

<解説>**A321 & A330항공기의 부양자세에 대한 비행자료 분석**

신대원*, 진영권*, 김일영*, 김철영**

The analysis of flight data of A321 & A330 aircraft with lift angle

D. W. Shin*, Y. K. Jin*, I. Y. Kim*, C. Y. Kim**

목 차

- I. 서 론
- II. A321 & A330항공기의 비행자료해독
- III. 비행자료 분석
- IV. 결 론

Abstract

This study is performed to secure the safety of civil aviation by establishing systematic analysis ability of Flight Data Recorder. Through this study, we analysed the flight data of A321 & A330 aircraft with lift angles and take-off actions of flight crew members.

Key Words : FDR, Take-off, Pitch, Human factor, A321, A330

* 한국항공우주연구원 품질인증센터

** 한국항공대학교 항공운항학과 교수

I. 서 론

항공선진국들은 항공안전사고를 줄이기 위하여 비행자료 분석을 바탕으로 항행안전기술 개발에 박차를 가하고 있다. 항공기사고 원인을 규명을 목적으로 항공기에 장착된 FDR(Flight Data Recorder)은 항공기 조작 및 상태 등의 Parameter들을 기록하고 있으므로 이를 통하여 항공기의 건전성, 조종사의 비행행위 및 공항여건 등의 분석에 활용할 수 있다.

본 연구는 우리나라의 FDR해독 및 분석기술을 발전시키고, 항공기 항행안전성과 신뢰성을 확보할 수 있는 방안으로 활용하고자 함이며, 이 논문에서는 A321 및 A330항공기의 비행자료기록장치에 기록된 비행자료를 바탕으로 객실여압장치에 결함을 초래할 수 있는 이륙부양 중 높은 부양자세와 조종승무원의 이륙 비행행위에 대하여 분석하였다.

II. A321 & A330항공기의 비행자료해독

본 연구에 사용된 A321 및 A330 항공기의 비행자료기록장치는 25시간 분량의 SSFDR(Solid State Flight Data Recorder)이었으며, 한국항공우주연구원 품질인증센터에서 보유한 MAGS(Maintenance and Analysis Ground Station)해독시스템을 활용하여 Readout하였다. A321 항공기의 SSFDR에 기록된 전체비행자료를 Readout하는데 8분이 소요되었으며, 128 Word를 사용하여 압축된 자료를 푸는 Conversion과정은 14분이 소요되었고 이때 얻어진 파일의 크기는 23.839 Megabytes 이었다. 또한 A330 항공기의 SSFDR에 기록된 전체비행자료를 Readout하는데 9분이 소요되었으며, 128 Word를 사용하여 압축된 자료를 푸는 Conversion과정은 15분이 소요되었고 이때 얻어진 파일의 크기는 23.250 Megabytes 이었다. 비행자료 Binary Data를 비행자료 분석용 Engineering Data로 변환하기 위하여 항공기 형식 및 장착장비에 따라 별도의 Interface 파일을 각각 완성하여 적용하였다.

A321 항공기의 SSFDR에는 22,891frame(25시간 26분 4초, 1 frame = 4초)동안에 이루어진 21편의 비행자료가 기록되어 있었으며, A330 항공기의 SSFDR에는 23,248 frame(25시간 49분 52초)동안에 이루어진 10편의 비행자료가 기록되어 있었다. 기록된 비행자료에는 엔진계통, 자세(와), 조종계통, 항법계통, 경고계통, 위치 및 시간정보 등을 1초, 2초, 4초 또는 64초마다 숫자와 문자로 기록하는 parameter들로 구분되며, A321항공기에는 모두 588종류 그리고 A330항공기에는 모두 742종류의 parameter들이 기록되어 있었다.

