

## 수송 기술에 적합한 학습용 풍동의 힘 측정 장치 개발

최준섭\* · 이성구\*\*

---

### <국문초록>

---

이 연구는 중등학교 학생들에게 비행의 원리를 이해하고 항공 기술 분야에 흥미를 가질 수 있도록 하기 위해 학교 현장에 적용 가능한 교수-학습 자료인 학습용 풍동의 힘 측정 장치를 개발하였다. 연구의 내용은 학습용 풍동의 힘 측정 장치 개발과 실험으로 이루어져 있다.

이 연구에서 얻은 주요 결과를 정리하면 다음과 같다.

공과대학 기계계열 학과나 항공연구소 등에서 사용하는 고가의 Load cell을 이용한 장치 대신에 지렛대 원리를 활용한 간단한 구조이다. 종합된 하나의 장치로 양력, 항력 및 유체 저항 비교 실험이 가능하다.

에어포일 받음각에 따른 양력 계수는 실험값과 이론값이 전체적으로 비슷한 경향성을 갖으며, 실속 현상은 실험값이 이론값보다 더 큰 받음각에서 나타났다. 에어포일 받음각에 따른 항력 계수는 실험값과 이론값이 전체적으로 비슷한 경향성을 갖으며, 실험값은 이론값에 비해 항력 계수의 증가 비율이 완만하게 증가하였다.

주제어: 수송기술, 학습용 풍동, 힘 측정 장치

---

---

\* 한국교원대학교 교수

\*\* 한국교원대학교 대학원

# I. 서론

## 1. 연구의 필요성 및 목적

항공 분야는 한 나라의 국력과 국가 이미지를 상징하며 나라의 기술 수준을 가늠하는 척도이다. 또한 경제 활동에 필요 불가결한 국가 기간 사업으로 국가 경제에 파급되는 효과가 지대한 국가 전략 산업이며 자주국방을 이룩하는데 필수적인 요소가 된다.

이처럼 항공 분야가 중요함에도 불구하고 현 교육과정에서 수송기술에 포함된 항공 분야에 관한 내용은 아주 미흡한 실정이다. 교육부 고시(1998, p. 49)에 따르면, 제 7차 교육과정에서 수송기술 관련 내용은 10학년 '에너지와 수송기술' 단원에서 다루고 있는데, 에너지와 수송기술의 하위 영역으로써 자동차와 관련된 육상수송은 심도 있게 다루어지고 있으나 항공수송에 관한 내용은 일부 교과서에서 '모형 비행기 만들기' 정도로 그치는 등 소홀히 취급되고 있다.

최준섭(2003)은 21세기 지식 기반 사회에 지식의 이해와 응용력 내지 적응능력이 생존조건에서 매우 중요한 항목이며 사회 요구에 적극적이고 능동적인 준비를 학교에서 학습자를 통하여 소홀함이 없도록 해야 하며, 이를 위해서는 실험을 통하여 접근하는 것이 가장 유력한 방법 중의 하나로 인식된다고 강조하였다(p. 34).

항공 분야의 중요성을 인식할 때 중·고등학교 학생들이 항공 분야에 관심을 가질 수 있도록 수송 기술에서 창의적인 교수-학습 자료 개발이 필요하다. 항공 분야에서 학생들이 흥미와 관심을 가질 수 있는 대표적인 실험·실습 장치는 풍동과 풍동의 힘 측정 장치이다. 하늘을 비행하는 항공기 주변의 공기흐름 즉 유동장을 학생들이 직접 파악하기는 불가능하다. 풍동은 상대적인 속도를 이용하는 것으로, 항공기에 바람을 불어주어 그 주변의 유동장을 파악하고, 이해할 수 있도록 도와주는 장치이다. 현재 우주항공분야에 비약적인 발전을 가져온 토대가 바로 풍동이다.

조옥찬 외(1998)은 유체 관련 과목의 교육 실험 장비로써 풍동의 중요성을 강조하였다(p. 60). 또한, 장조원 외(2001)은 풍동 장치는 학생들에게 비행기가 뜨는 원리를 쉽게 이해시켜 호기심을 해결해 주는 실험 장치로 활용될 수 있을 것이라고 하였다.(p. 126).

우리나라에서 풍동과 힘 측정 장치는 공과대학 기계계열학과 내지는 항공연구소, 자동차 연구소 등 특정한 곳에서 고가의 장비로 사용하고 있으므로 중등학생들은 더욱 접하기 힘든 상황이다. 중등학교 학생들이 항공기에서 발생하는 양력과 항력을 측정하는 힘 측정 장치를 직접 제작하고 실험해 볼 수 있다면 비행의 원리를 더 쉽게 이해할 수 있다.

본 연구에서는 연구실에서 제작한 학습용 풍동을 기반으로 힘 측정 장치를 개발함으로써 양력 및 항력을 정량적으로 설명할 수 있고 비행기의 원리를 쉽게 이해하는데 큰 도움이 될 수 있는 교수-학습용 자료를 개발하고자 한다.

