

P8250 학습용 엔진성능의 기초 실험1)

임창수* · 최준섭** · 왕소량***

<국문 초록>

본 실험 연구의 목적은 교사교육기관에서 예비 교사들에게 수송기술분야에서 엔진의 기본적인 인자들에 관한 개념 이해를 돕는 데에 있다. 실험엔진으로서 P8250을 사용하여 회전속도를 30~55 rps 범위 내에서 내연기관의 성능의 지배 인자인 토크, 제동마력, 연료소비량 등의 기존자료를 구하였고, 이들을 바탕으로 기관의 제동마력과 토크선도로 구성되는 성능곡선을 만들었다.

이 연구에서 얻은 주요 결과를 정리하면 다음과 같다.

첫째, 엔진의 회전속도가 증가함에 따라서 동력 및 제동마력은 선형적으로 증가하고, 중속이상에서는 토크가 감소하였다.

둘째, 토크 및 비 연료 소모량의 변화를 확인할 수 있어 엔진성능의 개념을 이해할 수 있다.

셋째, 엔진성능의 제동마력과 토크의 실험값은 이론값과 유사한 경향을 보였다.

넷째, 회전속도에 따른 공연비는 엔진 회전수가 증가할수록 비례적으로 증가하였다.

주제어: 엔진 성능 시험, 제동마력, 내연 기관

1) 이 논문은 한국교원대학교 2008학년도 KNUE 학술연구비 지원을 받아 수행하였음.

* 대구 성광중학교

** 교신 저자 : 최준섭(choijs@knue.ac.kr), 한국교원대학교 교수, 043-230-3746

*** 마산 합포고등학교

I. 서론

1. 연구의 필요성 및 목적

인류가 지속 가능한 발전과 삶의 질을 동시에 확보하기 위하여, 최근 지구 온난화의 주범으로 인식되는 CO_2 배출량을 2050년까지 현재의 이산화 탄소배출량을 반으로 줄이는 저탄소사회 만들기와 배럴당 \$150에 접근하는 원유가의 폭등은 과거 어느 때보다도 에너지의 이용범과 다양성(Li, 2007)에 모든 나라가 지대한 관심과 상호 협조가 인류의 생존관건으로 인식되고 있다.(G8 Hokkaido Toyako Summit, July 7-9, 2008).

이와 같은 문제를 해결하기 위하여서는, 교육기관에서 합리적인 에너지교육이 이루어져야 한다. 에너지의 개념과 수송기술의 개념의 이해는 예비 교사를 양성하는 교사 교육기관에서 충분히 다루어져야 한다. 예비 교사의 개념정립은 곧 바로 중등학교 이하의 교과와 교수-학습에서 학습자들의 학업성취능력을 효과적으로 높여 줄 수 있다.

기술 교과 교육은 실생활에 적용을 중시하는 실천 교과이며 미래 사회의 변화에 대처할 수 있는 능력과 태도를 기르고 기능을 습득할 것을 강조하고 있다. 최준섭 외(2002)는 지식의 이해와 응용력이 매우 중요한 21세기 지식기반 사회에 적극적이고 능동적으로 준비하기 위해서는 지식의 이해를 실험을 통하여 접근하는 것이 가장 유력한 방법 중의 하나로 인식된다고 하였다. 학습자에게 엔진 실습·실험 활동을 통해서 이론지식을 확인시켜서 공학 및 기술의 기초 개념을 체험할 수 있으며, 이렇게 함으로써 hands-on education을 느낄 수 있다.

Cupples(1992)는 이러한 사회적 국가적 요구에 부응하기 위하여서는 초·중고등학교의 과학과 기술교과의 교육과정에 있어서 학생들이 피부로 느끼는 ‘수송기술’ 수업이 학교에서 실시되어야 한다고 하였다.

채선희(2002)는 경제협력개발기구(OECD)의 PISA(학업성취도 국제 비교) 2003 보고서 분석에서 우리나라 학생들이 과학 관련 지식은 매우 우수하나 흥미와 태도가 매우 낮다고 하였다(p. 12). 학업 성취도와 학업의 흥미도와의 차이를 줄일 수 있는 방법 중의 하나는, 교실 수업에서 학생들이 직접 실험 등을 통하여 교과지식을 이해 할 수 있도록 하는 것이다. 교육부 고시(1998)에 따르면 제 7차 교육과정에서 생활기술 영역으로 10학년에서 에너지와 수송기술이 있다. 에너지와 수송기술 하위 내용으로는 에너지원의 이용, 동력의 발생과 이용, 자동차의 관리를 다루고 있다. 하지만 동력의 주된 부분인 엔진의 성능에 대해서는 소홀히 취급되고 있다. 학습자들이 엔진의 성능을 이해하는데 있어 이론과 실습 간에 많은 갭이 있다.

