

<論文>

측풍 착륙에 관한 실증적 연구

-B747-400의 착륙 사례를 중심으로-

문 봉 섭\* , 김 칠 영\*\*

The Empirical Study on the Crosswind Landings

B. S. Moon\* , C. Y. Kim\*\*

목 차

- I. 서 론
- II. 본 론
  - 1. 사고분석
  - 2. 문제점
  - 3. B747-400의 측풍 착륙
- III. 결 론

Abstract

There are four methods of landing of B747-400 during the crosswind condition. Pilots can choose either one of them. Those are: Sideslip/Wing low, De-Crab during Flare, Touchdown in Crab, Combining Crab and Sideslip. They decide to use one method by what they have learnt before. During the flight, the pilots choose the method, which depends on the weather forecast, and then try to land according to it. However, the weather condition always changes. In other words, the weather during planning and landing can be different, which can provide a difference between the previously expected situation and the actual one. Therefore, it is very important for the pilots to have the situation awareness. This study shows the direction and the prevention to avoid those errors, which are based on actual landing data of B747-400.

**Key Words:** Sideslip/Wing low, De-Crab during Flare, Touchdown in Crab, Combining Crab and Sideslip, Situation Awareness, Error

\* 정회원, 대한항공 운항승무부  
 연락처, E-Mail : [bsmun@yahoo.co.kr](mailto:bsmun@yahoo.co.kr)  
 서울 강서구 공항동 대한항공 운항승무부  
 \*\* 정회원, 한국항공대학교 항공운항학과

## I. 서론

항공기는 공기 속에서 그것의 힘을 이용하여 비행한다. 항공기를 공간에 지탱 하게 하는 공기덩어리(air mass)는 자체의 성질, 주변의 온도와 기압 등 환경의 변화에 따라 움직여 연속적 흐름을 만든다. 우리는 이것을 바람(wind)이라 한다. 이것은 입으로 초불을 끌 때처럼 불어오는 것(blow)으로 느끼는 것이 일반적이지만, 항공기를 조종하는 조종사의 관점에서는 항공기를 지탱하고 있는 공기묶음(air capsule)의 연속적 움직임으로 이해하는 것이 항공기를 다루는데 도움이 된다. 이것은 바람의 vector양이 무엇이든 존재 자체로 비행경로에 영향을 줄 뿐 아니라, 항공기가 크건 작건 간에 그 영향은 피할 수 없기 때문이다. 특히 바람의 영향은 항공기가 정해진 활주로에 착륙하는 과정에서는 매우 민감한 결과를 초래하기 때문에 이에 대한 정확한 이해가 필요하다. 이것을 바탕으로 해당 항공기의 기종 특성에 맞는 절차를 수립하여 조종사들에게 교육을 시켜서 바람의 영향을 극복 할 수 있어야 한다.

따라서 본 연구는 B747-400항공기가 Anchorage 공항에 착륙하는 과정에서 일어난 사례를 토대로 하여 문제점을 분석하고 대비책을 제시한다.

## II. 본론

### 1. 사례분석

B747-400 화물기가 착륙중량 616,700LBS,  $V_{ref}$  153knots로 미국 Anchorage 공항 Runway 06R에 착륙 하였다. 당시 공항은 여명 단계로 시정은 좋고 바람은 없이 기온은 섭씨 영하 1도였으며 저기압 이었다(Wind calm visibility 9miles sky clear temperature 1, altimeter 2955).

항공기의 조종(PF; pilot flying)은 부기장이 맡았으며, 활주로 10마일 전방에서 시각접근 허가를 받고 계기착륙시스템(ILS)이 제공하는 기준에 따라 순조로운 접근을 하였다.

조종실 내의 Navigation Display 상에 표시되는 바람 성분은 고도 500 피트(feet) 까지는 북동풍이 4knots정도로 약한 상태에서 잠시 무풍 상태를 유지하였다.

그러나 약 250피트 통과 시에 좌측풍으로 바뀌면서 약 7~8 knots 정도로 증가 되었다.

이러한 바람의 변화는 기장이 구두로 부기장에게 알려 주었으며 부기장도 이를 인식하였다는 응답을 하였다.

<표 1>의 착륙자료 항공기가 접지하는 순간을 기준으로 전후 25초를 1초 단위로 표시한 자료를 보면 활주로 말단을 통과 할 때까지 모든 절차와 재원은 정상 범위에 있었다.

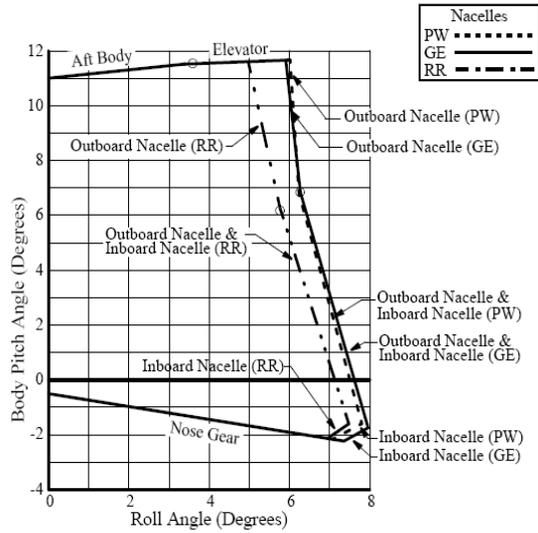
<표1> 착륙자료(from landing report)

