

〈論 文〉

점화시기 근방의 고난류 생성을 위한 기초연구
-흡입 및 압축과정중의 난류측정을 위한 급속흡입 압축팽창기의 제작 및 평가-

홍재웅* · 송영식** · 이종태***

(1994년 12월 20일 접수)

The Fundamental Study on Generation of High Turbulence
at Vicinity of Ignition Timing

J. W. Hong, Y. S. Song and J. T. Lee

Key Words : Rapid Intake Compression Expansion Machine(급속흡입 압축팽창기), Turbulence Measurement(난류측정), Hot Wire Anemometer(열선유속계)

Abstract

The turbulence in the engine cylinder is generated by intake pressure and inertia effects during intake stroke, and is generated and decreased by piston compression effect during the compression stroke. The classified measurement of turbulence generated during each stroke is needed to generate high turbulence flow at vicinity of ignition timing. Therefore, A single-shot Rapid Intake Compression Expansion Machine(RICEM), which is able to realize the intake, compression, expansion or intake-compression stroke under high piston speed respectively, was manufactured and evaluated in order to find methods to generate high turbulence at around spark timing. It was found that the characteristics of RICEM such as reappearance, leakage, piston displacement with crank angle was corresponding to those of real engine and RICEM simulates not only high temperature and high pressure field but also flow patterns of the actual engine by increasing of pressure in intake line.

I. 서 론

유동중에 수반되는 난류는 화염면을 증가시키고 또한 열전달과 활성분자의 이동을 촉진시켜 기연ガ스로부터 미연ガ스로의 열전달을 활발하게 함으로써 연소를 촉진시킨다. 이를 이용하여 회박연소시 생기는 연소의 불안정을 안정화시키고자 실린더내에 유동, 특히 점화시기 근방의 난류를 강화시키는

관련연구가 다방면에서 진행되고 있다.^(1~8)

실린더내의 난류는 흡입과정중 흡입압력과 관성력에 의해 급격히 생성되고 압축과정중 피스톤 압축에 의해 생성 및 감쇄된다. 따라서 점화시기 부근에 고난류의 생성을 강구하기 위해서는 각 과정중 난류생성인자에 의해 생성되는 각각의 난류를 구분하여 측정함으로써 어느 과정중에 어떠한 방법으로 난류를 생성시키는 것이 바람직한가 하는 해석이 필요하다.

그러나 실제기관과 같은 유동상태를 각 과정별로 구분하여 실현시킬 수 있는 실험장치의 제작이 어려우므로 흡입 및 압축과정중의 난류특성 해석에

*회원, 고등기술연구원 신엔진 개발팀

**회원, 성균관대학교 대학원

***회원, 성균관대학교

관한 많은 연구에도 불구하고^(1~8) 이를 분리하여 측정한 예는 아직 명확히 보고된 바 없다.

본 연구는 점화시기 근방에 고난류를 발생시키는 방법을 강구하기 위한 기초연구의 제1단계로서 흡입 및 압축과정중의 난류를 구분하여 측정할 수 있는 급속흡입 압축팽창기를 제작하고 제반특성을 평가한 결과에 대해 보고한다.

2. 급속흡입 압축팽창기의 설계개념 및 구성

2.1 급속흡입 압축팽창기의 설계개념

통상의 급속압축기 또는 급속압축팽창기는 실제 기관과 같은 압력 및 온도를 실현시킬 수 있으나 흡입과정이 없으므로 실린더내 유속의 양상은 실제 기관과 상당히 다른 점이 있다. 그러나 제작하고자 하는 실험장치는 흡입 및 압축과정중 생성되는 난류를 측정하여야 하므로 가능한 한 실제기관의 유동상태가 그대로 실현되어야 한다. 이 장치를 추후 급속흡입 압축팽창기(Rapid Intake Compression Expansion Machine)라 칭하며 다음과 같은 설계 목표를 설정하였다.

(1) 흡입 및 압축과정중에 생성되는 난류를 구분하여 측정하기 위해 흡입 및 압축과정이 구분 또는 연속적으로 실현될 수 있어야 한다. 그리고, 연소시의 유동현상을 규명할 수 있도록 팽창과정도 실현이 가능하여야 한다.

(2) 피스톤 속도는 실제기관 정도의 고속을 얻을 수 있어야 한다.

(3) 흡입과정중에 생성된 난류는 흡입압력뿐만 아니라 유체가 갖는 관성력에 의해서도 생성되므로 관성력의 영향을 측정할 수 있어야 한다.

(4) 부력에 의한 영향을 고려하여야 한다.

(5) 유동의 가시화가 가능하여야 한다.

(6) 유동뿐만 아니라 추후 연소연구에도 활용 가능하여야 한다.

(7) 구동이 간단하고 다횩수 측정이 용이하여야 한다.

이상의 목표를 실현시키기 위하여 다음과 같은 방법을 채택하였다.

