

## 국내 비행시험 운영 매뉴얼 개발 기준 연구

# A Study on the Guidelines for the Development of Domestic Flight Test Operation Manual

김무근<sup>1</sup> · 백승돈<sup>1</sup> · 송찬용<sup>1</sup> · 안대희<sup>1</sup> · 한정호<sup>2</sup> · 유병선<sup>1\*</sup> · 강자영<sup>1</sup>

<sup>1</sup>한국항공대학교 항공체계시험인증연구센터

<sup>2</sup>항공안전기술원 MRO · 인프라팀

**Mu-Geun Kim<sup>1</sup> · Seung-Don Baek<sup>1</sup> · Chan-Yong Song<sup>1</sup> · Dae-Whee Ahn<sup>1</sup> · Jeongho Han<sup>2</sup> · Beong-Seon Yoo<sup>1\*</sup> · Ja-Young Kang<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Aviation System Test and Certification Research Center, Korea Aerospace University, Gyeonggi-do, 10540, Korea

<sup>2</sup>MRO · Infra Team, Korea Institute of Aviation Safety Technology, Incheon, 22851, Korea

### [요 약]

비행시험은 항공기 개발 및 인증을 비롯한 항공기 수명 주기에서 감항성 유지를 위해 반드시 수행해야 하는 중요한 절차로서 관련 표준에 대한 적합성을 입증 또는 검증하기 위한 것이다. 비행시험 항공사고 분석 결과는 항공기 자체 요소뿐만 아니라 다양한 복합 원인에 의해 발생되었음을 확인한다. 국제민간항공기구는 항공기 사고 방지를 위해 안전관리시스템 구축 및 이행을 권고하고 있으나 비행시험의 특수성은 반영되어 있지 않다. 이에 항공선진국들은 이해관계자의 비행시험 안전관리 수행을 지원하기 위해 별도의 기준을 제공하고 있다. 본 논문에서는 국내 국가종합비행성능시험장 구축에 맞춰 항공선진국의 관련 규정을 조사, 분석하고 조직 구성, 안전 및 리스크 관리, 비행 운영, 인력 관리, 행정 사항 등의 내용을 포함하는 비행시험 운영 매뉴얼 개발을 위한 정부차원의 기준 안을 제시한다.

### [Abstract]

A Flight test is an important process that must be performed to maintain airworthiness in the aircraft lifecycle, including aircraft development and certification. Flight test can be conducted for the purpose of demonstrating or verifying compliance with the applicable standard. Results of the flight test air accident analysis confirm that it is caused by a combination of various factors as well as aircraft. The International Civil Aviation Organization recommends the establishment and implementation of a safety management system to prevent aircraft accidents, but it does not reflect the specificity of the flight test. As such, advanced countries are providing separate criteria to assist stakeholder in conducting flight test safety management. This study investigates and analyzes relevant regulations of advanced countries, in accordance with the construction of a national flight performance test site in Korea, and proposes government-level guidelines to help stakeholders develop their flight test operation manuals. The guidelines discuss topics such as organizational composition, safety and risk management, flight operation, personnel management, and administrative issues.

**Key word** : Flight test, Safety management system, Flight accident, Certification, Airworthiness.

<https://doi.org/10.12673/jant.2019.23.4.281>



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Received 31 July 2019; Revised 1 August 2019

Accepted (Publication) 23 August 2019 (30 August 2019)

\*Corresponding Author; Beong-Seon Yoo

Tel: +82-2-300-0085

E-mail: bsyoo@kau.ac.kr

# I. 서론

항공기 비행시험은 수명주기 동안 다양한 목적으로 수행된다. 개발 및 인증단계에서는 적합성 입증을 위하여 실시되고 운항단계에서는 부품교체 및 수리 등에 따른 비행 안전성을 확인하기 위해 비행시험을 실시한다. 비행시험은 타 분야 항공기 운영보다 높은 위험성을 갖고 있어 항공선진국들은 비행시험을 체계적으로 관리하기 위해 비행시험 안전 절차를 수립하고 있다. 그러나 국내 항공기 개발, 인증 업무에서 수행되는 비행시험은 시스템 신뢰성 입증 중심으로 실시되고 있을 뿐 비행시험이 내포하고 있는 인적, 기계, 조직, 환경 등의 다양한 위험성에 대해서는 추가적인 안전관리가 필요한 실정이다. 우리나라는 항공산업 발전 기본계획에 따라 국가종합비행성능시험장을 전남 고흥에 구축하고 항공기 및 구성품 등의 개발, 인증 업무를 수행할 계획이다. 이에 따라 비행시험 안전을 보장하기 위한 방안으로 안전관리시스템(SMS; safety management system) 틀 안에서 국내 비행시험과 관련한 안전 절차 대한 제도적 보완 사항을 식별하였다.

본 논문에서는 대표적 비행시험 사고사례 인과 관계 분석을 통한 다양한 사고 원인을 확인하고 미국, 유럽 등 항공선진국 비행시험 안전관리 절차를 분석하였다. 그리고 국내 비행시험 안전절차와의 비교 및 보완을 통해 비행시험 운영 매뉴얼 개발을 위한 정부차원의 기준 제정(안)을 제시하였다. 이것은 국내에서 비행시험을 수행하는 이해당사자의 비행시험 운항 매뉴얼 제작을 지원하여 국가종합비행성능시험장의 안전에 기여하게 될 것이다.

