

대형디젤기관에 미치는 습윤식 에어 필터의 영향

김미수*, 나완용⁺, 오용석⁺⁺

(논문접수일 2004. 2. 5, 심사완료일 2004. 3. 8)

An Effect of Wet Type Air Filter in Heavy-Duty Diesel Engine

Mi-Soo Kim*, Wan-Yong Rha⁺, Yong-Suk Oh⁺⁺

Abstract

Diesel engine offers superior fuel consumption than gasoline engine of equivalent capacity. For this reason, diesel engines are widely used in heavy duty transport applications. Specially, it has been many years that exhaust gases from gasoline automobile rather than from diesel is the major object concerned by Korea and other countries, and it is strongly required on the reduction techniques on harmful NO_x, Soot, CO, HC. Thus, this paper focused on the emission reduction and target for this paper is heavy-duty diesel engine equipped with power filter such as wet type air cleaner. In this paper, the performance, exhaust emissions(CO, THC, NO_x, Soot) and noise of heavy-duty diesel engine were measured at maximum load condition and the range of 1,000~2,200rpm. The smoke was measured at FAS(Free Accel Smoke) test mode.

Key Words : Oiled Polyurethan Foam Filter(습윤식 폴리에스테르 폼 필터), Emission(배출가스), Free Accel Smoke(무부하 급가속 매연측정), Heavy-Duty Diesel(대형디젤), Engine rpm(기관회전수)

1. 서론

전세계적으로 자동차 사용의 급증에 따른 대기오염에 대한 심각성이 고조되고 있으며, 특히 디젤기관은 가솔린기관에 비해 열효율과 출력이 높아 사용빈도가 많아지고 있어서, 이에 따른 대기환경 오염문제 및 석유자원의 한계성 또한 심각한 실정이다. 따라서 그 대책의 일환으로 선진국

에서는 규제 강화, 대체연료이용 및 후처리 장치의 사용을 의무화하고 있는 추세이고, 점차적인 자원의 고갈로 가능한 일회용이 아닌 재활용을 강조하고 있는 것이 사실이다^(1,2).

따라서 본 논문에서는 배기가스 저감 측면과 자원 재활용 측면을 동시에 도모하기 위하여 일회용 종이필터 대신에 새로운 습윤식 필터⁽³⁾를 개발하여 그 필터의 장점에 따른 기관의 성능과 배출가스 영향을 파악해 보고자 하였다.

* 국민대학교 자동차전문대학원

+ 신성대학 기계-자동차계열

++ 교신저자, 거창기능대학 자동차과 (ysoh@kopo.ac.kr)

주소 : 670-802 경남 거창군 거창읍 송정리 700

2. 실험장치 및 방법

본 연구에서 개발한 습윤식 필터를 일명 파워 필터로 칭할 것이며, 파워 필터의 여과재인 폴리에스테르 foam은 수십 만개의 미세한 공기구멍으로 형성된 텅 비어있는 벌집모양의 3차원 입체구조로 되어 있다. 또한 공공율(空孔率)이 98%이고, 비휘발성이며 무색 무취의 고점도 광물성 기름을 foam에 함침시켜 만든 고성능 필터로써 직접 차단에 의한 표면여과(Surface Retention)와 흡입식 심층여과(Depth Retention)의 2중 복합방식으로 미세한 먼지까지 여과 가능한 것으로 Table 1에 기존의 종이필터와 비교하여 나타내었고 파워필터의 간단한 구조를 Fig. 1에 나타낸다. 실제실험은 두 종류의 필터를 각각 대형 디젤기관에 장착 후, 기관 성능, 배출가스 및 소음측정^(4,5) 등을 측정하여 비교, 검토하였다.

