

Original Article

<https://doi.org/10.12985/ksaa.2021.29.2.078>
ISSN 1225-9705(print) ISSN 2466-1791(online)

군용 소형 회전익무인기 감항인증기준에 대한 연구

양준모*, 이상철**

A Study on Airworthiness Certification Standards for Military Small Rotary-Wing Unmanned Aerial Vehicles

Junmo Yang*, Sangchul Lee**

ABSTRACT

In modern society, the use of small rotary-wing unmanned aerial vehicles such as drones is increasing. As the military considers tactics using drones, demand for drones is increasing. However, there is still no airworthiness certification standard for drones for safety. In this paper, we proposed airworthiness certification standards for small rotorcraft unmanned aerial vehicles based on CS-LURS in Europe and STANG-4703, 4738 (draft) of the North Atlantic Treaty Organization. In addition, airworthiness certification standards have been strengthened through the case of unmanned aerial vehicle accidents in operation by the Korean military. The airworthiness certification standards for small rotary-wing unmanned aerial vehicles will be supplemented through a demonstration project.

Key Words : Rotary-wing Unmanned Aerial Vehicles(회전익무인기), Airworthiness Certification Standard(감항인증기준), North Atlantic Treaty Organization(북대서양조약기구), CS-LURS, STANG-4738(draft)

1. 서 론

무인항공기는 민간, 군을 막론하고 떠오르는 시장 중 하나이다. 미국의 Teal Group은 World Civil Unmanned Aerial Systems, 2018 Market Profile & Forecast에서 민간 무인항공기 개체와 거대 대기업 투자자 Fig. 1과 같이 늘어날 것으로 발표했으며, 이런 변화에 따라 민간 무인항공기 시장의 급속한 성장과 함께 세계적으로 무인항공기에 대한 규제가 완화될 것

으로 예측하였다[1].

우리나라 민간에서 사용되는 드론은 대부분 취미생활을 위한 레저용이나 촬영용 그리고 농업용이 주를 이루고 있으며, 최근에는 드론택시와 같은 도심항공용

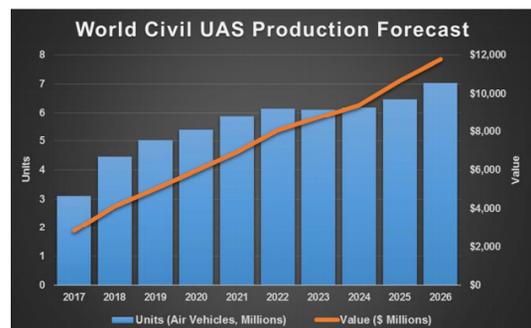


Fig. 1. World civil UAS production forecast

Received: 03. May. 2021, Revised: 26. May. 2021,
Accepted: 07. Jun. 2021

* 국방기술품질원 감항인증연구센터

** 한국항공대학교 스마트드론 융합학과

연락처 E-mail : slee@kau.ac.kr

연락처 주소 : 경기도 고양시 덕양구 항공대학로76

무인항공기에 대한 관심도 높아지고 있다[2,3].

군 또한 무인항공기의 활용도를 높게 평가하고 있으며, 미 국방부에서 예측한 2015년~2035년 동안 무인항공기 소요는 Fig. 2와 같다. 육군, 해군, 해병, 공군 순으로 소요가 많았으며, 특히 육군에서 운용되는 개체가 많을 것으로 예상하였다[4].

우리 군도 최근 드론의 활용에 대한 관심이 높아지고, 이에 따른 소요제기가 증가하고 있는 추세이다. 우리나라에서 운용되는 군용 무인항공기를 살펴보면 약 4개 기종 정도로 볼 수 있다. 미국과 같이 가장 많은 무인항공기를 운용하는 군은 육군이다. 현재 운용 중인 무인항공기는 대부분 감시/정찰을 위한 150kg급을 초과하는 무인항공기이지만, 앞으로는 150kg급 이하의 무인항공기 수요가 더 많을 것으로 예측된다.

우리나라는 현재 무인항공기를 무게에 따라 나누고 있다. 민간의 경우, 150kg 초과를 무인항공기로 정의하고 있으며, 150kg 이하는 무인비행장치(무인비행기, 무인헬리콥터, 무인멀티콥터)로 구분하고 있다.

