

무인 표적기 프로펠러의 최적 설계 II

성형건* · 노태성**

Design of optimum propeller for target drone II

Hyung-Gun Sung*, Tae-Seong Roh**

ABSTRACT

The propeller of the propulsion system for a target drone has been designed. Vortex theory has been applied to the propeller design method. This method analyze the propeller performance according to the design parameters. The optimum design has been aimed to maximize the efficiency. The performance of the designed propeller has been analyzed.

초 록

무인 표적기에 탑재될 추진 시스템인 프로펠러를 설계하였다. 프로펠러 설계 방법으로 Vortex theory를 적용하였으며 설계 변수에 따른 프로펠러 성능을 해석하였다. 최적 설계 목표는 효율의 최대화이며, 또한 설계된 프로펠러의 성능을 해석하였다.

1. 서 론

항공기 설계 및 제작 시 중요한 부분이 추진 시스템이다. 무인 표적기의 경우 왕복엔진을 사용하여 프로펠러에서 추진력을 얻는 추진시스템을 사용한다.

기존의 무인 표적기 프로펠러의 성능을 해석하고 이를 바탕으로 무인 표적기 프로펠러의 설계점을 찾았다. 그리고 이 설계점에서 무인 표

적기 프로펠러의 성능 향상을 위해 프로펠러의 설계 변수를 변화시켜 프로펠러 성능의 특성을 연구하였다. 프로펠러의 설계 변수로는 블레이드 반경, 설계점에서의 받음각 변화, 면적비 변화 등이 있으며, Vortex theory를 적용하여 무인 표적기 설계점에 적합한 프로펠러를 재설계하였다[1]. 프로펠러 설계와 프로펠러 성능 해석은 이전 연구[2]에서 검증한 프로펠러 설계 및 성능 해석 프로그램을 사용하였다.

* 인하대학교 대학원 항공공학과 석사과정

** 인하대학교 항공우주공학과, 정회원

2. 본 론

2.1 프로펠러의 설계점

2.1.1 프로펠러 설계점

선정된 무인 표적기에 장착된 프로펠러의 성능을 해석하여 프로펠러의 설계점을 도출하였다. 블레이드 단면 익형은 RAF 6이며, Thickness ratio는 블레이드 전체 반경 방향에서 0.2로 하였다.[3]

프로펠러 회전수는 5500 rpm으로 하였고, 이를 통해 프로펠러의 전진비는 1.31 된다.

Table. 1 무인 표적기 프로펠러의 설계점

비행 고도	1 km	비행 속도	84 m/s
추력	83.92 N	요구 토크	15.74 Nm
블레이드 반경	0.35 m	블레이드 수	2
AF (activity factor)	41.76	효율	77.8%

2.1.2 엔진

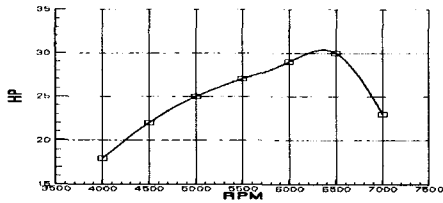


Fig. 1 아주 430 엔진 마력 곡선

무인 표적기에 사용되는 430 엔진의 성능 곡선이다. 5500 rpm에서 27 HP이며, 이 때의 축토크는 35.0 Nm이다.

2.2 프로펠러의 최적 변수에 따른 프로펠러 성능 해석

프로펠러의 회전수는 기존 무인기 프로펠러의 회전수와 동일한 5500 rpm이며, 비행 속도 역시 동일한 84 m/s로 하였다. 또한 프로펠러 단면익형은 RAF 6으로 하였고, 블레이드 전체 반경에서의 Thickness ratio는 0.2로 하였다.

2.2.1 비틀림각과 최대 코드길이 분포에 따른

프로펠러 성능 해석

프로펠러의 반경은 0.35 m로 하였다. 또한 블레이드 반경 방향 20 %의 코드 길이는 0.05 m로 고정하였다.

