

論文

활주로 침범 위험 분석 체크리스트 개발

맹 성 규¹⁾, 정 윤식²⁾, 최 진 국³⁾, 권 보 헌⁴⁾

Development of Runway Incursion Risk Assessment Checklist

Sung Kyu Maeng*, Yoon Sik Jung**, Jin Kook Choi***, Bo Hun Kwon****

ABSTRACT

One major safety issue of surface operations is the occurrence of runway incursions. Runway incursions are the consequence of multiple operational and/or environmental factors. Human error is known to contribute to almost every runway incursion. One major contributing factor for runway incursions is the crew lack of situational awareness during airport surface operations, induced by weather considerations, by complex airport factors or by crew technique itself; it is also caused by ATC issues. Various airport factors may affect pilot situational awareness, distract the crew, or lead to crew confusion. The recommendations to avoid runway incursions are manifold; Proper Crew's CRM/TEM skills, adequate communication technique, proper knowledge of airport surface markings, lights and signs and preparation of preparation of expected taxi out/in routing. Also runway incursion risk assessment on specific airport before flight may lead to aware of risk level and contribute to prevent runway incursion.

Key words : 활주로 침범(Runway incursion), 착각(Confusion), 위험 분석(Risk assessment), 활주로 안전(Runway safety), 활주로 이탈(Runway excursion)

1. 서 론

항공 산업의 발달과 수요 증가에 따라 항공 교통량은 매년 5% 이상 증가하고 있다. 항공기는 1991년 약 11,000대에서 2010년 20,746대로 증가하였다.(Boeing, 2011) 이러한 항공 교통량

과 항공기의 증가에 따라 항공 사고율은 큰 변화가 없으나 항공 총 사고 건수는 증가하였다. 항공사고 중 공중 충돌, 지상 충돌(CFIT) 및 활주로 상 충돌은 인명과 항공기가 손상되는 치명적인 사고(fatal accident)로 볼 수 있다. 본 연구는 이 중 활주로 상에서 발생하는 활주로 침범 예방을 위한 '활주로 침범 위험 분석 체크리스트 개발'에 대한 것이다.

Ascend사에서 발간한 세계 항공 사고 요약(WAAS) 자료에 의하면 1995년부터 2008년까지의 운송용 항공기 사고 총 1,429건 중 431건(30%)이 활주로 상의 사고로 나타났으며 이 중 사고의 10%가 사망자를 발생시켰다. 활주로 침범 사고는 전체의 0.6%에 불과하나 치명율(Fatal rate)은 다른 사고보다 높은 편으로 활주로 침범

2012년 월 일 접수 ~ 2012년 월 일 심사완료

1) 국토해양부, 한국항공대학교 박사 과정

2) 항공우주 정책 연구소 책임 연구원

3) 아시아나 항공 운항품질 감독관

4) 대한항공 기장, 연락처자, E-mail :

kwon9295@naver.com 서울 강서구 공항동 1370

이 대형 사고로 이어질 가능성이 높게 나타나고 있다. (FSF, 2009)

유럽 지역에서는 3-4일에 한 번 활주로 침범 사고가 발생하고 2-3개월에 한 번 정도 충돌 직전의 사고가 발생하고 있다. (Airbus, 2004)

활주로 침범은 세계 어느 공항에서도 발생할 수 있는 위협 요소이며 야간 저시정에서 뿐만 아니라 주간 시계 비행 기상에서도 많이 발생하고 있다.

제37차 ICAO 총회 시 활주로 이탈·침범·오인 사고의 심각성을 인지하고 전 회원국으로 하여금 사고 예방책을 촉구한 바 있으며 운송량 세계 7위(ICAO Annual Report, 2009)인 우리나라에서도 국민의 안전을 보장하고자 항공기 이착륙 상황별 사례를 연구하고 실질적으로 활주로 침범을 예방하는데 도움을 줄 수 있는 대책을 강구할 필요성이 제기되었다.

Eurocontrol의 'Runway Safety Office'에서는 2008년 '활주로 침범 분석 모델(Model of Airport Runway Incursion assessment)'인 ARIA를 제작하여 배포하였다. 마이크로소프트사의 엑셀로 제작된 ARIA는 위험 요소를 입력하면 결과와 대응 방법까지 제시되는 좋은 프로그램이나 위험 요소에 대한 가중치가 고려되지 않았으며 조종사들이 간편하게 사용하는 데는 한계가 있다. 따라서 위험 요소에 대한 가중치가 고려되고 조종사들이 비행 브리핑 중 사용 가능한 간편한 '활주로 침범 위험 분석' 체크리스트를 개발할 필요가 있다.

