

EDISON_CFD를 이용한 에어댐 장착에 따른 공력 특성 분석

이종윤^{1*}, 양승원¹, 정희조¹
 충남대학교 항공우주공학과¹

초 록

고속에서의 자동차의 주행성능을 높이는 장치 중 하나인 에어댐이라는 장치가 있다. 본 연구에서는 장치의 실제적인 효과를 유동가시화를 통하여 확인하고자 연구를 진행하였다. 따라서 자동차 에어댐의 장착에 따른 공력 특성을 분석해보았다. 에어댐의 유무에 따른 자동차의 공력 특성을 확인하고, 에어댐의 길이에 따라 공력 특성이 어떻게 차이가 나는지 총 세 가지로 분류하여 비교하였다. 에어댐의 법적허용높이와 전면 범퍼 높이의 중간 값, 법적허용높이, 법적허용높이의 1/2 배에 해당하는 길이의 에어댐을 장착하여 어떠한 효과가 발생하는지 확인하였다.

Key Words : 에어댐(Airdam), 공력특성(Aerodynamics), 전산유체역학(CFD), 다운포스(Downforce), 첨단 사 이언스 교육 허브(EDISON_CFD)

1. 서 론

1.1 연구배경

레이싱 자동차의 경우 속도와 더불어 중요시되는 것이 주행성능이다. 주행성능을 높이기 위해서는 자동차의 접지력을 높이기 위해 Spoiler나 Diffuser, 에어댐등을 사용한다. 경주용 자동차를 보면 일반 자동차에 비해 앞쪽의 범퍼가 지면과 가까운 형태를 가진 것을 볼 수 있다. 이론적으로 에어댐을 장착하게 되면 차량 하부의 공기가 지나가는 공간을 줄여 공기의 유입을 줄이고 이는 압력을 줄여 Downforce를 증가시키는 효과를 얻을 수 있다. 실제 자동차가 에어댐의 장착 유무에 따라 유동 현상이 어떻게 발생하는지 확인해보기 위해 EDISON_CFD 해석 프로그램을 이용하여 유동 해석을 진행하였고, 나아가 에어댐의 길이에 따른 변화를 알아보기 위해 해석을 진행하여 비교 분석해 보기로 하였다.

2. 본 론

2.1 차량 선정 및 해석 기법

본 연구의 해석에 사용될 차량은 K5 모델이다. 이 모델을 시속 180 km($Re = 3.3 \times 10^6$)의 속도에서 유동을 해석하였는데, 그 이유는 에어댐은 고속에서 더 큰 Downforce를 유도하기 때문이다. 해석자로는 EDISON에서 제공되는 2D_Incomp_P를 이용하여 정상상태에서의 비압축성 난류 유동 해석을 하였다. 난류 모델은 Menter's $k-\omega$ Shear Stress Transport이다. 충분한 수렴과 최대한 정확한 데이터 확보를 위하여 CFL 0.5, error tolerance 10^{-6} , total iteration 100,000으로 해석을 수행하였다.

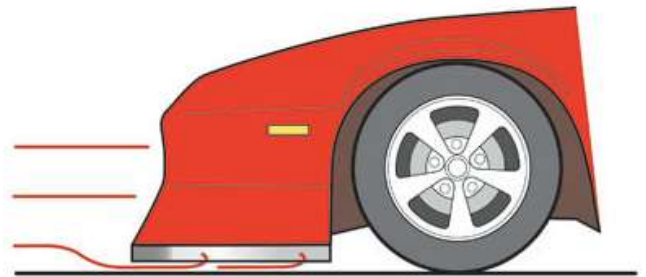


Fig 1. 에어댐의 효과

2.2 에어댐의 효과

에어댐은 말 그대로 차체 아래쪽으로 공기가 유입되는 것을 막는 장치이다. 즉, 차체 아래로 흐르는 공기를 막아 여분의 공기가 위쪽으로 흐르면서 압력을 높이고, 차체의 아래쪽은 공기가 희박해지면서 압력이 낮아져 Downforce를 증가시키는 장치이다.

