

비행기 꼬리 지상접촉사례 및 안전확보방안에 대한 고찰



신 대 원
한서대학교 항공학부 교수
dwshin@hanseo.ac.kr

1. 서론

운송용 비행기는 고공으로 비행하기 때문에 여객 및 승무원의 안전확보를 위하여 여압장치가 필수적이다. 항공기 제작 및 인증에 관련되는 항공기기술기준에서는 객실 여압고도가 2,400m(8,000ft) 이하로 되도록 설비하게 되어 있다.

여압되는 비행기의 동체는 하나의 압력통으로 볼 수 있으며, 압력변화 측면에서 비행은 이륙단계의 기수자세변화로부터 시작하여 항로비행을 마친 후 활주로 착륙접지 시까지라고 말할 수 있다.

비행기는 구조적으로 이륙부양 중 또는 착륙접지 중 꼬리부분이 지면과 가까워지므로 높은 기수자세변화는 준사고에 포함되는 꼬리꺾힘을 발생시키게 되며, 과도한 충격이 있을 경우에는 사고로 이어질 수 있다. 또한 이 경우 여압비행기는 구조적으로 동체하부 후면의 객실여압장치



〈그림 1〉 이륙 부양 중 꼬리 지상접촉

에 손상을 줄 수 있어 안전운항을 저해할 요소가 있다.

지난 2000년 이후 우리나라 정기운송용 항공기의 사고는 한건도 일어나지 않았다. 동기간 지난 10년간 우리나라 항공안전자율보고에는 1700 여건의 사례가 보고되었으며, 그 중 1%미만인 13건의 꼬리 지상접촉 사례가 보고되었고, 7건의 여압장치고장으로 인한 사례가 있었다. 여압장치고장 사례 중에는 비행기 꼬리 지상접촉과 관계되는 사례는 없었다. 여기에서는 비행기 꼬리 지상접촉보고 사례 및 안전확보방안 등에 대하여 알아보도록 한다.

2. 여압객실

비행기의 여압장치는 고고도를 운송하는 비행기의 승객을 보호할 수 있는 매우 중요한 장치이다. 비행기의 객실 구조는 출입문을 닫을 경우 커다란 압력통으로 구성되어 있다고 볼 수 있다. 비행기의 객실은 여압장치를 통하여 승객에게 필요한 압력을 유지하게 하며, 공기를 유입/배출 시킨다. 따라서 여압장치에 이상이 발생되었을 경우에는 승객의 건강을 급속도로 악화시킬 수 있으며, 또한 폭파와 같은 커다란 재앙으로 우리에게 다가올 수 있어 매우 신중을 기하여야 한다.

항공생리학적인 관점에서 고도가 높아질수록 호흡에 필요한 산소분압이 감소되고 기압은 떨어지기 마련인데, 일반적으로 사람이 산소장구 없이 정상기능을 할 수 있는 고도는 3,000m(10,000ft), 장시간에 걸쳐서 적응할 수 있는 한계고도는 5,500m(18,000ft)정도이다. 20,000ft 이상이 되면 산소부족으로 인한 의식상실이 발생되므로, 운송용 비행기의 여압실 및 비행 중 승객이 이용하는 부분은 정상운용상태의 비행기 최대운용고도에서 객실여압고도가 2,400m(8,000ft) 이하가 되도록 설비하게 되어있고, 7,600m(25,000ft) 이상의 고도에서의 운용되는 비행기는 여압계통이 고장 또는 기능불량이 일어난 경우에도 4,500m(15,000ft) 이하의 객실여압고도를 유지할 수 있게 되어있다.

여압장치고장관련 항공안전자율보고에 접수되었던 7건의 사례에서는 직접적인 꼬리 지상접촉 없었으므로 여기에서는 다루지 않았다.

