

조류 충돌 시험 장비 개발에 관한 연구

이정익*, 김봉민**

*인하공업전문대학 기계공학부 기계설계공학과 교수

**주식회사 자트 기술연구소 상무

e-mail:jilee@inhatc.ac.kr

A Study on the Development of Bird Strike Test Equipment

Jeong-Ick Lee*, Bong-Min Kim**

*Mechanical Design Engineering, Dept. of Mechanical Engineering, Inha Technical College j

**JAT Inc., Technique Research Center

요약

본 논문은 산학 공동 기술개발 과제의 일환으로 실시 중인 시제품 개발 사업의 연구이다. 일명 조류 충돌 시험 장비라는 것은 조류 충돌 시험 장비를 개발하여 기능을 평가하기 위해 조류에 해당하는 시편의 속도 측정과 기타 시험 절차를 통해 시험 장비의 성능 및 기능 내용의 타당성을 입증하기 위한 연구로서 본 산학의 연구를 통해 조류 충돌 시험 발사 장비 및 검증 방법을 제시하고 조류 충돌 모의시험 환경 구축 및 데이터 수행 방법 개발에 연구 개발 목표가 있다고 할 것이다.

1. 서론

오늘날 항공 분야에서 일어나고 있는 혁신은 마치 1930년대 후반에 등장한 제트 엔진의 혁신과도 비교될 만한 놀라운 부분이 있다. 드론 기술의 발전하면서 우리는 UAM(Urban Air Mobility)로 불리는 도심 항공 이동수단을 목격하였다. 하늘을 새로운 이동 통로로 이용할 수 있어 도심에서의 이동효율성을 극대화한 차세대 모빌리티 솔루션으로 떠올랐다. UAM과 기존 여객기의 가장 큰 차이점은 UAM이 도시교통이라는 것이다. 도시교통은 도시 내부의 통행과 도시 내외의 인접 지역 간 통행을 의미한다. 넓은 땅을 확보하기 어렵고 높은 건물이 많은 도시에서는 수직이착륙 방식이 적절하고, 전기 추진 방식은 공해와 소음이 적어 도시환경에 미치는 영향이 적다. UAM 항공기가 주로 멀티콥터 형태로 개발되는 것도 마찬가지다. 멀티콥터는 조종 응답성과 안정성이 우수하여 고층 빌딩이 많은 도심에서 활용하기 안전하고, 블레이드의 길이를 짧게 만들어서 소음을 줄일 수 있다.

다른 나라 정부도 발 빠르게 움직이고 있다. 미국의 경우 지난 2005년 차세대교통시스템연구소를 설립하고 고속도로인증 면제, 시험 필요 요건 완화 등의 제도적 지원에 나섰다. 유럽연합도 기술 개발 등에 620만 달러(약 73억 원)를 투자한 상태다. 대한민국

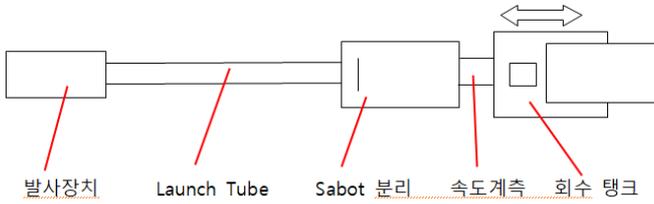
국 정부는 UAM 2025년 실용화를 목표로 법제도 정비 등 실증 및 시범사업을 단계적으로 추진하겠다고 밝혔다. 우선, 향후 3년간 국토교통부와 산업통상자원부가 협력해 자율비행 PAV (Personal Air Vehicle) 개발 사업을 공동으로 진행한다.

우리말로 ‘조류 충돌’이라고도 불리는 ‘버드 스트라이크(Bird Strike)’는 항공기의 이착륙 및 순항 중 조류가 엔진이나 동체에 부딪히거나 엔진 속으로 빨려 들어가는 현상을 일컫는 말이다. 버드 스트라이크는 이륙과 상승, 하강과 착륙 중인 항공기와 부딪힐 때는 역학상 엄청난 타격을 준다. 이는 특히 항공기 엔진이 최대로 가동되는 이착륙 시에 많이 발생한다. 항공기가 저공비행을 하는 동안 가까이 접근하는 새를 빨아들이기 때문이다.

프로펠러를 사용하는 UAM도 버드 스트라이크 문제를 피해 갈 수 없다. 버드 스트라이크가 UAM의 프로펠러 등에 발생시키는 문제점 등의 연구 목적으로, ITP 항공센터는 조류 충돌 시험장비(Bird Gun)을 개발을 고려 중이다.