첫째, 흡입 및 압축과정을 구분하여 실현시키는 방법이다. 기존의 급속압축기 또는 급속압축팽창기는 압축과정 및 팽창과정은 가능하나 처음부터 흡

입과정을 실현시킬 수 없다.^(9~16) 또한 팽창과정이 압축압력에 의해 자유팽창되므로 실제의 피스톤 변위와 차이가 생길 수 있다. 이러한 문제점을 해결하고 초기부터 흡입과정을 실현시키기 위해서는 피스톤을 밑으로 당겨야 된다. 이것은 피스톤 로드가 피스톤 가이드의 홈을 따라 움직인다면 실현 가능하다. 따라서 압축피스톤 구동은 정확한 피스톤 변위가 얻어질 수 있는 피스톤 가이드 방식을 채택하였다.

둘째, 실제 기관에 상당하는 고속의 피스톤 속도를 얻는 방법이다. 피스톤 구동방식은 유압⁽¹⁰⁾ 및 공압방식,^(11~13) 추를 떨어뜨리는 위치에너지 이용방식⁽¹⁴⁾과 충격파 이용방식⁽¹⁵⁾을 고려할 수 있다. 유압과 위치에너지 이용방식은 비교적 저속의 속도가 얻어진다. 충격파 이용방식은 고속이 가능한 예가 있으나 반복실험이 용이하지 않다. 공압을 이용한 경우 비교적 빠른 피스톤 속도를 실현시킨 예가⁽¹⁶⁾ 있으므로 피스톤 구동은 고압 공기를 이용한 가스팽창방식을 채택하였다. 피스톤 속도는 구동실린더에 공급되는 공기의 질량유량에 의존하므로 구동실린더 입구의 단면적을 최대한으로 크게 하여 피스톤 속도의 증가를 도모하였다. 이 경우 피스톤 속도는 공기탱크의 공기압을 조절시켜 용이하게 변화시킬 수 있는 장점이 있다.

셋째, 흡입과정중 관성력에 의한 난류생성효과는 모터링 운전시 측정한 흡입과정중의 난류와 피스톤을 상사점에 정지시킨 후 흡입과정만을 실현시켜 그 때 측정한 난류와의 차로 볼 수 있다. 따라서 급속흡입 압축팽창기는 모터링운전을 할 수 있는 부가장치를 쉽게 장착할 수 있도록 한다.

넷째, 부력의 영향을 고려하기 위하여 실린더의 설치 방향을 직립형으로 하였다.

다섯째, 유동이나 연소의 가시화가 가능하도록 실린더와 피스톤 헤드에 가시화 창을 설치하고 피스톤의 중간에 반사 거울을 설치할 수 있도록 하였다.

마지막으로, 반복실험이 용이하도록 하기 위하여, 사이클이 완료된 급속흡입 압축팽창기는 유압으로 작동하는 복귀장치를 설치하였으며 자동제어 시스템을 채택하였다.

2.2 급속흡입 압축팽창기의 구성

상기개념으로 제작한 급속흡입 압축팽창기의 개략도를 Fig. 1에 나타낸다.

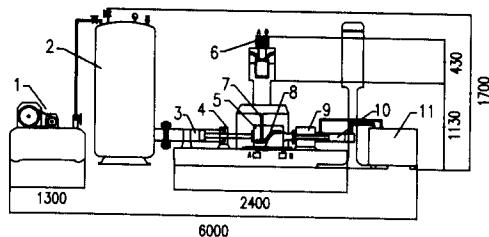
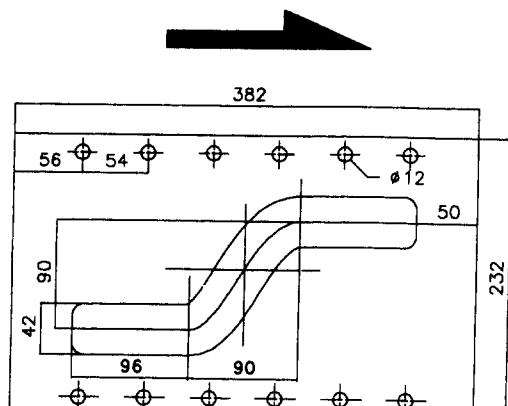


Fig. 1 Schematic diagram of RICEM

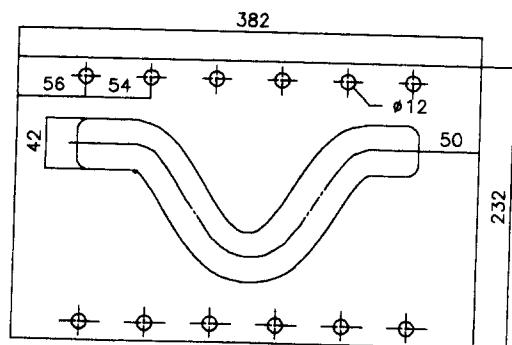
작동원리는 다음과 같다. 공기압축기 1에 의해 가압된 공기는 공기탱크 2에 충전된다. 두 개의 소형 유압실린더에 의해 구동되는 걸림 장치 4를 제거하면 구동실린더의 구동피스톤 3이 공기압에 의해 구동된다. 구동피스톤은 직결된 피스톤 가이드 5를 수평방향으로 움직이게 하고, 피스톤 로드 7이 피스톤 가이드의 홈을 따라 수직 방향으로 운동하여 압축피스톤을 구동한다. 이 때 피스톤 가이드의 홈의 형태에 따라 흡입 및 압축과정을 구분하여 실현시킬수 있다. 압축피스톤이 행정을 마친 후 피스톤 가이드는 유압댐퍼 9에 부딪히면서 급정지한다. 작동이 끝난 피스톤 가이드는 유압펌프 11에 의해 작동되는 복귀 실린더 10에 의해 처음 위치로 돌아가고, 걸림장치가 잠김으로써 1회 수행을 완료한다.

