

냉각공기량이 자동차 냉각성능에 미치는 영향에 관한 실험적 연구

김진현* · 이해철* · 박종남* · 차경옥**

An Experimental Study on Effects of Cooling Airflow rate on the Automotive Cooling Performance

Jin-Hyun Kim, Hae-Chul Lee, Jong-Nam Park, Kyung-Ok Cha

Key Words: Cooling System (냉각시스템), Airflow rate (공기량), Heat Release Rate (방열량), Cooling Temperature (냉각수 온도), Dynamometer (동력계)

Abstract

Gasoline engine manufacturers are currently considering designs that will result in low combustion air temperature for improvement of fuel consumption and emission levels. There are a variety of cooling systems that can be used to accomplish this goal. Coolong is therefore normally achieved through a balance of ram and fan action.

This paper studies the various systems and compare the cooling performance for several conditions, based on a automotive engine. An experimental analysis was developed to predict the interaction of the fan system and the heat exchangers of the engine cooling system. The local temperature induced by the fan on the cooling system is measured. These experimental result were accomplished using air flow management techniques.

1. 서 론

최근 자동차용 디젤 및 가솔린 엔진은 소형화와 더불어 보다 높은 출력, 저연비 및 저공해를 목표로 개발되고 있다. 일반적으로 엔진에서 발생하는 동력의 약 30~35%가 냉각손실에 해당하는 것으로 알려져 있다. 이러한 엔진의 소형화에 따른 고출력화는 엔진 블록과 헤드의 열적부하를 증가시켜 제한된 공간에서 보다 향상된 냉각 시스템을 요구하게 되었다. 그러므로 차량의 냉각 시스템은 높은 엔진 출력에 맞는 최적의 냉각 성능 즉, 효율적인 연비의 향상 및 엔진 출력 손실의 최소화를 달성할 수 있는 냉각 시스템이 요구되고 있으며, 더 낮

은 온도로의 목표를 달성하기 위한 무수히 많은 방법들은 현재 엔진 및 차량 제작자들에 의해 시도되고 있다. 각각의 시스템들은 장, 단점을 가지고 있으며, 모든 적용 조건들을 만족하는 가장 좋은 방법이란 없다. 각각의 제조업체들에 의해 선택된 시스템들은 그것의 부분적인 요구 사항들과 제한 사항들에 대한 기본적인 것들 뿐이다

그러므로 본 연구에서는 자동차의 동력 출력을 향상시키기 위한 하나의 방법으로써 우선 엔진 냉각 시스템의 최적 설계를 위하여 엔진의 운전조건에 따른 냉각시스템에 대한 실험적 평가를 수행하여, 여기서 얻은 실험 결과를 토대로 방열기를 통과하는 냉각 공기유량, 방열기와 냉각팬의 장착조건 및 냉각 시스템 각 요소의 장착 조건등에 따른 냉각 성능을 실험적으로 평가하였다. 또한 실험용 엔진 다이내모에 차량의 냉각 시스템을 그대로 설치하여 엔진의 다양한 운전 조건과 방열기로 공급

* 명지대학교 대학원 기계공학과

** 명지대학교 기계공학과

되는 공기유량의 조절을 통해 냉각 성능을 평가하였다.

2. 실험장치 및 방법

2.1 실험 장치

2.1.1 실험용 기관

본 연구에 사용된 엔진은 배기량 1489cc의 수냉식 4기통 전자제어 방식의 가솔린 기관으로서 제원은 다음과 같다.

Table 1 Engine Specification

총배기량 (cc)	1498
직 경 (mm)	76.5
행 정 (mm)	81.5
최대출력 (ps/rpm)	94/5600
최대토크 (kgm/rpm)	14/3400
점화 방식	전자제어식
냉각 방식	수냉식 (S/Tank방식)

2.1.2 동력계

동력계는 와전류식 전기 동력계로 최대 흡수동력은 180PS이며, 최대 흡수토크는 35kg m이다. 본 실험에 사용된 동력계는 정속도 제어 모드, 정전류 제어 모드, 정토크 제어 모드, 급기율기 제어 모드등을 갖추고 있다. 제어 정밀도는 최대 $\pm 0.5\%FS$ 이다.

2.1.3 냉각 공기온도 측정과 유량 제어

방열기로 공급되는 공기 유량은 2개의 전기모터에 장착된 팬에 의해 공급되며, 전압조정에 의해 냉각공기 유량이 제어되도록 하였다. 또한 냉각공기 공급용 모터에서 방열기 까지를 덕트로 구성하여 정확한 공기유량의 측정 및 외부로 유출되는 냉각 공기 손실을 최소화 하였다.

