

壓縮比가 機關의 放熱에 미치는 影響

Effect of Compression Ratio on the Heat Dissipation of Engine

李 昌 植*
Chang Sik Lee

Abstract

This paper describes on experimental investigation into the heat dissipation of Diesel engine, placing emphasis on the variations of compression ratio and cooling water temperature.

The engine used for this test was a vertical single-cylinder four-cycle type, having a direct injection.

Engine performance and heat transfer rates was tested under the compression ratio 14.3 and 17.4.

In this study, the results showed that output and transfer rates of engine decrease in accordance with the decrease of compression ratio.

The effect of cooling water temperature and injection delay of fuel on the heat dissipation brings about the decrease of heat transfer rates from cylinder to cooling water.

1. 序 論

往復動機關의 作動사이클에서 燃料의 保有에너지를 機械的에너지로 轉換하는 경우에 수반되는 機關의 冷却損失, 排氣損失 및 機械的損失을 低減시키고 동시에 機關의 内部溫度를 적절히 유지하는 것은 機關의 效率改善에 있어서 매우 중요하다.

실린더 내의 연소 가스는 燃燒熱과 실린더 주위에 마련된 冷却水 사이의 溫度差에 의한 傳熱과 輻射 등에 의한 傳熱現象에 의하여 放散되고 극히 제한된 열 에너지만이 기계적 에너지로 전환되고 있다. 그러므로 冷却損失을 적게하여 기관 성능을 향상시키는 것은 에너지의 효율적 이용이란 점에서 더욱 그 意義가 크다.

內燃機關 연소실 및 機關内部的 傳熱에 관한

研究는 지금까지 많은 研究者들에 의하여 理論 및 實驗的研究가 이루어져 왔다⁽¹⁾⁻⁽⁴⁾.

이들 중에서 가솔린 機關의 방열에 관한 연구로 Yamagishi⁽⁵⁾는 그 사이클 중의 平均傳熱量을 구하고 이를 기초로 하여 放熱關係式을 구한 다음 방열에 미치는 여러 가지 因子에 대하여 연구하였고, 一色⁽⁶⁾은 연소실 내의 가스 유동 모델을 정하고 이를 이론 및 실험적으로 연구한 바 있다. 그러나 壓縮着火機關에 대해서는 放熱에 관한 文獻은 그다지 많지 않은 실정이다.

그러므로 本 研究에서는 水冷4行程사이클 디젤機關의 放熱에 영향을 미치는 여러 가지 因子 중에서 壓縮比의 변화에 주안을 두고 壓縮比의 변화가 기관 성능 및 방열량에 미치는 영향을 실험적으로 구하였다.

NOMENCLATURE

- A_m : Surface area
- BTC : before top dead center
- C_m : Mean piston velocity
- N_e : Brake horsepower
- n : Engine speed (rpm)
- P_g : Pressure of combustion gas
- q_1 : Heat supplied
- q_D : Heat dissipation of engine
- T_g : Temperature of combustion gas
- T_w : Temperature of cylinder gas
- t_c : Temperature of cooling water
- ϵ : Compression ratio

2. 實驗裝置 및 實驗方法

2-1. 實驗裝置

本 實驗에 사용한 실험기관은 水冷 단실린더 디젤 기관으로서 그 주요 제원은 Table 1과 같다.

