

## Original Article

<https://doi.org/10.12985/ksaa.2018.26.3.040>

ISSN 1225-9705(print) ISSN 2466-1791(online)

## B747-8 Automatic Speedbrake Control System에 대한 해석적 연구

문봉섭\*, 남명관\*\*, 최연철\*\*\*

## Commentary Study on Automatic Speedbrake Control System of B747-8

Moon Bong Sup\*, Nam MyongKwan\*\*, Choi Youn Chul\*\*\*

## ABSTRACT

Reducing aircraft speed is the important task in the Rejected Takeoff and/or landing process. It is known that the effect of the Speedbrake is most important factor during the rejected takeoff maneuver in particular near V1 on the critical field length runway. The B747 designer created Automatic Speedbrake Control System to relieve pilot workload, improves brake operation and ensures proper Speedbrake operation for rejected take off. However, those who make the Rejected Takeoff procedure ignored the Automatic function and made it does all manual operations. This lets procedures difficult, complicated, and a cause of confusion and pilot error. This study was conducted to commentary the mechanism and function of the Automatic Speedbrake Control System of B747-8 and to propose appropriate B747-8 Rejected Take off procedures for its function to reduce the workload of pilots and contribute to reduce the possibility of pilot error during Rejected Takeoff.

**Key word** : 이륙단념(RTO; Rejected TakeOff), 스피드브레이크장치(SBC: Speedbrakes Control), 이륙단념절차(Rejected Takeoff procedure), V1(이륙결심속도)

## I. 서 론

비행 관련 용어 가운데 Rejected Take Off(RTO) 혹은 aborted takeoff는 항공기가 이륙을 중단하는 것을 의미하며 조종사의 입장에서 접하고 싶지 않은 매우 급박한 상황이다. 이러한 상태는 항공기 문제 혹은 주변 환경 등 여러 상황과 이유로 발생되며 엔진 고장, 화재, 잘못된 구성, 항공기의 조작 및 제어 문제, 또는 Windshear와 같이 불리한 기상조건, 엔진에 조류 흡입이나 충돌 등의 다

양한 조건에 의하여 항공기의 이륙에 문제가 발생되었을 것으로 의심이 가거나 실제적인 고장이 발생한 경우이다.

이러한 상황 하에서 조종사의 이륙중단 결심은 결론론적으로 이륙을 하는 것보다 이를 중단하는 것이 조종사를 포함한 승객과 항공기의 안전에 더 유리하다는 판단 하에 이루어진다.

RTO는 일반적으로 항공기의 속도가 계산된 V1(이륙결심속도)보다 낮은 경우에 수행할 수 있으며 수행결과로 항공기가 활주로의 범위 내에서 안전하게 정지할 수 있어야 한다. 결심속도보다 높은 속도에서 이륙이 취소되면 항공기가 활주로를 초과(overshoot)할 수 있으므로 항공기의 비행 능력을 의심할 만한 이유가 없는 경우 이를 시도해서는 안 되며, 심각한 고장이 발생하거나 V1 이상으로 판단되는 경우 항공기

Received : 07. Jul 2018. Revised : 02. Sep. 2018.

Accepted : 25. Sep. 2018

\* 대한항공 B747-8i 기장

\*\* 인하공업전문대학 항공기계과

\*\*\* 한서대학교 항공정보산업대학원

연락처 E-mail : pilot@hanseo.ac.kr

연락처 주소 : 충남 태안군 태안비행장 226호

의 비행능력이 의심스럽지 않은 경우 고장에도 불구하고 이륙을 계속해서 가능한 신속하게 다시 착륙을 시도해야 한다.

그러나 이와 같은 결심은 순간적으로 이루어지며 이러한 판단 이후 추력조절기와 브레이크 및 스피드 브레이크 조작이 요구되므로 RTO의 수행 결심과 함께 이와 연계된 조작을 적절하게 이행하는 것이 중요하다. 이를 위해서 수행절차에 대한 숙지는 물론 작용하는 항공기의 각 부분들에 대한 작동원리 및 역할에 대한 이해가 요구된다.

통상적으로 조종사의 역할과 관련된 비상절차나 조종교육은 기계적인 작동원리보다는 절차 수행에 중점을 두고 시행되었는데 이러한 형태는 정상시의 정상적인 상태에서의 통상적인 조작에 있어서는 타당하지만 짧은 시간에 조치가 이루어지는 비상상황의 경우는 조종장치의 작동원리와 각 부품들의 작동에 따른 결과가 조종성에 미치는 영향 등을 이해하는 것이 필수적으로 요구된다.

