碩士學位論文

冷却水溫 變化에 따른 가솔린 기관 特性에 關한 實驗的 硏究

指導敎授 權 麒 麟

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

濟州大學校 産業大學院

機械에너지工學科

洪 性 秀

1 9 9 9

冷却水溫 變化에 따른 가솔린 기관 特性에 關한 實驗的 硏究

指導敎授 權 麒 麟

이 論文을 工學 碩士學位 論文으로 提出함

1999年 12月 日

濟州大學校 産業大學院

機械에너지工學科(機械工學)

洪 性 秀

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

洪性秀의 工學 碩士學位 論文을 認准함.

1999年 12月 日

委員長 印

委 員 印

委 員 印

목 차

SUMMARY 1

Ⅰ. 서 론 3

1. 연구의 배경 3
2. 종래의 연구 동향 4
3. 연 구 목 적 6

Ⅱ. 실험장치 및 실험방법 8

1. 실험 장치 8
2. 실험방법 10

Ⅲ. 결과 및 고찰 19

1. 냉각수온 변화에 따른 기관부품의 열적 거동 19
2. 냉각수온 변화에 따른 기관 성능 비교 22
3. 냉각수온 변화에 따른 가솔린 기관 연소해석 22

Ⅳ. 결 론 31

Ⅴ. 참고문헌 33

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

An Experimental Study on Gasoline Engine Characterics According to Coolant Temperature Variation

Sung-Soo Hong

DEPARTMENT OF MECHANICAL-ENERGY ENGINEERING
GRADUATE SCHOOL OF INDUSTRY
CHEJU NATIONAL UNIVERSITY

Supervised by professor Ki-Rin Kwon

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

SUMMARY

The purpose of this study is to prevent the stick, scuffing, scratch between piston and cylinder in advance, to obtain data for duration test in actual engine operation. The temperature gradient in cylinder bore according to coolant temperature were measured in use of 1.5 ℓ class gasoline engine 20 thermocouples were installed at points of 2mm inside from cylinder wall near top ring of piston in cylinder block, which points have suffered major thermal loads and suggested as proper measurement points for engine design by industrial engineers. Under full load and 70℃, 80℃ and 90℃ coolant temperature conditions, temperature of cylinder block, engine oil, exhaust gas in exhaust manifold, fuel consumption and engine performances were measured.

The results obtained are summarized as follows ;

1) The temperature in cylinder block and engine oil increased gradually in according to the increase of coolant temperature.

2) The siamese side temperature of top dead center is 142℃ in peripheral distribution, it is about 20℃ higher than thrust, anti-thrust, rear side temperature,

3) The fuel consumption in 70℃ coolant temperature is lower than 80℃, 90℃ coolant temperature.

4) The engine torque in 80℃, 90℃ coolant temperature condition is about 0.5kg.m higher than 70℃ coolant temperature.

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

Ⅰ. 서 론

1. 연구의 배경

최근 자동차용 내연 기관은 자동차의 성능향상과 환경문제의 두가지 차원에서 성능을 저하시키지 않으면서 연비를 개선하기 위한 방법으로서의 기관의 소형화, 고출력화, 저소음화, 저배기화, 저연비를 목적으로 개발되어 왔다 이에 따라 연소실 개선, 기관의 속도 증가, 압축비 증가, 실린더당 3밸브 또는 4밸브의 적용, 터보차져 장착 및 연료 개발 등에 힘입어 기관의 비출력이 증대되고 있는 추세이기 때문에 연소실의 구성 부품은 과거보다 더 심한 열적 부하 조건에 놓이게 되었다. 이와 같은 고온의 열적 부하 상태가 되면 연소실 벽면 온도가 높아지고, 기관 오일의 점성이 저하되며, 기관 오일의 산화 등으로 인해 점화 플러그 및 밸브가 고열 상태가 된다. 이와 같은 조건들은 기관에 악영향을 미치며 노킹, 조기 점화, 실린더 보어의 변형(Bore Distortion), 실린더 보어 및 링의 스커핑(Scuffing) 및 밸브 좌면의 변형(Seat Distortion) 등을 유발시키게 된다.

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

또한 기관 오일의 점성 저하로 인한 실린더 벽과 피스톤 사이에서 금속 마찰이 일어나게 되고 이로 인하여 구성 부품이 손상 및 출력 손실 등이 야기된다. 한편 기관의 열적 부하를 무조건 줄이기 위해 기관의 각 부위를 적정 온도 이하로 냉각시키게 되면 연료의 기화 등에 영향을 주어 연료 소모량 증대 및 불완전 연소 등으로 인한 유해 배출물 증가, 연소 가스의 평균 온도 및 평균 압력을 낮추게 되어 피스톤에 가해지는 일의 감소 및 이로 인한 기관 출력 감소 및 열효율 저하가 유발된다.

따라서 기관은 적정 온도 범위내에서 작동이 되어야 하며 이를 위해서는

이러한 열적 부하에 대한 명확한 평가가 이루어져야 하고, 이러한 평가를 토대로 하여 초기 설계 단계에서 연소실 구성 부품에 대한 열적 거동을 정확히 예측하여 최적 설계하는 것이 기관 설계의 중요한 요소로 된다. 또한, 이와 병행하여 이러한 예측의 신뢰도를 높이기 위해서는 기관을 직접 만들어서 그 온도변화를 실제적으로 실험으로 규명하는 것이 중요하다.

일반적으로 기관 구성체의 열적 거동에 관한 연구는 구성체의 열전달에 관한 연구와 열응력에 관한 연구로 구분할 수 있으며, 최근에는 고출력 기관의 열응력 문제와 관련하여 구성체의 온도 분포에 관한 연구도 중요한 연구 분야로 되어오고 있다 또한, 수치 해석 관점에서는 아직도 외국에서 개발된 상용 프로그램을 이용하는 수준이고, 현 단계로서는 응력계의 복잡성으로 인해 정확한 해를 기대할 수 없으며, 이를 이용한 설계적용 자료를 얻는 것은 불가능하다 그러므로 실험에 의해 실제 작동중인 기관의 실린더 온도분포를 측정하여 이를 내구성 있는 기관설계의 기초 자료로 활용하는 것은 필수적인 것이라 할 수 있다.

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

2. 종래의 연구동향

최근 자동차용 엔진은 고속부터 저속까지 충분한 출력과 토크를 낼 수 있어야 한다 고출력, 고토크, 안정된 연소, 정숙성, 신뢰성, 내구성 등을 지향하고 있으며, 이를 위해 실린더 블록의 경우는 열부하와 미끄럼 속도, 블로우바이, 윤활유 소비가 최대의 과제이다.

1986년 Nissan자동차(주)의 승용차용 엔진연구 개발동향을 보면 Twin-Cam Engine의 경우, 직렬 4기통 Twin-Cam, 직렬 6기통 Twin-Cam, V형 6기통 Twin-Cam의 각 엔진 기술이 발표되고 있으며, 이러한 엔진은 고성능화를 꾀한 것이고, 이를 위해서는 고출력이면서 저속 중속에서도 취급

하기 쉽고, 실용성을 갖춘 유연한 운전성과 뛰어난 정숙성을 목표로 삼았다(石田 등, 1986).

직렬 4기통의 경우, 소형화, 경량화는 물론, 저속 및 중속에서 사용하기 쉽고 경쾌함을 중시하며, 직렬 6기통의 경우는 2000cc급 이상으로서 최고성능과 스포티를 지향하며, V형 6기통은 고성능을 갖춘 최고봉 엔진으로 되어 있다.

고출력을 만족시키기 위해 피스톤의 고속화 설계는 관성력과 열 부하 증대에 따른 대응책이 주요한 포인트이며 이들은 피스톤 관면으로부터 열 흐름, 스커트부의 열 팽창 계수, 스커트부의 강성, 스커트부의 스틸 삽입으로 열팽창을 줄이고 스커트부의 강성이 높은 오토써머틱(Autothermatic) 타입을 채용하고 있으며, 그의 주된 이유는 저소음 측면의 해결과 소착되지 않도록 하고있다(古浜, 1984). 소착측면에서 보면 일반적으로 피스톤은 고부하시는 피스톤의 팽창량을 실린더 보어가 구속하게 되는데, 이 늘어난 양을 실린더보어가 누르는 힘을 오버랩 반력(Reaction Force by Over-Lap)이라고 부르고 있고 내소착성의 하나의 지표로 삼고 있다(厚木自動車部品(株)).

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

오토써머틱 타입에서는 열팽창이 적기 때문에 열 부하 증대에도 불구하고 오버랩반력을 종래대로 유지하면서 조립간극을 작게 할 수 있었다 이와 같이 고출력화로 인한 승용차 엔진의 급격한 기술변화 중 1996년 현재 신 엔진 개발시 핵심기술 과제로서 저 소음 측면에서의 스커트의 클리어런스, 강성, 소음, 영구변형, 진동의 고려나 또한 소착 측면에서의 오버랩 반력 등으로 좁혀지며, 이 과제에 대한 기술적인 해결이 어느 한 부품의 해결만의 문제가 아니고 연관 부품을 동시에 연구해 나가지 않으면 열 부하 대응 엔진에 만족할 만한 결과를 얻기는 매우 힘든 실정이다.

특히 실린더 블록의 경우 연소실 열이 피스톤과 피스톤 링을 경유해서 실린더 벽으로 80%이상이 전달되고 있기 때문에 회전수 및 엔진 부하에 따른

온도분포의 변동이 예상되며 인접한 실린더간의 각 방향별로 균일한 냉각구조의 확인이 소음과 소착에 대응하는 중요한 인자라고 예상되지만, 국내의 경우 저소음 측면이나 소착 측면에 대한 대응 즉, 실동상태에서 열 변형 문제가 엔진 성능에 미치는 영향에 관해서는 거의 전무한 상태이며 외국기술에 의존하고 있는 실정이다.

3. 연 구 목 적

가솔린 기관에서 실린더 내로 흡입된 연료의 발열량은 전부가 에너지로 변할 수 없으며 그 손실은 대부분 배기손실, 냉각손실, 복사 및 기타 손실로써 실제로 쓰여지는 유효열량은 30%이내에 불과하다 냉각손실은 열효율 측면에서 본다면 낭비같이 생각되지만 엔진내부의 온도를 적절히 조절하여 기관 운전을 원활히 하고 기관 각 부품의 열적 내구 신뢰성을 증대시켜야 하므로 불가피한 것이다. 연소실 주변은 과열로 인한 기계적 성질의 약화로 강도 저하 및 변형 파손이 되지 않도록 일정온도 이상으로 과열되지 않아야 하며 특히 가솔린 기관의 경우, 과열로 인한 노킹이 생기지 않게 하기 위하여 연소실 주위의 온도를 혼합기의 자연발화 온도 이하로 항상 유지하여야 한다

따라서, 본 연구에서는 냉각수 온도 변화에 따른 기관 구성 부품의 열적 거동과 연료 소모량 및 연소 가스의 평균 압력과 출력 변화를 측정하고, 이에 따른 현안 문제점을 미연에 추출하여 신규엔진 개발시 내구시험 개시 가부에 대한 사전 판단과 엔진운전시의 냉각관계 개선, 오버랩 평가, 개발 예산을 줄이는데 크게 도움이 되는 자료를 얻어내고자 한다.