ACID	FLT	FM	FLCT	DATE	UTC	FROM	TO	GWT	CODE		
HL7434	0232	AL	0048	19SEP03	145305	KORD	PANC	6167	3001		
PALT	CAS	MACH	TAT	LAT	LOW	THDG	VER				
000464	153.3	.233	006.50	N61106	W150031	0094.4	S504A51000001				
RALT	LOC	GLS	FF.1	FF.2	FF.3	FF.4	TRA.1	TRA.2	TRA.3	TRA.4	
500	0.001	-.011	05744	05504	05600	05904	044.1	044.6	044.6	045.7	
300	-.001	-.008	05600	05360	05496	05792	044.1	044.6	044.6	045.7	
200	-.001	-.014	05584	05368	05448	05800	044.1	044.6	044.6	045.7	
RALT	CAS	PTCH	ROLL	AP.1	AP.2	AP.3	AT	WD	WS		
500	161.1	002.0	000.4	OFF	OFF	OFF	OFF	0044	004		
300	160.0	001.4	-01.6	OFF	OFF	OFF	OFF	0030	007		
200	160.3	001.8	-00.4	OFF	OFF	OFF	OFF	0027	008		
100	156.6	001.8	-01.2	OFF	OFF	OFF	OFF	0015	005		
50	155.7	000.7	001.7	OFF	OFF	OFF	OFF	0164	006		
TD	153.3	006.4	006.7	OFF	OFF	OFF	OFF	-167	008		

