

Technical Review

무인항공기 개발비행시험을 위한 절차 및 항목에 대한 연구

박대진*, 양준모*, 김봉균*, 이상철**

Study on Procedures and Items for Development Flight Test of UAV

Dea-Jin Park*, Jun-Mo Yang*, Bong-Gyun Kim* and Sang-Chul Lee**

ABSTRACT

Unmanned aerial vehicles(UAVs) are increasingly used in civilian areas as well as in military areas due to the technological advancement of UAVs. In response to the increasing demand in UAVs, many studies are under way to integrate the airspace between manned aircraft and UAV. The development of flight test can secure the performance and flight characteristics of the designed aircraft. And the capability of research and development can be expanded through the accumulation of technical data. It is also essential to verify the correct performance and characteristics of development aircraft themselves. In this paper, we propose development flight test procedures and items for civilian UAVs.

Keywords : development flight test(개발 비행시험), unmanned aerial vehicle(무인항공기), performance(성능), flight characteristics(비행특성), development aircraft(개발항공기)

1. 서 론

국내에서 개발된 군 유인항공기로는 90년대 공군 기본훈련기인 KT-1을 시작으로 초음속 고등훈련기 T-50, 기동형 헬기인 KUH(수리온)가 있으며 민간 유인항공기로는 KC-100(나라온) 등이 있다. 국내에서 최초 개발된 무인항공기로는 군 단급 무인정찰기인 RQ-101(송골매)이 있다. 위에서 언급한 국내에서 개발된 유인항공기들은 수립되어 있는 유인항공기 개발 비행시험 절차와 항목에 따라 개발비행시험을 수행한다. 하지만 무인항공기에 대한 개발 비행시험 절차와 항목은 미비하다. 군 무인항공기는 NATO STANAG

4671를 기반으로 감항 인증을 하고 있지만, 민간 무인항공기에 대한 개발 비행시험 절차와 항목은 거의 없으므로 이에 대한 연구가 필요하다.

개발 비행시험은 설계된 항공기가 목표하는 성능과 비행특성을 확보하여 형식증명을 받아 고객에게 인도될 수 있는가를 확인하기 위한 과정이다.[1] Table. 1은 개발된 항공기들의 개발 비행시험 사례이다. 개발자가 개발 중인 항공기의 비행시험을 수행하기 위해서는 비행시험장 시설이 있어야 한다. 국내 유일의 공공비행시험장 시설로는 전남 고흥군의 고흥만 간척지에 위치한 고흥항공센터가 있다.[2] 고흥항공센터는 2014년 11월에 종료된 국가 비행종합시험 인프라 개발·구축 기획 과제에서 비행종합시험장으로 가장 높은 점수를 받았으며, 현재는 국가 비행종합시험장으로 개발하기 위한 후속과제가 진행되고 있다.[3]

또한 최근에는 무인항공기 활용이 확대됨에 따라 군뿐만 아니라 민간분야의 수요도 증가하고 있다. 수요 증가에 따라 여러 나라에서는 유인항

Received : 20. Oct. 2016. Revised : 15. Dec. 2016.

Accepted : 29. Dec. 2016

* 한국항공대학교 대학원 항공우주 및 기계공학과

** 한국항공대학교 항공우주 및 기계공학부

연락처, E-mail : slee@kau.ac.kr

경기도 고양시 덕양구 항공대학로 76

공기와 무인항공기의 공역 통합운용에 대한 연구도 이루어지고 있다.[4] FAA는 소형 무인항공기를 위한 규제인 FAR Part 107을 2016년 6월 발행하였다.[5] 무인항공기는 조종사가 탑승하지 않고 임무/통제 링크(C2 Link)를 통하여 조종되어 지므로 통신이 두절되었을 시 제어가 되지 않는 위험한 상황이 된다. 이러한 상황을 고려하여 무인항공기는 유인항공기와 다른 추가적인 개발 비행시험 항목이 필요하다.

Table 1. Developed Aircraft Flight Test Case [6]

구분	T/A-50	F-22	F-16	IDF
개발 기간	'97.10~ 06.01'	'98.05~ 04.01'	'75.01~ 78.12'	'85.~ 93.'
비행 시험 기간	42개월	32개월	49개월	60개월
비행 소터	1,411	1,659	1,269	1,045