Table 1. Specifications of test engine

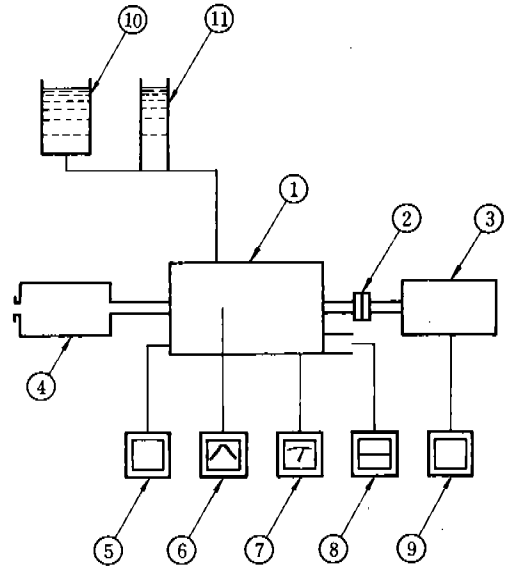
Engine type	Water cooled 4 cycle Diesel engine
Number of cylinder	1
Bore and stroke	110×150 mm
Compression ratio	14.3, 17.4
Combustion chamber	M-combustion type (direct injection type)
Maximum output	10PS/1200rpm
Fuel injection timing	22° before TDC
Fuel injection pressure	200 kg/cm ²

Fig. 1은 實驗裝置의 概略圖를 나타낸 것이다.

機關의 軸出力은 渦電流式 電氣動力計로 測定하였고 실린더內的 狀態變化는 壓力-크랭크角

線圖로 比較하였다.

기관的 냉각수 온도와 연소 가스 온도 등은 데이터 로거를 사용하여 계측하였다.



- 1. Engine
- 2. Coupling
- 3. Eddy current dynamometer
- 4. Surge tank
- 5. Flow meter
- 6. Engine analyzer
- 7. Data logger
- 8. Exhaust gas analyzer
- 9. Dynamometer control panel
- 10. Fuel tank
- 11. Fuel burette

Fig. 1 Schematic diagram of experimental apparatus

사용 연료는 비중 0.82이고 발열량이 10300 kcal/kg 인 자동차용 경유를 사용하였다.

2-2. 實驗方法

壓縮比變化에 따른 기관의 방열량의 변화를 구하기 위하여 冷却水溫度를 20°C에서 80°C까지 4 단계로 바꾸어 실험하였고 기관 회전 속도는 600~1200rpm으로 변화시켜 가면서 실험하였다.

壓縮比는 $\epsilon=14.3$ 과 17.4의 2가지의 경우에 대하여 실험하고 이들을 비교 검토하였다. 放熱量은 실린더 배럴의 外表面溫度, 冷却水溫度를 측정하고 이들 값을 이용하여 計算하였다.

3. 実験結果 및 考察

3-1. 機關의 軸出力과 放熱量

Fig. 2는 기관의 軸出力과 회전 속도와 관계를 壓縮比 $\epsilon=14.3$ 과 $\epsilon=17.4$ 의 2가지 경우에 대하여 비교한 것이다.

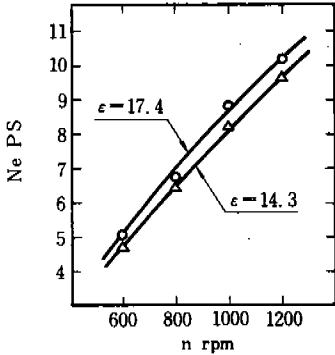


Fig. 2 Relation between brake horsepower and engine speed

기관의 냉각수 온도를 $t_c = 40^\circ\text{C}$ 로 일정하게 유지한 경우 축출력은 $n=1000\text{rpm}$ 일때 $\epsilon=14.3$ 에서 8.31PS 이었고, $n=1200\text{rpm}$ 일때에는 8.86 PS으로 출력은 $\epsilon=14.3$ 에 비하여 약 6.62% 증가를 가져왔다. 이러한 경향은 壓縮比를 증가시키에 따라 실린더 내로 흡입된 가스는 이론적으로는 단열 압축되어 압축말의 온도가 상승하게 되므로 $\epsilon=17.4$ 의 경우가 압축 압력비가 $\epsilon=14.3$ 에 비하여 크므로 축출력은 증가하는 것으로 볼 수 있다.