이륙단념과 관련된 조종사들이 대처와 관련하여 애로를 느끼는 점은 단시간에 결심을 하고 조치를 시행해야 하므로 결심과 조치의 시간이 절대적으로 부족하다는 점이다.

본 연구는 이와 같은 이륙단념의 조작단계에서 작동되는 비행 및 조종장치의 관계를 이해함으로써 이를 통하여 결심과 조치의 안전성을 도모하는 것이다. 이를 위하여 해당 장치의 작동원리를 도식하고 기계적인 작동원리에 중점을 두고 분석을 하였으며 다양한 기종 가운데 대형 모델인 보잉 747-8로 한정하여 분석하였다.

본 연구의 RTO와 관련된 장치의 이해와 함께 조종과 연계되는 내용은 실제 RTO 수행이나 조종사들이 FSTD(Flight Simulation Training Device) qualification을 위한 flight training 등에 있어서 긍정적인 영향을 미칠 것으로 사료된다.

## II. 본 론

### 2.1 이륙단념의 중요성

Aviation Safety Network의 Airline Accident Statistics 자료에 의하면 2016년에 325건의 사고

(airliner accidents Fatalities)가 발생하여 19명의 인명손상(fatal airliner accidents)이 있었으며 이륙단계에서 발생한 사고는 3건이었다.[1] 이륙은 비행의 시작으로 비행 중 가장 높은 자중(gross weight)으로 운용되며 급가속을 시작하는 시기이므로 엔진의 최대 동력을 발생시켜야 하므로 고장이 발생될 확률이 상대적으로 높으며 조종사에게는 높은 기량과 정신력을 요구하는 비행단계이다. 비행 중에는 여러 가지 상황이 발생되며 특히, 이륙단계에서 발생될 수 있는 비상상황 가운데 가장 심각한 것은 이륙단념(Rejected Takeoff: RTO)인데 운송용 제트항공기가 운영되기 시작한 1959년부터 2000년까지 총 94건의 이륙단념과 관련된 사고가 발생되었으며 이 가운데 대부분은 활주로 이탈사고로 이어졌는데, 미국교통안전위원회(NTSB)는 사고발생의 주된 원인이 이륙 또는 정지를 판단하고 결심하는 시간이 지연된 것에 기인한다고 분석하고 있다. [2]

### 2.2 이륙단념의 개념

이륙단념은 이륙활주 중에 타이어나 엔진고장을 포함한 사건(event)이 발생하여 활주로 상에서 항공기를 정지시키는 것을 말하며<sup>1)</sup>, 조종사들에게는 피할 수 없는 중대한 의사결정의 하나로 항공기의 엔진상태나 타이어의 파손을 비롯한 여러 상황에 따라 이륙단념을 결심하여야 할 경우 항공기의 조종성 문제로 항공안전을 저해하는 연쇄적인 문제에 직면할 수 있다. 미국연방항공청(FAA)에 의하면 운송용제트항공기는 매 3,000회 이륙 당 1회의 확률로 이륙단념이 발생하는 것으로 조사되나 사고로 이어지지 않는 경우에는 보고가 누락되는 경우가 대부분이므로 실제로는 약 2,000회의 이륙마다 발생하는 것으로 추정된다.<sup>2)</sup>

- 1) 임계조건은 임계엔진 한 개가 고장인 경우를 가정하는 것으로 이륙계속이나 활주로 내에서 정지하는 두 가지 가운데 하나를 선택해야 한다.
- 2) 예컨대 조종사가 이륙활주 중 이륙경고음으로 인하여 지속적으로 이륙을 단념한 후 다시 이륙을 계속하는 경우 실제로는 이륙단념의 절차를 거쳤으나 이륙단념으로 보고되지 않는다.(FAA, Takeoff Safety training Aid. 1992)

Table 1 Takeoffs, RTOs, and Overrun Statistics[3]

	Through 2003	Typical Recent Year
Takeoffs	430,000,000	18,000,000
RTOs (est.)	143,000	6,000
Accidents/Incidents	97	4*

\* 1 RTO per 3,000 takeoffs  
1 RTO overrun accident/incident per 4,500,000 takeoffs  
Accidents/incidents that would occur if historical rates continue

항공기가 이륙을 위해 고속지상활주를 하는 동안 이륙에 심대한 영향을 미치는 고장이 발생 되면 조종사는 항공기를 이륙이나 정지 중에 하나를 결심해야 하는데 이 때 이륙과 정지를 결심하는 기준속도가  $V_1$ 속도<sup>3)</sup>로 성공적으로 항공기를 정지시킬 수 있거나 이륙을 계속할 수 있는 두 가지 성능을 동시에 충족시킬 수 있는 속도이므로 조종사는  $V_1$ 속도 이전에서 두 가지 가운데 하나의 조작을 수행해야 한다.