또한, 방열기 전면과 후면의 공기온도 분포를 측정하기 위해 각각 5개의 T형 열전대를 장착하였다.

2.2 실험조건

본 실험은 기관이 정상적인 운전이 되도록 충분한 워밍업을 실시하여 냉각수온이 약 65℃ 이상 되도록 한 후 실험을 수행하였다. 냉각수 온도는 엔진의 입구와 출구측에 가능한 가까운 곳에서 측정하였다. 냉각공기 온도는 라디에이터 전면과 후면

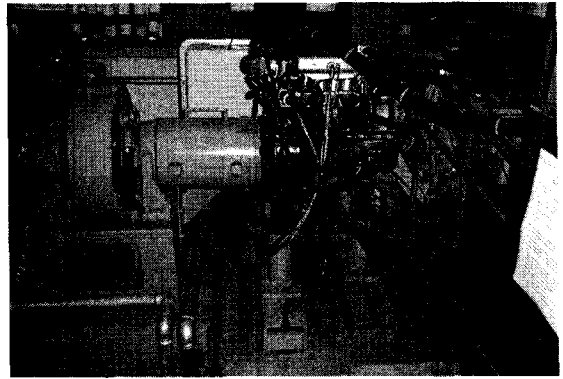


Fig. 1 The experimental equipment gasoline engine and dynamometer

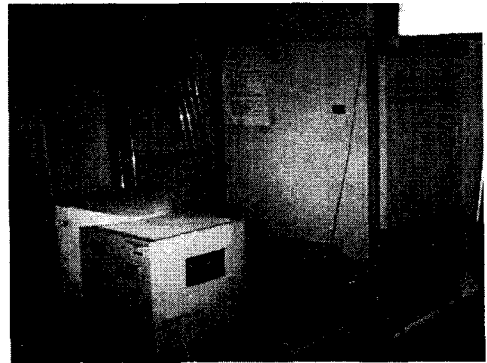


Fig. 2 The experimental equipment controller

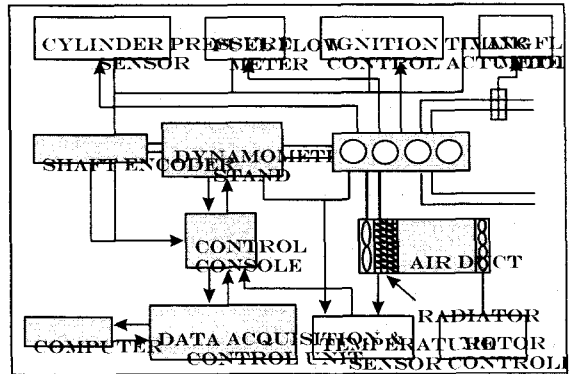


Fig. 3 Schematic diagram of experimental apparatus

약 5mm 지점에 T형 열전대를 이용하여 측정하였으며, 냉각 공기유량은 라디에이터 전면 약 50mm 지점에서 공기유속과 온도를 측정하였다.

실험 조건은 기관 회전수에 따른 기관 전부하 운전조건에서 냉각수 온도가 충분히 안정화 될때 까지 냉각공기 유량을 각각 884, 1769, 3538 m³/hr

로 변화시켜 가면서 실험을 수행하였다. 각 실험 조건을 Table 2에 나타내었다.

Table 2 Test Conditions

Engine Speed (rpm)	Air Flow rate (m ³ /hr)
1000	① 884
1500	② 1769
2000	③ 3538
2500	

3. 실험결과 및 고찰

3.1 방열기 전면 및 후면 공기온도

Fig.4 ~ Fig.6은 엔진 회전수 2500rpm (W.O.T)에서 방열기로 공급되는 냉각공기 유량의 변화에 따른 방열기 전, 후면의 공기온도를 측정된 결과이다. Fig.7은 엔진회전수 2500rpm, 냉각 공기유량 1769 m³/hr 일 때, 방열기 전후의 공기온도를 측정된 결과이다.

냉각공기 온도는 냉각관의 구동과 엔진 블록 등과 같은 시스템 저항 등에 의해 크게 영향을 받고 있음을 알 수 있다. 즉, 방열기를 통과한 냉각공기가 엔진 블록과 제한된 공간인 엔진룸 등에 의해 역류되어 재순환 되는 과정이 반복되고, 시스템내의 압력 불균형 등에 의해 유동이 크게 영향을 받고 있다고 판단된다. 따라서, 차량의 시스템 설계시 원활한 냉각 공기 흐름을 위해 적절한 공간의 확보와 역류 방지를 위한 대책이 필요하다고 판단된다.

