

# 수치해석을 통한 자동차 사이드 미러 주위의 공력 및 소음해석

박기환\* · 박현호\* · 임태현\* · 최은동\*\* · 김문상\*\*\*

## Numerical Analysis of Aerodynamics and Acoustics around a Car Side mirror

Kihwan Park\* · Hyunho Park\* · Taehun Lim\* · Eundong Choi\*\* · Moonsang Kim\*\*\*

### ABSTRACT

Aerodynamic noise is becoming the major source of annoyance for modern cars recently and is caused by many different noise sources in a car. Appropriate CFD technologies, therefore, have been developed to resolve the noise problems related with aerodynamics. It is necessary for designers to fully understand the relationship between vehicle aerodynamics and wind noise acoustics. In this study, we simulate the flow fields around two different shapes of side mirror models of passenger car and analyze the noise phenomena around one side mirror model that has lower drag than the other model using Fluent 6.3.

Key Words: Car Side Mirror, Aerodynamics, Acoustic Noise, CFD Simulation

### 1. Introduction

최근들어 차량 내부에서 감지되는 소음에 대한 쾌적성 문제가 자동차를 구입하려는 사람들에게 중요한 기준으로 부각되고 있다. 특히, 자동차 산업이 발전함에 따라 엔진이나 타이어에 의한 소음보다는 자동차의 형상이나 사이드 미러와 같은 외부 장착 부품으로 인하여 발생하는 공력 소음이 자동차 내부 소음에 더 큰 영향을 미치고 있다[1,2].

일반적으로 공력소음 발생은 매우 복잡한 현상

이고 이를 개선하기 위해서 많은 연구가 진행 중에 있다[3,4]. 과거에는 복잡한 현상을 연구 하기 위해서 실험에만 주로 의존하였지만 최근 들어 컴퓨터의 용량 및 수치해법의 급속한 발달에 힘입어 CFD (Computational Fluid Dynamics) 을 이용한 문제 해석이 각광을 받게 되었으며, 실험에만 의존하였던 기존의 방법에 비해서 비교적 시간과 비용을 경제적으로 절감할 수 있고 적은 인력으로도 실험이 가능하게 되었다.

자동차 주위의 공기흐름은 복잡한 난류유동으로써 항력이 낮은 차량을 개발하기 위한 공기역학적 특성의 이해가 필요하다[2]. 이런 특성은 자동차의 안정성이나 연료소비와 같은 자동차 성능에 직접적인 영향을 미치고, 바람의 영향에

\* 학생회원, 한국항공대학교 항공우주및기계공학부

\*\* 학생회원, 한국항공대학교 대학원

\*\*\* 정회원, 한국항공대학교 항공우주및기계공학부  
연락처, E-mail: mskim@kau.ac.kr

따른 소음이나 먼지의 부착 등에 대한 해결의 실마리를 제공하게 된다[3].

본 연구는 자동차 사이드 미러 주변에서 발생하는 공력과 소음에 대한 유동 문제를 상용코드인 Fluent 6.3과 Gambit 2.4를 이용하여 수행하였다.

두 종류의 사이드 미러 형상을 선정하여 형상 변화에 따른 유동흐름을 관찰하였으며, 상대적으로 낮은 항력을 갖는 사이드 미러 형상에 대하여 Unsteady 해석을 수행하여 공력뿐만 아니라 공력으로 인해 탑승자에게 미치는 소음에 대한 연구도 수행하였다.

## 2. Analysis of Aerodynamic and acoustic noise

### 2.1 Geometries of Side-view Mirrors

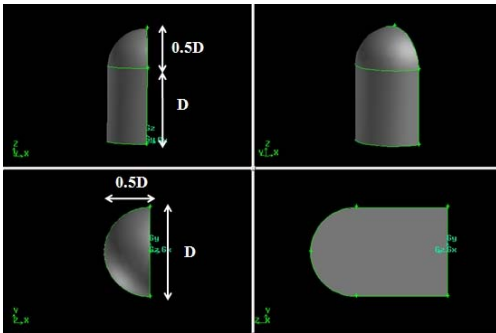


Fig. 2.1 Geometry of Case1

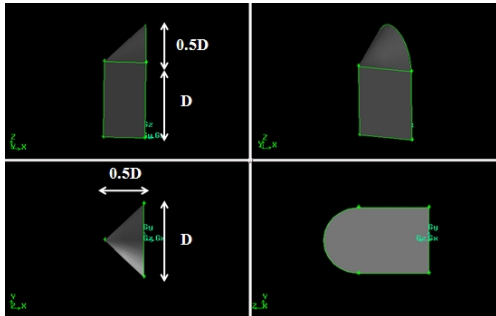


Fig. 2.2 Geometry of Case2

대부분의 승용차에서 일반적으로 사용되고 있

는 대표적인 사이드 미러 형상을 단순화 시킨 Half-cylinder(이하 Case1)와 실제 사이드 미러 크기를 기반으로 Triangular prism(이하 Case2) 형상을 갖는 사이드 미러 모델을 선정 하였다.

