

SC/Tetra를 이용한 HAWT모델에 대한 공력 해석

Computational Analysis of Aerodynamic for a HAWT model using the SC/Tetra

박성근†·윤성욱*·임태균*·전완호*

Sung Geun Park, Sung Wook Yoon, Tae Gyun Lim and Wan Ho Jeon

Key Words : Aerodynamics(공기역학), Drag(항력), CFD(전산유체역학)

ABSTRACT

본 연구는 현대자동차 무향 풍동(HAWT)에서 나온 실험치를 범용 CFD software인 SC/Tetra를 활용하여 모사하였다. 이를 위해서 우선 현대자동차 무향 풍동(HAWT)의 입력 경계층을 설정하고, grid test를 통해 최적의 격자를 찾고, 이에 맞는 난류 모델을 선정하였다. 입력 경계조건 설정, 격자 선정, 난류 모델 선정을 완료 후 나온 경계조건을 활용하여 실제 모델에 적용하여 현대 자동차 무향 풍동(HAWT)에서 나온 결과와 SC/Tetra에서 나온 결과와 비교 분석 하였다.

1. 서 론

생활수준의 향상으로 인해 현재의 고객들은 기존의 자동차에 대해 만족하지 않고 끊임없이 성능향상과 승차감 및 쾌적함과 안락함을 요구하고 있다. 특히 고속도로가 발달함으로 인해 고속 주행 시 주행안정성과 속도감, 연비향상을 원하고 있다. 이 세 가지를 만족하기 위해 가장 먼저 개선되어야 하는 것이 자동차의 공력성능 개선이다. 고속 주행 시 자동차의 공력성능은 주행안정성과 속도감, 연비향상에 많은 영향을 미치고 있다.

이전 연구로 Kim 과 Ko, Kim은 지면 경계층 유동장이 자동차 공력 특성에 미치는 영향을 현대자동차 무향풍동에서 MIRA 모델을 가지고 실험을 하였다. 그 결과 경계층 제어를 통해 항력계수가 7~10 count 증가하며 부압이 발생하는 엔진룸 하부영역은 표면 압력계수가 민감하게 변하는 것을 발표하였다. 따라서, 공력 해석 시 경계층 제어의 중요성에 대해 보고하였다. Chung 과 Kim, Ih는 현대 자동차 무향 풍동(HAWT)에서 풍절음에 대한 음향 홀로그래프 기법을 이용하여 풍절음 발생원의 위치 및 강도를 파악하였으며 이 시스템이 외부 소음원 파악에 적절한 것을 확인하였다. Alam과 Watkins, Zimmer는 100 KPH에서 MIRA 모델 실험을 통해 A-pillar의 유동 현상 및 유동 소음에 대해 연구하였고 이를 바탕으로 Murad와 Naser, Alam, Watkins^[4]는 CAA(Computational Aero-Acoustic)를 활용하여 소음 해석을 모사하였다. An과 Choi, Yong은 Ahmed

body를 분리 유한요소법과 ILU 예조건화 기법을 이용하여 수치해석을 통해 수행하였다. 난류모델은 k- ω 모델을 사용하여 낮은 레이놀즈수에서 실험결과와 비교 하였으며 이때 경계층 유동의 중요성 또한 파악하였다. 이전 연구에서처럼 A-pillar의 유동은 공력에 매우 중요시되는 인자 중에 하나로 인식되고 있다.

본 연구에서는 쾌적성에 영향을 주는 A-pillar의 유동장 및 압력 구배에 대해 연구하고자 하며 공력에 대해 현대 자동차 무향 풍동(HAWT)에서 실험한 결과와 비교 하고자 한다. 많은 범용 소프트웨어가 위 문제를 해석하고 있으며, 본 논문에서는 SC/Tetra를 활용하였다.

2. 지배방정식 및 해석 조건 선정

2.1 지배방정식

전산유체역학은 기본 방정식으로서 연속방정식(1)과 운동량 방정식(2)을 적용하여 이산화한다. 이와 같이 3차원 범용 유동 해석 프로그램은 지배방정식으로서 연속방정식, 운동량 방정식을 적용하며, 난류 해석은 2 방정식 난류 모델(two equation turbulence model)을 사용하기 위해 난류 에너지와 소산율 방정식을 적용한다.

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_i} \rho u_i = 0 \tag{1}$$

$$\frac{\partial \rho u_i}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_j} u_j \rho u_i = - \frac{\partial}{\partial x_j} \left(\mu \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right) - \left(P + \frac{2}{3} \mu \frac{\partial u_k}{\partial x_k} \right) \delta_{ij} \right) + \rho g_i \tag{2}$$

$$-\rho u_i u_j = \mu_i \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right) - \frac{2}{3} \rho k \delta_{ij} \tag{3}$$

