



사각 단면 프로펠러의 형상 결정

OP. Course

2004006776 김 봉 태

2004006765 김 민 환

1. Contents

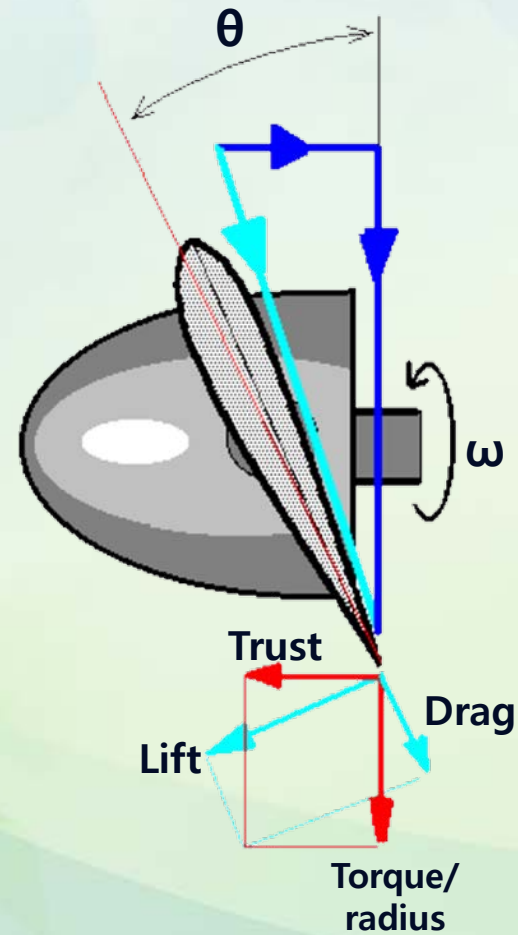
- Problem statement
- Blade Element Theory
- Information Collection
- Determine Design Variable
- Constraints & Object Function
- Reference

2. Problem statement

- 프로펠러 전, 후의 공기의 운동량 차이만큼 추력(Trust)이 요구된다.
- 추력은 동일한 조건(엔진출력, 고도, 비행기속도 등)에서 프로펠러의 형상에 의해 그 크기가 결정된다.
- 사각 단면을 고려하여 최소의 크기 (경제성)를 고려한 최적의 형상을 결정하는 것에 이 프로젝트 수행의 목적을 둔다.



3. Blade Element Theory



4. Information Collection

Physical Equations.

- Lift force : $\frac{1}{2} C_L \rho_f \int_0^L (\omega r)^2 D \cdot dr \times N = \frac{1}{2} C_L \rho_f \omega^2 D L^3$
- Drag force : $\frac{1}{2} C_D \rho_f \int_0^L (\omega r)^2 D \cdot dr \times N = \frac{1}{2} C_D \rho_f \omega^2 D L^3$
- Trust : $L.F \times \cos \theta - D.F \times \sin \theta = \frac{1}{2} \rho_f \omega^2 D L^3 (C_L \cos \theta - C_D \sin \theta)$
- Solidity : $\frac{N \times \int_A dA}{\pi L^2} = \frac{N \times D L}{\pi L^2} = \frac{N D}{\pi L}$
- Resistance force : $\rho Q (2V_{out} - V_{in}) = \rho Q \left(\frac{4Q}{\pi L^2} - 3V_{in} \right)$

Parameters

Density	1.225 kg/m ³	Speed of Wind	125 m/s
Volume Flow (Q)	500 m ³ /s	Ang. Velocity	2500 rpm
Lift Coeff.	$-3.79 \times 10^{-5} \theta^4 + 8.96 \times 10^{-4} \theta^3 - 0.0071 \theta^2 + 0.0841 \theta - 0.0035$		
Drag Coeff.	$0.001 \theta^2 - 0.0017 \theta + 0.0375$		

5. Determine Design Variable

- 프로펠러의 성능에 영향을 미치는 변수
 - 길이 L : Lift force, Drag force, Thrust, Resistance Force, Solidity에 영향을 미치는 변수
 - 너비 D : Lift force, Drag force, Thrust, Solidity에 영향을 미치는 변수
 - 각도 θ : Lift · Drag Coefficient, Thrust에 영향을 미치는 변수
- θ 의 값은 추력을 크게 하기 위해 " C_L-C_D "의 값을 최대로 하는 값으로 고정한다.
- 최소의 면적을 가지며 주어진 조건을 만족하는 **깃(Blade)의 길이(L) 및 폭(D)를 설계로 결정**

6. Constraints & Object Function

■ Physical Constraints

- $G1 = \text{Trust} \geq \text{Resistance Force}$

: 프로펠러의 추력이 공기의 저항력보다 커야 한다.

