

◎ 특집 : 연구실소개

국방과학연구소 풍동실험실 소개

안 승 기*

1. 머리말

비행체 개발에 있어 실험은 항상 중요한 역할을 수행하여 왔다. 풍동시험은 비행시험을 위하여 첫 번째 비행체를 만들기까지 소요되는 시간과 비용을 절약하고 과거의 경험으로부터 멀리 벗어난 형상 설계에 대한 비행시험의 위험성을 사전에 배제하기 위하여 수행되며 축소 모형을 이용하여 비행체의 성능을 확인/검증하는 지상 시험이다.

최초의 풍동은 1871년 영국의 왕립학회를 위하여 Wenham에 의해 제작되었으며 기관총 발명가인 허람 맥심경(1890년), 라이트 형제(1901년), 구스타프 에펠(1908년), 영국 국립물리연구소(1912년), 미 항공국(NACA, 1915년), MIT(1916년)에 의해 개발/개선되어 왔다. 풍동 시험이 다량으로 소요되기 시작한 것은 1930년대 후반부터이다. 이 전까지는 시험 기법의 제한으로 인해 설계된 항공기의 비행시험자료가 잘 일치하는가를 확인하기 위하여 시험을 수행하는 정도였다. 풍동 시험으로부터 획득한 자료가 설계를 위한 주된 변수로 작용하고 신뢰성 있는 시험자료가 이용되기까지는 최소한 30년의 세월이 필요하였던 것이다. 전기제 모형에 대한 시험이 어느 정도 의미 있는 결과를 제시할 정도로 풍동시험 기법이 발전하자 설계자들은 풍동을 다각적으로 사용하기 시작했으며 다투어 풍동건설에 나서기 시작하였다. 2차 세계대전 중 독일에서 극비리 개발되어 운영되어 오던 초음속 풍동은 기존 개발 풍동에 추가되어 초음속 영역의 연구를 심도 있게 추진할 수 있도록 하였다. 비행체 개발을 위하여 수행되는 시험은 그 종류 또한 다양하며 시험 시간은 아래 그림 1.에서 보인바와 같이 대폭 증가하여왔다.

무기체계 개발을 주 임무로 하는 국방과학연구소는 이 점을 깊이 인식하고 설립초기부터 풍동 시험

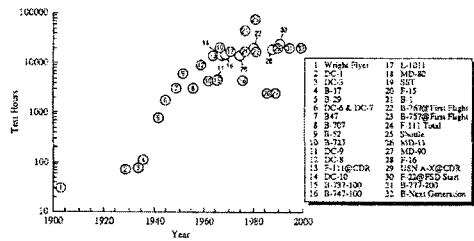


Fig 1. 항공기 개발 소요 풍동 시험 시간 추이

의 확보를 검토하여 풍동실험실이 발족되고 70년대 후반에 삼중음속 풍동을 건설하였다.

본문에서는 전산유체역학과 함께 유체역학의 일익을 담당하고 있는 실험유체역학을 활용하여 자료 생산을 주 업무로 하고 있는 국방과학연구소 풍동실험실을 간략히 소개하기로 한다.

국방과학연구소 풍동실험실은 저 아음속, 고아음속, 천음속, 초음속 영역에서의 유도무기, 항공기 및 수중무기의 형상 결정에 필요한 시험을 수행하고 있으며, 그 자료는 유도무기 및 항공기 개발 과정에서 필요한 설계 수단으로 활용되고 있다. 풍동 실험실은 시험 모형의 설계/제작, 풍동 시험 그리고 시험자료의 분석 및 관련 업무를 수행하고 있다.

2. 주요시설 및 장비보유현황

국방과학연구소 설립초기에 요구되었던 번개 사업 관련 시험은 서울대학교 항공우주공학과와 아음속 풍동을 이용하는 한편 설치 예정 장비의 검토를 실시하였다. 당시 요구되었던 풍동은 경제성을 감안하여 시험부의 크기가 4 피트 × 4 피트인 삼중음속 풍동(Trisonic Wind Tunnel)을 불어내기식(Blow-down type)으로 선정하였다. 건설 기간 중 시험부 크기 1 피트 × 1 피트인 초음속 풍동을 확보하여 백곰, 황룡, 구룡 사업에 투입하는 한편 풍

동실험실 요원의 교육에 크게 활용하였다. 삼중음

* 국방과학연구소 책임연구원

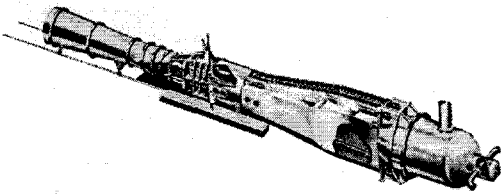


Fig 2. 국방과학연구소 삼중음속 풍동

속 풍동은 79년 말 완공되었고 그 후, 천음속 시험부를 추가하여 삼중음속(아음속, 천음속, 초음속) 영역을 모두 포함하도록 하였다.

