

論文

선회접근용 활주로 감시도구의 개선에 관한 실증적 사례 연구

양한모*, 신현삼**

An Empirical case Study on the Improvement of Surveillance Systems in performing Circling Approach at the airport

Han-Mo Yang* , Hyon-Sam Shin**

ABSTRACT

This research was conducted with a view to enhance the efficiency of the preventive tool which provide pilots and controllers with proper and timely safety alerts while conducting circling approach at the airport where surrounding terrains becomes threat to safe operation of flight around airport.

Key words : Circling approach procedure(선회접근절차), Approach category(접근범주), Minimum safe altitude warning(최저안전고도경고(MSAW)), Ground proximity warning system(지상근접경고장비(GPWS)), Precision runway monitoring system(정밀활주로감시장비(PRM)), Area navigation(지역항법(RNAV))

I. 서론

1. 연구배경 및 목적

선회접근은 계기상상태 하에서 공항에 착륙하기 위하여 계기접근을 수행 중인 항공기가 계기접근의 마지막 단계인 직진입 착륙이 불가능한 경우에 시계비행으로 공항지역을 선회하여 착륙하는 절차이다. 이는 기상의 영향과 항공관제업무 제공책임의 기술적 모호성 및 감시업무의 낮은 우선순위 등의 영향으로 항공안전에 취약한 부분으로 나타나고 있다. 이러한 문제점들이 복합적으로 결합되어 2002년 4월15일 김해국제공항에서 착륙을 위하여 선회접근 중이던 중국민항기 CA129편이 지상장애물과 충돌하는 대형사고가 발생하였다. 이는 항공종사자의 인적요인뿐만 아니라 선회접근 감시시스템의 기술적·제도적 문제

가 결합되어 발생한 사고로 사전에 충분히 예방할 수 있는 사고였다.

본 논문은 공항의 선회접근절차 수행 시의 항행안전을 위하여 이에 영향을 미치는 선회접근구역의 특성과 공항감시시스템의 기술적 특성을 기초로 하여 선회접근 수행 중 발생한 민간항공기 추락사고의 실증적 분석을 통해 도출된 문제점을 해소하여 항공기의 선회접근구역 이탈 방지를 위한 감시시스템 운영의 개선을 연구하는 데 있다.

2. 연구 범위 및 방법

본 논문에서는 항공기의 선회접근구역의 이탈과 관제사의 공항감시시스템 운용과 관련된 인지기제를 규명하고, 김해공항의 중국민항기 사고조사 결과의 분석과 비행 시뮬레이션 자료의 분석을 통해 김해 공항의 선회접근절차의 항공기 이탈 방지를 위한 선회접근활주로 감시도구의 적합성 여부를 분석하여 선회접근시의 항행안전을 위한 대안을 제시한다.

II. 선회접근의 비행관리 특성에 관한 고찰

2006년 11월 30일 접수 ~ 2006년 12월 22일 심사완료

* 정회원, 한국항공대학교 항공교통물류학부

** 정회원, 한국항공대학교 항공교통물류
연락처, E-mail : hmyang@hau.ac.kr
경기도 고양시 덕양구 화전동 200-1

1. 선회접근의 비행 특성

1) 선회접근의 개념

선회접근은 계기기상상태 하에서 이루어지는 시계비행착륙의 형태로 특정한 기상상태 하에서의 조건부로 이루어지는 혼합비행 방식의 특성을 가지고 있어 기상상황의 영향이 조종사의 의사결정과 비행안전에 혼란을 야기할 있다. 국제민간항공기구(ICAO : International Civil Aviation Organization)항공기운항절차(PAN S-OPS, Doc 8168-OPS/611) 제1권 4.6 및 4.7항의 규정에 의하면, 『 선회접근은 시계비행기동이다. 최초의 시각포착이 이루어진 이후의 기본이 되는 가정은 선회접근을 실행하기 위해 최저강하고도(MDA/DH)를 비행하는 동안 활주로 주변상황(즉, 활주로 시단이나 접근등 시설 또는 기타 활주로를 식별할 수 있는 표지물)을 지속적으로 육안으로 확인할 수 있어야 한다. 계기접근으로부터 착륙을 위한 선회접근을 하는 동안에 시각 참조가 상실된다면, 그 계기접근절차에 설정되어 있는 실패 접근절차를 따라야 한다.』 라고 정하고 있다.

선회접근은 항공기 접근범주별로 지정된 선회접근구역 내에서 최저강하고도 이상으로 비행해야 하므로 정확한 선회가 매우 중요하다. 선회의 시작이 늦어 해당되는 선회접근구역을 동일 고도로 이탈 시에는 다른 범주의 선회접근구역 내에 있는 장애물과의 충돌 위험이 매우 높다. 따라서 선회접근이 필요한 공항에서는 선회접근절차를 수립하고 있으며 조종사들도 <Fig. 1>의 예에서와 같이 사전에 수립된 선회접근의 기동 방식을 통하여 훈련을 하고 있다.

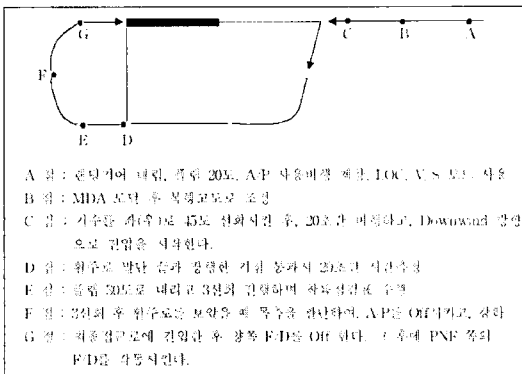


Fig. 1 선회접근 기동의 예

2) 선회접근구역의 선회 반경 결정

선회접근구역의 범위는 항공기 접근범주별로 항공기의 선회접근의 비행성과 환경특성에 따

른 매개변수에 의해 선회반경의 기준이 결정된다.

