

자동차 Spoiler의 유무에 따른 공력 특성 비교 분석

The study about aerodynamics according to the spoiler of the car

김왕현^{1*}, 김인현¹, 류기명¹, 김병수¹
충남대학교 항공우주공학과¹

초 록

본 연구에서는 교육 및 연구를 위한 CFD 해석 프로그램인 EDISON_CFD를 이용하여 자동차 Spoiler의 장착 유무에 따른 공력 특성을 분석해보았다. Spoiler가 장착되지 않은 자동차의 공력 특성을 확인하고, Spoiler의 길이에 따라 공력 특성이 어떻게 차이가 나는지 비교하였다. HONDA S2000 차량의 압력 계수를 구하였고, 자동차 길이의 3.5%, 7%, 14%에 해당하는 길이의 Spoiler를 장착하여 어떠한 변화가 발생하는지 확인하였다. 그 결과 Spoiler의 길이가 길수록 짧을 때보다 상대적으로 좋은 효율을 보이는 것을 확인할 수 있었다.

Key Words : 스포일러(Spoiler), 공력 특성(Aerodynamics), 전산유체역학(CFD), 첨단 사이언스 교육 허브(EDISON_CFD), 압력 계수(Coefficient Pressure)

1. 서 론

자동차를 보면 트렁크 위쪽에 누운 Airfoil 형상의 Spoiler가 장착되어 있는 것을 볼 수 있다. 정확한 명칭은 뒤쪽에 있는 Spoiler라고 하여 Rear Spoiler라고 하는데, 이론적으로는 이 Spoiler를 장착하게 되면 차량의 경계층 박리 점이 옮겨져 유체의 흐름이 원활해져 항력이 저감되고, Spoiler 자체에서 위아래의 공기흐름을 유발하여 고속 주행 중에 뒷부분이 상승하는 것을 반대로 눌러주는 Down Force를 생성하는 효과를 얻을 수 있다. 항공우주공학에서는 Airfoil이 많이 쓰이는데 자동차에서는 이 Airfoil 형태의 Spoiler가 어떠한 작용을 하는지 연구해보고 싶었다. 실제 자동차가 Spoiler의 장착 유무에 따라 유동 현상이 어떻게 발생하는지 확인해보기 위해 EDISON_CFD 해석 프로그램을 이용하여 유동 해석을 진행하였고, 나아가 최적의 효율을 가지는 Spoiler를 알아보기 위해 길이를 서로 다르게 하여 해석을 진행하여 비교 분석해 보기로 하였다.

2. 본 론

2.1 차량 선정 및 해석 기법

본 연구에서 해석에 사용될 차량은 HONDA S2000 모델이다. 이 모델의 최고 속도인 시속 180 km ($Re = 3.6 \times 10^6$)의 속도에서 유동을 해석하였는데, 그 이유는 Spoiler는 고속에서 더 좋은 효과를 내기 때문이고 Chien-Hsiung Tsai 등⁽¹⁾의 논문과 비교하기 위함이다. Spoiler의 익형은 수월한 Geometry 생성을 위해 NACA0006을 선정하였고, 해석자로는 EDISON에서 제공되는 2D_Incomp-2.0_P를 이용하여 정상 상태에서의 비압축성 난류 유동 해석을 하였다. 해석자는 지배방정식으로 Reynolds-Averaged Navier-Stokes (RANS)를 사용하고, 난류 모델은 Menter's k-w Shear Stress Transport이다. 충분한 수렴과 최대한 정확한 데이터 확보를 위하여 CFL 1, error tolerance 10^{-6} , total iteration 200000으로 해석을 수행하였다.

2.2 격자 형성 및 경계 조건

격자는 EDISON에서 제공되는 e-MEGA 격자 생성 프로그램을 이용하여 정렬 격자 계 방식으로 생성하였다. 먼저 자동차의 code 길이를 1로 하여 Spoiler가 없을 때의 자동차 격자를 형성하였고, 자동차 트렁크 위쪽에 각각 자동차 code 길이의 3.5%(0.035c), 7%(0.07c), 14%(0.14c)에 해당하는 Spoiler를 그려 넣어 총 네 가지의 격자를 생성하였다. y+ 를 고려하여 첫 간격을 정하였고, 격자의 총 개수는 2.8×10^5 개 이다. 자동차 앞쪽과 위쪽은 code길이의 5배, 뒤쪽으로는 8배의 길이로 하여 격자를 구성하였다. 경계 조건은 점성 효과를 고려하여 자동차와 Spoiler 및 격자의 아래쪽인 지면은 Viscous adiabatic wall로 설정하였고, 격자의 위쪽은 Far-field BC, 격자의 왼쪽과 오른쪽은 각각 Subsonic inlet과 Subsonic outlet으로 설정하였다.