이 연구는 실험엔진 P8250을 사용한 실험 연구이다. 학습자가 엔진 실험을 통해 얻어지는 이론값과 실제 경험 값의 비교·분석을 통해서 이론과 실제와의 상호 연계성

을 알아볼 수 있도록 하였으며, 예비 교사나 학습자에게로 실험·실습에 대한 교수-학습 능력을 향상시키고, 실험·실습 시 요구되는 분석력과 종합능력을 키우도록 한다.

이 연구의 목적은 중등학교 학생들이 아닌, 예비 교사들에게 엔진의 기본적인 인자들에 관한 개념 이해를 돕는 데에 있다. 교사교육기관에서 예비 교사 교육은 교과와 기본개념이 매우 중요하다. 이러한 측면에서 내연기관의 실험엔진(모델명 : The Cussons Engine Test Bed P8250 Automotive 1)의 성능 실험을 통해 얻은 자료를 정량적으로 분석하고 기관성능을 지배하는 인자들을 적용하여 결과를 확인해 봄으로써 수송 기술 영역의 한 분야인 엔진성능 개념을 이해를 향상시키고, 엔진 성능에 대한 정보를 제공하고자 한다.

2. 연구의 내용

이 연구에서는 한국교원대 수송기술 실습실의 실험엔진인 P8250을 이용하여 내연기관의 성능시험을 해석하여 학습자들에게 엔진성능 개념을 제공하며, 정량적 개념을 좀 더 효율적으로 이해할 수 있도록 하기 위한 연구 내용은 다음과 같다.

(1) 동력계(dynamometer)로부터 배기 온도(exhaust temperature), 엔진 회전 속도(engine speed), 출력 전압(output voltage), 출력 전류(output current), 연료 유량(fuel flow), 유입 공기 유량(inlet air flow)을 측정하여 엔진성능의 지배 인자를 분석할 수 있는 자료를 얻는 실험을 한다.

(2) 엔진 회전 속도에 따른 동력, 제동마력, 토크의 변화를 분석한다.

(3) 엔진 회전 속도에 따른 비 연료 소모량, 공연비의 변화를 분석한다.

II. 연구의 방법 및 실험 절차

1. 실험 방법

가. 실험 준비

1) 부하를 반 시계 방향으로 최소로 맞춘다.

2) 카뷰레터에 있는 초크 레버를 오른쪽 방향으로 맞추어 최소값으로 조절한다.

- 3) lean/rich 레버를 닫아서 최소값으로 맞춘다.
- 4) 트로틀 밸브를 거의 열어준다.
- 5) 연료 선택 밸브를 RUN으로 맞춘다.
- 6) 주전원을 연결하고 전원 스위치를 켜다.
- 7) 한 손으로 엔진 하단의 핸들을 꼭 잡고 다른 한 손으로 엔진시동 코드를 빠르게 잡아당긴다.
- 8) 엔진이 시동이 걸리면 초크레버를 왼쪽 방향으로 맞추고 트로틀 밸브와 부하를 제어해 약 30 rps 의 속도로 유지한다.
- 9) 본 실험에 들어가기 전에 정상운전을 위해 엔진을 약 2분 정도 워밍업을 한다.

나. 본 실험 수행

본 실험은 내연기관의 전부하 성능을 측정하기 위해 실시하며, 실험 순서는 다음과 같은 순서로 이루어진다.

