

STAR-CCM+를 이용한 HAWT 모델 유동 소음 해석 (Numerical analysis of Wind Noise in Automobile using STAR-CCM+)

김귀연† · 박병수 · 백영렬

Ghuiyeon Kim, Byung-Soo Park and Young-Ryoul Back

1. 서론

오늘날 고품질 자동차를 개발하기 위해 공력저항과 공력소음의 개선은 필수적인 사항으로 여겨지고 있다. 최근 국내 완성차 업체에서도 공력저항의 개선을 통한 연비 개선이 눈에 띄게 좋아지고 있다. 그러나 저저항 설계가 반드시 공력소음의 개선을 뜻하진 않는다. 이는 공력저항이 시간평균의 압력분포를 기준으로 하는 반면 공력소음은 시간평균 값에 대한 압력변동에 의해서 지배되기 때문이다. 따라서 압력변동에 의한 소음의 영향을 평가하기 위해서는 실험이 반드시 필요하다. 실차를 대상으로 한 실험은 많은 시간과 비용이 필요하기에 최근 전산유체역학을 통한 다양한 접근이 이루어지고 있다.

본 연구는 공력저항 및 공력소음에 대한 상용 전산유체역학 소프트웨어인 STAR-CCM+의 신뢰성을 평가하기 위한 취지로 이루어졌다. 테스트 모델은 단순한 구조인 HAWT 모델을 이용하였으며 공력저항의 예측을 위한 정상상태 해석과 공력소음을 예측하기 위한 비정상 난류유동을 동시에 수행하였다.

2. 본론

2.1 형상 및 경계조건

본 연구에 사용한 테스트 형상은 그림 1과 같이 자동차 형상과 유사한 단순 모델로 지붕 부위에만 곡선처리 되어 있고 나머지 부위는 직각으로 구성되어 있다. 풍동시험은 (주)현대자동차의 풍동시험 장치를 이용하였으며, 해석 대상은 풍동시험실의 바닥에 위치시키고 시험을 수행하였다. 공력해석에서 가장 중요한 경계층의 발달을 정확히 모사하기 위해서 풍동시험실에서 측정된 경계층 분포를 적용하여 동일하게 경계층이 발생하도록 해석을 수행하였다. 해석은 140km/h의 전면풍을 기

준으로 수행하였다.

2.2 격자의 구성

공력저항 및 공력소음에 지배적인 영향을 미치는 유동 박리 현상을 정확히 모사하기 위해서는 곡면 형상의 정확한 구현과 경계층을 충분히 모사할 수 있는 수준의 격자가 필요하다. Trim 격자는 곡면 구조를 변형 없이 구현하며, 경계층의 정밀한 모사를 위한 격자 층을 해석 모델 표면에 그림 2와 같이 넣음으로써 신뢰성 있는 해석이 가능하도록 하였다.

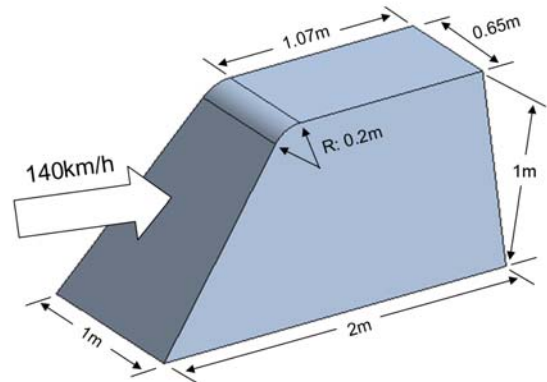


그림 1 해석의 대상 및 경계조건

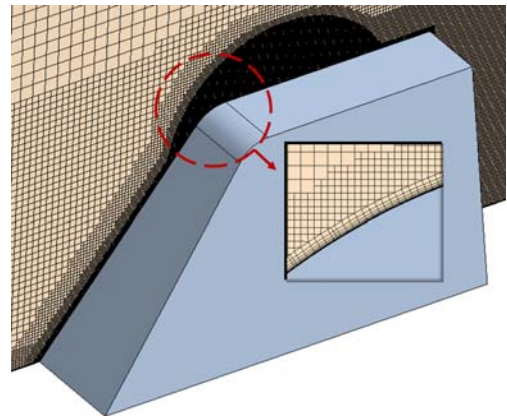


그림 2 격자의 구성

† 교신저자: CD-adapco Korea
E-mail : ghuiyeon.kim@kr.cd-adapco.com
Tel : (02) 6344-6536, Fax : (02) 6344-6501

2.3 지배 방정식

유동장의 해석은 소음의 전파 특성인 압축성을 고려하여 질량보존 및 운동량 보존 방정식을 압력 보간 알고리즘인 SIMPLE 을 통해서 수행하였다. 공력소음은 시간에 따른 압력의 변동에 기인하기 때문에 시간평균이 적용된 RANS 계열의 난류 모델을 사용할 수 없다. 이와 같은 이유로 RANS 계열 난류모델에 비하여 상대적으로 많은 격자가 필요한 LES 및 DES 등이 이용되고 있다. 본 해석에서는 SST $k-\omega$ DES 모델을 이용하여 난류특성을 고려하였다.