국방과학연구소 풍동실험실에서 보유/운영하고 있는 시설을 간략히 소개하면 다음과 같다.

2.1. 4' × 4' 삼중음속 풍동

시험부 크기가 4 피트 × 4 피트인 삼중음속 풍동은 공기가 압축성 효과를 보이는 고아음속 영역, 천음속 영역, 초음속 영역의 자료 생산을 주 목적으로 운영되고 있다. 초음속 유동은 가변노즐을 통과한 후 시험부에 형성되며 고아음속 및 천음속 영역은 초킹플랩(choking flap)을 이용하여 형성된다.

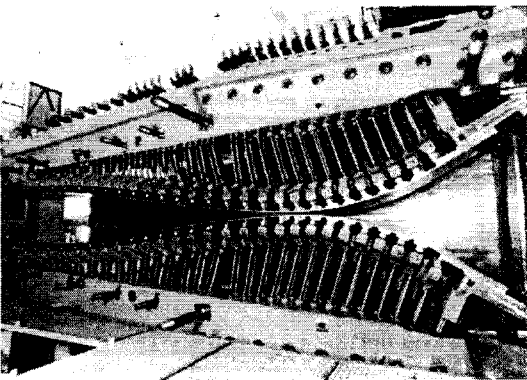


Fig 3. 삼중음속 풍동 가변 노즐

압축기로부터 40기압으로 압축된 공기는 공기 저장탱크에 저장되었다가 조절변(control valve)을 통하여 요구 시험 속도를 유지하기 위한 정체실의 전압을 일정하게 조절하여 노즐부로 흘러지고 이 때

형성된 유동장 내부에서 모형의 자세를 변화시키면서 필요한 자료를 획득/저장한다. 시험시간은 약 40초이며 1회 시험에 소요되는 전력비는 약 35만원 정도이다.

2.2. 1' × 1' 초음속 풍동

시험부 크기가 1 피트 × 1 피트인 초음속 풍동은 M=1.5에서 M=5.0까지 노즐 블럭을 교환하여 유동장을 형성하며, 시험시간은 거의 연속적이다. 초음속 영역의 유동 현상 및 소형 모형을 이용한 기본적인 연구 업무에 활용되고 있다.

2.3. 3 m × 2.25 m 아음속 풍동

공기의 비압축성 영역의 유동장 내에서 소요되는 시험의 주 자료 생산용 풍동으로 80년대 검토되어 80년대 말 구체화되고 90년대 초 사업이 확정되어 98년 건설 완료되었다. 시험부 크기가 3 m × 2.25 m이고 최대 유속 120 m/초인 아음속 풍동은 폐쇄형 및 개방형 시험부를 겸비한 다목적 풍동으로 유로 내부에 흡음 처리를 하였고 무향실 내부의 배경소음을 낮추고 공력 음향(aero acoustic) 시험이 가능하도록 하였다. 세계최고의 유질 및 생산성을 자랑할 수 있는 아음속 풍동의 시험부는 그림 4, 5와 같다.

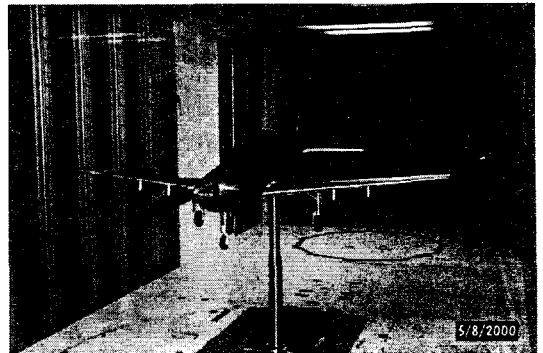


Fig 4. 폐쇄형 시험부

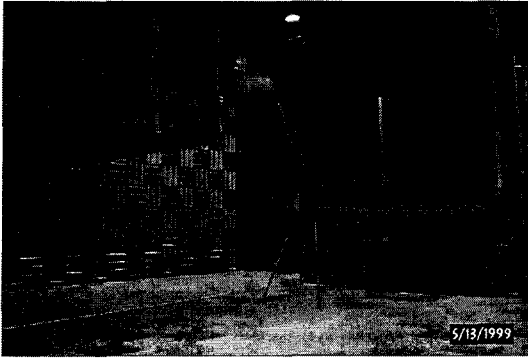


Fig 5. 개방형 시험부/무반향실

2.4. 0.75 m × 0.57 m 소형 아음속 풍동

시험부 크기가 0.75 m × 0.57 m인 소형 아음속 풍동은 3 m 풍동의 1/4 크기로 아음속 풍동과 동시에 건설되었다. 시험기법 개발, 탐침 교정 및 소형 풍동을 이용한 상쇄 연구(trade-off study)에 사용하며 3 m 풍동의 업무 경감을 위해 활용되고 있다.

