

EDISON을 이용한 BWB 익형 엔진흡기 유동 해석

CFD Analysis of Engine Inlet Condition for BWB Airfoil using EDISON

이민우^{1*}, 김기덕¹, 방준¹, 이수관¹, 정용수¹, 한진수¹, 최성임¹
KAIST¹

초 록

본 연구에서는 현재 국내외에서 연구 중인 Blended Wing Body(BWB) 항공기의 엔진흡기 유동을 해석하기 위해 익형과 비행조건을 변화시켜 가며 전산유체해석을 수행하였다. 엔진의 위치에 따라 엔진이 효율적으로 동작하기 위한 조건인 흡기에서의 유동 속도와 그 분산을 중심으로 해석한 결과 익형 표면에서는 경계층의 영향으로 엔진흡기에서 유동속도가 낮고, 속도분산이 높음을 확인할 수 있었다. 한편, 익형 아랫면에서는 높은 비행속도에서 속도분산이 급격히 증가하였다. 이를 통해, 해석에 사용한 익형이 BWB의 동체로 활용하기에 적합한 엔진흡기조건을 갖는지 판별하였다.

Key Words : BWB(blended-wing body), 엔진흡기(Engine inlet), 정렬격자(structured mesh), 점성유동 (Viscous flow), 전산유동해석(Computational Fluid Dynamics).

1. 서 론

1.1 연구배경

전형적인 항공기 형태는 날개와 동체가 분리된 fuselage & wing의 형태이다. 최근의 복합재료의 발전과 구조역학적 최적화로 인해 hoop tension에 견디기 쉬운 실린더 형을 유지할 필요가 없어지면서 차세대 BWB(blended-wing body) 항공기가 주목받고 있다. 엔진을 동체 위에 붙임으로써 빠른 속도의 유동이 엔진이 들어오는 것을 막아 ram drag를 감소시켜 추력손실을 줄일 수 있다. 동시에 엔진흡기에서의 속도 분포는 엔진 성능에 영향을 줄 수 있기 때문에 이를 고려한 엔진 위치의 선정이 필요하다.

1.2 유동해석 조건

BWB 익형의 엔진흡기 유동을 해석하기 위해 EDISON을 이용하여 이차원 해석을 수행하였으며, Table 1과 같은 운항조건을 만족하는 BWB 항공기의 설계에 응용할 수 있도록 하였다. 높은 비행속도에서의 압축성 효과와 경계층 내의 해석을 위해 Navier-Stokes 방정식을 지배방정식으로 하는 압축성 점성해석을 수행하였고, 익형의 코드길이를 1로 할 때 Fig.1과 같이 0.0000214 의 크기를 갖는 표면격자를 포함해 총 17522개의 정렬 격자를 사용하였다. 해석에 사용한 익형은 익형 내 승객의 탑승을 고려해 익형의 최대두께가 코드길이의 0.12배 이상이고 비행 조건에서 shock의 영향을 최소화 할 수 있는 천음속익형으로 선정하였다. 이에 EPPLER417, EPPLER562, NACA0012, RAE5212, RAE2822, Grumman K-2이 선정되었다.

Table 1. BWB 목표 운항 조건

고도	마하수	레이놀즈수	운항거리
10668m	0.75~0.9	$1.424 \times 10^8 \sim 1.708 \times 10^8$	7000km

1.3 엔진흡기 위치 설정

이번 연구에서는 이미 4500대의 항공기에서 사용 중인 Pratt & Whitney의 JT8D시리즈의 JT8D-219 엔진

의 운항 조건을 이용하였다. 엔진 흡기구의 위치는 동체 익형의 끝단으로부터 코드길이(25m)의 1/5지점으로 설정하였다. 엔진 팬의 직경은 1.37m로, Fig.2와 같이 엔진직경의 0.2배 길이 간격으로 16개의 좌표를 설정한 뒤, 6개의 연속된 좌표를 한 개의 엔진으로 가정하였다. 에어포일의 위로 5개의 위치와, 아래로 1개의 위치의 후보를 두어 각 위치에서 유동을 해석하였다.