3. 꼬리 지상접촉(Tail Strike)

Tail Strike는 항공기가 이륙 또는 착륙 할 때 과도한 기수들림 자세로 인하여 비행기 동체꼬리 부분이 지면과 충돌하는 것을 말한다. 기수들림 자세는 비행기의 기종, 이·착륙중량 및 속도 등에 따라 다르며, 기종별로 운용한

계에 명시되어 있다. 이·착륙중의 기수들림자세 운용범위는 착륙장치의 Strut Extension의 길이나 동체의 길이에 따라 차이가 있다. 일반적으로 운송용 비행기의 착륙접지 중 기수들림 자세 운용범위는 8°를 초과하지 않으며, 이륙부양시의 경우 B737계열 항공기의 Tail Strike를 유발할 수 있는 기수들림 자세는 B737-600의 경우 16.2° 이상, B737-700의 경우 14.7° 이상, B737-800의 경우 11.0° 이상, B737-900의 경우 10.0° 이상이다.

운송용비행기에는 Tail Strake가 발생할 경우 조종사에게 알려주는 경보장치로 Tail Skid Warning Light가 있어 이륙 또는 착륙 중 Tail Strake가 발생할 경우 경고등이 켜지게 되어있다. Tail Strake를 감지하는 Tail Skid는 감지에 한계가 있으므로 기종별로 어느 기준치 이하일 경우에는 Warning Light가 작동되지 않는다. 또한 경미한 Tail Strike의 경우에는 어떠한 상황에서 발생되었는지 조종사가 전혀 느끼지 못하는 어려운 부분이 있어, 조종사는 비행 전과 비행 후 비행기 외부점검을 통하여 확인하게 되어 있으며, 항공사에서는 당해 비행기의 비행기록장치인 QAR(Quick Access Recorder)장비를 활용하여 정확한 분석을 진행한다.

비행기에 탑승자 및 화물 분포가 비행기 무게중심 뒤쪽에 치우칠 경우 Tail Strike 발생 가능성이 커지게 된다.



〈그림 2〉 Tail Strike 후 동체 손상

4. Tail Strike 사례분석

4.1 착륙접지 중 사례

사례㉓ ; ① 조종사는 관제사로부터 허가를 받아 00공항 RWY 36L(36번 왼쪽 활주로)에 ILS(계기착륙시스템)착륙접근 수행하였다.

② ILS 접근도중 별다른 이상이 없었으나, 최종지점에서 돌풍현상으로 조종사는 출력을 자주 증감하였으나 이상 없이 속도와 고도를 맞추었다.

③ 그러나 활주로 접지 도중, 주착륙장치가 활주로에 접촉하면서 비행기가 다시 떠 올랐다.

④ 조종사는 불안정한 착륙이 예상되어 재이륙(복행)을 시도하였다.

⑤ 조종사는 재이륙 시도 중 외부로부터 “쿵”하는 비정상적인 소리를 들었다.

⑥ 조종사는 재이륙하여 다시 기존의 착륙절차를 수행하여 정상적으로 착륙하였다.

⑦ 조종사는 비행 후 실시하는 외부 점검을 통하여 동체꼬리부분 굽힘 흔적을 발견하였다.

사례㉔ ; ① 계기착륙시스템에 의존하여 활주로에 착륙 중 고도 10ft에서 접지를 위한 마지막 당김 시기가 늦어서 비행기는 살짝 부양된 후 약간 높은 자세로 다시 활주로에 접지 되었다.

② 접지 시 별다른 충격은 없었고 EICAS(Engine Indication and Crew Alert System) Message도 시현되지 않았다.

③ 비행 후 비행기 외부 점검에서 Tail Skid의 Marking Paint가 벗겨진 것을 발견하였다.

사례㉕ ; ① 비행기가 xx공항에 착륙 중 Main 착륙장치가 접지 후 항공기가 다시 급격히 부양하는 것을 느끼고 Bouncing으로 판단하여 조종사는 복행을 결심하였다.