2. 본 론

2.1 연구의 방법 및 범위

1) 연구의 방법

본 연구는 활주로 침범에 대한 선행 연구 및 문헌 고찰을 통해 이론적 근거를 확보하고 조종사 설문 조사 및 질적 연구를 수행하였다. 설문 조사 방법은 인터넷을 사용한 설문을 실시하고 인적 요인, 공항 요인, 절차 요인 및 기상 요인과 활주로 침범과의 연관 관계를 찾아냈다. 질적 연구는 교관급 조종사들의 집단 토론을 통해 도출된 활주로 침범 요인을 분석하고 AHP 기법

을 활용한 각 요인별 가중치를 산출하였다. 설문 조사, 질적 연구, AHP 설문에서 각각 도출된 활주로 침범 관련 항목의 중요도와 미국 CAST(Civil Aviation Safety Team)에서 분석한 자료와 비교하여 가중치를 보정하였다.

2) 연구의 범위

본 연구의 범위는 활주로 침범에 대한 제 요인을 밝히고 각 요인에 대한 가중치를 산출한 다음 활주로 침범 위험 정도를 산출할 수 있는 체크리스트 개발과 활주로 침범 대응 방안 제시에 있다.

2.2 활주로 침범 이론적 고찰

1) 활주로 침범 분석

활주로 침범은 “항공기·차량·사람이 항공기 이착륙을 위해 지정된 보호구역에 부적절하게 진입하여 이착륙 또는 이동 중인 항공기와 충돌 위험이 있었던 상황.”이라고 정의 되어 있다.(The Procedures for Air Navigation Services-Air Traffic Management (PANS-ATM, Doc 4444))

활주로 침범은 여러 운항 및 환경요소에 의해 발생한다. 활주로침범에 영향을 주는 주요 요인으로는 승무원의 상황 인식 실패, ATC 문제와 같은 인적 요인, 복잡하고 혼동을 주는 공항 lay-out 및 표지, 복잡한 운항 절차 및 수행해야 할 업무의 과다, 날씨 또는 시정 등이다.

미국에서는 2000-2003년 사이 1,475건의 runway incursion이 발생하였다. (FAA, 2010)

2007년 이 후 활주로 침범, 오인⁵⁾, 이탈⁶⁾에 대한 국내사고 건수는 사고, 준사고 포함하여 13건(18.6%)이며 이 중 활주로 침범·오인 건수는 총 4건으로 5.71%이다. 활주로 침범·오인 사고 4건 중 3건이 여객을 수송하는 Airline 항공기에

5) 활주로 오인은 아직 ICAO 매뉴얼에 정의되어 있지 않으나 조종사가 착각에 의하여 관제사가 지시하지 않은 활주로에서 이륙 또는 착륙을 하는 상황 또는 관제사가 의도하지 않은 활주로에서 이륙 또는 착륙을 지시하는 상황이라고 할 수 있다.

6) 활주로 이탈은 비행기가 이륙하거나 착륙 중 활주로를 사용하면서 발생하는 것으로서 고의성과 비교의성이 포함된다. 항공기 이탈사고에는 2가지 종류가 있으며 하나는 비행기가 활주로 끝부분까지 벗어나는 Overrun과 활주로 바깥쪽으로 이탈하는 Veer-off로 구분된다.(FSF, 2009)

의해 이루어졌다. (항공 철도 사고조사위원회 자료 정리, 2011) 군 항공기는 통계 자료가 없어 분석이 불가능하다. 그러나 국내 공항들은 민, 군이 같이 사용하므로 연구할 필요성이 있다.