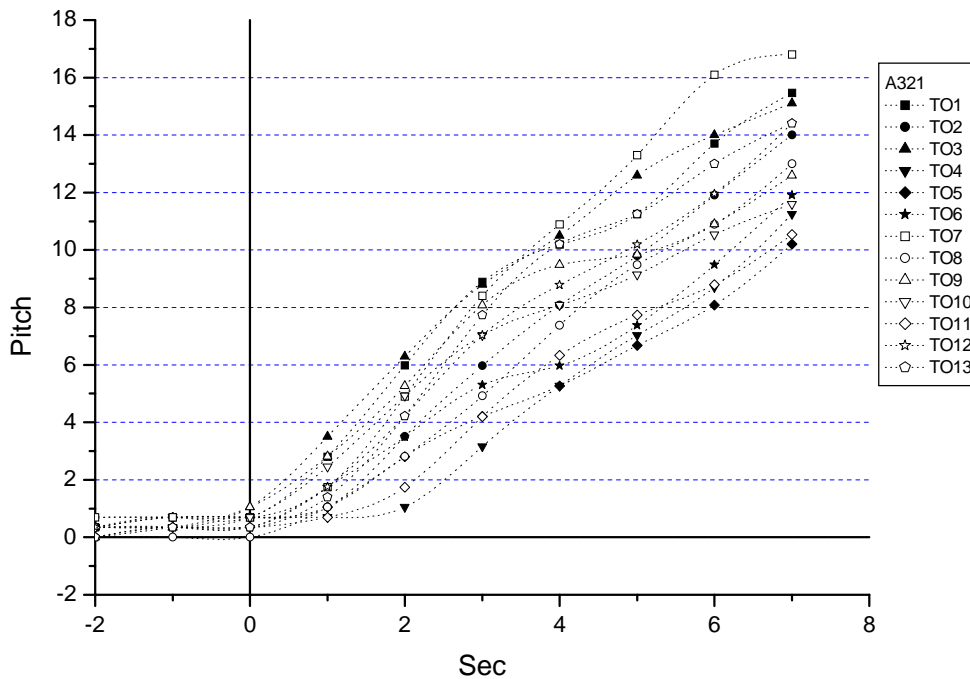
여기서 소개할 자료는 조종사의 Flight Log에 기록된 19편(A321항공기 13편, A330항공기 6편)의 비행자료 중 이륙공항이 다른 곳에서 기록한 각각의 비행에 대한 이륙 부양중의 비행자료이다.

Ⅲ. 비행자료 분석

이륙부양중의 높은 부양자세는 항공기 Tail 부분을 활주로에 접촉시킬 가능성을 증대 시켜 결국 Tail strike를 유발할 수 있으며, 이는 이륙 항공기의 객실여압장치에 손상을 줄 수 있다. 항행안전 관련 연구분야에서는 이륙중의 부양자세에 대한 변화를 다루는 경우 일반적으로 이륙항공기 고도 35ft 이하에서의 부양자세에 대하여 다루고 있으며, 이륙부양 중 부양자세 운용범위와 Tail strike를 일으킬 수 있는 범위는 항공기 형식마다 각기 다르게 적용된다.

1. A321항공기

<그림 1>에서는 4개조(2인1조) 각기 다른 7명(조종사 4명, 부조종사 3명)의 조종승무원에 의해 운항된 A321항공기 13편의 이륙비행 중 매초마다 기록된 항공기이륙자세 pitch 변화를 시간별로 나타내었다. 가로축에 표시된 Sec는 이륙 중 Nose Landing Gear가 활주로부터 부양되기 직전의 상태를 0으로 기준 하여 2초 전과 7초 후의 시간별 pitch 변화 추이이다.



<그림 1> A321항공기의 이륙중의 pitch(°)각 변화

<그림 1>과 <표 1>의 -2초에서 0초까지의 기간은 Landing Gear(L/G) 모두가 지상에 접지된 상태에서의 이륙활주기간중의 pitch와 Radio Altitude의 변화이며, 활주로의 상태에 따라서 고도는 -1에서 0ft사이 그리고 pitch는 0°에서 1.054°까지 변화가 있었다. 이는 각 활주로 표면상태, 조종사의 승강타 조종 및 항공기 L/G의 완충작용에 따라 Radio Altimeter가 변화됨을 의미한다.


