

실차풍동에서의 HAWT 모델주위 유동장 및 소음장의 실험적 연구

Experimental Study on the Flow Fields and Acoustic Fields around the HAWT Model in the Hyundai Aeroacoustic Wind Tunnel

박상현† · 이동건* · 조지혁* · 김동범* · 김민호* · 백승진* · 이강덕*

Sang-Hyun Park, Dongkon Lee, JiHyuk Cho, Dongbum Kim, Minhoo Kim, Seung-Jin Baek and Kang Duck Ih

1. 서론

고속주행하는 차량 주위의 유동은 A 필라, 사이드 미러, 앞유리, 트렁크 등에 의해 복잡한 움직임을 나타낸다. 특히 차량 주위에 발생하는 와류에 의해 차량의 항력이 증가하여 연비에 영향을 미치는 경우도 있고 혹은 이러한 와류 자체가 소음원이 되어 실내로 전파되기도 한다. 이러한 유동현상을 차량 디자인 단계에서 예측하는 일은 매우 중요한 일이며, 이를 위하여 CAE (Computer Aided Engineering) 혹은 CAT (Computer Aided Testing) 를 이용한 많은 해석기법들이 개발되어 왔다.

다양하게 개발된 수치해석 소프트웨어들은 저마다 각각의 장단점들을 가지고 있는데, 이를 정량적으로 비교해 보는 것은 그 소프트웨어를 사용하는 유저들에게 좋은 정보가 될 것이며, 또한 개발자들에게는 자사 소프트웨어의 신뢰성 향상을 위한 중요한 기회가 될 것이다.

본 연구에서는 수치해석 소프트웨어들을 정량적으로 비교해 보기 위하여 단순화된 자동차 모형(HAWT 모델) 주위의 유동장 및 소음장을 풍동 실험을 통하여 측정하고자 한다. 본 연구의 데이터를 바탕으로 상용 CFD (Computational Fluid Dynamics) / CAA (Computational Aero Acoustics) 툴들의 정확도를 검증하여 보고, 이 과정을 통하여 각 소프트웨어들의 장단점을 구별하여 차량개발을 위한 해석 툴의 활용도를 높이고자 한다.

2. 본론

2.1 HAWT 모델

본 연구에 사용된 HAWT (Hyundai Aeroacoustic Wind Tunnel) 모델은 차량의 캐빈 상단부를 단순화한 형상으로 그림 1 과 같다. 이 모델은 단순하지만 윈드실드 주위 박리-재부착 유동, A 필라 주위 와류 유동 등 차량의 중요한 유동현상들이 다양하게 나타나며 이러한 유동에 의해 풍절음과 같은 유동소음이 발생하므로 유동 및 유동소음 해석 소프트웨어를 검증하는데 있어 좋은 평가 대상이다. 모델의 자세한 사양은 표 1 과 같다.

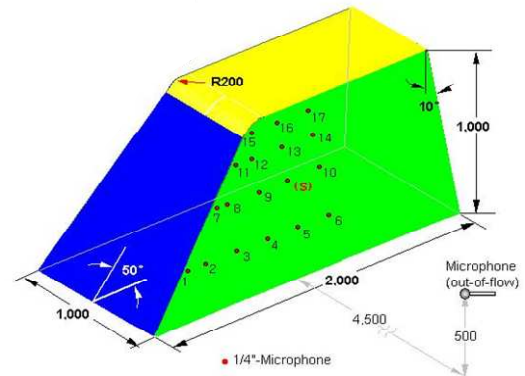


그림 1 HAWT 모델

HAWT 모델 사양	
길이	2,000 mm
폭	1,000 mm
높이	1,000 mm
전면 경사	50°
측면 경사	10°
루프 곡률	R200 mm
재질	AL, 10t

표 1 HAWT 모델 사양

† 박상현; 현대자동차 연구개발총괄본부

E-mail : shppark@hyundai.com

Tel : (031) 368-6395, Fax : (031) 368-6299

* 현대자동차 연구개발총괄본부

2.2 유동장의 측정

HAWT 모델 주위 유동장의 측정은 현대자동차 남양연구소의 실차공력소음풍동(HAWT)에서 수행되었다. 풍동 노즐의 크기는 7m X 4m 이며, 140KPH 일 때 HAWT 모델의 선단 중심(OL)에서의 경계층 두께는 $\delta^* = 17.4\text{mm}$ 였다. 유동장 측정시 풍속은 50KPH, 140KPH 의 두가지 속도이며, 막힘비에 대한 보정(Blockage correction)은 하지 않았다.