150kg 이상에 대한 무인항공기에는 KAS PART 21.17에 따라 유인항공기급의 감항인증을 요구하고 있지만, 25kg~150kg 이하의 무인항공기는 항공안전기술원에서 안전성인증을 진행하고 있다.

군에서는 150kg~20,000kg 사이의 고정익 무인항공기는 표준감항인증기준 part2를 적용하며, 150kg 이하 고정익 무인항공기는 표준감항인증기준 part3를 적용한다.

민간에서는 아직까지 무인항공기로 감항인증을 받은 사례는 없으며, 현재 이와 관련된 연구가 활발하게 이루어지고 있는 것으로 파악된다. 군의 경우, 약 4개 종의 고정익 무인항공기가 운용 중에 있고, 표준감항인증

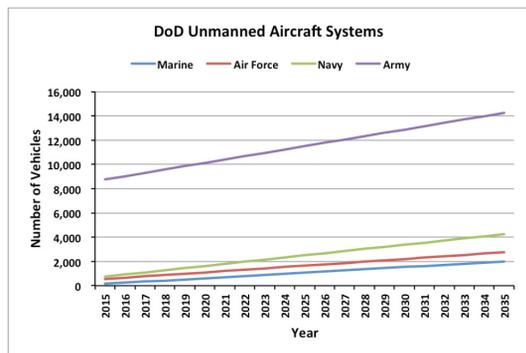


Fig. 2. Estimation of unmanned aerial vehicle by military type

기준 part2를 기반으로 감항인증을 받은 무인항공기는 있으나, 소요가 예상되는 회전익 무인항공기에 대한 표준감항인증기준은 없는 실태이다. 하지만 앞으로 필요한 형태의 무인항공기는 다중 임무를 수행할 수 있는 소형 회전익무인기 등이 유력할 것으로 예상됨에 따라 이에 맞는 감항인증기준에 대한 연구가 필요한 실정이다[5].

본 논문에서는 군에서 요구하는 드론의 무기체계 적용을 위해 150kg 이하 소형 회전익무인기에 적용 가능한 감항인증기준을 제안하였다. 제안된 기준은 고시되어 있는 표준감항인증기준 part3, NATO에서 발행한 STANAG-4738(초안), 유럽의 CS-LURS을 테일러링 하였다.

II. 테일러링 문서 소개

2.1 표준감항인증기준 part3[6]

표준감항인증기준 part3는 방위사업청에서 고시한 150kg 이하 고정익 무인항공기에 대한 감항인증기준을 다루고 있다. 이 문서를 선정한 이유는 현재 개발하고자 하는 소형 회전익무인기 감항인증기준과 무게 기준이 같으며, CS-LURS에서 회전익 기준을 테일러링 시 과도한 기준이 포함되지 않게 하기 위함이다.

2.2 NATO STANAG 4738(초안)[7]

NATO STANAG 4738(초안)은 북대서양조약기구에서 내놓은 150kg 이하 수직이착륙기를 위한 감항인증기준이다. 이 기준은 현재 활성화되어 있는 NATO STANAG 4703과 같은 무게를 다루고 있다. 두 문서에 차이는 STANAG 4703은 고정익에 맞는 비행특성을 다루고 있고, STANAG 4738(초안)은 수직이착륙기에 맞는 비행특성 기준으로 만들어졌다는 것이다.

STANAG 4738(초안)에서 수직이착륙기는 재래식 헬리콥터와 드론을 모두 포함하며, 각 형상에 따라 용어를 달리하여 구분하였다.

2.3 CS-LURS[8]

CS-LURS는 750kg 이하 회전익 무인항공기에 적용되는 기준을 다루고 있다. 이는 멀티콥터 형태의 드론은 포함하지 않으며, 재래식 헬리콥터를 대상으로 한다. 운영 조건으로는 주/야간 시계비행규칙(VFR), 인원의 수송, 결빙조건 내에서의 비행은 제한하고 있다. 본 문

서의 목적은 Table 1과 같다. Subpart H에 있던 감지 및 회피의 경우 운용 제한이 시계비행규칙을 따름에 따라 보류된 것으로 판단된다.