2.3 격자 형성 및 경계 조건

격자는 EDISON에서 제공되는 e-MEGA 격자 생성 프로그램을 이용하여 정렬 격자 계 방식으로 생성하였다. 먼저 자동차의 Chord 길이를 1로 하여 에어댐이 없을 때의 자동차 격자를 형성하였고, 지면으로부터 높이에 따라 에어댐의 길이를 조정하여 자동차 전면 하단부의 범퍼에 장착하였다. 에어댐의 지면으로부터 법적 허용높이를 기준으로 각각 0.0342, 0.025, 0.0125에 해당하는 에어댐을 그려 넣어 총 네 가지의 격자를 생성하였다. Sea Level과 자동차의 속도를 이용하여 $y+$ 를 고려하였고 이를 이용하여 첫 간격을 0.00001로 정하였다. 격자의 총 개수는 8.5×10^4 개 이다. 자동차 앞쪽과 위쪽, 뒤쪽은 Chord길이의 15배의 길이로 하여 격자를 구성하였다. 경계 조건은 점성 효과를 고려하여 자동차와 격

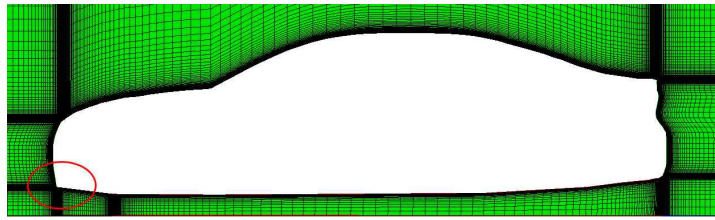


Fig 2. 차량 전면 하단 부 형상 변화 부분

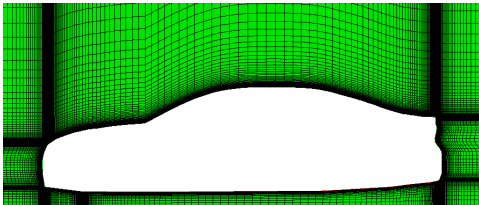


Fig 3. 에어댐이 장착되지 않은 형상

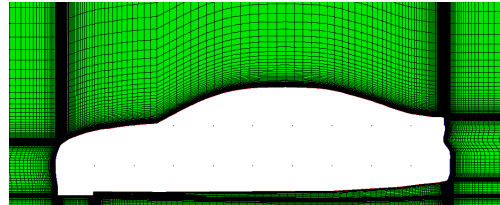


Fig 4. 0.025 에어댐이 장착된 형상

자의 아래쪽인 지면은 Viscous adiabatic wall로 설정하였고, 격자의 위쪽은 Far-field BC, 격자의 왼쪽과 오른쪽은 각각 Subsonic inlet과 Subsonic outlet으로 설정하였다.

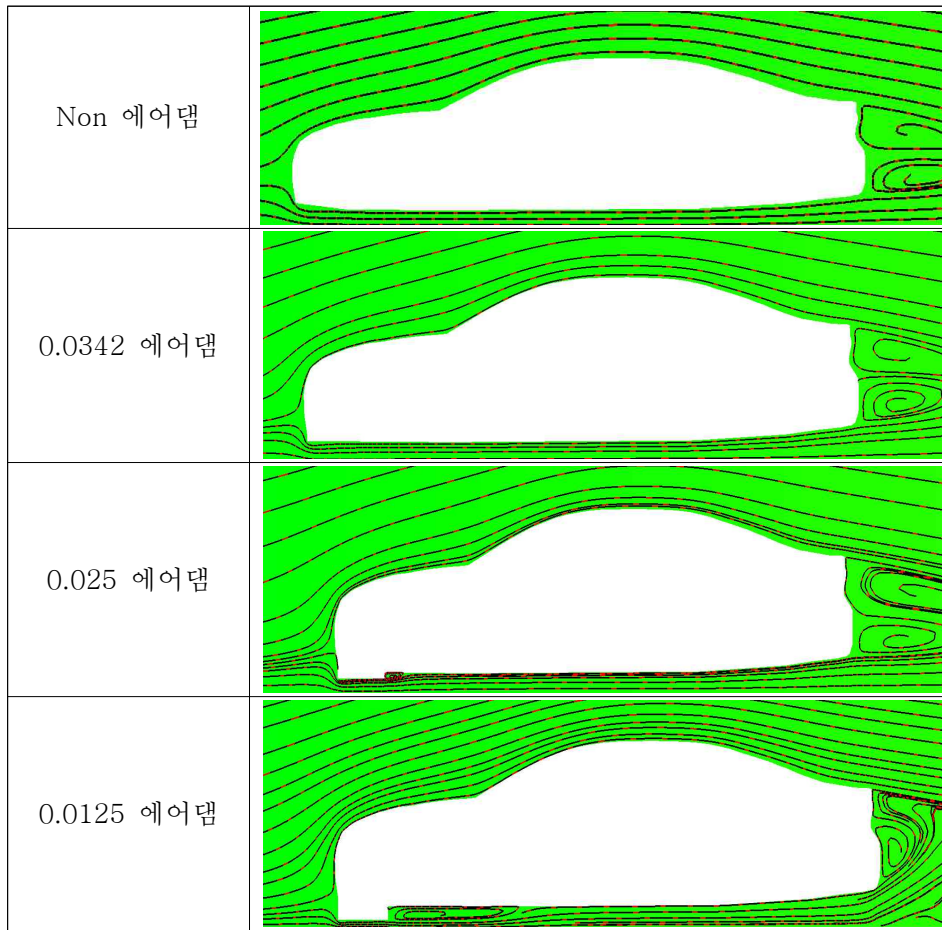
2.4 해석 결과

EDISON에서 제공되는 e-DAVA 유동 가시화 프로그램을 이용하여 에어댐이 장착 유무에 따라 어떤 유동 변화가 있는지 살펴보았다. 해석된 데이터를 이용하여