## 2. 연구의 내용

본 연구는 학습용 풍동의 힘 측정 장치 개발을 위한 것으로서 학습용 풍동의 힘 측정 장치 개발과 실험으로 이루어져 있다. 구체적인 연구의 내용은 학습용 풍동의 힘 측정 장치 개발과 학습용 풍동의 힘 측정 장치 활용 실험이다.

학습용 풍동의 힘 측정 장치 제작 범위와 수준은 중등학생들을 위한 수준으로 개발한다.

# II. 연구 방법 및 절차

## 1. 연구 장치

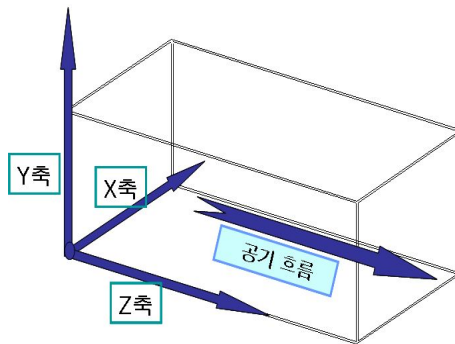
### 가. 유동장 측정 장치

유동장 균질도는 풍동의 신뢰성을 검증하는 방법이다. 힘 측정 장치를 개발하기 앞서 상용 풍동의 유동장 균질도와 학습용 풍동의 유동장 균질도를 비교 분석함으로써 학습용 풍동의 성능을 평가해야 한다.

유동장을 분석하기 위한 장치로는 열선풍속계, VAC 계측기, 트레버서가 사용됐다. [그림 1]은 유동장 측정 장치를 나타낸 그림이다. 유동장 측정 장치를 이용하여 풍동 시험부에 흐르는 공기 유속을 측정한다.



[그림 1] 유동장 측정 장치



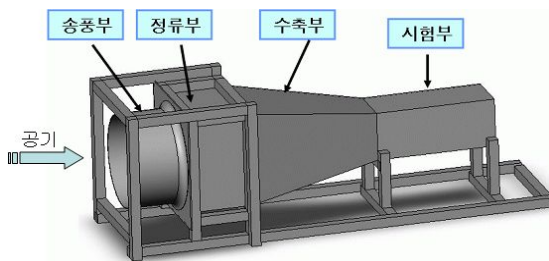
[그림 2] 시험부 기준축

[그림 2]는 시험부 기준축을 나타낸 것이다. 시험부의 Z축 중앙에서 X, Y축으로 이

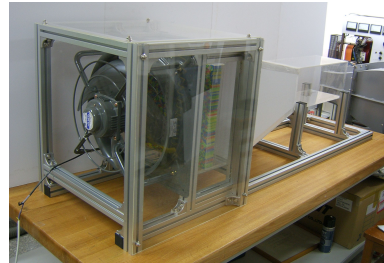
동하면서 풍동 시험부의 X-Y 평면에 대한 유동장을 측정하였다.

## 나. 학습용 풍동

학습용 풍동이란, 상용 풍동을 기반으로 본 연구자가 개발한 풍동으로 제원은 <표 1>과 같다.



[그림 3] 학습용 풍동 외관도



[그림 4] 학습용 풍동

<표 1> 학습용 풍동 제원

명칭	내용
모델	KNUE-T2 [학습용 풍동]
형식	토출식, 개회로식, 아음속 풍동
유속	10 m/s
시험부 크기 (X × Y × Z)	200 mm × 200 mm × 500 mm
외형 크기 (전폭 × 전고 × 전장)	1800 mm × 560 mm × 620 mm
모터 속도	1600 rpm

[그림 3]은 학습용 풍동 외관도이다. [그림 4]는 실험실 상용 풍동을 기반으로 하여 각 부분을 축소하여 제작한 학습용 풍동이다.

### 1) 시험부

시험부 재질은 내부 관찰이 가능하도록 두께 3 mm의 투명한 아크릴을 사용하였다.

### 2) 팬

송풍기 역할을 하는 팬은 산업용 환풍기로 금강산업의 K-40F 모형을 사용하였다.

### 3) 수축부

조옥찬 외(1988)에 의하면, 수축부는 시험부의 경계층 두께, 흐름의 균질성 등의 인자에 영향을 미친다고 하였다(p. 62). 수축부의 형상은 제작상의 어려움으로 완만한 직선형으로 설계하였다.

