

저레널즈수날개프로필의 항공력학적특성에 미치는 날개와 라사이 틸형태의 영향

박명진, 김선희

위대한 령도자 김정일동지께서는 다음과 같이 교시하시였다.

《모든 과학자, 기술자들이 과학기술발전의 추세에 맞게 첨단과학과 기초과학발전에 힘을 넣어 나라의 과학기술을 세계적수준에 올려세우도록 하여야 합니다.》(《김정일선집》 증보판 제20권 62페이지)

최근에 여러가지 목적으로 적극 개발리용되고있는 소형비행체들은 경량화되고 유연한 날개들을 리용하며 날개현의 크기와 비행속도가 작은것으로 하여 적은 레널즈수대역에서 비행한다. 그러므로 날개에 설치된 타들의 틸이 날개현길이에 비하여 상대적으로 크고 날개의 특성에 미치는 틸의 영향이 보통 비행체의 큰 날개들에 미치는 영향과 일정하게 차이나다. 선행연구[3]에서는 10^6 이하의 저레널즈수에서 항공력학적특성이 좋은 날개단면들에 대한 실험적인 연구들이 진행되었으며 선행연구[4]에서는 틸을 가진 날개프로필의 항공력학적특성에 대한 수치계산연구들이 진행되었다.

론문에서는 한가지 저레널즈수날개프로필 SG6043형에 타를 설치하는 경우 항공력학적특성에 미치는 틸형태의 영향을 평가하고 틸이 없는 본래의 날개프로필특성과 비교분석하였다.

1. 틸을 가진 날개프로필의 모형화

일반적으로 비행기날개에는 하익이나 보조타들이 설치되는데 이것들은 정상동작을 위하여 날개와 일정한 틸을 가지게 된다. 이 틸은 소형비행체들에서 날개현의 길이에 비하여 상대적으로 크며 특히 초경량구조를 가진 비행체에서는 타사용에 의한 구조변형까지 고려하여 틸크기를 설정하기때문에 항공력학적특성에 일정한 영향을 미치게 된다.

론문에서는 소형비행체날개의 항공력학적특성에 미치는 날개틸의 영향을 평가하기 위하여 다음과 같은 세가지 형태의 틸[2]을 취급한다.(그림 1)

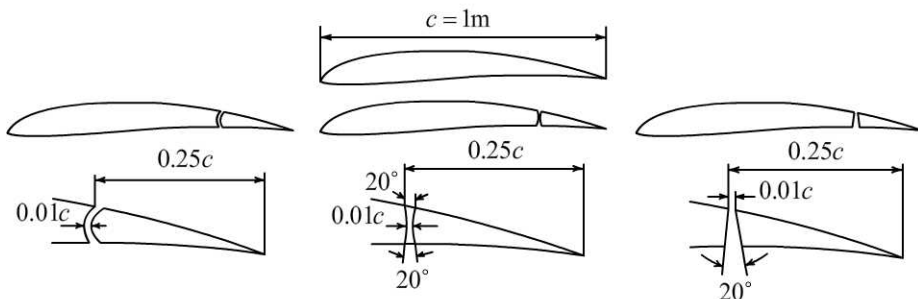


그림 1. 여러가지 틸형태들

그림에서는 SG6043형날개프로필의 현선길이를 c 로 표시할 때 뒤모서리로부터 $0.25c$

위치에 간격이 $0.01c$ 인 틈을 가지는 세가지 틈형태들을 보여준다. 여기서 SG6043형날개 프로파일은 두터이비가 10.02%이고 만곡도가 5.5%인 저레널즈수날개프로파일이다.

그림 1에서 첫번째 틈의 형태가 C형으로서 타의 동작과정에 구조변형이 작은 날개 들에서 많이 리용되며 두번째 형태는 X형으로서 타변형이 발생하여도 동작에 지장이 없고 유연날개구조에서 많이 리용되고있다. 또한 세번째 형태는 Λ 형으로서 X형틈과 마찬가지로 유연날개구조에서 리용되며 타의 윗방향사용에 제한이 없다는 우점을 가지고있다. 계산에 리용한 모형들에서 타사용각은 $\pm 20^\circ$ 이다.