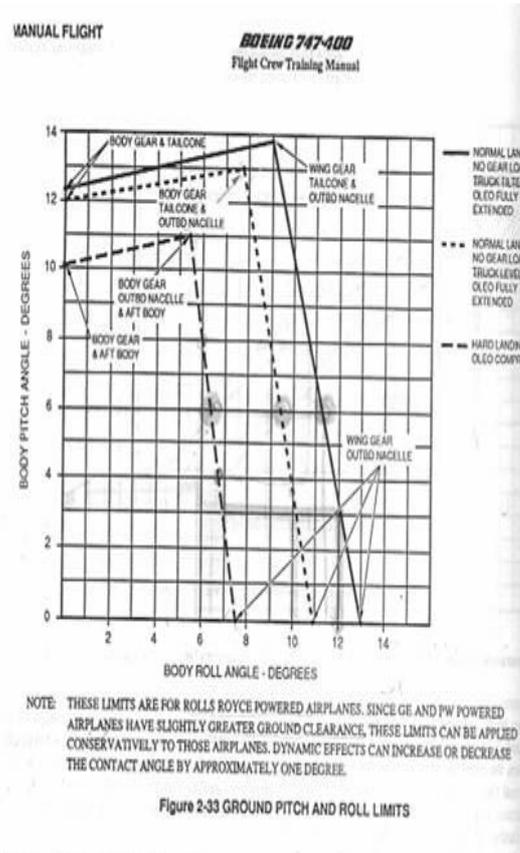
RALT	CAS	PTCH	ROLL	IVV	ELEV	FFA	MHDG	L	R	NSQT		
00430	161.4	001.8	-00.4	-0790	002.7	05584	0064.5	AIR	AIR	AIR		
00419	162.9	001.5	001.5	-0792	002.5	05560	0064.5	AIR	AIR	AIR		
00411	162.9	001.3	000.8	-0838	002.3	05560	0064.5	AIR	AIR	AIR		
00382	160.2	001.3	-00.4	-0851	002.2	05552	0064.5	AIR	AIR	AIR		
00343	160.4	001.7	-00.2	-0824	000.0	05544	0064.3	AIR	AIR	AIR		
00334	159.8	002.1	000.1	-0818	001.9	05552	0064.3	AIR	AIR	AIR		
00335	158.9	001.9	-00.4	-0834	003.2	05544	0064.1	AIR	AIR	AIR		
00326	158.6	001.4	-00.8	-0870	001.6	05552	0064.0	AIR	AIR	AIR		
00299	160.0	001.4	-01.6	-0888	000.0	05560	0063.8	AIR	AIR	AIR		
00295	158.7	001.9	-02.0	-0888	001.3	05544	0063.5	AIR	AIR	AIR		
00234	157.7	002.0	-00.7	-0889	001.6	05552	0063.3	AIR	AIR	AIR		
00195	160.3	001.8	-00.4	-0892	001.4	05544	0063.1	AIR	AIR	AIR		
00156	158.3	001.5	-00.5	-0913	001.5	05560	0062.9	AIR	AIR	AIR		
00139	157.2	001.9	-01.0	-0881	-01.7	05560	0062.9	AIR	AIR	AIR		
00125	157.1	002.3	-01.9	-0875	001.4	05552	0062.8	AIR	AIR	AIR		
00111	157.8	002.5	-01.1	-0819	000.4	05560	0062.6	AIR	AIR	AIR		
00102	157.1	002.3	-00.3	-0819	001.4	05552	0062.6	AIR	AIR	AIR		
00084	156.6	001.8	-01.2	-0855	001.4	05560	0063.1	AIR	AIR	AIR		
00074	157.6	001.3	-01.9	-0904	001.3	05536	0064.3	AIR	AIR	AIR		
00058	156.8	001.0	-00.2	-0976	001.4	05536	0065.9	AIR	AIR	AIR		
00043	155.7	000.7	001.7	-1021	-00.7	05528	0067.3	AIR	AIR	AIR		
00026	155.8	001.4	002.4	-0965	-03.5	05536	0068.3	AIR	AIR	AIR		
00012	156.9	003.3	002.1	-0748	-08.7	05552	0069.2	AIR	AIR	AIR		
00003	155.3	005.7	003.2	-0353	-10.6	05560	0070.1	AIR	AIR	AIR		
00000	153.3	006.4	006.7	-0140	-01.0	05464	0070.6	AIR	GRD	AIR		
00001	151.6	004.8	006.0	-0161	003.4	04800	0069.5	AIR	GRD	AIR		
00001	150.9	003.6	-00.7	-0239	-03.0	04176	0067.1	AIR	AIR	AIR		
-0002	149.8	002.6	-03.0	-0357	-01.1	03640	0065.1	AIR	AIR	AIR		
-0005	147.6	002.0	-03.7	-0248	-04.1	03184	0063.6	GRD	AIR	AIR		
-0006	146.1	000.9	-01.1	-0328	002.1	02816	0063.0	GRD	GRD	AIR		
-0008	147.6	000.1	002.4	-0109	003.2	02560	0063.6	GRD	GRD	GRD		
-0008	141.7	000.4	001.5	-0130	003.0	02376	0065.0	GRD	GRD	GRD		
-0007	137.2	000.6	000.7	-0160	004.2	02352	0066.0	GRD	GRD	GRD		
-0008	132.6	-00.2	000.9	-0144	005.3	02792	0065.5	GRD	GRD	GRD		
-0008	127.9	000.1	001.1	-0111	005.6	03912	0064.6	GRD	GRD	GRD		
-0008	123.9	-00.1	000.9	-0139	006.7	05296	0064.3	GRD	GRD	GRD		
-0008	120.8	-00.1	000.6	-0119	008.0	06992	0064.9	GRD	GRD	GRD		
-0008	116.8	-00.2	000.4	-0107	008.1	08880	0065.6	GRD	GRD	GRD		
-0008	114.4	-00.2	000.2	-0127	007.8	10568	0066.0	GRD	GRD	GRD		
-0008	110.6	-00.2	000.0	-0125	007.6	11928	0066.0	GRD	GRD	GRD		
-0008	106.0	-00.2	-00.0	-0120	007.9	12928	0065.8	GRD	GRD	GRD		
-0008	102.1	-00.2	-00.0	-0125	008.1	13616	0065.8	GRD	GRD	GRD		
-0009	98.5	-00.3	-00.1	-0114	008.6	14080	0066.1	GRD	GRD	GRD		
-0008	94.4	-00.3	-00.0	-0120	008.6	14408	0066.4	GRD	GRD	GRD		
-0008	89.3	-00.3	-00.1	-0104	008.9	14616	0066.6	GRD	GRD	GRD		
-0008	84.8	-00.3	-00.1	-0100	009.1	14736	0066.6	GRD	GRD	GRD		
-0009	79.9	-00.4	-00.1	-0099	009.1	14608	0066.4	GRD	GRD	GRD		
-0008	73.5	-00.4	-00.0	-0088	009.4	14376	0066.2	GRD	GRD	GRD		
-0008	66.4	-00.4	000.0	-0078	009.7	13736	0066.1	GRD	GRD	GRD		
-0008	59.4	-00.4	-00.0	-0081	009.8	11800	0066.2	GRD	GRD	GRD		
-0008	52.6	-00.4	000.0	-0082	009.8	09368	0066.4	GRD	GRD	GRD		

DIST 50 FEET TO TOUCHDOWN : 1032 FEET  
 DIST TOUCHDOWN TO 60 KNOTS : 5053 FEET  
 DECELERATION RATE : 03.4 KNOTS/SEC

<표2> 정상착륙 시 지상 접촉 각도표 1



<표3> 정상착륙 시 지상 접촉 각도표 2



그리고 5초 후에 1,032피트 지점에 피치(pitch) 6.4°, 경사(bank)는 우측으로 6.7°, 속도 153.3노트, 강하율 140fpm, 최대 중력 하중 1.304G로 우측 바퀴가 1차 접지 하였다.

우측 바퀴만 접지된 상태에서 pitch 4.8°, bank 는 우측으로 6.0°로 되었다. 1차 접지 2초 후에는 항공기는 다시 부양하여 1~2피트 고도를 2초 동안 유지하다가 pitch 2.0°, Bank는 좌측으로 -3.7°, 1.221G로 재 접지 하였다.