(1) 매개변수

① 속도

<Table. 1>과 <Table. 2>에 규정된 항공기의 접근범주 별 위한 속도를 적용한다.

② 바람

선회하는 동안 25노트(46km)의 가감된 풍속의 영향을 받는 것으로 가정한다.

③ 항공기 기울기

평균적으로 20도 또는 초당 3도의 선회율을 만들어내는 기울기 각도 중에서 더 작은 각도를 적용한다.

(2) 선회반경의 결정방법

ICAO 항공기운항절차(PANS-OPS, Doc8168-OPS/611)에서는 매개변수를 고려하여 <Table. 1>과 <Table. 2>에서와 같이 선회반경 및 선회접근구역의 활주로 전단으로 부터의 반경을 정하고 있다.

Table.1 선회접근 기동반경의 결정 - 공향표고 해발 600미터 기준

항공기범주/속도(km/h)	A/185	B/250	C/335	D/380	E/445
진대기속도 + 풍속(46 km/h)	241	310	404	448	516
선회반경	1.28	2.08	3.46	4.34	5.76
직진비행거리(km)	0.56	0.74	0.93	1.11	1.30
선회구역 반경(km)	3.12	4.90	7.85	9.79	12.82

Table. 2 선회접근 기동반경의 결정- 공향표고 해발 2000피트 기준

항공기 범주/속도(노트)	A/100	B/135	C/180	D/205	E/240
진대기속도 + 풍속25노트	131	168	215	242	279
선회반경(NM)	0.69	1.13	1.85	2.34	3.12
직진비행거리(NM)	0.30	0.40	0.50	0.60	0.70
선회구역 반경(NM)	1.68	2.66	4.20	5.28	6.94

2. 선회접근구역의 설정

선회접근의 수행에 요구되는 선회접근구역(장애물회피구역)의 설정은 <Fig. 2>와 같이 각각의 활주로 전단의 중심에서 항공기범주별로 정해진 선회접근 반경으로 원호를 그리고 원호 간의 교점을 직선으로 연결한 구간으로 설정되며, 원호 반경과 해당 구역 내에서의 장애물 회피고도 기준은 아래와 같다.

현재 우리나라에서는 항공안전본부의 계기비행 절차수립기준(항공교통업무지침 제05-1호,2005.5.25 제정)에 따라 민간공항에서는 ICAO의 기준을 적용하고 있으며, 군·민 겸용공항이나 군 비행장에서는 미연방항공청(FAA: Federal Aviation Administration)의 기준을 적용하고 있다.

1) 국제민간항공기구 PANS-OPS

ICAO에서 정한 선회접근구역의 범위와 장애물회피기준 및 최저시정치는 <Table. 3>와 같다.

Table. 3 ICAO PANS-OPS 선회접근구역

접근범주	구역 반경 (NM)	장애물 회피 높이	공항표고 기준장애물 통과 높이	최저시정 Km/NM
A	1.68	295피트	394피트	1.9/1.0
B	2.66	295피트	492피트	2.8/1.5
C	4.20	394피트	591피트	3.7/2.0
D	5.28	394피트	689피트	4.6/2.5
E	6.94	492피트	787피트	6.5/3.5

2) 미국 FAA의 계기절차수립기준(TERPS)

미연방항공청에서 정한 선회접근구역의 범위는 <Table. 4>에 명시된 바와 같이 항공기 접근범주에 따라 달라진다.

Table. 4 FAA선회접근구역의 반경

접근범주	반경(마일)	장애물통과높이
A	1.3	300 피트
B	1.5	300피트
C	1.7	300피트
D	2.3	300피트
E	4.5	300피트

3) 구역 설정기준의 비교 분석

선회접근구역을 설정하기 위한 ICAO와 FAA

의 기준은 <Fig.2>와 같이 구역 반경의 크기가 다르며, 김해국제공항에서의 선회접근구역의 크기는 C범주를 기준으로 할 때에 FAA의 구역의 크기는 20.15km로서 ICAO의 크기 243.8km의 21%이다. 이런 설정기준의 차이는 장애물 영향범위의 차이와 이에 대한 조종사의 인지의 혼란을 야기하여 항행안전에 영향을 줄 수 있다.

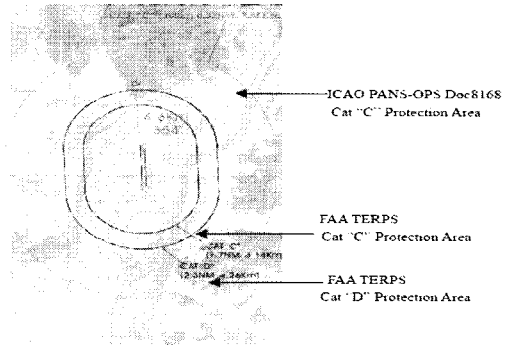


Fig. 2 김해국제공항 선회접근구역 비교

3. 선회접근의 감시시스템

공항에 선회접근 중인 항공기의 선회구역이나 최저안전고도고도의 이탈을 감시할 수 있는 시스템에는 다음과 같은 것이 있다.

1) 공항감시레이더(ASR)

공항지역의 항공교통 상황을 현시하기 위한 레이더 장비로서 주 감시레이더(PSR)와 2차 감시레이더(SSR)로 구성되어 있으며, 반경 100마일의 범위내의 공역 상황과 항공교통상황을 현시하여 계기접근항공기의 관계에 주로 이용된다. 공항감시레이더에는 주 기능 이외에 최저안전고도경고(MSAW) 기능이 포함되어 있다.