# II. 수명주기 단계별 비행시험 구분 및 주요 사고 분석

## 2-1 수명주기 단계별 비행시험

비행시험은 항공기 수명주기 동안 지속적으로 이루어진다. 개발 단계에서는 개발자 중심의 개발 및 운영 비행시험이 수행되며, 인증단계에서는 인증 당국 주관으로 인증 비행시험이 이루어진 후 형식 증명과 감항 증명을 받고 운영을 할 수 있다. 운영하는 동안에는 감항성 유지를 위해 수시로 검사를 받아야 하며, 항공기 조립, 부품교체 및 수리 등의 이유로 비행 안전성을 확인하기 위한 비행시험이 수행된다[1]. 그림 1은 항공기 수

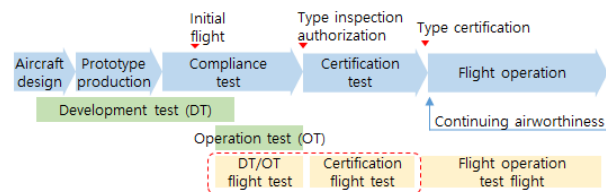


그림 1. 수명주기 단계별 비행시험[1]  
 Fig. 1. Lifecycle phase flight test.[1]

명주기 단계별 수행되는 비행시험을 나타낸 것이다. 본 논문에서는 개발/운영 비행시험과 인증 비행시험 단계에서 운영 매뉴얼이 적용될 수 있도록 하였다.

## 2-2 비행시험 사고 사례 및 주요 원인 분석

### 1) Airbus A320-232

- 일시: 2008년 11월 27일 15:46 경
- 장소: 프랑스 Canet-Plage 해변
- 목적: 인증 비행시험
- 탑승: 7명 (조종사 2명, 승객 5명)

항공기 임대 계약이 종료되어 기존 항공기 소속사 국가에서 신규 감항 증명을 발부하기 위한 비행시험 중 발생한 사고이다. 원소속사에 항공기를 반환하기 전 도장 및 세척 작업을 실시하였고, 받음각(AOA; angle of attack) 센서에 물이 유입되고 비행 중 결빙되었다. 따라서 정확한 AOA 정보를 받지 못하고 저속에 대한 보상을 위해 기수를 올리는 과정에서 비행 중 조종 불능(LOC-I; loss of control in-flight)으로 항공기가 추락하게 되었다. 항공기 도장 및 세척 작업 중 AOA 센서 보호 덮개를 하지 않아 물이 유입되었고, 항공교통관제사와의 협조 부족으로 별도의 공역을 확보하지 않은 상태에서 당초 계획보다 낮은 고도에서 비행시험을 수행하였으며, 승무원도 비행시험에 대한 전문성이 부족하였다. 또한, 비행시험과 같이 비영리 운영과 관련된 절차가 마련되지 않은 것 등이 사고의 원인으로 주목되었다[2].

### 2) CANADAI R CL-600-2B19

- 일시: 1993년 7월 26일 13:52경/2000년 10월 10일 14:52경
- 장소: 미국 Byers, Kansas / 미국 Wichita, Kansas
- 목적: 개발(Experimental) 비행시험
- 탑승: 3명 (조종사 2명, 엔지니어 1명) / 좌동

동일 형식의 항공기가 비행시험 중 두 번에 걸쳐 발생한 사고로 첫 번째 사고 원인은 비행 특성(평형 및 안정성)을 평가하는 과정에서 실속 전 조종 스틱의 웨이커가 발동하면 비행시험을 중단하기로 한 합의 사항을 준수하지 않고 지속적으로 비행시험을 수행하다 실속에 진입하였고, 안전 시스템(실속 방지 슈트)이 부적절하게 설계되어 기체에서 분리되어 실속을 회복하지 못한 채 LOC-I로 항공기가 추락하게 되었다. 두 번째 사고 원인은 조종사의 과도한 이륙 자세 변경으로 이륙 단계에서 연료가 후방으로 이동하게 되었고 항공기 무게 중심이 후방 한계를 벗어나 실속에 진입하였으나 낮은 고도로 인해 회복하지 못하고 지상에 추락하게 되었다. 당시 비행계획에는 이륙 자세에 대해 명시되지 않아 조종사가 과도한 조작을 하였다 [3],[4].

### 3) 보라호

- 일시: 2004년 8월 27일 12:23 경
- 장소: 경기도 고양시 일산구 자유로 장항 IC 남단 한강변

- 목적 : 개발(Experimental) 비행시험
- 탑승 : 2명 (조종사, 엔지니어 각 1명)

비행시험의 진행과 관리를 위한 독립적이며 객관적인 안전 검토위원회(SRB; safety review board), 시험준비위원회(TRR; test readiness review), 비행검토위원회(FRB; flight review board)와 같은 기구는 운영하지 않았으며, 사고 이전 비행을 수행하는 동안 미익에 진동이 있었으나, 체계개발 단계를 거치지 않은 채 문제 해결을 위해 비행시험을 지속 수행하였다. 사고 추정원인으로는 미익부에서 발생한 진동이 동체에서 수평/수직 미익과 테일붐을 이탈시켜 LOC-I로 인해 추락하였다. 기여 원인으로는 항공기 개발과 관련한 안전관리, 비행시험 데이터 획득/관리, 비상대책, 일정 등의 관리가 적절하게 수행되지 않았다[5].

비행시험 사고의 주요 원인을 보면 발생 가능성 기준으로 비행 중 엔진 동력 손실, 실속/스핀을 포함한 LOC-I, 지상 조종 불능 사고 순으로 나타났으며, 심각도 기준으로는 실속/스핀을 포함한 LOC-I, 항공기에서의 부품 이탈, 저고도 운항 순으로 나타났다. 비행시험은 아마추어조립 항공기를 제외하고 주로 운항 경험이 많은 고 경력 운항 승무원이 참여하게 되므로 정기 운송용 항공기에서 높은 빈도를 보이는 활주로 안전 관련 사건(RS; runway safety related events), 정상적인 조종 상태에서 감항성이 있는 항공기의 뜻하지 않은 지상충돌(CFIT; controlled flight into terrain)과 같은 인적요인이 직접적인 원인이 되는 사고 발생 빈도는 매우 낮게 조사 되었다[6]. 위의 1)~3) 비행시험 사고 사례와 같이 시스템 신뢰성 부족이 사고의 직접적인 원인이 되고 무리한 비행시험 또는 계획되지 않은 운영, 미흡한 비행시험 계획 수립, 관련 기관과의 협조 부족 등과 같이 조직적, 환경적, 인적 요인이 사고의 간접원인임을 알 수 있다[1]. 그림 2는 인과 관계 분석을 활용하여 비행시험 LOC-I 사고를 유발한 다양한 위험요인을 나타낸 것이다.

