

인력비행기 Airfoil 선정을 위한 EDISON_CFD 활용

Utilizing EDISON_CFD for Airfoil selection of Human Powered Aircraft

김경남^{1*}, 류기명¹, 송윤정¹
충남대학교¹

초 록

본 논문에서는 충남대학교에서 설계하고 있는 인력비행기인 Volante의 주익 에어포일을 선정하기 위하여 교육 및 연구를 위한 CFD 해석 프로그램인 EDISON_CFD를 이용하여 후보군으로 있는 에어포일들의 경향성을 확인하고 성능이 좋은 에어포일을 선정하였다. 또한 CFD 프로그램으로 상용화된 Fluent와 비교하여 EDISON_CFD의 신뢰성을 확인하였다.

Key Words : 인력비행기(Human Powered Aircraft), 에어포일(Airfoil), 전산유체역학(CFD), Fluent(상용 CFD Program), eMEGA(Mesh Tool), 첨단 사이언스 교육 허브(EDISON_CFD)

1. 서 론

Human Powered Aircraft(HPA)는 오랜 인간의 꿈이었다. 많은 과학자들이 여러 형태들로 변형해가며 HPA를 개발하였고 영국의 사업가 Kremer가 1959년에 제안한 Kremer상으로 HPA 개발을 본격적으로 하였다. 여러 선진국들은 HPA 비행에 성공하였으며 우리나라에서는 2009년 9월 세계 다섯 번째로 HPA 개발에 성공하였고, 항공우주연구원(KARI) 주최로 2012년도 인간동력 항공기 시범경진대회가 개최된다. 이 대회에 참가하게 된 충남대학교에서는 Volante라는 HPA를 설계 및 제작을 하게 되었다. 설계하는 과정에서 주익 Airfoil을 선정하기 위하여 여러 프로그램을 사용하여 CFD해석을 하게 되었고 Fluent와 EDISON_CFD를 이용하여 2-D Airfoil 공력해석을 하였다. Fluent는 비압축성(low subsonic)에서 압축성(supersonic and hypersonic) 및 천음속(transonic) 유동의 전 영역을 해석할 수 있는 CFD전용 solver 프로그램으로 전 세계적으로 상용화된 프로그램으로 신뢰성이 높은 프로그램이다. EDISON_CFD는 온라인상에서 활용 가능한 심층 교육·연구용 SW 및 콘텐츠용으로 개발된 프로그램으로 유체공학에 대한 교육용 콘텐츠이다.⁽¹⁾

본 연구에서는 Volante 설계과정에서 EDISON_CFD를 활용하여 HPA에 적합한 Airfoil을 선정하고 Fluent 프로그램과 같이 비교하여 EDISON_CFD의 신뢰성을 비교하고자 한다.

2. 연구 방법

2.1. HPA 에어포일 선정

HPA의 에어포일은 낮은 레이놀즈 수에서 높은 양력과 양항비를 발휘하여야 하며, 항공기 전체의 안정성을 확보하여야 한다. 또한 두께비가 높을 경우 무게 증가의 요인이 될 수 있으므로 적당한 두께비를 갖는 에어포일을 선정하였다.

Table 1. 에어포일 후보군

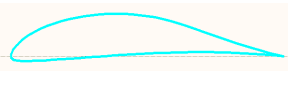
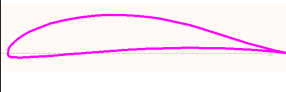

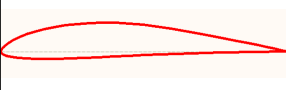
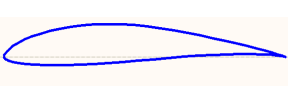
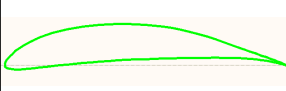
	
DAE 11	DAE 21
	
DAE 31	E193
	
E393	FX 76-MP120

Table 1은 80년대 이후 HPA에 많이 쓰였던 주익 에어포일의 후보군으로 XFLR 프로그램을 이용하여 비교 및 분석하였다. 그 중 DAE11, DAE31, FX76-MP120의 C_L 값과 양항비가 높은 값을 가졌기 때문에 이 세 개의 에어포일을 정밀하게 비교 분석하였다.

2.2. 격자생성

EDISON_CFD에서 제공되는 EDISON_CFDmesh 프로그램은 기본적으로 NACA계열의 에어포일만 지원된다. 본 연구에서는 NACA계열외의 에어포일의 격자생성을 하여야 했으므로 충남대학교에서 개발한 eMEGA⁽²⁾란 프로그램을 이용하여 O-Type의 격자를 생성하였다. eMEGA는 EDISON_CFD에서도 제공되는 프로그램이고 아직 개발중이지만 현재 웹에서 제공되는 프로그램의 상위버전인 eMEGA를 충남대학교 네트워크로 직접 연동하여 격자를 생성하였다.