III. 무인항공기 사고사례[9]

3.1 무인항공기 사고사례 조사

소형 회전익무인기 감항인증기준(안)을 만들며, 현재 까지 군에서 운용 중인 무인항공기의 사고사례를 조사 하였다. 이는 사고가 발생한 기준항목에 *표시를 하여 감항성 심사 중 특별히 주의할 수 있도록 하기 위해서 이며, 고정익 무인항공기에서 일어난 사고지만 무인항공기 운용특성상 소형 회전익무인기에도 적용 가능할 것으로 판단하였다.

국내·외에서 운용 중인 무인항공기들의 사고사례를 조사하기 위해 인터넷과 군의 협조를 통해 자료를 수집하였다. 최근 10년간 발생한 국내·외 무인항공기 사고는 Fig. 3, 4와 같다. 국외에서 운용 중인 무인항공기

Table 1. Contents of CS-LURS

Subpart	Subject
A	General
B	Flight
C	Strength requirements
D	Design and construction
E	Powerplant
F	Equipment
G	Operating limitation and information
H	Reserved for detect and avoid
I	Control station

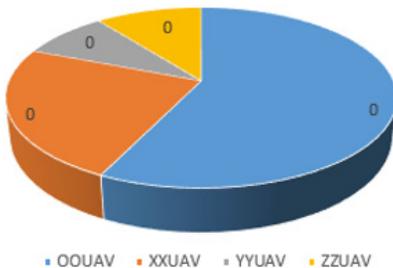


Fig. 3. Current status of domestic unmanned aerial vehicle accidents

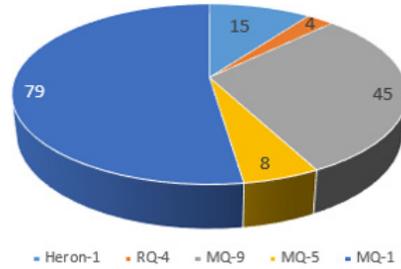


Fig. 4. Current status of overseas unmanned aerial vehicle accidents

5종에 대한 발생사고 수는 약 150여건 정도이며, 국내에서 운용 중인 무인항공기 4종에 대한 발생사고 수는 약 100여건에 달하는 것으로 조사되었다.

3.2 국내 사고원인 분석

발생 사고원인을 분류한 결과, 원인미상의 사고를 제외하면 약 70건의 사고가 식별되었다. 사고원인은 인적 요인, 돌풍, 장비 결함, 엔진 결함, 통신 두절 등의 사유가 높은 비중을 차지하였다. 발생한 사고를 세분화 해본 결과, 총 10가지 유형 내에서 반복적으로 사고가 발생하였으며, 발생한 사고원인 빈도에 따라 정리하면 Table 2와 같은 순서로 나타난다.

발생한 사고에 대해서는 사고경위, 원인분석 등을 진행하였다. 하나의 사례로 고도센서 오류로 인한 사고가 있다. 이 사고는 비행체가 완파되어 중사고로 분류되었다. 비행체가 임무 복귀하는 과정에서 고도센서 오차가 발생하여 인근 야산에 추락하게 된 사고이다. Fig. 5는 사고경위를 보여준다. 실제고도와 계기상 고도차이가 약 300m 나면서 내부조종사가 착륙을 위해

Table 2. Cause of unmanned aerial vehicle accident

Cause of the accident	
Human factor	Gust
Structural integrity	Altitude error
Engine stop	Battery switch burned out
Transmission noise and flight control computer reset	Thrust motor vibration
Parafoil	Engine cooling and drive belt