급속흡입 압축팽창기는 크게 피스톤 구동부, 피스톤 가이드부, 모사실린더부, 재동장치, 구동된 피스톤 가이드부를 원상태로 복귀시키는 복귀실린더부와 단발구동되는 급속흡입 압축팽창기를 모터링운전 할 수 있는 모터링 장치부로 나눌 수 있다. 이들 각각의 세부적인 사항들은 아래와 같다.

- 피스톤 구동부 : 구동피스톤을 구동시키기 위한 피스톤 구동부는 공기압축기, 공기탱크 및 구동실린더와 걸림장치로 구성된다.
- 공기탱크의 최대 허용압력은 20 bar이며 용량은 구동실린더를 압력강하 없이 팽창시키기 위하여 구동실린더의 체적에 비하여 충분히 큰 250 ℥의 용량을 가지고 있다. 구동실린더에 공급되는 공기의 질량유량을 증가시켜 피스톤 속도를 증가시키고자 구동실린더의 한쪽편을 개방하여 플렉시블 플랜지로 공기탱크와 직결하였다. 구동실린더의 내경은 150 mm이다. 걸림장치는 구동실린더의 구동피스톤을 구속하는 방아쇠와 같은 역할을 하며 두 개의 유압실린더로 구성된다.
- 피스톤 가이드부 : 피스톤 가이드부는 실제 기



(a) Intake or compression



(b) Intake and compression

Fig. 2 Configurations of piston guide

관과 동일한 피스톤 변위를 얻기 위한 부분이다. 피스톤 가이드부는 피스톤 가이드, 가이드 지지부, 피스톤 가이드를 급정거시키기 위해 댐퍼와 부딪치는 충격부 및 흡배기밸브 작동용 평면캠으로 구성된다.

피스톤 가이드의 홈은 다음과 같은 크랭크각과 피스톤 변위와의 관계식으로부터 결정하였다. 홈의 형상에 따라 흡입, 압축 및 팽창과정을 구분 또는 연속적으로 실현될 수 있다.

$$X = s((1 - \cos(\theta)) + (1 - \cos(2\theta))/(2\lambda)) \quad (1)$$

여기서, X 는 피스톤 변위, s 는 스트로크, λ 는 스트로크에 대한 커넥팅 로드의 비이다. θ 는 크랭크각(흡입과정 : $0 \leq \theta \leq 180$, 압축과정 : $180 \leq \theta \leq 360$, 흡입압축과정 : $0 \leq \theta \leq 360$)이다.

Fig. 2에 각 과정을 구분 및 연속으로 실현시킬 수 있는 피스톤 가이드의 형상을 나타낸다. 흡입과정만을 실현시키는 경우에는 Fig. 2의 (a)와 같은

흡입형상의 피스톤 가이드를 장착하고, 압축과정만을 실현시키는 경우에는 피스톤 가이드의 앞뒤를 바꾸어 장착한다. 흡입압축을 연속적으로 실현시키는 경우에는 Fig. 2의 (b)와 같은 흡입압축형상의 피스톤 가이드를 사용한다. 상기방법으로 팽창행정까지도 구분 또는 연속적으로 실현시킬 수 있다. 가이드 지지부는 두 개의 선형베어링과 피스톤 가이드를 연결하는 지지대로 이루어지며 가이드 지지부 측면에는 평면캠이 부착되어 있다.

- 모사실린더부 : Fig. 3은 실린더의 유동을 측정할 수 있는 모사실린더부의概략도이다.

실린더의 내경 및 행정은 각각 90 mm이며 압축비는 4.5이다. 실린더헤드는 flat type으로 하였다. 유동을 관측하기 위하여 피스톤 헤드에는 직경 76.6 mm, 두께 19.3 mm의 가시화 창을 장착하고, 실린더는 투명실린더로 하였다. 피스톤링은 무윤활 상태에서 작동할 수 있도록 테프론링을 사용하였다. 그리고 테프론링의 내부에는 탄성이 좋은 실리콘링을 이중으로 삽입하여 기밀을 유지할 수 있도록 하였다. 실린더 헤드에 설치된 흡배기밸브는 피스톤 가이드에 설치된 평면캠의 변위를 밸브구동 유압실린더에 전달하여 작동하도록 하였다. 흡입 및 배기 밸브양정은 7 mm, 흡기밸브의 직경은 36.5 mm, 배기밸브의 직경은 30 mm이다. 흡기관의 설치각도는 원주 방향으로 65도로 하여 스월유동이 형성되도록 하였다.

