국토교통부
Ministry of Land, Infrastructure and Transport

보고서번호: ARAIB/AAR1602

항공기사고 조사보고서

김포공항 이륙 중 추락
한라스카이에어
C172, HL1153
김포국제공항 활주로 32L 좌측 외곽도로 옆 녹지
2016. 2. 28.

2018. 9.

항공・철도사고조사위원회

이 항공기사고 조사보고서는 대한민국「항공·철도 사고조사에 관한 법률」제25조에 따라 작성되었다.

대한민국 항공·철도 사고조사에 관한 법률 제30조에는

*"사고조사는 민·형사상 책임과 관련된 사법절차, 행정처분 절차, 또는 행정쟁송절차와 분리·수행되어야 한다."*라고 규정하고 있으며,

국제민간항공조약 부속서 13, 3.1과 5.4.1에는

*"사고나 준사고 조사의 궁극적인 목적은 사고나 준사고를 방지하기 위함이므로 비난이나 책임을 묻기 위한 목적으로 사용하여서는 아니 된다. 비난이나 책임을 묻기 위한 사법적 또는 행정적 소송절차는 본 부속서의 규정에 따라 수행된 어떠한 조사와도 분리되어야 한다."*라고 규정하고 있다.

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

만일 이 사고조사 보고서의 해석에 있어서 한글판과 영문판의 차이가 있을 경우에는 한글판이 우선한다.

항공기사고 조사보고서(초안)

항공・철도사고조사위원회, 김포국제공항 이륙 중 추락, ㈜한라스카이에어, C172S, HL1153, 김포국제공항 내 활주로 32L 외곽도로 옆 녹지, 2016. 2. 28, 항공기사고 조사보고서, ARAIB/AAR1602, 대한민국, 세종특별자치시

대한민국 항공・철도사고조사위원회는 독립된 항공・철도 사고 조사를 위한 정부기구이며,「항공・철도 사고조사에 관한 법률」 및「국제민간항공조약」부속서 13에 따라 사고조사를 수행한다.

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

주 사무실은 세종특별자치시에 위치하고 있다.

주소: 세종특별자치시 가름로 232 세종비지니스센터 A동 6층 604호
우편번호: 30121

전화: 044-201-5447
팩스: 044-201-5698
전자우편: araib@korea.kr
홈페이지: http://www.araib.molit.go.kr

차 례

김포국제공항 이륙 중 추락 ····· 1

개 요 ····· 1

1. 사실 정보 ····· 3

1.1 비행 경위 ····· 3
1.2 인명피해 ····· 7
1.3 항공기 손상 ····· 7
1.4 기타 손상 ····· 8
1.5 인적 정보 ····· 8
1.5.1 교관조종사 ····· 8
1.5.2 학생조종사 ····· 9
1.6 항공기 정보 ····· 10
1.6.1 일반정보 ····· 10
1.6.2 성능 및 제원 ····· 11
1.6.3 엔진 및 프로펠러 ····· 11
1.6.4 탑재용항공일지 정비기록 ····· 12
1.6.5 중량 및 평형 ····· 12
1.7 기상정보 ····· 14
1.8 항행안전시설 ····· 15
1.9 통신 ····· 15
1.10 비행장정보 ····· 16
1.10.1 일반사항 ····· 16
1.10.2 김포공항 시계비행 입·출항 절차 ····· 17
1.11 비행기록장치 ····· 19
1.12 잔해 및 충격정보 ····· 19
1.12.1 일반사항 ····· 19
1.12.2. 동체 ····· 19
1.12.3. 조종실 및 계기판 ····· 21
1.12.4. 주 날개 ····· 21
1.12.5. 프로펠러 ····· 22

1.12.6. 엔진 ····· 23
1.12.6.1 전기 계통 ····· 24
1.12.6.2 실린더 및 피스톤 ····· 24
1.12.6.3 캠샤프트, 로커암 및 밸브 ····· 25
1.12.6.4 크랭크 케이스, 오일펌프 ····· 27
1.13 의학 및 병리학적 정보 ····· 28
1.14 화재 ····· 28
1.15 생존분야 ····· 28
1.15.1 일반사항 ····· 28
1.15.2 비상대응 ····· 28
1.16. 시험 및 연구 ····· 29
1.16.1 오일냉각기 및 오일호스 ····· 29
1.16.2 오일호스의 파공 분석 ····· 30
1.17 조직 및 관리정보 ····· 32
1.17.1 일반현황 ····· 32
1.17.2 교육훈련관리 ····· 33
1.17.3 정비관리 ····· 33
1.17.4 항공기 운영실태 ····· 34
1.18 기타 사항 ····· 35
1.18.1 관련자 진술조사 ····· 35
1.18.2 HL1153 이륙성능 ····· 36

2. 분석 ····· 39

2.1 일반사항 ····· 39
2.2 기상요소 ····· 39
2.3 항공기 정비요소 ····· 40
2.4 HL1153의 이륙성능 ····· 42
2.5 HL1153 조종사의 비상조치 ····· 43
2.6 한라스카이에어 조직관리 분야 ····· 46

3. 결론 ····· 48

3.1 조사결과 ····· 48

3.2 원인 ····· 51

4. 안전권고 ····· 52

4.1 한라스카이에어에 대하여 ····· 52
4.2 서울·부산지방항공청에 대하여 ····· 52
4.3 항공정책실에 대하여 ····· 52

표 목 록

[표 1] HL1153의 지상점검부터 이륙까지 과정_경찰항공대 CCTV ····· 4
[표 2] 인명피해 현황 ····· 7
[표 3] 항공기 성능 및 제원표 ····· 11
[표 4] 엔진 및 프로펠러 ····· 11
[표 5] 정시점검 수행현황 ····· 12
[표 6] HL1153 중량 및 평형 ····· 13
[표 7] 13:00-18:00 김포공항 정시관측보고 ····· 14
[표 8] 18:37 특별관측보고 ····· 14
[표 9] HL1153 관제 교신기록 ····· 16
[표 10] 한라스카이에어 보유 항공기 현황 ····· 34
[표 11] HL1153 이륙성능 산출을 위한 조건비교 ····· 36
[표 12] HL1153의 이륙성능 ····· 38

그 림 목 록

[그림 1] HL1153 이륙활주부터 추락까지 비행궤적 ····· 5
[그림 2] HL1153의 레이더항적, 충돌방지등 불빛 ····· 7
[그림 3] HL1153의 추락 모습 ····· 8
[그림 4] 김포공항 활주로 배치도 ····· 17
[그림 5] 김포공항 시계비행 주요 보고지점(고정익) ····· 18
[그림 6] HL1153 동체 하부 누설흔적 ····· 20
[그림 7] 추락 충격으로 압축 및 인장에 의한 손상모습 ····· 20
[그림 8] 전방조종석 파손 및 계기판, 엔진, 프로펠러 파손 ····· 21
[그림 9] 주날개 부위 손상 및 최초 지면 충격위치 ····· 22
[그림 10] 프로펠러 전연부 및 끝부분 회전력에 의한 손상 ····· 22
[그림 11] 2번 실린더 손상(적색화살표) ····· 23
[그림 12] 스파크 플러그 상태 ····· 24
[그림 13] 1번 피스톤 손상모습 ····· 25
[그림 14] 캠 샤프트 로브의 순서 및 마모상태 ····· 26
[그림 15] 회전자 캡이 씌워지지 않은 1번 실린더 배기밸브 ····· 26
[그림 16] 오일펌프 임펠러 및 내벽의 긁힘, 오일 흡입스크린의 금속가루 ·· 27
[그림 17] HL1153 엔진에서 탈착된 오일 냉각기와 호스 ····· 29
[그림 18] 철망의 절단 모습과 꺾임 및 꼬임 현상 ····· 30
[그림 19] 철망 절단면의 SEM 관찰사진 ····· 31
[그림 20] 한라스카이에어 조직 ····· 32
[그림 21] HL1153 추락과정 도해 (CCTV 및 ASR 자료) ····· 43

약 어

ARAIB	Aviation and Railway Accident Investigation Board(항공·철도사고조사위원회)
AGL	Above Ground Level(절대고도)
ASDE	Airport Surface Detection Equipment(공항지상감시레이더)
ASR	Airport Surveillance Radar(공항감시레이더)
CCTV	Closed Circuit Television(폐쇄회로 TV)
CG	Center of Gravity(무게 중심)
CVR	Cockpit Voice Recorder(조종실음성기록장치)
EENT	End of Evening Nautical Twilight(해상박명종)
ELT	Emergency Location Transmitter(비상위치송신기)
HDG	Heading(기수방향)
FDR	Flight Data Recorder(비행자료기록장치)
IFR	Instrument Flight Rule(계기비행방식)
IMC	Instrument Meteorological Condition(계기비행기상상태)
METAR	Meteorological Aerodrome Report(정시관측보고)
PM	Pilot Monitoring(보조임무 조종사)
PF	Pilot Flying(임무 조종사)
RPM	Revolution Per Minute(분당회전수)
SEM	Scanning electron microscope(주사전자현미경)
VMC	Visual Meteorological Condition(시계비행기상상태)
VHF	Very High Frequency(초단파)
VOR	Very-high-frequency Omnidirectional Radio-range(초단파 전방향무선표지)
TSN	Time Since New(신규 시간)
TSO	Time Since Overhaul(오버홀 시간)

김포국제공항 이륙 중 추락

- ○ 운영자: ㈜한라스카이에어
- ○ 제작사: 미국, 세스나 사(The Cessna Aircraft Company)
- ○ 형식: C172S
- ○ 등록부호: HL1153
- ○ 발생장소: 김포국제공항 활주로 32L 외곽도로 옆 녹지
  (위도: 37°33′56.22", 경도: 126°46′34.37", 해발고도: 18m)
- ○ 발생일시 : 2016년 2월 28일 18:32경 (한국표준시각[1])

개 요

2016년 2월 28일 ㈜한라스카이에어 소속의 C172S/HL1153 항공기가 김포국제공항 활주로 32L에서 이륙부양하여 1분 8초 후인 18:31:51경 좌선회하면서 공항 내 외곽도로 옆 녹지대에 추락하였다. 이 사고로 탑승하였던 조종사 2명이 모두 사망하였으며 항공기는 전파되었다.

항공·철도사고조사위원회(이하 "위원회"라 한다)는 이 사고 원인으로「① HL1153은 김포국제공항 이륙 시 엔진이상(과도한 오일 누출 및 이륙성능에 미치지 못한 엔진출력) 현상이 발생하여 저고도, 저속의 비상 상황에 조우하였고,② 출발장소인 김포공항으로 무리하게 귀환하기 위해 급선회 조작을 함으로써 실속에 진입하였으며, ③실속에 대한 회복조치를 적절하게 수행하지 못하여 스핀형태로 악화되어 추락한 것으로 추정된다.」로 결정한다.

기여요인으로 「① 한라스카이에어는 부적절한 정시점검, 엔진밸브계통에 마모, 절손 등 허용기준치를 초과한 엔진 사용 등 전반적인 정비관리가 부적절하였고, ② 소속 운항승무원에 대하여 비행 중 엔진이상 시에 대비한 비상절차교육 및 운항안전관리를 미흡하게 하였다.」로 결정한다.

1) 본 보고서상의 모든 시각은 24시를 기준으로 한 한국표준시각 임

위원회는 이 사고조사 결과에 따라 지방항공청에 1건, 항공정책실에 2건 등 총 3건의 안전권고를 발행한다.

1. 사실 정보

1.1 비행 경위

2016년 2월 28일 항공기사용사업체(비행훈련업)인 ㈜한라스카이에어 소속의 C172S/HL1153 항공기(이하 "HL1153"이라 한다)가 비행훈련[2]을 목적으로 김포국제공항(이하 "김포공항"이라 한다) 활주로 32L에서 18:30:21경 이륙활주를 시작하였고, 이륙부양하여 급하게 좌선회 중 18:31:51경 김포공항 내 녹지대에 추락하였다.

항공기에는 교관조종사(이하 "교관"이라 한다) 1명, 학생조종사(이하 "학생"이라 한다) 1명 등 모두 2명이 탑승하고 있었으며, 이 사고로 인하여 탑승자 모두 사망하였고 항공기는 전파되었다.

사고 당일 15:10분경 한라스카이에어 소속 기장은 서울지방항공청에 계기비행계획을 제출하여 승인을 받았으며 비행계획 내용은 다음과 같다.

- 비행목적: 훈련비행
- 이륙/착륙 장소: 김포공항(RKSS)/김포공항
- 이륙/착륙시간: 18:40/20:40
- 비행경로/비행방식: 김포공항 ⇨ 송탄 VOR(SOT) ⇨ 김포공항/계기비행
- 비행속도: 100kt, 비행고도: 5,000ft
- 비행시간: 2시간
- 탑승조종사: 2명(교관, 학생)

HL1153 조종사들은 [표 1]과 같이 18:03:09경 김포공항 서쪽 계류장 514번에 도착하여 18:06:54에 엔진시동을 걸었고, 18:08:08부터 18:13:32까지 5분 24초 동안 제설작업을 하였으며, 교관은 18:13:54에 우측석(보조조종석)에 탑승하였고, 학생은 18:20:34에 좌측석(주조종석)에 탑승하였다.[3]

2) 교관자격을 취득하기 위한 조종교육증명 과정
3) HL1153 조종사들이 계류장에 도착한 시간부터 이륙 부양하는 순간까지 녹화된 김포공항 경찰항공

HL1153은 18:22:19에 김포관제탑 허가중계석(Kimpo Clearance Delivery)과 첫 교신을 하였으며, 이때 비행계획을 계기비행방식(IFR)에서 초기 시계비행방식(ZFR)[4]으로 변경을 요청하여 18:22:30에 허가를 받았다.

HL1153은 18:22:58에 김포관제탑에 항공기 시동을 요청하여 승인을 받았으나 경찰항공대 CCTV 녹화자료에는 이미 18:06:54에 시동이 걸린 상태에 있었다.

김포관제탑은 18:23:34에 HL1153이 활주로 32L, 유도로 W1을 경유하여 대기지점까지의 지상활주 요청함에 따라 이를 허가하였다.

