

EDISON-CFD를 활용한 대형 트럭 디플렉터 형상에 따른 항력 감소 효과에 관한 연구

박 상 현^{1*}

¹충남대학교 항공우주공학과

대형 화물 트럭(*heavy-duty truck*)은 화물 적재에 용이하지만, 공기역학적으로 불리한 형상을 가진다. 이러한 단점을 극복하고자 대형 화물 트럭에는 공기저항력(*aerodynamic drag*)을 줄일 수 있는 여러 가지 장치가 달려 있다. 본 논문에서는 디플렉터(*deflector*) 형상이 항력 감소에 어떠한 영향을 주며, 평판 형태와 굴곡진 형태의 디플렉터 형상에 대한 항력 계수 비교를 EDISON-CFD를 활용하여 비교하였다. 해석 결과, 측풍(*side-wind*)의 영향을 무시하며 차량 속도 95 km/h로 등속을 유지하는 조건에서 평판 형태의 Model 1과 바깥으로 굴곡진 Model 2에서 전체 항력 계수가 낮게 나타났다.

Key Words : 공기저항력(*Aerodynamic drag*), 정상유동(*Steady Flow*), 이차원 비압축성 유동(*2D-Incompressible flow*), 디플렉터(*deflector*)

1. 서 론

대형 화물 트럭은 화물을 적재하여 운송하기 용이하도록 차량 진행방향으로 긴 직육면체의 형태를 가진다. 이처럼 진행방향으로 긴 직육면체 형상의 경우, 일반적인 승용차의 형상과 비교해 보면 공기역학적으로 매우 불리하다. 더욱이 후방에 컨테이너를 연결하여 차체의 길이가 더욱 길어지는 트랙터-트레일러(*tractor-trailer*)의 경우, 차량길이의 증대로 인한 공기저항력 또한 크게 증가하게 된다.

일반적으로 차량이 등속으로 주행하기 위한 최소한의 동력은 차량의 중량에 의한 도로면과의 굴림저항력(*rolling resistance force*)과 공기저항력(*aerodynamic drag force*)보다 커야한다. 굴림저항력은 차량의 무게와 도로면의 거칠기 등에 영향을 받지만, 공기저항력은 차량의 속도가 96 km/h에 도달하면 차량에 가해지는 전체 저항력의 절반가량을 차지하게 된다[1]. 이처럼 속도가 증가함에 따라 크기가 증가하는 공기저항력은 차량 성능에 큰 영향을 주며, 차량의 진행방향으로의 공기저항력을 극복하기 위해서는 보다 많은 연료를 소비해야만 한다.

본 논문에서는 EDISON-CFD를 활용하여 대형 화물 트럭의 디플렉터(*deflector*) 형상에 따른 항력 변화와 주변 유동장 변화에 대한 경향성을 수치적으로 분석하였다.

2. 본 론

2.1 해석조건 및 모델 형상

수치해석을 진행하기 위해서 선행논문[2]의 모델 제원을 참고하여 연구를 진행하였으며, 차량의 측풍(*side-wind*)으로 인한 효과는 무시하였다. 차량 형상과 디플렉터 형상의 경우, 전처리 프로그램인 eMEGA를 활용하여 설계를 진행하였으며, Fig. 1에서처럼 평판 형상과 굴곡 형상을 설계하여 비교하였다. 굴곡 형상의 디플렉터 설계는 eMEGA의 *cubic spline*을 활용하였으며, 본 논문의 목적 상 기초 형상 변화에 따른 항력 감소 효과를 확인하는 것이므로 구체적인 타원방정식에 의하

Table 1 Initial and Boundary Conditions

EDISON 2D Incomp_P/Steady flow			
Model No.	Model 1	Model 2	Model 3
형상	평판	바깥 굴곡	안쪽 굴곡
Velocity	$(\rho_{air} : 1.225 \text{ kg/m}^3, \text{ reference length} : 1.4 \text{ m})$ 90 km/h (25 m/s) Reynolds number : 2.33×10^6		
CFL	0.5		
Number of grid	27,000	43,000	80,000
Error tolerance	0.0001		
난류 모델	Turbulent, Menter's k-omega		
Boundary conditions	위쪽 : Far-field 아래쪽 지면 : Viscous adiabatic wall 왼쪽/오른쪽 : Subsonic inlet/outlet		

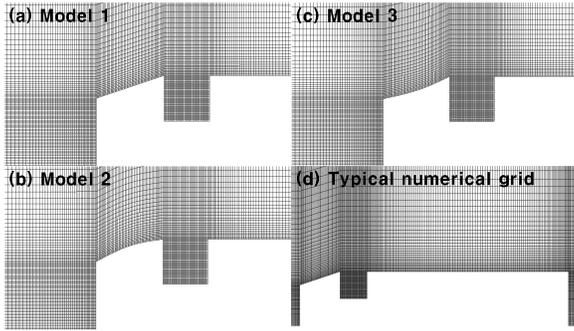


Fig. 1 Configuration of Deflector and Typical Numerical Grid of Model Truck

여 설계한 것은 아니다. 해석을 위한 초기 및 경계 조건은 다음 Table 1의 내용과 같다.