② 조종사는 엔진출력을 증가시키고 비행기 기수를 이

륙자세로 유지하면서 복행 조작을 실시하였으나, 조종사는 엔진출력 증가가 다소 느리다는 느낌을 받았다.

③ 이후 엔진출력이 증가되어 비행기 기수들림각을 증가시키면서 복행이 진행되었다.

④ 관제탑으로부터 Tail Skid가 의심된다는 조언을 받고 비행중 항공기 시스템을 점검한 결과, 이상이 없었다.

⑤ 관제사의 유도에 의하여 비행기는 활주로에 정상착륙 하였다.

⑥ 계류장에 비행기를 계류 시킨 후 비행기 외부 점검을 통하여 Tail Strike 흔적 발견을 발견하였다.

상기 사례 ㉓ ㉔ 및 ㉕에서 나타난 것과 같이 착륙 활주로 최종단계에서의 돌풍 등의 강한 가변풍이 상존하고 있을 경우 안전착륙을 위한 항공기의 적정 속도 유지 및 착륙자세는 매우 중요하다. 사례 ㉓ 및 ㉕에서 착륙장치가 접지 후 항공기가 다시 급격히 부양하는 경우는 갑작스런 비정상 자세 돌입으로 사고로 연계될 수 있는 상황으로 이에 대한 대처 방안으로 조종사는 복행을 결심하여 재착륙을 시도하여 정상 착륙하였다. 또한 사례 ㉕와 같이 관제탑으로부터의 조연도 항공안전 확보를 위한 중요한 요소이다.

사례㉖ ; ① 착륙을 위하여 활주로로 접근하면서 고도 20ft까지 활주로 정대 등 모든 사항이 정상이었으나, 이후 침하량이 많아지면서 접지 충격이 평소보다 많았다.

② 착륙 접지 후 비행기 기수가 높아지면서 조종사는 Tail Skid 충격을 느꼈다.

③ 이후 착륙활주 중 조종사는 옆에서 출발 대기중인 항공기로부터 Tail Strike를 했다는 정보를 받고 관제탑 및 항공사에 사실 통보하였다.

④ 조종사는 비행 후 점검결과 Tail Skid가 0.5mm각인 것으로 확인하였다(허용한계치는 15mm로 안전에는 이상 없음).



(그림 3) Tail Skid 형상

- ⑤ 항공사측의 비행자료 분석결과 착륙접지시 기수들림 각은 정상기수들림각 7.5° 보다 높은 8.2° 로 나타났으며, 착륙접지시 수직가속도는 1.67G로 한계치 2G 이하 이었고, 착륙접지 후 최대 기수들림각이 12.1° (한계치 11.4° ~ 12.7°, 착륙장치 Strut Compressed or not에 따라 다름)이었다.
- ⑥ 비행자료 분석결과 Tail Strike는 착륙접지 순간에는 영향이 없었으며, 착륙접지 후 기수들림각 증가에 따라 0.5mm 두께의 Tail Skid가 발생한 것으로 나타났다.



(그림 4) 사례 D의 Tail Strike 발생지점

- 사례㉑; ① 계기착륙시스템에 의존하여 활주로에 접근하는 도중 고도 100ft 부근에서 비행기의 침하율이 커지는 경향이 있어 잠시 엔진출력을 증가한 후 다시 출력을 줄여가며 착륙조작을 하던 중 Main 착륙장치가 활주로에 접지된 후 기수들림각이 과도하게 증가되는 것을 인지하고 막았으나 꼬리부근이 활주로와 접촉하여 Tail Skid 가 마모되었다.
- ② 비정상적으로 기수가 들리는 것을 예상하지 못하고 순간적으로, 활주로에 접지되는 순간 착륙장치 Gear Strut Extension이 일어나 기수들림을 막는

데 결정시기를 놓쳐 수정조작이 늦어졌다.