시 각[5]	활동 내용	비 고
'16.2.28. 18:03:09	• 교관 및 학생 514번 주기장에 도착	
18:06:54	• 엔진 시동(교관 및 학생 조종사)	
18:08:08~ 18:13:32	• 항공기 제설작업	5분24초
18:13:54	• 교관이 항공기 우측조종석에 탑승	
18:20:34	• 학생이 항공기 좌측조종석에 탑승	
18:24:14	• 지상활주 시작(514번 주기장 ⇨ RWY32L)	
18:26:07	• W1 유도로 입구 도착/정지	
18:29:00	• HL1153 W1으로 활주로 진입시작	Hold Shot 무정지 통과
18:29:50	• HL1153 활주로(RWY 32L) 정대	
18:30:21	• HL1153 이륙활주 시작	
18:30:43	• HL1153 이륙부양	63.2kts(ASDE)

[표 1] HL1153의 지상점검부터 이륙까지 과정_경찰항공대 CCTV

대의 CCTV에 녹화된 영상기록에 따름

4) 초기 시계비행방식(ZFR): 시계비행방식으로 이륙한 후 특정지점에서 계기비행방식으로 전환하여 비행하는 방식

5) CCTV에 입력된 시간이 ASDE의 GPS시간보다 약 30초의 차이가 발생하여 ASDE 시간을 기준으로 동기화

HL1153은 18:24:14에 514번 주기장에서 출발하여 18:26:07에 유도로 W1에 도착 후 다른 항공기[6]들이 착륙하는 동안 대기하였다.

18:28:42에 김포관제탑은 HL1153에게 활주로 32L에 진입 대기를 지시하였고, HL1153은 18:29:00에 W1 유도로 입구에서 출발하여 18:29:50에 활주로 32L에 진입하여 대기하였다. 18:30:06에 김포관제탑은 HL1153에게 이륙을 허가하였고, HL1153은 18:30:21에 이륙활주를 시작하였다.

18:30:21에 이륙활주를 시작한 HL1153은 18:30:41에 활주거리 약 1,300ft(396m)에서 이륙전환속도(Vr) 55kts(28.2m/s)에 도달하였고, 18:30:44에 약 1,860ft(567m) 지점에서 최량 상승각허용속도(Vx)[7] 63.2kts(32.5m/s)에 도달하여 부양, 상승하였다.

김포관제탑은 18:31:19에 HL1153에게 가능하면 고도 2,000ft까지 상승하면서 보고지점 "K"[8]로 좌선회할 것을 지시하였고, HL1153은 이를 복창하였다.

HL1153의 이륙활주부터 추락까지의 비행경로는 [그림 1]과 같다.

6) ANA865편(B772, 18:26 착륙), AAR8934편(A321, 18:28 착륙)
7) 최량 상승각에 대응하는 속도(C172의 Vx는 62kts). 소방항공대 CCTV 영상기록에서 HL1153의 이륙지점을 도상에서 표기하고, ASDE에서 이 지점의 속도를 보고지점하여 산출하였음, 이 지점까지 소요된 거리는 약 1,860ft(567m)임
8) 참고점 "K"는 시계비행 항공기 입·출항을 위하여 설정된 지점으로 김포공항 관제탑 남서쪽 5.9km(231R/ 3NM)에 위치하고 있으며 활주로32 이륙 시 좌선회하여 이곳을 2,000ft 이상으로 통과하도록 하고 있음

[그림 1] HL1153 이륙활주부터 추락까지 비행궤적

[그림 2]의 좌측 그림은 인천레이더[9]와 김포공항 공항감시레이더[10]에 포착된 HL1153의 항적이며, 우측 그림은 김포공항 소방대 앞 CCTV[11]에 녹화된 HL1153 충돌방지등 불빛의 이동 경로를 표시한 것이다.

레이더 자료에 따르면 HL1153는 18:31:06.8부터 18:31:21.8까지 약 15초 동안 고도[12] 211ft, 속도 약 60.2~61.9kts로 직진비행을 하였고, 18:31:26.7부터 314ft로 고도상승이 지시되었다. 충돌방지등 불빛은 HL1153가 이륙부양 후 좌선회 직전까지 직진 상승구간에서 비정상적으로 낮은 상승각으로 비행하고 있음을 나타내었다.

18:31:31.7부터 속도가 60.7kts로 줄어들면서 좌선회를 시작하였다. 18:31:37부터 18:31:51까지 고도는 314ft에서 214ft로 떨어졌고 속도는 50.8kts에서 46.1kts로 줄어들면서 급하게 좌선회하였으며, 결국 실속에 진입하여 18:31:51

9) 인천공항공사는 ARTS(Automated Radar Terminal Systems)를 운영하며 인천공항에 2개, 김포공항에 1개의 레이더안테나로부터 수신된 항적자료를 통합하여 서울접근관제소, 인천관제탑 및 김포관제탑에 관제업무 지원을 위해 제공하고 있음. 이 자료에는 HL1153 항적이 5초 간격으로 기록되어 있음

10) 김포공항에는 방위와 거리정보를 제공하는 공항감시레이더(Airport Surveillance Radar)와 항공기에 장착된 송신기로부터 수신된 항공기 위치 및 고도정보를 제공하는 이차감시레이더(Secondary Surveillance Radar)가 설치되었음

11) 김포공항 소방대 앞 CCTV에는 HL1153 이륙부양 후 추락까지 약 42초간(18:31:08~18:31:50) 충돌방지등의 불빛이 평균 1.27초 간격으로 깜박거린 것이 녹화되어 있음. 녹화시간은 인천공항 레이더에 기록된 HL1153 비행 궤적시간을 기준으로 일치시킴

12) 평균해수면으로부터 고도를 나타내며 김포공항의 표고는 58피트이므로 활주로 상공 153피트(211-58)로 해석됨

경[13] 수직에 가까운 강하자세로 추락하였다.

[그림 2] HL1153의 레이더항적(인천, 김포ASR)(좌), 충돌방지등 불빛(김포공항CCTV)(우)

1.2 인명피해

피해 정도	승무원	승객	기타
사 망	2(조종사)	-	-
중 상	0	-	-
경상/부상 없음	0	-	-
계	2	0	0

[표 2] 인명피해 현황

1.3 항공기 손상

HL1153은 추락 충격으로 엔진룸이 조종실 부위까지 압착되었고, 주 날개 및 동체가 절단되는 등 [그림 3]과 같이 전파되었다.

13) 추락시간: 최원점 18:31:42 + 이후 충동방지등 불빛 수(4+3(보이지 않는 구간)) x 1.27 = 8.9초) ⇒ 18:31:51

사고 당시 HL1153은 기체보험[14], 승무원 및 승객 보험[15], 대인 대물 등 제3자 피해보험[16]에 가입되어 있었고 보험은 유효기간[17] 내에 있었다.

[그림 3] HL1153의 추락 모습

1.4 기타 손상

추락 당시 HL1153에서 흐른 연료 및 윤활유 등으로 주변이 오염되었으나 한국공항공사 서울지사 항무팀에 의해 오염물질이 제거되었다.

1.5 인적 정보

1.5.1 교관조종사

교관조종사(남 40세)는 유효한 사업용조종사자격증명[18], 비행기 계기비행증명[19], 비행기 육상다발[20], 비행기 조종교육증명[21], 항공무선통신사자격증[22]을

14) 500만원
15) 좌석 당 1억원
16) 사고당/항공기당 1억원(대인/대물)
17) 한화손해보험, 2015.10.13.~2016.10.13.(1년)
18) 비행기 육상단발, 자격증번호 : 12-009677, 교부일: 2015. 2. 16.

보유하고 있었다.

교관조종사는 2015년 2월 18일 한라스카이에어의 조종교육증명과정에 입과하여 2015년 6월 24일 비행교관훈련과정을 이수하였고, 같은 날 한라스카이에어 비행교관으로 임용되었다.

교관조종사는 군에서 1,872시간(학생조종사 48시간 포함), 민간에서 903시간[23]을 비행함으로써 총 2,775시간의 비행경력을 보유하였고 그중 C172기종 기장시간은 801시간이며 비행교관 646시간, 야간비행 162시간, 계기비행 203시간을 비행하였다.

교관조종사의 최근 90일간 비행시간은 208.8시간 이며 최근 7일 비행시간은 7.7시간이고 24시간 이전까지 비행시간은 2.8시간이었다.

2월 26일 오후에는 교관조종사는 다른 훈련생과 함께 16:00경 김포공항을 출발하여 18:54경 무안공항에 접지 후 이륙(touch and go) 훈련비행 후 20:54경 김포공항으로 돌아왔다. 2월 27일 오전에는 학생조종사와 함께 06:00경 김포공항을 출발하여 오산공역 국지비행 후 08:48경 김포공항에 착륙하였다.

1.5.2 학생조종사

학생조종사(남 35세)는 2015년 11월 29일부터 사고 당일까지 한라스카이에어에서 조종교육증명과정 비행훈련[24] 중이었으며, 사고 당시에는 유효한 사업용조종사자격증명[25], 비행기 계기비행증명[26], 항공무선통신사자격증[27]을

19) 취득일 : 2015.1.22.
20) 취득일 : 2015년 4월 9일
21) 교부일 : 2015. 5. 26.
22) 자격증번호 : 13-34-1-0426, 합격일 : 2013. 7. 19.
23) C172 단일기종
24) 2015.11.29.부터 비행훈련 시작하여 사고당일 10회째 비행
25) 비행기 육상 단/다발, 자격증번호 : 12-010152, 교부일: 2015. 11. 23, 교부처: 교통안전공단
26) 취득일자 : 2015.10.23.
27) 자격증번호 : 12-34-1-0696, 합격일: 2012. 9. 28.

보유하고 있었다.

학생조종사의 총 비행경력은 221시간[28]으로 그 중 기장 125시간, 야외비행 107시간, 야간비행 23시간, 계기비행 83시간의 비행을 하였다.

학생조종사의 최근 90일 동안 비행시간은 17.2시간이며, 최근 7일간 비행시간은 4.9시간, 24시간 전까지 비행시간은 2.8시간이다. 사고당시 학생조종사는 HL1153 좌측조종석에 탑승하였고, 주기장으로부터 이륙하여 좌선회할 당시까지 관제기관과 무선교신을 하였다.

학생조종사는 2월 27일 오전에 교관조종사와 함께 06:00경 김포공항을 출발하여 오산공역 국지비행 후 08:48경 김포공항에 도착하였다.

1.6 항공기 정보

1.6.1 일반정보

HL1153은 2000년 11월 27일, 미국 세스나 사에서 제작[29]된 C172S 형식의 비행기로서 미국에서 주로 비행훈련용으로 운용되었다. 한라스카이에어가 이를 구매하여 2011년 12월 19일 국토교통부에 최초 등록[30] 하였다.

그 후 HL1153은 2014년 8월 25일 개인소유로 이전등록되었고 한라스카이에어는 2015년 7월 20일 이를 임차하여 계속 운용하고 있었다.

HL1153은 사고 당시 항공기 등록증명서[31], 감항증명서[32], 운용한계지정서[33]는 모두 유효하였으며 사고 당일까지 총 비행시간은 8,993.5시간(TSN)[34],

28) C172 단일기종
29) 제작일련번호 : 172S8661
30) 최초등록증 번호 : 2011-110(2011.12.19.), 등록당시 비행시간 : 5,696.6시간
31) 2015-108(2015.7.20.)
32) 감항증명번호 : AB15098(유효기간 2015.10.15.~2016.10.14.)
33) ABOL15098(2015.10.13.)

이착륙 횟수는 961회[35]이었고 사용연료는 AV-gas를 사용하였다.

1.6.2 성능 및 제원

HL1153 항공기 성능 및 제원은 [표 3]과 같다.

구 분		성능 및 제원	구 분		성능 및 제원
규격	길 이	8m 28cm	속도	실속(Vs)	FU/53, FD/48kts
	넓이(폭)	10m 97cm		이륙전환(Vr)	55kts
	높 이	2m 71cm		최량상승각(Vx)	62kts
실용상승한도		4,100m		최대상승율(Vy)	72kts
연료 탑재량		212ℓ(56gal)		최대/순항	302/226㎞/h
연료소모량		31ℓ/h(8.2GPH)		최대 활공	68kt
좌석 수		4 명(P 1/FAX 3)		무동력 활공	FU/70, FD/65kts
엔진출력		180Bhp	이륙지상활주거리		293m(960ft)
			이륙거리(50피트)		497m(1,630ft)
중량	최대이륙	2,550lbs(1,111kg)	최대 RPM		2,700RPM
	자중	1,663lbs(754.3kg)	저속(Idle) RPM		700RPM

[표 3] 항공기 성능 및 제원표

1.6.3 엔진 및 프로펠러

HL1153에 장착된 엔진 및 프로펠러의 정보는 [표 4]와 같다.

구 분	엔진	프로펠러
제작사	미국, Lycoming	미국, Mccauley
형 식	IO-360-L2A	1A170E/JHA7660
일련번호	RL-9544-51A	UG23025
제작일자	2003년 2월 26일	2003년 8월 12일
장착일자	2015년 8월 2일	2013년 8월 30일
수리 후 사용시간	907.1시간	1,482.9시간

[표 4] 엔진 및 프로펠러의 정보

34) TSN : Time Since New 기체제작 후 사용시간, 탑재용 항공일지에 마지막으로 기록된 시간
35) 탑재용 항공일지에 기록된 횟수, 일지에 기록된 이착륙 횟수는 누락일자가 많아 신뢰 불가

1.6.4 탑재용항공일지 정비기록

HL1153에 대한 정시점검 기록을 확인한 결과, 한라스카이에어 탑재용항공일지에는 제작사 권고방식에 따라 자체정비로 정시점검을 수행하였다. 정시점검결과는 결함이 없었으며, 정시점검 수행 기록은 [표 5]와 같다.

정시점검 수행현황				
점검종류	비행시간	수행일자	종료일자	주요 결함기록
50 H	8,928.8	2016.02.12	2016.02.12	없음
100 H	8,891.3	2016.02.07	2016.02.07	없음
500 H	8,931.3	2016.02.13	2016.02.14	없음

[표 5] 정시점검 수행현황

또한 2016년 2월 15일자 탑재용항공일지에는 Engine Cowl Shock Mount가 부러진 것이 발견되어 2016년 2월 17일에 Shock Mount[36] 3개를 교환하고 Engine Oil이 누설되어 Oil Dip Stick Seal[37]을 교환한 것으로 기록되어 있었다.

1.6.5 중량 및 평형

급유대장과 탑재용항공일지 기록에 따르면, 사고당일 HL1153 항공기는 5차례의 비행이 계획되었다. 오전부터 4차례의 비행을 마치고, 5회째 비행 중 사고가 발생하였다.

HL1153 항공기는 07:00부터 11:20까지 2차례 비행하였다. 총 200리터의 연료로 첫 번째와 두 번째 비행[38]을 마치고, 항공기에 113리터의 연료를 보충하여 총 200리터가 되었다. 3회 및 4회째는 13:40부터 15:40까지 계류장에서

36) Shock Mount P/N : 74065
37) Dip Stick Seal P/N : 0453003-21
38) 사고 당시와 다른 교관 및 학생조종사가 2회로 분할하여 계기훈련비행

항공기 엔진 시동상태(Ground Idle)로 비행이론 교육을 실시[39]하였다. 이후 사고 교관 및 학생조종사는 추가 연료보급 없이 5회째 비행을 실시하였다.