현재 사용되는  $V_1$  속도에 대한 정의를 종합하면 이륙 중 가속-정지거리 내에서 항공기를 정지시키기 위해 조종사가 최초의 조작(브레이크를 밟거나, 추력을 줄이거나, 스피드 브레이크를 올리거나)을 취해야 하는 최대속도를 말하며, 또 다른 측면은 이륙 중  $V_{EF}$ <sup>4)</sup>에서 임계엔진의 고장이 발생하였다더라도 이륙을 계속하여 활주로에서 최소 이륙고도로 규정된 35ft에 항공기를 시킬 수 있는 최소속도이다. 결국  $V_1$ 속도는 이륙을 계속 진행할 경우 성공적인 이륙이 될 수 있는 최소 속도이기도 하며 이륙단념을 시도해야 할 상황에서는 안전하게 활주로 내에서 정지할 수 있는 최대속도이다(FAR, 2003). 사고를 유발하지 않는 안전한 이륙단념이 되려면 조작을 시행하는 시점에서의 항공기속도와 중량, 잔여활주로의 길이 등의 조건이 항공기가 활주로 내에서 정지할 수 있는 조건을 갖추어야 하는데, 이 가운데 조종사의 의사결정에 결정적 영향을 주는 요인은 항공기 속도이다.[4]

3) FAA에서는 1978년에서 1998년까지 이륙결심속도 (takeoff decision speed)라는 용어를 사용하였으나 그 후 이륙단념기준속도( $V_1$ )로 개정되었다.

4) VEF: 엔진고장속도(Engine Failure Speed)

## 2.3 RTO에서 작동되는 비행 및 조종장치

### 2.3.1 B747-8 Auto Speedbrake Control System

#### 2.3.1.1 제작 개념과 기능

양쪽 주 날개 위에 있는 총 12개의 스포일러 판 (spoiler panels)을 이용하는 B747-8 스피드브레이크(Speedbrakes)시스템은 유압펌프로 작동된다. 스포일러 판들을 대칭으로 펼쳐서 생기는 저항력으로 인해 나타나는 항력증가와 양력감소 현상을 이용한다. 그 힘으로 공중에서는 속도를 줄이거나 강하율을 크게 하고, 지상에서 제동거리를 줄여 준다. 작동은 수동스피드브레이크 작동(Speedbrake control)과 자동작동(auto Speed brake control) 방식으로 구성되어 있다.

수동 스피드브레이크의 작동은 공중 혹은 지상에서 자동비행이나 수동비행을 불문하고 스피드브레이크레버(lever)를 사용하여 상황에 따라 조종사가 필요한 만큼 수동으로 사용가능하다.

자동 스피드브레이크는 착륙이나 Go-Around, 혹은 이륙단념(rejected takeoff)과 같이 바쁜 상황에서 스피드브레이크 레버를 사용하는 대신, 2번 엔진 또는 4번 엔진 가운데 하나의 역추력 레버의 Interlock을 풀어 주는 조작만으로 스피드브레이크가 확실하게 작동되도록 하여 제동효과를 높여 조종사의 Workload를 줄여 준다.

#### (1) 착륙 과정에서 기능

항공기 착륙 전에 이루어지는 Before Landing Check list에 따라 조종사들은 스피드브레이크레버를 ARM위치에 놓은 상태[POM]로 착륙하게 된다. 항공기가 활주로에 접지하여, 지상모드(Ground Mode)가 되는 순간 자동적으로 스피드브레이크레버가 Up 위치로 움직여서 양쪽 날개 위의 모든 스포일러 판들이 최대 각도로 펼쳐지도록 하는 것을 말한다. 이 과정이 Auto Speedbrake 고유 기능을 따른다는 의미에서 정비 매뉴얼에는 자동 스피드브레이크의 정상운영(normal operation)이라고 한다.