- 사례㉒; ① 부조종사가 착륙접근임무 하에 관제탑으로부터 착륙접근 인가를 허락 받아 접근하는 도중 활주로의 잔여거리에 비하여 비행기 고도가 조금 높았다.
- ② 이때 부조종사는 급한 마음에 비행기 자세 수정조작이 다소 과다하게 되었으며 1,000ft 이하의 고도에서 지속적으로 불안정한 상태가 계속 이어졌다. 비행기 자세에 대한 수정조작이 계속되면서 거의 착륙접지 단계에서 심한 침하량을 느껴 기장이 착륙조작에 가담하여 Hard Landing을 모면하였다.
- ③ 비행기는 착륙하여 주기장에 들어온 후 ACMS (Aircraft Condition Monitoring System) 의 Landing Report를 분석한 결과 기수들림각이 8.5° 된 것을 발견하였다.
- ④ 조종사는 비행 후 실시하는 외부 점검을 통하여 Tail Skid Shoe 부분이 Skid 되었음을 확인하였다.
- 사례㉓; ① 조종사 교육 중 OO공항 활주로에 접근 시 Base turn 시기가 조금 빨리 이루어져 교관은 비행기가 불안정한 상태가 될 것으로 예상하여, 최종선회 시기와 강하율에 집중하며 선회를 지시하였다.
- ② 교육조종사는 Auto pilot Disengage를 복창하고, Auto Throttle은 풀고, Auto Pilot Switch를 풀지 않고 무리하게 조작하여 CWS Mode(Manual Mode와 같은 조종압력으로 조종이 되는 Mode입)가 되었다. 시계비행 접근조건을 맞추기 위해 활주로와 VASI Light에 집중하게 되었고, 착륙 중 교관은 접지시 강하율이 깊은 것을 느껴 엔진추력을 증가시키면서 착륙자세 조작을 할 때, 기수들림각이 많이 들려 꼬리부분이 활주로와 부딪히는 충격을 느꼈다.
- ③ 비행 후 비행기 외부 점검 및 비행자료 분석을 통하여 기수들림각이 9.3° 까지 들린 것으로 나타났으며, 비행기 꼬리부근에는 Tail Shoe가 굽혀있음을 발견하였다.

위의 4가지 사례(㉔, ㉕, ㉖, ㉗)들에서 보여주듯이 활주로 정대 후 공항의 기상변화 및 조작 등은 침하량 변화의 원인이 되므로 주의를 하여야 하며, 착륙 중 비정상자세는 언제든지 발생 할 수 있다. 이러한 비정상 상황에 대비하고 안전한 착륙을 위해 항상 복행할 준비를 하여야 할 것이며, 무리한 접지조작은 사고의 또 다른 원인이 될 수 있다는 점을 인식하여야 한다.

4.2 이륙 중 Tail skid

사례㉑ : ① 비행기가 활주로부터 이륙하기위하여 이륙 가속 중 Vr(Rotation Speed)속도에서 비행기의 부양이 원활하지 않았다.

② 이륙 후 비행기 조종석에 Tail Skid Light가 잠시 들어왔다가 나가는 것을 조종사가 확인하였다.

③ 비행기가 상승과정을 거쳐 순항단계로 안정된 후 조종사는 Tail Skid에 대한 절차와 원인을 검토하던 중 FMC(Flight Management Computer)에 무게 입력이 잘못되었음을 발견하고 즉시 수정하여 목적지 공항에 정상착륙 하였다.

④ 비행기를 주기장에 주기 시킨 후 조종사는 비행 후 외부점검을 실시한 결과 Tail Skid 패드부분이 활주로와의 접촉이 있었던 것을 발견하였다.

사례㉒ : ① 00공항에서 조종사는 이륙 당시 Tail Skid를 인지하지 못한 상태로 정상적인 비행을 하여 목적지공항에 착륙하여 항공기 외부점검 중, Tail Skid가 활주에 긁힌 자국을 발견하였다.

