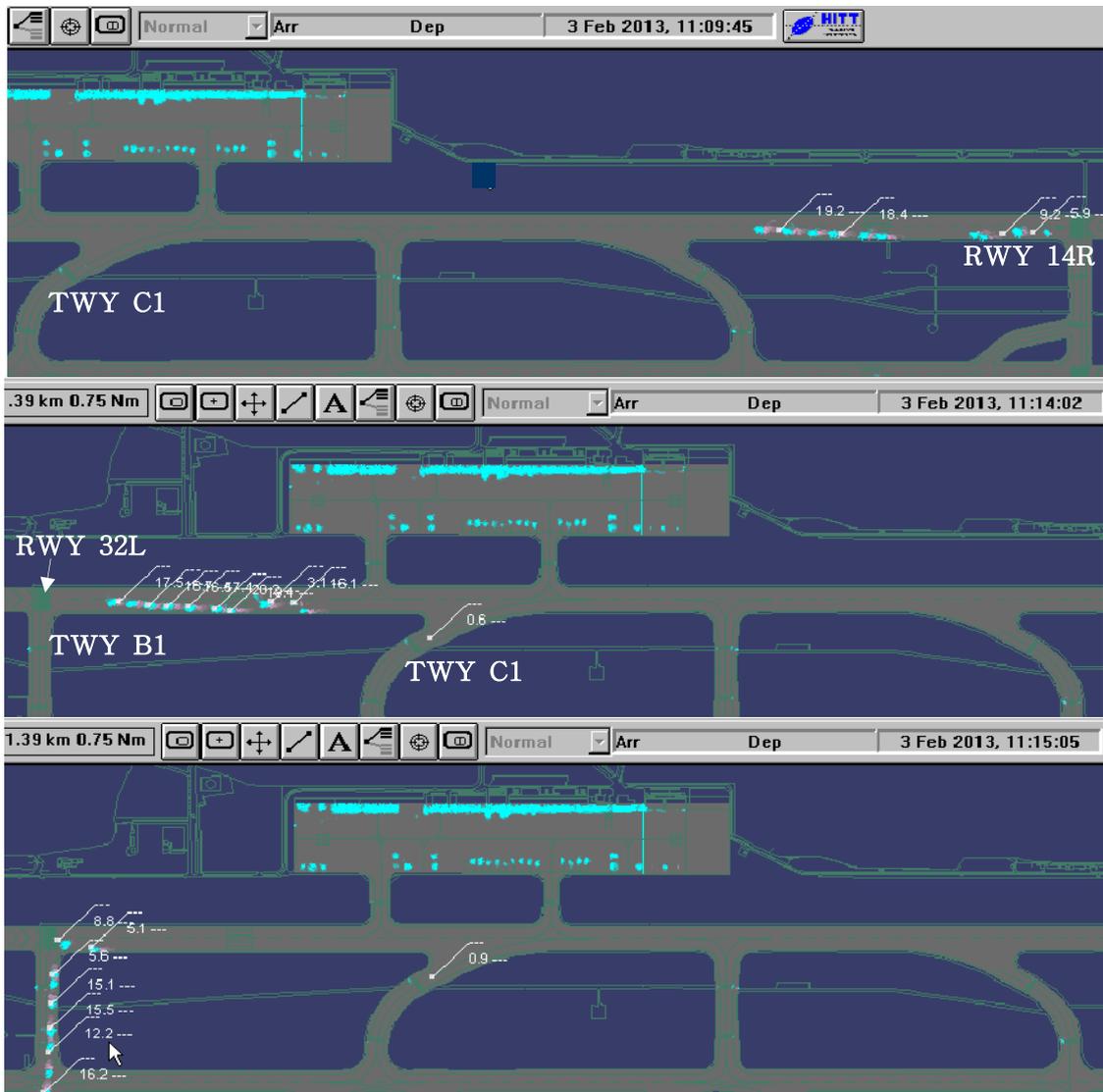
[그림 7] 제설제 살포 차량

29) 한국건설생활환경시험연구원의 ‘환경영향 적합’ 인정 제품

1.10.2.3 제설작업 시행

김포관제탑 “항공교통관제업무일지”와 한국공항공사의 “제설상황일지”에 따르면, HL7780이 22:20경 활주로 14R로 착륙하기 전 20:08~20:25 및 20:46~21:02에 2차례 활주로 14R 전체와 유도로 C 및 B 전체에 대하여 제설작업이 실시되었다.

8대의 제설작업 차량으로 활주로 14R에서 실시된 제설작업 상황이 공항지상탐지레이더(ASDE)의 영상녹화기록 장치에 [그림 8] 및 [그림 9]와 같이 동영상으로 기록되어 있었다.



[그림 8] 활주로 14R 1차 제설작업 상황



[그림 9] 활주로 14R 2차 제설작업 상황

1.10.2.4 제설작업 후 조치

HL7780이 활주로 14R로 착륙하기 전 2차례 제설작업이 수행된 후 한국공항공사에서 20:36 및 21:06에 노면 마찰 측정기(surface friction tester)로 2차례 활주로 노면 미끄럼 측정을 실시한 결과 그 측정값은 [표 6]과 같으며, 이 측정값은 김포관제탑과 항공정보실로 전파³⁰⁾되었다.

김포관제탑에서는 한국항공공사로부터 받은 활주로 노면 미끄럼 측정값을 공항자동방송시설(ATIS)로 방송³¹⁾하였다.

구분	측정시각	A지역 ³²⁾	B지역	C지역	평균
14R	20:32	0.06	0.11	0.24	0.14
32L	20:36	0.12	0.17	0.34	0.21
평균		0.09	0.14	0.29	0.18
14R	21:02	0.18	0.19	0.39	0.25
32L	21:06	0.20	0.41	0.40	0.34
평균		0.19 ³³⁾	0.30	0.40	0.30

[표 6] 활주로 노면 미끄럼 측정값

1.11 비행기록장치

1.11.1 비행자료기록장치

HL7780에 하니웰(Honeywell)사에서 제작한 솔리드 스테이트(solid-state) 형식의 비행자료기록장치(부품번호 980-4700-042, 일련번호 5400)가 장착되어 있었다. 이 비행자료기록장치는 2월 3일 준사고 현장에서 회수되어 항공철도 사고조사위원회 분석실로 이송되었다.