- 제동장치 : 제동장치는 피스톤 가이드를 순간에 정지시키고 충격을 흡수하기 위한 장치이며 유

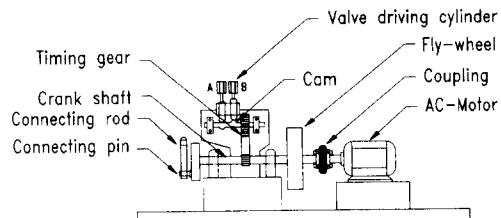


Fig. 4 Motoring apparatus of RICEM

압댐퍼방식을 채택하였다. 충격부에 오일을 충만하여 피스톤 가이드의 충격에 따라 오일이 빠져나가는 유량을 조절하여 충격을 흡수하도록 하였다. 또한 제동장치 내부에는 강한 스프링을 두어 피스톤 가이드를 복귀시켰을 때 제동장치가 초기상태로 돌아오도록 하였다. 충격부의 정지거리는 20 mm로 하였다.

- 복귀실린더부 : 복귀실린더는 실힘이 끝난 피스톤 가이드를 원래 상태로 돌려놓기 위한 부분으로 유압펌프와 복귀실린더용 유압실린더로 구성된다.

복귀실린더는 피스톤 가이드의 위치를 검출해 내는 리미트 스위치의 신호에 의해 실힘이 끝난 후 자동으로 작동하게 하였다. 복귀실린더의 피스톤로드는 피스톤 가이드부의 중앙부를 밀기 위해 제동장치의 중앙부분을 통과하도록 되어 있다.

- 모터링장치 : 단발구동되는 급속흡입 압축팽창기를 연속적으로 모터링운전하기 위한 부가장치이며 Fig. 4에概략도를 나타낸다.

모터링장치는 AC 가변모터, 플라이휠, 회전운동을 왕복운동으로 바꾸는 커넥팅로드 및 흡배기밸브를 개폐시키는 밸브구동 유압실린더로 구성되어 있다. 급속흡입 압축팽창기의 피스톤 가이드를 제거하고 피스톤로드에 모터링장치의 커넥팅로드를 직결함으로써 급속흡입 압축팽창기를 모터링운전시킬 수 있다.

3. 급속흡입 압축팽창기의 평가

3.1 실험장치

Fig. 5는 급속흡입 압축팽창기의 제반특성을 파악하기 위한 실험장치의 전체적인 구성도이다. 실험장치는 급속흡입 압축팽창기, 데이터 측정 및 해석장치로 구성된다.

흡기관에는 150l의 흡입서지탱크를 설치하여 흡

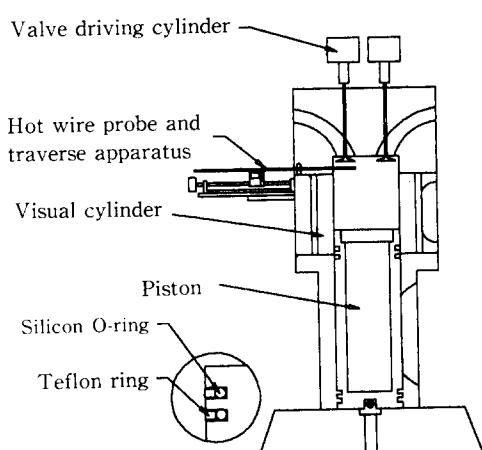


Fig. 3 Schematic diagram of visual cylinder

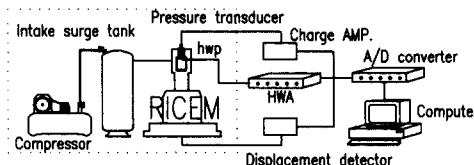


Fig. 5 Layout of experimental apparatus

입압력의 변화가 가능하도록 하였다. 흡입서지탱크에 공급되는 공기는 공기필터를 사용하여 이물질을 제거하였다.

실린더내 순간유동속도는 정온도형 열선유속계(KANOMAX Co.1011)로 측정하였다. 열선 probe의 측정위치를 변화시키기 위하여 실린더헤드에 열선프로브 이송장치를 부착하였다. 반지를 방향의 측정위치는 열선프로브 이송장치를 사용하여 변화시키고, 원주방향의 측정위치는 열선프로브를 고정시킨 상태에서 실린더헤드를 원주방향으로 움직여서 변화시킬 수 있도록 하였다. 피스톤의 변위는 피스톤 로드에 부착된 래크와 피니언을 이용하여 엔코더로 측정하였다. 각 행정의 시작과 끝 점은 근접스위치로 검출하였다.

측정된 실린더내의 압력 및 유속은 12비트의 고속 A/D변환장치를 통해 컴퓨터에 입력하여 필요한 해석을 하였다. 열선풀력은 실린더내 압력 및 온도에 대하여 보정하였다. 각 행정의 시작과 끝 점은 근접스위치로 검출하였다.

