

## 論文

## 활주로안전구역 위험평가 개선모델 적용 연구

김도현\*, 홍승범\*\*

## An Application of the Improved Models for Risk Assessment of Runway Safety Areas

Do-Hyun Kim\* and Seung-Beom Hong\*\*

## Abstract

The RSA is intended to prevent the following five types of events from becoming an accident: landing overruns, landing undershoots, landing veer-offs, takeoff overruns and takeoff veer-offs. The improved models are based on evidence from worldwide accidents and incidents that occurred during the past 27 years. The analysis utilizes historical data from the specific airport and allows the user to take into consideration specific operational conditions to which movements are subject, as well as the actual or planned RSA conditions in terms of dimensions, configuration, type of terrain, and boundaries defined by existing obstacles.

This paper shows how to apply the improved models for Risk Assessment of Runway Safety Areas (Airport cooperative research program(ACRP) Report 50) into an airport and the outcome differences between the old models based on ACRP report 3-Analysis of aircraft overrun and undershoots for runway safety areas and the new models from ACRP report 50 in the specific airport.

**Key Words** : Risk assessment Model(위험평가모델), Risk safety areas(활주로안전구역), Runway excursion(활주روی탈), Overrun(활주로 과주), Undershoot(활주روی전 착륙)

## 1. 서 론

활주로안전구역(Runway safety area; RSA)은 항공기가 활주로과주(overrun), 활주روی전착륙(undershoot) 또는 활주روی탈(veer-off)과 같은 활주روی탈상황이 발생했을 때 그 손상을 줄이기 위하여 설정된 활주로를 둘러싼 일정 구역을 말한다[1]. 이 구역 중 접근활주로의 시단 앞쪽에 착륙하거나 종단을 지나쳐 버린 항공기의 손상을 줄이기 위하여 활주로 중심선의 연장선에

대칭으로 착륙대 종단 이후에 설정된 구역을 활주로종단안전구역(Runway end safety area; RESA)이라 한다[2].

1959년부터 2013년까지의 항공기 사고통계[3]에 근거하면, 세계 제트항공기에 의해 발생한 치명적 사고<sup>1)</sup> 중 43%가 항공기 이·착륙 단계에서 발생하며, 이 단계에서 발생한 치명적 피해가 전체의 25%를 차지한다고 보고되었다. 비록 많은 사고들이 인적오류와 같은 형태의 요인에 기인하기도 하지만, 활주로를 포함한 비행장 환경 역시 치명적 사고의 발생빈도와 심각도에 영향을 주는 중대한 요인이 되기도 한다.

RSA 위험평가 모델[4]은 2008년 Airport Cooperative Research Program(ACRP)의 하나로

2015년 05월 19일 접수 ~ 2015년 05월 27일 심사완료  
논문심사일 (2015.05.23. 1차)

\* 한서대학교 항공교통학과 교수

\*\* 한서대학교 항공전자공학과 교수

연락처, E-mail : sbhong@hanseo.ac.kr

충남 태안군 남면 신온리 한서대학교 태안비행장

1) 사고 발생 후 30일 이내 치명적 상해(fatal injury; 사망자 발생)가 발생한 사고

FAA 지원 하에 개발된 정량적 위험평가 방법론이다. 과학적 근거와 통계적 이론을 바탕으로 활주로안전구역에서 활주로이전착륙 또는 과주하는 항공기에 대한 위험수준을 평가하기 위한 확률론적 위험평가모델로, 1982년부터 2006년까지 RSA에서 발생한 주요 활주로이탈 관련 Aircraft Accident/ Incident Data Reports(ADREP)를 바탕으로 관련 위험요소를 고려하여 개발되었다.

RSA 모델은 운항자료(historical flight data)와 기상자료(weather data)를 바탕으로, 현재 또는 계획 중인 RSA 규격의 위험빈도 및 위험영향을 평가하고 공항에서의 고위험수준의 운항빈도를 계량화할 수 있는 확률분포를 산출할 수 있다[5].