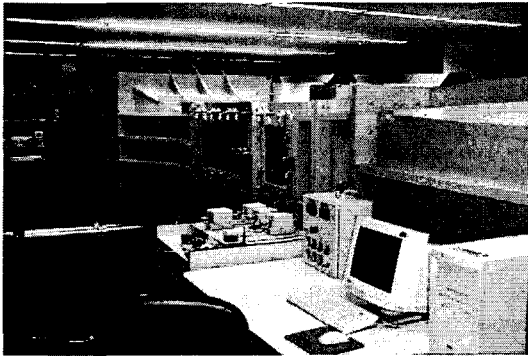


Fig 6. 소형 아음속 풍동

2.5. 수동(water tunnel)

시험부 크기가 24 인치 × 36 인치인 수동은 공기 대신 물을 순환시키는 장비로 최대 유속은 30 cm/초이며 주로 흐름가시화(flow visualization) 및 상쇄연구에 활용되고 있다.

2.6. 압축공기 플랜트

상중음속의 주 에너지원인 압축공기를 생산/건조/저장하는 압축공기 플랜트는 20년 이상 운전하고 있

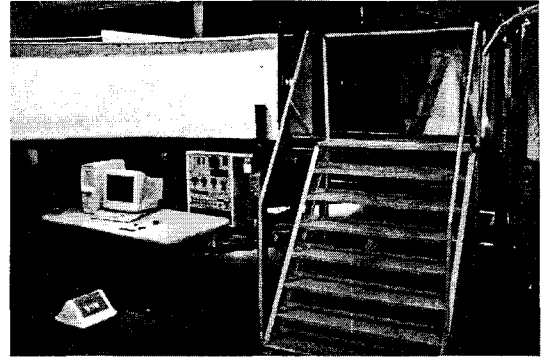


Fig 7. 수동(Water Tunnel)

는 1,000마력 급 1기, 3,000마력 급 1기의 압축기를 운영하고 있으며 부수 압축공기의 공급원으로도 사용되고 있다.

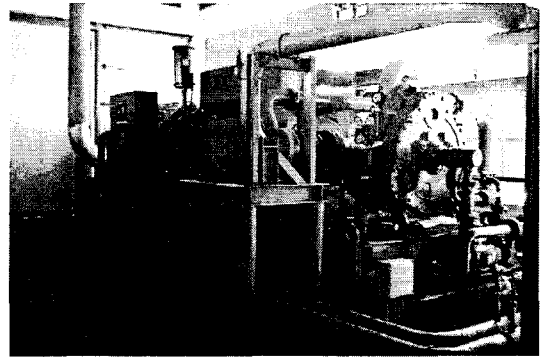


Fig 8. 3000마력 급 압축기

2.7. 기타 부수장비

시험에 직접 투입되는 압력 변환기, 내장밸런스, 자료획득 장비, 조정장비, 교정 장비 등 총 100점 이상의 장비를 이용하여 다양한 시험을 수행할 수 있도록 지원하고 있다. 계측장비는 시험 요구에 따라 자체 설계/개발 및 구성할 수 있는 능력을 보유하고 있다.

3. 시험 능력 및 실적

풍동실험실에서는 포탄, 유도무기, 항공기, 수중무기 등의 기본 공력 계수 추출시험, 힌지 모멘트 측정시험, 동안정 미계수 추출시험, 압력분포 측정시험, 공기 흡입구 시험, 외부 장착물 투하시험, 실속/

스핀 특성 시험, 흐름가시화 시험, 회전익기 시험, 공력음향학 시험 등 다양한 시험을 수행하고 있으며 포탄의 마그네스 모멘트 시험이 준비중에 있다. 삼중음속 풍동은 Lockheed(현재 싱가포르 DSO) 및 Calspan(현 GD)과의 상관관계 시험을 통하여, 아음속 풍동은 Allied Aerospace 및 DNW-LST와의 상관관계 시험을 통하여 생산 자료의 타당성 및 신뢰성을 입증하였다.