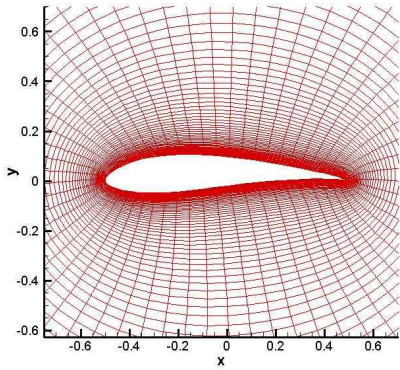


Fig. 1. EPPLE 562 주위에 생성된 정렬격자의 모습

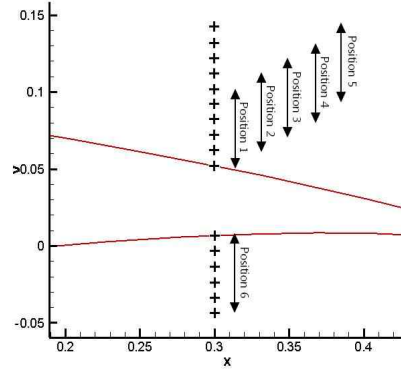


Fig. 2. 엔진흡기 위치

2. 본 론

2.1 익형별 엔진흡기 유동해석

받음각을 0도로 고정하고, 각 익형별로 비행속도에 따라 엔진흡기에서의 유동속도와 엔진흡기 단면에서의 속도분포를 알아보았다. Fig.3은 NACA0012 경우에 엔진흡기 위치에서의 유동속도를 나타낸다. Fig.4는 같은 익형에서의 엔진흡기 단면에서 속도의 분산 값을 나타낸 것으로 경계층의 영향으로 인해 익형의 표면에 가까워질수록 분산이 커지는 경향을 보인다. 비행속도가 M0.85인 경우 Position(이하 Pos)1과 Pos.6에서의 분산 값이 급격히 증가함을 볼 수 있다. 이는 익형 주위의 유동속도 contour를 나타내고 있는 Fig.5에서 알 수 있듯이, shock 이후에 발생한 재순환류(recirculating flow)에 기인한 것으로 보인다.

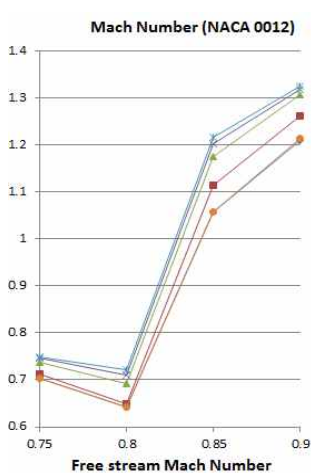


Fig.3. NACA0012 흡기속도

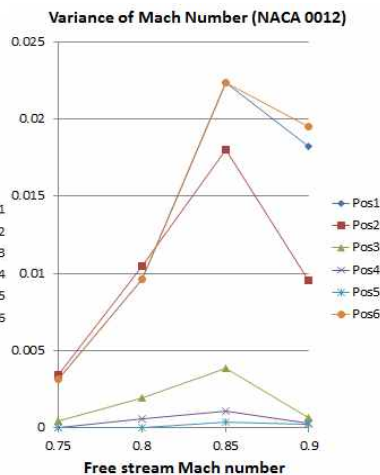


Fig.4. NACA0012 속도분산

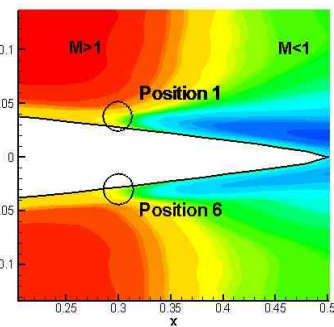


Fig.5. M0.85에서 NACA0012 주위의 유동속도 contour

Fig.6과 Fig.7은 Grumman K2 익형의 엔진흡기 위치에서의 유동속도와 그 분산을 나타낸다. Pos.6을 제외한 모든 위치에서 운항속도가 M0.8일 때 흡기속도가 급격히 증가함을 알 수 있다. 이는 운항속도가 증가함에 따라 shock이 익형의 뒷전에 가까워짐으로 인해 유동속도가 증가하는 것으로 보인다. Pos.6에

서는 운항속도가 0.9에 이르기 전까지 Fig.8과 같이 익형 아랫면에서 발생한 shock의 후류에 엔진이 위치하므로 0.7 이하의 낮은 유동속도를 보이다가, 0.9에서 shock이 Pos.6에 이룸으로 인해 높은 유동속도를 보이고, 이에 따라 Fig.7에서와 같이 큰 분산을 나타낸다.

