
자동차 차체의 형상에 따른 공기 유동해석에 관한 연구

이현창¹, 조재웅^{2*}

¹강원대학교 자동차공학과, ^{2*}공주대학교 기계자동차공학부

A Study on Air Flow Analysis due to the Shape of Automotive Body

Hyun-Chang Lee¹, Jae-Ung Cho^{2*}

¹Department of of Vehicle Engineering, Kangwon University

^{2*}Division of Mechanical & Automotive Engineering, Kongju University

요약 본 연구에서는 자동차 차체의 형상에 따른 차체 주위의 유동해석을 이용하여 공기 저항을 연구하였다. 입구평면에서 들어가는 공기 유동 속도가 70km/h와 100km/h인 2가지 경우이다. 승용차의 고속 주행 시(100km/h) 정속 주행(70km/h)보다 큰 항력이 나타나는 것을 알 수 있고 차체의 전방 단면적이 넓은 차가 단면적이 좁은 차보다 항력이 더 크게 나타나는 것을 알 수 있다. 본 해석 결과를 이용하여 공기 저항을 줄일 수 있는 자동차 차체의 형상 설계를 효율적으로 할 수 있다고 사료된다.

주제어 : 공기저항, 차체, 항력계수, 유동해석, 유동속도

Abstract In this study, the air resistance is studied by using flow analysis near automotive body due to the its shape. Flow velocities of airs entering into inlet plane are two kinds of 70 km/h and 100 km/h. Air resistance in case of high speed driving(100 km/h) becomes higher than regular speed driving(70 km/h) and the resistance in case of the car with wider cross section at front side becomes higher than narrower cross section. By using this analysis result, the shape of automotive body can be effectively designed in order to reduce the air resistance.

• **Key Words** : Air resistance, Automotive Body, Coefficient of drag, Flow Analysis, Flow velocity

1. 서론

자동차는 외형의 아름다움이 상당히 중요한 요소가 되는 특징으로 인해 차량의 외형설계 시공력적요인만을 설계에 반영할 수 없고 디자인적인 측면도 적절히 고려한 형상이 설계되는데, 이로 인해 자동차가 고속으로 주행할 때 유동은 차의 주위를 흐르게 되면서 A-pillar vortex, Windshield separation, Side mirror separation, C-pillar vortex, COAND Aeffect 그리고 Diffuser effect 등의 다양하고 복잡한 현상을 발생시킨다. 그리고 이러

한 난류 현상의 발생을 적절히 제어하는 것이 자동차의 공력성능을 향상시키기 위한 연구의 핵심이기도 하다. Yoshioka는 승용차 후방의 유동 특성에 대하여 연구하였고[1], Sapnaras는 풍동 실험을 통해 차량의 undercover 주위로 흐르는 유동의 압력 분포에 대해 분석하였다[2]. Albukrek는 코너링하는 스포츠카 주위의 비정상 유동에 대해 연구하였고, Wassen은 steady blowing조건에서 자동차의 공기저항 감소에 대해 연구하였다[3]. 이에따라 본 연구에서는 차체 주위로 흐르는 외부 유동을 분석·제

*교신저자 : 조재웅(jucho@kongju.ac.kr)

Tel: +82-41-521-9271 email: jucho@kongju.ac.kr

접수일 : 2014년 3월 17일, 수정일 2014년 5월 14일, 게재확정일 : 2014년 5월 24일

어하여 CD를 감소시켜 연비를 향상 시키는데 목적이 있다. 이번 연구에서는 다양한 연구들을 참고하여 자동차 형상을 4가지로 나누어(Car body, Side mirror, Arch, Wheel) 자동차의 고속 주행(100km/h) 조건에서 각 부분이 전체 공기저항에 미치는 영향을 CFD 수치해석을 통해 분석하였다[4]. 최종적인 자동차의 형상이 갖는 CD(항력계수)값은 단순히 각 부분의 형상이 유동장에서 가지는 CD의 값들 간의 단순 합으로 나타나지 않고 적용된 형상이 Car body의 후방 압력 회복에 영향을 주어 CD의 값을 변화시킨다. 따라서 이번 연구에서는 각각의 형상(Side mirror, Arch, Wheel)이 적용되면서 이들 형상이 가지는 자체 CD값과 Baseline의 CD값이 어떻게 변화하는지 살펴보고 그 영향의 정도를 파악하였다[5,6].