Table 1 Comparisons of power and paper filter

Items	Kinds	Power Filter	Paper Filter
Dust Filtration Type		Depth Retention	Surface Retention
Filtration Dust Size		0.5~3 μ m	15~24 μ m
Initial Air Resistance		15~30mmAq	150~300mmAq
Porosity Performance		Excellent	Decreased during 1000km driving
Life Cycle		Very long (only exchanged foam)	Short (not exchanged)

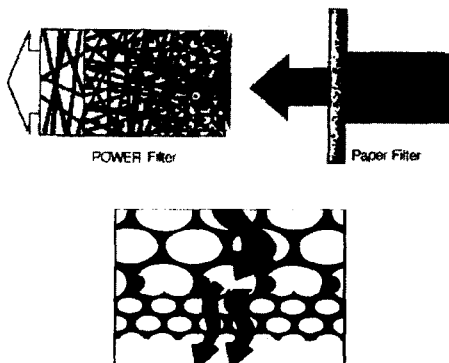


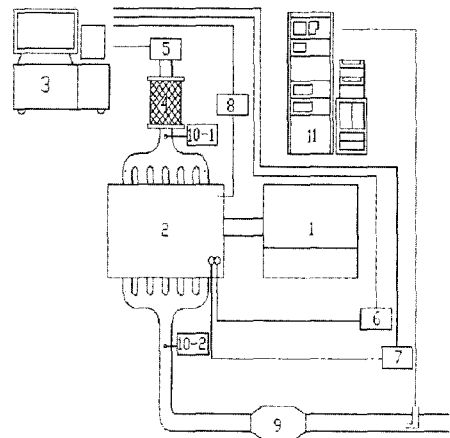
Fig. 1 Schematic of power filter

2.1 실험장치

본 실험에서 사용된 기관의 제원은 Table 2에 나타내었고 Fig. 2에는 실험장치의 개략도를 나타내었고, 측정장치로 동력계는 630kW의 AC동력계, 연료온도 조절장치, 냉각수 온도 조절장치, 윤활유 온도조절장치, 흡입공기 유량계, 연료 유량계 등으로 구성되어 있으며, Table 3은 본 연구에 사용된 기관동력계의 제원을 나타내고 있다. 또한 배기가스 측정장치의 제원을 Table 4에 나타내었다.

Table 2 Test engine specification

Item	Model	D1146T
Type		Turbo charged, 4cycle, water cooled, overhead valve, vertical in-line, direct injection type
Compression ratio		17.2
Firing order		1-5-3-6-2-4
Bore×stroke(mm)		111×139
Displacement(ℓ)		8.07ℓ
Max. horse power		190ps/2200rpm
Max. torque		71kgm/1400rpm



1. Dynamometer (AC, 630kW)
2. Heavy-duty diesel engine
3. Dynamometer control desk
4. Air Filter
5. Intake air flow meter
6. Fuel temperature controller
7. Oil temperature controller
8. Throttle actuator
9. Muffler
- 10-1,2 Thermocouple
11. Exhaust analyzer

Fig. 2 cchematic diagram of experimental measuring apparatus

2.2 실험방법

파워필터와 종이필터의 장착 후 디젤기관의 성능, 배기가스를 비교하기 위해 대상기관은 D1146T를 사용하였으며, 이때 기관부하율은 전부하영역에서 엔진속도를 1000rpm부터 2200rpm까지, 200rpm씩 증가시키면서 측정하였다. 또한 매연측정과 소음측정은 실차를 대상으로 하였고, 매연측정은 무부하 급가속 측정 방법인 FAS방법을 채택하여 측정하였으며, 매연 측정기는 DBC-1000을 이용하였고 대상기관은 S제품인 16톤 덤프트럭(총 주행거리 : 298,203km)과 H제품인 15톤 레미콘(총 주행거리 141,597km) 차량에 대하여 실시하였다. 소음 측정을 위해서는 실내와 실외로 구분하여 측정하였고 실내 측정은 운전석과 조수석의 중앙 부분에서 측정하였으며, 실외 측정은 운전석, 조수석, 정면으로부터 각 1m 떨어진 지점인 세 곳에서 측정하였다. 이때 사용된 소음 측정기는 Digital Sound Level Meter(TES

1350A)를 이용하였으며, 대상기관은 에어필터의 시방에 따른 실차 소음을 비교 평가하기 위하여 주행거리가 가장 긴 S제품인 16톤 덤프차량에 대하여 실내, 실외 소음을 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 성능 및 연비

