

## 7톤급 연소기 축소형 모델 시험을 위한 설비 개량

강동혁\* · 임병직\* · 김현준\* · 최환석\*

### Test Facility Improvement for Hot Firing Test of a 7-tonf Combustor in Sub-scale model

Donghyuk Kang\* · Byoungjik Lim\* · Hyeon-Jun Kim\* · Hwan-Seok Choi\*

#### ABSTRACT

The Model Rocket Engine Test Facility has been improved to develop the Korea Space Launch Vehicle II(KSLV-II). The modified Model Rocket Engine Test Facility will be used to develop 7-tonf class liquid rocket engine combustor. The test result and test technique acquired from this facility will be used to develop the high performance liquid rocket engine combustor. This paper describes the modified Model Rocket Engine Test Facility for a Sub-scale model test of the 7-tonf class combustor.

#### 초 록

한국형발사체개발을 위하여 소형연소시험장을 개량하였다. 개량된 시험설비는 7톤급 연소기 개발에 활용될 예정이며, 이를 통해 획득한 자료와 시험평가 절차와 시험기법을 토대로 고성능 로켓엔진 개발에 활용될 것이다. 본 논문에서는 7톤급 축소형 연소기 시험을 위해 개량된 시험설비에 대해 기술하였다.

Key Words: Model Rocket Engine Test Facility (소형연소시험설비), Liquid Rocket Engine Combustion(액체로켓엔진 연소기), High Performance Liquid Rocket Engine (고성능 로켓엔진)

#### 1. 서 론

한국항공우주연구원(이하 항우연)에서는 1.5톤급 실용위성을 지구저궤도(600~800 km)에 쏘아 올리기 위해 한국형 발사체 개발 사업을 수행하

고 있으며, 한국형 발사체는 300톤급 추력을 확보하기 위해 75톤급 기본엔진 4기를 묶은 1단, 75톤급 엔진 1기를 활용한 2단, 7톤급 액체로켓엔진을 활용한 3단으로 구성된다[1, 2]. 3단 엔진은 터보펌프를 사용하는 가스발생기 사이클 엔진으로 연료와 산화제로 각각 케로신(Jet A-1)과 액체산소(LOx)를 사용한다. 연소기 개발을 위해서는 상부시스템인 엔진에 대한 요구 조건이 우선 정해

\* 한국항공우주연구원 연소기팀

† 교신저자, E-mail: dhkang@kari.re.kr

져야 하며, 이에 따라 각 하부 시스템의 개발 요구조건 및 규격이 결정되게 된다. 최종적인 규격이 결정되면 개발하는데 필요한 시험을 수행하기 위해 설비 점검을 수행하여 이에 맞게 시험장 개선이 이루어진다. 연소시험설비는 엔진 개발에 필수적인 설비로서 KSLV II 사업을 위해 현재 나로우주센터 부지에 대형 연소시험설비가 구축되고 있으며 항우연 원내에는 KSR-III 개발과정에서부터 활용되었던 지상연소시험장과 소형연소시험장이 있다[3,4].

소형연소시험장은 케로신과 액체산소를 추진제로 하는 수평형 가압식 연소시험설비로 1998년에 준공되어 한국 최초의 액체로켓인 KSR-III의 축소형 연소기 성능평가 시험을 시작으로 시험장의 부분적인 개량을 통하여 30톤급 축소형 연소기·가스발생기, 75톤급 가스발생기 등의 연소시험을 성공적으로 수행하였다[5-8].

본 논문에서는 7톤급 연소기에 사용될 분사기 선정 및 연소성능 등의 검증을 목적으로 제작된 7톤급 축소형 연소기의 연소시험에 대비한 설비 개량에 대하여 기술하였다.

## 2. 연소시험설비

소형연소시험설비는 추진제공급시스템, 제어계측시스템, 부대설비의 세부분으로 구분할 수 있으며, 소형연소시험설비의 전경과 구성을 Fig. 1, Table 1에 나타내었다.