<표 1> A321항공기의 이륙중 고도별 속도 및 pitch각

[Radio Altitude(ft)/IAS(knots)/Pitch(°)]

이륙횟수 (승무원조)	Sec									
	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
TO1 (C1)	0/ 133.3/ 0.351	0/ 137.6/ 0.703	-1/ 142.3/ 0.703	-1/ 145.8/ 2.812	-2/ 149.8/ 5.976	0/ 153.5/ 8.789	9/ 156.7/ 10.195	23/ 159.5/ 11.250	43/ 163.3/ 13.710	72/ 164/ 15.468
TO2 (F1)	-1/ 135.7/ 0.703	0/ 140.1/ 0.703	-1/ 147.6/ 0.703	0/ 151.5/ 1.054	-2/ 152.2/ 3.515	-2/ 154.2/ 5.976	3/ 160.2/ 8.085	15/ 164.5/ 9.843	38/ 165.5/ 11.953	70/ 169.6/ 14.062
TO3 (F1)	-1/ 142.5/ 0.351	0/ 146.3/ 0.351	-1/ 149.1/ 1.054	-1/ 150.5/ 3.515	-3/ 155/ 6.328	0/ 161/ 8.789	11/ 160.8/ 10.546	27/ 163.6/ 12.656	53/ 165.5/ 14.062	89/ 168.6/ 15.117
TO4 (F1)	-1/ 138.1/ 0.351	1/ 143.2/ 0.703	-1/ 147.7/ 0.703	0/ 152.8/ 0.703	-1/ 157/ 1.054	-1/ 161.2/ 3.164	-1/ 165/ 5.273	5/ 166.7/ 7.0312	17/ 171.5/ 8.789	35/ 173.8/ 11.2
TO5 (C2)	-1/ 149.8/ 0.351	0/ 153.1/ 0.703	-1/ 158.3/ 0.703	0/ 160/ 1.054	-1/ 163/ 2.812	0/ 167.2/ 4.218	1/ 168.3/ 5.273	7/ 170.7/ 6.679	18/ 174.6/ 8.085	36/ 179/ 10.195
TO6 (C2)	0/ 126.3/ 0	0/ 131.6/ 0.351	0/ 136.2/ 0.351	-1/ 140.7/ 1.757	-2/ 145.5/ 3.515	-1/ 149.6/ 5.273	4/ 154.3/ 5.976	14/ 158.6/ 7.382	29/ 162.1/ 9.492	55/ 164.7/ 11.953
TO7 (F2)	-1/ 141.3/ 0.703	0/ 145.3/ 0.703	-1/ 149.2/ 0.703	0/ 153.3/ 1.757	-2/ 155/ 4.921	-2/ 156.3/ 8.437	5/ 160.1/ 10.898	20/ 161.3/ 13.359	48/ 164.6/ 16.171	84/ 165.1/ 16.875
TO8 (F2)	0/ 128.1/ 0	1/ 133.2/ 0	0/ 138.3/ 0	0/ 143.1/ 1.054	-1/ 146.7/ 2.812	-2/ 150.1/ 4.921	-1/ 152.8/ 7.382	6/ 156.1/ 9.492	19/ 159.2/ 10.898	42/ 161.3/ 13.007
TO9 (C3)	0/ 129.3/ 0	-1/ 134.6/ 0.351	0/ 137.7/ 1.054	-2/ 141/ 2.812	-2/ 145.3/ 5.273	-2/ 151.2/ 8.085	4/ 154/ 9.492	16/ 157.1/ 9.843	31/ 159.2/ 10.898	53/ 161.6/ 12.656
TO10 (C3)	-1/ 132.3/ 0.351	-1/ 133.6/ 0.351	-1/ 141.1/ 0.703	-1/ 148/ 2.461	-2/ 151/ 4.921	-1/ 153.5/ 7.031	4/ 153.5/ 8.085	13/ 158.6/ 9.141	27/ 160.5/ 10.546	46/ 162.7/ 11.601
TO11 (C3)	0/ 131.8/ 0.351	-1/ 137.3/ 0.351	0/ 142.5/ 0.351	-1/ 149.7/ 0.703	-1/ 152.8/ 1.757	-2/ 153.8/ 4.218	-2/ 157.5/ 6.328	4/ 162.1/ 7.734	14/ 165.5/ 8.789	30/ 167.7/ 10.546
TO12 (C4)	0/ 132.2/ 0.351	-1/ 139.8/ 0.351	0/ 145.75/ 0.351	-1/ 146.6/ 1.757	-1/ 152/ 4.218	-2/ 152.3/ 7.031	1/ 157.8/ 8.789	13/ 163.1/ 10.195	30/ 163.7/ 11.953	56/ 164.8/ 14.414
TO13 (F4)	-1/ 134.7/ 0	1/ 140.8/ 0.351	-1/ 144.7/ 0.351	0/ 146.8/ 1.406	-2/ 149.5/ 4.218	-2/ 152.7/ 7.734	3/ 158.1/ 10.195	17/ 161.2/ 11.25	34/ 165.5/ 13.007	68/ 166.8/ 14.414

