

# 항공기 준사고 조사 보고서

착륙 중 활주로 이탈

초당대학교 콘도르비행교육원

DA40NG, HL1228

전라남도 해남군 산이면 초송리 1591 영농비행장

2020. 4. 8.



2021. 6. 29.

이 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 조사보고서의 해석에 있어서 한글판과 영문판의 차이가 있을 경우에는 한글판이 우선한다.

# 항공기준사고 조사보고서

항공·철도사고조사위원회, 착륙 중 활주로 이탈, 초당대학교 콘도르비행교 육원, DA40NG, HL1228, 전라남도 해남군 산이면 초송리 1591 영농비행장, 2020.4.8. 항공기준사고 조사보고서 ARAIB/AIR2002, 대한민국 세종특별자치시

대한민국 항공·철도사고조사위원회는 독립된 항공사고조사를 위한 정부기구이며, 「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 가림로 232, 세종비즈니스센터 A동 604호

우편번호: 30121

전화: 044-201-5447

팩스: 044-868-2406

전자우편: araib@korea.kr

홈페이지: <http://www.araib.go.kr>

차 례

착륙 중 활주로 이탈 .....1

개 요 .....1

1. 사실 정보 .....2

1.1 비행 경위 .....2

1.2 인명피해 .....4

1.3 항공기 손상 .....4

1.4 기타 손상 .....6

1.5 인적 사항 .....6

1.5.1 교관조종사 .....6

1.5.2 학생조종사 .....7

1.5.3 관속조종사 .....7

1.6 항공기 정보 .....8

1.6.1 항공기 일반 .....8

1.6.2 중량 및 평형 .....9

1.7 기상정보 .....10

1.8 항행안전시설 .....10

1.9 통신 .....10

1.10 비행장 정보 .....10

1.10.1 산이비행장 국지절차 .....11

1.11 비행기록장치 .....11

1.12 잔해 정보 .....11

1.12.1 활주로 이탈 흔적 .....12

1.12.2 항공기상태 현장점검 .....14

1.13 의학 및 병리학적 정보 .....14

1.14 화재 .....14

1.15 생존분야 .....14

1.16 시험 및 연구 .....14

1.17. 조직 및 관리 .....15

1.17.1 초당대학교 콘도르 비행교육원 .....15

1.17.2 자가용조종사 과정 .....15

1.17.3 사업용조종사 자격증명 전환과정 .....15

1.17.4 조종교육증명 과정 .....16

1.17.5 교관조종사 보수교육 훈련 .....17

1.17.6 준사고 후, 초당대학교 비행교육원 조치 .....18

1.18 추가정보 .....18

1.18.1 조종사 진술 .....18

1.18.1.1 교관조종사 .....18

1.18.1.2 학생조종사 .....20

**2. 분석 .....23**

2.1 일반사항 .....23

2.2 활주로 이탈 원인 분석 .....23

2.2.1 기상 및 최종접근속도 .....23

2.2.2 최종접근 구간 .....24

2.2.3 활주로 31 시단 통과 시점 .....25

2.2.4 측풍착륙방식 전환 및 착륙자세변화 단계 .....26

2.2.5 활주로 이탈 .....28

2.3 개선점 .....29

2.3.1 교관조종사의 조종개입 시점 .....29

2.3.2 조종이양 및 조종인수 절차 .....30

2.3.3 교관의 비정상 상황 대처능력 .....30

**3. 결론 .....31**

3.1 조사결과 .....31

3.2 원인 .....32

**4. 안전권고 .....33**

**붙임 : HL1228 준사고와 관련된 항공역학적 특성 .....34**

1 착륙접지(Touchdown) 중 바운싱(Bouncing) .....34

2 고정익 프로펠러 항공기의 특성 .....35

2.1 Torque 반작용 .....35

2.2 나선효과 (corkscrew effect) .....36

2.3 회전의(回轉儀) 운동(gyroscopic action) .....37

2.4 비대칭 하중(Asymmetric Loading P-factor) .....38

2.5 빗놀이(yawing)에 의한 옆놀이(rolling) .....38

## 착륙 중 활주로 이탈

- 항공기 운영자 : 초당대학교 콘도르비행교육원
- 항공기 제작사 : 오스트리아 Diamond Aircraft
- 항공기 형식 : DA40NG
- 항공기 등록부호 : HL1228
- 발생 장소 : 전라남도 해남군 산이면 초송리 1591 영농비행장  
N34° 37'32.14“, E126° 25'25.66“
- 발생 일시 : 2020년 4월 8일 15:07경 (한국표준시각<sup>1)</sup>)

## 개 요

2020년 4월 8일 15:07경, 전라남도 해남군 영농비행장 활주로31에서 학생 조종사 단거리착륙훈련 중이던 초당대학교 콘도르 비행교육원 소속 1228편 항공기(DA40A, HL1228)가 착륙·접지 후 활주로를 좌측으로 이탈하였다.

이 준사고로 인명피해는 없었으며 항공기는 소파되었다.

항공철도사고조사위원회(이하 “위원회” 라 한다)는 이 준사고의 원인으로 「항공기 침하에 대응한 출력 증가와 측풍에 대응한 좌측 방향타 사용으로 급격한 좌경사 현상이 발생함에 따라 좌측 날개가 활주소에 접촉되며 기수가 좌측으로 급격히 틀어져 활주로를 이탈하였다.」로 결정하였다.

기여요인은 「교관조종사의 늦은 조종개입으로 항공기 통제에 어려움 발생」로 결정하였다.

항공철도사고조사위원회는 준사고조사의 결과로 콘도르비행교육원에 2건의 안전권고를 발행한다.

1) 별도로 표시하지 않는 한, 본 보고서 상의 모든 시각은 24시를 기준으로 한 한국표준시각 임

## 1. 사실 정보

### 1.1 비행 경위

2020년 4월 8일, 전남 해남군 산이면에 위치한 영농비행장(이하 “산이비행장”이라 한다)<sup>2)</sup>에서 초당대학교 콘도르비행교육원(이하 “비행교육원”이라 한다)<sup>3)</sup>의 사업용조종사 면장전환과정에 입과한 학생조종사는 교관조종사로부터 비행 훈련을 받고 있었다. 이날 비행은 사업용조종사 전환과정의 3번째 비행으로 공중조작과 단거리착륙 훈련을 위한 것이었다.

14:10경, 교관조종사(이하 “교관”이라 한다)와 학생조종사(이하 “학생”이라 한다)는 당일 비행에 대한 브리핑을 실시하고, DA40NG 항공기 HL1228(이하 “HL1228”이라 한다)의 외부점검을 마친 후, 학생은 좌측석에, 교관은 우측석에 탑승하였다. 후방석에는 앞서 비행을 마친 다른 학생조종사가 관속 비행을 목적으로 탑승하였다.

14:50경, HL1228은 산이비행장 활주로 31로 이륙하였다. HL1228은 산이비행장 상공 고도 2,500ft에서 공중조작 훈련을 실시하고 이착륙훈련을 위해 산이비행장 장주에 들어왔다. HL1228은 가상 엔진고장으로 접근하여 착륙접지 및 이륙(touch & go) 훈련을 하려하였으나 최종구간에서 비행경로가 안정적이지 않아 복행하였다.

복행 후 HL1228은 단거리착륙(short field landing) 훈련을 위해 좌선회하여 활주로31의 좌측 사각장주 패턴에 진입하였다.

HL1228은 배풍구간(Down wind)에서 장주폭 1nm, 고도 1,000ft, 속도 90~95kts를 유지하였고, 활주로상의 31 글자가 항공기의 좌측 90도 위치에 왔을 때 FLAP을 이륙 위치로 내리고 80kts로 감속하였다. HL1228은 활주로 31 시단이 항공기 좌측 45도 후방에 보일 때 속도 80kts로 베이스 선회를 시

2) 산이비행장은 영농을 목적으로 한국농어촌공사에서 건설하였고, 활주로는 동남쪽(31)/북서쪽(13), 길이 1,000m(3,280ft), 너비 25m(80ft)이다.

3) 2014년 9월 25일 개원



작하였다.

산이비행장 활주로31에는 우측정풍(340° /12~13kts)이 불었다. HL1228는 우측풍에 대하여 최종경로 상에서 크랩(Crab) 방식으로 접근하다가 활주로의 진입 후 윙로우(Wing low) 방식으로 전환하기로 하였다.

HL1228는 최종선회 완료 후 플랩을 착륙 위치로 내렸고 접근속도 75kts<sup>4)</sup>를 유지하였다. HL1228가 최종경로 상에 진입하였을 때, 수평비행 경로는 우측풍에 밀려 활주로31 연장선의 좌측에서 접근하는 형태가 되었고, 수직비행 경로는 표준 강하각 3도 보다 낮아져 기수가 들린 자세로 접근하였다.

낮은 수직비행 경로로 접근하던 HL1228는 활주로31 시단을 통과할 때 오히려 고도가 다소 높아진 상태가 되었다. 학생은 활주로31 시단을 통과하며 엔진출력을 최소(Idle)로 줄였고, 측풍착륙방식을 윙로우로 전환하기 위해 좌측방향타를 사용하였다. HL1228는 침하량이 증가하기 시작하여 다소 높은 고도에서 착륙자세변화를 시작하였으나 더욱 심하게 침하되었다.

항공기 침하가 심해진 것을 인지한 교관은 조종에 개입하며 엔진출력을 증가시켰다. HL1228는 [그림 1]과 같이 활주로31 시단에서 39m 지점의 활주로 중앙선 부근에 경착륙 접지되면서 바운싱(Bouncing)<sup>5)</sup>되었다. HL1228는 바운싱하면서 좌측으로 기울어졌고, 왼쪽날개가 활주로의 두 차례 접촉(활주로 31시단에서 50m 및 73m 지점)되었다. 왼쪽날개가 두 번째 활주로의 접지하였을 때, 항공기 기수는 좌측으로 틀어졌고 활주로31 시단 146m 지점에서 좌측으로 약 30도 각도로 활주로를 이탈<sup>6)</sup>하였다.