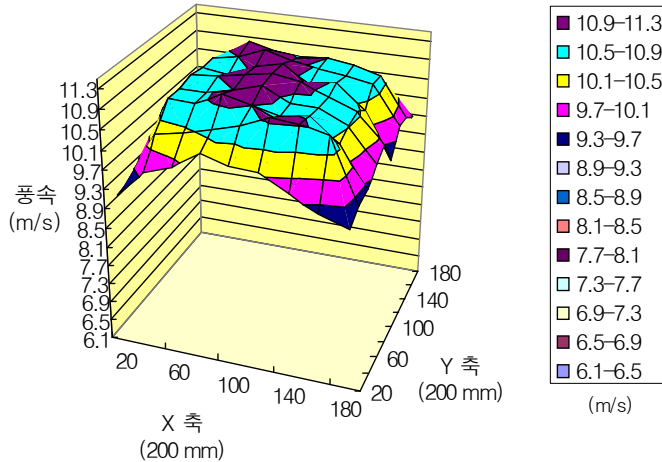
4) 정류부

Barlow et al. (1999)에 의하면, 일반적으로 정류 역할을 하는 정류 격자의 지름과 길이의 비는 1 : 6 ~ 8 이라고 하였다. 이를 고려하여 빨대를 적층하는 방법으로 400 mm × 400 mm × 38 mm 크기로 제작하였다(p. 90).

5) 학습용 풍동 구조

힘 측정 장치 활용이 가능한 토출식 풍동을 사용하였으며, 학습용 풍동의 구조물은 40 mm × 40 mm 단면의 알루미늄 프로파일을 이용하였다.

학습용 풍동 시험부의 Z축 중앙인 250 mm 지점에서 X-Y 평면에 대한 유동장 균질도를 측정 한 결과는 다음과 같다.



[그림 5] 학습용 풍동의 X-Y 평면에 대한 유동장 균질도 (Z=250 mm)

[그림 5]는 학습용 풍동의 X-Y 평면에 대한 유동장 균질도를 나타낸 것이다. 이를 분석해보면, X-Y 평면 시험부 사방 벽면에서 인접한 곳은 풍속이 약해져 전체적인 형태가 M자인 유동장을 형성함을 알 수 있다. 이는 시험부의 벽면에서 일어나는 접촉면의 마찰과 유동 사각지역이 발생하기 때문이다. 또한, 학습용 풍동의 평균 풍속은 10.44 m/s이고 표준편차는 0.52, 균질도는 4.98 %이다.

Barlow et al. (1999)에 의하면, 일반적인 목적을 가진 풍동의 유동장 균질도는 0.2 ~ 0.3 % 이내라고 하였다(pp. 123-124). 실험실 상용 풍동은 균질도 0.3 % 이내로 고품질의 풍동이라고 할 수 있다. 앞에서 제시한 바와 같이, 학습용 풍동의 유동장 균질도는 4.98 %이지만, 본 연구에서는 학생들에게 비행기가 뜨는 원리, 역학 관계, 경향성 등을 파악 시킬 수 있는 수준과 학습 기자재의 경제적인 면을 고려해 보았을 때 실험 목적을 달성하고자 하는 풍동의 성능으로는 충분하다고 판단된다.

## 2. 연구 방법

본 연구의 목적은 중등학교 학생들에게 비행의 원리를 이해하고 항공 기술 분야에 흥미를 가질 수 있도록 학교 현장에 적용 가능한 교수-학습 자료인 학습용 풍동의 힘 측정 장치를 개발하는데 있다. 이러한 연구의 목적을 달성하기 위해서 다음과 같은 개발 방법에 따라 연구를 진행하였다.

첫째, 문헌 연구를 통하여 여러 가지 관련 이론과 연구물을 조사하였다. 또한, 항공 우주연구소를 방문하여 힘 측정 장치의 공학적 설계를 검토하였다. 이를 토대로 힘 측정 장치 개발의 기본 방향을 설정하였다.

둘째, 힘 측정 장치의 경제성과 활용성, 장치 설치 및 취급의 용이성, 장치의 특성 등을 고려하여 힘 측정 장치를 설계하고 제작하였다.

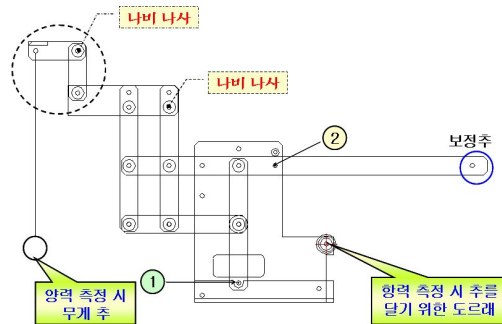
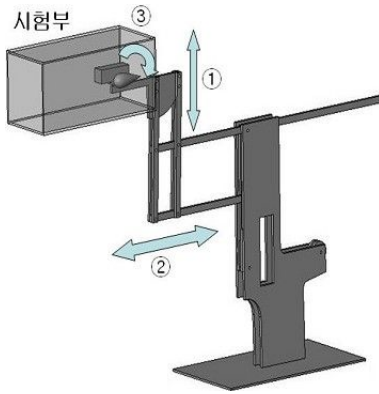
셋째, 개발된 힘 측정 장치를 기반으로 모형 형상에 따른 상대적인 저항 비교 실험과 비행기 모형의 받음각에 따른 양력과 항력을 실험하였다.

