

## 이륜차 보호유리의 장착 기울기에 따른 이륜차 주위에서의 유동 해석

한문식<sup>a</sup>, 조재웅<sup>b\*</sup>

## Flow Analysis of Mounting Gradient of Protective Glass Around Motorcycle

Moonsik Han<sup>a</sup>, Jaeung Cho<sup>b\*</sup><sup>a</sup> Department of Mechanical and Automotive Engineering, Keimyung University,  
2800 Dalgubeoldae-ro, Dalseo-Gu, Daegu 704-701, Korea,<sup>b</sup> Department of Mechanical Engineering, Kongju National University,  
275, Budae-dong, Seobuk-gu, Cheonan-si, Chungnam 331-717, Korea

## ARTICLE INFO

## Article history:

Received 14 March 2014

Revised 13 September 2014

Accepted 14 November 2014

## Keywords:

Motorcycle protective glass

Mounting gradient

Flow resistance

Pressure

Boarding height

## ABSTRACT

In this study, driving efficiency and the safety of motorcycle drivers due to the mounting gradient of motorcycle protective glass are investigated through flow analysis. Mounting gradients of motorcycle protective glass in models 1, 2, and 3 are 60°, 70°, and 80°, respectively. Wind velocity of 100 km/h is applied to the protective glass installed at the front of each model. The flow resistance values of models 2 and 3 are 1.2 and 1.5 times, respectively, that of model 1. The driving efficiency of model 1 is the highest among the three models. Pressure to the driver's face in models 2 and 3 is 1.2 times higher than in model 1. Because the pressure to the driver's face in model 1, with mounting gradient of 60°, is the lowest among the three models, model 1 is the safest. This result can be applied to improve the safety of motorcycle drivers.

## 1. 서론

이륜차의 보호유리 부분은 일반적으로 방패모양으로 설치되어 강한 바람으로부터 운전자를 보호하는 역할을 하지만, 전체적인 이미지를 결정하는 중요한 요소이기도 하다. 최근에는 공기저항을 줄이기 위해 크기가 작아지고 있으며, 극단적인 경우에는 아예 없애기도 한다. 따라서 유동층을 전산유체역학 해석을 이용하여 측풍이나 돌풍에 대비하기 위해 유한요소법을 사용한다. 유한요소법은 경계조건을 정확하고 쉽게 처리하며 복잡한 형상을 가진 모델의 유동을 해석하기 적합하고 공간 차분을 자연적으로 얻어내는 이점이 있다. 이에 따라 차체 주위의 유동을 전산유체역학으로 시뮬레이션 해석을 해 오고 있다<sup>1-6)</sup>. 고유가 시대에 발맞추

어 저연비 고성능 자동차에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 고속 주행 시 대부분의 에너지가 차량 앞의 공기를 밀어내는데 사용된다.

EPA Highway cycle에서 평균속도 77 km/h로 주행할 때 필요한 에너지의 50% 이상이 공기 항력을 이겨내는데 사용된다고 한다. 속도를 올릴수록 공기저항이 급격히 증가하여, 타이어의 롤링 저항보다 더 큰 비중을 차지하게 되므로 결국 89 km/h 이상부터는 연비가 급격히 감소한다. 즉 연비가 급격히 감소하는 이유는 항력이 속도의 자승에 비례하여 증가하기 때문이다. 또한 항력감소는 직접적으로 차량의 연료소비를 감소를 가져오게 된다. 결과적으로 항력을 줄이기 위한 연구가 증가되고 있다. 본 연구는 자동차와 마찬가지로 이륜차에 장착된 보호유리도 형상 최적화가 필

\* Corresponding author. Tel.: +82-41-521-9271

Fax: +82-41-555-9123

E-mail address: jucho@kongju.ac.kr (Jaeung Cho).

요하므로<sup>[7-9]</sup>, 이륜차 운행에 있어 공기 저항을 줄일 수 있는 효과와 운전자에게 미치는 영향을 고찰한다.