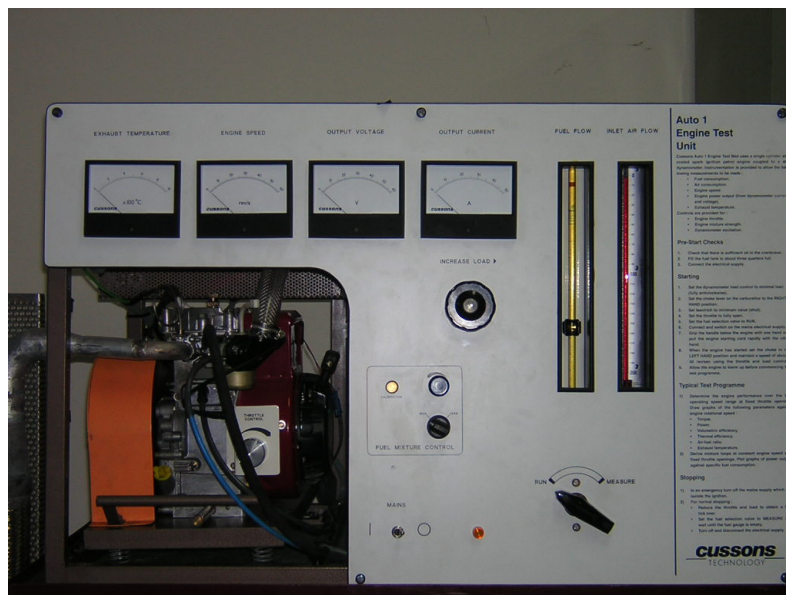
- 1) 엔진 시동을 걸고 예열을 한다.
- 2) 최소 부하 속도로 엔진 부하가 걸리도록 부하 컨트롤과 트로틀 컨트롤을 조절한다.
- 3) 속도를 정상상태로 일정하게 유지하기 위해 부하 컨트롤을 조절하는 동안 트로틀/랙 컨트롤을 최대 위치까지 증가시키고 상태가 안정될 때까지 적어도 5분 정도의 안정기간을 둔다.
- 4) 모든 계기의 지시 눈금 값, 특히 전류, 전압, 엔진 속도, 연료소비, 공기유량, 배기 온도를 주의해서 기록한다.
- 5) 최대의 트로틀 밸브를 유지한 채, 속도를 5 또는 6단계로 변환시키며 최대 속도까지 맞춘다(최초 30 rps 에서 5 rps 씩 증가 최대 55 rps 까지). 여기서, 각 단계에서 5분 정도의 안정상태를 가진 후 각각의 값들을 측정 기록한다.
- 6) 모든 측정 후 트로틀 밸브를 최소 위치로 돌려놓고 몇 분 동안 엔진을 공회전 시킨 후 정지시킨다.

2. 실험엔진

이 연구에서 사용되는 실험 엔진은 4행정, 공랭식, 단동실린더, 불꽃 점화 기관이다. 엔진 제원은 <표 1>과 같으며 [그림 1]은 실험 엔진을 나타낸다.

<표 1> 엔진 제원

모델명	Briggs & Stratton 93432 Industrial Plus™ 3.5 Hp
보어(bore)×행정	65.1×44.4 mm
행정체적 Vs(배기량)	127 cc
최대 출력	2.2 kW (3,660 rpm 시)
연료탱크 용량	3.8 L
오일 용량	0.6 L
크기(길이×너비×높이)	348×239×404 mm

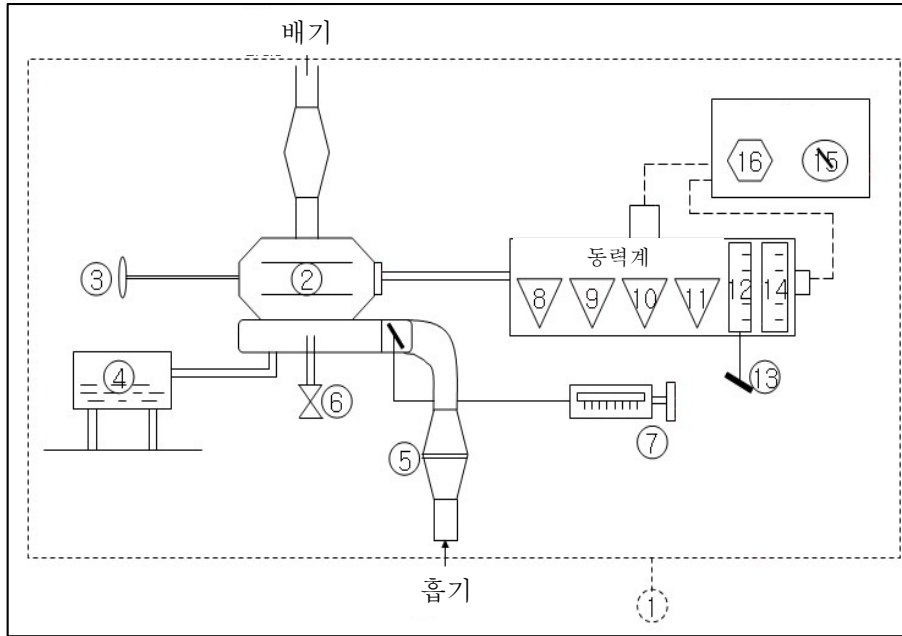


[그림 1] 실험 엔진

실험에서 사용한 P8250의 실험 장치 개략도는 [그림 2]에 나타나 있으며 각부 명칭은 <표 2>에 제시하였다.