- $G2 = \text{Solidity} \geq 10\%$

: 프로펠러의 소음을 줄이기 위한 최소한의 강률

(※ 참조 : NASA Contractor Report 198237, "An Assessment of Propeller Aircraft Noise Reduction Technology")

■ Geometry Constraint

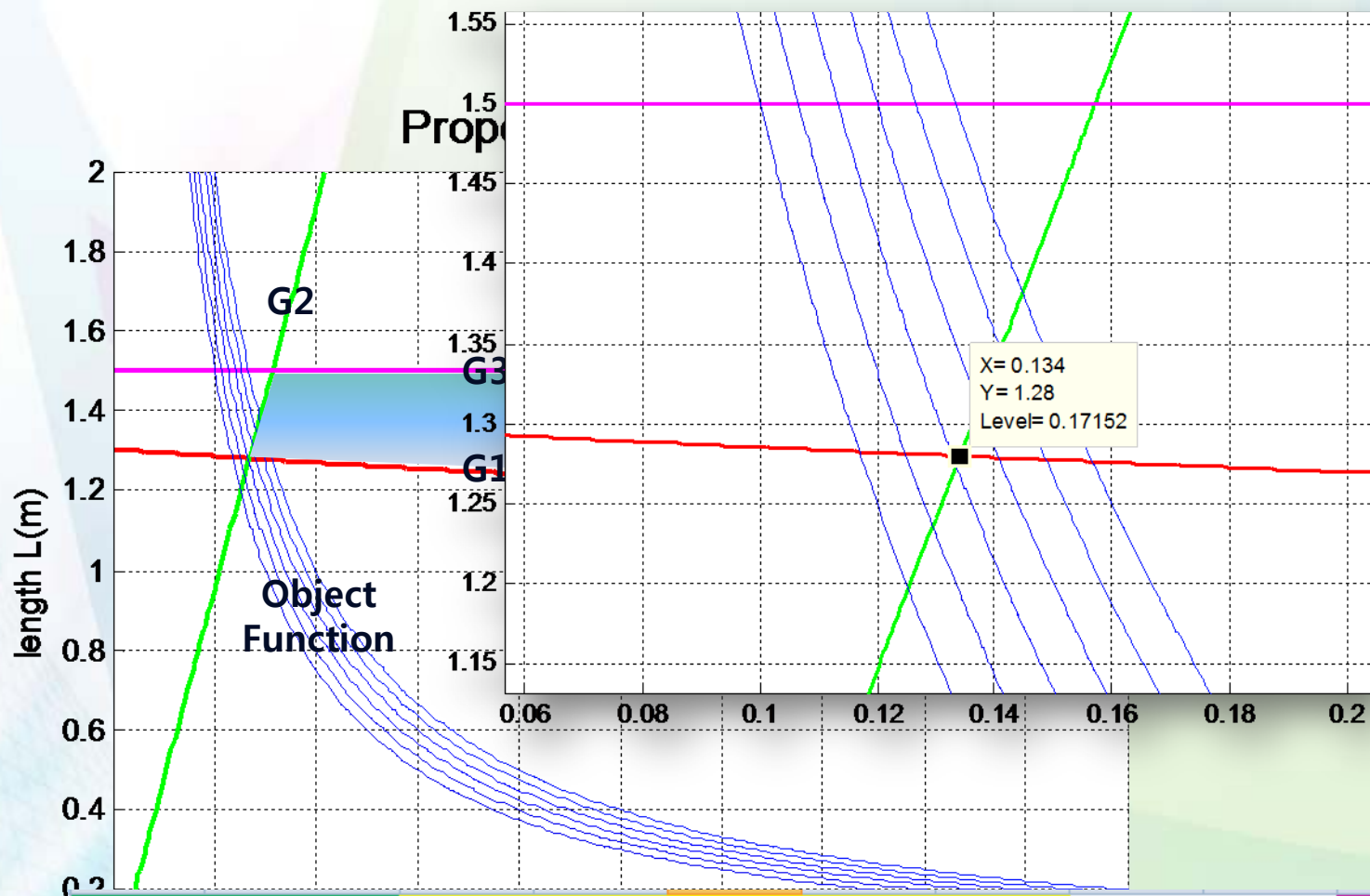
- $G3 = L \leq 1.5 \text{ m}$

: 실제 비행기 형상에 의한 프로펠러 길이의 구속조건

■ Object Function

- **Minimize Area = $L \times D$**

7. Graphical Solution



I	d	seta	# Blade	w	CL	CD	L	D	T	F
1.279732	0.134013209	12.84147	3	261.7994	0.772406	0.180573	9107.378	2129.121	8406.38	8406.38
Area		Press.	density	Vwind			Vp	Q	V4	solidity
0.171501		109570.3	1.225	125			97.18118	500	69.36235	0.1

8. Reference

- **Wind turbine engineering design** / Eggleston, David M / Van Nostrand Reinhold / 1987
- **Analysis of Propellers** / www.aerodynamics4students.com
- **An Assessment of Propeller Aircraft Noise Reduction Technology** / NASA Contractor Report 198237
- 유체역학 / 맹주성/ 竝進 / 2001

Any Questions?