2) 최저안전고도경고장치(MSAW)

공항감시레이더에서 지상장애물에 근접한 항공기에게 발부하는 레이더 항적추적시스템의 전시기능을 말한다. 항공기가 최저안전고도가 설정된 구역 내에서 최저안전고도 이하로 비행하거나, 최저안전고도가 설정된 구역 밖에서 그 구역을 향하여 최저안전고도 이하로 접근하는 경우 250노트의 속도를 기준으로 그 구역 도달 30초전 또는 2마일 전방에서 MSAW가 작동되는데 이는 레이더 모니터 상에는 항적 데이터 대지속도 위치에 "LA" 라는 글자가 깜빡이면서 관제사에게 시각 및 청각

경고를 주도록 되어 있다.

3) 지상근접경고장치(GPWS)

항공기의 공향에의 접근 중 발생하는 지상장애물 충돌에 의한 추락 사고를 방지하기 위해 개발된 항공기 탑재용 지상접근경고 시스템으로서 지표면으로부터 500피트의 비행고도에서 착륙 시까지 탐지된 장애물에의 근접, 과도한 강하율에 대한 수직 운항정보를 구두로 조종사에게 경고하도록 설계되어 있다. 여러 가지 개량형이 있으나, 제1세대 디지털 GPWS인 MK-III GPWS는 Mode 1에서 Mode 5까지 기본적인 경고를 제공하도록 설계되어 있으며, 해당되는 Mode 상황에 일치하는 경우에만 경보를 발한다.

개량형인 EGPWS는 GPWS의 기본적인 기능을 보완하고 지형에 대한 위험정보를 추가시켜 사고 발생 전에 운항승무원에게 경고를 줄 수 있도록 설계되어 있다. EGPWS는 운항승무원이 위험상황에 대비할 적당한 시간을 가질 수 있도록 지형과 접촉 30초에서 60초 전에 운항승무원에게 청각 및 시각경고를 발령하도록 설계되어 있다. 또한 특정한 위험지형의 자료들을 입력시켜 위험지형을 인식하여 경고를 주는 시스템(TAWS)이 추가되어 있다.

4) 정밀활주로감시장비(PRM)

활주로 폭이 3,400피트~4,300피트 인 평행활주로에 대한 항공기의 동시 운항을 감시하는 정밀활주로 레이더 감시 시스템으로 개발되었으며, 항공교통 밀집지역의 분리, 감시 및 공항 주변의 산악장애물에 대한 접근감시용으로 사용한다.

5) 관제탑 레이더정보 현시 장치(BRITE)

BRITE는 밝은 장소에서도 사용할 수 있는 레이더 장비로서, 공항감시레이더의 감시자료를 관제탑으로 전송하여 공항주위의 항공교통 상황을 현시하여 항공교통관제에 이용토록 하는 장비이다. BRITE는 통상 20마일 범위로 놓고 사용하고 있으나 필요시 BRITE 화면을 6마일에서 60마일 범위까지 조정하여 사용할 수 있도록 되어 있다.

그러나 관제탑의 관제기능이 관제사의 시각 관찰에 의한 의사결정이 기본임으로 BRITE는 관제탑 관제사의 의사결정의 보조수단으로 이용되고 있다.

III. 선회접근사고의 실증적 고찰

1. 사고 경위

2002년 4월15일 11:21:17경 베이징-부산 노선을 운항하는 중국 국제항공공사소속 CA129편(B767-200ER)이 김해 국제공항 활주로18R로 선회접근 수행 중에 활주로 시단에서 북쪽 4.6Km에 위치한 뚝대산 해발 204 미터 지점에 충돌하여 추락하였다. 항공기는 충돌시의 충격과 화재로 전파되었으며, 승무원2명을 포함하여 129명이 사망하는 대형 사고가 발생하였다.

사고의 원인은 <Fig. 3>과 같이 129호기가 선회접근범주 “C”의 최대 속도인 140노트를 초과하여 150~160 노트로 비행하였으며, 선회지점을 지나 “C” 구역 최저강하고도로 선회구역 을 이탈하여 비행했으며, 충돌 5초전에 부조종사가 지상장애물을 확인하고 복행할 것을 권고하였으나 기장이 복행을 수행하지 못한 상황에서 발생하였다.

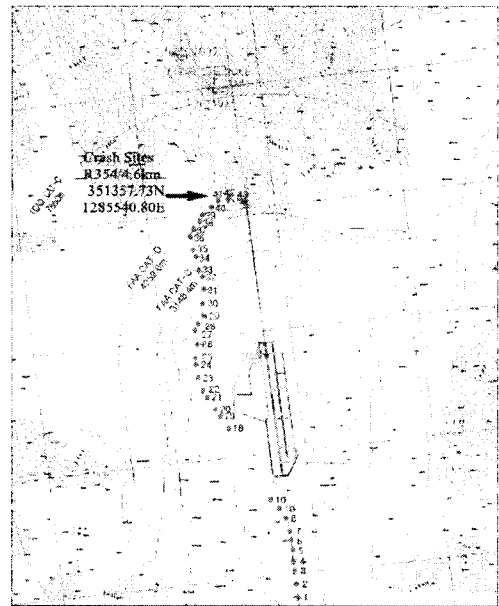


Fig. 3 CA129 사고항공기 비행 항적도

2. 사고원인

항공사고조사위원회는 129호기의 사고에 대한 사실정보를 분석하여 사고원인관련 4건, 위험관련 17건, 기타 관련의 33건, 총 54건의 조사결과를 밝혔다.