<표 1>의 ■ 부분은 Nose L/G가 부양된 상태에서 Main L/G만으로 이륙할수증이며 A321항공기의 경우에는 Nose L/G가 부양된 후 2~3초 사이에 항공기가 부양되는 것으로 나타났다.

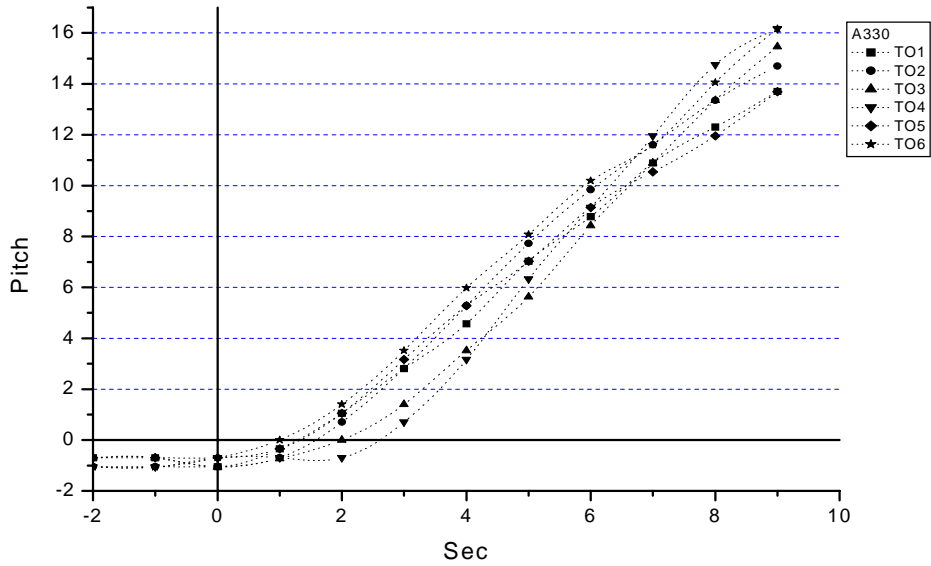
Main L/G가 부양되기 2~3초 전에는 대체적으로 항공기의 고도가 Nose L/G가 부양되기 전보다 1~2ft 더 낮아지는 것으로 나타났으며, pitch각도 급격하게 변화되었다. Main L/G가 부양되기 전 고도가 낮게 나타나는 것은 A321항공기 Radio Altimeter 안테나의 위치가 항공기 주익 뒤 동체 아랫부분에 위치하기 때문이며, 또한 Nose L/G가 부양되기 직전의 전·후 고도변화 및 pitch 변화로 보아 항공기 승강타에 의한 효과 및 하중이 일시적으로 Main L/G에 집중적으로 작용되고 있다고 판단된다.

<표 1>의 TO4 및 TO5의 부분에서는 IAS(Indicated Airspeed ; knots)속도가 다른 TO(4와 5제외)보다 많은 것으로 나타났으며, 완만한 pitch각 변화로 항공기가 부양되었다. <표 1>에서 Main L/G가 부양되기 직전의 pitch각은 3.16°(TO4)~8.43°(TO7)로 많은 차이가 있으며, 5°이하인 경우가 6회, 5°이상인 경우가 7회로 확인되었다. 또한 Main L/G가 부양되기 직전의 pitch각이 8°이상인 경우도 2차례(TO7, TO9)있었으며, TO7의 경우 높은 pitch 각이 지속되어 고도 20ft에서 13.35°나 되었으나, TO9의 경우 부양 시 높은 pitch 각이었음에도 불구하고 31ft에서 10.89°로 TO7보다 다소 낮은 각을 유지하였다. TO13의 경우도 Main L/G가 부양되기 직전의 pitch각은 8°보다 적은 7.73°이었으나, pitch 각은 계속 증가되어 고도 24ft에서 13.007°나 되었다.