Table. 2 설계 된 프로펠러 데이터

	최대코드분포 (반경방향)	설계점 받음각	비고
A	20%	-2.7°	AF=31.49
B	40%	-2.7°	AF=31.12
C	60%	-2.7°	AF=31.00
D	40%	-1.7°	B형에서 설계점 받음각만 변화
E	40%	-3.7°	B형에서 설계점 받음각만 변화

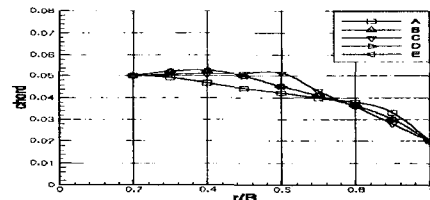


Fig. 2 반경 방향에 따른 코드 길이 분포

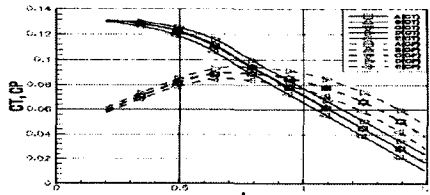


Fig. 3 전진비에 따른 CT, CP 선도

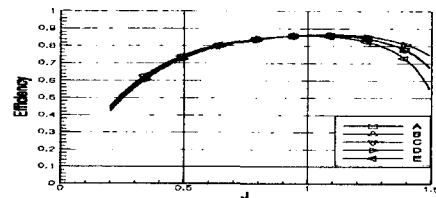


Fig. 4 전진비에 따른 효율 선도

A, B, C 형은 프로펠러의 최적 설계 변수 중 최대 코드 길이 위치를 변화시켜 설계하였다. 최대 코드 길이 위치에 의한 프로펠러의 성능은 큰 영향을 받지 못했다. 이는 블레이드 반경 방향 20 %에서 구조 하중을 위해 코드 길이를 0.05 m로 고정하여 설계하였기 때문이다.

그리고 D, E 형은 B형의 프로펠러에서 코드 길이는 고정하고 받음각을 변화 시켜 프로펠러의 성능을 해석하였다. 받음각이 커질수록 추력과 토크가 증가함을 보인다. 효율은 전진비가 1.31보다 작은 영역에서는 유사한 특성을 가지며 전진비 1.31보다 큰 영역에서는 받음각이 클수록 효율이 높아짐을 보인다.

2.2.2 설계점에서 받음각과 블레이드 반경에 따른 프로펠러 성능 해석

프로펠러의 최대 코드 길이는 블레이드 반경 방향 40 %에 위치 하였다.

Table. 3 설계 된 프로펠러 데이터

	블레이드 반경	설계점에서 받음각	전진비	AF
B	0.35 m	-2.7°	1.31	31.12
F	0.35 m	-1.7°	1.31	26.19
G	0.35 m	-3.7°	1.31	39.04
H	0.30 m	-2.7°	1.53	58.90
I	0.40 m	-2.7°	1.15	20.50

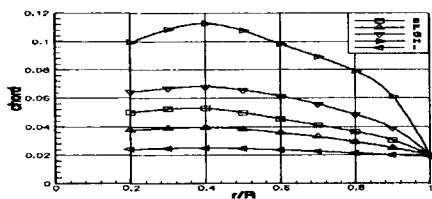


Fig. 5 반경 방향에 따른 코드 길이 분포

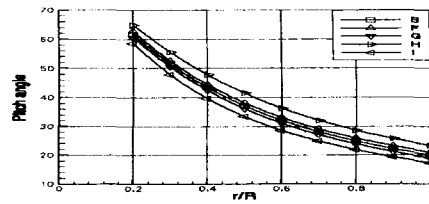


Fig. 6 반경 방향에 따른 비틀림각 분포

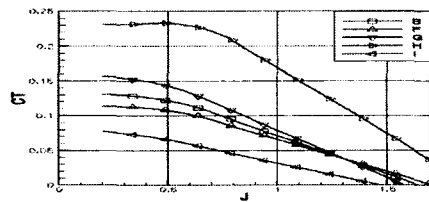


Fig. 7 전진비에 따른 CT 선도

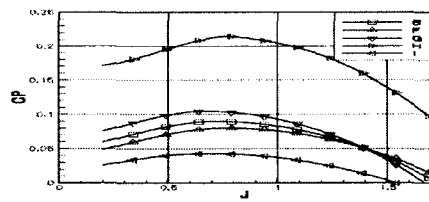


Fig. 8 전진비에 따른 CP 선도

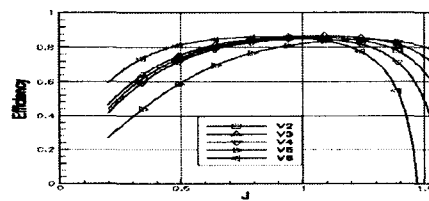


Fig. 9 전진비에 따른 효율 선도

B, F, G 형은 같은 블레이드 반경을 가진 프로펠러로서 설계점에서의 받음각에 변화를 주어 설계 하였다. 전진비가 1.31보다 낮은 영역에서 설계점 받음각이 클수록 프로펠러의 추력과 토