결과적으로 1차 접지 과정에서 일어난 pitch 6.4° 우측 Bank 6.7°는 항공기를 제작한 Boeing사의 Oct 31, 2002자 B747-400 training manual 을 기준으로 하는 표2에서 보여 주는 재원 상으로 우측 바깥쪽 엔진 너셀(nacelle)이나 플랩(flaps)의 지상 접촉 원인이 될 수 있는 사례였다. (단 Oct, 15 1993을 기준으로 하는 표3의 재원 상으로는 상당한 여유가 있다).

이 과정을 표1을 근거로 당김(flare)과정을 서술하면 아래와 같다. 활주로 끝 (runway threshold) 통과 직전인 58피트에서 속도는 156.8KCAS, pitch 1.0°, bank 0.2°, 강하율976 fpm, elevator 각도 1.4°, magnetic heading 65.9°였다. 단 magnetic heading은 1초 전의 64.3°, 1초 후의 67.3°로 변화 되는 과정 있었는데, 이것은 PF인 부기장이 좌측풍을 인식하고 우측 러더(rudder)를 사용하고 있어 활주로 방향인 65.0° 을 지나고 있음을 보여 주는 변화다.

이후에 항공기가 1차 접지하는 5초 동안의 변화를 분석 하면 아래와 같다.

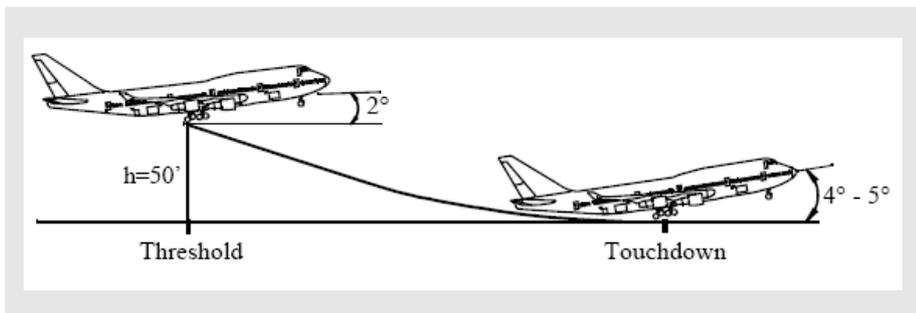
1) 속도는 1초 후에 1노트가 감소되고 2초 유지 후, 1노트가 증가 되다가 초당 1노트씩 감소하여 1차 접지는 153.3노트였다.

2) Elevator의 움직임은 1초 후인 고도 43피트에서 시작되어 1.4°, -3.5°, 12피트에서는 -8.7° 그리고 접지 1초 전인 3피트 고도에서는 -10.6°였다.

이에 따른 pitch의 변화를 보면 접지 2초 전인 고도 12피트에서 3.3° 1초 전인 3피트에서 6.4°로 그림 1에서 보여주는 이상적인 자세인 4-5°를 초과 하였다.

<그림 1> B 747-400 당김 조작

- typical landing flare times range from 4 to 8 seconds and are a function of approach speed
- airplane body attitudes are based upon typical landing weights, flaps 30, VREF 30 + 5 (approach) and VREF 30 + 0 (landing), and should be reduced by 1° for each 5 knots above this speed.

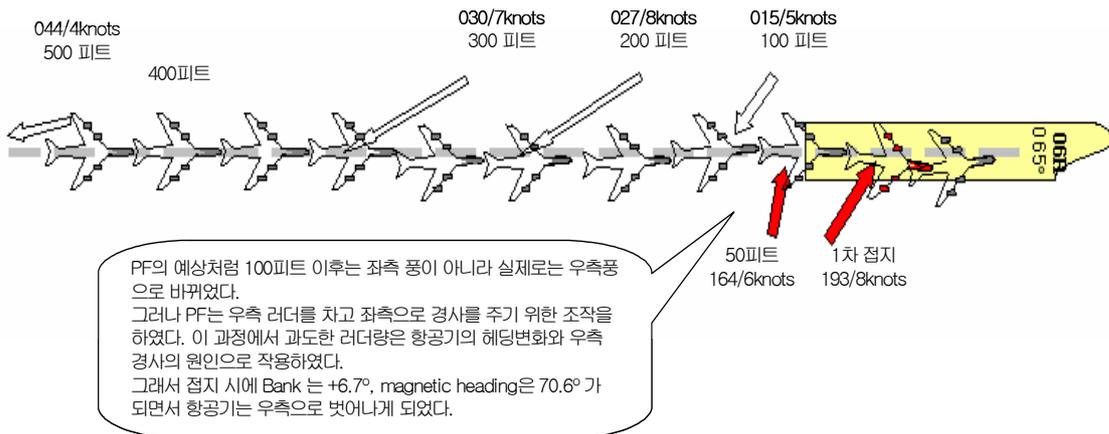


3) Roll의 변화를 보면, 접지 20초 전부터 5초 전까지는 좌측으로 대략  $-1\sim 2^\circ$  정도의 Bank를 유지하다가 43피트부터 우측으로 경사가 들어가 1차 접지 시에  $-6.7^\circ$  가 되었다. PF의 진술에 의하면 좌측 풍으로 인식하고 좌측 풍에 대한 수정 조작용을 했을 뿐이지 의도적으로 우측 경사를 주는 조작용은 하지 않았다고 했다. 좌측 풍에 대한 수정조작용은 당김을 시작 하면 우측 러더를 차주면서 좌측으로 경사를 주는 것으로 훈련 되었다. 결과적으로 우측 러더량이 많아 항공기는 본인의 의도와 다르게 우측으로 급격한 경사가 들어 가버리는 현상이 발생 하였다.