Fig. 3에서 보는 바와 같이 토르크는 1200rpm에서 최대로 1.3%, 전반적으로는 0.6% 향상되었고, Fig. 4에서 보는 바와 같이 출력은 1200rpm에서 최대로 5.9% 정도, 전반적으로는 1.8%정도 출력이 향상되는 것을 알 수 있었다. 연료 소비율은 Fig. 5에서 보는 것처럼 1200rpm에서 최대 0.5%, 전반적으로 0.4% 정도의 연료소비율의 향상이 나타남을 알 수 있었다. 이는 파워필터를 장착한 것이 종이필터에 비해 통기저항이 적어 기관의 흡입공기량이 증가하여, 무화된 연료입자와 증가된 공기와의 접촉면적이 넓어져 혼합이 잘 이루어졌으며, 이는 곧 연소 효율이 향상하는 결과를 초래한

Table 3 Specification of dynamometer

Items	Specifications
Model	ELIN
Type	MCA-4 31Z04
Power	630 kW
Rated torque	3815 Nm
Voltage	3 × 660V
Frequency	0~60/120 Hz
Losses at rated load	20,000 W
Speed range	0~1800/3600 rpm
Critical speed	5000 rpm

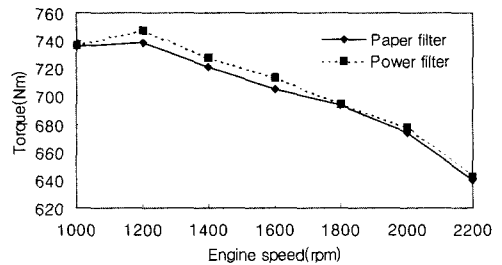


Fig. 3 Comparisons of torque between power and paper filter

Table 4 Specification of exhaust gas analyzer

Items	Specifications			
Model	MEXA-9100D, HORIBA			
Component of interest	CO	NO	THC	NOx
Measuring principle	NDIR	NDIR	HFID	CLD
Measuring concentration range	0~0.1% 0~0.3%	0~2000ppm 0~5000ppm	0~100ppmC 0~5000ppmC	0~20% 0~10000ppm