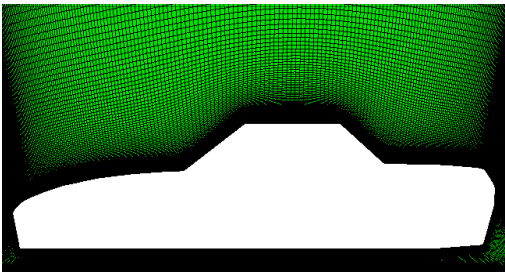


Fig. 1. Spoiler가 장착되지 않은 자동차

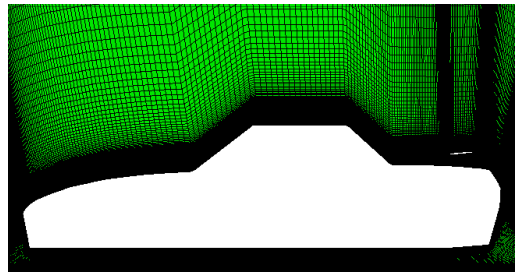


Fig. 2. 0.07c Spoiler가 장착된 자동차

2.3 해석 결과

먼저 Spoiler가 장착되지 않은 자동차를 해석하였다. 해석된 데이터를 이용하여 압력 계수 그래프를 그려보았다. 그림 3을 보면 알 수 있듯이 차체 앞쪽에서 위와 아래로 공기가 나뉘어 흐르고 앞 유리창 부근에서 압력이 급격하게 떨어지는 것을 볼 수 있다. 이는 Chien-Hsiung Tsai 등⁽¹⁾의 연구 결과와 거의 일치한다.

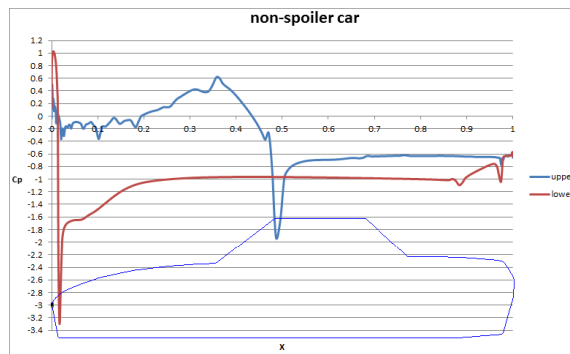


Fig. 3. Spoiler가 장착되지 않은 자동차의 압력 계수

다음으로 그림 2와 같이 길이에 따라 각각 0.035c, 0.07c 0.14c의 Spoiler를 장착하여 해석을 하였다. Spoiler가 있을 때 자동차 뒷면의 압력 계수는 약간의 변화가 있었으나 Spoiler 표면의 압력 계수가 예상과는 많이 다르게 나왔고, Chien-Hsiung Tsai 등⁽¹⁾의 연구 결과와도 많이 다른 양상을 띠었다. 원인을 파악하기 위해 해석된 데이터를 EDISON에서 제공되는 e-DAVA 유동 가시화 프로그램을 이용하여 Spoiler가 장착되지 않았을 때와 장착되었을 때 어떤 유동 변화가 있는지 살펴보았다. 표 1을 보면 자동차의

제 2회 첨단 사이언스·교육 허브 개발(EDISON) 경진대회

천장 부근에서 박리가 일어나 뒤쪽에서 역 흐름이 발생하여 Spoiler의 뒤쪽에서 앞쪽으로 유동이 흐르는 것을 볼 수 있다. Spoiler 표면의 압력 계수가 정상적으로 나오지 않은 이유이다. 따라서 Spoiler가 장착된 자동차의 압력 계수를 비교하는 것 대신 Spoiler 길이의 변화에 따라 유동장이 어떻게 변화하는지에 초점을 두었다. 표 1의 각 그림을 비교해 보았을 때, Spoiler의 길이가 길어질수록 박리점이 뒤쪽으로 밀리는 것을 확인할 수 있었다. 더욱 자세한 유동의 변화를 살펴보기 위하여 Streamline 및 u 와 vorticity의 Contour를 그려 각각의 차이를 비교해 보았다. 표 1과 표 2를 보면 알 수 있듯이, Spoiler가 장착된 자동차끼리는 별 차이를 나타내지 않았지만, Spoiler가 장착되지 않은 자동차와 장착된 자동차 사이에는 많은 차이를 나타내는 것을 확인할 수 있다.