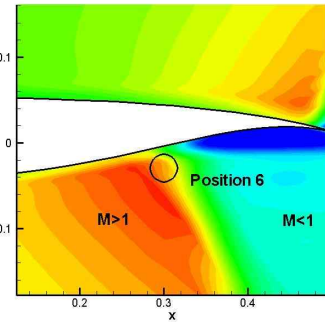
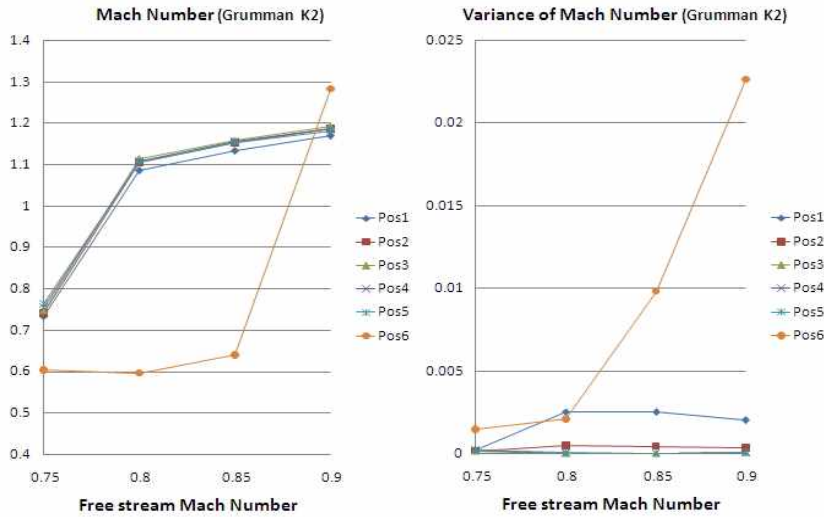


Fig.8. M0.9에서 Grumman K2 주위의 유동속도 contour

Fig.6. Grumman K2 흡기속도 Fig.7. Grumman K2 속도분산

Fig.9와 Fig.10은 각각 RAE2822, Eppler562의 엔진흡기 단면에서의 속도 분산 값을 나타낸 것으로, 두 경우 모두 경계층의 영향으로 인해 익형의 경계면에 가까워질수록 분산 값이 커지는 경향을 보인다. 특히 Pos.6에서는 M0.85이후 분산이 급격히 증가하기 때문에 M0.85이상의 속도로 비행할 때에는 Pos.6을 피하는 것이 좋으며, Eppler562의 경우 M0.8이하일 때 Pos.1과 Pos.2에서의 분산이 더 크므로 이 경우엔 다른 위치에 엔진을 설치하는 것이 더 효율적이다.

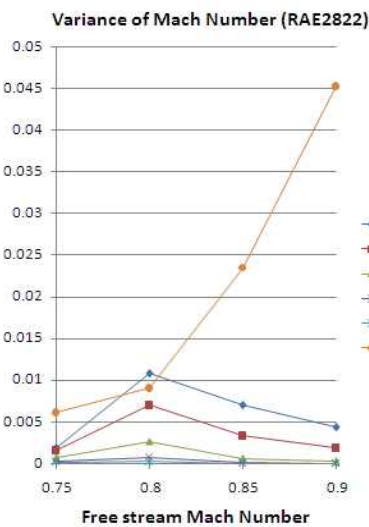


Fig.9. RAE2822 속도분산

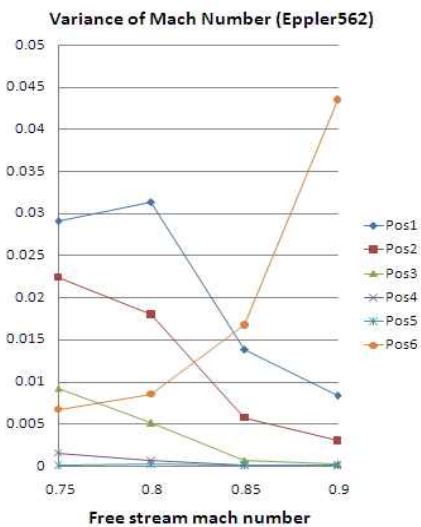


Fig.10. Eppler562 속도분산

2.2 익형 간 경계층 내 유동 비교해석

Fig.11은 본 연구에서 해석한 6개 익형의 경계층 내 위치한 Pos.1에서의 속도를 나타내고, Fig.12는 동일 지점에서 속도의 분산을 나타낸다. Eppler562의 경우는 비행속도에 따른 흡기속도의 변화 폭이 가장 크고, 속도의 분산 또한 높은 수치를 보이고 있으므로 BWB 동체 익형으로 활용하기에 불리하다.