<표 2> P8250 실험 장치 각부 명칭

번호	명칭	번호	명칭
1	주전원 스위치	9	엔진속도 게이지
2	엔진	10	출력전압 게이지
3	엔진시동코드	11	출력전류 게이지
4	연료탱크	12	연료유량 게이지
5	흡기계	13	연료 선택밸브
6	조크 밸브	14	공기유량 게이지
7	트로틀 밸브	15	부하조절 레버
8	배기온도 게이지	16	lean/rich 조절 레버



[그림 2] P8250 실험 장치 개략도

3. 연구 절차

연구 순서는 연구 계획을 수립하고 이를 바탕으로 실험 준비 및 본 실험을 거쳐 데이터를 취득 후 데이터 분석 및 결과를 정리하는 절차로 진행하였다.

III. 실험 결과 해석

1. 실험 결과 분석

가. 엔진속도에 따른 성능 실험 측정값의 변화

동력계로부터 배기 온도, 엔진 속도, 출력전압, 출력전류, 연료 유량, 유입 공기 유량 측정값은 아래와 같다. 본 연구의 모든 실험값이나 그래프들은 실험의 신뢰성을 위해 3회의 실험 결과를 평균한 값을 나타낸 것이다.

<표 3>은 엔진 속도가 30, 35, 40, 45, 50, 55 rps 일 때 전부하 성능 실험을 통해 동력계로부터 측정치를 나타내었다. 여기에서 rps는 초당 회전속도를 나타낸다.

<표 3> 전부하 성능시험 측정치

엔진 회전 속도 N(rps)	배기 온도 $\theta(^{\circ}\text{C})$	출력 전압 V(V)	출력 전류 I(A)	연료 유량 $V_f(\text{mL}/10\text{s})$	공기 유량 액주 높이h ($\text{mm H}_2\text{O}$)
30	420	25	30.0	2.3	22
35	440	27	32.0	2.6	29
40	450	28	33.0	2.9	34
45	460	30	35.0	3.3	44
50	470	31	36.0	3.6	51
55	480	32	37.0	3.8	60

* 트로틀 밸브를 최대로 열린 상태를 유지한 채 부하만을 조절하여 실험한 측정값 임.

측정값들은 엔진 속도에 따라 선형적으로 증가하는 경향을 보였으며 특히 공기 유량은 엔진 속도에 따라서 큰 폭의 증가량이 보였다. 출력 전압과 출력 전류는 엔진 속도에 비례하여 증가하지만 큰 변화를 보이지는 않았다.

나. 회전속도에 따른 동력, 제동마력 및 토크 변화 분석

실험을 통해 얻어진 측정값 <표 3>으로 부터 P8250 동력계에서 사용되는 이론식(1)-식(8)을 이용하여 엔진의 성능을 가늠할 수 있는 <표 4>의 계산 값을 산출하였다.

<표 4> 성능시험 측정값으로부터 산출한 엔진 성능치

엔진 회전속도 (rps)	동력 W(W)	제동 마력 $W_b(\text{W})$	제동평균 유효압력 $P_e(\text{bar})$	토크 T(N·m)	연료 질량유량 $m_f(\text{g/s})$	비 연료 소모량 $b_e(\text{kg/MJ})$	공기 질량유량 $m_a(\text{g/s})$	공연비 γ
30	750	1,103	5.8	5.86	0.1720	0.156	2.043	11.8
35	864	1,271	5.7	5.76	0.1950	0.153	2.385	12.2
40	924	1,379	5.4	5.46	0.2175	0.158	2.728	12.5
45	1,020	1,522	5.3	5.36	0.2475	0.163	3.071	12.4
50	1,116	1,666	5.2	5.26	0.2700	0.162	3.415	12.6
55	1,184	1,794	5.1	5.16	0.2850	0.159	3.760	13.2

엔진 회전 속도 N을 알고 출력 전압(V) 및 전류(I)를 알 때 :

- 동력 $W(W) = V \times I$ -----(1)

- 계동마력 $W_b(W) = \frac{W}{\mu}$ -----(2)

여기서, μ 는 실험엔진에서 주어지는 고유변동효율그래프에서 나온 값으로 $\mu=0.68$ 이다. (P8250-Cussion Technology-Automotive 1 Engine Test Set 매뉴얼, p. 29)

- 계동평균유효압력 $P_c(\text{bar}) = \frac{W_b \times i}{V_s \times N} \times 10^{-5}$ -----(3)

단, $V_s(\text{m}^3)$ 는 행정체적, i 는 4사이클의 경우 $i=2$, $N(\text{rps})$ 은 엔진 회전 속도이며,

1 $P_a = 1\text{N}/\text{m}^2 = 10^{-5} \text{ bar}$ 이다.

