

PA10)

디젤 엔진 매연의 광투과식 농도 측정

Measurement of Diesel Engine Smoke using Optical Transmittance Technique

김현호¹⁾ · 노중섭¹⁾ · 류성윤^{1), 2)} · 김영준²⁾ · 박동선³⁾

¹⁾한국표준과학연구원 환경그룹, ²⁾광주과학기술원 환경공학과, ³⁾(주)이플러스티

1. 서 론

최근 우리나라의 자동차 등록대수가 1,500만대를 넘어서면서 자동차 배출가스에 의한 대기오염이 전체 대기오염에서 차지하는 비중이 계속 증가하고 있다. 특히 대형 트럭, 버스 등 디젤엔진에서 배출되는 매연은 대도시 대기오염의 주범으로 인체에 미치는 영향이 날로 심각해지고 있다. 디젤엔진 자동차 배기관으로부터 배출되는 매연을 측정하는 방법은, 기존에 사용되고 있는 여지반사식 매연농도 측정방법으로부터 부하시험 시 요구되는 광투과식 매연농도 측정방법으로 전환되고 있다. 환경부에서도 최근 자동차 배출가스 규제 강화와 관련하여 자동차 바퀴를 정지시킨 상태의 무부하 검사방법에서 운행(주행) 상태의 부하시험 방법으로 전환하면서 매연 측정방법을 이에 적용될 수 있는 광투과식 측정방법으로 변경하였다. 그러나 광투과식 매연 측정방법에서 측정값의 주요 결정 요소인 측정 시료 채취방법, 유효 광 경로 결정, smoke density와의 상관관계 등의 규정이 정해지지 않아 혼란이 발생되고 있다.

광투과식 매연농도 측정방법은 배출되는 매연에 광을 투과하여 smoke density에 따른 빛의 투과율을 측정하여 매연농도를 결정하는 방법으로서, 광 투과율(Transmittance)의 역수인 불투과율(Opaicity)로 나타낸다. 광 경로를 결정하는 장치의 방법에 따라 직접 배기관에서 배출 매연 전량을 대상으로 측정하는 in-line full flow 방식과 sample 채취 방식이 있으며, sample 채취방식에도 전량을 채취하는 full flow 방식과 부분 채취하는 partial flow 방식으로 구분된다.

본 연구에서는 이러한 결정요소들에 대한 실험과정을 거쳐 상관관계를 규정하고 불확도를 평가하여 최적의 매연농도 측정방법을 표준화하고 이의 절차서 및 규격을 개발하고자 시도하였다.

2. 연구 방법

디젤 자동차의 배출가스 매연 농도 측정방법은 기존의 무 부하 시험에서 사용되고 있는 여지반사식 매연농도 측정방법과 최근 부하 시험이 요구되면서 새롭게 적용된 광투과식 매연농도 측정방법이 있다. 본 연구에서는 이와 같은 두 가지 매연농도 측정방법의 상호 상관관계를 검토하고 광투과식 매연농도 측정방법을 표준화하기 위한 기술 및 규격을 개발하고 광투과식 매연농도 측정기 평가 시스템 표준모델의 개발 및 성능평가 표준 절차서 개발을 목적으로 연구를 추진하였다.

광투과식 매연농도 측정에서 smoke density에 영향을 주는 측정값의 중요 결정 요소인 sample 채취 방법, 시료 채취 시의 시료 압력, 유량, 온도 등과 광 투과율과 상관관계를 갖는 유효 광 경로 길이(effective optical path-length), light source의 파장대역, receiver 특성, 광 흡수계수(light absorption coefficient) 등의 규격을 검토하고 이러한 parameter 간의 상관관계를 규정하기 위하여 평가용 표준 시료채취 장치를 설계 제작하였다.

표준 시료채취장치의 설계에 있어서 측정실 내경에 따른 비교, 측정실 내경과 EOPL의 비교, EOPL에 따른 차이점 비교 등을 위하여 측정실 직관 내경, 측정실 길이, real EOPL의 결정 등의 차이를 두어 8종의 표준 시료 채취 장치를 설계하고 제작하였다.

본 연구에서는 환경부 운행차 정밀검사에 적용되는 광투과식 매연측정기에 대한 표준화가 일차적인 목적이므로, 환경부 운행차 정밀검사에 적용된 차대 동력계 상에서 실험을 수행하였다. 차대 동력계의 흡수마력은 500마력이며 미국의 Mustang 사의 모델을 사용하였고, 네 개의 프로브를 확장관에 설치하여 동시에 매연농도를 측정하는 실험도 수행하였다.