Table 2. 에어댐 길이에 따른 압력 Contour

Case	Contour	Legend
Non 에어댐		<p>p</p> <ul style="list-style-type: none"> 1.6 1.29 0.98 0.669 0.359 0.048 -0.262 -0.572 -0.881 -1.191 -1.5
0.0342 에어댐		
0.0250 에어댐		
0.0125 에어댐		

Table 3. 에어댐 길이에 따른 Streamline



압력의 Contour를 그려보았다. Table 1을 보면 각 Case 별로 자동차의 전면부의 압력의 Contour를 볼 수 있다. Contour의 범위는 Max. = 1.6, Min = - 1.5로 설정하였다. 먼저 에어댐이 장착되지 않은 경우를 살펴보면 자동차 전면 하단부의 압력이 약 0.148의 값을 가지는 것을 볼 수 있다. 다음으로 0.0342의 길이를 가지는 에어댐을 장착한 모습을 살펴보면 에어댐을 장착하지 않은 경우와 큰 압력의 차이가 보이지 않았다. 각각 0.025, 0.0125의 길이를 가지는 에어댐은 각각 압력이 약 - 0.262, 약 - 0.881 의 값을 가지는 것을 확인했다. 차량의 윗면의 압력도 에어댐이 지면에 가까워질수록 커지는 것을 볼 수 있었다. 더욱 자세한 유동을 살펴보기 위하여 Streamline을 살펴보았다. Table 2를 보면 자동차의 전면 하단부의 흐름이 에어댐을 장착함에 따라 바뀌는 것을 볼 수 있었다. 또한 에어댐의 뒤편으로 재순환 영역이 발생하는 것을 볼 수 있는데 에어댐이 지면에 가까워질수록 재순환 영역이 자동차 후면 쪽으로 영역이 증가하는 것을 확인 할 수 있었다. 마지막으로 0.0125의 길이를 가지는 에어댐은 자동차 밑면의 흐름이 자동차의 후면까지 영향을 주는 것을 확인할 수 있었다.

3. 결론

본 연구에서는 EDISON_CFD를 활용하여 에어댐 장착 유무에 따른 자동차의 공력 특성 및 유동현상을 비교 분석하였다. 에어댐은 자동차의 Downforce를 증가시키기 위해 장착한다. 해석결과 에어댐으로 인해 발생하는 자동차 주변의 유동현상을 살펴보았을 때 에어댐이 지면과 가까울수록 자동차 하단부로 흐르는 공기가 희박해져 압력이 낮아져 Downforce가 증가하는 것을 확인하였다. 이는 자동차의 접지력을 증가시키는 것으로 해석이 되고, 결과적으로 고속에서 자동차의 안정성에도움이 될 것으로 예상된다. 0.0125의 에어댐에서 자동차 하단부의 흐름이 후면에 영향을 주는 것을 볼 수 있다. 이는 논문과 다른데 0.0125의 에어댐은 지면과의 거리가 작아 흐르는 공기의 유속이 빨라져 후면부에 영향을 끼치는 것으로 생각된다. 에어댐의 효과에 대해 알려진 바와 동일한 효과가 나타나는 것을 본 연구로 확인할 수 있었다. 추후 에어댐에 Downforce를 더욱 증가시킬 수 있는 Splitter를 장착하여 추가적인 연구를 진행하고자 한다.

후 기

본 논문은 2015년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단 첨단 사이언스·교육 허브 개발 사업의 지원을 받아 수행된 연구임(No. NRF-2011-0020557).

참고문헌

- [1] 류종우, 조성권, 양준모, 최혜천, 유정열, 이준식. 1996. “자동차 하단부 형상이 항력과 양력에 미치는 영향”, 한국자동차공학회논문집, 제 4권 제1호, pp.134~146,
- [2] 박종수, 김성준, 2002, “에어뎀의 높이가 차체 표면의 압력변화에 미치는 영향”, 강원대학교 산업기술연구소 논문집, 제 22권 B호, pp27~34
- [3] 김성태, 2000, 카팬마스터즈 13호, 네스테크, 서울