3.2 급속흡입 압축팽창기의 특성

- 피스톤 속도 : 피스톤 속도는 피스톤 구동부의 공기압력을 조절하여 변화시킨다. Fig. 6에 공기압력의 변화에 따른 피스톤 속도를 상당기관회전수와 사이클의 평균 피스톤 속도로 나타낸다.

피스톤 속도는 공기압력이 증가함에 따라 지수함수적으로 증가하며 공기압력 10 bar에서 대략 실제 기관의 2000 rpm에 상당하는 6 m/s 정도의 피스톤 평균속도를 얻을 수 있었다. 흡입과정과 압축과정 시 동일한 피스톤 속도가 얻어졌으므로 피스톤이 압축함에 따른 구동력의 손실은 무시할만하며 따라서 피스톤 가이드를 구동시키는 구동실린더의 구동력은 충분한 것으로 생각된다. 이 결과를 바탕으로 하면 공기압력 20 bar에서 약 3000 rpm 정도의 피스톤 속도가 얻어질 것으로 예측된다.

- 피스톤 변위 : 크랭크각과 피스톤 변위와의 관계식을 고려하여 제작한 피스톤 가이드가 실제 기관의 변위 곡선을 제대로 모사하는지 확인하기 위

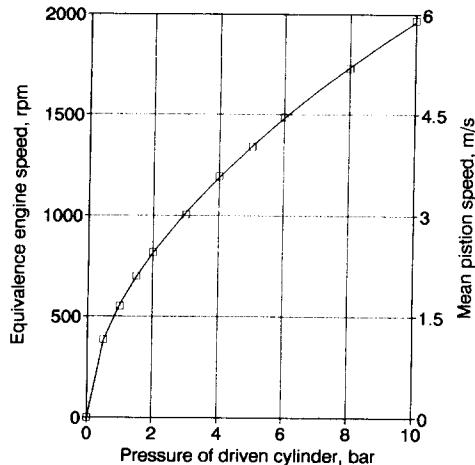


Fig. 6 Equivalence engine speed and mean piston speed versus air pressure in driven cylinder

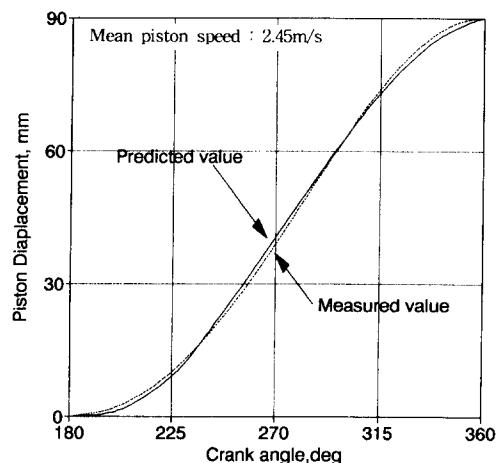


Fig. 7 Piston displacement versus crank angle

하여 식 (1)로부터 계산한 피스톤 변위의 이론치와 측정치를 비교하였으며 그 결과를 Fig. 7에 나타낸다.

측정한 피스톤 변위는 하사점 및 상사점 부근에서 피스톤 가이드가 가속되는 영향에 의하여 예측한 값과 약간의 차이를 나타내고 있다. 그러나 그 차이는 그리 크지 않으므로 실제 기관의 피스톤 변위를 잘 추종하고 있다고 볼 수 있다.

- 기밀성 : Fig. 8은 압축과정에서 크랭크각에 따른 연소실내의 압력경과를 나타낸 것이다. 그림에 나타난 바와 같이 측정된 실린더내의 압력곡선은 실제기관의 압력선도를 잘 반영하고 있음을 나타낸다. 그리고 최고압력에 이른 후 압력강하가 미

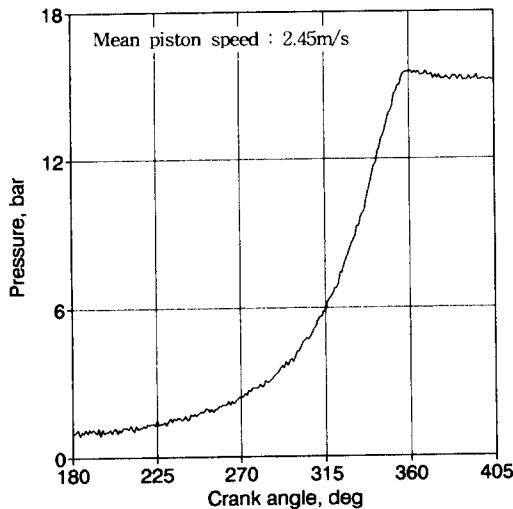


Fig. 8 Pressure profile versus crank angle during compression stroke

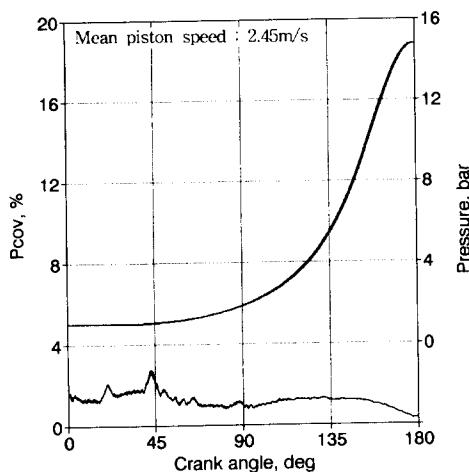


Fig. 9 Pressure and P_{cov} versus crank angle

미하므로 급속흡입 압축팽창기의 기밀은 충분히 유지된다고 판단된다.