2. A330항공기

<그림 2>는 3개조(2인1조) 각기 다른 4명(조종사 3명, 부조종사 1명)의 조종승무원에 의해 운항된 A330항공기 6편의 이륙비행 중 매초마다 기록된 항공기이륙자세 pitch 변화를 시간별로 나타내었다. 가로축에 표시된 Sec는 이륙 중 Nose Landing Gear가 활주로로부터 부양되기 직전의 상태를 0으로 기준 하여 2초 전과 9초 후의 시간별 pitch 변화 추이이다. 0에서 6초까지의 고도 13ft이하에서 3조의 조종승무원에 의해 기록된 각각의 이륙비행마다 pitch각 변화가 일치하지 않음을 볼 수 있으나, 4편(TO1, TO2, TO5, TO6)과 2편(TO3, TO4)의 유사한 pitch각 변화를 볼 수 있다. 4편(TO1, TO2, TO5, TO6)의 유사한 이륙형태에서는 Main L/G가 부양되기 직전의 pitch각은 평균적으로 $5.27^{\circ} \pm 0.7^{\circ}$ 이지만, 4편과 다른 유사한 유형으로 보이는 2편(TO3, TO4)의 이륙 형태는 Main L/G가 부양되기 직전의 pitch각은 TO3가 3.52° 이며 TO4가 6.33° 으로 다소 큰 차이를 보이고 있으나 Nose Landing Gear가 활주로로부터 부양되기 직전의 상태를 0으로 기준 하여 보면 시간에 따른 유사한 pitch각을 보이고 있다.


표 2의 Main L/G가 부양되기 전(-2, -1, 0 Sec) 고도의 변화는 거의 없었으며, pitch각도 -1.05° 에서 -0.7° 사이를 유지된 것으로 나타났으나, Main L/G가 부양되기 직전의 IAS속도는 139~164 knots로 많은 차이를 보였다.



<그림 2> A330항공기의 이륙중의 pitch(°)각 변화

<표 2> A330항공기의 이륙중 고도별 pitch각

이륙횟수 (승무원조)	[Radio Altitude(ft)/IAS(knots)/Pitch(°)]												
	Sec	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
TO1 (F11)	0/ 143/ -0.70	0/ 148/ -0.70	0/ 151/ -1.05	0/ 154/ -0.35	-1/ 158/ 1.05	-2/ 159/ 2.81	-2/ 161 / 4.57	2/ 165/ 7.03	12/ 169/ 8.79	33/ 176/ 10.89	61/ 177/ 12.30	102/ 178/ 13.71	
TO2 (F11)	0/ 135/ -1.05	0/ 136/ -1.05	0/ 140/ -1.05	0/ 144/ -0.70	-1/ 147/ 0.70	-2/ 151/ 2.81	-2/ 155 / 5.27	1/ 157/ 7.73	13/ 162/ 9.84	30 / 163 / 11.60	56/ 165/ 13.36	90/ 169/ 14.76	
TO3 (C11)	0/ 141/ -0.70	0/ 145/ -0.70	0/ 149/ -1.05	0/ 153/ -0.70	-1/ 156/ 0	-1/ 156/ 1.406	-2/ 161 / 3.52	-1/ 164/ 5.63	6/ 165/ 8.43	20/ 167/ 10.89	46/ 168/ 13.36	80/ 170/ 15.47	
TO4 (C11)	0/ 134/ -1.05	0/ 138/ -1.05	0/ 139/ -0.70	0/ 144/ -0.70	0/ 147/ -0.70	-1/ 149/ 0.70	-2/ 152/ 3.16	-3/ 155 / 6.33	1/ 158 / 9.14	13 / 161 / 11.95	35 / 164 / 14.77	66/ 165/ 16.17	
TO5 (C12)	0/ 152/ -0.70	0/ 155/ -0.70	0/ 160/ -0.70	-1/ 166/ -0.35	-2/ 167/ 1.05	-3/ 167/ 3.16	-3/ 169 / 5.27	0/ 171/ 7.03	5/ 174/ 9.14	19/ 178/ 10.55	39/ 181/ 11.95	68/ 185/ 13.71	
TO6 (C13)	-1/ 157/ -1.05	0/ 160/ -1.05	-1/ 164/ -0.70	-1/ 165/ 0	-2/ 166/ 1.41	-3/ 168/ 3.52	-3/ 168 / 5.98	0/ 171/ 8.09	9/ 173/ 10.19	23 / 175 / 11.60	48/ 177/ 14.06	80/ 177/ 16.17	