본 연구에서는 시중에 운전되는 오토바이인 이륜차 보호유리 기울기에 따른 세 가지 모델들을 설계하였으며, 이륜차가 운행함에 따라 공기가 직접 전면부에 부딪힘을 묘사하였다.

따라서 이 세 가지 모델들을 기초로 하여 ANSYS CFD<sup>[10]</sup>로서 각 모델의 보호유리의 기울기에 따라 모델 전면부에 직접 공기를 맞부딪히게 하여 흐르게 하여 유동저항 해석을 하였다. 또한 유체의 흐름 및 속력 분포 등고선들을 기준으로 판단하여 유체가 모델에 작용하는 항력의 대소를 비교하여 판단한다. 이륜차의 보호유리의 기울기가 낮아질수록 운전자의 안면 부분에 압력이 낮아지므로 안정성이 높아지고 운전자의 몸체가 보호유리높이 이하가 되도록 운전자의 승차높이를 변화시켜 준다면 운전자의 안정성을 더욱 효과적으로 높일 수 있다.

본 연구 결과를 이용하면, 이륜차에서의 운전자의 안전성 개선에 효율적으로 적용할 수 있으리라 사료된다.

## 2. 연구모델 및 해석결과

### 2.1 연구 모델

본 연구 모델의 크기는 길이가 1820 mm, 폭이 700 mm, 높이가 1700 mm이며 Fig. 1에서 Fig. 3과 같이 3가지 보호유리 기울기에 따른 이륜차의 설계 모델들로 구성하였다. Model 1, 2 및 3은 각각 60°, 70° 및 80°이다. 오토바이 보호유리의 높이는 보통 운전자의 가슴이나 목의 높이와 같은 수평선에 있다.

본 논문에서 오토바이 보호유리의 높이는 운전자의 목 부위에 되어 있는 것을 볼 수 있다. 오토바이의 보호유리는 보호자 상체 부분에 보호역할을 하고 있는 게 맞지만 일반적으로 보호유리가 운전자의 무릎을 보호하는 케이스와 같이 연결되어 있는 경우가 많다.

본 논문의 해석 모델은 운전자의 무릎을 보호하는 케이스와 보호유리를 한 가지로 단순화하였다. 따라서 이 오토바이 모델의 설계는 현실적으로 설계되었다는 것을 확인할 수 있다.

Fig. 1, 2 및 3과 같은 각각의 고체 모델 주위에 사각부스의 유동 해석 모델을 만들고, 이륜차 자체의 모델을 제외한 유동 해석 모델은 4면체 요소로서 절점 수 및 요소 수는 Table 1과 같다.

Table 1 List of meshes at automotive body models of 1, 2 and 3

	Node Number	Element Number
Model 1	116265	596279
Model 2	115517	592648
Model 3	117148	601298

### 2.2 모델의 경계조건

본 논문에서의 지배방정식은 Continuity방정식으로 해석을 수행하였고 Shear Stress Transport (SST) 난류 모델이 레이놀즈 수에 적용성이 훨씬 넓기 때문에 SST 모델로 선정하여 지배방정식으로 Reynolds-averaged Navier-Stokes equation을 사용하여