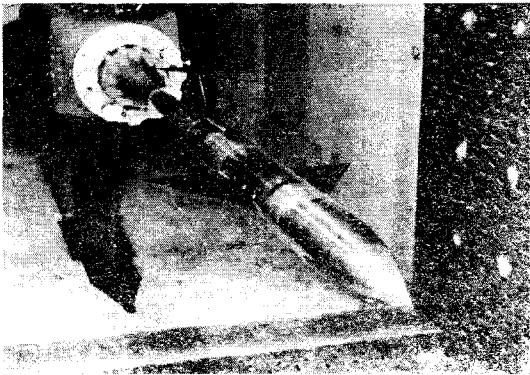


Fig 5. AGARD-C 풍동 교정 모형

80년대에 교정 시험을 거쳐 자료 생산에 돌입한 삼중음속 풍동은 국내 최초로 건설된 자료 생산 시설이어서 시험절차 개발 및 정착에 많은 시행 착오를 겪었다. 개발 사업 수행과 동시에 시험 기술 및 기법의 개발이 병행되었고 모형의 설계 및 제작 기술이 개발되었다. 국내 여건을 감안하여 시험 모형의 제작을 위한 업체 기술지도가 이루어 졌고, 기계적 계측장치의 개발 및 국산화도 이루어졌다. 20 여년간 운영 되어온 삼중음속풍동의 년도 별 시험횟수는 그림 10.과 같다.

풍동 시험의 원숙화 단계로 접어든 90년대에는 새로운 시험 요구에 부응하여 다양한 시험 기술 개발이 이루어졌다. Roll-sweep 장치의 개발 및 FFT를 이용한 자료처리 기법 개발, 다점 압력측정 장치를 이용한 압력측정 기법 개발 등이 추가되어 일상적인 시험으로 성장하였다. 특히 공기 흡입구 시험은 ejector를 사용하고, flow-plug의 자동조절 및 자료획득 시스템과의 연동으로 생산성을 10배로 증가시키는 획기적인 발전을 이루었다. 계측분야는 해당 약 1억원 가량의 내장밸런스의 국내 개발을 이루어 외화 절감 및 다양한 시험을 위한 내장밸런스의 수급을 원활하게 하였다. 년 600회의 자료 생산 능력으로는 요구되는 개발 시험을 충족시키기에 불충

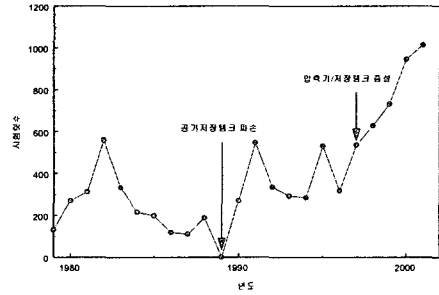


Fig 10. 년도별 삼중음속 풍동 시험 실적

분하여 3,000마력 급 압축기와 공기 저장탱크를 증설하여 년 1,200회의 시험능력을 갖추었다.

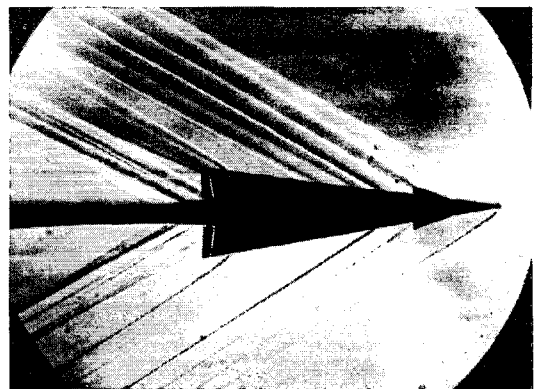
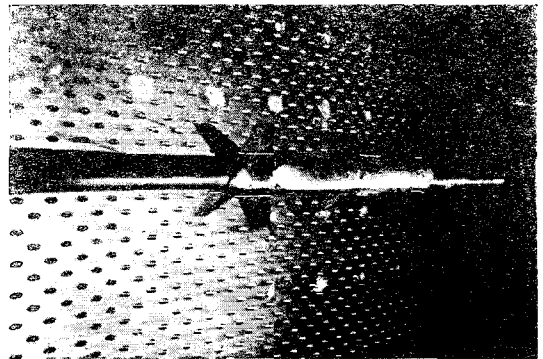


Fig 11. 삼중음속 풍동 시험 장면

아음속 풍동은 다양한 시험을 수행할 수 있도록 다목적 풍동으로 설계/건설하였고 운영 인력 소요를 최소화하기 위해 자동화 시설을 갖추었다.