<표 2>의  부분은 Nose L/G가 부양된 상태에서 Main L/G만으로 이륙할주중이며 A330항공기의 경우에는 Nose L/G가 부양된 후 4~5초 사이에 항공기가 부양되는 것으로 나타났다. Main L/G가 부양되기 4~5초 전에는 대체적으로 항공기의 고도가 Nose L/G가 부양되기 전보다 2~3ft 더 낮아지는 것으로 나타났으며, pitch각도 완만하게 변화되었다.

Main L/G가 부양되기 직전 이륙 부양각이 높은 TO4(6.33°)의 경우 pitch 각이 지속되어 고도 13ft에서 11.95°, 35ft에서 14.77°나 되었으나, 이륙 부양각이 가장 낮았던 TO3(3.52°)의 경우 고도 20ft에서 10.89°로 다소 낮은 pitch 각이 유지되었다. 표 2를 바탕으로 고도 35ft에서 가장 높은 pitch각을 보이는 TO4(14.77°)를 제외하고, A330항공기 이륙 중 35ft의 고도에서 pitch각은 평균적으로 $12\pm 1^\circ$ 인 것으로 나타났다.

3. A321 및 A330 항공기의 비행자료 비교

이 논문에서 주로 다룬 비행자료 parameter들은 A321 및 A330항공기 비행자료기록장치에 매 초마다 기록되는 Radio 고도, pitch, 시간, 속도 등이었으며, A330항공기의 비행자료기록장치에는 742종류의 Parameter를 사용하여 588종류의 Parameter를 사용하는 A321항공기 보다 다양한 종류의 비행자료 parameter들이 있었다. 이들은 기본적으로 엔진계통, 자세와 조종계통, 항법계통, 경고계통, 위치 및 시간정보 등의 parameter들을 갖추고 있으며 A330항공기가 A321항공기 보다 엔진과 조종계통 등에 부분적으로 추가적인 parameter들을 갖고 있었다.

여기서 소개한 자료는 A321 및 A330 항공기 비행자료기록장치에 기록된 전체 비행편수의 60%(A321 ; 13/21, A330 ; 6/10)정도이며, 이는 조종사가 Flight Log에 기록한 19편의 비행자료에 대한 것이다.

이륙할주 중 Nose L/G가 부양되기 전 3초간 항공기의 pitch상태는 A321항공기의 경우 $0^\circ\sim 1^\circ$ 인 반면, A330 항공기의 경우에는 $-0.7^\circ\sim -1^\circ$ 로 항공기 기수 상태가 상이하게 달랐다. Nose L/G 부양직후(표 1과 표 2의 Sec 1) A321 및 A330 항공기의 IAS속도는 평균적으로 150 ± 10 knots였으며, A330항공기의 경우 IAS속도가 165knots 이상인 사례도 2차례(표 2 ; TO5, TO6)있었다. 표 1과 2에서 Nose L/G 부양직후부터 Main L/G가 부양되기 직전까지 시간은 A321항공기의 경우 2~3초, A330 항공기의 경우 4~5초가 소요 되었으며, 또한 속도의 변화는 A321항공기의 경우 평균 5.5knots, A330 항공기의 경우 평균 7.2knots 증가되었다.

Main L/G가 부양되기 직전의 A321 항공기 pitch각은 $3.16^\circ\sim 8.43^\circ$ 이며, A330 항공기 pitch각은 $3.52^\circ\sim 6.33^\circ$ 으로, A330항공기 pitch각 분포 폭이 A321항공기 보다 적었다.