본 연구는 새롭게 개선된 RSA 위험평가모델(Improved model for risk assessment of runway safety areas; 이하 RSARA<sup>2)</sup> 모델[6]이라 함)을 국내 공항에 적용하고자 한다. 이 모델은 기존 프로토타입(prototype) 형태의 RSA 위험평가모델을 수정, 보완한 것으로 기존 RSA 모델을 이용한 위험평가 결과와 어떠한 차이가 있는지 적용사례 비교분석을 통하여 확인하고자 한다.

## 2. 선행 RSA 연구 검토

### 2.1 기존 위험평가 모델

2010년에 수행된 RESA의 위험빈도추정연구[5]에서는 기존 RSA 위험평가모델이 적용되었다. 이 모델은 문헌검토를 통해 위험요소를 분석하고, 관련사고와 매개변수(parameters)를 확인하며 사고/준사고 데이터를 수집·분석하여 알고리즘 및 모델을 개발하고 이를 프로그램화한 것이다.

이 모델은 세 가지의 평가함수로 이루어지는데 먼저, 사고확률(Event probability)부문은 해당 비행장의 운항형태와 기상조건에 따른 함수이다. 둘째, 항공기 위치확률(Location probability)부문은 활주로종단으로부터 벗어난 거리에 관한 함수이며, 셋째로 위험영향(Consequence)부문은 장애물의 유형, 위치에 관한 함수이다. 최종적으로 세 가지 함수를 통해 위험수준을 평가하게 되는데, 상기 선행연구에서는 위험빈도 추정을 중심으로 수행되었다.

위험빈도를 추정하기 위한 사고발생빈도 모델(Event probability model)은 다음과 같다.

$$P(\text{Accident Occurrence}) = \frac{1}{1 + e^{-(b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3 + \dots)}} \quad (1)$$

여기서,  $X_i$ 는 독립변수(예; 운고, 시정, 측풍, 강

수, 항공기종 등)이고,  $b_i$ 는 회귀계수이다.

식(1)에서  $b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3 + \dots$  을 상수  $b$  로 가정할 때, 상수  $b$ 의 모형은 착륙 중 과주(Landing Overrun; LDOR)하는 경우에 식(2)로, 활주로이전 착륙(Landing Undershoot; LDUS)하는 경우에 식(3)으로 그리고 이륙 중 과주(Takeoff Overrun; TOOR)하는 경우에 식(4)로 정의하였다.

$$b = -15.456 + 0.551(\text{HaveyAcft}) - 2.113(\text{CommuterAcft}) - 1.064(\text{MediumAcft}) - 0.876(\text{SmallAcft}) + 0.445(\text{TurbopropAcft}) - 0.857(\text{ForeignOD}) + 1.832(\text{CeilingHeight} < 1,000\text{ft}) + 1.639(\text{CeilingHeight} 1,001 - 2,500\text{ft}) + 2.428(\text{Visibility} < 2\text{SM}) + 1.186(\text{Visibility} 2 - 4\text{SM}) + 1.741(\text{Visibility} 4 - 6\text{SM}) + 0.322(\text{Visibility} 6 - 8\text{SM}) - 0.532(\text{Crosswind} 2 - 5\text{kt}) + 1.566(\text{Crosswind} 5 - 12\text{kt}) + 1.518(\text{Crosswind} > 12\text{kt}) + 0.986(\text{EctStorm}) + 1.926(\text{IcingCondition}) + 1.499(\text{Snow}) - 1.009(\text{Temp} < 5\text{C}) - 0.631(\text{Temp} 5 - 15\text{C}) + 0.265(\text{Temp} > 25\text{C}) + 1.006(\text{NonhubApt}) + 0.924(\text{SignificantTerrain}) \quad (2)$$

$$b = -14.9642 + 0.036(\text{HaveyAcft}) - 1.699(\text{CommuterAcft}) - 0.427(\text{MediumAcft}) + 1.760(\text{SmallAcft}) + 0.288(\text{UserClass1}) + 0.908(\text{UserClass1}) - 1.042(\text{ForeignOD}) + 0.199(\text{CeilingHeight} < 1,000\text{ft}) + 1.463(\text{CeilingHeight} 1,001 - 2,500\text{ft}) + 2.074(\text{Visibility} < 2\text{SM}) + 0.069(\text{Visibility} 2 - 4\text{SM}) - 0.185(\text{Visibility} 4 - 6\text{SM}) - 0.295(\text{Visibility} 6 - 8\text{SM}) + 1.830(\text{Fog}) - 1.705(\text{Rain}) - 0.505(\text{Temp} < 5\text{C}) - 0.874(\text{Temp} 5 - 15\text{C}) - 0.446(\text{Temp} > 25\text{C}) + 2.815(\text{IcingCondition}) + 2.412(\text{Snow}) \quad (3)$$

