

평균 배기 압력 구배 지수를 이용한 실화 검출 The misfire detection using the mean exhaust pressure gradient index

정 성 원*, 심 국 상**, 김 세 웅***
Sung-Won Chung*, Kook-Sang Sim**, Se-Woong Kim***

<Abstract>

This paper proposes a method to detect the misfired cylinder using a new misfire detection index. The new method of misfired cylinder is a comparison of pressure gradient during the blowdown period of exhaust stroke. If a misfire occurs, the engine will be lost some power and consumes the more fuel and the torque will be unsteady. Most of all, the misfire affects a bad influence of the 3-way catalyst and emits unburned hydrocarbon in the air. To prevent these unusual phenomena and eliminate the factor of the environmental pollution, it is important to detect the misfired cylinder. To do the experiment, set up the assist device on the conventional exhaust manifold. This assist device is not deformed for conventional exhaust manifold and installed in the end of the exhaust manifold. Experimental results showed that the method using the mean gradient pressure index is proven to be effective in the detection of misfired cylinder on gasoline engine regardless loads and revolutions of the engine.

Key Words : Mean Exhaust Pressure Gradient Index, Misfire Detection

1. 서 론

자동차 보급률의 증가는 자동차에서 배출되는 유해 배출물에 의한 대기 오염 문제를 심각한 사회문제로 대두시킴에 따라 우리나라뿐만 아니라 미국 및 EC에서는 자동차 배출가스 규제를 한층 강화하고 있다.

특히, 미국의 캘리포니아주에서는 90년대 후반부터 자동차에서 발생하는 유해 배기 배출물이 적은 LEV,

ULEV가 보급될 수 있도록 하였으며, 2000년대 초반에는 SULEV, ZEV를 보급할 수 있도록 추가하는 등 대폭적인 연비 및 배기가스 규제는 점점 더 강화될 전망이다. 자동차업계에서는 유해 가스 배출에 많은 연구가 수행되고 있다⁽¹⁻⁵⁾.

엄격해진 연비 및 배기 가스 규제를 만족시키기 위하여 배기계에 형상에 대한 연구와⁽⁶⁻⁹⁾, 유해 가스 저감 장치의 결합에 대한 연구의 하나인 실화 검출에 대한 연구가 행해져 오고 있다.

* 정회원, 밀양대학교 기계공학과 교수, 工博
** 정회원, 금오공과대학교 기계공학부 강사, 工博
***정회원, 금오공과대학교 기계공학부 교수, 工博

* Mechanical Engineering, Miryang national university
** Lecturer, School of Mechanical Engineering, KNUT
*** Professor, School of Mechanical Engineering, KNUT

탄화 수소계 연료를 사용하는 자동차 기관에서 기관의 연소 후 발생하는 유해 가스 성분으로서는 탄화수소, 일산화탄소, 질소 산화물 등이 있으나, 연소 후 처리 장치인 3원 촉매를 이용하여 대부분의 유해 물질을 무해물질로 정화시키고 있다.

그러나 기관에서의 이상 연소의 하나인 실화가 발생되면 연료가 연소되지 않기 때문에 탄화수소, 일산화탄소 등의 유해 배기 배출물의 증가뿐 만 아니라, 연소 후처리 장치인 3원 촉매의 손상, 동력 손실, 연료 소비증가, 토크 불균일에 의한 기관 진동 등의 악영향을 초래하게 된다. 그러므로 이와 같은 실화의 조기 진단 및 검출은 배기 배출물 및 연비, 동력 3원 촉매 등의 여러 가지 측면에서 반드시 연구되어야 할 항목중의 하나이다.

기관의 이상 진단 사항 중 실화 검출 방법은 실린더 내 연소 상태 변동에 따른 압력 변화나 연소 가스의 온도 변화를 직접 측정하여 실화를 구분해내는 방법과 이러한 변동의 영향으로 발생한 관계 변수들을 비교 분석하는 간접적인 방법 등이 있다. 실화를 직접 검출하는 방법은 정확한 측정 결과를 얻을 수 있는 반면, 실린더 내에 센서를 설치해야 하는 기관 개조 등의 어려움이 있다. 따라서, 연소 압력과 관계된 변수들인 배기 가스 분석, 기관의 출력 토크 변동, 크랭크축 각속도 변동 등의 간접적인 실화 검출 방법들이 많이 수행되고 있으며, 현재 크랭크축 각속도 변동을 이용한 연구가 가장 많이 수행되고 있다.

따라서 본 연구에서는 4행정 4사이클 가솔린 기관을 대상으로 배기관을 통해 배출되는 배기 가스의 압력을 정상적인 연소를 행하는 경우와 비정상적으로 연소를 행하는 배기 가스의 압력을 비교, 분석하여 단수 실린더 실화뿐 만 아니라 복수 실린더의 실화 실린더를 검출하는데 그 목적이 있다.

2. 실험 장치 및 실험 방법

2.1 주요 실험 장치

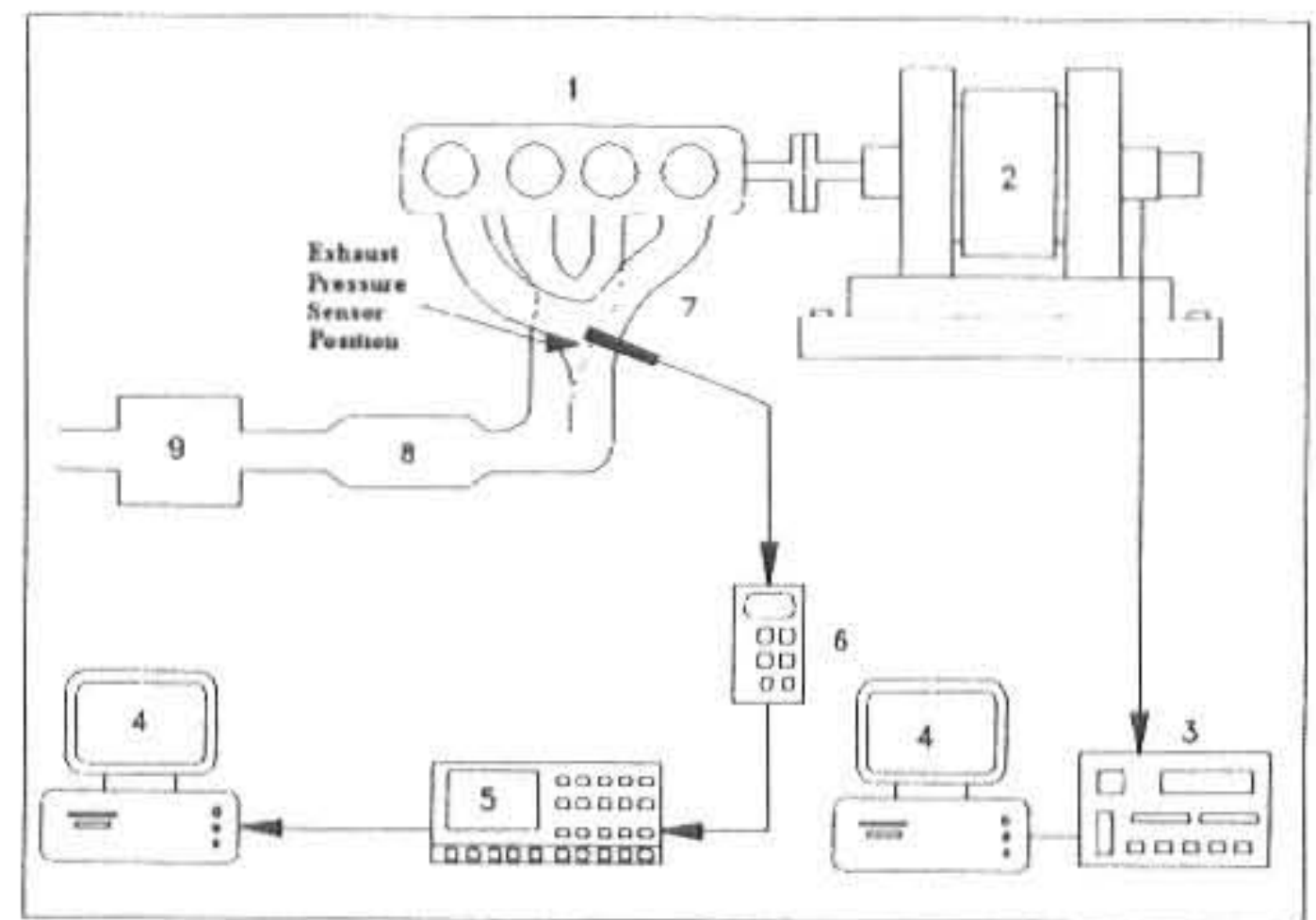
2.1.1 실험 장치

본 연구에서 사용된 실험 장치로서는 4행정 4 실린더 DOHC 전기 점화 가솔린 기관, 기관 동력계, 동력계 controller, 연소 압력 취득 장치

및 해석 장치부, 배기 압력 취득 장치 및 해석 장치부 등으로 구성되어 있으며 전체적인 개략도와 기관의 주요 제원을 Fig.2.1과 Table 2.1에 나타냈다.