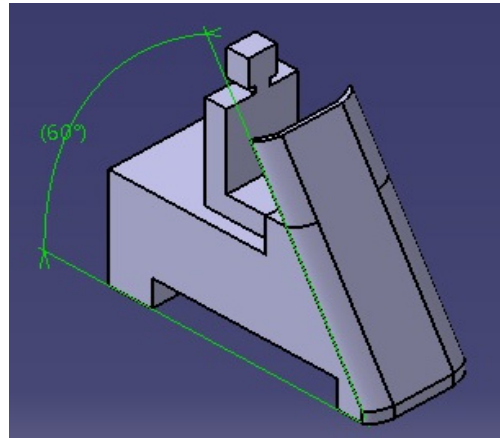


Fig. 1 Motorcycle configuration of model 1

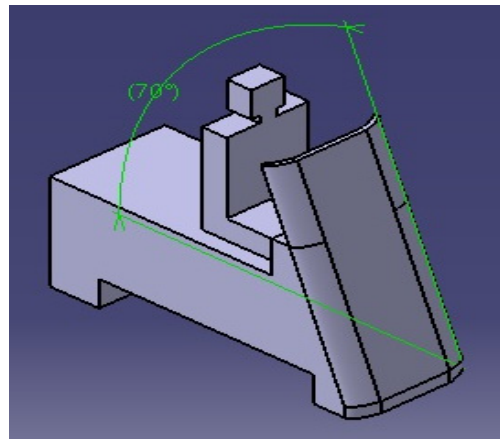


Fig. 2 Motorcycle configuration of model 2

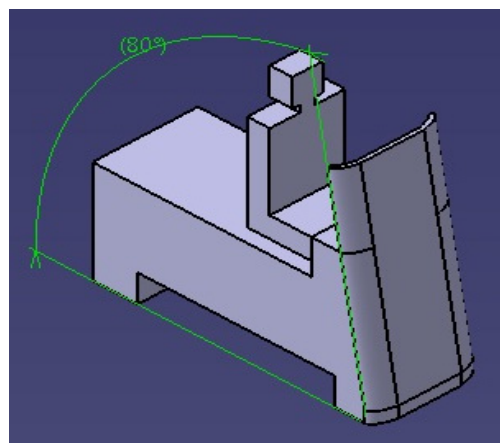


Fig. 3 Motorcycle configuration of model 3

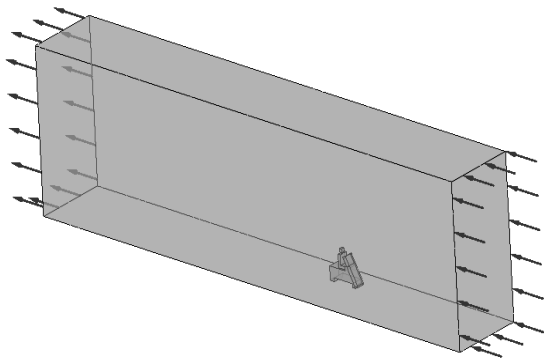


Fig. 4 Boundary condition of model 1

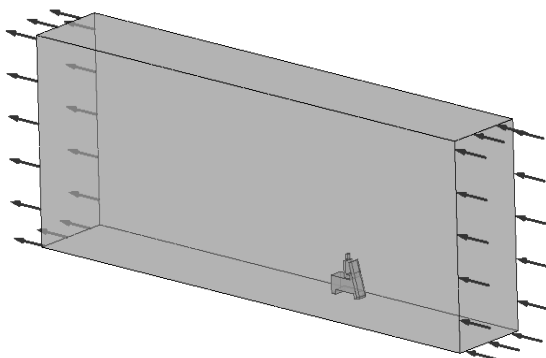


Fig. 5 Boundary condition of model 2

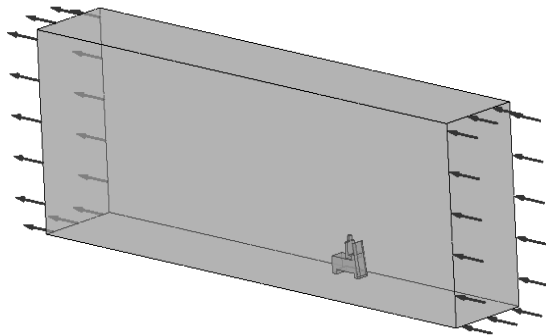


Fig. 6 Boundary condition of model 3

Steady State로 해석을 수행하였다. 그리고 해석결과는 Time-Average의 그림으로 나타났다. Fig. 4, 5 및 6은 각각의 이륜차 Model 1, 2 및 3에 대한 각각의 유동 해석 모델 및 유동해석의 경계조건을 나타낸다<sup>8)</sup>. 그리고 계산 영역은 모델 크기를 H라고 하고, 모델로부터의 거리가 각각입구 영역은 5H 정도, 출구영역은 10H 정도, 측면 영역은 좌우로 3H 정도, 위쪽으로는 5H 정도로 설정하였다. 모델에 대한 유동해석의 경계조건은 각각의 사각부스의 입구에 Normal Speed 조건으로 100 km/h의 바람 조건을 주었다. 또한 사각부스의 출구에는 평균압력 값이 0 atm으로 유지하기 위해 출구에서는 Average Static Pressure 조건을 0 atm으로 설정하였다.