2. SG6043형날개프로필의 항공력학적특성계산

먼저 틈이 없는 SG6043형날개프로필의 항공력학적특성계산을 진행하였다. 계산그물은 C형그물을 리용하였으며 날개프로필테두리를 180개로 분할하고 계산구역은 앞뒤방향으로 현길이의 30배정도로 설정하였다.

수치계산을 위하여 응용프로그램 ANSYS Fluent 2019R3과 난류모형 SST $k-\omega$ 2방정식모형을 리용하였다.[1] 계산정확도를 위하여 경계층그물의 첫 그물높이를 $y_{\max}^+ < 2$ 가 되도록 설정하고 날개벽근방에서 법선방향의 그물확장비를 1.12로 정하였다.

속도입구조건은 레널즈수 $Re=1 \times 10^5$ 가 만족되도록 1.789m/s의 공기흐름을 각이한 마중각으로 들어오게 설정하였으며 주어진 날개프로필의 풍동실험자료가 없으므로 수치계산결과를 동일한 레널즈수에서 계산된 XFLR의 결과와 비교하였다.

XFLR계산은 날개프로필의 우아래면에서 층류경계층의 이행점위치를 $0.5c$ 로 설정하고 마중각 $-3 \sim 14^\circ$ 사이에서 진행하였다.