5회째 비행 전의 탑재 연료량은 알 수 없었으나, 200리터에서 13:40부터 15:40까지 엔진 시동상태에서 2시간 동안 소모된 연료 약 42lbs(7 US·gal)와 5회째 비행으로 계류장에서 출발하여 이륙 전까지 소모된 연료 8.4lbs를 제하고 중량 및 평형을 산출하였다.

사고 당시 HL1153의 이륙 중량과 C.G는 허용범위 내에 있었으며 중량 및 평형은 [표 6]과 같다.

구 분	중량(lbs)	ARM(inch)	모멘트(lbs • inch)
최대이륙중량 및 CG 허용범위	**2,550**	**39.5 ~ 47.3**	-
항공기 자체중량	1,692	39.48	66,800.16
전방석(학생, 교관)	270	37	9990
후방석(휴대품)	40	73	2920
수화물 구역 1	40	95	3800
무연료중량	2,042	-	83,510.16
탑재연료[40]	274	48	13,152
항공기 총중량	2,316	-	96,662.16
지상 소모연료	-8.4	48	-403.2
이륙 중량	**2,307.6**	**41.71**	96,258.96
*이륙 CG = 모멘트 / 이륙 중량			

[표 6] HL1153 중량 및 평형

39) 사고 당시와 다른 교관 및 2명의 학생조종사가 각각 1시간씩 총 2시간 계기훈련비행에 관련 이론 교육을 실시하였음을 진술함

40) 사고당일 탑재연료량 200litter(200x1.58=316lbs)에서 이전 비행에 소모된 연료량 (7gal×3.785=26.495litter, 26.495x1.58=41.862 lbs)를 감한 연료중량

1.7 기상정보

사고 당일 김포공항 정시관측보고(METAR)는 [표 7]과 같다.

시간	내 용
13:00	34017KT 6000 FEW030 OVC080 03/M06 Q1020 BECMG -RA SN=
14:00	01014KT 2500 1100NW R32L/1200D R32R/P2000N -SN BR FEW005 SCT030 OVC080 M00/M03 Q1020 NOSIG=
15:00	36008KT 340V040 0500 R32L/0650N R32R/1300U SN BR SCT002 BKN030 OVC080 M00/M02 Q1020 NOSIG=
16:00	01010KT 1800 -SN BR SCT010 SCT030 OVC080 M01/M02 Q1020 NOSIG=
17:00	35006KT 1200 R32L/1000N R32R/0900N -SN BR SCT005 SCT030 OVC080 M00/M02 Q1020 NOSIG=
18:00	36003KT 6000 FEW030 BKN110 M01/M02 Q1020 NOSIG=
19:00	27003KT 3200 BR FEW030 BKN100 M01/M03 Q1021 NOSIG=

[표 7] 13:00-19:00 김포공항 정시관측보고

김포공항 정시관측보고에 따르면 13:00부터 약한 눈비가 시작되었고, 15:00경 눈이 강하게 내려 시정이 500m로 악화되었다. 16:00경부터 눈이 약해졌고 17:00부터 18:00까지 눈이 그치면서 시정이 6,000m로 좋아졌다. 19:00에는 박무로 인해 시정이 3,200m까지 감소되었다. 기온은 15:00부터 18:00까지 0℃와 영하 1℃를 유지하였다.

김포공항 일몰시각은 18:25이었고 18:37에 수행된 특별관측보고(Speci)는 [표 8]과 같다.

시간	내 용
18:37	28003KT 4,500 BR FEW030 SCT110 M01/M03 Q1021 NOSIG
	바람 280도에 3노트, 시정 4,500미터 박무, 구름 3,000피트에 적은 구름, 11,000피트에 구름 조금, 기온 영하 1℃, 노점온도 영하 3℃, 기압 1,021mb. 특별한 기상변화 없음

[표 8] 18:37 특별관측보고

또한 경찰항공대 CCTV의 영상자료에 따르면 HL1153이 이륙 활주를 시작한 시각 전·후에는 눈이 내리지 않았고 이륙 활주하는 항공기 및 활주로 건너편 공항 건물 등이 비교적 선명하게 식별될 정도로 시정은 양호하였으며 계류장 표면[41]에 결빙이 없었다.

사고 이전 비행을 하였던 다른 조종사들의 진술에 따르면 김포공항에는 약 14:00부터 눈이 내리기 시작했고 14:30[42]경부터 15:30경까지 눈발이 강해졌다가 점점 약해져 약 16:00경에 눈이 멈췄고 이후부터는 시계비행기상상태를 유지하였다고 하였다.

1.8 항행안전시설

HL1153이 이륙할 때는 시계비행방식으로 비행하였고 당시 계기비행을 위한 항행안전시설을 이용하지 않았다.

1.9 통신

HL1153가 김포공항 관제탑과 교신할 때 통신장애는 없었으며 관제탑의 주요 교신 내용은 [표 9]와 같다.

41) 아스팔트 및 콘크리트 포장
42) 사고당일 한라스카이에어 운항본부장은 14;37경 회사 SNS 메시지로 '눈이 많이 오니 기상이 좋아지지 않는 한, 비행을 자제할 것'을 한라스카이에어 조종사들에게 전파

시간	통화자	내 용	비고
18:22:19.0	SP	• Gimpo delivery good afternoon, HSK1153 spot 514, 저희 6시 반 IFR 송탄 plan인데 ZFR flight plan으로 변경요청 가능하겠습니까?	학생 조종사
18:22:30.4	ATC	• HSK1153 approved.	
18:22:34.6	IP	• Contact ground.	
18:22:52.0	SP	• Gimpo ground HSK1153 request engine start up spot 514.	
18:22:56.4	ATC	• HSK1153, start up approved.	
18:22:58.6	SP	• Start up approved HSK1153.	
18:23:19.0	SP	• Gimpo ground HSK1153 spot 414, request taxi with information 'Juliet'.	
18:23:25.8	ATC	• Say again?	
18:23:28.0	SP	• Gimpo ground HSK1153 at spot 514, request taxi with information 'Juliet'.	
18:23:34.2	ATC	• HSK1153, taxi via W1, hold short of runway 32L.	
18:23:39.5	SP	• Taxi via W1, hold short of runway 32L, HSK1153.	
18:28:42.0	ATC	• HSK1153, line up and wait runway 32L.	
18:28:45.2	SP	• Line up and wait runway 32L, HSK1153.	
18:30:06.0	ATC	• HSK1153, wind 320 at 4, runway 32L, cleared for take off.	
18:30:10.3	SP	• Cleared for take off, runway 32L, HSK1153.	
18:31:19.4	ATC	• HSK1153, if able left-turn to 'KILO', climb 2,000.	
18:31:22.2	SP	• Left-turn to 'KILO', climb 2,000, HSK1153	
18:32:50.0	ATC	• HSK1153, SQ ident.	

[표 9] HL1153 관제 교신기록

1.10 비행장정보

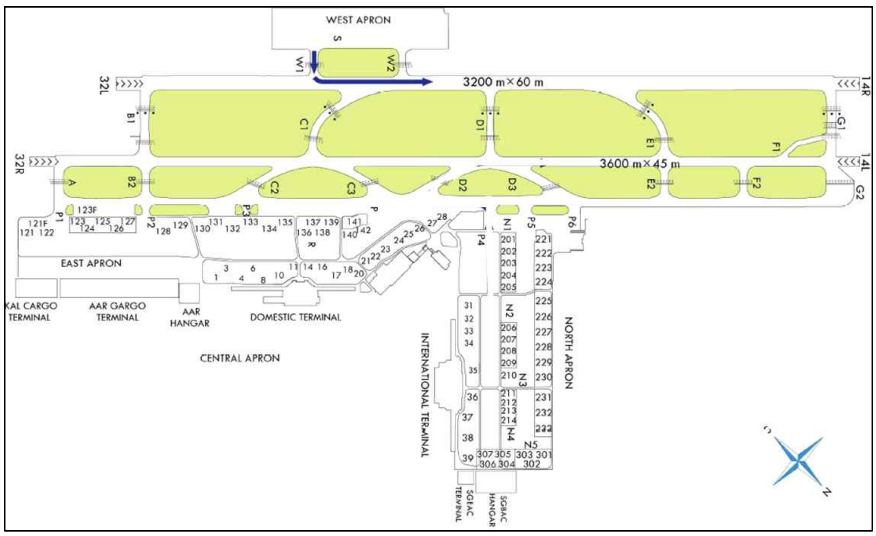
1.10.1 일반사항

김포공항은 B747 및 A380 항공기의 이착륙이 가능한 'F' 급 공항으로서,

아스팔트 포장된 2개의 활주로[43]가 있다. 계류장은 모두 4개로 북측, 동측, 중앙계류장은 국제선 및 국내선 운송용 항공기가 사용하고 서측 계류장은 소형비행기 및 헬리콥터가 사용하고 있다.

HL1153은 사고 당일 W1 유도로를 경유하였다. W1 유도로와 활주로의 접면으로부터 활주로 32L 말단까지의 거리는 7,816ft(약 2,380m) 이다. 김포공항 활주로 배치는 [그림 4]와 같다. 그리고 활주로 좌단으로부터 외곽 담장까지는 약 200m 폭의 녹지가 조성되어 있다.

김포공항의 북동쪽에는 P-73A/B 비행금지 공역과 R-75 제한공역, 북쪽에는 P-518공역이 설정되어 있어, 통상 훈련하는 시계비행 고정익 항공기들은 보고지점 “K”를 경유하는 입출항로를 사용한다.



[그림 4] 김포공항 활주로 배치도

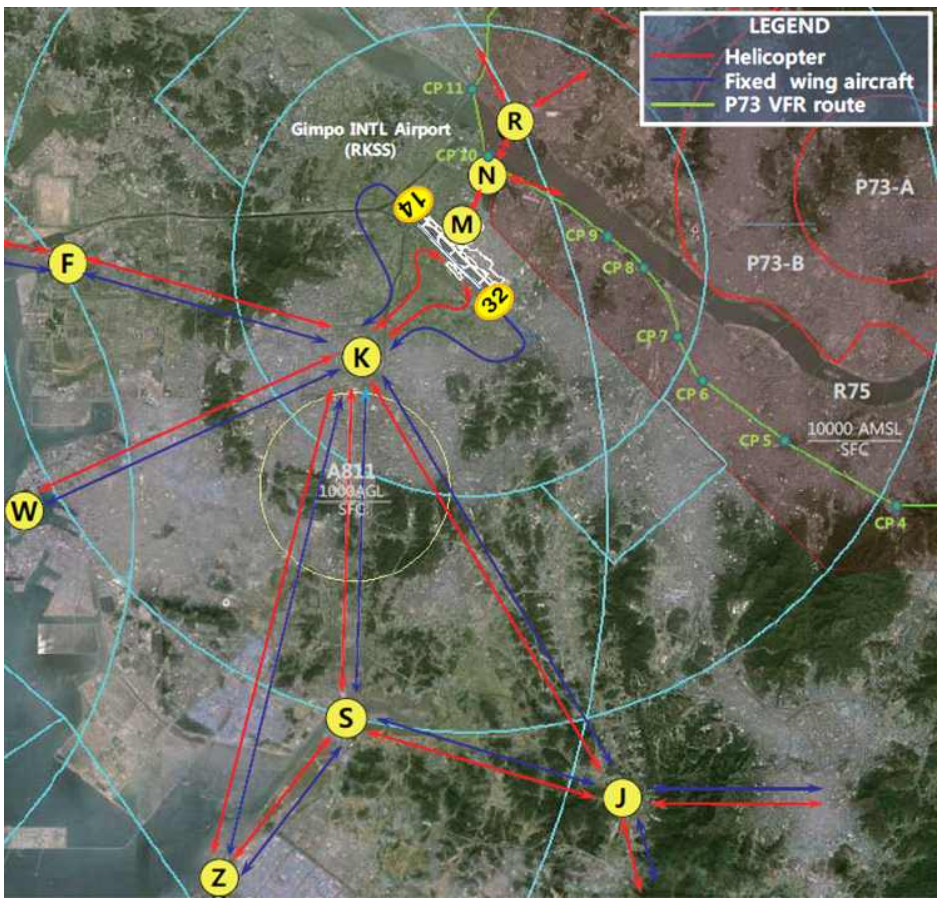
1.10.2 김포공항 시계비행 입·출항 절차

김포공항에서 활주로 32에서 시계비행방식으로 이륙하여 남쪽으로 비행할 고정익 항공기는 활주로 32에서 이륙하여 활주로 끝을 통과하고, 안전고도에

43) 14R-32L : 3,200×60m, 14L-32R: 3,600×45m

도달하면 좌선회 후에 김포공항으로부터 남서쪽으로 3마일에 있는 보고지점 'K'로 비행하며, 통과고도는 2,000피트 이상이다. 그리고 다음 시계비행 보고지점까지의 비행은 관제기관 지시에 따른다. 고정익항공기의 김포공항 시계비행 주요 보고지점은 [그림 5]와 같다.

Reporting Point	Geographical Name	Position	Coordinates(WGS-84)
F	북인천 IC(Buk-Incheon IC)	10.3NM NE of Incheon (R 277 KIP/D8.2)	37° 33' 19" N 126° 37' 13" E
J	조남JCT(Jonam JCT)	11.7NM SSE of Gimpo (R 169 KIP/D12)	37° 22' 13" N 126° 52' 06" E
K	서운분기점(Seoun JCT)	3.0NM SW of Gimpo (R 231 KIP/D3)	37° 31' 25" N 126° 45' 06" E
M	김포공항북측농경지 (North farmland of Gimpo airport)	0.7NM NNE of Gimpo (R 014 KIP/D0.7)	37° 34' 08" N 126° 47' 37" E
N	개화산(Gaehwa Hill)	1.7NM NNE of Gimpo (R 028 KIP/D1.7)	37° 35' 05" N 126° 48' 17" E
R	행주대교(Hangju Bridge)	2.9NM NNE of Gimpo (R 029 KIP/D2.9)	37° 36' 10" N 126° 48' 49" E
S	소래(Sorae)	10.0NM SSW of Gimpo (R 201 KIP/D10)	37° 23' 40" N 126° 44' 39" E
W	월미도(Wolmido)	10.9NM SSE of Gimpo (R 248 KIP/D10.8)	37° 28' 10" N 126° 35' 53" E
Z	시화방조제(Sihwa Breakwater)	14.2NM SW of Gimpo (R 200 KIP/D14.3)	37° 20' 00" N 126° 41' 20" E



[그림 5] 김포공항 시계비행 주요 보고지점(고정익)

1.11 비행기록장치

HL1153 항공기에는 비행자료기록장치(FDR) 및 조종실녹음기록장치(CVR)가 장착되어 있지 않았다. 항공법 제41조제2항 및 같은 법 시행규칙 제135조의2제1항제3호[44]의 사고예방장치 등에 관한 규정에 따라 HL1153에는 비행기록장치를 설치하지 않아도 된다.

