

NACA0012 Airfoil의 받음각과 유동형태에 따른 공력특성 분석

Aerodynamic analysis of flow type and angle of attack around a NACA0012 airfoil

윤정노^{1*}, 양승덕¹, 조태현¹, 이도형¹
한양대학교¹

초 록

항공기에 작용하는 공기역학적 힘인 양력과 항력은 항공기 날개 설계에서 성능을 좌우하는 성능지수로 주로 이용된다. 본 연구에서는 NACA0012 airfoil 모델의 공력특성을 EDISON 열유체 시뮬레이션 프로그램(이하 EDISON)을 이용해 분석하고 검증해 보았다. 아음속 유동의 특정 조건에서 받음각과 유동형태에 따른 공력특성 분석을 수행하여 받음각에 따라 변하는 양력계수, 항력계수, 양항비, 실속각과 천음속 유동 조건에 맞추어진 마하수 0.5~1.22 영역에서 변하는 항력계수를 기존 데이터와 비교 검증했다.

Key Words : NACA0012, 받음각(Angle of Attack), 유동형태(Flow type), 양력계수(Lift coefficient), 항력계수(Drag coefficient), 양항비(L/D ratio), 실속각(Stalling angle)

1. 서 론

날개에 작용하는 양력은 공기흐름의 속도방향에 수직한 방향으로 작용하는 힘을 뜻하며, 항력은 날개의 운동을 방해하는 방향으로 작용하는 힘으로써 속도방향과 같은 방향으로 작용한다. 일반적으로 실제 항력과 양력의 측정은 날개 길이 방향으로 흐름이 생기지 않도록 날개 양쪽 끝을 막아놓은 상태로 진행한다. 이와 같은 실험에 의해 측정된 양력과 항력을 무차원화된 계수로 바꾸어 각각 양력계수 (Lift coefficient), 항력계수(Drag coefficient) 라 하고 기호로 C_L , C_D 로 표기한다.

본 연구에서는 다양한 Case의 받음각에 대한 항력계수와 양력계수의 값을 계산한 후, 양항비와 Stall 값을 알아보려고 한다. 또한, 비점성층류와 점성층류, 점성난류 일 때 생성되는 유동박리 현상을 고려하여 NACA0012 익형의 유동특성을 해석하였다.

2. 본 론

2.1 아음속 비행기의 양력, 항력, 양항비

(1) 비행기의 양력과 항력

유한날개에 적용되는 $C_D = c_d + \frac{C_L^2}{\pi e AR}$ 에서 C_D 는 유한 날개에 대한 전체 항력 계수(total drag coefficient), c_d 는 표면마찰(skin friction)과 유동 박리에 의한 압력 항력(pressure drag)에 의해 생기는 형상

항력 계수(profile drag coefficient), 그리고 $C_L^2/\pi eAR$ 은 스펠 효율 계수 e 가 첨가된 유도 항력 계수(induced drag coefficient)다. $C_D = C_{D,e} + \frac{C_L^2}{\pi eAR}$ C_D 는 비행기 전체의 항력 계수고 $C_{D,e}$ 는 유해 항력 계수(parasite drag coefficient)라고 정의 되는데, 이는 날개의 형상 항력뿐만 아니라 꼬리 날개 표면, 동체, 엔진 나셀, 착륙 장치, 그리고 공기 흐름에 노출되어 있는 비행기의 다른 부품에 의한 마찰 및 압력 항력을 포함하고 있다. $\ast C_{D,o} = \frac{C_L^2}{\pi eAR} \rightarrow \ast C_L = \sqrt{\pi eAR C_{D,o}}$

(2) 양항비

양항비 (C_L/C_D)를 α 에 대한 함수로 주어진 항공기와 관련된 공기역학적 상태량이다.

$\ast C_{D,o} = \frac{C_L^2}{\pi eAR}$ 는 비행기가 양항비가 최대인 받음각으로 비행하고 있을 때는, 영양력 항력과 양력에 의해 발생하는 항력이 정확하게 같아진다는 사실을 말하고 있다.

$\ast C_L = \sqrt{\pi eAR C_{D,o}}$ 는 비행기가 $(L/D)_{\max}$ 에서 비행할 때의 C_L 값을 준다.

위 식에 대입하면 최대 양항비에 대한 다음식을 얻는다.

$$\left(\frac{C_L}{C_D}\right)_{\max} = \frac{(\pi eAR C_{D,o})^{1/2}}{C_{D,o} + \frac{\pi eAR C_{D,o}}{\pi eAR}} = \frac{(\pi eAR C_{D,o})^{1/2}}{2C_{D,o}}$$

2.2 천음속 비행기의 마하수와 항력의 관계

점차 자유흐름 마하수 M_∞ 를 조금씩 증가시키면 항력계수 c_d 가 갑자기 증가하는 점이 있게 된다. 항력이 갑자기 증가하기 시작하는 M_∞ 를 항력발산 마하수라고 정의한다.

