

엔진運轉條件에 따른 排氣시스템의 壓力分布特性에 관한 研究

김동현(경희대학교 기계공학과), 박세종(경희대학교 기계공학과), 손성만(경희대학교 기계공학과),
박경석(경희대학교 테크노공학대학)

The influence of exhaust system on heat efficiency and fuel consumption of S.I engine

D.H. Kim (Mecha. Eng. Dept,KHU), S.J. Park(Mecha. Eng. Dept,KHU), S.M. Son(Mecha.Eng.Dept,KHU)
K.S. Park(Adv.Tech.Col,KHU)

ABSTRACT

It is necessary to consider the stability, economic environmental-friendly problems by the development of the road, supply of the automobile, environmental problem as designing the exhaust system. To reduce the noise and the vibration of the automobile. The need for stricter regulation limits emission and demand for lower fuel consumption. According to motor vehicle company develop variable type muffler, dual muffler and active intelligence exhaust system unit. Improvement in engine performance and fuel consumption for demand information of pressure fraction and heat characteristics. To be able to determine these factor for we experiment on each case of exhaust system unit.

In this study, in order to establish the optimized conditions design factors which are taking many performance as the variable valve, it shows how the standard performance and the additional element of the exhaust system effects on the engine performance.

Key Words : exhaust system(배기시스템), combustion characteristics(연소특성), engine performance(엔진성능), back pressure(배압), fuel consumption(연료소비율)

1. 서론

최근 자동차의 급속적인 보급의 확산에 따라 발생하는 환경문제의 심각성에 의해서 자동차용 배기 시스템도 설계시 안정성, 경제성을 비롯하여 친환경적인 문제를 고려하게 되었다. 배기가스 저감이나 진동등을 중시하는 다중 촉매 컨버터든지 복합 구조 컨버터, EHC 또한 소음에 대한 대책으로 서브머플러등 많은 배기구성요소가 추가되고 있으며, 그밖에 연구가 활발히 진행되고 있다¹⁾²⁾.

특히 각종 구성요소가 추가됨에 따라 발생하는 배압손실로 인한 자동차의 성능저하를 고려하여 가

변머플러, 듀얼머플러등 다양한 구조의 배기개선을 꾀하고 있다. 이에 따라 흡, 배기계의 진동 또는 소음 저감에 대한 연구와 더불어 배기성능향상에 대한 연구가 진행되고 있다. ³⁾⁴⁾ 배기시스템을 설계할 때에는 우선적으로 흡,배기음을 발생시키는 요인인 맥동음, 기류음, 그리고 관내 기주공명을 감쇠하는 방향으로 설계를 하여야 한다. 이런 소음현상으로는 토출음, 흡기음, 방사음, 투과음 등으로 분리되고 이것들은 자동차의 실내음, 실외 소음에 크게 영향을 준다. 이런 영향을 감소시키기 위해 머플러 설계 시에 가변배기방식인 룬로변환형 소음기 또는 액티브형 소음기를 달아서 제어를 하고 있다.⁵⁾⁶⁾ 한편, 가변배기 장치나 배기덕트에 저항체의 장착

으로 인하여 관내 압력 증가 또는 열적 특성이 기관의 성능에 영향을 미치고 있다. 본 연구에서는 배기 시스템 중 머플러내의 가변밸브등과 같은 여러 기능요소를 가지고 있는 머플러의 성능평가를 위한 기초 실험으로 기존 머플러의 배압특성에 따른 엔진성능과 배압특성의 관계를 고찰하였다.

2. 실험장치

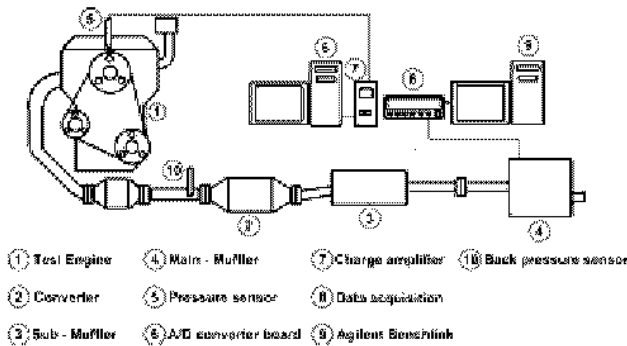


Fig. 1 Schematic diagram of experimental apparatus.

Fig.1 은 실험장치의 개략도를 나타낸 것이다.

