

# 소형항공기용 왕복엔진의 성능에 관한 흡/배기 영향

김 근 배\* · 김 근 택\* · 최 선 우\* (항우연)

## Effects of Breath and Exhaust on the Performance of a Reciprocating Engine for Small Aircraft

Keun-Bae Kim\* · Keun-Tak Kim\* and Sun-Woo Choi\*

### ABSTRACT

The engine performance test was carried out to investigate the effects of breath and exhaust on the performance of a reciprocating engine for small aircraft. In this test, three valves to control flow areas of an inlet and two outlets were used, the engine manifold pressure and the static thrust of propeller were measured in nine breath/exhaust conditions. Generally, small variations on the performance were showed as the test conditions were changed. The manifold pressure was increased as flow area of the inlet or the outlet was decreased in normal condition, however it was decreased as both flow areas were decreased. The static thrust of propeller was showed similar as the manifold pressure.

### 1. 서 론

현재 항공우주연구원에서 개발중인 4인승급 소형항공기는 왕복엔진을 이용한 프로펠러 추진방식을 사용하고 있다. 이와 관련하여 당 연구원에서는 이미 동급 엔진의 성능을 시험하기 위한 지상시험장치를 제작하여 기본적인 엔진 성능시험을 수행한 바 있다. 항공기 추진기관의 성능에 영향을 미치는 요소에는 여러 가지가 있을 수 있다. 특히 엔진을 항공기에 장착할 때 항공기와의 인터페이스에 따라서 엔진의 외적 환경 변화가 수반되며 그에 따른 성능상의 변화가 나타날 수 있다. 일반적으로 왕복엔진의 성능에 영향을 미치는 요인에는, 엔진의 장착 위치, 냉각 방식, 보기류 특성 및 과급기의 사용 등이 있다. 이러한 요인들은 항공기의 설계요구조건

및 추진기관의 방식과 요구성능에 따라서 결정된다. 한편, 엔진의 흡기와 배기에 따른 요구 데이터는 대개 엔진 제작사에서 제공되며, 여기에 맞추어 기체에 장착될 흡기관과 배기관을 설계한다. 실린더내의 공기흡입은 엔진의 흡기압력(Manifold Pressure)으로 표시되며 이는 출력을 결정하는 주요 요인이다. 또한 엔진의 배압(Back Pressure)은 추진기관의 안정성과 성능에 미세한 영향을 미칠 수 있기 때문에 많은 실험과 경험을 통해서 적절한 설계 인자를 도출하게 된다. 본 연구에서는 앞서 수행된 시험장치의 개발 및 성능시험 결과를 토대로, 엔진을 항공기에 장착할 때 흡기관과 배기관의 유로 면적이 엔진 성능에 미치는 영향을 정성적으로 분석하였다. 이를 위해서 엔진의 흡기관과 배기관에 유로 면적을 제어할 수 있는 밸브를 장착하고 여러 가지 시험조건에 따른 추진기관의 성능을

\* 한국항공우주연구원 (Korea Aerospace Research Institute)

측정하였다.

## 2. 시험 방법

### 2.1 추진기관 제원

본 시험에서는 앞서 수행된 성능시험에서와 같이, 현재 당 연구원에서 개발중인 4인승급 소형 항공기에 사용될 정격 250마력급의 Lycoming IO-540 6기통 왕복엔진과 직경 70 inch의 유압 제어식 정속 방식인 MT-Propeller MTV-9-B 가변-피치 프로펠러를 사용하였다.

### 2.2 시험장치 구성

본 시험에 사용된 시험장치의 3차원 형상을 Fig. 1에 나타냈다. 여기서는 기존 시험장치의 엔진냉각방식을 보완하여 그림에 나타난 것과 같이, 오일쿨러 냉각 팬과 별도로 두 개의 대형 팬을 이용한 이중 송풍방식으로 개선하였으며 이를 통해 장시간 운전이 가능하였다.