4) Runway Heading  $65^\circ$  이므로 접근 중에 좌측풍 성분을 고려하면 magnetic heading은  $64^\circ \sim 63^\circ$ 를 유지 한 것은 정상 이었다. 그러나 1차 접지 6초 전에서부터 좌측 풍을 인식하고 우측 러더를 과도하게 기계적으로 사용함으로써 초당  $1^\circ$  씩 변화되어 1차 접지 1초 전에는  $70.5^\circ$  가 되었다.

<그림 2>는 조종사들이 현장에서 예상하고 있던 측풍수정 조작용을 했던 바람 성분과 자료에 의한 실제 바람을 근거로 만들어진 그림이다.

<그림 2> 항공기 접근경로와 바람 성분



## 2. 문제점

PF는 상황의 변화를 인식하지 못하고 타성적으로 측풍착륙 대비 조작용을 부적절 하게 수행 하였다. 이러한 결과를 초래한 부수 원인은 아래와 같다.

1)CRM skills 중 situation awareness 가 부족

(1)그 결과는 최근 Simulator 훈련 과정에서 30Knots 측풍 상황을 부여하고 반복적으로 숙달 훈련을 함

(2)실제 비행 중에도 30knots 측풍 상황에서 했던 조작용방법을 6~8노트이고 우측 풍으로 바뀐 상황에서 좌측풍 수정법을 적용함으로써 유발됨.

2)해 항공기 조종의 기본 기술능력 부족(Lack of technical skills; stick and rudder skills)

(1)과도한 러더를 사용하여 rudder roll 현상을 초래함

(2)당김량이 많음

3)측풍착륙 교육 정책의 부적절

(1)부기장에 대한 30knots 적용은 실제 비행에 적용하기 어려움

(2)Simulator교육은 일정한 바람 상태에서 훈련을 하여 공식적이고, 기계적인 조작이 가능하나 실제 상황에서의 바람은 변화가 많은 점에 대한 교육 부재

(3)불확실성 회피지수가(uncertainty avoidance index) 높은 한국인 조종사들은 한번 가르쳐 주면 어떠한 상황에서도 배운 그대로 수행한다는 경향을 고려하지 않음(Merritt, 2000)

4)FSB의 측풍 착륙 교육 방법의 문제

(1)Boeing에서 제시하는 네 가지 방법 가운데 무엇을 적용하여야 하는가에 대한 응용능력 배양보다는 단순한 manual skill 위주의 교육

(2) ‘당김을 하면서 풍하쪽 러더를 차고, 조종간을 풍상 쪽으로 눕혀라’는 식으로 교육함

5) 관련 자료의 부적절성

(1)본 연구에서 인용한 표 1과 표2의 차이점은 조종사들에게 혼동을 초래하는 원인이 됨

### 3. B747-400의 측풍 착륙

아래 제시한 측풍 기준은 비행점검 자료, 기술분석, 시뮬레이터 조종 분석을 통해서 논리적으로 도출된 자료다. 이들 측풍 기준들은 거스트(gust)가 없는 일정한 바람 조건과 네 개의 엔진, 그리고 한 엔진이 작동하지 않은 상황을 기준으로 하였다. 가스트 효과는 추천되는 기준에 특별한 영향을 끼치지 않고, 단지 조종사들에게 조작상의 부담으로만 작용하는 것으로 평가 되었다. 기술적 자료를 바탕으로 측풍 착륙 기준을 제공 한다.

1)측풍 착륙 기준

본 측풍 기준들은 운용 제한치를 의미하는 것은 아니다. 이 기준들은 해당 항공사의 운용 정책 수립의 기준으로 제공 될 뿐이다.

<표 4> 활주로 상태와 시험완료 기준

활주로 상태	측풍-Knots*
물기가 없음	36***
물기에 젖음	32***
물이 고임/진창	20
눈-녹지 않음**	25***
얼음-녹지 않음**	15

주기: 젖거나 영향을 줄 정도의 활주로 상태에서 reverse thrus)를 사용시 5Knot를 줄여서 적용

\* 바람은 33피트 높이에서 측정한 값이고, 활주로 폭은 148피트

\*\* 손질하지 않은 얼음이나 눈이 있는 경우는 녹아들지 않는 활주로에 착륙을 시도 할 수 있음.

\*\*\*측풍 20 Knot이상에서 Sideslip only(zero crab)착륙이 추천되지 않는다,

이때는 충분한 지상과의 공간과 조종 계통의 작동 범위를 고려해야 한다.

## 2) 측풍착륙 기법의 종류

측풍 착륙법에는 사이드슬립(Sideslip/Wing low), 크랩 제거법(당김 조작 중에 크랩 각도를 없애는 법 De-Crab During Flare), 크랩 법(Touchdown in Crab) 그리고 크랩과 사이드슬립을 혼합하는 법(Combining Crab and Sideslip) 등 네 가지다.