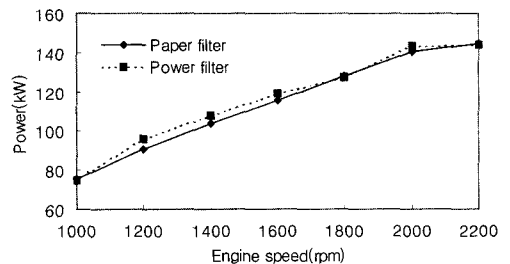


Fig. 4 Comparisons of brake power between power and paper filter

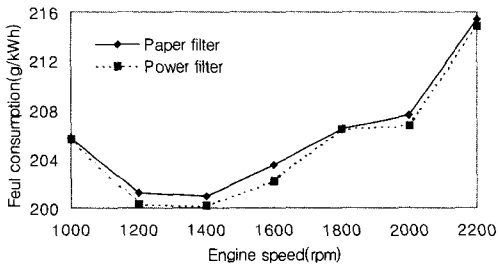


Fig. 5 Comparisons of fuel consumption between power and paper filter

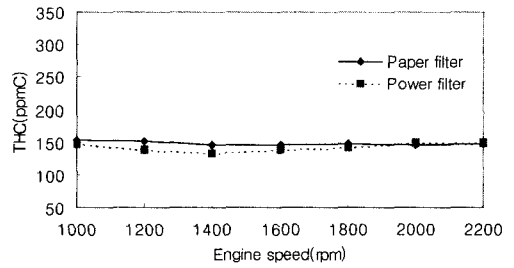


Fig. 7 Comparisons of THC between power and paper filter

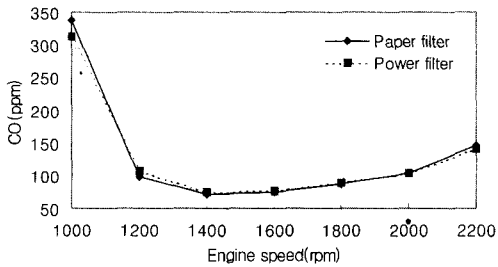


Fig. 6 Comparisons of CO between power and paper filter at full load

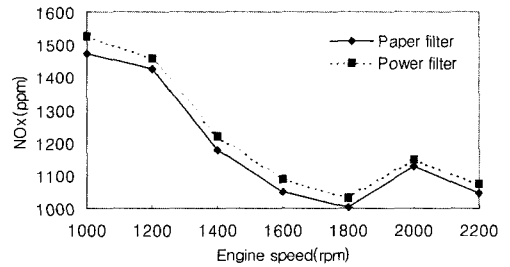


Fig. 8 Comparisons of NOx between power and paper filter

것으로 생각된다. 또한 부수적으로는 파워필터의 중량이 종이필터에 비해 약 50~75% 정도 가벼운 것도 기관의 연비 향상에 일익을 한 것으로 판단된다.

3.2 배기가스

Fig. 6, 7에서 보는 바와 같이 CO량은 종이필터 장착시 보다 파워필터 장착시 약 2% 정도 감소됨을 알 수 있었으며, THC량은 약 2.3% 정도 감소됨을 알 수 있었다. 이는 종이필터보다 파워필터의 통기성이 커서 흡입공기량이 증가되어 연료중의 탄소와 수소성분이 공기의 산소와 산화력을 높인 결과로 파악된다. Fig. 8은 Fig. 6, 7의 실험조건과 동일한 조건에서 NOx의 결과를 나타낸 것으로 파워필터를 사용한 결과가 약 2.9% 정도 증가하는 것으로 나타났다.

3.3 매연

Fig. 9에서 S는 16톤 덤프트럭의 매연 측정 결과이고 H는 15톤 레미콘 차량의 매연 측정 결과로 파워필터를 장착한 경우가 종이필터를 장착한 경우에 비해서 S는 약 77%

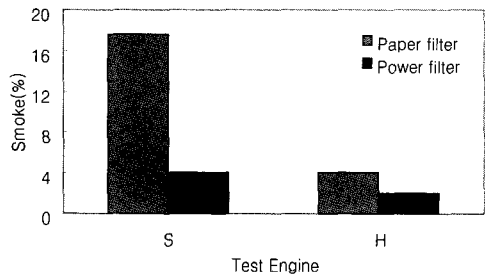


Fig. 9 Comparisons of smoke between power and paper filter

정도, H는 약 50% 정도 저감되는 것을 알 수 있었다. 이는 앞에서 언급한 바와 같이 연료의 무화, 관통, 확산이 잘 이루어지게 하여 연소효율을 향상시킴으로써 매연의 양이 저감되는 결과를 얻은 것으로 판단된다.

3.4 소음

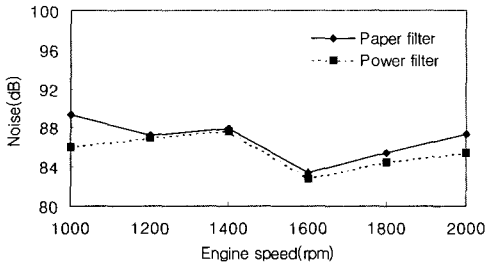
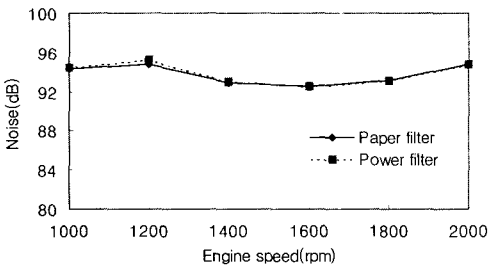
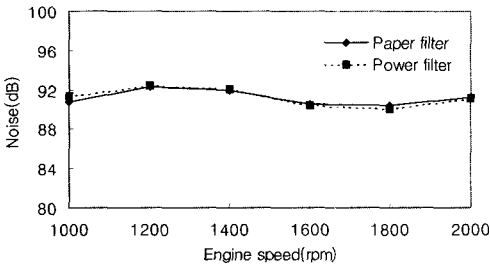