본 논문에서는 고훈항공센터에서 150kg 이상급 고정익 민간 무인항공기 개발 비행시험을 수행하기 위한 절차와 항목을 제안하였다. 먼저 국내에서 개발된 유인항공기와 무인항공기의 개발 비행시험 절차와 항목을 조사하여 유인항공기와 무인항공기의 개발 비행시험 절차와 항목의 차이점을 구분하였다. 다음으로 FAA, NATO, 국내의 감항인증 자료를 조사하였다. FAA에서는 무인기를 위한 특별 감항인증 자료인 FAA Order 8130.34C, NATO에서는 150kg ~ 20,000kg 고정익 무인기의 감항인증 자료인 STANAG4671, 국내에서는 KAS PART-23을 조사하였다. 무인항공기 개발 비행시험 항목을 도출하기 위해 KAS PART-23의 subpart B(비행)와 NATO STANAG 4671의 subpart B(비행)에서 유인항공기와 무인항공기 개발 비행시험에 공통적으로 적용할 수 있는 항목을 조사하였다. 무인항공기 개발 비행시험 절차를 도출하기 위해서는 국내에서 개발된 무인항공기와 유인항공기의 개발 비행시험 절차와 FAA Order 8130.34C 자료를 적용하였다.

II. 본 론

1. 국내 개발 항공기 비행시험 절차 및 항목

1.1 유인항공기

국내에서 개발된 유인항공기 중 초음속항공기 T-50과 KC-100을 조사하였다. 초음속항공기 T-50은 군용항공기이므로 비행시험 항목 중 무기체계 및 임무와 같이 민간항공기에 적용되지 않는 항목은 제외하였다. 초음속항공기 T-50의 개발 비행시험 절차와 항목은 Table. 2, 3과 같고[6], KC-100의 개발 비행시험 절차와 항목은 Table. 4, 5와 같다.[7-9]

Table 2. Procedures for Development Flight Test of T-50

단계	과정
1단계	고객(인증)요구도 분석
2단계	시험항목 도출 및 시험평가 계획서 작성
3단계	비행시험 기본 계획서 작성
4단계	분야별 비행 시험 계획서 작성
5단계	비행 시험 수행
6단계	분야별 비행 시험 결과 보고서 작성
7단계	요구도 검증

Table 3. Items for Development Flight Test of T-50

구분	항목
비행특성 시험	기본 조종안정성 시험
	고 받음각 조종안정성 시험
	조종특성 시험
항공기 성능 및 엔진 시험	대기 자료 보정 시험
	항공기 성능 시험
	추진 시험
	이차동력계통 시험
	전기계통 시험
세부계통 시험	환경제어계통 시험
	연료계통 시험
	유압계통 시험
	착륙장치 시험

Table 4. Procedures for Development Flight Test of KC-100

단계	과정
1단계	개발 및 인증 요구도 분석
2단계	Verification Matrix 및 검증 계획서
3단계	시험항목 도출 및 시험평가 계획서 작성
4단계	비행시험 기본 계획서 작성
5단계	분야별 비행 시험 계획서 작성
6단계	비행 시험 수행
7단계	분야별 비행 시험 결과 보고서 작성
8단계	요구도 검증

Table 5. Items for Development Flight Test of KC-100

구분	항목
플러터 시험	-
조종 안전성 시험	동·정 안정성 비행시험
소음 시험	-
성능 시험	이·착륙 성능
	상승 및 활강 시험
	추진계통 비행시험
	연료계통 비행시험
세부계통 비행시험	환경제어계통 비행시험
	산소계통 비행시험
	제빙계통 비행시험
	착륙장치계통 비행시험
	비행제어계통 비행시험
	항전계통 비행시험
진장계통 비행시험	자동조종 계통시험
	전기계통 비행시험
	전자기 간섭 비행시험
	외부조명 비행시험
	엔진 카울 진동시험
	조종사 비행 평가시험

1.2 무인항공기

RQ-101은 국내에서 최초 개발된 무인항공기이며 군단급 정찰기로 군에서 사용되고 있다. Table. 6, 7은 RQ-101의 개발 비행시험 절차와 항목을 정리한 것이다.[10]

Table 6. Procedures for Development Flight Test of RQ-101

단계	과정
1단계	시험평가 계획 수립
2단계	비행 전 장비점검
3단계	비행 전 브리핑
4단계	장비 이동/설치 및 최종 장비 점검
5단계	비행 시험
6단계	브리핑 및 비행시험 후 점검
7단계	비행 시험결과 분석

Table 7. Items for Development Flight Test of RQ-101

구분	항목
비행성능 시험	수평비행
	실속속도
	상승성능
	이·착륙 성능
자동조종 성능 시험	비행안전 신뢰도
	비행 안전성
	조종방식
	자동조종
통신성능 시험	사전프로그램 비행
	통신두절시 귀환기능
	통제권/통신링크 변경
	데이터 링크 중계기능
통신계통 성능 시험	비행 전 점검 기능
	임무/통제 기능
	정보처리 기능
	종합 임무수행능력 기능