측풍 상태에서 착륙 접근 동안에 크랩을 유지 할 때는 조종실의 위치는 활주로 중앙선으로부터 풍상쪽으로 벗어나게 된다, 그래야 메인 기어가 활주로 중앙선에 접지하게 된다.

### (1) 사이드슬립(Sideslip/Wing low)

사이드슬립 측풍착륙법은 항공기를 활주로 중앙선의 연장선에 일치 시켜서 메인 기어(main gear)가 활주로 중심선에 닿도록 하는 것이다.

착륙 접근을 위한 초기 단계에서 바람에 흐르는 것을 수정하기 위해서 크랩법(crab)을 사용하여 비행을 한다. 그러다가 당김(flare) 조작 직전에 항공기의 축선을 중앙선에 맞추거나 또는 평행 하게 고쳐 준다. 풍하 쪽 러더(rudder)를 사용하여 항공기 기축선을 원하는 경로로 맞추고, 에일러론(aileron)을 사용하여 풍상 쪽으로 경사를 주어 항공기가 바람에 밀리는 것을 막아 주어야 한다.

반대 러더로 지속적으로 사이드슬립을 유지하고, 바람이 불어오는 쪽으로 경사를 주어 원하는 경로를 유지한다.

접지는 풍상쪽 바퀴가 풍하쪽 보다 약간 먼저 닿아야 한다. 과도한 경사를 주는 것은 엔진 너셀(nacelle)이나 바깥쪽 플랩(flap)이 땅에 닿을 수 있는 원인이 되므로 절대적으로 피해야 한다. 적절한 조화를 이루는 조작을 하는 것은 접근 하고, 접지 하고 그리고 착륙 활주를 하는 동안 일정한 양의 러더와 에일러론을 유지 하는 것이다.

### (2) 당김을 하면서 크랩 제거법(De-Crab During Flare)

방법은 접근하고, 당김을 하여 접지하는 동안에 날개의 수평을 유지 하는 것이다.

최종 접근 단계에서 크랩 각도를 유지 하여 원하는 경로를 유지 한다. 당김 조작을 할 때까지 크랩 각도를 유지 하다가 접지 하기 바로 직전에 풍하쪽 러더를 사용하여 크랩 각도를 줄이면서 활주로 중앙선에 일치 시킨다.

러더를 사용하면 풍상쪽 날개가 앞쪽으로 들리면서 롤(roll) 현상이 생긴다. 이것을 잘 막아 주면서 항공기를 접지 시키고 양쪽 바퀴들이 동시에 닿도록 해야 한다. 에일러론을 사용하고 있었다면 접지 단계에서 날개를 수평으로 유지해야 한다.

### (3) 크랩 접지법(Touchdown in Crab)

단지 크랩 법만 가지고도 최대 측풍착륙 기준치까지 착륙을 할 수 있다. 매우 미끄러운 활주로나, 접지하여 풍하쪽으로 미끄러지는 것을 줄이기 위해 착륙 한 경우, 모든 바퀴가 동시에 접지 하여 스포일러(spoiler)와 오토 브레이크(auto brakes)가 즉각 작동하도록 하고, 접지전에 크랩을 제거 하려는 조종사의 수고를 덜기 위해서 크랩이 사용된다. 그러나 적절한 러더 양과 풍상쪽 에일러론의 사용은 확실한 방향유지를 위하여 꼭 사용 하여야 한다.

이때 바람의 양에 따른 크랩 각도는 다음과 같다

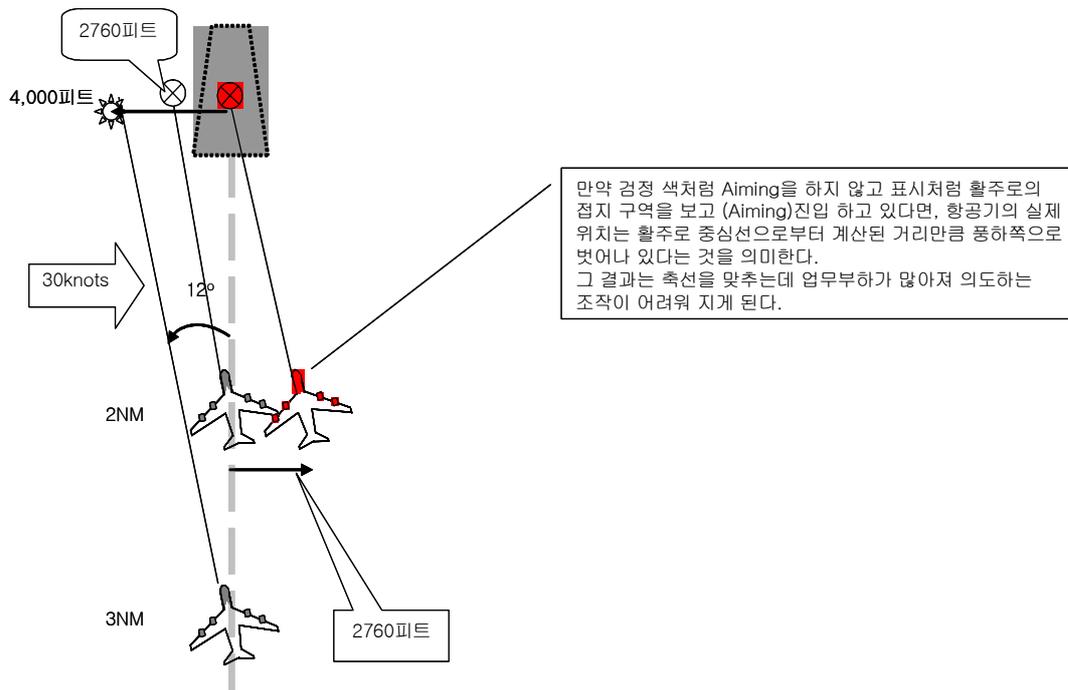
공식  $Wind\ velocity \times (60/TAS) = wind\ draft\ (at\ 90^\circ\ Cross\ Wind)$