<표 3>은 이륙중인 항공기의 고도35ft에서 예상되는 pitch 각으로 A321항공기는 평균적으로 $11.85\pm 2.1^\circ$ 이며, A330항공기는 평균적으로 $12.4\pm 2.4^\circ$ 인 것으로 나타났으므로 A330항공기가 평균 대비하여 다소 좁은 폭의 분포로 보인다. 그러나, 각 1차례(A321 ; TO7, A330 ; TO4)씩 발생된 14° 이상인 경우를 제외하면 A321항공기는 평균 11.6° 에 편차가 $\pm 1.6^\circ$ 이며, A330항공기는 평균 12.9° 에 편차가 $\pm 1^\circ$ 인 것으로 나타나 A321항공기의 pitch각 분포 폭이 더 큰 것으로 나타났다.

<표 3> 고도35ft에서의 예상 pitch 각

A321				A330	
이륙횟수	pitch(°)	이륙횟수	pitch(°)	이륙횟수	pitch(°)
TO1 (C1)	12.73	TO8 (F2)	11.68	TO1 (F11)	10.99
TO2 (F1)	11.67	TO9 (C3)	11.21	TO2 (F11)	11.94
TO3 (F1)	13.09	TO10 (C3)	10.86	TO3 (C11)	12.31
TO4 (F1)	11.2	TO11 (C3)	11.09	TO4 (C11)	14.77
TO5 (C2)	10.08	TO12 (C4)	12.43	TO5 (C12)	11.67
TO6 (C2)	10.06	TO13 (F4)	13.05	TO6 (C13)	12.77
TO7 (F2)	14.86	-	-	-	-

4. 조종승무원별 비행자료 비교

우리는 <그림 1>과 <그림 2>, <표 1>과 <표 2>에서 11명의 조종승무원에 의해 운항된 19편의 이륙비행중 시간과 고도에 따른 부양각 분포의 폭이 큼을 보았다. 여기에서는 동일한 조종승무원에 의해 2회 이상 연속 이륙한 자료를 비교해 보기로 한다.

- ① <표 1>과 <표 3>의 부조종사 F1에 의해 3회(TO2, TO3, TO4) 이륙한 자료에서, Main L/G가 부양되기 직전 부조종사 F1의 pitch각은 3.164°(TO4)~6.328°(TO3)이며, 이륙 후 35ft에서의 예상 pitch각은 11.2°(TO4)~13.09°(TO3)로 비교적 안정된 분포를 보이고 있다.
- ② <표 1>과 <표 3>의 조종사 C2에 의해 2회(TO5, TO6) 이륙한 자료에서, Main L/G가 부양되기 직전 조종사 C2의 pitch각은 3.515°(TO6)~4.218°(TO5)이며, 이륙 후 35ft이하의 예상 pitch각은 10.06°(TO6)~10.08°(TO5)로 매우 안정된 결과를 보이고 있다.
- ③ <표 1>과 <표 3>의 부조종사 F2에 의해 2회(TO7, TO8) 이륙한 자료에서, 부조종사 F2의 Main L/G가 부양되기 직전 pitch각은 4.921°(TO8)~8.437°(TO7)이며, 이륙 후 35ft이하의 예상 pitch각은 11.68°(TO8)~14.86°(TO7)로 분포가 큰 것으로 나타났다.
- ④ <표 1>과 <표 3>의 조종사 C3에 의해 3회(TO9, TO10, TO11) 이륙한 자료에서, Main L/G가 부양되기 직전 조종사 C3의 pitch각은 4.218°(TO11)~8.085°(TO9)이며, 이륙 후 35ft이하에서의 예상 pitch각은 10.86°(TO10)~11.21°(TO9)로 분포가 큰 것으로 나타났다. 그러나 초기에 이륙한 TO9를 제외하면, Main L/G가 부양되기 직전 pitch각은 4.218°(TO11)~4.921°(TO10)이며, 이륙 후 35ft이하의 예상 pitch각은 10.86°(TO10)~11.09°(TO11)로 안정된 결과를 보이고 있다.

