

피치각에 따른 동축반전 프로펠러의 성능변화 연구

김영태^{1,†}, 박창환¹, 김학윤^{1,†}

¹한서대학교 항공시스템공학과

A study on the performance of Coaxial propeller by pitch angle

Young Tae Kim¹, Chang Hwan Park¹, Hak Yoon Kim^{1,†}

¹Department of Aeronautical Systems Engineering, Hanseo University

Abstract : CFD 해석을 통해 1.8m 급 동축반전 프로펠러의 추력 성능에 영향을 미치는 2가지 요인에 대해 연구를 수행하였다. 동일한 회전수에서 사이 간격이 프로펠러 직경의 20~30%일 때 추력이 가장 높은 것으로 나타났지만, 사이 간격이 성능에 미치는 영향은 다른 주요 요인 등에 비해 상대적으로 적음을 확인하였다. 또한 성능을 최대로 내기 위해서는 상, 하 프로펠러의 피치각을 서로 다르게 조절하여 프로펠러의 적합한 피치각을 선정하여야한다.

Key Words : Coaxial propeller(동축반전 프로펠러), Hovering performance(제자리 비행성능), CFD(전산유동해석), Figure of Merit(성능지수)

1. 서 론

동축반전 프로펠러는 드론 등에서 널리 사용되고 있으나, 동축반전 로터에 비해 성능에 관한 연구는 많지 않다. 동축반전 프로펠러의 성능에 영향을 미치는 주요 요인은 프로펠러의 회전수, 피치각 그리고 프로펠러의 사이 간격 등이다.

본 연구에서 STAR-CCM을 사용하여 안전성 측면에서 장점이 있는 동축반전 프로펠러를 적용하여 연구를 수행하였다. 또한 프로펠러의 피치각을 조절하여 비행 제어를 하는 가변피치프로펠러의 성능 변화 및 프로펠러 사이 간격에 따른 성능 변화에 대해 CFD 해석을 수행하였다.

프로펠러의 형상은 Fig. 1와 같으며 허브로부터 NACA 4421, 4415, 4412, 4408로 구성되며, Ideal 22.2°로 비틀어져 있다. 계산 영역은 8D*8D*20D (D는 프로펠러 직경)로 선정하였으며[1], 유동 입구는 Velocity Inlet 조건, 그 외의 영역은 Pressure Outlet으로 선정하였다.



Fig. 1. 프로펠러 형상

2. 해석모델 및 수치적용

격자는 Fig. 2 와 같이 Mesh를 생성하였다. 프로펠러 벽면에는 격자를 조밀하게 생성하였으며, y+값은 정체점 영역을 제외하고 대부분 5미만이다. 압축성 유동에서 난류 모델로는 k- ω SST Model를 사용하였다.

†교신저자 (Corresponding Author)

E-mail: heligyro@hanseo.ac.kr

Copyright © The Society for Aerospace System Engineering

MRF(Moving Reference Frame) 기법을 적용하여 상, 하 프로펠러의 회전수는 500 RPM으로 해석을 수행하였다.

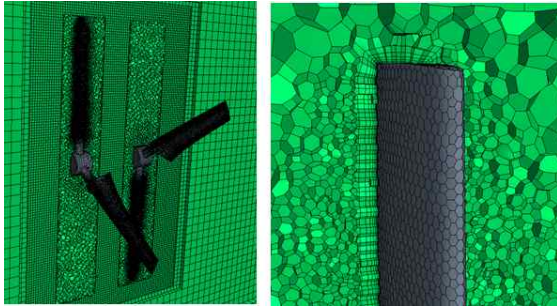


Fig. 2 (좌) Polyhedral volume mesh, (우) Prism mesh

3. 결과 및 고찰

0.25 ~ 1D(0.25배 증가) 사이 간격에 따른 4개의 Case를 해석하였다.[2] 사이 간격에 따른 추력 변화는 Fig.3과 같으며, 각각의 추력에 최대추력을 나누어 무차원화한 결과를 비교하였다. 0.25D 지점에서 추력이 가장 높게 나오며, 그 이상부터는 추력은 감소하였다. 1D 지점에서는 0.25D 비해 추력이 2.5% 감소하였으며, 사이 간격은 성능에 영향을 미치는 다른 요인에 비해 상대적으로 영향이 적었다.