## (2) 이륙과정에서 기능

항공기가 이륙 할 때는 이미 지상모드에 있기 때문에 스피드브레이크레버를 ARM시키지 않고 Down 위치에 놓고 출발한다. 이 조건에서 이륙하기 위해 1번과 3번 엔진 추력 레버가 이륙 위치까지 증가되면, Lateral Control Electronics (LCE)에 자동 접힘 신호(automatic retraction signal)를 보내 이륙을 하는 동안 스피드브레이크가 열리는 것을 방지한다. 이륙 중 항공기에 문제가 발생되어 이륙 단념 조작에 들어가면, 조종사는 추력레버(thrust lever)를 줄이고, 동시에 제동을 위해 브레이크를 밟거나 자동브레이크 작동 상태를 확인한다.

이때 B747-8항공기시스템의 경우 2번 또는 4번 엔진 가운데 하나의 역 추력레버(reverse thrust lever 2 and/or 4)를 Inter lock까지 들어 올리게 되면, 역 추력 생성여부와 무관하게 기계적으로 연결된 메커니즘에 의해 스피드브레이크레버는 Down and Lock위치로부터 벗어나 ARM위치로 움직이고, 양 날개 위 모든 스포일러 판들은 최대 각도로 펼쳐지도록 되어 있다.

이 때는 착륙 과정에서 지상 모드가 되면 자동적으로 펼쳐지는 것과 달리, 역추력 손잡이의 작동 과정을 거친다는 의미에서 B747-8 정비매뉴얼은 자동 스피드브레이크 작동시스템의 '비정상 운영(non-normal operation)'이라고 한다. 그러나 비정상 운영이라는 용어를 사용하였다고 해서 그 시스템이 불안정하거나, 고장 났거나 또는 사용을 제한하라는 의미는 아니다.

### 2.3.1.2 Auto speedbrake와 관련 시스템들과의 연계

B747-8 자동 스피드브레이크(auto speed brake control)의 작동방식은 기계적 장치와 전기회로상으로 역추력 레버와 연결되어 있으며 반드시 지상에서만 사용할 수 있도록 공중, 지상모드 센서와도 연계되어 있고, 추력레버와 역추력 레버의 중복 사용을 방지하기 위해서 먼저 1번과 3번 엔진 모두가 완전히 줄여야만(retard) 역추력 레버를 움직일 수 있도록 회로가 구성되어 있다. 또한, 역추력의 작동은 자동추력스위치(Auto Throttles Switch)를 Off시키는 기능을 한다. 이륙 과정에서 작동 과정은 아래와 같다.

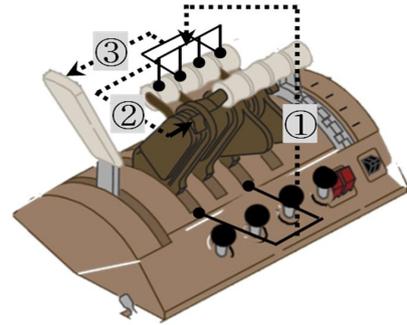


Fig 1. Speedbrake Mechanism and Operational Sequences

근거; B747-8 Manual을 종합 연구자가 작성

- ① 이륙 과정에서는 항공기가 지상에 있으므로, Ground Mode이고, engine 1 and engine 3 Thrust levers retarded되면 시스템 상으로 모든 reverse Thrust levers를 들어 올릴 수 있도록 회로가 구성됨
- ② reverse Thrust lever를 들어 올려 reverse Thrust 가 작동되면 Auto Throttle은 자동으로 Disconnect됨
- ③ engine 2 or engine 4 reverse Thrust lever raised to idle detent가 되면 speed brake Lever Actuator가 작동하여 speed brake Lever를 Up 위치로 움직여 speed brake가 Up됨

## 2.3.2 스피드브레이크 메커니즘과 작동 과정

### 2.3.2.1 이륙 단념과정의 스피드브레이크 작동

이륙 중에는 스피드브레이크 레버를 ARM위치에 두지 않는다. 이를 스피드브레이크 자동시스템의 Non-normal operation이라고 한다. 그 과정은 기계적 작동과 전기적 작동과정으로 구성된다.

#### (1) 기계적 시스템 작동

기계적 작동과정이란 fig. 2와 같이 ①2번 또는 4번 엔진 역추력 레버를 Interlock 위치로 올려주면 ②Bell crank가 움직인다. ③연결된 Cam이 움직이면서 그 턱에 의해서 Auto Speedbrake shaft/crank의 위치가 바뀌면서 ④2번과 4번 역추력 레버 전기

회로의 S861단자를 연결해 주고, ⑤다른 한 쪽에 있는 Shaft가 당겨지면서 Auto Throttles switch pack assembly에 있는 단자를 붙게 한다. ⑥연결된 Shaft의 움직임으로 Actuating lever를 움직여 Speedbrake lever를 Down위치의 핀을 들어 올려 ⑦speedbrake lever가 Down위치를 벗어나 올려진다. 이로 인해 ⑧Speedbrake Lever는 Up위치가 되고, actuator가 Speedbrake mechanism and position transmitter를 작동시킨다.