기관의 회전속도와 부하를 제어하기 위한 동력계는 속도를 측정할 수 있는 magnetic pick-up과, 부하를 측정할 수 있는 load cell이 장착되어 있기 때문에 일정 속도 및 일정 부하의 제어가 가능하다.

각각의 실린더에서 배출되는 배기 가스의 압력 특성을 분석하기 위해 배기 다기관 중앙에 Kistler사의 piezoresistive absolute pressure transducer를 설치하여 배기 가스의 압력을 측정하였다.



- 1. Engine
- 2. Dynamometer
- 3. Dynamometer Controller
- 4. Personal Computer
- 5. Data Acquisition
- 6. Charge Amplifier
- 7. Exhaust Manifold
- 8. 3-Way Catalyst
- 9. Muffler

Fig.2.1 Schematic diagram of the experimental apparatus

Table 2.1 Specifications of the experimental engine

Items	Specifications	
Type	In-line, 4-cylinder, DOHC	
Valve overlap	35°	
Displacement(cc)	1996	
Bore*Stroke	85*88	
Firing order	1-3-4-2	
Valve timing	IVO	18° BTDC
	IVC	54° ABDC
	EVO	47° BBDC
	EVC	17° ATDC
Cooling type	Water-cooling	
Fuel	Unleaded gasoline	
Fuel supply system	Multi-point fuel injection	

이 변환기는 압력 변화에 따른 반응이 민감하므로, 압력 변동이 심한 흡기관과 배기관의 압력 측정에 많이 이용된다. 센서에서 변환된 신호는 증폭기(amplifier)를 사용하여 증폭시킨 다음 자료 취득 장치로 자료를 취득하여 분석하였다.

2.1.2 보조기구 제작

가솔린 기관의 점화순서를 순차적으로 할 수 없는 이유는 균일한 회전력을 얻을 뿐만 아니라, 진동 및 과열을 방지하게 위해서이므로 1-3-4-2의 점화 순서를 가진다.

Fig.2.2는 기존의 배기 다기관을 나타낸 것이다. 기존의 배기 다기관은 기하학적 형상에 따라 길이의 차이를 보이고 있으며, 이것은 또한 압력 파형의 간섭으로 인해 각각의 실린더에서 배출되는 배기 압력 파형의 차이를 나타낼 수 있다. 또한 센서의 설치위치에 따라서도 압력 파형이 달라지므로, 이러한 차이에 기인한 압력 파형의 변화를 최소로 줄이기 위하여 Fig.2.2와 같이 기존의 배기 다기관을 변형하지 않고, 다기관이 합쳐지는 지점에 보조기구를 제작하였다.

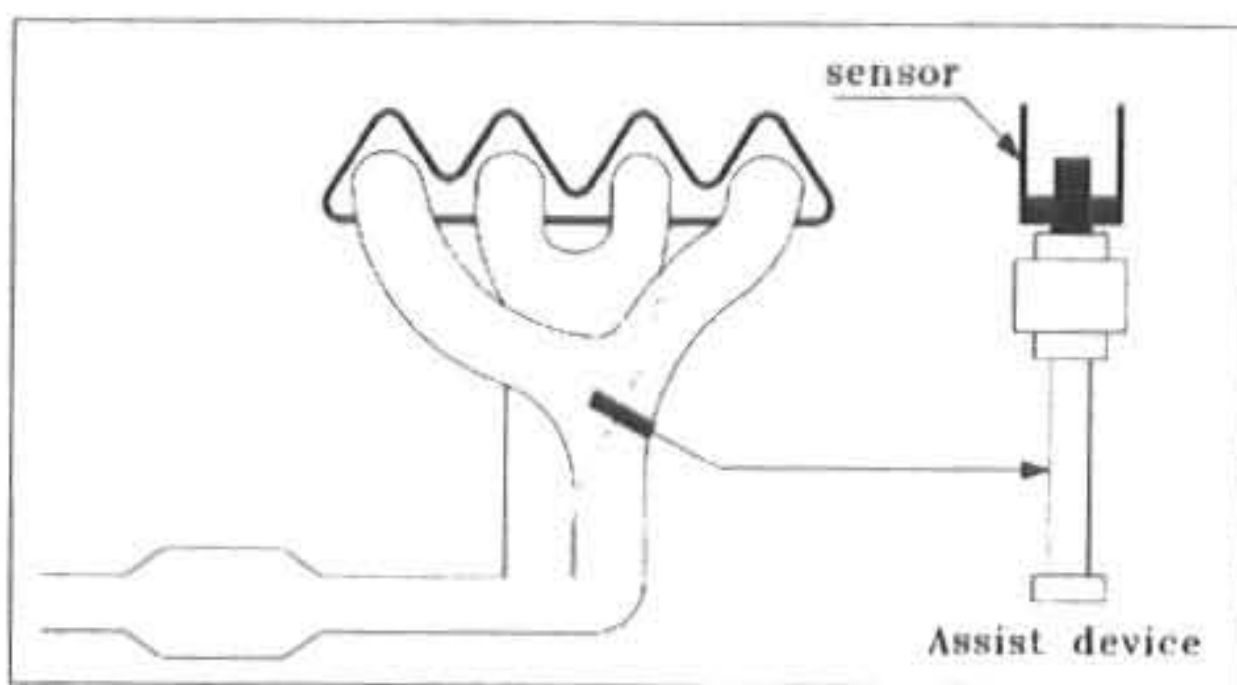


Fig.2.2 Schematic diagram of the assist device type manifold

보조기구는 내경 14mm, 길이 200mm로 끝부분에 50mm×50mm×50mm의 사각형 상자에 센서를 설치하였다. 이 보조기구는 배기가스에 직접적으로 노출되지 않으므로 센서의 온도를 낮게 유지하면서 배기 압력을 취득할 수 있는 큰 장점을 가지고 있다.

2.2 실험 방법

본 실험에서 사용된 4행정 4실린더 기관은 각각의 흡기 포트에 연료를 분사하는 MPI 방식의 기관으로서 초기 시동 시에는 기관의 온도가

낮기 때문에 더 많은 연료를 분사하게 하므로 기관의 회전수는 높게되고 불안정하게 된다.

따라서 본 실험에서는 기관을 충분히 예열시켜 냉각수 온도를 85±1℃로 일정하게 유지하였으며, 공연비 제어는 산소센서에 의한 feedback control에 의해 기관의 운전 조건과 부하에 따라 ECU에서 조정되도록 하였다.

본 실험의 압력 측정을 위한 기관 운전은 동력계의 일정속도 운전 모드에 의해 저속에서 고속까지 500 rpm 간격으로 일정하게 유지하였으며, 부하는 흡기관 내 부압을 이용하여 무부하에서 고부하까지 여러 단계로 나누어 정상 연소 및 실화에 대해서도 실험을 행하였다.

특정 실린더의 실화 조작은 ECU에서 연료 분사 밸브로 전달되는 연료 공급 신호를 차단하는 방법과, 점화 코일이나 배전기에서 점화 플러그로 공급되는 점화 신호를 차단하는 방법이 있다.

점화 신호를 차단하는 방법은 실린더 내에 연료는 계속 분사되는 반면, 점화만 되지 않으므로 혼합기가 연소를 행하지 못하고 그대로 배기관으로 빠져나간다. 따라서 배기 가스에 포함된 미 연소 혼합기가 3원 촉매 등에 축적되었다가 고온의 배기 가스와 연소를 행하기 때문에 3원 촉매에 치명적인 손상을 줄 수 있다.

그러나, 연료 공급을 차단하는 방법은 연료는 분사되지 않고 점화만 이루어지므로 미연 혼합기가 생기지 않으며, 3원 촉매에 영향을 주지 않으므로 본 실험에서는 연료 공급을 차단하는 방법으로 실화를 조작하였다.

배기관에서의 압력의 측정은 정상 연소와 실화 실린더로 분할하여 행하였으며, 실화 실린더는 각각의 실린더가 실화를 일으키는 단수 실린더 실화와 복수 연속 실화(4번과 2번 실린더 실화) 및 복수 대칭 실화(1번과 4번 실린더)로 분할하여 압력을 취득하였다.