Fig. 1 The photography of Model Rocket Engine Test Facility

Table 1. A List of Subsystems in Model Rocket Engine Test Facility

항목	세 부 사 항
추진제공급시스템	액체산소 공급/배출시스템
	Kerosene 공급/배출시스템
	질소 공급/배출시스템
	점화 시스템
	센서 냉각 시스템
제어/계측시스템	제어 시스템
	계측 시스템
부대설비	소음감쇠장치
	추력측정장치
	안전설비 및 탈지설비

## 3. 설비개선

### 3.1 추진제공급시스템

개량 전 산화제 공급은 이동식 산화제 용기(147 liter) 여러 개를 병렬로 연결하여 사용하였는데, 매 시험 시 용기를 교체하여야 하고, 공급량에 제한이 있었기 때문에 연소시험 및 준비 시간의 비효율성, 잔류 액체산소의 처리 및 순도관리 등의 어려움이 있었다.

개량 전 케로신 공급은 200 liter 드럼을 사용하여 위험물저장소에서 소형연소시험장의 케로신 저장탱크로 충전하여 사용했기 때문에 이동 및 저장탱크 충전 시 화재, 폭발의 위험이 존재하였다. 따라서 연소시험에 사용되는 추진제를 안전하고 효율적으로 공급하기 위해 저장용량 9.7 m<sup>3</sup>의 산화제 저장탱크와 600 liter의 케로신 전용 이송탱크를 제작하여 설치하였다.(Fig. 2, Fig. 3)



Fig. 2 LOx, LN<sub>2</sub> Storage Tank



Fig. 3 Mobile Kerosene Tank

### 3.2 추진제 공급배관

개량 전 연료 공급배관은 75톤급 가스발생기 개발을 위해 맞추어져 있었기 때문에 배관 및 유공압 부품의 변경이 수행되었다. 먼저 연료 공급배관은 연료 런탱크 후단에서 2 1/2"의 배관과 3"의 유량계로 연결되어 있는 구성을 배관 크기를 1"로 변경하고 기존에 설치되어있던 3" 유량계로 인해 런탱크 하부보다 높게 설치되었던 배관 경로를 수평이 되도록 설치하였다. 그리고 연료 메인밸브는 1 1/2"에서 3/4"로, 퍼지밸브는 1/2"에서 1/4"로 교체하였다. 시험 후 런탱크 및 배관의 잔류 케로신은 저장탱크로 보내도록 되어있고, 기존 라인은 배관 드레인과 런탱크 드레인 라인을 공유하고 있었다. 만일, 배관 드레인이 정상적으로 이루어지지 않는다면 잔류 케로신이 연소기 쪽으로 유입될 수 있기 때문에 이를 방지하고자 배관 드레인과 런탱크 드레인을 분리하였고 저장탱크의 레벨을 제어실에서 확인할 수 있도록 레벨센서를 장착하였다.(Fig. 4)



Fig. 4 Kerosene Storage Tank

산화제 공급은 축소형 연소기의 산화제 공급 유량에 맞도록 1"로 설계하였다. 산화제 공급배관은 기존에 설치되어 있던 공급배관(1")을 변경 없이 사용하였으며, 재생냉각 연소실의 냉각 및 냉각성능을 검증하기 위해 냉각수 라인과 2.5"의 터빈 유량계를 설치하였다.

### 3.3 제어설비

제어설비는 시험장의 상태를 정확히 파악하여 안전하게 시험장을 운용하기 위한 설비로서, 그동안 여러 종류의 하드웨어를 대상으로 시험을 수행하면서 화면도 복잡해지고 불필요한 부분도 발생하여 이에 대한 수정작업이 이루어졌다.

연소시험은 시험 전 설정해 놓은 cyclogram에 따라 순차적으로 진행하게 되는데, 정상 연소과정에서 작동하는 정상 cyclogram과 비상정지 시에 작동하는 비상 cyclogram으로 구분된다. 먼저 정상 cyclogram은 밸브 작동시간 입력, 작동 활성화 버튼 및 PLC적용 버튼을 기본 구조로 구성된다.