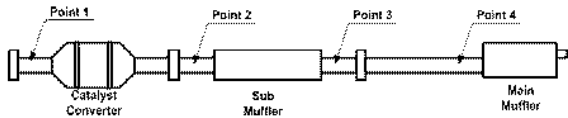


Fig. 2 Schematic diagram of experimental apparatus.

Table 1 Specification of experimental engine.

Description	Specification
Type	4cycle 4cylinder SI engine
Bore(mm)×Stroke(mm)	85×88
Displacement(cc)	1997
Compression ratio	10:1
Spark timing	11°± 5°
Maximum output (ps/rpm)	137/6000
Maximum torque (kg m/rpm)	18.4/4500

Fig. 2 는 배기시스템의 배압을 측정하기 위하여 압력센서를 장착한 위치를 나타낸 것이다. 실험에서 사용된 기관은 Table 1 과 같은 제원을 가진 4기

통 가솔린엔진을 사용하였다. 기관은 전자제어 연료분사장치가 장착되어 있고, 기관 회전속도신호, 수온센서, TPS 센서, 흡기온도센서, 흡입공기유량계에서 보내온 신호제어에 의해 연료 분사량이 조절되게 되어있다. 스톱밸브 개도량은 직류서보모터로 제어하였고, 스톱밸브위치센서의 출력신호로 스톱밸브 개도량을 정확하게 제어하였다.

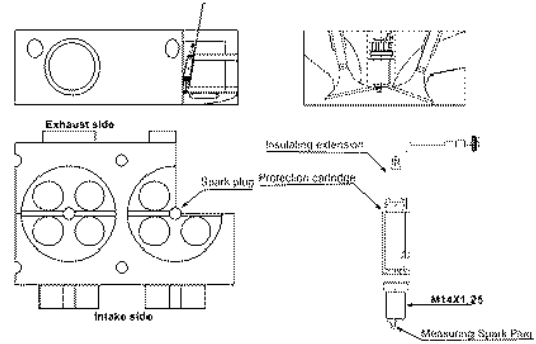


Fig. 3. Setting position of spark plug with integrated cylinder pressure sensor.

Table 2 Specifications of cylinder pressure sensor.

Description	Specifications
Type	Piezo ceramic
Range	0 ~ 200 bar
Over load	250 bar
Sensitivity at 200°C	-15 pC/bar
Natural frequency spark plug with integrated sensor	130 kHz
Linearity	• ± 0.6 %FSO
Operating temperature range	• 850°C

실린더내의 연소속도는 매우 고속으로 일어나므로 짧은 시간 내에 필요한 양의 데이터를 취득하기 위해서 본 연구에서는 초고속의 응답성을 가진 피에조타입의 압력변환기와 12bits A/D 컨버터를 이용하였다. 연소압력센서는 압력에 대응하는 전하를 발생하는 전외소자를 이용하고 있다. Fig. 3 과 같이 4 번 실린더에 압력센서를 장착하였고, 압력센서의 제원은 Table 2 와 같다. 그리고 압력센서의 출력신호를 증폭하기 위하여 9,990pC/M.U. 전하증폭기를 사용하였다.

Fig. 4 는 배기시스템의 각 부에 설치된 압력센서의 개략도이다. Table 3 은 배기시스템에 압력을 측정하기 위하여 사용된 압력센서 제원이다.

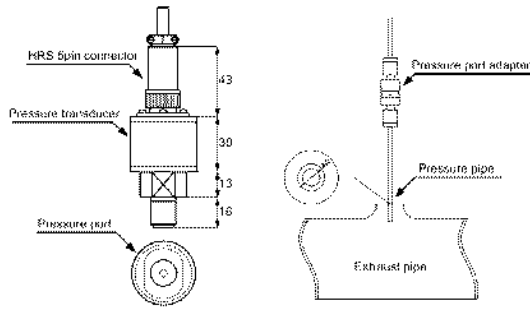


Fig. 4 Schematic diagram of Pressure sensor and thermocouple.

Table 3 Specifications of pressure transducer.

Description	Specifications
Type	Piezo silicon cell
Measuring range	0 ~ 350kgf/cm ²
Over load	2.5 bar
Sensitivity	1.0mV/V:5, 10kgf/cm ²
Linearity	• ± 0.3 %FS(RSS)
Operating temperature range	-30 ~ 120°C

3. 실험결과 및 고찰

3.1 배압특성 분석

배기시스템에 배압과 엔진의 연소에 미치는 영향을 분석하기 위하여 압력센서가 부착된 4 번 실린더의 연소압력을 측정하였으며, 정확한 Data sampling 을 위하여 다이내모미터에 장착되어있는 3600 로터리 엔코더를 사용하여 A,Z 펄스를 검출하고 압력변동을 확인하였다.