2. 연구모델 및 해석조건

2.1 연구모델

본 연구에서는 Fig. 1과 같이 형상이 다른 두 개의 모델에 대하여 속도를 70 km/h 및 100 km/h로 설정한 뒤 공기저항과 항력을 알아보았다.



a) Model 1 (Box car type)



b) Model 2 (Sedan car type)
[Fig. 1] Analysis models 1 and 2

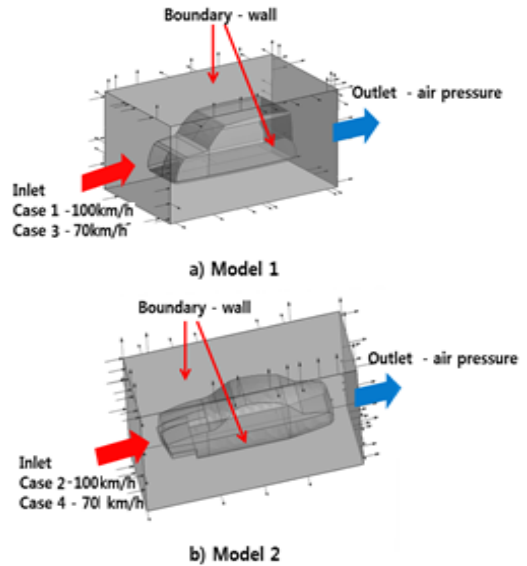
Table 1은 각 모델에 적용된 속도를 나타낸 것이다. Box car type은 Model 1이며 Sedan type은 Model 2이다.

[Table 1] Velocity for each model

	Model	Velocity
Case 1	Model 1	100km/h
Case 2	Model 2	100km/h
Case 3	Model 1	70km/h
Case 4	Model 2	70km/h

2.2 해석 조건 설정

경계조건은 Fig. 2과 같이 설정하였다. Inlet의 속도는 Table 1에서 명시한 것과 같다. 대기 온도는 25°C로 일정하게 설정하였다.

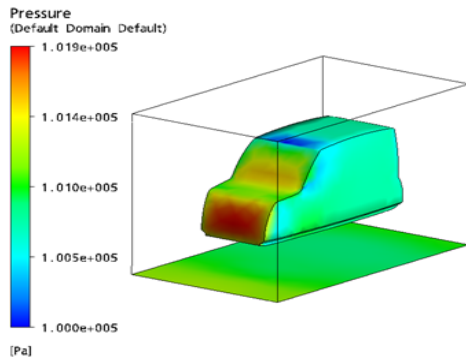


[Fig. 2] Analysis conditions of models 1 and 2

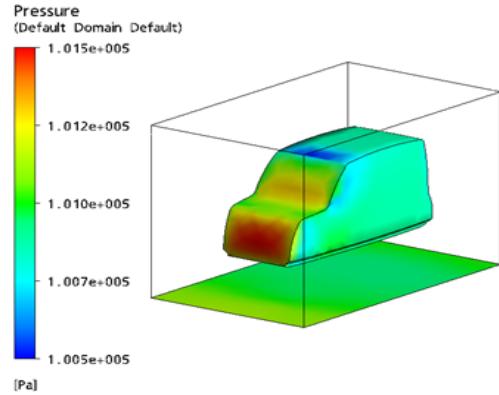
3. 해석결과

3.1 유동압력 해석결과

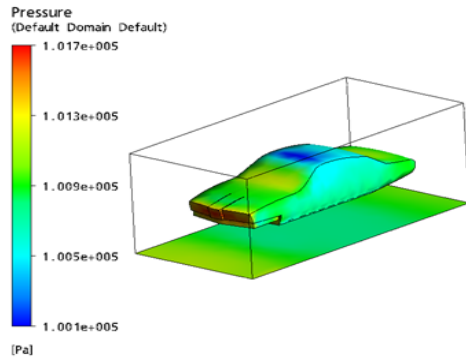
Fig. 3은 100km/h로 차량이 주행하였을 시 전면부 압력결과를 비교한 것이다. Model 1은 전면부에서 최대 0.1019MPa의 압력을 받고 Model 2는 전면부에서 최대 0.1017MPa의 압력을 받는다. 이는 Model 1의 전면부가 Model 2 보다 면적이 크기 때문이다.



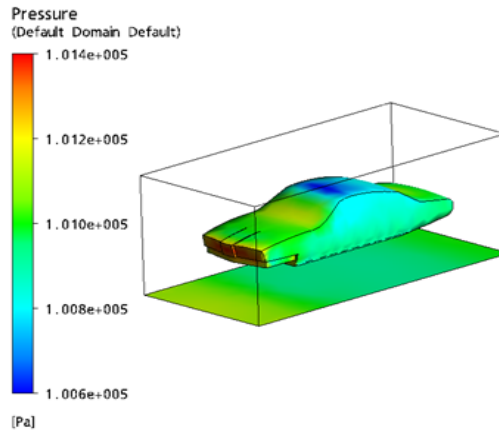
Case 1



Case 3



Case 2



Case 4

[Fig. 3] Pressure on the front part of vehicle for 100km/h

Fig. 4는 70km/h로 차량이 주행하였을 시 전면부 압력 결과를 비교한 것이다. Model 1은 전면부에서 최대 0.1015MPa의 압력을 받고 Model 2는 전면부에서 최대 0.1014MPa의 압력을 받는다. Fig. 3과 Fig. 4의 Case 1 및 Case 3에서 보이는 단면적이 Fig. 3과 Fig. 4의 Case 2 및 Case 4보다 단면적이 보다 높은 것을 확인할 수 있다.