† 교신저자; (주) CEDIC

E-mail : sgpark@cedic.biz

Tel : (02) 2624-0087, Fax : (02) 2624-0081

* (주) CEDIC

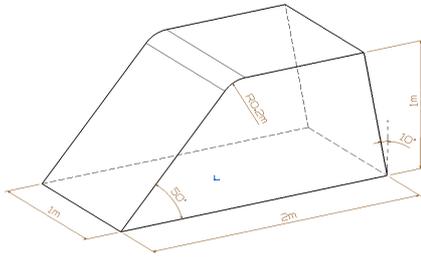


그림 1. 해석 모델

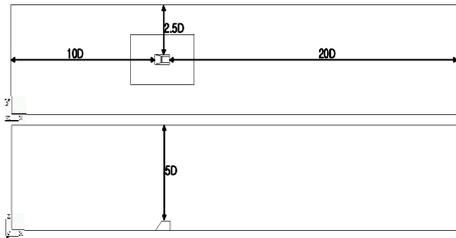


그림 2. 해석 도메인

2.2 해석 모델

그림 1은 해석 모델을 나타낸 그림이다. 높이 1 m, 폭 1 m, 길이 2 m이고 앞쪽은 약 50도, 뒤쪽은 약 10도의 경사를 가지고 있다. 위쪽은 R0.2 m의 곡률처리가 되어있다.

그림 2는 해석 도메인을 나타낸 그림이다. 그림과 같이 길이방향 2 m를 특성 길이 D로 표현할 때 앞으로는 10D, 뒤쪽으로는 20D, 좌우 폭은 2.5D, 높이방향은 5D로 해석도메인을 설정했다. 이는 후류 및 완전 발달된 유동이 blockage effect가 없는 충분한 크기로 생각된다.

2.3 입력 경계 조건 설정

실험결과와 비교하기 위해서 CFD해석을 할 경우 실험조건과 동일한 조건을 만들어주는 것이다. 그중 입력 경계층을 먼저 구현해야 한다. 본 연구에서는 현대자동차 무향 풍동(HAWT)에서 측정된 입력 경계층을 만들어 해석하고자 한다. 그림3은 현대자동차 무향 풍동(HAWT)에서 나온 실험치이며, 속도는 140 KPH로 원점에서 상류 방향으로 3.432 m 위치에서의 속도 분포를 나타낸 그림이다.

2.4 Grid test

일반적으로 CFD는 최적화된 격자를 사용하여 실험치와 동일한 결과를 예측하는 것이 좋다. 그러므로 해석을 위해서는 grid test가 꼭 필요하다. Grid test를 위해 basic 격자와 coarse 격자, fine 격자를 만들어 테스트 하였다.

2.5 난류 모델 선정

여러 가지 RANS(Reynolds Average Navier-Stokes) 모델과 LES(Large Eddy Simulation)중 가장 실험치와 동일한 결과가 나오는 것을 선택해야 한다. SC/Tetra의 경우 $standard\ k-\epsilon$, $RNG\ k-\epsilon$, $MP\ k-\epsilon$, $SST\ k-\omega$, LES 모델 등 14개가 있다. 위의 여러 가지 난류 모델을 실험치와 동일한 결과가 나올 수 있는 난류모델을 선정한다.

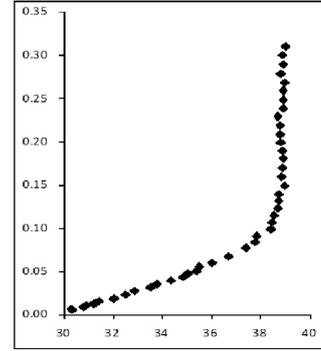


그림 3. 현대자동차 무향 풍동(HAWT) 입력 경계층

3. 해석 결과

3.1 해석 검증

Jeon과 Jeon, Cho는 SC/Tetra와 FlowNoise를 활용하여 아웃사이드 미러 형상에 대한 비정상 유동장 및 유동소음 해석에 대해 실험과 비교했을 때 유사한 압력구배와 유동장을 얻을 수 있었으며 FlowNoise를 활용하여 전체적인 주파수 영역에서 실험에 의한 음압과 해석에 의한 음압이 잘 일치함을 확인할 수 있었다. 그림 4는 아웃사이드 미러 주변의 Vortex shedding을 나타낸 그림이다.

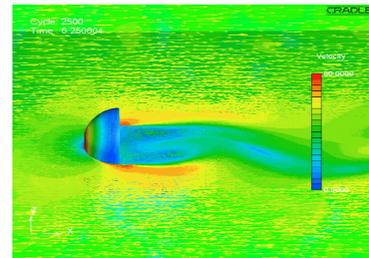


그림 4. 아웃사이드 mirror 주변 vortex shedding

3.2 해석 결과

입력 경계 조건을 설정하여 grid test와 난류 모델을 선정하였다. 차량속도 60 KPH와 140 KPH에 대해 해석 비교 하였다. 각각의 유동장과 특정 위치의 압력 구배 값을 구하였다. 또한 두 가지 차량속도에서 얻어진 결과 즉 각 특정 위치의 압력구배를 가지고 현대 자동차 무향 풍동(HAWT)에서 실험한 실험치와 비교 분석하였다.

4. 결 론

본 연구에서는 현대자동차 무향 풍동(HAWT)에서 실험한 결과와 범용 CFD software SC/Tetra에서 나온 해석 결과를 비교분석하였다. 그 첫 번째로 입력 경계층에 대해 설정하며 또한 grid test를 통해서 격자를 최적화하고 난류 모델을 선정하여 실험치와 유사한 결과를 얻었다.