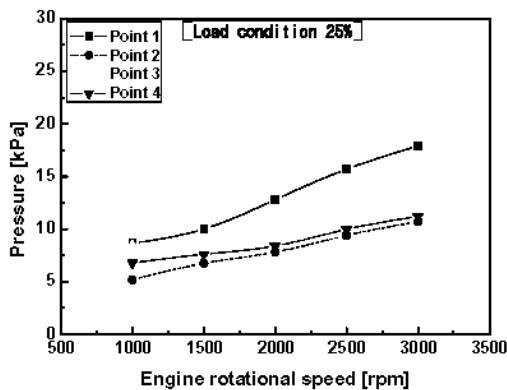


Fig. 5 Back pressure of exhaust system with engine rotational speed on load condition 25%

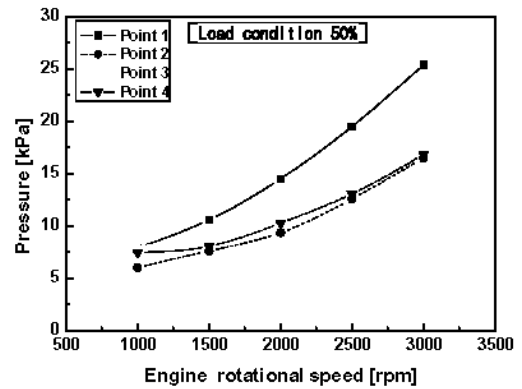


Fig. 6 Back pressure of exhaust system with engine rotational speed on load condition 50%

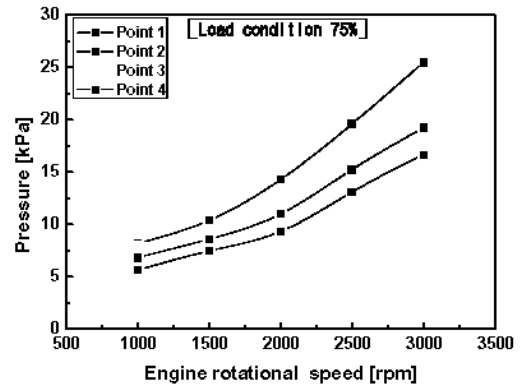


Fig. 7 Back pressure of exhaust system with engine rotational speed on load condition 75%

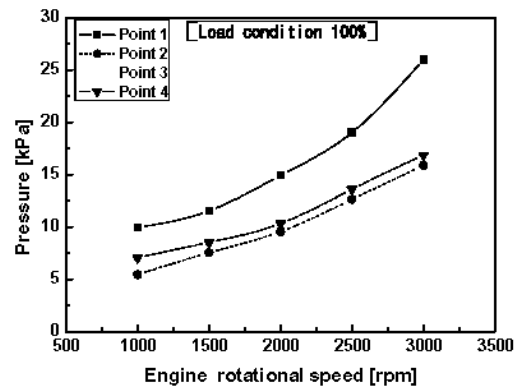


Fig. 8 Back pressure of exhaust system with engine rotational speed on load condition 100%

Fig. 5~8 은 스로틀밸브 개도량과 엔진 회전수에 따른 배기시스템 각부에서의 배압을 나타낸 것이다. 모든 조건에서 엔진 회전수 증가에 따라 배압은 일

정하게 상승하는 것을 확인할 수 있었다.

Point 1 은 point 2~4 에 비해 스톱밸브 개도량 50%이상에서 배압이 급격히 증가하였으며, 최대 38 %의 차이를 확인할 수 있었다. 그러나 point 2~4 에서 엔진 회전수에 따라 배압이 일정하게 증가하는 경향을 보였다. 그러나 각 point 지점에서 배압은 5%미만으로 차이로 거의 일정하게 나왔다.

