

2월과 3월의 난류분포에 대한 연구

The study of the distribution of turbulence in Fev. & Mar.

신대원(한국항공우주연구원)*

1. 서 론

항공기가 비행 중 난류와 조우되어 발생하는 비행요란현상으로 인하여 승무원 및 승객들이 부상을 당하였다는 소식을 어렵지 않게 접할 수 있다. 이러한 비행요란은 크기가 약한 경우에는 승객들의 비행기분을 상하게 하는 정도이지만, 매우 강할 경우에는 1953년 2월 14일 Tampa 공항을 이륙하여 멕시코만을 경유 New Orlando 공항을 향하던 DC-6항공기 사고처럼 항공기 기체의 일부가 분리되어 추락으로까지 이어지는 경우가 발생되기도 한다. 항공선진국들은 항공기에서 기록되는 비행자료기록을 이용하여 항공기의 건전성, 조종사의 비행형태, 안전운항을 저해하는 요소 등을 찾아내어 사고를 미연에 방지하는 활동을 추진하고 있으며, 또한 항공기 크기별, 계절별, 고도별, 지역별로 장기간 지속적으로 난류에 대하여는 세밀하게 분석하고 있다. 우리나라의 경우 체계적인 난류에 대한 실질적인 관측 자료가 거의 없는 실정이며, 단지 참고가 될 수 있는 조종사보고(PIREP : Pilot Report)자료 조차 체계적으로 수집되고 있지 않는 상태이다. 본 논문에서는 운항안전을 저해하는 요소의 하나인 비행요란현상에 대하여 우리나라 상공을 비행한 항공기의 비행자료기록을 바탕으로 수평순항비행시 발생한 비행요란의 강도 및 지역에 대한 분석을 통하여 안전운항 및 우리나라 난류예측시스템구축을 위한 기초적인 자료로 활용하고자 한다.

2. 본 론

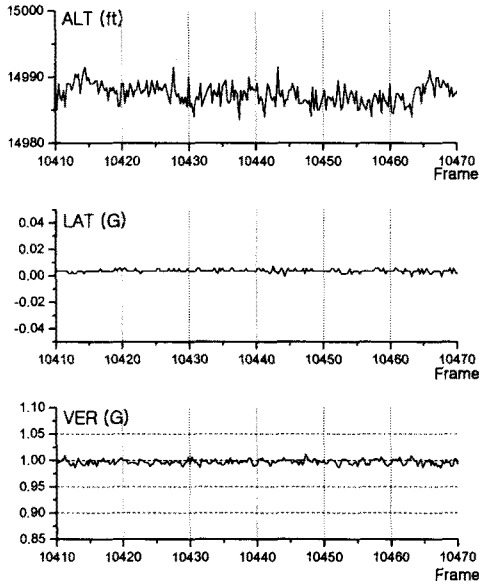
본 논문에서 발췌한 비행자료기록은 2월과 3월중 우리나라 상공을 비행한 120인승 크기의 항공기로 순항비행 중 발생한 비행요란 구간의 자료를 선택하였다. 2월에 비행한 항공기의 비행자료기록은 컴퓨터 메모리 칩(Solid State)의 원리를 이용한 SSFDR(Solid State Flight Data

Recorder)에 기록되어 있었으며, 3월에 비행한 동일한 항공기의 비행자료기록은 자기테이프 형식의 UFDR(Universal Flight Data Recorder)에 기록되어 있었다. 비행자료기록은 해독과정과 엔지니어링 자료로 변환하는 과정을 거친 결과 SSFDR에는 2월중 5일간 비행한 모두 35편의 비행자료가 기록되어있었으며, UFDR에는 3월중 3일간 비행한 12편의 비행자료가 기록되어 있었다. 해당 항공기의 비행자료기록에는 약 290여개의 parameter들이 있었으며, 이중 수평순항비행중의 비행요란 현상을 판단하는 데는 수직가속도, 횡가속도, 종가속도, 고도, 속도, 항공기 기수 방위, 선회각, 조종면의 움직임, pitch, 항공기 위/경도 좌표, 항공기가 측정된 풍향과 풍속, 시간 등의 parameter들을 활용하였다.

전체 47편의 비행자료에서 수평순항비행을 하였던 고도는 14,000ft에서 27,000ft사이이었다. 항공기가 측정된 고도에 따른 바람은 대부분 우리나라 2월과 3월에 나타나는 북서풍으로, 고도 16,000±2,000ft에서는 260-290도 풍속 30-80 노트이며, 고도 20,000±2,500ft에서는 260-290도 풍속 65-100노트이고, 고도 25,000±2,500ft에서는 270-290도 풍속 75-140노트이었다. 이들 바람의 방향과 크기는 매 비행마다 조금씩 다르게 나타났으며, 이러한 바람은 최소 14,000ft 이상에서는 적어도 30노트 이상의 바람이 항상 항공기에 영향을 미치고 있었고, 또한 항공기의 고도가 높아지면 높아질수록 항공기는 더 강한 풍속에 노출되는 것으로 나타났다.