## 3. 힘 측정 장치 설계 및 제작

### 가. 힘 측정 장치 설계

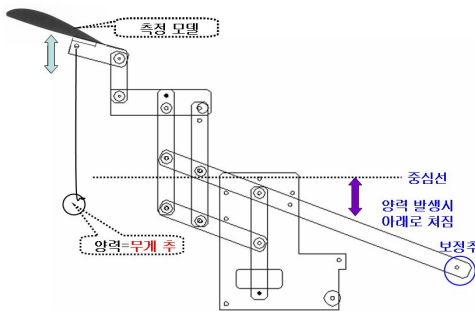
풍동 실험에서 비행기 모형에 따른 양력 및 항력을 측정하기 위해서는 Load cell을 활용한 고가의 장치가 필요하다. 본 연구에서는 고가의 장비 대신에 지렛대 원리를 활용한 구조로써 손쉽게 양력 및 항력을 측정할 수 있는 힘 측정 장치를 개발하였다. 즉, 항력, 양력의 개념을 무게 추를 이용하여 경제적이고 정량적으로 이해 될 수 있는 힘 측정 장치를 만들고자 한다. 힘 측정 장치는 학습용 풍동 시험부의 크기와 다양한 모형에 적용 할 수 있도록 주안점을 두고 설계하였다.

[그림 6]은 양력 및 항력 측정 장치 개념도이다. ①은 양력을 측정할 때 모습으로 수직으로만 움직일 수 있도록 설계 하고, ②는 항력을 측정할 때 수평으로만 움직일 수 있도록 설계 하고, ③은 축을 고정한 상태에서 두 모형의 저항을 비교할 수 있도록 하였다.

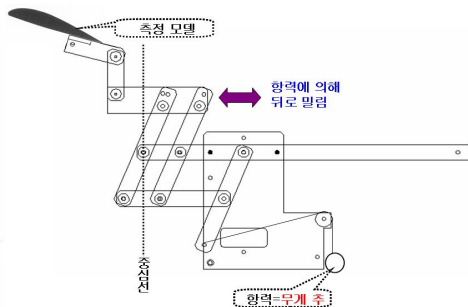


[그림 6] 양력 및 항력 측정 장치 개념도 [그림 7] 양력 및 항력 측정시 고정점

[그림 7]은 양력 및 항력 측정시 고정점이다. ①번은 양력 측정시 고정점으로 지나사, 못 등을 이용하여 고정시킨다. [그림 8]은 양력 측정 원리를 나타낸 것이다. 뒷쪽에 있는 추의 역할은 보정추로써 측정 모형의 질량과 균형을 잡기 위한 것으로, 양력 측정시 초기 상태에서 평형을 유지하기 위한 것이다. 앞쪽에 있는 추의 역할은 양력 측정추로써 모형에 양력이 발생하면 무게 추를 조금씩 증가시켜 초기 평형선을 찾아 양력을 얻기 위함이다. 즉, 비행기 모형에서 발생하는 양력이 추의 무게와 균형을 이루도록 함으로써 비행기가 뜨는 현상(양력=추의 무게)을 정량적으로 알 수 있다. 비행기 모형에 바람이 불게 되면 비행기 모형이 뜨게 되는데 추의 무게를 점차적으로 늘려서 최초 위치(중심선)에 왔을 때 추의 무게를 측정하였다.



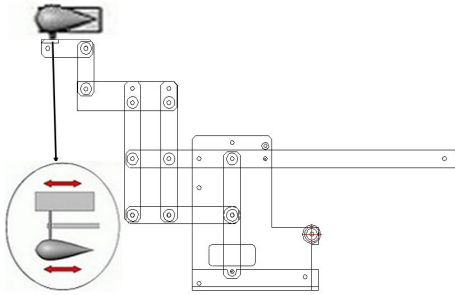
[그림 8] 양력 측정 원리



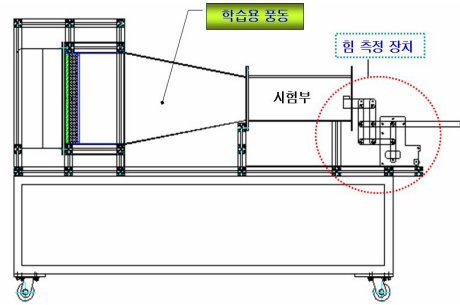
[그림 9] 항력 측정 원리

다음으로 항력 측정 원리를 살펴보면 다음과 같다. [그림 7]의 ②번은 항력 측정시 고정점으로 지나사, 못 등을 이용하여 고정시킨다. [그림 9]은 항력 측정 원리를 나타낸 것이다. 항력 측정시 뒤쪽에 있는 도르래와 연결된 추의 역할은 초기 평형 상태에서 측정 모형에 항력이 발생하여 뒤로 밀릴 때 무게 추를 조금씩 증가시켜 초기 평형선을 찾아 항력을 얻기 위함이다. 다음으로 두 모형의 상대적인 저항 비교 원리를 알

아보면 다음과 같다. [그림 7]의 ①과 ②를 고정점으로 하면 두 모형의 상대적인 저항 비교가 가능하다. [그림 10]은 두 모형의 상대적인 저항 비교 원리를 나타낸 것이다. 모형 형상에 따른 상대적인 저항이 더 큰 모형을 찾아낼 수 있도록 하여 유체 저항의 개념을 쉽게 이해할 수 있도록 하였다.