이 비행자료기록장치에 기록된 비행자료는 비행정지 직전 최종 25시간 비행자료가 들어 있었으며, 항공철도사고조사위원회는 이를 모두 인출한 후, 인출된 원시자료(Raw Data)로부터 약 1,100개 비행 파라메타에 대한 자료를 확인하였고, 그 중 착륙조작과 관련된 주요자료³⁴⁾는 [표 7]과 같으며, 이 자료에 따른 활주로 시단으로부터 주요 착륙조작 위치와 대지속도는 [그림 10]과 같다.

30) 「공항운영규정」 제4.5항에 근거, 한국항공공사 “미끄럼측정 및 결과 전파” 기록

31) 코드 “S(Sierra)”

32) 활주로 14R 시단으로부터 활주로 전체 길이를 3등분하여 첫 1/3은 A, 둘째 1/3은 B, 마지막 1/3은 C지역으로 구분

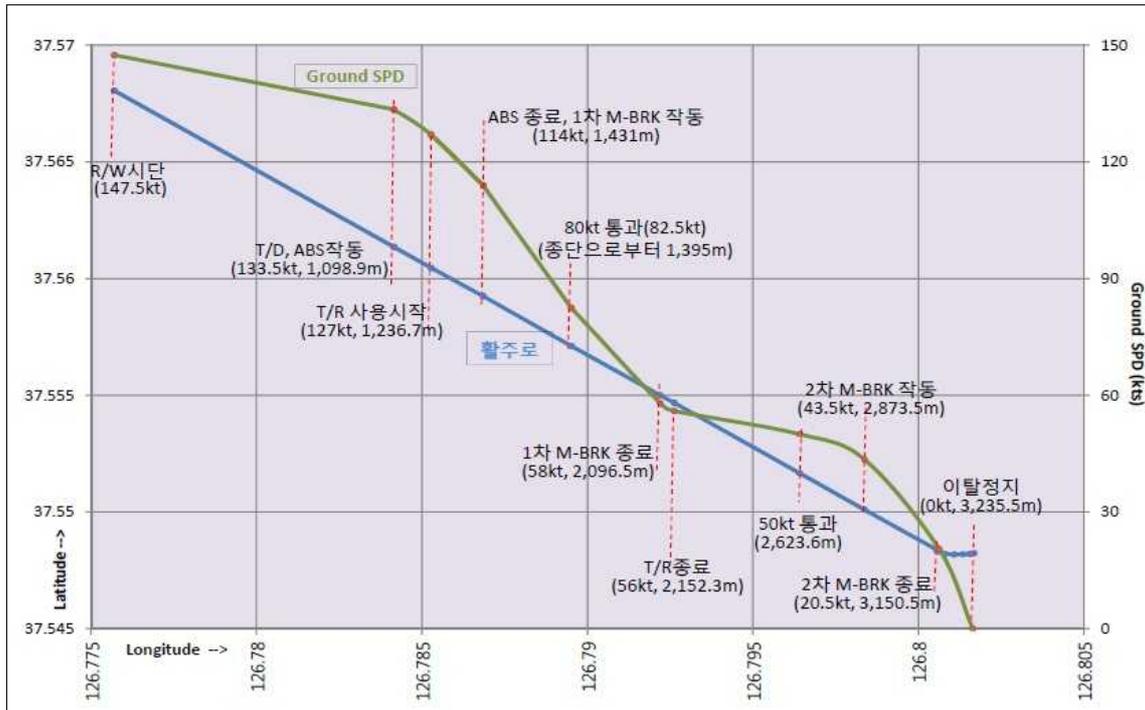
33) 측정값 0.19: 제동상태 Poor, 0.30: 제동상태 Medium, 0.40: 제동상태 Good 범위에 해당

34) 시단으로부터의 거리는 “dtcc.4.1(미 국방성개발)” 프로그램을 이용하여 계산

주요 착륙조작	시각	위치(Lat)	위치(Long)	속도 (GS)	시단부터 거리(m)
Auto Pilot off	22:17:24	37.59592844	126.7396531	150.8	4,397.6
R/W 14R 시단(AIP 좌표)	22:18:24	37.56838611	126.7754444	147.5	0
Touch down 시점	22:18:39	37.56090949	126.7835984	133.5	1,098.9
Auto brake 작동(시작)	22:18:39	37.56090949	126.7835984	133.5	1,098.9
Thrust reverser 작동(시작)	22:18:41	37.56022285	126.7849717	127	1,236.7
Auto brake 종료	22:18:44	37.55884955	126.7863450	114	1,431.0
1차 Manual brake 작동	22:18:44	37.55884955	126.7863450	114	1,431.0
80노트 통과	22:18:52	37.55678962	126.7890916	82.5	1,763.6
1차 Manual brake 종료	22:19:01	37.55472968	126.7918382	58	2,096.5
Thrust reverser 종료	22:19:02	37.55404303	126.7918382	56	2,152.3
50노트 통과	22:19:22	37.55129645	126.7959580	50	2,623.6
2차 Manual brake 작동	22:19:31	37.54923651	126.7973313	43.5	2,873.5
2차 Manual brake 종료	22:19:51	37.54786322	126.8000779	20.5	3,150.5
활주로이탈 후 정지	22:19:59	37.54786322	126.8014512	0	3,235.5

* Vref(착륙기준 속도: IAS/계기속도): 145노트

[표 7] 착륙조작관련 FDR 주요자료



[그림 10] 활주로 시단으로부터 주요 착륙조작 위치도

1.11.2 조종실음성기록장치

HL7780에 하니웰(Honeywell)사에서 제작한 솔리드 스테이트(solid-state) 형식의 조종실음성기록장치(부품번호 980-6022-001, 일련번호 CVR120-05956)가 장착되어 있었다. 이 조종실음성기록장치는 준사고 현장에서 회수되어 항공철도사고조사위원회 분석실로 이송되었다.

이 조종실음성기록장치의 녹음방식은 반도체 집적회로 메모리(IC memory)이며, 음성녹음은 4개 채널(기장석, 부기장석, 조종실 및 예비마이크)을 통하여 녹음되고 녹음자료는 6개 스트림 파일로 나누어 기록된다.

6개 스트림은 30분용 고품질(HQ: high quality) 4개 스트림과 120분용 표준품질(SQ: standard quality) 2개 스트림이다. HL7780이 활주로를 이탈한 지점은 120분용 스트림 파일에서 대략 1시간 59분 55초 경과시점이다.

항공·철도사고조사위원회는 조종실음성기록장치에 저장된 전체 120분 동안의 음성기록을 청취하였으며, 제주공항에서부터 김포공항에 착륙 때까지 음성기록에 대한 녹취록을 작성하였다.