국제사고 현황으로는 1995년부터 2008년까지 Turbo jet 및 Turbo prop 항공기 기준으로 1,429건의 항공 사고가 발생했다. 이 중 활주로 사고에 관련된 사고는 총 431건이며 활주로 이탈이 417건으로 전체 사고의 약 29%를 차지하고 있으며 활주로 침범은 10건으로 0.6%를 차지하고 있다. 431건의 활주로 사고 중 41건에서 인명 손상이 발생했으며 34건은 활주로 이탈과 관련되어 있다. (FSF, 2009)

2) 활주로 침범 원인

2004년에서 2007년까지 미국내 활주로 침범의 주요 원인을 타입별로 살펴보면 조종사 위반(55%), 운영 실수/위반(29%), 이동 차량/보행자 위반(16%)이다.(FAA, 2008) 국내 연구 결과 역시 관제사의 부적절한 지시 보다 조종사/지상차량 운용자의 지시 불이행이 더 위험한 요소로 평가되었다.(김도현 외, 2010) 활주로 침범 사고는 야간뿐만 아니라 주간에도 발생하고 있으며 복합적인 원인에 의해 발생하고 있다. 조종사에 의한 활주로 침범의 중요한 원인 중의 하나는 지상 이동 중 상황 인식 부족, ATC와의 Communication error, 착각 등으로 나타났다.(Airbus, 2004)

인간의 상황 인식 능력은 정보 처리 능력 및 기억력 등에 의해 영향을 받는다. 운항을 하는 과정은 몇 가지의 업무를 동시에 수행해야 하는 경우가 많다. Taxiing을 하며 ATC를 하고 승무원간 대화를 하고 주변을 살펴야 한다. Sterile cockpit 절차가 있기는 하지만 workload 자체를 줄여줄 수는 없다. ATC, 기상, 항공기 상태, 주변 환경 등 모든 것이 distract 요인으로 작용할 수 있다.

Communication Error 중 read-back 및 hear back error로 인한 것이 31%로 가장 높은 비중을 차지하고 있다. 미국 ASRS 보고에 의하면 의사소통 오류로 인한 활주로 침범의 33%가 어떤 지시를 할 것이라는 조종사의 기대와 예상에 의한 것이었다.(e.g. Cardosi, Falzarano, and

Han, 1999) 일단 우리는 어떤 정보를 접수하여 “그것이 맞다”라고 믿어버리면, 그것과 맞아 들어가는 정보를 취하고, 상반되는 정보는 무시해 버리는 경향이 있다.

기상으로 인한 요소들은 저시정(안개, 먼지 (e.g.: 공사현장에서 날아오는 것들, 불빛이나 강우), 예상했던 활주로 가지거리보다 시정이 나쁜 경우, 태양광 반사에 의한 조종사 시각 장애 발생 및 눈이나 얼음이 공항의 노면의 표식을 덮고 있을 경우, 야간 운항 등이다.(Airbus, 2004)

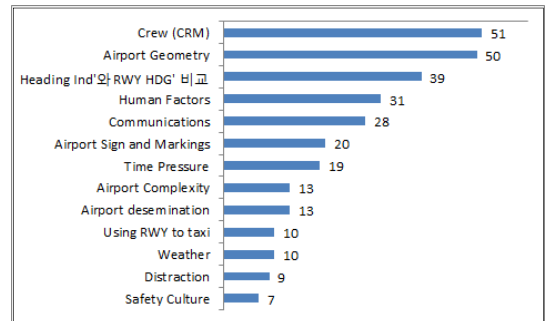


FIG 1. Wrong Runway Contributing Factors Citation 요약(CAST, Wrong Runway Departure,2007)

3) 활주로 침범 예방 활동

(1) 충돌 위험 지역(Hot spot) 설정

ICAO(1996)는 Hot spot을 ‘조종사/ 운전자의 높은 주의를 필요로 하는 지점으로 활주로 침범, 충돌 위험이 잠재되어 있는 또는 이러한 이력이 있는 공항내의 이동지역’이라고 정의하고 위험도가 높은 공항 차트(Airport Diagram)에 표기하도록 권고하였다.

(2) 활주로 상태등 표시 시스템(RWSL; Runway Status Light System) 도입

활주로 상태등 표시 시스템은 FAA가 달라스 Fortworth 국제공항의 활주로 침범의 위험성과 빈번함을 감소시키기 위해 시작한 프로젝트 중 하나이다. 활주로 상태등 표시 시스템은 전 자동으로 작동되며 활주로를 사용 중에 있는지를 모니터링하여 조종사에게 직접 알려주는 시스템이다. 구성은 RELs (Runway Entrance Lights), THLs(Takeoff Hold Lights), FAROS(Final Approach Runway Occupancy Signal)로 이루어져 있다. RELs은 활주로 진입이나 횡단이 안전

하지 않을 경우 붉은 등이 점멸한다. THLs은 항공기가 이륙하기에 안전하지 않을 경우 붉은 등이 점멸한다. FAROS는 활주로가 점유되어 있고 착륙하기에 안전하지 않을 경우 PAPI가 점멸한다.