1.12 잔해 및 충격정보

1.12.1 일반사항

HL1153는 김포공항의 외곽 담과 공항 순환도로 사이의 녹지대에 추락되었고, 추락된 모습은 수직에 가까운 자세로 지상에 충돌 후 튕겨서 처음 충돌한 위치에서 왼쪽으로 약 10도 회전되어 서 있었다.

지상에 추락한 동체는 지면에 충돌되면서 엔진이 조종실까지 압착되었다. 동체는 전체적으로 동체상부 쪽으로 활처럼 휘어졌고, 기수가 북쪽을 향해 거꾸로 서있는 모습이었다.

1.12.2. 동체

동체 하부에는 누설되어 도포된 오일 흔적이 [그림 6]과 같이 있었다. 동체 하부에 오일이 도포된 구역은 2개로 구분되며, 기체 중앙선을 기준으로 우측 동체 하부에는 오일이 장기간 누설, 증발, 응착되어 검은색을 띄고 있었고 좌측 동체 하부에는 사고 당일 누설된 오일이 투명한 상태로 도포되어 있었다.

44) 항공운송사업용(터빈발동기 장착), 비 운송용(1989.1.1. 이후 생산된 최대중량 5.7t 이상) 비행기

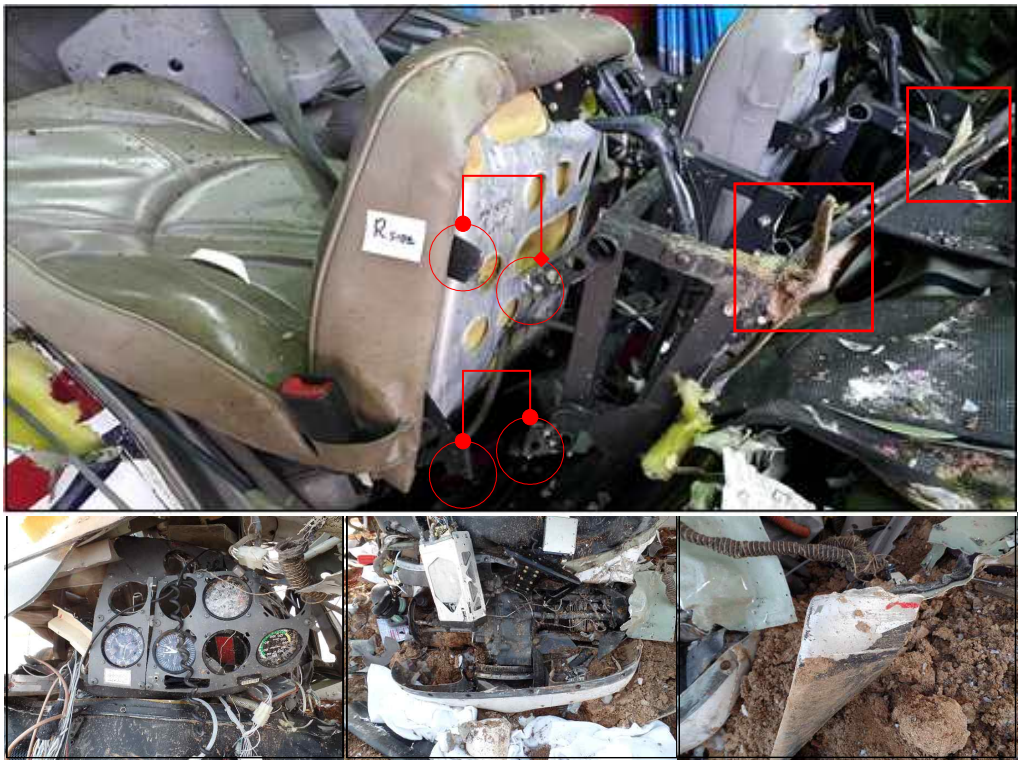
[그림 6] HL1153 동체하부의 오일 누설 흔적

HL1153은 지상에 충격 당시 동체 우측은 기수방향으로 압축에 의한 손상(적색화살표)을 입었으며 동체 좌측은 [그림 7]과 같이 인장력에 의해 접합부위가 찢어지는 손상(청색화살표)을 입었다.

[그림 7] 추락 충격으로 압축 및 인장에 의한 손상 모습

1.12.3. 조종실 및 계기판

HL1153의 전방 조종석은 추락 충격으로 [그림 8]과 같이 모두 본래의 위치에서 하부 받침대(적색 원) 및 레일이 탈락(적색 사각형)되거나 지지대가 휘어지면서 계기판 쪽으로 밀려 있었고, 조종실 상부는 동체가 꺾이면서 후방석 상부까지 함몰되었으며, 계기판은 조종석까지 밀려들어온 엔진과 조종석이 압착되면서 대부분 파손되었다.



[그림 8] 전방조종석 파손 및 계기판, 엔진, 프로펠러 파손

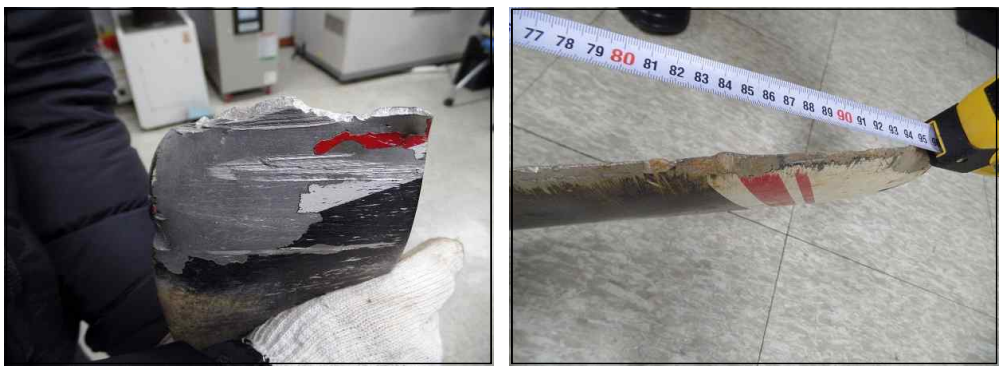
1.12.4. 주 날개

주 날개는 추락 충격으로 날개 뿌리(root)부분이 절단되면서 기수방향 쪽으로 꺾여 있었으며 날개의 전연(leading edge)부분이 지면과 충격으로 압착되어 주름이 발생하여 [그림 9]와 같은 손상을 입었다.

[그림 9] 주 날개부위 손상 및 최초 지면 충격위치

1.12.5. 프로펠러

추락 당시 프로펠러는 대부분 엔진과 함께 땅 속에 박혀있었으며 일부 절단된 끝부분만 지면에 노출되어 있었다. 프로펠러를 조사한 결과 [그림 10]과 같이 프로펠러에서 회전력에 의한 손상이 발견되었다.



[그림 10] 프로펠러 전연부 및 끝부분 회전력에 의한 손상

1.12.6. 엔진

HL1153의 엔진은 추락 시 충격으로 엔진 장착대가 절단되면서 조종실까지 밀려들어갔고 기수부분은 땅 속에 약 25cm 정도 박혀 있었다.

그리고 엔진 하부의 오일통과 엔진 2번 실린더가 외부 충격에 의해 함몰되는 손상을 입었고 오일냉각기, 공기 흡입구, 연료분배기 등 외부 액세서리는 대부분 추락 충격으로 인해 손상되었다.

엔진제작사(미국 Lycoming사)의 협조를 받아 엔진정밀조사를 실시하였고 결과는 다음과 같다.

엔진 외부상태는 [그림 11]과 같이 프로펠러와 엔진 장착대가 제거된 상태였으며 엔진 배기관이 오일통(oil sump)을 충격하여 손상되었고 2번 실린더, 연료분배기(fuel flow divider) 및 연료 서보스로틀 암(fuel servo throttle arm)은 추락 충격에 의한 외부 손상이 있었다.

[그림 11] 2번 실린더 손상(적색화살표)

엔진 내부의 경우 엔진내부에서 제작사 기준을 초과하는 마모, 금속가루 오염, 피스톤링 및 장착 홈의 파손 등 엔진 성능을 저하시키는 여러 가지 요소가 발견되었다.

1.12.6.1 전기 계통

전기계통 중 좌우측 마그네토(magneto)[45]는 정상으로 확인되었으며, 8개의 점화플러그(spark plug) 중 2번 실린더 상부 플러그(적색화살표)가 추락충격으로 부러졌고, 1번 실린더 하부 플러그(청색화살표)는 엔진오일에 의해 오염되어 있는 것이 [그림 12]와 같이 발견되었다. 그리고 나머지 플러그는 모두 정상으로 확인되었다.

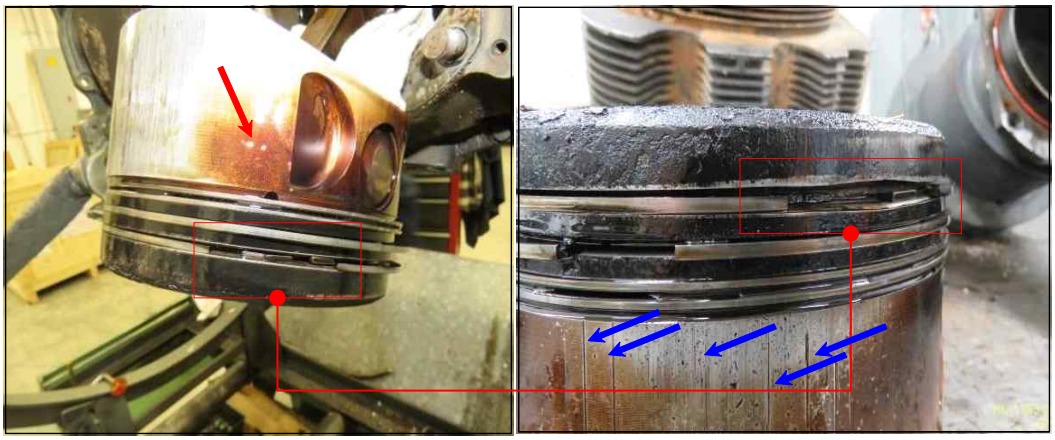
[그림 12] 스파크 플러그 상태

1.12.6.2 실린더 및 피스톤

4개의 실린더 중 [그림 13]과 같이 1번 실린더의 상부 피스톤링 1개가 사고발생 이전부터 절손된 상태(적색사각형)로 운용되어왔고 이 피스톤링을 장착하는 홈(groove) 또한 심하게 마모 및 변형되어있었다. 그리고 실린더 벽

45) 왕복식 엔진의 점화플러크에 지속적으로 전기를 생성하여 공급하는 장치

과 피스톤 옆면에서 긁힘 손상(청색화살표)과 피스톤 옆면의 변색(적색화살표)이 발견되었다.

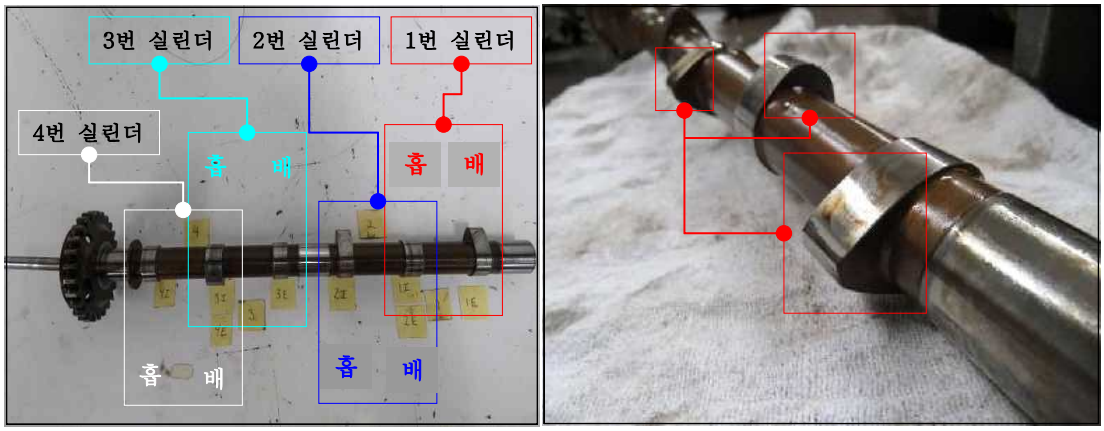


[그림 13] 1번 피스톤의 손상 모습

1.12.6.3 캠샤프트,[46] 로커암[47] 및 밸브[48]

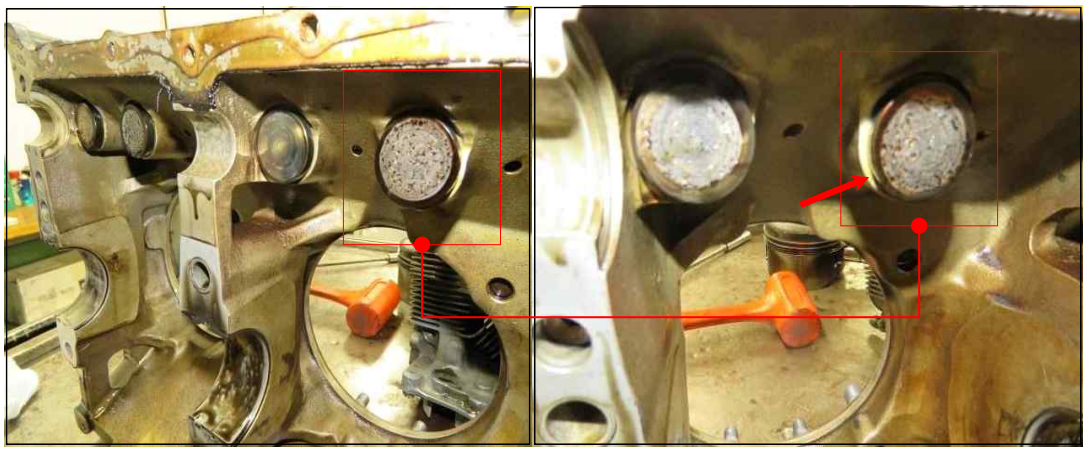
HL1153 엔진의 캠샤프트에는 [그림 14]와 같이 각 실린더에 2개씩의 로브(lobe)가 장착[49]되어 있는데 이들은 대부분 심하게 마모가 되어 있었고 푸시로드(push rod)[50]의 끝에 장착된 모든 태핏(tappet)[51]이 부서지거나 심하게 마모된 손상이 있었다.