1) 사고원인

(1) 129편은 선회접근과 관련된 착륙기상최저치를 숙지하지 못하고 선회접근을 수행하였으며, 접근 브리핑 시에 실패접근 관련 사항을 포함하지 않았다.

(2) 승무원들은 활주로 18R 선회접근을 실시하는 동안 상황인식을 상실하였으며, 기장이 의도했던 3선회를 실시하지 못하고 지연되어 항공기가 선회접근구역을 벗어났다. 이는 <Table. 5>의 항적자료에서와 같이 항적번호 24(선회등 위치)을 지나 33번(선회접근구역 “C”의 경계선)에 이르기까지 39초 동안에 운항승무원이 선회상황에 대한 인식을 상실했음을 나타낸다.

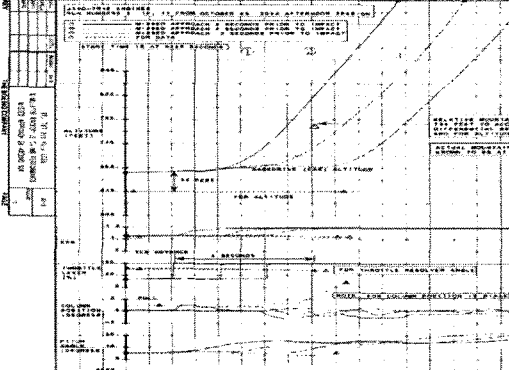
(3) 운항승무원들은 활주로 18R로의 선회접근 중 활주로를 시야에서 잃어버렸을 때 복행을 실시하지 않아 공항 인근의 높은 지형장애물(산)에 충돌하였다.

Table. 5 CA129 사고기의 항적자료

항적번호	시간	고도	속도	방향	비고
11	23:35:33	1211	285		
12	23:35:34	1211	285		
13	23:35:35	1211	285		
14	23:35:36	1211	285		
15	23:35:37	1211	285		
16	23:35:38	1211	285		
17	23:35:39	1211	285		
18	23:35:40	1211	285		
19	23:35:41	1211	285		
20	23:35:42	1211	285		
21	23:35:43	1211	285		
22	23:35:44	1211	285		
23	23:35:45	1211	285		
24	23:35:46	1211	285		
25	23:35:47	1211	285		
26	23:35:48	1211	285		
27	23:35:49	1211	285		
28	23:35:50	1211	285		
29	23:35:51	1211	285		
30	23:35:52	1211	285		
31	23:35:53	1211	285		
32	23:35:54	1211	285		
33	23:35:55	1211	285		
34	23:35:56	1211	285		
35	23:35:57	1211	285		
36	23:35:58	1211	285		
37	23:35:59	1211	285		
38	23:36:00	1211	285		
39	23:36:01	1211	285		
40	23:36:02	1211	285		
41	23:36:03	1211	285		
42	23:36:04	1211	285		
43	23:36:05	1211	285		
44	23:36:06	1211	285		
45	23:36:07	1211	285		
46	23:36:08	1211	285		
47	23:36:09	1211	285		
48	23:36:10	1211	285		
49	23:36:11	1211	285		
50	23:36:12	1211	285		
51	23:36:13	1211	285		
52	23:36:14	1211	285		
53	23:36:15	1211	285		
54	23:36:16	1211	285		
55	23:36:17	1211	285		
56	23:36:18	1211	285		
57	23:36:19	1211	285		
58	23:36:20	1211	285		
59	23:36:21	1211	285		
60	23:36:22	1211	285		
61	23:36:23	1211	285		
62	23:36:24	1211	285		
63	23:36:25	1211	285		
64	23:36:26	1211	285		
65	23:36:27	1211	285		
66	23:36:28	1211	285		
67	23:36:29	1211	285		
68	23:36:30	1211	285		
69	23:36:31	1211	285		
70	23:36:32	1211	285		
71	23:36:33	1211	285		
72	23:36:34	1211	285		
73	23:36:35	1211	285		
74	23:36:36	1211	285		
75	23:36:37	1211	285		
76	23:36:38	1211	285		
77	23:36:39	1211	285		
78	23:36:40	1211	285		
79	23:36:41	1211	285		
80	23:36:42	1211	285		
81	23:36:43	1211	285		
82	23:36:44	1211	285		
83	23:36:45	1211	285		
84	23:36:46	1211	285		
85	23:36:47	1211	285		
86	23:36:48	1211	285		
87	23:36:49	1211	285		
88	23:36:50	1211	285		
89	23:36:51	1211	285		
90	23:36:52	1211	285		
91	23:36:53	1211	285		
92	23:36:54	1211	285		
93	23:36:55	1211	285		
94	23:36:56	1211	285		
95	23:36:57	1211	285		
96	23:36:58	1211	285		
97	23:36:59	1211	285		
98	23:37:00	1211	285		
99	23:37:01	1211	285		
100	23:37:02	1211	285		
101	23:37:03	1211	285		
102	23:37:04	1211	285		
103	23:37:05	1211	285		
104	23:37:06	1211	285		
105	23:37:07	1211	285		
106	23:37:08	1211	285		
107	23:37:09	1211	285		
108	23:37:10	1211	285		
109	23:37:11	1211	285		
110	23:37:12	1211	285		
111	23:37:13	1211	285		
112	23:37:14	1211	285		
113	23:37:15	1211	285		
114	23:37:16	1211	285		
115	23:37:17	1211	285		
116	23:37:18	1211	285		
117	23:37:19	1211	285		
118	23:37:20	1211	285		
119	23:37:21	1211	285		
120	23:37:22	1211	285		
121	23:37:23	1211	285		
122	23:37:24	1211	285		
123	23:37:25	1211	285		
124	23:37:26	1211	285		
125	23:37:27	1211	285		
126	23:37:28	1211	285		
127	23:37:29	1211	285		
128	23:37:30	1211	285		
129	23:37:31	1211	285		
130	23:37:32	1211	285		
131	23:37:33	1211	285		
132	23:37:34	1211	285		
133	23:37:35	1211	285		
134	23:37:36	1211	285		
135	23:37:37	1211	285		
136	23:37:38	1211	285		
137	23:37:39	1211	285		
138	23:37:40	1211	285		
139	23:37:41	1211	285		
140	23:37:42	1211	285		
141	23:37:43	1211	285		
142	23:37:44	1211	285		
143	23:37:45	1211	285		
144	23:37:46	1211	285		
145	23:37:47	1211	285		
146	23:37:48	1211	285		
147	23:37:49	1211	285		
148	23:37:50	1211	285		
149	23:37:51	1211	285		
150	23:37:52	1211	285		
151	23:37:53	1211	285		
152	23:37:54	1211	285		
153	23:37:55	1211	285		
154	23:37:56	1211	285		
155	23:37:57	1211	285		
156	23:37:58	1211	285		
157	23:37:59	1211	285		
158	23:38:00	1211	285		
159	23:38:01	1211	285		
160	23:38:02	1211	285		
161	23:38:03	1211	285		
162	23:38:04	1211	285		
163	23:38:05	1211	285		
164	23:38:06	1211	285		
165	23:38:07	1211	285		
166	23:38:08	1211	285		
167	23:38:09	1211	285		
168	23:38:10	1211	285		
169	23:38:11	1211	285		
170	23:38:12	1211	285		
171	23:38:13	1211	285		
172	23:38:14	1211	285		
173	23:38:15	1211	285		
174	23:38:16	1211	285		
175	23:38:17	1211	285		
176	23:38:18	1211	285		
177	23:38:19	1211	285		
178	23:38:20	1211	285		
179	23:38:21	1211	285		
180	23:38:22	1211	285		
181	23:38:23	1211	285		
182	23:38:24	1211	285		
183	23:38:25	1211	285		
184	23:38:26	1211	285		
185	23:38:27	1211	285		
186	23:38:28	1211	285		
187	23:38:29	1211	285		
188	23:38:30	1211	285		
189	23:38:31	1211	285		
190	23:38:32	1211	285		
191	23:38:33	1211	285		
192	23:38:34	1211	285		
193	23:38:35	1211	285		
194	23:38:36	1211	285		
195	23:38:37	1211	285		
196	23:38:38	1211	285		
197	23:38:39	1211	285		
198	23:38:40	1211	285		
199	23:38:41	1211	285		
200	23:38:42	1211	285		