본 연구에서는 1500cc급 가솔린 엔진을 사용해서 냉각수 온도를 70℃, 80℃, 90℃로 일정하게 유지시키고 각 부하별 회전수를 변화시키면서 냉각수 온도 변화에 따른 실린더 보어에 있어서 원주방향 및 습동방향의 온도 구배를 온

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

도 기록계를 사용하여 20 point를 동시에 실측하였다.

이것은 실동 엔진 운전시 예상되는 피스톤과 실린더 사이에서 소손, 소착 등의 신뢰성 현안을 미연에 추출하고 신규 엔진 개발시 내구시험 개시 가부에 대한 사전 판단과 개발 예산을 줄이는데 크게 기여하기 위함이다

그리고 엔진 성능 분석기을 이용하여 각 시험조건에서 토크와 제동마력, 그리고 연료소비율등에 관한 실험 데이터를 수집하여 냉각수 온도 변화가 엔진 성능에 미치는 영향을 비교분석 해보고자 한다.

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

Ⅱ. 실험장치 및 실험방법

1. 실험 장치

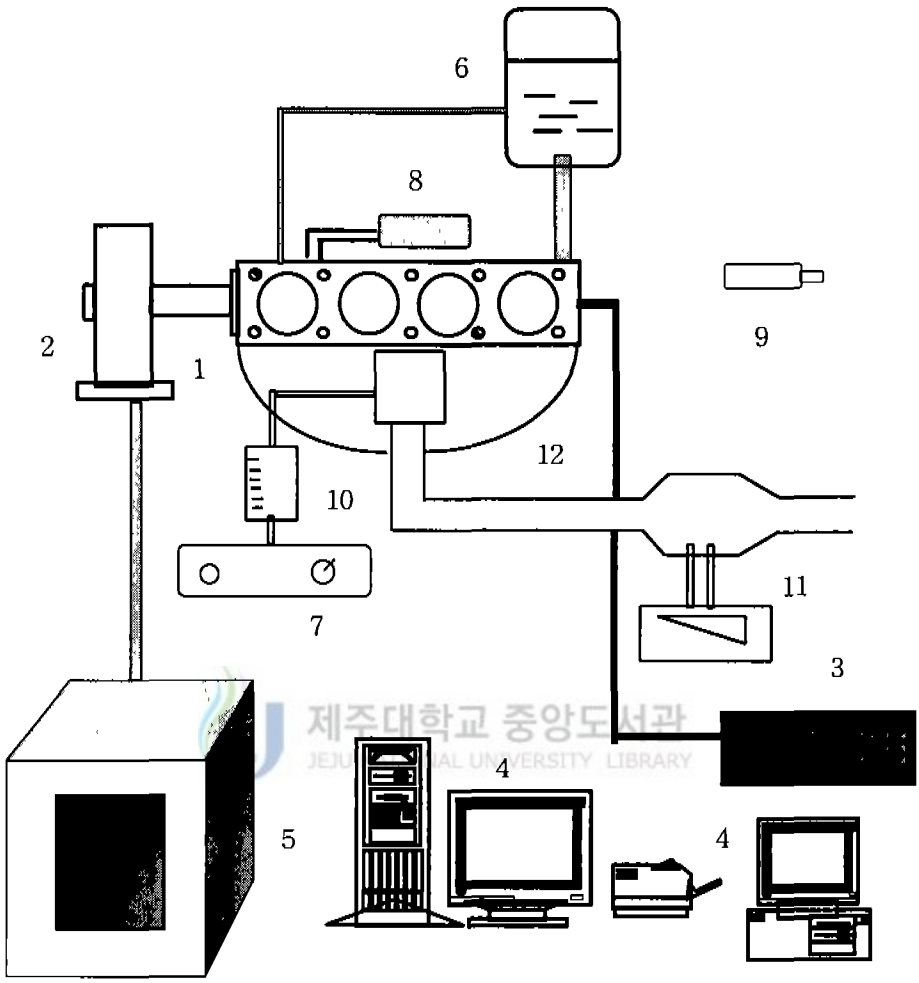
1) 공시 기관

본 연구에 사용된 엔진은 대우 자동차(주)의 제품으로서 내경×행정=76.5×81.5mm, 4실린더 MPI 가솔린 기관을 사용했으며 그 제원은 Table 1과 같다.

Table 1 Test engine

Item	Content
Type of Engine	SOHC
Type of Cooling System	water cooling
Cylinder Arrangement	4-line type
Cycle	4 cycle
Bore × Stroke	76.5×81.5 ㎜
Piston Displacement	1,498cc
Maximum Torque	13.9kg · m/3,000rpm
Maximum Brake Horsepower	93Ps/5,800rpm
Compression Ratio	9.5 : 1
Ignition Timing	10° BTDC
Lubrication System	full flow
Fuel Supply Type	MPI

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY



제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

1. Gasoline Engine	2. Dynamometer	3. Data Logger
4. Personal Computer	5. Dynamo Controller	6. Water Cooling Tank
7. Fuel Tank	8. Oil Cooler	9. Timing Light
10. Fuel Meter	11. Flowmeter	12. Intake Manifold

Fig. 1 Schematic Diagram of Experimental Apparatus

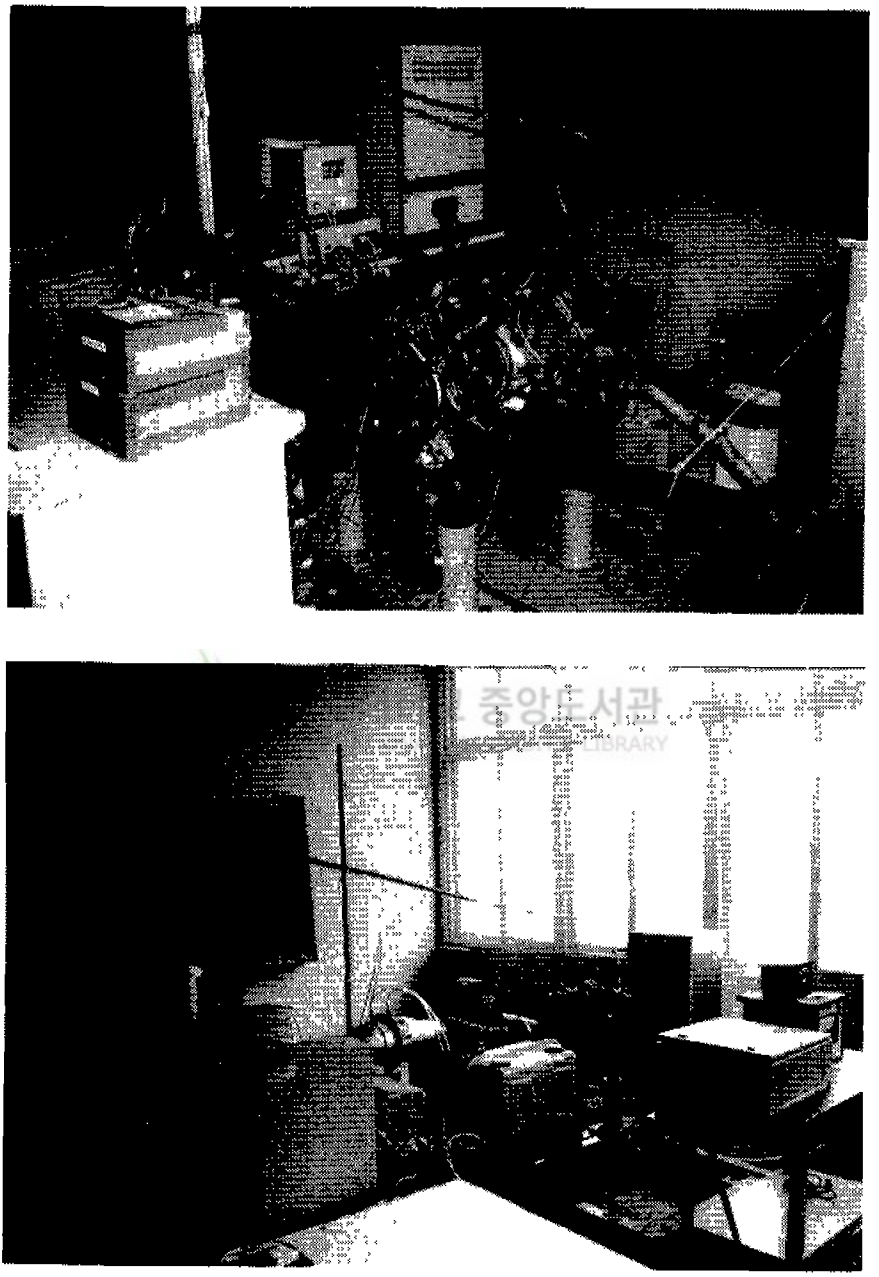


Photo. 1 Photo of Experimental Apparatus

2) 실험 장치

본 실험에 사용된 실험 장치의 배열도는 Fig. 1과 같고, Photo. 1은 본 실험 장치의 전경을 나타낸다. 주요 구성부로서는 기관동력계 및 콘트롤러, 냉각수 온도 조절 탱크와 오일쿨러가 연결된 1.5ℓ MPI 엔진를 기본으로 하여 데이터 수집장치, 흡입 공기 유량계, 연료탱크, RPM 게이지 등을 사용했다. 디지털 온도계는 설정된 냉각수 온도에 맞게 냉각수 파이프에 설치되어 있는 전자식 밸브를 작동시켜 엔진 냉각수 온도를 출구 제어할 수 있도록 하였다. 오일 쿨러는 냉각수 온도 조절과 같은 방식으로 오일 온도를 제어하기 위해 사용되었다. 엔진의 연료 소비율은 측정 용기내에 최대한의 연료를 보충하고 기관을 동작시킨 후 소모되는 연료량이 전자저울을 통해서 측정할 수 있도록 설치하였다. 흡기 시스템을 통하여 흡입되는 공기량을 측정하기 위해서 Laminar Type 유량계(Meriam, USA)를 사용하였다. 이 유량계의 측정원리는 흡입되는 공기가 유량계를 통과할 때 유량계의 두 지점의 압력차를 발생시키고 설치된 액주계를 통하여 그 차압을 읽게된다. 이 차압값을 이용하여 주어진 표에서 유량값으로 환산하게 된다. 온도 측정을 위한 센서는 모두 K-Type의 열전대를 사용하였다 Front부와 Rear부 각 4점, Thrust와 Anti-Thrust부 각 4점, 상사점 원주 45° 방향 4점, 냉각수 입/출구부 각 1점, 오일 열교환기부 1점 그리고 배기가스 다기관 1점등 총24점으로 구성되어 있다.