활주로를 이탈한 HL1228는 녹지대를 활주하여 활주로31 시단 228m 지점에서 외곽도로 활주로 경계 철조망을 넘어갔고, 배수로에 우측바퀴가 빠진

4) 접근속도: 정상 착륙시 78kts., 단거리 착륙시 75kts

5) 항공기가 착륙접지단계에서 부적절한 자세 또는 과도한 강하율로 활주로의 접지한 후, 공중으로 다시 튀어 오르는 현상

6) 1.12 잔해정보 참조

상태(좌측 바퀴는 아스팔트 농로 위)로 배수로를 따라 약 70m를 전진하였다.

배수로를 따라 전진하던 HL1228는 활주로31 시단 약 298m 위치에 설치된 경고판에 우측날개가 부딪히며 기수방향이 우측으로 약 70도 회전한 상태로 활주로31 시단 약 305m지점에 정지하였다.



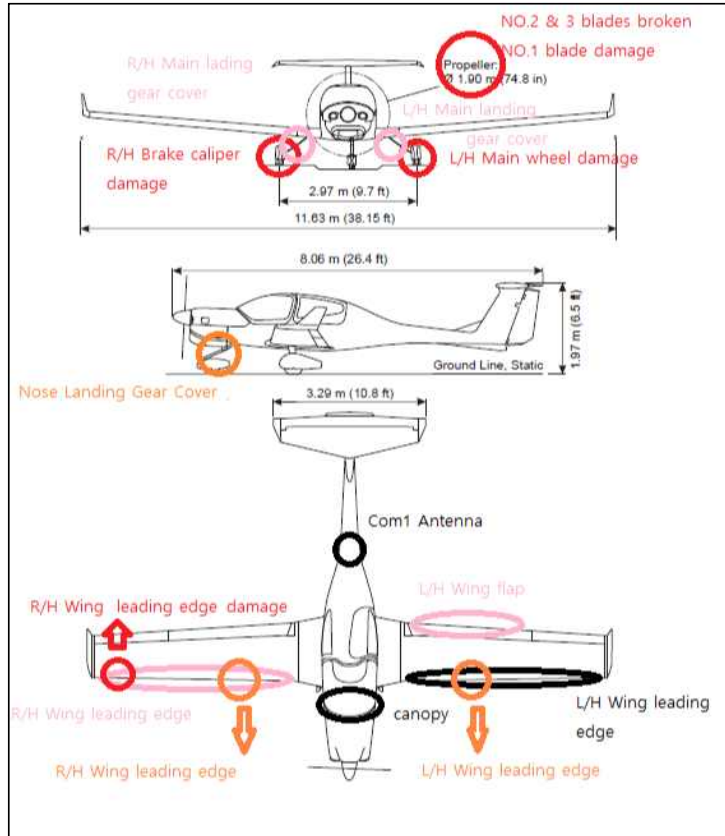
[그림 1] HL1228 활주로 이탈과정

### 1.2 인명피해

이 준사고로 인한 인명피해는 없었다.

### 1.3 항공기 손상

HL1228은 [그림 2]와 같이 좌우측 날개, 좌우측 착륙장치, 동체하부, 프로펠러 및 캐토피 등에 크고 작은 손상이 발생하였다.



[그림 2] HL1228 손상 위치

HL1228 각 부위의 손상 상태는 [그림 3]과 같다.



[그림 3] HL1228 손상 상태

## 1.4 기타 손상

소나무 1그루, 활주로 경계 철조망, 비행장 안내판이 파손되었다.

## 1.5 인적 사항

### 1.5.1 교관조종사

교관(33세, 남)은 유효한 사업용조종사자격증<sup>7)</sup>, 조종교육증명, 제1종 항공신체검사증명<sup>8)</sup>, 항공무선통신사자격증<sup>9)</sup>을 보유하고 있었다. 교관은 2018년 6월 초당대학교 콘도르 비행교육원 입사하여 2019년 1월 선임조종교육증명 취득하였다.

교관의 총 비행시간은 1174.5시간(DA40NG 1,000시간, C172 164.5시간, PA-44 10시간)이었고, 총 기장시간은 1,115시간, 교관시간은 800시간이었다. 최근 90일 동안 113시간, 30일 동안 52시간, 7일 동안 6시간의 비행을 하였다.

교관의 준사고 발생 전 행적으로 4월 6일은 비행이 없었고 9시에 사무실 출근하여 기본적인 업무를 마치고 18시에 퇴근하여 22시경 취침하였다. 4월 7일은 5시에 기상하였고 무안공항에서 9시경부터 14시까지 비행 후, 18시경 퇴근하여 22시경 취침하였다.

4월 8일에는 9시경 기상하여 10시 30분경에 무안공항에 위치한 사무실에 출근하였고, 11시 30분경에 관속조종사와 비행브리핑을 마치고 점심식사 후, 셔틀버스를 타고 산이비행장으로 이동하여 12시 30분경 도착하였다. 교관은 관속조종사의 비행훈련을 위해 13시경 산이비행장을 이륙한 후 14:05경에 착륙하였다.

14시 10분경 학생 비행훈련 브리핑을 시작하였고, 14시 37분경 산이비행

7) 교통안전공단 12-011027(2020.3.4)

8) 277-07613(2021.3.31.까지 유효)

9) 한국방송통신전파진흥원장12-34-1-0422(2012.6.28)

장을 이륙하였다. 교관조종사는 비행 전 24시간 이내에 음주나 허가되지 않은 약물을 복용하지 않았으며 건강상태는 양호하였다고 진술하였다.

### 1.5.2 학생조종사

학생(32세, 남)은 2017년 8월 콘도르비행교육원에 입과하여 2019년 2월 자가용조종사 자격을 취득하였다. 2019년 8월, 학생은 미국 AFTC기관에 입과하여 2020년 3월 계기비행 과정 및 사업용조종사 과정 수료 후 귀국하였다.

학생은 미국에서 취득한 사업용조종사 자격증명을 국내 자격증명으로 전환하기 위해 2020년 3월 콘도르 비행교육원에 입과하였다. 학생은 제1종 항공신체검사증명<sup>10)</sup>, 항공무선통신사자격증<sup>11)</sup>을 보유하고 있었다.

학생의 총 비행시간은 256시간(DA40NG 192시간, C172 64시간)이었고, 총 기장시간은 146시간이었다. 최근 90일 동안 36.3시간, 30일 동안 2.8시간, 7일 동안 1.6시간의 비행경험이 있었다.

학생은 4월 7일 훈련비행이 있었고, 저녁식사 후 23시경 취침하였다. 당일은 7시경 기상하였다. 원래 계획된 비행은 17시였으나 여수공항의 바람으로 앞 비행이 취소되어 일정이 앞당겨지자, 학생은 12시경 학교에 도착하여 비행을 준비하였다.

학생은 비행 전 24시간 이내에 음주나 허가되지 않은 약물을 복용하지 않았으며 건강상태는 양호하였다고 진술하였다.

### 1.5.3 관속조종사

관속조종사(38, 남)는 2019년 5월 콘도르비행교육원 자가용조종사 과정에 입과하였고, 항공기 조종연습허가서<sup>12)</sup>, 제1종 항공신체검사증명<sup>13)</sup>, 항공무선

10) 항공우주의학협회 135-9072(2021.3.31.까지 유효)

11) 한국방송통신전파진흥원장 17-34-4-0208(2017.9.22.)

12) 서울지방항공청장 10409(2019.12.8.), 증명사항: 비행기, 육상단발, DA40NG

통신사자격증<sup>14)</sup>을 보유하고 있었다.

관속조종사는 총 67.7시간의 비행을 하였고, 최근 30일 동안 7.6시간, 7일 동안 2.3시간의 비행을 하였다.

관속조종사는 11:30경 무안공항 사무실에서 교관과 브리핑을 실시한 후 12:00경 학교 셔틀버스를 이용하여 산이비행장으로 이동하였다. 관속조종사는 13:20경 교관과 함께 HL1228로 산이비행장 활주로31으로 이륙하여 이착륙비행훈련 후 14:05경 착륙하였다.

## 1.6 항공기 정보

### 1.6.1 항공기 일반

HL1228의 일반 정보는 [표 1]과 같다.

| HL1228  | 항공기              | 발동기                       | 프로펠러           |
|---|------------------|---------------------------|----------------|
| 형식  | DA40NG           | E4-A                      | MTV-6-R/190-69 |
| 제작자   | Diamond Aircraft | Austro Engine             | mt-propeller   |
| 제작일   | 2015.03.17       | 2018.01.25                | 2019.10.14     |
| 일련번호  | 40.N277          | E4-A-00220                | 140942         |
| 사용시간  | 2,717.1          | 2,938.2(TSN)/1,192.2(TSO) | 162.1          |
| - 감항증명: AB19027(2019.06.13.), 운용한계지정서: ABOL19027<br>- 등록증명서: 2015-081 |                  |                           |                |

[표 1] HL1228 일반정보

HL1228의 최근 2개월 정비내역은 [표 2]와 같으며 기체 및 엔진 등에 특별한 결함은 없었다.

