

# CAA++를 이용한 HAWT 모델에 대한 유동 및 유동소음 해석

## CFD and CAA Analysis for HAWT by using CAA++

김영남† · 채준희\*

Young Nam Kim, Jun Hee Chae

### 1. 서론

유동소음해석의 필수조건은 수치적 해상도를 높히는 것, 시간과 공간상에서 음파와 다른 스케일을 갖고 있는 유동소음원을 정확하게 포착하는 것, 그리고 소음의 비반사경계조건을 처리하는 것이라고 볼 수 있다. 최근 MetaComputational Technologies 사는 Navier-Stokes 방정식으로부터 도출된 비선형 perturbation 방정식, small scale 난류 소음을 해석을 위한 synthetic turbulence model을 사용하여 유동소음해석의 조건들을 만족시키면서 기존 해석 시 많은 시간이 소요되는 문제점들을 극복하고 있다. 본 연구에서는 현대자동차에서 제공한 승용차와 유사한 형상인 HAWT 모델에 CAA++를 적용하여 유동 및 유동소음 결과를 도출하였다.

### 2. 본론

#### 2.1 HAWT 모델 및 실험

현대자동차는 차량 유동소음의 주원인 A pillar 형상을 단순화한 HAWT 모델에 대하여 50km/h, 140km/h 유속에서 실험을 수행, 결과를 제공할 계획이다. 그림 1은 HAWT 모델의 형상을 보여주고 있다. 실험은 두 가지 유속에 대해 벽면에서의 시간평균압력과, 140km/h에 대해 추가로 소음을 측정하며 각 측정 위치는 그림 2, 그리고 그림 1의 위치에 한 개의 추가적인 소음센서로 원거리 소음을 측정한다.

#### 2.2 유동 및 유동소음 해석모델

두 가지 유속에 대한 HAWT 모델의 유동해석을 위해 대략 17,500,000 개의 mesh를 유동방향 40m, 폭 20m 높이 10m의 해석공간에 사용하였으며, 벽면에는 20층의 경계층 mesh를 구성하였다. 그림 3은 HAWT 주변의 mesh 형상을 보여주고 있다.

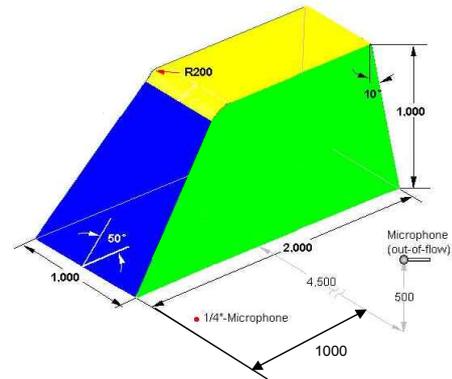


그림 1. HAWT 모델 형상

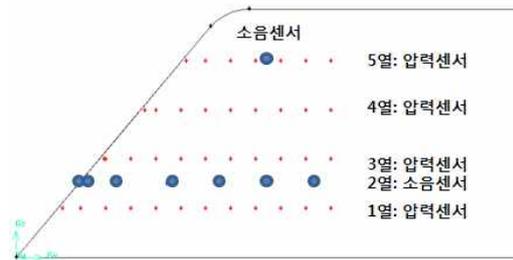


그림 2. HAWT 모델 벽면 측정점

유동소음 해석을 위한 mesh는 유동해석에 사용했던 mesh의 일부를 잘라내어 사용했으며, 잘라낸 면은 비반사경계조건으로 처리했다. 벽면상 소음 측정 위치의 압력변동은 직접 계산했으며 원거리 점의 소음해석을 위하여 사용될 integral surface를 그림 4와 같이 구성하고 바닥면에 의한 소음 반사를 함께 고려했다.

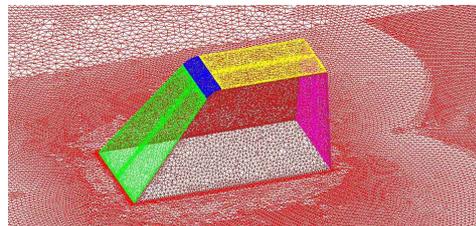


그림 3. HAWT 모델의 mesh 형상

유동소음 해석에 사용한 time step은  $1 \times 10^{-5}$  sec이며, 대략 4,000,000 mesh를 사용했다.

