

# Cyclodial Propeller 실험 Documentation

조용우

## 개요 ;

Cyclodial Propeller 개발을 위한 모든 실험을 상세히 적는다.

## 전체 흐름 및 실험 구성

### 0. Test Stand Verification

0-1 : RPM Meter

0-2 : Thrust

### 1. 기본 프로펠러 분석

1-1 : 프로펠러를 정지한 유체 속에서 가동시키면서 RPM (회전수), Thrust, 소음, Power를 측정한다.

### 2. 기본 Cyclodial Propeller 분석

2-1 : Default Cyclodial Propeller를 다양한 유속과 각도 속에서 가동시키면서 RPM (회전수), Thrust, 소음, Power를 측정한다.

2-2 : Relative Curvature를 적용한 회전체와 그렇지 못한 회전체의 RPM 감쇠 속도를 비교한다.

### 3. Flap (Wing Fence) 분석

3-1 : 각 날개를 풍동실에 넣어, 유속, 회전각, 받음각을 변수로 하여 테스트한다. 이때, 회전각과 받음각, 유속은 자동화된 실험장치를 이용해 제어한다. 각 날개에 대해, Wing Fence의 유무를 비교한다.

### 4. Cyclodial Propeller Optimize.

4-1 : 3번 실험에서 얻은 데이터를 바탕으로, 최적화된 Cyclodial Propeller를 유속과 유속의 방향을 바꾸어가며 테스트한다.

## 각 실험, 구체적인 내용.

## 0. Test Stand Verification

### 0-1 : RPM Meter

RPM Meter를 IR 거리 센서와 Arduino를 이용하여 만들 계획.

RPM Meter 기준 RPM을 RPM\_Test, 영상 분석 (1초/240fps) 기준 RPM을 RPM\_Real로 한다.

이때, RPM\_Test 기준 500, 1000, 1500 RPM으로 회전하는 회전체를 구성한다.

각 RPM에 대해서 240fps 영상을 찍어 직접 회전수를 확인한다.

오차를 분석한다.

### 0-2 : Thrust

Thrust를 g 단위로 분석할 예정. 힘점에 무게추를 놓고 실제 값과 측정값의 오차를 비교한다.

## 1. 기본 프로펠러 분석

1-1 : 프로펠러를 정지한 유체 속에서 가동시키면서 RPM (회전수), Thrust, 소음, Power를 측정한다.

#### [실험 방법] :

프로펠러를 정지한 유체 속에서, Propeller Test Stand에 Mount 시킨 이후, Power Level을 천천히 올리면서 RPM, Thrust, 소음을 주어진 기구로 측정한다.

#### [실험 도구] :

- MT2212 (Motor)
  - Propeller (기본 제공 프로펠러)
- [TEST STAND - Default Propeller Version]

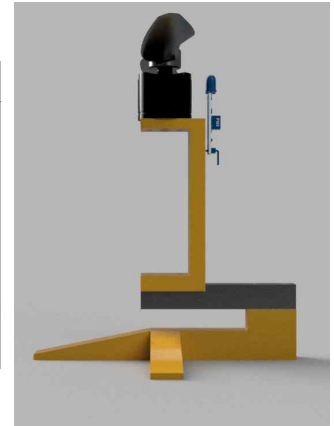


그림 1 : Single Axis Load Cell Propeller Test Stand.

#### [목표 데이터] :

Power에 대한 RPM, Thrust, 소음

#### [데이터 분석으로 얻고자 하는 것] :

프로펠러의 특징, 장점과 단점을 Cyclodial Propeller와 대조하기 위함.  
기대되는 특징으로는 고RPM에서 높은 효율을 가지며, 무게에 비해 높은 추력성능을 가진다는 점이다.

#### [추출할 지표] :

Thrust-Power, Thrust-RPM, Thrust-DB Graph 추출.

Thrust/Power [g/W] - 소요된 Power에 대한 Thrust. 전반적인 추력 효율을 나타낸다고 볼 수 있다.

Thrust/Power 가 최대가 되는 지점에서의 dB와 RPM을 구한다.

## 2. 기본 Cyclodial Propeller 분석

2-1 : Default Cyclodial Propeller를 다양한 유속과 각도 속에서 가동시키면서 RPM (회전수), Thrust, 소음, Power를 측정한다.

#### [실험 방법] :

Cyclodial Propeller를 풍동실 속에서, Test Stand에 Mount 시킨 이후, Power Level을 천천히 올리면서 RPM, Thrust, 소음을 주어진 기구로 측정한다. 이때 풍동실의 외부 유속과 각도를 바꾸어 가며 Test 한다.