2. Bird Gun 요청 사항(Specification)

2.1 개념도



[그림 1] Concept design of bird strike

2.2 Specification

아래는 ITP 항공센터의 Specification이다.

구분	ASTM F330-21	ITP 항공센터
Scope	Aerospace	UAM(1-2인용)
Test Article	Windshield, Canopy	프로펠러 (2000rpm) Jig Windshield Jig
Gas gun 발사 단계	Single Stage	Single Stage
The object in Sabot	닭 사체	젤라틴 Dia. 100mm
The object Weight	4lb(1.8Kg)	4lb(1.8Kg) or 2lb(0.9Kg)
Gas gun 발사 방식	Diaphragm, Cutter	Diaphragm, Cutter Diaphragmless
Working Gas	Air	Air
Working Pressure	250 psi(≈ 17bar)	?
Projectile Velocity	334 m/s	70 m/s(250 KPH)
Velocity Tolerance	?	설정 속도 ± 1% ~ 2%
Barrel Length (Launch Tube)	18.3 m	?
Barrel Bore Diameter	6 인치 (153mm)	6 인치 (153mm)
Pressure Tank Volume	30ft ³ (0.843 m ³)	?

2.3 부대 설비(추후 요청 설비)

1) 발사체 녹화용 고속카메라 와 조명시설

당사보유 장비로 대응 가능.

2) 발사체 속도 측정 장치

기존 당사 보유장비로는 130KPH까지만 측정 가능하다.

그러므로 타사의 유사장비를 구매할 수도 있고 개발도 가능하다.

현재 아두이노 보드를 이용한 측정 Software는 Test 중이고, Hardware는 2ch laser 발생기와 수광 포토다이오드를 사용 예정이다.

3) 발사 장치 Control room

3. 관련 논문 및 경쟁사

관련된 자료가 충분하지 않았다. 인용된 논문은 ASTM F330-21을 참조했고, 관련 정보는 2.2절에서 간단히 기술하였다. 이 논문의 발사체

Working velocity는 334 m/s를 초과하였고, 이를 위해 고압인 약 17bar와 Barrel 길이를 18.3를 사용하였다. ITP 항공 센터의 목표 속도는 70m/s 이므로 이 application은 단지 참고용 자료라고 생각된다.

국내 업체로는 삼덕 Engineering이 있다. 이 업체는 국방관련 및 대학등 수차례 납품한 경험 이 있다. 해외 업체로는 프랑스 회사인 “THIOT INGENIRIE” 가 있다.

두 회사의 홈페이지 내용을 검토해 보면, 위 ASTM의 논문의 방식과 유사하다.

고압을 사용하고 발사 방식은 준비된 고압이 빠르게 barrel에 공급되는 방식이다. 그리고 속도 tolerance는 목표속도의 ± 1~2 %를 제시하고 있다. 당사의 판단은 이 Application을 위해 고압을 사용하는 것은 공기압 인증을 획득에 어려움이 예상되어, 저압을 사용하는 방식만을 고려한다.

4. 기존에 개발한 관련 개발품(골프공 발사기)

4.1 장비 개발 배경

이 Application과 관련하여, 약 15년쯤 전에 공압을 사용한 골프공 발사장치를 개발한 경험이 있다. 개발 목적은 정확한 골프공의 속도 측정이 아니라 적당한 속도(약 60m/s) 이상으로 발사하고 강성이 충분한 대상물에 충돌할 경우, 공의 사용 횟수를 검증하는 것이다. 그러므로 속도의 정확성은 보증하지 못하지만, 골프공 질량 0.046Kg, 사용 압력(저압약 7bar), Barrel 내경 45.30mm, Barrel 길이 1.5m로 골프공의 속도를 측정하는 목표로는 충분한 장치라고 생각 된다. 이 조건에서 불의 속도는 72.5m/s ~76.0 m/s였다.

4.2 장비 외관 및 동작



[그림 2] Bird strike equipment currently manufactured and being upgraded

Compressor에서 발생된 공기압은 Regulator에 설정된 압력 만큼 수동 발사장치와 급속배기 밸브를 통과하여 압력저장 탱크로 공급된다. 수동발사 장치는 평상 시 Regulator를 통과한 공기압력을 급속배기 밸브의 In_Port로 공급하고, 발사장치가 눌러지면, Regulator의 압력을 차단하고, 급속배기 밸브의 In_Port를 대기압과 연결한다. 급속 배기의 본래 목적은 실린더의 배기 port의 압력을 빠르게 대기압과 일치시키기 위한 목적으로 개발되었다고 생각된다. 자세한 설명은 다음에서 다루기로 한다.