[그림 10] 상대적인 저항 비교 원리



[그림 11] 힘 측정 장치 개념도

[그림 11]은 학습용 풍동에 힘 측정 장치를 적용한 종합적인 모습이다. 힘 측정 장치는 장착 모様が 시험부 밖으로 나오지 않도록 힘 측정 장치의 움직임을 고려하여 설계하였다.

## 나. 힘 측정 장치 제작

### 1) 힘 측정 장치 구조물

구조물로 적당한 소재로는 목재, 아크릴 정도로 생각해 볼 수 있다. 목재의 경우는 외력에 의한 구조물 손상이나 장기 보관시에 습기, 변형과 같은 문제가 있을 수 있다. 아크릴의 경우는 실험 조건을 충족시킬 만한 견고함과 내구성도 좋고, 형상이 깔끔하다는 장점이 있다. 따라서 구조물의 구성은 5 mm 두께의 아크릴을 이용한다.

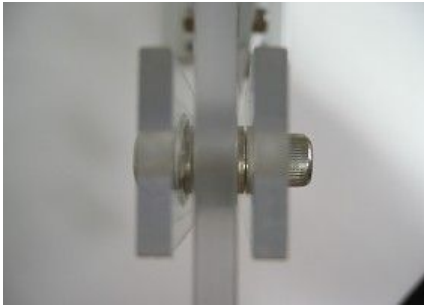
### 2) 구조물 체결부

[그림 12]은 구조물 체결부이다. 구조물 체결에서 내부 마찰을 최소로 줄이는 것이 중요하다. 각 연결부의 내부 마찰은 풍속 및 모형 형상에 따른 힘의 크기를 측정하는데 오차 변인이 될 수 있다. 따라서, 각 구조물을 연결시에는 중앙에 베어링을 넣고 베어링 좌우에도 평와셔를 사용하여 렌치볼트와 너트로 체결한다. 비행기 모형 지지대는 받음각에 따른 각도의 변화가 필요하므로 나비볼트를 사용하여 쉽게 가변할 수 있도록 하였다.

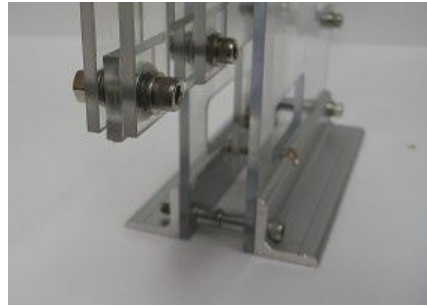


### 3) 바닥 지지대

그림 13는 바닥 지지대이다. 전체 구조물을 지지하는 바닥 지지대는 나무, 아크릴, 알루미늄 프로파일, L형 알루미늄 각재 등을 사용하여서 힘 측정 장치의 하중을 견딜 수 있도록 하였다. 본 연구에서는 아크릴 구조물과 조화를 이룰수 있는 L형 알루미늄 각재를 사용하였다.



[그림 12] 구조물 체결부



[그림 13] 바닥 지지대

### 4) 모형 지지대

[그림 14]는 모형 지지대이다. 모형 지지대는 모형의 받음각에 따른 양력 및 항력을 측정할 수 있는 구조로 제작하였다. 받음각의 변화를 주는 방법으로는 나비나사를 사용하였다.



[그림 14] 모형 지지대

### 5) 양력 및 항력 측정 추

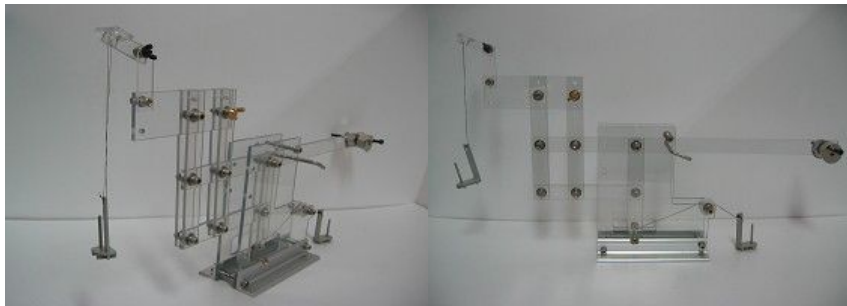
[그림 15]의 왼쪽 사진은 양력 측정시 사용되는 양력 측정 추이고 오른쪽 사진은 항력 측정시 사용되는 항력 측정 추이다.