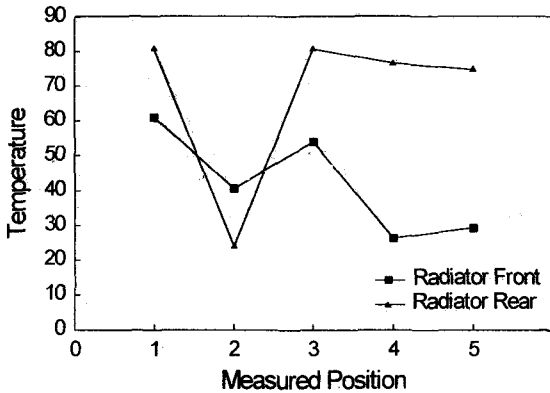


Fig. 4 Cooling air temperature distribution of radiator with 884m³/hr W.O.T, 2500rpm

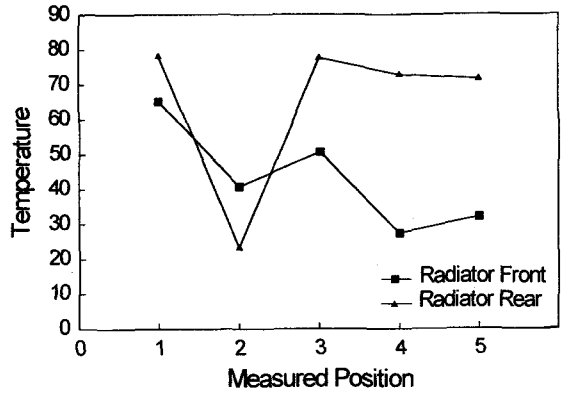


Fig. 5 Cooling air temperature distribution of radiator with 1769m³/hr W.O.T, 2500rpm

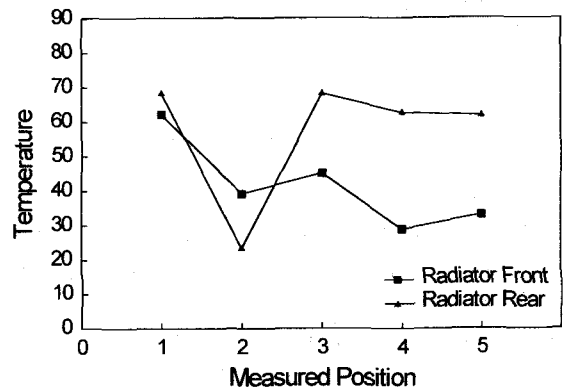
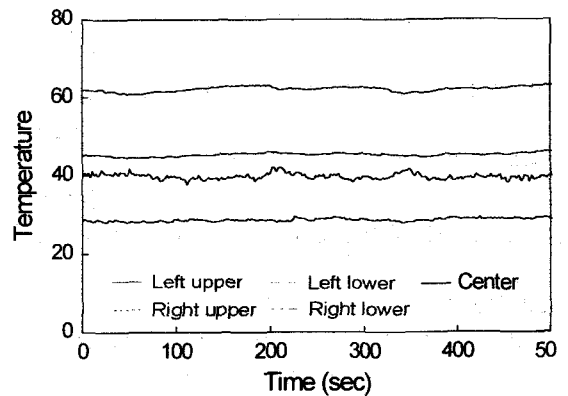
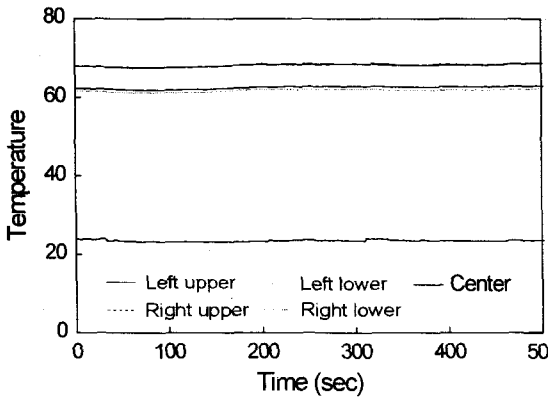


Fig. 6 Cooling air temperature distribution of radiator with 3538m³/hr W.O.T, 2500rpm



(a) Radiator Front



(b) Radiator Rear

Fig. 7 Cooling air front/rear temperature of radiator with 1769m³/hr W.O.T, 2500rpm