2.4 해석 결과

그림 3 은 물체 표면의 유선과 y^+ 수치를 의미한다. 표면에 입혀져 있는 색은 y^+ 값을 의미하며 전 표면에서 1 이하로 유지되고 있기에 신뢰할 수 있는 결과를 보여준다 할 수 있다. 유선의 색은 표면의 전단응력을 의미하며 물체의 전면 모서리 부근에서 유동이 박리되는 현상을 관찰할 수 있다. 전단 응력이 최대인 물체의 옆면하단 부근은 박리된 와류가 다시 표면에 부딪치는 영역임을 의미한다. 물체의 상단으로 움직일수록 박리된 와류의 재 부착 길이가 길어지는 것을 알 수 있다.

공력 소음의 측정은 그림 4 와 같이 총 8 개로 29.5cm 의 높이에 P1 ~ P7 과 78.8cm 의 높이에 P8 이 위치하고 있다. 압력의 변동폭은 유동박리에 의해 발생하는 재순환영역 내부에 존재하는 P1, P2, P8 에서 최대폭을 이루며 P3, P4 에서 중간 변동폭을 나타낸다. 유동 박리가 재 부착 되어 흘러가는 P5 ~ P7 에서는 유동이 안정화되어 압력의 변동폭이 최소로 나타나는 것을 그림 5 로부터 알 수 있다. 그림 5 의 압력 분포를 Frequency 영역으로 전환하면 그림 6 과 같은 소음레벨을 알 수 있다. P1 ~ P4, P8 에서 소음레벨이 가장 큰 것을 알 수 있고 P6, P7 에서는 작아지는 것을 볼 수 있다.

3. 결 론

상용 전산유체역학 소프트웨어인 STAR-CCM+를 이용하여 공력소음에 대해 평가해 보았다. 유동박리가 일어난 부근에서 압력변동이 크게 발생하여 소음레벨이 크게 나타나는 경향을 잘 관찰할 수 있었다.

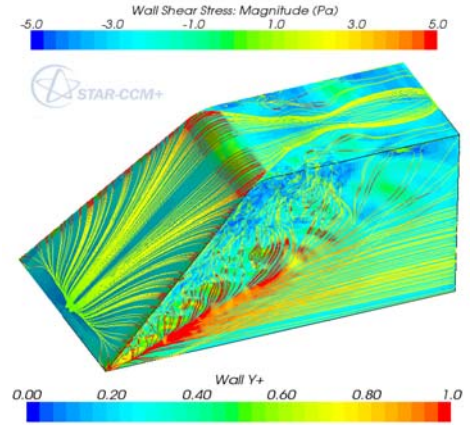


그림 3 y^+ 와 유선의 분포

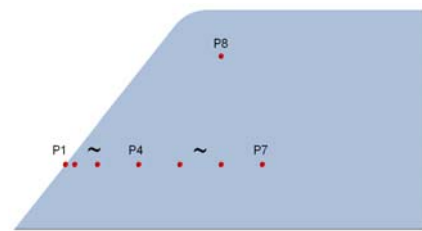


그림 4 소음의 측정 위치

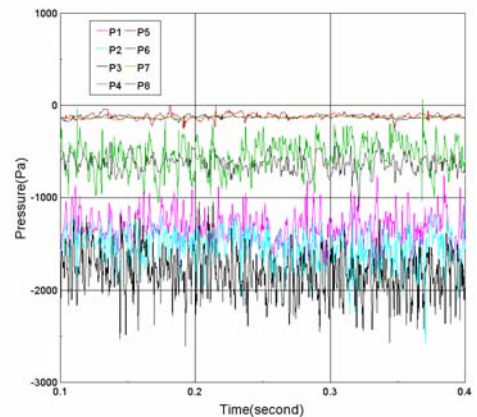


그림 5 각 위치에서의 압력 변동 분포

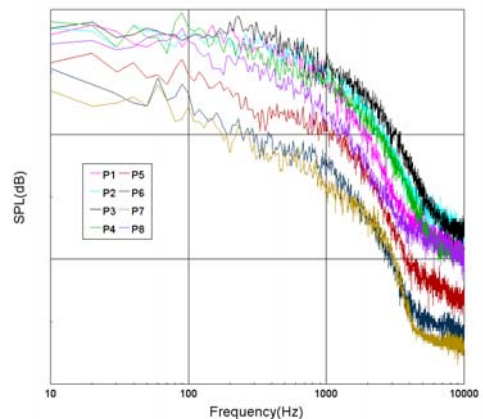


그림 6 각 위치에서의 소음 레벨