[그림 15] 양력 및 항력 측정 추

### 6) 힘 측정 장치 완성물

[그림 16]는 양력 및 항력 측정 장치 개념도를 바탕으로 완성한 양력 및 항력 측정 장치이다.



[그림 16] 양력 및 항력 측정 장치

## Ⅲ. 실험 결과 및 고찰

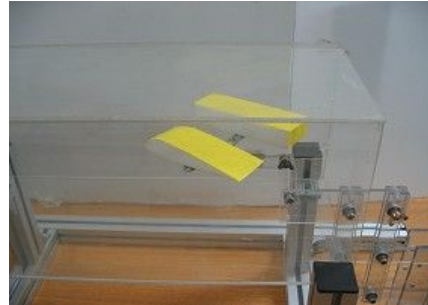
제작된 힘 측정 장치를 활용하여 두 모형의 상대적인 저항 비교 실험과 에어포일 모형의 받음각에 따른 힘의 실험값과 이론값을 비교·분석하였다.

### 1. 두 모형의 상대적인 저항 비교 실험

두 모형의 상대적인 저항 비교 실험은 사각형 모형과 익형 모형의 상대적인 유체 저항을 비교하는 실험으로 모형 형상에 따른 상대적인 유체 저항이 어떻게 다른지를 알아보는 실험이다.



[그림 17] 저항 실험 전 상태



[그림 18] 저항 실험 후 상태

[그림 17]은 저항 실험 초기 상태를 나타낸 그림이다. [그림 18]은 풍동을 작동 시켰을 때 시간이 경과함에 따라 사각형 모형이 뒤로 밀리게 되는 것이다. 이 실험을 통해 모형의 형상에 따른 유체 저항의 개념을 이해하고 모형 형상이 중요함을 인식할 수 있다.

## 2. 힘 측정 장치를 활용한 실험

### 가. 실험 측정 조건

- 실험 일시 : 2006년 9월 4일 ~ 8일, 13시 ~ 15시
- 대기 조건 : 25 °C, 1 atm(101,325 Pa)
- 공기의 밀도 :  $\rho_{air} = 1.184 \text{ kg/m}^3$
- 학습용 풍동의 시험부 풍속 : 10.44 m/s
- 힘 측정 장치 : 양력 및 항력 측정 장치
- 에어포일 모형 : NACA 4412
- 에어포일의 면적 :  $A_p = 0.01204 \text{ m}^2$

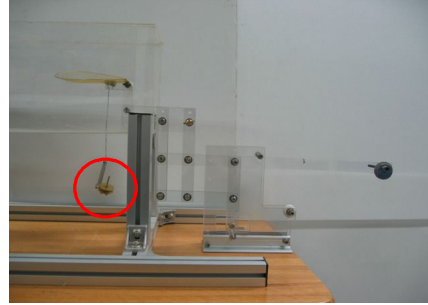
### 나. 양력 측정

[그림 19]와 [그림 20]은 힘 측정 장치를 이용하여 양력을 측정하는 모습이다. [그림 19]는 풍동을 작동시켰을 때 에어포일에 양력이 발생하는 모습이다. 일반적으로 양력은 측정하고자 하는 받음각에서 추를 올려 초기 평형 상태가 될 때까지의 추 무게를 측정함으로써 알 수 있다. 그러나, 에어포일이 또 올라 측정하고자 하는 각이 변하는 문제가 발생하였다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 본 연구에서는 측정하고자 하는 받음각에서 추를 올려 [그림 20]과 같이 에어포일이 떠 오르지 않도록 추를 적당히 올린 상태에서 조금씩 추를 제거하여 에어포일이 떠 오르기 시작하는 추 무게를 측정

함으로써 양력을 알아내었다. 이와 같은 실험을 받음각에 따라 반복하였다.



[그림 19] 양력 발생



[그림 20] 추를 사용한 양력 측정

#### 다 . 항력 측정

[그림 21]과 [그림 22]는 힘 측정 장치로 항력을 측정하는 모습이다. [그림 21]는 풍동을 작동시켰을 때 초기 평형 상태에서 에어포일이 시험부 뒤쪽으로 밀리는 항력이 발생하는 모습이다. [그림 22]은 추를 사용한 항력 측정 모습으로 추를 조금씩 올려서 초기 위치가 될 때까지의 추 무게를 측정하였다. 이와 같은 실험을 받음각에 따라 반복하였다.



[그림 21] 항력 발생



[그림 22] 추를 사용한 항력 측정

#### 라. 실험값

<표 2>는 힘 측정 장치를 이용하여 에어포일 받음각에 따른 실험값을 제시한 것이다. 즉, 에어포일 받음각에 따른 추 무게, 양력, 항력, 양력 계수 및 항력 계수 등의 값을 실험을 통해 측정하였다. 측정값 계산 방법은 받음각 +5°일 때를 예로 들었다.