1.12 잔해와 충격정보

이 준사고와는 해당사항이 없었다.

1.13 의학 및 병리학적 정보

이 준사고와는 해당사항이 없었다.

1.14 화재

이 준사고로 인한 화재는 없었다.

1.15 생존분야

22:20에 김포관제탑에서 HL7780로부터 활주로 이탈을 통보를 받고 비상전화로 김포공항 소방구조대를 포함한 1차 전파기관³⁵⁾에 비상상황을 전파하였고 22:23에 소방차가 활주로 이탈 현장에 도착하여 화재발생에 대비하였다.

22:57:52에 활주로 현장으로 탑승자 하기용 사다리차(step car)와 버스가 도착하였고, 23:17:18에 모든 탑승자들은 우측 2번째 비상구(R2)를 통해 하기한 후 여객청사로 이송되었다.

1.16 시험 및 연구

이 준사고와 관련하여 시험 및 연구는 없었다.

1.17 조직 및 관리정보

김포공항에 주재하는 관계기관 및 업체로 구성된 “제설통제위원회”에서 수립한 “공항제설계획”에 따라 강설이 있을 때 김포공항에 주재하는 각 기관별 임무는 다음과 같다.

- 서울지방항공청 김포항공관리사무소
 - 항공기 운항제한, 활주로 폐쇄 및 설빙고시보(SNOWTAM) 발행
 - 이동지역 제설작업시 제설작업차량 통제
- 항공기상청 김포공항기상대
 - 최신 기상자료 전파
- 한국공항공사 서울지역본부
 - 이동지역 제설작업 시행
- 항공사, 지상조업체
 - 주기 항공기 주변 제설작업 시행

35) 관제통신과/당직실, 항공정보실, 항무통제실, 소방구조대, 종합상황실, 공항기상대

제설작업을 시행하는 한국공항공사 서울지역본부에서는 서울지역본부장을 본부장으로 “제설대책본부”가 조직되어 있었으며, 이 준사고 당일 제설작업을 위해서 제설대책본부를 운영하였다.

1.18 기타 사항

1.18.1 운항승무원의 진술

준사고 후 항공철도사고조사위원회 서울사무소에서 수행된 기장 및 부기장과의 면담조사에서 진술한 주요내용은 아래와 같다.

PF와 PM은 준사고 당일 김포(16:10 출발)-제주-부산-제주-김포 구간의 비행을 같은 편조로 비행하였다.

제주공항에서 출발하기 전 김포공항의 기상을 제주항공 사무실로부터 무선통신(주파수 129.075Mhz)으로 받은 기상이 “중정도의 강설(Moderate Snow)” 과 제동상태가 “Medium to Good” 이었다.

PF는 김포공항 기상정보에 대해 강한 인식을 가지지 않았고 착륙브리핑을 실시하지 않았다. “Auto brake 3(자동브레이크 3)” 을 사용하기로 계획 및 선택했다.

서울접근관제소로부터 활주로 제동상태 정보를 두 번 받았으며, “Medium to Good” 이었다가 “Medium to Poor” 였다. Medium to Poor로 받았을 때 “Max” 로 결정 및 선택했어야 되는데 그대로 두었다. 활주로 상태가 “Wet” 정도일 때 “3” 으로, 제동상태가 “poor” 이면 통상 “Max” 로 놓는다.

제주공항에서 출발할 때 김포공항 기상상태가 “Moderate Snow” 여서 활주로에 눈이 어느 정도 쌓이고 미끄러울 것으로 생각했지만, 예상보다 많이 쌓였었다.

김포공항에 착륙 중 진입각지시등(PAPI)이 “3 Red(약간 낮은 진입각)” 이었으며, 접지대를 지나 접지했다고 생각하지 않지만 조금 낮으면서 길게는 갔다고 생각했다.

접지 후 활주로 상태가 눈이 부분적으로 덮여(50% 이상) 있었으며, “역추력장치(Reverser)”의 사용은 평소와 같이 작동(deploy)하고 60노트에서 닫았다(stow). 그러나 역추력장치를 닫을 때의 판단이 미흡했다. 그렇게 미끄러울 때는 충분히 감속될 때까지 더 오래 사용했어야 했다.

착륙 후 활주로 14R을 통상 유도로 C1로 개방하는데, C1을 지날 때 80노트였고 60노트에서 역추력장치를 닫았는데, 유도로 C1을 지난 활주로의 상태가 미끄럽다고 착륙 전에 고려했다면 이후 다시 역추력장치를 사용할 수 있도록³⁶⁾ 했어야 했다.

긴 활주로를 사용하던 B747-400 기종에서 전환한지가 얼마 되지 않아(PF), 통상 긴 활주로에서는 첫 번째 고속개방유도로(high speed taxiway)를 지나고 상당히 많은 활주로를 남는데, 이번에는 불과 1/4밖에 남지 않았으며 이것을 고려하지 못하고, 첫 고속개방유도로(C1)를 지났기 때문에 활주로 끝으로 빠니까 좀 여유가 있겠다 싶어 브레이크 사용에 방심을 했다.

휠 브레이크는 약 100노트에서 사용했고, 고속개방유도로(C1)를 지났기 때문에 좀 여유가 있겠다 싶어 C1 이후 휠 브레이크를 릴리스(release) 했다. 예상 외로 활주로 끝이 빨리 다가와서 다시 휠 브레이크를 “MAX”로 밟기 시작했으나 거의 감속되지 않았다. 그 원인은 활주로는 눈이 완전히 덮여 있었고 무엇이 다녔는지 눈이 다져진 상태라고 생각되며, 이것을 사전에 고려하지 못했고, 이때 더 적극적으로 제동하기 위해 브레이크나 역추력장치를 사용했어야 했다.

고속개방유도로로 활주로를 개방할 수 있는 속도는 50노트이며, 직각 유도도로로 개방할 수 있는 속도는 정해져 있지 않지만 통상 10노트 이하로 줄인 후 가능하다.

당시 유도로 B1(직각 유도로)로 개방하려고 보니까 속도가 23~25노트 정도

36) 역추력장치를 닫지 않고 ‘IDLE’ 상태로 놓고 있다가 필요시 열림 각을 증가

여서 도저히 개방할 수 있는 상황이 아니라고 판단되었고, 계속 감속이 안 되어 직진했고 활주로를 이탈했는데, 이때는 전혀 충격이 없었고 10노트 미만으로 생각된다.