† 김영남; 바람과소리㈜

E-mail : ynkim@flow-noise.co.kr

Tel : (02) 2093-2972, Fax : (02) 2093-2976

\* 바람과소리㈜

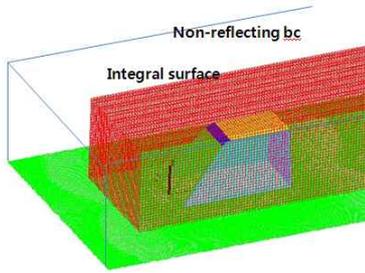


그림 4. 유동소음해석 mesh 형상

### 3. 해석결과

#### 3.1 유동해석 결과

50km/h 및 140km/h 의 유동해석 결과를 항력과 양력, 벽면에 부착된 압력 센서위치의 평균 압력결과로 나타내었다. 그림 5 는 A pillar vortex 에 의한 강한 suction force 가 HAWT 측벽에서 낮은 압력으로 나타나는 것을 보여주고 있으며, 앞 바닥면에 경계층박리에 의한 vortex bubble 이 존재함을 알 수 있다. 또한 그림 6, 그림 7 에서 보여주는 것처럼 표면의 낮은 평균 압력 값이 A pillar vortex 를 따라 형성됨을 알 수 있다.

	Drag(N)	Lift(N)
50km/h	49.5	34.8
140km/h	394	260

표 1. HAWT 모델의 전체 양력 및 항력

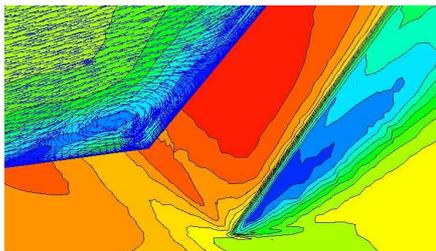


그림 5. 140km/h 의 압력 및 속도분포

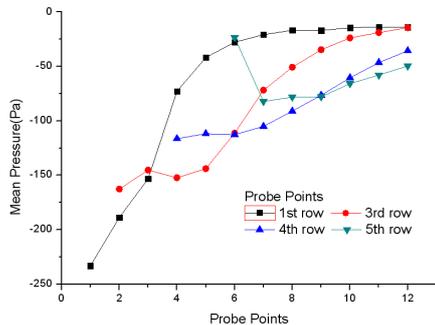


그림 6. 측정위치의 평균압력 값(50km/h)

#### 3.2 유동소음해석 결과

140km/h 에 대한 유동소음해석을 통해 벽면 소음측정위치인 2 열과 5 열의 한 개 위치, 그리고 원거리 측정위치에 대한 결과를 그림 8, 그림 9 에 나타냈다.

원거리 측정위치에서의 OSPL 은 94dB 로 계산되었다. 그림 9 의 2 열에서의 소음 값은 A pillar 위치로부터 멀어질수록 작아지고, 6 위치에서 크게 떨어지는 것을 볼 수 있어 A pillar vortex 에서 큰 압력 변동이 있음을 알 수 있다.

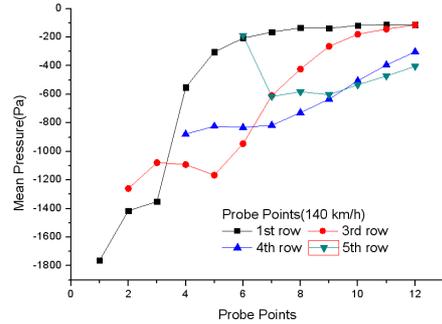


그림 7. 측정위치의 평균압력 값(140km/h)

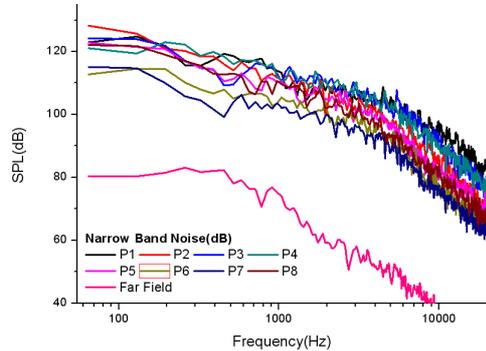


그림 8. 측정위치의 소음 스펙트럼(140km/h)

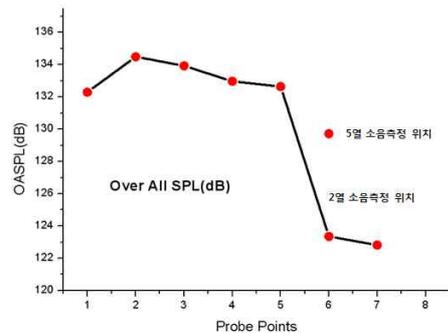


그림 9. 측정위치의 OASPL(140km/h)

### 4. 결론

CAA++를 이용하여 HAWT 모델에 대한 유동 및 유동소음해석을 수행했으며, A pillar vortex 가 소음의 주원인임을 알 수 있었다. 또한 승용차 유동소음과 같은 해석시간이 많이 소요되는 계산에 CAA++가 유용하게 사용될 수 있음을 알 수 있다.

### 후 기

본 연구의 HAWT 형상모델은 현대자동차에서 제공했으며 차후 실험 결과와 비교할 예정이다.