<표 2> 힘 측정 장치로 측정한 실험값

받음각 (°)	풍속 (m/s)	양력 측정시 추 무게(g)	항력 측정시 추 무게(g)	양력 ( $F_L$ )	항력 ( $F_D$ )	양력 계수 ( $C_L$ )	항력 계수 ( $C_D$ )
-5	10.44	28	6	0.275	0.058	0.354	0.076
0	10.44	40	7	0.392	0.069	0.505	0.088
5	10.44	54	8.5	0.530	0.084	0.682	0.107
10	10.44	64	10	0.628	0.098	0.808	0.126
15	10.44	73	12	0.716	0.118	0.922	0.152
20	10.44	86	14	0.844	0.137	1.086	0.177
25	10.44	94	16	0.922	0.157	1.187	0.202
30	10.44	105	18.5	1.030	0.181	1.326	0.234
33	10.44	124	22	1.216	0.216	1.566	0.278
35	10.44	112	26	1.099	0.255	1.414	0.328

※ 받음각 +5 °

$$C_L = \frac{F_L}{\frac{1}{2} \rho V^2 A} = \frac{\frac{54}{1000} \times 9.81}{\frac{1}{2} \times 1.184 \times (10.44)^2 \times 0.01204} = 0.682$$

$$C_D = \frac{F_D}{\frac{1}{2} \rho V^2 A} = \frac{\frac{8.5}{1000} \times 9.81}{\frac{1}{2} \times 1.184 \times (10.44)^2 \times 0.01204} = 0.107$$

이와 같이, 실험을 통해 에어포일 받음각에 따른 추 무게의 값을 정량적으로 구한 후, 공식을 이용하여 양력, 항력, 양력 계수 및 항력 계수를 얻으면 된다.

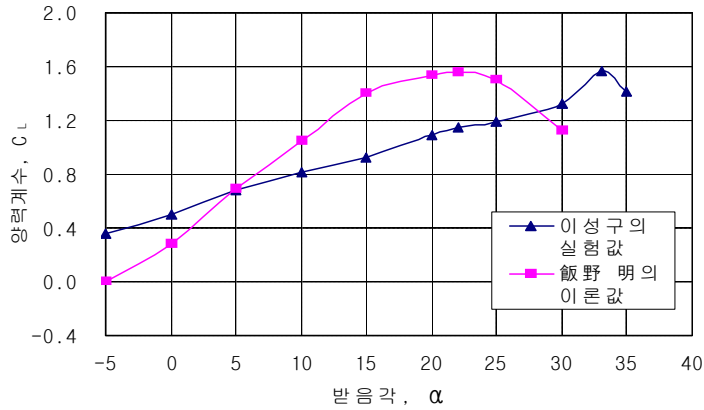
### 3. 실험 결과 분석

에어포일 모형(NACA0024)의 받음각에 따른 양력 계수와 항력 계수의 이론값과 실험값을 비교·분석한다.

#### 가. 양력 계수

[그림 23]은 (飯野 明, 2005)에 의해서 계산된 양력 계수 이론값과 본 연구에서 구한 양력 계수 실험값을 비교하여 나타낸 그래프이다. 飯野 明의 이론값은 받음각 22 °에서 양력 계수가 최대값을 나타내다가 22 °이후에는 양력이 줄어드는 실속 현상을 알 수 있다. 반면, 본 연구에서 수행한 실험값은 받음각 33 °에서 양력 계수가 최대값을

나타내다가 33 °이후에 다소 늦게 실속 현상이 발생하였다. 하지만, 양력 계수 그래프를 통해 알 수 있듯이 실험값과 이론값은 전체적으로 비슷한 경향성을 갖고 있다.

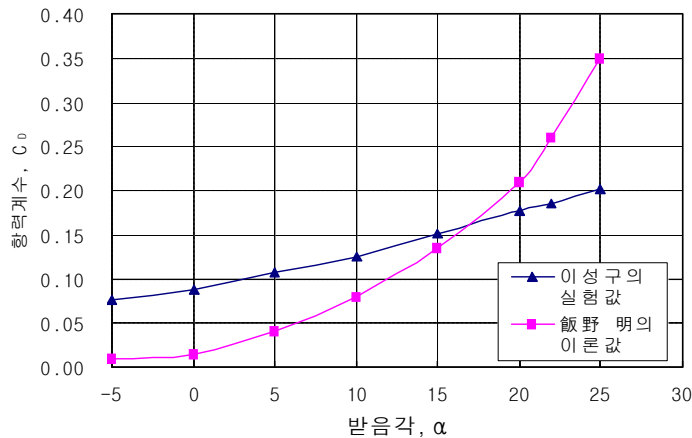


[그림 23] 양력 계수 비교

### 나. 항력 계수

[그림 24]는 (飯野 明, 2005)에 의해서 계산한 항력 계수 이론값과 본 연구에서 구한 항력 계수 실험값을 비교하여 나타낸 그래프이다.

