

점화시기 및 당량비 변화에 따른 CNG기관의 성능 및 배출가스에 관한 연구

한영출*, 오용석**, 박봉규***, 김대열***, 김미수***

A Study on Performance and Exhaust Emission in CNG Engine by Ignition Timing and Equivalent Ratio Change

Young-Chool Han*, Yong-Suk Oh**, Bong-Kyu park***, Dae-Yeol Kim***, Mi-Soo Kim***

Abstract

Research on the development of CNG dedicated engine that has important meaning both as a clean fuel and an alternative energy to reduce the exhaust emission from diesel engine are actively going on these days. In this study, in order to present the direction and application of CNG engine, we tested the CNG engine performance experimented by changing the parameters such as ignition timing, equivalent ratio. The engine performance and exhaust emission were measured by engine performance mode at maximum load condition with increasing the rpm in the range of 1,000~2,200rpm. Also, the testing engine was heavy-duty CNG dedicated engine with displacement of 11,050cc.

Key Words : CNG(압축천연가스), Ignition timing(점화시기), Equivalent ratio(당량비), Clean fuel(청정연료), Alternative energy(대체에너지), Heavy-duty CNG dedicated engine(대형천연가스전소기관)

1. 서 론

우리나라는 1980년대 이후 고도성장에 따른 소득증대와 소비성향의 변화로 자동차소유가 보편화되어 그 보급대수가 1997년 7월에 1,000만대를 돌파하였고 올해까지는 약 1,200만대를 예상하고 있다. 특히 우리나라는 자동차 보급대수의 22%가 서울에, 46%가 6대도시에 집중되어 있으며, 또한 매연 및 미세먼지 등의 배출이 많은 디젤 자동차가 전체 자동차의 33%나 되어 강화되는 자동차 배

출가스 규제에도 불구하고 대기환경은 개선되지 않고 있는 실정이다.⁽¹⁾ 이에 기존의 디젤기관을 청정연료인 CNG(compressed natural gas:압축천연가스)기관으로 전환하려는 노력이 진행중이며 각 자동차회사에서도 개발에 박차를 가하고 있다.⁽²⁾ CNG기관의 성능은 다양한 운전조건, 즉 점화시기, 압축비, 공연비 및 CNG가스의 조성에 따라 차이를 보이는 것으로 알려져 있다.⁽³⁾ 이 조건들 중에서 압축비는 기관 제작시에 실린더 크기 및 형상이 이미 정해지기 때문에 임의의 변경이 불가능하며, 또한 가스의 조

* 국민대학교 기계자동차공학부
** 국민대학교 자동차 기술연구소(ohysl@hanmail.net)
*** 국민대학교 대학원

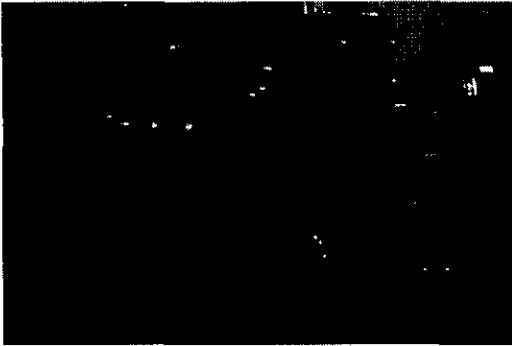


Fig. 2 View of CNG dedicated engine

서 60pin 제어용 EPROM이 장착되어 있어 냉각수온도, 흡입공기량, 스로틀위치센서(throttle position sensor) 등의 신호를 받아 CNG유량을 정확하게 제어하게 되어있다.

3.1.2 측정장치

측정장치로는 기관동력계, 배출가스 분석기 등으로 구성되어 있다.

(1) 기관 동력계

기관 동력계는 수동력계(220kW, ZOLLNER)로 그 제원은 Table 2와 같다.