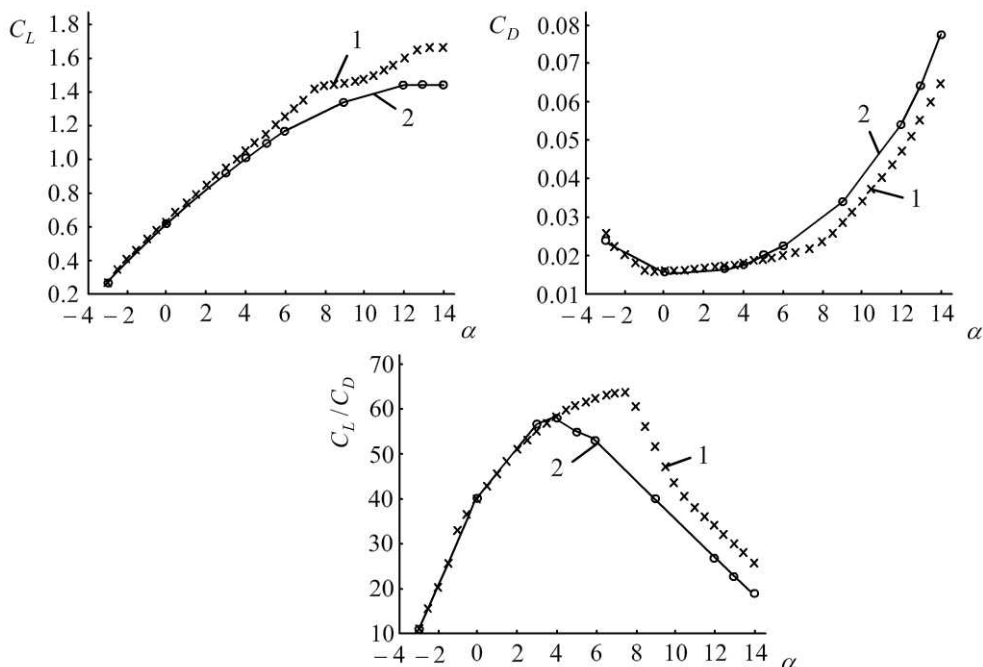


그림 2. 마중각에 따르는 SG6043형날개프로필의 항공력학적특성
1-XFLR, 2-CFD

그림 2는 마중각에 따르는 SG6043형 날개프로필의 항공력학적특성에 대한 XFLR와 CFD계산결과들을 보여준다. 계산결과를 보면 마중각 $-3 \sim 3^\circ$ 사이에서 두 계산결과가 비교적 잘 일치하며 마중각 0° 에서 양항비는 40으로서 두 결과가 일치한다는것을 알수 있다. 그러나 마중각 4° 이상에서는 XFLR의 계산결과가 CFD계산결과보다 양력계수는 크게, 저항력계수는 작게 얻어진다는것을 알수 있다. 이 차이는 XFLR의 계산에서 경계층이행점의 위치를 마중각에 관계없이 현길이의 50% 위치로 고정하였기때문이다. 실제로 마중각이 클수록 날개웃면의 이행점이 점차 앞으로 이동하면서 란류경계층부분이 증가하고 저항력이 더 커진다. 그러므로 마중각 4° 이상의 계산결과에서는 CFD결과가 더 정확하다고 말할수 있다.

3. 틈을 가진 날개프로필의 항공력학적특성계산

틈을 가지는 날개프로필의 항공력학적특성에 대한 계산도 틈이 없는 날개프로필에서의 그물작성방법과 계산절차를 그대로 리용하여 진행하였다.

그림 3에서는 세가지 틈을 가진 날개프로필에 대한 계산그물과 틈사이의 그물작성결과를 보여준다.

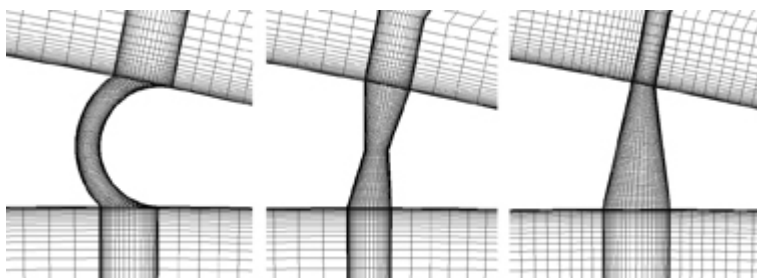


그림 3. 세가지 틈을 가진 날개프로필에 대한 계산그물과 틈사이의 그물작성

그림 4에서는 마중각에 따르는 틈이 없는 날개프로필과 세가지 형태의 틈을 가진 날개프로필의 항공력학적특성에 대한 계산결과를 그래프로 보여주었다. 틈의 형태가 C형인 경우에 항공력학적특성이 틈이 없는 날개프로필의 특성값과 거의 일치하며 틈의 형태가 A형인 경우에는 그 특성이 크게 차이난다는것을 알수 있다.

계산을 통하여 레널즈수 $Re=1 \times 10^5$ 인 저레널즈수흐름에서 날개프로필에 타설치를 위하여 $0.01c$ 의 틈간격을 조성하여도 날개아래면의 공기가 틈을 통하여 날개웃쪽으로 올라오면서 날개웃부분의 경계층흐름구조를 크게 변경시켜 양력감소와 저항력증가를 발생시키고 전체적인 항공력학적특성에 영향을 미치며 특히 틈간격이 동일하여도 틈의 형태에 따라 그 영향이 크게 차이난다는것을 보여준다. 마중각 0° 에서 보면 본래 날개프로필의 양항비는 40이지만 C형틈을 가진 날개프로필에서는 양항비가 20.02로서 본래의 50.05%, X형틈을 가진 날개프로필에서는 11.34로서 28.35%, A형틈을 가진 날개프로필에서는 8.07로서 20.18%로 감소하였다.

소형비행체들에서는 날개현의 크기에 비하여 틈이 상대적으로 크기때문에 틈에 의한 항공력학적특성저하가 더 심하게 나타난다.