Figure 2.1과 Fig 2.2에서와 같이 자동차 사이드 미러의 특성길이를  $D=200\text{mm}$ 로 하고 사이드 미러 전체 길이는 1.5D로 선정하였다.

## 2.2 Flow field

### 2.2.1 Size of Flow field

유동장의 형상 및 크기는 Fig. 2.3와 같이 사이드 미러를 중심으로 x축 방향으로 각각 3D, 7.5D, 30D의 크기를 갖는 세 종류의 Hemisphere를 사용하여 영역별로 서로 다른 조밀도를 갖도록 형성하였다.

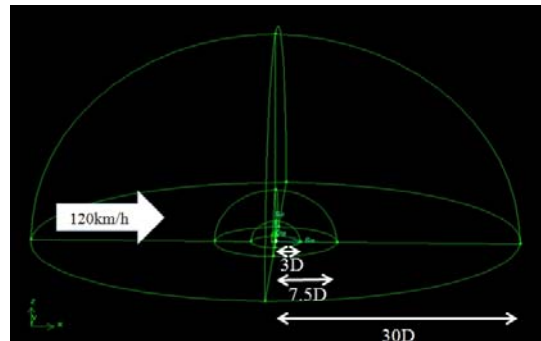


Fig. 2.3 Investigated flow field

### 2.2.2 Fluid, Boundary Conditions

유체는  $15^\circ\text{C}$  공기의 조건으로  $\rho = 1.225 \text{ kg/m}^3$ ,  $\mu = 1.7894 \times 10^{-5} \text{ kg/(m} \cdot \text{s)}$ 로 설정하였다.

유동장 입구는 velocity inlet 조건을 사용하였으며 자유흐름속도  $V_\infty = 33.333 \text{ m/s}$  ( $120 \text{ km/h}$ )로 설정하였고, 출구는 pressure outlet 조건으로서  $P_\infty = 101.325 \text{ kPa}$  ( $1 \text{ atm}$ )으로 설정하였다. 자동차 사이드 미러 표면과 미러가 붙어있는 바닥면은 no slip condition을 갖는 wall로 설정하였다.

**23 Grid**

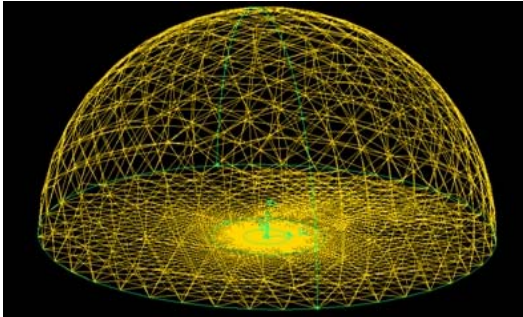


Fig. 2.4 Grid of flow field

본 연구는 Gambit 2.2를 사용하여 격자를 생성하였으며(Fig. 2.4), 자동차 사이드 미러의 3차원 모델이 복잡한 관계로 비정렬 격자계를 사용하였다. 물체 표면근처에서의 정확한 계산을 위하여 미러와 벽면의 표면에 boundary layer 격자를 생성하였으며, 자동차 사이드 미러 주변의 유동해석을 정확성과 경제적인 측면을 고려하여 조밀도를 달리한 반구형의 multi block으로 55만개 정도의 격자를 생성하였다.

**24 Viscous model**

난류 점성을 계산하기 위해서 one-equation 모델인 Spalart-Allmaras 난류모델을 사용하였다. 이 모델은 wall-bounded 유동 해석 뿐 아니라 항공 우주 분야 해석에도 응용 가능하게 만들어져 있으며, 특히 압력 구배에 의해 형성되는 경계층에 대해 훌륭한 결과를 나타낸다.

**25 Acoustic Noise**

Acoustic Noise를 예측하기 위해서 항력이 상대적으로 낮게 예측된 Case1 모델 주변의 유동을 DES 난류 Model을 사용하여 Unsteady 계산을 수행하였으며, 소음 예측을 하기 위한 Receiver point를 Fig. 2.5에서 보여주는 것처럼 4군데

선정하였다.