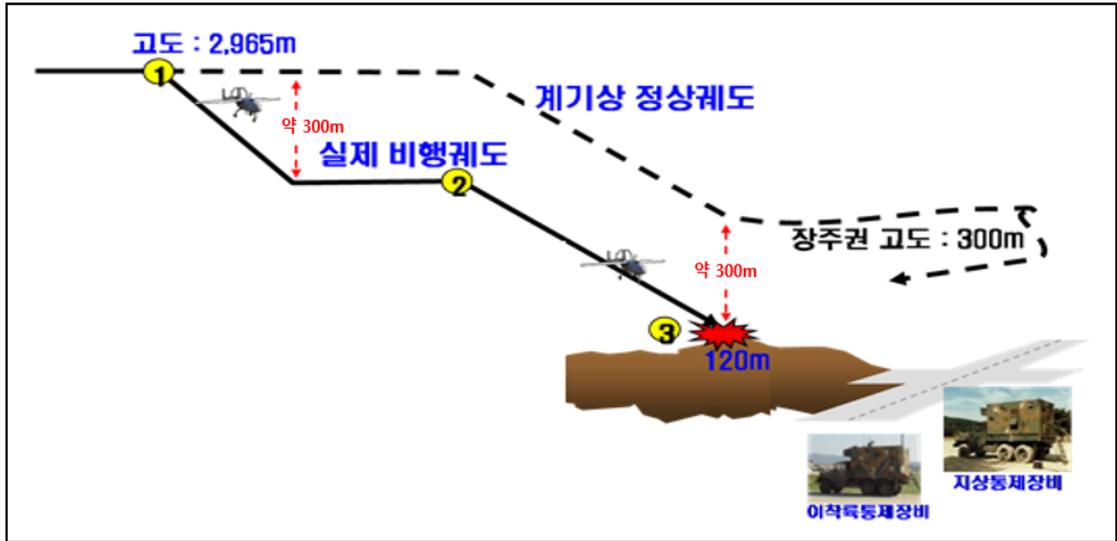


Fig. 5. History of the altitude error accident

고도 하강을 명령하였으나, 실제 무인항공기는 야산으로 추락하였고, 내부조종사 화면에서는 약 420m로 표시된 사고이다. Fig. 6은 추락 후 완파된 무인항공기이다.

IV. 감항인증기준 테일러링

소형 회전익무인기 감항인증기준은 위에서 소개한 문서를 기반으로 테일러링되었다. 테일러링을 위해 각 문서의 기준을 엑셀파일로 작성하여 매칭을 진행하였다. 엑셀파일에 기준을 배치하기 전 각 문서의 목차를 살펴보면 회전익 무인기에 해당되는 문서인 CS-LURS



Fig. 6. Aircraft damage situation

와 STANAG 4738(초안)의 경우, 목차가 다르게 구성 되어 있음을 알 수 있다. 하지만 내용을 매칭한 결과, CS-LURS에 명시된 기준은 대부분 STANAG 4738(초안)에 포함되어 있었으며, 오히려 재래식 항공기만 다루는 CS-LURS에 없는 드론형상에 적용이 필요한 항목들이 STANAG 4738(초안)에 반영되어 있다.

먼저 위 두 문서를 비교하여 공통 필수항목과 형상에 따라 필요한 기준을 식별하였고, 다음으로 방위사업청에서 고시한 표준감항인증기준 part3와 두 문서를 통해 나온 결과를 비교하였다. 이는 CS-LURS에서 테일러링된 기준이 150kg 이하 급에 과도한 기준이 아닌지 확인하기 위함이다.

표준감항인증기준 part3와 STANAG 4738(초안)은 같은 목차로 이루어져 있지만, 목차에서 제시하는 기준에는 일부 차이가 있다. Table 3은 각 목차마다 제시된 기준수를 정리한 것이다. 가장 많은 차이를 보이는 부분은 추진체이며, 이는 터빈, 전기엔진이 추가되면서 발생되었다. 시스템 건전성 부분에서는 수직양력기준, 구조부분에서는 하중과 2차 비행제어기준 때문에 차이가 발생하였다. 시스템운영 부분에서는 국가표준대기상승률이 제외되면서 기준수가 줄어들었다. 마지막으로 군 특성상 필요한 무장 파트가 추가되면서 결과적으로 표준감항인증기준 part3보다 55항목이 더 증가하였다. 이렇게 연구된 군용 소형 회전익무인기 감항인증기준(안)은 현재 방위사업청 홈페이지에 “소형 회전익무인기 시스템 감항인증기준(안)”으로 게시되어 있다.

Table 3. Comparison between standard airworthiness certification standards part3 and airworthiness certification standards for small rotorcraft unmanned aerial vehicles

	Standard airworthiness certification standards part3	Small rotary-wing unmanned aerial vehicles
System integrity	2	3
Structures and material	39	45
Propulsion	16	50
System and equipment	60	60
Continued airworthiness	11	11
System operation	71	66
Organization	23	23
Weapon	-	19
Total	222	277

소형 회전익무인기 감항인증기준을 테일러링하며 발생한 문제점은 과도한 기준 여부이다. 군에서 운용 중인 무인항공기 중 아직까지 150kg 이하로 개발되어 감항 인증을 받은 무인항공기가 부재하여 그 경험이 부족하기도 하며, 개발자 입장에서는 30kg 정도의 무인항공기에 적용하기에는 기준이 과도하다고 느끼기 때문이다.

