

Slotted Flap 사이 양력 향상 탭의 영향에 대한 EDISON_CFD 분석

The EDISON_CFD Analysis for Lift-enhancing tab of slotted flap

최치영^{1*}, 이재경¹, 이도형¹
한양대학교 기계공학부¹

초 록

항공기의 날개에 걸리게 되는 하중은 설계단계에서 고정되기 때문에 이륙과 착륙 같은 특수한 상황에서 Flap이나 슬릿 등의 고양력 장치를 이용하여 날개 단면 형상을 변화시킴으로써 양력계수의 변화를 유도하고 그에 따라 각 임무별 최적의 공력 성능을 제공할 수 있게 된다.

따라서 본 논문은 에어포일의 보다 효율적인 양력을 위해 slotted flap사이에 양력 향상 Tab을 설치하여 EDISON-CFD를 이용하여 분석하였다. 그리고 그 효과와 익형에 얻어지는 양력계수를 비교하였다. 에어포일의 Slotted Flap에 양력 향상 Tab의 유무에 따른 유동 장을 분석하여 양력을 수치 해석 적으로 비교해 보았다. 결과에서 얻어진 상수를 비교하였고 양력 향상 Tab의 효과를 분석해 보았다.

Key Words : CFD(전산유체역학), slotted flap(틈새를 가진 보조익), 양력 향상 Tap, C_D (항력계수), C_L (양력계수), 후류(Wake) , Flap Airfoil.

1. 서 론

현재 가장 많이 쓰이는 항공기는 미국의 Boeing사의 Boeing 747기종이라고 할 수 있다. 많은 항공사에서 주 항공기로 채택하고 있다. 일반적인 항공기의 이륙 시에 더 좋은 공력 효율을 얻는 것은 모든 항공기 설계자들의 목표이다. 특히 이,착륙거리를 감소시키는 설계가 가능하다면 유리해지기 때문에 경계층을 제어할 수 있는 고양력 장치가 사용된다. 본 논문에서는 고양력 장치를 설계하여 이륙 시 최적의 공력 효율을 내는 것을 설계의 목적으로 삼았다. 가장 많이 운항되는 Boeing 747기종을 해석 모델로 삼았으며 Boeing 747 기종의 Flap과 Airfoil 사이에 Tab을 설치하였다고 가정하고 해석 하였다. Fowler Flap Airfoil의 장점은 Flap을 펼침으로서 윗 캠버면의 곡선이 더욱 길어지게 되고 그에 따라서 추가 양력을 얻게 된다. 게다가 Flap이 펼쳐지면서 Flap과 Airfoil사이에 틈이 생기게 되는데 그에 따라서 박리유동점이 날개 뒤편으로 움직이게 되어 박리유동을 제어하는 것이 가능해진다. 본 논문에서는 Flap과 Airfoil 사이에 Tab을 설치하여 날개 뒷전 Wake를 난류로 만듦으로서 Flap이 얻는 양력을 증가시키는 것을 목적으로 삼았다.

2. 본 론

2.1 해석 모델 설정

본 연구에서는 전산 유체해석 프로그램인 EDISON_CFD를 이용하여 Flap Airfoil에 설치된 양력 향상

Tab의 영향에 대하여 해석하였다. 구조물은 주 Airfoil, Flap으로 이루어져 있고 Airfoil에 양력 향상 탭이 장착되어 있다. 형상 설계에 앞서 해석 모델의 Parameter를 해석에 대입 하였다. Boeing 747기종의 이륙속도는 Air 뉴질랜드 항공사에 따르면 약 250km/h 정도가 된다. Flap 크기는 에어포일 시위선 길이의 1/3으로 설정하였다. 항공기가 이륙 시 또는 착륙 시에 Flap을 내리게 되는데 이륙 시 Flap을 내리는 각도는 약 20도, 착륙 시에는 약 30~40도 이다. 항공기가 이륙할 때를 가정하고 해석을 하기 위해서 Flap 각도는 20도로 설정하였다. 이륙 속도는 250km/h 로 설정하였고 그에 따라 Mach number는 0.25로 설정하고 레이놀즈수를 4500000으로 설정 하였다. 이륙 시 AOA를 일반적인 이륙각도인 8.42도로 설정하였다. Tab의 길이는 Chord line의 2%로 설정하였는데 이는 참고한 논문과 동일하다.