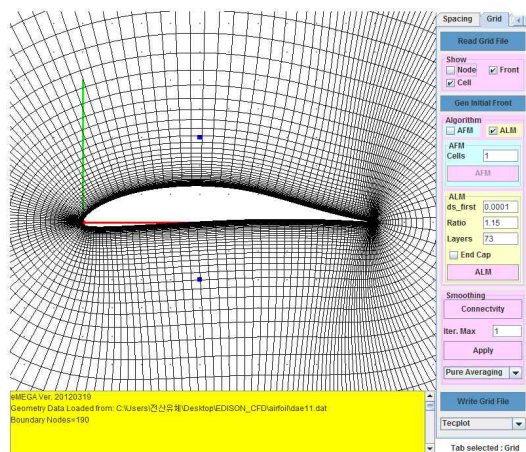


Fig 1. DAE11 에어포일 격자

Fig 1의 격자를 각각 Fluent와 Plot 3D의 포맷 형식으로 저장하여 Fluent와 EDISON_CFD프로그램에서 해석하였다.

2.3. 유동 조건

Volante의 순항속도를 7m/s로 가정하여 에어포일의 코드 길이는 1.1m로 레이놀즈수를 계산하게 되면

544,356로 낮은 레이놀즈수인 것을 확인할 수 있다. EDISON_CFD에서 계산 대상 유동 조건은 다음과 같다.

Table 2. 유동조건

	유동 조건
익형	DAE11, DAE31, FX76-MP120
받음각 α	$0^\circ \sim 10^\circ$ (step : 1°)
레이놀즈수 Re	544,356
Solver & Version	2D_Incomp-1.0
Flow_type	Turbulent (N-S)

Fluent에서의 계산 대상 유동 조건도 EDISON_CFD와 마찬가지로 같은 Mach number와 레이놀즈수를 사용하였고 좀 더 정확성을 높이기 위하여 Turbulence model은 $k-\omega$ 2 eqn model, Discretization scheme은 2nd Order Upwind를 사용하였다.

3. 수치해석 결과

앞에서 보인 유동조건으로 Fluent와 EDISON_CFD 프로그램에 입력하여 수치해석 데이터를 추출하였다. 그 결과는 아래와 같다.

3.1. DAE11 에어포일의 수치해석

Fig 2는 DAE11의 Fluent와 EDISON_CFD의 C_L , C_D 데이터를 엑셀에 옮겨 그래프화 시킨 그림이다. 또한 XFLR의 데이터도 같이 비교하였다. 그래프에서 Fluent와 XFLR의 값이 EDISON_CFD값과 비슷한 것을 확인할 수 있다. 또한 Fluent 및 EDISON_CFD에서 받음각이 7° 일 때 실속이 발생하는 것을 확인할 수 있었다. C_D 도 마찬가지로 Fluent와 EDISON_CFD의 값이 비슷하였다.

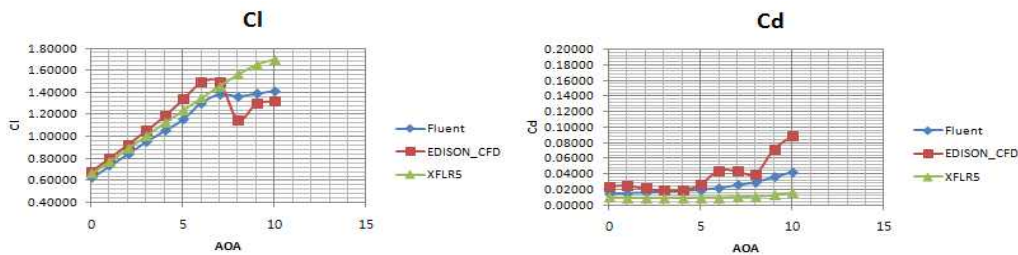
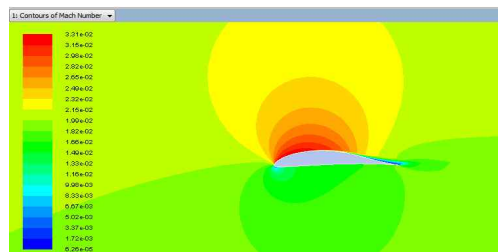
Fig 2. 받음각에 따른 C_L 과 C_D 그래프

Fig 3. Contour of velocity magnitude of DAE11 using Fluent (AOA=7)