예  $25knots \times (60/150) = 10^\circ$        $30knots \times (60/150) = 12^\circ$

즉, 정 측풍 25노트에서는  $10^\circ$ , 30노트에서는  $12^\circ$  의 각도가 필요하다.

그림 3은 final roll out 지점에서 크랩  $12^\circ$  를 유지 했을 때 축선 상에 머물기 위한 Aiming 지점을 비례식으로 산출하여 표시한 것이다.

<그림 3> 정측풍 30knots에서 크랩 각도와 aiming point



(4) 크랩과 사이드슬립의 혼합법(Combining Crab and Sideslip)

매우 심한 측풍 상태에서는 이 두 가지 법을 혼합 하는 것이 필요하다. 풍상쪽 날개를 낮추고 크랩 각도를 유지 하면서 풍상쪽 바퀴가 먼저 닿도록 한다. 풍상쪽 바퀴가 먼저 닿으면 풍하쪽 러더를 약간 받쳐서 앞 바퀴를 똑바로 가게 한다. 그면서 에일러론을 사용하여 날개를 수평으로 유지한다. 이때 bank의 양과 크랩 각도의 예는 표 3과 같다.

<표 4> 풍속 별 Bank양과 크랩 각도

Cross wind	10knots			20knot			30knots		
Bank	0°	1°	2°	0°	2°	4.5°	0°	3°	7.5°
Crab angle	4°	2°	0°	8°	5°	0°	12°	7°	0°

3)측풍 착륙 과정에서 고려해야 할 요소

(1)조종사는 측풍 착륙에 필요한 지식과 능력(technically and procedurally proficient)을 갖추고 있어야 한다.

(2)측풍에 대한 상황을 파악하고 사전에 충분한 토의가 있어야 한다.

①이는 통상적으로 수행하는 landing briefing card에 명시된 성문화된 절차에 국한되어서는 안 된다는 의미다.

②네 가지 방법에 대한 충분한 토론이 이루어 져야 한다.

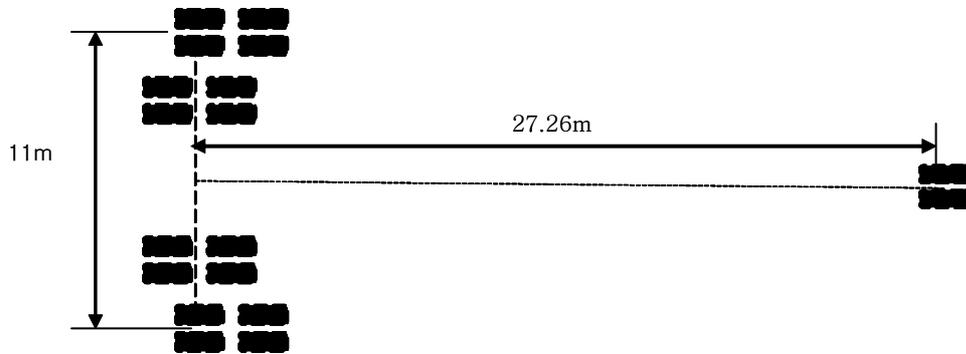
③그러나 사전에 무슨 방법을 적용하겠다고 결심하고 그 방법에 집착하는 것은 위험하다.

(3)활주로의 폭과 항공기 바퀴의 크기에 대하여 구체적으로 알고 있어야 한다.