제주대학교 중앙도서관

2. 실험방법

1) 온도측정 방법

Fig. 2와 같이 3번과 4번 실린더가 인접한 사이어미스를 Front부, 그 반대측을 Rear부, 배기메니폴드가 있는쪽을 Anti-Thrust부 그리고 흡기메니폴드가 있는 방향을 Thrust부로 정하였다

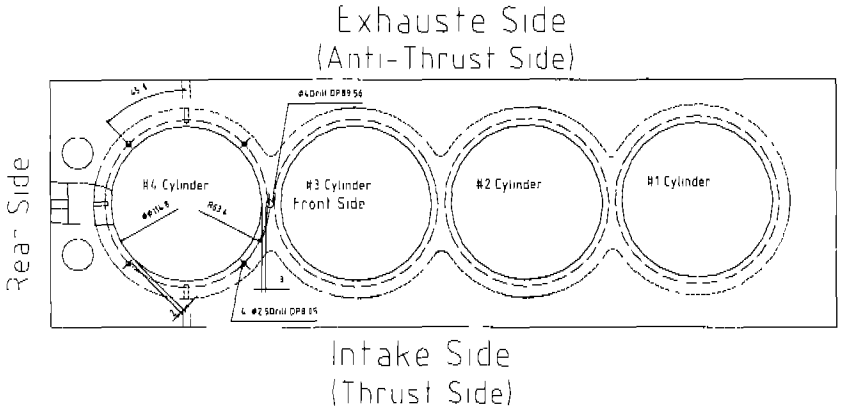


Fig. 2 Sensor Installation Position in Cylinder Block

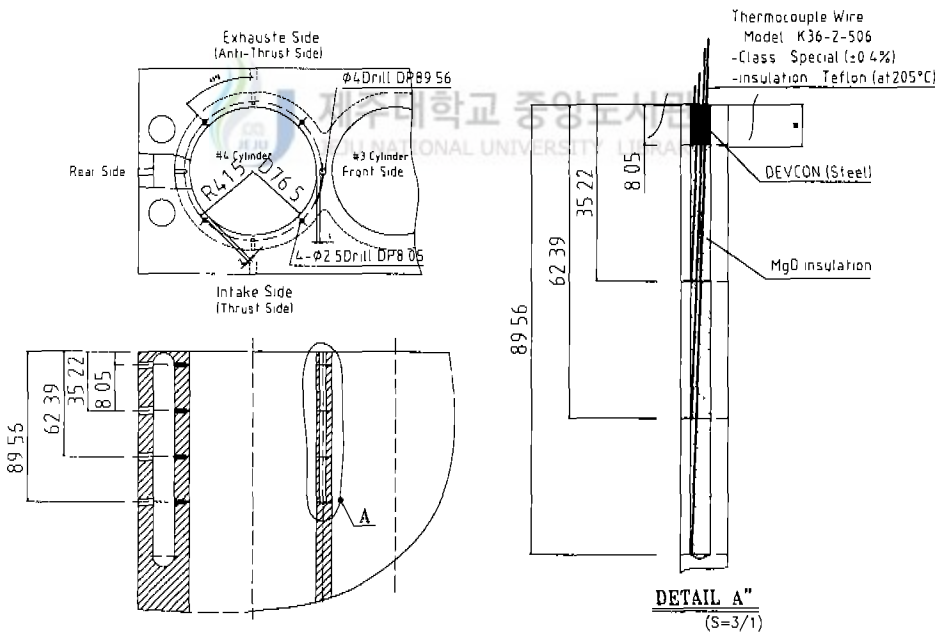
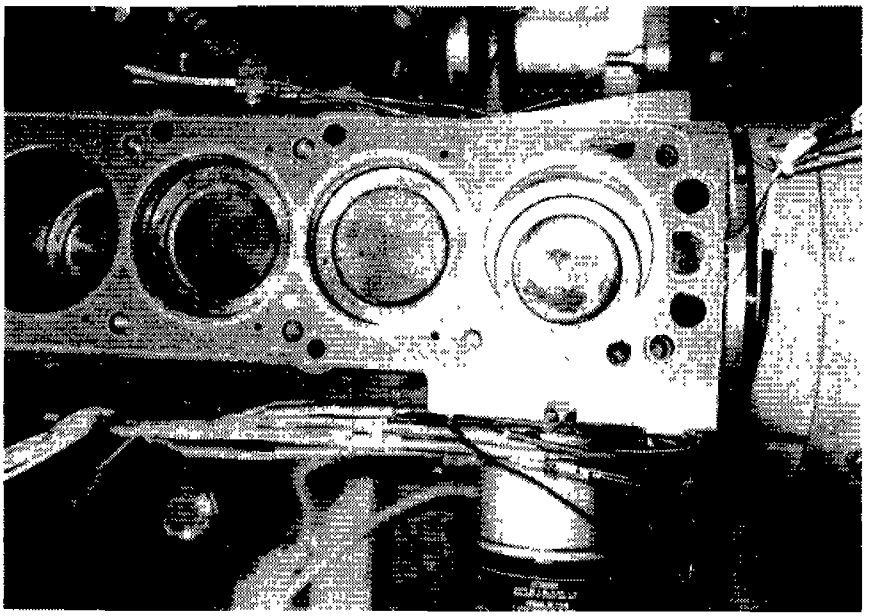
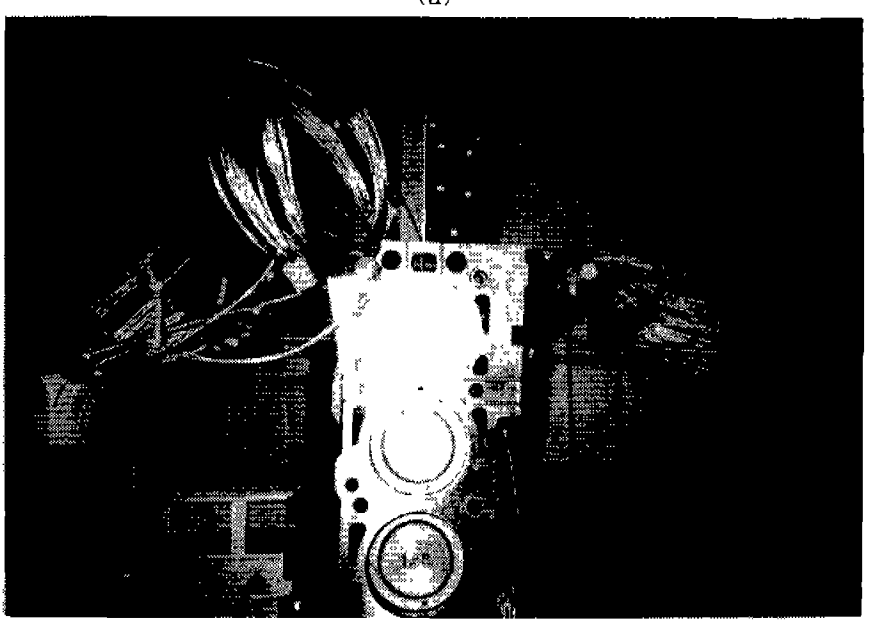


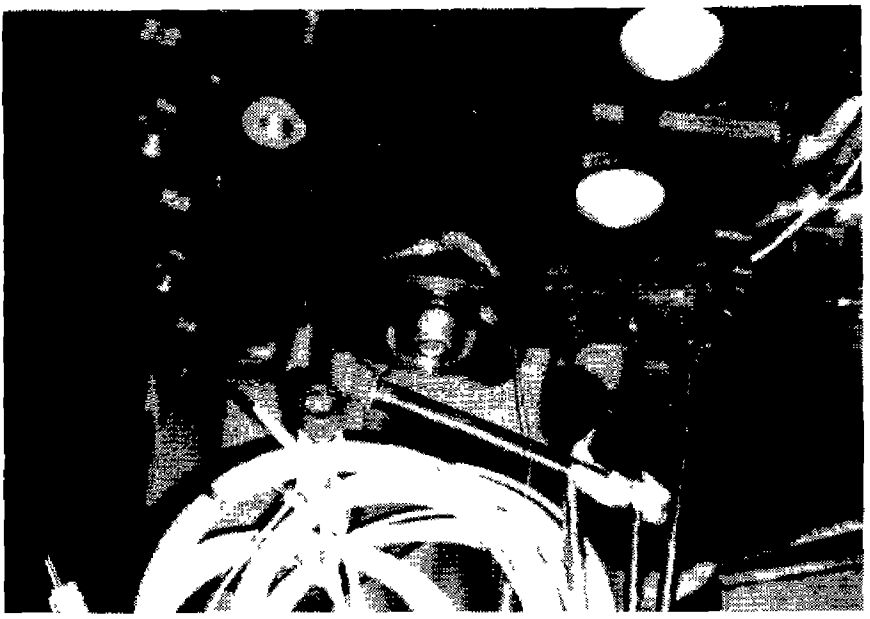
Fig. 3 Measuring Point of Cylinder Wall



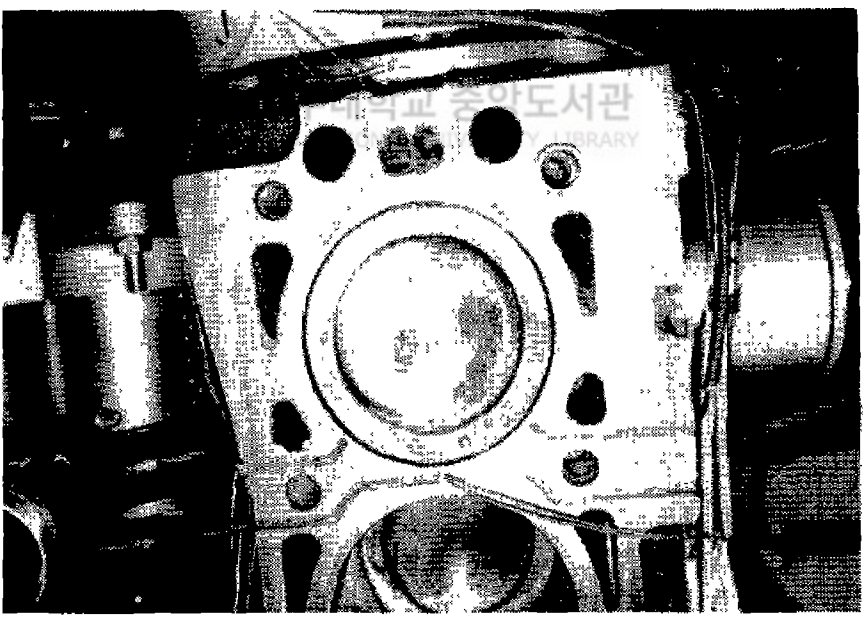
(a)



(b)



(c)



(d)

Photo. 2 Cylinder Block of Test Engine

Fig. 3은 실린더 벽면 온도를 측정하기 위해 설치한 Thermocouple의 위치를 나타낸 것이다. 피스톤 Crown부에 들어온 열량의 80% 이상이 제1압축링을 통하여 실린더 벽에 전달되기 때문에 피스톤이 TDC에서 1압축링이 일치하는 중심부 위치(8.05mm)와 BDC에서 1압축링이 일치하는 위치(89.56mm) 사이를 4등분하여 피스톤 운동방향으로 16포인트와 횡방향의 경우 피스톤이 TDC에서 1압축링이 일치하는 중심부 위치에서 8등분하여 Front, Rear, Thrust, Anti-Thrust부를 제외한 45° 방향에 4포인트를 설치하여 실린더 벽면 주위에 총 20포인트의 Thermocouple을 설치하였다.