NACA0012는 전 비행속도에서 낮은 엔진 흡기속도를 보이나, 비행속도 M0.85에서 급격히 유동의 속도 분포가 불균일하게 변한다. Grumman K2는 NACA0012에 비해 비행속도 M0.75~M0.8에서는 높은 흡기 속도를 보이지만 전 구간에서 속도 증가폭이 작고, 낮은 속도분산을 보인다. 이것은 Grumman K2가 BWB 동체 익형으로 활용되기에 유리한 점으로 작용한다.

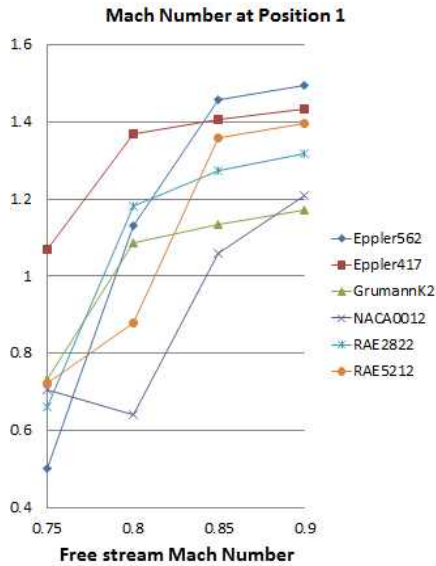


Fig.11. Pos.1에서의 흡기속도

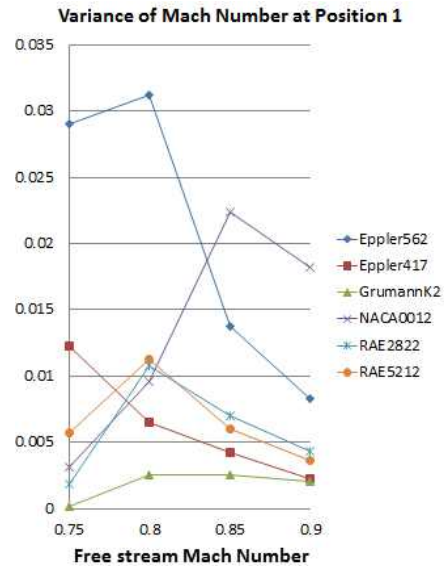


Fig.12. Pos.1에서의 속도분산

3. 결론

본 연구에서는 BWB 항공기의 엔진 흡기에서의 유동을 해석하기 위해 EDISON을 이용해 6종류의 익형에 대한 2차원 전산유동해석을 수행하였으며 그 결과는 다음과 같이 요약할 수 있다.

- (1) 운항 조건과 익형에 관계없이 익형 표면에 가까운 위치일수록 경계층의 영향으로 유동 속도가 낮고 속도분산이 크다. 익형 아랫면에 엔진이 위치한 경우 높은 비행속도에서 속도분산이 급격히 증가한다.
 - (2) 엔진이 효율적으로 동작하기 위한 조건인 흡기에서의 유동 속도와 그 분산을 중심으로 해석한 결과 6종의 익형 중 Grumman K2 익형이 BWB 동체에 사용하기에 가장 적합하다.
- 향후 3차원 익형에 대한 해석을 추가로 수행하여 3차원 효과에 대한 영향을 알아보고, 엔진 자체가 유동에 미치는 영향을 분석할 예정이다.

후 기

본 연구에 도움을 주신 KAIST 항공우주공학과 최성임 교수님 이하 조교 분들께 감사드립니다.

참고문헌

- (1) 강신형, 이현구, 1997, "NACA0012 익형 위 천이경계층의 유동특성", 한국항공우주학회지, 제25권, 제2호, pp.42~50.
- (2) 김철완, 2011, "Navier-Stokes equations을 활용한 익형의 점성경계층 특성분석", 한국전산유체공학회 2011년도 춘계학술대회논문집, pp.199~201.
- (3) 윤준용, 이재훈, 2008, "BWB 형상 모델링 및 아음속 공력해석", 한국항공우주학회 2008년도 추계학술발표회 논문집, pp.465~468.