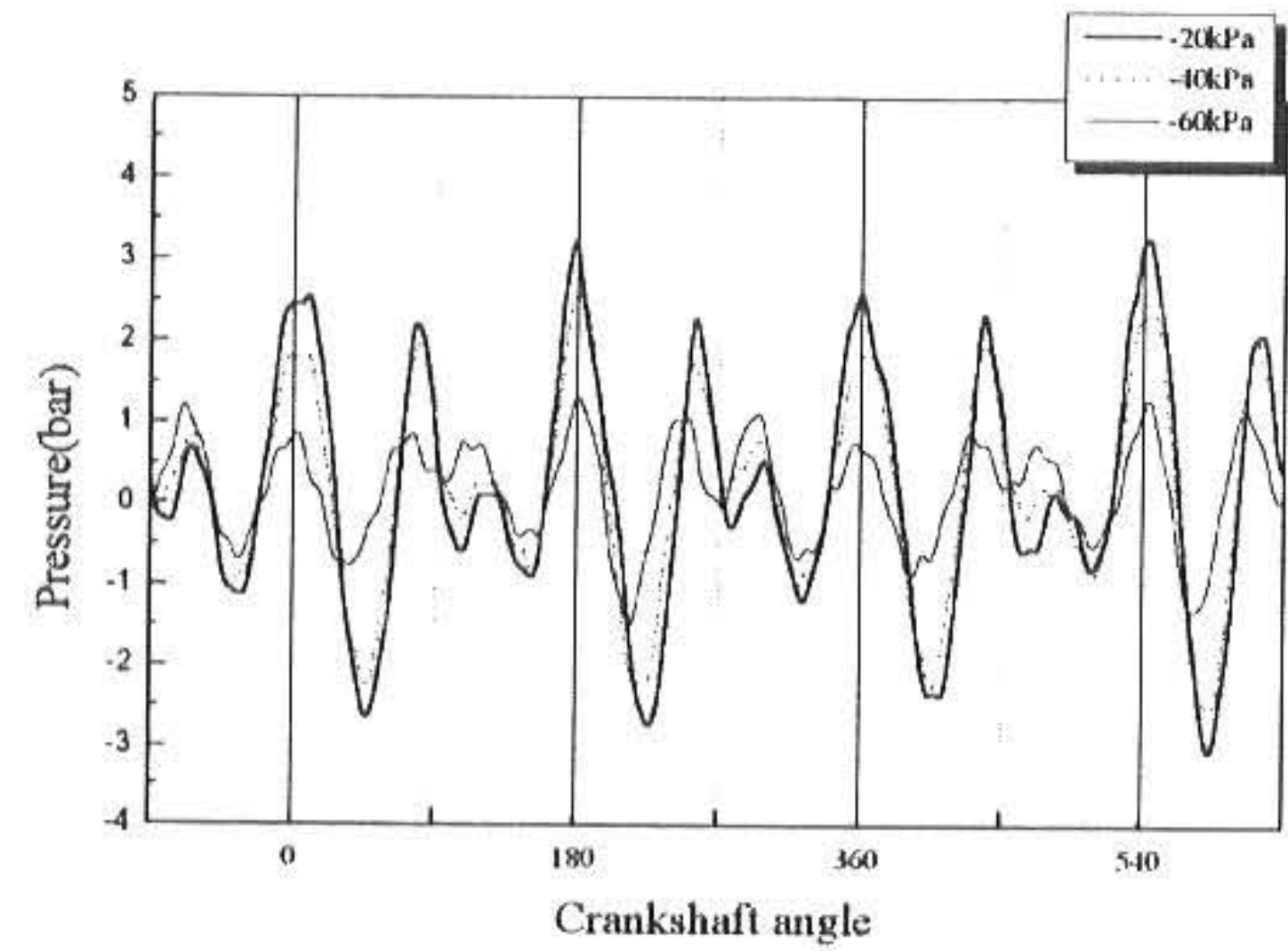
3. 실험 결과 및 검토

3.1 배기 압력 특성

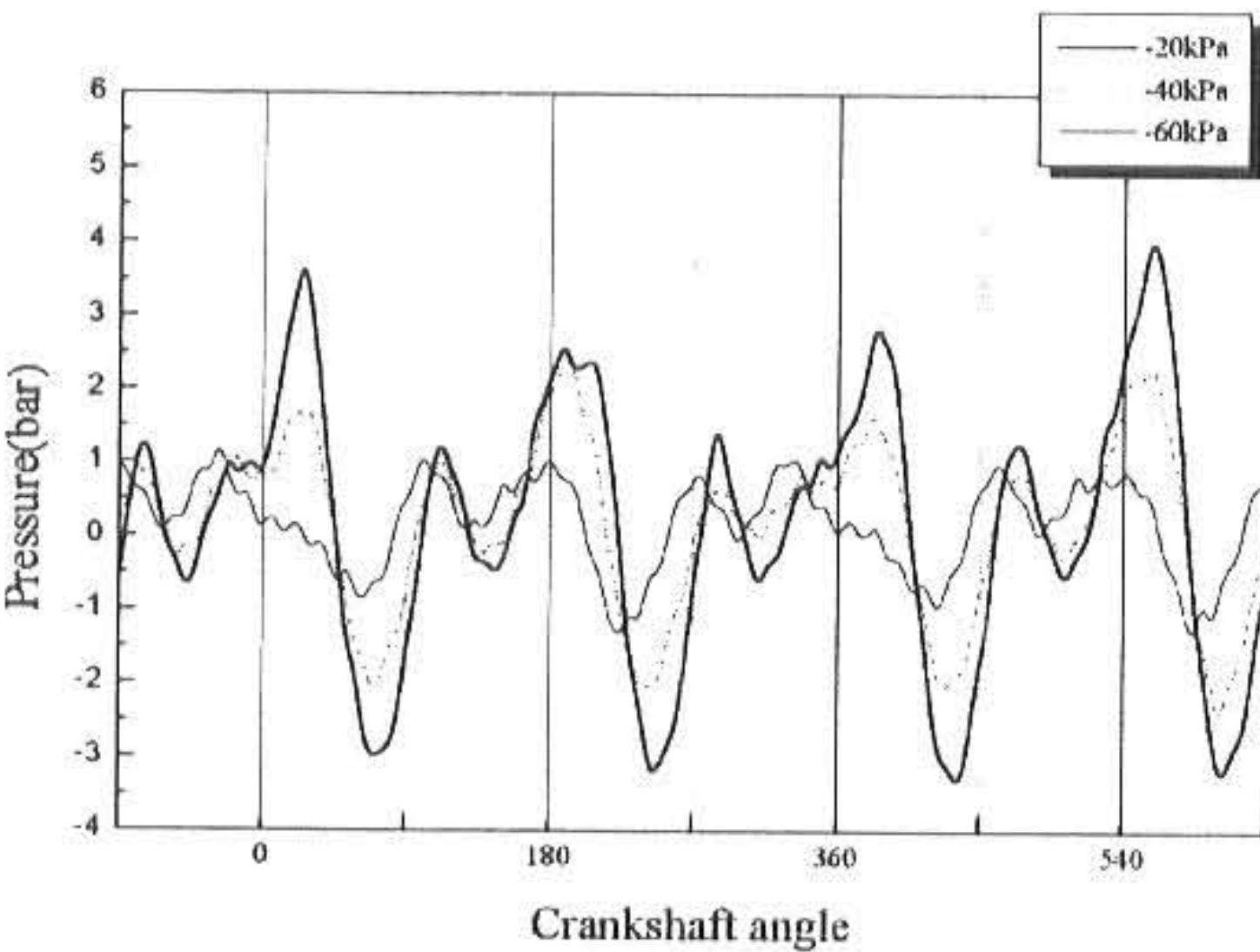
탄화 수소계 연료를 사용하는 자동차 기관에서는 공기와 연료의 혼합 가스가 유입되는 흡입과정, 혼합 가스의 압축이 일어나는 압축과

정, 연소에 의한 팽창 행정, 연소 후 대기로 배출되는 배기 행정까지의 4행정 과정을 거쳐 신기에서 배기 가스로 변화되어 배출된다.

Fig.3.1은 정상적인 연소를 해하는 4 행정 4 실린더 기관의 배기 다기관에서 발생하는 압력 파형으로, (a)는 기관의 회전수가 1500rpm, (b)는 기관의 회전수가 2000rpm의 경우에서 부하 변동에 따른 압력파형을 나타낸 것이다.



(a) at the engine speed of 1500 rpm



(b) at the engine speed of 2000 rpm

Fig.3.1 Pressure fluctuations of the healthy combustion in the assist device type manifold

기관의 부하가 작은 - 60 kPa의 경우에는 드로틀 밸브의 개도량이 작기 때문에 흡기 다기관의 압력이 낮아 각각의 실린더 내로 유입되는 공기-연료 혼합기의 량도 작다.

따라서, 연소에 의해 발생하는 배기 가스의 량도 많지 않기 때문에 배기 밸브 개방 직후의 블루다운에 의한 배기 다기관에서의 1차 압력

파형도 약하게 나타나고 있으나, 기관의 부하가 증가하게 되면 실린더 내로 유입되는 혼합기의 량이 많아지기 때문에 연소의 의한 1차 압력 파형이 크게 증가된다.

또한, 블루다운에 의한 1차 압력 파형이 각 실린더의 배기 밸브가 개방되는 시점에서 최고 압력이 형성되지 않고 약간 뒤에서 형성되는 것을 볼 수 있다.

이와 같은 현상은 기관의 부하와 회전수가 증가에 의한 배기 가스의 속도 증가보다는 크랭크축의 회전속도 증가가 더 크기 때문에 압력 파형이 형성되는 시점이 지연되는 것으로 사료된다.

3.2 단수 및 복수 실린더 실화

3.2.1 단수 실린더 실화

Fig.3.6에서는 1500 rpm에서 1번 실린더에 실화를 발생시켰을 때의 그래프이다. 정상연소를 행하는 실린더에서는 1차 압력 파형이 생성되고 있으나 실화를 일으킨 실린더에서의 1차 압력 파형은 형성되지 않음을 확인할 수 있다.