3.2. EDISON_CFD를 이용한 에어포일선정

에어포일선정에서 중요한 부분은 높은 C_L 과 양항비이다. 또한 안정성을 위하여 0에 가까운 C_M 값도 무시할 수 없다. Fig 4는 EDISON_CFD로 3가지 에어포일을 수치해석한 결과 데이터를 엑셀에 입력하여 그래프화한 그림이다. C_L 그래프에서는 DAE31이 가장 높았다. 하지만 C_D 그래프에서 DAE31의 데이터는 정확도가 떨어지는 것을 확인할 수 있는데 이 때문에 양항비 그래프에서 DAE31데이터가 불규칙적인 것을 확인할 수 있다. 그러나 받음각이 5° 이상에서 부터는 어느 정도 안정화 되어 가는데 Volante의 받음각이 5° 인 것을 감안하면 DAE11이 양항비가 가장 높다. 또한 C_M 그래프에서는 받음각이 5° 일 때 DAE11과 FX76-MP120이 가장 0에 가까운 것을 확인할 수 있다. 본 연구에서 양항비 및 C_M 그래프 등을 종합적으로 참고하였을 때 DAE11이 가장 적합한 것을 확인할 수 있었다.

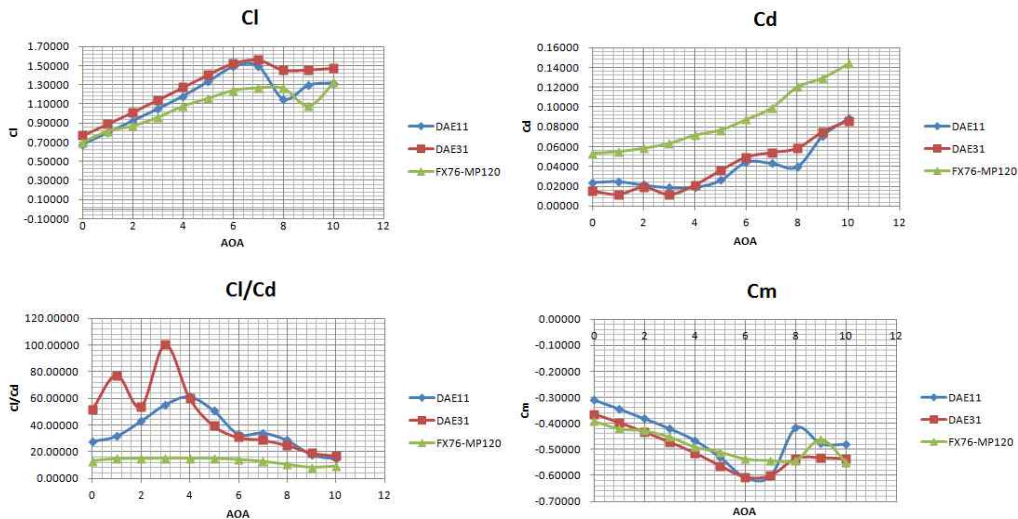


Fig 4. 받음각에 따른 C_L , C_D , $\frac{C_L}{C_D}$, C_M 그래프

4. 결론

본 논문에서는 Volante의 주익 에어포일을 선정하기 위하여 EDISON_CFD 프로그램을 이용하여 CFD 해석을 하였다. 아직 EDISON_CFD는 개발 중이기 때문에 신뢰도 높은 결과를 보여주진 않는다. 하지만 이번 연구를 통하여 Volante의 설계과정 중 주익에어포일의 경향성을 확인할 수 있었다. 그러나 EDISON_CFD에서 좀 더 바라는 점이 있다면, 항공분야에서는 다양한 에어포일 형성군을 지원하고 2-D 해석이 아닌 좀 더 발전하여 3-D해석까지 할 수 있다면 좀 더 신뢰성이 있는 결과를 볼 수 있을 것이다. 또한 Solver뿐만 아니라 격자생성 프로그램도 같이 발전한다면 여러 분야에서 EDISON_CFD를 활용하고 전문적인 CFD해석도 가능할 것이다.

참고문헌

- (1) Lee, S.U., Lee, K.B., Lee, C.H., Choi, J.I., Lee, D.H., Kim, C.A., 2011, "Development of the Simulation Software and Contents for Education and Research in Fluid Engineering on the EDISON_CFD Portal," 2011 유체기계 연구개발 발표회 논문집, pp.8~9.
- (2) Lee, J.H., Cho, K.W., Kim, B.S., 2009, "Development of 2-D Unstructured Hybrid Grid Generation Program using JAVA APPLET," 한국전산유체공학회 2009년도 추계학술대회 논문집, pp.65~70