추력 성능이 가장 높은 0.25D 사이 간격을 고정하여 피치각이 0 ~ 10°조건에서 추력변화는 Fig. 4와 같다. 상,하 프로펠러의 피치각이 동일한 조건인 Coaxial 1과 상부 프로펠러 대비 하부 프로펠러의 피치각 1° 증가한 조건인 Coaxial 2를 비교하였다. 피치각 8°까지는 추력이 약 8.5% 일정하게 증가하나, 8° 이후부터는 하단 프로펠러에서 유동 박리에 의한 추력증가가 감소됨을 알 수 있었다.

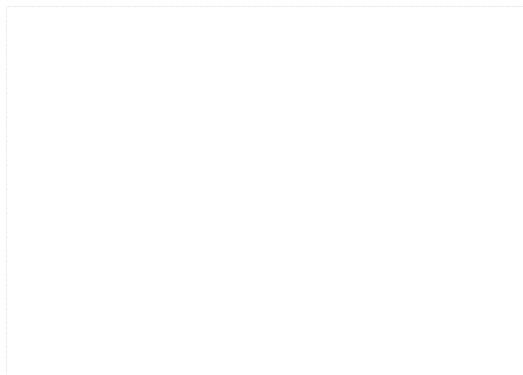


Fig. 3 사이 간격에 따른 추력 변화

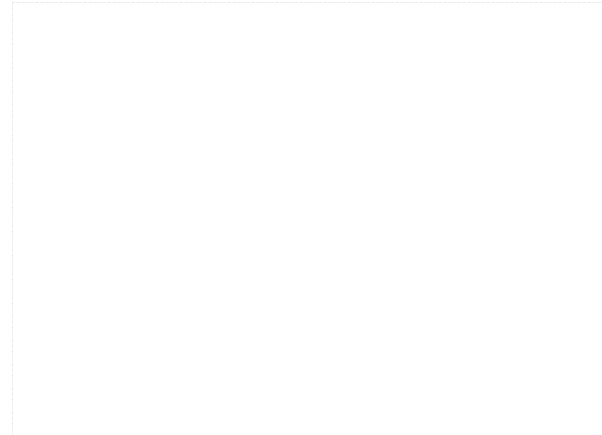


Fig. 4 피치각에 따른 추력변화

4. 결 론

본 연구에서는 CFD해석을 통해 동축반전 가변 프로펠러의 사이 간격 및 피치각에 따른 성능변화 연구를 수행하였으며 다음과 같은 결론을 획득하였다.

사이 간격은 성능에 미치는 영향이 상대적으로 적으며, 프로펠러의 높은 성능을 내기 위해서는 상, 하 프로펠러의 적합한 피치각을 선정하여야 함을 예측할 수 있었다. 추후 연구에서는 상, 하 프로펠러의 RPM을 고려하여 동축반전 프로펠러의 성능 최적화 연구를 수행할 계획이다.

5. 후 기

“ 이 논문은 2018년 정부(산업통상자원부)의 재원으로 한국 산업기술진흥원-산업용 무인비행장치 전문인력 양성사업의 지원을 받아 수행된 연구임” (No. N0002431)

참 고 문 헌

[1] Kutty, H. A., Rajendran, P. “3D CFD Simulation and Experimental Validation of small APC Slow Flyer Propeller Blade,” MDPI Journal, Aerospace Volume4, Issue 1. 2017

[2] Yoon, S. W., Chan, W, M. and Pulliam, T. H., “Computations of Torque-Balanced Coaxial Rotor Flows“ 55th AIAA Aerospace Sciences Meeting,AIAA SciTech Forum,(AIAA2017-0052)