$$b = -16.6515 + 0.721(\text{HaveyAcft}) - 0.619(\text{CommuterAcft}) - 0.009(\text{MediumAcft}) - 1.669(\text{SmallAcft}) + 1.336(\text{UserClass1}) + 1.052(\text{UserClass2}) + 1.225(\text{CeilingHeight} < 1,000\text{ft}) + 1.497(\text{CeilingHeight} 1,001 - 2,500\text{ft}) + 0.201(\text{Visibility} < 2\text{SM}) - 1.941(\text{Visibility} 2 - 4\text{SM}) - 0.366(\text{Visibility} 4 - 6\text{SM}) + 0.317(\text{Visibility} 6 - 8\text{SM}) + 1.660(\text{Fog}) - 0.292(\text{Crosswind} 2 - 5\text{kt}) + 1.598(\text{Crosswind} 5 - 12\text{kt}) + 1.781(\text{Crosswind} > 12\text{kt}) - 0.536(\text{Temp} < 5\text{C}) - 0.507(\text{Temp} 5 - 15\text{C}) + 0.502(\text{Temp} > 25\text{C}) + 1.805(\text{IcingCondition}) + 2.567(\text{Snow}) \quad (4)$$

위치확률 모델(Location model)은 사고 또는 준사고 발생시 활주로이탈 위치 자료를 근거로 개발된 LDOR, LDUS, TOOR에 대한 상보누적확률분포 모델이다.

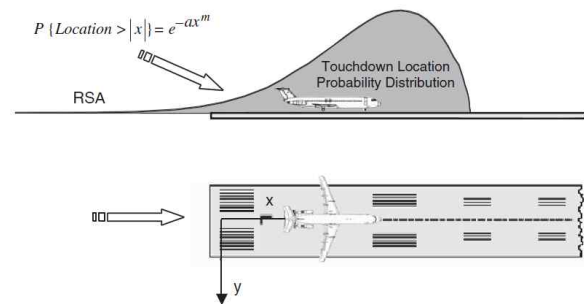


Fig. 1 General concept for modelling aircraft undershoot

2) Runway Safety Area Risk Analysis의 약어

Fig. 1에서 x는 활주로중심 연장선을 따라 활주로시단 또는 종단을 이탈한 거리이고, y는 활주로중심 연장선으로부터 활주로측면방향으로 이탈한 거리로, 사고 위치가 x와 y를 벗어날 확률은 식(5), (6)과 같다.

$$P(\text{Location} > x) = e^{-ax^n} \tag{5}$$

$$P(\text{Location} > y) = e^{-by^m} \tag{6}$$

여기서, a, b, n, m은 회귀계수이다.

상보누적확률분포를 바탕으로 x 및 y의 사고 위치함수 및 결정계수(R<sup>2</sup>)를 정리하면, 다음 Table 1과 같다. 이 함수들은 실제 보고된 활주로이탈관련 사고 및 준사고 자료를 분석하여 모델링한 실(raw)함수에 보고되지 않은 준사고 가중치를 부여하여 표준화(normalize)한 모델이다.

Table 1. Summary of x, y location models

구분	사고위치함수	R <sup>2</sup>
LDOR	$P(d > x) = e^{-0.004692x^{0.824513}}$	0.995
	$P(d > y) = e^{-0.243692y^{0.388726}}$	0.934
LDUS	$P(d > x) = e^{-0.022078x^{0.585959}}$	0.991
	$P(d > y) = e^{-0.19539y^{0.433399}}$	0.903
TOOR	$P(d > x) = e^{-0.003364x^{0.807138}}$	0.985
	$P(d > y) = e^{-0.181046y^{0.406544}}$	0.971

## 2.2 개선된 위험평가모델

개선된 RSA 위험평가모델(1982~2009년 사고/준사고 자료 근거)[6]은 기존 모델에서 평가할 수 없었던 측면이탈과 공시거리 및 Engineered material arresting system(EMAS)에 대한 위험평가가 가능해졌고 활주로안전구역 내 장애물의 영향에 대해 고려할 수 있게 되었다.