유도로 B1까지는 지상이동(taxi) 속도에 채 미치지 못했고 미끄러운 활주로를 대비하지 못한 감속 조작이었다. 좌회전하면서 B1로 개방하려고 했으나 도저히 안 되어 그래도 포장면에 정지하는 것이 좋겠다고 판단되어 우회전하여 직진했으나 녹지대(포장면 옆)로 이탈되었다.

1.18.2 착륙 준비

제주항공 비행교범에 따르면, 조종사는 가능한 강하를 시작하기 전에 착륙브리핑(landing briefing)을 실시하도록 정하고 있으며, PF가 착륙브리핑 후 PM과 접근에 대한 일반적 사항을 언급 및 확인함으로써 착륙브리핑이 종료된다.

착륙브리핑의 내용은 기내에 비치된 점검표를 참고하여 기상(ATIS 기상상태, 악기상 절차), 착륙성능(연료잔량과 중량, 착륙 플랩 및 착륙기준 속도, 신속 참고철에서 정한 착륙거리), 착륙활주로 및 지상이동 중 고려사항(활주로 길이 및 상태, 활주로 개방 위치, 주기장까지의 지상이동 경로) 및 표준 콜-아웃(standard call-out)과 운항승무원의 조치 등이 있다.

HL7780의 조종실음성기록장치의 기록과 운항승무원의 진술에 따르면, 김포공항에 착륙하기 전 착륙준비를 위한 착륙브리핑은 실시되지 않았으며, 당시 기상과 활주로 상태 등을 고려한 착륙성능에 관하여 운항승무원 사이에 언급하거나 서로 확인(cross check)한 증거는 없었다.

1.18.2.1 착륙거리 산출

활주로 제동상태가 “Medium” 또는 “Poor” 일 때 플랩 30도로 착륙할 경우 운항승무원이 착륙준비를 위해 항공기 제작사에서 정한 HL7780(no wing-let,

B737-800)의 착륙거리 산출기준은 [표 8]과 같다.

착륙거리 산출기준에 따라 HL7780이 김포공항으로 비행 중 착륙거리 산출에 가감되는 요소로서, 김포공항의 기상정보는 지상바람 130도에 5노트, 기온 영하 2도였으며, 접근속도는 착륙기준속도(Vref) 145노트에 5노트를 더한 150노트, 착륙중량은 61,840kg이었다.

ADVISORY INFORMATION												
Normal Configuration Landing Distances												
Flaps 30												
LANDING DISTANCE AND ADJUSTMENT (M)												
	REF DIST	WT ADJ	ALT ADJ	WIND ADJ PER 10 KTS		SLOPE ADJ PER 1%		TEMP ADJ PER 10°C		APP SPD ADJ	REVERSE THRUST ADJ	
BRAKING CONFIGURATION	65000 KG LANDING WEIGHT	PER 5000 KG ABOVE/BELOW 65000 KG	PER 1000 FT STD/HIGH*	HEAD WIND	TAIL WIND	DOWN HILL	UP HILL	ABV ISA	BLW ISA	PER 5 KTS ABOVE VREF30	ONE REV	NO REV
Medium Reported Braking Action												
MAX MANUAL	2085	130/-140	65/85	-110	385	100	-75	60	-60	75	220	520
MAX AUTO	2130	140/-145	65/85	-110	390	90	-70	60	-60	85	220	525
AUTOBRAKE 3	2215	140/-145	65/85	-110	395	75	-50	65	-65	110	160	470
AUTOBRAKE 2	2580	160/-180	80/105	-125	450	75	-70	75	-75	110	120	260
AUTOBRAKE 1	2795	190/-205	90/120	-140	485	100	-90	80	-85	100	240	400
Poor Reported Braking Action												
MAX MANUAL	2720	190/-195	90/125	-160	610	235	-155	75	-80	85	460	1200
MAX AUTO	2725	190/-195	90/125	-160	610	235	-155	75	-80	90	460	1210
AUTOBRAKE 3	2745	195/-195	90/125	-160	615	230	-145	75	-80	100	460	1215
AUTOBRAKE 2	2905	200/-205	100/130	-165	635	220	-145	80	-85	105	385	1065
AUTOBRAKE 1	3025	215/-220	100/140	-175	650	225	-155	85	-90	100	435	1070
Reference distance is for sea level, standard day, no wind or slope, VREF30 approach speed and two engine detent reverse thrust.												
For max manual braking and manual speed brakes, increase reference landing distance by 60 m.												
For autobrake and manual speed brakes, increase reference landing distance by 50 m.												
Distances and adjustments for GOOD, MEDIUM, and POOR are increased by 15%.												
Includes distance from 50 ft above threshold (305 m of air distance).												
*For landing distance at or below 8000 ft pressure altitude, apply the STD adjustment. For altitudes higher than 8000 ft, first apply the STD adjustment to derive a new reference landing distance for 8000 ft then apply the HIGH adjustment to this new reference distance.												

[표 8] 플랩 30의 경우 착륙거리 산출 기준

2. 분석

2.1 일반

HL7780의 운항승무원은 비행에 필요한 자격증명과 유효한 신체검사 증명을 보유하고 있었다.

HL7780은 항공법에 따라 등록되었고, 감항증명서는 유효하였으며, 착륙 감속시스템(플랩, 역추력장치, 바퀴브레이크 등)은 고장의 증거가 없었고, 중량 및 평형은 제한범위 내에 있었다.

항공·철도사고조사위원회는 HL7780이 김포공항에 착륙할 당시 강설에 따른 공항운영자의 활주로 제설작업과 운항승무원의 활주로 상태에 관한 정보의 인지, 착륙 전 준비 및 착륙 중 감속 조작에 관하여 중점적으로 분석하였다.

2.2 비행장 제설작업

공항지상감시레이더의 영상기록과 김포관제탑 업무일지의 기록에 따르면, 20:08부터 21:06까지 2차례의 제설 및 제설제 살포 작업이 활주로 14R과 착륙 후 활주로 개방에 사용될 유도로 C 및 B에서 실시되었다.

21:12에 활주로 14R과 유도로 C 및 B는 이·착륙용 활주로 및 활주로 개방용 유도도로로 사용되기 시작하였고, 활주로 14L은 제설작업이 시작되면서 폐쇄되었다.