이처럼 항공 선진국은 비행시험 리스크를 인식하고 각국 기준 인증 절차 관련 Part 21)과 더불어 비행시험 안전관리를 위

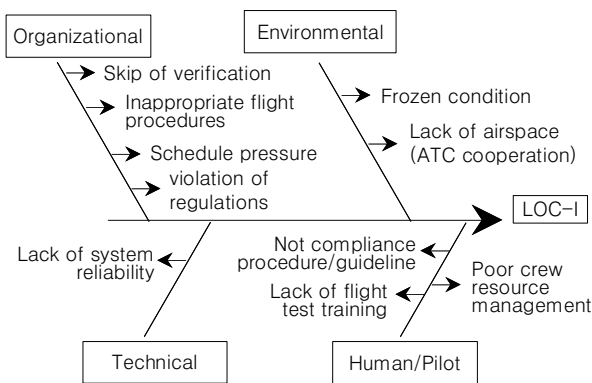


그림 2. LOC-I 사고 인과 관계 분석[1]  
 Fig. 2. LOC-I accident cause & effect analysis.[1]

1) 우리나라는 '항공기 등, 장비품 및 부품 인증절차'로 미국은

한 규정 또는 지침을 마련하여 관련 기관 담당자 및 이해당사자가 관련 절차를 쉽게 수립하고 이행할 수 있도록 지원하고 있다.

### III. 비행시험 안전관리 절차 현황

#### 3-1 항공 선진국 비행시험 안전 운영 절차

##### 1) 미국 연방항공청

미국 연방항공청(FAA; federal aviation administration)는 항공기인증업무(AIR; aircraft certification service) 부서 중심으로 비행시험 안전업무를 위해 '비행시험 리스크 관리 프로그램' 및 'AIR 비행시험 운영 매뉴얼(FTOM; flight test operations manual)'을 제정하고 있다.

비행시험 리스크 관리 프로그램은 AIR 부서 비행시험 조종사, 항공안전 엔지니어, 인적요인 전문가를 대상으로 조직 구성/역할 및 책임, 비행시험 리스크 관리, 안전사건 보고/대응, 안전 지원에 대한 내용을 다루고 있다. 세부적으로 보면 비행시험 리스크 관리에서는 비행시험과 관련된 위해 요인을 식별하고 위험성을 경감하는 일련의 과정인 리스크 관리 프로세스의 단계별 수행 사항과 예시를 통해 설명한다. 안전 이벤트 보고 및 대응에서는 안전보고서에서 요구되는 조건과 양식을 제시하며, 사고 대응 계획, 사고 조사에 대한 전반적인 내용을 포함한다. 또한, 안전 지원 부분에서는 안전 평가, 비행시험 참여, 승무원 자원 관리(CRM; crew resource management) 등의 내용을 다룬다. 부록에서는 비행시험 브리핑 지침, 리스크 관리 프로세스에 관한 비행시험 단계별 구체적인 조건을 제시하고 리스크 관리와 관련한 다양한 실제적인 예시와 양식 또한 포함하여 이해관계자가 본 훈령을 보다 쉽게 적용할 수 있도록 하고 있다. 특이사항으로 비행시험 항목별 위험성 수준에 대한 예시가 소개되었지만 실제에서는 상황별로 위험성 평가가 수행되어야 한다고 강조하고 있다[7].

AIR FTOM<sup>2)</sup>은 FAA 소속 비행시험 조종사, 엔지니어를 대상으로 책임, 절차, 훈련 사항을 다루고 있다. 세부 내용으로 소속 조종사/엔지니어의 책임 및 역할, 일반사항(초기 훈련/자격/요구사항, 자격 유지 훈련, 훈련 계획 수립, 약물 검사 등), 특정 자격/역할(항공인증사무소 비행시험 조종사, 비행시험 관리자, 수송용 항공기, 생산 감독, 신 모델 숙달, 형식증명/부가형식증명 한정 등), 비행시험 계획/절차, 협조 절차, 훈련요청 사항 설명되어 있다[8]. 특징으로는 FAA가 담당하는 인증업무

<sup>1)</sup> 'Certification procedures for products and parts'로, EASA는 'Airworthiness and environmental certification' 등으로 다양하게 불림.

<sup>2)</sup> FAA 훈령 8110.41A는 폐기되고 관련 내용은 AIR 비행시험 운영 매뉴얼에 수록되었으나 일반에게 공개되어 있지 않고 있어 FAA 훈령 8110.41A을 조사함.

중심의 비행시험 안전절차 수록으로 개발 단계의 비행시험 안전절차는 포함되지 않았다.

### 2) 미 공군 시험 센터

미국 에드워드 공군기지에 위치하고 있는 공군시험센터(AFTC; air force test center)는 항공기 연구/개발 및 항공우주 시스템과 구성품의 시험/평가 업무뿐만 아니라 시험 업무에 필요한 조종사, 항법사 및 엔지니어에 대한 교육을 담당하고 있다. 항공우주국(NASA; national aeronautics and space administration) 비행 연구 센터 등 기타 관련 기관도 위치하여 협력적인 업무를 수행하고 있다.