본 해석에서 유체의 외벽에서 상태압력과 속도 방향을 지정해야 하기 때문에 나머지 벽에는 Opening Pressure and Direction으로 설정하였다. 오토바이가 100 km/h로 주행 중에 벽들의 상대 압력은 0 pa로 설정하였고 속도 방향은 Cartesian Coordinate로서 입구방향, 즉 -X 방향으로 설정하였다.

CFD 해석방법으로서는 수렴기준을 정하여 해석 결과를 수렴하게 하고 부피분을 방적식의 수렴 기준은 지정된 잔여 대상 값 보다 10배 이상의 요소를 가지고 있으며, 모든 유동 방정식에 대하여 정의될 수 있다<sup>11)</sup>.

Model 1, 2 및 3의 유동장에 대한 길이가 30 m, 폭이 8.85 m, 높이가 4.5 m이고 Model 1, 2 및 3은 최대 100번 수렴조건을 가지고 잔여 대상 값이 10<sup>-4</sup>의 오차 한도비로서 그 기준을 설정하여 수렴되고 있어 유동 해석 결과가 검증될 수 있다. 따라서 격자수 또는 크기 설정은 본 모델의 유동해석으로서는 타당하다고 사료된다.

### 2.3 해석 결과

Fig. 7, 8 및 9는 Model 1, 2 및 3에 대한 각 유동모델에서의 유동의 측면 속도를 나타낸다. Fig. 7부터 9와 같이 모델의 보호유리 끝 부분과 머리 부분에서 공기 유속이 가장 빠르게 나타났다. Model 1의 최대 속도는 Fig. 7과 같이 129.9 km/h로 나타났다. Model 2의 경우는 Fig. 8과 같이 131.7 km/h의 속도로 더 높았으며, Model 3은 Fig. 9와 같이 135.1 km/h로 가장 높았다. 그리고 공통적으로 보호유리와 운전자사이에서 보호유리높이 이하로는 낮은 속도를 나타냈다.

Fig. 10, 11 및 12는 Model 1, 2 및 3에 대한 각 유동 모델에서의 전면, 중간면 및 후면의 세 면들로 나누어 그 유동 속도를 고찰하였다. 공통적으로 가운데 부분에서 유동속도가 각각 최대치와 최소치에 이르렀다. 부분적으로 머리 위부분에서 미소하게 그 속도가 외부 유동 속도가 빠르다고 볼 수 있다. 모델에서 보인 것처럼 운전자가 직각으로 머리가 세워 있는 상황에서는 바람의 영향을 더 받을 수 있다고 보여 맞부딪혀 오는 바람의 속도가 더 일어 날 수가 있다고 사료된다.

Fig. 13, 14 및 15는 Model 1, 2 및 3에 대한 유동 모델에서의 각각에 대한 공기저항압력이다. 공통적으로 각 모델들은 앞부분에서 가장 높았다. Model 1은 Fig. 13과 같이 488.7 Pa로 나타났고 Model 2는 Fig. 14와 같이 506.9 Pa로 Model 1보다 높았으며, Model 3은 Fig. 15와 같이 507.7 Pa로 Model 2와 거의 동등한 값을 나타냈다.

$$Ra = Ua \times A \times V^2 \tag{1}$$

$$Ra/9.8A = Pa = Ua/9.8 \times V^2 \tag{2}$$

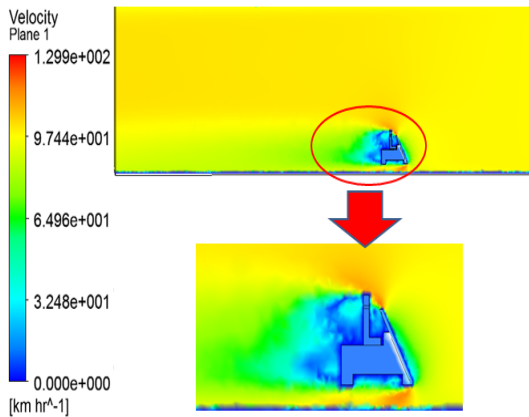


Fig. 7 Velocity configuration at the side plane of flow model (model 1)