② 원인 규명을 위해 항공사는 비행자료기록장치인 QAR을 분석한 결과 00공항에서 조종사가 이륙에 필요한 충분한 속도를 얻지 못한 상태에서 비행기를 강제부양 시켜 비행기 꼬리에 Tail Skid 발생(Lift-off시 Pitch가 11.6도).

③ Tail Skid 발생 당일 항공사 승무 계통에서는 속도 선택에 대한 수정 공지가 있었으나, 조종사는 당일 오전 비행인 관계로 이를 확인하지 못하였다.

④ 기장의 이륙속도와 관련된 잘못된 정보로 인하여 V1(이륙결정속도), Vr(Rotation Speed), V2(안전이륙속도) 선택이 잘못되어 Tail Skid가 발생하였다.



〈그림 5〉 저속 강제부양에 의한 Tail Strike

이륙 부양 중 발생된 2건의 사례(㉑ 및 ㉒)에서, 비행기의 Tail Skid는 무게와 속도로 인하여 발생되었으며, 중요한 것은 조종사의 사소한 부주의로 인하여 이루어졌다는 점이다. 운항 전 운항관리사로부터 조종사에게 전달되는 Weight and Balance Sheet에 대한 자료를 기반으로 조종사는 비행기에 정확한 자료입력과 승무원간의 명확한 상호 대조 및 확인하는 절차의 중요성이 강조되는 사례들이다.

4.3 감지 어려운 Tail skid 사례

사례㉓ : ① xx공항에 비행기가 착륙하여 주기장에 도착하여 탑승정비사가 비행기 외부점검 중 Tail Skid 상황을 발견하여 기장에게 보고하였다.

② 조종사가 직접 비행기 외부 점검 결과 Tail Skid에 칠해져 있는 Paint(Red Color)가 벗겨진 흔적을 발견하였다.

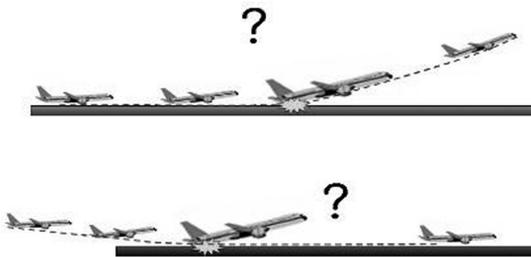
③ xx공항에 도착하기 위하여 00공항에서 출발하기 전, 비행기 외부 점검 시 폭우가 내리고 있어 조종사가 우산을 쓰고 외부 점검하였으며, 조종사의 보고 내용에서는 자신이 평소에는 Tail Skid부분을 자세히 확인하였으나 당일에는 폭우로 비를 피하기 위하여, 외부점검을 자세히 하지 못했다고 하였다.

④ 조종사는 00공항에서 비행기 이륙 중 이륙부양자세 변경이 약간 빠르다고 느꼈으며, 그동안의 경험으로 미루어 보아 비행기가 지면에 접촉하리라고는 생각하지도 못했으며, 목적지 xx공항 착륙시에는 부조종사가 착륙접근 업무를 수행하여 정상적으로 부드럽

게 착륙하였으므로 Tail Skid가 출발공항 이륙 시 발생된 것으로 조종사는 추정하였다.

사례㉔ : ① oo공항 계류장에서 조종사가 비행 전 점검 업무 중 비행기 동체 후미 표피에 긁힌 자국을 발견하여 비행기 기체점검관계로 결항 조치하였다.

② 탑승객은 후속 비행기편으로 분산하여 연계수송하고, 돌아오는 연결편 승객은 임시편을 투입하여 수송하였다.



〈그림 6〉 감지하기 어려운 Tail Strike

Tail Strike 발생 사례 중 사례 ① 및 ㉔ 경우처럼 발생 시점이 불분명하고, 필수적으로 수행해야 하는 운항절차의 하나인 비행 전·후의 점검에서 발견하지 못하는 등 이해하기 어려운 경우가 있을 수 있다.