Table 1. 유동 해석 모델 조건

기종	Boeing 747
이륙속도	250km/h
Flap 크기	에어포일 시위선 길이의 1/3
Flap의 각도(이륙 시)	약 20°
Tab 길이	Chord line의 2%
이륙속도 해당하는 Reynolds Number	4500000
이륙속도 해당하는 Mach Number	0.25
Angle of Attack	8.42

구조물 형상은 Flap과 Airfoil 사이에 Tab을 설계한 것과 그렇지 않은 일반적인 Fowler Flap형상을 해석하여 두 가지 결과를 비교하였다. 시위선의 길이를 1로 설정하고 해석을 시작하였다.

2.2 형상 설계 및 Solver 선택

본 연구에서는 형상 설계 시 비 정렬 격자 계를 사용하였다. 따라서 비 정렬 격자 계로 짜여진 Mesh 형상을 해석할 수 있는 Solver인 2_D Compressible Unstructured Solver로 해석하였다. 그리고 2_D Compressible Unstructured Solver가 해석 가능한 유동 영역인 아음속~초음속 유동영역이 본 논문에서 해석하는 이륙 시 항공기 날개 주위의 유동성격과 일치하여서 사용하였다.

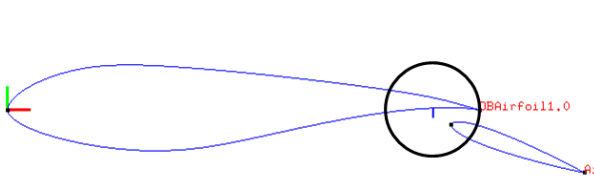


Fig. 1. 양력 향상 탭 설계 형상

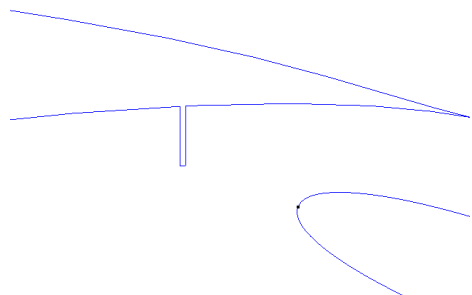


Fig. 2. 양력 향상 탭

그러나 2_D Compressible Unstructured Solver의 경우 Turbulence flow Solver를 사용하지 못하여서 Laminar flow Solver를 사용할 수 밖에 없었던 것이 큰 아쉬움이 남는다. 어느 정도의 해석 오차는 있을 것으로 예상 하였다.

2.3 결과 해석

본 논문은 이륙 시 보다 좋은 비행효율을 내기위한 설계 해석이므로 출력된 Data 중 속도분포, 압력분포, 그리고 양력계수 및 항력계수를 Tab이 있는 형상과 그렇지 않은 형상을 두고 비교분석 하였다. 주위 공기의 유동의 차이를 알아보기 위하여 다른 변수들을 통제하여 동일하게 설정하였다. Tab을 설치할 때 두 가지 유동 현상을 폐하였는데, 그는 유동 박리 점의 이동이고, 다른 하나는 Tab의 뒷부분에서부터의 유동흐름의 난류 천이를 일으키는 것이었다. 유동이 난류 유동이 되면, 유동 경계층에서 미소한 유동 박리현상이 일어나 경계층이 무너지게 된다. 따라서 경계층의 점성효과가 줄어들면서 항력이 감소하는 것을 의도 하였다.