飯野 明의 이론값에서는 받음각에 따라 양력 계수의 기울기가 증가함을 볼 수 있다. 실험값에서는 받음각에 따른 항력 계수의 기울기가 증가하지만 이론값에 비해 완만하게 커짐을 알 수 있다. 항력 계수 그래프를 통해 알 수 있듯이 실험값과 이론값은 전체적으로 비슷한 경향성을 갖고 있다.



[그림 24] 항력 계수 비교

양력계수와 항력계수의 이론값과 실험값의 오차가 발생하는 이유는 다음과 이 분석할 수 있다.

첫째, 균질도의 차이가 있다. 학습용 풍동의 균질도는 4.98 %로 상용 풍동의 균질도 0.3 %와는 차이 때문에 에어포일에 불규칙적으로 바람이 통과한다.

둘째, 힘 측정 장치 자체의 내부 마찰이 있다. 힘 측정 장치의 내부 마찰은 실험값의 정밀도에 영향을 미치므로 힘 측정 장치 체결부에 와서, 베어링 등을 사용하여 마찰을 감소시켰으나 약간의 내부 마찰은 존재한다.

힘 측정 장치를 이용한 실험에서 약간의 실험 오차는 발생하지만 본 연구를 통해 학생들에게 양력과 항력, 경향성 등을 이해시키고자 하는 실험 목적을 달성하기 위한 장치로써 정성적임 측면에서는 적당하다고 판단된다.

## V. 결 론

이 연구는 중등학교 학생들에게 비행의 원리를 이해하고 항공 기술 분야에 흥미를 가질 수 있도록 하기 위해 학교 현장에 적용 가능한 교수-학습 자료인 학습용 풍동의 힘 측정 장치를 개발하였다. 연구의 내용은 학습용 풍동의 힘 측정 장치 개발과 실험으로 이루어져 있다.

이 연구에서 얻은 주요 결과를 정리하면 다음과 같다.

공과대학 기계계열학과나 항공연구소 등에서 사용하는 고가의 Load cell을 이용한 장치 대신에 지렛대 원리를 활용한 간단한 구조이다. 종합된 하나의 장치로 양력, 항력 및 유체 저항 비교 실험이 가능하다.

에어포일 받음각에 따른 양력 계수는 실험값과 이론값이 전체적으로 비슷한 경향성을 갖으며, 실속 현상은 실험값이 이론값보다 더 큰 받음각에서 나타났다. 에어포일 받음각에 따른 항력 계수는 실험값과 이론값이 전체적으로 비슷한 경향성을 갖으며, 실험값은 이론값에 비해 항력 계수의 증가 비율이 완만하게 증가하였다.

## 참 고 문 헌

- 교육부 고시(1998). **실과(기술·가정) 교육과정**, 교육부 고시 제 **1997-15호** [별책 10]. 대한교과서 주식회사.
- 조옥찬, 유상신, 이동호(1998). 교육 실험용 소형 풍동 제작. **한국항공우주학회지**, 16(2), 59-67.
- 장조원, 김승우(2001). 초소형 아음속 풍동을 이용한 비행원리 실험장치 개발. **한국항공우주학회지**, 29(5), 125-131.
- 최준섭(2003). 앞으로의 기술교육 역사를 어떻게 쓸 것인가?. 2003년도 한국기술교육학회 학술 발표대회 및 워크숍: 한국 기술교육 혁신을 위한 성찰과 과제. 한국기술교육학회, pp. 31-41.
- 飯野 明 (2005). **航空力學の基本**. 秀知システム. 126-128.
- Barlow, J. B., Rae, W. H. and Pope, A. (1999). *Low Speed Wind Tunnel Testing*, 3rd ed. New York : John Wiley & Sons, Inc. pp. 90-125.



**<Abstract>**

**Development of Force Measuring Device in Learning Wind Tunnel Used for Transportation Technology Class**

**Choi, Jun-Seop\* · Lee, Sung-Gu\*\***

The purpose of this study was to develop the force measuring device of learning wind tunnel, teaching-learning materials in order to enhance understanding of flight principle and give interest about aviation technology in secondary school. The content of this study was consisted of the development and experiment of force measuring device for learning wind tunnel.

The main results of this study were as follows:

This device developed here is simple structure applying lever principle instead of the comparatively expensive load cell used in engineering college or a aviation research institute and so on. Measurement of lift and drag as well as the comparison experiment of a fluid resistance is possible with only one device developed here.

The lift coefficient with angle of attack has shown the same tendency in both of theoretical and experimental values. And the stall phenomenon was found under the larger angle of attack of experimental rather than expected theoretical values. The drag coefficient with angle of attack has shown the same tendency in both of theoretical and experimental values. And drag coefficient the rate of increasement of the experimental values increased more gently than its theoretical values.

**Keywords: Transportation Technology, Learning Wind Tunnel, Force Measuring Device**

---

\* Korea Nat'l Univ. of Edu.

\*\* Graduate School of Korea Nat'l Univ. of Edu