(2) 배출가스 분석기

기관의 배출가스 분석기는 직접채취식 분석기(HORIBA사)이며, 분석원리는 CO는 NDIR(Nondispersive infrared)법, THC는 HFID(Heated flame ionization detector)법 및 NOx는 CLD (Chemiluminescence detector)법

Table 2 Specification of engine dynamometer

Items	Specification
Model	GPM4/330,300
Speed range at rated braking torque	800~2500rpm
Speed control range	300~7000rpm
Max. braking power	220kW
Rated braking torque	8.27 kN·m
GD2 of the rotor	23.5 N · m ²
Supplied volume of cooling water	110 l / min
Supplied pressure of cooling water	About 68.6kPa
Accuracy	±0.5% of F. S. +measuring accuracy

Table 3 Specification of analyzer

Model	MEXA-9100D, HORIBA, Japan					
	CO	CO	CO ₂	NO	THC	NO _x
Component of interest	CO	CO	CO ₂	NO	THC	NO _x
Measuring principle	NDIR	NDIR	NDIR	NDIR	H.FID	CLD
Measuring concentration range	0~0.1% 0~0.3%	0~0.3% 0~10%	0~8% 0~16%	0~2000ppm 0~5000ppm	0~100ppmC 0~50000 ppmC	0~20% 0~10000 ppm
Power source	AC 100V, 50Hz/60Hz					

으로 분석하며, 분석된 데이터는 6 Pen recorder에 기록되어 출력된다. 제원은 Table 3와 같다.

3.2 실험방법

기관성능 실험은 전부하(WOT) 상태에서 기관사양에 맞춰서 기관회전속도를 1,000rpm에서부터 2,200rpm까지 200rpm씩 증가시켜 가면서 기관의 출력, 토크를 3분 동안 30초마다 데이터를 획득하여 평균을 내어 계산하였다. 먼저 점화시기 변화에 따른 성능을 측정하기 위해서 당량비 0.8, 부스트압력 1.65bar의 조건에서 ECU에 초기에 설정된 점화시기를 2°씩 진각시키면서 출력 및 토크를 측정하였으며 이때에 기관에 무리가 가지 않게 MBT에서 2° 이상 지각된 값에서 실험을 실시하였으며 당량비 변화에 따른 실험은 ECU에 최초로 설정한 점화시기와 부스트압력 1.65bar의 조건에서 당량비를 0.8, 0.7 및 0.6으로 변화시키면서 동일한 방법으로 기관의 출력, 토크 및 배출가스 실험을 하였다.

본 연구에서 사용한 기관은 회박연소방식을 사용한 기관이므로 당량비를 1 이하의 영역에서 변화시키면서 실험하였으며 당량비 0.5의 경우에는 중·저속 영역에서의 기관상태가 불안정하여 당량비를 0.6까지 제한하여 실험하였고 본 실험기관의 이론 공연비는 17.2:1 이다.

4. 결과 및 고찰

4.1 점화시기 변화에 따른 결과

Fig. 3과 4는 점화시기 변화에 따른 기관 출력과 토크를 나타낸 것이다. 당량비 0.8에서 Test 1은 ECU에 기본 설정된 값을 사용한 것이며 Test 2와 3은 각각의 점화시기를 2°씩 진각시킨 것이다. Fig. 3 및 4에서 보는 바와 같이 점화시기를 2°씩 진각시킴에 따라서 출력이 평균 5.1kW 정