또한 실화가 발생된 다음 실린더의 1차 압력 파형은 급격히 증가함을 볼 수 있다. 이것은 실화가 발생하면 손실된 동력을 보상하기 위하여 ECU는 다음 실린더에 더 많은 연료를 분사하도록 제어하므로 다음 실린더의 압력 파형은 더 높게 나타난다고 판단된다.

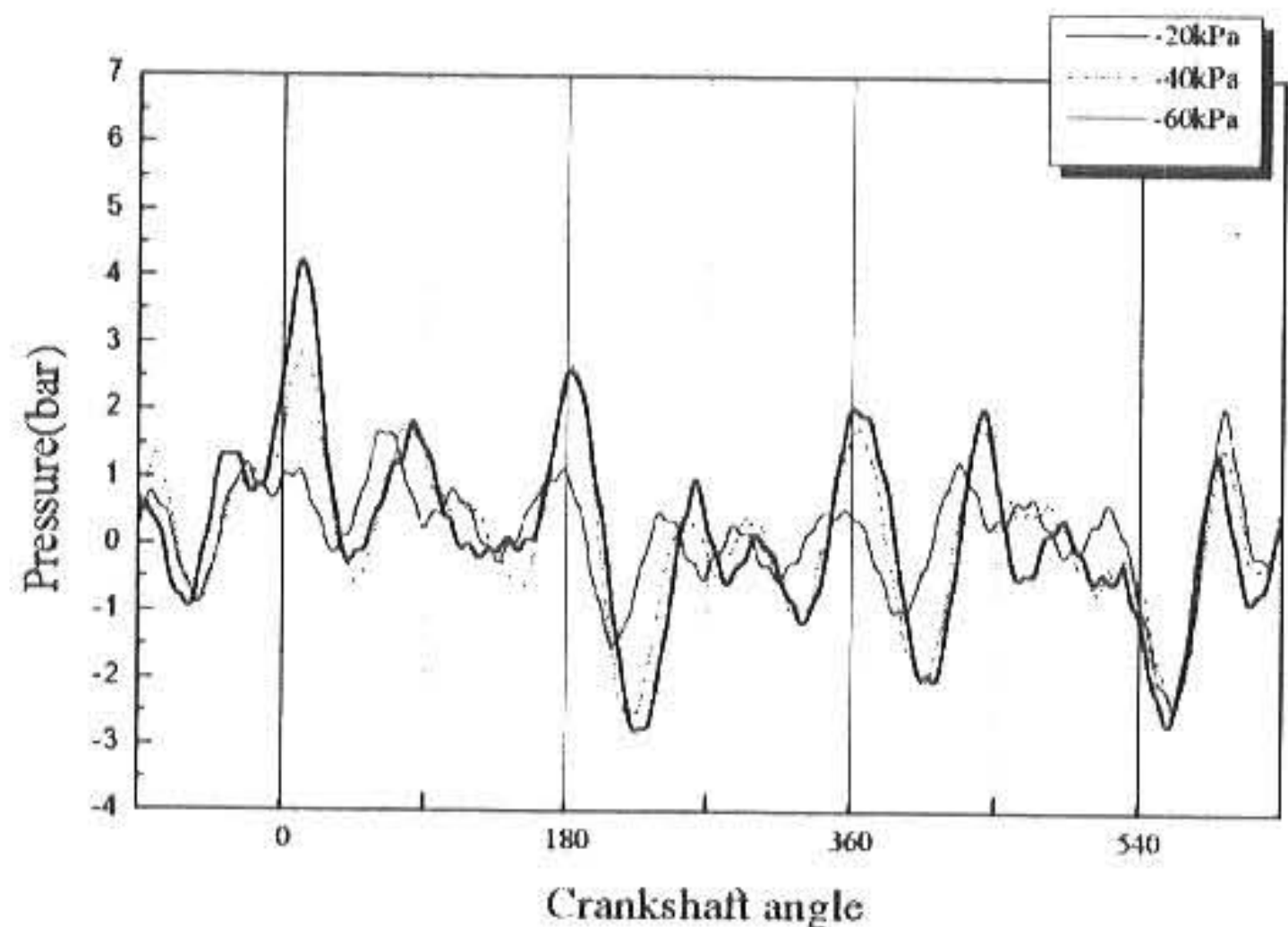


Fig.3.2 Pressure fluctuations of the first misfired cylinder in the assist device type manifold at the engine speed of 1500 rpm

3.2.2 복수 대칭 실린더 실화

Fig.3.3은 1500 rpm에서 1번 실린더와 4번 실

린더에 대칭적으로 실화를 일으킨 기관에 대해 배기 다기관 내의 압력 변동 특성을 나타낸 그래프이다.

4개의 실린더 중 동시에 2개의 실린더에 실화가 일어나므로 720° 를 한 주기로 하는 단수 실린더 실화에 비해 360° 를 한 주기로 1차 압력 파형이 형성되지 않는 것을 확인할 수 있다.

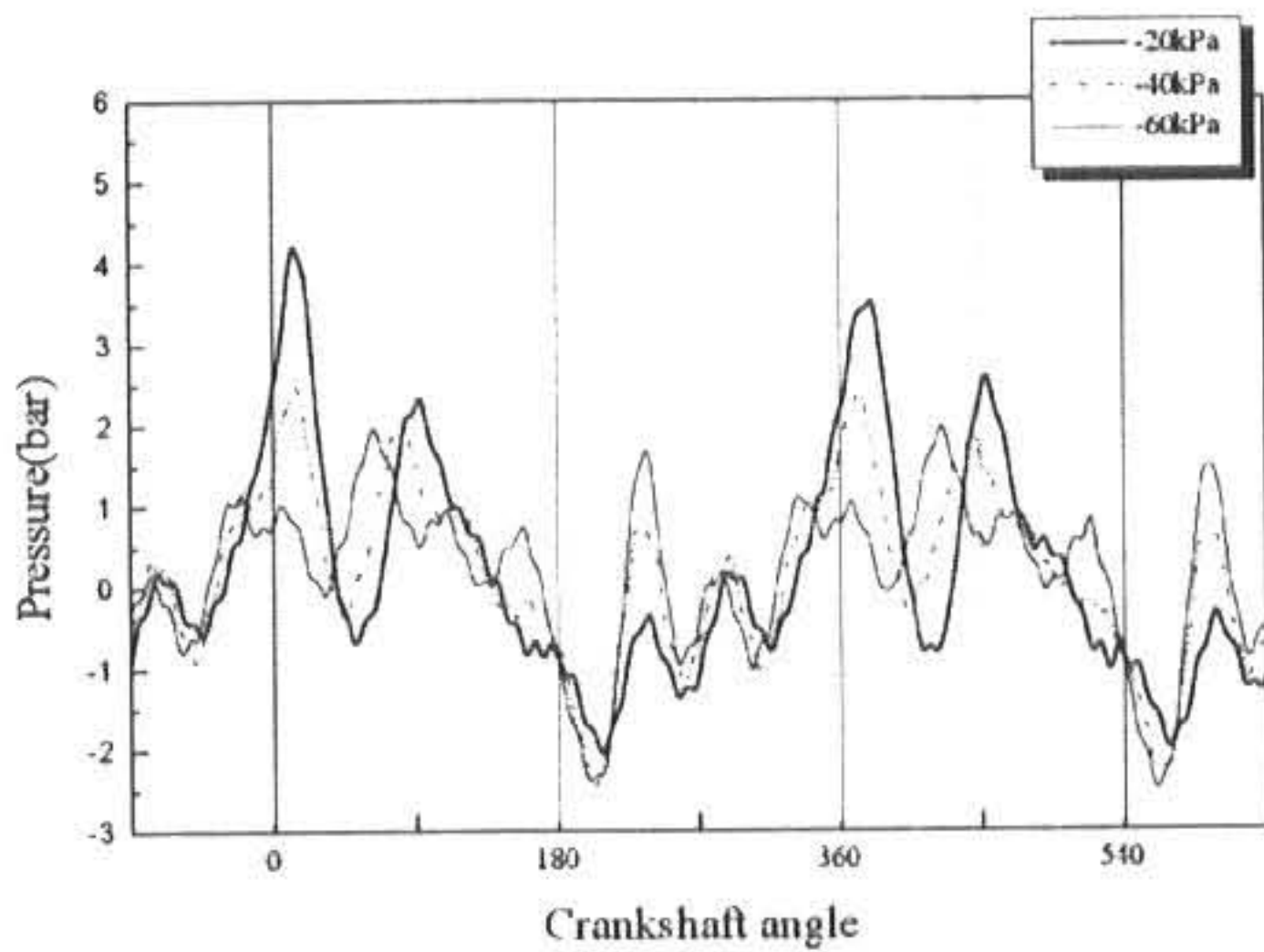


Fig.3.3 Pressure fluctuations of the first and fourth misfired cylinder in the assist device type manifold at the engine speed of 1500 rpm

3.2.3 복수 연속 실린더 실화

Fig.3.4는 1500rpm에서 4번 실린더와 2번 실린더에 대칭적으로 실화를 일으킨 기관에 대해 배기 다기관 내의 압력 변동 특성을 나타낸 그래프이다.