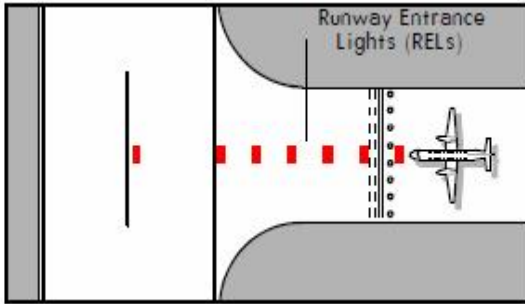


Fig 2. 활주로 진입등

2.3 설문 조사 및 분석

1) 설문 조사 방법

설문은 국내 거주 항공 관련 내국인 종사자를 대상으로 인터넷 설문 방식을 채택하여 실시하였다. 약 2개월간 181개의 응답을 받았으며 이중 179개에 대해 분석하였다.(99%가 항공사 조종사로 나타남)

2) 설문 구성

설문 내용은 활주로 침범에 대해 항공 종사자들이 일반적으로 가지고 있는 인식 및 활주로 침범에 대한 교육을 언제, 어떻게, 어느 정도의 빈도로 받는 지 등에 대한 기본 정보 문항과 활주로 침범 원인이 어디에 기인하고 있다고 생각하고 있는지에 대한 문항 및 응답자가 항공 표지에 대해 잘 알고 있다고 생각하는 경우 실제로 잘 알고 있는지를 판단하기 위한 '활주로 표지에 대한 지식 측정' 문항 등으로 구성하였다. 활주로 침범에 영향을 미치는 요소에 대한 문항은 3가지씩 응답하도록 하였다.

3) 설문 분석

설문 분석은 일반적인 통계 분석과 활주로 침범 원인에 대한 항목 별 상관관계를 분석하였다. 설문 분석 결과 활주로 침범에 대한 가장 큰 원인은 인적 요인으로 보고 있으며 '활주로 침범

원인 vs 업무 경력별' 및 '활주로 침범 원인 vs 연령별'이 유의한 상관관계를 나타냈고(Pearson 카이제곱 접근 유의확률: 업무 경력별; 0.043, 연령별; 0.024, $P < 0.05$) 기타 항목은 유의한 상관관계가 나타나지 않았다.

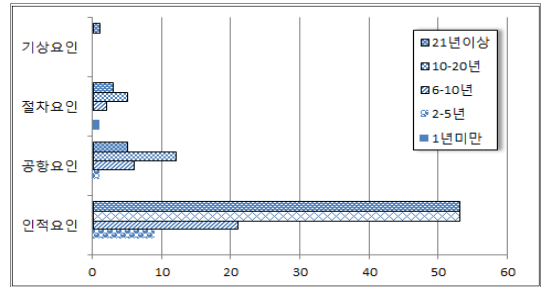


Fig 3. 업무 경력별 응답 분포

경력별 응답은 대부분 '인적 요인'이 활주로 침범의 가장 큰 원인이라고 보고 있다. 인적 요인에 가장 크게 영향을 미치는 요소는 'communication error', '상황인식 error', '착각'으로 응답하였다.

'communication error'의 주 원인은 '비 표준용어 사용'(53.9%), 부정확한 이해'(67.8%), '긴 지시문장'(45%)이며, '상황인식 error'에 대한 주 원인은 '지시 내용에 대한 부정확한 이해'(63.3%), '익숙하지 않은 공항'(47.8%), '예측하지 못한 지시'(42.2%)였다. '착각'의 주원인은 '지시내용의 부정확한 이해'(58.3%), '기대에 의한 예측'(57.8%), '기존 경험과 다른 지시'(37.8%)라고 응답하였다. 일반적인 요소로서 활주로 침범에 대한 교육은 주로 '소속 조직'에서 받으며 침범 방지 교육은 연간 1-2회 받는 것으로 나타났다. '활주로 침범 매뉴얼'은 본 적이 없거나 어떻게 활용하는지 모른다가 전체 응답의 56.2%를 차지해 활용도가 높지 않은 것으로 나타났다. 활주로 침범 방지훈련은 주로 '사례교육'으로 진행하며 새로 변경된 활주로 표시방식에 대해서는 응답자의 85.5%가 이해하고 있는 것으로 응답하였으나 실제 문제에서는 '유도로 중심선'에 대한 질문에서 68.3%, '일시 정지 위치 표시'에서는 45%만 정답을 맞히어 본인이 알고 있다고 생각하는 지식과 실제와 차이가 있었다.