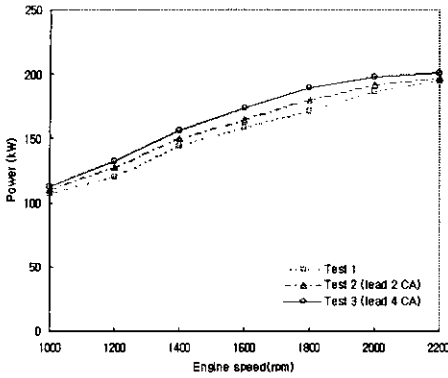


Fig. 3 Effect of spark timing on power

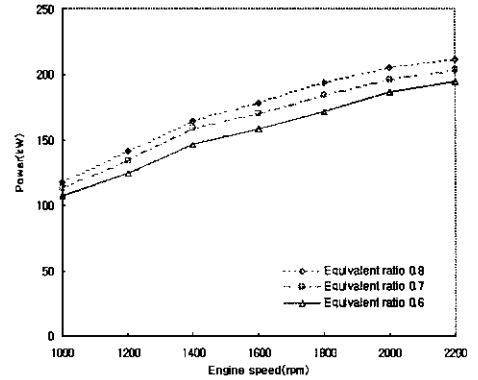


Fig. 5 Effect of equivalent ratio on power

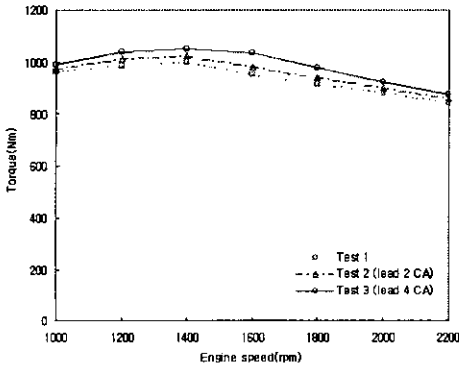


Fig. 4 Effect of spark timing on torque

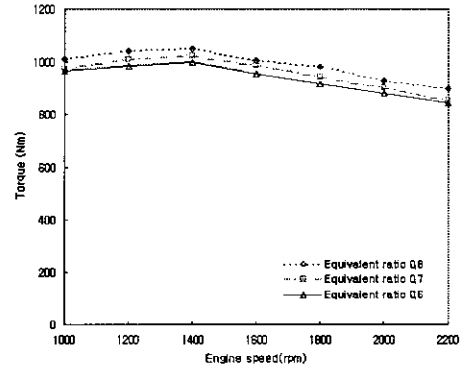


Fig. 6 Effect of equivalent ratio on torque

도 증가하는 것으로 나타났으며, 토크도 평균 19.6Nm 정도 증가하는 것으로 나타났다. 이는 점화시기를 진각시킴에 따라 연소실내 최고 압력이 형성되는 시기가 상사점에 점차 가까워졌기 때문으로 생각되며, 본 대상 CNG기관의 경우에는 기본 설정된 점화시기보다 4° 까지 진각을 시켜도 기본 기관의 운전상태에 큰 무리를 주지 않으면서 출력의 향상을 가져올 수 있다는 것을 알 수 있었다. 또한 CNG가스가 기존 디젤에 비해 연소속도가 느린 특성을 고려하면 4° 보다 더 진각시켜야 할 것으로 생각된다.

4.2 당량비 변화에 따른 결과

Fig. 5와 6은 점화시기를 Test 1의 경우로 고정된 상태에서 당량비 변화에 따른 기관 출력과 토크를 나타낸 것이다. 본 기관의 최박한계는 당량비 0.5까지이며, 당량비 0.5의 경우에는 저·중속 영역에서 기관출력 특성이 불

안정하여 0.6까지로 제한하여 실험하였다. Fig. 5 및 6에 나타났듯이 당량비를 0.1씩 증가시킴에 따라서 출력은 평균 8kW 정도 향상되는 것으로 나타났고 그 차이는 기관 회전속도가 고속인 영역에서 더욱 커지는 것으로 나타났으며 토크도 당량비를 증가시킴에 따라서 평균 31Nm 정도 증가되는 것으로 나타났다. 위에서 나타난 바와 같이 CNG기관에서 기관의 성능 향상 측면만을 고려하면 당량비를 증가시키는 것이 점화시기를 진각시키는 것보다 더 좋은 결과를 얻을 수 있었음을 알 수 있었다.

Fig. 7, 8 및 9는 당량비 변화에 따른 배출가스 중의 NO_x, THC 및 CO 에미션을 나타낸 것이다. Fig. 7에 나타났듯이 당량비가 증가됨에 따라서 NO_x 배출물은 최저 40ppm에서 150ppm까지 증가하는 것으로 나타났으며, 기관회전속도가 중속 이상인 영역에서 그 차가 더욱 큰 것을 알 수 있었다. Fig 8 및 9에 보는 바와 같이 THC와