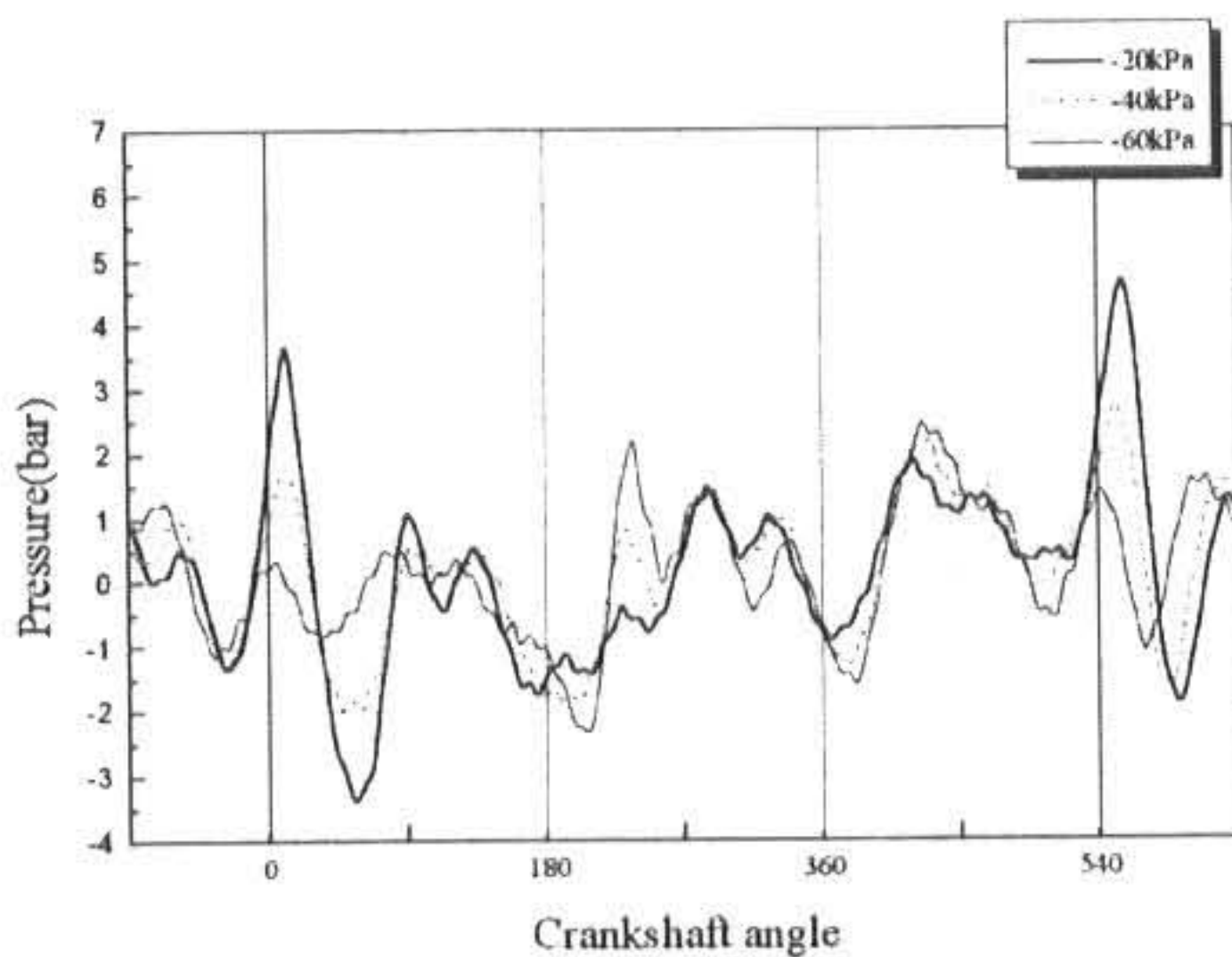


Fig.3.4 Pressure fluctuations of the fourth and second misfired cylinder in the assist device type manifold at the engine speed of 1500 rpm

360° 의 일정한 주기를 가지는 복수 대칭 실화 실린더와는 달리 특정한 주기를 가지지 못한다. 2번 실린더에 이어서 발생하는 1번 실린더의 1차 압력 파

형이 2번 실린더의 1차 압력 파형보다 조금 높은 것은 이전 배기 압력의 관성에 의한 부압이 형성되지 않기 때문이라 판단된다.

3.3 실화검출 방법

실린더 내에 실화가 발생하면 blowdown 기간중의 1차 압력 파형은 나타나지 않고 피스톤의 상승운동에 의한 압력 파형만 나타나므로 1차 압력 파형을 분석하여 실화를 판단하고자 한다. 정상상태에서의 배기 압력 파형과 실화 상태에서의 배기 압력 파형을 Fig.3.5와 Fig.3.6에 나타내었다.

기관 회전속도 1500 rpm에서 흡기 다기관 압력에 따른 기존의 배기 다기관의 배기 압력 파형을 나타낸 곡선으로, Fig.3.5은 정상 연소이고 Fig.3.6는 1번 실린더에 실화를 발생시킨 경우이다.