2.4 AHP 설문 분석

1) 설문 대상 및 평가 항목

평가 항목	평가 지표
인적 요인	Communication error 방지
	상황인식 error 방지
	착각 방지
공항시설 요인	Aerodrome Marking에 대한 이해
	Aerodrome Lay-out의 단순화
	지상 Detect 장비(Surveillance RADAR 등)의 설치
절차 요인	절차의 단순화
	수행해야 할 절차의 간략화
	Runway incursion 예방을 위한 SOP의 개선

Fig 4. 평가항목과 평가 지표

AHP 설문은 K항공사에 근무하는 비행 교관급 기장 11명, 학술 교관급 부기장 3명을 대상으로 설문하였으며 2.3항의 설문 내용 중 활주로 침범에 영향을 미치는 요소 중 응답율이 높은 3가지 요인(인적요인, 공항요인, 절차요인)에 대해 평가 지표를 정하였다.

2) 분석 결과

(1) 평가 항목 간 가중치 설정

Table 1. 평가 항목 간 가중치

	인적요인	공항시설	절차요인	가중치	CI	0.06
인적요인	1	4.453	6.533	0.710	CR	0.11
공항시설	0.225	1	4.2	0.219		
절차요인	0.153	0.228	1	0.071		

평가 항목 간 비교에서 기하 평균의 합은 인적 요인 가중치:0.710, 공항시설요인 가중치:0.225, 절차요인 가중치:0.071로서 전문가 의견 종합 결과 인적 요인에 더 큰 비중을 두고 있는 것으로 나타났다. CI값은 0.1보다 작은 0.06이 나왔으므로 일관성 있는 판단이며 신뢰 가능한 결과이다. CR값은 0.1보다 큰 0.11이 나왔으나 CR값은 0.2까지는 일관성 있는 판단이라고 인정하기 때문에 신뢰 가능한 결과이다.

(2) 항목과 평가 지표간 가중치 설정

인적요인 측면에서 기하 평균의 합은 평가 항목

간 비교에서 Communication error방지 가중치:0.457, 상황인식error 가중치:0.405, 착각 방지 가중치:0.138로서 전문가 의견 종합 결과, Communication error방지에 더 큰 비중을 두고 있는 것으로 나타났다.

공항 시설 요인 측면에서 기하 평균의 합은 평가 항목 간 비교에서 Aerodrome Marking에 대한 이해 가중치:0.491, Aerodrome Lay-out의 단순화 가중치:0.361, 지상 Detect장비(Surveillance RADAR등)의 설치 가중치:0.148로서 전문가 의견 종합 결과 Aerodrome Marking에 대한 이해에 더 큰 비중을 두고 있는 것으로 나타났다.

절차 요인 측면에서 기하 평균의 합은 절차의 단순화 가중치:0.630, 수행해야 할 절차의 단순화 가중치:0.256, 활주로 침범예방을 위한 SOP의 개선 가중치:0.225로서 전문가 의견 종합 결과 절차의 단순화에 더 큰 비중을 두고 있는 것으로 나타났다.

요인과 가중치 항목은 활주로 침범 예방 설문과 동일하며 동 설문에서 기상요인은 1%미만으로 나타나 가중치 계산에서 제외하였다. 그러나 질적 연구와 사례 분석에서 기상 요인도 분명히 영향을 줄 수 있으므로 나타나 플러스 요인(+)으로 설정하였다. 즉 가중치 계산에는 들어가지 않지만 저시정 또는 야간일 경우 위험 요인이 증가될 수 있다는 것이다.

가중치 계산 결과는 Table 2와 같다.