크가 작아짐을 알 수 있다. 반대로 전진비가 설계점 보다 큰 영역에서는 설계점 받음각이 클수록 추력과 토크가 커짐을 알 수 있다. 그리고 설계점에서 받음각이 클수록 프로펠러의 효율은 증가하였다. 이는 설계점에서 단면 익형의 최대 양향비를 가지는 받음각보다 작기 때문에 효율이 증가하는 것으로 보인다.[2]

B, H, I 형은 설계점에서의 받음각은 -2.7. 로 같고, 블레이드 반경에 변화를 주었다. 전진비가 설계점보다 작은 영역에서 블레이드 반경이 작을수록 추력과 토크가 커짐을 알 수 있다. 그러나 효율은 블레이드 반경이 작을수록 떨어지는 특성을 보여 주었다. 이러한 특성은 AF(activity factor)를 통해서도 알 수 있다.

2.3 설계 된 프로펠러와 프로펠러 성능

설계 된 프로펠러의 블레이드 반경은 0.30 m 로 허브 주위에 구조하중을 견디기 위해 블레이드 반경을 감소시켰다. 설계점에서의 받음각은 최대 양향비를 가지는 0. 로 하였다.[3]

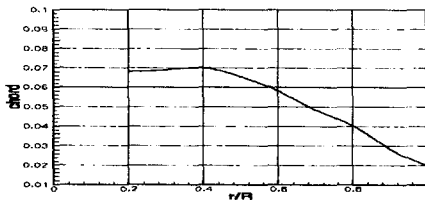


Fig. 10 반경 방향에 따른 코드 길이 분포

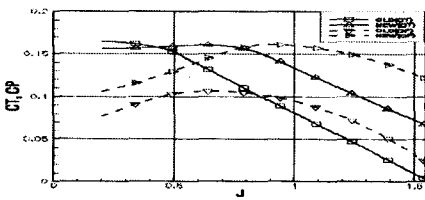


Fig. 11 전진비에 따른 CT, CP 선도

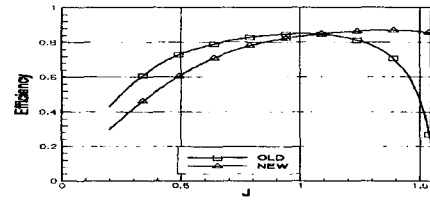


Fig. 12 전진비에 따른 효율 선도

설계 된 프로펠러의 설계점 전진비는 1.53 로 이 때의 요구 토크는 14.27 Nm이고 효율은 약 86 % 이었다. 기존의 무인 표적기 프로펠러 보다 약 11 % 효율이 증가하였다. 그리고 AF는 34 이었다.

3. 결 론

Vortex Theory를 사용하여 프로펠러 설계 변수에 따른 프로펠러 성능을 해석하고 무인 표적기 프로펠러를 설계하였다. 프로펠러는 설계점에서 각 단면 익형의 받음각 최대 양향비를 가지는 값에 가까울수록, 블레이드 반경이 커질수록 효율은 증가한다. 이 때 AF는 감소한다. 이 설계 변수는 구조하중과 이륙시 설계점에 의해 제한을 받는다. 이러한 변수를 바탕으로 블레이드 반경은 0.30 m가 되고, 효율은 약 86 %인 프로펠러를 재설계하였다.

참고문헌

- 1) DANIEL O. DOMMASCH, "Airplane Aerodynamics", pp. 196~226
- 2) 성형건, 노태성, "무인 표적기 프로펠러의 최적 설계", 2003년 한국추진공학회 춘계 학술대회 논문집, pp. 115~118
- 3) WILBUR C. NELSON, "Airplane Propeller Principles", 1944