그림1은 전체 47편의 비행 중 비행요란이 거의 없는 수평순항비행 상태에서 수직가속도의 변화는 ±0.02G 이내이며, 수평비행중의 고도변화는 ±10ft 이내이다. 그림1의 비행자료기록에 의한 당시 항공기의 기수방위는 151도 이었으며, 비행당시 항공기가 측정된 바람은 280±5도 이고, 풍속은 40±3노트로 기록되어 있어 항공기

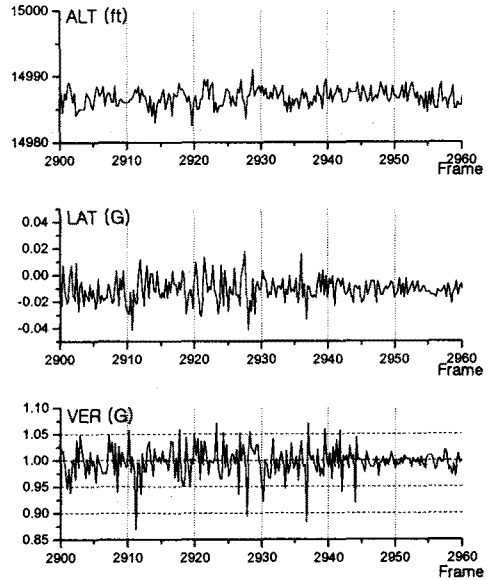
가 4시30분 방향의 우측후풍을 받고 있었던 상황이었음을 예측할 수 있다.



[그림 1] 수평순항비행 중 비행요란이 거의 없는 상태의 고도, 횡가속도, 수직가속도들의 변화

그림2는 수평순항비행 중 비행요란이 비교적 많은 상태로서 수직가속도의 변화는 $\pm 0.05G$ 를 초과하는 것을 볼 수 있으나, 비행중의 고도변화는 비행요란이 거의 없는 상태에서와 유사한 $\pm 10ft$ 이내를 유지하였다. 이때의 항공기의 기수 방위는 105° 이며 비행당시 바람은 $265 \pm 5^\circ 35 \pm 3$ 노트로 기록되어 있어 항공기가 5시30분 방향의 후풍을 받고 있었던 상황이었음을 예측할 수 있다.

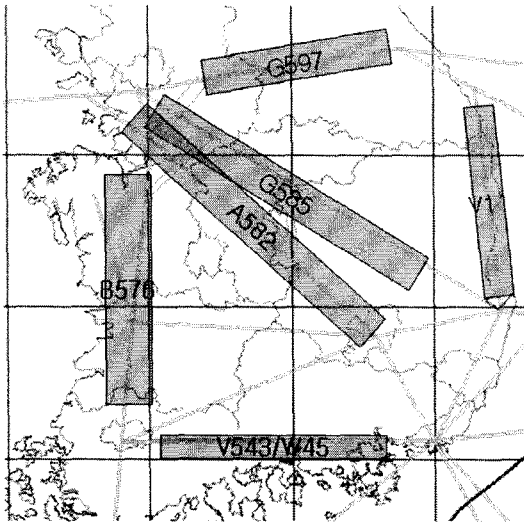
그림1과 그림2는 항공기가 동일한 고도 15,000ft로 비행하는 상태이며, 바람의 방향 및 항공기의 기수 방향이 조금 차이가 있을 뿐 항공기에서 측정한 풍속 면에서 커다란 차이점은 없었다. 그러나 그림1의 경우에는 거의 비행요란이 없는 매우 안정된 수평순항비행 상태를 나타내며, 그림2의 경우에는 적잖은 수직가속도 ($\pm 0.05G$ 이상) 및 횡가속도 ($\pm 0.03G$ 이상)의 변화를 볼 수 있다. 또한 그림1의 경우에는 항공기가 비교적 산지가 적은 경기도 상공을 비행하였을 때이며, 그림2의 경우에는 속리산부근의 산악지대인 것으로 보아 비행난류는 지상의 형상에 대한 영향을 받는 것으로 볼 수 있다.



[그림 2] 수평순항비행 중 비행요란이 있었던 상태의 고도, 횡가속도, 수직가속도들의 변화

모두 47편의 수평순항비행 중의 비행자료는 그림3에서 보는바와 같이 6개 항로(G597, G585, A582, B576, V11, V543/W45)의 일부분에 해당되며, 각 항로별로 2회 이상의 비행자료들이고, 고도는 14,000ft에서 27,000ft사이로 매우 다양하였다. 항로구간별 수평순항비행이 실시된 지역에서는 항공기 운항에 따라 항로 구간전체를 비행한 경우도 있으며, 또한 여러 일부구간들을 중첩 연결 하여 하나의 항로위에 표시하였다.