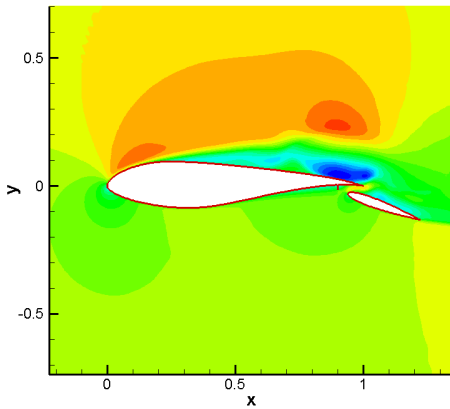


Fig. 3. Tab Flap Airfoil 주위 기체 속도분포

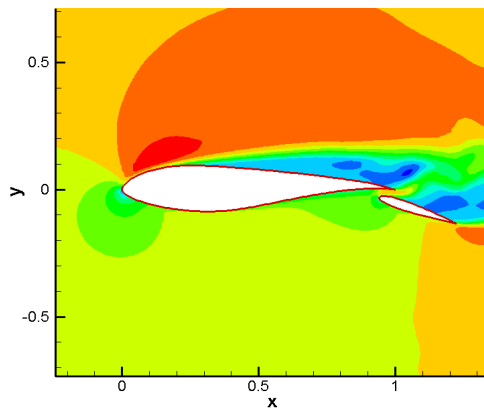


Fig. 4. 일반적인 Flap Airfoil 주위 기체 속도분포

속도 유동 장을 보면 Tab이 설치되었을 경우 Flap 후류 유동이 보다 매끄럽고 일정하게 흐르는 것을 확인 하였다. 그리고 Tab이 없을 때보다 Flap 아래 부분의 흐름속도가 상대적으로 느리게 흘러가는 것이 확인 되었다. Flap 윗부분의 속도 또한 Tab이 있을 때 보다 빠르게 흘러가는 것을 발견하였다.

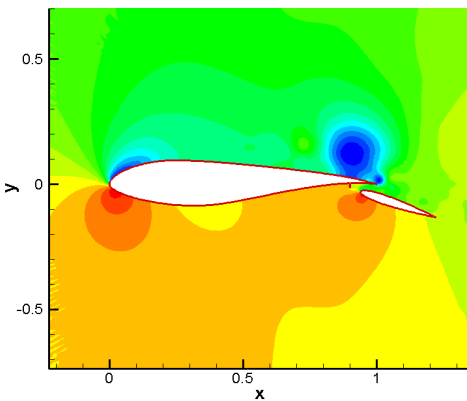


Fig. 5. Tab Flap Airfoil 주위 기체 압력 분포

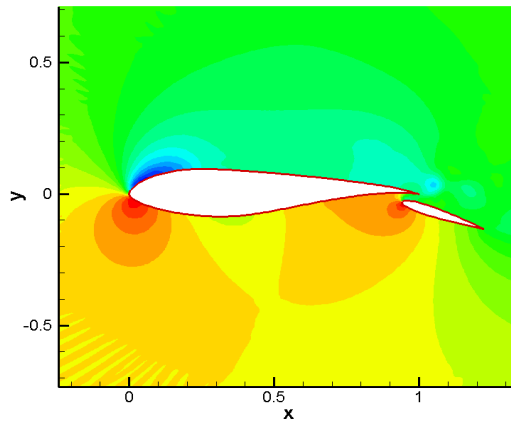


Fig. 6. 일반적인 Flap Airfoil 주위 기체 압력분포

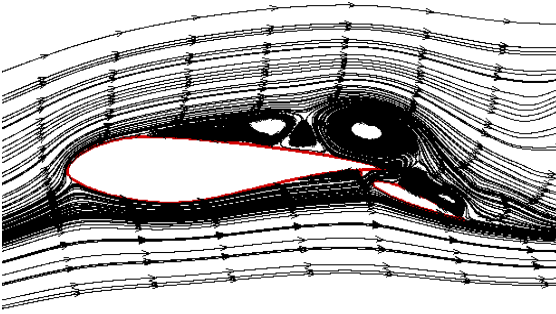


Fig. 5. Tab Flap Airfoil Stream line

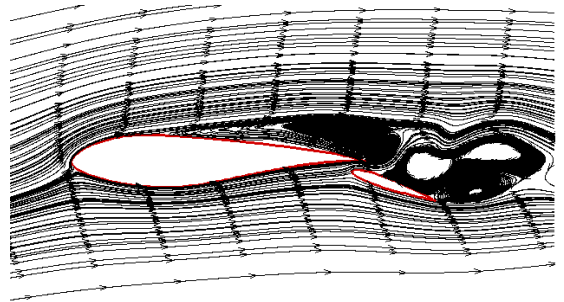


Fig. 6. 일반적인 Flap Airfoil Stream line

압력분포를 보면 Tap이 있을 경우 Flap 뒤편의 압력이 확실히 상대적으로 더 높아진 것을 확인할 수 있었다. 압력분포와 Stream line을 보면 Airfoil 뒷부분에 커다란 와류유동이 생기는데 Slot으로 흐르는 공기가 Tap에 의하여 한번 정체된 후 흐르기 때문에 압력이 보다 높아서 생기는 현상으로 보인다. Tap에 의하여 Flap 윗부분 유동이 난류로 천이되기 때문에 부드럽게 흐르는 것을 확인할 수 있으며 이는 콜프공 주위의 흐름과 유사한 차이점을 보인다. Flap 뒷부분의 유동이 발산하지 않고 Flap을 따라 흐르는 현상을 발견하였다.