Table 2. 가중치 종합 결과표

요인과 가중치	중간 요인과 가중치	세부 요인	세부요인 가중치	종합 가중치
인적 요인 0.71	Communication 0.46	ATC 비용이성	0.58	0.19
		비표준용어 사용	0.29	0.09
		긴 문장으로 지시	0.13	0.04
상황인식 0.4	상황인식 0.4	지시내용 이해 어려움	0.53	0.15
		Non Familiarized Airport	0.32	0.09
		예측 곤란한 지시	0.15	0.04
착각	착각	지시 내용 이해 어려움	0.64	0.06

	0.14	Plan과 다른 지시	0.19	0.02
		동일한 상황에 가끔 다른 지시	0.17	0.02
공항 시설	1	공항 표지판의 판독 능력 부족	0.49	0.11
요인		Aerodrome lay-out 복잡	0.36	0.08
0.22		지상 surveillance RADAR 없음	0.15	0.03
절차 요인	1	절차의 복잡성	0.63	0.04
0.07		수행해야 할 절차 많음	0.26	0.02
		SOP에 활주로 침범방지 방법미수록	0.11	0.01
기상 요인	기상 요인	저시정, 야간		
TOTAL				1

2.5. 토론 및 심층 면담에 의한 질적 연구

활주로 침범관련 사고를 예방적 차원에서 접근하기 위하여 실제 운항경험과 관련 전문지식을 겸비한 항공 전문가 그룹의 심층적인 토론을 통해 실제적인 위협과 오류의 요인을 파악하고자 하였다. 이를 위해 A 항공사 국내 거주 교관급 조종사 70명을 3인에서 5인으로 한 그룹을 구성하여 그룹으로 토론을 실시해서, 활주로 침범사고에 영향을 많이 줄 수 있는 위협요인에 대하여 도출하였다.⁷⁾

1) 심층토론 분석결과

활주로 침범을 발생시키는 주요 Threat요인은 ATC(38%), 공항위협(22%), 악기상 및 시계불량(16%)의 순으로 분석되었다. 활주로침범을 발생시키는 주요 Error & UAS요인으로는 의사소통(39%), 활주로관리/유도로관리(29%), SOP(표준화절차)(21%)의 순으로 나타났다.

2) AHP 가중치 산출 결과와 질적 연구 비교

AHP에 의한 가중치 산출 결과와 질적 연구의

전문가 심층 토론 결과에서 유사한 내용을 통합하여 통합비교 분석표(Table 3)를 만들었다. 기본 설문과 질적 연구 항목이 완전 일치하지는 않았으나 대부분 유사한 내용으로 군집화 되었다. 질적 연구에서 제기된 '항공기 지연', '객실 승무원실수' 등 활주로 침범, 오인, 이탈과 직접적인 연관관계가 없는 항목들은 통합표에서 제외하였다.

2.6. 종합 분석 결과

종합 비교 분석은 일반 조종사 및 항공 종사자들을 대상으로 한 설문 분석과 이 분석을 토대로 만들어진 설문 내용을 이용하여 전문가 소집단을 대상 한 AHP 가중치 분석 그리고 다른 항공사 약 70여명의 교관급 조종사들을 대상으로 한 심층 분석 자료를 비교하였다.

4가지 연구에서 약간의 차이는 있으나 인적 요인에 의한 활주로 침범, 오인, 이탈 가능성이 높은 퍼센트를 나타내고 있다는 것을 알 수 있다. 다. 가중치 계산 결과는 Table 3과 같다.

Table 3. 통합 비교 분석표

활주로 침범 요인	일반 설문	AHP 가중치 결과	질적 연구	CAST 자료
인적 요인	76.5%	0.71	44.5%	49.2%
공항 요인	14.0%	0.22	17%	26%
절차 요인	6.1%	0.07	14.8%	15.4%
기상 요인			16.5%	3%

통합 비교 분석표에서 일반 설문과 설문을 기반으로 만들어진 AHP 가중치 분석표는 유사성이 많으나 A 항공사 전문가 집단을 이용한 질적 연구에서는 설문 및 AHP 가중치 결과와 다소의 차이를 보이고 있다. 그러나 절차로 분류된 항목들도 인적 요인에서 시작되는 것인 만큼 인적 요인에 의한 문제 발생 가능성이 가장 높은 것이 확실하다.