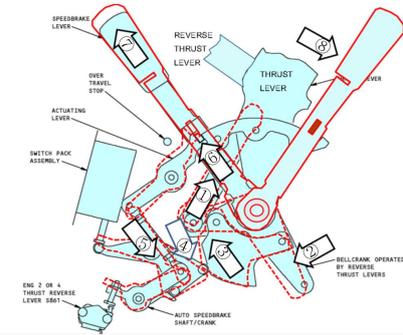


Fig 2. Speedbrake Mechanism and Operational Sequences

근거; B747-8 Manual을 종합 연구자가 작성

(2) 전기적 시스템 작동

자동 스피드브레이크 시스템의 작동은 Bus3의 28Volt DC로 이루어진다. 기계적 작동과 병행하여 체계적으로 설정된 작동조건이 충족되면 단계별로 선택이 이루어진다. Fig. 3은 전기적 시스템 기능의 전체를 보여 주는 것이다.

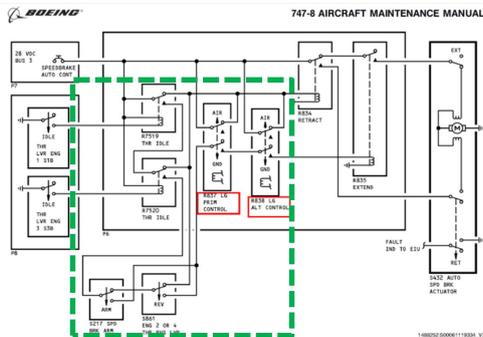


Fig 3. B747-8 Speedbrake System- Electric Functional Description

근거; B747-8 Aircraft Maintenance Manual

Fig. 4는 이륙단념과정에서 이루어지는 전기적 작동회로를 보여 주는 것이다.

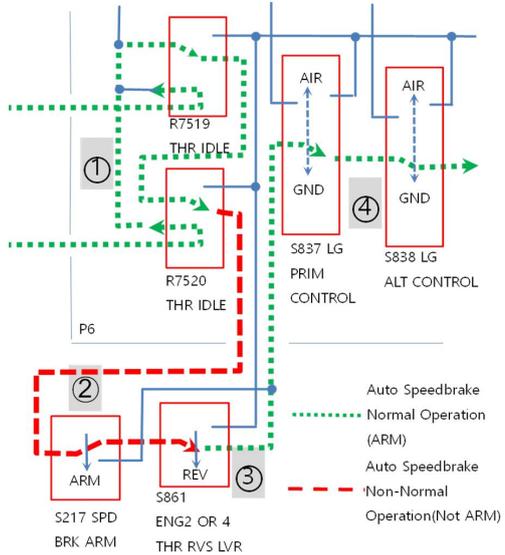


Fig 4. B747-8 Speedbrake System - Non-Normal Operation

근거; B747-8 Aircraft Maintenance Manual에 근거로 연구자 작성[5]

Fig.3의 점선으로 된 Box부분은 착륙과정의 Normal Operation과 이륙과정에서 ARM을 시키지 않는 Non-normal operation이 다른 부분이다.

이륙단념 조작을 위해 1번과 3번 엔진의 추력 레버 2개가 Idle stop 전방 6~8°위치에 닿으면, Fig. 3의 왼쪽 부분에 있는 ①S1B와 S3B회로가 연결된다. Fig. 4의 왼쪽 상단부분에 있는 2개의 R7519와 R7520회로에 Idle단자에 전기가 공급되면서 아래 부분에 있는 ②S217(SPD BRK ARM) 단자에 전달된다. 이 때 레버는 ARM이 안 되었으므로 우회하여 그 오른쪽에 있는 S861(ENG 2 or 4 THR RVS LVR)단자에 전달된다. 이 단자는 엔진 2 또는 4번 엔진의 역추력 레버와 연결되어 있으므로, ③2번 또는 4번 엔진 가운데 하나라도 역추진 레버의 Interlock이 풀리면 회로가 구성된다.