2월중에 비행한 35편의 비행자료 중 17편의 비행자료에서 수직가속도 변화가 $\pm 0.02G$ 이상인 것으로 나타났으며, 3월중에 비행한 12편의 비행자료에서는 6편이 수직가속도 변화가 $\pm 0.02G$ 이상이었다. 수직가속도 변화가 $\pm 0.02G$ 이하인 비행요란이 거의 없는 안정된 수평순항비행은 비행편수로 보아 50%를 상회하는 것으로 볼 수 있다.



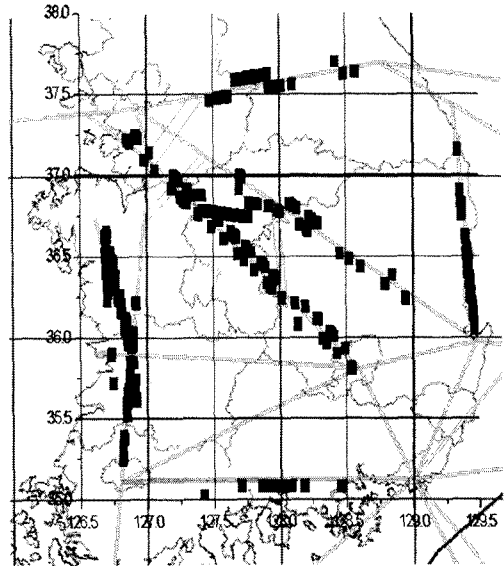
[그림3] 수평순항비행이 실시된 지역

분석자료 중 수평순항비행이 수행된 6개의 항로 상공을 비행한 비행자료들에서는 비록 동일한 고도, 동일한 지역은 아니지만 비행요란을 감지할 수 있는 수직가속도 변화 범위가 $\pm 0.02G$ 이상인 지역의 분포가 그림4와 같이 나타났다. 또한 다소 동요를 느낄 수 있는 수직가속도 변화 범위가 $\pm 0.05G$ 이상인 지역은 그림5와 같은 분포를 나타내었다.

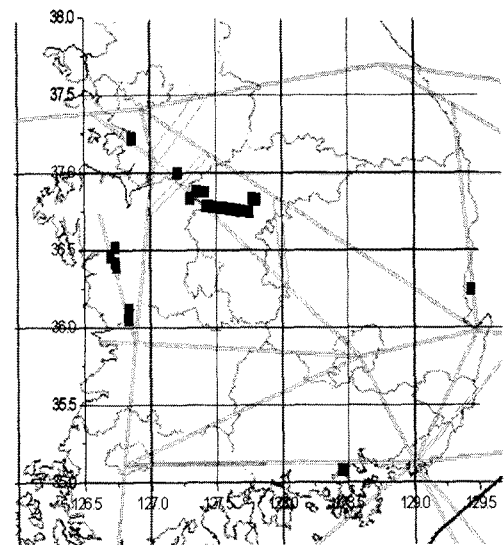
항로 G597의 경우 항공기의 비행고도는 $21,000 \pm 1,000ft$ 로 수평순항비행을 하였으며 이때 수직가속도 변화 범위가 $\pm 0.05G$ 이상인 지역은 나타나지 않았으며 일부 구간에서만 $\pm 0.02G$ 이상인 지역이 있었다.

항로 G585의 경우 고도 $22,000 \pm 2,000ft$ 사이에서는 수직가속도 변화 범위가 $\pm 0.05G$ 이상인 지역은 없었으며, 고도 $15,000 \pm 1,000ft$ 로 비행하였을 때 일부 충청북도 지역에서 수직가속도 변화 범위가 $\pm 0.05G$ 이상인 지역이 있었다.

항로 A582의 경우 고도 $22,000 \pm 2,000ft$ 사이에서는 수직가속도 변화 범위가 $\pm 0.05G$ 이상인 지역은 없었으며, 고도 $15,000ft$ 로 비행하였을 때 일부 충청북도와 경기도 지역에서 수직가속도 변화 범위가 $\pm 0.05G$ 이상인 지역이 있었다. 그러나 A582항로 전체적으로 고도에 관계없이 수직가속도 변화가 $\pm 0.02G$ 이상인 것으로 나타났다.