Table 1. Spoiler 길이에 따른 벡터장과 유동 흐름

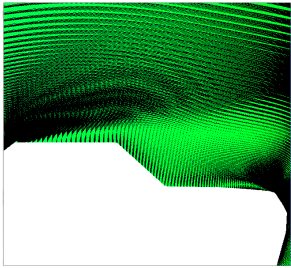
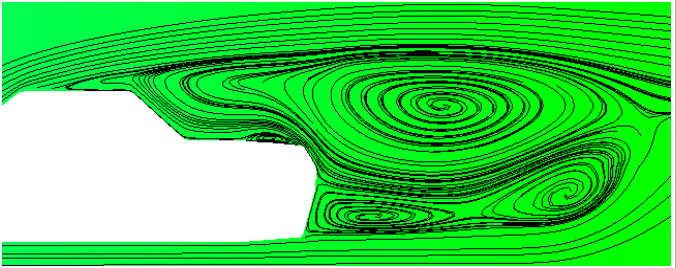
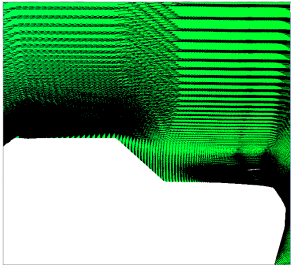
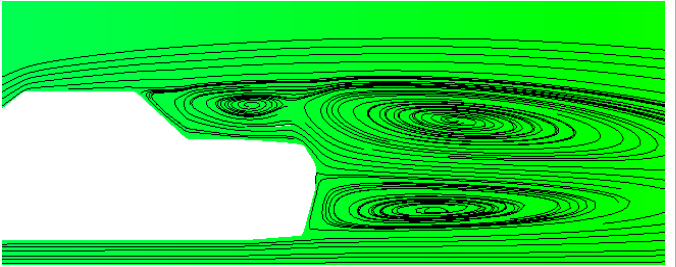
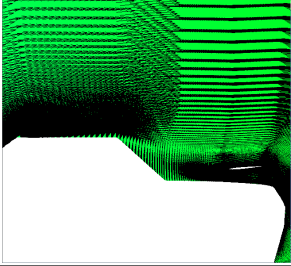
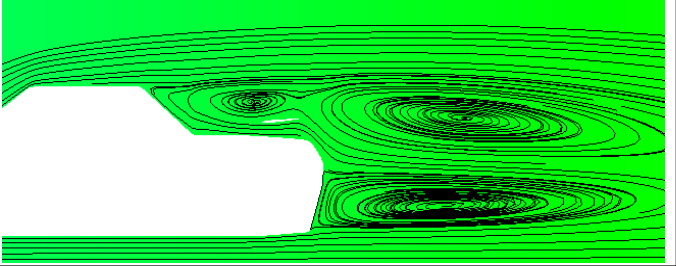
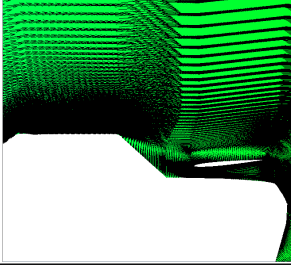
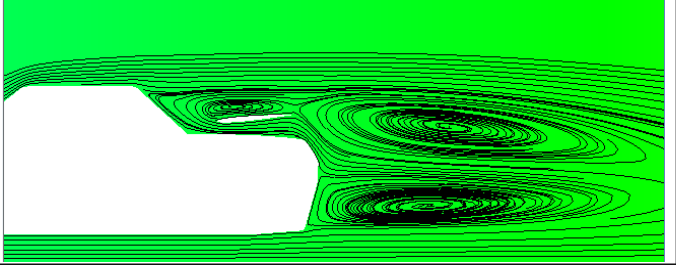
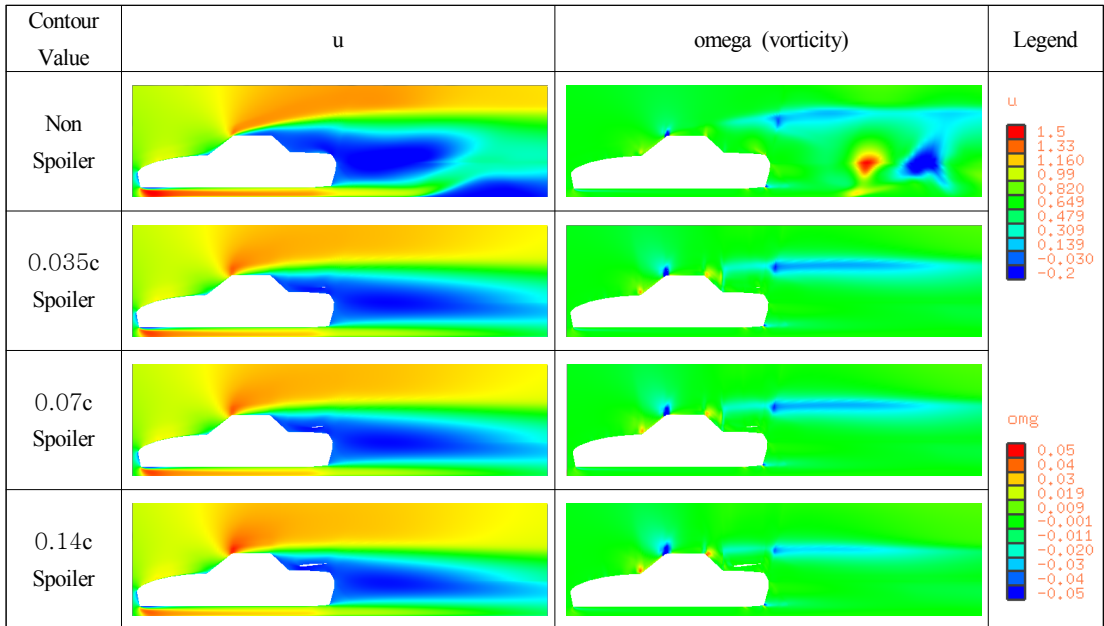
Case	Vector Field	Streamline
Non Spoiler		
0.035c Spoiler		
0.07c Spoiler		
0.14c Spoiler		