HAWT 모델 주위의 압력장은 모델 측면 벽면에 17 개의 압력공(pressure tap)을 뚫어 측정하였고, 속도장은 모델의 선단 중심(OL) 부위와 A 필라 주위의 박리 유동을 PIV(Particle Image Velocimetry) 를 이용하여 측정하였다. (그림 2) 모델 표면의 유선 분포는 오일을 이용하여 가시화하였다.

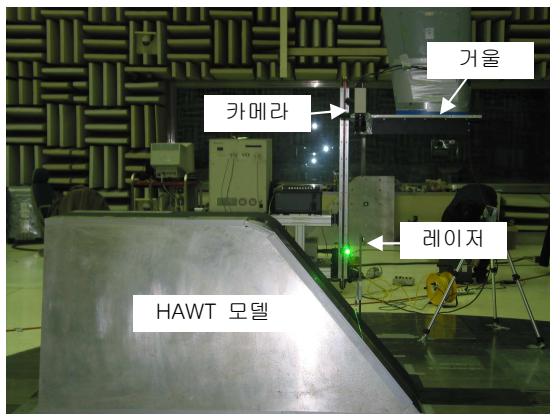


그림 2 PIV 측정장비의 구성

2.3 소음장의 측정

HAWT 모델의 소음장 측정이 수행된 현대자동차 실차공력소음풍동은 100KPH 에서 54dB(A)의 암소음을 가지는 반무향풍동이다. 소음 측정을 위하여 HAWT 모델의 오른쪽 벽면에 7 개의 구멍을 뚫어 B&K 4935 1/4 인치 ICP 마이크로폰을 각각 설치하였다. 유동에 마이크로폰을 노출시켜 실제신호는 순수음장이 아닌 의사소음(Pseudo noise)도 포함하여 측정하였다.

모델내부 벽면에는 흡음재를 설치하여, 모델내부의 소음반사나 혹은 공진모드 형성으로 인한 정상파(Standing wave) 영향을 최소화하였다. 또한 모델 중심부에서 옆으로 4.5m 떨어진 곳에 마이크로폰을 설치하여, 원거리 소음의 특성도 살펴보았다. (그림 3)

50KPH 와 140KPH 의 유속에 대하여 Yaw 각에 따른 A 필라 소음원 등의 특성을 살펴보기 위하여, -20도에서 20도까지 10도 간격으로 Yaw 값을 변화

시키면서 소음을 측정하였다. 특히 Yaw 각이 0 도인 경우는 50~140KPH 구간의 속도를 10KPH 씩 증가 시킴으로써 속도에 따른 소음 변화도 알아보았다



그림 3 실차공력소음풍동 및 소음측정위치

3. 결론

본 연구에서는 수치해석 소프트웨어들을 정량적으로 비교해 보기 위한 HAWT 모델 주위의 유동장 및 소음장을 풍동 실험을 통하여 측정하였다. 유동장은 압력공을 이용한 압력장과 PIV 를 이용한 속도장 그리고 유동가시화를 이용한 유선분포를 측정하였으며, 소음장은 모델 표면의 7 개의 마이크로폰과 4.5m 측면의 1 개의 원거리 마이크로폰은 통하여 압력섭동과 음압레벨을 측정하였다.

본 연구는 국내에서 처음으로 수행하는 유동 및 유동소음 해석 소프트웨어의 비교검증을 위한 실험 데이터를 제공하는 데 의의가 있으며, 향후에는 단순한 형상의 외부유동뿐 아니라 실차 형상에서의 유동 및 소음, HVAC 실내유동 및 소음 등 다양한 응용분야에 적용하여 비교 검증의 폭을 넓혀나가는 것도 의미 있을 것으로 보인다.

후 기

본 연구에 사용된 HAWT 모델을 처음 제작하고 연구하셨던 현대자동차 김대훈 부장님께 감사드립니다. 또한 소프트웨어의 비교 검증에 적극적으로 협조해 주신 협력사 관계자들에 감사드리며, 특별 세션을 마련해 주신 한국소음진동공학회에 감사사를 표합니다.