이는 한국공항공사가 사전 조직된 인력과 보유하고 있던 제설차 및 제설제 살포차를 최대한 사용하여 공항운영규정에서 정한 제설계획과 절차에 따라 제설작업을 실시하였던 것으로 분석된다.

2.3 활주로 상태 정보

2.3.1 활주로 노면 상태

김포공항의 기상관측기록에 따르면, 활주로 14R에서의 제설작업이 종료된 후 21:12에 활주로 사용이 시작되면서 22:18에 HL7780이 착륙할 때까지 약 1시간 6분간 및 그 이후에도 지속적인 강설이 있었다.

이 시간에 B747-400 기종 1대를 포함한 15대가 착륙하였고 B777-200 기종 1대를 포함한 5대가 이륙하였으며, 착륙한 항공기 중 2대가 중간 유도로 C1로 개방하지 않고 활주로 14R 말단과 연결된 유도로 B1로 개방하였다.

이러한 상황으로 보면 HL7780이 착륙할 때 활주로 14R 시단에서 유도로 C1까지 약 2,100m 길이의 활주로 노면은 연속적으로 이·착륙하는 항공기의 후류로 인해 활주로 노면에 쌓이는 눈의 양이 매우 적었을 것으로 추정되나, 유도로 C1부터 활주로 14R 말단 사이 약 1,100m 구간의 활주로 노면과 활주로 말단을 지난 60m 길이의 포장면에는 제설 후 시간이 지남에 따라 눈이 쌓여 있었을 것으로 분석된다.

그러나 제설 후 대형항공기를 포함한 다수의 항공기가 연속적으로 이·착륙하고 있어서 공항운영자나 관제탑 관제사가 이러한 활주로 노면 상태가 변화되는 것을 예측 또는 확인하지 못한 것으로 보이며, 그 결과 활주로 구간별로 노면상태에 차이가 있는 정보가 이착륙하는 항공기에 제공되지 못하였던 것으로 분석된다.

한편, 당시 김포공항의 야간 운항제한 시각(23:00)이 임박하고 이·착륙 예정 항공기가 많은 상황에서 활주로 14L이 제설작업으로 폐쇄되어 있었고, 활주로 14R은 활주로 일부의 상태를 점검하고 제설작업을 하기 위해 활주로를 폐쇄할 수 있는 상황은 아니었던 것으로 분석된다.

이러한 상황에서 관제탑 또는 공항운영당국이 당시 지속적인 강설에 유의하고, 대다수의 항공기가 제설 후 이·착륙에 사용한 활주로 길이와 착륙 후 개방한

유도로를 고려할 수 있었다면, 활주로 14R 길이의 약 3분의 1에 해당하는 유도로 C1과 B1사이의 활주로에 눈이 쌓이고 항공기가 착륙 활주(landing roll) 하는데 영향을 줄 수도 있을 것이라는 예상을 할 수 있고, 이러한 활주로 상태 정보를 이착륙하는 항공기에게 제공할 필요성을 생각할 수 있었을 것으로 분석된다.

또한 운항승무원도 지속적인 강설이 있는 상태에서 김포공항과 같이 활주로 길이가 긴 활주로로 착륙할 경우 착륙전 준비과정(landing briefing)에서 PF와 PM 사이에 사용되지 않은 활주로 구간에 쌓일 수 있는 눈과, 관제기관으로부터 통보받은 활주로 상태 정보가 착륙할 때 실시간 상태와 차이가 있을 수 있다는 예상을 상호 확인하고 예상 착륙거리보다 길게 활주로를 사용하게 되는 상황에 대하여 계획하고 준비할 수 있어야 될 것으로 분석된다.

2.3.2 활주로 제동 상태

활주로 14R에서의 제설작업이 종료된 후 21:06에 공항운영자가 노면 마찰 측정기(Surface Friction Tester: SFT)로 활주로 미끄럼 측정을 실시하고, 측정된 마찰계수(19, 30, 40)를 관제탑에 통보하였으며, 관제탑에서는 그 마찰계수를 『항공교통관제절차』에 따라 21:17부터 자동공항정보방송시스템으로 방송하였고, HL7780은 자동공항정보방송시스템으로 방송된 마찰계수를 포함한 기상정보를 2차례 청취하였다.

제주항공 “비행운영교범” 제4장에 따르면, 운항승무원은 청취한 마찰계수에 해당하는 “추측제동상태(estimated braking action)” 를 확인 및 적용해야 하며, 그 제동상태가 중간에 위치하는 경우 악조건 기준을 적용하도록 정하고 있다. 이에 따라 HL7780이 착륙할 때 적용해야하는 제동상태는 “Poor” 이었던 것으로 분석된다.

또한 HL7780은 김포공항에 착륙하기 전까지 활주로 14R로 착륙한 항공기(B737)가 측정한 제동상태 정보를 관제사를 통해 4차례 수신하였으며, 이 때 수신한 최악의 제동상태 정보는 “Poor” 이었다.

착륙한 항공기가 측정 및 통보한 활주로 제동상태 정보는 활주로 길이 전체에 대한 측정값이 아니며, 착륙 중 사용하지 않은 약 3분의 1에 해당하는 활주로 노면의 제동상태와는 다를 수 있는 것으로 분석된다.

따라서 관제탑에서는 착륙한 항공기가 활주로 전체 길이를 사용하지 않고 활주로 제동상태 정보를 통보하는 경우, 다른 항공기에게 이 정보를 제공할 때, 사용되지 않은 활주로 구간(마지막 1/3 부분)에서의 제동상태는 “측정되지 않았다(not measured).”, 또는 “알 수 없다(unknown)” 는 용어를 함께 사용하는 것이 조종사의 착각이나 오해를 방지할 수 있을 것으로 분석된다.

또한 운항승무원은 관제탑으로부터 다른 항공기가 측정한 활주로 제동상태 정보를 수신한 경우 그 활주로 제동상태가 착륙할 활주로 전체에 대한 제동상태로 간주해서는 안 되며, 착륙 전 브리핑 또는 그 이전 단계에서 PF와 PM이 상호 확인하는 과정을 통해 착륙할 활주로 길이, 해당 기종의 착륙거리, 지속적인 강설 유무 등을 종합적으로 분석하여 그 중 악조건의 제동상태를 예상하고 대비하는 절차가 준수되어야 할 것으로 분석된다.