4.3 Bird Gun과 비교 시 문제점

네 가지 정도의 문제점이 예상된다.

1) 작은 공급 port에 기인한 소요공기량 부족 문제

근본적인 차이점은 다음과 같다. 현재 사용 중인 급속 배기밸브의 공급 port의 직경은 1/2 인치(약 12.7mm)이고, Barrel의 직경은 약 45.3mm이다. 즉 직경비에 의한 면적 비는 약 12.74배이다. 면적비는 발사체의 움직임에 따른 충분히 빠르게 공기압을 공급할 수 있는가에 대한 물음을 남긴다. 즉 충분한 공기압을 빠르게 공급한다는 것은 발사체의 고속이동에 의한 공기압이 공급되어야 하는 체적 증가분을 충분히 빠르게 채워 줄 수 있다는 것, 즉 소요 공기량이 충분하다는 의미이다. 소요 공기량에 부정적인 요소로는, 작은 port에서 큰 port로 공기압력을 공급할 경우와 공급 port의 크기가 작아서 생기는 오리피스 효과 등이 있다. 간이 해석이지만 1-D Dynamics Software를 사용하여 공급 port 직경 3/4 인치(19mm), Barrel 직경 200mm의 경우, 발사체 속도에 영향을 주는 소요 공기량이 부족하지 않다는 결과를 얻었다. 이 경우 면적 비는 약 110 였다. 그러나 이는 간이 해석이었으므로 보다 정밀한 Software Simulation이 필요하다. Project가 진행 되어 실제 설계를 한다면, Simulation 후 급속 배기 밸브의 개 수를 결정 하겠지만, 최대 4개까지 사용할 예정이고, 상용품으로 나와 있는 최대로 큰 급속배기 밸브 중 가장 큰 port 크기는 1인치 제품이다. 이 경우 Barrel과 공급 port의 단면적 비는 15.5 정도이다.

2) 급속 배기 밸브의 동작 속도

또 하나의 문제점은 “급속배기 밸브 내 밸브의 움직임이 얼마나 빠르게 움직일 수 있는가?”이다. 구상 중인 구조는 경쟁사의 방식 보다 약간 불리하다. 만일 밸브의 움직임이 느리면, 정압에 도달하기 전에 발사체는 움직이기 시작하므로, 발사체의 속도 증가 측면에서 불리하다. 경쟁사의 방식도 밸브 동작 시간이 있으므로 크게 불리하다고 보기 어렵다. 또한 설계 시, 이 문제를 최소화하도록 고려하겠다.

3) Air Leak

또 다른 문제점은 골프공 발사기가 노후화되었고, 구조상 골프공 투입구 때문에 기밀 유지가 어렵다. 이러한 부정적인 조건에서도, 7기압, Barrel 길이 1.5m 조건에서 발사체 속도 250KPH는 무난히 달성되었다. 즉 저압을 사용해도 발사체의 속도를 증가시키에 충분하다는 결론이다. 정상적인 설계를 한다면, Air Leak문제는 해결 될 수 있다.

4) 기계식 발사 Switch를 전기식으로 변경

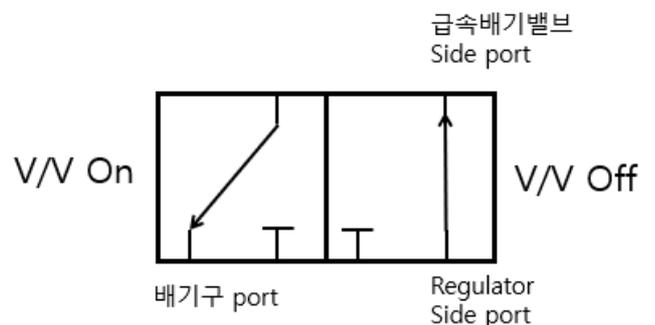
지금은 발사 Switch를 수동으로 작동시킨다. 일관성 있는 발사체 속도를 얻기 위해서는 수동 발사 Switch가 아닌 전기식 solenoid valve Switch로 변경해야 한다. 기계식 작동 Switch보다 발사체 속도면에서 전기식이 유리할 지 불리할 지 시험이 필요하다.

4.4 사용 공압 element

Compressor, Air Tank, Regulator 및 배관은 일반적인 것이므로, 별도 설명은 생략한다.