AFTC의 지침서 91-202 ‘안전 검토 정책’은 시험 안전 활동에 대한 전반적인 정책 및 지침을 제공하기 위해 발간된 것으로, 예하 조직 또는 관련 조직이 지침서의 요구사항을 충족시키는 시험 안전 절차를 개발할 수 있도록 제공하고 있다. 지침서의 주요 내용은 일반사항, 안전 책임, 시험 안전 계획/검토/승인/시행 단계, 리스크 평가, 변화/개정 관리로 되어 있으며, 일반사항에는 본 지침서의 지위, 적용 대상 및 면제사항, 안전 검토 절차 목표, 리스크 관리 및 안전의식 중요성을 설명하고 시험 단계별 업무 절차를 도시하였다. 그림 3은 ‘안전 검토 정책 절차 흐름도3)’를 나타낸 것이다.

안전 책임에서는 안전 조직의 구성 및 관련 인원/기관의 임무와 권한을 명시하며 직책에 맞는 경험과 교육을 갖도록 하고 있다. 예하 조직 또는 관련 조직별 안전계획 작성자와 시험팀의 안전 임무를 설명하고, 독립된 안전 검토자의 자격 및 임무를 소개하고 있다. 시험 안전 계획/검토/승인/시행 단계에서는

각 단계별로 수행되어야 하는 안전 착안사항을 설명하고 각종 시험 문서 관리 방안을 다루고 있으며, 리스크 평가에서는 위험요인 발생 가능성과 심각도 평가 매트릭스를 통해 제시된 리스크 수준별 조치사항을 안내하고 있다. 이를 통하여 시험 안전 검토/승인 단계에서 식별된 위험요인이 적합하게 제거 또는 완화되었는지를 확인하며, 시험 안전 승인 단계에서는 리스크 평가 기반으로 시험을 승인하게 된다. 시험 실행 단계에서는 시험팀이 사용하는 시험카드/시험 지시서 등의 활용 및 승인 사항과 예상치 못한 시험 사건 발생 시의 대응 절차가 수록되었다. 마지막으로 변화/개정 관리에서는 예상치 못한 결과, 사전에 식별되지 못한 위험요인, 제안된 리스크 수준의 수정 등은 안전 계획을 변경하는데 타당하다고 여겨진다. 따라서 이러한 변경사항이 발생한 경우 다시 시험 안전 계획/검토/승인/시행의 검토 단계를 거치도록 하고 있다[9]. 비행시험 승무원에 대한 자격 요구사항에 대해서는 명시하지 않았으나, AFTC에 비행시험 승무원을 포함한 관련 요원의 교육/훈련을 담당하는 비행시험 학교를 별도로 운영하고 있다.

### 3) 유럽 항공안전청

유럽 집행위원회는 2015년 항공안전청(EASA; european union aviation safety agency) Part 21 ‘감항 및 환경적 인증’ 규정에 비행시험과 관련된 조화, 안전 이슈뿐만 아니라 공정성을 부여하기 위한 내용을 추가한 위원회 규정 (EU) No 2015/1039을 채택하였다. Part 21에는 승인된 생산 조직과 설계 조직이 비행시험 운영 매뉴얼을 작성하고 준수해야 할 사항이 명시되어 있다. EASA는 Part21의 개정 사항을 이해관계자가 쉽게 참고할 수 있게 정리한 ‘Easy Access Rules for Part21’을 제작하였으며, 2018년에는 FTOM 안내서를 발간하여 비행시험 조직이 FTOM 작성 시 필요한 사항을 설명하고 있다. 본 매뉴얼은 비행시험 조직의 구성, 안전 및 리스크 관리, 시험의 운영, 인력 관리, 행정적인 요소 등 비행시험 운영에 대한 전반적인 고려사항이 포함되어 있다. 조직 구성에서는 책임 관계에 대해 지침을 제공하며 이후 안전 및 리스크 관리에서는 안전 및 리스크 관리 프로세스에 대한 내용을 다룬다. 운영 섹션에서는 비행시험의 범주, 인력의 참여 규정, 비행시간 제한 등 시험과 직접적으로 관련된 내용을 다룬다. 비행시험 인력에 대해서는 이들의 자격, 훈련에 대한 규정을 제시하며, 이 밖의 행정적인 고려사항에서는 문서 관리, 협력 업체에 관한 내용을 다룬다. FTOM에서 제시되어 있는 내용은 관련 규정에서 업무 수행 시 필수적으로 지켜야할 사항을 설명한 것으로 이를 수행하는 이해관계자는 조직 및 시험 특성에 맞게 조정하여 적용할 것을 권고하고 있다[10].

비행시험 범주는 각각의 비행시험이 수반하는 위험도에 따라 4가지로 구분하며, 이에 따라 승무원의 역량 요구도도 달라진다. 추가적으로 비행시험 엔지니어에 대한 훈련과정도 설명되어 있으며, 승무원 자격은 Part-FCL을 통해 고정익, 회전익

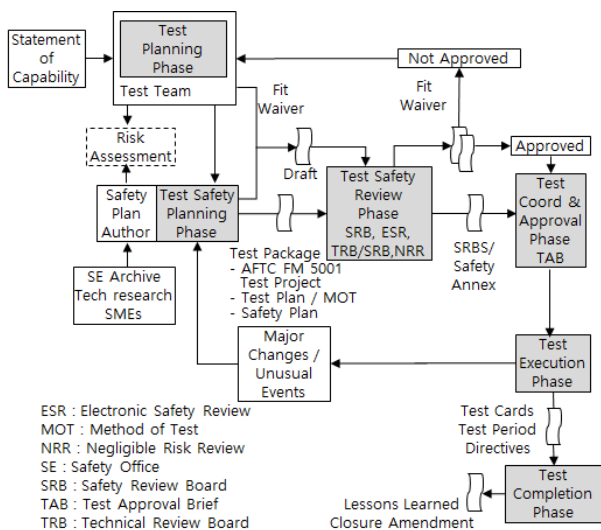


그림 3. AFTC 안전 검토 정책 절차 흐름도[9]  
 Fig. 3. Safety review policy process flow[9].