Fig. 3의 아래 그림에서 4번 실린더 보어의 흡·배기측 및 Rear측은 수직방향으로 4등분하고, 수평하게 실린더 벽에서 2mm 위치까지 드릴작업을 한 후, 직경이 3.2mm인 Sheath형 열전대를 삽입하고 Devcon으로 충분히 충진하여 냉각수나 오일이 새는 것을 방지하였다. Photo. 2의 (b)와 (c)는 실험기관에서 사이어미스 종방향과 TDC에서 설치한 것을 제외하고 종방향으로 12개의 Thermocouple을 설치한 것을 보여준다.

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

사이어미스 종방향에 설치된 4점과 TDC에서 횡방향 45° 에 설치된 4점은 직경이 0.254mm인 열전대를 사용했다. 횡방향의 경우 원주방향의 4점은 실린더 블록 상판으로부터 깊이 8.05mm, 실린더 벽으로부터 2mm되는 위치에 설치하여 열전대를 삽입한 후 Devcon으로 채우고, 5~6시간뒤에 가는 줄을 이용하여 평면작업을 실시하여 연소실 압력의 누설을 방지하도록 하였다. Photo 2의 (d)는 사이어미스 종방향에 설치된 4점과 TDC에서 횡방향 45° 에 설치된 4점을 줄 작업하기 전 모습을 보여주는 것이다.

사이어미스 종방향에 설치된 4점은 Fig 3에서 확대한 것처럼 직경 4mm, 깊이 89.56mm의 Hole을 형성하여 0.254mm 와이어 열전대를 Hole에 삽입한 후 고순도 마그네샤 분말을 견고히 상부 8mm 위치까지 충진한다. 마그네샤 분말을 채운 그 위에 Devcon을 채우고, 위에 기술한 방법으로 마무리 작업을

실시하였다.

실험전에 냉각수 온도가 80℃에 도달하여 안정화가 될 때까지 기관을 2000rpm의 일정한 속도로 운전시켰다. 냉각수 제어 온도는 기관 출구 온도를 기준으로 하였으며 일정 냉각수 온도하에서 기관속도를 1500rpm부터 4000rpm까지 500rpm 간격으로 증가시켜 나갔다. 냉각수 온도 제어를 위해 밸브 제어용 디지털 온도계가 기관 출구 냉각수 통로의 온도센서를 통해 입력된 온도를 감지하고, 온도 변화에 대해 밸브를 제어함으로써, 기관내의 냉각수 온도가 일정하도록 하였다. 임의의 기관 속도에 도달한 후 약 300초가 지났을 때를 모든 측정 조건이 안정화 되었다고 보고 이때의 각 측정값들을 읽어서 기록하였다. 그리고 각 실험 조건에서 테스트는 5회 실시하고 데이터는 최고값과 최저값을 빼고 나머지 평균값을 사용하였다.

2) 엔진 성능 분석 방법

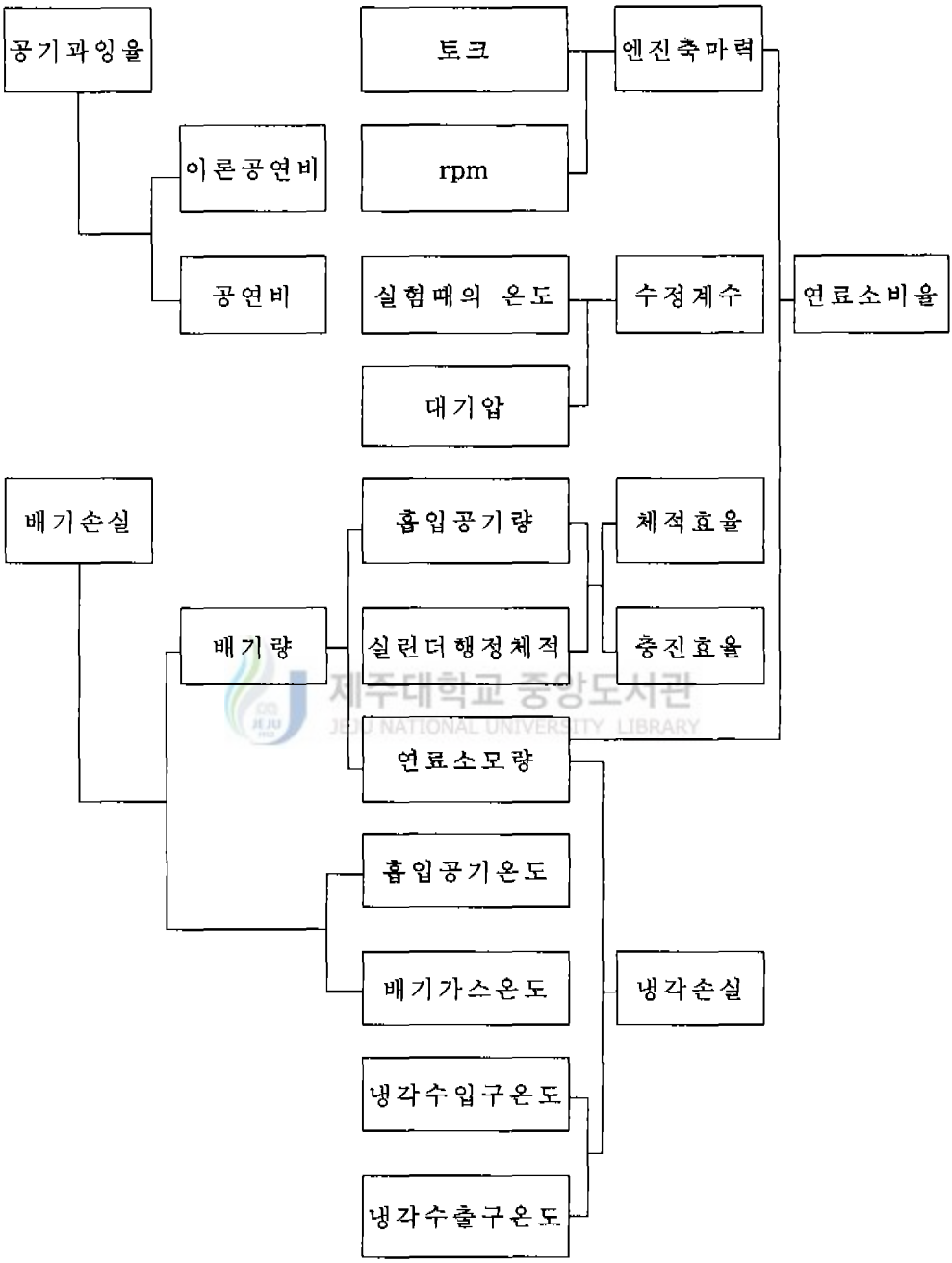
엔진 성능 분석을 위한 실험과정은 Fig 4와 같다

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

기관 축 출력을 측정하기 위해 130PS용 에디 커런트 방식(Eddy Current Type)의 전기 동력계를 사용해 축에 일정한 부하를 주어 축출력을 측정했으며, 동력계에 설치된 펄스 제너레이터로부터 엔진 회전수를 측정해 엔진의 마력을 구했다.

흡입공기량을 Laminar Type 유량계(Meriam, USA)를 사용하여 측정하였다. 기관 운전시 흡입되는 공기가 유량계를 통과할 때 두 지점의 압력차를 발생시키고 설치된 액주계를 통하여 그 차압을 읽게 된다. 이 차압값을 주어진 표에서 유량값으로 환산하면 된다.

연료소모량은 측정용기내에 최대한의 연료를 보충하고 기관을 운전시킨 후 소모되는 연료량은 전자 저울을 통해서 측정하여 단위 시간당 연료소모중량으로 나타내었다



제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

Fig. 4 Schematic Diagram for Analysis of Engine Performance

3) 연소해석

냉각수 온도 변화에 따른 가솔린 기관의 연소해석을 위해 실린더 내에서의 압력변화를 측정하였다. 압력변화는 1번 실린더 헤드에 설치된 피에조 타입(Piezo Type)의 압력변화 센서(Pressure Transducer Sensor, 0~100kg/㎠)에서 감지되고, 압력의 전기적 신호를 증폭기에서 증폭되어 AD 변환기로 이송된다. 동력계에 설치된 데이터 채취 때 단속기(Interupter)로 사용하기 위한 크랭크각 신호 발생기로부터 0.5° 또는 1° 마다의 압력데이터가 입력된다.

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

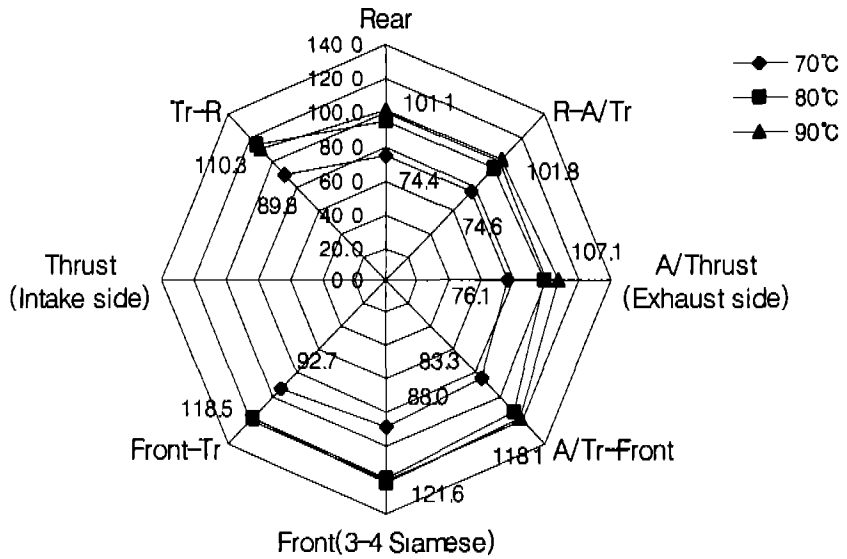
Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 냉각수온 변화에 따른 기관 부품의 열적 거동

기관을 전부하로 하고, 기관 속도를 1500rpm, 2000rpm, 3000rpm 그리고 4000rpm으로 유지한 후 냉각수온을 70℃, 80℃ 및 90℃로 증가시키면서 실린더 블록 벽면의 온도변화를 측정하였다.