1) 발사 Switch(전기식 Solenoid Valve)

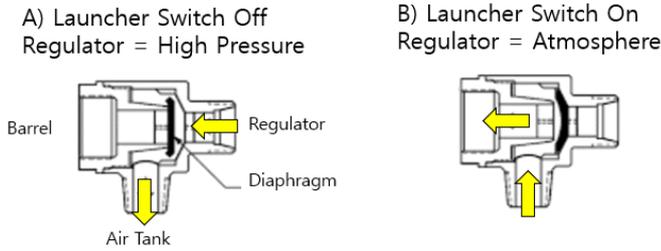
3-2 Way 밸브, port size 1인치 이하의 상용 품 중 가장 큰 것.



[그림 3] Electric solenoid valve

2) 급속 배기 밸브(현재는 1/2 인치, project 진행 시 1인치 여러 개)

드 스트라이커를 제작 계획이다.



[그림 4] A quick exhaust valve

왼쪽 그림은 발사 Switch가 off 상태에서, Diaphragm이 Barrel쪽을 막는다. 공기압은 Regulator에서 Air Tank 방향으로 흐른다. Diaphragm이 Barrel쪽을 막는 이유는 Regulator 와 Air Tank의 압력은 같은 조건에서 Regulator쪽과 접하는 Diaphragm의 면적이 Air Tank 쪽의 단면적 보다 크기 때문이다.

오른쪽 그림은 발사 Switch가 작동한 경우이다. 이 경우 Regulator 와 급속배기 밸브 사이에 위치한 Solenoid 밸브가 작동하여 Regulator에서 들어오는 공기압 Line은 차단되고, Regulator와 Diaphragm 사이의 공기압은 대기압으로 변경되고, Air Tank쪽의 **공기압의 힘으로** Diaphragm을 왼쪽으로 밀어 급속하게 Regulator쪽 공기압을 막고 유로를 Barrel쪽으로 형성한다.

5. 결론 및 달성해야 할 최종 목표

본 연구를 통한 속도 측정 장치 개발을 위해서 달성되어야 할 목표는 다음과 같다.

1. 당사의 속도 측정 장치는 130KPH 이상은 측정이 안된다. 골프공의 발사 속도가 130KPH 이상이므로 개발이 필요하다.
2. 속도 측정 장치는 두 개의 채널이 필요하고 레이저 광원과 수광 Photo diode 와 연관된 회로 신호처리 장치로 구성 예정이다. 신호처리 장치로는 Arduino 계열의 mini-computer를 사용할 것이고, Interface는 일단 Window application으로 만들 예정이다. 속도 측정은 1000 KPH 정도도 가능할 것으로 예상된다.
3. Application에 따라 다르겠지만, 각 채널마다 각각 속도 측정이 가능하고, 평균속도도 측정이 가능한 버

참고문헌

- [1] 문창오, 우중호, 오태식, 황철호, 박찬익, “항공기용 Windshield의 조류충돌 저항성 평가”, 항공우주학회지, Vol. 24, No.2, pp.95-105, 1996년.
- [2] 강병현, 문성욱, 임재영, 최병호, “자동차 윈드실드 용 접합 유리의 충격거동해석 관련 인자 연구”, 대한기계학회 2013년도 학술대회, pp. 2,705-2,708, 2013년
- [3] Marulo, F and Guida, M, “Design criteria for bird-strike damage on windshield”, Advances in aircraft and spacecraft science, Vol.1, No.2, pp. 233-251, 2014년.
- [4] 배정도, 최주형, 김정환, 허태욱, “전산해석을 응용한 해양 플랜트용 WIND SHIELD 개도 성능 평가”, 대한기계학회 2014년도 추계학술대회, pp.2,361-2,365, 2014년.
- [5] 공낙경, 이복철, 오영섭, 정태수, “경량화 윈드실드 글라스의 차량 성능 영향도 분석”, 2014년 한국자동차공학회 학술대회 및 전시회, pp. 858-865, 2014년.
- [6] 조석수, 이성룡, 홍성왕, “등이축 굽힘강도를 이용한 중고 자동차용 앞창유리의 안전성 평가”, 한국기계기술학회지, Vol. 19, No. 4, pp. 499-506, 2017년.
- [7] 정승택, 임평호, 이상목, 윤태원, “헬기 윈드실드 파손에 관한 연구”, 한국항공우주학회 2021년도 춘계학술대회, pp. 599-600, 2021년.