이 신호는 Fig. 4의 오른쪽 상단 부분의 2개의 R837, 838(Landing gear에 있는 Air/Ground Mode Sensor)단자로 연결된다. ④이미 지상모드에 있으므로 Fig. 3의 오른쪽 부분에 있는 R835 단자를 자화시켜 전기회로가 연결되어, S432 AUTO SRD BRK ACTUATOR의 EXT 회로 구성모터를 작동하여 EXT 신호를 보낸다. 이 움직임이 스피드브레이크 레버를 Up 위치로 가게 하고, mechanical input이 lever position transmitter로 전달된다. 이때 transmitter는 spoiler actuators에 position signal을 전달하는 Lateral Control Electronics (LCE)에 신호를 보낸다. 그 결과, Inboard spoiler 56.4°, Outboard spoiler는 55.2°로 펼쳐진다.

### 2.3.2.2 기계적, 전기적 시스템 작동과정 요약

이상에서 살펴 본 것처럼 스피드브레이크 작동 시스템은 기계적 작동과정과 전기적으로 구성된 체계적 작동 시스템으로 구성되었다.

기계적 작동 메커니즘은 Fig. 2에서 보여주는 것처럼 역추력 레버의 Interlock이 풀리게 하는 조작만으로 2번 또는 4번 엔진의 역추력이 작동이 된다. 이어서 Auto Throttles Switch Pack Assembly에 기계적 힘을 가하여 Off 시키고, 동시에 Down 위치에 있던 스피드브레이크 레버의 Lock pin을 풀어 준다. 그러면 레버는 Down 위치를 벗어나 ARM위치로 올라오면서 Auto Speedbrake Actuator가 Speedbrake mechanism과 LEC를 통해 모든 스포일러 판이 최대 각도로 펼쳐지게 한다. 2가지 메커니즘을 종합해 보면, 이륙단념 과정에 적합한 논리적 체계에 따라 구성된 빈틈없는 시스템을 갖추고 있다.

이것으로 볼 때 B747-8정비 매뉴얼에 기술된 것처럼 '조종사의 노력을 줄여 줄뿐 아니라 스피드브레이크의 작동을 확실하게 하기 위해서 만든 시스템이라고 할 수 있을 만큼 신뢰도를 갖고 있다. 그러므로 현행 이륙단념절차에 있는 것처럼 Auto Throttle Disconnect 동작이나 Speedbrake Lever를 수동으로 잡아당기고, 다시 이동해서 역추력 레버를 찾아가는 복잡한 동작을 할 필요가 없다.

## 2.3.3 스피드브레이크작동 및 절차 관련 문헌 검토

### 2.3.3.1 B747-8 FCOM의 Speedbrake Lever[6]

스피드브레이크 작동과 관련 FCOM 내용 가운데 지상 작동과 관련 문장은

"On the Ground - Speedbrake lever moves to UP and all spoiler panels extend when either engine 2 or engine 4 reverse Thrust lever raised to idle detent with engine 1 and engine 3 Thrust levers retarded."이다.

비영어권 조종사관점에서 "Speedbrake lever moves to UP and all spoiler panels extend는 "스피드브레이크 손잡이가 UP로 움직이면 모든 스포일러 판이 펼쳐지는 것"을 연상하게 된다. 즉, 스피드브레이크 레버를 당겨서 모든 스포일러 판들을 펼치는 것으로 인식하게 된다.

그러나 문맥 전체를 보면 "엔진1과 엔진3의 추력손잡이(Thrust levers)가 줄여진 상태에서, 엔진2 또는 엔진 4의 역추력 레버를 역추력 아이들 위치(reverse IDLE Detent)에 놓으면, 스피드브레이크 손잡이가 UP되고, 그리고 모든 스포일러 판이 펼쳐진다."가 된다.

즉, 스피드브레이크 손잡이를 당겨서 펼치는 것이 아니라 역 추력 손잡이를 아이들로 움직이면 스피드브레이크 손잡이가 업(Up) 되고, 스포일러 판이 모두 펼쳐지는 것이다.

### 2.3.3.2 B747-8 FAA AFM의 이륙단념 절차[7]

FAA인가를 받은 B747-8 Airplane Flight Manual (AFM)의 Reject Procedure (p.19)는 Initiate rejected takeoff at or prior to V1 using the following procedures: Simultaneously close thrust levers and apply maximum manual braking or verify operation of RTO autobrakes. Raise the speedbrakes and apply reverse thrust as necessary.이다.