**[실험 도구] :**

- Cyclodial Propeller



[TEST STAND]

**[목표 데이터] :**

Power에 대한 RPM, Thrust, 소음

**[데이터 분석으로 얻고자 하는 것] :**

Default Cyclodial의 특징, 장점과 단점을 Propeller와 대조하기 위함.

Wing Fence를 장착함으로써 얻을 수 있는 이점들을 더욱 분명하게 대조하기 위해서 실험을 한다.

**[추출할 지표] :**

Thrust-Power, Thrust-RPM, Thrust-DB Graph 추출.

Thrust/Power [g/W] - 소요된 Power에 대한 Thrust. 전반적인 추력 효율을 나타낸다고 볼 수 있다.

Thrust/Power 가 최대가 되는 지점에서의 dB와 RPM을 구한다.

바람의 유속과 Cyclodial Propeller가 이루는 각을 theta 라고 두자. 각 theta와 유속에 대해서, Maximum Thrust/W 그래프를 3차원상에서 나타낸다.

이때 예상되는 결과는 theta가 0에 근접할 때 커지는 것이다.

따라서, WingFence 구조를 도입하여 성능을 증가시키는 것이 이 실험의 목적이다.

**2-2 : Relative Curvature를 적용한 회전체와 그렇지 못한 회전체의 RPM 감쇠 속도를 비교한다.**

**[실험 방법] :**

특정 RPM까지 Cyclodial Propeller를 가속 시킨 이후, Relative Curvature 적용된 모델과 그렇지 못한 모델의 RPM 감소 속도를 대조한다.

**[실험 도구] :**

실험군 : 기본 Straight Flap 회전체  
대조군 : Curvature Flap 회전체  
Motor & RPM Stand. (기존 Test Stand 사용 가능)

**[목표 데이터] :**

실험군과 대조군이 정지하는데까지 걸리는 시간.  
실험군과 대조군의 회전 관성.

**[데이터 분석으로 얻고자 하는 것] :**

Curvature Flap의 Drag Level이 Straight Flap의 Drag Level보다 적다.  
따라서, 정지하는데까지 걸리는 시간은 Curvature Flap이 더 길다.

### 3. Flap (Wing Fence) 분석

#### 3-1 : Flap Analysis.

**[실험 방법] :**

각 날개를 풍동실에 넣어, 유속, 회전각, 받음각을 변수로 하여 테스트한다. 이때, 회전각과 받음각, 유속은 자동화된 실험장치를 이용해 제어한다. 각 날개에 대해, Wing Fence의 유무를 비교한다.

이때, 날개의 구조와 Wing Fence의 구조는 다양한 항공 논문을 참고하여 제작한다.

**[실험 도구] :**

Flap Test Stand.  
다양한 Flap.

**[목표 데이터] :**

Flap별 유속과 받음각, 각도에 따른  $F_z$ 와  $F_y$ .

**[데이터 분석으로 얻고자 하는 것] :**

Flap의 Wing Fence 유무와 종류에 따른 차이.  
최대 Lifting Force와 Drag, 유속에 따른 Flow Separature Angle.

### 4. Cyclodial Propeller Optimize.

4-1 : 3번 실험에서 얻은 데이터를 바탕으로, 최적화된 Cyclodial Propeller를 유속과 유속의 방향을 바꾸어가며 테스트한다.

**[실험 방법] :**

3번 실험의 데이터를 기반으로,

- 가장 작은 Drag을 나타낸 Flap
- 가장 큰 Flow Separature Angle을 나타낸 Flap
- Flow Separature Angle/ Drag이 가장 큰 Flap
- Thrust/Drag 이 가장 큰 Flap

이렇게 4가지 Flap을 바탕으로 하여 Optimized Cyclodial Propeller를 만들어 성능을 기존 Default Cyclodial Propeller와 비교한다.

**[실험 도구] :**

Cyclodial Propeller Test Stand

4가지 Cyclodial Propeller.

**[목표 데이터] :**

Cyc Propeller별 유속과 각도, Power에 따른 Fz와 Fy.

**[데이터 분석으로 얻고자 하는 것] :**

1. 정지한 상태에서의 Maximum Thrust/Power
2. 유속의 방향이 바뀔 때 Thrust Variance
3. Maximum Thrust에서의 dB
4. Maximum Thrust/Power 에서의 dB

- 기존 Propeller보다 조용하다.
- 기존 Propeller보다 높은 Thrust/Power 를 가진다.
- 기존 Cyclodial Propeller 에 비해 Thrust Variance가 작다.
- 기존 Cyclodial Propeller에 비해 높은 Maximum Thrust/Power를 가진다.