2.4 운항승무원의 강설 대응

2.4.1 착륙 전 준비

HL7780이 순항비행으로부터 강하하기 전 PF와 PM이 김포공항의 기상상태 및 활주로 상태에 관한 정보를 청취하였고, 착륙기준속도(V_{ref})는 조종석 계기판에서 읽고 착륙브리핑을 하지 않고도 알 수 있었으나 “비행운영교범 운항절차” 에서 정한 착륙브리핑은 실시하지 않았다.

조종실음성기록장치의 기록에 따르면, 운항승무원은 김포공항의 기상상태가 계속 변화하는 것을 인지하고 있었으나 접근 또는 착륙할 때 변화하는 기상상태 및 활주로 미끄럼 상태 등의 변수와 관련한 착륙거리, 감속시스템의 사용범위 및 협조사항 등 세부적인 예상조치에 대해 PF와 PM사이에 언급이 없었다.

따라서 PF의 일방적인 착륙계획의 적절성 여부에 대해 PM의 의견제시나 상호 확인(cross check)할 기회가 상실되었고 접근 중 또는 착륙 중 적절한

조종감시 및 조연이 이루어지지 않았던 것으로 분석된다.

착륙브리핑이나 표준 콜-아웃은 착륙 중 비행환경에 적합하게 비행조작을 수행하기 위해 PF와 PM사이에 필요한 의사소통과 잘못된 의사결정을 막을 수 있는 수단으로서 의무적으로 수행하도록 정하고 있으나, PF의 잘못된 습관 또는 익숙한 공향으로 착륙하는 것에 대한 방심으로 생략하는 것은 위험한 결과를 초래할 수 있는 것으로 분석된다.

이러한 조종실내에서 운항승무원의 잘못된 습관은 적극적으로 수정되어야 하며, 그러기 위해서는 예외적인 악기상 상태의 공향으로 착륙하는 경우 PF와 PM이 정확하고 적절한 정보를 공유할 수 있도록 관련 비행절차를 보다 구체적으로 개선 또는 수립할 필요가 있는 것으로 분석된다.

2.4.2 착륙 중 조작

비행자료기록장치에 기록된 자료에 따르면, HL7780이 활주로 14R로 착륙 하면서 착륙접지 및 감속시스템이 작동된 순서와 위치는 [그림 11]과 같다.

2.4.2.1 착륙 접지

HL7780이 계기착륙시설을 이용하여 활주로 14R로 정밀접근 및 착륙할 때 최종접근로에서 접근 각은 표준각 3도보다 약간 낮은 각으로 접근하였고 활주로 시단을 통과할 때 속도는 착륙기준 속도 내를 유지한 것으로 분석된다.

HL7780이 활주로에 접지할 때 낮고 길게 속도 133.5노트로 접지하였으며, 접지지점³⁷⁾은 활주로 시단으로부터 1,098.9m이었는데 이는 접지목표점 보다 698.9m, 접지구역으로부터 198.9m을 지난 위치로 나타났으며, 이는 접지 후 감속시스템을 정상적으로 접지한 것보다 약 700m 늦게 사용하게 됨으로써 착륙거리가 그만큼 늘어난 효과를 가져왔던 것으로 분석된다.

37) 제주항공의 운항규정(FOM) 11.1.9.1항에는 “접지구역은 첫 3,000feet 또는 활주로 길이의 1/3 중 적은 것이며, 안전한 착륙을 위하여 1,000feet 이전에 접지되지 않도록 유의한다.” 라고 명시되어있다.



[그림 11] 착륙 중 감속시스템 작동 위치도

2.4.2.2 자동브레이크 및 수동브레이크의 사용

HL7780이 김포공항으로 접근 중 PF가 김포공항 활주로 노면 상태를 고려하여 “Auto Brake 3” 으로 선택하였고, 활주로 접지 시점에 자동브레이크가 작동되기 시작하여 약 5초 후 수동브레이크를 사용하기 시작한 시점(대지속도 114노트)에 종료되었다.

PF가 자동브레이크를 5초간(거리 약 333m) 사용하고 활주로 상태가 정상적일 때³⁸⁾ 보다 높은 속도에서 수동브레이크로 전환한 것은 강설 상태에서 활주로 제동상태가 “Poor“인 상황을 주의 깊게 고려하지 않은 것으로 분석된다.

HL7780 운항승무원이 진술한 바와 같이 활주로 제동상태가 “Medium to Poor” 로 통보받았을 때 자동브레이크³⁹⁾를 “Max” 로 선택했었다면 감속에 조금 더 유리했을 것으로 분석되나, PF가 “Auto Brake 3” 으로 선택한 것은 기상상태와 활주로 노면 상태에 대해 적극적으로 고려하지 않았던 것으로 분석된다.

HL7780이 착륙활주(landing roll) 중 감속되면서 속도 약 58노트로 고속개방 유도로 C1 입구를 지날 때 PF가 유도로 C1로 활주로를 개방할 수 없다고 판단하여 활주로 말단으로 계속 활주하면서 수동브레이크의 작동을 해제하였다.

그 결과 항공기는 PF가 예상했던 것과 달리 빠르게 활주로 말단으로 접근하고 있었으며, 활주로 말단 전방 약 330m에서 속도 약 44노트일 때 PF가 활주로 말단과 연결된 직각 유도로 B1로 활주로를 개방하기에는 속도가 빠르다는 것을 인지하고 수동브레이크를 약 20초간 사용했으나, 활주로 노면상태가 눈으로 덮여 있고 활주로 말단까지 남은 거리가 짧아 지상이동 속도로 감속되지 못하였다.

2.4.2.3 역추력장치의 사용

38) 활주로 상태가 정상적일 때 통상 80~60노트에서 수동브레이크 사용

39) 수동브레이크 보다 Anti-skid 등 제동을 안정적으로 실현

비행자료기록장치의 자료에 따르면, 역추력장치가 접지 2초 후 속도 약 127노트에 작동(deploy)을 시작해서 “Max“ 범위로 약 21초간 사용된 후 속도 약 56노트로 유도로 C1의 입구를 지나면서 작동이 완전히 해제(stow)되었다.

이 때 PF가 고속개방 유도로인 C1로 개방할 수 없는 속도라고 판단하여 활주로 말단으로 착륙활주로를 계속하면서 유도로 C1부터 활주로 말단까지 남은 거리가 여유가 있을 것이라고 착각하고 브레이크 작동을 완전히 해제한 결과 감속이 느리게 진행되었다.