3. 결과 및 고찰

본 연구를 통하여 개발한 표준 시료채취장치의 모델을 성능평가를 위하여 외국의 기준 측정 장비와 비교 시험을 하였다. 비교 측정 장비(계측기)로는 Siemens Opacimat 모델을 이용하였으며, 최종 성능 시험을 5회 실시 하였고 그 결과는 그림 1에 나타내었다. 시험에 사용한 대상 차량은 현대자동차(주)의 스타렉스 2000년 식이였으며, 엔진 배기량은 2,607cc, 엔진 운전 조건은 1,500rpm, 무 부하 조건에서 실험을 수행하였다. 매연 농도를 단계적으로 상승시키기 위해서 차량의 흡기유량을 일정하게 유지하고, 연료 분사량을 증가시키기 위해서 가속페달을 이용하였다. 정상적인 차량에서는 흡기유량을 일정하게 유지하고 가속페달을 많이 밟아도 매연 농도가 증가하지 않기 때문에 흡기유량을 대폭 줄인 상태로 일정하게 유지하였다. 실험에서 흡기관 입구의 개방된 단면적을 95% 이상 감소시킨 후에 실험을 수행하였다.

표준 모델과 비교 장비의 비교 시험을 위하여 차량 배기구로부터 배출되는 매연을 동시에 샘플링 하기위해 앞에서 제작한 3인치 확장관을 이용하였다. 확장관에 두 모델의 샘플링 프로브를 동시에 삽입하고 측정을 수행하였다. 1차 시험 결과, 표준 모델과 비교 모델의 매연농도 최대 편차는 12.2%가 나타났으며, 50% 이상의 농도에서는 $\pm 3\%$ 내외의 편차로 일치하는 경향을 보였으나 50% 아래 구간에서는 큰 편차를 발생시켰다.

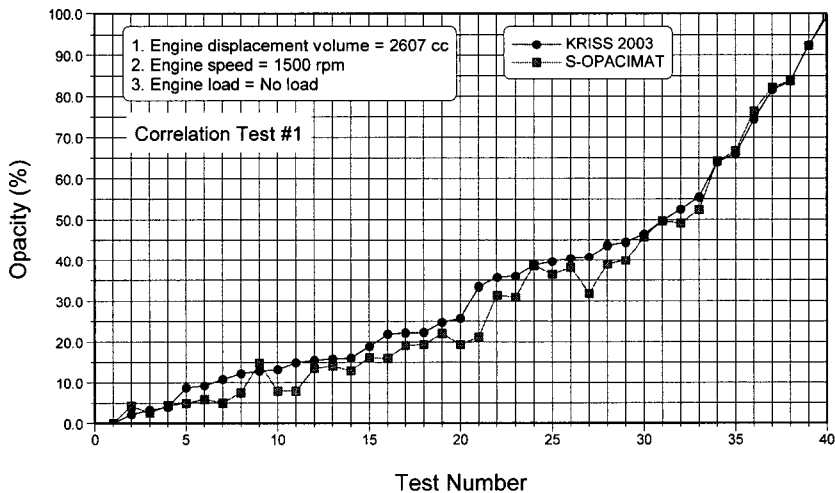


Fig. 1. Comparison of test results between commercial model and developed model.

이러한 편차가 나타나는 것은, 실제 차량의 운전 상태에서 실시간으로 샘플링 하여 측정하는 관계로 비교 측정기에 동시에 같은 조건의 배기가스를 입력하는 것이 현실적으로 어려움이 있고 이러한 문제로 나타날 수 있는 오차범위로 판단할 수 있다. 따라서 실제 차량 시험을 통해 측정기를 평가하는 경우 오차범위의 한계를 정할 때 샘플링 상태의 불확도 범위를 포함시킬 필요가 있다.

참 고 문 헌

ISO 3046-1, Reciprocating internal combustion engines — Performance — Part 1: Standard reference conditions, declarations of power, fuel and lubricating oil consumptions and test methods.

ISO 8178-3, Reciprocating internal combustion engines — Exhaust emission measurement — Part 3: Definitions and methods of measurement of exhaust gas smoke under steady-state conditions.

한국공업규격, “자동차용 디젤엔진 배기 매연의 농도 측정용 반사식 스모그미터”KS R 5036.