- 토크 $T(N \cdot m) = \frac{W_b}{2\pi N} = \frac{P_c \times 10^5 \times V_s}{4\pi}$ -----(4)

본 연구에서는 연료의 밀도가 $\rho_f=750 \text{ kg}/\text{m}^3$ 인 가솔린을 사용하였다(日本機械學會, 1983).

- 연료질량유량 $m_f(\text{g}/\text{s}) = \frac{V_f \times 10^{-3}}{t} \times \rho_f \times 10^3$ -----(5)

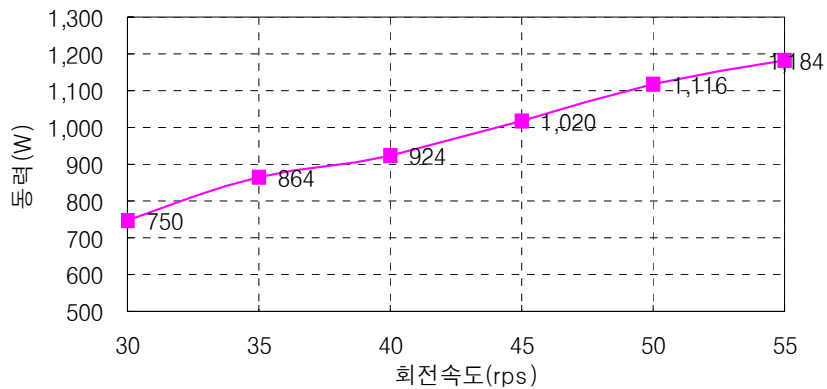
- 비 연료 소모량 $b_e(\text{kg}/\text{MJ}) = \frac{m_f \times 10^{-3}}{W_b \times 10^{-6}} = \frac{m_f}{W_b \times 10^{-3}}$ -----(6)

- 공기질량유량 $m_a(\text{g}/\text{s}) = C_d \cdot A_0 \sqrt{2gh\rho_a(\rho_w - \rho_a)} \times 10^3$ -----(7)

여기서, 오리피스 유량계수 $C_d = 0.8$ 로 가정, A_0 : 오리피스의 면적, 여기서 오리피스 지름 $d=13 \text{ mm}=13 \times 10^{-3} \text{ m}$, 중력가속도 $g=9.8 \text{ m}/\text{s}^2$, $h(\text{m})$ 는 압력계에서 액주 높이 차, 액주계 유체의 밀도 $\rho_w=998.23 \text{ kg}/\text{m}^3$ (20 °C 물의 밀도), 공기 밀도 $\rho_a=1.2 \text{ kg}/\text{m}^3$ (20 °C)(Roberson & Crowe, 1993. A-21.)

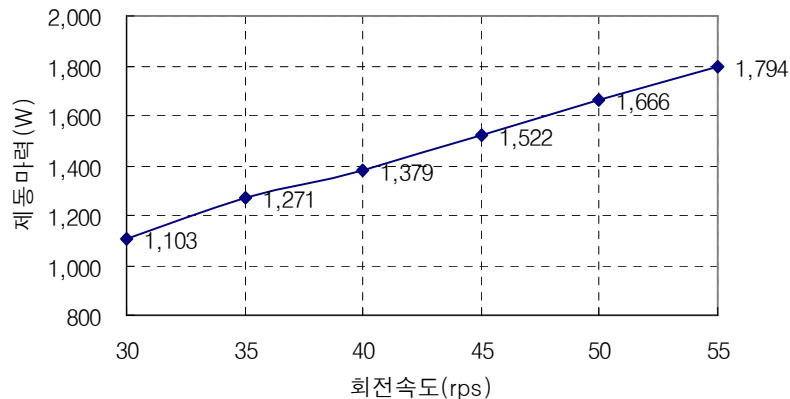
- 공연비 $\gamma = \frac{m_a}{m_f}$ -----(8)

[그림 3]은 각 회전속도에 따른 동력 값들을 나타낸 것이다. 그림에서 볼 수 있듯이, 회전속도가 증가함에 따라서 동력이 비례적으로 증가함을 알 수 있었다. 이성렬(2000)에 의하면 제동마력은 토크와 회전속도의 곱에 비례하며($W=2\pi NT$), 중속 이상의 회전 속도 영역에서는 토크는 감소하지만 동력은 계속 증가한다고 하였다(p. 94). 엔진 제원에 따르면 회전속도가 61 rps 일 때 동력이 최대로 2.2 kW 라고 되어 있는데, 본 실험에서는 55 rps 에서 1.13 kW 로 큰 차이를 보이고 있다. 이는 트로틀 밸브와 초크레버를 최대화시키지 못해서 나타난 현상이라 볼 수 있다.