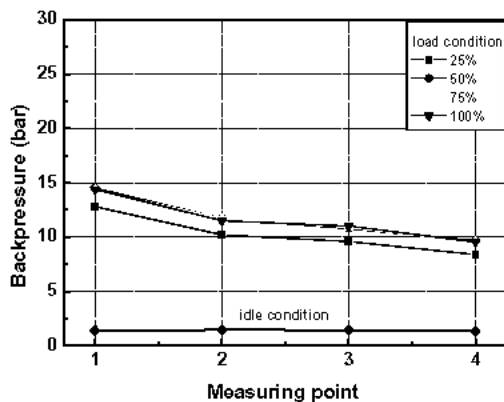


Fig. 9 Back pressure of exhaust system with point at 2000rpm

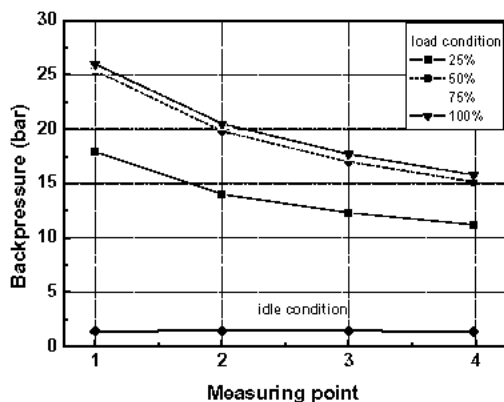


Fig. 10 Back pressure of exhaust system with point at 3000rpm

Fig. 9 ~ 10 은 배기시스템의 point 1~4 의 배압과 아이들링상태의 배압특성을 나타낸 것이다. 스톱밸브 개도량 50%이상에서는 배압에 의한 차가 2% 미만이었으나, 25%인경우 엔진 회전수 2000rpm 에서 9%차를 보였으며, 3000rpm 에서 최고 38%의 차가 나는 것을 확인하였다.

배기시스템 point 1~4 의 배압은 스톱밸브 개도량에 따라 비슷한 경향을 보였고, point 1의 배압과 머플러의 배압은 2000rpm에서 24%, 3000rpm

에서 64%의 차이를 보였다. 그러나 아이들링시에는 배압은 Point 1~4 에서 약 1.6kPa 로 같은 영역대에 있었으며, 스톱밸브 개도량과 엔진 회전수에 따라 배압은 급격히 증가하였다.

3.2 연소압력과 연료소비율의 분석

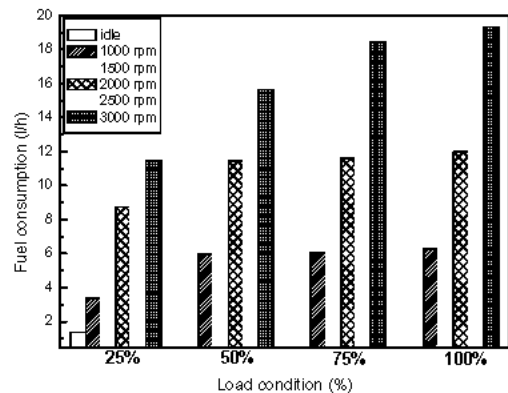


Fig. 11 Fuel consumption of each case on load condition and engine rotational speed

Fig.11 은 스톱밸브 개도량에 따른 연료소비량을 나타낸 것이다. 스톱밸브 개도량과 기판의 회전수에 따라 일정하게 증가하는 것을 볼 수 있다.

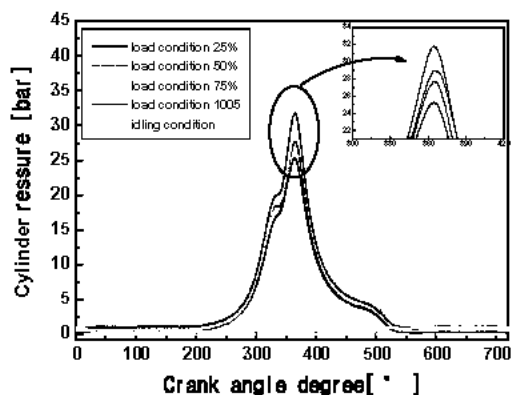


Fig. 12 Pressure of cylinder with crank angle degree at 2000rpm

Fig. 12 ~ 13 은 크랭크 회전각에 따라 2000rpm 과 3000rpm 에서 실린더 내의 연소압력을 나타낸 것이다. 스톱밸브 개도량이 증가함에 따라 실린더 내의 압력이 높게 나왔다.

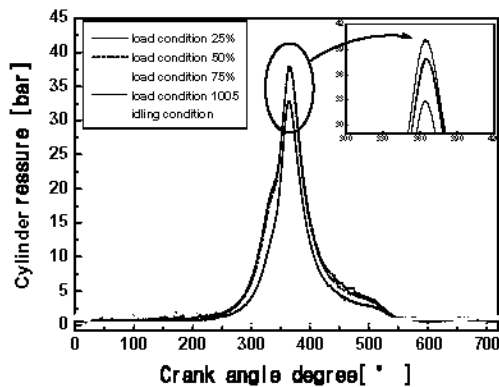


Fig. 13 Pressure of cylinder with crank angle degree at 3000rpm

연소실내의 최고 연소압력은 스로틀밸브 개도량 25%상태와 50%상태에서 압력차가 나는 것을 확인하였고, 50%에서는 일정하게 상승하는 경향을 보였다.