(4) 항공기 추락 약 5초 전에 제1부조종사가 기장에게 복행할 것을 권고하였으나, 기장은 이에 반응하지 않았으며 제1부조종사도 복행을 하지 않았다. 그러나 이때에 복행을 시도했을까라도 <Table. 6>와 같이 ① 6초전, ② 4초전, ③ 2초전에 복행 상승을 하거나 장애물 회피기동을 하는 것을 전제로 한 시뮬레이션 결과를 볼 때에 충돌을 회피하기 위해서는 6초전에 복행이 이루어져야 함을 나타내는 시뮬레이션 결과에 따라 충돌을 회피할 수 없었을 것이다.

Table. 6 CA129 복행 시 상승성능 자료



2) 위험 및 기타 관련 원인

위험 및 기타 관련 원인 중에 운항승무원의 인적요인이나 제도적 문제를 제외하고 선회접근 감시기능으로 인한 핵심사항은 다음과 같다.

- (1) 김해공항의 선회접근절차는 미연방항공청의 계기절차 수립기준(TERPS)에 의거 설계되어, 장애물을 고려한 선회구역의 반경과 장애물 회피기준이 국제민간항공기구의 PANS-OPS기준과 상이하다.
- (2) 항공기가 공항주변의 산악 지형지물에 과도히 접근하는 것을 경고하는 최저안전고도 경고장치가 지상의 접근관계 레이다에 설치되어 있으나 사고 당시 관제사가 시각경고신호를 탐지하지 못하여 사고항공기의 조종사에게 저고도 안전경고를 발부하지 않았다.
- (3) 관제탑에 BRITE 레이다 항적 현시장비가 설치되었으나 관제사의 판단에 영향을 주지 못했다.
- (4) 접근관계레이다에 항공기가 선회접근구역의 이탈을 경고하는 프로그램이 설치되어 있지 않았다.
- (5) 사고항공기에 탑재되어 있는 지상접근경고장치(GPWS)는 보잉사에서 발행한 기능개선을 위한 기능개선회보(SB)에 대한 개선조치가 수행되지 않았으며, 사고 당시에도 경고를 발생하지 않았다.

3. 분석 결과

CA129편 항공기의 사고원인과 위험 관련 원인을 비행 감시적 차원에서 분석한 결과와 시사점은 다음과 같다.

1) 사고원인 중 감시 요인

(1) 사고 항공기는 선회기동 중, 접근범주 C의 규정 속도인 121노트-140노트를 유지 하지 못하고 3 선회 전 까지 Downwind에서 150 - 160 노트의 속도를 유지하였고 FDR 분석자료에 의하면 활주로 18시단과 직각인 위치(선회등 위치)를 158노트로 통과하였는데, 대지속도로는 177노트로 Downwind를 연장하여 지정된 선회구역을 이탈하였다.

(2) 접근관제사는 사고항공기가 지정속도범위를 초과한 사실과 선회구역 이탈사실을 감지하지 못하였고 적절한 주의와 경고를 조종사에게 발부하지 않았다.