13) 항공우주의학협회 266-00287(2020.4.30까지 유효)

14) 한국방송통신전파진흥원장 19-34-4-0191(2019.9.16.)

| HL1228    | 정비 내용                |  | 비고    |
|-----------|----------------------|--|-------|
| 2.5~2.13  | 기체 200시간 점검          | 엔진 100시간 점검  | 이상 없음 |
| 2.6       | MSB-E4-003/24수행      | Engine Software and Hardware Versions of The E4 Series | 이상 없음 |
| 3.6       | Nose Tire 교체         |  | 이상 없음 |
| 3.6       | 출입문 잠금장치 이상 유무 일제 점검 |  | 이상 없음 |
| 3.24~3.26 | Governor 교체          |  | 이상 없음 |
| 3.24~3.30 | 기체 100시간 점검          | 엔진 600 시간 점검   | 이상 없음 |

[표 2] HL1228 최근 정비 내역

1.6.2 중량 및 평형

HL1228의 착륙시 중량 및 평형<sup>15)</sup>은 [표 3]과 같이 허용범위 내에 있었다.

| 구분             |               | 중량(kg)         |   | Arm(m)      | 모멘트     |
|----------------|---------------|----------------|---|-------------|---------|
| 항공기 자체 중량      |               | 920.5          |   | 2.44        | 2,243.5 |
| 전방좌측학생         |               | 80             |   | 2.30        | 184.0   |
| 전방교관           |               | 76             |   | 2.30        | 174.8   |
| 후방학생           |               | 75             |   | 3.25        | 243.8   |
| 후방우측           |               |                |   | 3.25        | 0.0     |
| 수화물            | (compartment) | 4              | 1 | 3.89        | 15.6    |
| 수화물            | (extension)   | 5              | 2 | 4.54        | 45.4    |
| 연료<br>(Jet A1) | 이륙시           | 124.02         |   | 2.63        | 326.2   |
|                | 소모연료          | 25.44          |   |             |         |
|                | 착륙시           | 98.58          |   | 2.63        | 259.3   |
| 총계             | 이륙시           | 1,289.5        |   | 2.51        | 3,233   |
|                | 착륙시           | <b>1,264.1</b> |   | <b>2.50</b> | 3,166   |

\* Jet A1 1gal = 7.0lbs = 3.18kg, \* Long Range Tank = 39gal(Usable)  
 \* MTOW=1310kg

[표 3] HL1228 중량 및 평형

15) 중량: 1,264.1kg, 무게중심 2.50m(허용범위 2.45~2.53m)

## 1.7 기상정보

HL1228이 활주로31 최종구간에 진입하였을 때 340도에서 12~13kts의 바람(우측풍 7~8kts)이 불었고, 시정이 10km 이상, 하늘에 구름은 없었다고 교관은 진술하였다.

당일 무안국제공항의 정시기상(METAR)과 예보(TAF)는 다음과 같으며 북북서풍 15kts, 돌풍 최대 25kts가 예보되었다.

RKJB 080500Z 33013KT 9999 FEW030 13/01 Q1020 NOSIG

RKJB 080500Z 0806/0912 34015G25KT 9999 FEW030 SCT150 TN03/0821Z

TX12/0904Z BECMG 0901/0902 34015G25KT

## 1.8 항행안전시설

해당사항 없음

## 1.9 통신

산이비행장은 비관제비행장으로 관제탑이 없으며, HL1228이 교신한 내용은 없었다.

## 1.10 비행장 정보

산이비행장은 [그림 4]와 같이 남동/북서(활주로13/활주로31) 방향의 아스팔트로 포장된 활주로이며, 활주로는 길이 1,000m, 폭 25m이다. 각 활주로 시단 끝에서 약 70m 위치에 풍향지시기(wind sock)가 설치되어 있다.

비행교육원은 한국농어촌공사 영산강사업단으로부터 산이비행장을 임차하였고, 주간 시계비행 시에만 이곳에서 항공기 이착륙 훈련을 하고 있었다.





[그림 4] 산이비행장

### 1.10.1 산이비행장 국지절차

산이비행장은 비관제비행장으로 시계비행규칙으로 운영된다. 교통장주는 활주로 남서쪽을 사용하여 활주로 31일 경우 좌선회, 활주로 13일 경우 우선회 비행이 이루어진다. 교통장주 고도는 1,000ft이며, 교통장주 내에서 각 항공기 간의 교신을 통하여 거리간격 분리를 한다.

### 1.11 비행기록장치

해당사항 없음

### 1.12 잔해 정보

HL1228는 활주روی탈 과정에서 [표 4]와 같이 활주로나 녹지대에 흔적을 남겼다.

| 구분                       | 이격거리 (단위: m) |         |                  | 비고           |
|--------------------------|--------------|---------|------------------|--------------|
|                          | 활주로 31시단     | 활주로 중앙선 | 흔적 길이            |              |
| 착륙 접지                    | 39           | 좌 1     | 1                |              |
| 좌익, 일차 활주로접촉             | 50           | 좌 4     | 8                | 좌 경사         |
| 좌익, 이차 활주로접촉             | 73           | 좌 5.5   | 5                |              |
| 우륜 흔적 시작                 | 140          | 좌 8     | 5                |              |
| 좌륜, 활주로옆선 이탈             | 143          | 좌 12.5  | 3                |              |
| 우륜 흔적 종료                 | 144          | 좌 11    |                  |              |
| 활주로 이탈,<br>좌륜, 배수로 #1 충격 | 146          | 좌 14    |                  | 이탈각 20~30도   |
| 우익 소나무 충격                | 196          | 좌 23.5  |                  | 소나무 상부 절단    |
| 철조망 이탈                   | 228          | 좌 41    |                  | 프로펠러<br>철망감음 |
| 우륜 배수로 #2 충격             | 276          | 좌 42    |                  |              |
| 우익 경고판 충격                | 298          | 좌 42    |                  | 충격높이 90센티    |
| 항공기 정지                   | 305          | 좌 44    | 후미 1.5m<br>도로 침범 | 기수방향 020도    |

[표 4] HL1228의 활주روی탈 과정의 흔적

### 1.12.1 활주로 이탈 흔적

[그림 5]와 같이, 왼쪽날개가 1차 활주로에 부딪힌 흔적이 활주로31 시단 으로부터 50m 위치에 있었다. 이 흔적의 길이는 8m이었고, 방향은 활주로31 과 평행하였다.

왼쪽날개가 활주로에 부딪힌 2차 흔적은 활주로31 시단으로부터 73m 위 치에 있었다. 이 흔적은 길이는 5m이었고, 활주로31 방향에서 점진적으로 좌 측으로 틀어져(호의 형태) 항공기 기수가 접지점을 축으로 좌로 틀어졌음을 나타내었다.

주륜의 타이어 마찰흔적은 활주로 시단으로부터 140~146m, 활주로 중앙선 부터 좌측 8~14m에 있었다. 이는 HL1228의 기수가 좌로 약 30도 틀어진 상 태로 활주로를 이탈하였음을 보여주었다.



[그림 5] 활주로 접촉 흔적

HL1228가 활주로를 이탈하여 녹지대에 남긴 흔적은 [그림 6]과 같다.



[그림 6] 활주로 이탈 흔적

HL1228는 활주로 옆의 낮은 소나무의 윗부분을 충격한 뒤, [그림 7]과 같이 활주로31 시단거리 약 305m, 활주로 중앙선에서 좌측 42m거리에 위치한 외곽도로의 활주로 경계 철조망에 걸려 020도 방향으로 멈춰 섰다. 이 때 항공기 후미는 약 1.5m 농로에서 빠져나온 상태였다.



[그림 7] 부딪힌 경고판(좌), 정지 상태(우)

### 1.12.2 항공기상태 현장점검

현장에서 엔진에 대하여 각종 필터 및 유체 누설 여부 등 전반적인 점검을 하였으나 특별한 이상은 발견되지 않았다.

HL1228의 조종계통에 대하여 기능점검을 하였다. 방향타(Rudder), 보조익(Aileron), 승강타(Elevator)의 작동범위를 측정한 결과 [표 5]와 같이 모두 허용 범위 내였고 조종계통의 기능이 모두 정상임을 확인하였다.

| 구분              | RUDDER |       | AILERON |    |         |   |      |    | ELEVATOR |          |
|-----------------|--------|-------|---------|----|---------|---|------|----|----------|----------|
|                 | Left   | Right | Up      |    | Neutral |   | Down |    | Upper    | Lower    |
|                 |        |       | L       | R  | L       | R | L    | R  |          |          |
| Angle Limit(°)  | 24±1   | 26±1  | 20±2    |    | 0±1     |   | 13±2 |    | 21 +0/-1 | 17 +1/-0 |
| Actual Angle(°) | 24     | 26    | 20      | 21 | 0       | 0 | 13   | 14 | 21       | 17       |

[표 5] 조종면 (Rudder, Aileron, Elevator) 작동범위 측정

### 1.13 의학 및 병리학적 정보

본 준사고 발생에 영향을 미칠만한 교관 및 학생의 의학 및 병리학적 요소는 발견되지 않았다.

### 1.14 화재

해당사항 없음

### 1.15 생존분야

해당사항 없음

### 1.16 시험 및 연구

해당사항 없음

## 1.17. 조직 및 관리

### 1.17.1 초당대학교 콘도르 비행교육원

2014년 9월 25일 개원한 초당대학교 콘도르 비행교육원은 국토교통부로부터 2016년 4월 20일 항공종사자 전문교육기관으로 지정을 받았다. 비행교육원은 초당대학교 부속기관으로 학과 교육은 전남 무안군에 위치한 초당대학교에서 실시하고, 비행실습은 무안국제공항과 산이비행장을 이용하고 있다. 산이비행장은 시계비행기상 조건에서 주로 반복적인 이착륙 훈련 등에 사용되고 있다.

비행교육원의 조직은 비행교육원장 아래에 비행교육부, 항공정비부, 행정관리부로 구성되어 있으며, 교육부장·정비부장·행정부장이 각각 직무를 부여받아 운영하고 있다.

비행교육원은 초당대학교 학부생 및 일반인 교육생을 대상으로 한국교통안전공단에서 시행하는 자가용조종사 과정, 계기비행증명 과정, 사업용조종사 과정, 조종사 등급한정추가 과정, 조종교육증명 과정 응시에 요구되는 항공지식, 비행기술과 경험충족을 목표로 운영하고 있다. 비행교육원은 교육규정, 훈련운영기준, 제작사 표준훈련교범 등을 운항관련규정으로 하고 있다.

### 1.17.2 자가용조종사 과정

비행교육원은 자가용 조종사 과정으로 180시간의 학과 교육을 실시하고 있다. 이는 초당대학교 항공운항학과 학사 교육과정을 포함하여 학과교육을 실시하는 것을 의미하며, 추후 사업용 조종사자격 취득과 겸하여 학과교육을 실시하고 있다. 자가용조종사 과정의 비행요구량은 교관동승 비행 50시간과 학생단독 비행 10시간을 포함한 총 60시간의 비행을 충족하도록 하고 있다.