● 재현성: 급속흡입 압축팽창기의 재현성은 식(2)와 같이 정의되는 실린더내 가스 압력의 변동률 P_{cov} 로 평가하였다.

$$P_{cov}(\theta) = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\bar{P}(\theta) - P_i(\theta))^2} \quad (2)$$

여기서, $P_i(\theta)$ 는 임의 사이클에 있어서 크랭크 각 θ 에 대한 가스압력이고, $\bar{P}(\theta)$ 는 크랭크 각에 대한 앙상블 평균압력이다. 그리고 n 은 측정횟수

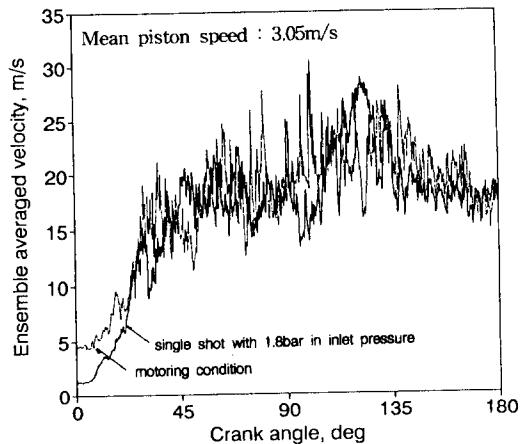


Fig. 10 Comparison of mean velocity under motoring and RICEM condition of inlet pressure 0.8 bar

이다.

Fig. 9에 크랭크 각에 대한 실린더내의 가스압력과 가스압력변동률(P_{cov})을 나타낸다.

그림에서 나타난 바와 같이 실린더내의 가스압력은 매실험마다 거의 차이가 없는 것을 나타낸다. 압력변동률은 시간의 경과에 따라 약간 변화하지만 P_{cov} 의 최대치는 압축초기에 대략 3% 미만으로 그 차가 적으므로 각 실험마다의 재현성에는 문제가 없음을 알 수 있다.

실제기관과 같은 속도양상의 실현성: 제작된 급속흡입 압축팽창기는 흡입과정이 수반되므로 유동의 측면에서 더욱 실제기관에 접근하고 있다.

그러나 흡입과정을 실현시킬 경우 피스톤이 정지한 상태에서 피스톤이 하강하기 때문에 실제기관과 같은 관성력의 영향이 배제되어 실제기관과 같은 속도양상을 그대로 실현시키는데는 미흡하다.

관성력은 기관이 연속적으로 운전하는데 따라 흡입유체가 갖는 운동에너지이므로 흡기관내 압력을 높여 이에 상당하는 에너지를 흡입유체에 주어 실린더내로 흡입시키면 단발급속흡입 압축팽창기를 사용하여도 실제기관과 같은 유동패턴을 실현시킬 수 있을 것이다. 이것을 확인하기 위해 급속흡입 압축팽창기의 흡기관내 압력을 변화시켜 실린더내에 형성된 유속과 모터링운전시 생성된 유속을 비교하였다. 실제로 Fig. 10은 모터링운전시의 평균 속도와 흡기관내의 압력이 1.8 bar인 경우 급속흡입 압축팽창기내에 생성된 평균유속을 크랭크각에 대해 나타낸 것이다.

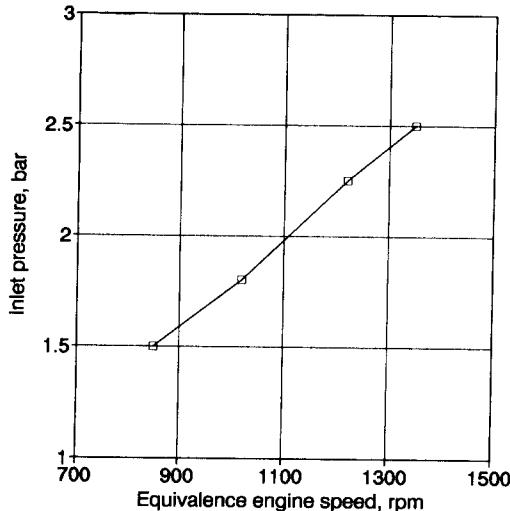


Fig. 11 Inlet pressure of RICEM to generate mean velocity of motoring condition

그림에서 보는 바와 같이 급속흡입 압축팽창기로 의해 흡입과정만을 실현시킬 경우 피스톤이 정지된 상태로부터 흡입시키므로 흡입초기에는 유동이 없다. 모터링시에는 흡배기과정에 의해서 흡입초기에도 유동이 있으므로 흡입초기의 평균유속이 약간 큰 값을 나타낸다. 그러나 이 부분을 제외하고 대체로 흡입과정 전구간에 걸쳐 동일한 값을 나타낸다. 이 결과로부터 급속흡입 압축팽창기에 흡입과정을 부가하고 흡기관내에 압력을 높여 흡입유체의 운동에너지를 증가시키면 단발구동되는 급속흡입 압축팽창기에서도 실제기관과 같은 유속양상을 실현시킬수 있음이 입증되었다.