(3) 관제탑에 설치된 BRITE 레이더 항적현시장비가 관제사의 지각활동에 영향을 주지 못했다.

(4) 사고항공기의 조종사의 수직적 및 수평적인 비행 상황 인식이 결핍되어 있었다.

2) 시사점

사고원인의 감시요인을 고려할 때에 다음과 같은 사고 억제요인이 있었을 때는 충돌사고를 회피할 수 있었을 것이다.

(1) 현재 항공기에 탑재되어 있었던 지상근접경고장치(EGPWS)가 조종사에게 적절한 경고를 했을 경우나 정밀 지상근접경고장치(EGPWS)가 장착되었다면 충돌을 회피할 수 있었을 것이다.

(2) 관제시설의 선회접근을 감시할 수 있는 정밀한 레이더가 관제사에게 적시에 항공기의 감시구역의 이탈이나 최저강하고도 이하의 강하를 경고하였다면 사고를 회피할 수 있었을 것이다.

IV. 정밀활주로 감시시스템 분석

1. 정밀감시의 충족요건

CA129편의 사고분석을 중심으로 김해 공항에서 선회구역의 이탈을 방지하기 위한 정밀활주로 감시체계를 이용하기 위해서는 아래와 같은 조건이 부합하여야 한다.

1) 선회반경

다음과 같은 선회접근구역을 정밀하게 감시할 수 있어야 한다.

- (1) 접근범주 C-최대 140노트, 착륙활주로 시단에서 1.7NM
- (2) 접근범주 D-최대 165노트, 착륙 활주로 시단에서 2.3NM

2) 최저접근고도

다음과 같은 접근범주별 최저고도의 이탈을 경고할 수 있어야 한다.

- (1) 접근범주 C-700피트 AGL
- (2) 접근범주 D-1100피트 AGL

3) 경고

항공기가 선회 중 지정선회구역 이탈 또는 최저강하고도 이하 비행 시 관제사에게 사전경고를 발부해야 한다.

최저선회접근고도에서의 우발적인 고도강하가 이루어져, 레이더의 최저안전고도경보(MSAW) 선에서 장애물에 도달할 때 까지 고도강하 경향은 3도인 경우 3.25초가 소요되며, 조종사와 항공기의 반응시간은 10초가 소요되어 총 13.25초의 위험신호의 감지와 경계에 따른 반응을 준비하기에 필요하다.

4) 항적자료 경신율

레이더 항적자료 경신율이 최저안전고도로부터 장애물에 도달하기까지의 시간(3.2초)보다 더 짧은 주기로 이루어질 수 있도록 항공기의 이동위치를 업데이트 할 수 있는 전자감시 매커니즘이 운용되어야 한다.

2. 대안의 비교

선회접근 시 정밀감시를 위해서는 IV. 1.에서 제시한 설정된 범주의 선회구역의 감시, 고도감시, 경고기능 및 항적자료경신율 요구도 등을 충족할 수 있어야 한다. 항공기의 선회접근구역이나 최저강하고도 이탈을 정밀 감시하여 항공기에 경고할 수 있는 시스템은 II. 3에서 제시한 시스템 중에 공항감시레이더(ASR)나 관제탑 레이더정보 현시장치(BRITE)의 최저안전고도경고장치(MSAW)와 정밀활주로감시장치(PRM)가 있다. 두 감시시스템의 성능 특성을 비교하면 <Table. 7>과 같다.

3. 분석

1) 기능적 측면

(1) 최저안전고도 경고장치(MSAW)의 항적경신율이 4.8초에 비하여 정밀활주로감시시스템(PRM)은 기능면에서 레이더항적자동추적시스템(Automated Radar Tracking System; ARTS-II/IIIA/B /E)의 항적자료경신 면에서 정밀하고 1초의 높은 경신률을 갖고 있다.

Table. 7 최저안전고도 경고장치(MSAW)과 정밀활주로 감시장치(PRM)의 비

변 인	MSAW	PRM	비 고
고 도	공항감시레이더 모드 C 조회	PRM 모드 C 조회	모드-C 고도조회방식 동일
항적 경신율	4.8초	1초	PRM의 항적자료 경신율 우수
항적회전시간	2초	0.25초	
고도예측	가능	가능	
레이더벡터 불안정도	높음	낮음	PRM이 MSAW보다 예측능력이 5배 우수함
허위경보율	상존	적정수준	700피트 고도에서 경보율을 적정 수준유지함
가시 경보	가능	가능	
구두 경보	가능	가능	
고도 한계	보호구역 당 2개 설정가능	보호구역 당 16개 설정 가능	
항적경신시간 동안의 비행거리 (170노트 기준)	수평-1952피트 수직-246 피트 *4.8초	수평-359피트 수직-19피트 * 1초	
항적자료 상실 COAST TRACK	11.6초	2.25초	MSAW감시거리-3329피트 PRM 감시거리-646 피트

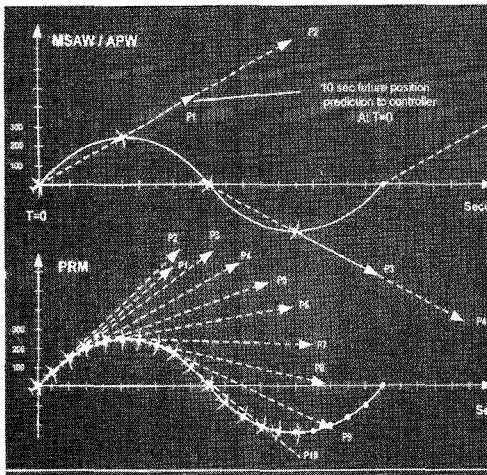


Fig.4 정밀 활주로 감시(PRM) 항적자료 경신율

되나, 정밀활주로 감시도구는 <Fig. 6>과 같이 항공기가 침투불가지역에 접근 시, 가청 및 가시 경고를 관제사에게 제공한다.