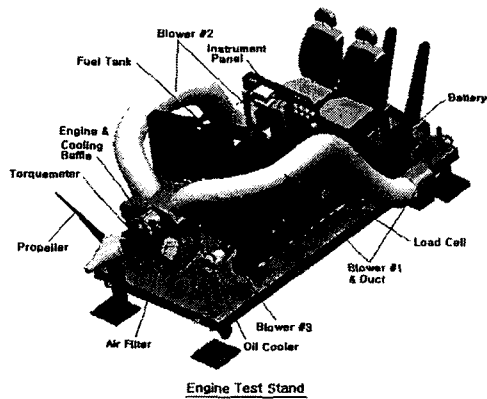


Fig. 1 시험장치 구성도

엔진의 흡기 및 배기 유로 면적을 제어하기 위해서, 1개의 흡기관과 2개의 배기관에 각각 제어밸브를 설치하였으며 Fig. 2에 밸브의 작동원리를 나타냈다. 그리고 Fig. 3은 시험장치에 장착된 흡기관과 배기관의 제어밸브를 각각 보여주고 있다. 이 밸브들은 수동으로 각도를 조절하여 관 내부의 유로 면적을 가감하도록 되어있다. 그 외, 엔진장착에 따른 시험용 계기들과 보기사istem 구성 및 성능 데이터 획득장치는 기존에 사용된 것과 동일하게 구성되었다.

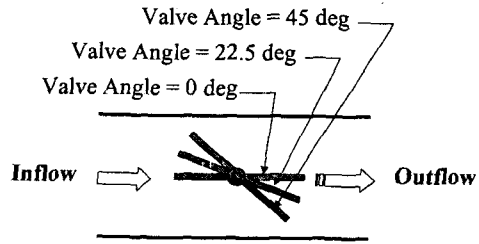


Fig. 2 흡기 및 배기 제어밸브

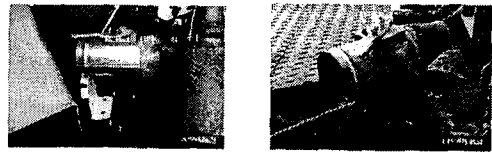


Fig. 3 흡기관 및 배기관 제어 밸브 장착

### 2.3 시험 방법

본 시험에서는 엔진의 흡기관 및 배기관의 유로 면적 변화 조건을 설정하고 그에 따라서 지상 성능시험을 수행하였다. 시험조건은 Table 1에 나타낸 바와 같이 전체적으로 9가지 조건에 대해 시험을 수행하고 성능데이터를 획득하였다. 시험조건은 앞서 Fig. 2에서와 같이 흡기관과 배기관 밸브의 각도를 0도에서부터 45도까지 3단계로 설정하였으며, 각도가 커질수록 유로 면적이 감소함을 나타낸다. 엔진의 작동 영역은 최소 700 RPM부터 최대 2500 RPM까지 설정하고, 100 RPM 단위로 속도를 변화시켜가면서 각각의 흡기압력과 토크, 배압, 그리고 프로펠러의 정지추력을 측정하였다.

Table 1. 시험 조건

Case 1	BCV = 0 deg, ECV = 0 deg
Case 2	BCV = 0 deg, ECV = 22.5 deg
Case 3	BCV = 0 deg, ECV = 45 deg
Case 4	BCV = 22.5 deg, ECV = 0 deg
Case 5	BCV = 22.5 deg, ECV = 22.5 deg
Case 6	BCV = 22.5 deg, ECV = 45 deg
Case 7	BCV = 45 deg, ECV = 0 deg
Case 8	BCV = 45 deg, ECV = 22.5 deg
Case 9	BCV = 45 deg, ECV = 45 deg

\* BCV : Breath Control Valve

\* ECV : Exhaust Control Valve

### 3. 시험 결과

#### 3.1 엔진 흡기압력

본 시험 결과는 주로 엔진의 흡기압력과 프로펠러 정지추력의 변화 양상을 중심으로 분석하였다. 흡기압력의 변화는 두가지 측면에서 살펴볼 수 있으며, 그 결과를 Fig. 4부터 Fig. 7까지 나타냈다. 먼저, 흡기관 또는 배기관 중의 한 것에 대한 정상 상태(밸브각도 0도)를 기준으로, 다른 것의 유로 면적을 줄여나갈 경우 상대적으로 흡기압력이 미소하게 증가하는 경향이 나타났고, 이를 Fig. 4 및 Fig. 5에 제시하였다.