사고발생빈도 모델의 경우, 독립변수가 기존 모델에 추가되었고 기존 변수도 일부 세분화 되어 전체적으로 모델의 계수 값이 조정되었다. 수정된 상수 b의 모형은 LDOR의 경우에 식(7)로, LDUS는 식(8), 그리고 TOOR은 식(9)로 정의되었다.

$$b = -13.065 + 1.539(\text{User Class } G) - 0.498(\text{User Class } T/C) - 1.013(\text{Acft Class } A/B) - 0.935(\text{Acft Class } D/E/F) - 0.019(\text{Ceiling} < 200\text{ft}) - 0.772(\text{Ceiling } 200 - 1,000\text{ft}) - 0.345(\text{Ceiling } 1,001 - 2,500\text{ft}) + 2.881(\text{Visibility} < 2.5M) + 1.532(\text{Visibility } 2 - 4.5M) + 0.200(\text{Visibility } 4 - 8.5M) - 1.342(\text{Crosswind } 2 - 5kt) - 0.913(\text{Crosswind } 5 - 12kt) - 0.921(\text{Crosswind} > 12kt) + 0.786(\text{Tailwind} > 12kt) + 0.043(\text{Temp} < 5C) - 0.019(\text{Temp } 5 - 15C) - 1.067(\text{Temp} > 25C) + 2.007(\text{Icing Condition}) - 0.449(\text{Snow}) - 1.344(\text{Thunderstorm}) + 0.929(\text{Foreign OD}) + 1.334(\text{Hub Airport}) + 9.237(\text{Log CF} > 0) \tag{7}$$

$$b = -15.378 + 1.693(\text{User Class } F) + 1.288(\text{User Class } G) + 0.017(\text{User Class } T/C) - 0.778(\text{Acft Class } A/B) + 0.138(\text{Acft Class } D/E/F) - 0.070(\text{Ceiling} < 200\text{ft}) - 1.144(\text{Ceiling } 200 - 1,000\text{ft}) - 0.721(\text{Ceiling } 1,001 - 2,500\text{ft}) + 3.096(\text{Visibility} < 2.5M) + 1.824(\text{Visibility } 2 - 4.5M) + 0.416(\text{Visibility } 4 - 8.5M) - 0.698(\text{Crosswind } 2 - 5kt) - 0.295(\text{Crosswind } 5 - 12kt) - 1.166(\text{Crosswind} > 12kt) + 0.197(\text{Temp} < 5C) - 0.710(\text{Temp } 5 - 15C) - 0.463(\text{Temp} > 25C) + 2.703(\text{Icing Condition}) + 0.991(\text{Rain}) - 0.250(\text{Snow}) + 0.041(\text{Gust}) + 1.354(\text{Foreign OD}) + 1.639(\text{Log CF} > 0) \tag{8}$$

$$b = -14.293 + 1.266(\text{User Class } F) - 1.150(\text{Acft Class } A/B) - 2.108(\text{Acft Class } D/E/F) + 0.792(\text{Ceiling} < 200\text{ft}) - 0.114(\text{Ceiling } 200 - 1,000\text{ft}) + 1.364(\text{Visibility} < 2.5M) - 0.334(\text{Visibility } 2 - 4.5M) + 0.652(\text{Visibility } 4 - 8.5M) - 1.045(\text{Crosswind } 2 - 5kt) - 0.695(\text{Crosswind } 5 - 12kt) + 0.219(\text{Crosswind} > 12kt) + 0.269(\text{Temp} < 5C) - 0.544(\text{Temp } 5 - 15C) + 0.315(\text{Temp} > 25C) + 3.324(\text{Icing Condition}) + 0.355(\text{Rain}) + 0.721(\text{Snow}) + 0.006(\text{Gust}) + 0.560(\text{Turboprop}) \tag{9}$$