Table 2. Spoiler 길이에 따른 Contour



3. 결 론

본 연구에서는 EDISON_CFD를 활용하여 자동차의 공력 특성 및 유동 현상을 비교 분석 하였다. 해석 결과를 검증하기 위해 다른 논문의 연구 결과와도 비교해보았다. 비록 Spoiler가 장착된 자동차의 제대로 된 압력 계수를 알 수 없었지만, Spoiler를 장착함으로써 변하는 유동 현상과 장점을 확인할 수 있었다. 해석 결과를 통하여 Spoiler를 장착하게 되면 후류에서의 와류 생성이 억제되는 것을 알 수 있었고, Spoiler의 길이가 길어질수록 박리점이 더욱 뒤로 밀리는 것을 확인할 수 있었다. 장착 위치에 따라서 유동 현상이 조금 변할 수 있고 Spoiler가 무한정 길어질 수는 없겠지만, 적절히 Spoiler를 장착하면 자동차의 공력 특성에 조금이나마 좋은 영향을 미칠 것으로 생각된다.

후 기

이 기회에 평소에 궁금했던 유동 현상을 알아볼 수 있었고, e-MEGA 및 e-DAVA, 그리고 EDISON 해석자의 우수성 또한 알게 되는 좋은 기회였습니다.

참고문헌

- (1) Chien-Hsiung Tsai, 2008, "Computational aero-acoustic analysis of a passenger car with a rear spoiler"
- (2) 김진석 외 4명, 2006, "자동차 후류에서 에어스포일러의 영향에 대한 PIV 측정", 대한기계학회논문집 B권, 제 30권 제 2 호, pp. 136~143.
- (3) Robert W. FOX, "Introduction to FLUID MECHANICS 7th Edition"
- (4) Jhon D. Anderson, Jr., "Fundamentals of AERODYNAMICS"