한편 압축비 변화에 따른 방열량의 변화를 살펴 보면 Fig. 3과 같다. 앞의 경우와 동일 조건

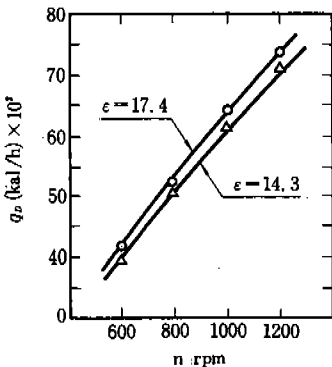


Fig. 3 Relation between heat dissipation and engine speed

하에서 압축비 증가에 따른 기관의 放熱量 q_b kcal/h의 변화는 $n=1000\text{rpm}$ 의 경우 壓縮比를 $\epsilon=14.3$ 에서 17.4로 변화시켰을 때 q_b 의 증가율은 약 5.51% 정도이었다.

여기서 放熱量 q_b 는 다음 식을 이용하여 計算하였다(7).

$$q_b = A_m \left\{ 0.99 \sqrt[3]{P_s T_s} (1 + 1.94 C_m) + 0.362 + 0.362 \frac{\left(\frac{T_s}{100}\right)^4 - \left(\frac{T_w}{100}\right)^4}{T_s - T_w} \right\} (T_s - T_c)$$

Fig. 4는 壓縮比变化에 따른 供給熱量 q_1 kcal/h와 放熱量 q_b 와의 비와 기관의 회전 속도와 관계를 나타낸 것이다. 이 線圖에서 알 수 있는 바와 같이 기관의 회전 속도 n 이 기관의 定格回轉速度에 접근할 수록 실린더 내의 최고 온도가 상승하여 실린더 내외의 온도가 $(T_s - T_c)$ 가 증가하므로 q_b/q_1 의 값은 증가하는 것으로 볼 수 있다.

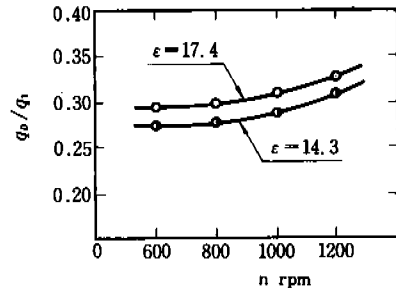


Fig. 4 Effect of engine speed on q_b/q_1 ($t_c=60^\circ\text{C}$, BTC 22°C)

특히 압축비가 $\epsilon=14.3$ 일 경우에는 실린더 내의 최고 압력이 낮아져서 압력비 (P_2/P_1) 가 저하하고 방열량 q_b 가 감소되므로 q_b/q_1 도 감소한다. q_b/q_1 의 변화 경향은 대체로 $\epsilon=17.4$ 와 $\epsilon=14.3$ 의 두 가지 경우 모두 동일한 변화를 가져왔다.

3-2. 冷却水温度와 放熱量

Fig. 5는 기관의 냉각수 온도와 방열량과의 관계를 나타낸 것이다. 기관의 방열량 q_b 는 동일 조건에서 냉각수의 온도가 낮을 수록 증가하는

것으로 나타났는데 이것은 방열량 q_b 가 $q_b \propto (t_g - t_c)$ 의 관계를 가지고 있으므로 냉각수 온도의 변화는 방열량을 증가시키는 가장 주된 요인의 하나가 된다.

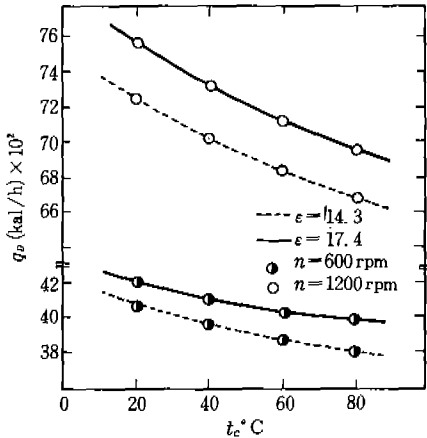


Fig. 5 Effect of cooling temperature on heat dissipation

방열량의 변화를 보면 $t_c=60^\circ\text{C}$ 를 기준으로 하여 비교하여 보면 온도가 10°C 증가하는 경우 방열량의 감소율은 약 1.38% 정도이고 이러한 경향은 문헌⁵⁾의 경우와 잘 일치함을 보였다.

