

# 1/10 Scale 차량을 이용한 타이어 미세먼지 시뮬레이터

김지성\*, 김도영\*\*, 최원영\*\*, 최갑승\*\*

\*동명대학교 대학원 기계시스템공학과

\*\*동명대학교 자동차공학과

e-mail:kschoi@tu.ac.kr

## Tire Wear Particles Simulator Using 1/10 Scale Car

Ji-Seong Kim\*, Do-Young Kim\*\*, Won-Young Choi\*\*, Kap-Seung Choi\*

\*Graduate School of Mechanical System Engineering, Tongmyoung University

\*\*Department of Automotive Engineering, Tongmyoung University

### 요약

타이어 미세먼지는 물리적, 화학적으로 발생하며, PM10, PM2.5, PM1.0를 발생시킨다. 타이어 미세먼지는 실차와 시뮬레이터를 이용하여 측정한다. 실차를 통한 측정은 배경미세먼지, 온도, 습도, 주행특성등에 영향을 받아 오차가 발생하며, 시뮬레이터의 경우 외부환경적 요인에 의한 영향은 적지만 실제 주행환경을 모사할 수 없는 단점이 있다. 따라서 타이어 미세먼지는 실차를 이용한 측정이 더 중요한데, 측정값은 다양한 변수에 의해 달라지므로 변수에 따른 특성을 파악해야한다.

본 논문에서는 1/10 Scale 차량을 이용한 타이어 미세먼지 시뮬레이터를 제작하고 타이어 미세먼지를 측정할 수 있도록 하였다. 테스트 챔버를 구성하여 외부환경적 요인을 차단하고, 유동발생장치를 통해 차량 주변의 유동흐름을 구현하고 새시디어나모미터를 통해 타이어 마모 및 주행속도를 측정할 수 있도록 구성하여 다양한 변수에 대한 측정을 통해 추후 진행 될 실차를 이용한 타이어 미세먼지 측정에 대한 기초데이터로 활용하였다.

## 1. 서론

타이어 미세먼지(TWPs, Tire Wear Particles)는 피로, 접착, 마멸의 물리적인 마모에 의해 발생하는 미세먼지와 급제동과 같이 타이어 온도를 급격하게 상승시키는 요인으로 인해 타이어 성분 내의 휘발성분의 휘발과 주변온도에 의한 응축으로 발생하는 화학적 마모 미세먼지가 있다. 물리적 마모에 의한 TWPs는 PM10, PM2.5 등을 배출하며, Euro6 규제를 따르고 있는 배기가스보다 더 많은 양의 미세먼지를 발생시킨다는 연구결과가 있다.

TWPs측정에 대한 연구는 주로 실차와 시뮬레이터를 사용한다. TWPs는 타이어 종류, 차량 구동방식, 차량 무게, 주행 속도, 주변 온도 및 습도 등에 영향을 받아 측정값이 달라진다. 실차를 이용하여 측정하는 경우 외부환경에 의해 측정값의 오차가 크게 나타나며 정확도가 떨어진다. 시뮬레이터의 경우 외부환경에 의한 영향은 적지만 실 주행환경을 모사할 수 없어 측정값에 대한 신뢰성 문제가 있다. 그동안 여러 연구자들이 타이어 미세먼지에 대한 측정실험을 통해 발생량, 입자특성 등을 연구하였지만, 시뮬레이터마다 측정값이 달라지는 문제가 있어 각 연구마다 측정결과가 다르게 나타났다. 따라서 TWPs 측정에 대한 연구를 진행하기 위해서는 변수

에 따라 달라지는 발생량의 변화에 대한 기초데이터 확보가 필수적으로 필요하다.

따라서 본 연구에서는 실차 또는 실제 타이어를 이용하는 시뮬레이터를 통한 실험을 하기에 앞서, 선행연구로 1/10 Scale 차량을 이용하여 TWPs 시뮬레이터를 제작하고 변수에 따른 측정을 통해 TWPs측정에 대한 기초데이터를 확보하고자 한다.

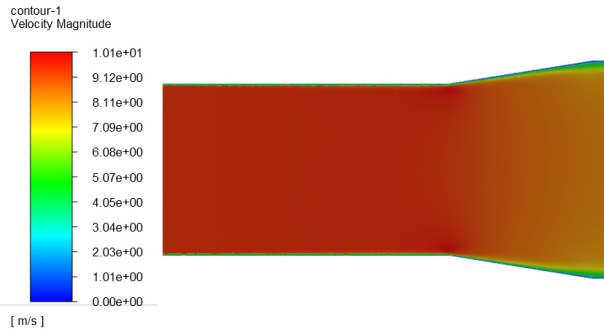
## 2. 테스트 챔버 설계

본 연구에서는 실제 주행환경을 모사하기 위해 테스트 챔버를 설계하여 주행 시 발생하는 차량 주변의 유동을 구현하였다. 테스트 챔버의 TestSection의 크기는 600 x 600 x 1000 mm으로 설정하여 1/10 Scale 차량용 새시디어나모가 장착될 수 있도록 하였고, Outlet에 Diffuser를 구성하여 충분한 양의 유량을 발생시킬 수 있는 대형 Fan을 적용할 수 있도록 하였다.