3) 그림의 원제목은 ‘AFTCI 91-202 Process Flow’로 되어있으나 이해를 돕기 위하여 변경함.



항공기별 2단계로 구분된 한정자격을 부여할 수 있게 되어 있으며, 자격 요구사항 및 단계별 훈련 내용이 수록되어 있다[11], [12].

**4) 호주 민간항공국**

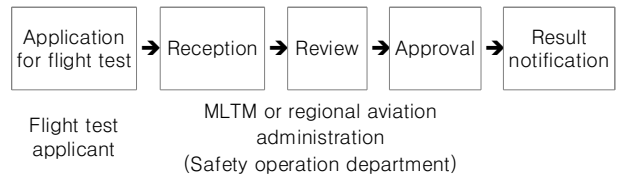
호주 민간항공안전국(CASA; civil aviation safety authority)은 민간 항공 안전 규정 Part 21- ‘항공기 및 구성품 인증 및 감항 요구사항’을 통해 민간 항공기 인증 및 감항 적합성 입증 방법으로 비행시험을 규정하고 있다. 이와 관련하여 비행시험 안전 관리를 위한 권고회람 21-47 ‘비행시험 안전’을 제정하고 비행시험 관련자, 책임자 및 시험 증명서 발급 인원에게 비행시험 요구사항과 관련된 일반 안전 정보를 제공하고 있다.

권고회람에서는 비행시험 및 평가 조직, 비행시험 자원, 비행시험의 계획 및 준비, 위해요인 분석/리스크 관리, 비행시험 운영 시 고려사항 등이 설명되어 있다.

비행시험 및 평가 조직에서는 비행시험의 핵심 인력인 비행시험 관리자, 엔지니어, 시험 조종사의 역할, 자격, 경험, 숙련도 및 훈련 요구사항에 대한 정보를 다루고 있다. 특히 사항으로는, 비행시험 목적 및 계획에 따라 관련 인력의 요구조건이 변동된다는 점과 비행시험이 상업적 목적 운영에 해당되지 않기 때문에 동일 형식/등급의 자가용 조종사 자격증명으로도 비행시험이 가능하게 규정되었으나, 현재 기준으로 비행시험의 성격과 범위에 가장 적합한 자격을 갖추었는지에 대한 검토를 요구하고 있으며, 실제 비행시험을 시작하기 전에 일반적인 재교육과 집중적인 훈련의 필요성을 설명하고 있다. 비행시험 자원에 대해서는 비행시험 중 필요한 시험/안전 장비와 추적기, 비행장/구역, 소방/구조 등의 지원 시설에 대해 다루고 있다. 낙하산 등 항공기에서의 탈출 수단에 대해 상세히 다루고 있으며, 또한 스핀 시험에서의 스핀 회복을 위한 스핀 저항 낙하산에 대해서도 부록을 통해 상세하게 다루고 있다. 비행시험 계획 및 준비에서는 안전성 확보를 위한 비행시험 요령, 시험 계획의 목록화, 비행시험을 위한 훈련 및 안전 검토/승인 절차를 설명하고 있다. 위해요인 분석/리스크 관리에서는 리스크 관리의 개념과 관리 원칙, 고려사항, 리스크 관리 과정에 대한 정보를 제공한다. 이에 기초하여 위해요인 분석 리스크 관리 매트릭스와 리스크 평가 매트릭스의 예시도 제공하고 있다. 또한, 더 많은 정보를 위해 FAA, NASA 등의 외부 기관 자료를 참조할 것을 권고하고 있다. 비행시험 실행에서는 시험 항공기의 무게와 균형, 브리핑, 인적 자원 관리, 추적 항공기 운영 등에 대해서 다루며 이들 주제와 관련한 몇 가지 고려사항(비행고도, 운항 중 주의력 분배, 일정 관리)을 다루고 있다[13].

**3-2 국내 비행시험 안전관리 현황**

항공안전법에는 형식증명, 부가형식증명, 제작증명, 기술표준품형식승인 또는 부품등제작자증명을 받은 자는 SMS를 마련하고 국토부장관의 승인을 받아 운영하여야 한다고 명시되



**그림 3. 국내 비행시험 허가 신청 절차[14]**  
**Fig. 3. Application procedure for domestic flight test[14].**

어 있으며, 동법 시행규칙에는 시험비행<sup>4)</sup> 등의 허가 절차를 명시하고 있다. 비행시험 신청 절차는 신청자가 비행시험 등의 신청서를 국토부 또는 지방항공청에 제출하면 관련 서류가 검토된 후 비행시험이 승인된다. 하지만 비행시험 안전성 확보를 위한 구체적인 검토 사항이나 내용은 제시되어 있지 않다. 그림 3은 시험비행 등의 허가신청 절차를 도시한 것이다[14],[15].

또한 항공기 기술기준 KAS Part 21-항공기 등, 장비품 및 부품 인증절차에는 항공기 형식증명 신청자가 적합성 입증에 위해 필요한 경우 비행시험을 수행하여야 한다고 기술되어 있으며, 당국의 형식 검사를 받기 위해 신청자는 비행시험을 할 수 있는 적절한 조종사 자격증을 소지한 인원을 제공하도록 되어 있다. 형식 증명만을 받고 항공기를 제작하는 자는 개별 생산 비행기에 대한 비행시험을 수행하도록하고 있다. 감항증명 검사 시 감항증명 서류검사표, 감항증명 상태검사표 및 항공기 기종별로 지방항공청장이 정한 비행시험 검사표에 따라 검사를 실시하여 해당 항공기가 기술기준에 적합하고 안전하게 운항할 수 있는 상태에 있는지 여부를 확인하도록 하고 있다. 항공기 제작사, 연구기관 등의 연구 및 개발 중인 항공기에 대하여 실험분류의 특별감항증명서를 발급하도록 하고 있다[16].