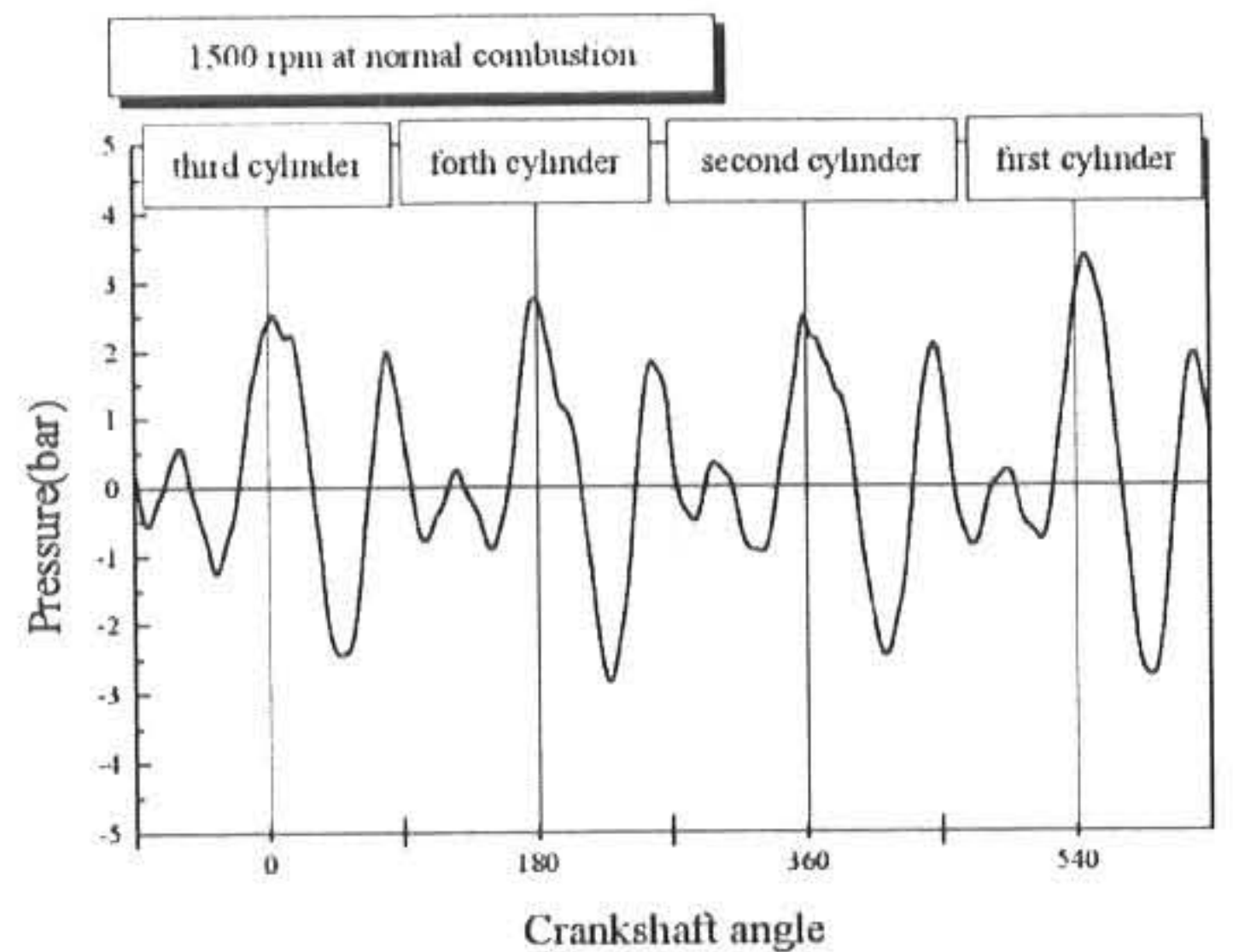


Fig.3.5 Pressure fluctuation of the healthy combustion at 1500 rpm

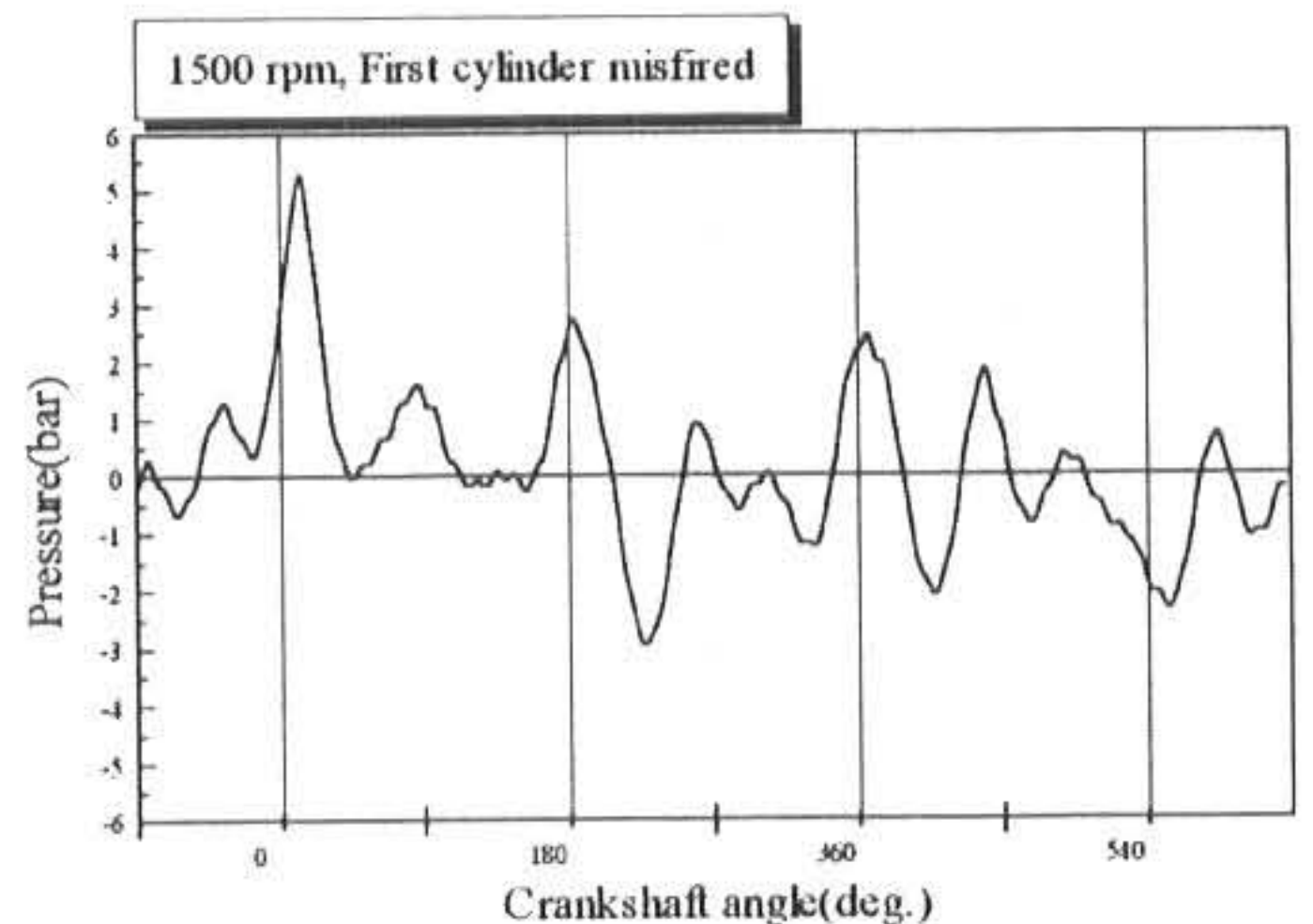


Fig.3.6 Pressure fluctuation of the first misfired combustion at 1500 rpm

그림에서 알 수 있듯이 정상연소의 경우, blowdown에 의한 1차 압력 파형과 피스톤 상승에 의한 2차 압력 파형을 확인할 수 있지만, 실화가 발생한 실린더의 경우에는 1차 압력 파형은 나타나지 않고 피스톤 상승운동에 의한 2차 압력 파형만 나타나는 것을 확인할 수 있다.

따라서, blowdown 시기의 1차 배기 압력 파형은 정상 연소 시에는 상승하는 구배를 나타내게 되지만, 실화 시에는 하강하는 구배를 나타내므로 이러한 특성을 이용하여 실화를 검출할 수 있다.

3.4 실화 검출 지수 설정

실화를 판정하기 위해 선행된 실험에서 연료 공급을 차단하는 방법을 사용하여 실화를 발생시켰다. 배기관을 통해 배출되는 배기가스는 blowdown에 의한 1차 압력 파형과 피스톤 상승운동에 의한 2차 압력 파형으로 나눌 수 있으며, 나머지는 감쇄하면서 조금씩 작아지게 된다.

하지만 4행정 기관에서는 720°구간동안 이루어지므로 1차 압력이 발생하게 되면 peak값을 내면서 쇠퇴하고 다시 작아진 압력은 피스톤 상승운동에 의해서 상승하고 이것은 다음 실린더의 blowdown에 의해 다시 증가하게 된다.

이러한 1차 압력곡선은 positive의 구배를 가지게 되고, 실화가 발생한 경우에는 negative의 구배를 가지게 된다. 본 실험에서는 이러한 구배를 이용하여 실화를 검출하기 위한 지수를 설정하고자 한다.

이러한 지수는 부하와 회전수에 따른 배기 압력 특성을 고려한 경계조건이 필요하다. 배기 밸브가 열리는 493°이후부터 다음 배기 밸브가 열리는 구간까지는 정상 연소와 실화에 대해 각각 +peak와 -peak가 존재하게 된다.

또한 최고압력이 형성되까지는 약간의 지연시간이 있으므로 이를 고려하여 분석구간 BBDC 25°에서 ABDC 45° 까지 총 70° 구간으로 설정하였다. 즉 이구간 내에서 기관이 정상 연소일 때는 +peak값의 최대값이, 실화시에는 최저 -peak값이 존재한다.

이 peak값에서 30°구간동안 구배를 구하여 실화를 판별하고자 한다. 또한 -50kPa와 -60kPa는 압력 파형이 미세하므로 20°구간만큼 구배를

구하여 실화 유무를 판별하였다.

부하와 회전수가 증가할수록 최고 압력은 조금씩 뒤로 밀리게 되고 최고 압력은 증가하게 되므로 각각을 고려하여 구배 구간은 5°씩 최고 압력은 0.2 bar 씩 offset하여 증가 시켰다.

offset 시킨 압력 구간을 Fig.3.7에 그림으로 나타내었다.