본 논문에 포함하지 않은 이륙 및 착륙시의 측면이탈(Landing veer-off; LDVO 및 Takeoff veer-off; TOVO)모델까지 포함하여 논하면, 기존 위험평가모델 변수에 비해 운고의 구분은 기존 '1,000피트미만'을 '200피트미만과 1200피트-1,000피트사이'로 세분하였다. 또한 기존 변수에 없던 배풍(Tailwind), 어는 강수(Frozen precipitation), 돌풍(Gust), 요구되는 활주로길이보다 짧은 활주로길이(Log criticality Factor; Log CF), 야간운항(Night conditions) 등의 변수가 추가되었다.

b 모형식의 계수값을 살펴보면, LDOR, LDUS와 TOOR 모든 경우에서 시정(Visibility)와 활주로상태(Icing condition) 그리고 이용 가능한 활주로길이(Log CF)가 b값에 주요 영향을 주는 변수로 분석되었다. 배풍의 영향은 착륙시(LDOR, LDVO)에만 영향을 주고, 어는 강수와 안개 그리고 야간운항은 LDVO에만 관계됨을 알 수 있다.

기존 모델에 비해 b 모형식에서 뚜렷한 차이를 보이는 것은 눈(snow) 변수의 계수값으로 LDOR에서는 1.499에서 0.449로, LDUS는 2.412에서 0.250으로, TOOR은 2.567에서 0.560으로 크게 줄어들었다. 반면 시정과 돌풍, 활주로상태 계수값이 전체적으로 증가하였다.

사고위치모델의 경우, 기존 모델에 비해 3년치(2009년까지) 활주로이탈관련 사고 및 준사고 자료가 추가로 검토되었고, LDOR, LDUS 및 TOOR의 위치모형설정에 참조된 위치자료도 각각 20%이상 증가되었다. 상보누적확률분포를 바탕으로 x 및 y의 사고위치모델을 정리하면, 다음의 식(10)~식(15)와 같으며, R<sup>2</sup>값도 기존 모델에 비해 향상되었음을 확인할 수 있다.

착륙 중 과주(LDOR);

$$P(d > x) = e^{-0.00321x^{0.984941}}, \quad R^2=0.998 \tag{10}$$

$$P(d > y) = e^{-0.20983y^{0.4862}}, \quad R^2=0.939 \quad (11)$$

활주로이전 착륙(LDUS);

$$P(d > x) = e^{-0.0148x^{0.0751499}}, \quad R^2=0.987 \quad (12)$$

$$P(d > y) = e^{-0.02159y^{0.773896}}, \quad R^2=0.986 \quad (13)$$

이륙 중 과주(TOOR);

$$P(d > x) = e^{-0.00109x^{1.06764}}, \quad R^2=0.992 \quad (14)$$

$$P(d > y) = e^{-0.04282y^{0.659566}}, \quad R^2=0.987 \quad (15)$$

### 3. RSARA 모델 적용

본 연구는 2014년도 사례공항의 기본 자료를 근거로 분석하였다. RSARA 프로그램을 이용한 RESA의 위험평가분석을 위해서는 사례공항의 일반특성(물리적 특성 포함)자료, 항공기 운항자료, 기상자료 등이 필요하다. 항공기 제원에 관한 데이터베이스와 모델의 파라메타는 해당 프로그램에서 기본적으로 제공하고 있다.

#### 3.1 일반특성자료 설정

사례공항의 일반특성자료에는 연간운항횟수(2014년 기준, 약 4,900회) 및 증가율(0.0%)과 함께 공항표고(42피트), 활주로방향(Runway 18, 36), 공시거리(6,561피트), 접근형태(Runway 18; 비정밀접근, Runway36; ILS Cat I), RSA의 지형적 배치도(Fig 2 참조) 등을 입력하였다.