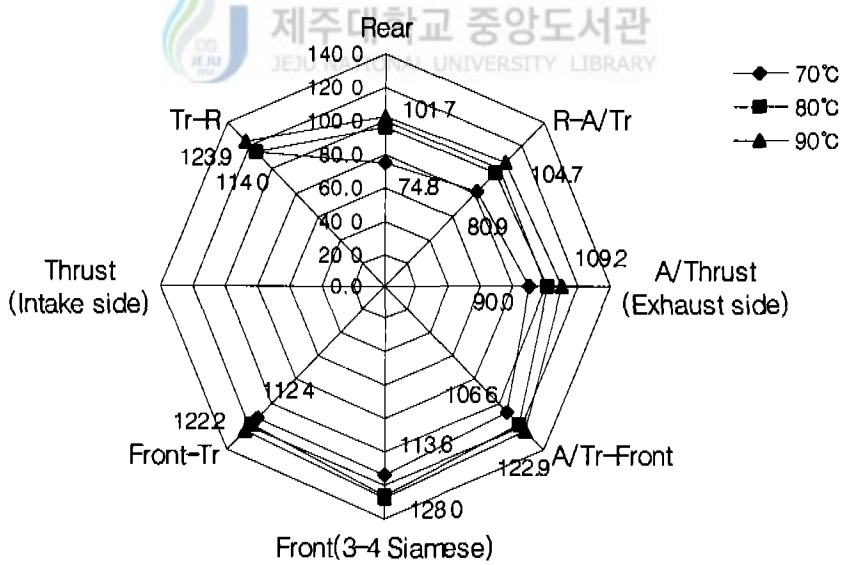
Fig. 5의 (a), (b), (c) 그리고 (d)는 냉각수온 변화에 따른 실린더 블록의 온도변화를 비교한 것이다 실험결과는 냉각 수온 증가에 따라 온도 곡선이 전반적으로 증가하는 경향을 보이고 있다. Fig. 5 (a)는 1500rpm의 경우이며 배기 측이 76.1~107.1℃, 사이어미스 측이 83.3~121.6℃, 그리고 Rear측이 74.4~101.1℃의 온도분포를 보이고 있다. Fig. 5 (b)는 2000rpm의 경우이며 배기 측이 90.0~109.2℃, 사이어미스 측이 113.6~128.0℃, 그리고 Rear측이 74.8~101.7℃의 온도분포를 보이고 있다. Fig. 5 (c)는 3000rpm의 경우이며 배기 측이 94.2~113.9℃, 사이어미스 측이 118.5~133.3℃, 그리고 Rear측이 80.0~105.6℃의 온도분포를 보이고 있다. Fig. 5 (d)는 4000rpm의 경우이며 배기 측이 101.3~118.4℃, 사이어미스 측이 130.2~143.6℃, 그리고 Rear측이 88.8~112.8℃의 온도분포를 보이고 있다. 냉각수온 증가에 따른 온도분포는 실린더가 인접한 사이어미스 부위 온도가 가장 높게 나타나고 있으며 Rear부위가 가장 낮은 온도분포를 보이고 있다. 이것은 실험 엔진의 냉각수 유동 설계에 따른 영향으로 판단되어진다. 그리고, 흡기 측은 데이터 에러로 측정되지 않았지만 배기 측에 비해 약간 낮은 온도분포를 보일 것으로 예측된다. 이는 연소가스가 배기 행정중에 배기구를 통해 배출될 때 전도되는 열의 영향 때문이다.

제주대학교 중앙도서관

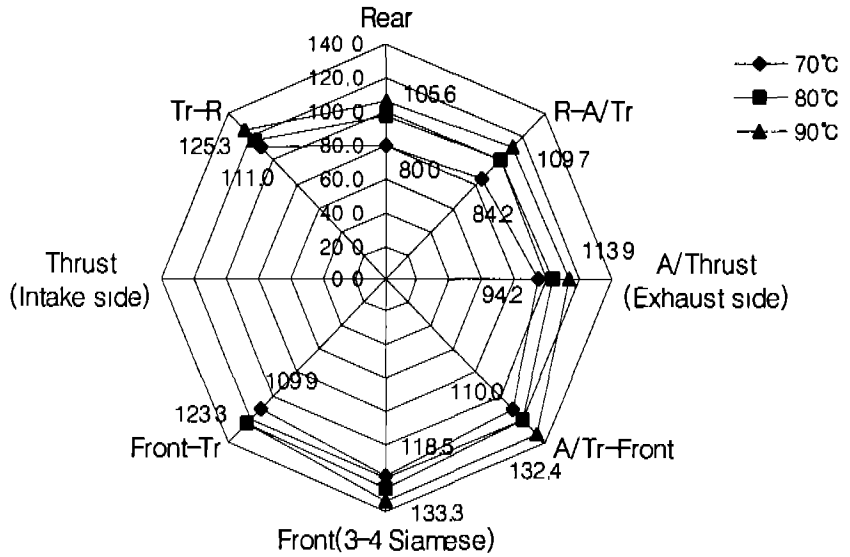


(a) 1500rpm

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

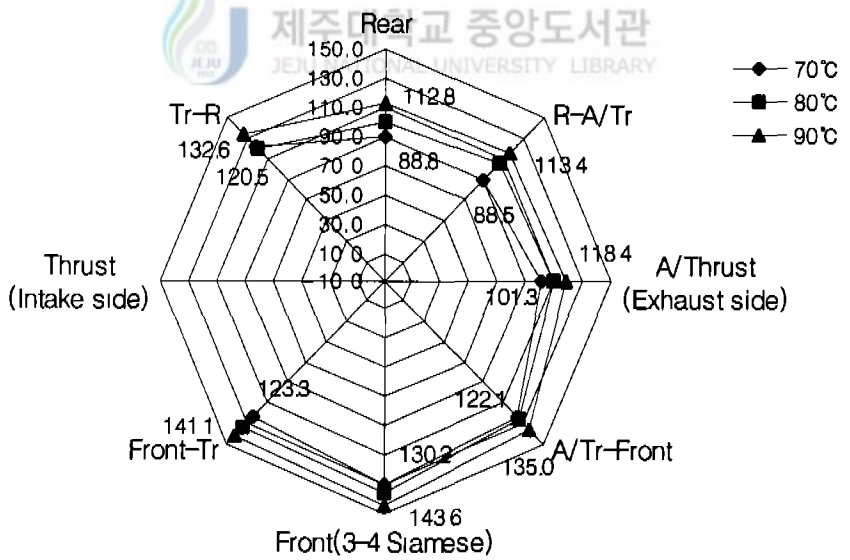


(b) 2000rpm



(c) 3000rpm

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY



(d) 4000rpm

Fig. 5 Coolant Temperature Effect on Cylinder Block

Fig.6과 7은 기관 부하조건을 전부하로 하고, 냉각수온 증가에 따른(70℃, 80℃ 및 90℃) 엔진 오일과 배기 메니폴드에서의 배기가스 온도 변화를 비교한 것이다. 실험 결과 냉각수온 증가에 따라 엔진 오일 온도가 대체적으로 일정한 폭으로 상향 전이하는 경향을 보이고 있는데, 이는 기관 내부에서 발생하는 연소에 의한 열과 미끄럼 운동부에서 발생하는 마찰열을 엔진 오일이 흡수하여 냉각 작용을 하기 때문이다. Fig. 6 그래프를 보면, 냉각수온이 70℃일 때 엔진 오일은 82.5 ~ 105.8℃, 냉각수온이 80℃에서 101.3 ~ 108.5℃ 그리고 냉각수온이 90℃일 때는 107.1 ~ 114.7℃의 온도 분포을 보이고 있다.

Fig. 7은 냉각수온 증가에 따른 배기 메니폴드에서 배기가스의 온도를 비교한 것인데 대체적으로 냉각수온의 영향을 받지않고 엔진 회전수 증가에 따라 일정한 폭으로 증가하고 있다. 이는 엔진에서의 에너지 흐름을 생각할 때 배기 가스를 통해 외부로 배출되는 에너지는 압력에 의한 엔탈피를 비교해야 됨을 보여주는 것이다.

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

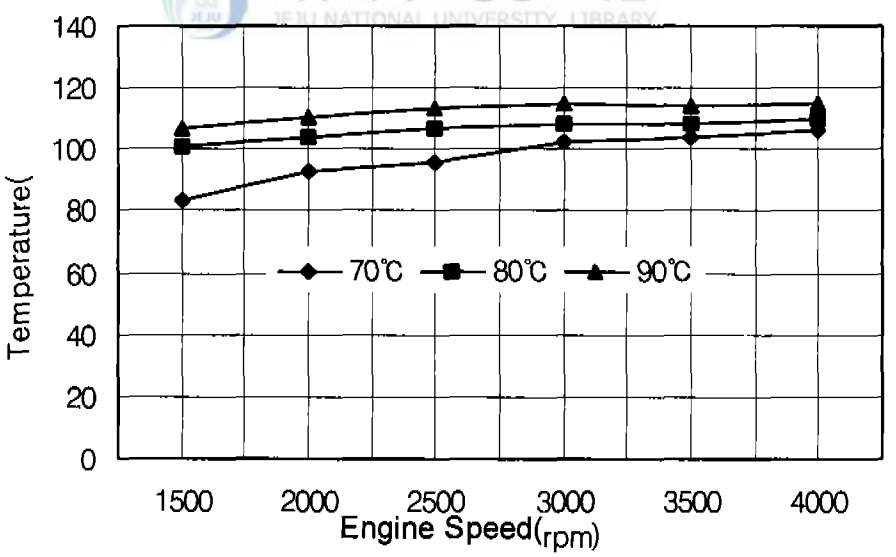


Fig. 6 Effect of Coolant Temperature on Engine Oil

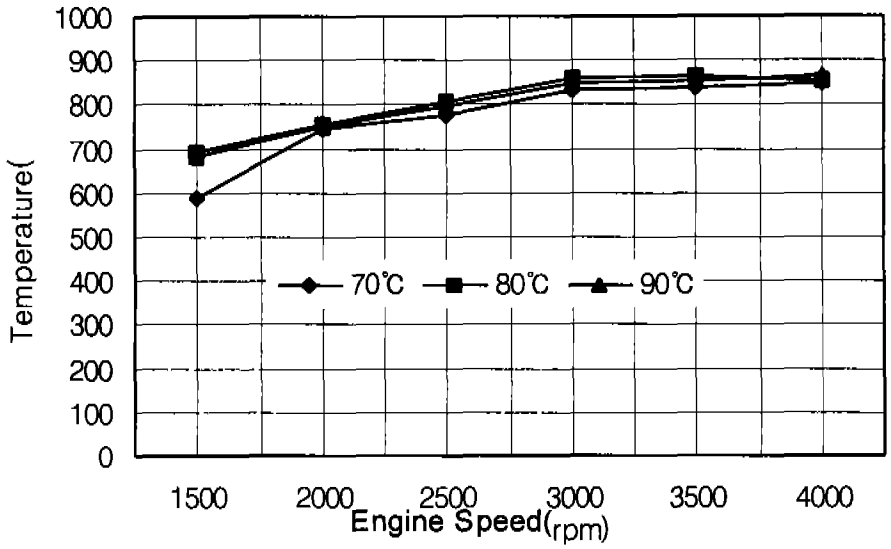


Fig. 7 Effect of Coolant Temperature on Exhaust Gas Temperature

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

2. 냉각수온 변화에 따른 기관 성능 비교

Fig. 8는 전부하 조건에서 냉각수 온도를 70℃에서 90℃까지 10℃씩 증가시키면서 저중속 영역에서의 연료 소모량을 비교한 것이다 실험 결과, 엔진 회전수 증가에 따라 연료 소모량이 선형적으로 증가하는 추세를 보이고 있다. 그리고 동일 엔진 회전수에서는 냉각수온이 10℃ 상승하면 연료 소모량이 1g 정도가 감소하고 있음을 알 수 있다. 이것은 냉각수 온도 증가가 마찰 손실을 저감시켜 연비를 개선한 것으로 판단된다.