이 후 PF가 예상과 달리 활주로 말단이 빨리 다가오는 것을 인지하고 감속을 위해 수동브레이크를 사용했으나 원하는 만큼 감속이 되지 않았는데, 역추력장치가 완전히 해제되지 않고 “Idle” 상태로 두었다면 역추력장치를 다시 사용하여 활주로 이탈을 방지하는데 도움이 되었을 것으로 분석된다.

그러나 이러한 상황에서 역추력 장치를 비상으로 사용할 수 없었던 것은 PF가 강설 중인 활주로의 제동상태가 “Medium to Poor” 라는 정보를 받았을 때 활주로 상태를 주의 깊게 고려 및 예비를 하지 못하였고, 평소 정상적인 활주로 상태에서의 감속방법과 같이 감속조작을 수행한 결과로 분석된다.

2.5 활주로 제동상태와 착륙거리

제주항공 운항규정에 따르면 착륙거리 예측을 위해 제동상태를 적용할 때 제동상태 정보가 “Medium to Poor” 와 같이 중간에 위치하는 경우 악조건 기준치를 적용하는 것으로 정하고 있으므로 착륙거리나 감속을 고려할 때 활주로 제동상태 기준은 “Poor” 이었다.

HL7780이 착륙 전 착륙브리핑을 실시하지 않았으나 착륙 중 플랩을 30도, 제동장치를 “Auto Brake 3” 로 사용하기로 계획 및 하고 착륙했는데, PF와 PM은 이들 두 가지 조건을 기준으로 착륙 전 받은 활주로 제동상태와 기상정보(바람, 기온) 및 착륙중량을 고려하여 [표 8]과 같이 신속참고철에서 정한 기준에 따라 착륙거리를 확인했어야 했다.

활주로 제동상태가 “Poor” 일 때 “Auto Brake 3” 을 사용한 경우 착륙 거리는 [표 9]와 같이 2,512m이고, “Auto Brake MAX” 를 사용하는 경우 착륙거리는 2,482m이며 “Auto Brake 3” 을 사용하는 경우보다 착륙거리가 30m 단축될 수 있는 것으로 산출되었다.

Brake 형태	착륙거리 조정요소와 착륙거리(m) 산출					
	기준거리 (65,000kg)	중량 (62,000kg)	바람	기온	접근 속도	착륙 거리
Auto “MAX”	2,725m	-117m (-195×0.6)	-80m (160×0.5)	-136m (-80×1.7)	+90	2,482m
Auto “3”	2,745m	-117m (-195×0.6)	-80m (160×0.5)	-136m (-80×1.7)	+100	2,512m

[표 9] 제동상태 “Poor” 인 경우 착륙거리

운항승무원들이 “Auto Brake 3” 으로 선택한 후 관제기관으로부터 활주로 제동상태 정보를 “Medium to Poor” 로 받고 “Auto Brake Max” 로 변경했어야 되는데 그대로 두었다고 진술한 것을 보면, 운항승무원은 활주로 제동상태를 “Medium” 정도로 생각하고 착륙을 준비하였던 것으로 분석된다.

[표 10]과 같이 활주로 제동상태가 “Medium” 일 때 “Auto Brake 3” 을 사용한 착륙거리는 2,072m이고, “Auto Brake MAX” 를 사용하는 경우 착륙 거리는 1,971m이며 “Auto Brake 3” 을 사용하는 것보다 약 100m 단축될 수 있는 것으로 분석된다.

Brake 형태	착륙거리 조정요소와 착륙거리(m) 산출					
	기준거리 (65,000kg)	중량 (62,000kg)	바람	기온	접근 속도	착륙 거리
Auto “MAX”	2,130m	-87m (-145×0.6)	-55m (110×0.5)	-102m (-60×1.7)	+85	1,971
Auto “3”	2,215m	-87m (-145×0.6)	-55m (110×0.5)	-111m (-65×1.7)	+110	2,072

[표 10] 제동상태 “Medium” 인 경우 착륙거리

[표 9]와 [표 10]은 브레이크 형태를 “Auto Brake 3” 이나 “Auto Brake MAX” 로 선택하는 것보다는 활주로 제동상태를 “Medium” 에서 “Poor” 로 선택하는 것이 착륙거리에 더 큰 영향이 있음을 보여 주고 있다.

또한, 활주로 제동상태가 “Poor” 를 기준으로 착륙거리가 산출되었다면 브레이크 형태를 “Auto Brake 3” 이나 “Auto Brake MAX” 중 어느 것을 선택했더라도 [그림 5]와 같이 유도로 C1을 380~410m을 지난 위치에서 완전히 정지할 수 있는 상태로 감속할 수 있었으며, 그 이후에도 활주로 말단까지 688~718m가 남아 있어 활주로 말단과 연결된 유도로 B1으로 안전하게 개방할 수 있다는 것을 보여주고 있으나, HL7780은 유도로 B1으로 개방할 수 있는 속도로 감속되지 못하고 활주로를 이탈하였다.

항공·철도사고조사위원회는 HL7780이 활주로를 이탈한 주된 원인은 운항승무원이 착륙전 브리핑을 실시하지 않고 착륙 전 활주로 상태를 주의 깊게 고려하지 못한 상태에서 착륙활주 중 활주로 개방 속도로 충분히 감속되기 전에 감속시스템을 모두 해제하였고, 이후 활주로 말단까지의 남은 거리가 충분한 것으로 착각하여 이·착륙 항공기가 거의 사용하지 않아 눈이 쌓인 활주로 마지막 1/3구간에서 활주로 미끄럼 상태에 대응하지 못한 것이라고 판단한다.

3. 결론

3.1 조사결과

1. 운항승무원은 비행에 필요한 유효한 자격증명을 보유하고 있었으며, 비행에 영향을 미칠 수 있는 비행 전 특이한 사항이나 건강에 장애요소는 없었다.
2. HL7780은 이 준사고 비행 전 정비기록에 따르면, 착륙 감속시스템 (플랩, 역추력장치, 브레이크 등)에 대한 고장의 증거는 없었다.
3. 비행에 적합한 연료가 탑재되었으며, 이륙 및 착륙 시의 중량과 무게 중심은 허용한계 내에 있었다.
4. HL7780이 김포공항에 착륙할 당시 기상이 대설경보 및 저시정경보가 발효 중이었고, 중정도의 강설과 박무현상으로 낮은 시정 상태였다.
5. HL7780이 착륙하기 약 1시간 18분 전 활주로 14R과 그와 연결된 유도로 C 및 B에서 2차례의 제설작업과 제설제 살포가 실시되었다.
6. 제설작업 후 공항운영자가 노면마찰측정기로 활주로 14R에 대한 활주로 제동상태를 측정하였고, 이 측정값(19, 30, 40)을 관제탑에 통보하였으며 관제탑에서는 이를 공항자동방송시설로 방송하였다.
7. 활주로 14R에 대한 제설작업 후 약 1시간 12분 동안 15대의 항공기가 착륙하고 5대의 항공기가 이륙하였으며, 착륙한 항공기 중 2대는 활주로 말단에서 개방하였다.
8. 활주로 14R에 대한 제설작업 후 HL7780이 착륙하기 전 약 1시간 12분 동안 활주로 시단으로부터 마지막 1/3구간의 노면은 그 전방 2/3 구간에 비해 적설량이 많아지는 변화가 발생하였으나 이 구간의 노면상태에 대한 정보가

항공기에게 제공되지 않았다.