유동해석 조건으로는 아음속 항공기(Boeing 747,777 etc.)는 자유흐름 마하수 0.85 정도에서 순항하는 것을 고려해 이를 바탕으로 해석 조건을 $Mach = 0.7, Re = 6 \times 10^6, AOA = 0^\circ \leq \theta \leq 17^\circ$ 로 선정하여 해석을 수행하였고 군용 전투기의 경우 마하 1에 가까운 높은 아음속 또는 천음속 비행 영역에서 시간을 보내는 것을 바탕으로 실험조건을 $Mach = 0.5 \sim 1.22, Re = 6 \times 10^6, AOA = 0^\circ$ 로 선정하여 해석하여 이론값과 비교하였다.

3. 결론

3.1. 비행기 양·항력계수, 양항비 데이터비교

Fig. 1.의 이론적 양력, 항력, 양항비 그래프와 EDISON 시뮬레이션 프로그램을 통해 얻은 결과 그래프를 비교 분석해 보았다.

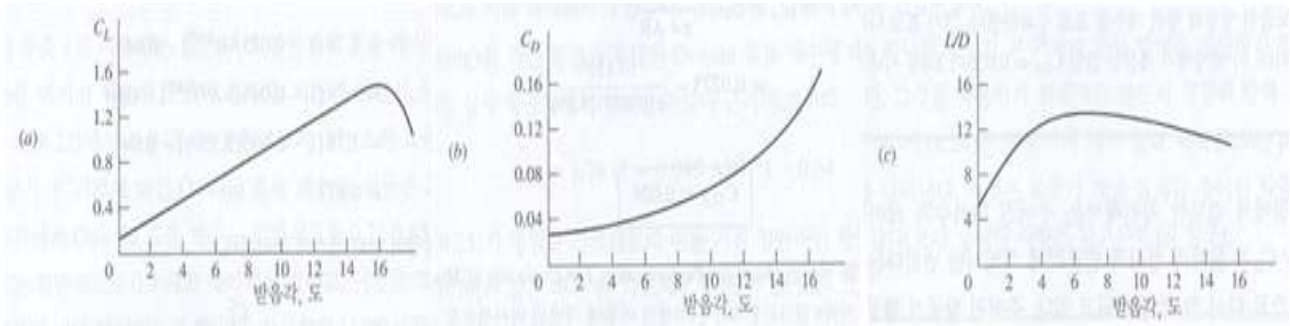


Fig. 1. 비점성 층류에서의 이론적 양력, 항력, 양항비

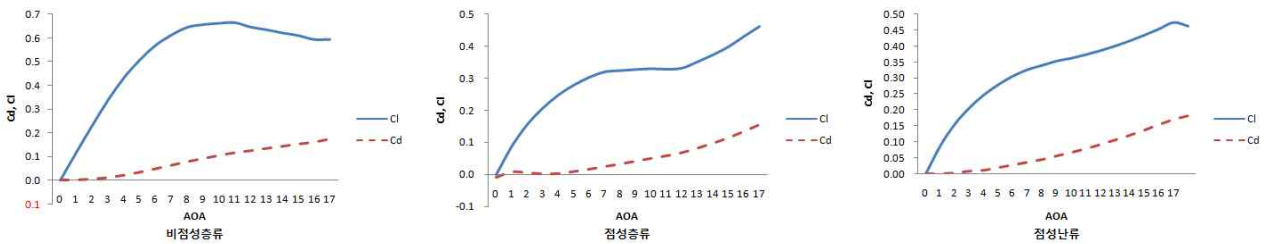


Fig. 2. 유동형태에 따른 양·항력계수

Fig. 2에서 비점성 층류 유동 그래프에서와 같이 양력계수는 10° 에서의 최대 Stall 지점을 갖는 것을 볼 수 있었다. 그와 반대로 항력계수는 AOA가 증가함에 따라 증가함을 볼 수 있었다. 비점성 층류에서는 10° 부분의 Stall 지점이 있는 반면 10° 부근에서 일정값이 나타남에 점성층류에서는 최대 Stall 지점을 알 수 없었으며, AOA 증가에 따라 양·항력계수 모두 증가함을 알 수 있었다. 점성난류일 때 양·항력계수 변화는 17° 에서 Stall 지점이 보이며, 그 이후의 양력계수 값은 계산이 되지 않아 더 높은 AOA의 다른 양·항력계수 값들을 알 수 없었다.

Fig. 3와 같이 Flow type 에 따른 양항비 결과를 보면 낮은 받음각에 한정되며 type에 따라 큰 차이는 없는 것으로 보인다. 대략 $2^\circ \sim 4^\circ$ 에서 최대 양항비를 갖는 것으로 볼 수 있었다. NACA 0012 airfoil 은 낮은 받음각에 한정되어 있다고 할 수 있고, 위에 결과 데이터에 대한 신뢰성은 낮은 편으로 볼 수 있었다.