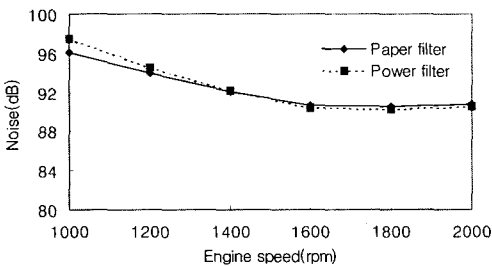
Fig. 10 Comparisons of internal noise in an vehicle between power and paper filter



(a) Noise far from a driver's seat



(b) Noise far from a front vehicle



(c) Noise far from an assistant driver's seat

Fig. 11 Comparisons of external noise in an vehicle between power and paper filter

필터의 흡기 소음 기여도를 평가하기 위해 S 제품에 대한 실 · 내의 소음을 비교, 측정된 결과, Fig. 10은 전부하조건에서 기관회전수에 따른 실내 소음 측정결과를 나타내고 있으며, 파워 필터를 장착시 종이 필터를 장착했을 때보다 실내 소음은 약 2.3% 정도 완화된 것을 알 수 있었다. 이는 파워필터의 통기성이 좋아 공기흡입에 대한 통기저항 감소가 주된 원인으로 생각된다.

Fig. 11은 운전석, 조수석, 정면으로부터 각 1m 떨어진 지점인 세 곳에서 실외의 소음을 측정된 결과를 보여주며, 전체적으로 거의 비슷한 소음량을 나타내고 있음을 알 수 있었으며, 이는 무향실이 아닌 일반 장소에서 측정하여, 순수 차량의 소음만이 아닌 기타소음이 가감된 것이 원인으로 판단된다.

4. 결론

본 논문에서 대형디젤기관에 기존의 종이 필터와 파워 필터의 장착에 따른 기관성능, 배기가스, 매연 및 소음을 측정 한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) 벤치실험의 경우, 파워 필터가 종이 필터보다 전부하 상태에서 출력은 약 1.8%, 연료 소비율은 0.4% 정도 향상되는 것을 알 수 있었고, 일산화탄소, 탄화수소는 각각 2%, 2.3%의 감소, 질소산화물은 약 2.9%의 증가를 보임을 알 수 있었다.
- (2) 실차실험인 FAS 매연 시험 방법으로 측정된 결과, 파워 필터가 종이 필터보다 차종에 따른 차이는 있었으나, 약 50~77%로 매연 저감에는 우수한 효과가 있음을 알 수 있었다.
- (3) 실차실험인 실 · 내의 소음을 측정된 결과, 파워 필터 장착시가 종이 필터 장착시 보다 실외소음은 유사한 수준이었으나 실내 소음의 경우는 약 2.3% 우세한 것으로 나타남을 알 수 있었다.

참고 문헌

- (1) Oh, Y. S., Baik, D. S., and Han, Y. C., 2000, "A Study on Exhaust Gas Reduction by K-7 Mode DOC," *J. of KSMTE*, Vol. 9, No. 3, pp. 136~142.
- (2) Han, Y. C., and Kim, D. J., 1998, *A New Edition of Internal Combustion Engine*, Munundang Press,

pp. 137~138.

- (3) Kim, Y. S., 1997, *Gasoline Engine-Automobile Structure Service*, Semunsa Press, pp. 401~408.
- (4) Han, Y. C., Rha, W. Y., Oh, Y. S., Moon, B. C., Park, B. K., and Park, K. Y., 2001, "A Study on NOx and Smoke by Exhaust Gas Measuring Method of Light-Duty Engine," *J.*

of KSMTE, Vol. 10, No. 3, pp. 70~11.

- (5) Han, Y. C., Oh, Y. S., and Nam, H. W., 1999, "An Experimental Study on Thermal Regeneration of Filter Trap by Diesel Engine Performance and Characteristics of Exhaust Pipe," *J. of KSMTE*, Vol. 8, No. 2, pp. 50~55.