1.3 유·무인항공기 개발 비행시험의 차이

2.1.1 유인항공기와 2.1.2 무인항공기에서 조사한 것을 비교한 결과 유인항공기와 무인항공기 개발 비행시험 절차와 항목의 공통점과 차이점을 구분하였다. 개발 비행시험 절차의 경우 비행시험 준비를 위한 계획서 수립, 작성, 결과보고는 공통적인 항목이었지만, 차이점은 무인항공기에는 추가적으로 지상국과 같은 장비들의 설치 절차가 필요하다는 것이다. 개발 비행시험의 항목에서의 공통점은 비행 성능, 계통 시험이 있었으며, 가장 큰 차이점은 무인항공기에는 임무/통제를 위한 통신시험이 추가된 것이다.

2. 국외 무인항공기 문서 및 규정

2.1 FAA Order 8130.34C[11]

미 연방항공국 FAA의 Order 8130.34C는 무인항공기 특별 감항인증에 해당하는 문서이다. Table. 8은 Order 8130.34C에 명시된 무인항공기 특별 감항인증 절차이다. 3단계에서 비행시험을 계획하고 4단계에서 비행시험 프로그램의 목표를 정하게 된다. 5단계는 Appendix D(안전 체크리스트)에 명시된 항목 중 비행시험이 필요한 항목에 대해 비행시험을 수행한다. 6~8단계는 비행시험 후의 절차를 나타낸다.

Table 8. Procedure of FAA Order 8130.34C

단계	과정
1단계	특별 감항인증을 위한 신청
2단계	비행시험 구역 및 운영 구역
3단계	비행시험 계획
4단계	Program letter
5단계	안전 체크리스트 확인
6단계	점검 및 유지보수
7단계	안전 평가
8단계	현장 검사

2.2 NATO STANAG 4671[12]

북대서양 조약기구 NATO의 STANAG 4671은 150kg ~ 20,000kg의 고정익 무인항공기의 감항인증 문서이다. 본 논문에서는 STANAG 4671 subpart B의 비행 파트와 임무/통제를 위한

subpart H의 명령 및 통제 데이터링크 파트를 반영하였다. Table 9는 NATO STANAG 4671의 subpart B 와 H를 정리한 것이다.

Table 9. Items of STANAG 4671

구분	항목
Subpart.B (비행)	비행성능
	비행특성
	기타 비행 요구도
	캐터필트 및 로켓 보조 이륙
Subpart.H (명령 및 통제 데이터 링크)	낙하산 착륙 시스템
	명령 및 통제 데이터 링크 구도
	전자기 간섭 및 호환성
	명령 및 통제 데이터 링크 성능 및 감시
	명령 및 통제 데이터 링크 손실 전략
	명령 및 통제 데이터 링크 안테나 차폐물
	명령 및 통제 데이터 링크 전환 기능

2.3 국내 무인항공기 개발 비행시험 절차 및 항목

고흥항공센터에 적용될 150kg 이상급 고정익 민간 무인항공기 개발 비행시험 절차는 국내에서 개발된 항공기들의 개발 비행시험 절차와 항목, 그리고 FAA Order 8130.34C, NATO STANAG 4671을 기반으로 작성하였다. FAA의 Order 8130.34C의 안전 체크리스트 부분을 비행 시험 전 장비점검, 브리핑, 장비 이동/설치 및 장비 최종 점검 단계, 비행시험으로 세분화하였으며 이를 Table. 10에 나타내었다. 무인항공기 개발 비행시험 항목은 비행에 필요한 파트와 통신 파트를 따로 구분하여 각각 Table. 11, 12에 정리하였다. Table. 11의 조종 성능 시험은 조종사가 무인항공기 조종에 관여하는 시험이며, 자동조종 성능 시험은 비행조종사가 무인항공기 조종에 관여하지 않는 시험이다. 비행성능 시험의 실속 속도는 항공기에 결함이 없는 상태이고, 조종 성능 시험의 최소 조종 속도는 엔진에 문제 발생 시 고려

되어야 하는 항목이다. 자동 조종 성능 시험의 조종방식에는 자동 모드에서 문제가 발생 시 수동으로 변경하거나 조종면을 직접 조종할 수 있는 방법이 포함 된다. 통신두절 시 귀환기능은 통신두절로 인해 원격조종이 불가능한 경우 안전하게 비행체를 회수 할 수 있도록 설계된 기능이 정상적으로 수행되는지를 확인하는 시험이다.