Fig. 9는 전부하 조건에서 냉각수온 변화에 따른 엔진의 출력과 토오크의 성능 변화를 나타낸 것이다. 실험 결과는 저중속 영역에서 냉가수온이 70℃일 때 토오크는 9.35~10.94kg · m로 냉각수온이 80, 90℃일 때보다 낮게 나타났다. 이것은 냉각수온이 낮아 윤활유의 점성이 높아지게 되고 이에 따라 마찰 손실이 커졌기 때문이다.

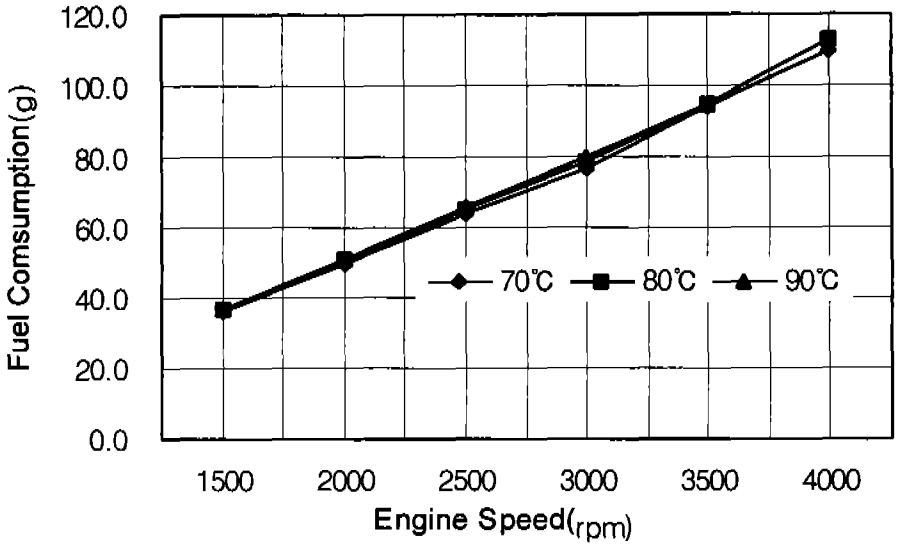


Fig. 8 Effect of Coolant Temperature on Fuel Comsumption

제주대학교 중앙도서관

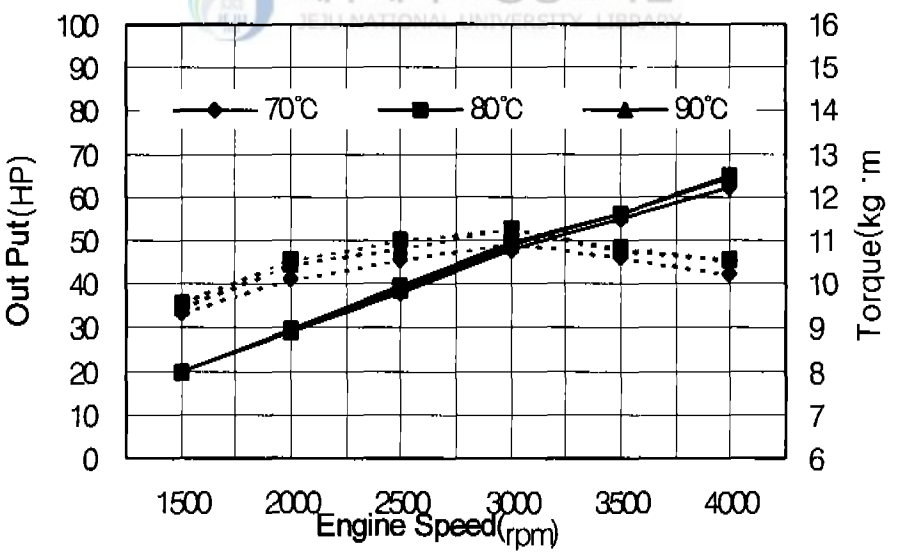


Fig. 9 Effect of Coolant Temperature on Engine Performance

3. 냉각수온 변화에 따른 가솔린 기관의 연소해석

연소해석은 전부하 조건에서 냉각수 온도를 70℃에서 90℃까지 10℃씩 증가시키면서 저중속 영역에서의 연소압력을 비교한 것이다. 실험에서 얻어진 최고압력(P_{max})은 동작가스의 연소에 의하여 얻어진 압력에너지의 크기를 나타내는 것이고 이로부터 단열팽창하여 막 일을 시작하려고 하는 동작가스의 극한상태를 상징하며, 또 다른 한편으로는 P_{max} 가 기관의 각 구성부재를 반복타격하는 충격으로서 기계적 부하의 대용 특성이 되기도 한다.

Figs. 10~13은 엔진 회전수를 1500rpm, 2000rpm, 3000rpm 그리고 4000rpm에서의 크랭크 각의 변동에 따른 최고압력(P_{max})을 보여준다 연소실내 연소가스의 최고압력은 저중속 영역에서는 냉각수 온도변화에 영향을 받지않았지만, 고속에서는 냉각수 온도변화에 영향을 받았다. Fig. 13은 엔진회전수 4000rpm일 때 냉각수 온도변화에 따른 실린더 내 연소가스의 최고압력을 보여주는 결과이다. 냉각수 온도가 70℃일 때 실린더 내 연소가스의 최고압력은 34.46bar이고, 80℃, 90℃일 때는 36.22bar와 36.42bar로 최대 약 2bar정도 높게 측정되었다. 이것은 연소실 최고압력은 기관의 온도(80~90℃)가 적절히 유지될 때 얻을 수 있으며 과냉이나 과열의 상태에서는 최고압력을 얻을 수 없음을 보여준다.

Figs. 14~19는 P-V 선도을 나타낸 것이다. 엔진회전수 1500rpm~3500rpm (저중속영역)에서 냉각수 온도 변화에 따른 P-V 선도는 같은 경향을 보였기 때문에 여기서는 1500rpm만 나타내었다. 연소해석프로그램의 그림을 살펴보면 저중속에서는 P-V 선도에서의 유효영역이 거의 동일한 크기를 보여주고 있으나, 중고속 영역인 4000rpm에서는 냉각수 온도 변화에 따른 최고압력의 차이로 70℃일 때보다 80℃, 90℃ 일때가 유효영역이 크게 나타났다.

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

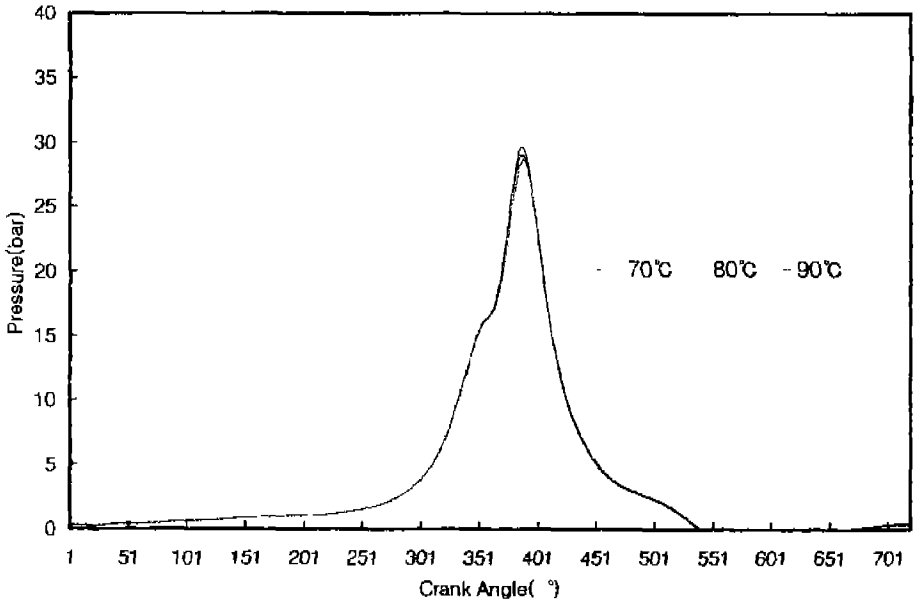


Fig. 10 Pressure-θ Diagram(1500rpm)

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

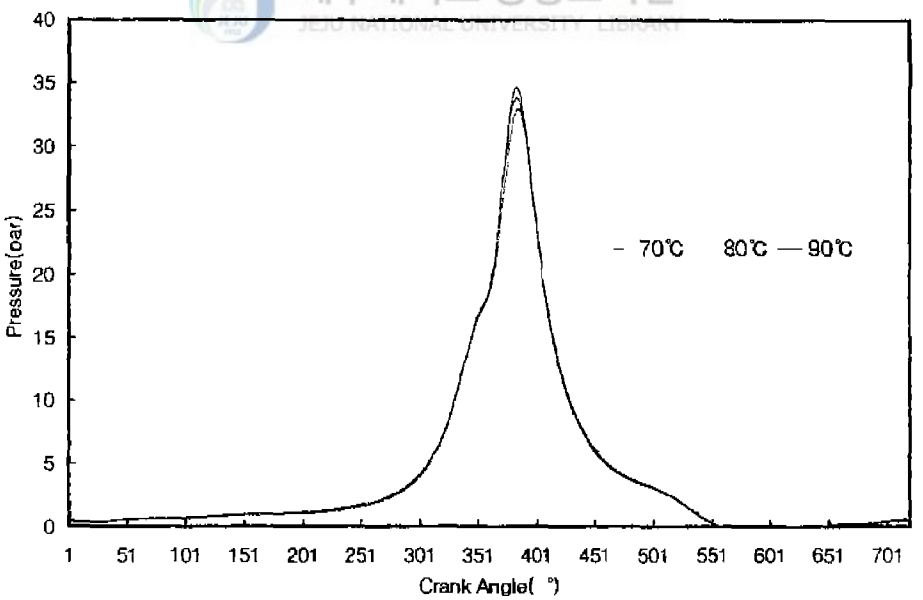


Fig. 11 Pressure-θ Diagram(2000rpm)