Table 4 .RIRA(Runway Incursion Risk Assessment) Checklist

요인	중간요인	세부 요인	점수	Mark
인적 요인 0.6	Communication 0.46	ATC 용이성 (0.58) - 알아듣기 어려운 관제사 발음, 속도 - 많은 항공기로 무선교신 혼잡 - 이중 언어 사용 유사 호출 부호	0.16	<input type="checkbox"/>
		비표준용어 사용 (0.29)	0.08	<input type="checkbox"/>
		긴 문장으로 지시 (0.13) - 길고 여러 개의 관제 지시 - 복잡한 관제지시	0.04	<input type="checkbox"/>
	상황인식 0.40	지시내용 이해 어려움 (0.53) - Unclear ATC instruction	0.13	<input type="checkbox"/>
		Non Familiarized Airport (0.32) - 익숙하지 않은 공항	0.08	<input type="checkbox"/>
		예측 곤란한 지시 (0.15) - 갑작스러운 RW변경 - 빠른 이륙지시	0.04	<input type="checkbox"/>
	착각 0.14	지시 내용 이해 어려움 (0.64) - Unclear ATC instruction	0.05	<input type="checkbox"/>
		Plan 과 다른 지시 (0.19)	0.01	<input type="checkbox"/>
		동일한 상황에 가끔 다른 지시 (0.17) - 갑작스러운 Intersection T/O	0.01	<input type="checkbox"/>
	공항 시설 요인 0.22	공항 시설 1.0	공항 표지 시설 미흡 및 판독 능력 부족 (0.49) - SMGCS 미비 - 알아보기 어려운 표지시설 sign - 희미한/불분명한 유도로/활주로 마킹 - 활주로/유도로 Light 시설 미비	0.11
Aerodrome lay-out 복잡 (0.36) - 복잡한 유도로/복수 활주로 구조/설계			0.08	<input type="checkbox"/>
지상 surveillance RADAR없음 (0.15)			0.03	<input type="checkbox"/>
절차 요인 0.15	절차 요인 1.0	절차의 복잡성 (0.63) 공항의 특이한 절차 많은 지점 경유 - 알아보기 어려운 차트	0.09	<input type="checkbox"/>
		수행해야 할 절차 많음 (0.26) - ATC 주파수 변경 많음 - 바쁜 단계에서 객실과 교신 필요	0.04	<input type="checkbox"/>
		SOP에 활주로 침범 방지 방법 미수록 또는 교육 미실시 (0.11)	0.02	<input type="checkbox"/>
기상 요인 0.03	기상 요인 1.0	저시정(안개, Mist, 강우) (0.7) 강설 (1 inch이상) (0.3)	0.01 ~ 0.03	<input type="checkbox"/>
TOTAL				

요인은 높은 비중을 차지하고 있지 않으나 제외할 수 없는 중요한 요소 중의 하나이다. 단 연구에서 활주로 침범, 이탈, 오인 사고 발생의 대부분이 주간 시계 비행 기상(07:00L - 18:00L, VMC)에서 발생해서 저시정은 사고 발생 기여 원인이 될 수 있으나 야간은 영향을 주지 않았다고 볼 수 있다. 따라서 기상에 의한 요인은 CAST 자료를 활용하여 3% 가중치를 주는 것으로 설정하였다. 절차 요인은 질적 연구와 CAST 자료의 값이 유사하므로 15%를 가중치로 하였다. 공항 시설 요인은 AHP의 가중치를 채택하여 22%로 하였으며 나머지는 인적 요인에 의한 것으로 60%로 하여 적용하였다.

3. 결론

활주로 침범 사고는 자주 발생하지는 않지만 치명적인 사고로 발전할 수 있는 위험 잠재 요인이 큰 사고이다. 지금까지는 FAA 자료에서도 대부분 단순하고 위험도가 낮은 C 또는 D 클래스가 97%(2008년 통계자료)를 차지하고 있고 국내 역시 치명적인 사고가 발생하지 않아 큰 문제가 없는 것으로 보이나 잠재된 위험요인은 크다고 할 수 있다. 국내 사고인 경우 C 또는 D 클래스에 대한 자료는 확인이 거의 불가능하였다.

활주로 침범을 원인 별로 살펴보면 국내외 자료 및 설문 조사에서 인적 요인이 활주로 침범 사고의 70% 이상을 차지하고 있는 것으로 나타났다.