3.2 냉각공기 유량의 영향

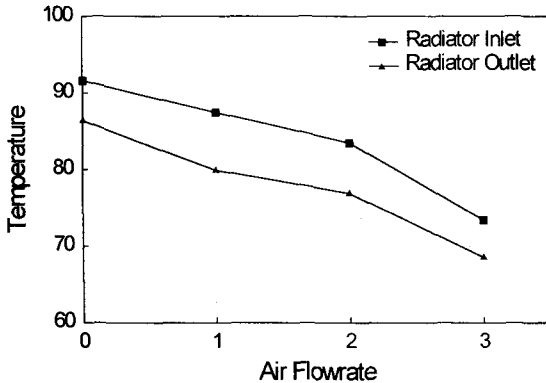


Fig. 8 Coolant temperature at Radiator inlet/outlet with 2500rpm (W.O.T)

Fig.8은 동일 운전조건하에서 방열기로 공급되는 냉각 공기량에 따른 냉각수 온도를 측정한 결과이다.

방열기로 공급되는 냉각공기량의 증가에 따라 방열기 입, 출구의 냉각수 온도가 낮아짐을 알 수 있다. 일반적으로 냉각 성능의 증대를 위해 방열기의 크기를 증대시키는 방법이 주로 이용되고 있으나, 방열기 크기와 비용의 증가에 따른 냉각 성능 향상은 크지 않다. 따라서, 충분한 냉각 공기유량이 확보된다면 보다 적은 방열 면적으로 큰 효과를 낼 수 있을 것으로 판단된다.

일반적으로 냉각 성능평가 지표인 ATW (냉각수 온 - 대기온)의 경우, 공기유량에 따라 13℃ 이상

의 차이를 보이고 있음을 확인할 수 있었다. 이러한 냉각공기 유량의 확보를 위해서는 보다 고효율의 냉각팬의 적용과 더불어 원활한 공기유동이 가능하도록 설계시에 고려해야 된다고 판단된다.

4. 결 론

동력계를 이용, 다양한 엔진 운전조건과 냉각공기 유량 변화에 따른 냉각성능 분석을 통한 본 연구의 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 방열기로 유입되는 냉각공기의 온도가 주위의 온도와 방열기 상하방향에 있어서 많은 차이를 보이며 방열기 냉각성능에 많은 영향을 주고 있다.
2. 본 실험에 사용된 엔진의 방열량은 엔진출력의 약 75~87%정도임을 알 수 있었다.
3. 냉각공기 유량은 엔진 냉각성능을 크게 지배하고 있으며, 냉각시스템 구성품의 적절한 배치를 통해 냉각성능을 향상시킬 수 있다.
4. 엔진부하가 증가할수록 냉각수로의 방열량은 증가하나, 엔진출력 대비 냉각수 방열량은 감소한다.
5. 중저속 영역에서 엔진 회전수가 증가하면 연료소비율 증가로 냉각수로의 방열량은 증가하지만 고회전 영역에서는 증가율이 떨어지고 있다.

참고문헌

- (1) U. W. Schaub, H. N. Charles, 1980, "Ram Air Effects on the Air Side Cooling System Performance of a Typical North American Passenger Car", SAE Paper 800032
- (2) R. A. Nutt and R. F. Poehlman, 1982, "Cooling System Requirements for Advanced Diesel Engines", SAE Paper 820984
- (3) K. D. Emmenthal, 1987, "Engine Cooling System", Chap.9 in Aerodynamics of Road Vehicles, edited by W-H Hucho, pp.355~375
- (4) M. Hochkonig and M. Rauser(Porche), "Cooling System Layout for High Performance Cars", SAE Paper 920789
- (5) R. El-Bourini and S. Chen(Calsonic Technical Center), 1993, "Engine Cooling Module

- Development Using Air Flow Management Techniques", SAE Paper 931115
- (6) S. C. Morris and J. F. Foss, 1997, "Performance Measurement and Detailed Flow Field Observations for a Light Truck Cooling Fan", SAE Paper 971794
- (7) Hiroyuki Takahashi, Sigeru Ogino, Takao Nishimura and Yohiyuki Okuno, 1992, "Experimental Analysis of the Improvement of Radiator Cooling Air Intake and Discharge", SAE Paper 920787
- (8) J. B. Heywood, 1998, "Internal Combustion Engine Fundamentals", McGraw-Hill
- (9) F. M. White, 1984, "Fluid Mechanics, 3rd Ed.", McGraw-Hill