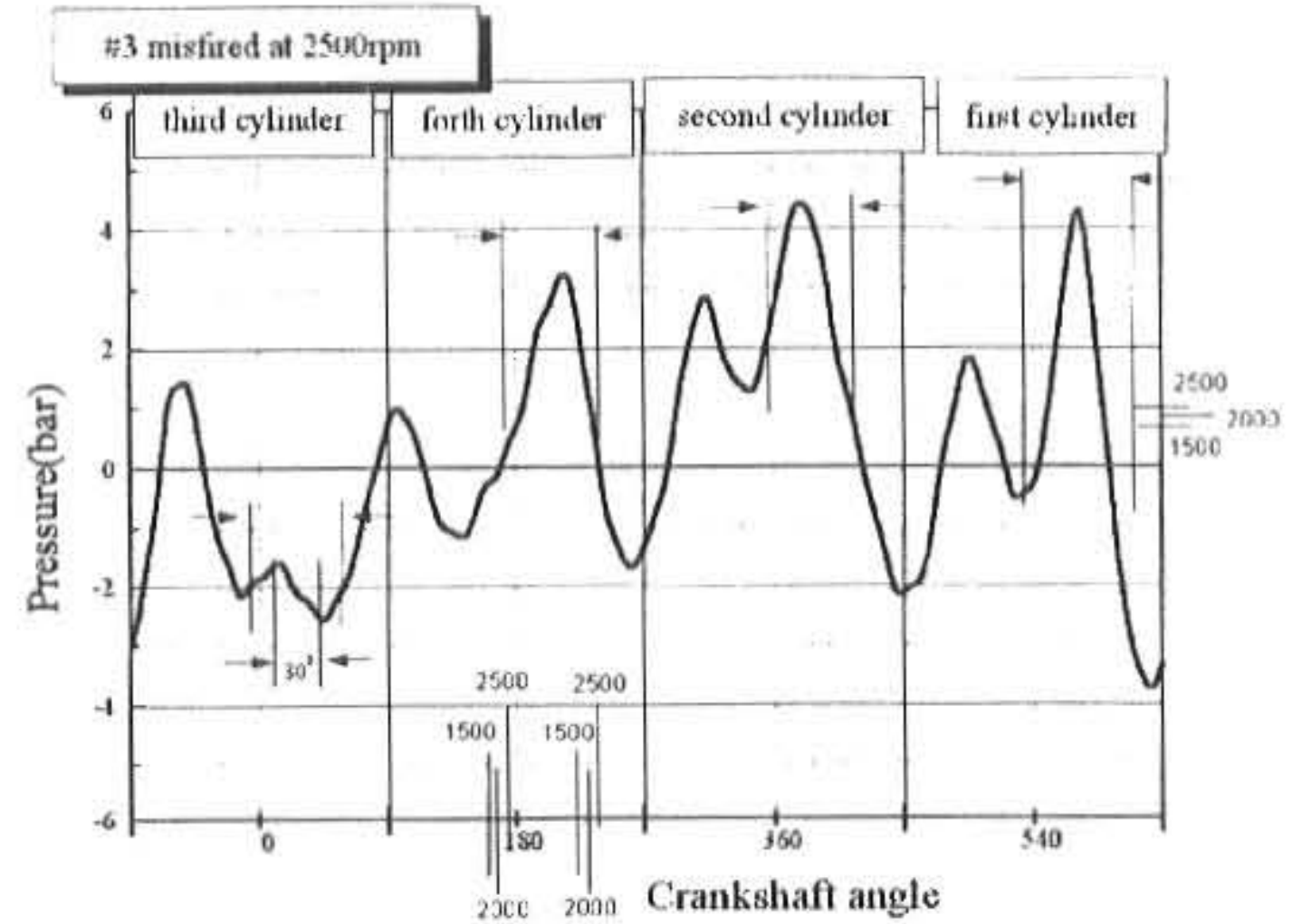


Fig.3.7 Pressure fluctuation of the healthy combustion at 1500 rpm

구배 값은 판정 구간 동안 입력된 각각의 데이터를 압력과 크랭크 각도의 비로 나타내었으며, 입력된 데이터의 수만큼 평균하여 산출하였다. 설정된 값은 다음 식으로 나타낼 수 있다.

$$MEPGI = \frac{\sum_{\theta-30}^{\theta} (dP/d\theta)}{N_i}$$

MEPGI: Mean Exhaust Pressure Gradient Index

θ : peak 일 때, 크랭크 각

N_i : Total Data Number from $\theta-30^\circ$ to θ

평균 배기 압력 구배 지수는 각각의 실린더 구간을 표시할 수 있을 뿐만 아니라, 특정 실린더에 실화가 나타나면 표시될 수 있도록 프로그램으로 처리하였다.

본 실험에서는 이렇게 설정된 평균 배기 압력구배 지수 MEPGI를 이용하여 단수 실린더 실화 및 복수 실린더 실화를 판별하는데 이용하였다.

3.5 평균 배기 압력 구배 지수에 의한 실화 검출 및 검증

3.5.1 평균 배기 압력 구배 지수를 이용한 실화 판정

가솔린 기관의 실화판정에는 여러 가지 방법이 있으나 본 실험에서는 blowdown 시의 1차 배기가스 압력 파형의 구배를 이용하여 실화를 분석해 보았다. 정상적인 연소를 행하는 실린더에 실화가 발생하면 상승해야 될 압력 곡선이 하강하여 negative peak 값을 가지게 된다.

Table 3.3 MEPGI at the -60 kPa of the intake boost pressure

Intake pressure	Engine speed	Misfire cylinder	Mean Exhaust PGI (bar/deg)			
			1st	2nd	3rd	4th
-60kPa	1500 rpm	Base	2.07	1.86	1.78	1.95
		1st	-1.39	1.11	1.23	0.95
		2nd	1.00	-1.58	0.74	1.06
		3rd	1.24	0.58	-1.48	1.05
		4th	0.99	1.16	0.84	-1.61
		1st&4th	-1.44	1.35	0.89	-1.19
	2nd&4th	1.40	-1.15	0.87	-1.18	
	2000 rpm	Base	1.96	1.54	2.02	1.39
		1st	-1.44	1.02	0.80	0.95
		2nd	1.11	-0.86	0.66	0.54
		3rd	0.55	0.82	-1.44	0.82
		4th	0.68	1.15	0.77	-1.26
		1st&4th	-1.91	0.82	0.58	-1.85
	2nd&4th	1.11	-0.69	0.79	-1.61	
	2500 rpm	Base	4.00	2.53	2.96	3.21
		1st	-0.98	0.80	0.47	0.63
		2nd	0.72	-1.55	0.80	0.82
		3rd	0.87	0.68	-1.43	0.86
4th		1.23	0.82	0.88	-0.81	
1st&4th		-1.72	0.60	0.75	-1.60	
2nd&4th	1.26	-2.07	1.10	-1.11		

를 판별하였다.

Table.3.3과 Table.3.4는 부하가 -60kPa과 -20kPa에서 회전수에 따른 각각의 실린더의 실화 판정 여부를 나타낸 결과이고, 그 결과 회전수에 상관없이 전 영역에 걸쳐 정확히 실화 및 실화 실린더를 판별할 수 있었다.

3.5.2 평균 배기 압력 구배 지수에 의한 실화 검증

측정 장비 및 noise 등을 고려하여 15 cycle 동안 연속적으로 데이터를 취득하였고 평균값을 취하여 정확성을 기하였다.