3.2 유동속도 해석결과

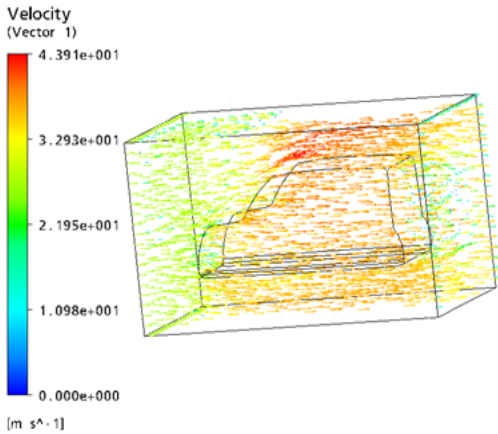
모델에 형상에 따른 100km/h에 대한 속도 벡터를 Fig. 5와 같이 나타내었다. Model 1에서 최대 속도 벡터는 43.91m/s이고, Model 2의 최대 속도 벡터는 42.92m/s이다.

Fig. 6은 70km/h에 대한 속도 벡터를 나타낸 것이다. Model 1에서 최대 속도 벡터는 30.76m/s이고, Model 2의 최대 속도 벡터는 30.14m/s이다. 항력은 항력계수의 영향을 받고 그 항력계수는 속도의 자승과 단면적(A)에 영향을 받는다는걸 수식으로 확인할 수 있다. 이때 속도는

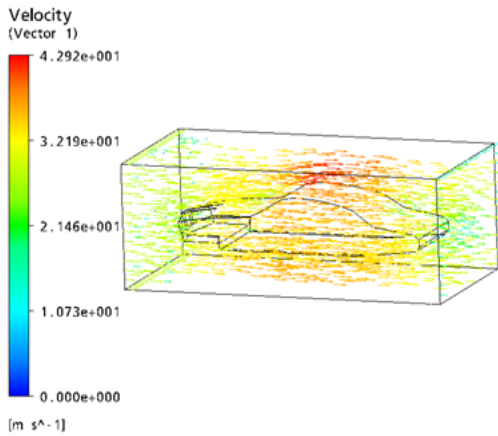
[Fig. 4] Pressure on the front part of vehicle for 70km/h

차량이 받는 공기의 속도로 차량 속도와 일정하다. 따라서 모델에 따른 같은 속도 같은 조건일 때 항력은 단면적에 비례한다. 이때 단면적(A)는 흘러지는 공기 유선의 단면적을 말한다. 즉 공기의 유선이 차 후면까지 최대한 간다면 이때 단면적은 좁아지고 항력 또한 작아지게 된다.

속도가 다른 Fig. 5와 Fig. 6의 Case 1 및 Case 3의 경우가 Fig. 5와 Fig. 6의 Case 2 및 Case 4의 경우보다 같은 항력을 받는 면에서의 단면적이 더 커져 있는 것을 볼 수 있다. 또한 유동 속도가 낮은 Case 3 및 Case 4의 경우가 속도가 높은 Case 1 및 Case 2의 경우보다 유동 속도가 작은 것을 알 수 있다.



Case 1



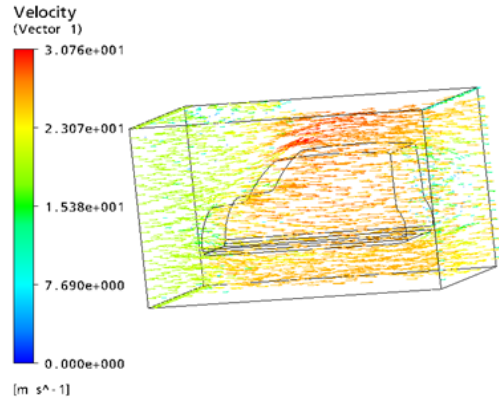
Case 2

[Fig. 5] Velocity on the middle plane of flow stream for velocity of 100km/h in cases of 1 and 2

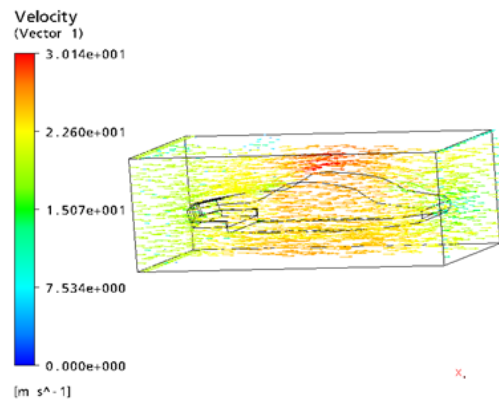
4. 결론

본 연구에서는 자동차 차체의 형상에 따른 차체 주위의 유동해석을 이용하여 공기 저항을 연구하여 다음과 같은 결론을 도출하였다.