### 1.17.3 사업용조종사 자격증명 전환 과정

비행교육원은 사업용조종사 자격증명 전환과정의 학생들에게 비행 전·중 학

과교육을 하며, 아래 [표 6]과 같이 10시간의 학과교육을 실시하고 있다.

| 구분      | 자가용조종사 자격증명<br>전환과정(시간) | 사업용조종사 자격증명<br>전환과정(시간) |
|---------|-------------------------|-------------------------|
| 비행 전 학과 | 9                       | 7                       |
| 비행 중 학과 | 1                       | 3                       |
| 합 계     | 10                      | 10                      |

[표 6] 자격증명 전환과정 학과교육

비행훈련 요구량은 [표 7]과 같이 6시간이다.

| 단계번호 | 세부내용  | 교육시간 |
|------|---|------|
| 1    | 무안국지절차 및 PPL Maneuver Review                                      | 1    |
| 2    | Steep turn, Chandelles, Lazy Eight, Eight on pylon, Steep spirals | 1    |
| 3    | All review/Short field take off & landing                         | 1    |
| 4    | VFR Cross country / Instrument approach                           | 2    |
| 5    | Check-Ride  | 1    |
| 합계   |   | 6    |

[표 7] 자격증명 전환과정 비행요구량

학생은 초당대학교 항공운항학과 졸업생으로서 비행교육원 자가용조종사 과정을 이수한 후, 미국 AFTC기관에서 계기비행증명, 사업용조종사 자격증을 취득하였다.

학생은 귀국 후 미국의 사업용조종사 자격증명을 국내 자격으로 전환하기 위하여 2020년 3월 30일 비행교육원의 사업용조종사 자격증명 전환과정에 다시 입과하여 해당 학과교육을 마치고 비행교육을 이수 중에 있었다.

#### 1.17.4 조종교육증명 과정

비행교육원의 조종교육증명 과정을 수료하기 위해서는 아래 [표 8]과 같이 135시간의 학과교육을 받아야 한다.

| 과 목  | 교육시간 |
|--|------|
| 항공법규(항공교통관제 및 항공정보 포함)   | 10   |
| 사업용 조종사에 필요한 학과교육의 복습  | 40   |
| 교육심리학(학습진도, 인간의 행동, 효과적인 의사소통, 교수과정, 교육방법, 비평, 평가, 교육보조자료의 이용 등을 포함) | 50   |
| 교육방법(비행 교육기술, 교육계획 등을 포함)  | 20   |
| 비행안전이론   | 5    |
| 인적 성과와 한계  | 5    |
| 시험(중간시험 포함)  | 5    |
| 합 계  | 135  |

[표 8] 조종교육증명 과정 학과교육

비행교육원의 조종교육증명 과정은 [표 9]와 같이 2시간의 비상절차, 1.3시간의 야간교육 시간을 포함한 총 25시간의 비행훈련을 받아야 한다.

| 과 목 (단 발)      | 비행시간 |
|----------------|------|
| 1. 교관 동승 훈련비행  | 18.5 |
| 2. 교관 동승 야외비행  | 2    |
| 3. 시험(중간시험 포함) | 4.5  |
| 합 계            | 25   |

[표 9] 조종교육증명 과정 비행요구량

교관은 비행교육원에서 조종교육증명과정을 수료<sup>16)</sup>하였다. 또한, 교관은 비상 대응훈련을 목적으로 학생으로 하여금 비상상황의 인지와 대처방법, 비행정보의 획득과 올바른 의사결정에 대한 지식을 습득하게 하는 학과교육과 Go-around (복행), Rejected Landing(착륙 거부)에 관련한 4번의 평가를 받았다.

### 1.17.5 교관조종사 보수교육 훈련

교관은 비행교육원 근무 기간 동안 비행교육원 교육규정에 따른 평가교관 조종사의 관리 하에 총 5회에 걸쳐 지상교육 8.5시간, 비행훈련 4.5시간 동안

16) 2017.3.27~2017.10.19 지상교육 135시간, 2017.8.2~2018.1.3 비행훈련 52.8시간 및 이착륙훈련 121회

Emergency Approach & Landing, System & Equipment Malfunction에 대한 교육을 받았다.

### 1.17.6 준사고 후, 초당대학교 비행교육원 조치

비행교육원은 전 교관을 대상으로 조종간 이양, 교수법, 비행훈련, 안전의식 등에 관한 교육을 하였고, HL1228 준사고에 대한 원인 분석 및 안전저해요인 발체를 위한 회의를 진행하였다. 교관 조종사들은 담당 교육생에게 교육 및 회의 내용에 대하여 재교육을 하였다.

비행교육원은 안전 목표를 달성하기 위하여 초당대학교 비행교육원 전 직원 및 교육생들에 있어 안전의식 제고를 공표하였고, 산이면 활주로 안전관리자 및 항공종사자의 인적 자원 할당, 산이면 활주로 주변 시설물에 대한 물적 자원 할당의 적절성을 검토 하였다.

## 1.18 추가정보

### 1.18.1 조종사 진술

#### 1.18.1.1 교관조종사

교관은 준사고와 관련하여 다음과 같이 진술하였다.

산이비행장 2,500ft 상공에서 기동연습 후에 이착륙훈련을 하려고 장주에 들어왔다. 가상엔진고장훈련으로 접근하여, 착륙접지&이륙(touch & go)을 하려하였는데 착륙조건이 안 되어서 복행을 하였다.

복행 후 단거리착륙을 훈련하기 위해 좌선회하여 사각장주패턴에 진입하였다. 배풍구간에서 장주 폭 1nm, 장주고도 1,000ft, 플랩을 이륙 위치에 놓은 후80kts로 감속하였다. 활주로31시단이 좌측 후방 45도 각도 선상에 보일 때 베이스 구간 선회를 하였다.



당시 우측 정풍의 바람이 불어 최종선회구간에서 학생이 출력을 더 넣는 것을 확인하였다. 최종선회 후 착륙플랩을 선택하였고 단거리착륙 최종접근 속도인 75kts<sup>17)</sup>로 줄였다.

최종구간에서 비행경로는 우측풍에 대한 편류수정각(Crabing)을 완전하게 준 것이 아니라서 활주로연장선상에서 살짝 왼쪽으로 벗어났다가 다시 돌아오고 계속 왔다 갔다 하면서 접근을 하였고 끝에서는 정대가 되었다.

최종구간에서 강하경로가 정상보다 조금 낮아서 학생에게 강하접근 참조점(aiming point)을 활주로31 시단으로 하라고 하였다. 활주로31시단 진입전 낮아진 상태이므로 항공기 기수를 들로 출력을 더 보충한 상태로 접근하여 오하려 활주로 시단을 통과할 때는 높아진 상태가 되었다.

단거리착륙이므로 활주로31 시단을 통과하면서 출력을 최소위치(Idle)로 놓았다. 평상시에는 풍향지시기 높이에서 출력을 줄이는데 약간 높은 고도에서 출력을 줄인 상태가 되었다. 높은 곳에서 학생이 자세변화를 하는 것을 보았고 정풍의 영향과 함께 항공기의 심한 침하를 느꼈다.

제가 복행의 의도를 가지고 출력을 넣는 중에 침하가 더 빨라서 양쪽 바퀴가 다 닿는 것을 느꼈다. 항공기는 좌측으로 경사가 지고 두 번 활주로에 접지하였고 바운싱되며 기수가 왼쪽으로 도는 것을 봤다. 출력은 복행출력을 넣는 중에 접지가 되어서 복행위치까지 증가한 것은 아니고 중간 정도의 위치였다.

왼쪽으로 기수가 틀어져 우측으로 틀려고 하였으나 안 돌아와서 학생이 Crab방식<sup>18)</sup>에서 Wing low방식<sup>19)</sup>으로 전환시 사용하였던 좌측 Rudder<sup>20)</sup>를 풀지 않은 것 같아서 ‘뉘’ 이런 느낌으로 소리를 한 번 질렀다. 이때 이미 항

17) 정상접근속도 78kts

18) 측풍에서 항공기 기수방향을 풍상쪽으로 측풍성분에 비례한 양만큼 틀어주어 편류각을 유지함으로써 활주로 중심선을 따라 비행궤적을 유지하는 비행방식

19) 측풍의 상황에서 비행경로를 유지하기 위하여 기수방향을 편류각이 없이 활주로 중심선 방향을 유지하고 편류각 대신에 풍상쪽으로 측풍성분에 비례한 양만큼의 항공기 경사각을 주어 활주로 중심선을 따라 비행궤적을 유지하는 비행방식

20) 조종사가 받을 사용하여 방향타를 움직일 수 있도록 만든 장치

공기는 활주로를 이탈하고 있었고 곧 지면에 접지되었다. 항공기는 활주로를 이탈 후 풀밭을 거쳐 캐노피가 철조망과 안내판에 걸리면서 정지되었다. 시동을 끄고 항공기에서 이탈 후 발생상황을 보고하였다.

### 1.18.1.2 학생조종사

학생은 준사고와 관련하여 다음과 같이 진술하였다.

미국에서 취득한 사업용조종사 자격증명을 한국 자격증명으로 전환하기 위하여 콘도르비행교육원의 10시간의 비행훈련과정에 입과하였다. 4월 1일 첫 번째 비행을 하였고 준사고 전일인 4월 7일 두 번째 비행을 하였다. 이번이 세 번째 비행이었고 원래 17시경 비행이었는데 여수바람 때문에 앞 비행 두 타임이 취소되어서 시간이 앞당겨졌다는 연락을 받고 학교에 12시경 도착하였다.

산이비행장에서 비행브리핑을 한 후 외부점검을 마치고 14시 45분경 엔진 시동을 걸었다. 산이비행장 활주로31으로 이륙을 해서 활주로상공 2,500ft에서 스파이럴(Steep Spiral) 기동을 두 번하였다.