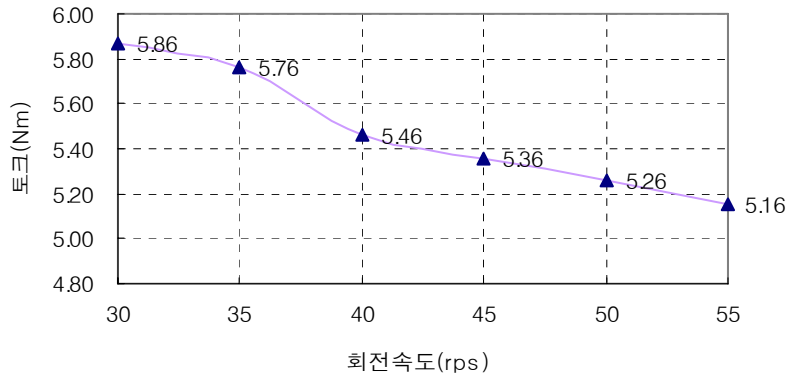
[그림 3] 동력 선도

[그림 4]는 각 회전속도에 따른 제동마력 값들을 나타낸 것이다. 일반적으로 내연기관에서 그냥 마력이라면 제동마력을 뜻하며 이것을 축마력, 또는 유효마력이라고도 한다. 제동마력이 회전속도의 증가에 따라서 비례적으로 증가함을 알 수 있다. 또한, 제동마력은 제동평균유효압력에 비례한다.



[그림 4] 제동마력 선도

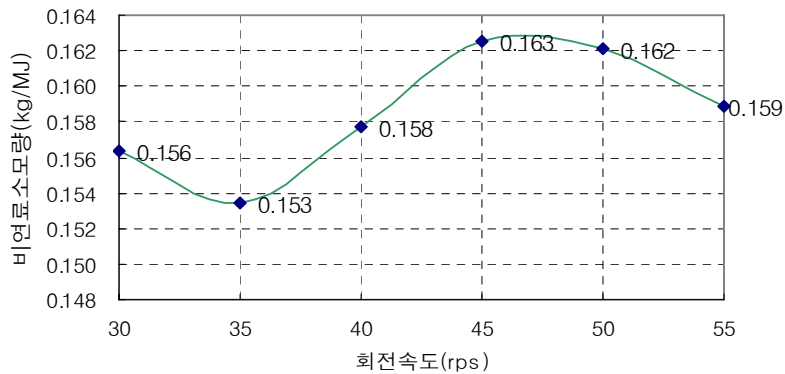
[그림 5]는 각 회전속도에 따른 토크 값들을 나타낸 것이다. 이론적으로 토크는 기관의 회전속도에 반비례하고 제동마력은 회전속도에 비례하여 직선적으로 증가하나, 실제로는 토크는 고속일 때보다 중속일 때 최대치를 나타낸다. 이것은 중속시에 흡기 시간이 길어 체적효율이 향상되어 최고압력이 높아지기 때문이다. 또한, 고속일 때는 기계적 손실이 증가하고 연소속도에 피스톤 속도가 따르지 못하므로 피스톤을 내리키는 힘이 감소되고, 저속일 때에는 흡기행정에서 가스의 유입 관성효과가 떨어져 체적효율이 저하되기 때문에 중속 때보다 토크가 떨어지게 된다(장병주, 1998, p. 57).



[그림 5] 토크 선도

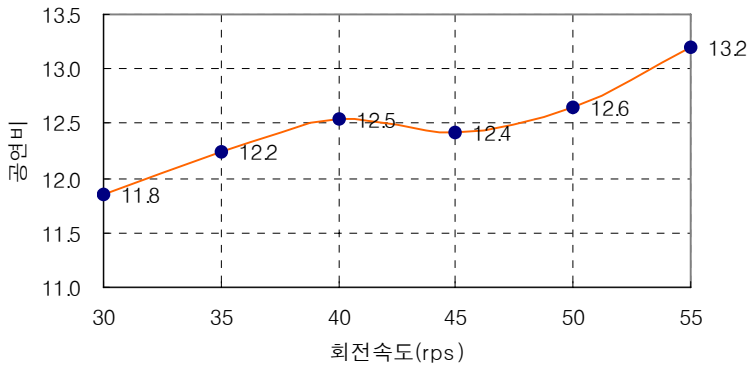
다. 회전속도에 따른 비 연료 소모량, 공연비의 변화 분석

[그림 6]은 비 연료 소모량을 회전속도에 따라서 도식화한 것이다. 비 연료 소모량은 단위 동력출력당 연료소모율을 나타낸 것으로 비 연료 소모량은 제동마력에 반비례하고, 연료질량유량에 비례적인 관계를 갖고 있다. 비 연료 소모량은 35 rps 에서 최소값을 나타내며, 45 rps 까지 상승하다가 45 rps 를 최고점으로 다시 감소하는 경향을 보였다.