항공기 개발 및 인증 시 시스템 신뢰성과 관련해서는 품질보증(QA: Quality assurance) 절차에 따른 안전관리를 수행하고 있으나 그 밖에 항공기 사고를 유발하는 조직적, 인적, 환경적 요인에 대한 안전 대책은 구체적으로 수립되어 있지 않은 실정이다.

**3-3 국내외 비행시험 안전관리 절차 비교**

국제민간항공기구(ICAO; international civil aviation organization)는 부속서 19 안전관리를 통해 항공기 설계, 제조, 정비 등의 업무를 수행하는 서비스제공자는 SMS를 구축하고 관련 업무를 수행토록하고 있다. 우리나라를 포함한 세계 각국은 감항 및 인증 요구사항과 관련한 Part 21을 제정하고 항공기 시스템 신뢰성 입증 분야에 대한 안전관리를 실시 중에 있다. 하지만 유럽연합, 미국, 호주 등의 항공선진국은 감항/인증 분야에서 가장 위험성이 높은 비행시험 분야의 특수성을 반영하고 SMS에서 다루고 있는 각종 분야(인적, 조직, 환경, 기술) 안

4) 항공안전법, 항공기 기술기준에는 ‘시험비행’과 ‘비행시험’에 대한 정의 없이 혼용하여 사용하고 있으나, 본 논문에서는 비행시험으로 통일하여 기술함.

전관리 방법을 결합한 비행시험 안전관리 지침을 수립하여 제 공하고 있다. 이를 통해 비행시험을 수행하는 서비스제공자의

표 1. 국가별 비행시험 안전절차 주요 내용 비교

Table 1. Comparison of flight test safety main contents by country.

| Contents   |                                   | ROK | EASA            | FAA             | AU              |
|--|-----------------------------------|-----|-----------------|-----------------|-----------------|
| Means of compliance (Part 21)  |                                   | ○   | ○               | ○               | ○               |
| Organizational structure, role, responsibility   |                                   | -   | ○               | ○               | ○               |
| Risk management  |                                   | -   | ○               | ○               | ○               |
| Flight test risk level example   |                                   | -   | -               | ○               | ○               |
| Flight test planing/preparation  |                                   | -   | ○               | ○               | ○               |
| Operation  | Briefing                          | -   | -               | ○               | ○               |
|  | Chase aircraft                    | -   | ○               | ○               | ○               |
|  | Supervisory agency participation  | ○   | ○               | -               | -               |
|  | Other passenger boarding          | -   | ○               | ○               | -               |
|  | On-board equipment                | -   | ○               | -               | ○               |
|  | Flight time limitation            | -   | ○               | -               | -               |
| Crew   | Qualification                     | ○   | ○               | ○               | ○               |
|  | Training                          | -   | ○               | ○               | ○               |
|  | Currency                          | -   | ○               | ○               | -               |
|  | Medical                           | -   | ○               | ○               | -               |
| Administration   | Documentation, recording          | -   | ○               | ○               | -               |
|  | Sub-contractor                    | -   | ○               | -               | -               |
|  | Safety event reporting & response | -   | ○               | ○               | -               |
| flight test categories   |                                   | -   | ○               | -               | -               |
| etc.   |                                   | -   | ○ <sup>1)</sup> | ○ <sup>2)</sup> | ○ <sup>3)</sup> |
| <sup>1)</sup> Weather, FDR/CVR use, dangerous goods, aerodrome minima, fire/rescue....<br><sup>2)</sup> crew resource management<br><sup>3)</sup> airspace, airfield, emergency service, facilities & ground support, crew resource management.... |                                   |     |                 |                 |                 |

비행시험 운영 매뉴얼을 구축 및 이행에 도움을 주고 있다. 표 1은 국내외 비행시험 안전절차 주요 내용을 비교한 것이다.

#### IV. 국내 비행시험 운영 매뉴얼 개발 기준(안)

해외 항공선진국의 비행시험 안전절차를 분석하고 벤치마킹하여 국내 비행시험장에 적용할 수 있는 비행시험 운영 매뉴얼 개발 기준을 다음과 같이 제시한다.

첫째, 조직구성에서는 비행시험 활동에 대한 단일 조직을 구성하고 안전/리스크 관리 책임자는 비행시험/경영 부서와 독립관계를 유지할 수 있어야 한다. 최고 관리자, 책임 관리자, 안전 관리자의 역할 및 책임을 명시하고 비행시험 조직의 핵심 인력 목록에는 역할 및 책임뿐만 아니라 필수 자격에 대한 설명이 포함되어야 한다.

둘째, 안전 및 리스크 관리에서는 ICAO 부속서 19 안전관리, DOC 9859 안전 관리 매뉴얼 및 안전관리시스템 관련 국내 고시/훈령에 따른 안전 및 리스크 관리사항을 참조할 수 있도록 하며, 비행시험 특성을 고려하여 시험 항목별 주관적 위해

요인을 식별하고 각 위해요인에 대한 리스크 평가 후 수용하지 못하는 위험성에 대해서는 완화 방법을 적용하여 재평가 하도록 한다. 또한 각 비행 단계에서는 시험 항목과 연관하여 전반적인 리스크 수준을 결정하고 비행 계획과 비행 전 브리핑 절차와 통합하여 리스크 완화가 운영에 적절히 적용될 수 있도록 한다[17].