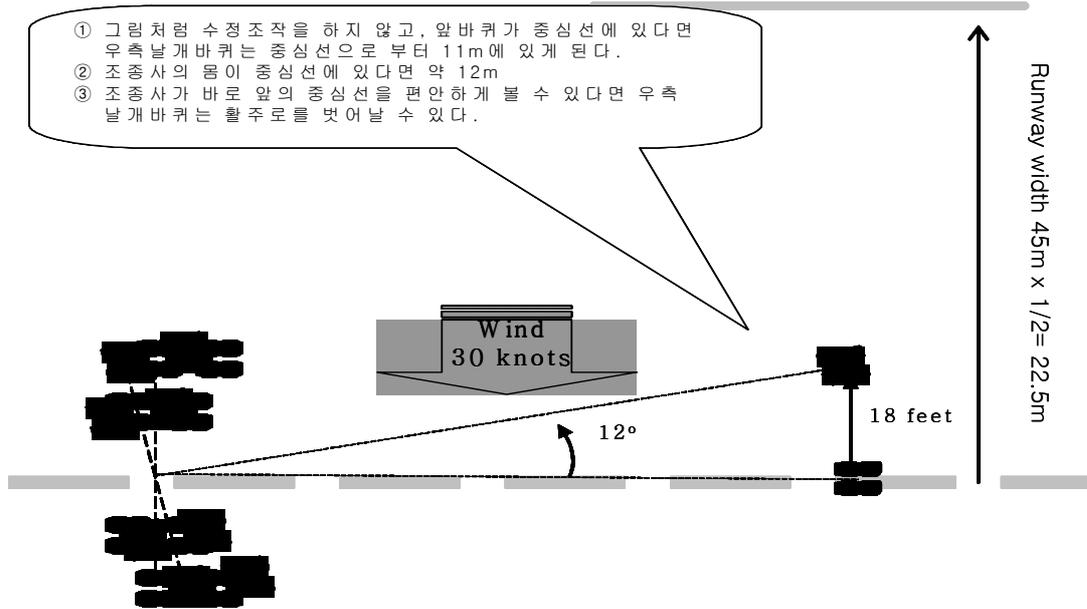
①그림 4는 항공기 바퀴의 간격을 그림으로 표시 한 것이다

②그림 5는 항공기 기축선이 12° 틀어진 상태에서 바퀴와 활주로 중심선 그리고 폭과의 관계를 그림으로 표시 한 것이다.

<그림 4> B 747-400 바퀴 배열과 간격



<그림 5> 항공기 기축선이 12° 틀어진 상태에서 바퀴, 활주로 중심선, 폭과의 관계



(4) 활주로는 Line(선)이 아니라 Lane(항공기를 담을 수 있는 폭을 가진 길)이라는 개념으로 이해하여야 한다.

- ① 그래서 항공기 바퀴가 벗어나지 않은 범위에 접지하고
  - ② 접지 후에 항공기가 벗어나지 않고 감속조작에 들어 갈 수 있는 범위 내로 수정조작을 한다
- (5) 바람은 항상 변화 된다.

- ① 특히 심한 바람의 경우는 방향과 크기가 매우 빨리 변화되며 그 vector량은 항공기의 경로에 영향을 준다는 개념 하에 상황판단을 하고 변화량만큼만 수정 조작을 한다
- ② 특히 당김단계에서 항공기의 Drift(변화)량을 파악하지 않고 그림 6과 같이 공식적으로 풍하쪽 러더를 차면서 조종간을 풍상쪽으로 눕히는 조작은 부적절 하다는 점은 강조 되어야 한다.

<그림 6> 좌측풍에서 타성적인 조종간의 움직임



### Ⅲ. 결 론

이상에서 검토 해본 결과 항공기 착륙 단계에서의 측풍은 비행경로에 많은 영향을 준다. 그러므로 상황의 다양성에 맞는 조종법이 요구된다.

본 사례에서 보는 바와 같이 조종사가 상황에 맞지 않은 잘못된 조작을 할 경우는 매우 위험한 상황에 빠지게 된다.

본 연구는 사례분석을 통해서 조종사의 부적절한 조작을 초래한 원인을 분석해 냈다. 그리고 적절한 조작의 기준이 되는 측풍 착륙의 방법을 제시 하였다.

이러한 연구 결과를 통해서 유사한 사례의 반복을 막기 위한 제안을 한다.

#### 1. 교육 정책의 반영

- 1)조종사 CRM skills 중 situation awareness 능력 증진 강조
- 2)부기장 Simulator 훈련 과정에서 30knots 적용보다 실제 상황에서 적용 가능하도록 10Knots 이내의 측풍으로 풍향 변화에 적응하는 훈련
2. 부기장에 대한 해당 항공기를 조종할 수 있는 기본적인 기술 능력의 부여에 중점 (technical skills; stick and rudder skills)
3. FSB의 측풍 착륙 교육 방법에 대한 개선
  - 1)Simulator교육 중 상황 부여는 실제상황처럼 변화가 많은 상황을 부여한 교육
  - 2)불확실성 회피지수가(uncertainty avoidance index) 높은 한국인 조종사들은 한번 가르쳐 주면 어떠한 상황에서도 배운 그 대로 수행하려는 경향을 고려
  - 3)FAA instructor guide book FAR, Instructors Guide Book, pp.8-10 에 명시한 Learning level의 apply 수준의 측풍 착륙 기법교육
  - 4)Oct 31, 2002부의 B747-400 training manual(Boeing사), p.4.64의 ground contact angle-normal landing 표의 정확성에 대한 검토 요구

#### 참 고 문 헌

- 1) Boeing사, B747-400 training manual, Oct 31, 2002
- 2) Boeing사, B747-400 training manual, Oct 15, 1993
- 3) 비행자료(B747 Landing Report-Primary Landing Data)
- 4) A. Merritt(2000) “Culture In The Cockpit” In Journal of Cross-Cultural Psychology, Vol. 31 No. 3 May 2000 pp.283-301
- 5) FAR, Instructors Guide Book, pp.8-10