이 절차를 보면, '추력을 줄임과 동시에, 브레이크를 밟거나 자동브레이크가 작동하고 있는지 확인한다.'는 문장으로 시작되고 이어서 'Raise the speedbrakes로 연결되는데 이는 통상 '스피드브레이크를 올려라.'고 이해 할 수 있다.

특히 비 영어권에 있는 조종사나 절차를 만드는 사람은, 이것을 스피드 브레이크 손잡이를 들어 올려야 하는 것처럼 인식하게 된다.

그러나 항공기에 스피드브레이크 손잡이는 하나 밖에 없다. 그러므로 문장을 작성한 사람들이 Lever라는 단어를 빠트렸거나, 단수 복수의 혼동이라는 기초적인 실수를 하지 않았다면, 그것은 하나 밖에 없는 스피드브레이크 손잡이를 의미 하는 것이 아니고, 스피드브레이크 역할을 하는 12장의 스포일러 판들을 의미한 것이다.

이런 관점에서 문장의 구조, 그리고 선택된 단어가 복수인 것을 보면, 손으로 스피드브레이크 손잡이를 당겨 올리는 것이라기보다는, 스피드브레이크 판들이 펼쳐지게 하라는 의미이고 따라서 이 문장은 스피드브레이크 손잡이를 들어 올리라는 의미는 아니다.

그러므로 시스템 개발자들이 의도하고 정비 매뉴얼에 기술해 놓은 것처럼, 이륙단념 때는 추력 손잡이를 줄이고 역추력 손잡이를 들어 올려 자동스피드브레이크 메커니즘이 작동하여 스피드브레이크 손잡이가 Up되고 스포일러 판들이 펼쳐지도록 해야 한다.

### 2.3.3.3 B747-8 POM Reject Procedure [8]

B747-8 POM(8.2.8,26APR2017)의 절차 가운데 관련 부분을 보면 다음과 같다.

Call "STOP" Without delay: Simultaneously close Thrust levers, disconnect autothrottles, and verify operation of RTO autobrakes or apply maximum manual wheel brakes. If RTO autobrakes selected, monitor system performance and apply manual wheel brakes if AUTOBRAKES message displayed or deceleration not adequate. Raise Speedbrake lever.

Apply up to the maximum amount of reverse thrust on symmetric engines consistent with conditions. Continue maximum braking until certain the airplane will stop on the runway.

앞의 AFM과 달리 B747-8 POM에는 ‘스피드브레이크 레버를 올려라(Raise Speedbrake Lever)’라고 기술하고 있다. 이것은 단순하게 AFM의

문장을 옮겨 왔음을 보여 주는 것으로 시스템 작동 개념과 맞지 않은 문장이다. 즉, 메커니즘 상으로 레버를 Raise 하는 것은 Fig. 5의 ① 처럼 올려서 ARM을 시키는 것을 의미한다.

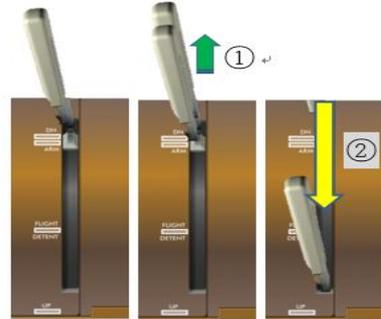


Fig 5. SB Lever Raise Vs Move to Up

주: B747-8 POM RTO절차에 근거 연구자 작성

그러므로 레버를 수동으로 올려 주는 동작은 여기서 기대하는 상황과는 방법에 있어 시스템 작동 개념과 맞지 않다. 만약 자동 스피드브레이크 작동 시스템 아니고 수동조작을 하는 것을 의미한다면 Raise 라는 단어 보다는 레버를 뒤에 있는 UP 위치까지 옮겨 줘야 하므로 Fig. 5의 ② 처럼 Up Position까지 옮기는 의미가 포함될 “Move to Up Position” 의 문장으로 수정되어야 한다.

## III. 결론

항공기 사고조사 결과에 따르면 과거와는 달리 RTO를 수행하였다 해도 항공기나 승객에 피해가 전혀 없을 경우가 다수 존재하므로 관련 사례에 대한 통계가 정확하지 않은 경향이 있으나 전문가들은 2,000회의 이륙 당 1회 정도의 RTO가 수행되는 것으로 추정하고 있다. 이러한 통계자료에 근거한다면 보잉747과 같이 장거리 노선을 주로 운항하는 조종사는 20년에 한 번은 RTO 조작에 직면 할 가능성이 높다.