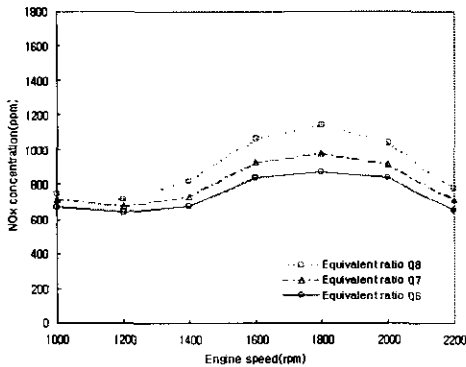


Fig. 7 Effect of equivalent ratio on NOx emission

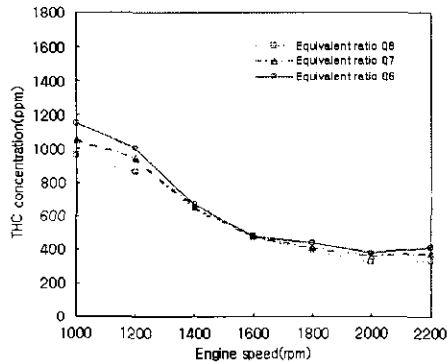


Fig. 8 Effect of equivalent ratio on THC emission

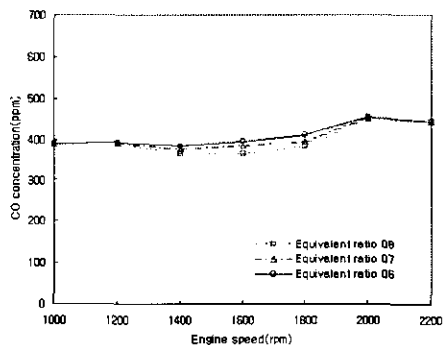


Fig. 9 Effect of equivalent ratio on CO emission

CO 배출물은 당량비가 증가됨에 따라서 점점 감소하는 것으로 나타났으며, 이는 연소조건이 보다 양호하여 미연 HC와 CO가 발생하지 않기 때문인 것으로 판단된다.

5. 결론

CNG 전소기관의 점화시기, 당량비 변화가 기관성능 및 배출가스에 미치는 영향을 실험을 통해 평가한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) 점화시기 변화에 따른 실험결과 점화시기를 2°씩 진각시킴에 따라서 출력과 토크가 각각 5.1kW, 19.6Nm 정도 증가하는 것을 알 수 있었으며, 본 대상 CNG기관의 경우에는 기본 설정된 점화시기보다 4°까지 진각을 시켜도 기본 기관의 운전상태에 큰 무리를 주지 않으면서 출력의 향상을 가져올 수 있다는 것을 알 수 있었다.
- (2) 당량비 변화에 따른 실험결과 당량비를 0.1씩 증가 시킴에 따라서 출력과 토크가 각각 8kW, 31Nm 정도 증가하였으며, 배출가스 중 NOx가 11.3% 증가하고 THC와 CO는 각각 5%, 4% 정도 저감하는 것을 알 수 있었다.
- (3) 본 CNG기관 실험에서 기관의 성능 향상 측면만을 고려하면 당량비를 증가시키는 것이 점화시기를 진각시키는 것보다 더 좋은 결과를 얻을 수 있었음을 알 수 있었다.

참고 문헌

- (1) 자동차환경센터 편, "자동차환경개론", 문운당, pp. 17~18, 2000.
- (2) 통상산업부, "압축천연가스를 사용하는 대형상용차량용 엔진의 성능향상에 관한 연구", 아시아자동차, pp. 1~2, 1997.
- (3) 遠藤拓也, "新エネルギー自動車", 山海堂, pp. 95~97, 1993.
- (4) 한영출, 오용석, 강호인, "압축천연가스기관에서 부스트압력 변화에 따른 성능 및 배출가스에 관한 실험적 연구", 한국공작기계학회지 제 9권 제 1호, pp. 53~59, 2000. 환경부, "CNG자동차 보급확대 방안을 위한 Workshop", 1995.
- (5) 김경배, "CNG 전소기관의 성능 및 배출가스 특성에 관한 연구", 국민대학교 박사학위논문, pp. 11~13, 1998.