모터링운전시 기관 회전수를 변화시킨 경우 실린더내에 형성된 속도양상을 급속흡입 압축팽창기로 재현시키기 위해 필요한 흡기관내의 압력을 Fig. 11에 나타낸다. 여기서 공기압력은 절대압이다.

3.3 흡입 및 압축과정중의 실린더내 유동측정

Fig. 12는 흡입과정, 압축과정 및 흡입압축과정을 구분하여 실현시킨 경우 실린더내에 생성된 유속을 측정한 실례이다. 여기서 측정위치는 실린더 헤드 위쪽에서 볼 때 흡입밸브에서 시계방향으로 60° 벽면으로부터 15 mm 떨어진 지점이다. 피스톤 속도는 3.8 m/s이다.

흡입과정만 실현시킨 경우 유속은 초기부터 급격히 상승되며 피스톤 속도 및 흡입밸브양정이 최대

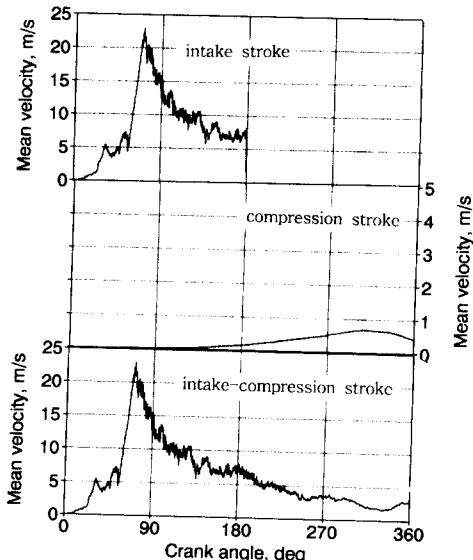


Fig. 12 Mean velocity versus crank angle during intake, compression and intake-compression stroke

인 지점에서 최대치를 나타내고 그후 급격히 감소하는 경향이다. 이 경우 유속은 피스톤이 상사점에 정지한 상태로부터 급격히 하사점으로 움직이는데 따라 생기는 흡입압력에 의해 생성되므로 이 성분은 흡입압력에 의한 생성분으로 볼 수 있다.

압축과정만을 실현시킨 경우, 유속은 흡입과정시 생성되는 유동의 영향 없이 순수히 피스톤 운동에 의해 생성되므로 압축초반에는 생성이 미미하며, 피스톤이 어느정도 상승된 후부터 유동이 생기기 시작한다. 그렇지만 흡입과정중에 생성된 유속에 비하여 매우 적은 값을 나타낸다. 흡입 및 압축과정을 연속적으로 실현시킨 경우 흡입과정은 흡입과정만을 실현시킨 경우와 동일한 경향이고, 압축과정중의 유속은 흡입과정중 생성된 유속에 의해 압축과정만을 실현시킨 경우보다 크게 나타난다. 압축과정중 피스톤 효과에 의해 약간 유속이 증가하는 경향이 있지만 흡입과정중 생성된 유속의 에너지 감쇠가 크므로 유속은 계속적으로 감소하는 것을 나타낸다.

Fig. 13은 모터링 운전시와 흡입과정만을 실현시킨 경우 흡입과정중에 생성된 평균유속을 비교한 것이다.

모터링 운전시의 유속은 흡입압력효과만에 의해 생성되는 유속보다 전체적으로 크며 유속의 최대치

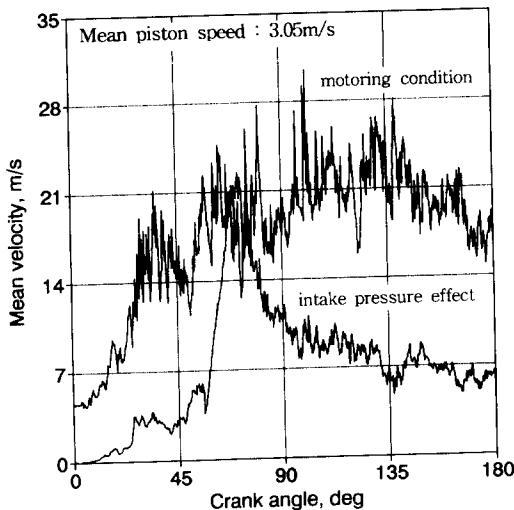


Fig. 13 Mean velocity generated by intake pressure effect and by motoring condition during intake stroke

가 나타나는 시점은 모터링 운전시가 늦다. 이것은 모터링 운전시 흡입유체가 갖는 관성에너지에 의한 것인므로 이 차이는 관성력에 의해 생성된 성분으로 볼 수 있다.