산이비행장에 가상엔진고장훈련으로 접근하여 복행을 한 후 단거리착륙 훈련을 위해 사각장주패턴에 진입하였다. 활주로31 숫자가 좌측 90도 위치에 올 때 플랩을 이륙위치로 내렸다. 활주로31 시단이 좌측 후방으로 45도에 위치하였을 때 베이스 선회를 시작하였고 정풍이 심하여 실비행경로가 활주로부터 멀어지게 되었다. 최종경로가 길어지는 것을 방지하기 위해 미리 선회(cut in)해서 들어갔으나 바람으로 밀려나가는 것이 인지가 되었다. 최종선회를 하고 플랩을 착륙위치로 내린 후 75kts 속도를 유지하였다

최종경로 상에서 축선은 조금씩 좌측으로 밀려가지고 교관께서 축선을 맞추라고 하였고 중간쯤까지 그렇게 갔었고 마지막에 Crabing이 제대로 되었다. 측풍성분은 약 7~8kts정도 나왔었는데 공중에서는 한 10kts되는 것 같았다. 보통 활주로31 숫자를 강하접근 참조점(aiming point)으로 잡고 착륙접근

을 하는데, 이번은 단거리착륙훈련으로 가장 짧은 거리에 내리기 위해서 활주로31 시단을 강하접근 참조점(aiming point)으로 하고 내려왔다.

바람이 너무 세었기 때문에 착륙전 엔진출력을 원래 하던 곳에서 빼버리면 (Idle) 가라앉아 활주로 진입전에 접지가 될 수 있다는 위험을 인지하여 항공기가 활주로31 시단을 올라 탄 후 엔진출력을 줄였다.

이후 측풍착륙 Crab방식에서 Wing low방식으로 전환하기 위해서 좌측 Rudder를 받치고 기축을 맞췄다. 그런데 엔진출력(PWR)을 천천히 뺐음에도 불구하고 항공기 침하가 생각보다 심했다. 침하를 막기 위해 항공기 기수를 들었고 거의 최대 피치(MAXIMUM PITCH)자세까지 맞춘 상태로 버텼는데도 항공기 침하(SINK)가 지속되었다.

우측풍 상태에서 Wing low방식으로 착륙하면 오른쪽 주륜부터 접지되어야 하는데 풍상쪽으로 조종간 높힘이 부족했던지 좌우측 주륜이 동시에 닿았다. 항공기는 활주로중앙선상에 접지하였으나 경착륙(Hard Landing)후 바운싱되었다. 바운싱 상태에서 좌측 Rudder를 찬 상태로 자세와 기축선을 유지하였다.

그 즈음<sup>21)</sup>에 교관께서 복행을 하려고 출력을 사용한 것 같고 저는 동시에 조종을 하면 안 되니까 저는 그냥 적극적인 수정을 하지는 않았었다. 그냥 그 자세 그 좌측 Rudder를 찬 상태에서 교관의 조종개입(INPUT)이 느껴지자마자 저는 그냥 가만히 있었던 걸로 기억한다.

너무 높은 바운싱이 아니면 그 자세유지하고 버티면 가라앉는다고 알고 있었고 그 때 기수가 들린 자세여서 활주호가 다 보이지 않았기 때문에 항공기 경사가 들어가는 거는 크게 인지를 못 했다. 그리고 바운싱 후 뺏는데 순식간에 항공기가 방향이 꺾 튀어서 풀밭을 바라보고 가고 있었다.

21) 학생은 교관이 조종을 개입한 시점이 bouncing 전인지 bouncing 나기 전 flare 중인지 정확히 기억이 나지 않는다고 진술하였다.

---

항공기는 활주로를 이탈하여 풀밭을 거쳐 철조망 등에 부딪힌 후 정지하였다. 엔진 주 스위치(Engine master switch) 등을 관련 스위치를 전부 다 끄고 항공기에서 이탈하였다.

## 2. 분석

### 2.1 일반사항

교관조종사, 학생조종사의 진술에 근거하여 HL1228이 최종접근경로진입 이후 활주로 이탈까지 비행상황, 학생의 조작과 교관의 조치내용, 개선점을 분석<sup>22)</sup>하였다.

### 2.2 활주로 이탈 원인 분석

#### 2.2.1 기상 및 최종접근속도

당시 산이비행장에는 북동풍(340°) 12~13kts의 바람이 불었고, 이는 활주로31으로 접근시 우측풍 성분 6~7kts, 정풍 성분 10~11kts이다. 무안공항<sup>23)</sup>에는 15시경 340° /15kts 최대 25kts의 돌풍(Gust)이 예보되는 등, 전국적으로 바람이 많고 기류가 상당히 불안정한 기상이었다.

당시 산이비행장에 돌풍이 존재하였는지는 확인할 수 없었다. 만약 무안공항 예보처럼 돌풍이 분다면, 교범에 따라 단거리착륙 접근속도 75kts에 돌풍을 고려하여 5kt를 더한 80kts<sup>24)</sup>의 최종접근속도로 접근하여야 한다. 그러나 HL1228는 돌풍요소를 고려하지 않은 75kts<sup>25)</sup>로 최종접근속도로 선정하였다.

이 최종접근속도는 평소접근속도 77kts 보다 적으므로 항공기 피치가 평소보다 들린 자세로 접근하여야 표준인 3도 강하각 경로로 비행할 수 있음을 의미한다.

22) 이 보고서의 붙임에, 미연방항공청(FAA)이 발행한 항공기비행교범(Airplane Flying Handbook)과 조종사항공지식교범(Pilot's Handbook of Aeronautical Knowledge)을 참조하여, 이번 준사고와 관련되며 착륙단계에서 발생할 수 있는 바운싱, 프로펠러 항공기의 기축선 틀어짐 현상 그리고 빗놀이(yawing)와 옆놀이(rolling) 등에 관한 항공역학적 특성을 기술하였다.

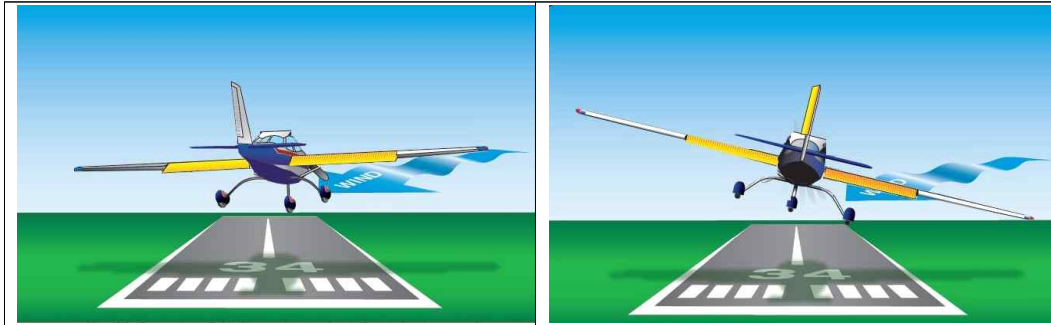
23) 산이비행장에서 355° / 22nm에 위치

24)  $75kts + 1/2 \text{ gust factor} = 75 + (25 - 15) / 2 = 80kts$

25) 교범(AFM 40NG)에 명시된 정상접근속도 착륙중량 1264kg시 77kts

### 2.2.2 최종접근 구간

HL1228은 최종접근 구간에서 [그림 8]의 좌측과 같이 우측풍에 대한 Crab 방식으로 접근하여 착륙자세 변화 단계에서 [그림 8]의 우측과 같이 Wing low 방식으로 전환하는 비행방식을 선택하였다.



[그림 8] 측풍착륙 Crab 방식(좌), Wing low 방식(우)

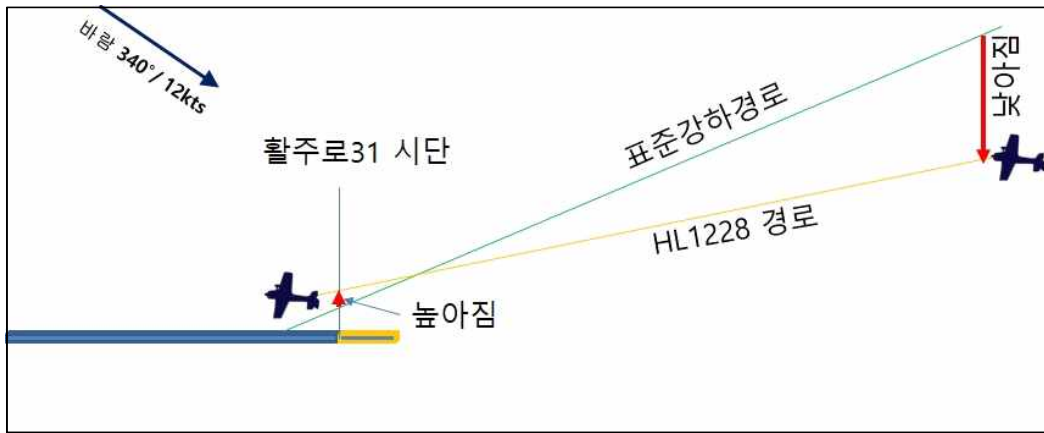
최종접근 구간에서 HL1228의 수평비행경로는 [그림 9]와 같이 우측풍의 영향으로 좌측으로 밀려 최종선회완료 시점부터 활주로중심 연장선상의 좌측에서 점차 활주로 중심선상을 향하여 비행하는 형태가 되었고, 활주로31시단통과 이후에야 활주로중양선상에 진입되었다.



[그림 9] HL1228 활주로 이탈 상황도

최종접근 구간에서 HL1228의 수직비행경로는 [그림 10]과 같이 최종선회 완료 시점부터 시단을 통과할 때까지 정상인 3도 보다 낮은 강하경로로 접근하였다. 이는 정풍의 영향과 적은 접근속도에 적합한 피치자세를 유지하지 못하였기 때문일 것이다.

HL1228은 낮아진 비행경로를 수정하고자 들린 피치자세로 접근하여야 하였고 활주로31 시단 도달 직전에 정상적인 강하경로에 진입하였으나, 정상 피치자세로 수정하는 조작 시점을 놓쳐 오히려 평소보다 높은 고도로 활주로31 시단을 통과하였다.



[그림 10] 최종접근구간 강하경로

### 2.2.3 활주로 31 시단 통과 시점

활주로 시단을 통과하는 시점에는 항공기가 지면에 근접하게 되어 외부 참조물을 보면서 조종해야 하므로 항공기의 속도계기를 참조하기는 어렵다.