46) 단일 축에 실리더 별 로브(lobe)가 장착되어 엔진의 점화주기에 따라 로커암 푸시로드(rocker arm push rod)를 밀어 흡기밸브와 배기밸브를 열고 닫아 주는 장치
47) '로커 암 푸시로드'에서 전달된 힘을 이용하여 흡기 및 배기밸브를 여닫을 수 있도록 연결된 연결자(스프링 힘으로 닫혀있는 밸브를 밀어서 열어주는 기능)
48) 실린더 연소실 내부로 연료 혼합가스를 넣어주거나, 폭발된 배기가스를 방출할 때 통로를 열고 닫는 마개, 1개의 실린더에 흡기밸브 1개와 배기밸브 1개로 구성됨
49) 캠샤프트에 총 6개의 로브장착(2번 로브: 1,2번 실린더 배기/흡기 공용, 5번 로브: 3,4번 실린더 배기/흡기 공용)
50) 캠샤프트 로브에 의해 발생된 미는 힘을 로커암에 전달하는 막대모양의 장치
51) 내연기관의 상이한 열팽창에 의해 실린더와 푸시로드에 발생된 간극을 보상(유압)하여 밸브작동의 효율성을 지속적으로 유지시키는 장치



[그림 14] 캠샤프트 로브의 순서 및 마모상태

그리고 3, 4번 푸시로드는 정상범위를 유지하고 있었으나 1번 푸시로드에서는 마모현상이 있었고, 1번 실린더의 배기밸브 로커암의 간극은 0.185inch로 정상범위를 유지하고 있으나, 배기밸브 끝에 [그림 15]와 같이 회전자캡(rotator cap)[52]이 씌워지지 않았다.



[그림 15] 회전자 캡이 씌워지지 않은 1번 실린더 배기밸브

52) 밸브(강철)와 실린더(알미늄)의 재질차이로 인한 배기구의 마모를 방지하기 위해 밸브에 씌우는 덮개

1.12.6.4 크랭크 케이스, 오일펌프

크랭크케이스 내부에서는 오일 환유구 등에서 특별한 문제점은 보이지 않았으나, 오일펌프의 임펠러(impeller), 오일펌프 내벽 및 크랭크샤프트 중심축(main and rod journals)의 모든 표면에서 [그림 16]과 같이 외부물질[53]에 의해 발생한 것으로 보이는 긁힘 현상이 있었다.

그리고 엔진오일의 흡입스크린(suction screen)에서는 다량의 금속가루가 검출되었다.

[그림 16] 오일 펌프 임펠러 및 내벽의 긁힘, 오일 흡입스크린의 오염된 금속가루

53) 외부물질(Foreign Object): 여기에서는 오일 속에 포함된 금속가루 등이 주원인임

1.13 의학 및 병리학적 정보

사고발생 후 국립과학수사연구원 법의학과에서 부검[54] 및 유전자 감정을 실시하여, HL1153의 우측조종석에 교관조종사, 좌측조종석에 학생조종사가 탑승하였음이 확인되었다. 조종사들에게서 비행에 영향을 줄 수 있는 약물 또는 독극물은 검출되지 않았다. 이번 사고에 영향을 줄 수 있는 어떠한 의학 및 병리학적 증거도 발견되지 않았다.

1.14 화재

이 사고에서 화재는 발생하지 않았다.

1.15 생존분야

1.15.1 일반사항

HL1153의 좌석은 총 4석이며, 모두 4점식 안전벨트가 장착되어 있었다. 이들 좌석 모두는 추락 시 허용기준을 초과하는 강한 물리적 충격에 의하여 벨트, 좌석 받침대, 지지대 등이 절단되면서 전방으로 밀려 압착되어 있었다.

1.15.2 비상대응

김포공항소방대는 18:34경 관제탑으로부터 사고발생통보를 접수받고, 18:47경 사고현장으로 출동[55]하였다. 18:50경 사고현장 도착한 김포공항소방구조팀은 조종사 2명 모두 사망을 확인하고, 19:32경 항공기 잔해로부터 조종사 2명을 수습하여 서울특별시 강서구 소재 '매디힐병원'으로 후송하였다.

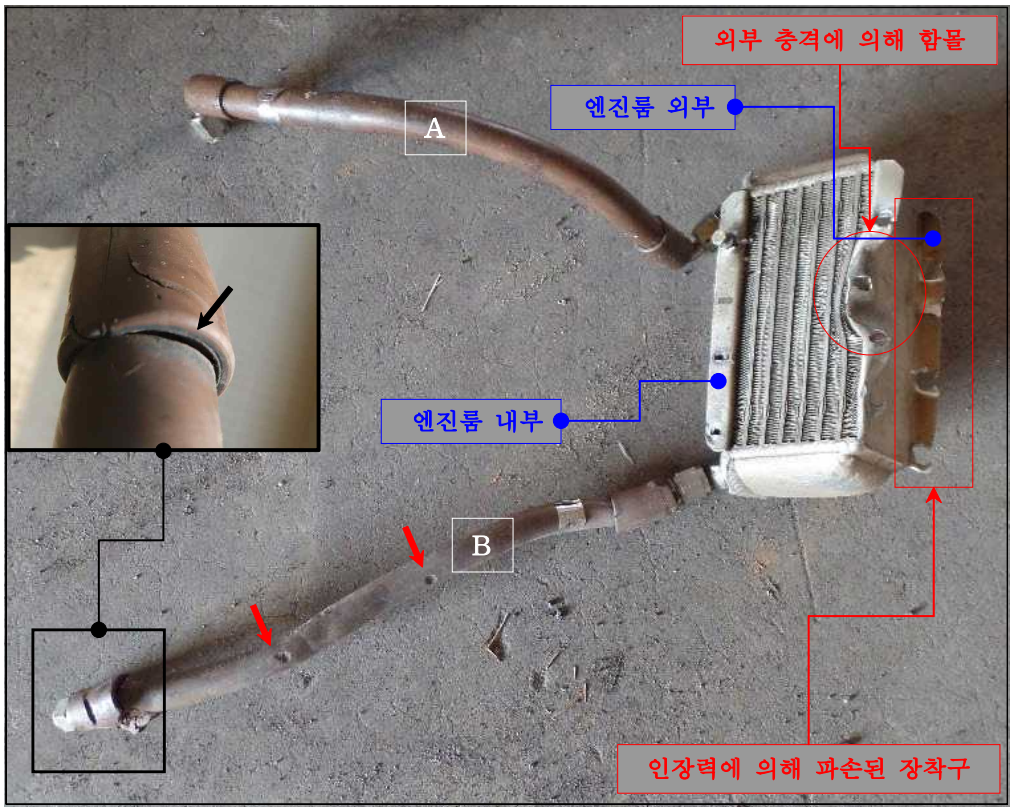
54) 문서번호 : 법의조사과-2016H2911(2016.3.14.) 부검감정서
55) 소방차 4대, 화학차 1대, 물탱크 1대, 구조공작차 1대, 구급차 2대, 이동지휘차 1대 및 동원인력 21명

1.16. 시험 및 연구

1.16.1 오일냉각기 및 오일호스

오일냉각기[56] 및 오일호스는 [그림 17]과 같이 최초 장착 위치를 기준으로 우측의 장착 구멍(적색사각형)은 강한 인장력에 의해 장착구 옆쪽이 찢어졌으며, 냉각기의 우측 중앙은 둥근 모양의 단단한 물체에 의해 충격(적색원)되면서 함몰되었다.

그리고 호스 'B'의 끝부분은 최초 작은 흑색 사각형 그림과 같은 균열되어 있었으며 호스 내부의 균열 여부를 관찰하기 위해 고무를 들쳐보니 균열은 내부 안쪽까지 계속되어 있었다.



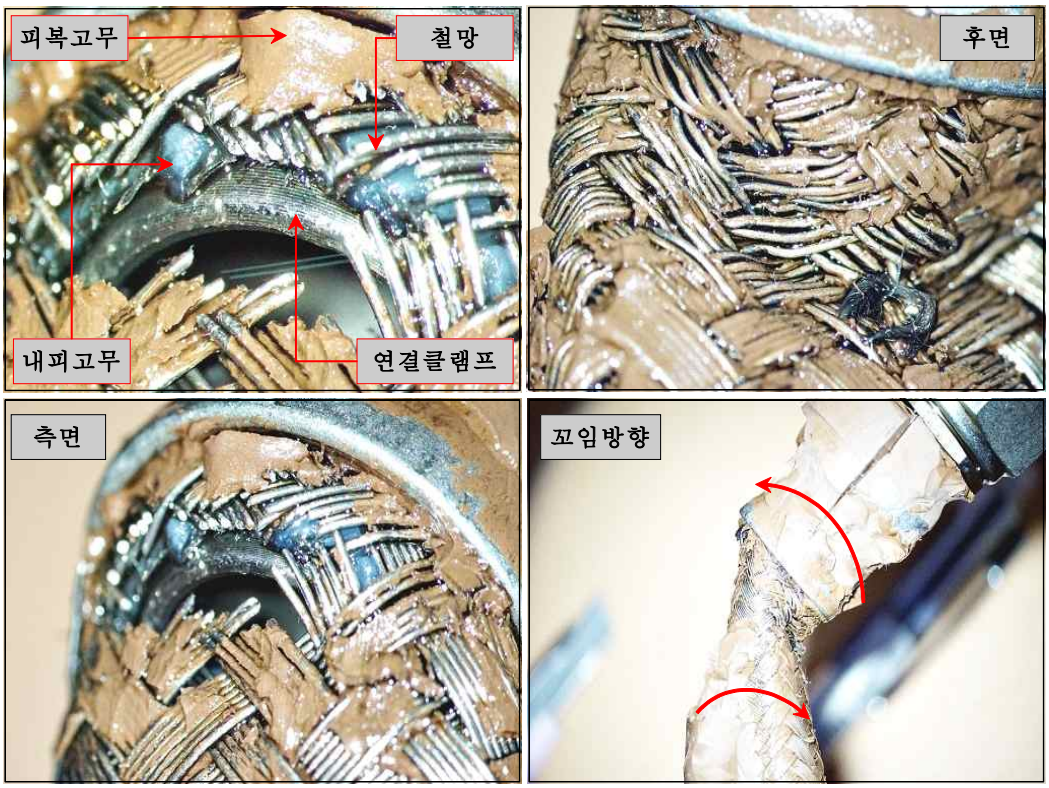
[그림 17] HL1153 엔진에서 탈착된 오일냉각기와 호스

56) 제작사: Stewart-Warner South wind Corp.,부품번호: 10877A, 일련번호: 3781, 생산일자: 2007.10.3.

이 부분에서의 오일 누설여부를 조사하기 위하여 오일 냉각기 및 호스의 압력을 측정한 결과 고무재질로 된 오일 호스의 파손부위(그림 17, 검은색 사각형 사진)로 오일이 누설되는 것이 확인되었고, 이 부위가 파공된 것으로 확인되었다.

1.16.2 오일호스의 파공 분석

오일호스 파공의 원인규명을 위해 오일호스의 고무재질 피복을 벗겨낸 후 광학현미경[57]과 주사현미경(SEM)[58]으로 파공부위에 대한 정밀관찰을 하였다. 정밀관찰 결과로 [그림 18]과 같이 금속재질의 연결클램프 모서리 부위에서 철망이 불규칙하게 절단되어 있었으며, 이 호스의 파공부위는 고정 볼트 회전방향으로 꼬여 있었고 철망이 절단된 부위의 반대방향으로 꺾여 있었다.

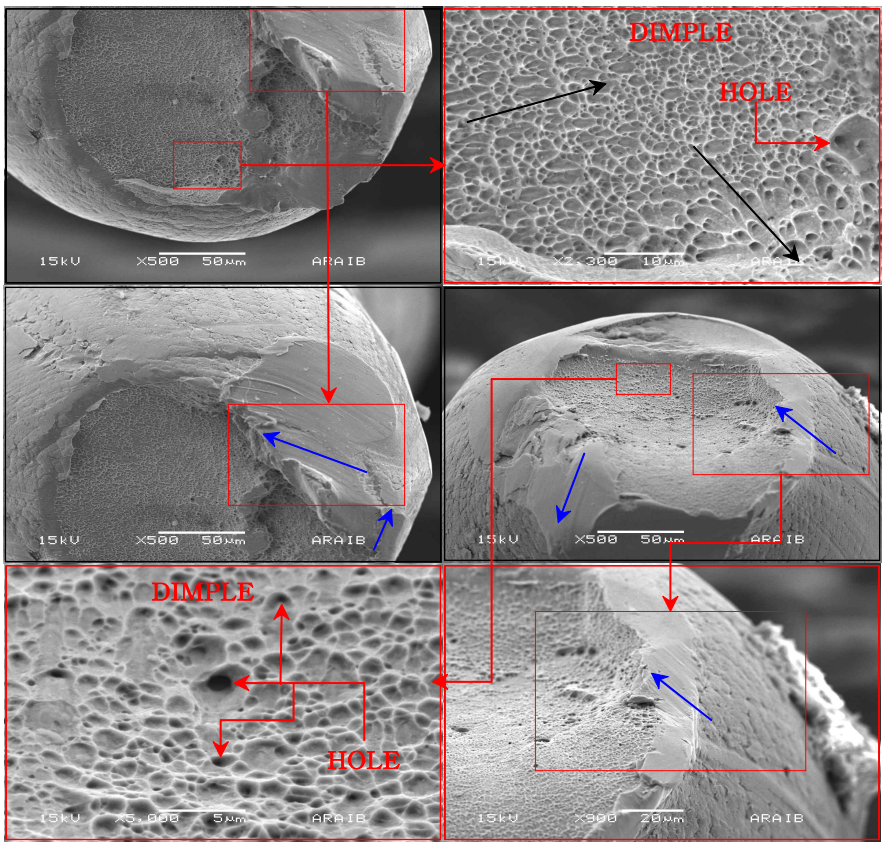


[그림 18] 오일호스 철망의 절단 모습과 꺾임 및 꼬임 현상

57) 이동식 현미경, 모델명 : OPMI PICO 1000, 제조국/제조사: 독일/Zeiss, 배율: 5~30배율
58) 주사현미경(SEM), 모델명 : JSM-6389, 제조국/제조사: 일본/JEOL, 배율: 30~100,000배율

철망 절단이 추락충격에 의한 것인지 아니면 사고 이전부터 발생되었던 것인지를 확인하기 위하여 철망의 절단면을 주사현미경(SEM)으로 관찰하였다.