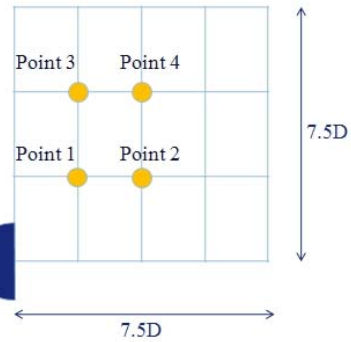


Fig. 2.5 Position of Receivers

**3. Results and Discussions**

**3.1 Steady**

**3.1.1 Velocity Magnitude**

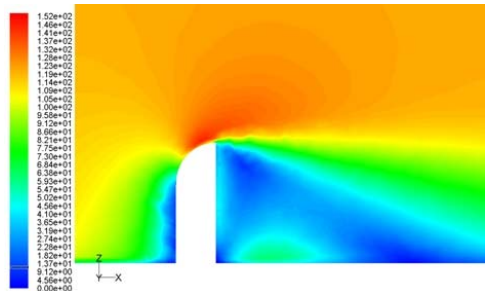


Fig. 3.1 Velocity magnitude of the Case1(v=0mm)

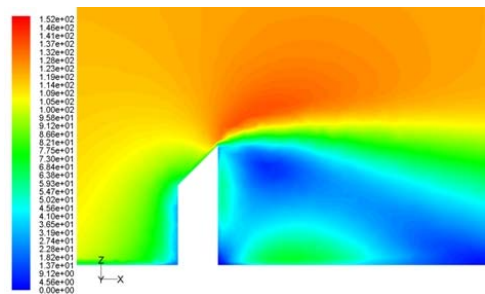


Fig. 3.2 Velocity magnitude of the Case2(v=0mm)

Figure 3.1과 Fig. 3.2에서 보여 주듯이 Case1

미러 하우징 표면을 따라서 흐르는 흐름이 Case2 미러 하우징 표면을 따라서 흐르는 흐름보다 부드럽게 곡면을 따라서 흐르기 때문에 미러 가장자리 끝단에서 박리로 인해 형성되는 Case1의 후류 영역 크기가 Case2의 후류 영역에 비해 상당히 작게 되는 것을 확인 할 수 있다.

### 3.1.2 Static Pressure

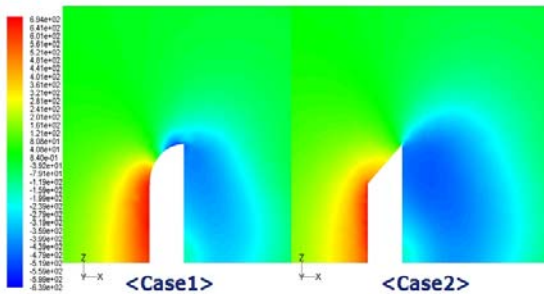


Fig. 3.3 Static pressure contour(y=0mm)

두 가지 Case 모두 사이드 미러 하우징 앞부분에서 정체 압력이 발생하는 것을 볼 수 있고, Case1이 Case2에 비해서 후류로 인한 저압 영역 부분이 더 작게 나타나는 것을 알 수 있다. 또한, 사이드 미러 거울 면을 보면, Case1의 거울면에 작용하는 압력이 Case2보다 더 큰 것을 확인 할 수 있고, 이로 인해서 Case1이 더 작은 항력을 가지게 될 것이라고 추정할 수 있다.

### 3.1.3 Path line

Fig 3.4의 Case1과 Case2의 Path line을 비교해 보면 사이드 미러의 후류 영역과 압력 분포 결과에서 관찰한 결과와 동일한 양상을 볼 수 있다. Case1은 굴곡의 영향으로 바람이 사이드 미러를 타고 넘어가 바로 뒤 부분에 후류영역을 생성하지만 Case2는 사이드 미러에 굴곡이 없어 후류영역이 좀 더 뒤에서 나타났다. 또한 Case1의 경우 사이드 미러를 지난 후류 영역이 Case2 보다는 작게 나타났으며 자유흐름상태로의 속도 회복이 더욱 빨리 일어났다.