HL1228는 수직적으로는 활주로31 시단을 평소보다 높은 고도로 통과하여 피치 조절을 하여야 했고, 수평적으로는 좌측으로 밀린 상태에서 활주로 중앙선상으로 막 진입하는 상황이었다. 즉, HL1228는 활주로 시단을 통과하는 시점에서 피치(기수자세)와 롤(경사)이 아직 안정되지 않은 상태였으며, 항공기의 에너지 상태(증감 여부)를 파악하기는 어려웠을 것이다.

활주로 시단을 통과할 때, 조종사가 항공기 에너지(속도, 엔진출력, 위치에 너지)의 현 상태를 정확히 파악하려면 항공기 기수와 속도가 안정되어 있어야 한다.

조종사가 현재의 항공기에너지를 파악하고 있어야 향후 항공기에너지 증감 요인(Wing low 전환, 착륙자세변화, 지상효과)을 고려하여 엔진출력을 언제 줄일 것인가를 결정할 수 있게 된다.

비행교육원 표준훈련교범에는 착륙시 엔진출력 줄임에 대하여 적정 착륙자세변화(flare) 고도에서 출력을 부드럽게 줄이기 시작하라고 명시되었다.

HL1228이 활주로31 시단 통과할 때, 기수가 안정되지 않아 접근속도에 변화가 많을 수밖에 없었으나 교관과 학생은 활주로 면에 접근하기에 항공기 속도를 모니터할 수 없었다. 이러한 상황에서 학생은 다소 높은 고도로 활주로31 시단을 통과한 시점에 단거리착륙훈련 목표만을 의식하고 기계적으로 엔진출력을 최소위치로 줄였고, 교관은 이를 막지 못하였다.

이것은 항공기에너지가 파악되지 않은 상태에서 바람요인과 Wing low 전환조작으로 항력이 많아질 것을 고려하지 못한 기계적이고 무리한 출력 줄임이었다고 판단된다.

## 2.2.4 측풍착륙방식 전환 및 착륙자세변화 단계

활주로31 시단에서 엔진출력 최소로 줄인 HL1228는 접근속도가 점차 줄어들었다.

HL1228은 우측풍으로 기축선이 우측으로 틀어진 상태로 접근(Crab방식)했으므로, 기축선을 활주로 방향으로 정대(Wing low방식)하기 위해 좌측 방향타 페달을 차야 하였다.

연이어 항공기 피치자세를 점진적으로 들어주는 조작(flare)을 수행하여

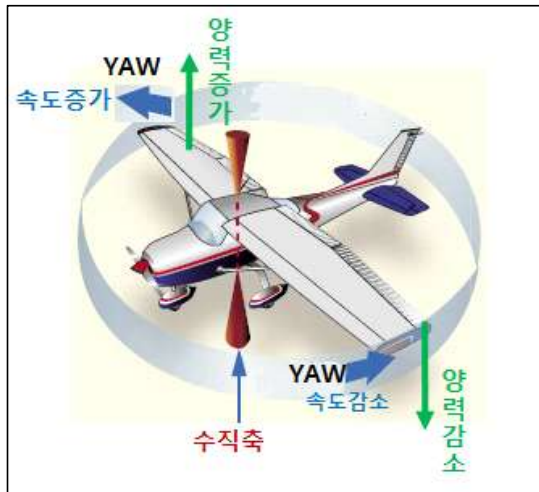


적정한 착륙자세로 접지하여야 한다. 그러나 엔진출력이 최소 상태(idle)의 HL1228는 방향타의 변화와 들러진 착륙자세로 항력이 급증하고 속도는 급감하여 급격하게 침하한 것으로 판단된다.

항공기 착륙자세가 갖추어진 상태에서 침하가 심해지자 교관은 즉시 엔진출력을 증가하며 조종에 개입하였다. 교관은 복행하기 위해 출력을 높이려 하였지만 양쪽 주륜이 활주로에 접지하자 더 이상 출력을 증가하지 않았다.

초기 복행 의도로 출력을 높였지만 항공기 주륜이 활주로에 닿았다는 것은 접근속도가 많이 줄어들어 HL1228가 이미 심하게 침하했던 것으로 판단된다. 또한, 출력을 복행위치까지 증가시키지 않았다는 것은 교관이 조종개입시 확실하게 복행결정을 내리지 못했던 것으로 판단된다.

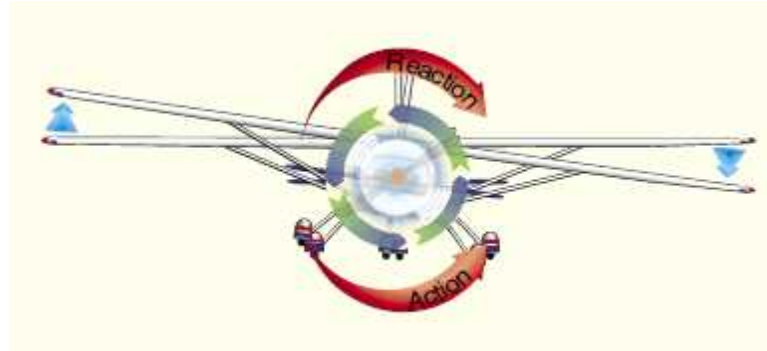
학생의 좌측 방향타 페달(Rudder pedal) 사용으로 [그림 11]과 같이 항공기는 빗놀이(yawing)에 의한 옆놀이(rolling) 현상에 따라 좌측으로 경사(rolling)가 들어간다.



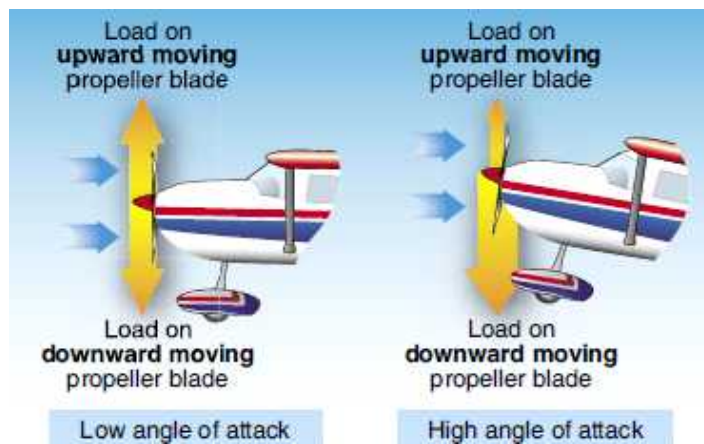
[그림 11] 좌측 Yaw에 의한 Roll

연이어 교관의 엔진출력 증가로 항공기에는 [그림 12]과 같이 토크 반작용과 [그림 13]과 같이 들린 피치자세로 인한 비대칭하중이 작용하여 좌측으로 경사가 들어가려는 현상이 발생한다. 이렇게 복합되어 상당히 커진 좌경사

모멘트에 대응하여 조종사가 조종간(Aileron)을 우측으로 충분히 사용하여 주지 않으면 항공기의 좌경사를 막을 수 없다.



[그림 12] Torque 반작용



[그림 13] 비대칭 하중(P-factor)

결론적으로 학생은 1차, 방향타 페달 사용량에 비례하여 조종간(Aileron)을 우측으로 사용하는 것이 부족했을 가능성이 있으며, 학생의 방향타 페달 사용으로 인한 좌경사 현상과 엔진출력 증가로 프로펠러 회전수가 증가하고 이에 따른 좌경사 현상에 대응하여 교관은 조종간(Aileron)을 우측으로 충분히 놓혀 주지 못했던 것으로 판단된다.

### 2.2.5 활주로 이탈

HL1228는 두 개의 주륜이 함께 활주로에 닿으면서 경착륙 바운싱되었다. 우측풍에 대한 Wing low 방식으로 착륙할 때 우경사 상태로 우측 바퀴가 먼

저 접지하여야 항공기가 좌측으로 흐르지 않게 된다.

HL1228는 주륜이 동시에 닿은 것으로 보아 접지 시 좌측으로 회전하려는 모멘트가 발생한 것으로 판단된다. 접지 직후 HL1228는 빠르게 증가하는 프로펠러 회전에 비례하여 증가되는 좌경사 모멘트를 막지 못하여 좌측 날개가 활주로에 접촉하였다. 이후 항공기가 바운싱되어 부양되었다가 다시 침하하면서 좌측 날개가 2차 접촉하였고, 접지점을 축으로 기수가 좌측으로 급하게 돌아갔으며 기축선이 좌측으로 약 30도 돌아간 상태로 활주로를 이탈하였다.

## 2.3 개선점

### 2.3.1 교관조종사의 조종개입 시점

비행훈련은 안전비행이 확보된 가운데 교육효과를 달성하여야 하므로 정상적인 비행이 이루어질 수 있도록 때 비행훈련에서 교관이 학생의 조종에 개입할 수 있다.

교관의 조종개입은 구두조언, 일부 조종개입, 최종 조종인수로 구분할 수 있다. 교관은 학생의 기량, 현재 비행 상황 그리고 본인의 능력을 기준으로 필요 시 조종개입시기와 개입방식을 판단하여 즉각적으로 실행하여야 한다. 교관은 항공기가 비정상적인 위험상황으로 진입하기 전에 시기를 놓치지 않고 개입할 수 있도록 조종개입 시기와 방식을 판단하여야 한다.

이번 준사고의 경우, 교관은 항공기가 활주로 시단을 다소 높은 고도로 통과할 때 학생이 엔진출력을 줄이지 않도록 미리 구두조언을 할 필요가 있었다. 왜냐하면 항공기가 안정되지 않은 상태로 활주로에 접근하여 교관과 학생 모두 속도 증감을 파악할 여유가 없었고, 바람의 영향, 측풍착륙방식 전환으로 인한 속도 감속 요인이 많았기 때문이다.

교관의 조종개입 시점은 항공기의 착륙자세가 거의 갖추어졌고, 급격한 침하가 진전되어 경착륙 또는 동체후미접촉이 될 수 있는 상황에 임박하였

을 때이므로 이미 늦었다고 판단된다.