- ⑤ <표 2>와 <표 3>의 부조종사 F11에 의해 2회(TO1, TO2) 이륙한 자료에서, Main L/G가 부양되기 직전 부조종사 F11의 pitch각은 4.57° (TO1)~ 5.27° (TO2)이며, 이륙 후 35ft에서의 예상 pitch각은 10.99° (TO1)~ 11.94° (TO2)로 비교적 안정된 분포를 보이고 있다.
- ⑥ <표 2>와 <표 3>의 조종사 C11에 의해 2회(TO3, TO4) 이륙한 자료에서, Main L/G가 부양되기 직전 조종사 C11의 pitch각은 3.52° (TO3)~ 6.33° (TO4)이며, 이륙 후 35ft에서의 예상 pitch각은 10.89° (TO3)~ 14.77° (TO4)로 분포가 큰 것으로 나타났다.

조종사에 의해 2회 이상 연속 이륙한 자료(②④⑥)에서, 조종사 C2는 2회 연속 매우 안정된 결과를 보였다. 조종사 C3는 처음 1회(TO9)에서 Main L/G가 부양되기 직전의 높은 pitch각(8.085°)임에도 불구하고 고도 35ft에서의 예상 pitch각은 11.21° 로 안정된 상태를 유지하였고, 2회 및 3회에서는 안정된 조종을 하였고, 조종사 C11은 2회 연속 매우 다른 조종을 하였다. 부조종사에 의해 2회 이상 연속 이륙한 자료(①③⑤)에서, 부조종사 F1 및 부조종사 F11은 비교적 안정된 결과를 보인 반면, 부조종사 F2는 2회 연속 매우 다른 조종을 하였다.

동일한 조종승무원에 의해 2회 이상 연속 이륙한 위의 자료에서, 우리는 조종승무원 개인별 특성, 능력 및 상태에 따라 많은 차이가 있음을 확인하였으며, 이는 항행안전관련 연구 분야에서 인적요소가 그만큼 중요하다는 것을 인식하게 하였다.

IV. 결론

우리는 그동안 항공선진국가의 독점적 기술인 A321 및 A330 항공기의 SSFDR에 저장된 비행자료의 해독 및 분석을 성공적으로 수행하여, 본 연구를 통하여 항행안전기술의 핵심요소기술인 SSFDR 분석 기술을 확보하게 되었음을 입증하였으며, 항행안전 관련연구분야에서 이륙중의 부양자세 변화에 대하여 일반적으로 다루는 이륙 항공기 고도 35ft 이하에서의 부양각이 항공기 형식마다 상이함을 알 수 있었다. 앞에서 소개한 비행자료에서는 이륙부양중 항공기 뒷부분을 활주로와 접촉한 경우는 없었지만, 항행안전사고를 초래할 수 있는 이륙부양중의 높은 부양자세의 사례를 볼 수 있었으며, 조종승무원 개인별 특성, 능력 및 상태에 따라 많은 차이가 있음을 알 수 있었다. 따라서, 조종승무원에 대한 인적요소는 항공사고에 직접적으로 관련되는 핵심 사항으로 항공사고예방 및 항행안전기술개발 연구분야에서 집중적으로 다루어져야 할 필수부분이며, 세계 선진항공국가의 수준에 적합한 지속적인 연구가 필요하다.

참고문헌

- (1) AACO Inc., Operation of the Maintenance and Analysis Ground Station, Doc. No. GGA-0011-001, Seattle, WA., 1996. 12
- (2) ARINC 429, Mark 33 Digital Information Transfer System (DITS), 1995. 9
- (3) ARINC 542A, Digital Flight Data Recorder, 1988. 1
- (4) ARINC 573-7, Mark 2 Aircraft Integrated Data System (AIDS), 1974. 12
- (5) ARINC 717-10, Flight Data Acquisition and Recording System, 1998. 4
- (6) Airbus, A321 Digital Flight Data Recording System, 1997. 7
- (7) Airbus, A330 Digital Flight Data Recording System, 1997. 7
- (8) FDR 분석 및 안전성 평가기술개발, 한국항공우주연구원, 2001. 12. 31
- (9) Efforts to Implement Flight Operational Quality Assurance Programs, Aviation Safety, 1997. 12