셋째, 비행 운영에서는 비행시험 범주 결정과 이에 따른 인력 할당 사항을 명시하고, 비행시험 항공기 추적 및 추적기 운영 사항과 인증기관 승무원이 비행시험 참여에 필요한 자격 및 지원 사항, 그리고 기타 인원의 탑승 전 고려사항을 설명한다. 또한 항공기 탑재 계측장비 고려사항과 안전장비 구비사항을 설명하고 비행 승무원의 비행시간 관리가 되도록 한다. 기타사항으로는 기상 제한치 운영, 사고/준사고 발생 시 처리 절차, 비행기록/음성녹음 장치 사용, 비행시험장 소방/구조 업무 등의 비행시험 운영 시 고려되어야 할 요소를 명시한다.

넷째, 인력관리에서는 비행 승무원(조종사 및 비행시험 엔지니어)에 대한 자격, 훈련, 자격유지, 신체검사 등에 관한 사항과 외부 인력이 비행시험 활동에 참여할 경우 자격에 대한 검증 방법을 기술하도록 한다.

다섯째, 행정 고려사항에서는 비행시험에 필요한 문서 목록을 명시하고, 문서 기록/관리에 대한 고려사항을 설명한다. 또한, 협력 업체 참여/관리 사항과 외부 인력 고용 시 고려할 사항을 설명한다. 그밖에도 비행시험 엔지니어의 임무 및 자격사항, 비행시험 범주에 대한 내용을 포함한다.

#### V. 결 론

ICAO 중심의 여러 체약 국가들은 당해국의 실정과 방향에 따라 항공안전성을 향상시키려는 노력을 경주하고 있다. 이러한 활동은 국가는 물론, 항공기를 직접 운영하는 항공사, 항공기 제조 업체, 교육기관, 항공중사자 등 다양한 분야에서 각자의 특성에 부합되는 항공안전 활동을 전개하고 있다. 항공기 및 구성품 등의 개발 및 인증 시험을 목표로 구축되는 국가종합비행성능시험장의 경우에는 기존 범주의 SMS 매뉴얼에 비행시험 운영의 특수성이 반영된 새로운 안전절차를 마련하여 포함시키는 것이 필요하다.

비행시험 사고 분석을 통해 사고를 야기하는 인적요소, 기계, 조직, 환경 등의 다양한 위해요인의 존재를 알 수 있었고, 항공 선진국 비행시험 안전 매뉴얼 및 리스크 관리 절차를 분석하여 국내 비행시험 운영 매뉴얼 작성 지침을 개발하였다. 주요 내용은 조직 구성, 안전 및 리스크 관리, 비행 운영, 인력 관리, 행정사항의 내용을 포함하고 있다. 이러한 사항은 비행시험을 포함한 항공기 및 구성품의 개발 및 인증업무 수행에 필요한 절차이며 또한 많은 부분은 SMS 매뉴얼 구축 시 요구되는 사항으로 추가적인 규제사항이 아닌 이해관계자가 비행시험 관련 업무를 수행할 때 안전 관리를 위해 필요한 사항 및

절차를 제시한 일종의 지침서이다.

따라서 SMS 매뉴얼 구축과 더불어 비행시험 운영 매뉴얼 개발 기준의 제정은 국가종합비행성능시험장의 체계적이고 효율적인 안전관리 업무 수행에 기여할 것으로 기대된다.

## Acknowledgement

본 연구는 국토교통부 항공안전기술개발사업 (과제번호: 18ATRP-C109146-03)의 지원을 받아 수행되었습니다.

## References

- [1] M. G. Kim, Risk management process of the national flight test center, Ph.D. dissertation, Korea aerospace university, Gyeonggi, S. Korea, 2019.
- [2] BEA, Report accident on 27 November 2008 off the coast of Canet-Plage (66) to the Airbus A320-232 registered D-AXLA operated by XL Airways Germany, Sept. 2010. [Internet]. Available: <https://www.bea.aero/docspa/2008/d-la081127.en/pdf/d-la081127.en.pdf>
- [3] NTSB, NTSB Aviation accident final report-CHI93MA276, Apr. 1994. [Internet]. Available: [https://www.ntsb.gov/\\_layouts/ntsb.aviation/brief.aspx?ev\\_id=20001211X12882](https://www.ntsb.gov/_layouts/ntsb.aviation/brief.aspx?ev_id=20001211X12882)
- [4] NTSB, NTSB Aviation accident final report-CHI01MA006, Apr. 2004. [Internet]. Available: [https://www.ntsb.gov/\\_layouts/ntsb.aviation/brief.aspx?ev\\_id=20001212X22135&key=1](https://www.ntsb.gov/_layouts/ntsb.aviation/brief.aspx?ev_id=20001212X22135&key=1)
- [5] ARAIB, ARAIB/AAR0402, Boraho accident investigation report, Aug. 2018.
- [6] M. G. Kim, I. K. Lim, B. S. Yoo, and J. Y. Kang, "Flight test hazard identification", *Journal of Advanced Navigation Technology*, Vol. 22, No.2, pp. 279-287, Aug. 2018.
- [7] FAA Order 4040.26B, Aircraft certification service flight test risk management program, Jan. 2012. [Internet]. Available: [https://www.faa.gov/regulations\\_policies/orders\\_notices/index.cfm/go/document.information/documentID/1019824](https://www.faa.gov/regulations_policies/orders_notices/index.cfm/go/document.information/documentID/1019824)
- [8] FAA Memorandum, Cancellation memo FAA Order 8110.41A, Dec. 2013. [Internet]. Available: [https://www.faa.gov/regulations\\_policies/orders\\_notices/index.cfm/go/document.information/documentID/14519](https://www.faa.gov/regulations_policies/orders_notices/index.cfm/go/document.information/documentID/14519)
- [9] U.S. Air force test center instruction 91-202, Air force test center test safety review policy, Nov. 2018. [Internet]. Available: <https://static.e-publishing.af.mil/production/1/aftc/publication/aftci91-202/aftci91-202.pdf>
- [10] EASA, Flight test operations manual guide, Apr. 2018. [Internet]. Available: <https://www.easa.europa.eu/sites/default/files/dfu/FTOM%20Guide.pdf>
- [11] EU, Commission Regulation (EU) 2015/1039 AMC No 1 to Appendix XII, Categories of flight tests and associated flight test crew qualifications, Jul. 2015. [Internet]. Available: [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=OJ:JOL\\_2015\\_167\\_R\\_0001&from=EN](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=OJ:JOL_2015_167_R_0001&from=EN)
- [12] EASA, Acceptable means of compliance and 1 guidance material to part-fcl, Dec. 2011. [Internet]. Available: <https://www.easa.europa.eu/document-library/acceptable-means-of-compliance-and-guidance-materials/part-fcl-amc-gm>
- [13] Australia CASA AC21-47(0), Flight test safety, Apr. 2012. [Internet]. Available: <https://www.casa.gov.au/rules-and-regulations/standard-page/advisory-circulars>
- [14] ROK Aviation safety act, Article 58 "Aviation safety program, etc." Mar. 2017.
- [15] ROK Enforcement rules of aviation safety act, Article 80 "Permission for test flight etc." Feb. 2019.
- [16] ROK Enforcement rules of aviation safety act, Article 37 "Subject of special airworthiness certificate" Feb. 2019.
- [17] M. G. Kim, B. S. Yoo, J. H. Han, and J. Y. Kang, "Flight test safety risk assessment and mitigation", *Journal of Advanced Navigation Technology*, Vol. 22, No.6, pp. 537-544, Dec. 2018.