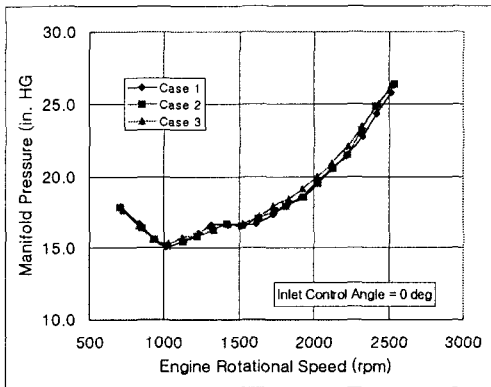


Fig. 4 흡기압력 분포(흡기-정상 상태)

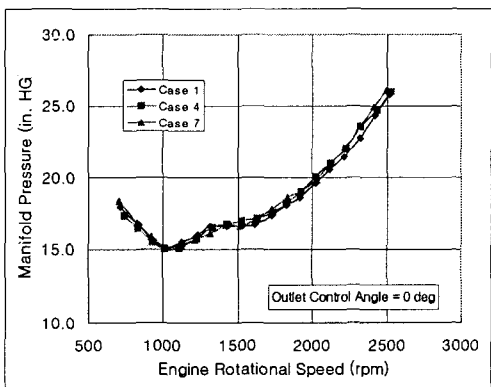


Fig. 5 흡기압력 분포(배기-정상 상태)

한편, 흡기관 또는 배기관의 어느 한 제어밸브를 45도로 조작하여 유로 면적을 줄인 상태에서(비정상 상태) 다른 것의 유로 면적을 줄여나갈 경우, 임계 면적 이하에서 상대적으로 흡기압력이 미소하게 감소하는 경향을 나타냈으며 이는 Fig. 6 및 Fig. 7에서 보여주고 있다.

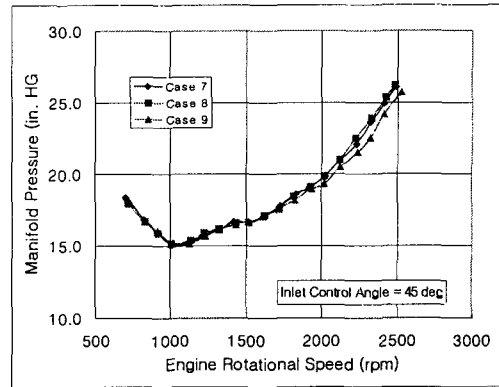


Fig. 6 흡기압력 분포(흡기-비정상 상태)

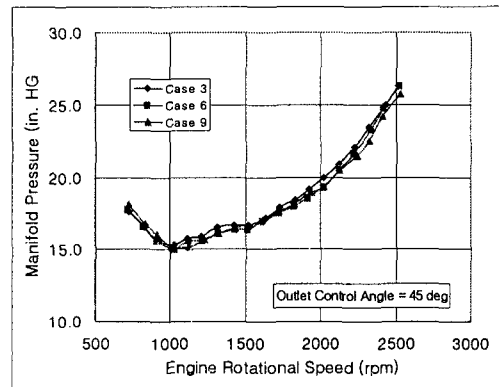


Fig. 7 흡기압력 분포(배기-비정상 상태)

그 외, 엔진의 토크는 흡기압력의 변화 분포와 유사한 경향을 나타냈으며, 전반적으로 흡기관 및 배기관의 기하학적 형상이 출력에 미세한 영향을 미치고 있음을 확인하였다.

#### 3.2 프로펠러 정지추력

흡기관과 배기관의 기하학적 형상 제어에 의해서 엔진의 흡기압력과 토크 변화가 유발되었고, 이는 곧 프로펠러의 정지추력에도 영향을 미친 것으로 나타났다. Fig. 8부터 Fig. 11까지는 정지추력의 변화 추이를 나타낸 것으로 기본적으로 흡기압력에 미친 영향과 비슷한 양상을 보여주고 있다. 먼저, 흡기관 또는 배기관 중의 하나에 대한 정상 상태(밸브각도 0도)를 기준으로 다른 한 것의 밸브 각도를 증가시킬 경우, Fig. 8과 Fig. 9에서와 같이, 상대적으로 프로펠러의 정지추력이 미소하게 증가하는 경향을 나타냈다. 이는 특히 1500 RPM 이상의 고속영역으로 갈수록 영향이 증대되고 있음을 보여 준다.