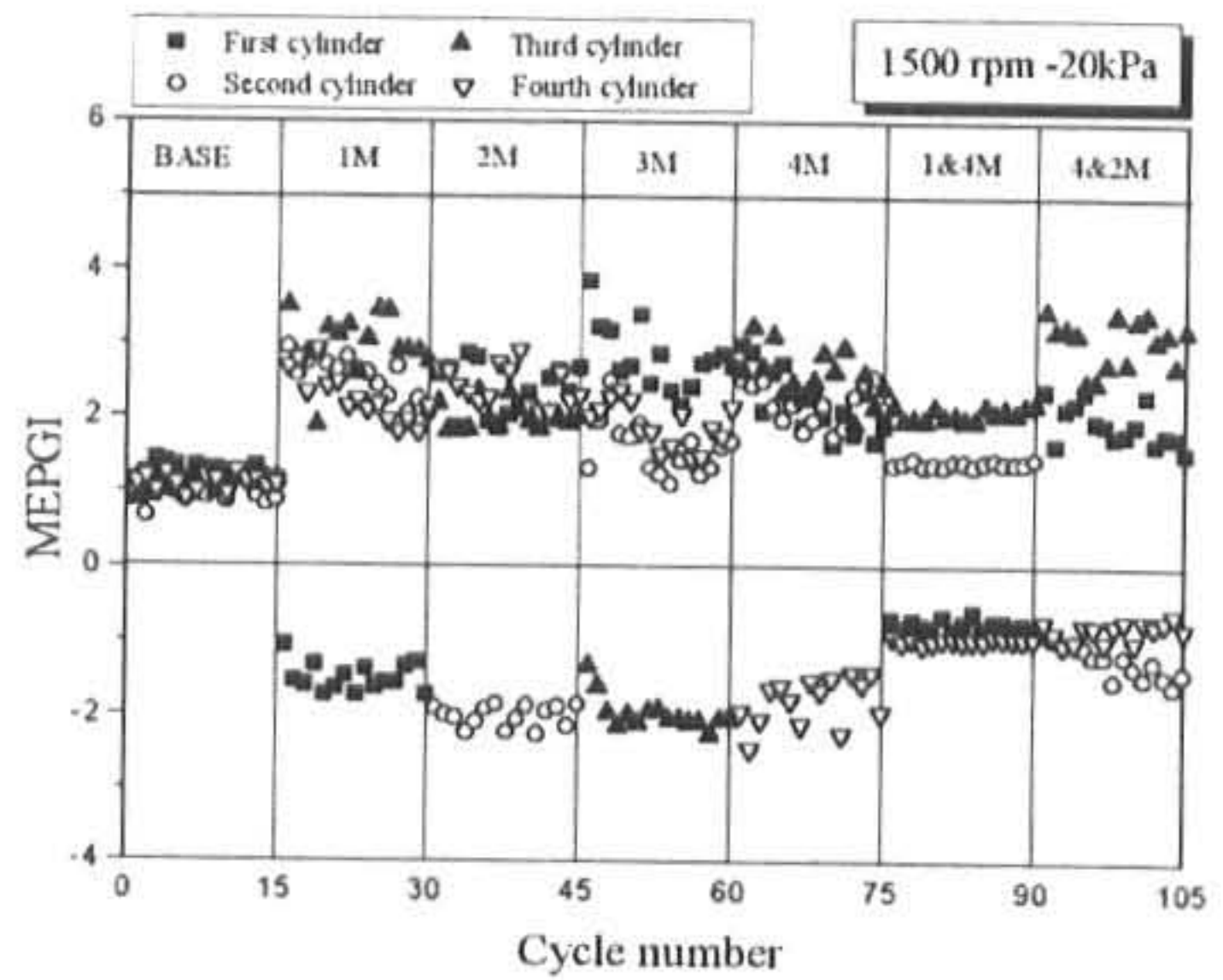


Fig.3.8 Mean Exhaust Pressure Gradient Index at the 1500 rpm and the -20kPa

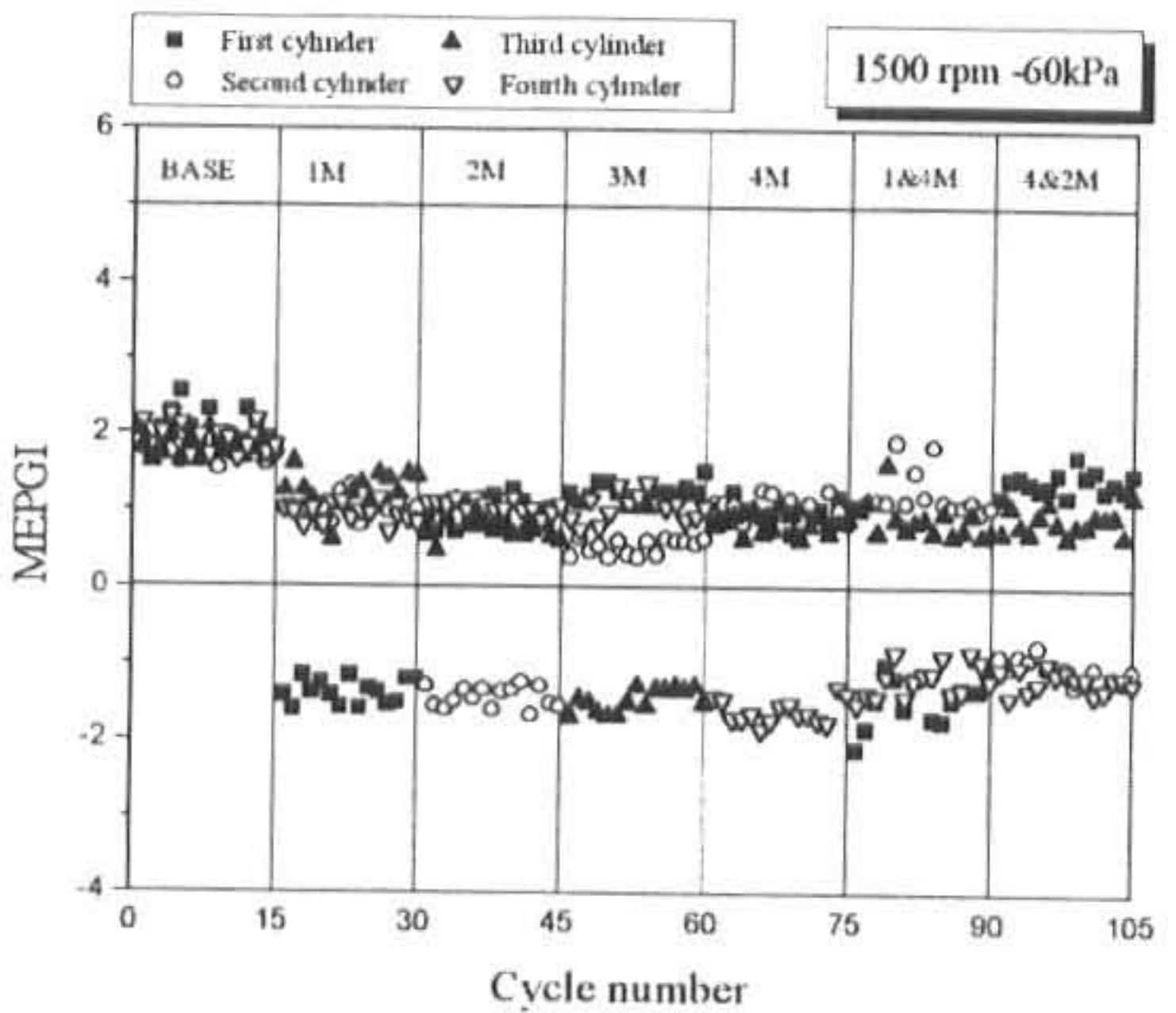


Fig.3.9 Mean Exhaust Pressure Gradient Index at the 1500 rpm and the -60kPa

Table 3.4 MEPGI at the -20 kPa of the intake boost pressure

Intake pressure	Engine speed	Misfire cylinder	Mean Exhaust PGI (bar/deg)			
			1st	2nd	3rd	4th
-20kPa	1500 rpm	Base	1.25	0.98	1.07	1.12
		1st	-1.51	2.55	2.97	2.26
		2nd	2.35	-2.02	2.00	2.41
		3rd	2.32	1.59	-1.98	1.90
		4th	2.21	2.19	2.58	-1.79
		1st&4th	-0.75	1.40	2.05	-0.96
	2nd&4th	1.94	-1.24	3.04	-0.82	
	2000 rpm	Base	0.52	0.55	0.49	0.53
		1st	-1.40	1.38	3.05	2.28
		2nd	3.07	-1.33	2.86	1.87
		3rd	2.70	2.06	-1.33	2.54
		4th	2.38	2.72	2.06	-1.40
		1st&4th	-0.81	2.64	3.33	-0.91
	2nd&4th	3.26	-0.97	1.35	-0.98	
	2500 rpm	Base	1.10	0.84	1.18	1.13
		1st	-1.12	2.27	2.88	1.42
		2nd	3.18	-1.68	2.22	2.28
		3rd	3.49	1.96	-1.64	1.43
4th		2.76	1.97	3.61	-0.71	
1st&4th		-1.44	1.24	2.82	-1.59	
2nd&4th	2.90	-0.84	3.08	-1.14		

따라서, 정상연소를 행하는 실린더는 +peak point 전 30° 에서 peak point까지, 그리고 실화일 경우에는 -peak point 전 30° 에서 -peak point까지 30° 구간의 압력 값을 분석하여 부하와 회전 속도에 따른 평균 배기 압력 구배 지수를 설정하고 실화 및 실화가 발생한 실린더

취득한 데이터를 각각의 단수 실린더와 복수 연속 실린더 및 복수 대칭 실린더에 평균 배기 압력 구배 지수를 이용하여 실화를 검증하였다.

Fig.3.8에서 Fig.3.9에서는 기관의 회전수가 1500rpm에서의 검증 결과를 나타내었다.

검증 결과에서도 볼 수 있듯이 흡기관 부하와 회전수에 따른 평균 배기 압력 구배 지수에 의한 실화 판정이 단수 실린더 및 복수 실린더 전 영역에 걸쳐 좋은 결과를 나타내고 있다.

4. 결 론

본 연구는 4행정 4실린더 MPI 가솔린 기관을 통하여 기존의 배기 다기관에 보조 장치를 설치하여 배기 가스 압력 파형을 분석하였다.

또한, 단수 및 복수 실린더에 실화를 발생시켜 새로운 실화지수를 정상연소를 하는 실린더와 이상연소를 하는 실화 실린더에 적용하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) blowdown에 의한 배기관 내 1차 압력 파형의 구배를 이용하여 실화를 검출하면 정상적인 연소를 행하는 실린더와 실화 실린더를 정확히 판별할 수 있다.
- (2) 평균 배기 압력 구배 지수는 단수 실화 실린더 및 복수 실화 실린더에서도 좋은 결과를 나타낸다.
- (3) 본 실험에서는 고정된 기관에서 부하와 회전수만의 변화를 주어 실화를 검증하였으나, 동적 기관이나 가혹한 조건에서 발생하는 실화도 기관의 회전수와 부하에 대해 적절한 offset를 한다면 실화 검출이 가능하리라 생각된다.

참고문헌

- 1) Stephan J.Citron, John E.O'Higgins, and Lillian Y.Chen : Cylinder by Cylinder Engine Pressure and Pressure Torque Waveform Determination Utilizing Speed Fluctuation, SAE Paper 890486, (1989)
- 2) Kazumasa Iida, Katuo Akishino, and Kazuo Kido : IMEP Estimation from Instantaneous

- Crank Shaft Torque Variations, SAE Paper 900617, (1990)
- 3) 김세웅 : 크랭크축 각속도 해석에 의한 자동차 기관의 실화 검출, 서울대학교 공학박사 학위 논문, (1996)
- 4) 심국상 : 가솔린 기관의 배기 압력을 이용한 실화 검출에 관한 연구, 금오공대 공학박사 학위 논문, (1999)
- 5) Tetsuya Ohira, Yuji Ikeda, Toshiyuki Takahashi, Takekazu Ito, and Tsuyoshi Nakajima.(1993), Exhaust Gas Flow Behavior in a Two-stroke Engine, SAE Paper 930502
- 6) Yuichi Hokazono, Isamu Iezuka, Toshiaki Konomi, Hidetaka Nohira, and Yuichi Fujii.(1990), Study of a Two-degree-of-freedom Exhaust System, SAE Paper 900164
- 7) 차경옥, 이준서, 김형섭 : 자동차 배기계의 압력파 전파 특성에 관한 연구, KSAE 논문집, 제4권, 제5호, pp.18-26, (1996)
- 8) Martin Klenk and Winfried Moser.(1993), Misfire Detection by Evaluating Crankshaft Speed-A Means to Comply with OBD II, SAE Paper 930399.
- 9) Mikiya Hosomi, Sumio Ogawao, Toshiyuki Imagawa and Yuichi Hokazono, (1993), Development of Exhaust Manifold Muffler, SAE Paper 930625.

(2001년 7월 10일 접수, 2001년 11월 20일 채택)