9. 지속적인 강설상태였으나 운항승무원은 관제탑에서 제공하는 활주로 제동 상태 외에 활주로 마지막 구간의 노면상태나 제동상태를 착륙 전 별도로 고려하지 못하였다.
10. 관제기관에서는 HL7780이 착륙하기 전 활주로 14R로 착륙한 항공기가 측정한 활주로 제동상태 정보를 HL7780에게 4차례 제공하였다.
11. HL7780이 착륙할 당시 활주로 14R 및 그와 연결된 모든 항공등화시설은 점등되어 있었으며, 강설 및 제설작업으로 인한 장애는 없었다.
12. HL7780이 착륙 중 접지구역을 198.9m를 지난 지점에 접지하였고, 접지와 동시에 자동브레이크가 작동되어 5초 후 114노트에서 수동브레이크로 전환 되었으며 58노트에서 유도로 C1 입구를 지나면서 브레이크가 해제되었다. 그 후 30초 뒤 약 44노트, 활주로 말단 전방 약 330m에서 수동브레이크가 다시 작동되어 활주로 이탈 때까지 20초간 사용되었다.
13. HL7780의 역추력장치는 접지 2초 후 127노트에서 작동하여 속도 56노트에서 유도로 C1 입구를 지난 직후 완전히 해제(stow)되었다.
14. PF가 착륙브리핑을 실시하지 않아 착륙할 때 예상되는 기상상태 및 활주로 미끄럼 상태 등의 변수와 관련한 비행방식(자동 또는 수동)의 선정, 착륙외장의 선택, 감속시스템의 사용범위 및 협조사항 등에 대해 PM과 의사소통이 없게 되어 PF의 착륙조작에 대해 PM의 적절한 감시 및 조언이 이루어지지 않았다.
15. PF가 자동브레이크를 5초간 사용하고 활주로 노면상태가 정상적일 때 보다 높은 속도에서 수동브레이크로 전환한 것은 활주로 제동상태가 “Poor” 인 상황을 주의 깊게 고려하지 않은 결과였다.

16. PF가 유도로 C1 입구를 지나면서 역추력장치를 56노트에서 완전히 해제(stow)한 것은 그 이후 활주로 상태를 예상하지 못하였고, 남은 거리를 착각하여 비상 사용의 경우를 고려하지 못한 결과였다.
17. 브레이크 형태를 “Auto Brake 3” 이나 “Auto Brake MAX” 로 선택하는 것보다는 활주로 제동상태를 “Medium” 에서 “Poor” 로 선택하는 것이 착륙거리에 더 큰 영향이 있었다.

3.2 원인

항공·철도사고조사위원회는, 제주항공 HL7780의 활주로 이탈 준사고의 원인을 다음과 같이 결정한다.

1. 운항승무원이 착륙 전 활주로 상태를 주의 깊게 고려하지 못하여 착륙 중 악조건의 활주로 제동상태를 예측 및 선택하지 못하였고, PF와 PM사이에 착륙 중 착륙거리 및 감속계획 등을 공유하지 못하였다.
2. PF가 착륙활주 중 활주로를 개방할 수 있는 속도로 충분히 감속되기 전에 감속시스템을 모두 해제하였고, 이후 활주로 말단까지 남은 거리가 충분한 것으로 착각하여 활주로 마지막 1/3구간에서의 활주로 미끄럼 상태에 대응하지 못하였다.

그리고 PF가 착륙브리핑을 실시하지 않은 것과 활주로 14R에 대한 제설 작업 후 활주로 노면 상태에 관한 정보가 항공기에 제공되지 않은 것을 기여요인으로 결정한다.

4. 안전권고

2013년 2월 3일 김포공항에서 발생한 HL7780의 착륙 중 활주로 이탈 준사고 조사결과에 따라 항공·철도사고조사위원회는 다음과 같이 안전권고를 발행한다.

(주)제주항공에 대하여

1. PF가 착륙브리핑을 일방적으로 생략하고 PM과 착륙계획을 공유하지 않는 등 착륙브리핑과 표준 콜-아웃의 목적을 저해하는 잘못된 습관을 완전히 제거할 수 있는 방안을 강구(AIR1301-1)
2. 강설 등 열악한 활주로 환경에서 착륙하는 경우 비행방식의 선정, 착륙 외장의 선택, 감속시스템의 사용 등의 정보를 PF와 PM 사이에 확실하게 공유할 수 있도록 보다 구체적인 비행절차를 개선 및 수립 후 교육·훈련 평가에 반영(AIR1301-2)
3. 활주로 미끄럼 측정과 그 수치에 대한 이해, 다른 항공기로부터의 활주로 제동상태 보고(PIREP)가 착륙할 활주로의 실시간적 대표 값이 아닌 점, 그리고 강설이 계속되는 경우 이·착륙 항공기가 거의 이용하지 않는 활주로 마지막 구간의 노면상태가 예상보다 악조건일 수 있다는 예상과 대비 등에 대하여 운항승무원들에게 강조 교육·훈련을 실시(AIR1301-3)
4. 표준통화절차에 미끄러운 상태의 활주로로 착륙활주 중 안전한 감속을 위해 콜-아웃을 추가(예: 40노트)하는 방안을 강구(AIR1301-4)

한국공항공사에 대하여

1. 제설작업 후 대설이 계속되고 있는 경우 대부분의 항공기가 사용하지 않는 활주로의 마지막 1/3구간에 대하여 관제탑과 협의하여 활주로 상태를 단기적 주기(예: 30분 간격)로 재확인하여 관제탑에 통보하는 절차를 공항운영규정으로 보완(AIR1301-5)