

항공기 엔진 민수 인증 기준의 비교 분석 연구

김재환* · 정용운** · 문경찬*** · 박수열*** · 김명효***

Comparative Study of Engine Type Certification Criteria

Jae-Hwan Kim* · Yong Wun Jung**

Gyeong Chan Moon*** · Sooyoul Park*** · Myeonghyo Kim***

ABSTRACT

An comparative analysis between two engine type certification specifications which are FAR Part 33 and EASA CS-E has been performed to provide fundamental information for validity assessment of civil certified engine when it is installed to a military rotorcraft. The analysis result has been used to build a traceability information between CS-E and MIL-HDBK-516C by which the substantiation data for engine type certification can be used as parts of aircraft propulsion system airworthiness substantiation.

초 록

소형민수헬기(LCH, Light Civil Helicopter) 개발사업을 통해 개발된 엔진은 민수 인증(형식 증명) 획득 후 소형무장헬기(LAH, Light Armed Helicopter)용으로 활용될 예정이다. 따라서 민수 인증 엔진의 군용 엔진 적용의 적합성 분석을 위한 기초자료로의 활용을 위해 미연방항공청(FAA)의 형식 증명 규격 FAR Part 33과 유럽항공안전기구(EASA)의 CS-E를 비교 분석하였다. 이 분석 자료는 향후 군용 항공기 추진 시스템의 감항성 입증에 필요한 민수 엔진 형식 증명 기준 적합성 입증 자료의 추적성 분석을 위해 사용되었다.

Key Words: Engine Type Certification(엔진 형식 증명), FAA(미연방항공안전, FAR PART 33), EASA(유럽항공안전기구), CS-E(엔진인증규격)

1. 서 론

소형민수헬기(LCH) 사업을 통해 개발된 엔진

은 민수 인증(형식 증명) 획득 후 소형무장헬기(LAH)용으로 활용될 예정이므로 민수 인증된 엔진에 대한 군적용 적합성 평가 시 기존 KHP 사업과는 다른 감항 관련 고려사항이 예상된다. 민수 엔진의 군적용 적합성 평가는 민수엔진의 형식 증명을 위한 요구사항이 적용대상 군용 항공기의 감항(Airworthiness) 인증 기준 및 군용

* 한국항공우주연구원 항공엔진연구단

** 한국항공우주연구원 무인이동체미래선도핵심기술개발사업단 기술총괄팀

*** 한화테크윈 항공엔진개발센터

† 교신저자, E-mail: kjaehwan@kari.re.kr

엔진 인증 규격과 어떤 상관관계에 있는가의 분석을 의미한다[1]. 국내 군에서 적용하고 있는 항공기 감항 인증 기준은 MIL-HDBK-516C이며 7장에서는 추진시스템에 대한 감항성 입증을 위해 필요한 기준, 표준 및 입증 방법을 기술하고 있는 한편 관련 군 엔진 개발 규격 및 민수 엔진 인증 규격을 인용하고 있다. 하지만 인용된 민수규격은 FAR Part 33(14 CFR Part 33)이며 LCH 엔진에 적용된 EASA CS-E 규격은 인용되고 있지 않다. 따라서 MIL-HDBK-516C와 엔진 민수 인증 규격인 CS-E의 추적성 분석을 위해 FAR 33과 CS-E의 상대 비교가 필요하다. 따라서 본 연구에서는 민수 인증 엔진의 군용 엔진 적용의 적합성 분석을 위한 기초자료로의 활용을 위해 미연방항공청(FAA)의 형식 증명 규격 FAR Part 33과 유럽항공안전기구(EASA)의 CS-E를 비교 분석하였다. 이 분석 자료는 향후 군용 항공기 추진 시스템의 감항성 입증에 필요한 민수 엔진 형식 증명 기준 적합성 입증 자료의 추적성 분석을 위해 사용되었다.

2. 민수 엔진 인증 기준

2.1 FAR 33 Part 21

항공기 엔진에 적용되는 미연방항공청(FAA)의 감항기술기준은 FAR Part 33으로 일반규정, 설계 및 구성 일반요건, 왕복엔진 설계 및 구성, 왕복엔진 블록시험, 터빈엔진 설계 및 구성, 터빈엔진 블록시험, 터빈엔진특별요건에 해당하는 총 7개 부분(Subpart)과 감항성유지 지침서와 강우, 우박에 대한 대기농도 및 적층운 환경 운용을 정리한 3개의 부록으로 구성(2016년 10월 기준)되어 있다. 이 중 터빈엔진에 해당하는 5개 부분은 총 53항목으로 구성되어 있고 각 항목에는 그 항목의 내용을 세분화한 여러 개의 요구조건으로 이루어져 있다.

2.2 CS-E

미연방항공청(FAA) 엔진 감항기준 FAR Part 33은 총 69개 항목으로 구성된 반면에 유럽의

엔진 인증규격 CS-E는 총 91개 항목으로 구성됨으로써 서로 차이가 있어 보이나 CS-E의 기준이 좀 더 세분화 되어 있는 것을 고려하면 몇 가지 항목을 제외하고는 대부분 대동소이하다.

3. 주요 인증 기준 항목 비교 분석

본 연구에서는 우선 CS-E에서 제시하고 있는 감항 인증 기준과 입증 방법에 대해 분석하고 이를 이용하여 FAR Part 33과의 비교 분석을 수행하였다

3.1 일반(General)

CS-E 25 (Instruction for Continued Airworthiness)에 해당되는 FAR Part 33 장절은 33.4(Instruction for continued airworthiness)이며 감항 유지 지침서에 포함되어야하는 내용 및 문서의 성격에 대해서는 FAR Part 33의 부록 A에서 자세히 설명되어 있다. CS-E 25에 기술되어 있는 내용 대부분이 FAR Part 33의 부록 A에서 기술하고 있는 내용과 동일하다. 예를 들면 CS-E (b) 감항 제한에 해당되는 내용은 부록 A의 A33.4에 동등 수준으로 기술되어 있다.