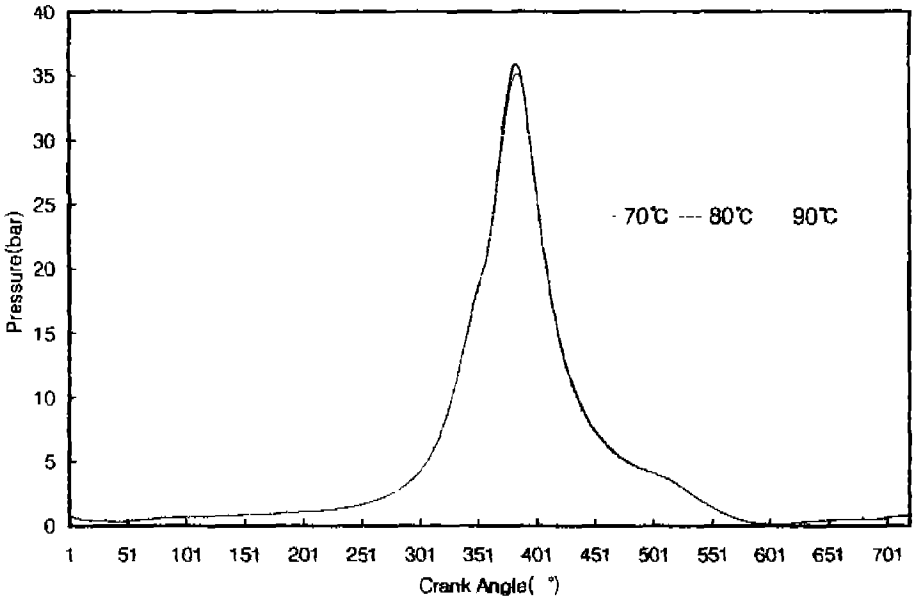


Fig. 12 Pressure-θ Diagram(3000rpm)

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

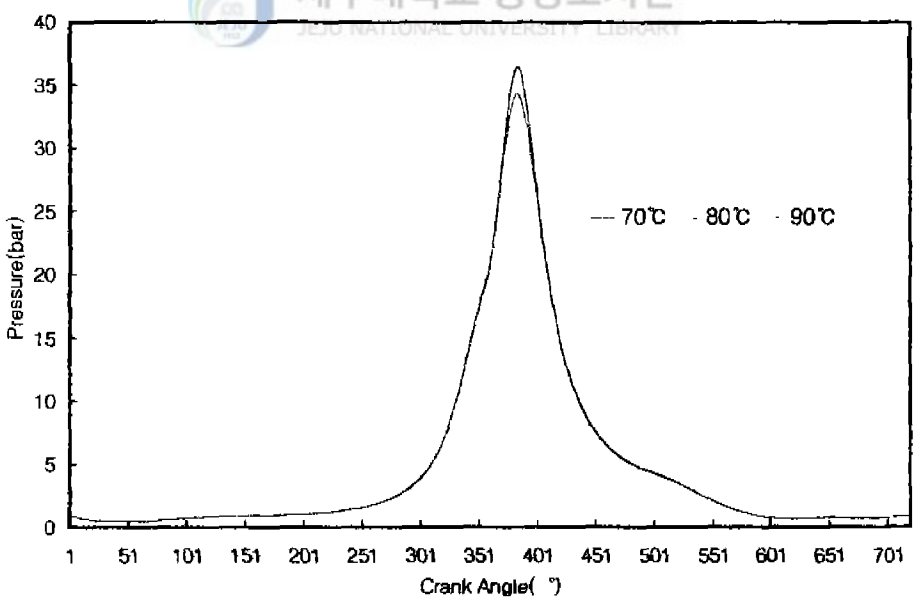


Fig. 13 Pressure-θ Diagram(4000rpm)

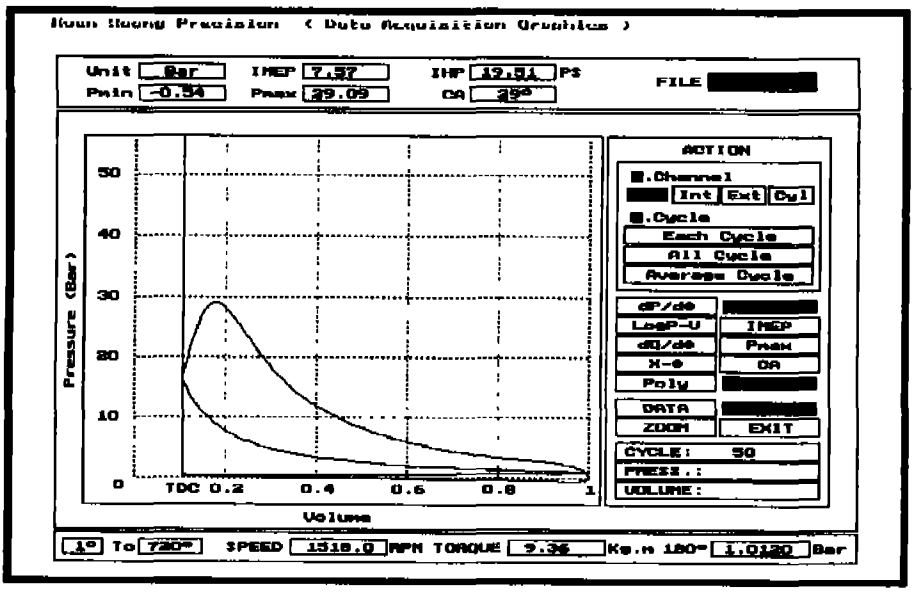


Fig. 14 P-V Diagram(1500rpm, Coolant 70℃)

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

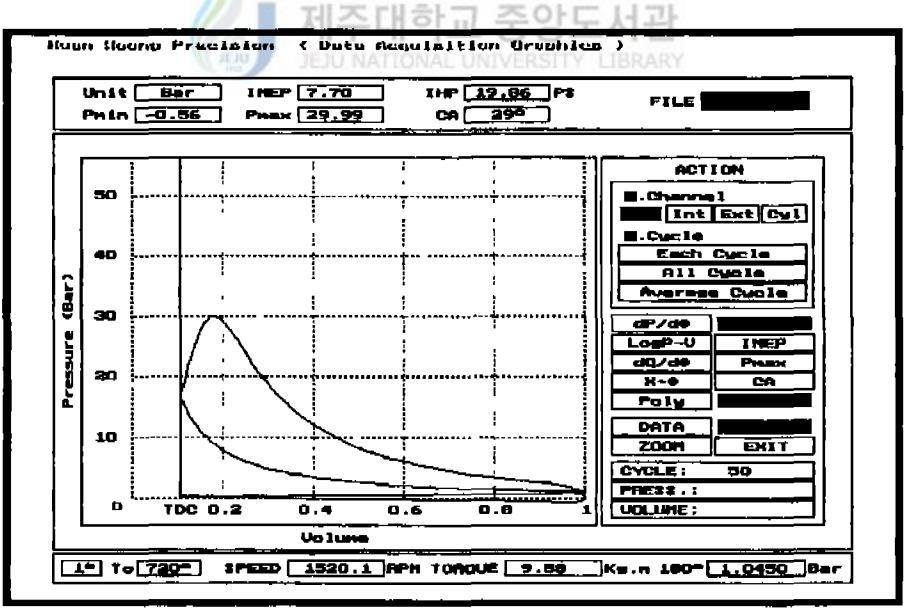


Fig. 15 P-V Diagram(1500rpm, Coolant 80℃)

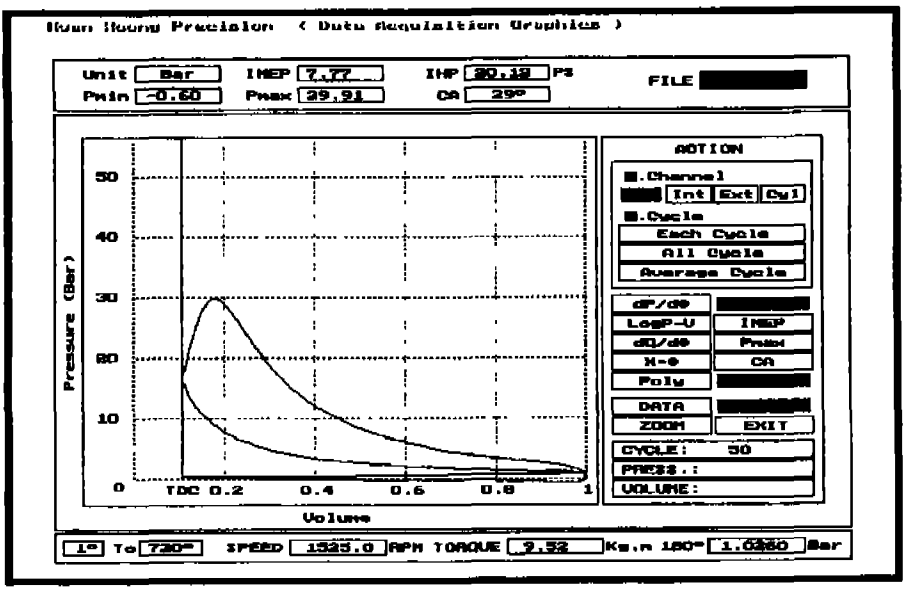


Fig. 16 P-V Diagram(1500rpm, Coolant 90℃)

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

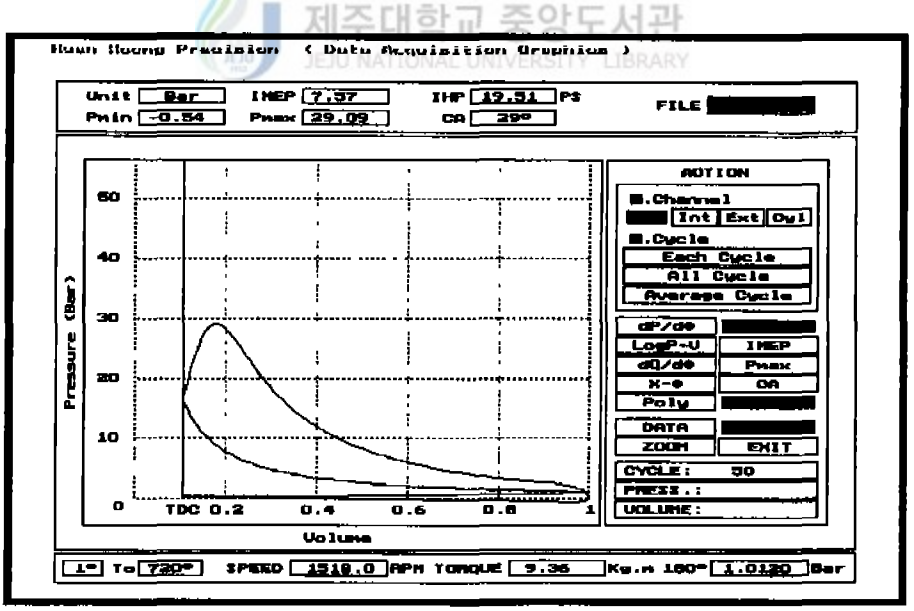


Fig. 17 P-V Diagram(4000rpm, Coolant 70℃)