[그림 6] 비 연료 소모량 선도

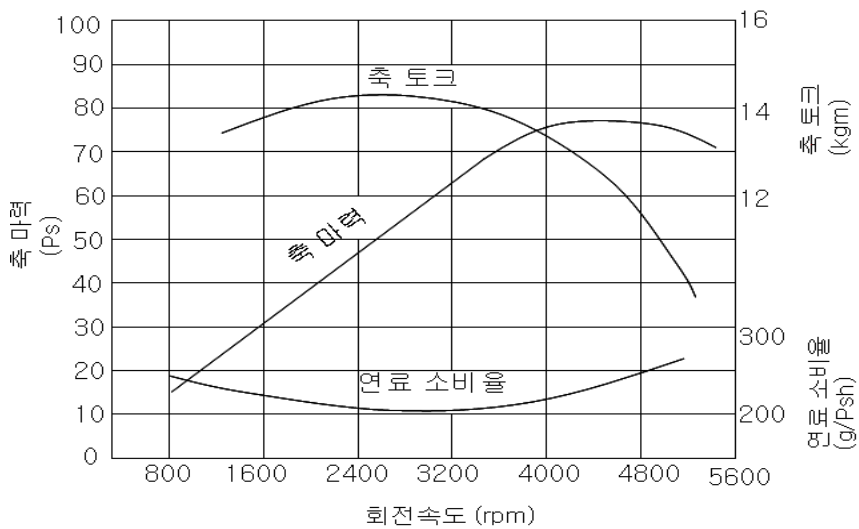
[그림 7]은 각 회전속도에 따른 공연비를 표시한 것이다. 이 실험에서는 공연비가 이론 공연비 14.7보다 상당히 작은 농후한(rich mixture) 상태임을 알 수 있다. 30 rps 에서 공연비가 11.8로서 시동 시 연료가 많이 소모된 것으로 예측된다.



[그림 7] 공연비 선도

2. 실험 결과 고찰

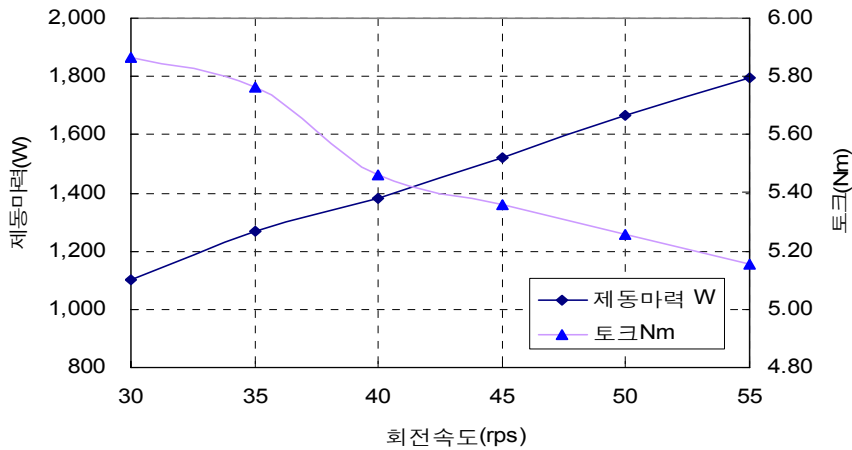
엔진의 각 회전속도에서 최대 출력 시 축 출력, 축 회전력, 연료 소비율의 관계를 나타낸 그림을 엔진 성능 곡선이라 한다(현대자동차, 2004). [그림 8]은 자동차용 가솔린 기관의 성능 이론값을 그래프로 나타낸 것이다.



[그림 8] 자동차용 가솔린 기관의 성능 곡선

축 마력은 회전속도가 빨라짐에 따라 급속히 증가하나, 고속회전이 되면 흡입공기량의 관계 등으로 연소상태가 나빠져 축 마력은 더 이상 증가하지 않는다. 축 토크는 저속, 고속에 관계없이 일정한 직선으로 되는 것이 이상적이나, 실제에 있어서는 연소상태가 가장 좋은 중속에서 최대치를 나타내고, 저속에서는 열손실로 인하여, 고속에서는 기계마찰의 증대로 인하여 양쪽 끝이 내려갔다.