Fig. 5 최저안전고도 경보

(2) 최저안전고도 경고장치는 <Fig. 5>와 같이 경보지역 내에서 저고도로 강하 시에 경보가 발령

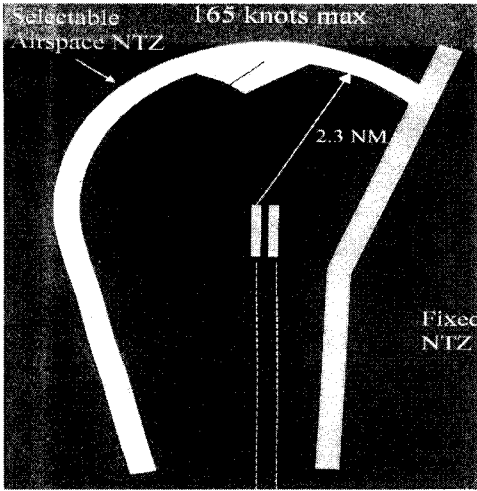


Fig. 6 접근범주 D-선회구역 감시

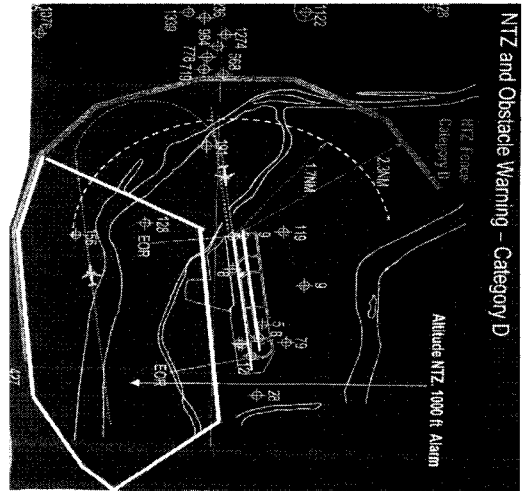


Fig. 8 정밀활주로감시장치의 선회구역 감시

그러나 공항구역에서는 정상적으로 착륙을 위하여 강하하는 항공기도 설정된 최저안전고도 이하로 강하 시에도 경고가 작동됨으로 관제시설에서는 경고고도를 “ 0 ” 으로 설정하거나 저고도 경고에 관심을 집중하지 않는 경향이 있어 최저안전고도 경고장치의 실효성이 의문시 되는 경우가 있다.

(3) 공항감시레이더는 <Fig. 7>과 같이 레이더 모니터에 선회접근구역의 현시가 안 되고 정밀감시가 이루어지지 않으나, 정밀활주로감시시스템 (PRM)은 <Fig. 8>과 같이 공항지역의 선회접근구역의 현시와 정밀감시가 가능하며, 항공교통감시를 위한 모의항적추적과 조종사의 선회훈련이 가능하다.

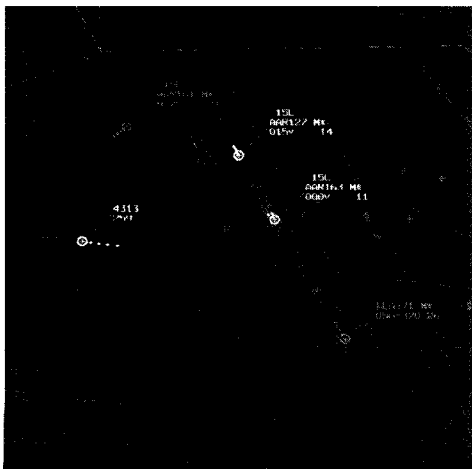


Fig. 7 공항감시레이더 공항구역도

(4) 항공기 운영자의 측면에서는 필수항법성능-지역항법 방식에 의거 웨이포인트(Waypoint)를 따라 비행함으로써 선회접근고도와 지정선회구역의 이탈을 방지할 수 있다.

2) 활용 및 관리적 측면

(1) 공항감시레이더(ASR)는 출발 및 도착 계기비행항공기의 접근관제업무 제공을 주 업무로 하고, 선회접근이 시계기동으로 이루어지기 때문에 선회접근 항공기에 대한 감시(Monitor)는 보조적 기능으로 수행되며 업무 우선순위에서도 타 계기비행 항공기에 뒤진다. 또한 레이더탐 상에 선회접근구역의 현시가 안 되어 있고, 최저안전고도 경고기능(MSAW)도 설정하는 최저고도에 따라 작동하는 운영적 측면의 제한으로 활주로의 정밀감시기능의 수행은 제한적으로 이루어진다.

(2) 관제탑 레이더정보 현시장치(BRIRE)는 관제탑의 관제사에게 공항 주위의 교통 정보를 제공하는 보조적 수단이다. 관제탑은 시계비행이 착륙항공기에게 관제업무를 제공하는 것을 주 업무로 하고 있으며, 관제사의 의사결정은 관제사의 시각 확인을 통하여 이루어지는 것을 1차적으로 하며 레이더 정보는 보조적 수단으로 이용한다. 또한 관제탑 BRITE의 MSAW기능은 빈번하게 착륙을 위하여 강하하는 항공기에 의한 불필요한 MSAW 경고가 관제업무에 지장을 주므로 최저고도(LA)를 “ 0 ” 으로 조정하여 사용하는 경우가 있어 경고의 실효성이 없으며, 공항 주위에 대한 끊임없는 관제사의 시각감시가 주 임무이므

로 관제탑 레이더모니터의 지속적 감시가 소홀해질 수 있어 정밀 활주로감시 기능의 수행이 어렵다.