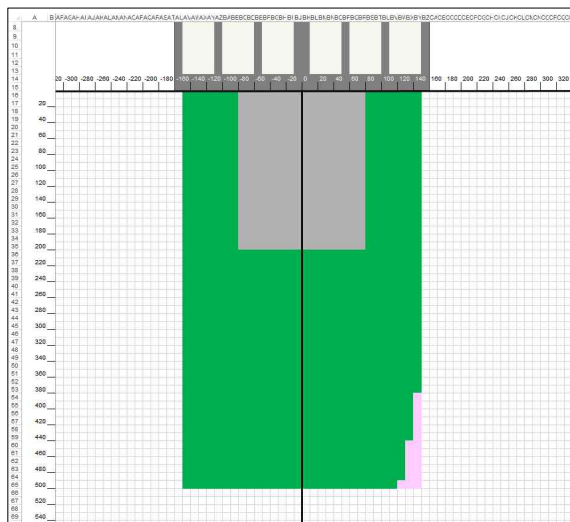


Fig. 2 RSA18 geometric layout of a case airport

지형적 배치도에서 보는 바와 같이 사례공항 활주로 18방향 활주로종단안전구역의 일부분이 국내 비행장시설 설치기준에서 정한 폭 기준(활주로 폭의 2배 이상이 되어야 하며 가능한 경우 착륙대의 정지구역 폭과 동일)과 길이 기준(착륙대의 종단에서부터 90m 이상)을 충족하지 못하고 있다.

#### 3.2 운항데이터 설정

사례공항은 국내선만 취항하는 공항으로, 2014년 운항횟수는 4,864회(출·도착; 각 2,432회)로 나타났다. 취항기종은 K항공사 B737-800/900(3,582회)과 A항공사 A320(1,282회)이었으며, 활주로 36방향과 18방향 이용비율은 81.6:18.4로, RESA 국제 및 국내기준을 충족하고 있는 활주로 36방향이 주로 이용되었다.

Table 2. Summary of aircraft data

구분	B737-800/900	A320
Wingspan (ft)	112.6	111.9
길이 (ft)	123.3	129.5/138.2
MTOW (lb)	162,040	155,492/174,198
이륙거리 (ft)	7,185	7,545.9
착륙거리 (ft)	4,724.4	5,249.3/5,577.4
V2 (kts)	145	145/149
접근속도 (kts)	138	138



Fig. 3 Input data of historical flight operation

2014년도 결항횟수는 총 270회로 조사(결항을 포함한 총 운항자료 수; 5,134개)되었는데, 주원인은 기상악화(시정, 측풍, 눈, 운고 등)에 따른 것으로 분석되었다.

#### 3.3 기상데이터 설정

기상데이터는 2014년 1월1일 0시부터 12월31일 11시까지의 사례공항 매시 측정치 총 8,760개

를 항공기상청으로부터 확보하였다.

RSARA 프로그램에 활용된 기상데이터 항목은 시정, 바람성분(풍향, 풍속), 기온, 운고, 뇌우(thunderstorm), 강수, 안개, 돌풍(gust) 등이며, 강수자료로는 눈, 비, 소나기(눈, 비 형태 구분), 어는 강수 등으로 세분하였다.

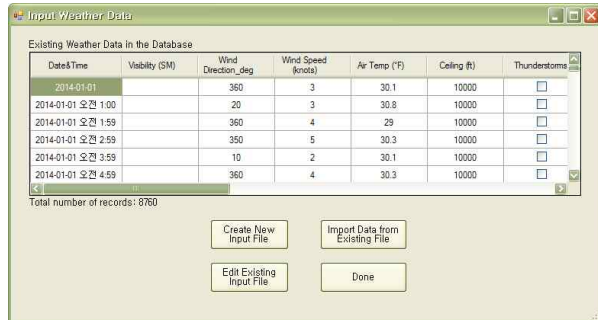


Fig 4. Input of weather data

시정치의 경우, 측정치가 제공되지 아니한 운항이 없는 시간대(12:00AM~05:00AM)를 제외한 6,570개의 데이터 중 시정 2SM이하가 765회로 11.6%, 2SM~4SM사이는 1,696회로 25.8%, 4SM 이상은 4,109회로 62.5%를 나타냈다.

측풍 및 배풍의 경우, 프로그램에서 활주로방향에 따른 풍향과 풍속을 분석하여 측풍의 정도 및 배풍여부를 자동으로 산출한다. 단순히 바람 성분 중 풍속데이터만 검토하면, 사례공항에서 5 노트미만은 3,716회, 5노트~12노트 사이는 4,512회를 나타냈다.