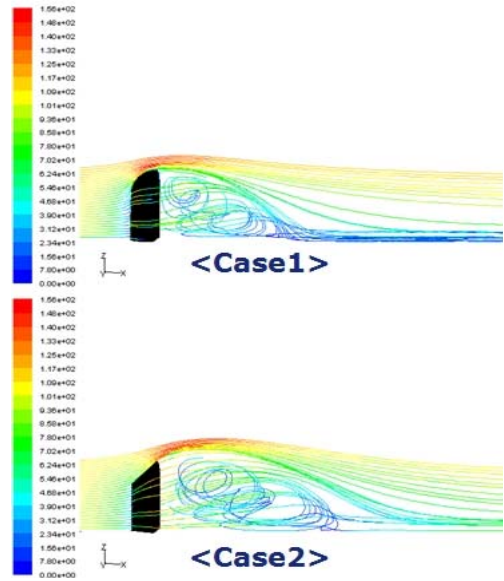


Fig. 3.4 Path line (z=0mm)

### 3.1.4 Drag

Table 1. Drag Coefficient Comparisons

	Case1	Case2
Cd	0.6067	0.9384

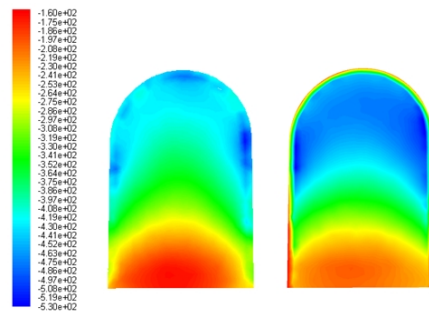


Fig. 3.5 Pressure distributions on the mirror side

항력 계산 결과 Case2가 Case1보다 항력이 더 크게 나타났다. 사이드 미러 하우징 부분의 압력분포는 Case1과 Case2 모두 비슷한 크기의 압력 분포를 보여주지만 반면에 사이드 미러 유리면에서는 Case2가 전반적으로 낮은

압력 분포를 갖게되어 Case2의 경우가 항력이 더 크게 나오게 된다.

### 3.2 Unsteady and Acoustic Noise of Case1

#### 3.2.1 RMS Pressure & SPL at the Receiver points

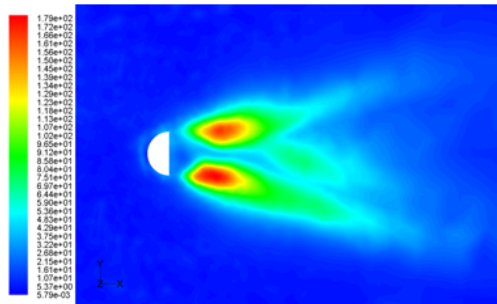


Fig. 3.6 RMS Pressure(Vehicle side-window)

RMS Pressure는 압력변화 제곱의 평균값이다. 즉 높은 값일수록 압력변화가 크다는 것을 뜻한다. 각각의 Receiver Point에서 SPL값을 계산한 결과 Fig 3.7과 같이 Point 1에서 약 35dB으로 가장 크게 나타났고, Point 2, Point 3, Point 4의 순으로 예측 되었다. Point 1은

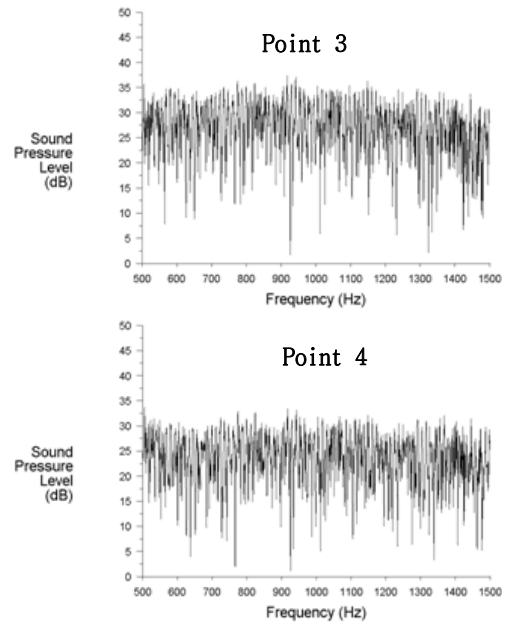
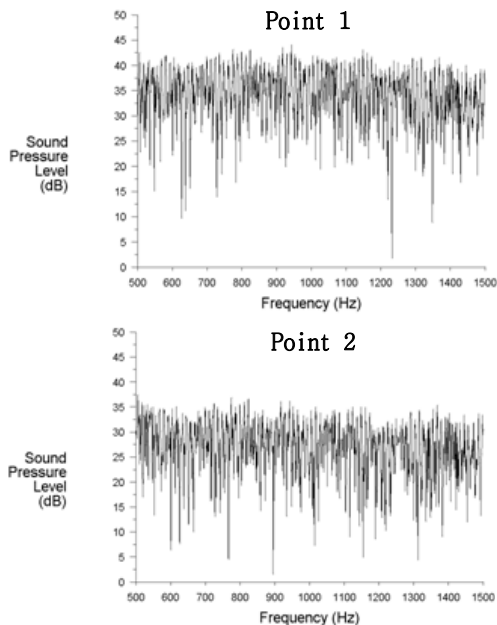
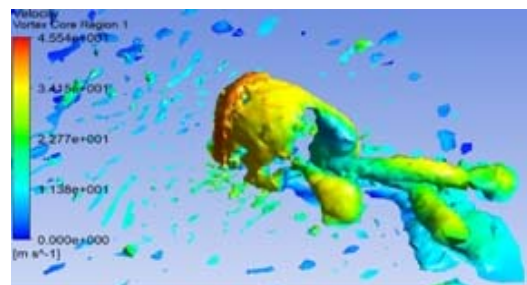