(3) 정밀활주로감시장치(PRM)는 공항지역의 정밀감시를 위한 레이더 장비로서 선회접근구역의 정밀감시와 경고기능을 수행하는 것을 주 임무로 하므로 활주로의 정밀감시에는 최적의 시스템이다.

V. 결론

김해 공항에서 선회접근 실시 중 지정범주 구역을 이탈하여 주변의 산악지형에 추락한 민간 여객기의 사고조사에서 밝혀진 사실과 공항감시 시스템의 성능 특성을 토대로 아래와 같이 공항의 선회접근 감시절차의 개선을 위한 방안을 도출할 수 있다.

1. 선회접근구역의 설계

현재 국제항공사회는 계기절차 설계 시 국제민간항공기구의 PANS-OPS와 미연방항공청의 TERPS를 사용하고 있으나 공항주변의 고정 장애물의 영향을 무시할 수 없는 경우에는 장애물 기동반경의 폭이 넓고 장애물 통과 고도기준이 높은 국제 민간항공기구의 절차를 채택하는 것이 항공기의 안전 상 유익하다. 다만 항공기가 필수항법성능조건에 따라 RNAV 방식으로 지정선회구역을 비행하는 경우에는 미 연방항공청의 규정적용이 장애물의 영향을 최소화하기 때문에 최저선회접근고도와 시정을 결정하는 데 유리하다. 그러나 한 국가에서 두 가지의 상이한 설계기준을 적용하는 것은 조종사의 혼란이나 인지 상의 착각을 유발할 수 있으므로 공항별 설계기준의 적용에 대한 사항을 조종사가 숙지하고 있음을 확인하여야 한다.

2. 선회접근구역의 정밀감시장치 설치

관제사는 정밀활주로 감시장비(PRM)등을 활용하여 선회접근구역의 이탈 또는, 지상 장애물과 과도한 근접사실을 효과적으로 인지할 수 있으며, 이를 조종사에게 구두로 경고하여 비행안전을 개선할 수 있다.

3. 항공기탑재 지상근접경고장치(GPWS)의 성능 개선

사고항공기의 조사에서 밝혀진 바와 같이, 기존의 GPWS는 선회기동 중 지정된 Mode 상황에 일치하지 않으면 경고를 발생하지 않으나 개선된 GPWS는 장애물의 사전 인식 및 경고가 효과적으로 이루어지므로 개선이 이루어져야 한다.

후 기

이 논문은 2004년도 한국항공대학교의 교비 특성화연구 지원에 의해 수행되었음.

참고문헌

- [1] 건교부, "국지계기절차 통합기준", 2001.
- [2] 건교부항공사고조사위원회, "CA129 사고항공기 사고조사보고서", 2005.
- [3] 건교부, "항공법", 2003. 12.
- [4] 건교부, "항공법 시행령", 2004. 6.
- [5] 건교부, "항공법 시행규칙", 2005. 3.
- [6] 건교부, "항공정보간행물", 2005.
- [7] 국방부, "군용항공기지법", 2004. 1.
- [8] 국방부, "군용항공기지법 시행령", 2005. 3.
- [9] 국방부, "군용항공기지법", 1998. 3.
- [10] 교통개발연구원, "공항규모별 표준화 설계기준 수립을 위한 연구보고서", p.115 - 150, 2004.
- [11] 김병중 · 양한모, "공항 및 공역관리 제도개선에 관한 연구", 항공우주법 학회지 제12호, (Vol.12), p.246 - 274, 2000.
- [12] 레이시온 사. "김해공항 접근범주 C, D 선회구역 정밀감시 알고리즘", 2005.
- [13] 양한모 · 김병중, "한국의 항공로 설계의 법적 근거에 관한 연구", 한국항공운항학회논문집 제9권 제1호, p.31 - 44, 2001.
- [14] 양한모, "차폐이론의 적용에 관한 연구", 대한교통학회지 제20권 제5호, p.55 - 64, 2002.
- [15] 양한모 · 유광의, "항공기 안전에 영향을 미치는 공역설계기준의 적용에 관한 연구", 대한교통학회지 제21권 제1호, p.7 - 19, 2003.
- [16] 이강석, "항공장애물관리규정 개선을 위한 연구", 대한교통학회지 제23권 제3호, p.21-34, 2005.
- [17] 日本 國土交通省, "航空法", 2004.
- [18] CAA, "CAP 168 Licensing of Aerodromes", 2001.
- [19] CAA, "CAP 738 Safeguarding of Aerodromes", 2003.

- [20] EUROCONTROL, " Air Traffic Flow Management Users Manual " , 2003.
- [21] FAA, " A Preliminary Design Process for Airspace Systems " , 2000.
- [22] FAA, "Airspace Management Hand- book", 1999.
- [23] FAA, "Air Traffic Control", FAA Order 7110.65P, 2005.
- [24] FAA, "14 CFR Part 77.13, 15, 23, 27, 28", 2004.
- [25] FAA, "National Airspace System Architecture Version 4.0", 1999.
- [26] FAA, "Procedures for Handling Air- space Matters", 2003.
- [27] FAA, "Terminal Instrument Pro- cedures" , FAA Order 8260.3B, 2005.
- [28] ICAO, " Air Tric Services Planning Manual " , Doc 9426-AN/924, 2004.
- [29] ICAO, " ANNEX 14 ", Aerodrome, 2004
- [30] ICAO, " Aircraft Operations " , , Doc. 8168-OPS/611 Volume II, 2004.
- [31] ICAO, " Airport Service Manual Part 6 " , Doc. 9137-AN/898, 2004.
- [32] ICAO, " Air Traffic Management " , 2001.