#### 4. RSA 위험평가 결과분석

##### 4.1 RSARA 결과분석

RSARA 프로그램을 이용한 사례공항의 활주로 안전구역의 위험빈도분석(위험발생빈도 목표치를 1.0E-06으로 설정)결과는 Table 3 ~ 4와 같다.

Table 3. Results of 18 RSARA

활주로	평균 발생빈도	발생 주기(년)	TLS 상회 운항빈도 (%)	TLS 상회 발생주기 (년)
LDOR	1.5E-06	>100	27.4	>100
TCOR	3.8E-07	>100	2.9	>100
LDUS	1.1E-07	>100	0.0	>100
<b>Total</b>	<b>8.6E-07</b>	<b>&gt;100</b>	<b>13.6</b>	<b>&gt;100</b>

먼저 Table 3은 사례공항 활주로 18의 실제 2014년도 운항(결항제외) 및 기상자료를 바탕으로 한 RESA의 위험발생빈도 분석결과를 보여주고 있다. 사고 및 준사고 발생빈도는 8.6E-07로, 목표치(Total level of safety; TLS) 보다 낮게 분석되었고 운항자료를 바탕으로 분석한 결과 100년 이상의 발생주기를 보였으며, 목표치를 상회하는 운항은 약 13.6%를 나타냈다.

Table 4. Results of 36 RSARA

활주로	평균 발생빈도	발생 주기(년)	TLS 상회 운항빈도 (%)	TLS 상회 발생주기 (년)
LDOR	9.3E-07	>100	26.6	>100
TCOR	3.0E-07	>100	0.2	>100
LDUS	1.5E-07	>100	1.1	>100
<b>Total</b>	<b>2.9E-07</b>	<b>&gt;100</b>	<b>4.9</b>	<b>&gt;100</b>

사례공항 활주로 36의 경우는 국내 비행장시설 설치기준(90m×90m)에 충족하는 규격으로 위험발생빈도는 활주로 18의 빈도치보다 낮은 2.9E-07으로 분석되었다.

만약, 기상 등의 이유로 결항되었던 270회의 항공편들이 사례공항에서 운항되었을 경우를 가정하여 위험발생빈도가 추이를 분석한 결과, RESA의 위험발생빈도는 1.4E-07이 증가한 1.0E-06으로 분석되었다.

Table 5. Results of 18 RSARA - including canceled flights

활주로	평균 발생빈도	발생 주기(년)	TLS 상회 운항빈도 (%)	TLS 상회 발생주기 (년)
LDOR	1.8E-06	>100	29.4	>100
TCOR	4.0E-07	>100	3.8	>100
LDUS	1.2E-07	>100	0.0	>100
<b>Total</b>	<b>1.0E-06</b>	<b>&gt;100</b>	<b>14.8</b>	<b>&gt;100</b>

##### 4.2 기존 모델과의 비교분석

사례공항의 RESA 관련 위험빈도를 추정한 2010년도 연구결과[5]는 Table 6과 같다. RESA 표준(길이: 90m, 폭: 90m)규격에서 수용할 수 있는 위험빈도 수준은 정상운영조건기준(매일 사례공항에서 최적의 기상상태 가정)에서 약 5.04E-7 (1,000만 운항횟수 당 약5.04회), 이례적 운영조건 기준(매일 사례공항에서 최악의 기상상태 가정)

으로 약 2.46E-3(1,000 운항횟수 당 약 2.46회)로 추정되었다.

표준규격에 대비한 사례공항의 RESA 위험발생빈도는 2010년 당시 이례적 운영조건기준이 약 1.85E-3(1,000 운항횟수 당 약 1.85회)이 더 높은 것으로 추정되었고 이에 대한 위험완화방안으로 활주로제동상태가 'Poor'이면서 눈이 오는 경우 항공기의 운항을 제한하는 방안이 제시되었다.