### 2.3.2 조종이양 및 조종인수 절차

교관은 조종인수를 명확한 호창(‘I have control.’)과 함께 하여야 하고 학생은 호창(‘You have control.’)하여 이에 응답하여야 한다. 조종인수·이양 초기 단계에 학생은 조종간과 방향타 페달, 스톱에서 더 이상 힘을 가하지 말고 현재 상태를 유지하여야 하며 교관이 확실히 인수하였음을 확인한 후 이를 해제하여야 한다.

이번 준사고의 경우, 교관의 조종개입 시 교관과 학생은 복행여부, 조종인수·이양에 대하여 상호 명확한 의사소통을 하지 못했던 것으로 판단된다.

비행교육원은 관련 비행규정에 이착륙비행훈련 시 조종개입, 조종이양/조종인수에 대한 기준과 절차를 마련하고 교육에 반영할 필요가 있고 판단한다.

### 2.3.3 교관의 비정상 상황 대처능력

이번 준사고의 경우, 교관은 항공기의 좌경사 현상에 대응하여 조종간(Aileron)을 사용하여 막아주지 못하였다.

학생비행훈련을 담당하는 교관은 실시간으로 현재 상황을 분석하여 향후를 정확히 예측/판단하여야 하고, 본인의 통제 능력을 벗어난 비정상 상황으로 가지 않도록 학생에게 시기적절하게 조언하여야 한다. 만약 비정상 상황이 발생하려고 할 때에는 교관은 즉시 조종개입을 하여 위험상황으로 진입되지 않도록 필요한 조치를 취할 수 있는 능력을 보유하여야 한다.

비행교육원은 이착륙단계에서 발생할 수 있는 비정상 자세 및 상황에 대한 교관요원의 대처능력 향상을 위하여 조종교육증명과정에서 관련 항공역학적 특성 등의 이론교육과 비행훈련을 강화하거나 교관으로 임무를 수행하기 전에 추가적인 교육을 실시할 필요가 있다고 판단된다.

### 3. 결론

#### 3.1 조사결과

1. 학생조종사와 교관조종사는 비행에 적합한 항공종사자자격증명 등을 보유하고 있었다.
2. 학생조종사와 교관조종사는 유효한 항공신체검사증명을 보유하고 있었으며 비행에 영향을 미칠 수 있는 건강상 장애요소는 발견되지 않았다.
3. HL1228은 엔진, 동력전달계통, 조종계통에서 특별한 결함이 발견되지 않았다.
4. HL1228의 착륙 시 중량 및 평형은 허용범위 내에 있었다.
5. 당일 전국적으로 바람이 많고 기류가 불안정하였고 산이비행장 활주로 31에는 우측 정풍(340° /12~13kts)이 불었다.
6. HL1228은 우측풍에 대하여 최종접근구간은 크랩(Crab) 방식으로 접근하였고, 착륙자세변화 시점부터 윙로우(Wing low) 방식으로 전환하였다.
7. HL1228은 활주로31 최종접근구간에서 강하경로는 낮았고 수평경로는 좌측으로 밀린 상태였다. 강하경로와 접근경로는 활주로31 시단 통과 이후에 교정되었다.
8. HL1228은 평소보다 높은 고도로 활주로31 시단을 통과하였고, 이때 기수가 안정되지 않은 상태에서 엔진출력을 최소위치(idle)에 놓았다. HL1228은 착륙자세변화 시점 직전에 심하게 침하가 되었다.
9. 교관조종사가 심한 침하로 엔진출력을 증가하며 조종에 개입하였을 때, 학생은 윙로우 방식으로 전환하며 좌측 방향타 페달(Rudder pedal)을

사용한 상태였다. 엔진출력증가로 인한 좌경사 현상과 좌측 방향타 사용으로 인한 좌경사 현상이 복합되어 급격한 좌경사가 발생했고, 이를 막아주기 위한 보조익 사용이 충분하지 못하여 좌측 날개가 활주로에 접촉된 것으로 추정된다.

10. 항공기는 바운싱으로 부양되면서 좌측 날개가 활주로에 2차 접촉하였고 좌측 날개를 축으로 하여 기수가 좌측으로 급격하게 틀어지면서 활주로를 이탈한 것으로 추정된다.
11. 교관조종사는 심한 항공기 침하로 조종 개입을 하였으나 시점이 늦었고 항공기를 통제할 수 없었던 것으로 판단된다.
12. 콘도르 비행교육원은 관련 비행규정에 이착륙비행훈련 시 조종개입, 조종이양/조종인수에 대한 기준과 절차를 수립하여 교육훈련에 반영할 필요가 있는 것으로 판단된다.
13. 콘도르 비행교육원은 이착륙단계에서 발생할 수 있는 비정상 자세 및 상황에 대한 교관의 대처능력향상을 위하여 관련 항공역학적 특성 등의 이론교육과 비행훈련을 강화할 필요가 있는 것으로 판단된다.

### 3.2 원인

항공철도사고조사위원회는 HL1228 준사고의 원인을 다음과 같이 결정한다.

「항공기 침하에 대응한 출력 증가와 측풍에 대응한 좌측 방향타 사용으로 급격한 좌경사 현상이 발생함에 따라 좌측 날개가 활주로에 접촉되며 기수가 좌측으로 급격히 틀어져 활주로를 이탈하였다.」

기여요인은 「교관조종사의 늦은 조종개입으로 항공기 통제에 어려움 발생」로 결정한다.

#### 4. 안전권고

항공·철도사고조사위원회는 HL1228의 활주로 이탈 준사고에 대한 조사결과로 초당대학교 콘도르비행교육원에 다음의 안전권고를 발행한다.

1. 조종교육증명과정에서 이착륙단계에서 복합된 항공기 3축 운동으로 인한 비정상자세 진입 시 대처방법에 관한 이론교육 및 실기훈련 강화 방안 마련 (AIR2002-1)
2. 운항규정에 이착륙비행훈련 시 조종 개입, 이양, 인수에 관한 기준과 절차 수립 및 교육 강화 (AIR2002-2)

## 붙임 : HL1228 준사고와 관련된 항공역학적 특성

근거 : 미연방항공청(FAA)의 항공기비행교범(Airplane Flying Handbook)<sup>26)</sup>,  
조종사항공지식교범(Pilot's Handbook of Aeronautical Knowledge)<sup>27)</sup>

### 1 착륙접지(Touchdown) 중 바운싱(Bouncing)

비행기가 부적절한 자세 또는 과도한 강하율 때문에 지면에 강한 충격으로 접촉했을 때는 다시 공중으로 떠오르기 쉽다. 비록 항공기의 타이어와 완충장치(Shock Struts)가 일부 완충작용을 하지만 비행기는 고무공과 같이 튀어 오르지 않는 것이라도 날개의 받음각(Angle Of Attack)이 갑자기 증가되고 갑작스런 양력의 증가로 다시 공중으로 떠오른다.([그림 14] 접지 중 바운싱 참조)

바운싱(Bouncing)의 심각한 정도는 접지순간의 속도와 받음각 또는 피치 자세의 증가되는 정도에 달려있다.

바운싱은 적절한 접지자세가 이루어지기 전에 비행기가 지상에 접촉하게 될 때 과도한 엘리베이터 후방압력(Elevator Back Pressure)의 적용에 의해 발생하게 된다. 이것은 대개 조종사가 비행기가 적절한 자세에 있지 못하다는 것을 늦게 알아차려서 두 번째 접지가 일어나려는 순간에 바로 잡으려고 시도하는 결과로 발생한다.

바운싱의 올바른 조치는 바운싱 자체의 심각한 정도에 달려있다. 그것이 매우 약하고 비행기 피치(Pitch)자세의 급격한 변화가 없을 때는 접지(Touchdown)의 충격완화를 위한 충분한 동력(Power)을 적용하고 적절한 접지자세를 위해 피치를 부드럽게 조절함으로써 착륙을 수행할 수 있다.

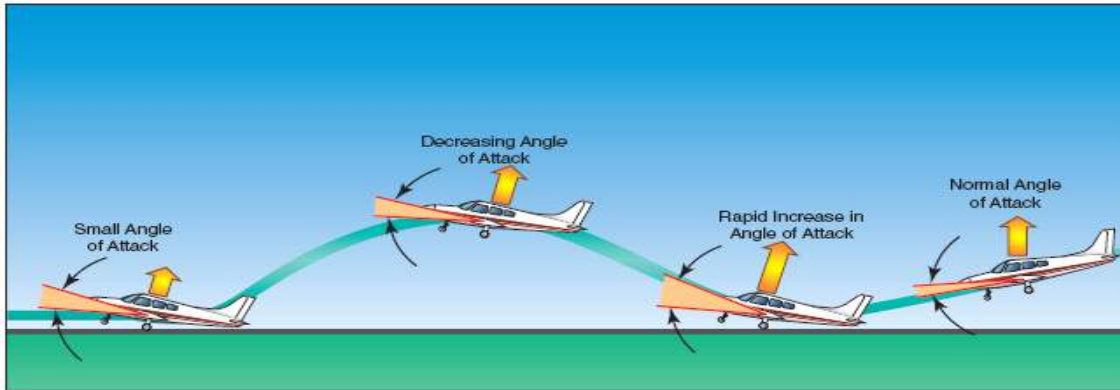
바운싱이 심할 때 가장 안전한 절차는 즉시 복행(Go Around)하는 것이다. 착륙을 반드시 하려고 시도하지 말아야한다. 방향조종을 유지하면서 안전한

26) FAA발행, FAA-H-8083-3A(2004) "Airplane Flying Handbook p8-30"

27) FAA발행, FAA-H-8083-25A(2004) "Pilot's Handbook of Aeronautical Knowledge p4-23-4-27"



상승자세로 기수를 낮추면서 동시에 최대출력(Full Power)을 가해야 한다. 악성 바운싱 상태에서 착륙시도는 들린 기수 자세로 속도가 매우 급격히 줄게 되어 접지가 이뤄지기 전에 실속(Stall)이 일어날 수 있다.