파단면은 [그림 19]와 같이 강한 인장력(stretching)[59]에 의해 절단되었으며 절단진행과정에서 방향의 변환(검정색화살표)이 있었고 절단면은 절단 후에 지속적인 마찰(청색화살표) 등으로 뭉개져(smear) 있는 흔적이 확인되었다. 이는 사고발생 이전부터 오일 호스가 꼬인 상태로 연결되어 있었고 철망[60]이 장기간 마찰에 의한 마모로 손상되어 구멍이 나 있었던 것으로 판단되었으며 이곳을 통해 오일이 지속적으로 누설되고 있었던 것으로 확인되었다.



[그림 19] 철망 절단면의 SEM 관찰사진

59) 그림 18에서와 같이 절단면의 Dimple과 Hole은 인장에 의한 절단의 증거임
60) 철망의 금속재질은 스펙트럼 검사결과 스테인리스강으로 확인되었다. C 8.32, O 2.15, AL 1.13, Si 0.38, Cr 17.24, Mn 1.24, Fe 62.03, Ni 7.52 총 100%

1.17 조직 및 관리정보

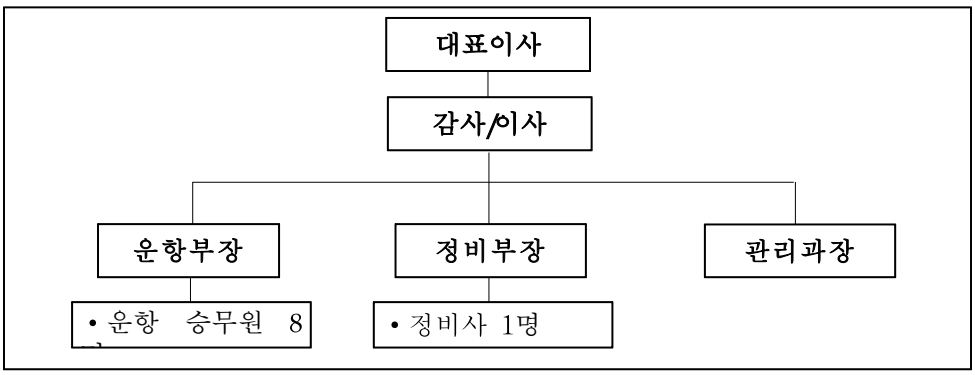
1.17.1 일반현황

한라스카이에어에서 제출한 자료에 따르면 한라스카이에어는 2007년 5월 23일 항공기 1대[61]로 제주시 연동[62]에 회사를 창립[63]하여 조종사 양성교육, 항공사진 촬영, 산불감시 등을 주요업무로 하는 항공기사용사업을 시작하였다. 그 후 같은 해에 항공기 1대를 추가로 구입[64]하였고 2011년에 2대[65]를 추가 구입하였으며 2012년도에 4대[66]를 임차하여 사업 규모를 확장하였다.

한라스카이에어는 2013년도부터 사고 당시까지 보유 항공기의 증감[67]을 거듭하다가 사고 당시에는 총 4대의 항공기를 보유하고 있었다.

사고 당시 한라스카이에어는 [그림 20]과 같이 조직을 구성하여 조종사 양성교육과정으로 자가용조종사과정, 통합 사업용조종사과정(자가용/계기/사업용), 조종교육증명과정, 등급한정과정 등을 운영하고 있었다.

61) Cessna 172S 1대(HL1106)
62) 사업자 주소 : 제주시 연동 2334-1 타이어뱅크 3층, 항공기 정치장: 김포국제공항
63) 항공기사용사업 등록(법인번호 220111-0058***), 등록번호 : 2007-1호, 등록증 교부: 2007.5.23.
64) HL2204/P68C-TC
65) HL1074/C172P, HL1153/C172S 등 2대
66) HL1154/C172S, HL1155/C172S, HL1156/C172S, HL1158/C172S 등 4대
67) **2013년:** HL1106/C172S(매각), HL1154/C172S(임차해지), HL1192/C172S(추가임차), **2014년:** HL1074, HL1153/C172S(매각 후 임차로 전환), HL1156(임차해지), **2015년:** HL1155, HL1158/C172S(임차해지), 항공기 총 4대(HL1153, HL1073, HL1192, HL2004) 보유상태로 2016년까지 지속



[그림 20] 한라스카이에어 조직

1.17.2 교육훈련관리

한라스카이에어 운항규정 제4장에는 한라스카이에어 소속 '운항승무원[68] 및 교관조종사[69]에 대한 교육훈련과정을 규정하고 있다.

운항승무원 대상 초기훈련은 지상학 교육 총 118시간[70], 비행훈련 18시간[71]을 실시하고, 교관조종사 승격훈련에 대한 지상학교육 과목과 시간은 초기훈련과 동일하지만 비행훈련은 총 5시간[72]으로 규정하고 있다.

HL1153 교관조종사는 2015년 6월 1일부터 6월 24일까지 총 118시간의 지상학교육과 총 18시간의 비행훈련을 받아 초기훈련과정을 수료하였고, 2015년 2월 18일부터 2015년 6월 24까지 144시간의 지상학교육과 총 30시간의 비행훈련을 마친 후 최종 평가비행에 합격하여 한라스카이에어의 비행교관으로 임용되었다.

68) 장차 훈련생 교육훈련을 담당하는 교관조종사가 되기 위해 한라스카이에어에 임용된 조종사
69) 한라스카이에어에서 조종훈련을 통하여 조종사(자가용 또는 항공기사용사업용 조종사)가 되기를 희망하는 사람을 훈련하는 조종사
70) 항공사절차기본교육 40시간, 초기위험물훈련 4시간, 초기보안훈련 4시간, 초기승무원자원관리 2시간, 초기비상장비훈련 2시간, 제빙/방빙 프로그램 2시간, 초기항공기 지상훈련 64시간 등 총 118시간 (과목별 평가시간 포함)
71) 이·착륙 각 5회 이상, VFR/IFR 변환 각1회, 야간비행 1회, 실패접근 2회 포함 총 18시간
72) 이·착륙 각 5회 이상, VFR/IFR 변환 각 1회, 야간비행 1회, 실패접근 2회 포함 총 5시간

1.17.3 정비관리

한라스카이에어의 정비규정 제2장(정비조직)에 따르면 한라스카이에어의 정비담당 조직은 정비본부 산하에 정비, 기술, 검사, 자재담당으로 구성되어 있으며 그들의 업무분장 범위를 규정하고 있다. 그리고 보유항공기 감항성 유지를 위하여 회사가 임명하는 확인정비사[73], 정비사[74], 검사원[75]을 두도록 규정하고 있다.

정비사에 대한 교육훈련은 기본교육[76], 기종교육[77], 보수교육[78]으로 구분하여 실시하도록 되어 있다.

한라스카이에어 정비규정 제3부 C172S 검사프로그램에 따르면 이 기종의 정시점검은 총 11개[79]로 되어 있고, 감항성개선지시(AD) 점검, 비상장비 점검 등을 계획하고 시행하도록 규정되어 있었다.

사고일 기준 한라스카이에어는 2명의 정비사[80]가 C172 항공기 3대에 대한 정비를 수행하고 있었으며, 보유 중인 P68C 항공기는 2011. 7 .21.부로 감항성이 상실된 상태로 있었다.

---

73) 항공정비사 자격증명을 소지하고, 당해 형식의 항공기에 대하여 교육(사내교육, 제작사 또는 인가된 교육기관 수료)을 받았거나, 지식과 경험(12개월 이상 해당기종 정비)을 갖춘 자로 확인업무를 수행할 수 있는 자로서, 해당 항공기 불량사항 조치 및 실시한 정비작업에 대한 확인

74) 항공정비사 자격증명을 소지하고, 정비업무에 종사하는 사람으로서 회사가 인정한 사람을 말하며, 법적 확인업무 및 검사업무를 제외한 정비작업을 수행하는 자

75) 필수검사항목 검사원, 항공정비사 자격증명을 취득한 자 중 검사원 자질을 회사가 인정한 자로서, 필수검사항목의 감항성 여부를 확인하는 자(확인정비사 겸직 불가)

76) 신입사원이 항공기 정비작업 시 보조역할을 수행할 수 있도록 항공기 전반에 관한 기초지식의 습득과 정비 업무에 관한 일반적인 업무처리를 수행할 수 있도록 설정된 교육. 지상학 35시간(실습 5시간 포함): 항공법 2시간, 정비규정 2시간, 기체계통 4시간, 발동기계통 6시간, 전기계통 3시간, 연료/오일계통 3시간, 조종계통 4시간, 기재취급 2시간, 양식기록 2시간, 기술지시 2시간 총 35시간

77) 기본교육을 이수한 사원을 대상으로 해당 기종별 항공기 정비 업무를 위하여 항공기의 운용 및 고장탐구처리를 할 수 있는 능력을 습득할 수 있도록 설정된 교육. 지상학 20시간, 실습 5시간(세부과목 및 시간은 해당기종 교육프로그램에 따라 계획 수립 및 시행)

78) 기 실시된 교육에 대하여 주기적(1년)으로 실시하는 교육으로 개선된 항공기 시스템 및 제반 사항에 대한 내용을 교육. 연간 12시간 이상(안전교육 8시간 이상, 인적요인 4시간 이상)

79) 50H/4M, 100H/1Y, 200H/400H/1Y, 500H, 600H/1Y, 1,000H/1Y/3Y/6Y, 2,000H, 1Y, 2Y, 6Y, 12Y

80) 항공법 제134조제2항 및 같은 법 시행규칙 제299조의2 및 별표 61에 따라 항공기사용사업의 등록기준으로 항공기 1대당 정비사 1명(단, 같은 기종 2대 이상인 경우 2대당 1명) 이상 확보하여야 함

등록번호	항공기 형식	감항증명서 유효기간	제작일	국내 등록일
HL1153	C172S	2015.10.15.~2016.10.14.	2000.11.27.	2011.12.19.
HL1192	C172P	2015.4.10.~2016.4.9.	1980.6.10.	2013.12.10.
HL1074	C172P	2015.12.15.~2016.12.14.	1986.6.6.	2000.8.18.
HL2004	P68C-TC	2010.7.22.~2011.7.21.	1984.9.30.	2007.8.24.

[표 10] 한라스카이에어 보유 항공기 현황

1.17.4 항공기 운영실태

사고 당시 한라스카이에어에는 비행훈련비용을 지불하고 교육 중인 훈련생 28명이 있었다. 당시 한라스카이에어의 보유 항공기는 모두 4대였으나 이중 실제 교육비행에 활용할 수 있는 항공기는 C172 3대에 불과하였다.

항공기 정비 문제로 인해 당시 보유 항공기 3대 중 2대가 가동중지 상태에 있었고, 운용 가능한 1대를 집중적으로 운항에 투입하고 있었지만 모든 훈련생의 비행훈련을 소화하기에는 물리적으로 어려운 형편에 있었다.

1.18 기타 사항

1.18.1 관련자 진술조사

사고 발생 후 관계자들을 대상으로 진술조사를 실시한 주요 내용은 다음과 같다.

가. 조종사[81] 진술

○ 비행 전 113L의 연료를 보급하여 HL1153에 연료를 가득(총 200ℓ) 채웠음
○ 14:00경부터 눈이 시작되었으며 14:30부터 15:30경에 눈발이 강해졌다가

81) 사고비행 전 최근 HL1153으로 비행한 한라스카이 에어 소속 교관 및 학생 조종사들

약해졌고 16:00경에는 거의 눈이 그침

○ 사고 당일 운항본부장은 14:37경 문자메시지로 기상이 좋아지지 않는 한 비행을 자제할 것을 한라스카이에어 조종사들에게 전파하였음

○ 사고 전 HL1153은 Brake계통에 결함이 있어 1회 비행을 취소하였고 정비작업 후 비행하였음

○ 브레이크 고장 시 정비를 위해 탑재용항공일지에 기록하지 않은 이유는 중요 결함이 아닌 경우 관행적으로 탑재용항공일지에 기록하지 않고 정비사에게 통보하고 있기 때문임

나. 정비사 진술

○ 사고당일은 휴일이었으므로 집에서 휴식하였고 사고당시 비행전 점검은 조종사가 실시하였음

○ 매 100시간 점검마다 엔진 실린더 압력점검을 실시하여야 하나 실질적인 엔진 실린더 압력 점검은 실시하지 않았음(엔진 압력점검용 공구는 보유하고 있음)

○ 항공기 정비를 위한 엔진오일 및 오일 필터 등은 문제없이 지원되었으나 그 외 계기 및 사소한 부품 등은 구매할 당시 힘들게 획득 지원하였음

1.18.2 HL1153 이륙성능

사고당일 HL1153의 이륙성능 판단을 위해 제작사의 교범에 제시된 이륙성능 조건과 HL1153의 이륙시의 성능 조건을 비교하여 성능제원을 산출하였다. 비행 조건에 따른 비교표는 [표 11]과 같다.

구분	교범상의 성능 조건	HL1153의 성능 조건
최대이륙중량	2,550lbs	2,520lbs
활주로상태	건조(dry)	젖음(wet)
바람	무풍(Calm)	270°/03kts
대기압	표준대기압(1013Hp)	1021Hp
엔진출력	2,700RPM에서 180BHP	2,700RPM에서 180BHP

[표 11] HL1153 이륙성능 산출을 위한 조건비교

위의 제시된 교범상의 조건에 따라 산출된 C172S 이륙 성능은 다음과 같다.

○ 이륙을 위한 지상 활주거리: 960ft(293m)
○ 이륙을 위한 활주 후 지상 장애물 50ft 도달거리: 1,630ft(497m)
○ 해면고도에서 최적상승률: 730FPM
○ 해면고도에서 최대상승률 속도: 74kts
○ 이륙부양속도(Vr): 55kts(flap up), 55kts(flap down 10°)
○ 실속속도(Vs): 48kts(flap down, power off), 53kts(flap up, power off)
○ 최대이륙중량, flap up 상태에서 이륙 직 후 엔진고장 시 유지해야 할 계기속도: 70kts

사고당시 HL1153의 이륙 성능과 관련된 데이터(지상활주거리, 속도, 고도)는 [표 12]와 같다.