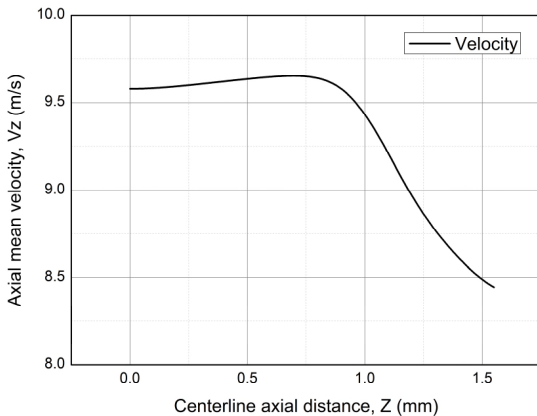
차량 주변의 유동에 의한 TWPs 비산분포 등을 확인하기 위해서는 테스트 챔버 내부의 유동균일성, 유속 등이 매우 중요하다. 따라서 유동해석을 진행하여 내부 유동흐름을 확인하였다.

### 2.1. CFD 유동해석

테스트챔버를 이용하여 실제 주행환경을 모사하기 위해서는 TestSection의 유속, 유동균일성이 매우 중요하다. 이를 위해 설계한 테스트챔버에 유동해석을 진행하여 유동균일성, 유속 등을 확인하였다. Outlet에 대형 Fan에서 발생하는 유량을 입력하고 유동해석을 진행하였으며, 해석결과는 그림1, 2에 나타내었다. 테스트 챔버 내의 평균 유속은 약 40km/h이며, 해석결과 유속분포가 고르게 나타난 것을 확인하였다.



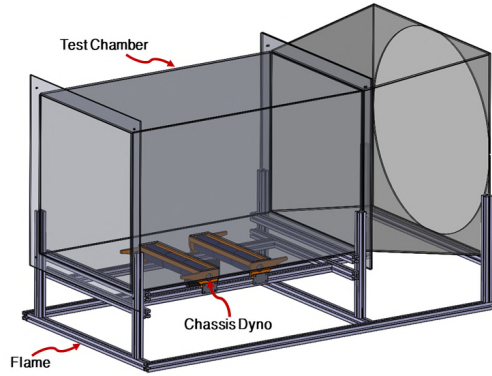
[그림 1] 타이어 미세먼지 시뮬레이터용 테스트챔버 유속



[그림 2] 테스트 챔버의 축방향 유속

### 3. 시뮬레이터 설계

테스트챔버의 설계를 바탕으로 1/10 Scale 차량용 새시디나모를 결합한 TWP의 시뮬레이터 설계를 진행하였다. 실제 제작 시에는 시뮬레이터 전면에서 미세먼지 필터를 장착하여 배경미세먼지의 유입을 차단하였다. 새시디나모미터의 롤러는 기본적으로 Knurling이 되어있어 아스팔트 노면과 마찰력이 다르며, 이는 TWP의 발생량과 입자크기가 달라질 수 있음을 의미한다. 따라서 롤러에 80-grit Sandpaper를 추가하여 아스팔트의 노면거칠기와 동일하게 구성하였다. 타이어 후면에 센서를 배치하여 타이어에서 발생하는 TWP 농도 및 입자수를 측정하고, 시뮬레이터 후면에 센서를 추가 배치하여 차량 후류에 의해 비산하는 TWP의 분포를 확인할 수 있도록 구성하였다.



[그림 3] 1/10 Scale 차량을 이용한 타이어 미세먼지 시뮬레이터  
본 연구의 시뮬레이터는 다양한 변수에 따른 TWP를 측정할 수 있도록 구성하여 TWP 측정에 대한 기초데이터 확보할 수 있도록 하였다.

### 후기

본 연구는 과학기술정보통신부 및 정보통신기획평가원의 SW중심대학지원사업의 연구결과로 수행되었음.

### 참고문헌

- [1] Lee, Seokhwan., Kim, Hongsuk., Park, Junhyuk., Cho, Gyubaek, "The Properties of Roadway Particles from the interaction between the Tire and the Road pavement", Journal of Korean Society for Atmospheric Environment, Vol. 29, No. 5, pp. 656-667, 2013.
- [2] Kim, Gibaek., Lee Seokhwan., "Characteristics of tire wear particles generated by a tire simulator under various driving conditions", Environmental Science & Technology, Vol. 52, No. 21, pp. 12153-12161, 2018
- [3] Kim, Gibaek., Lee Seokhwan., "Characteristics of tire wear particles generated by a tire simulator under various driving conditions", Environmental Science & Technology, Vol. 52, No. 21, pp. 12153-12161, 2018
- [4] ANSYS FLUENT User's Guide, Release 20 R1, ANSYS, Inc, 2020