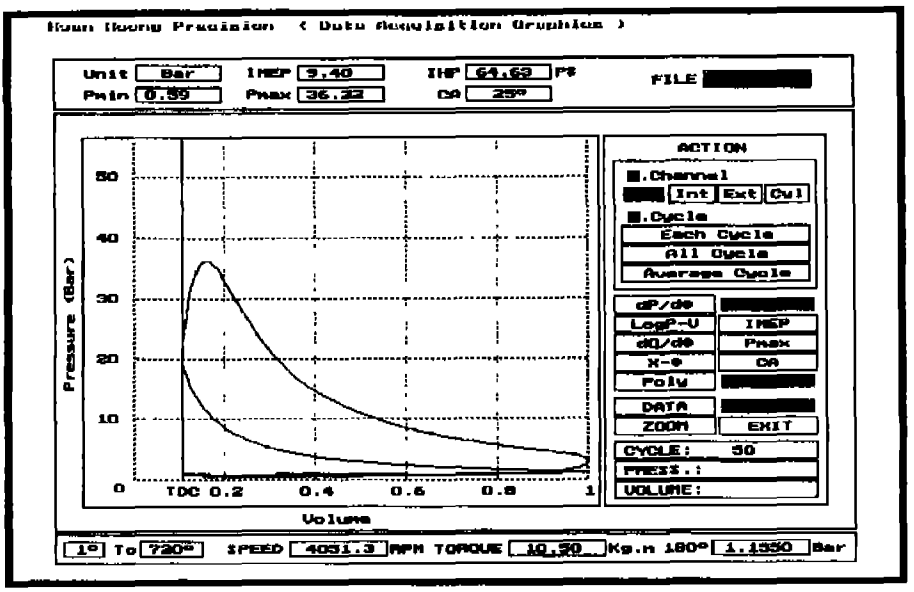


Fig. 18 P-V Diagram(4000rpm, Coolant 80℃)

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

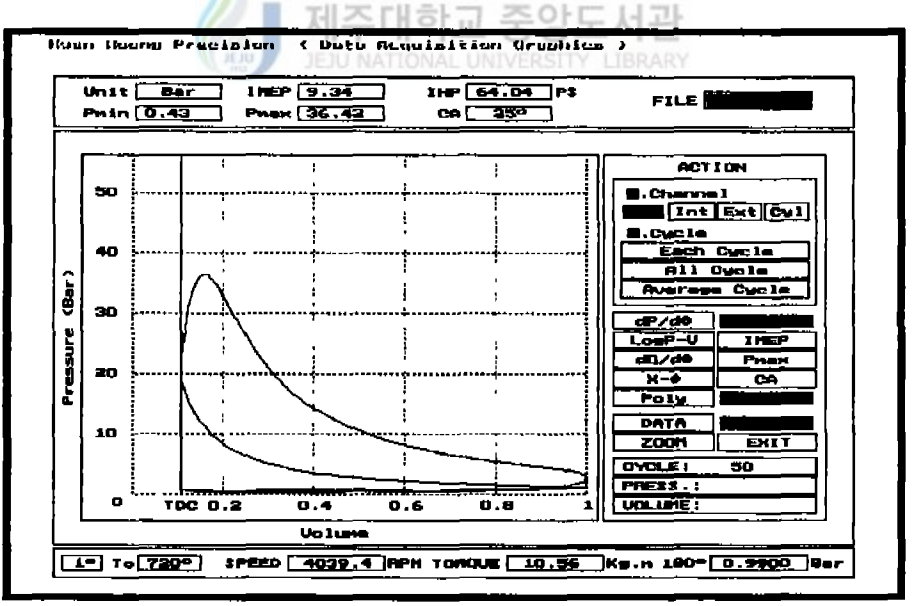


Fig. 19 P-V Diagram(4000rpm, Coolant 90℃)

Ⅳ. 결 론

신규엔진 개발시 내구시험 개시 가부에 대한 사전 판단에 기여하기 위하여 4기통 1500cc급 가솔린 엔진을 사용해서 냉각수 온도 변화에 따른 기관 구성 부품의 열적 거동과 연료 소모량 및 연소 가스의 평균 압력과 출력 변화를 실험적으로 분석함으로써 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 냉각수온 증가에 따른 금속면의 온도분포는 전반적으로 증가하는 경향을 보이고 있으며, 실린더가 인접한 사이어미스 부위 온도가 가장 높게 나타났고, rear부위가 가장 낮은 온도 분포를 보인다

2. 냉각수온 증가에 따라 엔진 오일 온도가 대체적으로 일정한 폭으로 상향 전이하는 경향을 보이고 있는데, 냉각수온이 70℃일 때 엔진 오일은 76.6 ~ 105.8℃, 냉각수온이 80℃에서 101.3 ~ 108.5℃ 그리고 냉각수온이 90℃일 때는 107.1 ~ 114.7℃로 증가하는 것으로 나타났다.

3. 엔진에서의 에너지 흐름을 고려할 때, 배기가스를 통해 배출되는 에너지는 배기 가스의 온도를 비교하는 것보다 압력 변화에 의한 엔탈피를 분석하는 것이 유용하다.

4. 냉각수온이 70℃에서 90℃로 증가할 때, 연료 소모량은 약 1g 정도 감소함을 보이고, 저중속에서 토오크는 냉각수온이 70℃일 때보다 80와 90℃일 때가 약 0.5kg · m 정도 높게 나타났다.

5. 냉각수 온도가 70℃일 때 실린더 내 연소가스의 최고압력은 34.46bar이고, 80℃, 90℃일 때는 36.22bar와 36.42bar로 최대 약 2bar정도 높게 측정되었다 이것은 연소실 최고압력은 기관의 온도(80~90℃)가 적절히 유지될 때 얻을 수 있으며 과냉이나 과열의 상태에서는 최고압력을 얻을 수 없음을 보

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

여준다.

6. 저중속에서는 P-v 선도에서의 유효영역은 거의 동일한 크기를 보여주고 있으나, 중고속 영역인 4000rpm에서는 냉각수 온도 변화에 따른 최고압력의 차이로 70℃일 때보다 80℃, 90℃일 때가 유효영역은 크게 나타났다.

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

Ⅴ.참고문헌

류택용, 신승용, 1998, "엔진 냉각계 개선을 통한 가솔린 엔진의 성능향상", 한국자동차공학회논문집 제6권 제3호, pp.1 ~ 11.

손병진, 김창헌, 1998, "자동차용 가솔린 기관의 실린더 블록에 대한 열적 거동 해석", 한국자동차공학회논문집 제6권 제5호, pp.211 ~ 221

김주연,안상호, 1997, "유한요소법을 이용한 디젤 엔진의 실린더블록-라이너-가스킷-헤드 구조물에 대한 해석", 한국자동차공학회논문집 제5권 제3호, pp. 147~155.

이교승,이진호, 1997, "자동차용 디젤엔진 피스톤의 열변형 특성에 관한 연구", 한국자동차공학회논문집 제5권 제1호, pp. 162~172

尹永春, 1996, "가솔린 엔진의 실린더 溫度特性에 關한 硏究", 濟州大學校 碩士學位論文, pp. 18~28.

윤영춘,권기린, 1997, "가솔린 엔진의 실린더 溫度特性에 關한 硏究", 한국자동차공학회지, 97380030, pp 210~217.

조진호, 1993, "내연기관 공학", pp.713 ~ 806.

Furuhama, S., 1983, "Thermal problem of internal combustion engines (1)" , Internal combustion engines-22(5), pp. 61~69.

Furuhama, S., 1984, "Effect of Oil Properties on Piston Frictional Forces", JSME-29, pp. 55~62.

新 啓一郎, 立石辛南, 木村 勉. 1986. "Problems about Piston Ring for Automotive Engine at High Revolutions and Power" , 自動車技術

제주대학교 중앙도서관 JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

- 40(4), pp. 499～504.

高松英俊, 1986, "薄幅 Oil Ringを 持つ Two Ring Pistonの 溫度および Ring 擧動に 關する硏究", 碩士學位論文, 武藏工業大學大學院, pp 27～28.

榎本良揮, 1986, "自動車エンジンの溫度測定および熱損失に關する硏究", 博士學位論文, 武藏工業大學大學院, pp. 1～18.

古浜庄一, 1984, 自動車 ENGINEの Tribology, ナツメ社, pp 251～253.

藤本博也, 古浜庄一, 後藤隆治, 1990, "Measurement of Cylinder Bore Deformation by mean of a Turning Piston with a Gap Sensor during Engine Operation", 日本機械學會論文集-56(523), pp. 851～857.

伊東明美, 一杉英司, 石田郁夫, 染谷常雄, 古浜庄一, 1993, "Study on the Measurement of Piston Skirt Deformation under Engine Operating Condition". 日本自動車技術會, pp. 149～152.

石田宣之, 西村周一, 寺本正彦, 1986, "Development of Nissan's New Twin-Cam Engine Series", 內燃機關-25(320), pp. 25～40.

新 啓一郎, 立石辛南, 木村 勉. 1986. "Problems about Piston Ring for Automotive Engine at High Revolutions and Power", 自動車技術 - 40(4), pp. 499～504.

厚木自動車部品(株) 社內資料.

제주대학교중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

감사의 글

이 논문을 완성하기까지 세심한 지도와 노고를 아끼지 않으시고 베풀어 주신 제주대학 권기린 지도 교수님께 깊은 감사를 드리며, 본 논문 심사에 열과 성을 다하여 적극 협조하여 주신 본 대학 허종철 교수님, 현명택 교수님, 김귀식 교수님, 임종환 교수님, 조경호 교수님께도 감사를 드립니다.

또한 본 실험을 끝까지 도와준 제주산업정보대학 김홍석 학사운영처장님, 박윤범 교수님께도 진심으로 깊은 감사를 드립니다.

그리고 멀리 계시면서도 늘 관심을 가지고 본 연구를 끝까지 협조해 주신 강원직업전문학교 윤영춘 선생님께도 고마움을 표합니다.

학위가 끝날때까지 보이지 않은 배려를 해주시고 인생의 경험과 사회경험을 가르쳐 주시는 제주직업전문학교 김중원 원장님께 깊은 감사를 드리며, 항상 격려와 가르침을 주시는 우리학교 모든 선생님과 자동차과에서 생사고락을 같이 하는 동료 선생님과 제자들에게 고마움을 전합니다.

또 이 논문이 완성되기 까지 기도와 용기를 북돋아 주고 사랑과 정성으로 고생을 마다 않고 학위가 끝날 수 있도록 내조해주신 아내 명순씨에게도 감사를 드리며, 無言의 힘을 주고 강인한 정신력을 일깨워준 사랑하는 내아들 정민이와 딸 정래와도 이끼쁨을 함께 하고자 합니다. 그리고 팔순이 넘도록 온갖 고통과 역경속에서도 늘 자식걱정 해주시는 아버님과 장모님께도 감사를 드립니다.

마지막으로 온갖 고생과 역경속에서도 희생를 감수하며 아들이 잘 되기만을 누구보다 간절히 바라고 정성을 다하시다 2년전에 돌아가신 사랑하는 어머님 영전에 나의 이 조그만 정성을 바칩니다.

다시한번 저를 위해 도와주시고 베풀어 주신 모든 분들께 진심으로 감사를 드립니다.

1999년 12월

홍 성 수