[그림 9]는 P8250 엔진성능 실험을 통해 엔진 속도에 따른 제동마력과 토크의 변화를 그래프로 나타낸 것이다.



[그림 9] 제동마력과 토크 선도

30 rpm 를 엔진의 중속으로 가정한다면, 본 실험을 통해 구한 실험값은 이론값과 동일한 경향성을 가진다. 즉 회전속도가 증가함에 따라 제동마력은 증가하고 토크는 감소한다. 그러나 제동마력이 고속 이상에서도 계속적으로 증가하며 토크는 일정한 직선으로 되지 않는다. 이렇듯 이 실험에서 오차가 발생하는 이유는 회전속도를 부하로 조절하는데 있어서 정확한 회전속도 조절이 어렵기 때문이다.

VI. 결론

이 연구의 목적은 예비 교사들에게 엔진의 기본적인 인자들에 관한 개념 이해를 돕는 데에 있다. 따라서 공과대학의 역할인 생산성 향상을 위한 정교한 자료의 접근 방법은 교사교육기관의 실험실 수준이나 기능면에서 차이가 있어야 할 것이다. 교사양성기관은 무엇보다도 예비 교사의 교과전문지식에 관한 개념정립이 중요하다.

이 연구는 엔진성능 실험을 통해 엔진속도에 따른 엔진성능을 평가할 수 있는 인자

즉, 회전속도, 제동마력, 토크, 연료 소모량, 공연비 등의 변화를 정성적 및 정량적으로 분석하여, 엔진의 기본개념에 관하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

(1) 회전속도가 증가함에 따라서 동력, 제동마력은 선형적으로 증가하고, 중속이상에서는 토크가 감소하였다.

(2) 토크 및 비 연료 소모량의 변화를 확인할 수 있었다.

(3) 엔진성능의 제동마력과 토크의 실험값은 이론값과 유사한 경향성을 보였다.

(4) 회전속도에 따른 공연비는 회전수가 증가할수록 비례적으로 증가하였다.

참고 문헌

- 교육부(1998). 실과(기술가정) 교육과정 교육부 고시 제 1997-15호 [별책 10]. (주)대한교과서.
- 이성렬(2000). 고급내연기관. 보성각.
- 장병주(1998). 내연기관공학. 학문사.
- 채선희(2002). OECD/PISA 학업성취도 비교 연구. 현장특수교육. 9(3), 12-18.
- 최준섭 외 4명(2002). 모형배 제작 및 성능실험, 한국기술교육학회, 학술발표대회, 77-96.
- 현대기아자동차(2004). 자동차 구조학. 현대기아자동차 출판부.
- 日本機械學會(1983). 技術資料 流體の熱物性値.
- Cupples, William R.(1992). Transportation Technology Education In the Elementary School, 41st Yearbook, Council on Technology Teacher Education, GLENCE, 118.
- Li, F. C., Zheng, Q. P., & Zhang, H. M. (2007). Effect of Di-Tertiary-Butyl Peroxide on Ignition Performance in a Compression Ignition Natural Gas Engine. Int. J. Automobile Technology. Vol. 18. No. 4. 413-419.
- Roberson, John. A. Crowe, Clay T. (1993). Engineering Fluid Mechanics. Houghton Mifflin Co.
- G8 Hokkaido Toyako Summit(<http://www.g8summit.go.jp/eng/>), July 7-9, 2008.

<Abstract>

Basic Experiment of P8250 Educational Engine Performance¹⁾

Lim, Chang-Su* · Choi, Jun-Seop** · Wang, So-Rang***

The purpose of this study was made for the pre-teacher of university to enhance understanding for the concept of engine performance and to provide information regarding engine performance in the institute of teacher educator.

This study was carried out through engine performance experiment with The Cussons Engine Test Bed P8250, internal combustion engine, in order to analyze data quantitatively, and apply and verify factors of controlling engine performance.

The main results of this study are as follows:

First, power and brake horsepower increased linearly, and torque over the mid-speed as engine rps(revolution per second) decreased.

Second, the change of torque and specific fuel consumption were able to be verified and the concept of engine performance was able to be understood.

Third, the experimental values of brake horsepower and torque on engine performance showed the same tendency as theoretical values.

Fourth, air/fuel ratio increased proportionally as engine speed increased.

Key word : Engine Performance Test, Brake Horse Power, Internal Combustion Engine.

1) This work was supported by the research foundation grant funded by 2008 KNUE.

* Teacher of Daegu Sungkwang Middle school

** Correspondence, Professor of Technology Education Dept. of Korea National University of Education

*** Teacher of Masan Hapoo High school