2.3 해석 결과

전처리 프로그램 eMEGA로 형상과 격자를 설계하고, eDAVA를 활용하여 해석의 수렴여부와 디플렉터 형상에 따른 전체 항력 계수(total drag coefficient)를 구하였다.

각각의 디플렉터 형상에 따라서 격자수를 약 20,000개, 43,000개, 80,000개로 늘려가며 해석을 진행한 결과, 차량 속도 95 km/h(25 m/s)로 등속 주행 시, 비교적 적은 격자수에서는 Model 1과 Model 2의 디플렉터 형상을 가지는 모델 트럭에서 전체 항력 계수가 낮은 수치를 가지며, 격자수 80,000개 해석모델에서는 Model 3의 전체 항력 계수가 줄어드는 결과를 Table 2로 나타내었다.

Table 2 Comparison of Total Drag Coefficient

Number of Grid	27,000			43,000			80,000		
	Model No. 1	Model 2	Model 3	Model 1	Model 2	Model 3	Model 1	Model 2	Model 3
Total Drag Coefficient	2.06	1.86	2.16	1.58	1.78	2.41	2.67	2.78	2.66

Figure 2는 격자수 80,000개에서의 디플렉터 형상에 따른 압력장의 모습이다. Fig. 2를 살펴보면 서로 다른 디플렉터 모델로 인해 해석 모델 앞부분의 압력분포가 변하는 것을 확인할 수 있다. 계산된 전체 항력 계수를 살펴보면 선행 논문[2]의 형상에 따른 항력 계수보다 비교적 크게 나왔는데, 이러한 이유로는 모델 트럭 형상의 단순한 설계를 위해서 해석 모델의 하단부(바퀴)를 통과하는 유동 흐름이 없도록 바닥면과 일치시킨 점과 항력계수를 구간별로 계산하는 과정에서 트럭 모델 형상 외의 부분, 즉 트럭 모델의 앞, 뒤의 경계조건

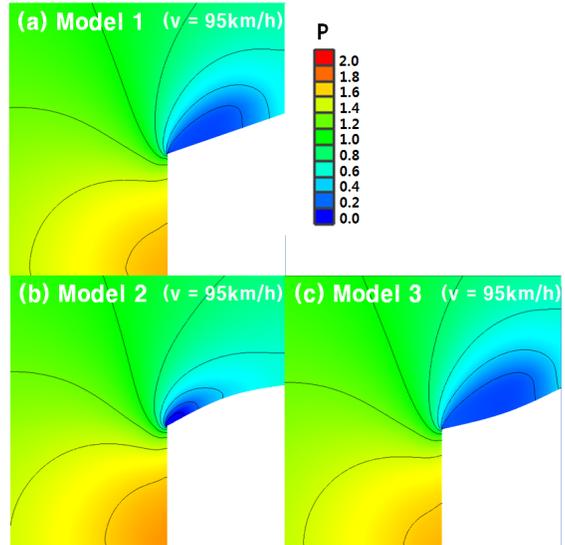


Fig. 2 Pressure Field of Model Truck (Number of Grid = 80,000)

(viscous adiabatic wall)으로 인한 지면 항력까지 포함된 점이 선행 논문[2]에 비해 비교적 높은 전체 항력 계수 값을 얻게 된 이유로 판단된다.

3. 결론

트레일러-트럭의 디플렉터 형상에 따른 항력 감소에 대한 경향성을 EDISON-CFD를 활용하여 분석하였다. 전처리 프로그램인 eMEGA를 통해 해석 모델을 설계하고 격자를 생성하였으며, eDAVA를 활용하여 해석의 수렴성과 해석 모델의 전체 항력 계수를 계산하였다.

해석 결과, 95 km/h의 속도로 등속 주행하며 측풍의 영향을 고려하지 않았을 경우에 Model 1과 Model 2에서 항력계수가 적게 나왔으며, 격자수를 증가시키며 해석을 진행한 결과 디플렉터 형상 별 전체 항력 계수가 변하였다. 전체 항력 계수의 경우 선행 논문에 비해 비교적 큰 결과 값이 나왔다. 이러한 이유로는 트럭을 모델링하는데 있어 형상을 단순화시키기 위해 해석 모델의 하단부를 통과하는 유동 흐름이 없도록 바닥면과 일치시킨 점과 모델 형상의 앞, 뒤의 지면으로부터의 항력까지 포함되었기 때문으로 판단된다.

이러한 점을 보완하고자, 추후 격자수를 충분히 늘려가며 형상 별 전체 항력 계수 값의 변화가 최소화 되도록 하는 해석 연구를 진행할 예정이다.

후 기

본 논문은 2016년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단 첨단 사이언스·교육 허브 개발 사업의 지원을 받아 수행된 연구임(No. NRF-2016M3C1A6937383)

References

- [1] 1982, 이경태, 김종철, 홍영식, “공기역학적 저항감소 장치에 의한 트랙터-트레일러의 연료절감,” 한국항공우주학회지, pp.80-90.
- [2] 2006, Kim, C.H., “An Effect of Roof-Fairing and Deflector System on the Reduction of Aerodynamic Drag of a Heavy-Duty Truck,” KSAE, vol.14, pp.190-201.