한편 월 30회의 이착륙을 하는 단거리 기종의 조종사는 7년마다 RTO에 직면할 가능성이 있으므로 조종사는 모든 이륙 동안 RTO 결정을 내릴 준비가 되어 있어야 한다.

고찰한 바와 같이 RTO의 결심은 순간적으로 이루어져야 하며, 판단 이후 추력조절기와 브레이크 및 스피드 브레이크 조작이 동시에 이루어지는 어려운 비상절차 가운데 하나다. 즉, 가장 어려운 판단이 단시간에 이루어지고 결심과 함께 연계된 조작을 적절하게 이행하는 것이 중요하다. 이를 위해서는 절차에 대한 숙지는 물론 항공기 제동을 위한 항공기의 각 시스템들에 대한 작동 원리 및 역할을 이해 할 경우 RTO가 사고로 이어질 확률을 최소화 할 수 있다. 따라서 연구에서 제시된 B747-8 Auto speedbrake control system에 대한 기계적, 전기적 작동원리에 대한 정확한 이해는 안전한 이륙단념조작에 유용할 것으로 사료된다.

특히 작동 절차와 관련된 문헌을 검토한 결과 이륙단념과 관련된 작동 메커니즘을 조종사들에게 설명하는 FCOM은 수동작동과 자동작동에 대한 구분없이 2번 또는 4번 엔진 역추력 레버 가운데 하나를 Idle 위치에 놓으면 자동으로 펼쳐진다고 되어 있으나 이 문장은 자동 작동과정을 기준으로 기술된 것이다. FCOM의 성격으로 볼 때, 스피드브레이크 레버를 당기면 펼쳐진다는 설명이 없는 것을 보면 그렇게 할 이유가 없는 것으로 이해된다. 그러나 이러한 고려가 없이 AFM의 이륙단념 절차가 ‘스피드브레이크 판들을 펼쳐라.’로 문서화되었고 그 절차가 POM에 반영되었다.

이 방법은 수동과 자동 작동 개념을 모두 적용하는 것을 염두로 기술된 결과로 보이며, 이것이 항공사 POM에 옮겨 오면서, ‘스피드브레이크 레버를 들어 올리라.’로 변형되면서, 자동작동 장치의 사용은 이륙단념절차에서 빠지게 되었다.

FAA의 인가를 받은 B747-8 Airplane Flight Manual(AFM)의 Reject Procedure (p.19)는 추력을 줄임과 동시에, 브레이크를 밟거나 자동브레이크가 작동하고 있는지 확인하고 스피드브레이크를 올리라.’로 이해 할 수 있으며 이것을 스피드 브레이크 손잡이를 들어 올리야 하는 것처럼 인식하게 된다. [7]

그러나 항공기의 스피드브레이크 손잡이는 하나 밖에 없으므로 스피드브레이크 판들이 펼쳐져야 한다는 의미로 손잡이를 들어 올리라는 것은 아니다.

그러므로 시스템 개발자들이 의도하고 정비 매뉴얼에 기술해 놓은 것처럼, 이륙단념 때는 추력 손잡이를 줄이고 역추력 손잡이를 들어 올려 자동 스피드브레이크 메커니즘이 작동하여 스피드브레이크 손잡이가 Up되고 스포일러 판들이 펼쳐지도록 해야 한다.

정상시의 정상적인 상태가 아닌 짧은 시간에 조치가 이루어지는 비상상황의 경우는 조종장치의 작동원리와 각 부품들의 작동을 명확하게 이해할 수 있는 지속적인 연구가 필요하며 실제로 이러한 조치를 통하여 얼마나 신속한 비상조치가 가능할 것인가에 대한 연구를 통하여 실질적인 항공안전을 도모하는 방안을 강구해야 할 것이다.

## Reference

- [1] Airline Accident Statistics 2016, <https://aviation-safety.net/database/>
- [2] Aero magazine - Issue 11, Boeing, 2000
- [3] Takeoff Safety Training AID 2.1, FAA, 1993
- [4] Kunsoo Noh, Yunchul Choi, "A Study on Rejected Takeoff Transition Time improvement of Air Transportation Aircraft", 2005, Korean Society of Transportation, Vol.23, no5, pp.7-16.
- [5] B747-8 Aircraft Maintenance Manual.
- [6] 747-8 Flight Crew Operations Manual, Boeing.
- [7] B747-8 Airplane Flight Manual(AFM), Reject Procedure p.19, Boeing,
- [8] B747-8 POM "Reject Procedure", Boeing, 2017.