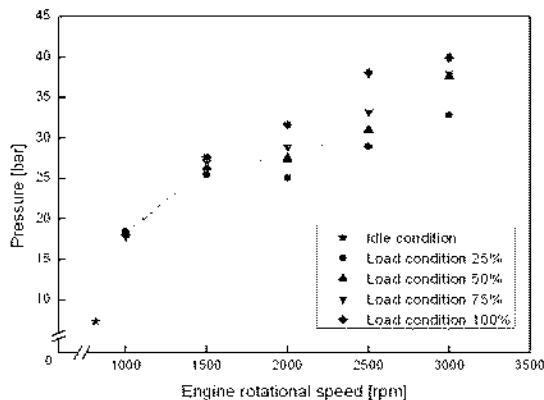


Fig. 14 Maximum pressure of cylinder with engine rotational speed

Fig. 14 는 배기시스템의 point 1~4 에서 기관 회전수에 따른 실린더 내의 최고 압력을 나타낸 것이다. 1000rpm ~ 1500rpm 에서 연소압력은 일치하였으며 3000rpm 에서는 스로틀밸브 개도량 25%와 100% 는 최대 24%정도 차가 나는 것을 확인하였다.

4. 결론

본 연구에서는 머플러의 성능평가를 위한 기초 실험으로 기존 머플러의 배압특성에 따른 엔진성과 배압특성의 관계를 분석하여 다음과 같은 결론을 내렸다.

- 1) 배기시스템내의 배압은 아이들링시에는 차가 없으나 엔진 회전수와 스로틀밸브 개도량이 증가함에 따라 일정하게 증가하는 것을 확인할 수 있었다.
- 2) 스로틀밸브 개도량과 기관 회전수에 따라 연료소비량은 일정하게 증가하는 경향을 보였으며, 2000rpm 이하 영역대에서는 25%의 차를 보였지만 그 이상에서는 50% 차이를 보였다.
- 3) 엔진 회전수와 스로틀밸브 개도량 증가에 따라 배기시스템의 배압은 최대 3.2 배 증가하였고, 실린더 내의 최고연소압력은 2.1 배 증가하는 것을 확인할 수 있었다.

후기

본 연구는 에너지관리공단의 2004 년도 에너지 기술학술진흥사업 지원에 의해 일부 이루어졌다.

참고문헌

1. Yoshiyuki Miyagi, Takaaki Koike, Nobuyuki Ikeya, Sigeru Takabe, "The trend of turbocharger and super Charger and their effect", JSAE Review Volume 19, No. 1, Page 100 ,1998
2. Minoru Ishino, Hiroshi Uchida, Haruo Kaiagiri, Kunimasa Yoshimura, "Development of turbo-charger model for simulation of turbocharged engine", JSAE Review Volume 18 Issue 2, Page 208, 1997
3. Jari Hyvönen, GöranHaraldsson, Bengt Johansson, "Supercharging Hcci to Extend the Operating Range in a Multi-Cylinder Vcr-Hcci Engine", SAE Power train & Fluid Systems Conference & Exhibition, 2003
4. K. H. Ryu, T. H. Cheong, "A Study on Performance and Exhaust Gas Characteristics of the Diesel Engine with Turbocharger and Intercooler", Trans. of KSAE, 1999
5. Jari Hyvönen Göran Haraldsson Bengt Johansson, "Cylinder-to-Cylinder Variations in a Multi-Cylinder

- VCR-HCCI Engine”, 2004 SAE Fuels & Lubricants Meeting & Exhibition, 2004
6. John L. Lahti, John J. Moskwa, “A Transient Test System for Single-Cylinder Research Engines With Real-Time Simulation of Multi-Cylinder Crankshaft and Intake Manifold Dynamics”, SAE 2004 World Congress & Exhibition, 2004
 7. Paul Bowles, John Batteh, “Multi-Cylinder Engine Model Using Modelica”, SAE Powertrain & Fluid Systems Conference & Exhibition, 2003
 8. Jaeung Oh, Soohong Park, Donggu Son, Heungseob Kim, “A study on the evaluation of control performance of active muffler for exhaust noise control”, Trans. of KSME A, Vol. 22, No.2, 1998
 9. 稲葉元宏ほか, “排気系の低騒音,低背圧化のための制御技術”, 自動車技術 Vol. 41 No. 13, pp. 1562~1567, 1987