앞에서 지적한 바와 같이 방열량 q_b 는 압축비가 낮을 때 壓縮末의 壓力이 낮으므로 실린더 내 평균 가스 온도 t_g 가 저하하므로 q_b 는 감소한다.

冷却水温度变化에 따른 방열량의 변화는 $\epsilon = 17.4$, $\epsilon = 14.3$ 의 두 경우 모두 대체로 동일하였다.

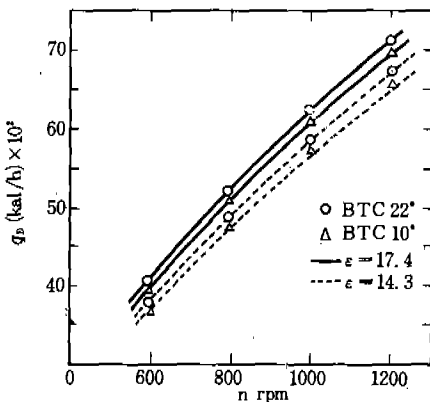


Fig. 6 Effect of cooling temperature on heat dissipation

Fig. 6은 연료 분사 시기의 변화와 회전속도의 관계를 압축비 변화에 대하여 비교한 것이다.

분사 시기를 상사점 전 10° 로 한 경우와 22° 및 30° 로 한 경우에 대하여 실험한 결과 방열량은 上死点 前 10° 일 때가 22° 일 때보다 작았으며 30° 일 경우에는 22° 인 경우와 큰 차이가 없었다. 이것은 噴射時期를 늦추면 실린더 내의 最高壓力이 저하하여 平均有效壓力이 낮아지고 平均가스溫度 t_g 가 낮아져서 全放熱量은 감소하는 것으로 볼 수 있다.

4. 結 論

壓縮比의 變化가 放熱量에 미치는 영향에 대한 실험 결과 얻은 결론은 다음과 같다.

(1) 기관의 壓縮比를 低下시키면 기관 軸出力은 감소하고, 기관의 방열량도 감소한다.

(2) 기관의 냉각수 온도와 방열량과의 관계를 종합하면 냉각수의 온도가 낮아질수록 방열량은 증가한다.

(3) 연료 분사 시기에 대한 방열량의 변화는 분사 시기가 지연될수록 방열량은 감소하며, 기관의 회전수가 증가할수록 방열량은 압축비의 영향은 저속역의 경우보다 큰 것으로 나타났다.

參 考 文 獻

- (1) E. Eichelberg : "Investigation on Internal Combustion Engine" Engineering No. 148, P463, 547, 1939.
- (2) D. Overbye, James E. Bennethum, O. A. Uyehara, P. S. Myer: "Unsteady Transfer in Engines" SAE Trans., Vol. 69, pp. 461-464, 1961.
- (3) G. Woschni: "Universally Applicable Equation for Instantaneous Heat Transfer Coefficient in the Internal Combustion Engine" SAE Trans. No. 670931.

- (4) 小栗：“内然機関における周期的熱伝達について”，日本機械学会論文集 第25巻 第160号，p. 1305, 1963.
- (5) Yamagishi, Hoshi：“A Study of Heat Dissipation of the Four Stroke Water cooled Engine” Internal Combustion Engine, Vol. 11, No. 141, pp. 21-29, 1973.
- (6) Issiki, Nishiwaki：“The Analysis of Inside Heat Transfer in I. C. E. with an Accordion Model” Internal Combustion Engine, Vol. 14, No. 168, pp. 11-23, 1975.
- (7) 李昌植：“디젤기관의 放熱에 관한 研究” 자동차기술학회지 제 2 권 1 호, pp. 39-49, 1980.