Table. 12에서 통신성능 시험의 통제권/통신링크 변경은 기존에 개설되어 있는 통신채널을 전환하는 것으로 비행체를 발사통제 장비로 이륙·발사 조종을 하다가 도중에 지상통제 장비로 비행체를 조종하고자하는 경우에 통신 채널을 변경하여 비행체에 대한 통제권을 변경하는 것이다. 데이터 링크 중계기능은 산악이 많은 지형여건을 감안하면 가시선 확보를 위한 중계 장비의 운용이 필수적이다.[10] 중계 장비의 운용방식에는 지상중계방식과 공중중계방식이 있다. 지상중계방식은 헬터 탑재 차량을 이용할 수 있으며, 공중중계방식은 위성을 이용할 수 있다.

Table 10. Procedures for Development Flight Test of UAV

단계	과정
1단계	인증 요구도 분석
2단계	시험항목 도출 및 시험평가 계획서 작성
3단계	비행시험 기본 계획서 작성
4단계	분야별 비행 시험 계획서 작성 및 수립
5단계	비행 전 장비점검
6단계	비행 전 브리핑
7단계	장비 이동/설치 및 최종 장비 점검
8단계	비행 시험
9단계	브리핑 및 비행시험 후 점검
10단계	비행 시험결과 분석

Table 11. Items for Development Flight Test of UAV performance

구분	항목
플러터 시험	-
비행성능 시험	실속 속도
	이·착륙 성능
	상승 성능
	강하 성능
조종 성능 시험	활공 성능
	최소 조종 속도
	트림
자동 조종 성능 시험	조종방식
	비행 안전성
	통신두절 시 귀환기능

Table 12. Items for Development Flight Test of UAV Communication

구분	항목
통신성능 시험	통제권/통신링크 변경
	데이터 링크 중계기능
	비행 전 점검 기능
통신계통 성능 시험	임무/통제 기능
	종합 임무수행능력 기능

III. 결 론

본 논문에서는 고흥항공센터에서 150kg 이상 급 고정익 민간 무인항공기에 적용할 수 있는 개발 비행시험 절차와 항목을 제안하였다. 제안한 개발 비행시험절차와 항목은 국내에서 개발된 유인항공기와 무인항공기의 개발 비행시험 절차와 항목을 모두 포함한다. 또한 FAA Order 8130.34C, NATO STANAG 4671을 조사하여 무

인항공기에만 필요한 개발 비행시험항목을 반영하였다. 제안된 개발 비행시험 항목에서 제시한 안전성과 고장률은 최소한 유인항공기와 동가이어야 한다. 본 논문에서 제안한 무인항공기 개발 비행시험 절차와 항목을 바탕으로 무인항공기 개발자가 개발 비행시험에 있어 기본적으로 수행해야 할 절차와 항목을 인지하고 준비해 나갈 수 있기를 바란다.

후 기

본 논문은 국토교통부의 “국가 비행종합시험 인프라 개발 구축” 과제의 일환으로 수행되었음.

Reference

- 1) Kim, C., Woo, B., Lee, W., “ Study of KC-100 Applicant Flight Test for TC Acquisition”. 2012 KSAS Fall Conference, 2012. 11, PP. 1367-1371.
- 2) Ku, S., Song, B., Lee, J., “Analysis of Wind Observation Data to Review Adequacy of Runway Orientation at Goheung Aeronautical Center”, 2014 KSAS Fall Conference, 2014.11, PP. 56-59.
- 3) “National Flight Synthesis Test Infrastructure Development & Build Planning Final Report”, MOLIT 2014.11
- 4) Seong, K., Ahn, S., 2014, Vol12 No2, “Technical Developments for UAS Airspace Integration” pp. 35~42.
- 5) FAA, “FAR Part 107, Small UAS Rule” 2016. 06
- 6) Lee, B., Kim, C., Kim, G., Han, K., Park, S., “ Practical Flight Test written by T-50 aircraft development experience”, 2007.7
- 7) Ko, D., Choi, N., Kang, M., Kim, G., Ryu, G., “Development of civil aircraft based on KC-100 aircraft experience” 2013.12
- 8) Choi, N., Ko, D., Kim, G., “Introduction to Civil Aircraft Development Process thru KC-100” 2012 KSAS Fall Conference, 2012.11, pp. 1334-1340
- 9) Kim, C., Park, W., Woo, B., Lee, W., “Study on the Flight Safety Consideration for Civil Airplane Flight Test” 2012 KSAS Spring Conference” 2013.4, pp.1167-1170
- 10) “Unmanned Aircraft Test Evaluation Model, process and procedure development”, DTAQ , 2009.11
- 11) “FAA Order 8130.34C”, Federal Aviation Administration(FAA), 2013
- 12) “STANAG 4671”, North Atlantic Treaty Organization(NATO), 2009