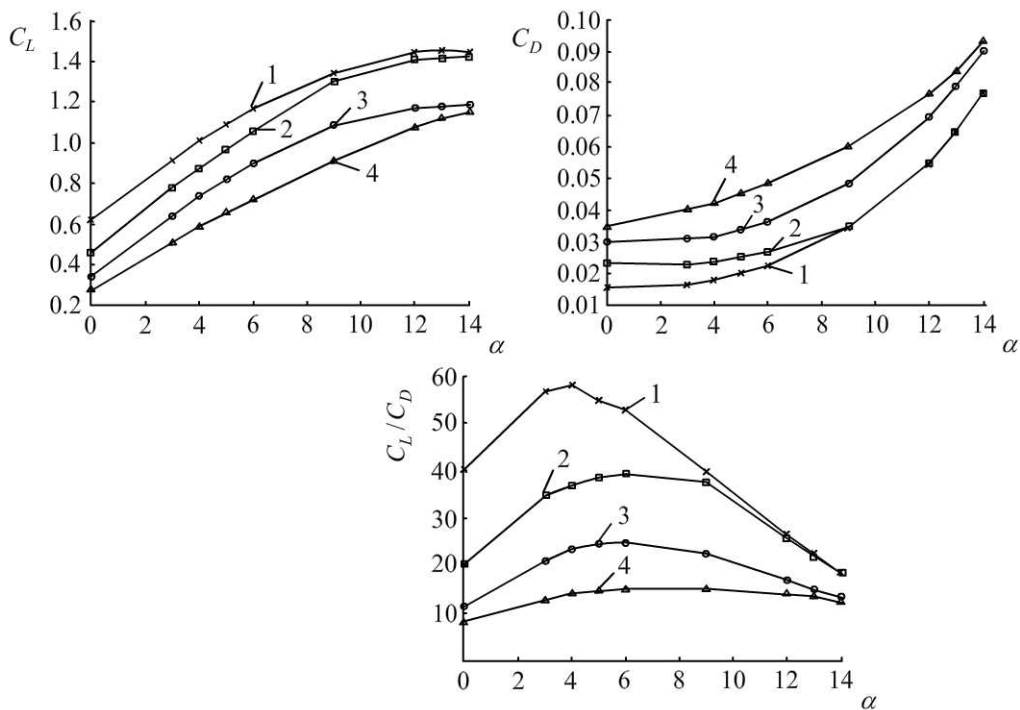


그림 4. 틈이 없는 날개프로필과 세가지 형태의 틈을 가진 날개프로필의 항공력학적특성에 대한 계산결과
1-SG6043형, 2-C형틈, 3-X형틈, 4-Λ형틈

맺는 말

레널즈수가 $Re=1 \times 10^5$ 일 때 세가지 형태의 틈을 가진 SG6043형날개프로필들에 대한 계산을 통하여 틈의 형태에 따라 항공력학적특성량들이 크게 변화된다는것을 알수 있다.

일반적으로 날개에서 C형틈이 많이 리용되지만 구조변형이 심한 유연날개에서는 X형틈을 리용하는것이 합리적이라는 결론을 얻었다.

참고문헌

- [1] F. M. White; Fluid Mechanics, McGraw-Hill, 457~508, 2009.
- [2] M. R. Napolitano; Aircraft Dynamics: From Modeling to Simulation, John Wiley & Sons, Inc, 78~100, 2012.
- [3] M. S. Selig et al.; Summary of Low-Speed Airfoil Data, SoarTech Publications, 278~287, 2011.
- [4] Cvetelina Velkova et al.; Journal of Mechanics Engineering and Automation, 5, 278~285, 2015.

주체110(2021)년 3월 5일 원고접수

The Influence of Gap Type between the Wing and Aileron on the Aerodynamic Characteristics of Low-Reynolds Airfoil

Pak Myong Jin, Kim Son Hui

In this paper, the influence of the gap type on the aerodynamic characteristics of a low-Reynolds airfoil SG6043 is evaluated and these characteristics are compared with those of original non-gap airfoil.

Keywords: aerodynamics, gap, airfoil