정상작동 cyclogram 작동 중 작동구간 내에서 비상조건을 설정할 수 있고 비상정지가 발생하는 시간대에 따라서 2 종류의 cyclogram을 설정할 수 있도록 되어 있다. 또한 토치 점화기와 후처리 토치 점화기 각각에 대한 비상정지 조건을 입력할 수 있다. 이외 수정된 부분은 아래와 같으며, 수정된 제어화면(일부)을 Fig. 5에 나타내었다.

- 밸브 작동상태 및 작동시간 또는 지연시간표시
- 고압질소 펌프의 가동에 따른 경고표시
- 각종 탱크의 레벨표시 및 90% 시 경고 메시지
- 펌프 작동상태 표시
- 산화제 저장탱크 압력제어
- 퍼지밸브 작동 그룹화
- 가스발생기 점화와 미연가스 후연소를 위한 ignitor 형상을 개별적으로 구성
- 시험 후 cyclogram에 입력된 자동밸브의 파일 생성
- 연소시험 시 진행시간, 진행률 표시, 연소압력 표시

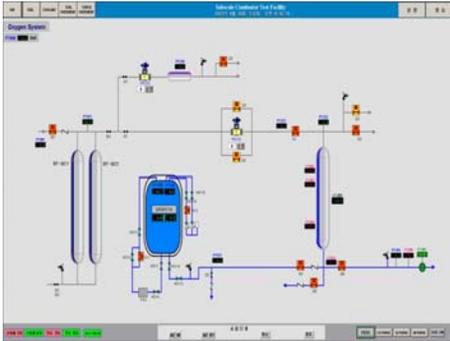


Fig. 5 Control Screen for Oxygen Supply System

#### 4. 결 론

한국형발사체 개발을 위한 7톤급 축소형 연소기 시험을 수행하고자 소형연소시험설비를 개량하였다. 개량된 설비를 사용하여 7톤급 축소형 연소기의 분사기 특성 및 연소성능 검증 시험이 수행될 예정이며, 시험을 통해 획득된 자료와 시험 기법은 한국형발사체 3단 7톤급 연소기 개발 과정에 활용될 예정이다.

#### 참 고 문 헌

1. 박태학 외, 한국형발사체개발사업 3차년도 연차실적·계획서, 한국항공우주연구원, 2012
2. 안규복, 김종규, 김성구, 최환석, “7톤급 연소기 재생냉각 연소실 설계, 해석, 제작,” (to be submitted to) 제38회 한국추진공학회 춘계학술대회 논문집, 2012
3. 한영민, 조남경, 정용갑, 김승한, 문일윤, 박성진, 이광진, 고영성, 김영한, 이강엽, 김형모, 이수용, 이대성, “액체로켓엔진 지상 연소성능 시험설비”, 한국항공우주학회 춘계학술발표회, 2002, pp. 459-466
4. 김승한, 임병직, 한영민, 설우석, 이수용, 문일윤, “액체산소/케로신 소형로켓엔진 연소 시험설비”, 한국추진공학회 추계학술대회 논문집, 2004. 11, pp. 166-169
5. 최환석, 설우석, 이수용, “KSR-III 액체추진제 로켓 엔진 개발”, 한국추진공학회지, 제8권, 제3호, 2004, pp.75-86
6. 최환석, 한영민, 김영목, 조광래 “추력 30톤급 액체산소/케로신 로켓엔진 연소장치 개발(I)-연소기,” 한국항공우주학회지, 제37권, 제10호, 2009, pp.1027-1037
7. 최환석, 서성현, 김영목, 조광래, “추력 30톤급 액체산소/케로신 로켓엔진 연소장치 개발(II)-가스발생기”, 한국항공우주학회지, 2009. 10, pp. 1038-1047
8. 안규복, 서성현, 김문기, 임병직, 김종규, 이광진, 한영민, 최환석, “75톤급 가스발생기 기술검증 시제의 연소시험,” 제33회 한국추진공학회 추계학술대회논문집, 2009, pp.225-228