**김 무 근 (Mu-Geun Kim)**

2005년 09월 ~ 2009년 02월 : 아주대학교 교통·ITS대학원 교통공학과 (공학석사)  
2008년 06월 ~ 2013년 09월 : 한국항공협회 항공연구실 선임연구원  
2015년 03월 ~ 2019년 08월 : 한국항공대학교 대학원 항공운항관리학과 (이학박사)  
2015년 03월 ~ 현 재 : 한국항공대학교 항공체계시험인증연구센터 연구원  
※관심분야 : CNS/ATM, 시험평가인증, 공항운영 및 관리



**백 승 돈 (Seung-Don Baek)**

2015년 03월 ~ 현 재 : 한국항공대학교 항공운항학과  
2018년 08월 ~ 현 재 : 한국항공대학교 항공운항학과 CNS/ATM lab 연구조교  
※관심분야 : 항공운항, CNS/ATM, 비행시험



**송 찬 용 (Chan-Yong Song)**

2015년 03월 ~ 현 재 : 한국항공대학교 항공운항학과  
2018년 08월 ~ 현 재 : 한국항공대학교 항공운항학과 CNS/ATM lab 연구조교  
※관심분야 : 항공운항, CNS/ATM, 비행시험



**안 대 희 (Dae-Whee Ahn)**

2015년 03월 ~ 현 재 : 한국항공대학교 항공운항학과  
2018년 08월 ~ 2018년 12월 : 한국항공대학교 항공운항학과 CNS/ATM lab 연구조교  
※관심분야 : 항공운항, CNS/ATM, 비행시험



**한 정 호 (Jeongho Han)**

1988년 02월 ~ 2000년 06월 : (주)대한항공 항공기술연구소 선임연구원  
2000년 07월 ~ 2003년 06월 : (주)바이오메드 대표이사  
1997년 03월 ~ 2005년 08월 : 한국과학기술원 항공우주공학과 Ph.D  
2007년 02월 ~ 2012년 12월 : 국방과학연구소 선임연구원  
2013년 04월 ~ 현 재 : 항공안전기술원 MRO·인프라팀장  
※관심분야 : 항공안전관리시스템, 항공기 및 부품 인증, CNS/ATM



**유 병 선 (Beong-Seon Yoo)**

1993년 03월 ~ 현 재 : 한국항공대학교 항공운항학과 교수/사업용 조종사/조종교육 증명  
1999년 04월 ~ 현 재 : 국토교통부 항공종사자 자격시험위원  
2005년 03월 ~ 현 재 : G-TELP KOREA 항공영어시험 자문위원  
2005년 09월 ~ 현 재 : 교통안전공단 항공준사고 자문위원  
2008년 11월 ~ 현 재 : 해군발전 자문위원  
2011년 11월 ~ 현 재 : 소방방재청 정책협의회 항공분야 자문위원  
2019년 08월 ~ 현 재 : 한국항공대학교 부설 항공체계시험인증연구센터장  
※관심분야 : 기초 비행교육 프로그램 개발, 항공종사자(조종사) 자격제도 개선, 산학연계 교육 프로그램 개발



**강 자 영 (Ja-Young Kang)**

1992년 06월 : Auburn University, Aerospace Engineering/Ph.D.  
1979년 03월 ~ 1984년 08월 : 국방과학연구소 및 국방기술품질원 연구원  
1992년 06월 ~ 2002년 03월 : ETRI 책임연구원/팀장  
1997년 03월 : FAA Private Pilot License  
1996년 02월 ~ 1997년 03월 : Northrop Grumman(TRW) 연구  
2009년 03월 ~ 2010년 02월 : University of Illinois, Urbana-Champaign 연구  
2002년 03월 ~ 현 재 : 항공운항학과 교수  
※관심분야 : CNS/ATM, 항공 체계공학, 비행 안정성 및 조종성