시각	속도 kts(m/sec)		고도 (ft)	내 용
	ASDE	김포공항 ASR	인천 레이더	
18:30:21	0(0)			• 지상활주 시작
18:30:41	55(28.2)			• 이륙부양속도(Vr) 도달: 지상활주거리 약1,300ft(396m)소요
18:30:43	63.2(32.5)			• 최량상승각허용속도(Vx) 도달: 지상활주거리 약1,860ft(567m)소요
18:31:06.8	61.2(32.7)	60.2(30.9)	211	• 인천레이더, 김포공항ASR 포착
18:31:11.8	60.2(30.9)	60.2(30.9)	211	
18:31:16.7	61.2(31.5)	61.2(31.5)	211	
18:31:18	61.2(31.5)	61.2(31.5)	211	• ASDE 레이더 영상 소멸
18:31:21.8		61.2(31.5)	211	
18:31:26.7		61.9(31.8)	314	• 인천레이더 고도상승
18:31:31.7		60.7(31.2)	314	• 직진비행
18:31:36		59.3(30.5)	314	• 좌선회
18:31:36.7		50.8(26.1)	314	• 속도감소
18:31:41.7		50.8(26.1)	314	• 선회지속(이륙방향 최원점)
18:31:42		46.1(23.7)	214	• 실속진입, 고도강하
18:31:47.0		46.1(23.7)	214	• 실속지속
18:31:51.7		46.1(23.7)	214	• 인천공항 레이더 영상 소멸

[표 12] HL1153의 이륙성능(김포공항 ASDE, ASR 및 인천공항 레이더 자료)

2. 분석

2.1 일반사항

HL1153 조종사들은 운항에 필요한 자격증명 등을 보유하였고 최근 비행경험을 유지하고 있었으며 비행에 영향을 줄 수 있는 의학 및 병리학적 요인은 발견되지 않았다.

HL1153은 대한민국 항공법 및 관련 규정에서 정한 절차에 따라 적법하게 항공기등록증명, 감항증명, 운용한계지정서, 무선국허가증, 운항승인을 받았다.

항공기 중량 및 평형은 허용범위 안에 있었고, 보험은 유효기간 내에 있었다.

2.2 기상요소

사고당일 CCTV 영상자료에 따르면 HL1153이 계류장을 출발하여 활주로 32L로 이동하는 동안 눈이나 비가 내리지 않았고 활주로 건너편 공항시설이 선명하게 보였으며, 서쪽방향 약 7.5Km 거리에 있는 계양산이 선명하지는 않으나 뚜렷하게 보일 정도로 시정은 양호한 상태였다. 당일 18:00 김포공항 정시관측보고도 시정이 6,000m이었다.

경찰항공대 CCTV 영상자료에 따르면 13:00경부터 내리기 시작한 눈비(RASN: rain snow) 또는 눈(SN: snow)은 16:00경 완전히 멈출 때까지 항공기에 약 7cm 두께[82]로 쌓였다. 그러나 주기장 및 계류장 바닥[83]에 내린 눈은 모두 녹아있었고, HL1153 조종사들은 비행 전 18:08:08부터 18:13:32까지 걸레를 이용하여 제설작업을 한 후 비행을 하였다.

82) 눈이 내리기 시작한 시점에 젖은 눈이 내려 쌓인 눈의 일부가 녹으면서 그 위에 다시 눈이 쌓임
83) 주기장: 콘크리트, 계류장: 아스팔트

따라서 사고당시 기상이 시계비행기상상태였으며, 기상은 이번사고에 영향을 미치지 않았다고 판단한다.

2.3 항공기 정비요소

HL1153 엔진 정밀조사결과 ① 1번 실린더 상부 피스톤링이 끝단이 절손되고 장착 홈이 손상된 상태로 운용되었던 점, ② 1번 푸시로드(push rod), 1번 실린더 배기밸브, 캠샤프트(camshaft) 및 로브(lobe) 등에서 허용치를 초과하는 심한 마모현상이 있었던 점, ③ 모든 푸시로드의 태핏 몸체(tappet body)가 부서지거나 심하게 마모된 점 등을 고려해 볼 때 사고 이전부터 엔진정비관리는 매우 부실하였던 것으로 보인다.

이와 같이 밸브계통의 심각한 마모 또는 손상으로 인하여 혼합가스와 배기가스의 흡·배기가 정상적으로 이루어질 수 없었을 것이고, 압축·폭발하는 행정(cycle) 동안에 가스가 누설되어 엔진출력이 감소되었을 것이다. 엔진 정밀조사결과로 엔진출력 감소율이 정확히 얼마인지 확정하지는 못했지만 정격출력 발휘가 불가능한 상태였다고 판단되었다.

그리고 HL1153 엔진의 오일에서 다량의 금속조각(metal chip)이 발견되었다. 이들 금속조각은 오일펌프, 크랭크샤프트 등 엔진내부 부품들을 심각하게 마모시키고 긁힘 현상을 유발시켰을 것이다.

엔진오일 냉각기에 장착된 오일호스는 매 10년마다 또는 엔진 오버홀 중 먼저 도래한 시기에 교환하도록 C172 정비교범[84]에 규정하고 있으나, HL1153 도입 이전의 교환기록은 확인할 수 없었고, 도입 후(2011년 8월, 비행시간 5,696.6시간)부터 사고 당일(비행시간 8,993.5시간)까지 한 번도 교환한 기록이 없었으며, 엔진 오버홀 후 HL1153에 장착('15.8.2)한 때에도 교환한 기록이 없었다.

84) Model 172 Maintenance Manual Chapter 5, Component Time Limits 2. G.

따라서 오일호스를 사용한계(Time Limits)를 초과하여 장기간 사용하여 고무재질 부분의 경직 균열, 내부 철망의 마모 파손 및 호스의 탈착하는 과정에서 과도한 토크 적용 등으로 인한 비틀림으로 호스에 파공이 발생한 것으로 판단된다.

파공 초기에는 미세한 양의 오일이 누설되었겠지만 시간이 흐르며 점진적으로 구멍이 확대된 것으로 보이나, 한라스카이에어는 오일 누설 당시 엔진 오일 딥스틱 씰을 교환하는 등 정확한 누설 지점을 찾지 못하고, 과도한 오일 소모율이 지속되자 보충용 오일을 항공기에 싣고 다니며 일일 최대 6쿼터[85]까지 수시로 보충하였던 것으로 확인되었다.

HL1153은 이륙 및 상승단계에서 매뉴얼에 명시된 정상적인 엔진출력이 불가능하였을 것이며, 사고 직전에 오일호스 손상부위에서 다량의 엔진오일이 누설되어 엔진작동에 심각한 문제점이 발생하였을 것으로 추정된다.

한편 C172S 검사프로그램에 따르면 매 정시점검마다 엔진오일계통 점검 외에 엔진성능 점검을 위하여 매 100시간마다 실린더 압축비 검사를 수행하도록 되어 있지만 한라스카이에어 소속 정비사는 압력 점검하는 공구의 사용법을 알지도 못하였고, 그의 진술에 따르면 매 100시간 정시점검시 엔진 압력점검을 수행하지 않고 정상범위 측정값을 기록하여 정상인 것으로 종결하였다고 하였다.

이와 같이 매 100시간 정시점검 시 엔진 압력 점검을 수행하지 않고 정상인 것으로 기록한 점, 하루 6시간 비행 후 약 6쿼터의 오일을 보충할 정도로 과도하게 오일 누설이 계속되는 것을 알면서도 이를 정비하지 않은 점, 브레이크 결함, 엔진성능 저하 등의 항공기가 비정상 상태인데도 조종사들이 한 번도 탑재용항공일지에 기록을 하지 않은 점 등은 한라스카이에어가 항공기 정비를 부적절하게 수행하고 있음을 증명하고 있다.

85) 오일탱크 총 용량 8쿼터

정비관리가 이처럼 총체적으로 부실한 원인은 항공기운영증가에 따른 과도한 정비소요 발생에 대응하여 적절하게 정비할 수 있는 환경[86]이 조성되지 않았기 때문일 것이다. 이러한 현상은 경영진의 안전의식 결여, 형식적인 정비사 교육 및 경영부실에 의한 정비관련 예산지원 등이 적기에 이루어지지 않은데서 기인한 것으로 추정된다.

2.4 HL1153의 이륙성능

C172S 비행교범에 따르면 건조한 활주로, 표준대기압 상태에서 이륙지상활주거리는 960ft(293m)가 소요되는 것으로 되어있다. 그러나 사고당시 HL1153는 이륙부양속도(Vr)까지 약 1,300ft(396m) 소요되었고, 이륙부양이 되었음을 나타내는 최량상승각허용속도까지는 약 1,860ft(567m)가 소요되었다. 따라서 HL1153의 이륙지상활주거리는 정상보다 긴, 최소 1,300ft(396m)가 소요되었다.

또한 HL1153는 이륙부양 후 최량상승각속도 62kts 부근을 유지하여 상승을 하였으나 CCTV에 녹화된 HL1153의 항적은 직진상승구간에서 비정상적으로 낮은 상승각경로를 유지하였고 선회구간에서 선회초기에 59kts에서 51kts로 감속되었고 상승이 이루어지지 않고 수평선회가 되었다.

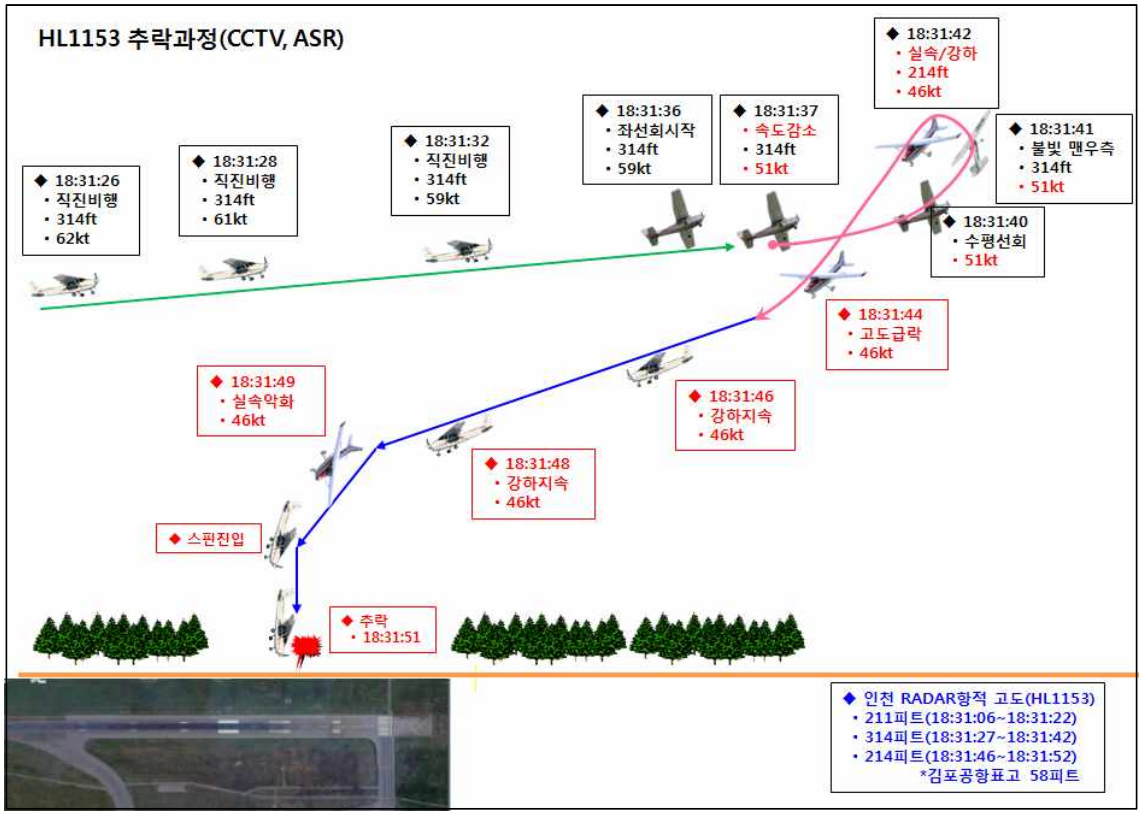
HL1153는 눈이 녹아 활주로가 젖어 있었다는 점을 고려하더라도 활주거리가 과도하게 길었고, 이륙 및 상승구간에서 낮은 상승각과 속도가 감속되며 수평선회가 이루어진 점으로 보아 HL1153의 엔진은 요구되는 이륙상승출력을 내지 못했던 것으로 판단된다.

2.5 HL1153 조종사의 비상조치

김포공항 CCTV와 김포공항 ASR, 인천레이더 자료를 분석한 HL1153의

86) 정비사 적정 인력확보를 통한 업무부하 감소, 정비작업 시간 확보, 정비소요 장비품 및 부품의 적기 공급, 정비사 교육, 복지 및 급여 등

이륙부양 후 추락까지 수직비행경로는 [그림 21]과 같다.



[그림 21] HL1153 추락과정 도해 (CCTV 및 ASR 자료)

HL1153는 과도한 이륙활주거리가 소요되었고 부양 후 정상적인 상승이 이루어지지 않았다. 비정상적인 항공기성능을 인지하였을 때 조종사들은 1차적으로 감속되지 않도록 항공기 피치자세를 낮추어 주면서 직진비행을 하여야 한다. 또한 조종실 내 항공기성능과 관련된 기재취급 및 엔진계통 등을 점검하는 비상조치[87]를 수행하여야 한다.

그러나 HL1153는 18:31:36경 고도314피트, 속도 59kts에서 좌선회를 시작하였고 선회초기에 속도가 최량상승각허용속도에서 약 11노트 적은 51노트로 감소되었고 이후 상승이 되지 않고 수평선회가 되었다.

87) 최초 Fuel valve-On, Fuel selector valve -Both, Auxiliary fuel pump swith- On , Mixture lever - Rich, Ignition swtch-Both, Throttle full open

이때라도 항공기양력의 수직성분을 최대화하기 위해 즉시 경사각을 줄여주고 속도가 실속속도 부근으로 감속되지 않도록 피치자세 조절을 하면서 안전고도를 확보하도록 하여야 하였다.

하지만 HL1153는 선회를 지속하였고 선회시작으로부터 약 6초 후 실속속도[88] 53노트보다 낮은 46노트로 감소되어 실속에 진입하였고 고도침하가 시작되었다.

HL1153는 약 5초 동안 50.8노트로 감소된 상태로 선회가 지속된 것으로 보아 선회중 속도감소를 인지하지 못하였고 짧은 시간에 기수방향이 급변하며 실속속도 이하로 감소되어 고도가 침하된 것으로 보아 경사각이 증가되는 급한 선회가 이루어진 것으로 추정된다.

HL1153는 비정상 이륙 성능을 인지한 상태에서 엔진오일누설의 결과로 발생하는 오일 타는 냄새, 엔진오일압력 저하 등을 발견하여 직진비행을 하지않고 김포공항으로 비상착륙을 위하여 급하게 경사각을 증가시키며 좌선회를 하였고 동시에 비상조치를 위한 항공기 내부 점검을 하였을 것으로 추정된다.