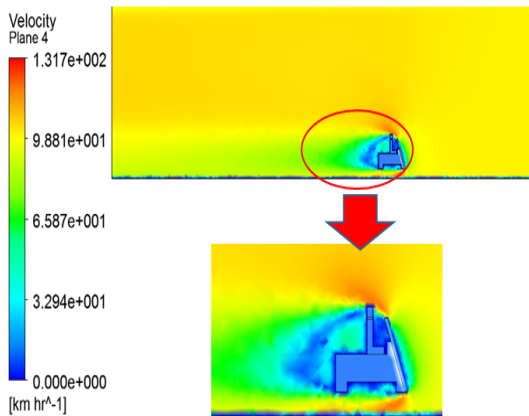


Fig. 8 Velocity configuration at the side plane of flow model (model 2)

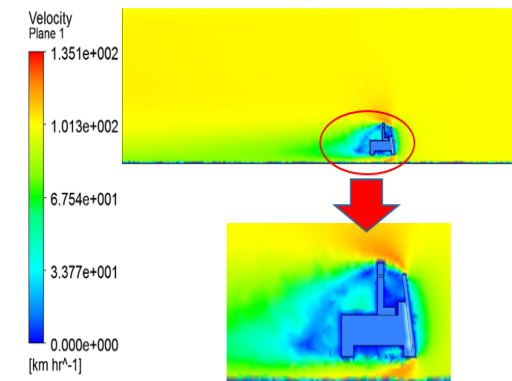


Fig. 9 Velocity configuration at the side plane of flow model (model 3)

$$Ra = 9.8Pa \times A \quad (3)$$

Ra : 공기저항력(Kgf)

Ua : 공기저항 계수

A : 투영면적(m<sup>2</sup>)

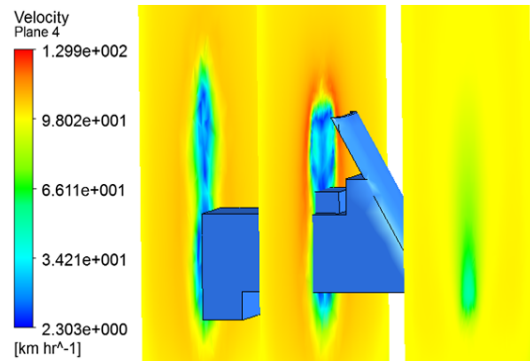


Fig. 10 Velocity configurations at front, middle and rear planes of flow model (model 1)

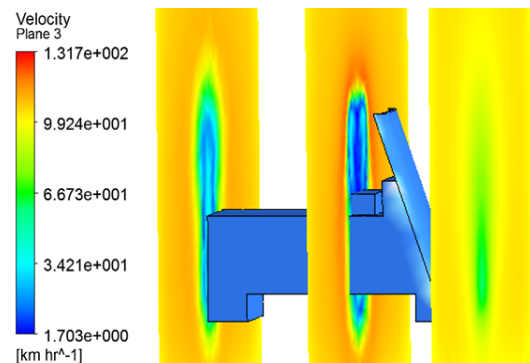


Fig. 11 Velocity configurations at front, middle and rear planes of flow model (model 2)

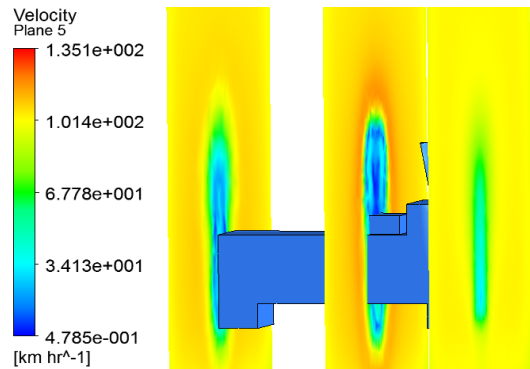


Fig. 12 Velocity configurations at front, middle and rear planes of flow model (model 3)