3.2. 비행기의 마하수, 항력계수 데이터비교

Fig. 4의 마하수 변화의 따른 항력계수 그래프와 EDISON을 통해 얻은 결과 그래프를 비교분석해 보았다.

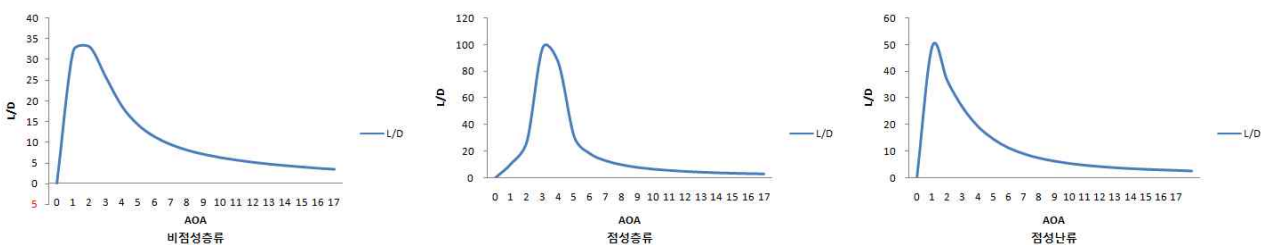


Fig. 3. 유동형태에 따른 양항비

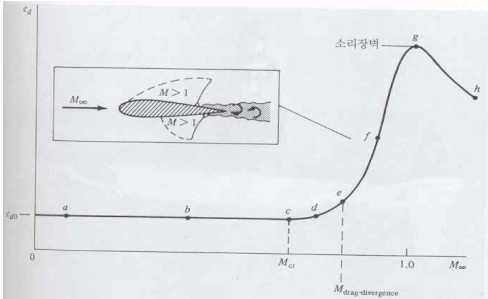


Fig. 4. 마하수 변화의 따른 항력계수

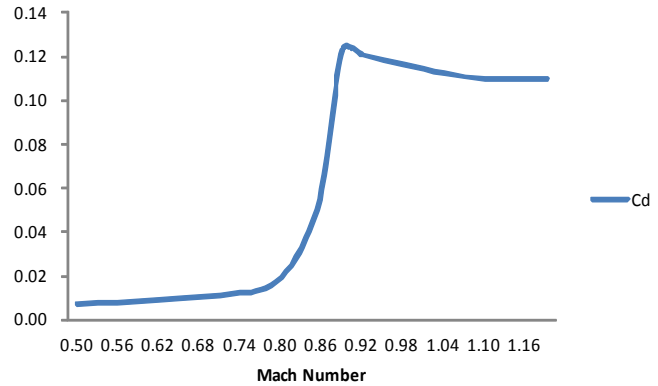


Fig. 5. 마하수에 따른 항력계수의 변화

마하수 0.5 ~ 0.8 영역에서 항력계수는 일정한 값을 가지며, 마하수 0.8 ~ 1.2 천음속 영역에서의 항력 계수는 급격히 증가하여 마하수 1 부근에서 최대 값을 갖고 서서히 감소함을 볼 수 있었다.

후 기

짧은 기간 동안 아이디어 선정을 통한 선택범위가 넓지 못한 점에 있어 조금 아쉬움이 남았다. 또한, 전산유체, 유체역학, 공기역학에 대한 지식부족으로 인해 단시간 내 많은 공부를 하지 못해 계산 값의 빈번한 오류가 있어 시간적 여유를 갖지 못한 채 연구해야만 했던 부분이 아쉬움으로 남는다. 이에 있어 여러 참가팀들 또한 비슷한 형식에 연구를 할 것으로 예상되오나, 주제를 받음각의 따른 양력 변화, 마하수의 따른 항력변화, 전공서적에서 볼 수 있는 것으로 전산유체역학을 통해 실제 airfoil 주변의 유동 형태 및 데이터수치를 알아보았다. 추출한 데이터를 통해 정확한 비교분석을 하지 못한 점과 이로 인해 낮은 신뢰성이 가장 아쉬움이 크게 남는다.

이번 EDISON을 통하여 NACA0012 airfoil 형상에 대한 주변 공력 특성을 알아보면서 이를 통해 유체역학에 대한 기본지식과 공기역학의 기초지식을 넓힐 수 있었던 계기가 되어 좋은 경험이 되었으며, 나아가 한걸음 더 나은 엔지니어가 되기 위한 밑거름이 되었으리라 본다.

참고문헌

- (1) John Anderson, 2011, "Fundamentals of aerodynamics," McGraw-Hill, pp. 64~93, 198~205, 339~343, 407~420, 527~538, 752~793, 1085~1086
- (2) Merle C. Potter, David C. Wiggert, 2011, "Mechanics of fluids," 한티미디어, pp. 362~375, 384~388