[그림4] 수평순항비행 중 수직가속도 변화가 $\pm 0.02G$ 이상인 지역의 분포



[그림5] 수평순항비행 중 수직가속도 변화가 $\pm 0.05G$ 이상인 지역의 분포

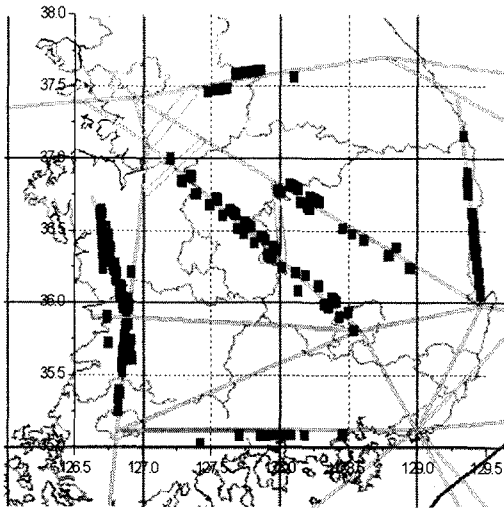
항로 B576의 경우 고도 $23,000 \pm 3,000ft$ 사이에서는 수직가속도 변화 범위가 $\pm 0.05G$ 이상인 지역은 없었으며, 고도 $16,000ft$ 로 비행하였을 때 일부 충청남도 지역에서 수직가속도 변화가 $\pm 0.05G$ 이상인 지역이 있었다. 그러나 대부분의

지역에서 고도에 관계없이 수직가속도 변화가 $\pm 0.02G$ 이상인 것으로 나타났다.

항로 V11의 경우 2회(고도 25,000ft, 26,000ft)의 비행에서 대부분의 지역이 수직가속도 변화가 $\pm 0.02G$ 이상인 지역이 있었다.

항로 V543/W45의 경우 2회(고도 20,000ft, 21,000ft)의 비행에서 부분적으로 수직가속도 변화가 $\pm 0.02G$ 이상인 지역이 있었다.

분석한 비행자료에서는 수직가속도 변화가 $\pm 0.15G$ 이상인 경우가 없었으며, 이 정도의 수직가속도 변화는 ICAO에서 제안한 난류강도등급 Light급(Light-1급 : 수직가속도 변화 $\pm 0.1G$, Light-2급 : 수직가속도 변화 $\pm 0.3G$)에 해당된다.



[그림6] 고도 20,000ft 이상에서의 수평 비행 중 수직가속도 변화가 $\pm 0.02G$ 이상인 지역의 분포

앞서 관찰한 6개의 항로(G597, G585, A582, B576, V11, V543/W45)에서 고도 20,000ft 이상의 고도에서 수평순항비행 중 수직가속도 변화 범위가 $\pm 0.05G$ 이상이 관찰된 지역은 2개 항로(V11, V543/W45)의 극히 일부 구간에서 발생하였으며, 6개 항로 전체적으로 보아 $\pm 0.02G$ 에서 $\pm 0.05G$ 이내의 수직가속도의 변화가 자주 발생하였다. 이는 우리나라 2월과 3월에 주로 발생하는 북서풍이 고도 20,000ft 이상에서 100노트 이상의 풍속으로 항공기 진행방향에 측풍으로 작용할 경우에는 대부분 편안하고 안정된 항공기운항에 영향을 주고 있는 것으로 판단된다.

이상에서 보았듯이 우리나라에서는 2월과 3월에 항공기의 안전운항을 저해할만한 $\pm 0.3G$ 이상이 되는 난류는 발생하지 않았으며, 고도 15,000ft 전후에서는 지형적 영향에 의한 난류가 발생하여 운항중인 항공기에 영향을 주는 것으로 판단된다.

3. 결 론

항공안전을 저해하는 난류는 항공기크기, 비행방향, 계절, 상층풍, 지형, 기상현상 등 매우 다양한 요소들의 복합적인 상관관계를 갖고 있다. 이러한 요소들에 관련되는 자료들 중 비행자료기록으로부터 추출 되는 자료들은 난류현상을 측정하는데 가장 정확하고 실질적인 자료들이다. 본 논문에서 제한적이거나 우리나라 2월과 3월중 비행한 항공기의 비행자료기록을 바탕으로 일부 항로에서 발생한 난류분포에 대한 분석을 하였으며, 이 자료는 우리나라 난류예측시스템 개발에 활용될 것이다. 항공안전 활동을 선진국 수준으로 향상시키고 있는 우리나라는 차후로 국내공역의 난류예측시스템을 구축하게 될 것이며 이 시스템이 정확한 정보를 제공하기 위해서는 실질적인 난류현상을 제공할 수 있는 비행자료기록에 대하여 보다 다양한 기종과 시간대에 대한 장기간의 지속적인 연구가 이루어져야 한다.

참고문헌

- (1) FDR 분석 및 안전성 평가기술개발, 한국항공우주연구원, 2001. 12. 31
- (2) 신대원 외2, "비행자료기록(FDR)을 통한 순항비행중의 항공기 비행요란 현상에 대한 연구", 한국항공운항학회지 제10권 제1호, 2002. 12, pp.21-34
- (3) KITFA에 의한 한반도 상공의 난류 예측 활용성 검증, 기상연구소, 2003.