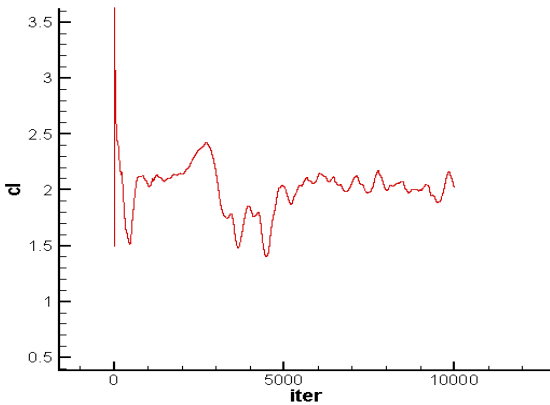


Fig. 7. Tab Flap Airfoil 양력계수 그래프

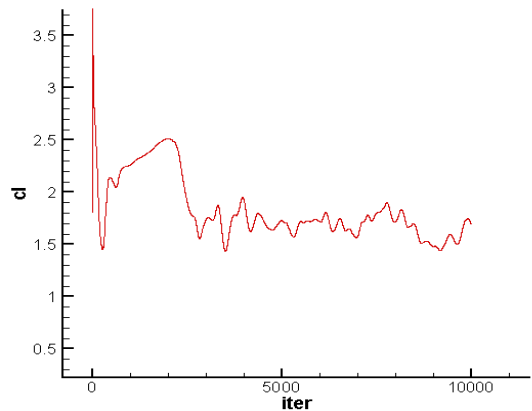


Fig. 8. 일반적인 Flap Airfoil 양력계수 그래프

Tab이 있을 때 양력그래프가 어느 정도 상승한 것을 확인하였다. 양력 계수의 평균값은 다음과 같다.

Table 2. 형상에 대한 양력 계수의 비교.

	Without tap	With tap	증가율
C_L	1.83168	2.63424	43.815%증가

양력 계수 증가율이 약 44%나 되지만 항력계수 또한 증가하였기 때문에 이득은 44%보다는 더 작다.

Tab의 형상 때문에 항력이 불가피하게 증가하는 것을 확인하였다. 그러나 Flap은 이륙 시나 착륙 시에 내리게 되어있으므로 항력계수의 증가보다 양력계수의 증가에 대한 이득이 더 크다고 판단하여서 보다 좋은 효율을 낼 것으로 기대한다.

3. 결론

다중익형의 사용이 필수적인 최신 항공기에 있어서 양력 효율을 높이는 것은 중요한 문제이다. Airfoil 과 Flap사이의 Tap으로 인한 공력 특성의 변화는 예상했듯이 증가하였다. 두 가지 에어포일 모델의 압력분포를 비교하여보면 Tap이 있는 모델에서 후류가 비교적 유선형으로 나타났다. 이는 Tap의 존재로 Airfoil 의 끝단에서의 유동이 난류가 됨을 예상할 수 있고, 후류가 유선형으로 흐르며 항력계수의 감소와 에너지 손실의 감소효과를 예상할 수 있었다.

에디슨 프로그램이 Web기반 프로그램이라서 해석이 느리고 Mesh형상이 복잡해지면 해석이 불가능해지며, 유동 해석에 많은 어려움을 겪었다. 특히, 정렬격자로 Tap형상이 있는 모델을 짜려니 고려할 것도 많고, 특히 Airfoil 근접 층의 유동을 정확히 나타내기에 어려움이 많았다. 그리고 같은 형상이라도 해석이 되는 경우가 있고 아닌 경우가 있어서 해석에 많은 혼란이 있었다. 이러한 점들은 많은 시행착오를 거쳐서 개선되어야 할 사항이다.

후 기

본 연구는 한국연구재단의 주최로 연구되었으며, 프로그램 수행에 도움을 주신 한양대학교 응용전산 설계 및 유체공학 연구실 이도형 교수님과 조교 분들께 감사드립니다.

참고문헌

- (1) 박인철, 장석, 이득영, 김병수, 2010, “다중-익형 주위 유동장 및 양력-항상 탭의 영향.”, 한국 전산 유체 공학회 추계학술대회 논문집. pp.1~6.
- (2) 유능수, 정성웅, 2001, “익형에 대한 Gurney flap의 영향(Effect of Gurney Flap on Airfoil), 대한기계학회 춘추 학술대회 논문집. pp.568~572.
- (3) 윤천석, 이재규, 1994, “고양력 장치의 유동해석”, 한국항공우주학회 학술발표회 논문집 pp.203~208.
- (4) KLAUS RONGE, 2008, "Flight Technique", pp.33-35.