1. 자동차의 중요한 형상 부분을 선정하여 CFD 해석을 통해 고속 주행시 각 부분들이 공력 성능에 미치는 영향을 분석·비교하였다.
2. 다른 형상에 따른 차량 주위에 복잡한 유동패턴이 발생하여 차체의 공기저항이 급격하게 증가하였다. 저항이 작용하는 부근에서 손실된 유동의 압력이



Case 3



Case 4

[Fig. 6] Velocity on the middle plane of flow stream for velocity of 70km/h in cases of 3 and 4

차체 후방의 압력회복에 영향을 미침을 확인하였다.

3. 승용차의 고속 주행 시(100km/h) 정속 주행 (70km/h)보다 큰 항력이 나타나는 것을 알 수 있고 차체의 전방 단면적이 넓은 차가 보다 단면적이 작은 차보다 항력이 더 크게 나타나는 것을 알 수 있다. 또한 Inlet에서 들어온 공기가 차량 뒷부분까지 얼마나 공기가 밀려 왔느냐를 확인하여 항력에 영향을 끼치는 요인을 검토하였다.
4. 상기 결과로 공기역학적으로 우수하게 최적화된 모형은 model 2라는 것을 알 수 있고 본 해석 결과를 이용하여 공기 저항을 줄일 수 있는 자동차 차체의 형상 설계를 효율적으로 할 수 있다고 사료된다. 로 파손될 수 있는 부위에 대하여 그 위험성에 대해 알아 볼 수 있었다.

REFERENCES

- [1] J. S. Ha, S. Jeong, and S. Obayashi, "Drag Reduction of a Pickup Truck by a Rear Downward Flap", International Journal of Automotive Technology, Vol. 12, No. 3, pp. 369-374, 2010.
- [2] J. Song, S. Yoshioka, T. Kato, and Y. Kohama, "Characteristics of Flow Behind a Passenger Vehicle", No. 2006-01-1030SAE Paper, 2006.
- [3] P.R.Spalar, W.H.Jou, M. Strelets and S.R. Allmaras, "Comments on the Feasibility of LES for Wings, and on a Hybrid RANS/LES Approach," 1st AFOSR International Conference on DNS/LES, pp. 137-147, 1997.
- [4] Kim, S. H., Kang, S. W., Kim, M. H., Jang, Y. W., Ha, W. I. and Park, J. S., 2004, "Structural Stress and Fatigue Testing of Edge Details", Proceedings of KWJS Spring conference, pp. 267-269.
- [5] S.O.Kang, S.O. Jun, H.I. Park, Y.C.Ku, J. D.Kee, D.H.Hong, K.H.Kim and D.H.Lee, "Influence of Rotating Wheel and Moving Ground Condition to Aerodynamic Performance of 3-dimensional Automobile Configuration," Transactions of KSAE, Vol.18, No.5, pp. 100-107, 2010.
- [6] J.-L. Aider, J.-F. Beaudoin and J. E. Wesfreid, "Drag and Lift Reduction of a 3D Bluffbody Using Active Vortex Generators," Experiments in Fluids, Vol. 48, No. 5, pp. 771-789, 2010.

저자소개

이 현 창(HyunChang Lee)



- Feb. 1981: Inha University, B. S. in Mechanical Engineering
- May. 1989: University of Maryland, M. S. in Mechanical Engineering
- May 1995: Old Dominion University, Ph. D in Mechanical Engineering
- 1996 ~ Present : Professor, Dept. of Vehicle Engineering, Kangwon National University

<Field of Specialization> :

System Identification
 Structural Analysis
 Finite Element Method
 ELV Recycling
 Design & Analysis of Machine & Automobile

조 재 응(Jae-Ung Cho)



- Feb. 1980: Inha University, B. S. in Mechanical Engineering
- Feb. 1982 : Inha University, M. S. in Mechanical Engineering
- Aug. 1986: Inha University, , Ph. D in Mechanical Engineering
- 1988 ~ Present : Professor, Div. of Mechanical & Automotive Engineering, Kongju National University

<Field of Specialization> :

Fracture Mechanics(Dynamic Impact)
 Impact Fracture of Composite Material)
 Fatigue and Strength Evaluation
 Durability and Optimum Design
 Design & Analysis of Machine & Automobile