선회비행시는 양력의 수직성분이 감소하므로 직진비행시의 피치자세에서 기수를 낮추어 속도가 감소되는 것을 막아야 한다. HL1153는 선회비행하며 비상조치를 수행할 때 항공기조종과 비상조치에 대한 적절한 업무분담이 되지 않아 피치조작을 적절하게 조작하지 못하여 감속이 되었고 또한 주의분배가 부족하여 실속으로 진입하고 있음을 인지하지 못 한 것으로 추정된다.

항공기는 감속되어 실속속도에 가까워지면 고도침하, 항공기 진동현상(Buffet on set) 등 이상 징후가 나타나게 되고 또한 실속속도 5~10노트 전에서 실속경고음이 발생하게 된다. 이때 경사각과 항공기 받음각을 즉각적으로 줄이는 조작으로 감속에 대처하지 않으면 곧 항공기는 실속에 진입하게 된

88) 실속속도(Vs): 48kts(flap down, power off), 53kts(flap up, power off)

다.

CCTV, ASR 및 인천레이더 항적 등을 분석한 결과 HL1153는 실속 진입 전 이상 징후 및 실속경고가 발생하였을 가능성이 높은 50.8노트로 감속된 5초 동안(선회중) 선회중지 피치낮춤조작 등이 이루어지지 않았고 또한 46노트의 실속속도에 진입하며 고도가 침하되고부터 추락까지 전방에 나타나는 지상장애물등으로 이러한 실속에서 벗어나기 위한 조치들을 적극적으로 하지 못 한 것으로 판단된다.

HL1153은 경사진 상태에서 지면이 다가오자 조종간의 후방압력을 증가하게 되었을 것이고 이로써 항공기는 감속이 심화되고 스핀의 형태로 악화되어 북쪽으로 기수방향이 회전하게 되었고 깊은 강하자세로 추락하게 된 것으로 추정된다.

비행교범에 따르면 이륙 시 엔진이 정지된 경우의 비상절차는[89] 항공기 속도를 70kts(플랩을 올린 경우)로 유지하고 화재방지 조치 및 탈출 준비를 한 후 직진 착륙을 시도하도록 규정하고 있다.

HL1153은 이륙 중 엔진결함 등으로 이륙성능은 감소되었으나 엔진이 완전히 정지하지는 않았다. 따라서 HL1153은 김포공항으로 즉시 돌아가기 위한 선회를 하지 말고 직진비행하면서 기수를 조정하여 안전속도와 안전고도를 확보한 다음, 김포공항으로 귀환하거나 더 이상 비행이 불가하면 비상착륙을 시도하여야 했다.

하지만 HL1153는 안전속도와 안전고도를 유지하지 못한 상태에서 출발공항으로 무리하게 귀환하고자 선회를 하며 주의분배부족으로 실속에 들어가게 되었고 실속에 대한 회복조작을 적절하게 수행하지 못한 것으로 판단된다. 여기에는 한라스카이에어의 자사 운항승무원에 대한 비상절차 교육 및 훈련 미흡이 기여한 것으로 판단된다.

89) Airspeed: 70kts(flaps up), Mixture: idle cut off, fuel shutoff valve: off(pull full out), ignition switch: off, wing flaps: as required, master switch: off, cabin door: unlatch, land: straight ahead

2.6 한라스카이에어 조직관리 분야

한라스카이에어는 HL1153 사고당시 정비본부장을 포함하여 2명의 정비사가 보직되어 있었다. 따라서 2명의 인원으로 보유하고 있는 4대의 항공기에 대한 관리, 비행 전·후 점검, 운항 중 발생된 정비 소요의 해소, 정시점검, 감항성개선지시 수행, 정비관련 문서 기록유지, 항공기 정비부품 및 장비품 구매 소요제기 등 해야 할 과업량에 비하여 가용인력이 부족한 실정이었다.

실제로 C172S 100시간 점검을 수행하려면 50인시수(man hour)가 소요되는데, 이는 2명의 정비사가 하루 8시간 작업할 경우 3일이 소요되지만 한라스카이에어는 하루만에 완료했다고 기록하였다. 이러한 결과는 실린더 압축비 점검 등 일부 점검사항을 하지 않았거나 부실하게 수행하였다는 것을 의미하며, 결국 HL1153의 엔진이 제작사의 정비요건을 따르지 않아 정상적인 성능이 유지되지 않는 상태에서 운용되었다.

한라스카이에어는 가용 항공기 대수에 비해 많은 훈련생을 양성하고 있었으므로 정상적인 정비를 수행한다면 항공기 가동율이 떨어지고 훈련생들의 비행훈련 소요를 맞출 수 없으므로 항공기 점검시간을 축소하거나 운항 중에 발생한 고장, 결함 등을 탑재용항공일지 또는 엔진 이력부에 해당 정비행위를 기록하지 않고 음성적[90]으로 정비를 진행하여 왔던 것으로 판단된다.

또한 훈련생뿐만 아니라 교관조종사도 비행시간이 적어 비행경험의 차이가 없고, 이들에 대한 비행훈련은 정상운용절차 위주로 이루어지고 있는 실정이므로 비행 중 비상상황이 발생할 경우 적절한 비상조치 수행을 기대하기가 어려운 실정이었고 게다가 회사의 안전관리, 정비관리 등이 부적절하여 사고위험은 배가될 수밖에 없는 상황이었다.

따라서 항공기를 이용하여 비행훈련을 하는 항공기사용사업체는 다른 업무를 하는 항공기사용사업체와 다르게 비행훈련 및 교육, 안전기준 등에 대

90) 정비규정 또는 제작사 정비교범에 따르지 않는 임시적인 정비 또는 운항중지 대상인 정비사항을 해소하지 않은 상태로 운항 허용 등

하여 강화할 필요가 있으며 관할 감독관청의 세심한 안전감독 활동이 필요하다고 하겠다.

3. 결론

3.1 조사결과

1. HL1153의 조종사들은 운항에 필요한 자격을 유지하고 있었으며 비행에 영향을 줄 수 있는 의학적 병리학적 요인은 발견되지 않았다.

2. HL1153은 항공법에서 정한 절차에 따라 적법하게 항공기등록증명서, 감항증명서, 운용한계지정서 및 무선국허가증를 받았고, 운항에 필요한 보험에 가입되어 있었다.

3. HL1153의 이륙시 중량 및 평형은 허용범위 내에 있었다.

4. 사고시각 부근 김포공항의 기상은 바람 280도에 3노트, 시정 4,500미터, 박무, 기온 영하 1℃, 노점온도 영하 3℃, 기압 1,021mb로 특별한 기상변화는 없었으며, 계류장 표면의 아스팔트와 콘크리트 포장에 결빙은 없었다.

5. HL1153은 18:30:21에 이륙활주를 시작하여 18:30:41에 활주거리 약 1,300ft(396m)에서 이륙전환속도(Vr) 55kts(28.2m/s)에 도달하였고, 18:30:44에 약 1,860ft(567m) 지점에서 최량 상승각허용속도(Vx) 63.2kts(32.5m/s)에 도달하여 부양, 상승하였다.

6. HL1153는 이륙 후 18:31:06.8부터 18:31:21.8까지 약 15초 동안 고도 211ft, 속도 약 60.2~61.9kts로 직진비행을 하였고, 18:31:26.7부터 18:31:41경까지 고도 314ft로 지시되었다.

7. HL1153은 18:31:36경 좌선회를 시작하여 18:31:37경 51kts(26.1m/s)로 감속되었고 18:31:41경까지 감속(속도 51kts)된 상태로 수평선회(고도 314피트)를 하였다. HL1153은 18:31:42경 46kts(23.7m/s)로 감속되어 실속에 진입

하였고 고도는 214피트로 강하되었다. 이 후 HL1153은 김포공항을 향하여 비행이 지속되었고 추락까지 속도 46kts(23.7m/s)로 실속에서 벗어나지 못한 채 18:31:51경 수직에 가까운 강하자세로 추락하였다.

8. HL1153의 이륙활주거리는 1,300ft(396m)가 소요되어 C172S 비행교범에 명시된 960ft(293m)보다 약 42% 더 길었다.

9. HL1153은 이륙부양 후 직진상승구간에서 최량상승각속도 62kts 부근을 유지하였으나 정상적인 고도 상승이 이루어지지 않았고, 선회단계에서 상승이 이루어지지 않고 수평선회가 되며 속도가 줄어들었다.

10. HL1153의 동체 배면에는 장기간 누설된 오일이 검은색으로 유분이 증발되어 응착된 부분과 사고 직전 비행 중 다량의 오일이 누설된 흔적이 확인되었고 프로펠러는 회전상태에서 지면에 충격되었다.

11. 한라스카이에어는 항공기를 이용하여 유상으로 비행훈련(자가용조종사과정, 사업용조종사과정, 조종사교육증명과정, 등급한정과정)을 주요사업으로 하는 항공기사용사업체이다.

12. 한라스카이에어는 오일 누설 당시 엔진오일 딥스틱 씰을 교환하는 등 정확한 누설 지점을 찾지 못하였고 과도한 오일 소모율이 지속되자 보충용 오일을 항공기에 싣고 다니면서 일일 최대 6쿼터까지 수시로 보충하며 항공기를 운용하였다.

13. 엔진오일냉각기에 연결된 오일호스는 교환주기를 초과한 장기간 사용으로 고무재질에 균열이 발생하였고, 오일호스가 과도한 토크로 인해 비틀린 상태로 장착되었고, 연결부위에 근접한 내부 철망(wire mesh)이 마모되어 파손되어 있었으며 이로 인한 파공이 발생하여 오일이 누설된 것으로 확인되었다.

14. 한라스카이에어는 과도하게 오일 누설이 계속되는 것을 알면서도 이를 정비하지 않았고 100시간 정시점검시 엔진압력점검을 수행하지 않았으며 항공기 점검시간을 축소하거나 운항 중에 발생한 고장, 결함 등에 대한 정비조치 내용을 탑재용항공일지에 기록하지 않는 등 부적절한 정비관리 및 미흡한 정비여건으로 인해 보유 항공기의 감항성을 적절하게 유지하지 않았을 가능성이 있다.

15. 엔진의 밸브계통은 심하게 마모된 상태로 장기간 지속적으로 운용되었으며 제작사 허용기준을 초과하여 사용불가 수준이었던 점, 모든 태핏 몸체가 부서지거나 심하게 마모된 점, 캠샤프트의 로브가 심하게 마모된 점, 엔진오일에서 금속조각이 발견된 점, 1번 실린더 상부 피스톤링이 파손되고 장착 홈이 심하게 마모된 점 등을 고려할 때 이륙 당시 HL1153은 정상적인 엔진 출력을 낼 수 없었을 것으로 판단되었다.

16. 과도한 이륙활주거리와 이륙 및 상승구간에서 적은 상승률, 수평선회 및 속도감소 등의 원인은 HL1153의 엔진이 요구되는 이륙상승 출력을 내지 못하였기 때문인 것으로 판단되었다.

17. HL1153는 엔진출력 부족으로 인해 정상적인 가속 및 고도상승이 이루어지지 않고 엔진오일압력 저하 등 비정상 상태를 발견하여 김포공항으로 되돌아 오기 위하여 급하게 좌선회함으로써 실속되어 추락한 것으로 추정된다.

18. HL1153은 선회시 이륙성능부족과 경사각 증가에 따른 피치 낮춤 조작을 적절하게 하지 못하여 감속이 되었고 비상절차수행으로 속도계기 감시가 부족하여 실속으로 진입하고 있음을 인지하지 못 한 것으로 추정된다

19. HL1153은 경사상태로 실속에 진입하였을 때 즉시 경사를 줄이고 기수자세를 낮추어 항공기의 받음각을 줄여주는 회복조작을 적절하게 하지 못하여 감속이 심화되며 경사진 상태에서 스핀의 형태로 악화되어 깊은 강

하자세로 추락한 것으로 추정된다.

20. HL1153은 이륙상승성능이 부족한 저고도 저속 비상상황에서 직진비행하며 항공기의 고도와 속도를 유지하는 최우선 비상조치 대신 긴급귀환을 위하여 급선회하였으며, 실속을 회복하기 위해 경사각을 줄이고 기수를 낮추는 조작을 수행하지 못하는 등 비상상황에 대한 판단과 비상조치 수행이 부적절하였던 것으로 판단된다.

21. 한라스카이에어는 소속 운항승무원에 대한 비상절차 교육 및 훈련이 미흡하였다.

22. 항공기를 이용하여 비행훈련을 하는 항공기사용사업체는 다른 업무를 하는 항공기사용사업체와 다르게 안전기준을 강화할 필요가 있으며 관할 감독관청의 세심한 안전감독 활동이 필요하다.

3.2 원인

항공·철도사고조사위원회는 HL1153 사고의 원인을 다음과 같이 결정한다.

「① HL1153은 김포국제공항 이륙 시 엔진이상(과도한 오일 누출 및 이륙성능에 미치지 못한 엔진출력) 현상이 발생하여 저고도, 저속의 비상 상황에 조우하였고,② 출발장소인 김포공항으로 무리하게 귀환하기 위해 급선회 조작을 함으로써 실속에 진입하였으며, ③실속에 대한 회복조치를 적절하게 수행하지 못하여 스핀형태로 악화되어 추락한 것으로 추정된다.」

HL1153 사고의 기여요인은 다음과 같다.

「① 한라스카이에어는 부적절한 정시점검, 엔진밸브계통에 마모, 절손 등 허용기준치를 초과한 엔진 사용 등 전반적인 정비관리가 부적절하였고, ②

소속 운항승무원에 대하여 비행 중 엔진이상 시에 대비한 비상절차교육 및 운항안전관리를 미흡하게 하였다.」

4. 안전권고

항공·철도사고조사위원회는 2015년 2월 28일 김포공항에서 발생한 ㈜한라스카이에어 소속 HL1153의 사고 조사결과에 따라 다음과 같이 안전권고를 발행한다.

4.1 한라스카이에어에 대하여

1. 폐업으로 인한 안전권고 미실시

4.2 서울·부산지방항공청에 대하여

1. 항공기사용사업체(비행훈련업)들에 대한 자체 정비·운항관리·비상절차 교육 등 항공안전관리 전반에 대한 정부의 항공안전감독 업무의 실효성 제고 방안 마련(AAR1602-1)

   * 부적절한 엔진정비 행위, 정비행위 미기록, 승무원 비상절차훈련 등 미흡사항 관리감독 강화

※ 본 안전권고는 티티엠코리아 HL1210사고의 안전권고(AAR1607-03)가 이행되었으면 이행된 것으로 본다.

4.3 항공정책실에 대하여

1. 항공기사용사업체(비행훈련업)의 안전관리체계(비행훈련 프로그램 등)를 지정 전문교육기관 수준으로 강화하는 방안 마련(AAR1602-2)

※ 본 안전권고는 항공안전법 개정으로 조치완료