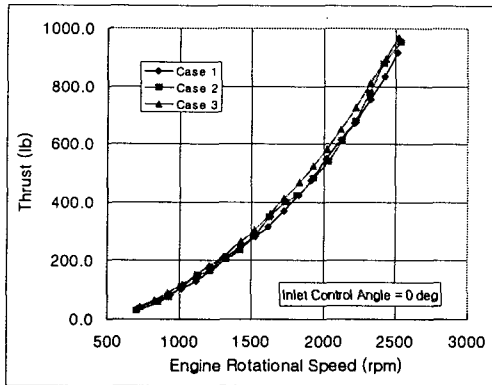


Fig. 8 정지추력 분포(흡기-정상 상태)

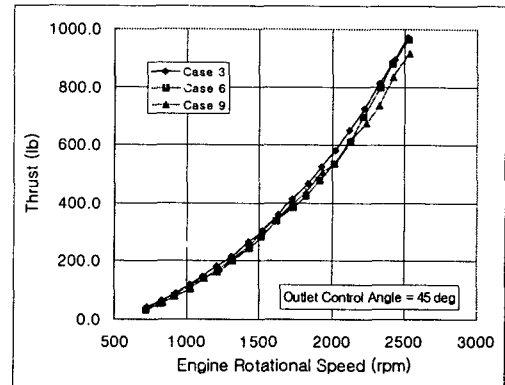


Fig. 11 정지추력 분포(배기-비정상 상태)

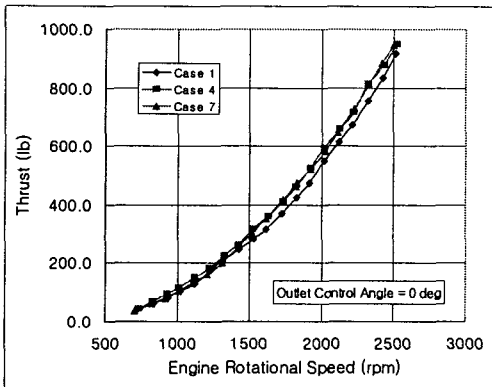


Fig. 9 정지추력 분포(배기-정상 상태)

한편, 흡기관 또는 배기관 중의 한 제어밸브를 45도로 조작하여 유로 면적을 최소로 한 상태에서(비정상 상태), 다른 것의 제어밸브 각도를 증가시킬 경우(양쪽의 유로 면적 모두 감소), 임계점을 지나면, 상대적으로 정지추력이 미소하게 감소하는 경향을 보여주었다.

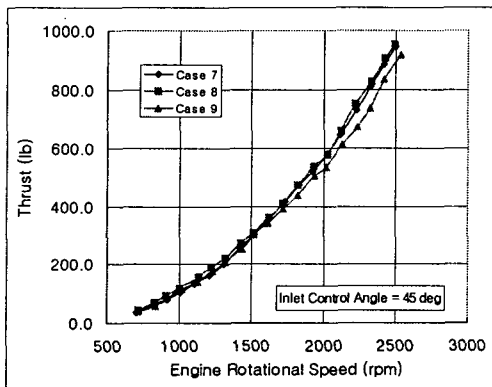


Fig. 10 정지추력 분포(흡기-비정상 상태)

#### 4. 결 론

왕복엔진의 흡기 및 배기 조건 변화에 따른 이상 성능시험 결과, 전반적으로 미세한 성능 변화가 관찰되었다. 엔진의 흡기압력은 정상상태 흡기 또는 배기 시험 조건에서 상대적 배기관 또는 흡기관의 유로 면적이 감소함에 따라 미소하게 증가했으며, 양쪽의 유로 면적을 어느 한도 이하로 모두 줄일 경우 감소하는 경향을 나타냈다. 프로펠러의 정지추력은 엔진의 흡기압력과 유사한 분포를 나타냈다.

#### 참고 문헌

- 1) 한국항공우주연구소, "쌍발 복합재료 항공기 개발(I)", 1994.
- 2) Lycoming, "Lycoming Aircraft Engine Installation Manual", 1963.
- 3) Lycoming Specification, "IO-540-C4B5", 1990
- 4) 김근배, 강충신, 안석민, "항공기 추진기관 정적 성능 시험장치 개발", 한국항공우주학회, 춘계학술발표회 논문집, 2000.11.
- 5) 김근배, 강충신, 김근택, 최선우, "소형항공기 추진기관 정적 성능시험", 한국항공우주학회, 춘계학술발표회 논문집, 2001.4.
- 6) 김근배, 이종원, 강충신, 김근택, "IO-540 왕복엔진의 성능에 관한 배압 영향", 한국추진공학회, 제 17회 학술발표회 논문초록집, 2001. 11.