CS-E 40 Rating에서는 엔진 Rating 및 운용 제한 조건의 설정을 규정하고 있으며 FAR Part 33의 33.7(Engine ratings and operating limitations)에 해당된다. AMC E 40(d)에서 나열하고 있는 제한조건과 33.7 (b)(2)~(18)에서 언급하고 있는 제한 조건은 대동소이 하나 FAR 33에서 언급하고 있는 항목이 더 많다. 기준 적용 시 양쪽 규정에서 제시하고 있는 항목을 모두 고려하면 될 것으로 판단된다. CS-E 40에서는 Rating 설정 방법(엔진 간 성능 차이를 고려한 허용 가능한 최소 성능 엔진 기준)이 추가적으로 언급되어 있으며 이는 FAR Part 33의 33.8(Selection of engine power and thrust rating) (b) 항목에 해당된다.

CS-E 100 Strength의 (a) 항목은 엔진에 maximum stress가 가해지지 않게 하는 설계 요구도(입증 요구도 아님)이며 터빈엔진의 경우

수명제한품목(Critical Parts)의 경우 잔류 응력을 신중히 고려하도록 규정하고 있다. CS-E 100 규정과 직접적으로 대응되는 FAR Part 33 규정은 없으나 33.62 (Stress Analysis)가 설계 마진 확인을 위한 해석이 필요함을 규정하고 있다. CS-E가 추상적 요구도인 반면 FAR Part 33은 해석을 통해 설계 마진을 확인하라는 좀 더 구체적인 요구도를 제시하고 있으며 FAR 33은 로터, 로터샤프트, 스페이서를 한정지어서 언급하였다. 한편 CS-100 (b)는 33.23 (Engine mounting attachments and structure)과 CS-100 (c)는 33.62 (Vibration)과 동일한 설계 요구조건을 규정하고 있다. 마운트의 허용 최대 하중은 33.5에서 규정하고 있다.

3.2 설계(Design) 및 제조(Construction)

CS-E 500 Functioning (a) 항목은 미리 규정된 작동 범위 내에서 위험한 서지 및 불안정성이 없어야함을 CS-E 500 (c) 항목은 지상 및 비행 중 엔진을 시동 시킬 수 있는 시동기를 보유해야 함을 규정하고 있으며 각각 FAR Part 33의 33.65 (Surge and stall characteristics)와 33.69 (Ignition system)에 대응된다. 엔진 운용 영역에서의 안정적인 운전과 지상 및 비행 중 시동기능을 갖춰야한다는 포괄적 요구도에 해당하나 이런 의미에서는 MIL-HDBK-516C의 7.1.6에 해당하는 장절로도 해석될 수 있다.

CS-E 540은 Foreign Object에 대한 Damage가 생기지 않게끔 설계(재질 선정 등)가 필요하다는 것을 규정하고 있다. Bird 및 Rain and Hail에 대한 입증은 CS-E 800 및 790에서 별도로 규정하고 있고 FAR Part 33에서는 직접적으로 대응되는 장절은 없으나 34.77에서 설계가 아닌 ICE ingestion에 대한 입증 방법을 규정하고 있다.

3.3 형식 입증(Type Substantiation)

CS-E 770은 저온에서의 시동 능력에 대한 입증을 규정하고 있으며 이는 EMS1329 (수리온 엔진 모델 규격)의 4.6.4.1 Low and High Temperature Starting and Acceleration Tests에

해당된다. JSSG-2007에서는 3.2.2.3에서 운용 온도에서의 모든 시동 능력 확보를 요구도로 언급하고 있으며 또한 고도시험(4.11.1.2)에서 충분한 시동 및 재시동 시험을 하도록 요구하고 있다. FAR Part 33에서는 명시적으로 시동만을 언급하고 있는 장절은 없으나 33.87, 33.89등에서 starting을 언급하고 있다.

CS-E 780은 Icing condition에서의 운용(33.68)과 Ice ingestion(33.77)에 대한 내용을 모두 언급하고 있다. 780(f)는 구체적으로 ice ingestion(33.77.(d))이며 33.68관련 내용은 CS-E 780 자체 인증 기준 부분보다는 AMC E 780에 더 유사하게 기술되어 있다.

4. 결 론

본 연구에서는 민수 인증 엔진의 군용 엔진 적용의 적합성 분석을 위한 기초자료로의 활용을 위해 미연방항공청(FAA)의 형식 증명 규격 FAR Part 33과 유럽항공안전기구(EASA)의 CS-E를 비교 분석하였다. 이 분석 자료는 향후 군용 항공기 추진 시스템의 감항성 입증에 위해 필요한 민수 엔진 형식 증명 기준 적합성 입증 자료의 추적성 분석을 위해 사용되었다.

후 기

이 연구는 2017년도 산업기술평가원(KEIT)연구비 지원에 의한 연구임 (10053158)

참 고 문 헌

1. 김재환, 이경재, 이보화, 문경찬, 박수열, 김명효, “항공기 추진 시스템 감항성 입증에 위한 엔진 기술자료 Database 구축,” 항공우주시스템공학회 2017년 춘계학술대회 논문집.
2. FAA, *Airworthiness Standards : Aircraft Engines*, 2016.

3. EASA, Certification Specifications for Engine, amdt. 4, 2015.

4. DOD, *Airworthiness Criteria*, MIL-HDBK-516C, 2014

5. DOD, *Joint Service Specification Guide Engines, Aircraft, Turbine*, JSSG-2007A, 2004.