테일러링 과정에서 가장 이슈가 되었던 부분은 구조와 비행 및 환경시험이다. 아직까지 경험과 데이터가 부족한 소형 회전익무인기에 적용하기에는 무리인 돌풍 기준과 안전성을 판단하기 위한 환경시험, 구조 피로해석 등이 존재하기 때문이다.

이에 대한 해결방안은 아직 뚜렷하지 않지만, 앞으로 진행될 사업에 시범적용을 통해 그 경험을 축적하고, 감항인증팀에서 기종별감항인증기준을 수립할 때 운용 환경을 고려하여 기종에 맞게 감항인증기준을 적용하는 방법 등이 고려되고 있다.

V. 결 론

본 논문에서는 소형 회전익무인기 감항인증기준에 대한 연구를 진행하였다. 최근 들어 군에서 드론과 같

은 무기체계의 소요제기가 늘어남에 따라 이에 맞는 감항인증기준이 필요하게 되었고, 현재 기준으로는 드론과 같은 형태의 인증을 진행하는 데 어려움이 있기에 테일러링 가능한 문서를 기반으로 이에 맞는 감항인증기준을 연구하였다.

테일러링에 사용된 문서는 CS-LURS, NATO STANAG 4738(초안), 표준감항인증기준 part3이다. 위 문서는 모두 무인항공기에 대한 기준을 다루고 있지만, 무게와 항공기 형태의 차이가 존재한다. 개발하고자 하는 소형 회전익무인기와 가장 근접한 문서는 STANAG 4738(초안)이지만, 아직 공식적으로 발간되지 않은 것이므로 이와 가장 근접하다고 생각되는 750kg 이하 재래식 헬리콥터 기준인 CS-LURS와 기준을 비교하고, 과도한 기준 적용을 피하기 위해 같은 무게 기준인 표준감항인증기준 part3를 활용했다. 또한, 그동안 군에서 운용되어 온 무인항공기의 사고사례를 조사하여 그 원인을 분석하였고, 각 기준항목 표시를 통해 향후 개발될 무인항공기의 비행안전성 향상을 기하였다.

표준감항인증기준 part3와 비교하였을 때 기준 수는 55항목이 늘어났지만, 이는 표준감항인증기준 part3에서는 다루지 않던 무장 항목의 추가와 고정익, 회전익 형태의 차이에 따른 항목의 차이이다.

현재 개발된 소형 회전익무인기 감항인증기준은 방위사업청 홈페이지에 “소형 회전익 무인기 시스템 감항인증기준(안)”으로 게시되어 있다. 방위사업청에서는 21년에 진행되는 사업에 시범 적용을 통해 게시된 소형 회전익무인기 감항인증기준을 보완하여 고시할 계획이다.

References

1. Teal Group, “World Civil Unmanned Aerial Systems”, 2018.
2. Lee, S. H., Lee, S. W., Song, K. W., Jin, S. H., Jung, J. S., and Park, K. H., “Industrial trends of urban air mobility”, KSAS Fall Conference, 2019. 11., pp.965-966.
3. Hwang, C. J., “Status and challenges of urban air mobility development”, Current Industrial and Technological Trends in Aerospace, 16(1), 2018. 7., pp.33-41.
4. Department of Defence (DoD), “UAS Forecast 2015-2035”, 2013.
5. Choi, J. W., “A study on the certification

- system of the unmanned aircraft”, Journal of Aerospace System Engineering, 6(1), 2012. 3, pp.19-15.
6. Defence Acquisition Program Administration (DAPA), “Standard airworthiness certification standards part3”, 2018.
 7. North Atlantic Treaty Organization(NATO), “STANAG-4738(draft)”, Edition A Version 1.
 8. European Aviation Safety Agency(EASA), “CS-LURS”, 2013.
 9. Yang, J. M., Lee, M. Y., and Kim, M. S., “Improving flight safety of military aircraft by airworthiness certification standards reflecting the analysis result of the cause of aircraft accidents”, KSQM Fall Conference, 2020. 11.