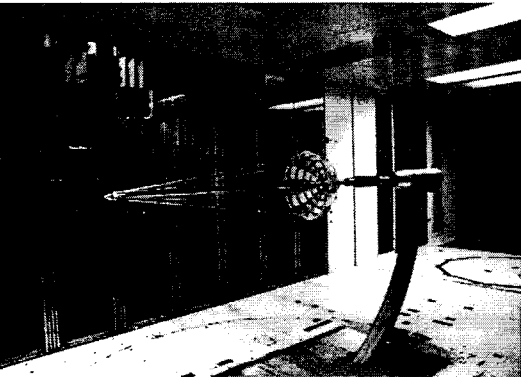
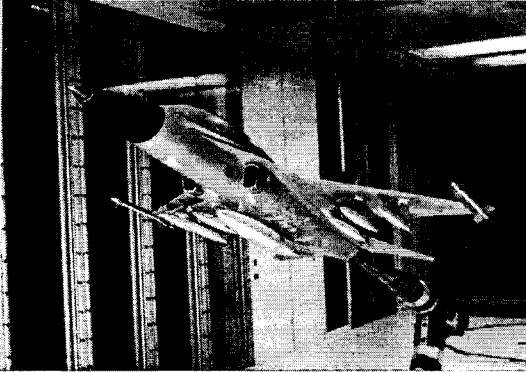


Fig 12. 아음속 풍동 시험 장면

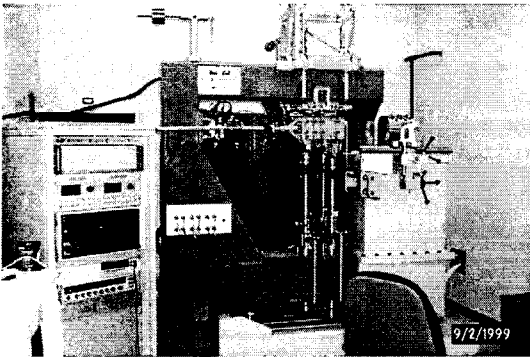


Fig 13. 자동 밸런스 교정 장비

행하고 있다.

국가적인 시설의 활용도를 높이고 기술의 확대 보급을 위하여 자체 개발 사업의 풍동시험 이외에도 업체의 요구 및 타 기관의 시험도 기술용역 사업을 통하여 지원하고 있다. 업체 개발의 포탄 류, 항공우주연구원이 개발한 KSR(중형과학로켓), 업체 주도 개발의 T-50(고등훈련기), 저속 통제기 기총장착 형상의 풍동시험들이 그 예가 되겠다.

4. 발전 방향

발족 후 30년에 가까운 풍동실험실은 보다 다양한 시험을 수행하고 신뢰성 있는 시험자료의 공급을 위하여 계속 노력하고 있다. 자료처리하는 기존의 전기 시그널 도메인 처리 방법에서 공학단위(engineering unit) 처리 방법으로 개량되었으며 벽면 간섭효과의 보정기법 개발 등 풍동 시험 자체의 불확실성(uncertainty)을 감소시키고 자료의 질을 높이는 방향으로 연구가 계속되고 있다. 자료의 신뢰성을 높이기 위해 ISO 9001 인증을 위해 필요한 작업이 아울러 진행 중이다.

실험실의 시험 능력도 중요하지만 생산되는 자료를 효과적으로 사용할 수 있는 주변 인력 또한 매우 중요하다. 20여 년의 풍동 실험실 운영을 통하여 많은 인력들이 시험 자료를 검토하고 사용하였으며 효과적인 시험 설계(design of experiment) 능력이 구비되어 시험의 효율성은 한층 증대되었다.

자료 생산 시설이 전무하던 70년대 초부터 30년간의 노력 끝에 시설 확충 및 시험절차 개발, 기법 개발 등 다양한 분야에 걸친 연구 개발을 이루었으며 다양한 시험요구에 부응하기 위하여 새로운 시험 기법의 개발, 시설 확충 및 시험능력 보강이 계속 진행되고 있다.

이스라엘의 IAI에서 개발된 자동 밸런스 교정 장비(Automatic Balance Calibration System)는 전세계에 4기가 보급되어있는 최첨단 장비로 기존 방법에 비해 약 10분의 1정도의 인력 소요 및 시간을 요구하는 장비로 역시 운영인력의 최소화를 꾀하였다. 아음속풍동은 년 간 약 1,200 시간의 시험을 수