Fig. 3.7 SPL of the Case1

RMS Pressure에서 높은 값을 나타내는 붉은색 영역과 가장 가까운 위치였고, Point 4로 갈수록 붉은색 영역과 멀어졌다. 이것으로 미루어 보아 RMS Pressure의 붉은색 영역과 가깝고 RMS Pressure값이 높을수록 SPL의 값이 크게 예측된다는 것을 알 수 있다.

#### 3.2.2 Q-method

흐름의 회전 강도를 표현할 수 있는 Q-method로 미러 주변의 유동을 나타내본 결과 Fig 3.8과 같이 주기적으로 헤어 핀 형태의 Vortex Structure들이 교대로 떨어져 나가는 것을 관찰할 수 있었다.



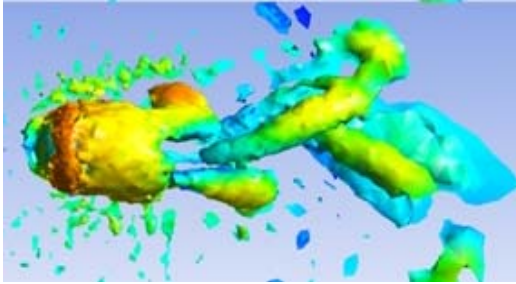


Fig. 3.8 Q-method of the Case1

#### 4. Conclusions

자동차 사이드 미러 형상에 따른 항력 크기의 비교 연구와 Unsteady 유동해석을 통한 소음해석 연구가 수행되었으며, 본 연구에서 얻은 결과들을 정리하면 다음과 같다.

(1) Half-Cylinder로 설계된 사이드 미러의 후류 영역이 Triangular Prism 형상의 사이드 미러 후류 영역보다 더 작게 형성되었고, 거울면의 압력 분포가 더 높아 Half-Cylinder로 설계된 사이드 미러의 항력 값이 더 낮게 나타났다.

(2) 사이드 미러의 후류 영역에서 형성되는 와류 흐름의 압력 진동이 Acoustic Noise에 크게 영향을 미친다는 것을 알 수 있었다.

(3) SPL은 Point1에서 35dB로 가장 크게 예측되었다.

(4) 본 연구를 바탕으로 소음을 줄이기 위한

방법으로 사이드 미러 후류의 압력 진동을 줄이거나, 사이드 미러 형상을 변화시켜 소음발생 영역을 탑승자로부터 멀리 떨어뜨리는 방법이 있을 것으로 사료된다.

#### References

- [1] R. Jaitlee, F. Alam and S. Watkins, *Pressure Measurements on an Automobile Side Rear View Mirror*, 15th Australasian Fluid Mechanics Conference.
- [2] Wolf-Heinrich Hucho et al, 1987, *Aerodynamics of Road Vehicles : From Fluid Mechanics to Vehicle Engineering*, Butterworth & Co. Ltd.
- [3] F. Pérot , J.M. Auger and H. Giardi, *Computation of the noise generated by low Mach number flows around a cylinder and a wall-mounted half-cylinder*, 10th AIAA/CEAS Aeroacoustics Conference.
- [4] Akira Rokugoua, Takahiro Kiwatab, Atsushi Okajimac, Shigeo Kimurab, Hiroki Yamamotod, *Numerical analysis of aerodynamic sound radiated from rectangular cylinder*, Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics 96 (2008).