Table 6. 2010 Study's Results of RSARA[5]

RESA	정상운영조건		이례적운영조건	
표준 (길이·폭, 각 90m)	LDOR	2.9339E-7	LDOR	1.0598E-3
	TOOR	1.6908E-7	TOOR	1.1476E-3
	LDUS	4.1143E-8	LDUS	2.4763E-4
	위험빈도	5.0361E-7	위험빈도	2.4551E-3
표준대비 사례공항	LDOR	4.1799E-7	LDOR	1.5099E-3
	TOOR	3.3829E-7	TOOR	2.2961E-3
	LDUS	8.2314E-8	LDUS	4.9544E-4
	위험빈도	8.3860E-7	위험빈도	4.3015E-3

2010년 연구와 비교했을 때 본 연구는 2014년도 실제 운항 및 기상자료를 근거로 분석하였다. Table 7에서 보는 바와 같이 실제운항 분석결과, 사례공항 RESA의 위험발생빈도는 1.0E-06으로 2010년도에서 분석된 수용 가능한 위험빈도범위 내에 있음을 알 수 있다.

결항된 운항편이 운항되었을 경우를 가정해서 분석한 결과를 보면, 1.2E-06으로 이 역시도 RESA의 수용 가능한 위험빈도 범위 내에 있는 것으로 추정되었다.

Table 7. Results of RSARA

사례 공항	평균 발생빈도	발생 주기(년)	TLS 상회 운항빈도(%)
실제운항	1.0E-06	>100	15.4
결항포함	1.2E-06	>100	18.4
정상운영조건 가정	8.8E-07	>100	13.7
이례적운영조건 가정	3.7E-05	6	115.7

정상운영조건은 2010년도와 마찬가지로 '운고 2,500피트이상, 시정 8SM이상, 측풍 2노트미만, 기온 15~25℃로 특이 기상상태가 없는 상태'로, 이러한 기상상태가 매일 지속된다고 가정하였고, 이례적 운영조건은 '운고 200피트미만, 시정 2SM 이하, 측풍 12노트이상, 기온 5℃이하로 눈, 안개 및 어는 비가 있는 기상상태'로 가정하였다.

분석결과, 정상운영조건에서 RESA 위험발생빈도는 2010년 연구에 비해 약 0.41E-07 정도 높게

추정되었고 이례적 운영조건에서는 4.26E-03 높은 3.7E-05으로 추정되었다. 매일 이례적 운영조건일 경우 위험발생주기는 약 6년에 한번 수준이나 이러한 기상상태는 사례공항에서 연중 거의 발생하지 않으므로 실제 발생주기는 분석치 6년보다 크게 상회할 것으로 예측할 수 있다.

## 5. 결 론

RESA는 접근활주로의 시단 앞쪽에 착륙하거나 종단을 지나쳐 버린 항공기의 손상을 줄이기 위하여 활주로 중심선의 연장선에 대칭으로 착륙대 종단 이후에 설정된 구역을 말한다.

본 연구는 국내 비행장시설설치기준중 RESA 기준을 충족하지 못하는 한 공항을 대상으로, 2010년에 적용하였던 RSA 위험평가모델을 수정, 보완한 RSARA 위험평가모델을 적용하여 기존 RSA 모델을 이용한 위험평가 결과와 어떠한 차이가 있는지 적용사례 비교분석을 통하여 확인하고자 하였다.

RSARA 분석결과, 실제 2014년도 운항 및 기상자료를 바탕으로 한 위험발생빈도는 2010년도 RESA 표준규격의 위험빈도 수용 범위 내에 있음을 확인하였다. 또한 2014년 결항 편을 포함하더라도 사례공항 RESA에서의 위험발생빈도는 100년 이상의 발생주기를 보이는 것으로 추정되었다. 실제로 악기상등의 이유로 270회의 결항이 있었는데 이로 인한 사례공항의 위험발생빈도는 0.2E-06 정도 완화되었음을 확인할 수 있었다.

## 참고문헌

- 1) FAA, "AC 150/5300-13A Airport design", 2012, pp.8.
- 2) 국토교통부, "비행장시설설치기준(국토교통부 고시 제2014-622호)", 2014.
- 3) Boeing, "Statistical Summary of Commercial Jet Airplane Accidents", 2013
- 4) TRB, "ACRP Report 3 - Analysis of Aircraft overrun and undershoots for Runway Safety Areas", 2008.
- 5) 김도현, 신동진, "활주로종단안전구역의 위험빈도 추정연구", 한국항공운항학회지 제18권 제3호, 2010.
- 6) TRB, "ACRP Report 50 - Improved Models for Risk Assessment of Runway Safety Areas", 2011.