이러한 경우에는 비행기록자료를 분석하게 되면 밝혀질 것이지만, 조종사나 항공사의 안전점검시스템에 문제가 있는 건 아닌지 의문시된다. 위의 2건의 사례(① 및 ㉔)로 미루어 보아 조종사가 Tail Strike를 몸으로 감지 한다는 것은 어려울 수도 있다.

비행 전·항공기 상태에 대한 점검은 임무 조종사와 정비사의 고유 업무에 해당되며, 운항절차에 따라 비행한다면 이러한 사례를 막을 수 있을 것이고, 또한 어느 단계에서 발생하였는지를 명확하게 판단할 수 있을 것이다. 철저한 비행 전·후의 검사 및 운항절차의 준수는 비행안전에 근간이 된다는 점은 아무리 강조해도 지나치지 않을 것이다.

5. Tail Strike에 대한 안전확보방안

소개된 비행기 꼬리 지상접촉사례들 중에서는 다행스럽게도 비행기의 구조적결함에 영향을 주어 객실여압장치에 손상을 일으킨 사례는 없었다. 사례분석을 통하여 우리는 조종사의 세심한 비행조작 및 운항절차준수에 의하여 Tail Strike는 예방될 수 있음을 보았다. 소개된 사례들에서 찾아 볼 수 있는 안전 확보 방안으로 다음과 같은 사항들을 들 수 있겠다.

- 조종사 및 정비사의 비행 전·후 항공기 상태의 철저한 점검
- 표준운항절차의 준수
- 착륙 직전 기상변화에 대비한 조종사의 마음가짐
- 착륙 중 비행기의 비정상자세 발생 시 복행가능성 대비
- 착륙 접지 중 비정상자세 발생 시 복행
- 조종사는 운항관리사로 부터 전달 받은 비행 전 Weight and Balance 재확인
- 임무 조종사는 항공기 무게에 따른 이륙 부양속도 재확인
- 운항승무원간의 명확한 상호 대조 및 확인
- Tail Strike 발견 시 공항 관제탑 및 인지 항공기의 조언
- 운항승무원의 Tail Skid 경고등 확인
- 비행기록장치를 통한 조종사의 비행특성분석을 바탕으로 개인별 적절한 교육필요

6. 결론

지난 10년간 항공안전자율보고제도에 Tail Strike 사례로 보고된 13건 중, 보고내용이 간략한 2건을 제외한 11건의 사례들에 대하여 소개 및 분석을 하여보았으며, Tail Strike를 예방 할 수 있는 안전확보 방안들을 살펴보았다. Tail Strike는 조종사의 세심한 임무수행에 의해 충분히

예방될 수 있음을 여기에서는 암시하고 있다.

본 연구에서 소개된 유사한 Tail Strike 사례가 발생하지 않길 바라며, 철저한 비행 전·후의 검사 및 운항절차의 준수로 지난 2000년 이후 우리나라 정기운송용 항공기의 무사고가 지속적으로 이어지길 바란다.

참고문헌

1. KAIRS, <http://www.airsafety.or.kr> 교통안전공단, 항공안전자율보고시스템
2. “중간지 점검 및 비행후 점검” 항공교통안전시리즈 19호, 교통안전공단
3. “정비작업장에서의 확인·점검 일반준칙과 요령” 항공교통안전시리즈 26호, 교통안전공단
4. “항공안전자율보고 사례분석집” 교통안전공단, 2009.4
5. A321&A330항공기의 착륙자세에 대한 조종사의 비행행위 분석, 한국항공운항학회지, 제12권, 제1호, 2004.7
6. A321&A330항공기의 부양자세에 대한 비행자료 분석, 한국항공운항학회지, 제11권, 제1호, 2003.7