[그림 14] 접지 중 바운싱(Bouncing)

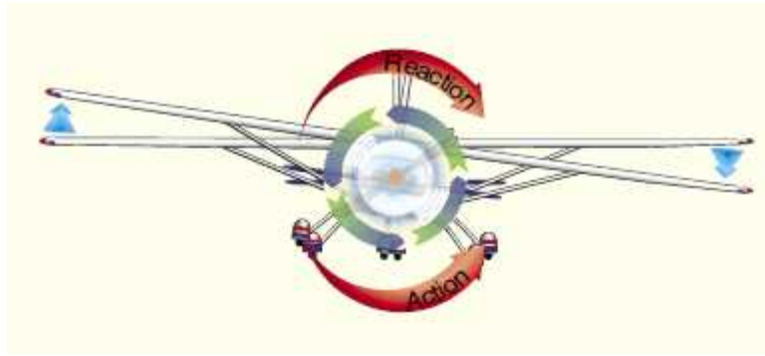
## 2 고정익 프로펠러 항공기의 특성

고정익 프로펠러 항공기는 엔진과 프로펠러로부터의 Torque반작용, 후류의 나선효과, 프로펠러의 회전의(回轉儀) 운동, 프로펠러의 비대칭 하중(P-factor) 그리고 빗놀이(yawing)(Yawing)에 의한 옆놀이(rolling)(Rolling) 등으로 인해 항공기의 3축에 비틀림 또는 회전 움직임이 발생된다.

### 2.1 Torque 반작용

뉴턴의 제 3법칙에 따라 모든 힘에는 반대방향으로 동등한 반작용이 존재한다.

대부분의 항공기의 프로펠러는 [그림 15]와 같이 조종석에서 보아 종축을 중심으로 시계방향으로 회전하므로 이에 대한 동등한 반작용의 힘이 프로펠러 회전의 반대방향인 좌측으로 항공기를 회전시키게 된다. 이러한 반작용의 힘은 내려가려는 날개의 양력을 증가하거나 엔진을 중심에서 어긋나게 장착하는 방식으로, 일반적으로 순항속도에서 상쇄되도록 제작되어진다. 추가 조절은 보조익의 트림탭을 사용한다.



[그림 15] Torque 반작용

이 회전 모멘트의 크기는 항공기의 속도, 엔진의 마력, 프로펠러의 회전 수, 항공기의 크기 등에 따라 변화된다.

## 2.2 나선효과 (corkscrew effect)

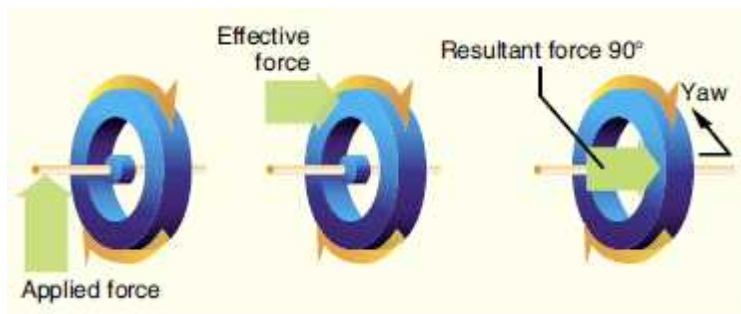
고속으로 회전하는 프로펠러는 [그림 16]과 같이 나선형태의 후류를 생성시킨다. 이륙 또는 착륙의 유동력 실속과 같이 프로펠러의 속도는 빠른 반면 항공기의 전진속도는 느린 경우, 이 나선형태의 회전은 밀집되어 항공기의 수직꼬리날개에 강한 옆방향의 힘을 가하게 된다. 이 옆방향의 힘은 항공기 수직축을 중심으로 좌측으로 회전하게 하는 빗놀이(yawing) 현상을 생성시킨다. 이 옆방향의 힘은 또한 항공기 종축을 중심으로 우측으로 회전하게 하는 옆놀이(rolling) 현상을 생성시킨다. 이러한 두 현상은 상반되나 다양하고 크므로 항상 조종계통을 사용하여 적절한 수정조작을 적용하는 것은 조종사의 책임이다.



[그림 16] 나선형 후류

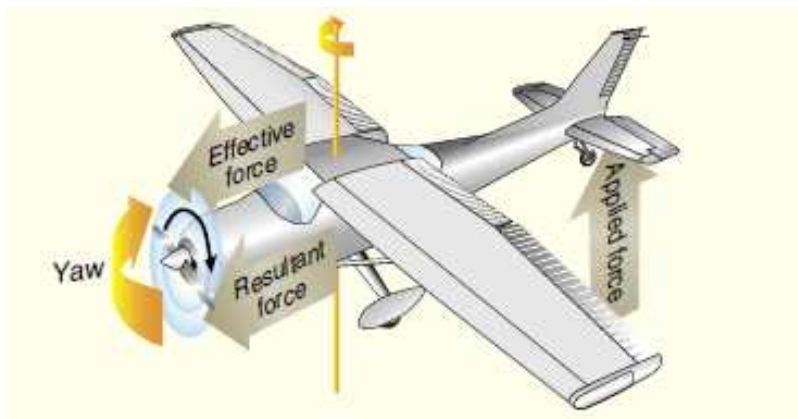
### 2.3 회전(回轉儀) 운동(gyroscopic action)

선행성(Precession)이란 [그림 17]과 같이 회전하는 물체에 힘이 주어졌을 때 결과적으로 적용되는 힘은 최초 힘이 주어진 지점으로부터 90도 회전한 지점에 적용된다는 것이다.



[그림 17] 회전의 선행성(Gyroscopic Precession)

회전하고 있는 프로펠러 역시 자이로스코프(Gyroscope)의 일종이므로 이 현상이 [그림 18]과 같이 적용된다. 특히 꼬리바퀴(Tail Wheel)를 가지고 있는 항공기인 경우 이륙할 때 꼬리가 위로 올라갈 때 이 현상이 발생한다.



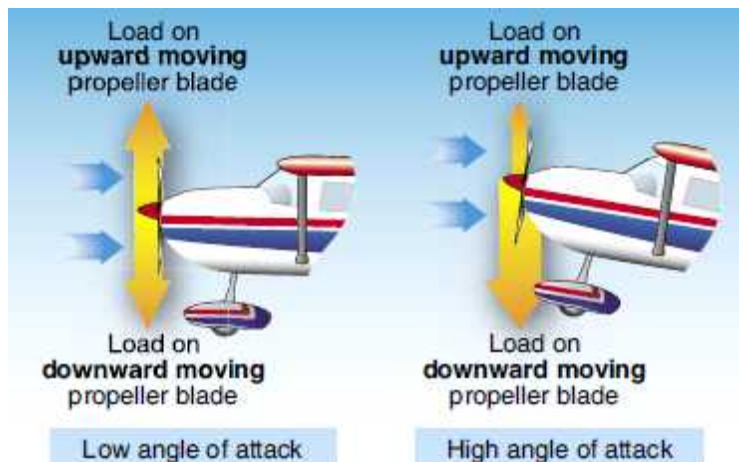
[그림 18] 꼬리날개 올림과 선행성(Gyroscopic Precession)

이런 상황은 마치 회전중인 프로펠러의 상단을 뒤에서 앞으로 미는 힘으로 생각할 수 있으며 결과적으로 90도 회전한 지점에서 앞으로 미는 힘이 적용되므로 프로펠러가 반시계방향으로 회전하는 항공기는 우측으로 빗돌이

(yawing)를 하게 되고 프로펠러가 시계방향으로 회전하는 항공기는 좌측으로 빗놀이(yawing)하게 된다.

## 2.4 비대칭 하중(Asymmetric Loading P-factor)

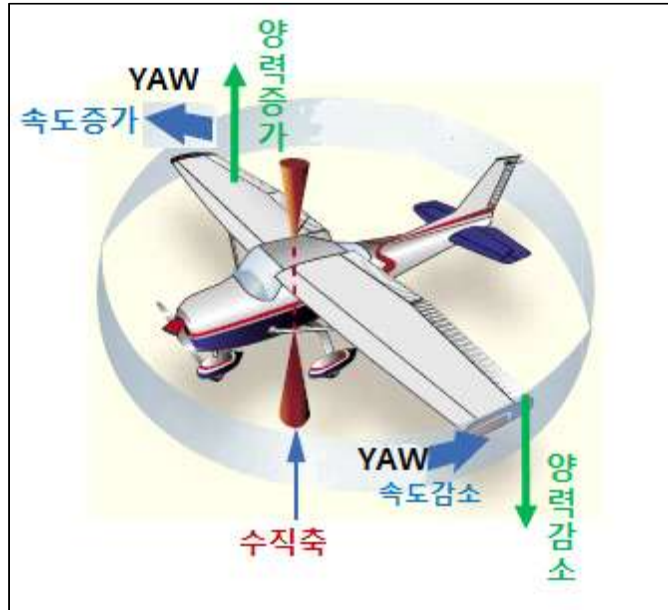
항공기가 높은 받음각(AOA)으로 비행중일 때 아래로 내려가는 프로펠러 블레이드는 위로 올라오는 프로펠러 블레이드보다 더 빠른 속도로 공기와 부딪히게 된다. 따라서 조종석에서 바라본 프로펠러의 우측이 좌측보다 더 많은 추력(Thrust)을 발생하게 되어 항공기는 [그림 19]와 같이 수직축을 중심으로 좌측으로 빗놀이(yawing)를 하게 된다.



[그림 19 ] 비대칭 하중(P-factor)

## 2.5 빗놀이(yawing)에 의한 옆놀이(rolling)

고정익항공기가 수직축을 중심으로 빗놀이(yawing)를 하면 좌우측날개의 속도에 차이가 발생하여 빗놀이(yawing)하는 방향으로 종축을 중심으로 옆놀이(rolling) 현상이 발생한다. [그림 20]에서 좌측으로 빗놀이(yawing)를 하면 우측날개는 전진하게 되어 상대풍 속도가 증가하게 되고 좌측 날개는 후퇴하여 상대풍 속도가 감소하게 된다. 속도의 증가는 양력을 증가시키며 이 좌우측의 양력의 차로 인하여 항공기는 좌측으로 경사가 들어가게 된다.



[그림 20] 좌측 Yaw에 의한 Roll