V : 속도(m/s)

Pa : 압력(N/m<sup>2</sup>)

(1), (2)의 식들을 통해서 공기저항은 압력과 비례관계인 (3)식을 만들 수 있으며, 공기저항이 압력과 투영 면적에 비례한 것을 알 수 있다. 그러므로 Table 2에서와 같이 Model들 중 Model 1의 압력과 투영 면적이 가장 작으므로 그 공기 저항력이 가장 낮음을 알 수 있으며, Model 2는 Model 1보다 높고 Model 3의 공기 저

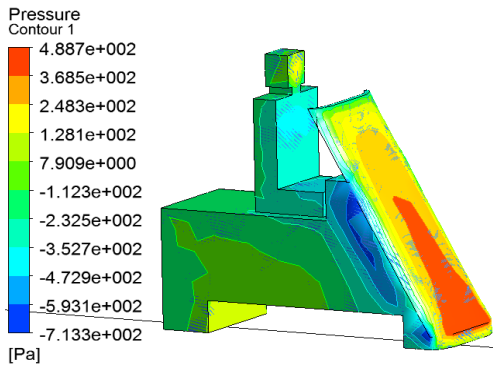


Fig. 13 Pressure configuration of air resistance at flow model (model 1)

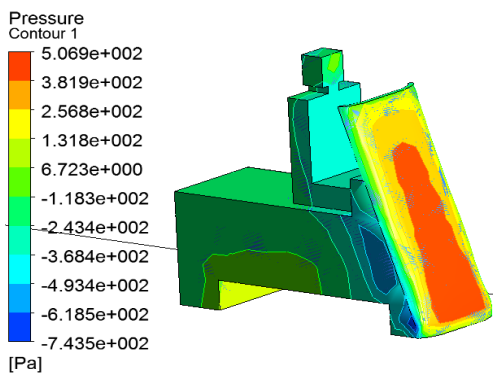


Fig. 14 Pressure configuration of air resistance at flow model (model 2)

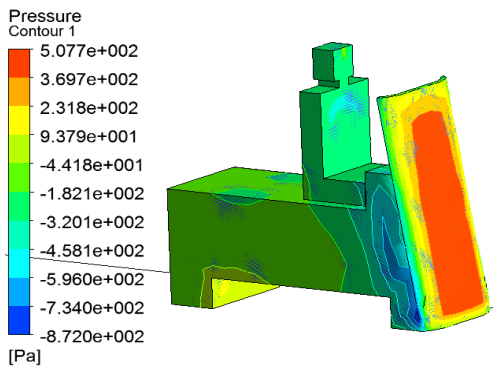


Fig. 15 Pressure configuration of air resistance at flow model (model 3)

항력은 Model 2의 공기 저항력과 큰 차이가 없다는 것을 알 수 있다.

따라서 각 모델에 대한 투영면적으로 인한 최대 공기 저항 압력 들은 Model 2가 Model 1보다 약 1.04배 크고, Model 3은 Model 2와 거의 동등한 값을 가짐으로서 Model 3은 Model 1보다 약 1.04배 크게 나타났다.

또한 오토바이의 보호 유리의 경사 각도로서 Model 1, 2 및 3에 대하여 각각 60°, 70° 및 80°로 정하였는데, 이는 그 경사각도가

Table 2 Maximum Pressure of air resistance at flow model (model 1, 2 and 3)

	Model 1	Model 2	Model 3
Maximum pressure (Pa)	488.7	506.9	507.7
Projection area (m <sup>2</sup> )	0.96533	1.04268	1.09005
Air resistance force (kgf)	4623.2	5179.6	5423.5

제일 작은 Model 1이 주행성능이 좋다고 판단된다. 즉 보호유리의 장착기울기가 낮을수록 공기의 저항력이 낮아지므로 그 경사 각도를 더 낮추면 낮출수록 그 성능이 좋을 수 있다. 그러나 운전자의 몸체가 보호유리높이 이하가 되도록 하여 운전자의 안정성을 높이려면 그 경사 각도를 Model 1에서의 60° 이하로 더 낮출 수는 없다고 사료된다.