상기에서 논 한 바와 같이 RICEM을 사용하면 통상의 방법으로 측정하기 힘든 흡입 및 압축과정 중 흡입효과, 관성효과 및 피스톤 압축효과에 의해 생성 및 감쇄되는 난류를 구분하여 측정할 수 있다는 것을 알 수 있었다.

4. 결 론

이상의 연구로부터 얻은 주요 결론은 다음과 같다.

공압에 의한 피스톤 구동방식과 피스톤로드가 피스톤 가이드를 따라 움직이는 방식을 채택하여 실제기관과 같은 피스톤 속도하에서 흡입 및 압축과정을 구분 또는 연속적으로 실현시킬 수 있는 급속흡입 압축팽창기를 제작할 수 있었다. 급속흡입 압축팽창기의 연소실내 기밀성, 실험의 재현성, 피스톤 속도 및 변위와 유속을 평가한 결과 제작된 급속흡입 압축팽창기는 실제기관의 운전상태를 잘 모사하고 있음이 확인되었다. 또한 급속흡입 압축팽창기에 흡입과정을 부가하고 흡기관내에 압력을 높여 흡입유체의 운동에너지를 증가시키면 단발 구동되는 급속흡입 압축팽창기에서도 실제기관과 같은

유동양상 및 고온고압장을 실현시킬 수 있음을 입증하였다.

이로써 흡입 및 압축과정중 각 난류생성인자에 의해 생성되는 난류를 구분하여 측정할 수 있는 바탕을 마련하였고, 이장치는 추후 내연기관의 유동뿐만 아니라 연소연구 등에도 폭넓게 활용될 수 있으리라 생각된다.

참고문헌

- (1) Noguchi M., Sanda S. and Nakamura N. "Development of Toyota Lean Burn Engine," *SAE Paper 760757*, pp. 2358~2375.
- (2) 下浦照他, 1978, "ダイハツの希薄燃焼方式(TGP)について," *自動車技術*, Vol. 32, No. 11, pp. 1018~1024.
- (3) Heywood, John B., 1987, "Fluid Motion within the Cylinder of Internal Combustion Engine," *ASME Journal of Fluid Engineering*, Vol. 109.
- (4) Witze, P. O., 1977, "Measurements of Spatial Distribution and Engine Speed Dependence of Turbulent Air Motion in an I. C. Engine," *SAE Paper 770220*.
- (5) David R., Lancaster, 1976, "Effect of Engine Variables on Turbulence in a Spark Ignition Engine," *SAE Paper 760159*.
- (6) Liou, T.-M. and Santavicca, D. A., 1983, "Cycle Resolved Turbulence Measurements in a Ported Engine With and Without Swirl," *SAE 30419*, pp. 2131~2144.
- (7) Kido H., Wakuri Y. and Marase E., 1983, "Measurements of Spatial Scales and A Model for Small-Scale Structure of Turbulence in an Internal Combustion Engine," *ASME-JSME Thermal Engineering Joint Conference* pp. 20~27.
- (8) Makoto Ikegami, Masahiro Shioji and, Kazushi Nishimoto, 1987, "Turbulence Intensity and Spatial Integral Scale During Compression and Expansion Strokes in a Four Cycle Reciprocating Engine," *SAE 870372*.
- (9) 常本秀幸 外 2人, 1985, "急速停止機関を用いた直接噴射式ディーゼル機関の研究," 第5回内燃機関會同 Symposium, pp. 205~210.

- (10) 小林治樹, 1982, “急速圧縮装置によるディーゼル燃焼に関する研究,” 東工大博士學位請求論文。
- (11) Wang V. W., Rife J. M. and Martin M. K., “Experiments in Stratified Combustion with a Rapid Compression Machine,” *SAE 780638*, pp. 2429~2441.
- (12) 神本武征 外 4人, 1989, “ディーゼル機関研究のための急速圧縮膨脹装置の試作に関する研究,” *日機論*, Vol. 55 No. 512, pp. 1253~1256.
- (13) Michal Kono, Siichi Shiga, Seiichiro Kumagai and Kazuo Iinuma, 1983, “Thermodynamic and Experimental Determination of Knock Intensity by Using a Spark-Ignition Rapid Compression Machine,” *Combustion and Flame*, Vol. 54, pp. 33~47.
- (14) Mitsunobu Ogasawara, Yoshiro Tokunage, Keisuke Horio, Michiaki Uryu, and Hirofumi Nakano, 1976, “Photographic Study on The Spray Combustion by Means of A Rapid Compression Machine” *内燃機關* Vol. 15, No. 180.
- (15) 김창업, 김승수, 1993, “RCEM을 이용한 희박 LPG혼합물에 대한 고에너지 점화장치의 희박성능 가시화 연구,” *한국자동차공학회*, 93총계학술대회, pp. 405~412.
- (16) Fisson, F. and Kageyama, T., 1990, “Realization of a Rapid Compression Machine (Application to the Determination of Gaseous Premixtures Autoignition),” *COMODIA 90*, pp. 117~121.