설문 및 질적 연구에서 인적 요인으로 발췌된 3 요소는 'Communication error' '상황인식 error' '착각'이었다. 이 3 요소에 대해 다시 세부적으로 각각 3 요소를 만들어 가중치를 계산했으며 이를 이용해서 '활주로 침범 위험 분석 체크리스트'(table 4)를 만들었다. 비행 전 브리핑 시에 사용할 수 있을 정도로 간략히 제작하여 활용도를 높였다. 만약 국가 기관에서 '활주로 침범 위험 분석 체크리스트'를 각 항공사에서 사용할 수 있도록 적극 배포 및 사용 권장을 한다면 활주로 침범 예방에 도움이 될 것이다. 사용 방법

은 간단하다. 취항하고자 하는 공항의 어떤 요인이 RIRA 체크리스트의 세부 항목에 해당하면 우측에 표시를 하고 표시된 항목들의 점수를 더해 주면 활주로 침범 위험 점수를 확인할 수 있다. 몇 점 이상이 위험하다고 정의하기 위해서는 많은 공항을 본 체크리스트를 이용하여 분석한 다음 기준을 정하는 것이 바람직하다.

활주로 침범 예방을 위하여 '활주로 침범 위험 분석 체크리스트' 사용에 더하여 문제점으로 제기되었던 'Communication error'와 '상황인식 error'를 감소시킬 수 있는 방안을 검토하여야 할 것이다.

'Communication error'를 예방하기 위해서는 '표준 용어' 사용, 말의 빠르기 조절, 긴 문장 지시 지양 등이 이루어져야겠고 정확한 'read-back'과 'hear-back'이 필요하다. 또한 중국과 같이 2개 국어로 관제하는 경우 'Communication error' 뿐만 아니라 '상황인식 error'에 대한 대비도 필요하다.

지상에서 항공기에 의한 활주로 침범을 방지하기 위해서는 보다 더 첨단 장비를 이용할 필요가 있다. 예를 들면 Line up 대기 지점에 지금과 같이 STOP-BAR light 및 다용도 전광판으로 활주로 진입로 좌측에는 '관제사 지시'를 문자로 보여 주고 '우측'에는 '최종 접근 경로에 있는 항공기 위치'를 나타내 주는 장치를 설치한다면 'Communication error'와 '상황인식 error'를 동시에 감소시켜주는 효과가 있을 것으로 판단된다. 또한 저시정 등에서는 조종사들이 따라갈 수 있는 'Green light 시스템'과 같은 등화 장치와 활주로 진, 출입로 주변에 'dynamic 전광판'을 설치해서 조종사에게 필요한 정보를 제공할 것을 권고한다.

마지막으로 국가 기관과 항공사가 함께 참여하는 범국가적 "Task Force Team"을 만들어 사례 분석과 자료 수집을 하고 이를 토대로 모든 항공사가 적용할 수 있는 훈련 방식 및 교재를 만들어 제공해 준다면 활주로 침범 예방에 큰 도움이 될 것이다.

참고 문헌

1. 김 도현, 김 응이, 최 연철, '활주로침범 위험 요소에 대한 계층적 분석 연구' 한국 항공 경영학회지 제 8권 제 3호, 2010.
2. Airbus, 'Flight Operations Briefing Notes, Airbus, 2004.
3. Boeing, 'Statistical Summary of Commercial Jet Airplane Accidents'Worldwide Operation 1959 - 2010, 2011.
4. Cardosi, K., Falzarano, P., and Han, S., (1999). Pilot-Controller Communication Errors: An Analysis of Aviation Safety Reporting System (ASRS) Reports. Federal Aviation Administration report DOT/FAA/AR-98/17.
5. CAST, 'Wrong Runway Departure' 2007.
6. EUROCONTROL, 'European Action Plan for the Prevention of Runway Incursions', 2011.
7. FAA, 'Annual Runway Safety Report 2010', 2010.
8. FAA, 'National Runway Safety Plan (2009-2011), FAA Air Traffic Organization, 2008.
9. FSF, 'Reducing the Risk of Runway Excursions', 2009.
10. IBAC, 'Preventing Runway Incursions Best ICAO, Doc4444 PANS-ATM-Air Traffic Management', 1996.Practices on the Flight Research and Development Seminar, 2009.
11. Jeppesen, 'Jeppesen Airway Manual', 2011. Deck', 2006.
12. Maria P Kuffner & Robert Perkins, 'Human Factors Assessment of Runway Status Lights and Final Approach Runway Occupancy Signal', 8th USA/Europe ATM
13. Woods, D. D., Johannesen, L. J., Cook, R. I., & Sarter, N. B., Behind human error: Cognitive systems, computers, and hindsight Wright-Patterson AFB, OH: CSERIAC Program Office.1994.