### 3. 결론

본 연구에서는 시중에 상용되는 오토바이의 모델들로서 이륜차의 보호유리 주위의 유동모델에 대한 속도 및 압력에 관한 연구 결과를 통하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

유동 모델에 있어서의 공기 저항으로 인한 저항력은 Model 3, Model 2 및 Model 1의 순으로 투영 면적이 증가할수록 커진다. Model 2가 Model 1보다 1.12배 크고, Model 3은 Model 2보다 1.047배 크다. 따라서 Model 3은 Model 1보다 1.17배로 가장 크게 나타났다. 그리고 Model 1, 2 및 3에 대하여 각각 60°부터 80°까지 보호 유리의 경사 각도를 주었는데 보호유리의 장착기울기가 낮을수록 공기의 저항력이 낮아지므로 주행효율이 높아진다고 판단된다. 그러므로 그 경사 각도를 더 낮추면 낮출수록 그 성능이 좋을 수 있으나 운전자의 몸체가 보호유리높이 이하가 되도록 하여 운전자의 안정성을 높이려면 그 경사 각도를 Model 1에서의 60° 이하로 더 낮출 수는 없다고 사료된다. 따라서 운전자의 몸체가 보호유리높이 이하가 되도록 운전자의 승차높이를 변화시켜 준다면 운전자의 안정성을 더욱 효과적으로 높일 수 있다고 보인다. 또한 본 연구 결과를 바탕으로 하여 이륜차에서의 운전자의 안전성 개선에 효율적으로 적용할 수 있으리라 사료된다.

### References

[1] Jung, Y. R., Kang, D. M., Park, W. G., 2001, Numerical Analysis of Flow Characteristic Around an Automobile with Variation of Slant Angle of Rear End, Transactions of Korea Society of Automotive Engineers 9:1 75-83.  
 [2] Kang, S. W., Choi, H. G., Yoo, J. Y., 2002, Parallelized Dynamic Large

- Eddy Simulation of Turbulent Flow Around a Vehicle Model, KSME 2002 Spring & Autumn Conference 5 1562-1567.
- [3] Cho, J. U., Han, M. S., 2010, Flow Analysis on the Outside of Automotive Body, *Journal of the Korean Society of Manufacturing Process Engineers* 9:1 55-60.
- [4] Jin, W. J., 2012, A Numerical Study on the Flow around Automobile Proceedings of KSPE 2012 Spring Conference 10 555-558.
- [5] Kim, E. S., Lee, H. S., Oh, J. H., Ko, K. H., Kim, C. I., Kang, S. J., 2012, The Flow Analysis of Low-Density for Mold Design of External Panel for Heavy Vehicle, KSMTE 2013 Spring Conference 3.
- [6] Choi, J. P., Kim, B. H., Choi, W. S., Kim, S. D., Min, J. W., Yoo, S. E., 2009, Design of Channel Structure for Automotive Air Quality Sensor System using Computational Fluid Dynamic Analysis KSMTE 2009 Spring Conference 436-440.
- [7] Lee, D. R., 2006, Investigation of Aerodynamic Characteristics of a Medium-Size Vehicle, *Journal of the Korean Society for Power System Engineering* 10:2 22-28.
- [8] Cho, J. U., Han, M. S., 2014, Air Resistance Due to the Deflector Configuration of Commonly Used Largetrucks, *Journal of the Korean Society of Manufacturing Technology Engineers* 23:2 138-144.
- [9] Kang, D. M., Jung, Y. R., Park, W. G., Ha, S. D., 1999, Numerical analysis of flow field around an automobile with variation of yaw angles, *Journal of Computational Fluids Engineering* 4:3 1-11.
- [10] Swanson, J., 2009, Ansys CFD 12.0, Ansys. Inc.